

시설물유지관리지침

1997. 08.

건설교통부

※ 본 자료의 페이지 수는 원 자료와 다를 수 있습니다.

주관

수 행 기 관 : 한국건설기술연구원
참여연구원 : 민병렬 공통사항
참여연구원 : 김병석 교량
참여연구원 : 박영환 교량
참여연구원 : 박홍석 교량
참여연구원 : 안일상 교량
참여연구원 : 이송 터널
참여연구원 : 김홍철 항만
참여연구원 : 이배호 댐
참여연구원 : 김몽룡 철도
참여연구원 : 배규웅 건축물
참여연구원 : 허병욱 건축물
참여연구원 : 홍창선 하천, 상·하수도
참여연구원 : 이광렬 폐기물 시설
참여연구원 : 민병렬 부록

제 1 편 공통사항

제 1 장 총론

1.1 적용범위

이 지침서는 모든 시설물의 유지관리를 시행함에 있어서 관리방법, 일상유지보수공법 등의 내용에 대하여 체계적이고 일괄적인 운용을 도모하기 위하여 필요한 일반적이고 기본적인 사항을 규정한다. 기타 특수한 구조물이나 별도의 기술이 필요한 경우에는 적절한 보정을 통하여 이 지침서를 준용한다.

【해설】

이 지침서는 제 2 편 교량~제 10 편 폐기물 시설물의 유지관리와 간단한 보수공사 시행의 적정을 기하기 위한 일반적이고 기본적인 지침을 명시한 것으로 특별한 구조물이나 별도의 전문적인 기술이 필요한 경우 적절한 보정을 통하여 지침서를 준용할 수 있으며, 각종 시방서를 참고하여야 한다.

1.2 유지관리의 목적

시설물의 유지관리란 건설된 시설물이 제기능을 유지하기 위하여 수시점검, 일상점검 및 정기점검을 통하여 사전에 유해요인을 제거하고, 손상된 부분을 원상복구하여 당초 건설된 상태를 유지함과 동시에 경과시간에 따라 요구되는 시설물의 개량과 추가시설을 함으로서 이용자의 편의와 안정을 도모하기 위한 목적으로 시행하는 것이다.

【해설】 생략

1.3 용어의 정의

시설물의 유지관리에 관련되는 주요한 용어의 정의는 다음과 같다.

- 유지관리(維持管理) : 시설물과 부대시설의 기능을 보존하고 이용자의 편익과 안전을 도모하기 위하여 일상적으로 또는 정기적으로 시설물의 상태를 조사하고 손상부에 대한 조치를 취하는 일련의 행위
- 보수(補修) : 일상적인 손질 즉 유지로는 감당치 못할 정도로 크게 손상된 시설물을 수리를 통하여 원래의 기능을 회복시키는 작업
- 복구(復舊) : 재해 등의 요인으로 변형되어 본래의 기능을 상실한 시설물을 원형으로 만들어 본래의 기능을 충분히 발휘할 수 있도록 보수하는 작업
- 신설(新設) : 시설물을 새로 축조하는 작업
- 보강(補強) : 파손된 구조물 보수에 있어서 원래의 기능 이상으로 기능향상을 꾀하거나, 적극적으로 기존 구조물의 기능향상을 목적으로 행하는 작업
- 개량(改良) : 기존 시설물을 현재의 상태 보다 더욱 양호한 상태로 고치거나, 사회적, 경제적인 여건변동으로 인하여 이에 부응하기 위해 시행하는 시설물의 개조
- 기능(機能) : 목적 또는 요구에 따라서 대상물이 달성하는 역할
- 기능성(機能性) : 시설물에 요구되는 기능에 관한 제 성능
- 내구성(耐久性) : 시설물의 성능, 기능저하의 시간경과 변화에 저항하는 성능
- 내용성(耐用性) : 시설물 또는 그 부분이 기능을 지속해서 유지하는 능력
- 내하성(耐荷性) : 부재의 내하력으로 평가하는 시설물의 성능
- 내용년수(耐用年數) : 시설물과 부대설비가 건설후 사용하거나, 시간이 지남에 따라 물리 적인 마모, 기능의 저하 등으로 인하여 그 시설물을 이용하는데 안전 및 기능유지가 어려운 상태에 이르기까지의 기간
- 이상(異狀) : 시설물의 각 부분에 있어서 위치, 형상, 구조 등이 정상이 아니어서 제 기능을 발휘하기가 곤란하게 된 상태
- 결함(缺陷) : 시설물이 자체적인 변화 또는 외부의 작용에 의해 불완전하게 된 상태
- 점검(點檢) : 시설물의 물리적, 기능적, 환경적 상황을 시설물의 이상에 대하여 신속하고도 적절한 조치를 취하기 위하여 실시하는 조사
- 측정(測定) : 점검부위의 이상 또는 결함부의 상태를 정확히 알기 위하여 기기 또는 장비를 이용하여 정량적인 자료를 산정하는 작업

- 기록(記錄) : 점검이나 측정을 통하여 발견된 이상현상 등에 관한 사항과 이것의 처리사항을 일정한 양식에 기술하는 것. 또한 시설물을 유지관리 하기 위하여 필요한 제반 자료를 작성하는 것.

1.4 유지관리 요령

1.4.1 유지관리 개요

시설물의 결함은 계획, 설계, 제작, 시공 및 감리, 시설물의 이용, 청소 및 점검장비와 시설 등의 유지관리 단계를 거치면서 자연적 요인과 인위적 요인에 의하여 발생하는 것이므로 유지관리 단계에서는 물론 계획, 설계, 시공단계에서도 유지관리를 염두에 두고 행하여야 한다.

시설물의 유지관리 체제는 다음의 제반사항을 추구하므로써 순차적으로 구축한다.

- (1) 유지관리 담당자에 대한 시설물 보전의 정확한 정보제공
- (2) 공사상의 하자에 대한 신속하고 적합한 대응
- (3) 유지관리 업무에 관한 제반 기준의 확립
- (4) 유지관리 활동에 대한 지원체제의 정비
- (5) 시설물의 신뢰성 확보
- (6) 시설물에 대한 수명주기의 비용 개념을 도입

【해설】

시설물에 발생하는 결함의 자연적 요인은 일반적으로 온도변화, 강우, 낙뢰 등의 기상인자, 염분, 아황산가스, 오존 등의 환경인자가 있으며, 인위적 요인으로는 계획, 설계시의 착오, 재료나 설비의 불량, 시공기술의 불량 및 감리소홀, 시공종의 고유결함, 시설물의 사용, 유지관리 방법 및 정도 등이 있다.

시설물의 결함은 위에 기술한 여러가지 요인에 의해 발생하는 것이므로 결함의 발생원인이나 근본적인 대책을 정확히 판단하기는 곤란하다. 그러므로 양질의 유지관리를 하기 위해서는 유지관리 담당자는 물론 설계자, 제조업자, 건설업자들도 유지관리를 염두에 두고 업무에 임하여야 한다.

유지관리 측면에서 시설물의 계획은 인접 구조물이나 하천이용, 교통 등에 영향을 주지 않도록 관련법규에 명시한 건축한계나 시설물의 크기 등을 검토하여야 하며 해당관리자와 충분한 협의를 거쳐 지하매설물 계획, 하천개수 계획 등을 검토하여야 한다.

설계시에는 구조의 각부를 가능한 한 간단한 구조로 하여 유지관리를 용이하게 하여야 한다. 구조가 복잡한 구조물은 예기치 못한 2 차 응력을 유발시킬 수 있으며, 계산에 의하지 않고 배치하는 철근은 충분히 배근하여 안정성을 확보하여야 한다. 특히, 강구조물의 부재는 점검, 도장, 청소 등을 용이하게 하기 위하여 간단한 구조로 하여야 하며, 상자형 구조는 물이 고여 부식이 되지 않도록 사전에 배수구멍을 뚫는 등의 조치가 필요하다.

또한, 시설물을 설계하는 자는 당해 시설물의 유지관리에 필요한 부대시설(유지관리용 계단 및 난간, 유지관리용 통로 등)을 설계에 포함시켜야 한다.

건설공사는 재료나 부속설비의 선택에 유의하고 시방서 등의 지시에 따라 효과적인 시공관리로 신뢰성이 충분하도록 하는 동시에 공사상의 하자가 발생하지 않도록 시공에 만전을 기하여야 한다.

1.4.2 유지관리의 자세

시설물의 유지보수 업무에 종사하는 자는 항상 다음과 같은 자세로 업무에 임하여야 한다.

- (1) 시설물의 결함이나 파손을 초래하는 요인을 사전조사로 발견하여 미연에 방지도록 한다.
- (2) 시설물의 결함이나 파손은 조기발견하고 즉시 조치하여 파손이 확대되지 않도록 한다.
- (3) 이용편의에 있어서 제한 및 장애를 최대한 적게 한다.
- (4) 안전을 최우선으로 하여 모든 작업을 시행한다.
- (5) 면밀한 작업계획 수립에 의해 최대의 작업효과를 가져오도록 하여 예산낭비의 요인이 없도록 한다.

【해설】 생략

1.4.3 유지관리의 방침수립

시설물의 유지관리 업무를 효과적이고 적합한 방법을 통하여 경제적으로 수행하기 위해서는 다음과 같은 운영방침을 수립해야 한다.

- (1) 시설물에 대한 지속적인 점검과 사전정비를 효과적이며 체계적인 방법으로 실시하여 시설물의 기능을 보존하고 이용자의 안전과 편의를 도모하도록 한다.
- (2) 주시설의 관리를 최우선으로 하고, 부속 시설물도 예방정비를 철저히 시행하여 시설물의 피해가 확대되는 것을 방지한다.
- (3) 시설물 정비를 효과적으로 수행하기 위하여는 보수의 타당성을 사전에 충분히 판단한 후 적정한 규모와 경제적인 방법으로 적기에 시행한다.
- (4) 예산 집행상 차질이 없도록 명확한 년, 월, 주간 작업계획에 일일 인력동원, 자재투입, 작업운영 등 철저한 작업계획을 수립하여 예산낭비 요인이 발생하지 않도록 한다.
- (5) 작업원의 이직현상과 동원의 어려움을 해소하고 능력있고 성실한 필수작업요원들을 고정 확보하여 운영할 수 있도록 하는 유지관리반의 정예화가 필요하다.
- (6) 기존시설에 대하여 새로운 방법에 의한 개량과 규격 및 기준을 변경할 때는 현재 시행되는 모든 기준에 부합되어야 하며, 관리책임부서 및 관련기관과 협의 후 조치한다.

【해설】 생략

1.5 유지관리의 경제성

1.5.1 시설물의 경제성

유지관리의 경제적 기본원칙은 종합적 비용을 최소부담으로 수행해야 하는 것이다. 종합적 비용에는 계획설계비, 건설비, 유지관리비 및 폐기처분비 등 모든 비용을 종합적으로 검토하여야 한다.

유지관리비의 구성요소는 다음과 같이 분류한다.

- (1) 유지비
- (2) 보수비
- (3) 개량비
- (4) 일반관리비
- (5) 운용지원비

【해설】

시설물의 내구성 또는 내용년수를 고찰할 경우에는 주로 시설물의 마모, 기능이나 수행능력을 주체로 한 물리적 내용년수를 기본으로 하여 판단한다. 그러나 현실적으로는 시설물의 수행능력과 존재를 인식하고 경제적인 면으로부터 그것을 추구할 경우가 많다.

- (1) 유지비는 시설물을 관리하기 위해서 실시하는 일상점검, 정기점검, 청소, 보안, 식재관리, 제설 등에 필요한 유지점검에 관련된 비용이 포함된다.
- (2) 및 (3) 보수비 및 개량비는 파손개소, 결함이 발생한 부분에 대한 사후보전을 위해 보수하는 비용과 개조 등을 위해 지출하는 비용이다.
- (4) 일반관리비는 시설물을 유지하는데 지출되는 제반 관리비로서 행정비, 관련세금, 보험료, 감가상각, 업무위탁에 필요한 사무비 및 위탁업무의 검사에 필요한 경비 등이 포함된다.
- (5) 운용지원비는 유지관리에 필요한 기술자료의 수집, 기술의 연수, 보전기술개발의 제비용 등이다.

시설물의 사용단계에 있어서 경제성을 고찰하기 위해 그에 관련된 유지관리 비용을 산출하는데는 다음과 같은 문제가 있다.

- (1) 유지관리 비용의 산출기준 설정
- (2) 시설물의 효용성 산정방법
- (3) 경제적 내용년수의 산출방법

1.5.2 내용년수(耐用年數)

내용년수를 나타내는 방법으로는 여러 가지가 있지만 대별하면 다음과 같은 4 가지가 있다.

(1) 물리적 내용년수

(2) 기능적 내용년수

(3) 사회적 내용년수

(4) 법정 내용년수

【해설】

(1) 물리적 내용년수는 시설물과 부대설비가 건설후 사용함에 따라서 또는 세월이 지남에 따라 손상, 열화(劣化) 등의 변질현상이 진행되어 그 시설물을 이용하기에 위험한 상태에 이르기까지의 기간이다.

(2) 기능적 내용년수는 시설물의 기능이 사회 및 경제활동의 진전, 생활양식의 변화 등에 따른 변화에 대응하지 못하고, 기능의 상대적 저하가 시설물로서의 편익과 효용을 현저하게 저하시켜 그 기능을 발휘하기 어려운 상태에 이르기까지의 기간을 말한다.

(3) 사회적 내용년수는 시설물의 제 기능저하보다는 사회적 환경변화에 적응이 불가능하기 때문에 야기되는 효용성의 감소를 말한다. 즉, 도로의 신설·확장 등에 의한 시설물의 일부 또는 전체의 훼손, 도시재개발사업에 의한 시설물의 철거, 지가상승으로 인한 고수익성의 시설물로 교체하는 경우 등이 해당된다.

(4) 법정 내용년수는 시설물이 안전을 유지하고 그 기능을 지닐 수 있는 기간으로 물리적 마모, 기능상, 경제상의 조건 등을 고려하여 각 시설물이나 부대시설에 대해 규정한 년수를 말한다.

상기된 4 가지 내용년수 중에서 시설물의 유지관리 측면에서는 기능적 내용년수를 고려하여 경제적 평가의 기준으로 함이 타당하다.

1.6 유지관리절차

시설물의 유지관리는 초기에 변형이나 결함을 정확히 파악하여 가장 적절한 대책을 수립하는 것이므로 결함의 예측, 점검, 평가 및 판정, 대책, 기록 등을 합리적으로 조합시켜 순서에 따라 대처하여야 한다.

【해설】

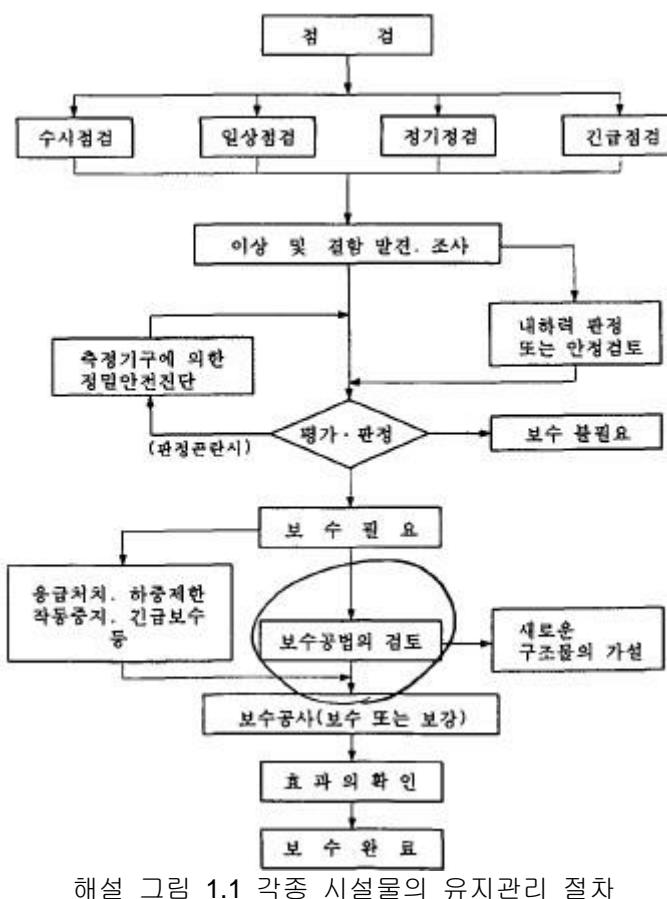
시설물을 유지관리함에 있어서 정확한 현 보유강도나 안정성 파악, 급격한 기능저하를 가져올 우려가 있는 변형누수 등의 결함을 초기에 파악하여 적절한 대책을 수립하는 것이 매우 중요하다. 시설물 유지관리는 정량적으로 기준화된 것이 아니므로 경험적 판단을 요하는 경우가 많으나 적절하고 객관적인 평가가 이루어지기 위해서는 시설물별 점검기준 및 평가·판정기준을 마련하여 각 기준에 따라 유지관리를 시행하는 것이 바람직하다.

한편, 새로운 형식의 특수구조물에 결함이 나타난 경우에는 경험의 부족으로 향후의 예측이 불가능한 경우가 있으므로 전문기술자의 자문을 구하여야 한다.

유지관리를 적절히 하기 위해서는 다음과 같은 절차에 따라 수행하는 것이 바람직하다.

- (1) 시설물별 적절한 유지관리계획을 작성한다.
- (2) 유지관리자는 유지관리계획에 따라 시설물의 점검을 실시하며, 점검은 점검표에 따라 실시한다.
- (3) 점검결과에 따라 발견된 결함의 진행성 여부, 발생시기, 결함의 형태나 발생위치와 그 원인과 장해주이를 정확히 평가·판정한다.
- (4) 점검결과에 의한 평가·판정 후 적절한 대책을 수립하여야 한다.

상기 사항을 고려한 시설물의 유지관리절차는 해설 그림 1.1 과 같다.



제 2 장 관리체계 및 조직운용

2.1 개설

구조물 유지관리에 적용하는 일반적인 관리원칙은 가장 적절한 경비로 최선의 방법을 통하여 작업을 수행하는 것이다.

이 장에서는 구조물 전반에 걸친 유지관리 체계를 개발하기 위하여 고려 되어야 할 사항을 제시하였다. 유지관리란 설계, 시공된 형태에 대하여 구조물 각 기능별로 구분한 체계와 그 요소들을 보호, 보수, 복구하는 사항으로 그외 추가되는 부대시설의 관리 및 교통서비스, 빙설대책, 용지관리, 청소 등의 예방적인 관리 및 방재대책, 기타 서비스 등도 포함된다.

【해설】

계통요소(system element)는 각 구조물의 기능적인 면에 따라 여러 가지 많은 요소로 분류되며 일예로 도로 구조물의 경우 노면, 노견, 배수장치, 교량, 터널, 신호, 표지판, 조명 등으로 세분화 할 수 있다. 구조물 유지관리 계획은 기후의 영향, 유기물의 성장, 품질저하, 마모, 충격 및 파괴 등의 손상을 보완하기 위하여 수립된다. 부대시설의 유지와 보수, 상기업무를 수행하는데 필수 불가결한 장비, 물자의 저장 또한 구조물 유지관리 업무의 한 부분이다.

유지관리 업무는 관련지식, 경험 및 노력을 필요로 하며, 유지관리 업무에 특별히 문제가 되는 영역은 예산의 증가, 기획, 일정계획, 재정과 작업관리체계, 범위와 기준, 사용재료와 공법 그리고 담당부서간의 협조 등이 포함된다.

유지관리 업무에 종사한 인력의 수준은 비전문 기능 인력으로 운영되어 왔지만 앞으로는 유지관리 전문가와 기술자의 역할이 많이 투입되어야 할 것이다. 이에 따라 수많은 유지관리 기능들을 수행하기 위하여 유지관리조의 질적 향상과 전문가에 대한 신뢰가 수반되어야 한다. 적절한 유지관리 업무를 위해 첫 번째로 중요한 요소는 각 구조물이 갖는 고유기능을 보전하는 것이다.

상기업무를 성취하기 위해서는 정보전달계통을 연결할 수 있는 조직과 무엇이 어떻게 관찰되어야 하는가의 질적(質的) 및 양적(量的) 정의가 필요하다. 양적인 것은 수요예측, 예산편성, 보고, 기록, 공용성 측정, 기획 및 일정계획을 위한 기준을 설정하기 위해 필요하며 양적 유지관리를 위한 일반적인 항목은 구조물 형상의 치수 및 구조물 기능상의 제원을 측정하는 것이다.

질적인 것은 구조물을 효율적으로 유지, 보수하기 위한 기준을 설정하기 위하여 필요하며 질적 유지관리를 위한 일반적 항목은 사용재료와 공법의 선정, 점검주기 및 방법의 제시 및 기타 필요한 조치를 강구하는 것이다. 특히, 관리대장은 유지관리에 관계되는 항목을 수록하여야 하며 각각의 중요한 항목에 대한 질적 평가가 될 수 있도록 작성되어야 하고 추가, 삭제, 조건의 변경을 위해 주기적으로 갱신되어야 한다.

2.2 조직 및 역할

2.2.1 유지관리 조직

유지관리 조직과 기계시설 등의 배치는 합리적인 운영이 될 수 있도록 계획하여야 한다.

【해설】

각 구조물 유지관리 조직에서 유지관리자의 책임과 권한은 상급부서와의 상호유대관계와 동등 수준의 유지관리 업무를 운용하는 기타 다른 부서의 역할 등을 포함하여 하급부서의 성격에 의해 결정된다.

구조물 본래의 다양한 기능을 보존시키기 위한 유지관리 업무의 본질을 고려하면 지역의 범위가 넓은 토목 구조물의 유지관리 업무는 기능적인 면보다는 행정, 산업, 교통 등의 지리적, 사회적인

면에 관련시켜 몇 개의 시, 읍, 면을 포함한 지역적인 면을 고려하는 것이 좋다. 이 경우 다른 행정기관의 담당 업무도 고려하여 유지관리 기관의 설치 위치는 가능한 한 지역의 행정중심이 되는 도시에 두는 것이 편리하며 이것은 물론 현장과의 거리와 점검을 하기 위해 필요로 하는 시간과의 관계에서 결정된다.

기능의 다양성은 유지관리조가 보유한 능력과 장비에 의해 좌우된다고 볼 수 있는데, 그 성격상 고가의 정교한 장비를 필요로 하는 유지관리 분야는 일반적으로 특수작업조(crew)에 의해 다루어지며 때로는 정규 유지관리 집단 외의 조직에 국한되는 경우도 있다.

2.2.2 유지관리 조직의 역할

유지관리 조직의 외형적인 역할은 유지관리 작업의 진행절차를 결정하고 관련정보의 전달체계를 확립하는 것이다.

【해설】

하급조직으로부터 입수된 정보는 관리업무를 효율적으로 수행하는데 필요한 판단기준이 되고 또한 불필요하거나 불확실한 정보를 제거하기 위한 여과장치와 완벽성 및 정확성을 향상시키기 위한 검토 기능을 한다. 또한, 정보를 상급 유지관리 수준으로부터 하부조직 수준으로 전달케하는 것도 하부의 정보가 상부로 유입되는 것과 마찬가지로 중요하다. 최종결정은 정보전달이 관리업무의 명확성을 보장해 줄 수 있어야 하며 가급적 최하급 실무 수준에서 이루어지도록 장려되어야 한다.

관리업무는 조직개념과 조직원들이 조직의 성공에 기여할 수 있는 요원의 일부가 되어야 한다는 의식을 증진시켜야 한다. 이것은 유지관리자에 의해 행하여진 작업이 각 종사자들이 동기를 부여받을 때 최선의 결과를 얻을 수 있기 때문이다. 즉 이해는 동기 부여에 대해 필수적이며 이해를 돋기 위한 열쇠는 상호간의 정보교환에 있다. 이런 것들에 대한 많은 연구 결과, 구조물 유지관리 분야를 명확히 정립하기 위해서는 상호간의 정보교환이 필수적임을 알 수 있다. 그러나 각 관리자는 조직기구, 관리방법 또는 정보전달 계통을 변경하기에 앞서 그 조직의 일관된 관점을 고려하여야 한다.

2.2.3 유지관리자의 임무

유지관리를 효과적으로 수행하기 위한 유지관리 종사자의 임무는 다음과 같다.

(가) 정기적으로 시설물의 이상유무를 점검하고 작업원을 배치하여 청소 및 제반 시설물에 대한 상시보수를 실시한다.

(나) 일일작업량을 부여하고 작업과정을 감독하며 실시결과를 확인, 보수작업일지를 기록 정리한다.

(다) 작업장 안전관리 및 담당구간내 순찰을 실시하여 이상유무를 확인한다.

(라) 사고발생시 인명구조작업과 피해가 확대되지 않도록 필요한 안전조치를 취해야 한다.

(마) 보수작업 시행에 있어 효율적인 작업시행 방법을 강구하여 작업성과를 증대토록 한다.

(바) 철저한 작업계획 확립으로 인원, 자재 및 작업도구 등을 준비 확보하여 차질이 없도록 하여야 한다.

(사) 수시로 필요한 안전관리 교육을 실시하여야 한다.

【해설】 생략

2.3 기획과 예산편성

유지관리 책임자는 유지관리에 필요한 자금일체를 확보하여야 하며 그 자금의 흐름을 적절히 관리할 수 있도록 계획하여야 한다.

【해설】

기획과 예산편성 체계(system)의 설정은 어떤 작업이 최우선이고 조직내에서 무엇이 최선의 정보전달을 고무시킬 수 있는가에 기초를 두고 행하여져야 한다. 예산의 수립은 과거의 기록 및 수행 성과를 토대로 하게 되며, 다음과 같은 사항이 예산편성에 고려되어야 한다.

- (1) 어떤 구조물이 계획된 유지관리의 관점에서 재시공을 필요로 하는 가를 결정
- (2) 승인된 사업과 예정사업을 비교하여 유지관리 요구사항의 조정
- (3) 차후 재시공될 구조물의 유지관리 요구사항을 조정하기 위한 향후 일정계획시 신설시공 계획의 결정

예산편성시에는 목적한 수준을 달성하기 위해 월별, 분기별 검토를 하여야 하며 시행사업의 소요경비가 실행예산을 초과하지 않도록 감시하여야 한다.

각 구조물의 유지관리에 소요되는 예산편성은 구조물의 재령, 구조물의 결함에 따른 일반보수비와 특별보수비, 인명과 재산의 피해정도 및 구조물의 특성 등에 따라 반드시 기획하여 반영되어야 한다.

2.4 유지관리계획

- (1) 시설물의 유지관리자는 장기적인 유지관리기준을 마련하고 그 기준에 근거하여 유지관리를 행하여야 한다.
- (2) 유지관리는 시설물의 계획, 설계 및 시공의 기록을 적절히 이용하여야 한다.
- (3) 시설물의 계획, 설계 및 시공시 유지관리를 충분히 고려하는 것이 바람직하다.

【해설】

(1) 시설물의 유지관리자는 시설물의 특성, 규모 등을 고려한 장기유지관리기준을 마련하고 그 기준에 따라 매년 유지관리계획을 수립하여 계획에 따라 적절한 유지관리를 행하여야 한다.

(2) 유지관리는 초기 점검에 의한 시설물의 현상평가로부터 시작된다. 이 점검을 행할 때에는 당해 시설물의 계획, 설계, 시공의 기록을 이용하는 것이 점검내용을 정하는 데에 매우 유용하다. 특히, 기록의 신뢰성이 높은 경우에는 점검내용을 상당히 줄일 수 있다. 기록은 유지관리 단계별로 매우 유용하게 이용되므로 기록을 적절히 정리하여 보관하여야 한다.

(3) 새로 신설되는 시설물의 경우 유지관리를 고려하여 계획, 설계, 시공을 행하면 유지관리가 매우 용이하게 된다. 특히, 유지관리를 위한 점검설비 등을 건설당시 적절히 설치하거나 기존 시설물에도 점검설비 등을 미리 설치하면 유지관리업무에 매우 유용하게 활용할 수 있다.

2.4.1 점검계획

시설물의 준공후 유지관리자는 수시점검 또는 정기적인 점검계획을 수립하여 계획에 따라 적절히 점검을 시행하여, 점검계획을 수립할 때는 다음과 같은 사항들이 고려되어야 한다.

- (1) 시설물의 종류, 범위, 항목, 방법 및 장비
- (2) 점검대상부위의 설계자료, 과거이력 파악
- (3) 시설물의 구조적 특성 및 특별한 문제점 파악
- (4) 시설물의 규모 및 점검의 난이도
- (5) 점검당시의 주변여건
- (6) 점검표의 작성
- (7) 기타 관련사항

【해설】

- (1) 시설물의 점검계획을 수립하기 위해서는 점검대상 시설물의 종류, 범위, 점검항목 및 점검방법과 점검시 사용장비 및 점검에 필요한 가설물에 대한 사전검토가 요구된다.
- (2) 점검대상 시설물에 대한 적절한 점검을 위해서는 대상시설물의 설계자료와 과거의 열화실태, 보수 및 보상실태 등을 충분히 파악할 필요가 있다.
- (3) 점검계획은 시설물이나 부재의 중요도, 제 3 자에의 영향도, 내구년한 등 시설물이 갖는 구조적 특성을 미리 파악하여 점검계획 수립시 이를 고려할 필요가 있다.
- (4) 시설물의 종류에 따라 점검이 곤란한 경우가 많기 때문에 점검자는 유지관리의 난이도를 고려하여 점검계획을 수립한다.
- (5) 점검자는 시설물의 점검시 시설물의 변형 및 결함을 미리 예측하고, 점검시 구체적인 점검 방법과 빈도를 결정하고, 점검시의 주변환경 등을 고려하여야 한다.
- (6) 점검시에는 시설물별 점검표를 작성하여 점검표에 의한 조사가 실시되도록 하여야 한다.

2.4.2 점검의 종류

시설물의 점검의 종류는 다음과 같이 분류한다.

- (1) 수시점검
- (2) 일상점검

(3) 정기점검(초기점검 포함)

(4) 긴급점검

(5) 정밀안전진단

【해설】

(1) 수시점검은 유지관리자 또는 관리주체의 일상적인 유지관리 업무로 육안을 이용하여 일일점검 또는 필요하다고 판단되는 때에 수시로 실시하는 부정기 점검이다.

(2) 일상점검은 손상을 조기에 발견하기 위해 육안을 이용하여 정기적으로 실시하는 점검으로 가능한 시설물에 근접하여 점검하고, 손상판정기준에 따른 상태 등급을 기록한다.

(3) 정기점검은 시설물의 안전성을 확보하기 위하여 정기적으로 실시하는 정밀육안 점검 및 장비를 이용한 점검을 말하며 손상부위 및 손상종류, 손상의 정도 등 손상 상세사항을 그림 또는 도면에 기록한다. 초기점검은 시설물관리대장에 기록되는 첫 번째 시설물의 정기점검으로 신설구조물의 경우 준공후 90 일이내에 시행토록 한다. 초기점검 내용은 구조물 상태의 판단 및 구조물의 문제점 또는 문제가능성이 있는 구조부위를 확인하고 기록하여 추후 특별한 주의를 필요로 하는 사항에 대하여 점검중에 평가하여야 한다.

(4) 긴급점검은 태풍, 집중호우, 폭설 등의 재해가 발생한 경우, 긴급한 손상이 발견된 때 또는 관리주체가 필요하다고 판단하는 경우에 실시하는 모든 점검을 말하며, 필요한 경우에는 장비나 기계기구를 사용하여 실시한다.

(5) 정밀안전진단은 특별히 선정된 시설물의 외관상태, 내구성, 내화성 및 안전도의 파악을 위해 실시되며, 정밀육안조사와 장비조사 및 현장시험을 통하여 조사·측정 평가하여 보수·보강 등의 방법을 제시한다.

2.4.3 점검 시설물

점검종류별 점검대상 시설물은 다음과 같다.

(1) 수시점검 : 유지관리가 필요한 모든 시설물을 대상으로 한다.

(2) 일상점검 : 유지관리가 필요한 모든 시설물을 대상으로 한다.

(3) 정기점검 : 시설물의 안전관리에 관한 특별법 시행령에서 정한 1, 2 종 시설물과 관리주체가 필요하다고 판단하는 시설물을 대상으로 한다.

(4) 긴급점검 : 태풍, 집중호우, 폭설 등의 재해가 발생한 경우, 긴급한 손상이 발견된 때 또는 관리주체가 필요하다고 판단하는 시설물을 대상으로 한다.

(5) 정밀안전진단 : 관리주체가 안전점검을 실시한 결과 시설물의 재해예방 및 안전성 확보 등을 위하여 필요하다고 판단하는 시설물과 "시설물의 안전관리에 관한 특별법 시행령"에서 정하는 시설물을 대상으로 한다.

【해설】 생략

2.4.4 점검시기

점검종류별 점검시기는 다음과 같다.

- (1) 수시점검 : 1 일 점검 또는 관리주체가 필요하다고 판단한 때
- (2) 일상점검 : 분기별 1 회 이상 실시한다.
- (3) 정기점검 : 2 년에 1 회 이상 실시한다. 다만, 교량은 매년 1 회 이상, 건축물은 3 년에 1 회 이상으로 한다.
- (4) 긴급점검 : 관리주체가 필요하다고 판단한 때 또는 관계행정기관의 장이 필요하다고 판단하여 관리주체에게 긴급점검을 요청한 때
- (5) 정밀안전진단 : 관리주체가 필요하다고 인정한 경우에 실시한다. 단, "시설물의 안전관리에 관한 특별법 시행령"이 정하는 시설물은 정기적으로 실시한다.

【해설】

- (1) 수시점검은 관리주체의 판단에 따라 임의로 실시한다.
- (2) 일상점검 및 정기점검은 "시설물의 안전관리에 관한 특별법 시행령"이 정하는 시기에 따라 실시하는 것으로 한다.
- (3) 긴급점검은 태풍, 집중호우, 폭설 등의 재해가 발생한 경우, 긴급한 손상이 발견된 때 관리주체의 판단에 따라 실시하거나 또는 관계행정 기관의 장이 필요하다고 판단하여 관리주체에게 긴급점검을 요청할 때 실시한다.
- (4) 정밀안전진단은 관리주체가 안전점검을 실시한 결과 시설물의 재해예방 및 안전성 확보 등을 위하여 필요하다고 인정한 경우에 실시한다. 단, "시설물의 안전관리에 관한 특별법 시행령"이 정하는 시설물에 대해서는 법의 규정에 따라 정기적으로 실시한다.

2.4.5 점검원의 자격

시설물의 안전점검을 실시할 수 있는 점검원의 자격은 "시설물의 안전관리에 관한 특별법 시행령"이 정한 자격자 이상으로 한다.

【해설】

"시설물의 안전관리에 관한 특별법 시행령"에서 명시한 점검원의 자격을 갖춘자로서 건설교통부장관이 인정하는 안전점검 및 정밀안전진단 교육을 이수한자를 말하며, 자격은 해설 표 2.1 과 같다.

해설 표 2.1 안전점검 및 정밀안전 진단을 실시할 수 있는 자의 자격

구 분	기술 자격자	학력 · 경력자	비 고
수시점검 및 일상점검	<ul style="list-style-type: none"> · 토목 · 건축분야의 1급 이상의 자격을 소지한자 · 토목 · 건축분야의 기사2급의 자격을 소지한 자로서 당해분야에서 3년이상 근무한 자 	<ul style="list-style-type: none"> · 토목 · 건축분야의 석사이상의 학위를 가진자 · 토목 · 건축분야의 학사학위를 가진자로서 당해분야에서 1년이상 근무한자 · 토목 · 건축분야의 전문대학을 졸업한 자로서 당해분야에서 3년이상 근무한자 · 토목 · 건축분야의 고등학교를 졸업한자로서 당해분야에서 6년 이상 근무한자 · 토목 · 건축분야의 학위를 가졌거나 토목 · 건축분야의 전문대학 또는 고등학교를 졸업한자로서 공공관리 주체에 소속되어 유지 관리 업무에 종사하는 자 	*수시점검은 "시설물의 안전관리에 관한 특별법 시행령"에 명시된 점검은 아님

구 분	기술 자격자	학력 · 경력자	비 고
정기점검 (초기점검) 및 긴급점검	<ul style="list-style-type: none"> · 토목 · 건축분야의 기술사 · 토목 · 건축분야의 기사 1급의 자격을 가진자로서 당해분야에서 7년 이상 근무한 자 · 토목 · 건축분야의 기사2급의 자격을 가진자로서 당해분야에서 10년 이상 근무한 자 · 건축사 면허를 가진자로서 연면적 5천제곱미터 이상의 건축물에 대한 설계 또는 감리실적이 있는 자 	<ul style="list-style-type: none"> · 토목 · 건축분야의 박사학위를 가진자 · 토목 · 건축분야의 석사학위를 가진자로서 당해분야에서 6년이상 근무한자 · 토목 · 건축분야의 학사학위를 가진자로서 당해분야에서 9년 이상 근무한자 · 토목 · 건축분야의 전문대학을 졸업한자로서 당해분야에서 12년 이상 근무한자 · 토목 · 건축분야의 고등학교를 졸업한자로서 당해분야에서 15년 이상 근무한자 	
정밀안전진단	<ul style="list-style-type: none"> · 토목 · 건축분야의 기술사 · 토목 · 건축분야의 기사 1급의 자격을 가진자로서 당해분야에서 10년이상 근무한 자 · 토목 · 건축분야의 기사 2급의 자격을 가진자로서 당해분야에서 13년 이상 근무한 자 	<ul style="list-style-type: none"> · 토목 · 건축분야의 박사학위를 가진자로서 당해분야에서 3년 이상 근무한자 · 토목 · 건축분야의 석사학위를 가진자로서 당해분야에서 9년 이상 근무한자 · 토목 · 건축분야의 학사학위를 가진자로서 당해분야에서 12년 이상 근무한자 · 토목 · 건축분야의 전문대학을 졸업한 자로서 당해분야에서 15년 이상 근무한자 	

2.4.6 일정계획

작업을 원활하고 능률적으로 실시하기 위해서는 유지관리의 전반적인 일정계획을 합리적으로 수립하고 작업시행은 계획에 따라 면밀한 준비와 세심한 검토를 하면서 행하여야 한다.

【해설】

유지관리 일정계획은 대부분의 토목 구조물이 자연환경에 노출되어 있는 관계로 계절적 요인이나

년중 일상적인 행사에 의해 결정된다. 예를 들어 보수, 청소 또는 예방적 유지관리 등에 대한 요구는 기후조건에 따른 계절적 변화에 심각한 영향을 받는다. 효과적인 유지관리는 항후의 요구사항을 미리 예견하는 관리자의 능력과 최선의 결과를 얻기 위해 적절한 지원과 올바른 작업계획을 통하여 얻어진다.

최근에는 유지관리자가 새로운 요구조건들의 일정계획을 수립하는데 많은 노력을 투입하고 있는 추세이나 대용량인 고가의 기계장비, 광범위한 새로운 재료, 증대되는 훈련과 안전요구조건, 구조물의 미관에 대한 일반의 관심, 에너지 결핍 등의 수많은 요소들이 유지관리자의 역할에 영향을 주고 있다.

효과적이며 적절한 경비로 광범위한 계획을 운용하기 위해서는 최선의 관리방법을 조합하여 일정계획을 수립하여야 한다. 구조물 유지관리 행위의 방법과 효과에 영향을 주는 일정계획 요소는 상당히 많다. 이런 요소들은 많은 변수를 내포하고 있으며 그 요소는 다음의 내용을 포함한다.

- (1) 작업현장까지의 거리와 인원, 재료, 장비를 현장까지 이동하는데 드는 시간과 비용
- (2) 보수작업 실시여부, 재료의 성질, 필요장비 등에 영향을 줄 수 있는 기후조건
- (3) 인력, 기술, 장비 및 적절한 재료의 가용성
- (4) 각 단위 작업의 크기와 분류, 작업단위가 가용자원으로 실시 가능한가의 여부, 운송거리로 인해 고가의 경비가 초래할 것인지의 여부
- (5) 작업계획, 예기치 못한 사건의 영향, 요구사항의 준비등과 관련하여 자원의 부족으로 발생되는 문제점
- (6) 우선순위에 따른 예산의 영향과 예산회기내에 수행될 수 있는 작업의 총량

효과적인 구조물 유지관리 업무를 보장하기 위한 관리체계는 전술한 요소들을 고려한 가용자원으로 대부분의 작업을 수행할 수 있는 계획의 수립을 필요로 한다. 가장 중요한 일정계획 요구나 우선순위를 결정하기 위해서 관리업무는 각 구조물의 고유기능 발휘상태, 현재상황, 계획된 보수와 유지관리 요구조건들을 제공하는 보고와 평가체계를 갖추어야 한다.

2.5 기준

2.5.1 품질기준

품질기준은 유지보수 활동에 필요한 외적인 조건으로 정의되며 기술의 특성과 성과품의 특성을 규정한다.

【해설】

품질기준은 분산되어 있는 각 구조물의 유지가 균일하고 적시에 양질의 기술로 이루어지도록 보장하여야 한다. 품질기준은 때때로 유지관리조 상호간의 경험차이, 사용재료의 차이, 유지우선순위상의 문제점, 기준에 맞는 자원의 결핍 등으로 효율적인 기준의 제정이나 관리가 어렵다. 그러므로 품질기준은 유지관리 활동을 야기시킬 조건과 점검주기를 명시해야 하며, 필요한 조치를 규정해야 한다. 또한, 충분한 결과를 얻기 위해서는 성과품에 대한 시방서를 상세히 확인하여야 한다. 완료된 작업의 성과를 평가할 수 있도록 상세한 세부 항목을 점점표에

작성하여 품질기준에 포함시켜야하며 교량, 건물 등과 같이 복잡한 구조물의 경우에는 전문기술자에 의해 품질기준이 규정되어야 한다.

2.5.2 작업기준

작업기준은 구조물의 예방적 유지보수를 위한 시방서, 장비, 작업절차, 등을 포함하며 명시된 작업단위를 완료하는데 필요한 기간과 수량을 지칭한다.

【해설】

작업기준은 효과적인 기획, 예산편성, 일정계획 수립에 필수적인 요소이다. 거의 모든 유지관리 기능들은 반복 작업에 의해 수행되며 어떤 기능들은 수시로 반복 수행되고 기타 기능들은 연중 몇 차례만 반복되기도 한다. 또한 몇몇 기능들은 많은 인원들로 여러 가지 수행단계를 거쳐서 이루어지나 어떤 기능은 혼자서 간단히 행하여지는 것도 있다.

작업기준 작성시 고려할 사항은 기능이 복잡하고 경비가 많이 소요되는 빈번한 반복 기능들에 대한 것이다. 유지관리 우선순위는 높은 품질 또는 작업의 효율을 위해 필요하며 시간과 능률 기준은 규정된 유지관리 우선순위에 근본을 두어야 한다. 시간과 능률 기준에 영향을 미치는 변수로는 현장까지 또는 현장으로부터의 이동시간, 재료의 수송시간, 가용한 장비의 형식, 극도의 기후조건, 작업원의 부족 등이 있다. 시간과 능률기준에 따른 유지관리 절차는 기획을 위한 인력과 장비계획, 작업일정계획, 예산편성에 필수적인 요소이다. 즉 작업기준은 가용자원의 우선순위를 결정함에 기본적인 판단기준이 된다.

2.6 기록 및 보고

2.6.1 일반

작업의 통제나 조직의 운영을 위한 각종 기록은 보고를 하여야 하며 대장이나 각종 도표 등은 조사를하거나 변경되었을 경우 반드시 기록하여야 한다.

【해설】

유지관리 기록 및 보고를 위해서는 순찰일지, 작업일지, 자재수급일지, 취업표 등을 기록하여 상부기관에 보고하여야 한다. 어떠한 보고 체계도 기재사항 그 자체만큼은 신뢰할 수 있으므로 신뢰성을 확보하기 위해서는 관련 기재사항을 잘 이해하여야 하며 그 기재사항들은 될 수 있는 대로 간단한 표현을 사용해야 한다. 기록체계는 많은 기능들을 잘 포함할 수 있도록 수립되어야 하며, 효과적인 기록체계를 이루려면 수립과정에 앞서 예상되는 의문사항들이 밝혀져야 한다.

2.6.2 기록의 기간

유지관리기록은 시설물을 사용하는 기간동안 보존하는 것을 원칙으로 하며, 시설물의 사용기간이 지난후에도 다른 시설물의 유지관리자료로 사용하기 위해 보존하는 것이 바람직하다.

【해설】

기록은 효율적이고 합리적인 유지관리를 위한 자료이므로 유지관리를 계속 행할 필요가 있는 동안은 보존하는 것이 원칙이다. 한편, 시설물의 사용 완료후에는 해당 시설물의 유지관리에는 필요 없으나 유사한 다른 구조물의 유지관리에 유용하기 때문에 보존하는 것이 바람직하다.

2.6.3 기록의 항목

기록해야 할 항목으로는 주요제원, 일반도, 주변환경, 점검계획과 결과, 평가·판정의 결과, 대책계획과 결과 및 사전으로 한다.

【해설】

기록해야 할 항목으로 유지관리에 필요한 항목을 효율적으로 선정한다.

2.7 자료관리

자료관리는 유지관리 업무중에 결정을 내릴 때 그 판단근거가 되는 기초자료를 용이하게 제공받을 수 있는 체계를 합리적으로 구축하여야 한다.

【해설】

자료관리의 방법에는 관리하는 자료의 항목이나 종류에 따라 차이가 나지만 관리하는 대상 구조물의 수량, 지역의 범위에 따라 또한 차이가 있다. 일반적으로 시공시 설계도서류의 보전관리는 물론 일상업무에 사용빈도가 높은 평면도 등은 설계 원도보다 복사된 현황원도를 따로 작성하여 사용하는 것이 좋다.

대량의 구조물을 유지관리 하려면 기존 구조물에 관한 자료도 필연적으로 요구되므로 이용빈도가 높은 자료를 전산화(data base)하여 정보검색을 합리화하는 것이 좋다. 관리하는 구조물에 관한 각종자료 및 유지관리 실시자료는 향후의 유지관리를 진행하는데 필요하며 과거의 경과로부터 현재를 분석하거나 장래의 투자계획을 책정하는 경우 등에도 필수 불가결한 정보원이 된다. 자료관리는 우선 관리할 자료의 항목을 정한 다음 그것을 관리하는 방법을 규정하여야 한다.

유지관리에 필요한 자료에는 다음의 것이 있다.

- (1) 주변지역의 현황도 및 관계서류
- (2) 지반조사 보고서 및 실험 보고서
- (3) 실설지점에서의 설계도, 구조계산서, 설계도면, 표준시방서, 특별시방서, 견적서
- (4) 보수, 개수(改修)시의 상기 설계도서류 및 작업기록
- (5) 공사계약서, 시공도, 사용재료의업체명 및 품명
- (6) 공정사진, 준공사진
- (7) 관련된 인허가(認許可) 서류 등

2.8 공급 및 조달

공급 및 조달체계는 유지관리 활동의 기획과 일정계획에 기본이 되며 실제작업이나 관리업무에

중요하다.

【해설】

유지관리에 있어서의 공급 및 조달은 실제작업을 직접 시행하는 경우는 그 비중이 다른 관리업무와 마찬가지로 대단히 중요하며, 그 작업을 외부로 발주하는 경우에는 필요한 자재나 기계는 수주자 측에서 준비하는 것이 일반적이고 공급 및 조달의 비중은 상대적으로 적으므로 일반 관리업무의 일부에 포함시키는 정도가 좋다.

유지관리를 목적으로 하는 공급 및 조달은 물자의 형식에 관계된 범주로 다음과 같이 분류할 수 있다.

(1) 유지관리 절차상 필요한 여러 가지 시방의 물자

물자의 저장 및 조달은 넓은 지역에 분포된 저장소에 대량으로 행하는 것이 일반적이며 물자의 이동은 대량의 조달로 경비를 낮추기 위해 수년주기로 행하여진다.

(2) 화학물질, 페인트, 연료, 벌크(bulk) 등은 드럼통, 탱크, 창고 등과 같은 대량의 특수저장시설을 필요로 하며 물품은 년간 또는 계절적인 사용량을 기본으로 하거나 재료의 최대저장수명에 따른다.

(3) 청소재료, 안전복, 장비부품, 등과 같은 공급물품은 중앙공급체계를 통하여 구입된다.

(4) 서비스 품목으로는 수건, 보호복, 가스, 청소작업용품 등과 같은 항목을 제공한다.

물자와 더불어 장비는 유지관리 업무의 공급 및 조달에 중요한 역할을 한다. 인원과 자재의 수송은 실작업에 쓰이는 작업장비와 함께 유지관리 계획에서 가장 큰 예측불능의 요소를 갖는다. 만약 기상의 불확실성이 배제된다면 연중 물자 조달계획은 매우 정확히 세워질 수 있다. 그러므로 과거의 기상기록을 최대한 활용하여 계획을 세워야하며 한정된 저장수명을 갖는 공급 항목들은 특별한 관리를 필요로 한다.

전기와 전자 수리장비들은 일반적으로 고가이고 한정된 저장수명 때문에 문제가 발생하는 경우도 있다. 고가의 장비들은 공급자로부터 적절한 부품공급이 원활하지 않는 경우가 있으므로 타 기관들과의 협조로 여분의 재고를 파악하는 것이 바람직하다. 유지관리를 위한 물자의 저장은 예상되는 조건들(저장수명, 저장규정 등)에 의해 저장물자를 제한하고, 공급이 원활하고 사용현장에서 가장 편리한 저장위치로 제한하여야 한다.

2.9 요원관리

2.9.1 요원관리

요원관리는 전체요원을 기술직과 일반사무직으로 분류해서 이들의 업무관계를 규정하는 것이 필요하다.

【해설】

유지관리 업무를 직접하는 경우는 작업종류에 따라 국가기술자격법에 명시한 기술자격을 보유한 요원을 필요로 하며 주요부분의 실작업은 외부의 전문업체에 위탁하는 것이 요구되는 품질확보의 차원에서 바람직하다.

관리업무 중에는 각종기준의 작성 및 개정, 적산, 공정관리, 안전관리, 검사 등에 기술자를 필요로 하므로 그 영역은 넓다. 그러나 일반 사무직원도 유지관리에서는 상당한 영역에서 그 적성을 발휘할 수 있다. 또한 일반사무직원이 기술을 필요로 하는 영역에 대해서도 어느 정도의 훈련과 교육을 통하여 기술자를 대신할 수 있는 기능을 발휘할 수 있도록 하는 조치가 필요하다.

2.9.2 유지관리작업조의 규모

유지관리작업조의 정확한 규모는 개개의 유지관리 대상부위에 대한 필요작업량에 따라 신축성 있게 결정한다.

【해설】

각종 구조물의 유지관리 업무는 크게 다음 3 가지 형식이 있다.

- (1) 주기적 또는 예방적인 유지관리
- (2) 국부 또는 전면의 일상적 유지관리
- (3) 응급보수

기타 요원들로 구성된 아주 작은 유지관리작업조는 청소나 간단한 보수작업 등의 항목을 주기적으로 취급할 수 있으나 유지관리작업조의 정확한 규모는 보수대상부위에 대한 필요작업량에 의해 결정된다. 국부 또는 전면 유지관리작업조는 기 언급된 소규모 유지관리작업조보다 기술의 정도가 높은 조직이 필요하므로 필요인력은 개개의 작업들에 따라 가변적이다. 필요인력은 1~2 명의 작업원에 의해 수행될 수 있는 조직이 요구된다. 일상적이 아닌 전면적 유지관리 작업은 콘크리트의 보수, 철근조립작업, 도장기술, 비계조립작업, 강 부재의 용접 등과 같이 작업이 기본적으로 중요하며 많은 지식과 경험을 필요로 한다.

2.9.3 교육 및 훈련

교육 및 훈련은 전문영역의 기능과 지식을 향상시킬 목적으로 실시한다.

【해설】

교육 및 훈련은 전문영역의 기능과 지식을 향상시키며 그 외에도 그와 관련된 지식도 부여함으로써 유지관리를 체계적으로 수행하는데 도움이 된다. 교육 및 훈련은 구조물 유지관리 계획을 수립하는데 있어 중요한 부분이며 특히 양질의 관리를 위해 필수적이다.

경험 있는 유지관리 조직원들에 대해서도 교육 및 훈련의 내용을 개선하여 재교육 및 훈련이 필요하며 이에 따라 얻어지는 이익은 질적, 양적인 견지에서 구조물 유지관리 성과를 향상시킨다.

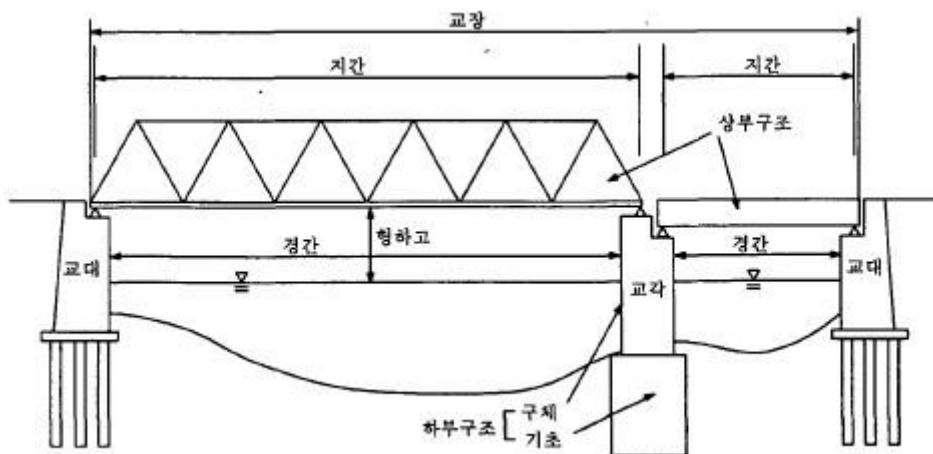
제 2 편 교량

제 1 장 교량의 종류 및 특성

교량은 용도, 재료, 구조형식 등에 따라 다양한 형식이 있으며, 유지관리시 각 형식마다 상이한 특성을 고려하여야 한다.

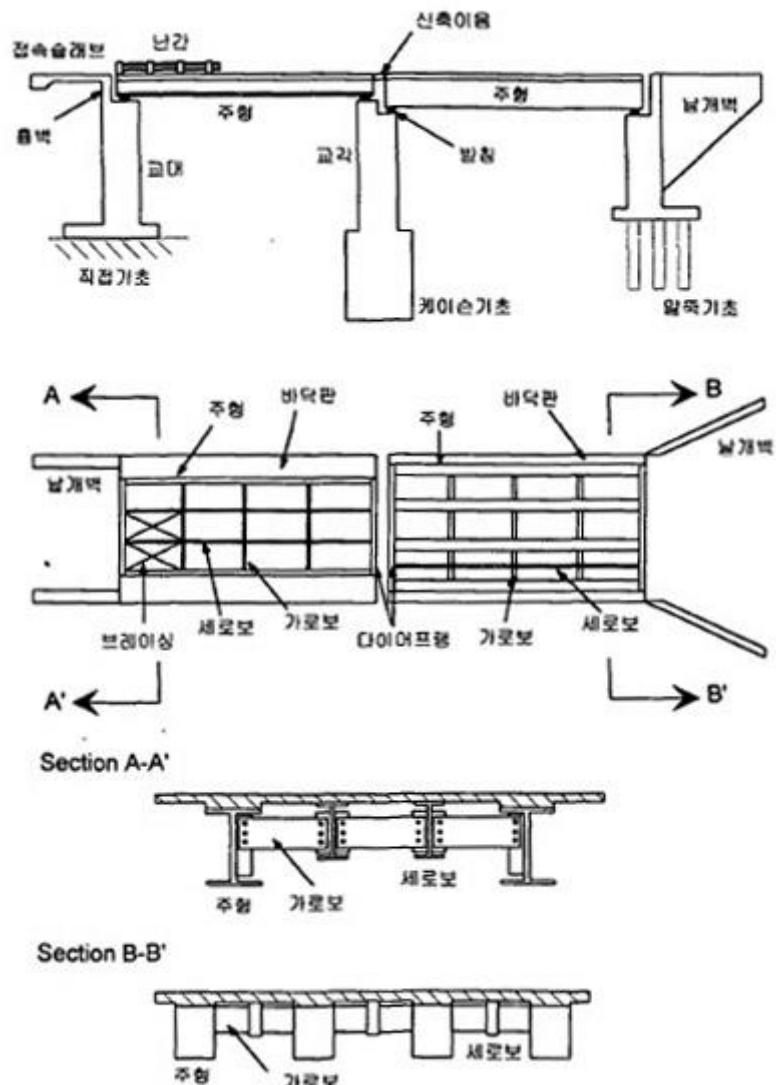
【해설】

교량(bridge)이란 도로, 철도, 계곡, 호수, 해안 등의 위를 건너거나 다른 도로, 철도, 수로, 가옥, 시가지 등의 위를 건너기 위해 가설하는 구조물을 의미한다. 우리말로는 다리, 橋, 橋梁이 같은 뜻으로 사용되고 있다. 橋와 梁은 같은 의미를 지니고 있다. 橋라는 것은 兩岸 사이를 넘어감을 의미하고, 梁은 나무를 사용하여 물을 건너감을 의미하므로 橋와 梁은 같은 의미를 가지고 있다. 해설 그림 1.1에는 교량의 일반도를 나타내었다.



해설 그림 1.1 교량 일반도

교량을 구성하는 구성요소와 그 명칭은 해설 그림 1.2 와 같다.



해설 그림 1.2 교량 일반도

교량은 용도, 사용재료, 노면위치, 평면형상, 가설지점, 구조형식, 설계하중 등에 따라 해설 표 1.1과 같이 분류할 수 있다.

해설 표 1.1 교량의 종류

분류 구분	교량 종류
사용용도	도로교, 철도교, 수로교, 관로교, 보도육교
사용재료	콘크리트교, 강교, 목교, 복합재료교
노면위치	상로교, 중로교, 하로교
평면형상	직교, 사교, 곡선교
가설지점	고가교, 연도교, 연육교, 횡단육교, 도하교, 도해교
구조형식	형교(거더교), 아치교, 라멘교, 트러스교, 사장교, 현수교
설계하중	1등교, 2등교, 3등교

철근 콘크리트 교량은 일반적으로 다음과 같은 특징이 있다.

- 내구성이 큼 : 바람과 비에 대한 내구성이 강교보다 우수함

- ② 유지비가 작음 : 강교의 경우에는 주기적인 재도장이 필요함
- ③ 사하중에 의한 응력비(즉, 사하중/활하중)가 크므로 미래의 활하중 증가에 대한 여유가 강교보다 큼
- ④ 공사비가 강교의 경우보다 일반적으로 작음
- ⑤ 강교보다 부재 단면이 크고, 자중이 크므로 진동이 작고, 소음 발생 또한 작음
- ⑥ 현재는 주로 단경간에 적용되며, 대표적인 것으로 슬래브교와 T빔교가 있음
- ⑦ 현장 철근 배근 및 현장 콘크리트 타설을 하기 때문에 품질관리가 매우 중요함

프리스트레스트 콘크리트 교량은 일반적으로 다음과 같은 특징이 있다.

- ① 철근 콘크리트 교량의 일반적 특징과 동일
- ② 철근 콘크리트 교량보다 콘크리트 품질관리가 우수함
- ③ 프리스트레싱을 해서 부재에 미리 압축력을 주므로 지간 길이를 길게 할 수 있음
- ④ 프리스트레싱 양에 의해 교량의 내하성이 지배되므로 프리스트레싱 작업에 주의를 해야 함
- ⑤ 정착부 부근에 집중응력이 발생되므로 정착부 부근의 보강에 주의를 해야 함

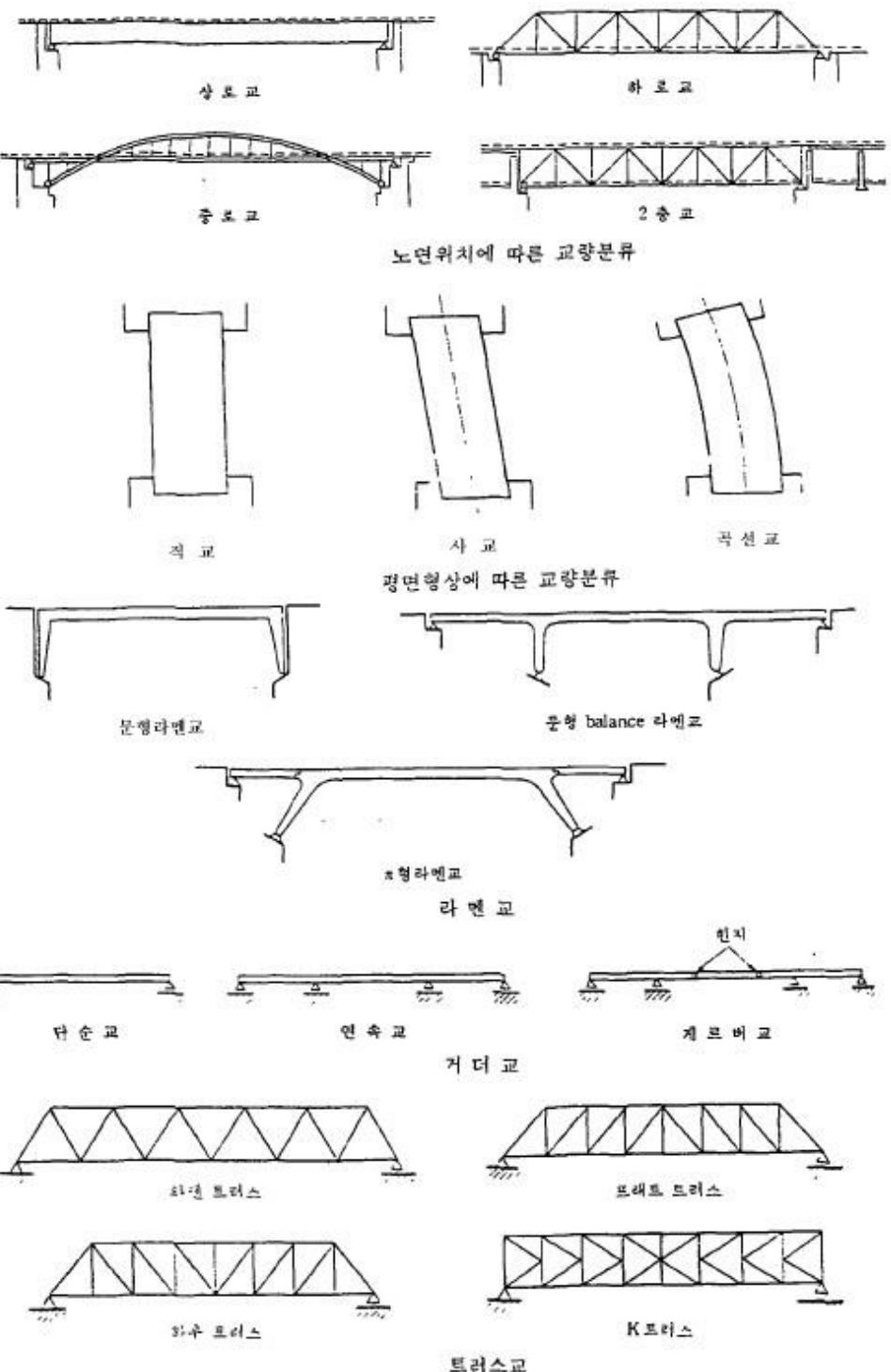
강교량은 일반적으로 다음과 같은 특징이 있다.

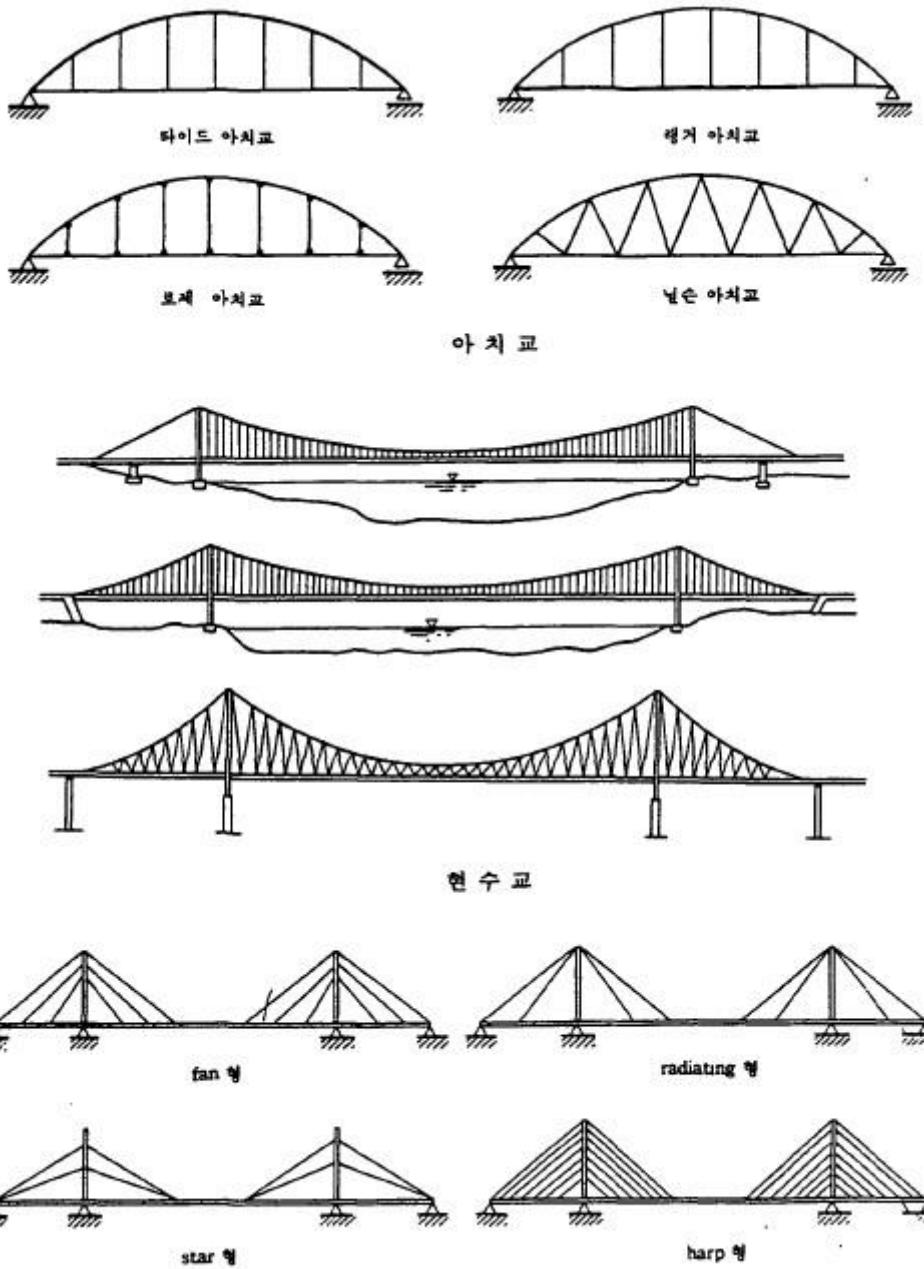
- ① 가공성이 뛰어난 강재를 사용하므로 다양한 구조와 형식을 조합시켜 단지간에서 장지간 까지, 또는 곡선과 같은 복잡한 선형 및 구조에 대처할 수 있음
- ② 콘크리트교에 비해 가벼우므로 하부구조의 부당을 줄일 수 있으며, 내진성이 우수함
- ③ 재료의 신뢰성이 높고, 역학적 거동도 비교적 정확히 파악할 수 있으며, 공장제작, 현지가설시 품질관리를 통해 품질신뢰도가 높은 제품을 얻을 수 있음
- ④ 공장에서 제작, 가조립을 하므로 현지에서의 공기가 단축됨
- ⑤ 시간경과에 따른 손상도의 파악, 보수, 보강 또는 해체가 쉬움
- ⑥ 구조형식이나 색채 선택의 여유가 높아 경관설계에 유리함

콘크리트교와 비교한 강교의 특징은 해설 표 1.2 와 같고, 교량의 구조형식은 해설 그림 1.3 에 나타내었다.

해설 표 1.2 콘크리트교와 비교한 강교의 특징

	장점	단점
재료	① 재료강도, 탄성계수, 두께 등의 균일성이 높다 ② 재료강도가 높고, 인장 및 압축강도가 거의 같다 ③ 인성이 높고, 변형성능이 우수하다. ④ 크리프나 견조수축을 무시할 수 있다.	① 가격이 높다
계획설계	① 상부구조의 사하중이 작아 하부구조의 부담이 작다. ② 곡률반경이 작은 교량이나 복잡한 구조를 갖는 교량에도 적용하기 쉽다.	① 박판구조이므로 피로나 좌굴의 영향이 크다 ② 처짐이 발생하기 쉽고, 변형이나 진동에 대한 배려가 필요하다 ③ 온도변화에 민감하다
제작	① 공장 내에서 제작되어 각종 검사가 행해지므로 품질의 신뢰성이 높다. ② 휩, 철삭, 구멍, 용접 등의 가공성이 우수하다.	① 부재나 재료의 종류가 많아 관리가 복잡하다. ② 시공시 변형이 발생하기 쉽다.
시공	① 공장에서 가조립 등을 행하므로 현장에서 시공기간이 짧아진다 ② 자연조건에 좌우되지 않는다.	① 부재수가 많기 때문에 세심한 관리가 필요하다.
유지관리	① 부식이나 손상발견이 쉽다 ② 보수작업이 쉽다	① 부식이 발생하기 쉬우며 경기적인 도장이 필요하다 ② 소음이 발생하기 쉽다.





해설 그림 1.3 교량의 구조형식

제 2 장 손상의 종류와 원인

교량에 발생하는 손상은 사용재료의 역학적 특성과 구성부재의 거동에 따라 그 종류와 원인이 다양하다.

【해설】

교면 포장부는 차량 통행에 의한 반복 하중으로 포장체에 변형이 발생하여 피로파괴에 도달한다. 포장체 손상의 대부분은 대형차량이 동일한 위치를 통과함으로써 발생하는 노면의 마모, 또는

혼합물의 절리이며, 특히 아스팔트 포장의 경우는 단차, 균열, 요철, 그리고 포트홀 등의 손상이 발생하게 된다. 다음 해설 표 2.1은 포장손상의 종류와 손상의 주요원인, 그리고 손상이 공용성에 미치는 영향을 정리한 것이다.

해설 표 2.1 포장의 손상과 원인

손상종류	현상	주요원인	공용성에 대한 영향	
단차	• 구조물과의 접합부에 생기는 단차	• 구조물과 성트부의 부등침하 • 구조물 매입부의 전압 부족 • 구조물 이음부 불량 • 아스팔트 혼합물 안정성 부족 • 구조물 이음부의 아스팔트 혼합물 전압부족	• 소음발생 • 승차감의 저하 • 이음부포장, 구조물, 신축 이음의 과손	
변형	요철	• 중단방향으로 주기성 파형 (corrugation)	• 주행안정성 저하 • 승차감 저하	
	바퀴자국	• 횡단방향의 파형	• 주행안정성 저하 • 물고임에 의한 운전방해 • 미끄럼 저항성 저하	
	블리딩	• 포장표면에 아스팔트가 침출된 상태	• 강우시에 미끄럼저항 불량 • 주행안정성 저하 • 바퀴자국, 요철 등 발생	
붕괴(마모)	라벨링	• 바퀴에 의한 포장 표면 끝재 임자가 서서히 이탈하여 표면이 손상된 상태	• 아스팔트 혼합물의 전압 부족 • 연질 끝재 • 아스팔트량 부족 • 아스팔트 혼합물 오버 히트 • 체인, 스파이크타이어 작용 • 노면에 낙하된 토사나 차량의 마모 작용	• 승차감 저하 • 바퀴자국 발생 • 타이어 소음의 증가
	풀리싱	• 주행차량에 의해 포장이 연마된 상태	• 연질 끝재 • 교통량 • 미끄럼 저항성 저하 (특히 습윤상태)	
	포트홀스케일링	• 포장면이 국부적으로 움푹 패인 상태	• 물의 침투에 의해 손상 부위 확대 • 주행안정성 저하	
균열	미세균열	• 초기균열	• 선상 균열, 격자상 균열의 발전 • 물의 침투에 의한 구조물의 영향	
	선형균열	• 차선의 횡단, 중단 방향으로 칙선화된 균열	• 물의 침투로 포장파괴면의 확대 • 구조물의 영향	
	격자형균열	• 균열의 상호연결된 격자형	• 주행 안정성의 저하 • 물의 침투로 파괴면 확대 • 강상판의 경우 물의 침투에 의해 녹 발생	
기타	표면의 부풀음	• 부분적인 부풀음	• 포트홀로 진전	
	부분파손	• 부분파손	• 포트홀로 진전	
	유류찌꺼기	• 표충학적 공기의 팽창 • 택코트의 용제 증발 • 콘크리트 상판의 수분 증발 • 자동차에서 낙하물 사고 • 요금소 전후 • 교통량 정체 • 사고		

배수시설이 불량하여 차수 현상이 발생하면 주행차량에 큰 지장을 주고 겨울철에는 빙판을 이루어 교통사고의 원인이 될 수 있다. 또한 신축이음장치의 손상으로 발생된 누수로 인하여 교량에 부식이 발생하며, 특히 동절기에는 제설재의 침투로 인하여 부식을 더욱 유발시킬 수 있다. 배수시설은 크게 위치에 따라 배수구와 배수관으로 구분할 수 있다.

(1) 배수구

배수구에서 발생하는 손상의 대부분은 배수구의 단면이 적거나 흙, 먼지, 또는 이물질 등이 퇴적되면서 배수구가 막히는 경우이며, 이에 대해 배수구를 주기적으로 청소하거나 배수구의 교체를 통하여 배수구의 막힘을 방지해야 한다. 기존 배수구의 철거시 슬래브에 손상이 가지 않도록 주의하여야 하며, 배수구와 콘크리트 사이에 균열이 생겨 누수가 발생한 경우에는 접착제나 피복재 등으로 주위를 보수하여야 한다.

(2) 배수관

배수관이 굽어진 곳이 많거나 급격하게 굽은 경우에는 퇴적된 흙으로 막힐 우려가 있으며, 짧은 배수구가 바로 하부로 이어질 경우에는 교대의 사면이나 교각 측에 피해를 줄 염려가 있으므로 피하는 것이 좋다. 흙으로 막히는 빈도가 많은 경우에는 관을 큰 것으로 교체하여야 하며, 특히 배수관이 수평에 가까운 경우에는 구배를 세우고, 굴곡부는 가능하면 큰 원호로 하여 유수의 저항을 작게 하는 것이 좋다.

교량의 진동과 이음구조의 불량, 배수관을 고정시키는 지지재의 불량 등으로 인하여 관이 이탈하거나 용접부위에 균열이 생겨 누수되는 경우가 있으므로 이 때에는 원인을 조사하여 이음부의 개량이나 지지재의 보강을 해 주는 것이 좋다. 교량의 하부구조에 부식이 발생하는 가장 큰 이유는 배수관이 짧거나 배수관이 탈락되어 있는 경우이다 또한 슬래브 하단을 따라 유출된 물이 주형을 부식시킬 위험이 있으므로 배수관을 길게 하거나 보수하여 부식을 방지해야 한다. 만약 배수관이 교대나 교각의 구체 속에 묻혀 있는 경우에는 파이프 내를 항상 깨끗이 하여 겨울에 동파되는 일이 없도록 주의하여야 한다.

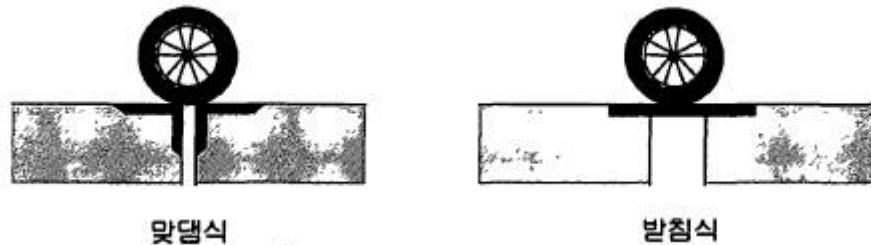
난간의 손상은 차량충돌, 하부구조의 변형, 또는 난간기둥과 바닥판 접촉면에서의 부식 등으로 인하여 발생한다. 콘크리트 난간의 손상은 일반 콘크리트의 손상요인과 유사하여 균열, 철근노출, 박리, 표면열화 등의 손상유형이 있으며, 강재 난간의 경우는 강재의 부식, 변형, 파손, 특히 차량충돌과 진동에 의한 기둥부의 볼트 손상이 많이 나타나고 있다. 연속교의 경우 부모멘트가 최대로 작용하는 지점 부위의 난간에 균열이 발생하기 쉽다. 난간의 균열은 구조상으로 크게 중요하지는 않으나, 교량 외관상 보기가 흉하고 보행자에게 위험감을 줄 수 있다. 특히 차량충돌 등에 의한 외부의 강한 하중에 의한 손상일 경우에는 바닥판에도 손상이 발생할 수 있으므로 주의 깊게 점검하여야 한다.

연석은 차량의 시선 유도, 차량의 차도이탈 방지, 사고시 완충작용 등의 역할을 하는 것으로서 난간의 점검시에 같이 조사를 하도록 한다. 연석은 주로 콘크리트나 석재가 사용되며 콘크리트 제품의 손상에는 주로 차량의 충격에 의한 국부 파손, 화학작용에 의한 박리, 표면부식, 균열 등이 있다.

신축이음장치는 온도변화, 건조수축, 활하중에 의한 상부구조의 신축을 원활하게 수용하기 위한 부속시설이다. 신축이음장치는 차량하중 및 온도의 영향을 직접 받기 때문에 파손되기 쉬운 부분이다. 신축이음장치의 파손은 교면수와 오물이 교량하부로 흘러들게 해 받침 등에 악영향을 미치고, 차량의 주행성을 저하시키므로 문제시되고 있다. 따라서, 신축이음장치는 교량형식, 지역조건, 신축량, 평탄성, 배수성, 수밀성, 내구성, 유지관리성 등을 종합적으로 고려하여 설치되고 점검되어야 한다.

(1) 신축이음장치 종류

신축이음장치는 윤하중의 지지여부에 따라 크게 해설 그림 2.1 과 같이 맞댐식(윤하중을 지지하지 않음)과 받침식(윤하중을 지지)으로 분류할 수 있으며 각 형식에 대한 특징은 다음과 같다. 해설 표 2.2는 각 신축이음장치의 신축량을 나타낸 것이다.



해설 그림 2.1 신축이음장치의 구분
해설 표 2.2 신축이음장치의 분류

대분류	중분류	소분류	신축량(mm)
맞댐식	맹 조인트	맹 조인트	0 ~ 5
		절삭 조인트	0 ~ 10
	맞댐 선시공 조인트	줄눈판 조인트	0 ~ 10
		앵글보강 조인트	0 ~ 20
		보강강재 조인트	
	맞댐 후시공 조인트	Cut-off 조인트	
		Coupling 조인트	
		Hama Highway 조인트	10 ~ 150
		Rubber Top 조인트	10 ~ 30
받침식	고무 조인트	샌드위치 조인트	10 ~ 100
		Transflex 조인트	10 ~ 230
	강 조인트	강평거 조인트	20 ~ 200
		강겹침 조인트	
	특수 조인트	테마그식 조인트	
		Gai Top 조인트	10 ~ 100

(가) 맹 조인트 형식

맞댐 구조의 신축부가 교면에 노출되지 않으며, 연속 포장된 아스팔트의 변형에 의하여 신축을 허수한다. 구조가 간단하여 시공이 용이하나 신축량이 적은 경우(0~10 mm)에만 사용하는 형식이다.

① 맹 조인트

철제 이음장치를 직접 바닥판 콘크리트에 고정시키고, 아스팔트 콘크리트 포장을 그 위에 덮어 차량의 충격을 감소시킨다. 시공이 용이하지 않고 이음부의 포장이 분리되는 단점이 있다.

② 절삭 조인트

포장을 커터로 절단하여 줄눈 채움재를 주입한 것으로 수명이 짧고 절삭부 포장체 부위에 균열이 발생 한다.

(나) 맞댐 선시공 조인트 형식

포장 시공전에 설치하는 맞댐 조인트 구조형식으로 교면의 평탄성 유지에 유의하여야 한다.

① 줄눈판 조인트

교대부 교좌장치가 주로 고정단으로서, 유간이 10~20 mm 정도일 때, 바닥판 유간에 줄눈판을 삽입하는 형식으로 배수장치가 없다.

② 앵글보강 조인트

슬래브의 양쪽 모서리를 앵글로 보강한 조인트로서 유간 20 mm 이하에 사용하며 시공성, 보수성이 불량하다.

③ 보강강재 조인트

강교에서만 사용하며 이음장치의 Plate 를 볼트로 상부플랜지에 고정하는 것이 일반적이며 내구성이 크나 보수가 어렵다.

(다) 맞댐 후시공 조인트 형식

포장 시공후에 설치하는 맞댐 조인트 구조형식으로 평탄성이 양호하다.

① Cut-off 조인트

바닥판 단부의 포장을 커터로 잘라낸 후 바닥판 표면에 접촉용 하부 프라이머를 바르고 유간을 결정하여 에폭시 모르터를 타설, 그 위에 보강층으로 유리섬유를 에폭시 모르터와 함께 깔아 시공한다. 양질의 접착제 사용이 요망된다.

② Coupling 조인트

바닥판 단부의 포장을 잘라 내고 콘크리트를 천공하여 앵커볼트를 지그 재그 형태로 설치한 후 고강도 시멘트 모르터를 절반 높이 정도 타설하여 그 위에 격자형 철판과 앵커를 고정한 후 상부 모르터를 타설하는 형식으로 Cut-off 형식과 유사하나 신축량은 다소 적다.

③ Hama Highway 조인트(Monocell 형)

측판에 앵커 철근을 용접하여 바닥판 단부 상단에 고강도 시멘트 모르터나 콘크리트를 타설, 수직철판이 바닥판과 동일체가 되어 신축하도록 한 형식으로, 철판 상단에 신축고무를 압축하여 끼움으로써 신축에 대응토록 한다.

④ Rubber Top 조인트

바닥판 단부 콘크리트를 상부 철근보다 깊게 파쇄하여, 앵커 볼트와 보강철근을 용접(조립)하고 에폭시 모르터를 타설한 후 고무조인트를 고정한 형식으로 평탄성이 양호하다.

(라) 고무·조인트 형식

고무재와 강재를 결합시켜 축하중을 슬래브 유간으로 지지하는 구조이며 변형과 충격에 대한 저항성이 크다.

① 샌드위치 조인트

25~100 mm 정도의 신축량이 큰 장경간의 교량에 적합하다. 하부강판 위에 방진고무를 샌드위치 스타일로 접착시키고 상판 상단에 강판을 부착시켜 축하중에 저항하도록 되어 있는 구조로 직교용, 사교용, 직사양용이 있다.

② Transflex 조인트

Neoprene 고무판 안에 강철판을 삽입, 일체화시킨 이음장치로서, 차량 충격하중을 고무의 탄성과

강철의 강성으로 유효하게 흡수 분산시킨다. 교량 상판의 신축으로부터 이음장치의 이동량을 고무의 인장과 압축으로 담당시킨 신축장치로서 시공이 간단하고 주행성이 좋다. 또한 소음이 발생하지 않으며 경제적이고, 누수를 완전하게 방수할 수 있는 구조이다.

(마) 강 조인트 형식

Face Plate 와 Finger Plate 를 사용한 구조로서, 조인트를 Plate 의 상부 플랜지에 볼트로서 견고히 부착시킬 수 있기 때문에 강교에 많이 쓰이고 있는 형식이다.

① 강핑거 조인트

표면에 손가락, 맞물림 모양의 강판 유간을 두어 신축작용을 하는 형태로, 아래 철판으로 상부강판을 보강한 강재 신축이음장치이다. 신축량이 20 mm 이상인 교량에 사용하며, 구조상 견고하여 회전변위가 큰 단부에 적합하나 제작상의 착오나 시공이 미숙할 경우 파손이 많고 방수성이 좋지 않다.

② 강겹침 조인트

강핑거 조인트 이전에 사용했던 방법으로 공사비가 저렴하며, 보차도 교량에서 차도에 강핑거 조인트를 보도에 강겹침 조인트를 사용하는 것도 좋다. 방수성이 불량하여 현재는 거의 사용하지 않고 있다.

(바) 특수 조인트 형식

① 데마그식

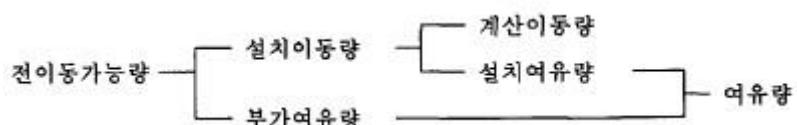
서독 Demag 사가 개발한 것으로 신축 변위량(약 10 ~ 200 cm)이 큰 교량에 사용하여야 하며, 소교량에는 적합하지 않다.

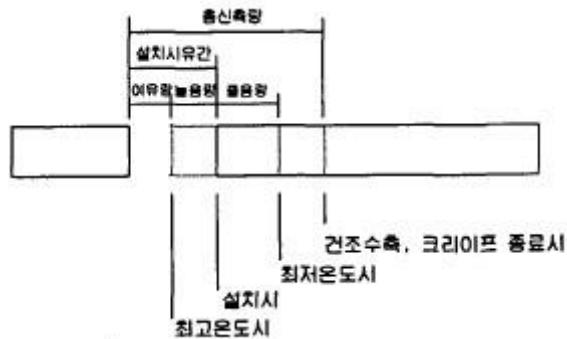
② Gai-Top 조인트

종래의 강핑거 신축장치의 단점을 개선하고 고무계 신축장치의 장점을 택하여 개량한 새로운 형식으로 상판단부에 파형의 강재판을 종방향으로 고정하고 중간 유간부에 고무를 삽입하여 방수와 신축기능을 담당하도록 단순 구조이다. 내구적이고 유간부가 파형상이므로 주행시 차량하중이 이상적으로 분포되어 충격과 진동이 적도록 구상된 신축장치로서, 주행성이 좋고, 적용 신축량이 커 장경간 교량에도 설치가 가능하다.

(2) 신축이음장치 선정

신축이음장치는 해당 교량의 신축량을 흡수할 수 있는 것을 선정해야 한다. 참고로 신축이음의 신축량은 다음과 같은 사항을 고려해 결정한다.





해설 그림 2.2 신축이음장치의 신축량

신축이음장치에는 종류가 다양하므로 우수한 장치가 있으면 사용해도 좋으나, 충분한 검토를 하여 신중하게 사용해야 한다. 신축이음장치를 선정할 때의 요령은 다음과 같다.

- ① 일반적으로 강교의 경우는 강재 형식을 사용하며, 단지간의 경우 맞댐형식, 고무조인트 형식을 사용해도 좋다.
- ② PC, RC 보의 고정단은 일반적으로 절삭조인트 형식을 사용한다.
- ③ PC, RC 보로서 신축량이 적은 경우에는 맞댐 조인트를 사용한다.
- ④ PC, RC 보의 신축량이 커짐에 따라 맞댐 조인트 보다 고무조인트를 사용한다.

한편, 신축이음장치 선정 및 설치시 유의하여야 할 사항은 다음과 같다.

- ① 교량 상부구조의 온도변화등에 의한 신축에 적응할 수 있을 것.
- ② 보의 처짐 변화등에 의한 변위에 적용되도록 할 것.
- ③ 교면이 평탄하여 주행성이 좋은 구조일 것.
- ④ 교체와 일체가 되도록 높은 강성의 구조로 내구적이어야 하며 후타재용 콘크리트는 조기강도가 높은 것이어야 할 것.
- ⑤ 방수 또는 배수가 양호한 구조일 것.
- ⑥ 구조가 단순하고 시공이 쉬우며 유지보수가 용이할 것.
- ⑦ 신축이음장치 설치부의 슬래브 단부는 충분히 보강시켜 줄 것.

(3) 신축이음장치 손상형태

신축이음장치의 손상에 대한 여러 조사에서 나타난 바에 따르면 주요 손상 내용은 다음과 같다.

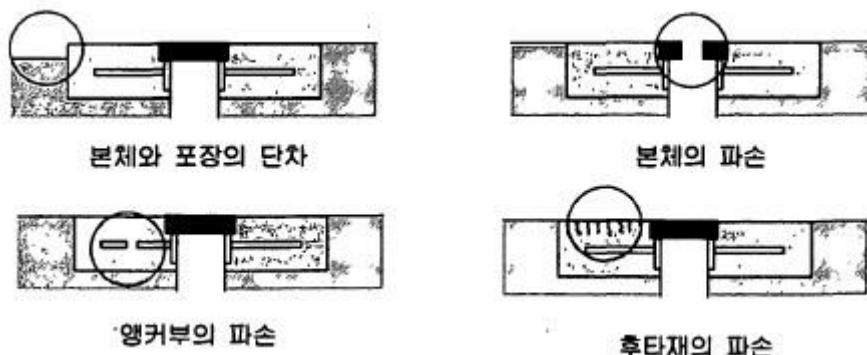
- ① 본체와 포장과의 단차 ② 본체의 파손 ③ 앵커부의 파손 ④ 후타재의 파손 ⑤ 누수, 기타

신축이음장치에 발생하는 손상은 다음과 같은 특징이 있다.

- ① 바닥판의 단차는 신축이음 장치의 손상을 가속화할 수 있다.

- ② 난간부, 중앙분리대등 신축이음의 연결이 끊어지는 부위에서 누수가 발생한다.
- ③ 차륜과 접촉면이 넓을수록 내마모성이 떨어지며 제설장비에 의한 손상이 많다.
- ④ 차량의 가감속구간에 위치한 신축이음의 마모도가 높다.

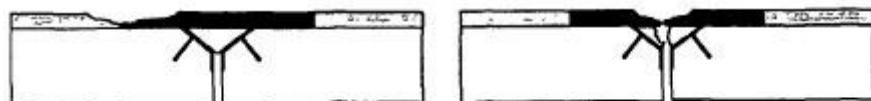
신축이음의 종류에 따른 손상 형태는 다음과 같다.



해설 그림 2.3 신축이음의 손상형태

해설 표 2.3 신축이음장치의 손상형태

종류	손상 형태
맹형	<ul style="list-style-type: none"> · 포장 균열에 의한 신축이음의 탈락 · 신축이음에 토사유입에 의한 방수재 탈락 · 신축이음 주변의 포장 함몰
혼성형	<ul style="list-style-type: none"> · 우각부 콘크리트 균열 및 탈락 · 앵글의 변형 및 앵글과 커버 접속부 파손 · 앵커의 절단 및 시일재 탈락
고무계	<ul style="list-style-type: none"> · 초기 압축량 산정 잘못 및 윤하중에 의한 고무파손 · 접착재 불량에 의한 고무탈락 · 신축이음 틈새가 벌어져 차량통과시에 소음발생
강재	<ul style="list-style-type: none"> · 앵커질이 부족 및 강도부족에 의한 앵커 절단 · 앵커 콘크리트 파손 · 신축이음 설치불량에 의한 차량소음 발생 · 토사에 의한 신축량 감소
공통	<ul style="list-style-type: none"> · 앵커볼트의 헐거움 · 볼트 흔 충전물의 박리 · 후타설재의 균열, 함몰 · 후타설재 전후의 요철 · 상판 단부의 파손



포장균열에 의한 신축이음 손상

신축이음 손상에 의한 채움재 탈락



신축이음 주변의 포장함몰

해설 그림 2.4 맹조인트 형식의 대표적인 손상



우각부 콘크리트 균열 및 탈락

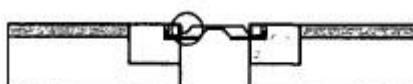


앵글의 변형 및 앵글과 커버 접속부 파손

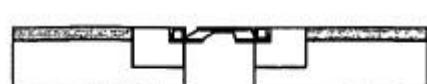


앵커의 절단 및 채움재, 실재의 탈락

해설 그림 2.5 맞댐식 조인트의 대표적인 손상

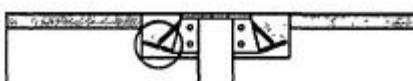


윤하중에 의한 고무파손 및 탈락

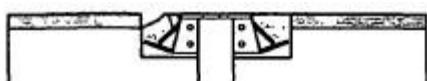


신축이음 유간이상으로 차량통과시 충격

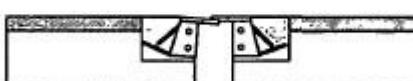
해설 그림 2.6 고무 받침식 조인트의 대표적인 손상



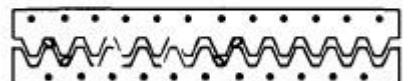
앵커길이부족 및 강도부족에 의한 앵커 절단



후타설 콘크리트 파손 및 균열



신축이음 설치불량에 의한 기능이상



토사에 의한 신축량 감소

해설 그림 2.7 강재 받침식 조인트의 대표적인 손상

(4) 신축이음장치의 손상원인

신축이음장치의 파손원인에는 외적 요인과 시공 요인이 있고, 손상의 원인은 단독적인 요인에 의한 것이 아니라 몇 개의 원인이 중복되어 발생된다. 신축이음장치의 파손원인은 크게 제품선정, 설계, 시공, 유지관리상의 오류로 구분할 수 있다.

- ① 형식 및 제품선정상의 오류 : 과거에 주로 사용하던 샌드위치 조인트와 같이 내구성이 떨어지는 형식을 사용하는 경우, 같은 형식이라도 사용하는 재료가 불량하거나 구조가 부적절할 경우 신축이음장치는 조기에 파손될 수 있다. 예로 동판을 사용하는 맹조인트는 PVC 지수판을 사용하는 형식에 비해 파손율이 높다. 또한 고무판 형식의 조인트는 강판과 고무의 재질에 따라 조인트의 수명이 결정 된다.

② 평탄성의 부족 : 신축이음부에 단차가 발생한 경우 충격에 의한 손상이 발생하고 후타설재에도 손상을 가한다.

③ 신축량 산정의 오차

④ 후타설재 부실 및 보강철근의 부족 : 후타설 콘크리트의 강도가 부족하거나 채움이 불충분할 경우 또는 보강철근이 부족한 경우에는 후타설 콘크리트에 균열이 쉽게 발생한다.

⑤ 앵커 철근량 및 앵커간의 간격 부족 : 정착철근양이 적거나 철근의 간격이 너무 커서는 안된다.

⑥ 단부 바닥판의 강성이 부족한 경우 : 단부 바닥판의 강성이 떨어지면 신축이음장치에 과도한 응력이 발생할 수 있다. 따라서 단부에 보강강재를 설치하는 등의 조치를 취하여 충분한 강성을 유지하도록 하여야 한다.

⑦ 유지관리가 부실한 경우

⑧ 교통량의 급증

해설 표 2.4 신축이음장치의 파손원인

구 분	파 손 원 인
제품 선정	• 사용 형식의 부적절
설 계	• 상판단부의 강도부족 • 신축장치 본체의 강도부족 • 신축장치 앵커부의 강도부족 • 후타설재의 선택잘못 • 신축량 산정의 오산
사 공	• 상판유간의 시공오차 • 신축장치와 설치불량 • 신축장치 앵커부의 시공불량 • 후타설재의 시공불량
유 지 관 리	• 차륜하중 및 반복하중의 증대 • 상판의 노후화 • 신축장치 전후의 노면 요철 • 노면의 청소 불충분 • 화재, 지진 등의 이상사태 발생

(5) 손상 발생 메카니즘

신축이음장치의 적절한 유지관리를 위해서는 손상의 원인을 밝혀야 하지만 신축이음장치의 손상원인은 매우 다양하며 여러 가지의 요인이 결합되어 나타나는 경우가 대부분이다. 따라서, 손상 발생 원인을 일반화시킬 수는 없지만 일반적인 신축이음장치의 손상발생 메카니즘은 다음과 같다.

신축이음장치는 교량과 교량의 접속부 또는 교량과 토공부의 접속부에 설치되기 때문에 통행차량에 의해 충격을 받고 손상이 발생하기 쉬운 부재이다. 신축이음장치 주변에는 설치오차에 의해 단차가 발생한다. 또한 재료면에서도 포장재간에 고무재, 강재, 콘크리트 등, 포장재료와 처짐, 마모, 경도 등의 재료적 특성이 다른 재료가 연결되어 있으므로 통행차량에 의한 전압효과로 점차 단차가 발생한다. 시간이 경과되어 단차가 증가되면 차량의 통행에 따라 과대한 충격력이 단차주변에 더해져 후타설재와 포장의 경계부분에 균열이 발생한다. 또한 손상이 진행하면, 충격력은 점점 커지고, 후타설재 및 신축장치 본체에 손상이 미쳐 주변재료가 노면으로 솟아오르고 신축이음 본체에도 교면과 단차가 발생되어 손상이 계속 증가된다.

교량 받침은 교량의 상부구조가 하부구조에 의해 안전하고 확실히 지지되도록 상하부구조의 접점에 설치된다. 교량 받침의 기능은 다음과 같다.

- 상부구조에 작용하는 모든 힘들을 하부구조에 전달하는 기능
- 상·하부구조의 이동량(신축, 회전)을 자유롭게 허용하는 기능

상부구조의 반력으로는 수직력(정반력, 부반력)과 수평력(교축방향, 교축직각방향)으로 구분되며 받침은 이를 반력을 하부구조에 확실히 전달해야 한다. 또, 받침은 온도변화, 크리프, 건조수축, 또는 하부구조의 이동(침하) 등에 의한 상·하부구조간의 신축(변형) 및 회전을 자유롭게 허용하여야 한다. 만약 이를 신축 및 회전이 구속되면 내부 구속력이 발생하게 되어 손상이 발생된다. 이처럼 받침은 교량에서 아주 중요한 기능을 갖는 부속시설이고, 교량 전체의 안전성을 확보하기 위해서 이 같은 기능을 장기간 확보하여야 한다. 그러나, 대부분의 경우 받침이 설치되는 장소는 橋面으로부터의 누수나 오물들에 의해 오염되기 쉬운 지점이고, 유지관리를 행하기 곤란한 위치에 설치되므로 설계자, 시공자 및 유지관리자는 받침의 중요성을 인식해 내구성이 높은 받침을 선정해야 하고, 누수나 오물에 영향받지 않는 구조를 선택해야 한다.

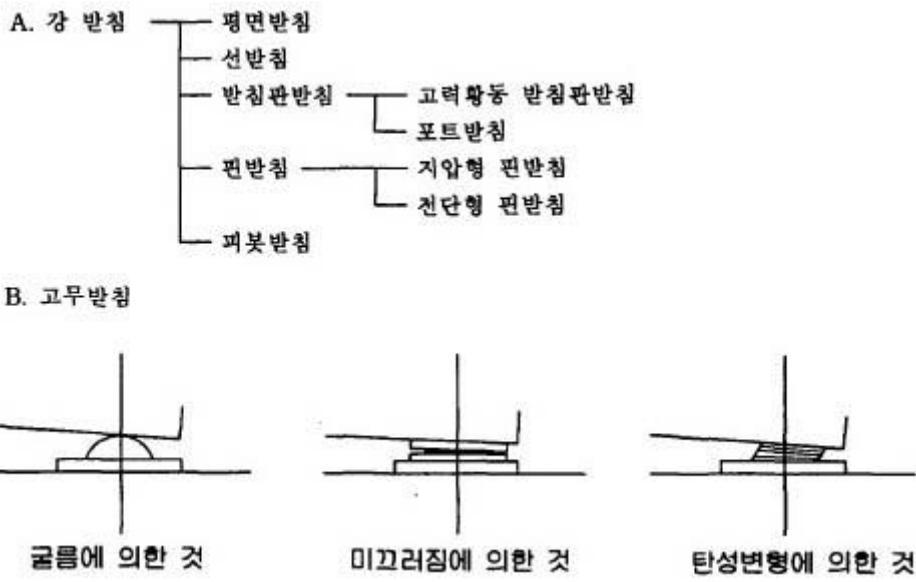
(1) 받침의 종류

(가) 기능상의 분류

받침은 기능상 고정받침과 가동받침으로 대별된다.

① 고정받침

고정받침이란 일종의 힌지로서, 수직반력과 수평반력은 전달하지만 회전에 대해 자유롭기 때문에 흡모멘트는 전달하지 않는다. 회전 메카니즘에는 굴름에 의한 것(선받침, 피봇 등), 미끄러짐에 의한 것(핀, 고력활동 받침판받침 등), 탄성변형에 의한 것(고무, 포트받침 등)이 있다.

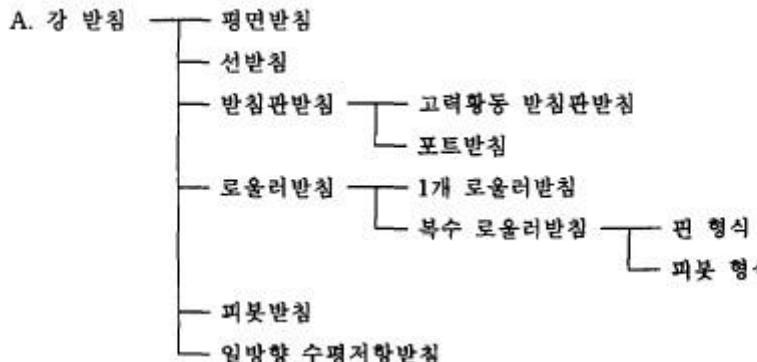


해설 그림 2.8 받침의 회전 기능

② 가동받침

가동받침은 수직반력을 전달하며 수평 및 회전에 대해 자유로이 움직인다. 수평이동의

메카니즘으로는 굴름에 의한 것(로울러받침), 미끄러짐에 의한 것(평면, 선, 고력활동 받침판, 포트받침), 전단 탄성변형에 의한 것(고무받침) 등이 있다. 이 경우에도 수평이동시에 약간의 수평저항이 존재하며 설계의 중요한 인자 중의 하나가 된다.



B. 고무 받침



해설 그림 2.9 받침의 수평 이동 가능

(나) 구조상의 분류

① 평면받침

평면받침은 2 장의 강판을 겹친 간단한 구조로, 앵커볼트의 조절에 따라 고정받침 및 가동받침으로 사용할 수 있다. 반력의 불균형이 생기기 쉬우며, 강판사이의 마찰저항이 크므로 가동받침으로 사용하는 경우 주의를 요한다. 따라서 단지간 교량을 제외하고는 평면받침을 사용하는 것은 바람직하지 않다.

② 선받침

선받침은 접합부의 한쪽은 평면, 한쪽은 원주면으로 하여, 선접촉을 시켜서 마찰저항의 감소와 회전변위를 흡수할 수 있도록 한 받침이다. 고정단이나 이동량이 40 mm 미만의 가동단에서 또 그다지 반력이 크지 않은 곳에 사용되는데 접촉에 의해 미끄러지고 이동하기 때문에 접촉부에 큰 손상을 일으켜서 마찰계수가 소정의 크기를 상회할 수가 있으므로 가동받침으로는 사용하지 않는 것이 좋다. 또 회전방향이 1 방향으로 제한되어 있어서 곡선교 등에서 사용하지 않는 것이 좋다. 하중 70ton 까지, 지간은 22m 정도까지의 I-Beam 등의 단순한 강교, 단지간 R.C. T 형교 등에 사용되어 왔으나 근래에는 사용되지 않는 실정이다.

③ 고무받침

사용하는 재질에는 천연고무를 황화처리하고 거기에 혼화재를 첨가하여 탄성을 갖게 한 것과 Chloroprene 계의 합성고무(대표적으로 Neoprene 등)가 있다. 고무받침은 고무만을 사용재료로 한 순수 고무받침과 내부에 1 개 이상의 강판으로 보강하여 고무의 팽창현상을 억제하여 내하력을 증가시킨 보강 고무받침이 있는데, 교량에서는 주로 보강 고무받침이 사용되고 있다. 고무받침은

별도의 다른 부품이 필요없이 설치할 수 있는 매우 간단한 형식이며, 설치 높이가 낮고 임의의 형상으로 제작이 가능하며 특히 설계가 매우 간단하다.

고무받침은 하중의 전달이 효과적이며 전단변형에 의한 이동, 탄성변형에 의한 회전 등을 하므로, 모든 방향으로의 신축 및 회전이 가능하기 때문에 사교, 곡선교, 폭이 넓은 교량 등에 사용하면 유리하다. 고무받침은 많은 교량에 설치되어 온 형식이지만, 내구성이 의문시되어 왔다. 그러나, 외국의 경우 각종 시험, 조사에서 그 내구성이 확인되고 있고, 경제성, 시공성, 유지관리 등에 있어서 장점이 재평가되고, 사용범위도 확대 권장되고 있어, 장래에도 폭 넓은 이용이 기대되고 있다.

④ 고력활동 받침판받침

고력활동 받침판받침은 받침판의 한쪽을 평면, 다른 면은 곡면으로 하여 상·하부판과 각각 면접촉을 시켜서 미끄럼에 의해 평면접촉부에서는 신축을, 곡면접촉부에서는 회전을 가능하게 한 받침이다. 이 받침판의 단면은 보통 원형이 사용되는데 받침의 높이가 낮아 전도에 대한 안전성이 크다. 마찰면은 고력활동 주물판에 고체 윤활제를 넣어 낮은 마찰로 미끄러지게 하고 있다. 이 받침 형식은 받침판받침 또는 Oilless 받침이라는 이름으로 사용되어 왔다. 이 받침은 기능에 따라 차이는 있지만 회전성능이 우수하고, 이 회전이 모든 방향으로 가능하기 때문에 회전이 큰 곳, 회전방향이 이동방향과 일치하지 않는 사교나 곡선교 등에도 사용하기 편리하다. 또 하중지압면적이 넓어 규모가 큰 교량이 늘어가는 현재의 추세에 부합되는 형태로 소규모의 플레이트 거더교, 슬래브교는 물론 대규모의 박스거더에 이르기까지 그 용도가 다양하다. 한편, 고력활동 받침판받침은 미끄럼면에 이물질이 존재하거나 접촉면이 녹슬면 마찰계수가 증가하므로 Sealing 하는 것과 접촉부의 방청을 고려하여야 한다.

고력활동 받침판받침은 평면접촉부, 곡면접촉부의 양면에서 미끄럼이 발생하는 구조로 하면 가동받침이 되고, 평면접촉부의 미끄러짐을 구속하고 곡면접촉부만 미끄러짐이 발생하는 구조로 하면 고정받침이 된다.

⑤ 포트받침(Pot Bearing)

포트받침은 원형의 밀폐 용기에 고무를 넣고, 그 위에 받침판을 얹어 고무의 탄성변형에 의해 회전을 얻고, 윗판은 불소수지(PTFE) 판을 붙이고 윤활유를 주입하여 마찰계수를 감소시켜 이동을 얻게 한 것이다.

고력활동 받침판받침과 유사한 기능을 갖는 포트받침은 용기 속의 고무가 유체처럼 작용하여 수직반력을 골고루 분포시키고, 큰 회전각을 얻을 수 있으며 받침의 높이 또한 낮아 회전에 대한 안전성이 크며 회전에 따른 하중의 편심이 작아서 유리하다. 사용되는 고무의 허용지압응력은 300 kg/cm^2 정도이며, 외부에 노출되지 않도록 용기에 담겨 있어서 고무의 내구성이 크게 증가되는 장점도 가지고 있다. 지지하중은 5000ton 까지, 이동량은 $\pm 250 \text{ mm}$ 까지의 받침이 제작되고 있는데, 이 받침은 하중이 커질수록 다른 받침의 종류보다 경제성이 증가되기 때문에 장대교의 건설이 늘어나는 추세에 잘 맞는 형식 중 하나이다.

설치시 수평전단력이 큰 경우에는 용기를 보호할 수 있도록 인접 콘크리트에 고정시키는 등 보호가 필요하며, 기후의 영향이나 먼지 등에 의한 장애를 방지하기 위해 받침에 채양을 달아주면 효과적이다.

⑥ 로울러받침

로울러받침은 가동단에 사용하는 것으로, 1 개 로울러의 경우 자체만으로 회전이 가능하나 복수로울러의 경우에는 핀 등과 조합하여 회전을 얻게 된다. 이 받침은 로울러의 수가 2 개 이내에서는 반력의 분포가 분명하나 그 이상일 때는 반력의 분포가 균등하지 않다. 고강도의

로울러를 사용하여 지압파괴를 방지하고 있으나, 통상 반력이 크고 저판의 크기가 제한되는 경우에는 라커받침으로 대체하여야 하며, 곡선교나 사교에서 복수 로울러받침을 사용하면 받침의 이동방향과 회전방향이 직교하지 않으므로 핀을 피봇받침 등으로 대체해야 한다.

로울러받침은 큰 회전이 필요한 곳에 유리하며, 보통 표준형의 설계시 지지하중을 1500ton, 이동량은 ±200 mm까지 설계하고 있다. 한편 고강도의 특수 처리된 로울러를 사용할 때에는 받침이 응력집중에 대해 파괴되지 않도록 특수강처리를 해야 하며 필요 이상의 강도로 낭비되는 일도 있으므로 주의해야 한다.

단일 로울러받침의 경우에는 보통 강재 플레이트 거더교, 트러스교, 박스거더교, PC I 형교, RC T 형교 등에 이용된다. 또 규모가 커질 때는 복수 로울러를 사용한다. 유지관리시에 로울러의 회전면에 페인트를 칠하는 것은 회전 마찰계수를 증가시키기 때문에 금물이다.

⑦ 라카받침

라카받침은 로울러를 변형시킨 것으로 작동원리는 로울러와 같으므로 로울러 받침의 일종이라 할 수 있다. 로울러받침에 비해 경제성이 좋으나 수평 변위량이 허용값을 초과해서는 안된다.

⑧ 피봇받침

피봇받침은 상하 피봇면의 반경비가 1.01 이상일 때는 점 피봇받침, 1.01 이하일 때는 구면 피봇받침이라 한다. 점 피봇받침은 구면 피봇받침에 비해 마찰력이 적어 회전성능이 뛰어나나, 구면 피봇받침에 비해 수직하중 재하능력이 떨어지기 때문에 수직하중이 큰 곳에서 통상의 재료를 사용하면 위험하다. 모든 방향으로 회전이 가능한 이 받침의 지지하중은 보통 400ton 까지, 적용기간은 25m 까지의 범위에서 사용되고 있다. 피봇받침의 재료로는 구면인 경우 탄소강주강이 사용되며, 점받침인 경우 소규모일 때를 제외하고는 접촉부에 지압강도를 높이는 보강이 필요하다.

⑨ 핀 받침

핀받침은 보통 플레이트 거더교, 박스거더교 등에서 고정단 받침으로 사용되며, 이동단에서는 복수 로울러받침과 조합해서 사용한다. 핀받침은 전단형과 지압형으로 구분된다.

전단형은 상양력(부반력)이 작용하는 곳에 사용하는데, 윗판과 아래판에 맞물려진 리브사이를 핀이 관통하는 형식으로 이 때 사용되는 핀은 전단과 휨에 저항할 수 있도록 설계되어야 한다. 지압형은 상하가 분리되며 그 사이에 위치하는 핀이 지압을 받으며 끼여 있는 형식으로 상양력은 단부의 Cap에 의하여 지지되므로 상양력이 큰 곳에서는 사용하지 않는다. 아치교에서는 주로 지압형 받침을 사용한다. 위·아래판은 보통 탄소강주강을 사용하며 용접구조용 등 압연강재를 용접에 의해 조립하여 사용한 경우도 있으나 경제적이지 못하다.

⑩ 일방향 수평저항받침(Guided Thrust Bearing)

이 받침은 일방향에 대해서는 낮은 마찰력으로 이동을 허용하는 반면에 이동방향의 직각방향 수평하중에 저항한다. 수직하중에 대해서는 저항하지 않으나 이동방향의 회전은 자유롭다. 일반적으로 이러한 형식의 받침은 수직하중을 받는 두 받침의 중앙에 설치한다. 수직하중에 대해 저항하지 않으므로 옆에 설치되는 받침의 강성을 무시할 수 있다. 이 받침은 곡선교에서 접선방향의 신축이동이 예상되는 폭이 넓은 교량에 통상 사용된다.

⑪ 메나제 힌지

메나제 힌지는 교차철근을 사용한 콘크리트 힌지로 이를 개발한 프랑스인 메나제의 이름을 따서

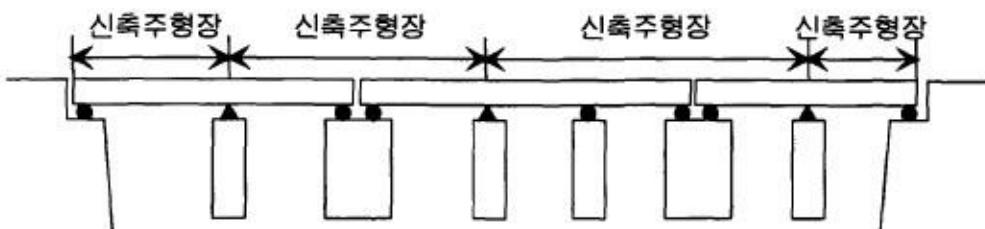
붙인 것이다. 이것은 힌지 기능으로 볼 때 불완전한 힌지이지만 힌지부의 흡강성이 부재의 흡강성에 비해 매우 작은 경우에 실용적이다. 따라서, 상부구조가 RC 교 또는 PC 교인 경우에 처짐으로 인한 회전각이 작을 경우에 사용하면 시공성 및 경제성에서 유리한 고정받침이다. 그러나, 사각이 75° 미만인 교량, 반력 및 회전각이 큰 곳에서는 사용하지 않는 것이 좋다.

(2) 받침형식 선정

① 신축량 산정

연중온도 변화에 의한 신축이음장치의 최대 늘음 또는 줄음량과 콘크리트의 크리아프, 건조수축에 의한 줄음량의 합을 신축량이라고 한다. 신축량을 산정할 때 필요한 기본적인 사항은 다음과 같다.

- ⓐ 온도변화에 의한 신축량 : 연중 온도변화에 의한 신축주형장의 최대 늘음 또는 줄음량
- ⓑ 콘크리트교의 경우 건조수축 및 크리아프에 의한 신축량
- ⓒ 사하중, 활하중 등에 의한 단부 회전에 의해 발생하는 신축량
- ⓓ 종단구배에 의한 연직변위에 의해 발생하는 신축량
- ⓔ 경사 곡선교에서 이음부 방향의 변위에 의한 신축량



해설 그림 2.10 받침의 신축 주형장

보통의 경우 Ⓛ, Ⓜ를 기본 신축량으로 취급하고, 기타 온도오차, 시공오차, 풍하중, 예상하지 못한 부등침하, 신축이음장치의 품질오차 등에 의한 신축량은 여유량으로 취급하며 기본신축량의 10 ~ 20%를 취한다. Ⓝ, Ⓞ는 구조적으로 필요한 경우에 산정된다. 기본신축량과 여유량의 합을 설계신축량이라 하며 신축이음장치의 선정시 기본자료로 활용된다. 차량하중, 풍하중, 단부침하의 영향이 크다고 판단되면 별도로 계산하여 설계신축량을 보정하여야 한다. 예를 들면 강교에서 활하중의 영향이나 현수교, 사장교에서의 풍하중의 영향은 크기 때문에 총신축량 산정시 고려되어야 할 중요인자들이다. 해설 표 2.5는 받침의 신축량을 계산하는 방법을 나타내고 있다.

해설 표 2.5 신축량 산정표

[단위 : 신축량(mm), L:신축주형장(m)]

	항 목		강교		RC교	PC교
			상로교	하로교, 강상판		
온도신축량	온도별위	$\Delta T(\circ C)$	-10 ~ +40	-10 ~ +50	-5 ~ +35	-5 ~ +35
	선행창계수	α	0.000012	0.000012	0.00001	0.00001
	온도 신축량	$\Delta Lt = \alpha \cdot \Delta T \cdot L$	0.6L	0.72L	0.4L	0.4L
건조수축	최종 건조수축량	S	-	-	0.2L	0.2L
	건조수축 감소계수	β	-	-	0.5	0.5
	건조수축 신축량	$\Delta Ls = \beta \cdot S \cdot L$	-	-	0.1L	0.1L
신 축 량	프리스트레스	$E (\text{kg}/\text{cm}^2)$	-	-	-	300,000
	도입시 탄성계수					
	프리스트레스	$\sigma (\text{kg}/\text{cm}^2)$	-	-	-	60
	도입시 축응력					
	크리이프 계수	ψ	-	-	-	2
	최종 크리프량	$C = (\sigma/E) \psi$	-	-	-	0.4L
	크리이프 감소계수	β	-	-	-	0.5
	크리이프 신축량	$\Delta Lc = \beta \cdot C \cdot L$	-	-	-	0.2L
	기본신축량	소계	$\delta o = \Delta Lt + \Delta Ls + \Delta Lc$	0.6L	0.72L	0.5L
여유량		δa	0.12L + 10	0.14L + 10	0.1L + 10	0.14L + 10
	설계신축량	$\delta = \delta o + \delta a$	0.72L + 10	0.86L + 10	0.6L + 10	0.84L + 10

현재 도로교시방서 받침부에 대한 규정에서는 일반 중소지간 교량의 경우 여유량으로 설치여유량 $\pm 10 \text{ mm}$, 부가여유량으로 $\pm 20 \text{ mm}$, 합계 $\pm 30 \text{ mm}$ 로 정하고 있다.

② 받침선정 시 주의사항

받침은 종류가 다양하므로 받침 선정시 그 사용조건을 충분히 검토해야 한다. 일반적으로 받침선정시 다음과 같은 사항을 고려한다.

- 반력 및 지간 길이
- 이동 방향과 회전 방향
- 상부구조의 형식과 그 구조 특성
- 내구성, 경제성, 유지관리성
- 지반조건을 포함한 하부구조의 특성

특히 폭이 넓은 경우, 혹은 사각이 적은 경우에 폭 방향의 건조수축, 크리프를 무시할 수 없는 경우에는 폭 방향의 이동을 구속하지 않도록 하는 구조를 선정해야 한다. 해설 표 2.6은 교량형식과 받침의 종류를 나타낸 것으로 절대적인 기준이 될 수는 없지만 일반적인 경우를 예시하고 있다.

해설 표 2.6 교량형식과 받침의 종류

	교량형식	가동반침	고정반침
철근 콘크리트교	지간 15m 미만의 RC T형교, 슬래브교	고무 반침	선반침, 고무반침, 메나제 힌지
	지간 15m 이상의 RC T형교, 슬래브교	반침판반침, 고무반침	반침판반침, 선반침, 메나제 힌지
	연속교	발침판반침, 로울러반침	발침판반침, 선반침, 메나제 힌지
프리스트레스 콘크리트교	지간 15m 미만의 PC I형교, 슬래브교	고무반침, 반침판반침	선반침, 고무반침, 메나제 힌지
	지간 15m 이상의 PC I형교, 슬래브교	발침판반침, 로울러반침, 고무반침	반침판반침, 선반침, 메나제 힌지, 핀반침, 피봇반침
	연속교	반침판반침, 로울러반침, 고무반침	피봇반침, 핀반침, 반침판반침
강교	단순형교, 지간 23m 미만의 연속교	고무반침, 반침판반침	선반침, 반침판반침
	지간 40m 미만의 연속교	로울러반침, 반침판반침	핀반침, 반침판반침
	지간 40m 이상의 단순교	로울러반침, 반침판반침	피봇반침, 핀반침, 반침판반침
	연속교	로울러반침, 반침판반침	

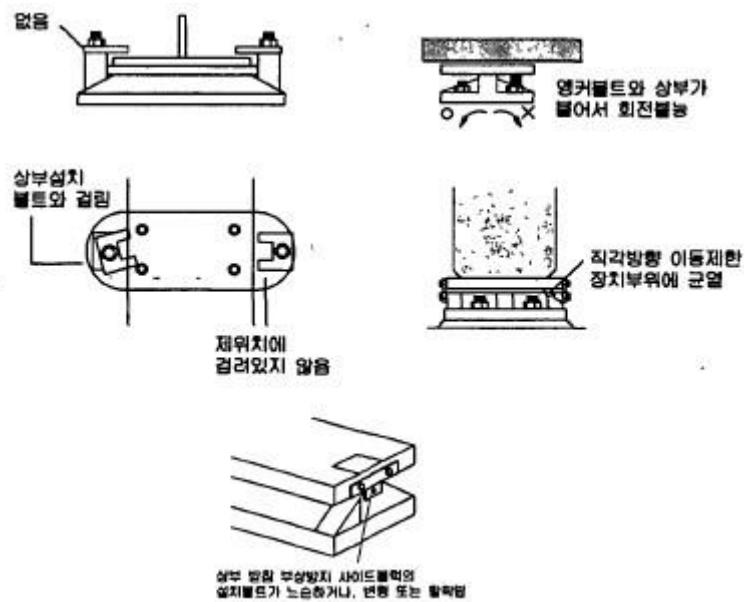
(3) 반침의 손상형태

교량반침의 손상은 반침부 본체의 손상과 접합부의 손상으로 대별되며, 일반적인 반침의 손상형태는 해설 표 2.7 과 같다.

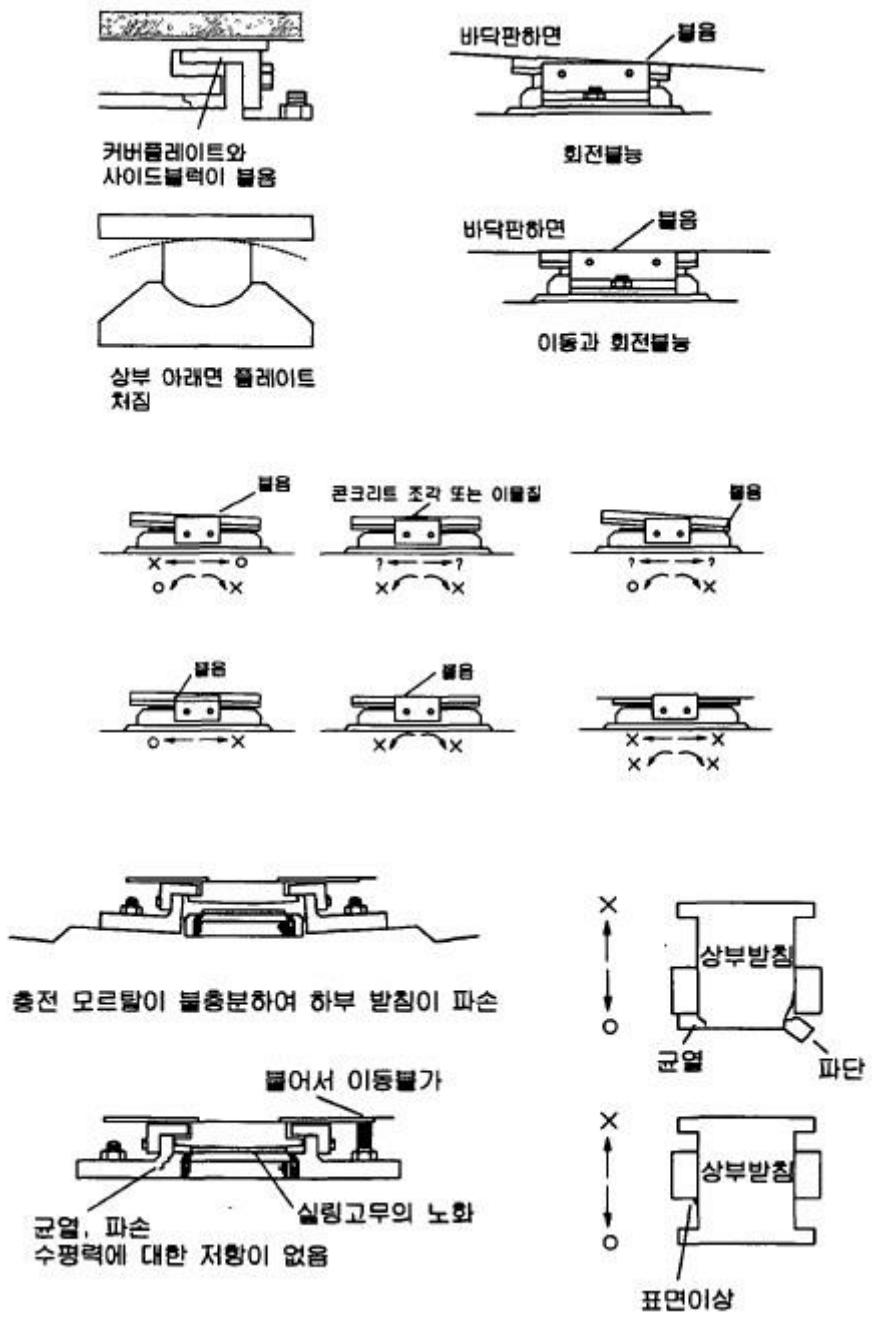
해설 표 2.7. 반침의 손상형태

분류		손상의 종류
반 침 본 체	강재반침	<ul style="list-style-type: none"> · 부상 방지장치의 파손 (사이드 블록) · 이동제한 장치의 파손 (상부반침 스토퍼) · 이동제한 장치의 파손 (하부반침 스토퍼) · 반침부의 균열, 파쇄 · 각 부재의 부식 · 너트의 헐거움 · 너트볼트·세트볼트의 헐거움, 탈락 · 미끄럼면, 구동면의 부식 · 롤러의 엇갈림, 낙하 · 핀 및 롤러의 균열
	고무반침	<ul style="list-style-type: none"> · 고무계의 반침 열화, 균열
반침대		<ul style="list-style-type: none"> · 충전 모르터의 균열 · 앵커볼트의 절단, 인발 · 콘크리트의 파괴, 박리

해설 그림 2.11~2.17 은 여러 형식의 받침에서 흔히 발생할 수 있는 손상 종류들을 도시한 것이다.



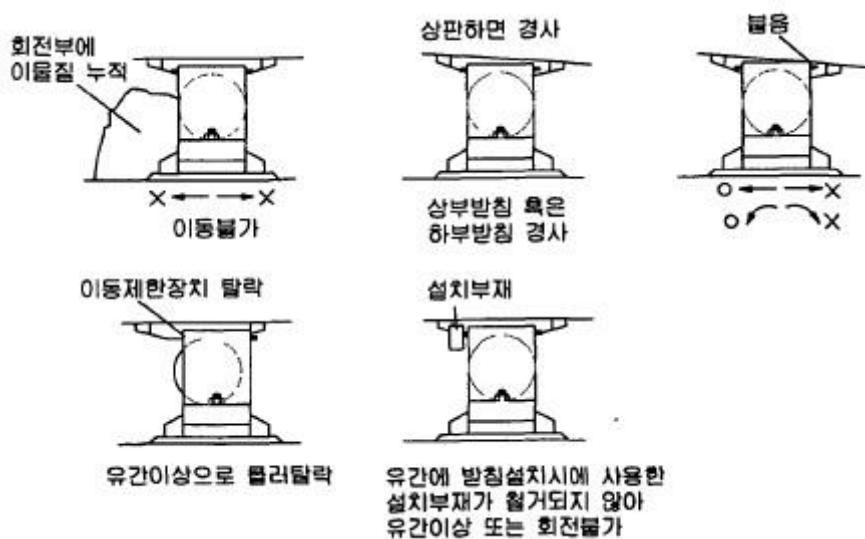
해설 그림 2.11 선받침의 대표적 손상사례



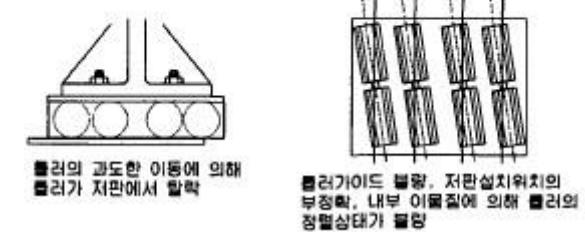
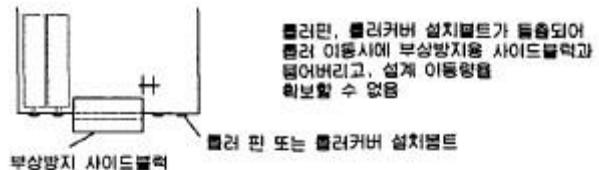
해설 그림 2.12 받침판받침의 대표적 손상사례



해설 그림 2.13 핀받침의 대표적 손상사례



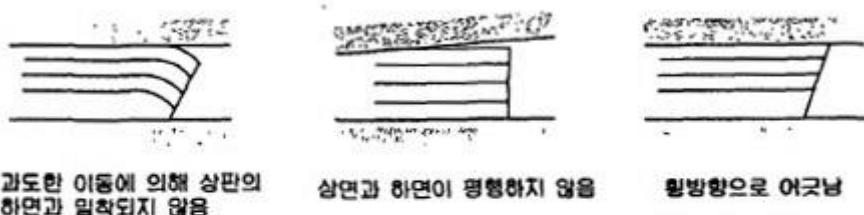
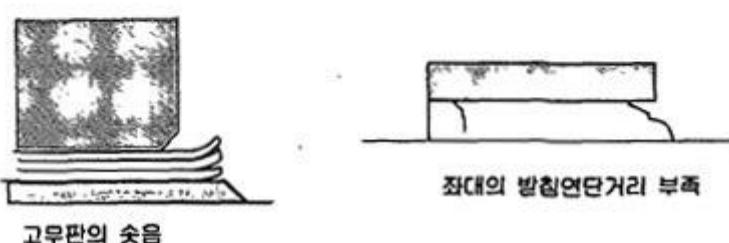
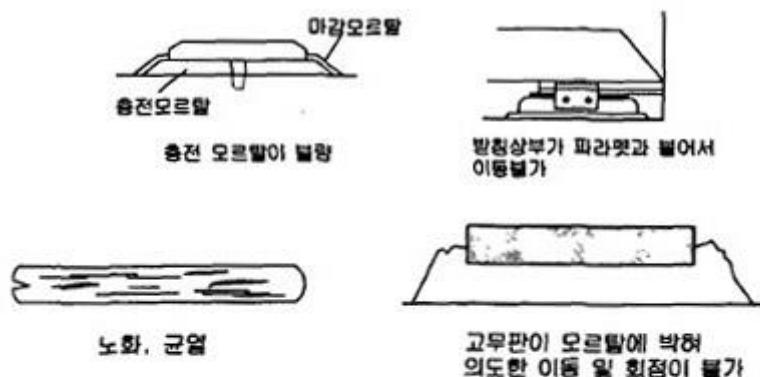
해설 그림 2.14 단일 롤러받침의 대표적 손상사례



해설 그림 2.15 복수 롤러받침의 대표적 손상사례



해설 그림 2.16 일반적인 손상



고무발침 내부로 상판의 하면이 깨일

해설 그림 2.17 고무발침의 대표적 손상사례

(4) 받침의 손상원인

받침의 손상원인은 단순히 한가지 요인에 의한 것이 아니라 많은 요인이 겹쳐서 발생하므로 정확한 손상 원인을 추정하는 것은 어렵다. 그러나 보수조치 실시여부와 보수공법의 선정시에는 손상원인을 추정하여야 한다. 받침의 주요한 손상원인을 종괄적으로 분류하면 해설 표 2.7 과 같다.

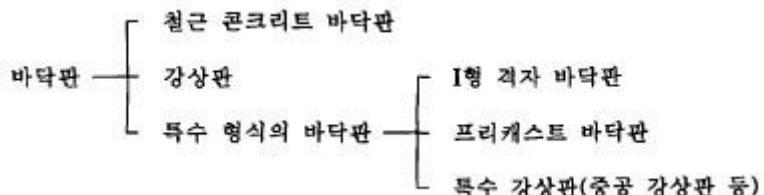
해설 표 2.7 받침의 손상원인

손상부위	종류	원인	형식 및 배치	설계의 배려부족	제시부	작공실	유지관리가 불충분한 것
			선배찰				
받침	· 부상방지 장치의 파손	○	○				
	· 이동제한장치 파손	○	○				
	· 롤러 어긋남 및 낙하		○				
	· 펀 및 롤러의 결열		○	○			
본체	· 교좌하부의 결열		○				
	· 넛트의 느슨해짐			○	○		
	· 템 보울트, 세트 보울트의 누락		○			○	
	· 경사면의 녹 발생					○	
반침대	· 각부재 부식					○	
	· 고무계 교좌의 열화 균열		○			○	
	· 앵커보울트의 절단·인발	○	○	○			
	· 충전 모터터의 균열	○	○	○			
대	· 교좌 콘크리트의 암괴, 박리	○	○	○			

바닥판은 교량부재 중에서 차량의 영향을 가장 많이 받는 구조체로서 직접 자동차의 윤하중이 가해지므로 교량 구성부재중 손상이 가장 많이 발생되는 부분이다.

(1) 바닥판의 종류

일반적으로 사용되는 바닥판을 분류하면 다음과 같다.



① 철근 콘크리트 바닥판

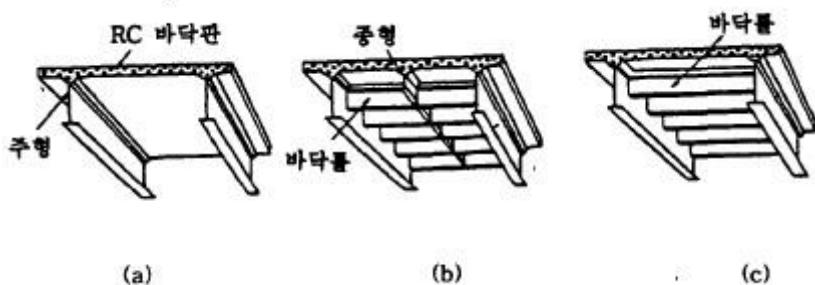
철근 콘크리트 바닥판은 콘크리트 및 철근 콘크리트용 이형철근을 사용하여 만들어지며, 압축력은 콘크리트가 인장력은 철근이 받는 구조로 설계된다. 이러한 철근 콘크리트 바닥판은 시공 경험이 많이 축적되었고, 경제성 및 사용성이 우수하므로 과거부터 중·단지간 교량에 자주 사용되어 왔다. 현재도 가장 많이 사용되는 보편적인 바닥판이나 자종이 무거워 하부구조를 크게 해야 하는 단점이 있으며, 장대교량의 바닥판으로는 그 사용이 제한된다.

해설 그림 2.18은 철근 콘크리트 바닥판의 구조를 나타내고 있다. (a)는 단지간의 철근 콘크리트 바닥판의 예를 보여 주고 있으며, (b)와 (c)는 가로보와 세로보로 지지된 장지간의 철근 콘크리트 바닥판의 예를 보여 주고 있다. 철근 콘크리트 바닥판은 차량하중을 직접적으로 받아서 그 하중이 가로보와 세로보 및 주형으로 이루어진 바닥틀로 지지된다.

철근 콘크리트 바닥판의 구조적인 역할은 크게 두 가지로 볼 수 있다. 그 하나는 하중을 직접적으로 받아 바닥틀로 그 하중을 전달하는 역할이다. 보통 교량의 바닥판은 차량하중을 받아 주형에 전달하며, 이 때 바닥판의 형상이 가로, 세로비가 2가 넘어서 1 방향 거동을 하는 슬래브 역할을 한다. 또 다른 역할은 철근 콘크리트 바닥판과 주형이 일체로 작용해 외력에 저항하는

역학적 거동이다. 실제로는 이러한 두 가지의 거동이 복합해서 나타난다.

철근 콘크리트 바닥판은 바닥틀의 형상과 강성에 따라서 그 거동에 많은 영향을 받는다. 예를 들어 바닥틀이 처짐에 대해서 높은 강성을 보일 경우 바닥틀의 형상에 따라 철근 콘크리트 바닥판의 설계는 달라질 수 있다. 그러나 일반적으로 철근 콘크리트 바닥판을 사용하는 교량의 경우 거의 대부분 1 방향 거동이 지배적이다. 따라서 실제 철근 콘크리트 바닥판의 설계는 복합적인 거동 중에서 종방향(교축방향) 거동을 생략하고, 차량하중을 횡방향으로 철근 콘크리트 바닥판이 받는다고 가정하여 설계를 한다.



해설 그림 2.18 철근 콘크리트 바닥판

② 강상판

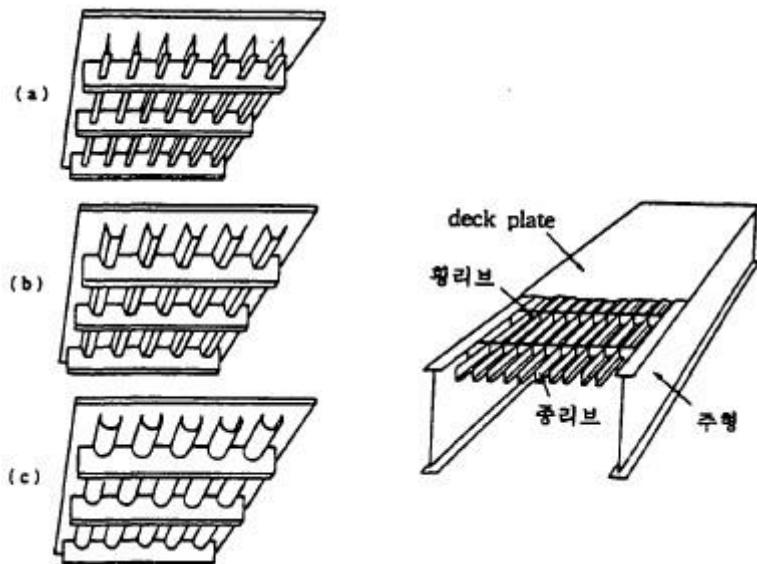
강상판은 형고에 제한이 있는 교량이나, 하부구조가 작은 하중을 받아야 할 경우에 주로 사용되는 교량으로 현장작업이 적고 대부분의 공정을 공장에서 수행하는 관계로 확실한 시공을 기할 수 있으며 공기를 단축시킬 수 있다. 그러나, 공비가 철근콘크리트 바닥판보다 배이상 높아지는 단점이 있고 포장 아스팔트의 재료와 공법의 선정시에 주의하여야 한다.

강상판은 세계 2 차 대전이 끝난 후 서독의 W. Pelikan 교수에 의해서 처음으로 설계 및 시공된 것으로 바닥판의 중량이 가볍고, 주형과 교량의 바닥판이 일체화된 판요소로 작용하기 때문에 보요소로 설계되는 일반 교량에 비하여 같은 지간과 교폭, 같은 하중과 같은 강종을 사용할 경우에 재료를 55% 까지 절약할 수 있다고 알려져 있다. 이는 일반 교량의 바닥틀 구조가 1 차원 부재로 구성된 것에 비하여, 강상판은 2 차원 부재로 바닥판 설계를 좌우하는 집중 윤하중에 대하여 양호한 하중 분배 능력을 갖고 있어 구조물의 자중을 가볍게 할 수 있으므로, 이러한 사하중의 감소로 장대교량의 건설이 가능하게 되었다.

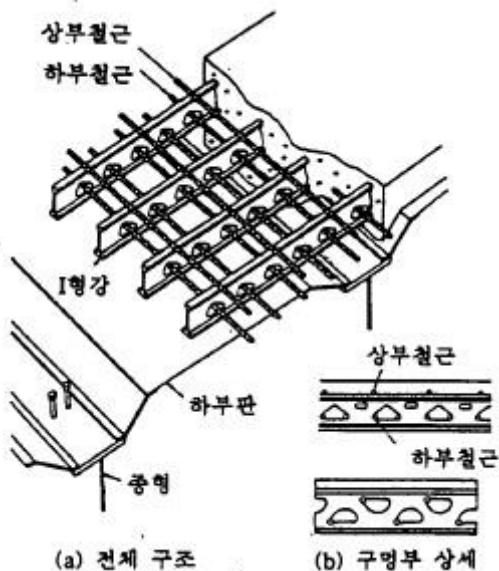
강상판은 해설 그림 2.19에 표시한 것처럼 세로 리브와 가로 리브를 강판에 용접하여 보강한 구조물로, 이러한 강상판은 하중을 직접 지지하고 그 하중을 각 리브에 전달하는 역할 뿐 아니라 세로 리브 및 가로 리브의 상부 플랜지로서의 역할과 주형의 상부 플랜지로서의 역할도 하게 된다. 즉, 상판과 세로 리브는 바닥판으로서의 역할 뿐 아니라 주형의 상부 플랜지로서의 역할도 하게 되며, 가로 리브는 상판을 보강하는 역할 뿐 아니라 횡형으로서의 기능도 갖는 등 각각 이중의 역할을 하는 합리적인 구조인 것이다. 세로 리브에는 해설 그림 2.19에 표시한 것처럼 여러 가지 단면이 있다. 종래에는 (a)와 같은 개단면 리브가 많이 사용되었으나, 최근에는 (b), (c)와 같은 폐단면 리브가 사용되는 경우가 많다. 개단면 리브는 조립이 쉽고 다양한 치수의 제품이 있으며, 현장 강상판 제작이 간단하며, 가설후 조사와 유지 보수가 용이하다는 장점이 있는 반면 가로 방향에 대한 차량 하중분배가 작고, 가로보 간격이 좁으며, 폐단면 리브에 비하여 용접량도 2 배 가까이 되어 단위 면적당 무게가 무겁다는 단점이 있다. 폐단면 리브는 개단면에 비하여 하중분배가 좋으며, 폐단면의 비틈강성이 상판의 응력 감소를 가져오게 하며, 한쪽 필렛 용접때문에 용접량이 적어 상판의 잔류 응력 변형이 작으며, 뒤틀림이 작다는 장점을 가지고 있는 반면, 폐단면 리브의 제작이 어려우며, 현장 강상판 제작이 복잡하고, 정확한 제작과 스플라이스의 정확한 시공이 따라야 한다는 등의 단점을 갖고 있다. 세로 리브는 일반적으로 30~40 cm 간격으로 배치하며, 개단면인 경우 1.2~2 m 정도의 지간을, 폐단면인 경우 1~4 m 정도의 지간을 갖게 된다. 가로 리브는 1~4 m 정도로 배치한다.

③ I형 격자 바닥판

해설 그림 2.20 과 같이 주철근 대신에 소형의 I형강을 사용하여 콘크리트를 타설하는 공법의 교량으로 공기를 단축할 수 있는 장점이 있으나, 거더와의 부착에 주의하여야 한다. 공사비가 비교적 높고 시공실적이 별로 없는 단점이 있다.



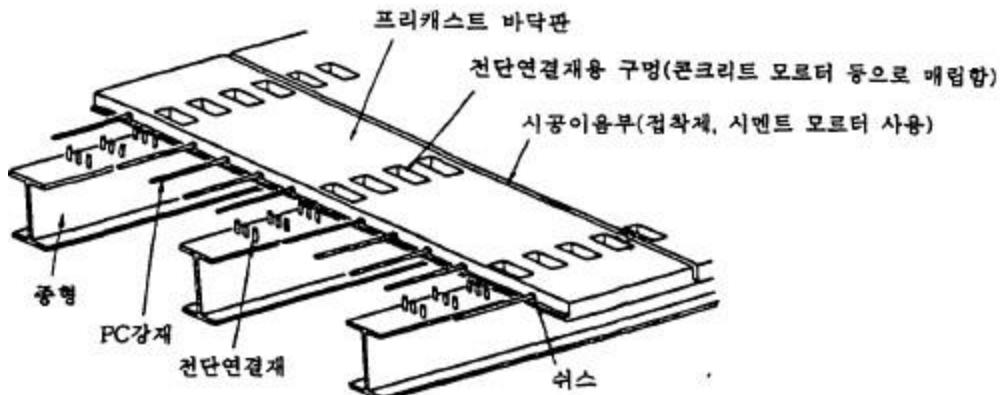
해설 그림 2.19 강상판



해설 그림 2.20 I형 격자 바닥판

④ 프리캐스트 바닥판

해설 그림 2.21 과 같이 공장에서 제작한 바닥판을 현장에서 조립하는 공법의 교량으로 강도상의 효과가 확실하고 공기를 단축시킬 수 있는 장점이 있는 반면 거더와의 부착에 주의하여야 한다. 공사비가 비교적 고가이며 시공실적이 별로 없는 단점이 있다.



해설 그림 2.21 프리캐스트 바닥판

⑤ 바닥틀

바닥틀은 바닥판을 지지하고 하중을 지점부로 전달하는 역할을 하는 구조계로 주형, 가로보, 세로보, 브레이싱 등으로 구성되어 있다. 바닥틀의 형태는 설계자의 필요에 따라 다양하게 변화시킬 수 있다.

가로보는 주형과 주형 사이를 연결하는 부재로 하중의 횡분배를 원활하게 해 주는 역할을 하며, 주형과 주형 사이에 세로보가 있는 경우에는 세로보를 지지하는 역할을 하기도 한다. 일반적으로 가로보는 바닥판과 떨어져 있으나 주형 간격이 큰 경우 차량하중에 의한 흔모멘트의 증가로 바닥판의 두께가 커지는 것을 막기 위해 바닥판을 직접 지지하기도 한다. 세로보는 주로 바닥판에 직접 연결되어 바닥판의 지간을 줄여주고 바닥판에서 전달된 하중을 가로보에 전달시키는 역할을 하며 주형의 일부로서의 역할도 하게 된다. 세로보와 가로보가 모두 바닥판과 붙어 있는 격자형 바닥틀은 주로 프리캐스트 바닥판을 설치하는데 적합한 바닥틀이다.

(2) 바닥판의 손상형태

철근 콘크리트 바닥판의 손상은 원인에 따라 여러 형태를 나타내고 있다. 바닥판에서 콘크리트 압축파괴 또는 철근의 인장파단에 의해 파괴되는 일은 매우 드물며, 주로 콘크리트의 인장면에 생긴 균열이 시간이 지남에 따라 차츰 발달하여 소위 거복등 모양의 균열망이 형성되면서 부분적으로 콘크리트가 함몰 또는 탈락되는 경우가 대부분이다. 바닥판에서 흔히 볼 수 있는 손상으로는 균열, 백태, 박리, 철근노출 및 부식 등이 있으며, 손상의 원인은 과적차량, 노면의 단차, 차량의 궤적 등 하중에 따른 영향, 바닥판의 구조, 콘크리트 품질 및 강도, 시공오차 등 구조물의 상태에 따른 영향, 기상조건, 염해물 등 환경적인 영향 등이다. 특히 프리스트레스트 콘크리트 바닥판의 경우, PC 강재의 시공불량(그라우트 부족 등), 바닥판부 콘크리트의 재령차에 의한 수축응력 등에 의해 손상이 발생한다. 바닥판에 발생하는 손상의 종류는 해설 표 2.8 과 같다.

해설 표 2.8 철근 콘크리트 바닥판의 손상종류

손상 종류	정 의
균열 (龜裂)	윤하중이나 충격 등이 철근 콘크리트 바닥판에 작용할 때 하중이나 전조수축 등에 의해 발생되는 바닥판 인장측의 콘크리트 용력이 인장강도를 초과하는 경우 미세하게 벌어지는 현상
함몰 (陷沒)	차량주행시에 바닥판의 진동에 의해 균열이 열리고 닫히는 개폐운동을 하게 되며 이런 상황이 발전하여 콘크리트 일부가 탈락하는 현상
백태 (白苔)	바닥판의 균열이 상, 하연을 관통한 경우에 있어 바닥판 상면으로부터 우수가 침투하여 바닥판 하면에 콘크리트의 석회분인 백색 염출물을 만드는 현상
박리 (剝離)	철근과 콘크리트의 부착이 파괴되어 콘크리트 피복층이 탈락하는 현상
동결융해 (凍結融解)	콘크리트 경화과정에서 물을 함유하거나 미세 공극에 의해 침투수를 흡수하여 동결되면 이 물은 높은 팽창압력을 일으켜 콘크리트 균열을 발생시키는 현상

(3) 바닥판의 손상원인

바닥판에 발생되는 손상의 원인은 아주 다양하고 상호 영향을 주므로, 각 손상에 대한 다각적인 검토를 통하여 원인을 추정할 필요가 있다. 일반적인 콘크리트 바닥판의 손상의 주요 원인은 해설 표 2.9 와 같다.

해설 표 2.9 철근 콘크리트 바닥판의 손상종류 및 원인

손상 종류	원 인
콘크리트 균열	<ul style="list-style-type: none"> · 작용하중의 증대 (부재 내하력 부족) · 구조적 취약부 (상판단부 등) · 지지구조의 불완전 (주형의 강성부족 등) · 시공상의 결함 (피복두께 부족, 마감처리 불량) · 기상작용 (동결융해, 화학작용, 염해 등) · 재해 (지진, 화재, 충돌 등)
콘크리트 박리 · 단면 결손	<ul style="list-style-type: none"> · 작용하중의 증대 (부재 내하력 부족) · 구조적 취약부 (상판단부 등) · 시공상의 결함 (피복두께 부족, 마감처리 불량) · 기상작용 (동결융해, 화학작용, 염해 등) · 재해 (지진, 화재, 충돌 등)
철근노출 · 부식	<ul style="list-style-type: none"> · 구조적 취약부 (상판단부 등) · 시공상의 결함 (피복두께 부족, 마감처리 불량) · 기상작용 (동결융해, 화학작용, 염해 등)
콘크리트 품질 저하	<ul style="list-style-type: none"> · 시공상의 결함 (피복두께 부족, 마감처리 불량) · 기상작용 (동결융해, 화학작용, 염해 등) · 재해 (지진, 화재, 충돌 등)
이상 변형	<ul style="list-style-type: none"> · 작용하중의 증대 (부재 내하력 부족) · 지지구조의 불완전 (주형의 강성부족 등) · 재해 (지진, 화재, 충돌 등) · 과대한 크리프, 전조수축 등

① 과대한 교통하중의 작용

바닥판의 설계에 사용되는 차량 하중은 시방서의 개정과 함께 증가하고 있으며, 이는 건설된 지 오래된 교량에 있어서 내하력이 상대적으로 작아지는 현상을 보인다. 교량을 통행하는 단일 차량하중 또는 윤하중은 현재의 1 등교 설계하중을 상회하고 있으며, 바닥판의 내하력이 작은 기설 교량은 현재의 1 등교에 비해 손상이 발생하기 쉽다.

② 충격의 영향

큰 윤하중에 의해 발생하는 충격하중은 특히 노면의 함몰부나 신축이음부의 단차가 있는 경우 바닥판은 물론 교량 구조체에 심각한 손상을 가할 수 있다.

③ 시공불량

콘크리트 배합불량과 시공불량에 의해 소정의 강도가 확보되지 못했거나, 표면 마감처리가 불량한 콘크리트 표면은 손상을 유발한다. 또는, 피복두께가 부족한 경우에는 철근노출의 원인이 되며, 배합오차가 있을 때에는 바닥판과 같이 유효높이가 작은 부재에서 손상을 일으킬 가능성성이 높다.

④ 배력 철근량 부족

차량하중에 의한 흄모멘트에 대해서 배력철근량이 부족하면 손상의 원인이 될 수 있다. 일반적으로 배력철근 방향의 흄모멘트는 주철근 방향에 대해 65~85% 정도이다.

⑤ 바닥판의 강성 부족

사하중을 경감시키기 위해서 철근량을 증가시키거나 고강도 철근을 사용해서 의도적으로 바닥판의 두께를 줄인 경우에는, 강성이 작아지기 때문에 큰 변형을 일으키게 되고 많은 균열이 발생하게 된다. 이러한 경우에는 파괴가 급격히 진행될 수도 있다.

⑥ 주형의 영향

연속보 교량, 아치 교량 등의 바닥판에서는 재하상태에 따라 부 흄모멘트나 인장력이 작용하는 경우가 있으며, 이 때 큰 균열이 생기기 쉽다. 또한, 합성형의 경우에는 바닥판 콘크리트의 건조수축이 구속되어 바닥판에 균열이 발생할 수 있다.

⑦ 지지 주형의 부등침하 영향

3 개 이상의 주형에 의해 지지되는 바닥판에서는 주형의 활하중에 의한 부등침하에 의해, 주형 직각방향의 흄모멘트가 바닥판에 추가된다. 특히 H 형강을 주형으로 사용한 경우에는 상당히 큰 추가 흄모멘트가 작용한다. 이 경우 균열은 주로 주형 방향으로 발생한다.

⑧ 자유단에서의 과다 모멘트

바닥판 단부에서는 흄모멘트가 크게 발생하기 때문에 일반적으로 철근량을 늘려서 배치한다. 그러나, 이러한 설계상의 고려가 없는 경우이거나 시공이음부에서 바닥판의 연속성이 저하되어 자유단에 가까운 상태가 되는 경우에는 작용 모멘트가 대단히 커지기 때문에 손상 발생의 원인이 된다.

(4) 실교 바닥판의 손상상황

① 사용전 바닥판

사용전인 바닥판에서도 균열이 많이 진전되어 있으며 윗면에 넓은 균열이 발생되어 있는 경우가 많다. 윗면에 넓은 균열이 있는 곳에는 관통균열이 있는 곳이 있다. 균열방향은 교축직각방향이 대부분이고, 윗면에 발생된 균열은 거푸집 또는 동바리의 침하가 주원인이며, 밑면에 발생된 균열은 건조수축이 주형에 의해 구속되는 영향이다.

② 사용중 바닥판

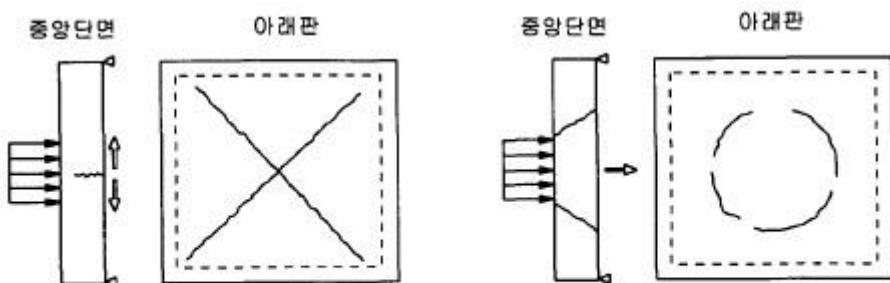
사용중인 바닥판의 균열은 공용년수가 증가함에 따라 증가하고 있으며, 추월차선보다 주행차선에 균열이 많이 발달되어 있는 것이 관찰되어 윤하중의 영향이 크다는 것을 알 수 있다. 실교 바닥판의 단면을 관찰한 결과, 바닥판 하면에 발생된 균열이 미세균열일지라도 관통균열인 경우가 많고, 윗면으로 갈수록 균열폭이 커지고 있다. 그리고, 관통균열은 주철근 부근에 발생되는 경우가 많다. 사용중인 실교 바닥판의 손상은 균열, 피복 콘크리트의 박리, 콘크리트의 탈락, 유리석회의 침출 등에 의해 일어나고 있다. 손상상황은 다양하지만 다음과 같은 과정으로 진행된다.

- 교축 직각방향으로 일방향 균열이 발달
- 이방향 균열이 발달
- 거북등 균열로 진행
- 우수 및 유리석회 침출
- 박리현상 관찰
- 콘크리트 함몰

(5) 바닥판의 손상 발생 메카니즘

최대 흄모멘트가 발생하는 위치에서 발생된 인장응력이 콘크리트의 인장강도에 도달하면 흄균열이 발생한다. 그 지점은 전단면 유효상태에서 인장응력 무시 상태로 되어 단면의 강성이 감소되고 단면 내의 인장응력은 인장철근만으로 저항된다. 이 상태에서 하중이 더욱 증가하면 이전의 하중단계에서 발생된 흄균열은 지지조건, 하중조건 등에 따라 균열 주변으로 진전되어 부재 전체의 강성을 저하시켜 비선형(소성) 거동을 보이게 된다.

하중이 더욱 증가하면 인장철근이 항복하고 바닥판의 처짐이 급증한다. 그러나 후술하는 편칭 전단파괴(punching shear failure)가 발생하면 인장철근의 항복후에도 내력이 저하되지 않고 큰 변형에 견딜 수 있다. 즉, 철근이 항복한 단면은 소위 소성힌지(plastic hinge)로서 거동하고, 하중을 더 받을 수 있는 인근의 미항복단면에 소성힌지가 발생될 때까지(이 현상을 응력의 재분배라 칭함) 변형이 계속 증가된다. 이 이후 균열의 진전과 더불어 소성힌지 영역도 진전되어 소위 소성힌지선(항복선, yield line)을 형성한다. 이 항복선이 바닥판을 절개시켜 역학적으로 불안정한 상태에 이르게 할 때 바닥판의 휨파괴가 발생된다.



RC상판의 휨에 의한 파괴

RC상판의 편칭전단파괴

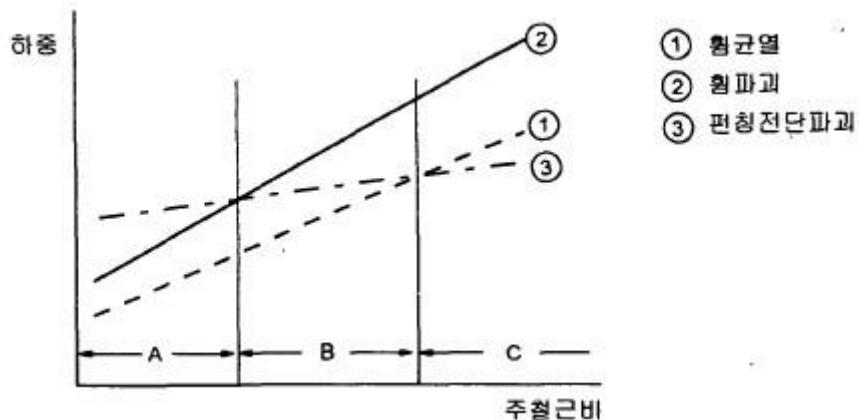
해설 그림 2.22 바닥판의 항복선

철근 콘크리트 바닥판에 국부적인 하중(예를 들면, 자동차 윤하중)이 계속 작용할 때 하중이 작용된 지점 부근이 함몰하는 현상을 편침 전단파괴라 부른다. 이 파괴는 뚜렷한 징조를 보이지 않고 갑작스럽게 발생되는 경우가 대부분이어서 脆性破壞 양상을 지닌다. 반면에 훨파괴는 韌性破壞 양상을 지니므로 파괴이전에 변형이나 처짐이 과다하게 발생되는 징후를 보인다.

바닥판의 파괴하중이 훨파괴, 편침 전단파괴 메카니즘 중 어느 메카나즘에 의해 결정되는 것인가는 동일 하중·지지조건일지라도 콘크리트의 강도, 바닥판 두께, 철근비 등에 따라 달라진다. 예를 들면 철근비를 주요 인자로 볼 때 양 메카나즘에 대한 파괴하중의 상대적 관계를 나타낸 것이 해설 그림 2.23 이다. 이 그림에서 저철근비 영역 A 에서는 훨균열 발생후 훨파괴로 이어지고, 중철근비 영역 B 에서는 균열발생후 편침 전단파괴로 이어지며, 고철근비 영역 C 에서는 훨 균열이 발생하지 않은 상태에서 곧바로 편침 전단파괴로 이어진다는 것을 알 수 있다.

외국에서 실시된 바닥판에 대한 응력 관찰 및 모형 실험결과를 살펴 보면 실교의 피로내력은 교량상을 통과하는 최대 환산 윤하중보다 상당히 큰 것(일본의 경우 2~4 배)으로 파악되고 있다. 즉, 보통의 상태에서는 실재로 주행하는 윤하중에 의해 바닥판이 피로파괴하는 일은 없다고 생각해도 된다는 것이다. 또, 대형 차량의 윤하중에 의한 철근변형률도 설계값에 비해 매우 작은 것으로 관찰되고 있어 윤하중에 의한 훨모멘트가 바닥판의 주된 손상원인이 된다고 보기는 어렵다.

이처럼 바닥판이 갖는 내력은 보통의 경우 실교에 작용하는 윤하중보다 훨씬 크고, 일반적으로 통행하는 대형차의 주행시 관측되는 철근변형은 설계값에 비해 매우 작다. 그러나, 바닥판에 발생된 손상은 매우 많다. 따라서, 내력이라는 측면만으로는 바닥판의 손상기구를 파악할 수 없다. 실교 바닥판의 균열 발생상황 및 손상조사 결과를 통해 다음과 같은 사항들이 파악되었다.



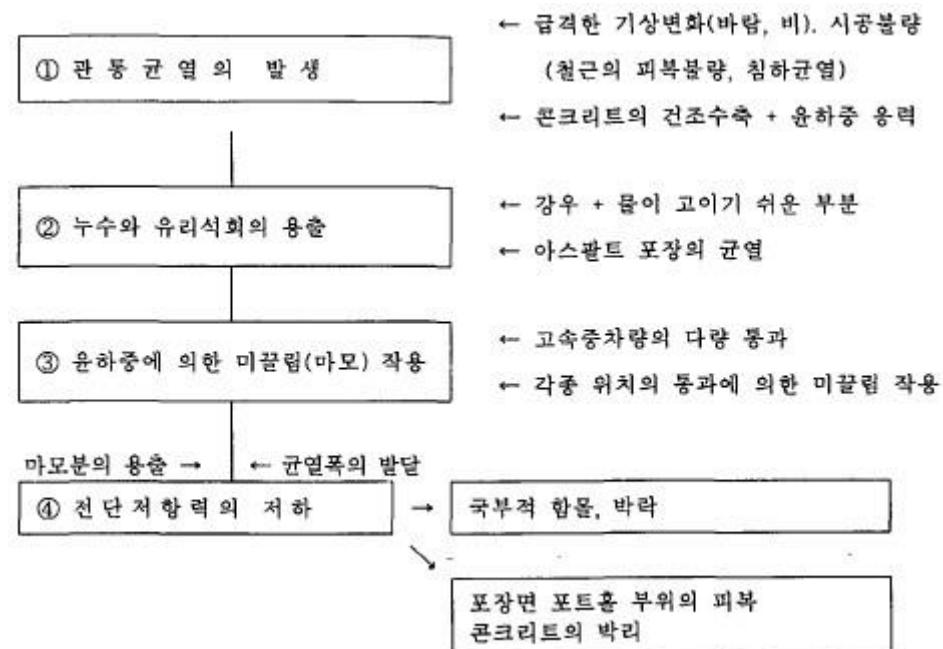
해설 그림 2.23 철근비에 따른 바닥판의 파괴상태

- ⑤ 미사용 바닥판에도 관통균열이 발생된 예가 있으며, 균열폭은 바닥판 상면이 크다.
- ㉡ 사용중인 바닥판에 발생한 균열은 윤하중의 통과에 따라 3 방향(개폐, 횡방향 미끌림, 종방향 미끌림)으로 거동한다.
- ㉢ 손상된 바닥판의 하면 균열에서 유리석회와 철근의 녹이 침출되고 있다.
- ㉣~㉤에서 바닥판의 손상에 큰 영향을 미치는 것은 "건조수축 등에 의해 발생한 관통균열 속으로 포장면에서 물이 침입하여 반복하중을 받는 상태"라고 파악되고 있으며, 이 같은 가설을 검증하기 위해 외국에서 많은 실내시험을 하였다. 일반적인 피로시험에 있어서는 고정하중 재하방식으로 한 장소씩 소정의 하중을 반복 재하하고, 다음 지점에 이동해 같은 방법으로 실시한다. 이 경우 실교가 받고 있는 빠른 속도로 변동하는 균열을 반영할 수 없다. 바닥판에 차륜이 움직이는 이동 재하방식에 의한 피로시험을 실시하면 앞서의 재하방식보다도 훨씬 강도가

저하된다는 시험결과가 있다.

한편, 물의 영향은 水中の 공시체에 대해 압축 피로시험을 실시한 결과, 空氣中의 피로강도보다도 20% 가깝게 저하했다는 연구가 있고, 균열속으로 발생한 누수에 의해 균열주위의 콘크리트의 강도가 저하된다는 사실이 명확해지고 있다. 이와 같은 강도저하의 원인은 뚜렷하게 밝혀지지 않았지만 표면 에너지 차이에 기인한다는 이론이 일반적이다. 즉, 하중에 의해 주어진 에너지가 내부균열의 발생에 따른 새로운 界面를 형성하기 위한 표면 에너지로 소비될 때, 콘크리트 내에 존재하는 표면 장력이 클수록 콘크리트 내부에 발생된 龜裂界面에서의 표면 에너지는 상대적으로 작아지므로 균열형성에 의해 변환되는 표면 에너지가 작아져 동일한 외부 에너지에 대해 많은 내부 균열이 발생하므로 콘크리트의 강도가 저하된다는 것이다. 이 외에 물에 의한 강도저하의 원인으로 수압효과를 들 수 있다. 즉, 콘크리트 내부의 물이 고속의 반하중을 받을 때 내부의 물은 고압의 상태가 되고 이로 인한 수압이 콘크리트에 손상을 일으켜 강도저하를 유발시킨다는 견해도 있다. 실제의 바닥판은 비나 눈에 의해서 수중에 있는 것은 아니지만 수분의 공급에 노출되어 습윤상태에 있으면 강도가 저하되고 균열 및 마모 등이 가속된다는 것을 쉽게 예상할 수 있다.

이러한 여러 사실을 종합적으로 검토한 결과, 바닥판 손상기구로써 해설 그림 2.24 와 같은 손상모델이 성립한다고 파악되고 있다.



해설 그림 2.24 바닥판의 손상과정

① 관통균열의 발생

교량 바닥판은 면적에 비해 두께가 매우 얕고, 약간의 시공오차 및 시공불량도 그 내력에 미치는 영향이 큼과 동시에 윤하중을 직접 받으며, 건조조건 등의 외부환경도 매우 불량한 조건하에 놓여져 있는 부재이다.

바닥판 콘크리트의 인장변형 능력은 $100\sim200\times10^{-6}$ 정도이고, 수축이 철근 등으로 구속된 경우에는 약 100×10^{-6} 정도에서 균열이 발생한다. 이러한 점에서 통상적으로 시공된 바닥판에는 상하면 모두에 균열이 발생될 수 있다. 특히 저품질 콘크리트가 사용되거나 갑작스런 강우 및 여름의 강한 바람 등에 노출되어 있으면 폭이 큰 시공균열이 발생할 가능성이 충분히 있다. 이러한 원인 이외에 바닥판 상면, 특히 철근과 나란한 균열의 발생과 손상의 진행요인으로써 i) 염분에 의한 철근의 부식에 기인하는 균열의 발생, ii) 동결융해 작용에 의한 표면의 열화 등을 들 수 있다.

이와 같이 각종 요인에 의해 바닥판 상면에 균열이 발생하고, 이것이 콘크리트의 건조수축에 의한 인장응력과 윤하중 작용에 의한 흡응력에 의해 바닥판 하면에 발생하는 균열로 이어져서 관통균열로 발달하는 것으로 생각된다.

② 관통균열 속으로 침수와 누수 진행

실교 바닥판의 손상부위의 포장을 벗겨 보면 거의 모든 경우 아스팔트 포장은 바닥판 상면에서 들떠 있고, 이 틈새에 물이 침수되거나 체수되어 있다. 특히, 횡단구배의 하측이 주행차선과 일치한 경우나 배수조건이 나쁜 곳에 손상이 많다. 이와 같이 아스팔트 포장의 균열 등으로 침입한 우수가 배수조건이 나쁜 바닥판 요철부에 모여서 장시간 습윤상태로 유지되는 상황에서 관통균열 속으로 침수와 누수가 발생하고 있다.

③ 윤하중에 의한 마모작용

실교의 바닥판에서는 차량의 통과시마다 正·負의 교번 모멘트를 받으므로 작은 균열폭일지라도 균열이 심한 속도로 개폐된다. 또, 차량의 통과위치, 크기, 중량도 다양하므로 각종의 비틀림(torsion), 워핑(warping)에 의해 균열은 실내 실험보다도 쉽게 마모되는 조건하에 있다. 또한 바닥판 상면에 손상이 진행하는 도중에 작용되는 차량에 의한 충격하중도 중요한 요인이며 이는 실험적으로 좀처럼 재현할 수 없는 요소이다.

어떨든 간에 중차량의 통과에 의해 누수가 있는 조건하에서 균열면에 소위 마모작용이 발생하고, 마모된 콘크리트가 점차 물에 의해 운반되어 다시 씻겨진 새로운 면에서 마모의 발생이 반복하는 과정에서 점차적으로 균열폭이 커짐과 동시에 손상이 진행한다. 이것이 손상장소에서 볼 수 있는 바닥판 하면에 콘크리트의 분말이 용출하는 결과로 되어 나타난다고 추측할 수 있다.

④ 전단저항력의 저하

마모작용에 의해 균열폭이 확대하면 국부적으로 강성이 저하되며 부분적으로 처짐량이 커지는 곳이 발생한다. 이와 같이 열화되어 처진 부위는 윤하중에 의한 충격력도 더 크게 받으며, 물도 고이기 쉽다는 점에서 손상이 주위로 쉽게 확대되어 가는 것은 당연하다. 이러한 상태로 된 바닥판은 균열면에서의 전단력의 전달능력도 작아지고, 단면의 전단저항력이 저하하는 것은 쉽게 이해할 수 있고 극단적인 경우 드디어 함몰에 이른다.

한편, 위의 메카니즘과는 다소 다르게 철근 콘크리트 바닥판의 손상 메카니즘을 설명하는 경우도 있다. 가장 일반적인 철근 콘크리트 바닥판의 형태인 「주철근이 차량진행 방향에 직각인 1방향판」의 경우에 있어서 가장 흔히 볼 수 있는 파손 진행과정을 예로 들면 다음과 같다.

① 일방향 균열의 발생

바닥판에 윤하중이 작용하면 주철근뿐 아니라 배력철근 방향에도 흡모멘트가 발생한다. 바닥판의 밑면에는 이와 같은 흡모멘트와 콘크리트의 건조수축에 의한 인장응력이 복합되어 가장 먼저 주철근 방향의 균열이 발생하는 경우가 많다.

② 콘크리트 내의 투수현상

콘크리트 내에 투수현상이 일어나면 콘크리트 성분 중 수산화석회가 물에 용해하여 유출하고 공기 중의 탄산가스와 화합하여 탄산석회(탄산칼슘)를 형성한다. 이로 인하여 콘크리트는 알칼리성을 잃으면서 강도가 저하되고 균열, 파손의 원인이 된다. 특히 콘크리트에 균열이 있는 경우에는 투수가 크게 되고 손상을 촉진하게 된다.

③ 양방향 균열의 발생

균열이 발생하지 않은 상태에서는 주철근 및 배력철근 방향의 흡강성은 거의 같은 정도를 유지하게 되나 위 단계와 같이 주철근 방향의 균열이 발생하게 되면 상대적으로 주철근 방향의 흡강성은 커지게 된다. 즉 교축방향과 교축직각방향의 강성이 동일한 등방성 판에서 강성이 다른 이방성 판으로 변화하게 된다. 따라서 균열로 인하여 강성이 저하된 배력철근 방향의 흡모멘트 분담률은 저하하고 반면에 강성이 큰 주철근 방향의 흡모멘트 분담률이 커지게 되므로 배력철근 방향의 균열이 발생하게 된다.

④ 콘크리트 내의 투수현상

⑤ 심화된 양방향 균열 발생

양방향 균열발생 초기의 균열은 윤하중의 반복작용을 받아 점차 그의 길이, 폭, 깊이가 커지면서 균열이 바닥판 전두께에 미치게 되면 바닥판 밑면에는 석회질의 백색 심출물이 보이게 되며, 이와 같은 경우에는 노면의 포장에도 대부분 균열이 보이게 된다. 이와 같이 균열이 발달하는 동안 이들 사이에 더욱 새로운 균열이 발생하여 점차로 미세한 망모양의 균열이 진전된다.

⑥ 콘크리트 탈락 및 함몰

망 모양의 균열이 2 방향 균열 상태까지 발전하면 바닥판의 윤하중 분배기능이 더욱 저하되고 윤하중은 국부적으로 집중하여 작용하게 된다. 따라서 균열의 개폐운동과 함께 균열이 커지며 결국 일부 콘크리트의 함몰로 나타나게 된다.

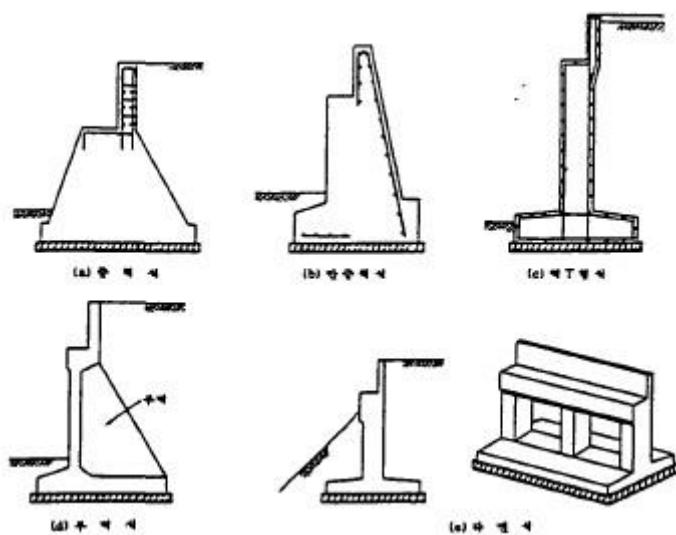
교량의 하부구조는 교대, 교각, 기초가 있으며, 이들은 교량 상부구조의 하중을 地面으로 전달하며, 교량 전체 구조의 안전성을 위해 아주 중요한 역할을 수행하는 부분이다. 일반적으로 교량 점검시 하부구조는 점검을 소홀히 하는 경우가 있는데 이는 잘못된 시각이다. 교량 형식에 따라서는 하부구조에 약간의 손상이 발생되더라도 교량 전체의 안전에 중대한 위해를 야기시키는 경우도 있기 때문에 하부구조의 점검에 특별한 주의를 필요로 한다.

(1) 교대 및 교각의 종류

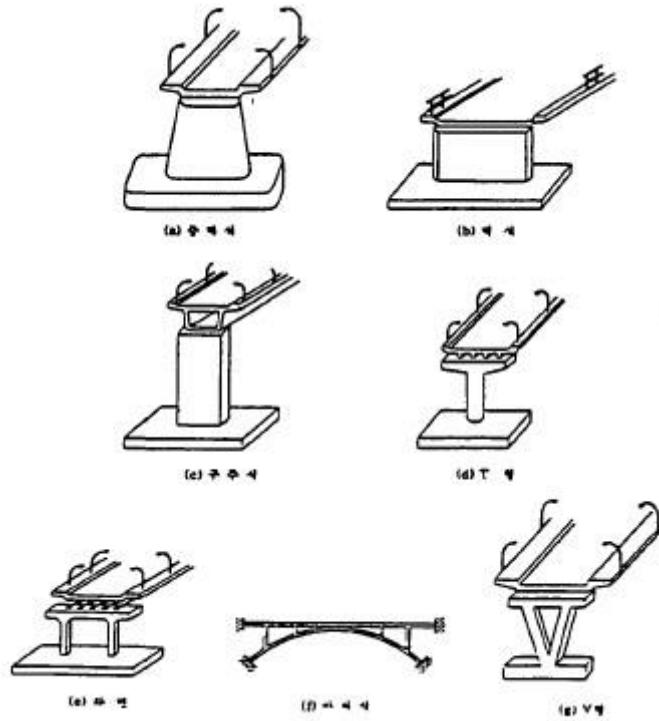
교대 및 교각의 형식 및 특징은 해설 표 2.10 및 해설 그림 2.25~2.26 과 같이 분류할 수 있다.

해설 표 2.10 교대 및 교각의 형식

분류	형식 및 내용	
교대의 분류	상부구조와의 결합	<ul style="list-style-type: none"> 상부구조와 받침 또는 구조적으로 일체된 구조 고정지점의 위치선정은 상부구조의 규모나 형식, 지형 조건, 지질 조건에 따라 다르지만 일반적으로 다음과 같은 지점에 선정한다 <ul style="list-style-type: none"> - 사하중 반력이 가장 큰 지점 - 경사 교량의 경우에는 낮은 지점 - 수평반력을 받기 쉬운 지점 - 가동받침의 이동량을 보다 적게 할 수 있는 지점 - 지반 상태가 양호한 지점
		<ul style="list-style-type: none"> 상부구조와 가동 받침으로 연결된 구조
	중력식 교대	<ul style="list-style-type: none"> 무근 콘크리트 구체의 자중으로 외력에 저항하는 형식 구체의 자중을 약간 작게 하고 인장용력을 철근으로 받게 하면 반 중력식 교대가 됨 보통 중력식은 5m, 반중력식은 4~6m까지가 경제적임
		<ul style="list-style-type: none"> 구체의 자중을 작게 하고 흙의 중량으로 안정을 유지하는 구조로 경제적임 높이 12m 정도까지 일반적인 지반조건에 적용한다 보통 5~8m 범위에서 많이 사용함
	부벽식 교대	<ul style="list-style-type: none"> 높이 10m 정도 이상일 때 역T형식 교대 보다 많이 사용되는 형식이나 뒷부벽의 배근과 콘크리트 타설에 어려움이 따르며, 배면 뒷채움부의 시공이 곤란함
		<ul style="list-style-type: none"> 구체 높이가 높아 토압에 의한 영향이 지배적인 경우 상부구조에서 전달되는 수평력이 큼 경우 교대 배면에 도로를 만들고자 할 때 다른 형식보다 구조적, 경제적으로 유리할 때
	박스형 교대	<ul style="list-style-type: none"> 교대 높이가 높고(12m 이상), 기초지반이 불량한 경우에 경제적일 수 있음 박스형 교대의 속빈 부분은 말뚝기초의 경우 그대로 두어 지진시 관성력을 감소시키며, 직접기초의 경우는 흙으로 채워 활동 안정성을 증가시킨다
		<ul style="list-style-type: none"> 구체 높이가 높아 토압에 의한 영향이 지배적인 경우 상부구조에서 전달되는 수평력이 큼 경우 교대 배면에 도로를 만들고자 할 때 다른 형식보다 구조적, 경제적으로 유리할 때
	기타	
교각의 분류	벽식 교각	<ul style="list-style-type: none"> 하천부에서 주로 적용, 선박충돌 위험이 있는 경우
	기둥식 교각	<ul style="list-style-type: none"> 시가지의 고가교, 재료가 적게 소요됨, 교하공간 활용시, 경관이 수려함
	라멘식 교각	<ul style="list-style-type: none"> 시가지의 고가교, 임체 교차교 등에 주로 사용
	T형 교각	<ul style="list-style-type: none"> 일반적으로 많이 사용되는 교각
	V형 교각	
	I형 교각	
	기타	



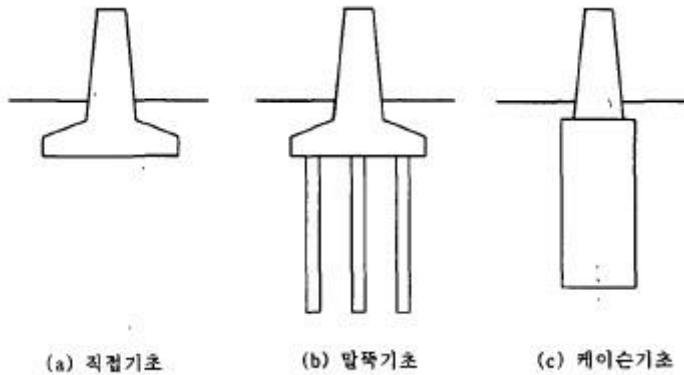
해설 그림 2.25 교대의 종류



해설 그림 2.26 교각의 종류

(2) 기초의 종류

기초는 해설 그림 2.27 과 같이 직접기초, 말뚝기초, 케이슨기초, 사면상에 설치하는 깊은기초로 구분된다. 사면상에 설치되는 깊은기초란 지지지반의 경사각이 10° 이상의 사면상에 설치된 깊은기초 공법에 의한 말뚝기초를 말한다.



해설 그림 2.27 기초형식

① 직접기초

기초 슬래브에서 하중을 직접 지반에 전달하는 직접기초는 지표로부터 비교적 얕은 위치에 양질의 지지층이 있어 침하의 염려가 없는 경우에 사용되는 기초형식이다. 직접기초는 독립기초, 연속기초로 나눌 수 있으며, 기초의 시공은 일반적으로 물이 없는 상태에서 시공하므로 수심이 있는 경우에는 가물막이 등을 설치해 시공한다. 세굴의 우려가 있는 경우는 그 깊이를 고려해서 근입깊이를 정할 필요가 있다.

② 말뚝기초

말뚝기초는 비교적 깊은 위치에 양질의 지지층이 있는 경우 경제적인 기초형식이다. 말뚝기초는

재료, 형상, 치수, 공법에 따라 종류가 다양하므로 선정시 지반조건, 상부구조 조건, 시공조건을 충분히 검토하여 가장 경제적이고 합리적인 종류를 선정해야 한다. 말뚝기초는 RC 말뚝, PC 말뚝, 강관말뚝, 현장타설 콘크리트 말뚝 등으로 분류된다.

(3) 케이슨기초

케이슨기초(우물통기초)는 깊은 위치에 양질의 지지층이 있는 경우 지지지반을 굴착을 통해 확인할 수 있고, 강성도 크므로 가장 확실성이 높은 기초구조이다. 공사비는 다른 기초형식에 비해 높은 편이지만 강성이 크므로 하상저하나 세월이 발생하는 하천에서는 유리하다. 케이슨기초는 오픈케이슨과 공기케이슨이 있으며 각각의 특징은 해설 표 2.11 과 같다. 최근의 공법으로 강관케이슨, PC 케이슨 등 새로운 공법이 개발되어 있지만 이 공법의 선정은 사전에 충분히 검토하여 사용한다.

해설 표 2.11 오픈케이슨과 공기케이슨의 비교

오픈케이슨	공기케이슨
<ul style="list-style-type: none"> · 토질에 따라 침하가 곤란하거나 공정이 불 확실하게 되는 일이 있다. · 단면형상은 원형 또는 이와 유사한 단면을 사용한다 · 공기케이슨에 비해 공사비가 싼 편이다. · 주변지반을 느슨하게 한다. · 공기케이슨에 비해 깊은 위치에 설치할 수 있다. 	<ul style="list-style-type: none"> · 공정이 확실하고 오픈케이슨으로는 침하를 가능한 지반에서도 확실히 침하한다. · 하중으로 물, 굴착토를 이용할 수 있다. · 자갈, 유수 등이 많은 지점에 적합하다. · 지질상황을 더욱 명확하고, 확실하게 파악할 수 있다. · 주변지반을 느슨하게 하는 경우가 적다. · 침하깊이는 일반적으로 30m 정도(특수한 경우에도 40m 정도)이다

(4) 사면상에 설치하는 깊은기초

사면상에 설치하는 깊은기초는 산악지대의 사면상에 기초를 설치하는 경우에 인력굴착으로 깊은기초 공법에 의해 말뚝을 사용한 기초이다. 산악지대의 교량에서는 기초를 사면상에 설치하지 않으면 안되는 경우가 많으므로 이 경우 시공기계 운반이 곤란하여 인력굴착을 행하고, 현장타설 말뚝공법을 사용하는 공법이 사용된다. 깊은기초 공법은 지지지반의 확인이 용이함, 지중 장애물의 제거가 용이함, 시공설비가 간단함 등의 특징이 있으나 지하수가 많은 지반에서는 적합하지 않다. 또, 산소의 결핍이나 편압에 의한 붕괴, 낙석 등에 대한 시공시 안전성에 대하여 설계시 충분히 검토하여야 한다.

(3) 하부구조의 손상형태

교대 및 교각은 상부구조로부터 전달되는 하중을 지지하는 구조체로서 견고한 지반상에 위치하여야 하며, 본 구조체가 파괴되는 경우 교량전체에 심각한 피해를 줄 수 있다. 일반적으로 하부구조의 구체는 콘크리트로 구성되며 기초에는 직접기초, 말뚝기초, 케이슨기초 등이 있다.

교대, 교각의 손상은 먼저 건설 당시의 초기 침하 및 콘크리트의 균열로 나타나고, 그 후는 시간의 경과에 따른 기상작용, 교통하중 등으로 인한 콘크리트의 노화현상이 발생하는 것이 일반적이다. 교대, 교각은 환경적 영향을 현저히 받으므로 철근의 피복두께 부족, 콘크리트의 타설이음 불량, 구조물의 연결부 불량 등이 있으면 손상을 받기 쉽다. 또한 하부구조는 대체로 단면이 큰 구조이므로 다양한 콘크리트를 사용하게 되어 수축균열이 발생하기 쉽고, 유해한 기상상태에서 콘크리트 타설시 내구성이 감소된다. 받침부는 최근 대형화하는 경향이 있는데 지간의 장대화에 따라 큰 반력을 받으므로 이 때의 하부구조는 받침부근의 지압, 전단균열, 흔인장응력으로 인한 콘크리트의 균열이 발생하기 쉽다.

경제성을 고려한 설계시 하부구조에는 훨 작용을 받게 되는 기둥이나 보를 사용하는 경우가 많다. 이 때 콘크리트 부재의 균열이 진행성을 갖는 경우가 많으므로 주의하여야 한다. 또한 하부구조에는 특히 충돌에 의한 파손이 많다. 예를 들면 급류 하천에 있는 교각의 경우 전석, 유목, 또는 선박에 의한 파손이 있고 육교의 교각은 자동차에 의한 파손이 있다. 이러한 원인에 의한 파손은 대규모적인 것이 많고 보수에도 많은 비용이 소요된다. 교대 및 교각 구체에 생기는 주요한 손상과 원인은 다음과 같다.

(4) 하부구조의 손상원인

① 교대 및 교각 구체

교대 및 교각 구체의 표면에는 콘크리트의 경화수축, 건조수축, 온도변화 등의 영향으로 인하여 미세한 균열이 생기지만, 이러한 현상은 어느 정도 콘크리트 고유의 성질로서 대기중의 구조물에 생긴 균열의 폭이 다소 크더라도(0.3 mm까지) 이 균열이 비진행성일 경우는 구체의 안전에 큰 영향은 미치지 않는다.

구조물의 인장측에 발생된 심한 균열(인장균열)과 전단력으로 발생된 균열(전단균열)이 가장 주의를 요하며, 특히 전단균열의 경우는 콘크리트의 박리로 연결될 우려가 있다. 콘크리트의 박리는 일반적으로 균열의 발달, 동결융해, 화학작용, 염화물의 영향으로 열화되어 발생되는 것이 많으며 선박, 차량의 충돌로 콘크리트가 파괴되어 생기기도 한다. 또한 철근의 피복 콘크리트가 얇아서 철근에 부식이 발생하며, 부식의 팽창작용으로 콘크리트의 균열로 인하여 발생하기도 한다. 철근 콘크리트 구조물에 있어서 박리는 철근의 노출로 연결되어 부식의 원인이 됨과 동시에 단면이 축소되어 구조물의 내하력과 내구성이 현저하게 저하된다. 그러나 구체에서 발견할 수 있는 이러한 손상은 공중에 노출되어 있어 육안관찰이 가능한 구체벽, 기둥의 일부, 교좌부, 교대의 흉벽부 등에 한정되어 있다. 따라서 육안관찰이 안되는 숨어 있는 부분의 손상은 그 손상이 상당히 발달해서, 구조물 전체에 변위 등의 영향을 주지 않으면 발견되기 어렵고, 주의 깊은 외관조사나 계측이 필요하게 된다. 교대, 교각의 구체에 발생하는 손상의 원인으로서는 다음과 같다.

- 설계시의 검토, 배려부족
- 재료의 품질불량, 강도부족
- 시공불량
- 하중의 증대
- 환경조건의 악화
- 기초의 손상
- 배수불량
- 지진의 영향

② 기초

기초는 상부 하중을 지반에 전달하는 중요 부위이다. 특히 기초 지반의 지지력이 부족하여 계속적으로 침하하게 되면 받침본체, 받침부 콘크리트, 또는 옹벽이 파괴되어 주형의 좌굴이 발생하기도 한다.

기초에서 발생이 가능한 손상은 기초의 침하 및 부등침하, 경사, 이동, 균열 및 기초의 근입부족, 강도부족 등이 있다. 이 기초의 손상을, 직접적으로 육안 관찰하는 것은 곤란하지만, 일반적으로는 이 기초의 손상은 그 영향이 상부구조나 교각, 교대, 접합부 구조(옹벽, 성토) 등에 나타나고 있으므로, 관측의 방법을 이용해서 조기에 조사해야 한다. 기초의 구조형식별 손상원인은 해설 표 2.12와 같다.

해설 표 2.12 기초의 손상원인

기초 종류	손상 원인
직접기초	<ul style="list-style-type: none"> · 유심의 이동에 의한 하상의 저하와 세굴로 기초가 침하, 경사지는 경우 · 균열하여 다른 구조물을 시공할 때 설계나 시공의 부주의로 변형되는 경우 · 기초의 근입깊이가 부족한 것과 되메우거나 배수가 불량하여 흙의 지지력이 저하되는 경우 · 추운지방에서 동결용해 작용의 반복으로 기초의 부상 또는 침하로 인하여 변형이 생기는 경우
말뚝기초	<ul style="list-style-type: none"> · 시간이 경과할수록 지하수위가 낮아지는 지역에서 말뚝이 부식되어 지지력이 감소되는 경우 · 기성 콘크리트 말뚝의 이음부 강도가 부족한 경우 · 이음 시공불량으로 교대 등이 횃토압에 대한 저항력이 감소되는 경우 · 현장 타설 콘크리트 말뚝의 시공불량으로 말뚝 머리와 기초 콘크리트와의 연결 시공불량으로 기초가 부등침하 또는 횃방향 면위를 일으키는 경우 · 주위 지반의 침하시 발생하는 부마찰력으로 인하여 작용 총하중이 허용 지지력을 초과하는 경우 · 말뚝의 근입 깊이가 부족하여 지지력이 부족한 경우
케이슨 기초	<ul style="list-style-type: none"> · 홍수시 세굴로 주변 마찰력이 감소되어 기초가 기울어지거나 이동하는 경우. · 시간의 경과로 인한 주위 지반의 변동시 근입 깊이가 부족하여 기초가 이동되거나 기울어지는 경우 · 홍수위 부근이나 하상부근에서 유목, 전선, 선박 등의 충돌로 기초 구조물의 콘크리트 파손과 철근이 부식되는 경우. · 균열하여 다른 구조물을 시공할 때에 설계나 시공 부주의로 토압의 변화가 생겨 기초가 기울어지는 경우 · 굴착, 침하, 지하수처리 등 시공불량으로 주변 지반이 느슨해졌거나 지나친 편심재하로 기초가 기울거나 이동되는 경우

교량의 구성부재중 주형부는 교량상부구조의 안전성을 지배하는 중요한 부재이므로 점검시 각별한 주의를 기울여야 한다. 교량의 주형부재는 교량의 상부구조 형식을 결정하는 부분이고, 그 종류도 다양하므로 점검자는 각 주형형식에 대한 교량의 특성에 대해서 충분히 이해하고 있어야 한다.

주형은 사용재료에 따라 철근 콘크리트 주형, 프리스트레스트 콘크리트 주형, 강재주형으로 구분할 수 있으며, 가로보는 주형부재는 아니지만 점검의 편의상 주형부재와 동일하게 점검하도록 한다. 가로보는 철근 콘크리트 가로보와 강재 가로보로 구분된다.

주형의 점검부위는 단면력 및 응력이 가장 크게 유발되는 부위와 손상 취약부위이다. 일반적인 거더교의 경우 단면력이 가장 크게 발생되는 부분은 중앙부와 지점부이다. 따라서, 주형의 점검시 이 부분을 주로 점검해야 한다. 손상 취약부는 교량의 형식에 따라 각기 다르다. 프리스트레스트 콘크리트 교량은 PC 긴장재를 정착시키는 정착부위, 게르비교는 힌지부, 세그멘탈교는 세그먼트와 세그먼트의 이음부, 강교는 볼트 및 용접이음부가 손상 취약부이다.

(1) 주형의 손상형태

① 철근 콘크리트 주형

콘크리트 주형은 강재 주형에 비해 자중이 크고, 흔 강성이 크기 때문에 진동, 충격에 대한 저항성이 우수하며 일반적으로 활하중의 영향이 바닥에 비해서 훨씬 적다. 그러나 철근 콘크리트 주형은 현장 타설로 시공되는 경우가 대부분이고, 구조형식도 다양하여 부재에 변형이 생기는 경우 그 원인을 규명하는 것이 곤란한 때가 많다. 철근 콘크리트 주형에 나타나는 손상으로는 균열, 박리, 철근노출, 공보, 누수, 동결융해 작용과 염화물에 의한 손상 등이 있는데, 일반적으로 콘크리트 부재에 변형이 생겼을 때 콘크리트에 균열을 동반하는 경우가 많으므로 안전도를 판단하기 위해서는 콘크리트의 균열상태를 조사할 필요가 있다. 균열은 복합적인 요인으로 인하여 발생하는 경우가 많다.

② 프리스트레스트 콘크리트 주형

프리스트레스트 콘크리트(PC) 주형은 대부분 완전 프리스트레싱(Full Prestressing)으로 설계되어 있다. 시공시에는 균열이 없지만 설계상, 시공상의 잘못으로 인하여 균열이 발생하고, 또한 그 균열 폭이 큰 경우도 많이 있다. 또 PC 주형은 프리스트레싱 효과를 고려하므로 콘크리트 주형에 비해 전단 보강 철근이 적기 때문에 전단균열이 생긴 경우 속히 보수해야 한다. 그리고 PC 긴장재의 커플러 죠인트부와 플랜지에서의 정착부 등에서도 균열이 생기는 경우가 적지 않다. PC 강재를 한곳에 모아 정착하거나 복부를 확대시켜 중간에 정착하면 그 후면에 큰 인장응력이 생겨 균열의 원인이 되기도 한다. PC 주형 손상의 대부분은 철근 콘크리트 주형과 유사하며 프리스트레싱에 의해 부가적으로 발생할 수 있는 손상은 해설 표 2.13과 같다.

해설 표 2.13 프리스트레스트 콘크리트 주형의 손상원인

구분	손상원인
설계관련	<ul style="list-style-type: none">· 작용하중, 프리스트레싱량 등 하중 산정의 오차· PC강재 배치, 정착방법, 정착부 보강방법 오류
시공관련	<ul style="list-style-type: none">· PC 강재 및 쇠스판의 배치 불량· 긴장력의 과다 및 과소· 콘크리트 타설시의 시공불량 및 그라우팅 불량

③ 강재 주형

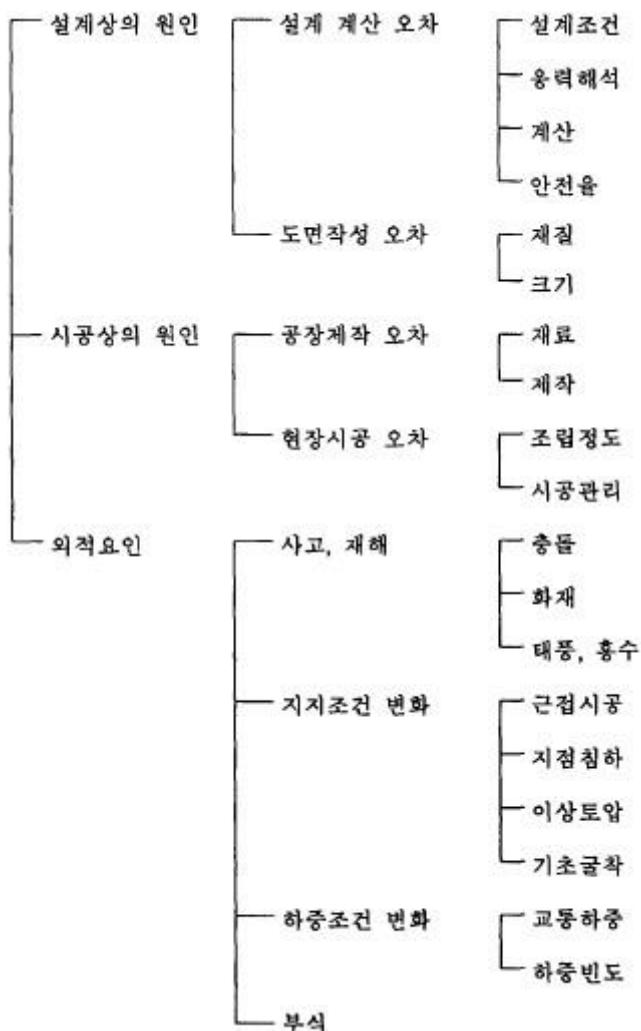
구조용 강재의 주된 특징은 다른 재료보다 강도와 연성이 우수하다는 점이며, 강교의 가장 보편적인 손상은 부식으로 인한 단면감소로서 구조적 성능의 손실을 가져오게 된다. 또한 접합부나 용접부, 덮개판, 캔틸레버부 Bracket 등에서는 균열이 큰 문제점으로 되고 있다. 각 교량형식별 손상형태 및 그 원인에 대해서는 제 5 장 교량형식별 점검방법을 참조하기 바란다. 강재 주형에서 발생이 가능한 손상종류와 그 원인은 해설 표 2.14와 같다.

해설 표 2.14 강교량의 손상형태 및 그 원인

손상구분		손상원인
부식	전기작용	전해질이나 지반속에 금속이 쌓여 있거나 공기 중에 다른 두 금속이 결합 또는 접촉되어 있으면 금속의 상반성으로 인하여 각각 양극, 음극으로 되어 계속적인 이온의 이동, 즉 전류흐름이 발생하여 부식의 원인이 된다.
	응력	잔류응력이나 인장력으로 인한應력을 받고 있는 금속면은 부식의 가능성이 크다.
	흡집	강재에 진동이나 외력에 의한 흡집이 발생하면 이 부분에 붉은 녹이 발생하고 부식이 발전하게 된다.
	화학적 작용	주로 공장지대 부근에서 황산염, 이산화탄소 등의 화학물에 의해 산화막이 생성되어 부식으로 발전하게 된다.
	누전	직류전원의 영향권 내에 있을 때 발생하는 것으로 다른 부식보다 진행이 빠르고 국부적으로 발생한다
구조적 손상	취성파괴	위험의 예측이 가능한 변형없이 발생하여 구조강재에 치명적인 파괴를 유발하는 소성변형 현상으로, 인장응력이 부족하여 파괴되기 시작할 때, 또는 절단부나 용접부 등과 같이 부재의 불연속에서 피로 현상이나 응력부식 작용이 부가되면서 발생하기도 한다. 또한 규소강과 같이 강재의 인성이 부족하기 쉬운 강재에 위험성이 크며, 온도강하나 부적절한 구속방법, 피로균열의 진행, 잔류응력 등이 취성 파괴의 원인이 될 수 있다.
	응력부식에 의한 균열	강재의 인장응력을 원인으로 하여 발생하는 균열로서, 인장력이 금속재의 입자 조직체에서 부식을 촉진시킨다.
	피로균열	용접강에서의 피로균열은 자주 발생하는 현상으로 삽입부재나 받침부재, 보수부위, 심한 진동이나 비틀림이 있는 부위, 볼트 구멍 주위, 용접부, 결합이 부적절한 연결부 등에서 발생될 가능성이 크다.

(2) 주형의 손상원인

손상의 원인을 크게 설계상 원인, 시공상의 원인, 외적요인으로 분류하여 정리하면 해설 그림 2.28 과 같다.



해설 그림 2.28 주형의 손상원인

제 3 장 교량의 점검

3.1 점검 계획

점검 계획을 수립할 때 다음과 같은 사항들이 고려되어야 한다.

- (1) 점검의 종류, 범위, 항목, 방법, 장비, 시간, 소요 이원, 점검자의 자격
- (2) 과거의 점검 및 보수 이력
- (3) 대상 교량의 설계 및 시공 자료
- (4) 대상 교량의 구조적 특성 및 붕괴 유발 부재의 유무

- (5) 교량의 규모 및 점검의 난이도
- (6) 교통량 및 교통통제에 따른 영향
- (7) 점검장비의 접근성
- (8) 점검시의 기상상태
- (9) 대상 교량의 주변환경
- (10) 타 기관 또는 필요한 경우 사용자와의 협조 및 공지사항
- (11) 기타 관련 사항

【해설】

효과적이고 안전한 교량점검의 열쇠는 적절한 사전 계획과 준비를 하는 것이다. 점검계획은 대상 교량의 규모 및 중요도에 따라 적절히 계획해야 하며, 교량이 도로망의 핵심 시설임을 깊이 인식해 사용자에게 끼칠 불편을 최소화하도록 배려해야 한다. 특히, 게르비교의 힌지부위, 수심이 깊은 기초부위와 같은 불괴유발부재 또는 강교의 용접이음부와 같은 피로취약부 등은 점검시 세심한 주의를 기울이도록 점검계획을 수립해야 한다.

3.2 점검 요령 및 방법

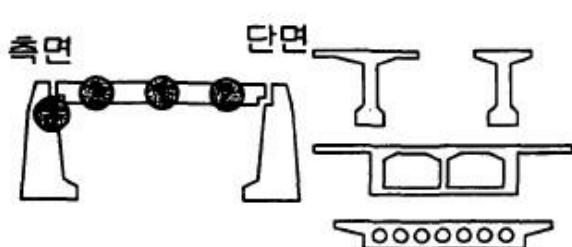
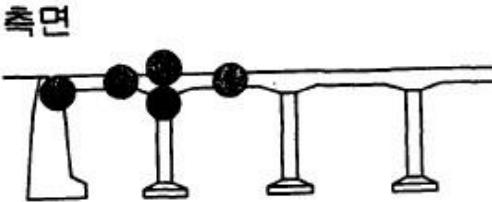
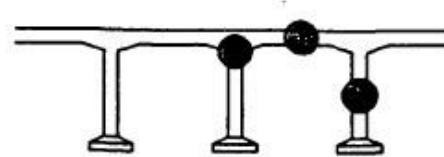
교량의 점검은 상부구조형식에 따라 다음과 같은 주요 점검부위에 유의하여 점검한다.

- (1) 형교의 주요 점검부위 : 桁橋의 주요 점검부위는 단순교인 경우에는 지간 중앙부, 지점부, 받침부이고, 연속교인 경우에는 지간 중앙부, 지점부, 받침부, 변곡점부, 이음부이다.
- (2) 라멘교의 주요 점검부위 : 라멘교의 주요 점검부위는 지간 중앙부, 지점부, 받침부, 변곡점부, 우각부, 이음부이다.
- (3) 트러스교의 주요 점검부위 : 트러스교의 주요 점검부위는 전반적으로 桁橋의 경우와 동일하지만 각각의 트러스 구성부재의 이음상태 및 변형 등을 주의해 점검해야 한다.
- (4) 아치교의 주요 점검부위 : 아치교의 주요 점검부위는 전반적으로 桁橋의 경우와 동일하지만 각각의 아치 구성부재의 이음상태 및 변형 등을 주의해 점검해야 한다.
- (5) 사장교의 주요 점검부위 : 사장교의 주요 점검부위는 전반적으로 桁橋의 경우와 동일하지만 주탑, 사장재 및 그 정착부 등을 주의해 점검해야 한다.
- (6) 현수교의 주요 점검부위 : 현수교의 주요 점검부위는 전반적으로 桁橋의 경우와 동일하지만 주탑, 현수재 및 그 정착부 등을 주의해 점검해야 한다.
- (7) 기타 교량 형식별로 특수한 부위를 갖는 경우에는 이 부분을 주의해 점검해야 한다.

【해설】

교량의 상부구조형식별 분류는 일반적으로 형교(슬래브교, RCT 형교, RC 박스형교, PCI 형교, PC 박스형교, 판형교, 강박스형교, 트러스형교, 프리플렉스형교), 라멘교, 트러스교, 아치교, 사장교, 현수교로 분류된다. 대표적인 교량형식의 주요 점검부위는 해설 표 3.2 와 같다. (7)의 기타 교량 형식별로 특수한 부위는 PC 교인 경우에는 정착부 및 격벽 등을 의미하며, 게르버교인 경우에는 게르버 힌지부를 의미하고, 세그멘탈 교량인 경우에는 세그먼트와 세그먼트 사이의 이음부를 의미한다.

해설 표 3.2 상부구조형식별 주요 점검부위

구조형식	점 검 부 위	비 고
단순보	 <p>측면 단면</p>	① 지간중앙부 ② 지점부 ③ 받침부
연속보 게르버보	 <p>측면</p>	① 지간중앙부 ② 변곡점부 (지간의 약 1/5부) ③ 교각상부 ④ 지점부 ⑤ 받침부
라멘보	 <p>측면</p>	① 지간중앙부 ② 우각부 ③ 교각부

3.3 점검 항목

점검을 실시하는 부위는 교량을 구성하는 모든 부재 및 그 부속시설이며 다음과 같다.

- (1) 상부구조 : 난간, 배수시설, 교면포장, 바닥판, 주형부재
- (2) 하부구조 : 교대, 교각, 기초부
- (3) 부속시설 : 신축이음장치, 받침, 스토퍼, 조명시설

【해설】

교량은 다양한 부재들로 구성되어 있지만 교량을 구성하는 요소는 크게 상부구조, 하부구조 및

부속시설로 구분할 수 있다. 상부구조에는 난간, 배수시설, 교면포장, 바닥판 및 주형부재가 있으며, 하부구조에는 교대, 교각 및 기초부가 포함되며, 부속시설은 신축이음장치, 받침, 스토퍼 및 조명시설을 의미한다. 이들 요소들은 역학적 및 기능적 특성을 각기 달리 지니고 있으므로 하나 하나가 모두 중요하며 해설 표 3.3과 같이 그 중요성을 파악할 수 있다.

해설 표 3.3 교량 구성요소의 중요도

분류	부재의 기능	교량의 안전성 측면에서 본 중요도	교량의 내구성 측면에서 본 중요도	교량의 사용자 측면에서 본 중요도
상부구조	난간	보행자 보호, 차량의 방호책	▲	▲ ◎
	배수시설	교면 체수 방지	△ ○	○
	교면포장	방수효과, 차량의 주행성 개선, 충격하중의 감소	△ ○	○
	바닥판	차량하중을 직접받으며 주형으로 하중을 전달	○ ○	○
	주형부	상부구조의 사하중 및 활하중에 대해서 저항	○ ○	○
하부구조	교대	상부구조를 지지하면서 하중을 기초부로 전달	○ ○	△
	교각	상부구조를 지지하면서 하중을 기초부로 전달	○ ○	△
	기초부	모든 교량의 하중을 지면으로 전달	○ ○	▲
부속시설	신축이음장치	상부구조의 신축량을 자유롭게 허용	△ △	○
	받침	상부구조의 하중을 하부구조에 전달, 상하부구조의 신축 및 회전을 자유롭게 허용함	○ △	△
	스토퍼	지진시 발생된 상부구조의 큰 수평력을 하부구조에 전달	○ △	△
	조명시설	보행자 및 차량 운전자의 시계 확보	▲ ▲	○

◎ : 아주 중요 ○ : 중요 △ : 보통 ▲ : 미약

3.4 점검 결과의 기록

점검결과는 소정의 점검양식에 정확한 기입원칙에 따라 기록·보관되어야 한다. 각각의 손상에 대해서는 적절한 조치를 취해야 한다.

【해설】

교량의 점검자료는 교량관리에 있어서 가장 기본적인 자료이며, 동시에 가장 중요한 자료이기 때문에 일관된 양식에 의거해 작성되어야 하며, 또 보관되어야 한다. 특히, 앞으로 교량관리는 전산화되기 때문에 본 지침에서 제시한 판정방법, 기입방법, 점검양식 등을 반드시 준수해야 한다. 이를 지키지 않으면 부정확한 자료가 입력되어 교량관리에 중대한 장애를 유발시킨다.

3.5 점검 결과의 판정

(1) 각 점검항목에 대한 손상판정은 5 단계 기준을 사용한다.

(2) 손상 판정기준은 다음 <표>의 기준을 적용한다.

<표> 손상 판정기준

판정구분	상태
A	문제점이 없는 최상의 상태
B	경미한 손상의 양호한 상태
C	주요 부재에 손상이 발생하였으나 조치가 필요하지 않은 상태
D	주요 부재에 발생한 손상에 대해 보수·보강이 필요한 상태
E	주요 부재에 발생한 손상에 대해 교체가 필요한 상태

(3) 점검부재에 대한 접근이 불가능한 경우에는 판정구분으로 Q를 사용하여 점검되지 않은 부재임을 표시하고, 반드시 향후 실시하는 점검시에 접근장비를 동원하여 점검을 실시해야 한다.

【해설】

교량부재의 손상에 대한 판정기준은 정량적 기준과 정성적 기준으로 구분할 수 있는데 정성적 기준을 사용하는 국가가 대부분이다. 정량적 기준을 사용할 때에는 비교적 상세하게 손상의 종류별로 각 등급에 따른 수치를 제시하여 교량에 대한 전문성이 결여된 자라도 점검할 수 있게 해 주는 장점이 있는 반면 시간이 많이 소요되고 종합적인 판단을 내릴 수 없다는 단점이 있다. 정성적 기준을 사용할 때에는 모든 손상에 대해서 같은 판정기준을 사용하므로 교량에 대한 상당한 전문성이 요구되며, 점검시간이 단축되고 종합적인 판단을 하는 장점이 있는 반면 점검자의 능력에 따라 판정이 심하게 좌우되며 점검자의 주관성이 많이 개입되는 단점이 있다. 교량부재별 판정기준은 다음과 같다.

교면 포장부의 점검은 아스팔트와 콘크리트 포장으로 구분하여 실시한다. 아스팔트 포장은 포장체의 균열, 함몰, 단차 및 요철에 대해 점검한다. 콘크리트 포장은 포장체의 균열, 박리, 파손에 대해 점검한다.

해설 표 3.4 아스팔트 포장의 손상 판정방법

등급	균열	요철, 단차	함몰
A	없음, 미세균열	없음	없음
B	일방향, 균열율 20% 미만	없음	없음
C	균열율 20~30%	경미	부분적 얇은 함몰
D	거북등 균열, 균열율 30% 이상	주행성 저하	깊이 30mm 이상 함몰
E	거북등 균열, 균열율 30% 이상	심한 충격	전반적인 함몰, 탈락

해설 표 3.5 콘크리트 포장의 손상 판정방법

등급	균열	박리	파손
A	없음, 미세균열	없음	없음
B	0.3mm 이하 다수발생	없음	없음
C	0.3mm 이상 다수발생	부분적으로 발생	없음
D	0.3mm 이상 다수발생	심화, 골재마모	부분적인 표면손상
E	0.3mm 이상 다수발생		전반적인 표면파손

배수시설은 배수구와 배수관의 파손, 누수 및 체수, 배수불량에 의한 교량 본체의 오염 여부 등을 점검한다.

해설 표 3.6 배수시설의 손상 판정방법

등급	파손	누수, 체수	오염
A	양호	없음	없음
B	양호	다소의 퇴적물	없음
C	상태불량	퇴적물, 일시적인 체수	상판하면 부식
D	일부파손	많은 퇴적물, 누수	주구조물 부식 초기
E	파손	심한 누수와 체수	전반적인 부식

난간의 점검은 재질에 따라 강재와 콘크리트로 구분하여 점검한다. 강재 난간은 부식, 변형 및 파손에 대해서 점검한다. 콘크리트 난간은 균열, 박리, 파손 및 철근의 노출 또는 부식에 대해서 점검한다.

해설 표 3.7 강재 난간의 손상 판정방법

등급	부식	변형	파손
A	없음	없음	없음
B	발생초기	국부적	없음
C	25% 이하	전반적	국부적
D	25% ~ 40%	전반적	충돌에 의한 국부적
E	전반적	전반적	전반적

해설 표 3.8 콘크리트 난간의 손상 판정방법

등급	균열	변형	파손	철근노출
A	없음	없음	없음	없음
B	0.3mm 이하 다소발생	표면 변색	없음	없음
C	0.3mm 이상 다수발생	국부적	국부적	없음
D	0.3mm 이상 다수발생	전반적	국부적	부분적, 부식동반
E	0.3mm 이상 다수발생	전반적	전반적	다수발생

신축이음장치는 신축이음장치 본체와 후타설재로 구분하여 점검하고, 신축이음장치 본체의 점검은 사용 재료에 따라 강재계와 고무계로 구분해 점검한다.

해설 표 3.9 강재계 신축이음장치 본체의 손상 판정방법

등급	누수, 오염	유간, 이상진동
A	없음	정상동작
B	먼지, 토사 등으로 오염	정상동작
C	물받이 파손 혹은 미설치	유간사이 이물질로 기능 불량, 이상음 발생
D	누수로 인한 신축이음 하부 구조물 부식발생	강판 유동으로 이상음 커짐
E	하부구조물의 부식 심화	강판 유동으로 이상음 커짐

등급	부식, 변형	균열, 파손
A	없음	없음
B	없음	없음
C	없음	없음
D	국부적인 부식	볼트, 너트 부분탈락
E	하부 전체적 부식, 국부적 변형	상부 강판 탈락, 본체유동

해설 표 3.10 고무계 신축이음장치 본체의 손상 판정방법

등급	누수, 오염	유간
A	없음	정상동작
B	없음	정상동작
C	물받이 파손으로 누수발생	유간사이 이물질로 기능 불량
D	누수로 인한 신축이음 하부구조물 부식발생	유간이 폐쇄 혹은 비정상적으로 넓음
E	하부구조물의 부식심화	유간이 폐쇄 혹은 비정상적으로 넓음

등급	노화	탈락
A	없음	없음
B	고무판 노화	없음
C	물받이 고무의 부분파손	없음
D	고무판 균열	볼트 또는 너트의 부분탈락
E	고무판 파손	신축이음 본체 탈락

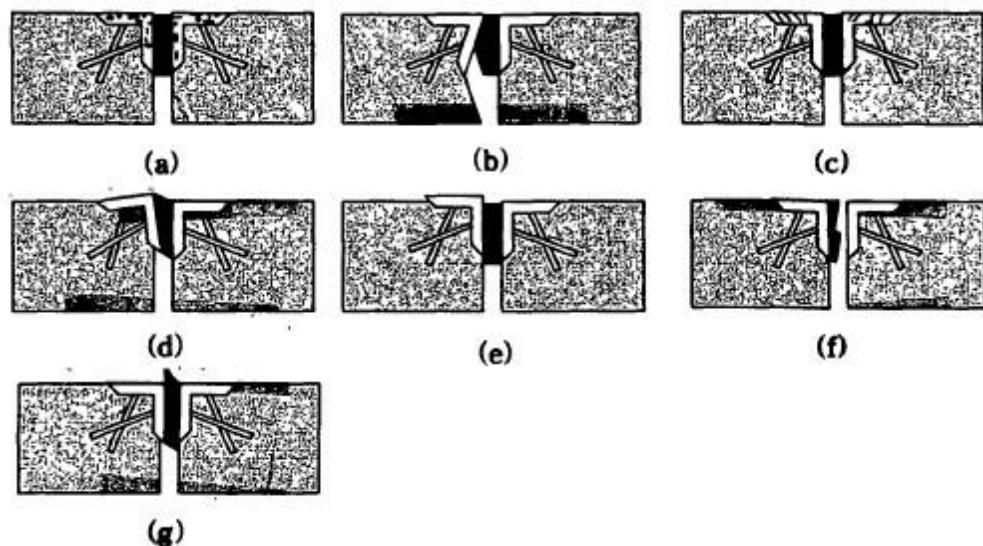
해설 표 3.11 후타설 콘크리트의 손상 판정방법

등급	균열	파손
A	없음	없음
B	0.2mm 균열 1m 이하 간격	없음
C	0.3~0.5mm 균열 50cm 이하 간격	국부적인 파손
D	1mm 이상 균열 30cm 이하 간격	유간이 매몰, 단차에 의한 충격
E		전체적으로 파손 진행

신축이음 본체의 점검은 신축이음장치의 구조 및 재료의 차이에 따라 맞댐형(맹형포함), 고무받침형, 강재받침형, 기타형으로 구분하여 점검한다.

① 맞댐형(맹형)

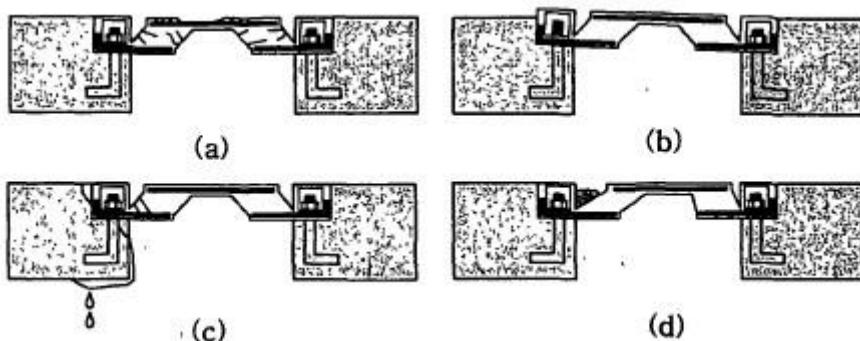
구 분	손 상	도 해
외관	앵글 부식	(a)
	앵글 변형	(b)
	앵글 균열	(c)
	앵글 이탈	(d)
평탄성	유간사이 단차	(e)
방수성	채움재 소실로 인한 누수	(f)
	신축이음부의 누수로 인해 타부재 오염	
유간	유간이상, 실재탈락	(g)



해설 그림 3.1 맞댐형 신축이음장치의 손상도

② 고무받침형

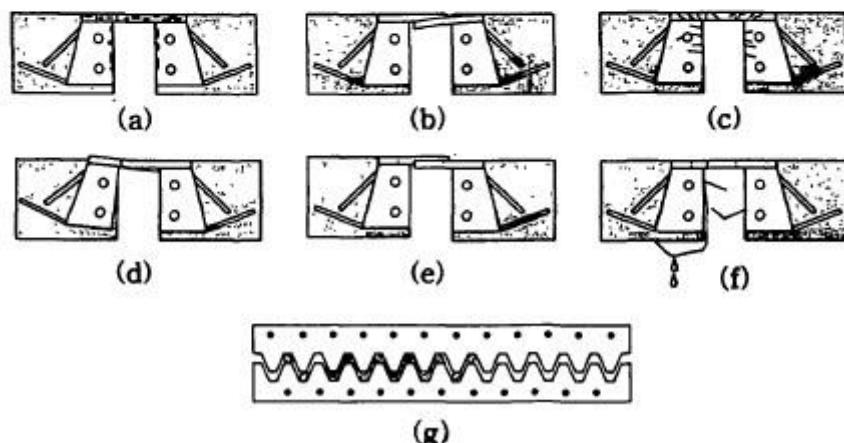
구 분	손 상	도 해
외관	고무판의 노화	(a)
	고무판의 손상 및 강재노출	
	고무판 탈락	(b)
방수성	누수	(c)
	누수로 인한 교량부재손상	
유간	유간사이 이물질, 폐쇄, 비정상적으로 넓음	(d)



해설 그림 3.2 고무받침식 신축이음장치의 손상도

③ 강재받침형

구 분	손 상	도 해
외관	강재 부식	(a)
	강재 변형	(b)
	강재 균열	(c)
	강재 이탈	(d)
평탄성	유간사이 단차	(e)
방수성	누수	(f)
	신축이음의 누수로 인해 타부재에 오염	
유간	유간이상, 유간에 이물질, 폐쇄 혹은 과도하게 넓음	(g)



해설 그림 3.3 강재받침식 신축이음장치의 손상도

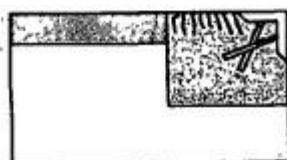
④ 기타형

다른 형식의 신축이음장치에 대해서는 그 구성재료 및 맞댐식과 받침식의 구분에 따라 앞의 점검요령을 따른다.

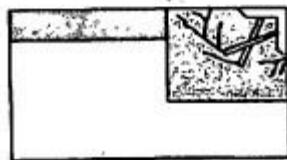
(7) 후타설 콘크리트의 점검부위

받침형 신축이음 장치의 경우 대부분 후타설 콘크리트로 시공을 하고 있으며 후타설콘크리트(이하 후타재로 한다)의 파손은 신축이음장치의 파손은 물론 바닥판 단부의 손상으로 진전할 가능성이 크므로 주의하여 유지관리하여야 한다. 다음은 후타재의 점검부위를 정리한 것이다.

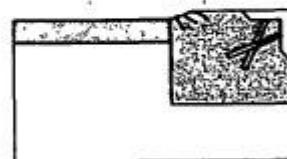
구 분	손 상	도 해
균열	후타재 균열	(a) (b)
파손	포장과의 단차 콘크리트 파손	(c) (d)



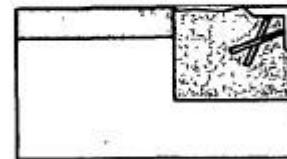
(a)



(b)



(c)



(d)

해설 그림 3.4 후타설 콘크리트의 점검부위

받침은 재료에 따라 강재와 고무재로 구분하여 점검한다. 강재 받침은 받침 본체의 손상, 부식 침하, 파손 등에 대해 점검하고 받침부 콘크리트는 균열, 파손에 대해 점검한다. 고무 받침은 받침 본체의 균열, 노화, 탈락, 파손에 대해 점검한다.

해설 표 3.12 강재 받침 본체의 손상 판정방법

등급	받 침		받침대
	부식, 변형	균열, 파손	
A	없음	없음	없음
B	부분적 녹발생	고정볼트 이완	미세균열
C	부분적 녹발생	정상위치에서 이탈	박리, 토사퇴적
D	부식심화, 부분적 변형	균열, 경사발생 블트 탈락	토사퇴적 심화, 기능상 장애 발생
E	형태 손상	부분적인 파손	기능상실

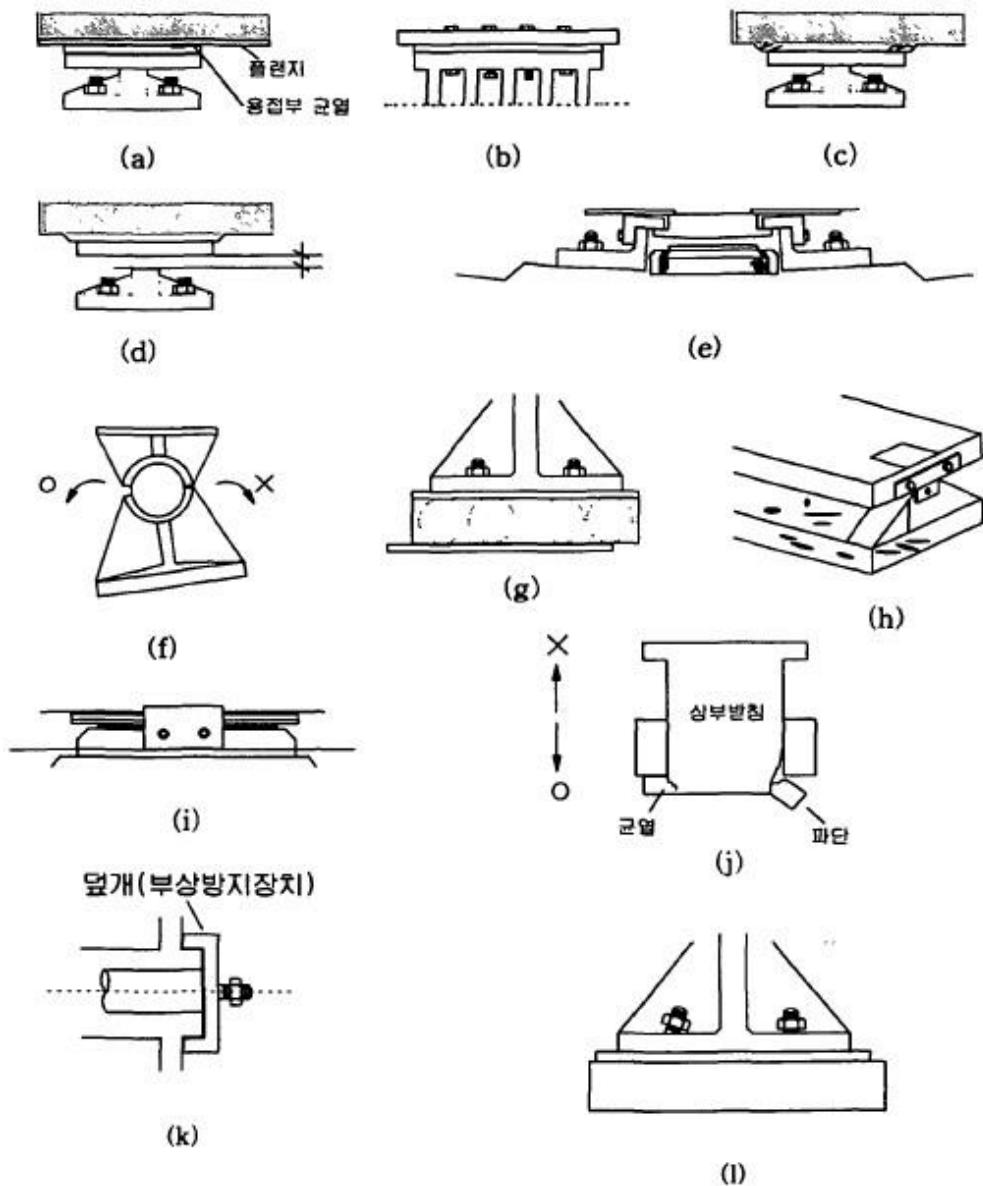
해설 표 3.13 고무 받침 본체의 손상 판정방법

등급	받침		받침대
	노화, 균열	탈락, 파손	
A	없음	없음	없음
B	측면에 미세균열	없음	미세균열
C	균열확대	측면 부풀음	박리, 토사퇴적
D	균열심화, 최대 변형량이 받침두께 이상	고무재의 기능상실	토사퇴적 심화, 기능상 장애 발생
E		고무파손, 단차발생	기능상실

받침의 점검은 주요 손상의 형태를 주의해서 관찰한다. 받침의 점검시에는 무엇보다 받침이 설계 및 시공시에 의도한 대로 작동하는가에 유의한다. 다음은 받침 점검시 유의하여야 할 부분이다. 점검은 받침본체와 받침대로 구분하고 받침본체는 재료의 종류에 따라 강재형과 고무형으로 구분한다.

① 강재 받침

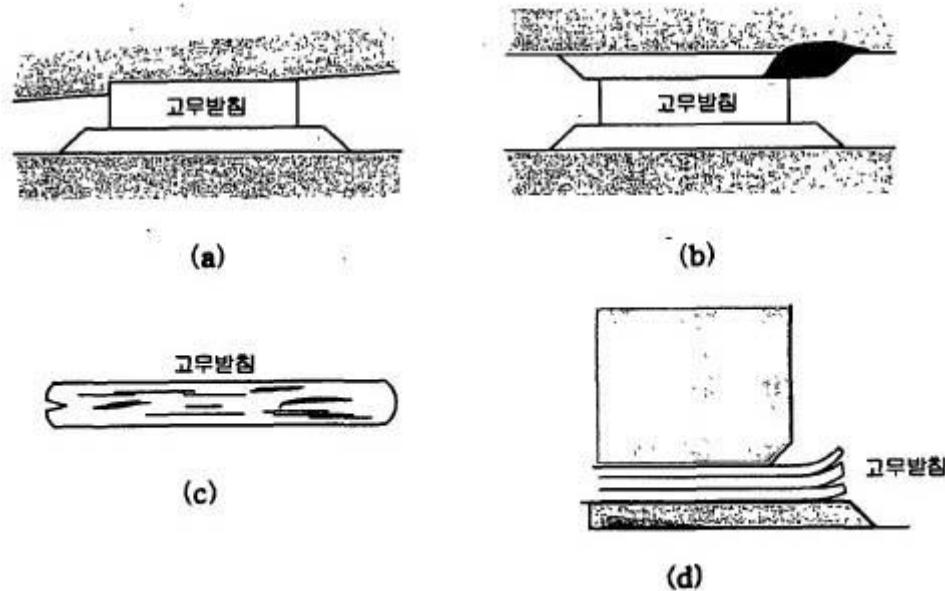
구 분	손 상	도해
상부받침 설치부(설치볼트, 앵커볼트 및 너트)	파단, 또는 용접부 손상으로 이동 및 회전불가 너트가 풀림 콘크리트부의 균열	(a) (b) (c)
받침본체	접촉부에 이상유간 본체 균열 받침경사 미끄럼, 회전부의 탈락 부식 유간이상	(d) (e) (f) (g) (h) (i)
이동제한장치	이동제한장치 균열 및 파손 부상방지방지 파손	(j) (k)
앵커볼트	파손 혹은 두부에 뚜렷한 손상의 흔적 너트가 풀리거나 부착력의 감소	(l)



해설 그림 3.5 강재받침의 손상도

② 고무받침

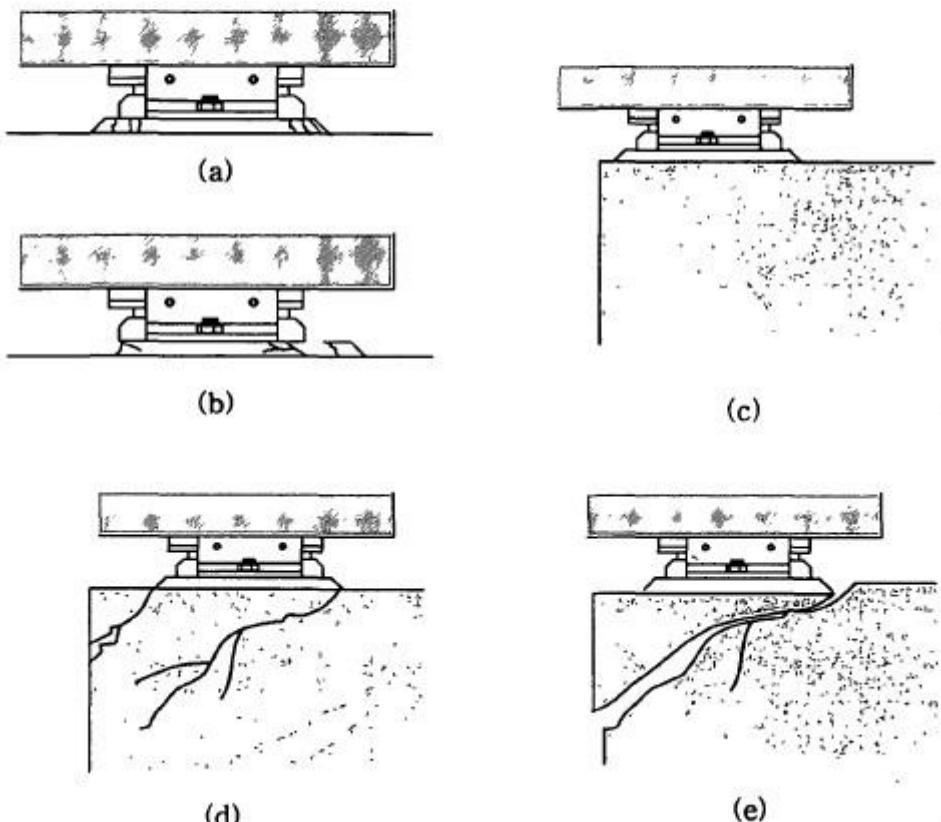
구 分	손 상	도 해
상부 받침 설치부	상판이 고무받침으로 끼임	(a)
	콘크리트부의 균열	(b)
받침 본체	고무판 균열	(c)
	고무판 노화	
	고무판의 솟음	
	이동제한장치 파손	(d)



해설 그림 3.6 고무받침의 손상도

③ 받침대

구 分	손 상	도 해
좌대콘크리트	좌대콘크리트 균열	(a)
	좌대콘크리트 파손	(b)
반침선단거리	선단거리 부족*	(c)
받침에 접한 하부구조	전단균열*	(d)
	전단파손*	(e)



해설 그림 3.7 반침대의 손상도

바닥판은 철근 콘크리트 바닥판, 강상판 및 기타 형식의 바닥판으로 구분하는데, 철근 콘크리트 바닥판에 대해서는 균열, 박리, 파손, 철근노출, 누수, 백태 등에 대해서 점검한다. 강상판에 대해서는 균열, 변형, 부식, 파손 등에 대해서 점검하며 강재주형의 손상판정기준을 준용한다. 기타 형식의 바닥판은 철근 콘크리트 바닥판 및 강상판의 점검요령을 따른다.

해설 표 3.14 철근 콘크리트 바닥판 손상의 판정방법

등급	균열	
	일방향 균열	이방향 균열
A	없음, 0.1mm 이하 부분적	없음
B	0.1~0.2mm 간헐적 (30cm 이하)	없음
C	0.1~0.2mm 길이 50cm 이상 (20cm 이하 간격)	0.1~0.2mm 부분적
D	0.1~0.2mm 길이 50cm 이상 (20cm 이하 간격)	0.2~0.3mm 망상균열 형태
E	0.4mm 이상 균열로 발전	0.2~0.3mm 망상균열 형태

등급	박리	파손	철근노출
A	없음	없음	없음
B	없음	없음	없음
C	없음	국부적	없음
D	국부적	국부적	부분적, 부식동반
E	전반적	전반적	다수발생, 부식심화

등급	백태	오염
A	없음	없음
B	국부적 발생, 초기상태	없음
C	표면 전반에 얇은 상태	균열사이로 누수
D	균열 주변에 심한 백태	균열주변으로 누수 악화, 콘크리트 표면 부식
E	균열 주변에 심한 백태	균열 사이로 녹물이나 니토 발생, 부식에 의한 탈락

바닥판은 윤하중의 영향을 직접적으로 받는 부재이므로 상황을 충분히 파악하여 위험한 것들이 있으면 즉시 보수해야 한다. 또한 바닥판은 한번 손상이 생기면 급속히 악화되므로 손상상태를 정기적으로 조사, 점검하여 손상 발견시 조기에 조치를 취하는 것이 중요하다. 바닥판의 점검은 일반적으로 사진이나 육안으로 점검한다. 그러나 상세한 조사가 필요한 경우에는 공사용 비계나 점검차를 이용하여 균열의 밀도, 폭, 길이 및 철근 노출, 공동, 곰보 등을 조사하며 필요한 경우에는 슈미트 햄머 등을 사용하여 콘크리트의 강도를 측정하도록 한다.

일반적으로 바닥판은 흔 모멘트에 대해 설계하고 전단력은 고려하지 않는다. 따라서 균열이 없는 경우에는 충분한 내력이 있지만 균열이 생기면 전단력에 대한 내력의 저하 또는 흔내력의 저하가

진행되고 있는 상태이므로 충분히 주의하여야 한다. 바닥판의 균열폭은 0.1 mm를 기준 하여 이상 여부를 판정하도록 한다. 누수 및 백태현상은 균열과 연관되어 발생하는 현상으로 누수는 바닥판의 균열이 상하면을 관통하여 물이 스며드는 현상이며, 백태는 누수에 의하여 유리석회가 발생하는 현상을 말한다. 또한 점검시에는 다음 사항에 유의한다.

① 바닥판의 손상정도를 판단하는데 있어서 균열은 상당한 비중을 차지하므로 점검시에는 단순히 균열모양을 관찰하는 것에 그치지 말고, 여러 상태에 대해 그 원인을 파악하고 그에 따른 적절한 조치방법을 수립할 수 있도록 주의 깊게 조사해야 한다.

② 바닥판의 균열상황에 대해서는 정기적인 조사에 의해 진행상황을 파악하도록 한다. 그러기 위해서는 균열의 시점과 종점을 표시를 해 두는 것이 필요하다.

③ 큰 균열일지라도 상당히 오래 전에 발생하여 안정된 것이 있는 반면에 미세균열일지라도 윤하중의 반복재하에 의해 점차 커지는 균열이 있으므로 균열 조사시에는 특별히 큰 균열에만 주목하지 말고 미세한 균열에도 주의하여야 한다.

④ 조사시에는 가능한 한 바닥판 밑면에 접근하여 점검하여야 한다.

하부구조는 교대, 교각, 기초로 구분하여 점검한다. 교대는 교대 자체, 교대와 날개벽 사이, 교대 두부 등을 중점적으로 점검한다. 교각은 교각 두부, 교각 자체의 손상을 중점적으로 점검한다. 기초는 교대와 교각 기초부의 세굴, 침하 등의 손상에 대해 점검한다.

해설 표 3.15 교대의 판정기준

등급	균열, 박리, 백태, 파손		
	교대본체	교대와 날개벽 사이	주형 받침부
A	없음, 0.1mm 이하 균열	없음	없음
B	0.2mm 균열 부분적, 표면부식	미세균열	없음
C	0.2~0.4mm 중방향 균열 부분적 시공이음부와 단면변화부에 횡방향 균열	부분적 균열	박리가 부분적 발생
D	0.5mm 중방향 균열, 균열 사이 백태 심함	연결부가 분리되어 기울어짐	콘크리트 부식 및 탈락
E	0.5mm 이상 균열, 일부 탈락	날개벽이 토압에 의해 기울어짐	

해설 표 3.16 교각의 판정기준

등급	콘크리트		철근
	균열	박리, 파손	
A	0.1mm 이하	없음	없음
B	0.2mm 비구조적 균열	없음	없음
C	0.2~0.3mm 균열 50cm 간격, 사인장 균열 코팅부 1/2H 정도	콘크리트 피복이 박리현상, 교좌하부 콘크리트 탈락	없음
D	0.5mm 이상 균열 50cm 간격	피복탈락, 단면축소	철근 부분적 노출
E	0.5mm 이상 균열	구체 콘크리트 탈락, 부분적 교각 파손	철근 노출, 부식 심화

해설 표 3.17 기초의 판정기준

등급	세굴	침하	파일손상
A	없음, 방지방지 설치	없음	없음
B	부분적이지만 진행성	기초 잔류심도가 기초길이 1/2이하	없음
C	전반적 세굴, 발전성	기초 잔류심도 2m이하, 침하가 15mm가량 발생	세굴면에 풀재 노출
D	세굴이 명확히 진행	침하가 25mm 가량, 구체의 기울어짐 시작	기초선단 노출 우려, 단면축소
E		침하가 25mm 이상, 교량 주요부에 손상이 확인	전면적인 단면축소

교대, 교각 중에서 중력식, 반중력식, 역 T 형식, 부벽식과 같은 형식은 육안으로 외관조사를 할 수 있는 범위가 제한된다. 예를 들어 교대의 배면에서 발생되는 손상의 경우 노출된 벽체, 기둥의 일부, 교좌면 등의 변형이 상당히 발달되어 구조물 전체에 변위가 생기기 전에는 발견되지 않는 경우가 많다. 따라서 주의 깊게 외관조사 및 검측을 해야만 한다. 콘크리트 구조물의 파손으로 가장 알기 쉽고 확실한 것은 균열이며 균열이 발달되어 콘크리트의 탈락과 철근의 노출로 진행된다. 따라서 균열의 발견이 교대와 교각의 손상을 조기에 발견할 수 있는 방법의 하나가 된다. 교대와 교각의 변위는 상부구조, 기초, 그리고 주위 지반의 변형과 연관되기 때문에 받침부 부근, 기초, 주위지반, 또는 교대 뒷면의 성토지반 상태를 점검하여야 한다.

① 교대 및 교각 구체

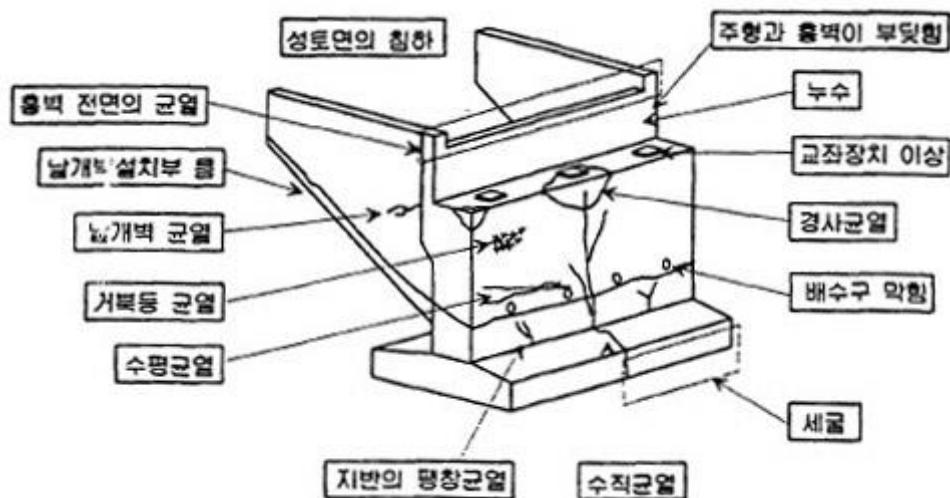
구조물의 인장측에 발생된 인장균열과 전단력으로 발생된 전단균열은 주의를 요하는 균열형태이며, 특히 전단균열이 발달하면 콘크리트 박리로 연결되어 교대, 교각의 코핑부 등에서 큰 피해를 줄 수 있다. 교대 및 교각 구체의 주요 점검부위는 해설 그림 3.8~3.9 및 해설 표 3.18 과 같다.

② 기초

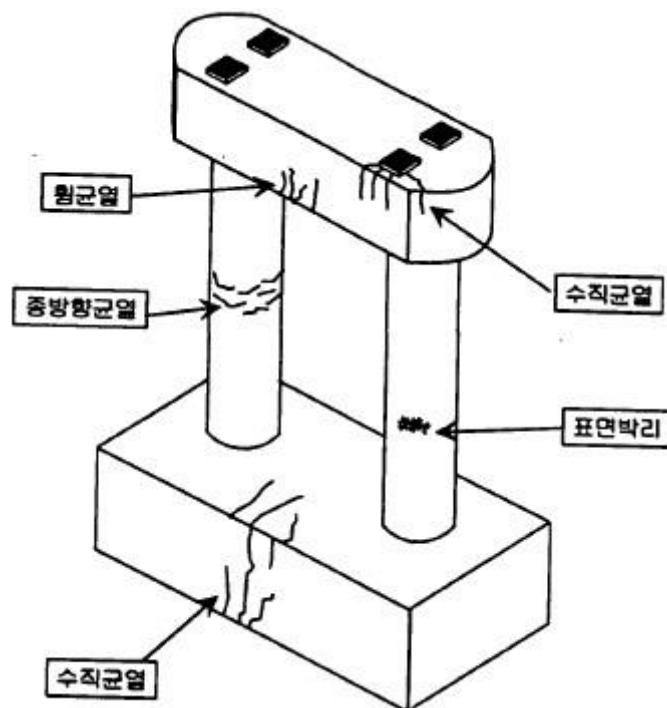
기초의 침하를 직접 눈으로 관찰하는 것은 곤란하지만 일반적으로 이러한 변형의 영향이 상부구조, 교대, 교각, 옹벽, 또는 성토부 등에 나타나기 때문에 간접적으로 관찰이 가능하지만 세굴 등의 손상은 직접 측정을 함으로써 발전상태를 파악할 수 있다. 기초의 변형에 대한 조사는 정기적으로 실시하여 사전에 대책을 세워야 하며, 변형에 대한 조사 절차는 다음과 같다.

- 기초의 변형에 관계되는 각종 데이터(지질조사나 토질시험의 데이터)
- 기초의 변형에 관계되는 외적조건 조사(암밀침하의 유무, 지반경사의 유무, 근접시공에 따른 영향의 유무, 세굴 또는 하상저하의 유무 등)
- 기초와 관련되는 구조물의 변형 조사

기초의 침하는 가까운 수준점을 이용하여 구조물 및 지반의 변위를 동시에 측정하는 것이 가장 일반적인 방법이며, 침하 유무 및 진행여부를 조사할 수 있다.

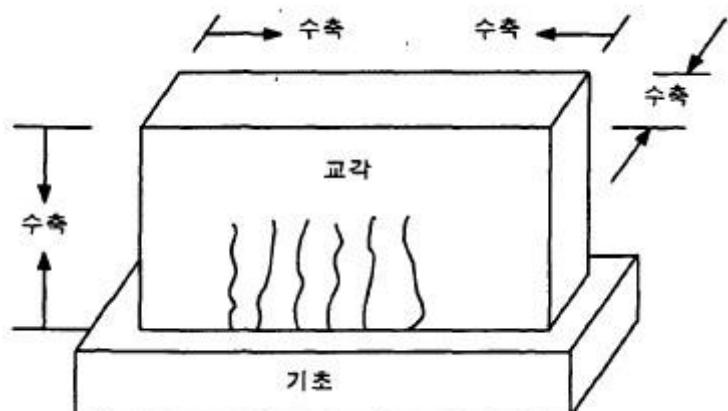


해설 그림 3.8 교대의 주요손상



해설 그림 3.9 교각의 주요손상

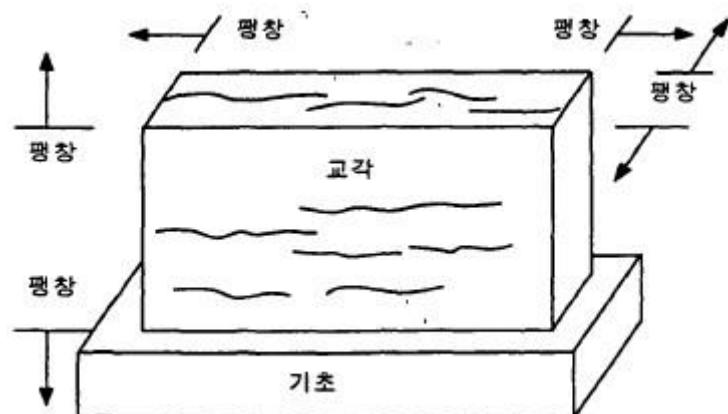
*. 온도, 건조수축



온도응력, 건조수축에 의한 연직균열

- 기초가 수축을 구속하고 있으므로, 구속면에서 위로 균열이 진행됨
- 비교적 초기재령에서 많이 발생한다.

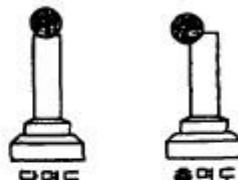
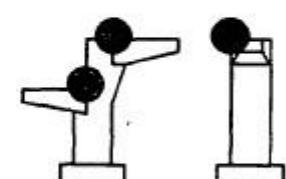
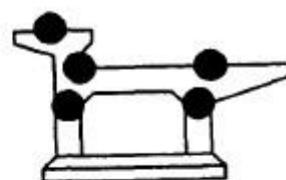
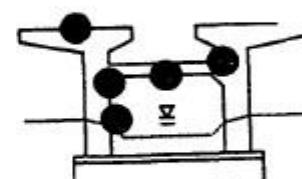
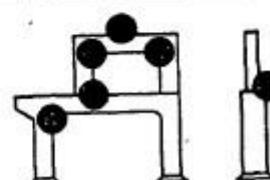
*. 알칼리-골재 반응



알칼리-골재 반응에 의한 수평균열

- 알칼리-골재 반응에 의한 균열은 기초에 수평 또는 거북등 형태로 발달하며, 상면에도 균열이 발생되는 예가 많다(재령과 더불어 더욱 진행됨).
- 일본의 조사예를 보면 알칼리-골재 반응은 교량에 많고, 특히 교대에 집중되어 있으며 다음에 교각에 많이 발생하는 것으로 나타났다.

해설 표 3.18 교각 구체의 주요 점검부위

구조형식	점 검 부위	비 고
단주 교각	 단면도 측면도	① 받침에 의한 균열 ② 받침
내민 교각		① 받침에 의한 균열 ② 돌출부 (상하면) ③ 우각부
Y형 교각		① 받침 ② 콘크리트 타설 이음부 ③ Y 경계부
내민보 교각		① 받침 ② 돌출부 ③ 콘크리트 타설 이음부 ④ 우각부
내민 라멘교각		① 받침 ② 중앙부 ③ 우각부 ④ 콘크리트 타설 이음부 ⑤ 수면부
라멘교각		① 받침 ② 우각부 ③ 콘크리트 타설 이음부

주형은 콘크리트 주형과 강재 주형으로 구분하여 콘크리트 주형부재는 주형의 중앙부, 주형의 지점부, 콘크리트 가로보에 대해서 균열, 박리, 파손, 철근노출, 철근파단, PC 강재의 손상 등에 대해서 점검을 실시한다. 강재 주형부재는 균열, 처짐, 변형, 연결부의 이완·탈락, 표면상태 및 부식 등에 대해서 점검을 실시한다.

해설 표 3.19 철근 콘크리트 주형의 중앙부 및 지점부 판정기준

등급	콘크리트-중앙부		철근
	균열	박리, 파손	
A	없음, 0.1mm 이하 미세균열		
B	부분적으로 하부플랜지에 0.1~0.2mm 횡방향 균열		
C	하부플랜지 전폭에 0.2~0.3mm 복부의 1/3H까지 발전	부분적 박리	부분적 철근 노출
D	0.2~0.4mm 횡방향 균열 복부의 2/3H까지 발전	박리의 심화	철근 노출부의 확장
E	0.4mm이상 횡방향 균열 복부 2/3H이상 발전	균열에 의한 탈락	철근 노출부의 심화

등급	콘크리트-지점부		철근
	균열	박리, 파손	
A	없음, 0.1mm이하 미세균열		
B	부분적으로 주형복부에 사인장 균열 발생 초기		피복이 얇아 철근 노출
C	0.2~0.3mm 지점방향으로 사인장 균열이 복부의 1/3H까지 발전	부분적 박리	국부적인 철근 노출
D	0.3~0.4mm 사인장 균열복부의 2/3H까지 발전	박리의 심화	철근 노출 50cm 가량
E	0.4mm이상 횡방향 균열 복부 2/3H이상 발전	단부 후방 콘크리트 파손으로 탈락	철근 노출부의 심화

해설 표 3.20 프리스트레스트 콘크리트 주형의 중앙부 및 지점부 판정기준

등급	콘크리트-중앙부		철근, PC강재, 쉬스관 노출, 부식, 파단
	균열	박리, 파손	
A	없음		
B	부분적으로 하부 플랜지에 0.1mm 이하의 횡방향 균열		
C	하부 플랜지 전폭에 0.1~0.2mm 복부의 1/5H까지 발전	부분적 박리	철근, PC강재, 쉬스관이 국부적으로 노출
D	0.2~0.3mm 횡방향 균열 복부의 1/3H까지 발전	박리의 심화	철근, PC강재, 쉬스관이 약 50cm가량 노출
E	0.3mm 이상 횡방향 균열 복부 1/2H이상 발전	균열 털락이 우려됨	철근, PC강재, 쉬스관의 노출이 심화

등급	콘크리트-지점부		철근, PC강재, 쉬스관 노출, 부식, 파단
	균열	박리, 파손	
A	없음		
B	0.1mm 이하의 사인장 균열 발전 시작		
C	하부 플랜지 전폭에 0.1~0.2mm 사인장 균열 복부의 1/5H까지 발전	부분적 박리	철근의 국부적인 노출, PC정착구 부근에 미세균열
D	0.2~0.3mm 사인장 균열 복부의 1/3H까지 발전	박리의 심화	철근 노출 50cm가량, PC정착구 부근의 균열 성장
E	0.3mm 이상 사인장 균열 복부 1/2H이상 발전	단부후방 파손, 털락	털락으로 PC 정착구의 노출

해설 표 3.21 강재 주형의 판정기준

등급	강재주형-균열, 처짐 및 변형	
	변형	균열, 파손
A	없음	
B	없음, 처짐이 최대 허용처짐의 20% 이내	
C	국부적 변형, 처짐이 최대 허용의 50% 이내	주부재에 국부적 미세균열
D	변형이 크게 발생, 최대 허용처짐 이하	주부재에 다소 큰 균열, 처짐과 변형에 의한 압축균열 발생
E	처짐과 변형이 과대발생	주형과 주형상부 파손

등급	강재주형-표면상태, 부식	
	부식	오염
A	변색, 표면양호, 부식없음	
B	표면에 습기, 부식 가능성	
C	도장탈락, 국부적인 부식 (10~25%)	
D	부재 전반적 도장탈락, 부식면적 25% 가량	배수구, 신축이용 주변에 심한 부식 발생
E	부재 전면 부식 확대, 부식면적 25% 이상, 단면손실	

해설 표 3.22 강재 주형 이음부의 판정기준

등급	강재주형-연결부 이완 탈락			
	부식	변형, 이완	파손	이상음
A		없음		
B		가능성 있음	일부 용접부 미세균열	진동음 발생
C	이완부 부식발생	연결부 1~2개/개소 이완	일부 용접부 균열 성장	진동음 다소 커짐
D	부식면적 확대	연결부 2개이상/ 개소 이상의 이완	일부 용접부 탈락	진동 여음이 길어짐
E		연결부 전반적인 탈락	용접탈락으로 부재 분리	

① 철근 콘크리트 주형

콘크리트 구조물에서는 결함발생 부위가 한정되는 경우가 많으므로, 현장 점검시에 중요점검부위를 결정하여 효율적으로 점검할 필요가 있다. 주요 점검 부위로서는 응력 집중부, 단면변화부 등이 있으며, 이들 부위의 결함을 방지하는 경우에는 구조적으로 중대한 손상으로 발전할 위험이 있으므로 원인 규명을 통해 적절한 조치를 취할 필요가 있다.

철근 콘크리트 주형의 점검시 특히 문제시되는 것은 균열이며, 균열에 대해 어느 정도까지 허용할 수 있는가는 구조물의 중요도, 발생위치 등에 따라 다르다. 균열이 발생하여 콘크리트나 철근의 단면적 부족현상이 생기면 원칙적으로 조치(주로 보강)를 취해야 한다. 다만, 극한강도 설계법으로 검토하여 소정의 안전율을 가진 경우에는 조치가 필요없으며 응력적으로 콘크리트 철근의 단면적이 만족될 경우에도 하중에 대한 재검토를 실시하여 조치 여부를 검토하는 것이 필요하다. 균열의 방향이 2 방향으로 서로 연결되는 경우에는 계산 이외의 힘이 작용할 가능성이 있으며, 계산상의 중립축에서 압축부까지 성장한 균열에 대해서도 주의를 요한다. 그리고 시공요인에 의한 균열은 주로 재료의 강도 부족과 시공 불량에 의한 것으로서 코아 재취, 슈미트햄머 등으로 강도 측정을 하며 콘크리트의 강도 부족이 확인되는 경우에는 그 강도를 사용하여 재계산하여 허용응력을 검토해 보아야 한다.

양생불량에 의해 발생하는 건조수축에 의한 균열은 일반적으로 활동이 정지되어 있는 상태이며, 보수를 필요로 하는 것이 많다. 그러나 활동하는 균열에 대해서는 균열이 확장되어 있는 시기인 저온기에 주입 보수하는 것이 유리하다.

철근의 방정 및 노출에 의한 균열은 내구성의 관점에서 보면 보수할 필요가 있다. 균열의 형태에는 표층부 균열, 심부 균열, 전단면 균열 등이 있는데 일반적으로 표층부 균열이나 심부

균열에서 폭이 0.1 mm 이하인 경우는 특별한 외적 영향이 없는 한 자연 치유작용에 의해 속이 막히는 경우가 많지만 균열폭이 0.2 mm 정도 이상이면 통수, 통기가 시작되고, 이것이 발전하여 콘크리트 열화, 철근 부식을 일으킨다. 따라서 균열폭이 0.2 mm 정도 이상인 경우는 주의를 요한다.

② 프리스트레스트 콘크리트 주형

철근 콘크리트 주형과 유사하게 PC 주형에서도 점검시 주의할 부위는 부재응력 및 변형이 크게 작용하는 지간의 중앙부, 단부, 연속 지점부, 받침부 등이며, 이러한 부재에서의 손상이 부재 전체의 파손으로 이어질 위험이 크다. PC 주형은 정착부에 대해서도 주의 깊은 점검이 필요하다. PC 주형은 콘크리트 주형과 마찬가지로 균열이 가장 중요한 손상의 요인이며, 균열의 크기 및 형태로 손상 정도를 구분한다.

③ 강재 주형

강재 주형의 점검은 강재의 부식, 부재의 변형 및 균열, 연결부재의 결손, 이상을 등을 조사하는 것으로 조기에 손상을 발견하여야 한다. 강재 주형의 점검시 특히 중요한 사항은 이음부의 상태이다. 강재 주형의 이음부는 반복되는 차량하중 및 풍하중 등에 의해 피로손상을 받기 쉬우며, 이 같은 피로파괴는 교량의 전체를 일시에 붕괴시킬 수 있다. 이외에 강재 주형에 발생되는 손상은 균열, 처짐 및 변형, 강재 표면의 부식 등이다.

④ 이음부(용접부, 볼트, 리벳의 이완 및 탈락)

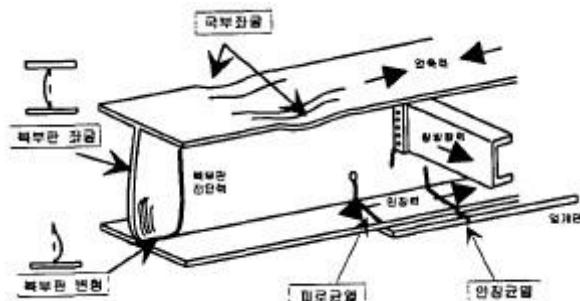
강교의 연결에는 용접, 볼트 또는 리벳이 많이 쓰이고 있다. 리벳 연결방법은 과거에 널리 사용하던 방법으로 요즈음에는 보편적으로 사용되지 않으며 볼트 연결방법이 널리 쓰이고 있다. 볼트 및 리벳의 연결방법은 현장작업이 보통이며 차량의 진동이나 급격한 외력에 의하여 볼트나 리벳이 이완되거나 탈락할 수 있으므로 조사시에 주의하여 관찰해야 한다. 관찰시에는 햄머(Hammer)로 두들겨 보고 소리로써 감지하는 방법이 많이 사용되고 있다. 용접 이음부의 손상이 육안으로 감지될 정도이면 제법 큰 손상으로 파악해야 한다. 중요한 부위의 용접 이음부의 손상점검에는 초음파법, 악액주입법, AE 법, 등 여러 가지의 비파괴 방법을 적용해 점검할 필요가 있다.

㉡ 균열·처짐 및 변형

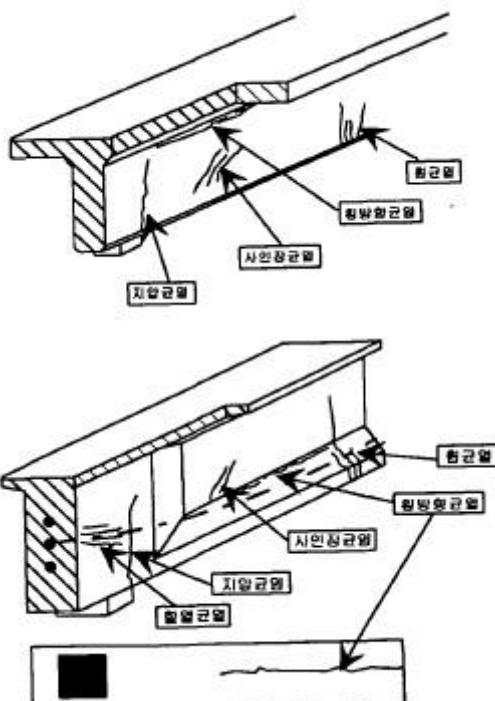
주형의 과다한 처짐 및 변형은 강성을 감소시키고 압축재에는 편심을 유발하여 편심좌굴의 원인이 된다. 또한 차량충돌 등에 의한 국부파손 및 변형을 방지할 경우 치명적인 손상으로 발전할 수 있으므로 주의하여 조사해야 한다. 본 지침에서는 균열·처짐, 변형량의 과다 및 다른 부재에 미치는 영향 등을 종합적으로 관찰하도록 기준을 정하고 있다.

㉢ 표면상태 및 부식

일반적으로 강교의 도장은 시간이 경과함에 따라 성능이 저하되고 효과가 상실되어 간다. 강교는 강재를 주부재로 하는 구조이기 때문에 도장의 성능이 저하되고 강재가 수분과 산소에 노출될 경우 부식이 진행되고 내구성이 저하되게 된다. 따라서 도장의 상태가 어떤 한계에 도달하기 전에 다시 칠을 해야 하며 조기에 발견하는 것이 장기적인 유지관리면에서 유리하다.

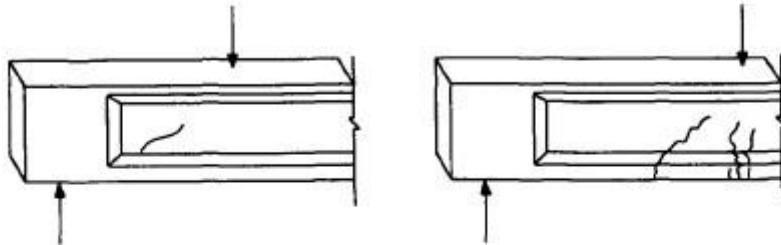


해설 그림 3.10 강재 주형의 점검부위



해설 그림 3.11 콘크리트 주형의 점검부위

* 전단균열



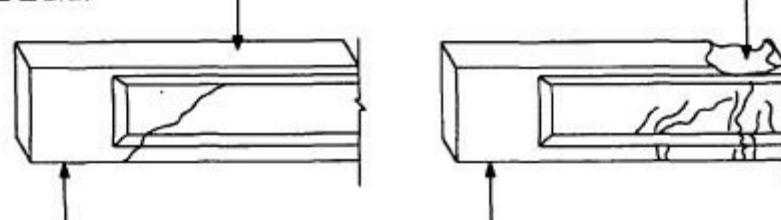
복부전단균열

- 흥균열이 발생되지 않는 영역에서 주로 발생
- 복부중앙 위치에서 경사방향으로 진행
- 전단력에 비해 흡모멘트가 작은 경우에 발생하기 쉬움

횡전단균열

- 횡균열로 발생된 균열이 흥과 전단력의 영향으로 복부에 경사지게 발달하는 균열
- 전단력, 흡모멘트가 큰영역에서 발생되기 쉽다.

* 전단파괴

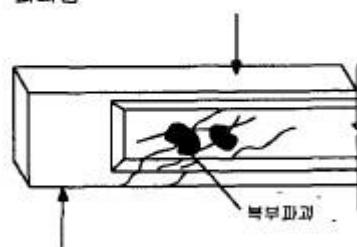


전단인장파괴

복부전단균열의 발달에 의해 발생하는 파괴. 전단보강철근이 배치되어 있지 않으면 균열의 발생과 거의 동시에 파괴됨

횡전단파괴

횡전단균열에 의해 압축영역이 감소되어 압축부의 파괴에 의해 파괴되는 것으로 파괴는 비교적 느리게 진행됨



복부압축파괴

경사균열 사이의 콘크리트가 압축영역에 의해 파괴되는 것으로 T형 단면과 같이 복부폭이 작고 브리스트레스를 받는 경우에 발생하기 쉽다.

해설 그림 3.12 프리스트레스 콘크리트 주형의 점검부위

3.6 점검 장비

점검시 사용하는 점검장비는 일상적 휴대장비, 접근장비, 비파괴 점검장비로 구분된다. 각 단계별 사용장비는 다음과 같다.

- (1) 일상점검 : 일상점검시에는 일상적 휴대장비 및 간단한 접근장비를 이용한다.
- (2) 정기점검 : 정기점검시에는 일상적 휴대장비, 접근장비 및 간단한 비파괴 점검장비를

이용한다.

(3) 긴급점검 : 긴급점검시에는 일상적 휴대장비, 접근장비 및 비파괴 점검장비를 이용한다.

(4) 정밀안전진단 : 정밀안전진단시에는 일상적 휴대장비, 접근장비, 비파괴 점검장비 및 각종 정밀 계측장비를 이용한다.

(5) 추적조사 : 추적조사시에는 비파괴 점검장비 및 계측장비를 이용한다.

【해설】

점검장비는 일상적 휴대장비, 접근장비, 비파괴 점검장비로 구분되며, 다음 해설 표 3.23 과 같이 구분된다. 각 점검장비에 대한 상세한 사항은 관련 매뉴얼, 문헌 등을 참조하여 장비의 특성 및 시험법을 숙지해야 한다.

해설 표 3.23 점검장비 및 시험

장비 종류		점검장비 및 시험
휴대장비		방원경, 확대경, 손전등, 카메라, 필기도구(흑판, 분필, 매직펜), 줄자, 균열경, 교통규제 기구 등
접근장비		사다리
		점검차(굴절차)
		점검보트
		수중 카메라
비파괴	콘크리트 손상 탐사 장비	콘크리트 강도측정
		콘크리트 균열 및 결합 탐사
		철근 탐지
		철근 부식 탐지
		콘크리트 열화도 탐사
		염해 탐사
장비	강재 손상 탐사 장비	표면균열 탐지
		내부 결합 탐지
		용접부 결합
		피로 균열 탐사
		용력부식 탐사
		두께 검사
		초음파 탐사기, 방사선 탐사기

제 4 장 유지관리용 점검시설 및 설치

교량에는 근접점검 및 간단한 보수 및 보강 작업이 가능하도록 점검시설이 필요하며, 교량의 규모 및 중요도, 점검시설의 경제성 등을 종합적으로 판단하여 적합한 점검시설을 선정하고 설치하여야 한다.

【해설】

교량 유지관리의 기본은 손상의 조기 발견과 원인 규명 및 신속한 대책을 수립하는 것이고, 이를 위해서는 정기적이고 지속적인 점검이 이루어져야 한다. 최근 들어 교통량의 증가, 설계 기준의 개정 등에 의한 교량의 보수, 보강 및 개축이 증가되기 시작하였으며, 이에 따라서 유지관리비도 증가되었다. 따라서, 유지관리비의 부담을 줄이고, 교량의 효율적인 운용을 위해 유지관리에 필요한 구조적 설비 및 관리 기법에 관한 연구가 시급한 실정이다.

교량의 규모가 커짐에 따라서 내용년수의 장기화가 요구되고, 이를 위해 교량 설계시에 특히 유의해야 할 것은 교량 특성에 맞는 적절한 점검시설을 확보해야 하는 것이다. 이러한 점검시설의 계획에 관해서는 점검 목적과 내용 및 각 점검시설의 특성을 충분히 인식할 필요가 있으며, 점검시설 자체의 유지관리뿐만 아니라 취급 방법에 대해서도 충분히 고려해야 한다.

현재로서는 교량 구조물 유지관리를 위한 점검시설에 관해서 특별히 요구되는 규정은 없으나, 교량 유지관리의 효율적 운용이라는 관점에서 점검시설에 관한 배려가 반드시 필요하다.

(1) 점검시설의 조건

교량 부속설비로서의 점검시설은 고소(高所) 점검 및 보수 작업의 위험성 감소, 필요에 따라 작업대를 설치·해체할 때의 시간적·물적 손실의 최소화 측면에서 필요한 시설이다.

점검시설을 완성 후에 설치하는 것은 극히 어려우므로 교량 설계 단계에서 점검시설에 관한 충분한 고려가 있어야 한다. 교량 설계 시점에서 고려해야 할 점검시설의 조건은 다음과 같다.

- ① 건축한계를 넘지 않는 범위 내에서 점검과 보수 작업에 필요한 공간이 확보되어야 한다.
- ② 교량 시공과 동시에 점검시설을 제작, 설치하는 것이 바람직하다.
- ③ 교량의 전 부분에 대해서 점검과 보수 작업이 가능한 구조이어야 한다.
- ④ 작업 시에 안전성이 보장되어야 한다.
- ⑤ 점검시설 자체의 보수가 간단하고, 내구성이 좋아야 한다.
- ⑥ 조작이 간단하고 고장이 적어야 한다.
- ⑦ 구동장치는 만일의 경우를 대비해서 수동 구동장치 등의 안전장치를 고려해야 한다.
- ⑧ 작업 중에도 교통 장애를 최소화할 수 있어야 한다.

이상의 항목을 만족하고, 점검 및 보수 작업의 목적에 부합하는 시설이 바람직하다.

(2) 점검시설의 종류

교량의 점검 및 보수를 위한 부대 시설은 형태에 따라 해설 표 4.1 과 같이 분류할 수 있으며, 점검 대상부위에 따른 각 점검시설의 비교는 해설 표 4.2 와 같다.

해설 표 4.1 점검을 위한 시설의 종류

형태	종류	목적
고정식 시설	검사통로 형식	<ul style="list-style-type: none"> 교량하부 및 주형의 점검 지점부 점검
	사다리 형식	<ul style="list-style-type: none"> 교각 등 수직 구조물 점검 타 시설에서의 접근수단
주행식 시설	작업대 주행식	<ul style="list-style-type: none"> 교량하부 및 주형의 점검 지점부 점검
	곤돌라 주행식	<ul style="list-style-type: none"> 교각 등 수직 구조물 점검
점검 차	고가 점검차	
	바구니 점검차	<ul style="list-style-type: none"> 교량하부 및 주형의 점검, 보수를 위해 작업원, 장비의 운반 및 작업공간 제공
	굴절식 점검차	
기타	Rolling Tower	<ul style="list-style-type: none"> 교량하부 및 주형의 점검
	승강기	<ul style="list-style-type: none"> 대규모 현수교나 사장교의 주탑점검
	케이블 점검차	<ul style="list-style-type: none"> 현수교나 사장교의 케이블 점검

해설 표 4.2 검사대상별 점검시설 비교

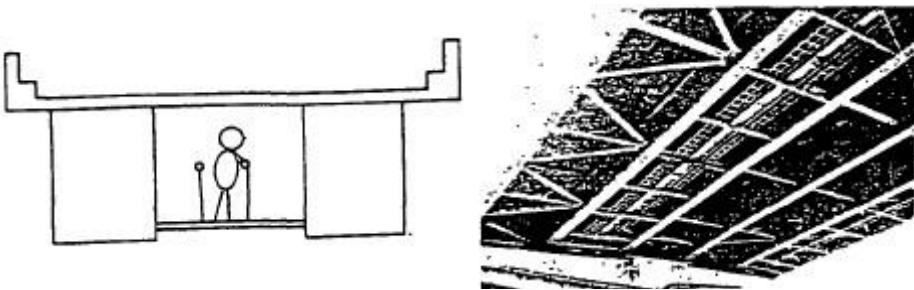
시설종류 검사대상	검사 통로식	사다리식	작업대 주행식	gon돌라 주행식	점검 작업차	Rolling Tower	승강기	케이블 점검차
상관하부	○		○	○	○	○		
주형	○		○	○	○	○		
받침부	○	○	○	○	○	○		
교각 및 교대		○		○		○		
주탑							○	
케이블								○

1) 고정식 점검시설

가. 점검통로 형식

점검통로는 교량의 점검을 효과적으로 실시하기 위한 통로로 사용되며, 보수작업을 위한 작업대로서도 사용된다.

구조가 간단하고 고장이 거의 없으나, 모든 장소와 작업조건에 대해서 적용될 수 없다는 단점이 있다. 점검통로는 교량 전체에 대해서 접근이 가능하도록 설치되는 것이 이상적이지만, 실제 교량에서는 건축한계, 구조상의 제약, 경제성 및 외관상의 이유로 설치장소는 한정된다.



해설 그림 4.1 점검통로 개요도

나. 사다리 형식

주로 교각 등의 수직 구조물을 점검하기 위한 시설로서, 다른 작업장소 및 점검시설에 접근하기 위한 수단으로도 이용된다.

구조가 매우 간단하지만 점검 및 보수작업을 할 때에는 안전성 확보가 곤란하므로, 주로 구조물 점검을 위한 접근수단으로서만 적용된다.

2) 주행식 점검시설

특정 교량에 대해서 점검설비 자체가 이동해야 할 필요가 있는 경우에 설치하며, 구동방법에는 수동식, 전동식, 내연기관식 등이 있다. 점검시설로서는 매우 편리한 형식이지만 구조가 복잡하고, 설치비가 고가이며 주행장치 등의 보수를 요한다.

가. 작업대 주행식

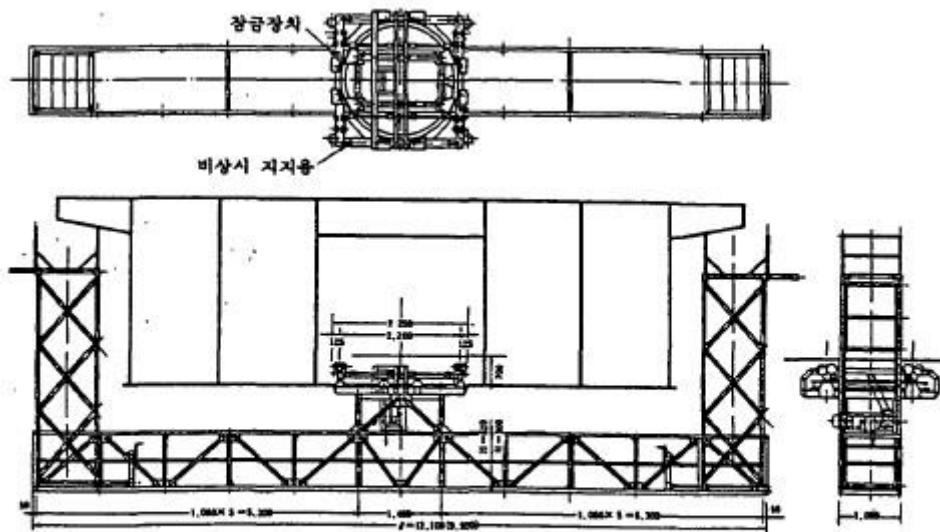
작업대가 레일 등을 따라 이동할 수 있도록 구성된 시설로서, 필요 구간에 레일 등을 설치해 놓고 정위치에 고정시키거나 필요에 따라 이동시키며 사용한다.

하부공간에 여유가 없는 장소에서는 사용할 수 없으며, 교각부를 통과하기 위해 작업대를 90° 회전시킬 수 있도록 한다.

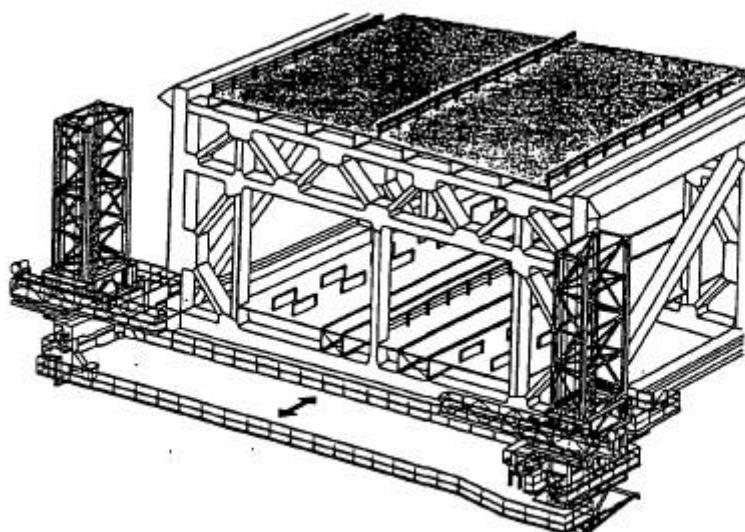
점검을 요하는 전 부분에 대해서 접근이 가능한 장점이 있다.

나. 곤돌라 주행식

작업대가 수평이동 하는 것 외에, 수직 방향으로도 이동할 수 있도록 고려한 시설이다. 교량상판 뿐만 아니라 교각 등의 수직 구조물에 대해서도 적용할 수 있으며, 해체하여 다른 교량에도 사용할 수 있다.

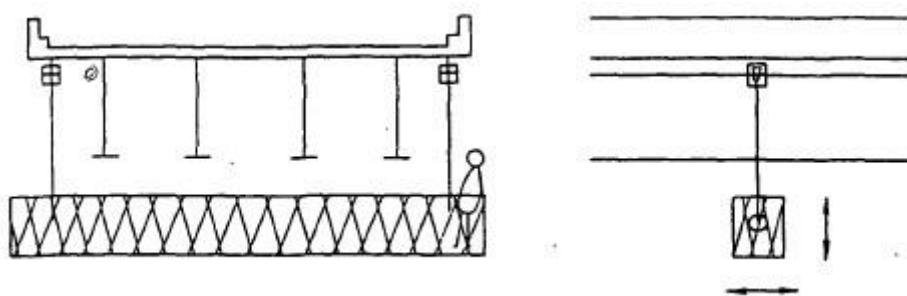


(a) 회전형 주행 작업대



(b) 장대교량의 주행 작업대 (현수교 및 사장교의 경우)

해설 그림 4.2 작업대 주행식 점검시설의 개요도



해설 그림 4.3 곤돌라 주행식 점검시설의 개요도

3) 검검차

점검차를 이용한 점검설비는 사용시에 노면상 또는 교량 밑의 도로상에 설치해야 하기 때문에 교통상황, 구조물의 형식, 교량위치 등의 제약을 받는다. 또한, 교량 폭이 큰 경우에는 전면에

대한 점검이 곤란하다.

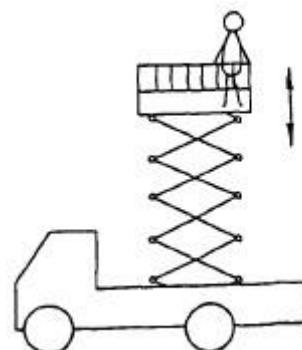
가. 고가 점검차

검사대(lift car)를 들어 올리는 장치나 신축 사다리를 탑재한 차량을 작업위치 밑에 정차시키고, 검사대 혹은 사다리를 옮겨서 작업한다.

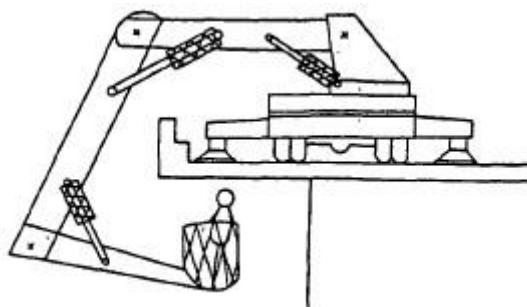
작업위치 밑에 점검차를 위치시켜야 하므로, 교량위치가 수상이거나 형고가 높을 경우에는 적용이 어렵다.

나. 바구니 점검차

교면상에서 하부로 굴절하는 장치를 가진 차량으로, 바구니 형태의 작업대에 점검원이 탄 채로 장치를 조작하며 점검한다. 기계조작이 복잡하고, 점검범위가 한정되어 있으며, 점검원의 탑승이 한정된다.



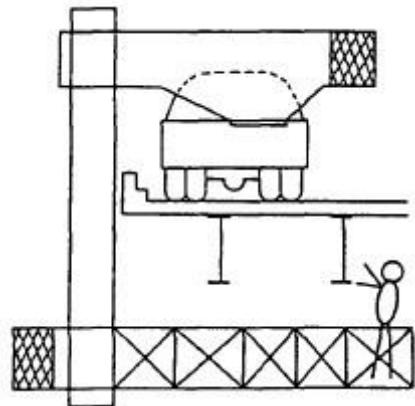
해설 그림 4.4 고가점검차의 개요도



해설 그림 4.5 바구니 점검차의 개요도

다. 굴절식 점검차

캔틸레버 형태로 지지되는 작업대를 설치한 차량으로 작업대를 점검위치에서 설치한 후 점검원을 태우고, 전후 이동하며 점검작업을 실시한다. 조명등이 작업의 장애가 되고, 장비도 대형이므로 점검범위에 제약이 있다. 바구니 점검차보다 많은 점검원이 탑승할 수 있어 효율적인 점검이 가능하다.



해설 그림 4.6 굴절식 점검차의 개요도

4) 기타 점검시설

가. Rolling Tower

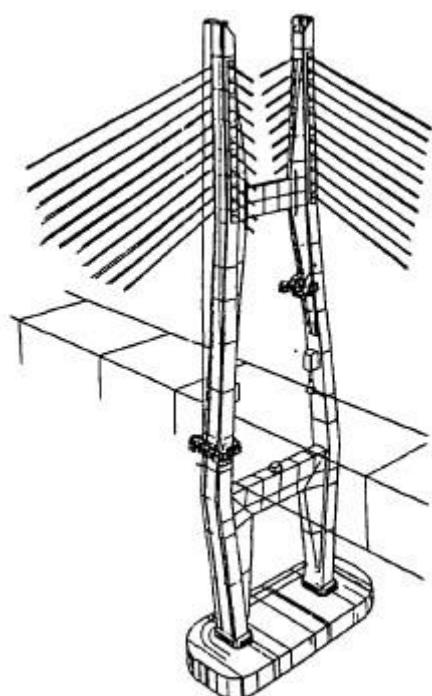
점검위치 밑에서 점검탑을 조립하여 점검대로 사용하는 것으로서, 점검탑을 차량에 부착시킨 경우에는 어느 정도 이동이 가능하다. 높이가 비교적 낮은 교량의 점검시에 이용되며, 교량 하부의 지형에 제약을 받고 점검이 비효율적이다.

나. 승강기

대규모 현수교나 사장교 주탑의 점검 작업을 위해 점검원과 장비를 승강 운반시키는 시설이다. 일반적으로, 탑이 높은 경우에 적용하며, 승강방식에는 강선(wire) 승강식, 유압식, 톱니 바퀴식이 있다. 이 중, 유압식은 실린더 왕복거리(stroke)의 제약으로 승강거리가 한정된다.

다. 케이블 점검차

현수교와 사장교의 케이블 점검에 사용하는 설비로서, 평상시에는 케이블로부터 분리시켜 다른 장소에 격납시켜 놓고, 필요시에 크레인을 이용하여 설치한다.



해설 그림 4.7 승강식 점검시설



해설 그림 4.8 케이블 점검 차

제 5 장 손상부에 대한 일상조치사항

5.1 일상조치

일상조치는 교량에 손상이 발생하기 이전에 예방적인 차원에서 실시하는 간단한 조치들로 다음과 같다.

- (1) 교량 청소, 배수구 관리
- (2) 부분 도장
- (3) 교좌장치 윤활유 주입
- (4) 신축이음 관리

【해설】

각 조치들에 대해서는 5.2 - 5.5 에 수록한다.

5.2 교량 청소, 배수구 관리

교량 접근 가능한 모든 부위에 대해 적어도 1년에 1회 교량 청소를 실시한다.

【해설】

일반적으로 년 1 회는 접근 가능한 모든 부재를 대상으로 청소를 실시하고 예를 들면 동절기 유지관리업무 종결 후 염화물과 미끄럼 방지물을 제거할 필요가 있을 때, 집중호우로 인해 교량의 바닥판, 배수구, 밭침주위, 신축이음 주위 등에 오물이 퇴적되어 기능손상의 우려가 있을 때, 그리고 연석, 보도, 난간 등에 먼지나 오물이 묻어 사용자에게 불쾌감을 줄 때, 조명, 표지판 등에 먼지가 묻어 그 기능을 저해할 때에는 수시로 실시한다. 다음은 교량 부위별 청소요령이다.

해설 표 5.1 교량부위별 청소요령

청소부위	청 소 요 령
바닥판	① 보도부에서부터 쓸어 올린다. ② 배수시설이나 신축이음에 오물이 들어가지 않도록 주의한다. ③ 배수구와 신축이음의 이물질을 제거한다. ④ 물로 바닥판과 보도부, 표지판 등을 씻는다.
배수시설	① 배수로 뚜껑의 이물질을 제거하고 뚜껑을 들어 올린다 ② 배수로 내부의 이물질과 퇴적물을 제거한다. ③ 배수관을 물로 씻는다. ④ 배수관 내부의 퇴적물을 제거한다.
받침부	① 접근장비를 준비한다. ② 고압의 물을 사용하여 교좌장치와 받침부를 씻는다 ③ 물로 제거되지 않는 이물질은 와이어 브러쉬를 이용하여 제거한다.
강재가로보	① 접근장비를 준비한다. ② 고압의 물을 사용하여 수평부재를 씻는다. ③ 물로 제거되지 않는 이물질은 와이어 브러쉬를 이용하여 제거한다.

5.3 부분도장

교량 구성 부위 중 강재 부위에 대해 부분적으로 부식된 경우 부분도장을 실시한다.

【해설】

교량 점검결과 부분도장이 필요하다고 판단된 부위에 대해 실시한다. 부분도장을 실시하기 이전에 부식 부위 결정, 부식의 정도, 기존 도장의 접착력, 사용하려는 도장재와 기존 도장재와의 부착력 등을 결정하기 위해 기존 도장재의 상태를 평가한다.

일반적인 실시요령은 다음과 같다.

- ① 표면처리를 실시하여 도장을 모두 벗겨져 표면이 드러나도록 한다.
- ② 필요할 경우 주변의 먼지를 제거한다.
- ③ 주변 구조물에 도장이 묻지 않도록 덮개를 써운다.
- ④ 주변의 온도와 습도가 도장에 적당한가를 점검한다. 특히 도장을 실시하는 표면의 온도와 습도가 중요하다.
- ⑤ 뜯이나 률러, 스프레이를 사용하여 깨끗하게 칠한다.
- ⑥ 모든 갈라진 틈을 주의하여 도장한다.
- ⑦ 이전에 칠하여진 도장면이 마르기 이전에 다음 도장을 실시하지 않는다.
- ⑧ 도장 두께를 테스트한다.

5.4 받침 윤활유 주입

강받침은 상태 및 사용환경에 따라 교좌장치의 접촉부위에 윤활유를 주입해야 한다.

【해설】

받침은 교량 상부구조의 사하중과 차량의 활하중을 하부구조에 전달하는 기계적인 요소로서 특히 강재 형식의 받침을 사용하고 있는 교량에 대해서는 주기적으로 받침의 원활한 작동을 위하여 접촉부에 윤활유를 주입하여야 한다. 주기적으로 부식부위를 제거하고 윤활유를 주입하는 것은 부식으로 인해 접촉부가 붙어버리는 것을 방지하여 접촉면에서 받침이 자유롭게 이동할 수 있게 한다. 또한 배수시설이 없어 직접 수분이 받침에 침투할 위험이 있는 신축이음부에 대해서는 특히 받침의 유지관리에 세심한 주의를 기울여야 한다.

일반적으로 윤활유 주입의 주기는 받침의 상태, 사용환경 및 윤활유의 재질에 따라 다르므로 일반적인 주기를 설정할 수는 없으나, 적어도 3년마다 1회씩 실시하는 것이 바람직하다.

윤활유의 주입은 부식이 심각하게 진행한 경우가 아니라면 부식에 의해 양 접촉면이 붙어버리는 것을 방지할 수 있다. 부식방지 윤활유는 부식부위의 접착력을 감소시켜 좀 더 원활한 가동이 되게 하지만 완벽한 교좌장치 기능의 회복을 기대할 수는 없다. 다른 손상들과 같은 이유로 윤활유의 주입만으로는 교좌장치의 원상회복을 시킬 수는 없고 수분의 침투 원인을 파악하고, 그 요인을 제거하여야 계속되는 손상을 방지할 수 있다.

받침의 접촉면이 맞달아 있어서 외부에서는 윤활유의 주입이 불가능한 경우에는 상부구조를 들어 올린 후 받침을 분해하여 접촉면에 윤활유를 주입한다.

5.5 신축이음장치 관리

신축이음장치는 유간을 확보하기 위해 정기적으로 청소되어야 하며, 이완되거나 파손된 볼트는 체결시켜야 한다.

【해설】

신축이음장치에 대한 청소는 원칙적으로 일상점검시에 실시한다. 이 때 이완되거나 파손된 볼트는 다시 체결한다.

제 6 장 주요 손상부에 대한 보고 및 대책

6.1 손상조치의 종류

발생된 손상에 대해서는 교량관리자에게 보고하며, 손상의 정도에 따라 적절한 조치를 취해야 한다. 손상조치의 종류는 다음과 같다.

- (1) 일상조치 : 손상 예방을 위한 간단한 조치
- (2) 응급조치 : 안전에 중대한 위험이 있어 임시적으로 긴급하게 보수·보강 하는 조치
- (3) 보수조치 : 주로 교량의 내구성과 사용성 확보 차원에서 발생한 손상이 더 이상 진행되지 않도록 취하는 조치
- (4) 보강조치 : 교량의 일부 부재 또는 전체 구조의 변형과 내력을 개량시켜 안전성을 확보하는 조치
- (5) 교체조치 : 교량의 일부 부재를 교체하거나 전체 교량을 철거하고 신설하는 조치

【해설】

교량의 안전성과 기능성을 보장하기 위해서는 발생한 손상에 대해 적절한 조치를 취하는 것이 필요하다. 또한 손상을 예방하기 위해 주기적으로 손상 발생의 여부와 관계없이 청소나 윤활유 주입 등의 조치를 취하는 것도 손상조치에 포함된다. 본 지침에서는 손상에 대한 조치를 크게 일상조치, 응급조치, 보수조치, 보강조치, 교체조치로 구분하였다.

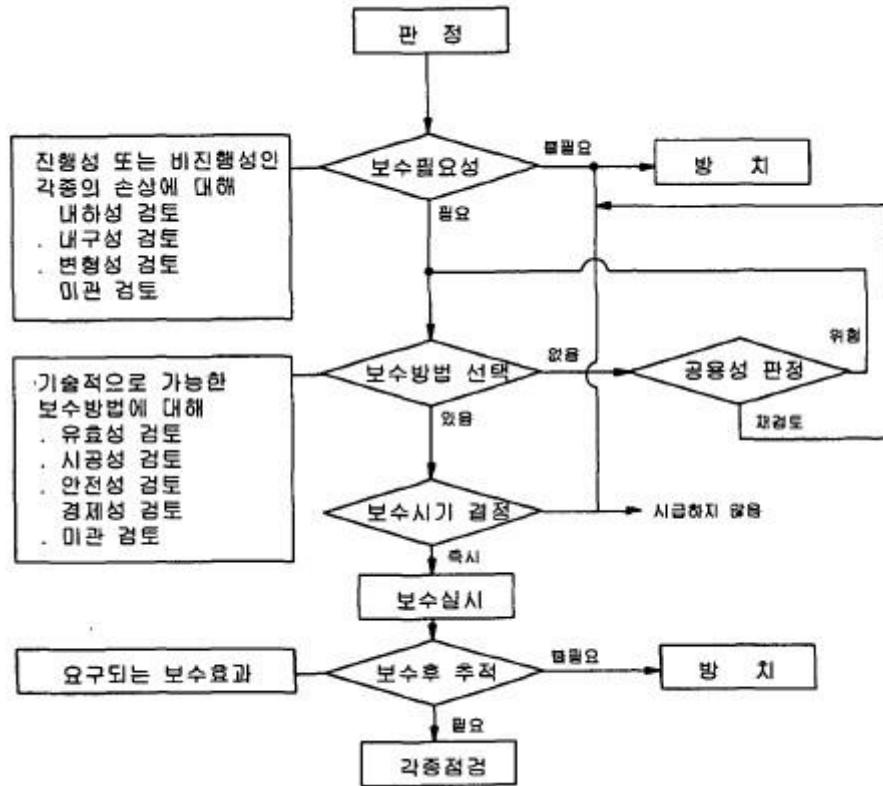
일상조치는 교량 청소, 배수구 관리, 교좌장치 관리, 신축장치 관리 등으로 교량관리자나 점검자가 비교적 손쉽게 교량의 손상을 예방할 수 있는 조치이다.

응급조치는 발생된 손상이 현저해 안전에 중대한 문제를 초래하거나 교량 사용자 및 제 3 자에게 위해를 끼칠 가능성이 있는 경우에 긴급하게 취하는 조치로 주로 보강차원의 조치를 취한다. 이 응급조치는 임시적 조치이지만 충분한 강도 등을 검토해야 한다. 발생된 손상에 긴급한 조치가 필요한 경우 조사자의 판단에 따라 해당 조치를 취한다.

보수, 보강 조치의 판단은 현장에서 교량의 상태를 반드시 확인한 고급기술자가 판단해야 하지만 교량의 안전에 크게 영향을 미치지 않는 보수, 보강조치는 초급 또는 중급기술자도 판단할 수 있다.

교체조치는 교량의 일부 부재 및 전체 교량의 개축을 취하는 조치인데 부속시설과 같은 부위의 교체조치는 고급기술자가 판단할 수 있으나 전체 교량의 교체에 대해서는 내하성, 내구성, 경제성 등을 모두 고려한 신중한 판단이 요구된다. 교량은 도로망의 핵심시설로 개축을 하는 동안 교통흐름에 큰 장애를 유발시키므로 이 같은 사항들을 충분히 고려해 결정해야 한다.

교량의 손상(결함)에 대한 원인이 파악되면 조치(일상조치, 응급조치, 보수조치, 보강조치, 교체조치)의 방법, 시기, 규모 등에 대해서 판정할 필요가 있다. 이에 대한 흐름도는 해설 그림 6.1과 같다.



해설 그림 6.1 손상판정 및 조치 흐름도

(1) 판정에 대한 기초사항

교량에 발생하는 손상은 대단히 많고 그 현상도 복잡해지며, 일단 손상이 발생되면 발생되지 않은 상태보다 그 기능이 저하된다. 손상에 대한 조치의 목적을 손상이 발생되지 않은 상태의 기능으로 환원시키는 것으로 볼 수도 있지만, 이를 위해서는 막대한 예산과 시간이 소요된다. 따라서, 일반적으로는 손상의 원인을 기초로 교량의 내하성, 내구성, 변형성이라는 기능적인 면과 미관성을 고려해 조치의 필요성을 판정한다.

해설 표 6.1 조치의 필요성에 대한 검토사항

손상내용	손상원인	조치의 필요성에 대한 검토			
		내하성	내구성	변형성	미관성
1) 종류 ① 균열 ② 박리 ③ 철근노출 ⑤ 열화 ⑥ 탈락 ⑦ 변위	1) 설계원인 2) 시공원인 3) 외적원인	1) 파괴안전도 ① 균열폭과 깊이 등으로부터 철근의 용력을 검토 ② 손상에 의한 단면손실을 고려해 철근, PC강재, 콘크리트의 용력을 검토 ③ 코아를 채취해 콘크리트의 강도를 검토 ④ 재하시험을 실시해 전체 구조의 강성을 검토 2) 좌굴안전도 3) 피로안전도 4) 안정안전도	1) 철근 및 PC강재의 부식, 재료의 열화 균열폭 및 균열깊이가 강재의 부식 및 콘크리트의 열화(중성화)에 미치는 영향을 검토	· 균열에 의한 구조계의 변형도 검토 · 건축한계에 미치는 변형도 검토 · 하부공의 부등침하 및 수평이동 등이 구조계에 미치는 영향 검토	· 미관을 고려한 환경요인 평가
2) 상태 ① 진행성 ② 비진행성		손상에 의한 단면손실을 고려해 전도, 활동, 지지력에 의한 안정안전도를 검토			

(2) 콘크리트교의 균열에 대한 판정기준

콘크리트 구조물에서 균열은 피할 수 없는 손상이며, 각 국에서는 이를 규제하기 위해 다음과 같은 허용 균열폭을 설정하고 있다.

1) ACI 318-89

- 옥내 구조물 : 0.41 mm
- 옥외 구조물 : 0.33 mm

2) ACI 224R-90

- 건조한 공기 또는 보호막이 있는 구조물 : 0.41 mm
- 습한 공기나 흙속에 있는 구조물 : 0.30 mm
- 동결방지용 약품이 사용된 구조물 : 0.18 mm
- 해수나 해풍을 반복적으로 받는 구조물 : 0.15 mm

- 물을 저장하는 구조물 : 0.10 mm

3) CEB-FIP Model Code 90

- 철근 콘크리트 구조물 : 0.3 mm

- 프리스트레스트 콘크리트 구조물 : 0.2 mm

4) 일본 콘크리트 표준시방서(1991)

피복두께 단위 : cm

강재의 종류	강재의 부식에 대한 환경조건		
	일반 환경	부식성 환경	심한 부식성 환경
이형철근 · 普通丸鋼	0.005 × 피복두께	0.004 × 피복두께	0.0035 × 피복두께
PC강재	0.004 × 피복두께	-	-

5) 일본 콘크리트공학 협회

< 보수성 여부에 관한 균열폭의 제한 >

구분	기타 요인 ¹⁾	내구성 측면에서 본 경우			방수성 측면에서 본 경우
		심한 환경 ²⁾	중간 환경	좋은 환경	
보수가 필요한 균열(mm)	大	0.4 이상	0.4 이상	0.6 이상	0.2 이상
	中	0.4 이상	0.6 이상	0.8 이상	0.2 이상
	小	0.6 이상	0.8 이상	1.0 이상	0.2 이상
보수가 불필요한 균열(mm)	大	0.1 이하	0.2 이하	0.2 이하	0.05 이하
	中	0.1 이하	0.2 이하	0.3 이하	0.05 이하
	小	0.2 이하	0.3 이하	0.3 이하	0.05 이하

1) 기타 요인(大, 中, 小)이라는 것은 콘크리트 구조물의 내구성 및 방수성에 미치는 유해성의 정도를

표시하는 것으로 다음과 같은 사항들을 종합해 판단한다

- 균열깊이, 균열패턴, 피복두께, 콘크리트 표면 피복의 유무, 재료, 배합 등

2) 주로 철근의 부식 발생조건과 관련된 환경조건

그러나, 이들 기준들은 상당한 차이가 있고, 구조물의 중요도, 조치예산 등에 따라 기술자들이 공학적으로 판단하는 경우가 많다. 실제로 교량을 점검해 보면 0.1~0.2 mm 정도의 균열은 흔하며 이들 균열을 모두 조치한다는 것은 불가능하다. 이러한 의미에서 경험적으로 조치를 취하는 균열은 아래와 같다.

① 진행성 균열폭이 6개월 사이에 0.1 mm 이상이 되는 경우

② 균열폭이 크지 않지만 균열수가 많은 경우

③ 균열폭이 0.3 mm 이상인 경우

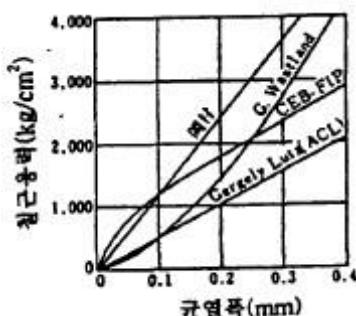
④ 균열폭이 0.2 mm 정도이지만 구조상 위험하다고 판단되는 경우

해설 표 6.2 균열에 대한 판정표

판정항목	판정자료	비고
균열폭	① 허용 균열폭 허용 균열폭은 부재의 종류와 부위 및 환경에 따라 다르지만 일반적으로 적용되는 값은 <표>와 같다 ② 균열폭과 철근의 응력값 균열폭으로부터 철근의 응력을 추정하는 식은 다수 있지만 대표적으로 적용되는 ACI, CEB-FIP식을 <표>에 나타냈다	허용값을 넘는 균열에 대해서는 조치를 취하는 것이 바람직하지만 교량 및 부재의 종류, 중요도 등에 적절히 대응해서 판정한다 교량의 내하력을 추정해 내하력이 부족한 경우에는 조치(보강, 교체)를 취해야 한다
균열의 원인	① 관제의 불량에 의한 균열 ② 철근의 부식에 의한 균열 ③ 설계 잘못에 의한 균열 ④ 콘크리트의 강도 부족에 의한 균열 ⑤ 기타 원인에 의한 균열	정도에 따라 조치를 취한다 정도에 따라 조치를 취한다 정도에 따라 조치를 취한다 정도에 따라 조치를 취한다 정도에 따라 조치를 취한다
균열의 형상	① 일방향으로 독립된 균열 ② 양방향으로 상호 연결된 균열	정도에 따라 조치를 취한다 조치를 취한다
균열의 깊이	① 중립축에서 압축측쪽으로 진행된 균열 ② 중립축에서 인장측쪽에 있는 균열	조치를 취한다 정도에 따라 조치를 취한다
균열 발생 부위의 상태	① 누수 또는 유리석회가 대량으로 침출된 균열	조치를 취한다

균열폭과 철근의 응력관계를 서술하면 다음과 같다. 균열폭이 커짐에 따라 인장철근의 응력이 증가하는 것은 당연한 것이지만 단면형태, 피복두께, 철근종류, 철근배근 상태 등에 따라 각기 달라지므로 일률적으로 말할 수 없지만 일반적으로 흡인장철근이 전단철근의 경우보다 균열에 대한 철근 응력이 크다. RCT 형보(SD30 철근 사용, 피복두께 4 cm)에 대한 일본의 실험결과를 참고해 보면[일본 콘크리트 공학 협회, 콘크리트 균열 조사, 보수, 보강 지침] 0.3 mm의 흡균열에 대해 흡인장철근의 응력은 약 $1,800 \text{ kg/cm}^2$, 0.3 mm의 전단균열에 대해 전단철근의 응력은 약 $1,200 \text{ kg/cm}^2$ 이므로 흡인장철근의 응력이 1.5 배 정도로 높게 나타나고 있다.

균열폭과 철근의 응력을 표시하는 실험식은 다수이지만 이 중에서 가장 대표적인 것을 도시하면 아래 해설 그림 6.2 와 같다. 이 그림을 보면 연구자에 따라 상당한 차이를 보이고 있다는 것을 쉽게 알 수 있다. 이 같은 결과는 각 연구자들이 같은 조건(사용 콘크리트 강도, 사용 철근의 항복강도, 피복두께 등)하에서 실시한 실험결과가 아니기 때문이라 판단된다. 그러나, 0.1 mm의 균열에 대한 철근의 응력은 $500\sim1200 \text{ kg/cm}^2$ 의 범위에 있다는 것을 알 수 있으며, 일반적으로 사용되는 철근의 허용응력(SD30 인 경우 1500 kg/cm^2 , SD40 인 경우 1800 kg/cm^2)보다도 작다는 것을 알 수 있으며, 항복응력에 도달하기까지는 많은 여유가 있음을 알 수 있다.



해설 그림 6.2 균열폭과 철근의 응력과의 관계

1989년 일본 콘크리트공학 2월호에 발표된 논문 "균열이 발생된 철근 콘크리트 부재의 내구성에 관한 연구"는 0.1, 0.2, 0.3 mm 균열을 발생시킨 RC 보를 자연상태에 노출시키고 경과년수별로 실험을 실시한 논문으로 비교적 실용적이다. 이 논문의 결과를 살펴보면 피복두께를 3 cm로 하고, 0.1 mm 균열이 발생된 보는 자연상태에서 10년 동안 노출됐지만 내력저하는 2%에 불과했고, 0.2, 0.3 mm의 경우는 9~10%의 내력저하가 발생했다. 해당 시험체의 '일본 콘크리트 시방서 규정'에 의한 허용균열폭은 $0.005 \times 30 = 0.15$ mm이었다. 따라서, 0.2 mm 이상의 균열은 내력저하의 원인이 된다는 점을 실험적으로 입증했다. 한편, 이 실험에서는 0.3 mm의 균열폭에 대해 피복두께를 1, 3, 5, 6 cm로 변화시킨 부재에 대해서 실험을 실시해 피복두께가 내력저하에 미치는 영향을 검토했는데, 피복두께가 작을수록 내력저하가 크다는 것이다. 0.3 mm의 균열을 발생시킨 상태에서 10년 노출된 부재의 피복두께와 내력저하율은 다음 식으로 표현되었다. 즉, 3 cm 피복두께인 경우에는 9.8%, 6 cm 피복두께인 경우에는 5%의 내력저하를 보였다.

$$Y = -(8)/(5)X + (73)/(5)$$

여기서, Y = 내력저하율(%), X = 피복두께(cm)

균열은 발생된 위치, 폭, 깊이 등도 중요하지만 더욱 중요한 것은 진행성 여부이다. 즉, 균열폭이 작지만 성장속도가 급격하다는 것은 주의를 요하며, 균열폭이 크더라도 비진행성인 경우에는 그다지 심각한 것이 아니다. 일반적으로 재료적 특성에 의한 균열, 구조 및 외력 등에 관련된 균열은 진행성이 경우가 많다. 비진행성 균열은 보수(예폭시 주입, 콘크리트 모르터 주입 등)를 행해 균열에 의한 철근의 부식을 억제하면 충분하지만, 진행성 균열인 경우에는 상당 기간 동안 관찰을 실시해 균열의 원인을 정확히 파악한 다음 그 원인을 해소(보강, 교체)해야 한다. 균열의 원인을 정확히 파악한다는 것은 대단히 어려운 일이므로 경우에 따라서는 현장 재하시험 등을 실시할 필요도 있으며, 전문가의 도움이 필요하다.

(a) 설계요인에 의한 경우

- ① 응력적으로 콘크리트 또는 철근(PC 강재 포함)의 단면적이 부족한 경우에는 원칙적으로 조치(보수, 보강, 교체)를 취한다. 다만, 원래의 설계에서 사용된 계산법보다 정밀한 계산법을 사용하거나 또는 강도설계법으로 검토해 소요의 안전율을 갖는 경우에는 <표>에 제시된 허용균열폭 이상의 균열에 대해서는 조치를 취하고, 그 이하인 경우에는 일반적으로 조치가 불필요하다.
- ② 응력적으로 콘크리트 또는 철근(PC 강재 포함)의 단면적이 충분한 경우에 <표>에 제시된 허용균열폭 이상의 균열에 대해서는 조치를 취하고, 그 이하인 경우에는 일반적으로 조치가 불필요하다.
- ③ 프리스트레스가 부족한 경우에는 인장축 콘크리트 단면을 무시하고 응력검토를 행해 콘크리트 또는 철근(PC 강재 포함)의 단면적이 부족한 경우에는 ①의 방법으로 판정하고, 콘크리트 또는 철근(PC 강재 포함)의 단면적이 충분한 경우에는 ②의 방법으로 판정한다.
- ④ 균열의 형상, 균열의 방향이 양방향이고 서로 연결되어 있는 경우에는 원칙적으로 조치를 필요로 한다.
- ⑤ 설계계산상의 중립축에서 압축축으로 균열이 성장해 있는 경우에는 원칙적으로 조치를 필요로 한다.

(b) 시공요인에 의한 경우

① 콘크리트의 강도가 부족한 경우에는 실제 콘크리트의 품질을 고려한 콘크리트와 철근의 허용응력을 이용한 응력을 검토하여 판정한다. 응력검토와 판정요령은 (a)의 ①, ②와 같다. 콘크리트의 품질과 허용응력의 관계는 "콘크리트 표준시방서"에 의한다.

② 철근 또는 PC 강재가 불량한 경우에는 원칙적으로 조치를 필요로 한다. 다만, 원래의 설계에서 사용된 계산법보다 정밀한 계산법을 사용하거나 또는 강도설계법으로 검토해 소요의 안전율을 갖는 경우에는 <표>에 제시된 허용균열폭 이상의 균열에 대해서는 조치를 취하고, 그 이하인 경우에는 일반적으로 조치가 불필요하다.

③ 콘크리트 시공불량이 원인이 되어 외력(설계하중)에 의해 발생된 균열에 대해서 균열단면의 콘크리트의 인장강도를 무시하고 응력계산을 행해 그 결과로부터 판정한다. 응력검토 방법과 판정요령은 (a)의 ①, ②와 같다.

④ 콘크리트 시공불량이 원인이 되어 콘크리트의 온도응력, 또는 콘크리트의 소성변형에 의해 발생된 균열은 ③과 같다.

⑤ 철근, 또는 PC 강재의 부식에 의한 균열은 원칙적으로 조치를 필요로 한다.

⑥ 팽창성 골재에 의한 균열은 원칙적으로 조치를 필요로 한다.

(3) 기타 손상에 대한 판정기준

1) 박리(박락)

① 재료의 품질불량에 의한 박리는 원칙적으로 조치를 필요로 한다.

② 철근 또는 PC 강재의 부식에 의한 박리는 원칙적으로 조치를 필요로 한다.

③ 시공불량에 기인한 박리로 최대 골재보다 큰 박리는 원칙적으로 조치를 필요로 한다. 다만, 응력이 거의 작용하지 않는 부분에 발생한 박리로 철근 또는 PC 강재가 노출되어 있지 않는 경우에는 일반적으로 조치가 필요없다.

④ 콘크리트 일부(조각)가 떨어져 나와 제 3 자에게 위험을 줄 가능성이 있는 경우에는 조치를 필요로 한다.

⑤ 외적요인에 의한 경우에는 ③과 같다. 다만, 화재에 의한 경우에는 상당히 정밀한 판단을 필요로 한다.

2) 철근 노출

철근 또는 PC 강재가 노출되어 있는 경우에는 원칙적으로 조치를 필요로 한다.

3) 누수

철근 또는 PC 강재가 부식할 가능성이 있는 경우, 제 3 자에게 위해를 야기시킬 가능성이 있는 경우에는 원칙적으로 조치를 필요로 한다. 기타의 경우에는 일반적으로 조치가 불필요하다.

4) 열화

① 철근 피복두께 이상의 깊이로 열화가 진행되어 있는 경우에는 원칙적으로 조치를 필요로 한다.

② 열화가 위의 깊이 만큼 진행되어 있지 않았더라도 미관상 현저히 불량한 경우에는 조치를 필요로 한다.

③ 기타의 경우에는 일반적으로 조치가 필요없다.

5) 空洞, 豆板

① 철근 또는 PC 강재가 노출되어 있는 경우에는 원칙적으로 조치를 필요로 한다.

② 空洞, 豆板 등에 의한 단면결손을 고려해 응력을 검토했을 때 응력적으로 콘크리트 단면이 부족한 경우에는 원칙적으로 조치를 필요로 한다.

③ 미관을 현저히 해치는 경우에는 원칙적으로 조치를 필요로 한다.

④ 기타의 경우에는 일반적으로 조치가 필요없다.

6) 콘크리트의 강도저하

콘크리트의 강도에 대해서는 슈미트햄머(반발경도법) 등에 의한 비파괴시험을 행하고, 이것에 의한 결과가 의심스러운 경우에는 구조적으로 중요하지 않은 부분에서 코아를 채취해 압축시험을 행하는 것이 바람직하다. 이 값을 이용해 교량에 대해서 응력을 검토하고 그 결과에 기초해서 조치에 대한 판정을 실시한다.

7) 구조물의 변위

처짐, 경사, 침하 등에 대해서는 구조물의 응력계산 및 좌굴계산 등을 실시해 종합적으로 판정한다.

8) 구조물의 강성저하

재하시험 또는 진동시험 등을 실시해 강성저하가 현저한 경우에는 조치를 필요로 한다.

9) 화재에 의한 영향

화재시 철근 콘크리트 및 프리스트레스트 콘크리트 구조물의 재료열화는 노출온도에 따라 달라지므로 엄밀한 판정을 필요로 한다. 화재에 의한 균열이 허용값 이상인 경우에는 원칙적으로 조치를 필요로 한다. 허용값 이하이더라도 화재에 의해 철근의 온도가 500°이상, PC 강재의 온도가 300°이상이라고 추정되는 경우에는 조치를 필요로 한다.

10) 소성 변형

균열폭이 허용값 이하이더라도 일시적으로 외력에 의해 철근, PC 강재가 항복점 이상의 응력을 받아 소성변형이 발생된 구조물은 피로강도의 저하 등의 문제점이 있기 때문에 신중한 검토가 필요하다.

6.2 일상조치

일상조치는 교량에 손상이 발생하기 이전에 예방적인 차원에서 실시하는 간단한 조치들로 다음과 같다.

(1) 교량 청소, 배수구 관리

(2) 부분 도장

(3) 교좌장치 윤활유 주입

(4) 신축이음 관리

【해설】

제 5 장 손상부에 대한 일상조치사항 참조

6.3 응급조치

(1) 발생된 손상을 방지한 경우 대인, 대물에 위해를 줄 가능성 있는 것 또는 구조물 자체의 손상이 급속히 확대될 가능성이 있는 경우에는 응급조치를 취해야 한다.

(2) 응급조치는 (1)의 경우에 즉시 실시해야 하며, 응급조치의 지속기간은 짧게 하는 것이 바람직하다.

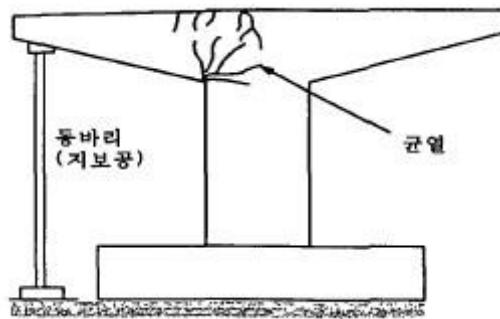
【해설】

점검에서 발견된 손상에 대해서는 그 원인을 파악하고 정확한 조치를 취해야 하지만 시간적으로 긴급성을 요하는 경우에는 응급조치를 실시한다. 긴급성이란 그 손상을 방지한 경우 대인, 대물에 위해를 줄 가능성 있는 것 또는 구조물 자체의 손상이 급속히 확대될 가능성이 있는 것을 말한다. 구조물의 규모 및 환경조건에 따라 응급조치의 공법을 선정하며, 일반적으로 임시적인 공법을 사용하지만 급격한 파괴가 예상되는 경우에는 공공성을 고려해 만일의 사고를 방지하는 조치를 취해야 한다.

응급조치의 지속기간은 짧은 것이 바람직하다. 응급조치는 상세한 역학적 검토없이 행해지는 조치이므로 손상의 요인이 내재하는 경우가 많고, 교량 구조의 불안정성이 해소되지 않은 상태이므로 그 기간이 길어지면 손상이 계속 진행될 가능성이 크기 때문에 항구적인 조치(보수·보강·교체)를 곧바로 검토해 빠른 시일 내에 대체해야 한다. 응급조치의 예를 도시하면 다음과 같다.

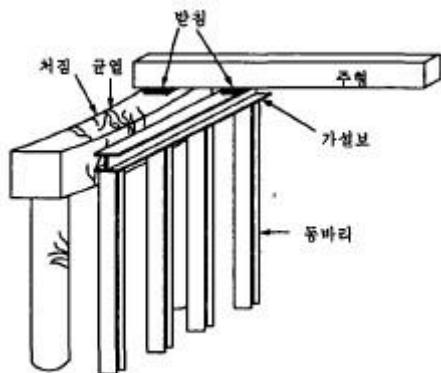
(1) 가지지대

균열이 아주 크고 이로 인한 안전성이 의심스러운 경우에는 그림과 같이 가지지대를 설치해 응급조치를 실시한다. 이 때 주의해야 할 점은 가지대의 설치시 가지지대가 충분한 강도를 확보해야 한다는 점과 가지지대에 침하가 발생하지 않아야 한다는 점이다.



해설 그림 6.3 가지지대

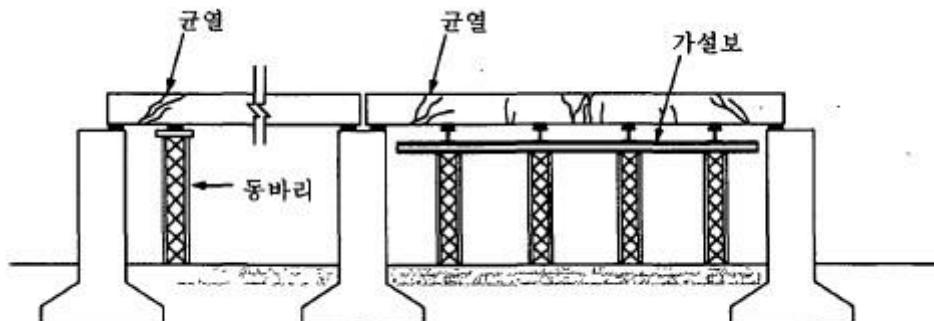
(2) 교각의 응급조치



해설 그림 6.4 교각의 응급조치

(3) 상부구조의 응급조치

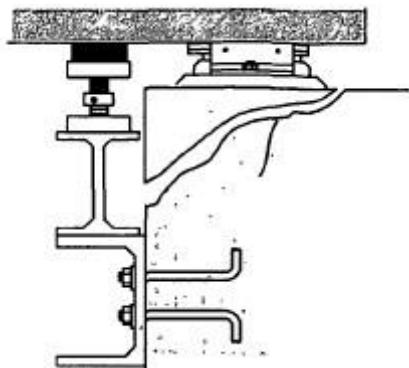
상부구조의 하면에 동바리를 설치해 손상된 상부구조를 지지시킨다.



해설 그림 6.5 상부구조의 응급조치

(4) 받침의 응급조치

받침이 파손되었거나 받침의 수평력에 의해 교각이나 교대의 頭部가 파손되어 있는 경우에는 그림과 같이 응급조치를 실시한다.



해설 그림 6.6 받침부의 응급조치

6.4 보수조치

발생된 손상 중 교량의 안전에 큰 영향이 없는 손상이나 비진행성 손상에 대해서는 보수조치를 취한다.

【해설】

교량에 발생한 손상들 중에서 점검자가 교량의 안전성에 심각한 영향을 주지 않는다고 판단하는 손상에 대해서는 보수조치를 행한다. 콘크리트 부재에 주로 적용되는 보수조치는 표면처리, 균열에 대한 에폭시 주입, 모르터 충진, 염화방식, 중성화방식 공법 등이다. 강 부재에 대한 경우는 교정, 볼트 이완 체결, 윤활유 주입, 재도장 등이다.

6.5 보강조치

- (1) 발생된 손상이 교량의 안전에 영향을 미치는 손상이나 중대한 진행성 손상에 대해서는 보강조치를 취한다.
- (2) 보강조치가 필요한 교량에 대해서는 전문가의 자문을 실시한다.
- (3) 적절한 보강조치 수준을 결정하기 위해 재하시험을 실시할 수 있다.
- (4) 보강조치를 취할 때에는 보강설계를 실시해야 한다.
- (5) 보강조치 후에는 재하시험 등을 통해 보강효과를 확인해야 한다.
- (6) 보강조치된 교량은 특별점검 대상 교량으로 분류한다.

【해설】

교량에 발생된 손상들 중에서 점검자가 교량의 안전성에 심각한 영향을 준다고 판단하는 손상에 대해서는 보강조치를 행해 교량의 안전성을 확보해야 한다. 보강공법을 선정할 때에는 그 원인을 정확히 파악한 다음 적절한 보강조치를 행해야 한다. 일반적으로 보강조치를 요하는 교량은 상태가 불량한 교량이므로 적절한 조치를 취하지 않으면 오히려 교량의 안전성을 더 저하시킬 가능성이 있다. 보수 및 보강은 교량을 치료하는 행위이므로 그 효과를 반드시 확인해야 한다.

보수 및 보강 후에 그 효과를 확인하지 않으면 더 큰 재난을 초래할 가능성이 있다. 보수, 보강된 부위는 대체로 접근이 어려워 더 이상 손상을 관찰할 수 없는 경우가 대부분이므로 보수, 보강이 부실하거나 효과가 없으면 교량의 안전에 치명적인 위해 요인이 된다. 따라서, 관리주체는 보수, 보강공사를 신설교 감독 이상으로 관리 감독해야 하며, 주요 교량의 보강공사는 보강이후의 재하시험을 계획해 그 효과를 검증해야 한다.

6.6 교체조치

- (1) 발생된 손상이 교량의 안전에 영향을 미치고 보수·보강조치로는 안전성을 확보할 수 없는 경우나 보수·보강보다는 교체가 경제적으로 유리하다고 판단되는 경우에는 부재의 일부를 교체하거나 또는 전체 교량을 개축한다.
- (2) 교체조치를 실시하기 위해서는 이를 입증할 자료를 구비해야 한다.

【해설】

발생된 손상이 심각하거나 교량의 노후도가 심해 보수·보강효과가 의심스럽거나 보수·보강보다는 교체나 개축이 유리하다고 판단되는 경우에는 교체조치를 취한다. 일반적으로 교량 부재의 교체나 교량 전체를 개축하는 것은 막대한 예산을 소요로 하기 때문에 이 같은 교체나 개축행위를 실시하기 위해서는 명확한 근거자료를 준비해야 한다. 많은 경우에 교량이 외관상 노후화되어 있다고 관찰되더라도 실제 재하시험이나 파괴실험을 실시해 보면 의외로 안전하다는 결과가 있다는 점을 염두에 두어야 한다. 국내에서 현재 실시하고 있는 내하력 산정을 위한 시험 및 평가방법에 많은 문제점이 있는 것으로 전문가들이 지적하고 있으므로 내하력 시험결과를 의심없이 받아들이는 것은 다소 문제가 있다고 판단된다. 따라서, 관리주체는 내하력 시험결과를 하나의 참고값으로 활용하고, 교체나 개축행위를 실시하고자 할 때는 관련 전문가들과 현장 답사를 수시로 실시해 종합적으로 판단할 필요가 있다.

6.7 조치방법 선정시 검토 사항

가능한 조치를 취하고자 할 때 다음과 같은 사항들을 검토해 종합적으로 판단해야 한다.

- (1) 구조적 적합성
- (2) 시공성 : 현장조건, 시공관리, 공사공기
- (3) 경제성
- (4) 대민 영향도
- (5) 미관
- (6) 행정상 장래계획
- (7) 기타

【해설】

(1) 구조적 적합성

조치방법에는 각각의 공법특성을 갖는 것이 있고, 손상부재의 구조형식과 재질 등에 따라서는 채택이 불가능한 경우도 있다. 또, 손상부재의 구조계 전체 중에서의 위치적 문제에 대해서도 적합하지 않은 것이 있다. 따라서, 조치방법을 선정할 때 이러한 점들을 충분히 검토하고, 여기에 기술적·경험적 내용도 포함해 평가하는 것이 중요하다.

(2) 시공성

- 1) 현장조건 : 현장의 시공 가능성 여부 및 교통규제(차선제한, 속도제한, 중량제한, 통행금지 등)의 필요성에 대한 검토를 행한다. 또, 차량을 통행시키면서 공사하는 경우에는 교통진동에 대한 문제를 검토해야 한다.
- 2) 시공관리 : 기술적, 품질적으로 시공관리가 충분히 가능한가를 검토해야 한다.
- 3) 공기 : 시공기간과 시공시기를 검토해야 하고, 교통규제가 조기에 개방될 수 있는지 여부를 검토해야 한다.

(3) 경제성

조치방법에 대한 공사비를 검토한다.

(4) 대민 영향도

주변의 주민에 대한 교통장애, 생활환경에 대한 장애를 고려해야 한다.

(5) 미관

조치방법 시행 후 미관을 현저히 해치는가를 고려해야 한다.

(6) 행정상 장래계획

노선의 선형개량과 중요도, 하천의 개수계획, 도시계획, 문화재로서의 보존성 등을 고려해야 한다.

(7) 기타

교량 유지관리상 상기외에 필요한 사항에 대해서 검토해야 한다.

6.8 조치기록

수행된 모든 조치는 반드시 기록되어야 한다.

【해설】

손상조치에 대한 기록은 반드시 기록·보존되어 향후 점검과 유지관리에 반영되어야 한다.

제 3 편 터널

제 1 장 터널 시설물의 종류 및 특징

1.1 터널 시설물의 종류

터널 시설물은 그 사용목적 및 단면의 크기, 시공방법 등에 따라 여러 가지로 나뉘며, 최근에는 단순한 운송의 수단으로서 뿐 아니라 각종 교통로 및 저장 시설, 상가, 전력구, 통신구 등 광범위한 지하공간의 개발과 연관되어 비좁고 산지가 많은 우리 나라의 국토 여건을 극복하는 수단으로 그 역할이 증대되고 있다.

【해설】

터널은 장애물을 극복하기 위한 수단으로서 교통터널과 수송용터널 등으로 분류되고, 운하나 대도시, 공장지역 등을 통과하기 위한 수단으로서 철도터널, 도로터널, 보도터널, 운하터널 등으로 분류된다. 또한 터널은 장소와 지역의 특성에 따라 터널단면이나 시공방법, 설계 및 사용하중이 다르다. 터널의 사용목적과 시공법에 따른 터널 시설물의 종류를 살펴보면 다음과 같다.

1.1.1 사용목적에 따른 터널의 종류

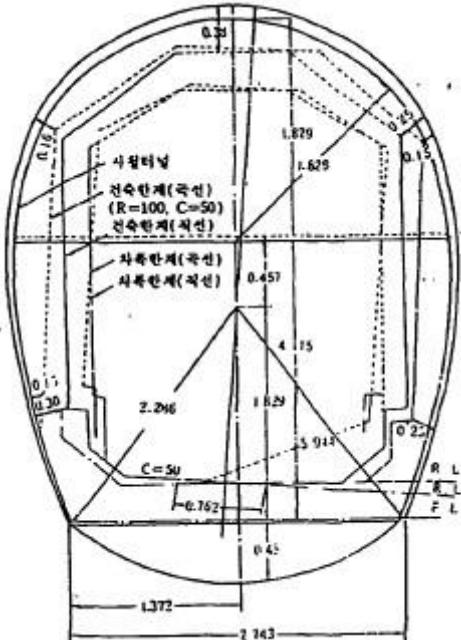
철도터널, 도로터널, 지하철터널, 보도터널, 상·하수터널, 발전용 수로터널, 전력구 및 통신터널 등

【해설】

사용목적에 따른 터널의 종류에는 철도터널, 도로터널, 지하철터널, 보도터널, 상·하수터널, 발전용 수로터널 등이 있으며 이들 각각에 대해 살펴보면 다음과 같다.

(1) 철도 터널

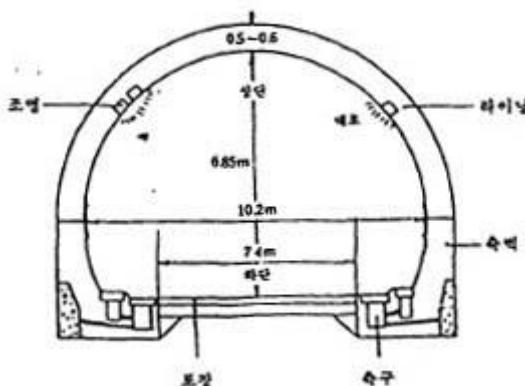
철도를 이용한 운송목적의 터널로서, 다른 교통용터널에 비해 역사가 길며 세계적으로도 그 시공사례가 가장 많고, 특히 산악이 많은 지역에서는 그 사용빈도가 더욱 높다. 철도터널의 단면은 일반적으로 마제형을 채택하고 있는데, 이 단면은 굴착 및 시공성이 양호하고 여굴량이 적어 버력 반출에 드는 작업량이 작은 장점을 가지고 있다. 반면 이러한 단면은 다른 단면형에 비해 구조적으로 불안정하며 양수압에 대해서도 불리한 단점을 가지고 있다. 해설 그림 1.1 에는 일반 철도터널의 단면 한계를 나타내었다.



해설 그림 1.1 철도터널의 단면 한계

(2) 도로터널

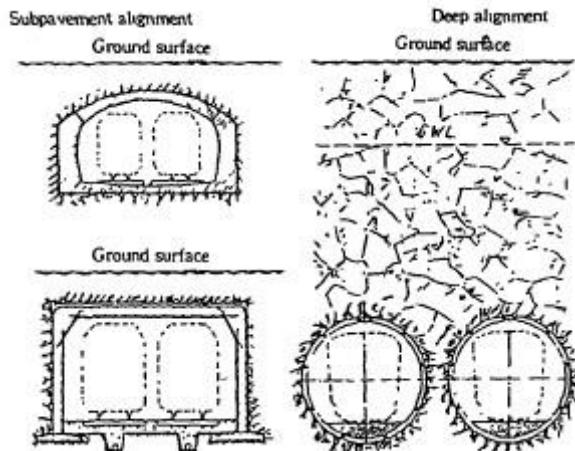
최근우리 나라에서도 도시의 팽창과 교통량의 폭증에 기인한 도로확충을 위해 그 수요가 급증하고 있는 터널로서, 일반적으로 도로터널은 철도터널에 비해 복잡하며 터널내의 조명 및 환기시설, 화재예방시설 등의 부대시설이 많은 것이 특징이다. 또한 도시내의 길이가 짧은 도로터널은 보도를 포함하고 있는 경우가 많으므로 보행자의 안전 등도 고려해야 한다.



해석 그림 12. 도로터널의 단면 예

(3) 지하철터널

지하철터널도 철도터널의 한 부분이지만, 철도터널과 다른점은 그 위치와 시공방법, 사용목적 및 재료등이다. 철도터널의 대부분은 마제형 단면이지만 지하철터널의 단면은 원형 및 직사각형, 다각형등이다. 지하철 터널은 건물들과 지하매설물들이 밀집되어 있는 도심을 통과하는 관계로 굴착 등으로 인한 영향이 인근 구조물에 전해지지 않도록 세심한 주의를 기울여야 한다.



해설 그림 1.3 지하철터널의 단면 예

(4) 보도터널

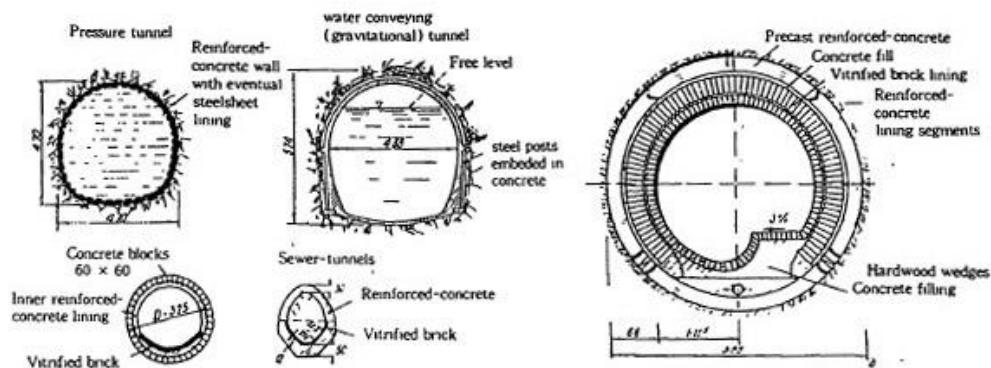
보도터널은 사람의 통행을 주목적으로 하는 터널로서, 그 단면의 크기가 작고 그 설계와 시공또한 다른 터널에 비해 간단하다.

(5) 상·하수터널

상수터널은 상수원 공급 및 호수나 강, 하천, 저수지등으로부터 물을 정화시설 또는 저장시설로 수송하는 것을 그 목적으로 하며, 저장시설로부터 인근 도시의 상수원 공급시설까지 물을 수송하는 데도 이용된다. 하수터널은 용도나 구조에 있어 상수터널과 비슷하나 터널의 내벽이 하수에 의한 손상을 입지 않도록 안정적인 화학처리를 해야 한다.

(6) 발전용 수로터널

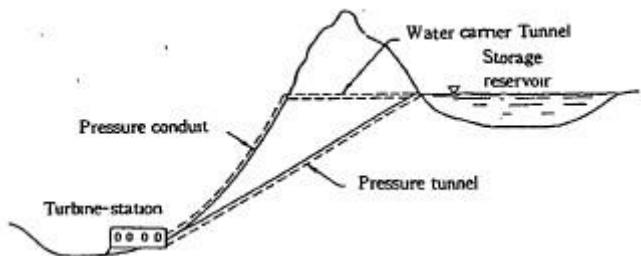
수두차에 의한 물의 에너지를 이용하여 발전을 하기 위해 상하간에 물을 수송하기 위한 터널로서, 일명 수압터널이라고도 한다.



(a) 상수터널

(b) 하수터널

해설 그림 1.4 상·하수터널의 단면 예



해설 그림 1.5 발전용 수로터널의 예

1.1.2 시공방법에 따른 터널의 종류

개착터널, 쉴드터널, 침매터널, NATM 터널

【해설】

시공방법에 따른 터널의 종류에는 개착터널, 쉴드터널, 침매터널, NATM 터널 등이 있는데 그 각각에 관하여 살펴보면 다음과 같다.

(1) 개착터널

개착터널은 개착공법(Open cut method)에 의해 시공된 터널로서, 개착공법이라함은 지상에서 직접 굴착을 하고 그 속에 터널본체를 형성한 다음, 터널본체가 완성되면 다시 원상태로 되메우기 하는 공법을 말한다. 평탄한 지역에 얇은 터널을 구축할 경우에는 시공성 및 안정성, 경제성에서 개착공법은 매우 유리한 공법이라 할 수 있지만, 굴착 깊이가 깊어지면 공비 및 공기가 늘어나고 공사 중에도 지상의 교통소통에 막대한 영향을 초래하는 단점을 가지고 있다. 개착공법은 굴착방법과 흙막이 방별, 터널본체의 축조방법에 따라 여러 가지 시공법이 있다.

(2) 쉴드터널

쉴드터널은 쉴드공법에 의해 시공된 터널로서, 쉴드공법이라함은 지반 내에 쉴드를 압입하여 막장의 토사를 토출하며 선단부를 굴착한 다음, 쉴드의 후방에서 세그먼트를 조립하여 이것을 1 차 지보공으로 이용하는 방법이다. 이 공법은 본래 하저나 해저 등의 연약지반이나 대수지반에 있어서의 터널공법으로 개발되었지만, 시공시 지상에 미치는 영향이 적다는 이유로 최근 도심의 터널 시공에서도 많이 이용되고 있는 공법이다. 쉴드공법은 단면형상에 의해 전단면 쉴드와 지붕 쉴드로 나뉘는데, 보통은 원형의 전단면 쉴드가 많이 사용되고 때로는 반원형이나 마제형 쉴드가 사용되기도 한다. 또한 쉴드는 전면의 형식에 따라 개방형과 폐쇄형으로 나뉘기도 하는데, 개방형 쉴드는 일반적으로 막장이 안정된 다음 사용하고 폐쇄형 쉴드는 연약한 본바닥에 사용한다.

(3) 침매터널

침매터널은 침매공법에 의해 시공된 터널로서, 침매공법이라함은 수저 또는 지하수면 아래에서 터널을 시공하기 위한 공법으로서, 터널의 일부를 케이슨 모양으로 육상에서 제작하고 이것을 물에 띄워 소정의 장소까지 운반한 다음, 이를 침하시켜 기존의 설치된 부분과 연결한 후 그 속의 물을 빼내어 터널을 구축하는 방법이다.

(4) NATM 터널

NATM 터널 공법은 1960년대 초 오스트리아에서 개발된 공법으로서, 강지보재 및 롤볼트등으로 구성된 1 차 지보재를 지반에 설치하여 지반자체를 지보재로 최대한 이용하는 공법이라 할 수 있다. 즉, 슷크리트나 롤볼트 등 지반과의 부착성이 비교적 양호한 지보재를 지반의 응력조건에 알맞게 설치함으로서 지반의 이완을 억제시켜 굴착으로 인한 지반변형을 영구적인 안정상태에

도달하게 하는 공법이다.

1.2 터널 시설물의 특징

터널은 시설물이 지하를 통과하게 되므로 토압 및 수압에 견딜 수 있는 터널 단면 및 지보재의 안정상태와 침수 등의 피해를 예방하기 위한 방수처리시설, 시설물내 조명 및 화재예방시설의 이상유무 등 여러 요인을 정기적으로 점검해야 하며, 이상이 발견되었을 시에는 적절한 보수·보강방법 등을 위한 체계적인 점검계획의 수립과 점검목록 등을 확립하여야 한다.

【해설】

터널은 여러 가지 재화와 인간의 수송을 보다 원활히 수행하기 위한 자연적인 장애 극복의 수단으로서 뿐만 아니라 자원을 저장하고 이용하는 시설을 포함하여, 인간을 위한 생활공간으로서 그 필요성이 증대되고 있는 시설물이다. 과거에는 터널 굴착에 많은 경비와 시간이 소요될 뿐만 아니라 굴착능력의 부족으로 터널이 제한적으로 건설되었으나, 최근에는 효과적인 굴착장비 개발에 기인한 굴착기술의 발달로 여러 가지 수요 목적에 알맞은 다양한 지하공간이 개발되고 있다. 그러나 터널은 인간이 지상에 건설하는 여러 시설물과는 달리 지중에 건설되므로 시공중이나 시공 후에도 다른 시설물에 비해 지반내 지하수위의 변동이나 인근 시설물 또는 지반이나 암반의 이완·지진 등으로 인한 응력상태변화에 많은 영향을 받는다.

근래 우리는 몇몇 대형 시설물의 참상을 겪었고, 최근 들어 국내 여러 현장에서 발생되고 있는 구조물의 붕괴·내지는 과다한 변형 및 누수 등으로 인한 구조물의 손상을 경험하게 되면서, 터널의 안정 및 그 유지관리에 관한 중요성을 피부로 인식하고 있는 것이 현실이다.

터널은 구조물이 지하를 통과하게 되므로 토압 및 수압에 견딜 수 있는 터널 단면 및 지보재의 안정상태와 침수 등의 피해를 예방하기 위한 방수처리시설, 시설물내 조명 및 화재예방시설의 이상유무 등 여러 요인을 정기적으로 점검해야 하며, 이상이 발견되었을 시에는 적절한 보수·보강이 긴급히 이루어져야 한다. 또한 예측되는 파손부위의 등급규정과 원인규명 및 안전성 판단, 보수·보강방법 등을 위한 체계적인 점검계획의 수립과 점검목록 등을 확립하여야 한다.

제 2 장 시설물 손상의 종류 및 원인

2.1 터널 시설물 손상의 종류

터널 시설물에 생길 수 있는 일반적인 손상의 종류는 다음과 같다.

- (1) 터널의 단면이나 입구부의 균열
- (2) 라이닝의 이상
- (3) 배면의 공동
- (4) 백화현상

- (5) 동해
- (6) 누수
- (7) 열화 현상
- (8) 중성화
- (9) 진동 및 소음이나 지진으로 인한 손상
- (10) 지압의 변화로 인한 손상
- (11) 근접시공의 영향으로 인한 손상

【해설】

터널은 설계나 시공중의 오류로 인한 구조적 불안정 요인을 갖기도 하나, 터널을 구성하는 여러 부대시설 및 보강재 등의 재료적 결함 또는 시설물의 노후에 의해서 여러 가지 종류의 손상을 보이게 되며 가장 보편적으로 나타나는 손상의 종류는 터널의 단면이나 입구부의 균열, 라이닝의 이상, 배면의 공동, 백화현상, 동해, 터널내 누수, 열화, 중성화, 진동 및 소음이나 지진으로 인한 영향, 지압의 변화로 인한 손상 등을 들 수 있다.

2.2 터널 시설물 손상의 원인

2.1 에서 언급한 각각의 손상 종류에 대한 정확한 원인을 이해함으로서 손상의 방지 및 보수·보강에 필요한 유지관리사항을 체계적으로 확립할 수 있다.

【해설】

여기서는 2.1 에서 언급한 터널 시설물 손상의 종류 즉, 균열, 라이닝의 이상, 배면의 공동, 백화현상, 동해, 누수, 열화, 중성화, 진동 및 소음이나 지진으로 인한 손상, 지압의 변화로 인한 손상, 근접시공으로 인한 손상 등에 관한 원인에 대해 구체적 항목별로 설명하겠다.

2.2.1 균열

터널의 유지관리시, 균열의 형태나 규모, Pattern 등을 관찰함으로서 하중이 가해지는 방향이나 구조물 변상의 진행상황, 변상의 원인 등을 어느 정도 손쉽게 추정할 수 있다.

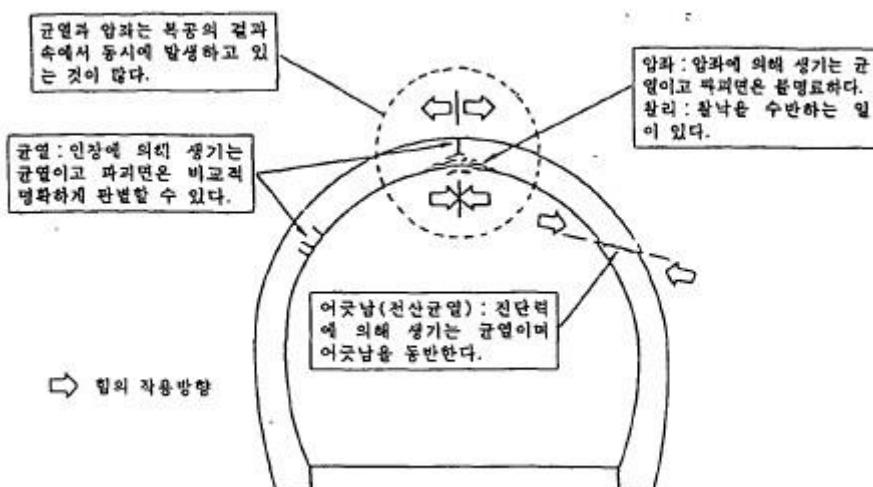
【해설】

콘크리트 구조물상에 발생하는 균열의 기본적 원인은 크게 작용하중의 변화와 관계된 원인 및 건조수축에 의한 응력의 생성 내지는 온도변화에 의한 신축기능의 상실로 나눌 수 있다. 콘크리트의 건조수축으로 인해 발생하는 어느 정도의 균열은 불가피하지만, 적당량의 온도변화에 필요한 철근을 배치하여 균열폭을 감소시켜야 하며 균열이 예상되는 위치에 컨트를 이음부를 설치해 주는 것도 한가지 방법이다. 작용하중의 변화에 의한 균열은 여러 가지 원인으로 설명될 수 있는데, 배수공의 불량으로 인한 과다한 수압이 가해져 균열이 발생할 수도 있고, Arch 배면의 공극으로 인해 Arch 정상부에 수평균열이 발생할 수도 있으며, 설계시 고려하지 못했던 요인에

의한 추가적인 외력의 작용에 의해서도 균열이 발생할 수 있다. 이외에도 터널 라이닝의 두께가 부족하거나 재질의 불량으로 인해서도 균열이 수반될 수 있다. 균열은 터널의 유지보수시 가장 일반적으로 보이는 현상으로서, 균열의 형태나 규모, 진행성 등을 관찰하여 하중이 가해지는 방향 및 균열의 진행상황, 균열로 인한 인접부위의 영향 등을 종합적으로 판단하여 균열의 원인을 규명하고, 그에 상응하는 보수·보강 공법을 적용하여야 한다. 일반적인 균열의 원인을 살펴보면 해설 표 2.1과 같고, 외적요인에 의한 균열의 형태는 해설 그림 2.1과 같다.

해설 표 2.1 일반적인 균열의 원인

균열 (Crack)	외적 요인	인장 용력	외부 인장력의 작용
		압축 용력	외부 압축력의 작용
		전단 용력	외부 전단력의 작용
	내적 요인	재료적 성질	수화열, 알카리 플레이트 반응, 건조수축, Bleeding 등
		설계상 원인	단면의 부족, 철근량의 부족 등
		시공상 원인	양생의 불량, 불균질한 타설, 터널의 침하, 시공이음의 불량 등
		환경적 원인	동결이나 융해, 동상현상, 화재, 산이나 염류, 온도 변화, 철근의 변형 등



해설 그림 2.1 외적 요인에 의한 균열의 형태

2.2.2 터널 라이닝의 이상

터널의 라이닝은 주위지형의 풍화와 표면이탈을 방지하고, 주위지형을 지지하며 그 안전을 유지하기 위하여 설치되는 것으로서, 터널이 노후됨에 따라 균열이나 누수 등의 이상을 야기시킬 수 있다.

【해설】

라이닝의 이상원인에는 해설 표 2.2에서 보듯이 여러 가지가 있지만 실제 어느 한가지 원인에 의한 것이라기보다는 대부분 몇 가지 원인이 복합적으로 작용하여 이상을 초래하는 것이 일반적이다.

2.2.3 배면 공동

Arch 부나 측부의 배면에 공동이 존재할 경우, 우선 공동의 유무를 조사하고 터널의 안전이 유지될 수 있도록 공동부분을 채워야 한다.

【해설】

시공시 배면의 슷크리트 타설이 불량했거나 인근 지역에 과거에는 탄광으로 쓰였으나 현재 폐광된 곳이 있는 경우, 혹은 시공후 사후 유지관리의 문제 등으로 인하여 배면에 공극이 발생할 수 있는데 이러한 공극의 존재는 지반의 이완을 촉진하는 원인이 되고, 이로 인해 라이닝에 과다한 압력이 걸릴 수 있으며 주위지반의 침하나 이로 인한 내력이 감소하는 문제를 발생시킬 수 있다. 그러므로 터널의 안전이 유지될 수 있도록 공동부분을 채워야 하는데 일반적으로 모르타르 등에 의한 총진방법이 많이 쓰이고 있다. 또한 여굴량이 많은 터널에서는 콘크리트량을 줄이기 위하여 측벽에 배면거푸집을 사용한 경우가 드물게 존재하는데, 이와 같은 터널에서는 측벽의 배면에 공동이 존재하기 쉽고, 건설 후 가는 모래 입자가 터널 내로 유입되어 배면에 공극을 일으키는 경우도 있다.

해설 표 2.2 터널 라이닝의 이상

터널 라이닝의 이상	원인 및 내용	기타
노 후	시간경과에 따른 복공기능의 약화로 인한 풍화, 표면이탈 및 누수	
누 수	터널내의 누수는 복공안의 토사를 유출시키며 그로 인해 형성된 공동은 주위 지형의 풍화를 촉진시키게 되고, 이로 인해 내구성 저하 및 낙반 등의 위험을 발생시킬 수 있다. 또한 터널내의 누수는 포장면의 손상 내지는 미끄러짐의 원인이 되기도 하고, 복공의 동해를 유발시켜 그로 인한 동결팽창 때문에 박리를 일으킬 수 있다.	
편 암	편암은 지형 및 지질 또는 여러 가지 인공적 요인에 의해 일어날 수 있는 주위지형의 변동이나 복공배면의 공극, 지하심부의 고유지압 및 암석의 팽창 등에 의해 일어날 수 있다.	
재료의 연약화	지층에 포함되어 있거나 외부로부터 유입될 수 있는 여러 가지 화학성분과 누수 중에 유입될 수 있는 산들은 콘크리트와 화학적 반응을 일으켜 콘크리트를 부식시켜 내구성을 떨어릴수 있다.	
시공 및 관리 불량	복공콘크리트의 원시공 및 시공관리가 불충분한 경우에 문제가 발생할 수 있으며, 이외에도 복공안을 충분히 총진하지 않은 경우 및 용수의 유도가 적절하지 못한 경우에도 문제가 발생할 수 있다.	

2.2.4 백화 현상

콘크리트 표면에 흰색의 물질이 나타나는 백화 현상은 터널의 안정성 띤 사용성, 미관상 영향을

미치므로 시공시 이를 사전에 방지하여야 한다.

【해설】

콘크리트 타설 후 콘크리트 내부의 물은 시멘트와의 수화반응으로 일부 소비되고, 나머지는 콘크리트 중에 남게 된다. 이 물에는 수화반응시 생성되는 수산화칼슘과 시멘트중의 알칼리나 황산염이 용해되게 되고, 콘크리트 표면이 건조해지면 자유수는 표면으로 이동해 증발하게 되는데, 이때 수용성 성분은 수산화칼슘으로 고화하거나 공기중의 탄산칼슘과 결합해 탄산칼슘, 탄산나트륨, 그 외의 황산염 등을 생성하게 되는데, 이를 백화 현상이라 한다. 즉, 백화 현상은 재료의 치밀성이 약한 콘크리트나 모르타르에 물이 새어나오며 탄산칼슘이 표면에 퇴적되어 나타나는 현상이므로 모세관 간극을 감소시키도록 물-시멘트 비와 단위수량을 작게하면 그 억제가 가능하다.

2.2.5 동해

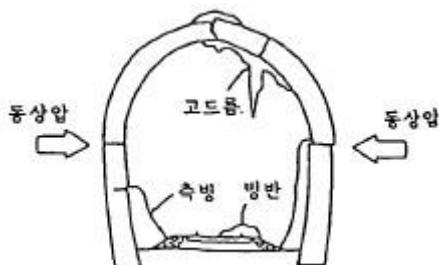
콘크리트 구조물이 외부에 노출되어 있는 경우, 동해는 그 구조물의 내구성을 크게 좌우하게 되며, 터널 내에서도 누수에 의한 고드름이나 측빙등은 안전운행 및 보수관리에 있어 터널 라이닝 재료의 열화를 촉진시키는 등 여러 가지 문제를 야기시킬 수 있다.

【해설】

콘크리트의 내동해성 유지를 위한 사항은 다음과 같다.

- ① 동절기에 생기는 콘크리트의 표면수를 완전히 배수시켜야 한다.
- ② 융해염은 기후변화와 콘크리트 온도를 고려한 최소량으로 균등히 살포하여야 한다.
- ③ 많은 양의 융해염은 소량으로 여러 번 나누어 살포하여야 한다.
- ④ 쌓인 눈은 신속히 제거하여 동결직전 융해염용액이 콘크리트에 침투되지 않도록 해야 한다.

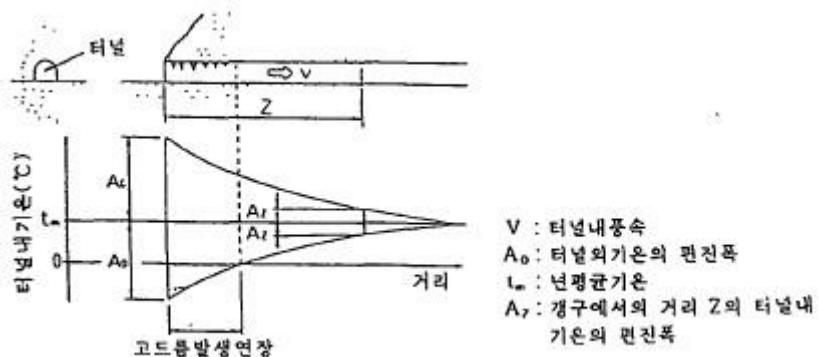
고드름과 측빙은 Arch 부 및 측벽에서 흘러나오는 누수가 바깥쪽으로 냉각되어 발생하게 되고, 이의 일반적인 형태는 해설 그림 2.2 와 같다. 고드름과 측빙의 발생은 바깥 기온이외에도 누수량이나 누수온도, 지반온도 등에 의해서도 지배되는데, 예를 들어 누수량이 어느 정도 다량인 경우에는 고드름과 측빙이 발생하기 어렵다. 한편, 바깥 기온이 내려가서 라이닝배면의 온도가 빙점이하가 되면 지하수는 누수로 되기 전에 지반 내에서 동결하게 된다. 이 경우 동상성의 지반에서는 동결 및 융해의 반복에 의해 라이닝재료가 열화하여 동상압에 의한 변형이 발생하게 되는 것이다.



해설 그림 2.2 동해의 발생 형태

이상에서 보듯이, 고드름과 측빙의 발생 및 성장은 크게 터널내의 온도, 지반 온도, 누수 온도, 누수량 등의 조건에 의해 변화한다. 한편, 겨울철 터널내의 온도분포를 살펴보면, 간구부근에서는

바깥 온도에 가깝고 터널 안쪽으로 들어오면서 온도가 상승하게 되는데, 이런 사항은 해설 그림 2.3과 같이 나타내기도 한다.



해설 그림 2.3 터널내 연직방향에의 온도분포 Model

이런 이유에 기인하여 고드름과 측빙의 발생은 일반적으로 쟁구부근에서 현저하고, 내부로 향할수록 그 빈도가 감소한다. 또한 고드름의 발생은 터널 연장이 긴 경우에는 쟁구부근에 한하고 짧은 터널에서는 전장에 걸쳐 동결하는 것이 일반적이므로, 터널 연장방향에서 고드름 발생영역을 적절히 파악하는 것이 동해 대책공의 시공범위를 결정하는데 있어 매우 중요하다.

2.2.6 누수

터널내의 누수는 아래의 해설에서 언급한 바와 같이 사용성 및 여러 가지 부가적인 문제를 야기하는 주원인이 되므로 이에 대한 철저한 원인규명과 대책이 수립되어야 한다.

【해설】

터널내의 누수는 전기시설물 및 기타 부대시설의 수명을 단축시키고 한랭지 등지에서 고드름 및 측빙 등을 발생시켜 터널의 사용성 및 보수관리에 큰 문제가 된다. 구체적으로 누수는 누전의 원인이 되어 전기시설의 기능저하와 화재 등의 위험을 수반할 수 있으며, 겨울철에는 누수가 동결되어 터널의 부재를 파괴시키며 Arch 및 측벽부에 고드름을 생성시키고 노면에 결빙을 초래하여 교통소통이나 유지관리면에서 큰 지장을 초래하게 된다. 또한 누수는 라이닝 재료의 열화를 촉진시키기 때문에 터널의 수명을 단축시키는 등의 각종 악영향을 미치므로 반드시 적절한 대책공을 세워 누수를 방지하여야 한다. 해설 표 2.3 에서는 누수 및 동해에 기인하는 문제점들을 나타내었다.

해설 표 2.3 누수 및 동해에 기인하는 문제점

문제점	발생현상
터널의 기능저하	누수에 의해 유입된 유해물로 인한 복공재료의 열화
	동해에 의한 복공재료의 열화
	터널 주변의 동상압에 의한 터널 구조물의 변형
	토사유입 등에 의한 배수불량
	토련자 유출에 의한 복공내의 공통발생
차량의 운행저해	고드름이나 측빙, 빙판에 의한 차량손상 및 운행제약
	차량에 의한 풍압과 진동에 의한 고드름, 측빙의 낙하 또는 누수의 파짐
보수작업의 저해	통로와 맨홀 등의 동결 및 박테리아 슬라임의 발생

2.2.7 열화 현상

터널내의 구성재료가 열화되면 터널의 내력 및 사용성, 안전성 등이 크게 저하되므로 유지관리시 이에 대한 터널의 내력 및 손상정도를 정기적으로 점검하여 적절한 보수·보강 대책을 세워야 한다.

【해설】

일반적인 터널 라이닝의 열화는 터널의 노후화로 인식되고 있는데, 이 현상의 원인으로는 터널내의 누수나 이로 인한 유해물의 유입, 동해, 염해, 매연 등과 같은 외적인 요인과 콘크리트내의 시멘트량 부족 및 블록 시공의 경우 발생할 수 있는 줄눈재의 부족 내지는 재질불량 등의 외적인 요인이 있으며, 특수한 경우 골재의 알칼리 반응도 열화현상의 요인이 될 수 있다. 터널의 라이닝 표면이 열화되면 표면의 풍화가 두드러져 라이닝 표면이 다갈색으로 변하며 이를 망치 등으로 타격했을때는 쉽게 라이닝의 표면이 파괴된다. 열화 현상에 관한 개략적인 내용과 그 원인 및 초기 시공단계에서의 방지책은 해설 표 2.4 와 같고, 이를 그 원인별로 좀더 자세히 살펴보면 다음과 같다.

해설 표 2.4 열화현상별 원인과 그 방지책

열화 현상	열화 원인	구 분	구체적 원인	방지책
철근 부식	염 해	내적 요인	콘크리트 내부 허용 열화물의 양을 초과	세척에 의한 열화물 제거
		외적 요인	제설제 살포 또는 해안환경에 의한 열화물 침입	표면을 기밀성 도료로 도장
	중성화	내적 요인	콘크리트의 물시멘트비 이상	적정한 물시멘트비 산정
		외적 요인	대기의 CO_2 농도증가, 탄산화가 철근깊이까지 진행	표면을 기밀성 도료로 도장
균열 또는 박리	끌체의 알칼리 반응	내적 요인	알칼리 반응성 끌체를 사용할 때 다량의 K_2O 가 시멘트 중에 존재	반응성 끌체의 사용제한, 저알칼리성 시멘트 사용
		외적 요인	콘크리트가 습윤상태에 있음	콘크리트를 건조상태로 보존, 수밀성 도장,
	건조수축	내적 요인	단위수량이 높음	단위수량이 적은 무수축 시멘트를 사용
		외적 요인	콘크리트이 건조속도가 빠름	초기양생을 충분히 실시

(1) 터널의 노후화에 의한 열화

터널 라이닝이 오랜 시간에 걸친 사용으로 인해 풍화되는 현상이고, 그 열화원인은 어느 한가지에 의한 것이 아니라 터널의 노후화 연관하여 공기중에 포함된 여러 염류의 용해 작용이나 온도변화에 의한 조성물의 팽창·수축 등 여러 가지 요인이 복합적으로 작용한 결과라고 할 수 있다.

콘크리트는 타설 후 대기중에 있을 때 대기중의 이산화탄소가 콘크리트 내부로 침투하여 콘크리트중의 수산화칼슘과 화학반응을 일으키게 되고, 콘크리트 표면으로부터 서서히 탄산화가 진행되어 이와 함께 알칼리성을 잃게 된다. 좀 더 자세히 살펴보면, 시멘트의 수화생성물인 수산화칼슘의 영향으로 콘크리트 pH 가 약 12~13 인 강알칼리를 나타내지만 시간의 경과와 함께 대기 중에 약 0.035%정도 포함되어 있는 탄산가스의 영향으로 경화콘크리트의 20~25%를 차지하는 수산화칼슘이 탄산칼슘으로 변화되어 표면에서부터 pH 가 약 8~10 정도로 서서히 낮아진다. 콘크리트가 경화되는 과정에서 시멘트의 약 1/3 의 수산화칼슘이 생성되는데, 그 수산화칼슘은 경화된 시멘트풀내에서 결정형태 또는 공극 중에 포화수용액의 형태로 존재하며,

이를 중성화 또는 탄산화라고 한다. 이 중성화 내지는 탄산화는 강도에는 별다른 영향을 주지 않지만 경화 콘크리트의 취성을 크게 진전시켜 터널의 저항성을 저하시키는 것으로 알려져 있다. 특히 철근 콘크리트의 경우 피복 콘크리트가 중성화되면 철근표면에 형성된 알칼리성 부동태 피막이 손상되어 강재의 부식이 급격히 진행되므로 터널의 내구성에 영향을 미치게 된다.

한편, 온도변화에 의한 라이닝의 팽창·수축으로 인한 열화는 벽돌 및 석재 라이닝으로 시공된 경우에 해당되는 것으로서, 화강암이나 조립사암과 같이 여러 광물로부터 생성된 구성 광물입자가 큰 석재는 다른 광물간의 열팽창계수의 차가 있으므로, 긴 세월 동안 온도변화의 반복에 의해 광물간의 결합력이 저하하고, 이로 인해 재료의 열화가 일어나기 쉽다.

(2) 터널 내 누수에 의한 열화

줄눈 모르타르와 콘크리트에 누수가 생기게 되면, 수산화칼슘이 물에 용해되어 공기중의 탄산가스와 반응하여 중성화를 일으키게 된다. 수산화칼슘은 콘크리트 중에 결합재로서 중요한 역할을 하고 있으므로 물에 의한 용해에 의해 모르타르와 콘크리트는 열화될 수 있다. 또한 벽돌 라이닝에 누수가 발생하면 벽돌 중에 있는 가용성염류가 침투수에 의해 용출하여 표면에 백색이 결정을 일으키게 된다. 이를 에플로신스(Efflorescence)라 하며 이것이 벽돌을 열화시키는 원인이 된다. 한편 다음과 같은 유해물이 지반 중에 포함되어 있으면 PH가 저하되고 산성을 띠게 되므로 라이닝의 열화를 촉진시키게 된다.

① 식물의 탄산동화작용과 박테리아에 의한 생물체의 분해로 발생한 탄산가스가 용해되어 있는 상태의 지하수

② 식물의 불완전한 분해에 의해 생기는 부식산을 포함한 지하수

③ 화산지대에 보이는 강산성의 온천수와 광산 위를 지나 용출하는 지하수

(3) 동해 및 영해에 의한 열화

콘크리트에 흡수된 물은 자유롭게 팽창 가능한 조건에서 동결시키면 9%의 체적팽창을 일으킨다. 콘크리트 내부에 있는 공극보다도 물의 자유팽창량이 큰 경우, 즉 콘크리트의 인장강도보다 물의 팽창압이 더욱 크게 되면 라이닝에 균열이 생기게 된다. 또한 콘크리트 표면에서 모세관 현상에 의해 균열부로 침입한 물도 같은 현상을 일으키게 되는데, 일반적으로 -2°C 범위에서 동해의 반복이 일어날 때는 콘크리트에 별다른 열화현상이 생기지 않지만 -5°C 이하가 되면 현저한 동해가 나타난다고 알려져 있다.

영해는 크게 바다보다 대기중에 존재하고 있는 해염입자에 의한 염해와 해사를 사용하거나 염화칼슘제 훈화제의 부적절한 사용에 의한 염해의 두 가지가 원인이 있다. 특히 염소이온과 나트륨이온의 농도가 높은 해수가 직접적으로 작용하는 경우 이외에, 해사 등에서 간접적으로 염해물이 전달되는 경우에는 시멘트 수화물과 반응하여 염화생성물을 생성하는데, 이들은 강재를 현저히 부식시키기도 하고 알칼리 골재반응을 일으키기도 하며 결국 콘크리트의 내구성을 현저히 떨어뜨리게 된다. 해수가 직접적으로 작용하는 경우에는 유산이온과 마그네슘이온도 충분히 공급되므로 같은 형식으로 시멘트 수화물과 반응하여 콘크리트의 열화를 촉진하는 요인으로 작용한다.

(4) 외적요인에 의한 열화

재료의 선정 내지는 시공과 그 관리가 철저히 이루어졌다면 이로 인한 열화현상은 특별한 문제가 되지 않지만, 그렇지 않은 경우는 이러한 것들이 구조물의 열화를 촉진시키는 원인이 되기도 한다. 즉, 콘크리트 타설시 각 부분별로 구속력과 온도의 차이가 있으므로 균열이 발생되기 쉽고, 철근의 조립 불량 및 콘크리트의 타설 불량, 시공 이음부의 시공 불량 등이 콘크리트의 품질을

저하시켜 구조물에 손상을 주는 원인이 되기도 하는 것이다.

(5) 알칼리 골재 반응에 의한 열화

일반적으로 알칼리 골재반응이라함은 알칼리-실리카 반응, 알칼리-실리케이트 반응, 알칼리-탄산염 반응의 3 가지가 있으나, 흔히 사례가 가장 많은 알칼리-실리카 반응을 일반적인 알칼리 골재반응이라 한다. 이는 골재에 함유된 반응성의 실리카 광물과 주로 시멘트에서 공급되는 수산화알칼리가 물과 함께 반응하여 알칼리-실리카겔을 생성하고 겔이 흡수에 의한 팽창압에 의해 콘크리트를 열화시키는 것이다. 균열로부터 겔의 침출이 수반되는 경우가 많으며 구속압이 작은 부위에서는 균열폭이 크게되는 것이 일반적인 현상이다.

2.2.8 진동 및 소음

터널 주위에서 발생하는 진동 및 소음은 그 정도에 따라 터널에 안정에 영향을 줄 수 있으므로 이에 대한 점검과 아울러 적절한 대책을 세워야 한다.

【해설】

구조물 주위에서 발생하는 진동 및 소음에 관한 외국기준을 살펴보면 해설 표 2.5 와 같고, 생활 소음에 관한 규제 기준 및 국내에서 적용되는 진동 허용치는 각각 해설 표 2.6 및 해설 표 2.7 과 같으며, 터널에 대한 진동 및 소음을 측정하되 아래의 기준을 참고하여 유지관리시 이용한다.

해설 표 2.5 지반조건에 따른 일반 주택의 피해정도와 진동속도와의 관계(Langefors)

지반 조건 진동 범위	지하수면 이하의 점토, 모래, 자갈	퇴적 (Moraine) 슬레이트(Slate) 연약한 석회석	강한 석회석, 석영질 사암, 편마암, 화강암, 현무암	피해 정도
종파의 전달속도 (m/sec)	300~1,500	2,000~3,000	4,500~6,000	
진동 속도 (cm/sec)	0.4~1.8	3.5 이하	7.0 이하	피해 없음
	0.6~3.0	5.5	11.0	무시할 수 있는 피해
	0.8~4.0	8.0	16.0	균열 생성
	1.2~6.0	11.5 이상	23.0 이상	상당한 피해 발생

해설 표 2.6 생활소음의 규제 기준

(단위 : dB)

대상 지역	시간별		조석 (05:00~08:00) (18:00~22:00)	주간 (08:00~18:00)	심야 (22:00~05:00)
	대상 소음	시간별			
주거지역, 녹지지역, 취락지역 중 주거지역, 관광 휴양지역, 자연환경 보존지역, 학교 병원의 부지 경계선으로부터 50m 이내 지역	화성기에 의한 소음	옥외 설치	70 이하	80 이하	60 이하
		옥내에서 옥외로 방사되는 경우	50 이하	55 이하	45 이하
	공장 및 사업장의 소음		50 이하	55 이하	45 이하
상업지역, 준공업지역, 일반 공업지역, 취락지역 중 주거지구 외의 지구	화성기에 의한 소음	공장 및 사업장의 소음	65 이하	70 이하	55 이하
		공사장의 소음	75 이하	75 이하	55 이하
	화성기에 의한 소음	옥외 설치	70 이하	80 이하	60 이하
		옥내에서 옥외로 방사되는 소음	60 이하	65 이하	55 이하

※Note : 1) 대상지역의 구분은 국토관리 이용법에 의하며, 도시지역은 도시계획법에 의한다.
 2) 공사장 소음의 규제기준은 주간의 경우 소음발생 시간이 1일 2시간 미만일 때는 +10dB, 2시간 이상 4시간 이하일 때에는 +5dB를 보정한 값으로 한다.

해설 표 2.7 국내에서 허용되는 진동 허용치

(단위 : cm/sec)

구 분	문 화 재	주택 / 아파트	상 가	철근콘크리트 빌딩 및 공장	컴퓨터 시설물 주변
건물 기초 에서의 허용 진동치	0.2	0.5	1.0	1.0	0.2

2.2.9 지압의 변화

터널 시공 후 주위지반의 응력상태 즉 지압의 변화가 터널 단면의 변형 및 안전에 큰 영향을 줄 수 있으므로 이에 대한 철저한 고려가 이루어져야 한다. 일반적으로 지압의 변화가 발생하는 원인은 다음과 같다.

- (1) 소압성의 발생
- (2) 편압 또는 사면의 활동
- (3) 지반이완에 따른 연직압의 발생
- (4) 수압의 발생

(5) 지반침하에 따른 터널의 침하

【해설】

(1) 소성암의 발생

소성암이 터널 시설물에 주는 영향이라는 것은, 터널주변의 소성영역이 확대되어 터널 시설물에 큰 하중으로 작용함을 의미한다. 즉, 터널굴착에 의한 터널주변지반의 응력상태가 변화하여 터널주변 지반의 강도가 토피암에 비해 현저하게 작은 경우 혹은 강도열화가 현저한 경우 등은 터널주변에 생긴 소성영역이 확대되어 터널에 큰 하중으로 작용하게 되는데, 소성암이 발생하기 쉬운 지질 조건은 다음과 같다.

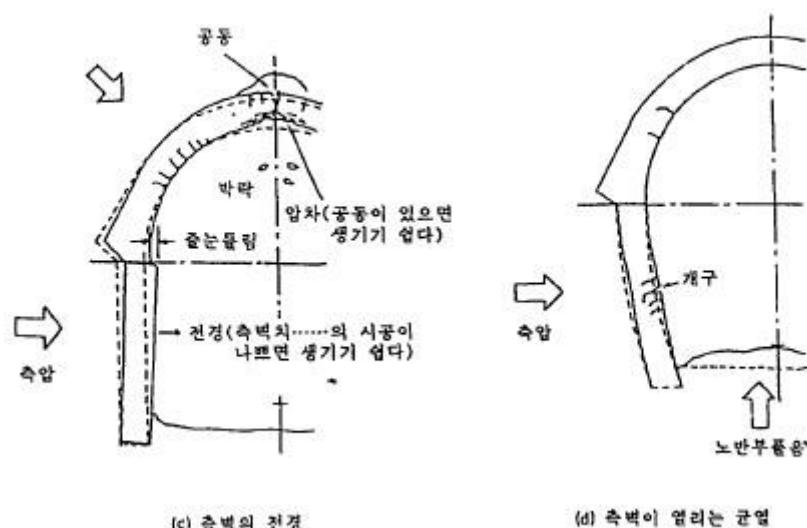
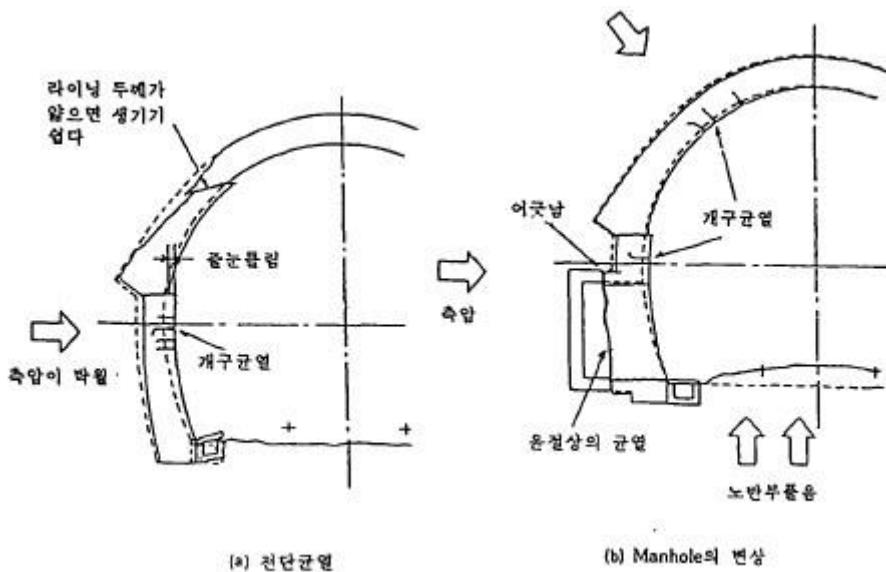
- ① Montmorillonite 를 다양으로 함유한 이질암이나 웅회암
- ② 풍화, 변질을 받은 결정판암
- ③ 변질암(온천여토 등)
- ④ 변후안산암
- ⑤ 사문암
- ⑥ 단층파쇄대

한편, 소성암에 의한 터널 시설물의 손상원인 중 다음과 같은 구조적인 결함에 의한 것도 있다.

- ① 복공천단부배면에 공동이 존재
- ② 복공두께의 부족
- ③ Invert 가 없는 경우
- ④ 직선형의 측벽 형태

소성암이 터널 시설물에 주는 영향은 시공불량으로 지압이 증가하는 경우와 지압 그 자체가 증가하는 경우로 구분할 수 있는데, 그 손상 내용을 요약하면 다음과 같고 이들의 일반적인 손상형태는 해설 그림 2.4 와 같다.

- ① 측벽 또는 Arch 어깨부의 수평균열
- ② 측벽의 압출에 의한 내공 폭의 축소
- ③ 하부지반 팽창(측구의 부상, 노반콘크리트 및 Invert 콘크리트의 변형)
- ④ Crown 부의 처짐
- ⑤ 대피소의 변상(Manhole 에 둥근형태의 균열)



해설 그림 2.4 소성압에 의한 일반적인 손상형태

(2) 편압 또는 사면활동

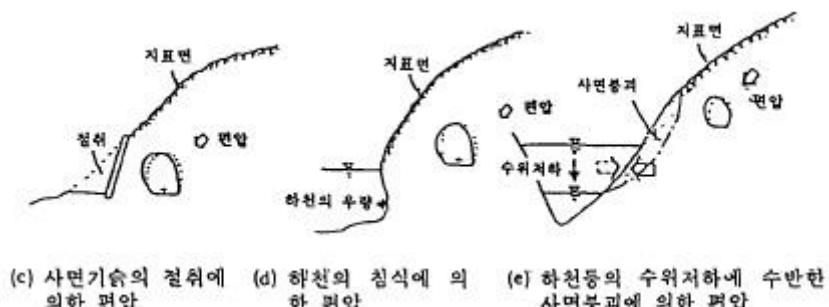
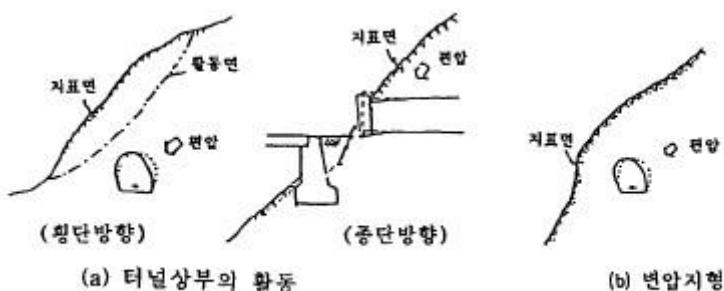
편압상태라는 것은 터널의 좌우측에 작용하는 응력상태가 현저히 불균등한 상태를 말하고, 이러한 현상은 일반적으로 경사지형에 터널이 존재하는 경우에 많이 볼 수 있다. 편압 상태 또는 사면의 활동이 터널 시설물에 주는 손상의 요소와 원인을 살펴보면 해설 표 2.8 와 같고, 이들의 특징과 손상형태는 해설 표 2.9 및 해설 그림 2.5 와 같다.

해설 표 2.8 편압 또는 사면활동으로 인한 터널 시설물의 손상

요 소	손상을 유발하는 원인
지 형	자연지형 : 사면에 평행, 낮은 토피, 애축, 봉괴지, 지반활동지역, 지하천의 유수직각방향의 사면상단 인공지형 : 사면기슭의 결취(도로등), 배지조성, Dam담수에 의한 수위상승 또는 급격한 수의저하에 따른 사면붕괴 등
지 질	풍화대(파쇄대), 연암(이암, 세일, 편암 등), 유동성 지반 활동토피
기 상	호우, 지진
설 계	외측보강 Concrete, 압성토, 터널 상부지반의 결취부족, 계곡부 옹벽의 근입깊이 부족, 라이닝 측벽의 직선형태, Invert 없음
시 공	복공배면의 공동 존재, 아치부와 측벽의 접속부 시공불량, 라이닝 두께 부족, 낙반후의 충진부족

해설 표 2.9 편암 또는 사면활동에 의한 손상형태의 특징

위 치	손상형태의 특징
복 공	① 산측 Arch어깨부의 개구균열, 어긋남 ② Arch머리부 또는 약간곡측에 압착 ③ 산측 역권라이닝 이음부의 어긋남 ④ 단면축의 회전 ⑤ 곡측측벽부의 수평개구균열이나 편암시중단부근의 경사균열
지 표	① 사면Creep (식생의 뿌리) ② 지반활동의 징후



해설 그림 2.5 편암 또는 사면활동에 의한 손상형태

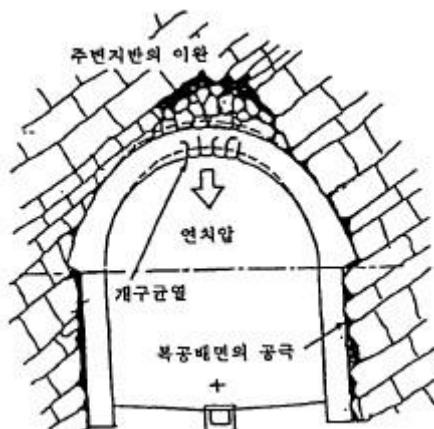
(3) 지반이완에 따른 연직압의 발생

터널 굴착시점에서 생긴 주변지반의 이완이 시간경과에 따라 지반의 토압이나 교통에 의한 진동등으로 인하여 더욱 진행되는 현상으로서, 일반적인 원인으로서는 풍화에 의해 절리면의 전단강도가 저하되거나, 사질지반에서 세립 실트의 유실에 따른 점착력이 저하되는 등의 지반 상황에 기인한 원인이 있을 수 있다. 터널 시설물 자체의 구조적 원인으로서는 라이닝 내면에 공극이 존재하거나 시공라이닝의 두께부족, 라이닝의 노화, 조적 및 Block 라이닝에 있어서 줄눈재 노화 등을 들 수 있다. 지반이완에 따른 연직압의 발생으로 인한 터널 시설물의 손상 내용은 다음과 같고, 그 손상 형태는 해설 그림 2.6 과 같다.

① Arch 천단부근의 터널축방향 개구균열

② Arch 어깨부의 수평 또는 경사균열

③ 천단부의 돌발적 붕괴



해설 그림 2.6 지반 이완에 의한 손상 형태

(4) 수압의 발생

장마철 연속적인 호우로 인한 누적강우의 지하침투에 의해 수압이 급상승할 수 있는데, 다음과 같은 구조적 결함이 있는 경우에는 이러한 과도한 수압이 문제가 되어 터널 시설물에 손상을 줄 수 있다.

① 배수 불량, 도수공의 단변부족(수압의 증대)

② 라이닝두께의 부족, 재질노화, 수직측벽 등의 구조적 결함

③ 북공배면에 공극이 존재(수동토압이 작용치 않는다)

또한 습지 아래의 표류수가 집중되는 지역이나 신설 저수지와 Dam 의 담수 지역, 호우시에 용출수가 모이는 지역 등지에서는 지역적 여건에 의해 과도한 수압이 걸릴 수 있다. 일반적으로 이렇게 과도한 수압에 의한 손상이 발생하는 징후로는 균열 등에서 누수량이 갑자기 증가하고 배수공에서 다량의 토사가 유입되는 현상을 통해 알 수 있다.

(5) 지반침하에 따른 터널의 침하

지반침하에 의한 터널 시설물의 손상원인은 지하수 흐름에 의해 지층의 유실이 발생하여 지하공동을 형성(특히 화산회와 석회암지대)하거나 광산채굴과 신설터널의 하부교차 등의

지반침하 요인이 있을 수 있다. 또한 터널 주변지반의 지지력이 부족하여 터널이 부등침하를 일으키는 수도 있는 데, 이런 현상은 일반적으로 풍화나 변질을 받은 지반이나 경사지형에 터널(특히 한쪽 측벽이 기초암반에 위치하고 상대편 측벽이 약한 지층상에 위치하는 경우)이 위치하는 경우 발생한다.

2.2.10 근접시공의 영향

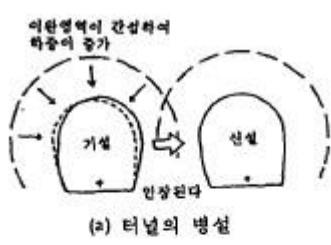
터널 시공 후 근접시공에 의한 터널 시설물의 손상은 기존의 터널에 근접하여 타 공사가 진행되므로서 터널주변의 응력 평형이 급격히 떨어져 터널 시설물에 손상을 주는 것이다.

【해설】

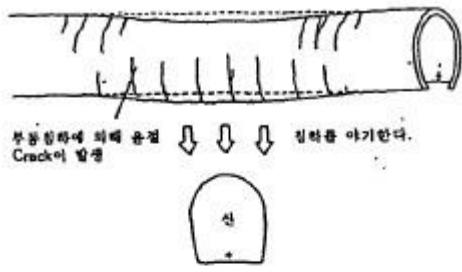
인접 공사가 기존 터널 시설물에 미치는 영향은, 지형·지질조건, 기존터널의 구조·기존의 손상정도, 공사의 종류, 시공방법 등 다양한 조건에 따라 다르다. 터널의 방향, 또는 측방에 근접하여 시공하는 경우 일정 간격을 두는데, 반대로 터널 상부의 지반을 개착하거나 성토하는 경우에는 그 양에 따라 영향이 다르지만, 다른 공사에 비해 더욱 근접하여 시공되는 경향이 있다. 기존 터널이 이미 손상을 받은 경우는 근접시공에 의해 더욱 그 손상의 정도가 커질 가능성이 있고, 구조적으로도 약화하고 있으므로 주의를 요한다. 또 구체적인 손상현상이 나타나지 않아도 터널에 구조상의 결함(라이닝배면에 공동이 존재, 라이닝 두께의 부족, Invert 없는 직선형 측벽 등)이 내지하고 있는 경우는 근접시공으로 인하여 손상을 일으킬 위험성이 있으므로 사전에 충분한 조사가 필요하다. 일반적인 근접시공의 종류와 그 형태 및 근접시공으로 인한 터널 시설물의 손상형태에 관해서 해설 표 2.10 과 해설 그림 2.7 및 해설 표 2.11 에 나타내었다.

해설 표 2.10 근접시공의 분류

근접시공의 종류	내 용
터널의 병설	<ul style="list-style-type: none"> · 기존 터널에 병행하여 신설타널을 건설 · 선로증설공사
터널의 교차	<ul style="list-style-type: none"> · 기존 터널의 상부 또는 하부에 터널이 횡단
터널상부 개착	<ul style="list-style-type: none"> · 터널상부가 택지개발 등을 위해 개착
터널상부의 성토	<ul style="list-style-type: none"> · 터널상부에 택지개발 등을 위해 성토
터널상부의 구조물기초	<ul style="list-style-type: none"> · 터널상부에 고층의 건축물등이 건설되어 그 기초가 터널 상부 또는 측부에 시공
터널측부의 굴착	<ul style="list-style-type: none"> · 터널측부의 지반을 도로확폭과 택지개발 등에 의해 굴착
지반 진동	<ul style="list-style-type: none"> · 터널 주변의 근접공사에 의한 지반진동 (특히 발파진동)
지하수위의 변동	<ul style="list-style-type: none"> · 터널주변의 공사에 의해 지하수위가 상승하면 복공에 수 압이 작용



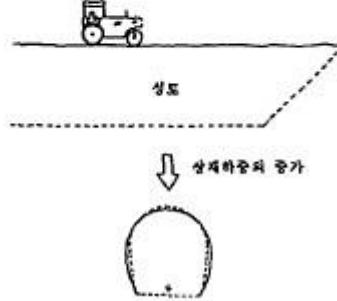
(a) 터널의 병설



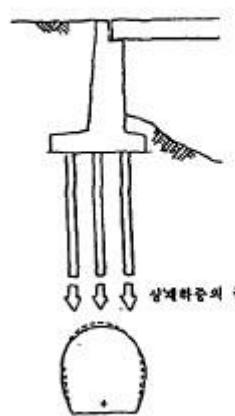
(b) 터널의 교차



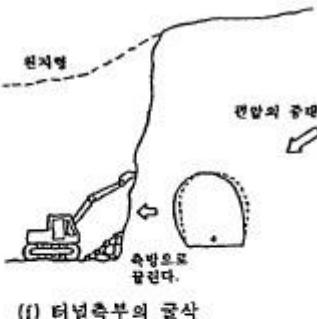
(c) 터널상부의 개석



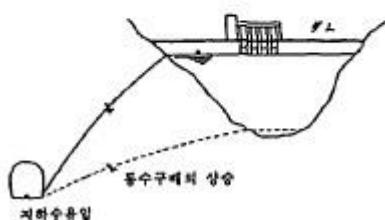
(d) 터널상부의 상토



(e) 터널상부의 구조물기초



(f) 터널측부의 굴착



(g) 지하수유입

해설 그림 2.7 근접시공의 형태
해설 표 2.11 근접시공에 의한 손상형태

근접시공의 종류	예상되는 변형
터널 병설	기존터널이 근접한 병설터널쪽으로 인장되는 것 같이 변형한다. 병설터널의 시공에 의해 기존터널의 주변지반이 이완, 그 결과 복공에 작용하는 하중이 증가한다.
터널 교차	신설터널이 기존터널 상부를 통과하는 경우는 그 영향이 작지만 거리가 가까우면 아침작용이 깨어져 복공에 작용하는 하중이 증가하는 경우도 있다. 신설터널이 기존터널의 하부를 통과하는 경우는, 기존터널을 침하시키므로 신중한 검토가 필요하다.
터널 상부의 개착	터널의 상부개착에 의해 상부하중이 제거되고 연직토압에 대한 측압비가 커지고 천단에의 부상이 생긴다. 또한 토피가 작으면 지반의 아침작용이 깨어져 복공에 작용하는 연직하중이 증대한다.
터널 상부의 성토	터널상부의 성토로 인해 복공에 작용되는 연직하중이 증대되나, 토피가 큰 경우는 증가하중의 분산 영향이 적다. 성토가 균등하지 않은 경우는 복공에 편압이 작용하기도 한다.
터널상부의 구조물 기초	기초의 굴착시는 상부의 개착과 같지만, 그 정도는 작다. 상부구조물세공시는 상부성토의 경우와 같지만, 상재하중이 증가한다.
터널 축부의 굴착	굴착되는 방향으로 길게되는 것 같이 터널이 변형한다.
지반 진동	근접하여 대량화약을 사용하는 공사가 진행되면 동적 하중이 터널에 작용해 라이닝의 균열을 수반하거나 이 균열과 함께 박리가 있는 경우 등은 라이닝면이 떨어지기도 한다.

제 3 장 시설물의 점검

3.1 점검 계획

터널에 대한 전체적인 점검 계획을 수립할 때는 다음과 같은 항목들에 대한 구체적 계획이 선행되어야 한다.

- (1) 자료 조사 : 기존의 문헌과 건설지, 설계도서 등 기록에 의한 터널의 이력 및 구조, 제원, 과거 점검 자료, 보수 이력, 계측 자료 등
- (2) 환경 조사 : 터널이 위치하고 있는 지역의 지형 조건 및 지질 조건, 지하수 조건, 기상 조건, 식생 조건, 토지이용 조건과 이들의 변동상황
- (3) 현장 조사 : 터널 Arch 부와 측면이 균열, 표면 박리, 누수, 배수 불량, 노반 침하, 토사 유입, 단면의 변형과 축소, 줄눈부의 이동, 라이닝 콘크리트의 내구성 감소 등

【해설】

터널은 지반의 물리적 특성 및 터널 자체의 기하학적 형상, 지보공의 형식, 지하수위, 여러 가지 환경적 요인 등에 그 안정성과 사용성 및 구조물자체의 수명이 큰 영향을 받는다. 이는 사용기간이 길어짐에 따라 차량이동 등으로 인한 진동과 소음, 매연, 지하수위의 변화 등과 같은 원인에 기인하여 라이닝 콘크리트가 산화 또는 종성화 되어가며 철근과 강재 또한 부식되어 가기 때문이다. 특히 콘크리트 같은 취성복합재료는 타설 후 경화과정을 거치면서 초기 단계부터 화학적인 변화가 수반되며, 미세 균열의 상호결합과 이의 확장으로 인해 터널 구조물 자체의 강성이 저하되고 처짐 및 균열, 골재 노출, 박리, 탈락, 철근 부식 등을 유발하게 된다.

터널의 점검에 있어서는 인근 지역의 실정과 터널의 변형상황을 고려하여 정확한 조사계획을 수립하여야 하는데, 특히 변형된 상태의 터널은 그 변형이 진행성을 동반하는 수가 많으므로 일상의 점검 체제와 조사 기록 및 그 정리와 보관에 각별한 주의를 기울여야 한다.

(1) 자료 조사

자료조사는 기존의 문헌과 기록에 의한 터널의 이력 및 구조, 제원, 과거 점검 자료, 이미 발생했던 결함에 관한 보수 이력 및 기존의 계측 자료 등을 조사하고 이러한 다양한 정보들을 체계적으로 D/B화 하여 추후의 유지관리에 유용한 자료로서 활용해야 한다. 점검 계획중 기존의 자료 조사에 관한 항목 및 그 활용방법은 해설 표 3.1과 같다.

(2) 환경 조사

해설 표 3.1 자료조사시 기존자료의 활용법

구 분	활 용 내 용	활 용 방 안
설계도서	준공도면	시설물 제원 및 설계상태 파악, 취약부 파악
	보수도면	보수내용 평가 및 손상, 변형, 열화정도 파악
	구조 계산서	적정 구조계산 여부 분석
	시공 상세도	주요부위 시공 상세도
	지질조사보고서	구조물 주변 지질상태
	토질 보고서	구조물 주변 토질 및 기초상태
시방서	특별시방서	설계지침, 구조계산서, 지질보고서와 연계분석
사진	주요 시공사진	시공당시 주요공정의 적용내용
	주요 결합부위	주요부위 시공상태 파악
	보수작업사진	손상, 변경, 열화정도 파악
재료시험	재료시험 성적서	시공시 사용된 재료의 적정 사용여부
	관리 및 선정시험기록	시공시 사용된 재료의 품질 및 관리상태
유지관리 자료	보수 이력서	손상, 변형, 열화정도 파악 및 보수작업의 적정여부
	사고 이력서	부재의 손상현황 및 보수현황
	점검이력서	점검 및 진단현황
	시설물 관리대상	연도별 시설물 관리현황
관련계산서	수리계산서 공법검토 보고서 기타	구조물 안전성 현황
		구조물 안전상태 파악

환경조사는 터널이 위치하고 있는 지역의 지형 조건 및 지질 조건, 지하수 조건, 기상 조건, 식생 조건, 토지이용 조건과 이들의 변동상황에 관하여 조사하는 것이며, 터널의 환경조사시 주의할 점은 해설 표 3.2과 같다.

해설 표 3.2 터널 환경 조사시의 유의사항

조사 내용	조사시의 유의 사항
지형 조건	근접공사와 재해에 의한 지형에 변화에도 유의할 것
지질 조건	상황에 따라 필요하다고 판단되는 시험을 추가적으로 실시할 것
지하수 조건	유해수의 영향이 예상되는 경우는 반드시 수질검사를 병행할 것
기상 조건	한랭지에 위치한 터널의 경우와 폭우 등으로 인한 급격한 지하수 위의 변동에 유의할 것
식생 조건	식생이상에 의해 활동봉괴지 등을 판단해야 하며, 장시간후 식생의 변화에도 주의할 것
토지이용 조건	인접 토지의 계발 또는 공사계획은 사전에 자료를 입수하여 관계 기관과의 협의를 거쳐 신속하게 초치할 것

(3) 현장 조사

현장 조사는 터널본체를 대상으로 한 조사이고, 이 조사의 궁극적인 목적은 터널의 변형정후와 규모 및 진행성 등을 조기에 발견하여 터널의 안정성과 사용성 및 수명을 연장시키기 위함이다.

현장조사를 위해서는 우선 앞에서 설명한 자료 조사와 환경 조사 내용을 분석하고, 터널여건이 그 목적 및 기능에 따른 적합성, 안전성, 구조물 설치에 따른 적용성을 만족하는지 우선 검토하여야 한다. 더욱이 현장 조사시에는 터널의 목적 및 규모 등을 충분히 고려하여 다음과 같은 조사 계획을 수립하여야 한다.

- ① 현장 조사를 수행하는데 필요한 인력 및 항목, 조사의 범위, 방법, 형식, 장비의 결정
- ② 조사 기간과 관련된 작업 시간의 예측
- ③ 현장 조사 결과의 기록양식 및 정리형식 결정
- ④ 해당 구조물과 관련된 타기관 및 인근주민과의 협조체제 구축
- ⑤ 각각의 조사항목에 대한 구체적인 적용 기술 및 방법 결정
- ⑥ 현장 조사시 사용되는 장비에 관한 사용방법 및 해석방법의 숙지
- ⑦ 문서화된 자료이외에 시설물의 실제 유지관리자 및 관계자들에 대한 청문조사

단, 현장에서의 안전관리에 대한 사항은 자체 안전관리 규정에 따라 시설물별로 안전관리 계획서를 별도로 작성하여 시행해야 한다.

3.2 점검 항목 및 방법

점검 항목 및 방법은 앞의 점검 계획에서 언급한 자료 조사와 환경 조사를 기본적으로 시행하되, 일상 점검과 정기 점검, 긴급 점검, 정밀안전진단으로 나뉘는 현장 조사에 대해 다음과 같은 항목을 중점적으로 조사하여야 한다.

- (1) 일상점검 항목 : 터널 측벽이나 천정 및 바닥, 입·출구, 비탈면 등에 관한 균열, 누수, 백화, 박리, 박락, 함몰, 철근 부식, 조명, 배수, 부등침하, 변형상태 등

(2) 정기점검 항목 : 터널 측벽이나 천정 및 바닥에 관한 균열폭이나 깊이 진전여부, 콘크리트 강도, 누수, 백화, 박리, 박락, 철근 부식, 조명, 배수처리, 부등침하, 변형, 교통소통 및 안전상태 등

(3) 긴급점검 항목 : 시설물에 손상이 인정되는 부위의 손상종류에 적합한 항목

(4) 정밀안전진단 항목 : 일상 점검이나 정기 점검에 준하는 점검항목에 추가적으로 라이닝 및 라이닝 배면의 공동등과 같은 결합 요소, 철근 배근상태, 각 이음부상태, 표지판과 진동 및 소음과 같은 기타사항들에 대한 전반적인 항목

【해설】

자료 조사는 평소부터 기초자료를 수집하고 이를 정비하여 수시로 알고 싶은 정보를 취득할 수 있도록 해두는 것이 중요하며, 터널에서의 구체적인 자료 조사 항목은 해설 표 3.3 와 같다.

환경 조사는 터널이 위치하고 있는 곳의 지형 조건이나 지질 조건, 지하수 조건, 기상 조건, 식생 조건, 토지 이용조건 등에 준하여 실시하고, 이에 관한 구체적 조사 항목 및 방법은 해설 표 3.4 와 같다.

일상 점검, 정기 점검, 긴급 점검, 정밀안전진단으로 나뉘는 현장점검은 그 의미상 점검과 진단으로 나눌 수 있는데, 각각에 대한 체계적 조사를 위해서는 조사 항목이나 방법, 조사 양식 등을 합리적으로 작성하여야 한다.

(1) 일상 점검

일상 점검은 육안조사나 간단한 점검기구(망치등)에 의하여 손상을 조기에 발견할 목적으로 터널 시설물을 점검하는 것으로서 순찰과 유사한 성격을 가진다. 육안조사는 시설물의 상태를 가시적으로 판단하여 그 안정상태를 평가하는 것으로서 육안검사시의 유의점은 다음과 같다.

- ① Arch 부에 박락흔적이 보이지 않는지? 혹은 궤도면상에 복공의 낙하편이 보이지 않는지?
- ② 이제까지 보이지 않았던 개소에서 다량의 누수가 생기지 않는가?

해설 표 3.3 터널에서의 자료 조사 항목

조사 항 목		조사 수 단
터널의 제원	<ul style="list-style-type: none"> • 터널 연장 • 터널의 단면 형식 • 터널의 등급 • 터널의 구배 • 터널의 곡선 반경(평면,종단) • 운전상의 제약조건 • 지보재의 제원 	<ul style="list-style-type: none"> • 공사지 • 공사 기록 • 재해 기록 • 준공 도면 • 보수 대장 • 터널 단면도 • 터널 평면도 • D/B • Micro Film • 현장 관리자 및 운용자를 통한 의견 수렴
터널의 이력	<ul style="list-style-type: none"> • 착공 및 준공일 • 설계자 및 감독자 • 시공 업자 • 건설 기록 • 보강, 보수 이력 • 공용 기간 • 기변상이력 • 재해 이력 • 장래 계획 	
터널의 구조	<ul style="list-style-type: none"> • 단면도법 • Invert, Strut의 유무 	

(3) 라이닝의 열화정도는 어떠한가? (가는 균열이 망상으로 펼쳐있다. 혹은 다른 부분과 비교하여 변색하고 있다. 또는 다공질로서 부슬부슬하게 보인다. 백색의 생성물이 표면에 나타나고 있다 등의 경우는 라이닝이 상당히 열화하고 있다고 판단해도 좋다.)

(4) Arch 부에 균열 혹은 줄눈에 따라 큰 어긋남이 생기고 있지 않은가? (단차가 생기고 있는 경우는 지압대책도 경해 검토할 필요가 있다)

(5) Arch 부에 들뜸 현상이 보이지 않는가? (압좌, 전단균열이 있으면 균열에 걸쳐 들뜸현상이 발생하고, 박락하기 쉽다)

(6) 보수용재료는 안정한가? (누수대책용 Mortar 정착, 보강판 Net 의 Anchor, 보강 Saddle 의 쪽기등)

해설 표 3.4 터널에서의 환경 조사 항목 및 방법

조사 항 목		조사 수단	비 고
지형 조건	<ul style="list-style-type: none"> • 터널의 종횡 단면 • 토피 • 편암 지형 • 지반 활동, 봉피지 	<ul style="list-style-type: none"> • 공사지, 공사기록 • 지형도 • 측량 • 항공사진, 임체사진 • 현지 답사 	근접공사의 재해에 의한 지형의 변화에도 주의한다.
지질 조건	<ul style="list-style-type: none"> • 지질 분포 • 지질 구조 (단층파쇄대, 슬곡등) • 주향, 경사 • 풍화, 변질 • 팽창성 • 물성, 역학적성질 	<ul style="list-style-type: none"> • 공사기록 • 지질도 • 지질 조사 • 토질 조사 • 현지 답사 • Sample 	필요에 따라 시료시험을 추가하여 행한다.
지하수 조건	<ul style="list-style-type: none"> • 지하 수위 • 지하 수유로 • 호수, 저습지분포 • 지하수 이용상황 • 수온 • 수질 	<ul style="list-style-type: none"> • 공사 기록 • 지형도 • 수문 지질도 • 현지 답사 • 수온 측정 • 수질 검사 	유해수가 염려되는 경우는 수질검사를 한다.
기상 조건	<ul style="list-style-type: none"> • 기온 (갱내온도 포함) • 영하온도 적산표 • 강수량 • 적설량 • 지진 이력 	<ul style="list-style-type: none"> • 강우량 관측 • 기온 측정 	한랭지 터널에는 특히 중시한다. 또한 폭우시 급격한 지하수 변동에도 주의한다.
식생 조건	<ul style="list-style-type: none"> • 식생표 • 뿌리의 상태 • 연륜 이상(상태) 	<ul style="list-style-type: none"> • 현지사진, 임체사진 • 현지 답사 	식생이상에 의해 활동 봉피지 등을 판단할 수 있다. 또한 장래 등의 식생의 급변에는 주의한다.
토지 이용조건	<ul style="list-style-type: none"> • 토지 이용 • 근접 구조물 • 개발 계획 	<ul style="list-style-type: none"> • 토지 이용그림 • 현지 답사 	개발계획은 사전에 자료를 입수하고 조속히 협의, 이에 대책을 세운다

점검기구 등에 의한 점검은 일반적으로 점검기구를 시설물에 타격 했을 때의 반발정도나 소리 반응형태등으로 그 안정상태를 평가하는 것으로서 그 유의점은 다음과 같다.

- ① 해머 타격에 의해 청음을 내면 복공재는 건전하다고 할 수 있고, 둔한 음의 경우는 라이닝이 열화하고 있거나 배면에 공극이 있을 가능성이 높다.
- ② 해머 타격에 의한 반발이 있으며 복공재는 건전하다 판단할 수 있다.
- ③ 해머 타격시 해머가 박히거나 복공표면이 용이하게 갈라지거나 벽돌이 흔들흔들 하는 경우는 복공이 열화되었다고 판단할 수 있다.
- ④ 낙하의 가능성이 있는 곳은 '두드려' 떨어뜨릴 것.

일상 점검시의 구체적 점검 항목과 장비는 해설 표 3.5 와 같다.

해설 표 3.5 일상 점검시의 점검항목 및 장비

점검부위	점검항목	점검장비
터널 측벽(좌우)	<ul style="list-style-type: none"> · 균열 · 누수 · 백화 · 박리, 박락, 함몰 · 철근 부식 여부 (표면) 	<ul style="list-style-type: none"> · 방원경 · 카메라 · 필기도구 · 줄자 · 망치 · 손전등
터널 천정	<ul style="list-style-type: none"> · 균열 · 누수 · 백화 · 박리, 박락, 함몰 · 철근 부식 여부 (표면) · 조명상태 	<ul style="list-style-type: none"> · 방원경 · 카메라 · 필기도구 · 줄자 · 망치 · 손전등
터널 바닥	<ul style="list-style-type: none"> · 배수시설 · 노면상태 (침하, 균열 등) 	
터널 입구, 출구	<ul style="list-style-type: none"> · 균열 · 누수 · 백화 · 박리, 박상, 손상 · 철근 부식 여부 (표면) · 부동침하 	<ul style="list-style-type: none"> · 방원경 · 카메라 · 필기도구 · 줄자 · 망치 · 손전등
터널 비탈면	· 사면의 변형 유무	

특히, 육안조사시는 시설물의 양호, 불량상태를 쉽게 판정할 수 있는 기준을 알고 있어야 하고 이러한 판정기준을 기호로 표시할 수 있어야 한다. 일상 점검은 다시 계측 조사와 육안 조사 및 기술적 유추에 의한 조사 등으로 세분할 수 있는데, 그 내용은 해설 표 3.6 과 같다.

해설 표 3.6 일상 점검의 구분

종류	방법	비고
계측 조사	기존계측기가 설치된 지점에 대한 계측치를 가지고 양호, 불량상태를 파악한다.	
육안 조사	육안으로 관찰해서 양호, 불량을 판정	
기술적 유추에 의한 조사	육안으로 어려운 부분에 대해 기존의 경험 등을 통하여 양호, 불량을 판정	

계측조사에 대해서는 토목구조물의 경우 양호, 불량을 판정하는 값이 정해져 있어도 절대적 기준치는 없고 어느 경향이나 원인을 추정하는 표준적인 안목, 즉 표준치는 많다. 이는 구조물 기능의 양호, 불량 상태가 한가지 요소로 판정되는 것이 아니라 재질, 구조, 환경이란 면에서 종합적 판단이 필요하고 개별성이 강하므로 일률적인 기준치를 정하기 어렵기 때문이다. 계측조사는 육안으로 하며 기존의 계측장치가 설치되었을 때 그 계측치를 활용한다. 이러한 계측결과는 측정치가 표준치를 넘으면 결함이 있다고 인정되는 경우가 있으므로 잠재적 결함을 알 수 있도록 관찰을 계속하도록 한다. 육안조사는 실제로 경험 있는 기술자의 기술과 경험을 토대로 시각, 청각을 사용하여 양호, 불량상태를 판정한다. 그러나, 이러한 판정은 개인차가 커서 그때그때 기술자의 상태의 영향을 받기 쉽다. 기술적 유추에 의한 조사는 경험적인 측면이 있으므로 개인의 능력차에 따른 직접검사를 통하여 양식을 만들고 이 양식에는 다른 유사한 사례를 참고하여 그 상태를 유추할 수 있도록 한다. 특히, 조사 구조물의 내하성, 내구력에 영향을 미칠 우려가 있는 손상상태를 먼저 조사해야 한다. 이들 각각에 대한 조사방법을 간략하게 나타내면 해설 표 3.7 과 같다.

해설 표 3.7 조사부위별 방법

조사부위	조사방법
균열	육안으로 균열의 방향, 균열의 패턴을 관찰하고 늘어난 균열이 길이를 파악한다. 또한 녹슬에 의한 오염의 유무도 관찰한다.
돌뜸	육안으로 콘크리트의 돌뜸 유무를 관찰한다. 또한 돌뜬부분의 철근 부식유무를 관찰한다(망치사용).
박락	육안으로 콘크리트가 박락되어 있는 부분의 유무를 관찰한다
누수	육안이나 문간으로 확인한다.
백화	콘크리트 면을 손으로 세게 눌러서 분상물의 부착으로 판단한다.
터널 비탈면	사면의 변형유무

육안조사방법은 가장 손쉽게 수행할 수 있는 방법이면서 구조물의 결함을 1 차적으로 찾아낼 수 있는 조사방법으로 볼 수 있다. 그러나 정밀도가 낮으므로 정밀진단 단계에서의 육안조사는 일상점검 때와는 달리 장비에 의해 정밀측정이 이루어지는 균열, 백화, 변형 등을 제외한 단순항목에 대한 조사위주로 진행된다. 즉, 터널의 입출구부에선 누수량, 수질, 누수온도 등을 조사하게 되고, 본 터널부에서는 노면상태 및 주행성, 조명·환기 등의 부속시설의 상태 및 안전성을 조사하게 된다. 이밖에도 안전시공에 간접적인 영향을 미치는 청결상태, 퇴적물 적재상태 등을 조사하여야 하며 터널내 환기 및 조명상태 및 시설의 안전상태와 보수부위에 대해 세밀한 조사를 실시하여야 한다. 육안조사는 정도가 떨어지고 주관적인 경향이 강한 조사이므로 반드시 반복조사를 원칙으로 하며 의심나는 곳은 표기해 두고 차후 세밀하게 조사도록 하는 것이 좋다. 특히 육안조사시에는 앞에서 열거한 바와 같이 사전에 지반조사, 설계 및 시공관련 자료들과 전술한 주조사 항목들을 숙지하고 이들 항목을 중심으로 한 조사가 이루어지도록 해야한다. 또 측벽부는 차량간 보행으로 천정부위는 작업시간을 별도로 확보하여 작업대를 설치하고 그 위에서 시행한다. 조사방법은 조명 등을 이용하고 육안 및 햄머 등을 이용한 타격검사로 수행한다. 조사과정은 라이닝부와 궤도부 터널주변환경으로 나누어 시행하고 조사항목은 라이닝에 대해서는 단면변형, 압출, 균열, 박락, 출눈부 단차, 누수, 열화 등 궤도부에 대해서는 궤도틀림(고저, 방향 등), 측구변형, 노반팽창, 침하 등을 환경조건에 대해서는 터널주변의 지형조건, 지표수 분포 및 흐름패턴, 토지이용상황 등에 대해 조사한다.

(2) 정기 점검

정기 점검은 일정한 주기를 정하여 시설물의 기능 수행여부 및 상태를 점검하는 것으로서, 터널의 경우 편토암이나 침하, 지질상태에 의한 터널 시설물의 손상상태를 고려해야 하며 콘크리트의 풍화나 철근부식 등 시간 경과와 함께 발생할 수 있는 재료의 열화에 기인한 손상여부를 관찰해야 한다. 정기 점검시의 구체적 점검 항목과 장비는 해설 표 3.8 와 같다.

해설 표 3.8 정기 점검시의 점검항목 및 장비

점검부위	점검항목	점검장비
터널 측벽(좌우)	<ul style="list-style-type: none"> • 균열 <ul style="list-style-type: none"> - 균열폭, 길이, 깊이, 균열의 진전여부 • 누수, 백화 • 박리, 바락, 힘몰 • 철근 부식 여부 • con'c 강도 - 표면 타격법(Schmidt Hammer) 	<ul style="list-style-type: none"> • 슈미트 해머 • 균열경 및 균열측정기 • 망치, 엔벌, 카메라, 손전등, 필기도구 • 줄자, 교통규제기구
터널 천정	<ul style="list-style-type: none"> • 균열 <ul style="list-style-type: none"> - 균열폭, 길이, 깊이, 균열의 진전여부 • 누수, 백화 • 박리, 바락, 힘몰 • 철근 부식 여부 • 조명상태 • 놓도 • con'c 강도 - 표면 타격법(Schmidt Hammer) 	<ul style="list-style-type: none"> • 슈미트 해머 • 균열경 및 균열측정기 • 망치, 엔벌, 카메라 • 손전등, 필기도구 • 줄자, 교통규제기구
터널 바닥	<ul style="list-style-type: none"> • 배수시설 • 노면상태(침하, 균열 등) • 교통 소통 상태 및 안전사항 • 용수 	측안조사
터널 입구, 출구	<ul style="list-style-type: none"> • 균열 - 균열폭, 길이, 깊이, 균열의 진전여부 • 누수, 백화 • 박리, 바락, 힘몰 • 철근 부식 여부 • 부동침하 • 배수처리 • con'c 강도 - 표면 타격법(Schmidt Hammer) 	<ul style="list-style-type: none"> • 슈미트 해머 • 균열경 및 균열측정기 • 망치, 엔벌, 카메라 • 손전등, 필기도구 • 줄자, 교통규제기구
터널 비탈면	• 사면의 안정 상태, 변형 유무	
기타	• 매연 상태	

(3) 긴급 점검

신설 시설물은 초기 손상이 발생하기 쉽고, 이러한 문제를 해결한 후 안정한 상태를 유지하다가 시간의 경과와 함께 서서히 열화가 진행된다. 이때는 원인을 판단하기 어려운 손상형태가 많이 발생할 수 있고, 이러한 손상상태를 그대로 방치하게 되면 그 상태가 급속히 진행되어 시설물의 내구성에 직접적인 영향을 미칠 수 있다. 긴급 점검의 항목은 그때의 손상종류가 점검 항목이 되는 것이며, 이때의 점검 장비 등은 일상 점검이나 정기 점검에서 언급한 손상종류에 해당하는 장비를 사용한다.

(4) 정밀안전진단

정밀안전진단은 안전점검을 실시한 결과, 시설물의 재해예방 및 안전성을 확보하고 보수 보강 공법 제시를 전제로 하여 손상원인을 규명하여 보수·보강 선정을 위한 정보를 얻기위하여 시설물을 부분적으로 파괴하는 시험도 포함해 콘크리트재료의 열화정도, 배면지반의 상태 등을 정량적으로 구하는 것을 주로 한다. 정밀안전진단시의 사전조사내용은 해설 표 3.9 과 같고, 구체적인 정밀안전진단의 조사 항목이나 방법은 해설 표 3.10 과 같다.

해설 표 3.9 사전 조사

점검사항	점검항목
기초 자료조사 및 검토	<ul style="list-style-type: none"> · 과업지시서 검토 · 지반조사 현황 및 결과분석검토 · 지반분류 현황 및 평가 검토 · 지반 및 재료 특성치 조사와 적정성 평가 · 기타 폐광 등 터널과 관련된 모든 자료 조사 및 분석
해석 방법 및 결과 분석	<ul style="list-style-type: none"> · 사용 프로그램 확인 · 해석용 입력 자료 분석평가 · 표준 지보패턴 검토 · 콘크리트 라이닝 해석방법 검토 · 보조 공법의 유무 및 적정성 검토
설계도면 검토	<ul style="list-style-type: none"> · 터널의 단면계획 검토 · 방수 및 배수 시스템(System) · 콘크리트 라이닝 철근보강 유무 및 적정성 · 타입(Type) (패턴별 적용구간 및 적정성 검토) · 발파패턴 검토 · 시공순서도 검토 · 해석결과와 설계도면 일치성 비교 검토

해설 표 3.10 정밀안전진단시의 점검항목 및 방법

점검부위	점검항목	점검방법
입출구부	· 균열조사 - 균열폭, 길이, 깊이, 균열의 진전여부	초음파검사법 충격탄성파법 레이디탐사법
	· 누수부위 탐사 - 누수량, 수질, 누수온도	적외선 탐사법, 육안조사
	· 백화 - 열화증상 및 현장조사, 열화물 함유량 시험	증성화시험 염해조사
	· 콘크리트 강도 - 표면타격법, 일축압축강도	Schmidt Hammer 코아체취시험
	· 터널주변 및 지반조사 - 사면 안정성 조사	지표조사, 사면안정검토, 보링
본터널	· 균열조사 - 균열폭, 길이, 깊이, 균열의 진전여부	균열측정기 충격 탄성파 시험
	· 누수부위 탐사 - 누수량, 수질, 누수온도	적외선 탐사법
	· 2차 라이닝 - 콘크리트 두께조사, 두께측정, Rock Bolt, Shotcrete, 열화조사, 열화물 함유량 시험 - 라이닝 용력 측정	증성화시험 레이다탐사법 충격 탐사파 시험 염해조사, 용력측정기
	· 내부결합 탐사 - 공동, 박락, 박리부등 내부결합	레이디 탐사법
	· 콘크리트 강도 - 철근베근 위치 탐사 및 철근 부식도 측정	표면타격법, 코아채취 시험, 초음파 속도, 레이다 탐사 전위차 측정기
	· 강지보공 규격 및 설치간격	표면타격법, 코아채취 시험, 초음파 속도, 레이다 탐사 전위차 측정기
	· 터널 단면 변위 계측 - 내공변위계	광파측정기, 내공변위계
	· 열화증상 - 백화, 증성화 시험	증성화 시험기
	· 지반상태 - 풍화정도, 일축압축, 강도, R.Q.D	보링(Boring)
	· 노면상태 및 주행성	육안조사
피난연결통로	· 부속시설의 상태 및 안전성 - 조명, 환기	육안조사
	· 시공 이음부, 신축이음부 조사	육안조사
기타	· 표지판 여부 - 퇴적물 상태 - 안전 및 유지관리 계획여부, 조명, 환기, 청소 상태 - 시설물 이력카드 작성 여부 및 보수이력 확인 - 진동 및 소음상태	육안조사 및 진동소음기

3.3 점검 결과의 기록

점검 결과는 소정의 점검 양식상에 정확하게 기입원칙에 따라 기록·보관하여 대상 시설물에 대한 종합적인 자료로서 활용할 수 있도록 해야 한다.

【해설】

터널 시설물에 대한 점검 자료는 유지관리에 있어 가장 기본적인 자료인 동시에 가장 중요한 자료이므로 일관된 양식에 의거해 작성되어야 하며, 이들의 체계적인 보관에도 각별한 주의를 기울여야 한다.

3.4 점검 결과의 판정

터널의 안전진단을 위한 점검을 실시한 후 균열 상태, 누수, 백화, 터널의 변형등 점검 결과를 분석·정리하여 대상 터널이 안전한 상태인가, 지속적인 점검이 필요한 상태인가를 판단하여야 하는데, 일반적으로 판정 결과 등급 E는 긴급한 보수 및 보강이 요구되는 상태로 볼 수 있으며, 등급 C는 E급 보수후 바로 보수가 요구되는 상태로 판단할 수 있다.

【해설】

(1) 일상 점검 및 정기(긴급) 점검

해설 표 3.11 일상 점검 및 정기(긴급) 점검에 관한 판정 기준

부위	평가 기준	A	B	C	D	E
콘크리트라이닝	백화	거의 없음	국부적 현상	군데군데 발견됨	심한 상태	매우 심한 상태
	균열	거의 없음	미세한 균열 발견	많이 발견 (앞으로 보수요망)	부분적 균열 (당장에 보수요망)	전면적 균열 (당장에 보수요망)
	요철	없는 경우	약간 있는 경우	직경 5cm 정도의 요철이 있는 경우	직경 5-10cm 이상 상의 요철이 있거나 작은 편침이 여러개 있는 경우	직경 10cm 이상의 요철이 있거나 작은 편침이 여러개 있는 경우
	박락	없는 경우	깊이가 얕게 약간 발견	깊고 여러 곳에 발견	깊게 집중적으로 발견	박락 및 파손이 극심
	누수	자국이 보임	습윤 상태	포화 상태	간헐적으로 흐름	연속적으로 흐름

(2) 정밀안전진단

해설 표 3.12 정밀안전진단에 관한 판정 기준

항목	A	B	C	D	E
균열폭	0.1mm 미만	0.1~0.2mm	0.2~0.3mm	0.3~0.7mm	0.7mm 이상
누수	누수부위가 없는 경우	누수흔적이 있는 상태	균열사이로 약간의 누수가 있는 상태	균열사이로 누수가 많은 상태	균열사이로 물이 계속 떨어지는 상태
파손	없음	없음	경미한 파손 (10×10cm미만)	심각한 파손 (10×10cm ~ 30×30cm)	극심한 파손 (30×30cm이상)

이외에도 책임기술자가 길이와 깊이, 폭, 위치, 방향, 진행성 등에 관한 균열의 상태와 누수, 강도, 박리, 총분리, 박락, 백태, 손상, 공동, 철근의 부식도 및 잔여 철근 단면에 의한 시설물의 내하력, 터널주변 지반상황의 변동, 용수 등을 종합적으로 판단하여 터널의 안전성을 판정하여야 한다.

3.5 점검 장비

터널 시설물의 유지관리시 사용되는 점검 장비는 일상적인 휴대장비 및 접근장비, 비파괴 점검장비로 구분할 수 있는데, 각각의 점검 종류별 사용장비는 다음과 같다.

- (1) 일상 점검 : 일상적인 휴대장비 및 간단한 접근장비 등을 이용한다.
- (2) 정기 점검 : 일상점검시의 사용장비 및 간단한 비파괴 점검장비를 이용한다.
- (3) 긴급 점검 : 일상적 휴대장비 및 접근장비, 비파괴 점검장비 및 정밀 계측기기 등을 이용한다.

이러한 점검의 결과를 토대로 보수·보강공법을 제시하는 정밀안전진단이 실시되는데, 각 점검에 사용되는 장비는 그 목적에 따라 구별된다.

【해설】

점검 장비는 일상적 휴대장비 및 접근장비, 이동장비, 비파괴 시험장비, 여러 가지 계측기기 등을 들 수 있는데, 이들에 관한 구체적 명칭이나 용도에 관하여는 3.2 절의 점검항목 및 방법을 참고하기 바란다.

제 4 장 유지관리용 점검 시설 및 설치

4.1 유지관리용 점검 시설 및 설치

터널의 유지관리 활동은 근접점검 및 간단한 보수·보강 작업이 가능한 점검시설이 필요하며, 터널의 규모 및 중요도, 점검 시설의 경제성 등을 종합적으로 판단하여 이에 적합한 점검시설을 선정하고 설치하여야 한다.

【해설】

터널 시설물의 유지관리에 관한 기본적인 목적은 손상의 조기발견과 이의 원인 규명 및 신속한 대책을 수립하는 것이고, 이를 위해서는 정기적이고 지속적인 점검이 필요하게 된다. 현재 터널 시설물 유지관리를 위한 점검시설에 관해서는 "시설물 안전관리에 관한 특별법"에서 다음과 같은 시설을 유지관리에 필요한 부대시설이라 칭하였을 뿐 특별한 규정사항이 없다.

- ① 유지관리용 계단 및 난간
- ② 유지관리용 통로
- ③ 기타 유지관리에 필요한 부대시설

유지관리의 효율적인 운용이라는 관점에서 점검시설에 대한 세심한 고려가 필요하다. 즉 터널 특성에 맞는 적절한 점검시설을 확보해야 하며 점검시설 자체의 유지관리 뿐 아니라 이의 취급방법에 대해서도 충분한 주의를 기울여야 한다. 점검시설은 높은곳의 점검이 가능해야 하고 보수작업의 위험성을 감소시킬 수 있어야 하며 필요에 따라 설치와 해체에 드는 시간적·물리적

손실을 최소화 할 수 있어야 한다. 또한 점검시설의 종류에 따라서는 터널 시설물을 완성한 후에 설치하는 것이 극히 어려우므로 터널의 설계단계에서 점검시설에 관한 충분한 고려가 이루어져야 하는 것도 있다. 터널의 설계시점에서 고려해야 할 점검시설의 조건은 다음과 같다.

- ① 건축한계를 넘지 않는 범위 내에서 점검과 보수 작업에 필요한 공간이 확보되어야 한다.
- ② 터널 시공과 동시에 점검시설을 제작, 설치하는 것이 바람직하다.
- ③ 터널의 전부분에 대해서 점검과 보수작업이 가능한 구조여야 한다.
- ④ 작업시의 안전성이 보장되어야 한다.
- ⑤ 점검시설 자체에 대한 보수가 간단하고, 내구성이 좋아야 한다.
- ⑥ 조작이 간편하고 고장이 적어야 한다.
- ⑦ 구동장치는 만일의 경우를 대비해서 수동 구동장치 등의 안전장치를 고려해야 한다.
- ⑧ 점검작업중에도 교통장애를 최소화할 수 있어야 한다.

제 5 장 주요 손상부에 대한 대책 및 보고

5.1 손상조치의 종류

터널 시설물의 유지관리를 위한 점검 결과, 손상이 발견되었다면 손상의 진행을 억제시켜 시설물의 안전성과 기능성을 유지시키거나 시설물 자체의 내구성을 향상시킬 수 있는 손상조치가 필요한데, 이러한 손상조치의 종류는 다음과 같다.

- (1) 일상 조치 : 손상 예방을 위한 간단한 조치
- (2) 응급 조치 : 안전에 중대한 위험이 있어 임시적으로 긴급하게 보수·보강을 하는 조치
- (3) 보수·보강 조치 : 터널의 내구성과 사용성 확보 차원에서, 발생한 손상이 더 이상 진행되지 않도록 하거나 터널의 일부 또는 전체의 변형과 내력을 개량시켜 안전성을 확보하는 조치

【해설】

터널 시설물의 안전성과 기능성을 유지하기 위해서는 발생한 손상에 대해 즉각적인 적정 손상조치를 취하는 것이 필요하다. 특히 터널은 다른 시설물들과 달리 손상조치를 행함에 있어 접근 공간이나 교통량 등의 제약이 많기 때문에 변형 상황, 선로 조건, 시공 조건 등을 종합적으로 검토하여 손상대책을 수립하고 이에 해당하는 시공을 해야 한다. 또한 터널에 작용하는 외력이나 라이닝 안쪽의 지반과 지보상태 등에 대한 정확한 상황을 알기 어려우므로 지표나 라이닝면상에 나타나는 징후를 근거로 하여 경험적인 판단을 한 다음 손상조치공법을 선정해야 한다. 여기서는 이러한 손상의 조치를 일상 조치, 응급 조치, 보수·보강 조치로 나누었고 그 의미는 위와 같다.

5.1.1 일상 조치

일상 조치는 터널 시설물에 손상이 발생하기 이전에 예방적인 차원에서 실시하는 간단한 조치들로 그 내용은 다음과 같다.

- (1) 구조적 안정상태에 관한 일상 조치
- (2) 터널내 부속시설에 관한 일상 조치
- (3) 터널내 교통소통에 관한 일상 조치

【해설】

- (1) 구조적 안정상태에 관한 일상 조치

① 터널 라이닝 표면에서 탈락의 위험이 있는 부분은 제거하거나 볼팅을 해야하며 부실단면은 워터제트 등으로 청소해야 한다.

② 재료적 부식에 의한 손상에 대비하여 정기적으로 해당시험을 실시한다.

- (2) 터널내 부속시설에 관한 일상 조치

① 환기팬의 시험가동 및 작동시간을 실제 측정해 보고 정착상태를 확인한 후 문제가 있으면 볼팅한다. 또한 팬의 날개 등을 수시로 청소하고 윤활상태를 점검하여 적정량을 주입 한다.

② 터널내의 조명이나 신호 등의 시험작동을 해보고 이상이 있을시는 즉시 수리한다.

③ 터널내의 비상 전화기상태를 시험해 보고 이상이 있을시는 즉시 수리한다.

④ 화재감지기의 작동상태를 시험해 보고 이상이 있을시는 즉시 수리한다.

⑤ 비상구의 출입문 작동상태 및 조명상태를 시험해 보고 이상이 있을시는 즉시 수리한다.

⑥ 배수 시설과 관련된 맨홀의 상태를 점검하고 퇴적물 등이 있을 때는 이를 제거한다.

⑦ 펌프의 작동여부를 수시로 점검하고 이상이 있을시는 즉시 수리한다.

- (3) 터널내 교통소통에 관한 일상 조치

① 원활한 교통소통을 위하여 노면의 청소 및 정리를 철저히 해야 하며, 차선표시 등이 흐려졌을시는 즉시 도색작업을 해야한다.

② 안내표시나 반사경, 안전표시 등의 교통시설은 항상 식별이 가능하도록 깨끗한 상태를 유지시켜야 하며 제위치에 있는지 확인해야 한다.

③ 터널 입출구에 낙엽이 지거나 낙석 및 폭우에 의한 산사태 등은 교통소통에 지장을 줄 수 있으므로 이에 관한 점검 및 정리를 수시로 해야한다. 또한 터널 입출구 노면에 습기가 차거나 물이 고여 있으면 동절기에 결빙되어 대형사고의 원인이 되므로 이에 대한 점검 및 정리도 수시로 해야 한다.

5.1.2 응급 조치

터널 시설물에 발생된 손상을 방지하는 경우 대인이나 대물에 위해를 줄 가능성이 있는 손상 또는 시설물 자체의 손상이 급속히 확대될 가능성이 있는 경우에는 응급조치를 취해야 하고, 응급조치의 지속기간을 짧게 하는 것이 바람직하다.

【해설】

점검에서 발견된 손상의 종류가 시간적으로 임시적이나마 신속한 대책을 요하는 경우에는 응급조치를 취해야 한다. 즉, 손상을 그대로 방치할 경우 심각한 문제를 야기시킬 소지가 있거나 그 진행이 급속도로 확산될 징후가 보이는 경우에 대하여 응급조치를 실시한다. 응급조치는 상세한 역학적 검토없이 행해지므로 여러 가지 불안정의 요소를 내포하고 있다. 그러므로 응급조치의 기간이 길어지면 기준의 손상외에 부가적인 손상이 올 수 있으므로 보수·보강대책과 같은 영구조치를 빠른 시간내에 취해야 한다.

5.1.3 보수·보강 조치

터널 시설물에 관한 일상 점검이나 정기 점검, 긴급 점검, 정밀안전진단을 실시한 후 손상이 발견되면 해당 손상내용에 적절한 보수·보강 조치를 실시하여야 한다. 보수·보강 조치에 관한 구체적 항목들은 다음과 같다.

- (1) 균열에 관한 보수·보강 조치
- (2) 라이닝의 열화에 관한 보수·보강 조치
- (3) 배면의 공동에 관한 보수·보강 조치
- (4) 백화현상에 관한 보수·보강 조치
- (5) 동해에 관한 보수·보강 조치
- (6) 누수에 관한 보수·보강 조치
- (7) 중성화에 관한 보수·보강 조치

【해설】

(1) 균열에 관한 보수·보강 조치

균열은 어떤 한가지 이유에서 발생되는 것이 아니라, 라이닝의 이상, 백화, 동해, 누수, 열화, 중성화, 지압의 변화 등 다양한 원인 또는 이들의 복합적인 작용에 의해 나타나는 가장 보편적인 손상형태이다. 이러한 균열은 그 기준에 있어 구조물별로 차이가 있고 그 경우 또한 다양하다. 그러므로 균열의 보수는 구조물의 특성을 감안하고 그 밖의 현장여건 및 시공성과 경비 등을 고려하여 이루어져야 한다. 균열기준 및 각 경우에 대한 보수공법은 해설 표 5.1 과 같다.

(2) 라이닝의 열화에 관한 보수·보강 조치

라이닝의 열화는 우선 열화의 정도와 원인에 따라 보수·보강공법을 선정하지만, 열화부위와 라이닝면(과거에 시공한 보수재도 포함)의 낙하 유무, 한계 여유량의 정도 등도 종합적으로 고려할 필요가 있다. 열화의 원인은 특정한 원인일 수 있는데, 그 원인에 의한 열화의 진행이

현저한 경우에는 그 열화원인에 따른 대책 또한 필요하다. 즉, 지암에 의한 변형현상이 문제가 되고 있는 경우는 지암대책과 겸해 종합적으로 판단할 필요가 있고, 누수와 동결이 문제될 경우에는 누수·동해대책도 병행하여 검토할 필요가 있다. 터널 라이닝의 열화에 관한 보수·보강 조치는 다음과 같다.

해설 표 5.1 균열의 보수공법 분류

보수 목적	균열현상·원인	균열폭 (mm)	보수공법				
			표면 처리공법	주입 공법	충진 공법	그 밖의 공법	기타
방수성	철근이 부식되지 않은 경우	균열폭의 변동이 적다	0.2 이하	○	△		○
		0.2~1.0	△	○	○		
		균열폭의 변동이 크다	0.2 이하	△	△		○
		0.2~1.0	○	○	○		
내구성	철근이 부식되지 않은 경우	균열폭의 변동이 적다	0.2 이하	○	△	△	
		0.2~1.0	△	○	○		
		1.0 이상		△	○		
		균열폭의 변동이 크다	0.2 이하	△	△	△	
		0.2~1.0	△	○	○		
		1.0 이상		△	○		
	철근 부식						●
	염 해						●
	반응성 골재						●

(콘크리트의 균열조사, 보수, 보강지침, 일본콘크리트·공업협회, 1980, p90)

※ 1. 균열폭 3.0mm이상의 균열은 구조적인 결함을 수반하는 일이 많으므로 여기에 표시하는 보수공법 뿐만 아니라 구조내력의 보강을 포함하여 실시하는 일이 보통이다.

2. ○ 적당 ● 연구단계 △ 조건에 따라 적당

① 표면청소

② 깨어내기

③ Pointing

④ 보강판 붙이기

⑤ 철망 붙이기

⑥ 라이닝 보강

⑦ 보강 Saddle

(가) 표면청소

표면청소는 라이닝 표면이 매연, 유리석회, 백태, 박테리아 슬라임, 유지 등의 부착물이 묻어 있는

경우에 이 부착물을 제거하는 것으로서, 이러한 부착물을 오랫동안 방지하면 열화를 촉진하기도 하고, 터널내의 작업환경을 악화시키므로 적절히 이들을 제거하여야 한다.

(나) 깨어내기

균열과 줄눈부 등에서 발생할 수 있는 박리와 박락은 교통소통에 지장을 초래할 수 있으므로 해머와 정 등을 손상부위에 두들겨 이들을 떨어뜨리는 작업이 필요하다. 깨어낸 손상부위는 상황에 따라 적절한 보수재에 의한 단면보수가 필요하며, 다른 손상 처리공법의 사전처리공법으로서 이미 열화가 부분적으로 현저한 부위, 박리·박락의 우려가 있는 부위에 대하여는 같은 방법으로 깨어내는 것이 필요하다.

(다) Pointing

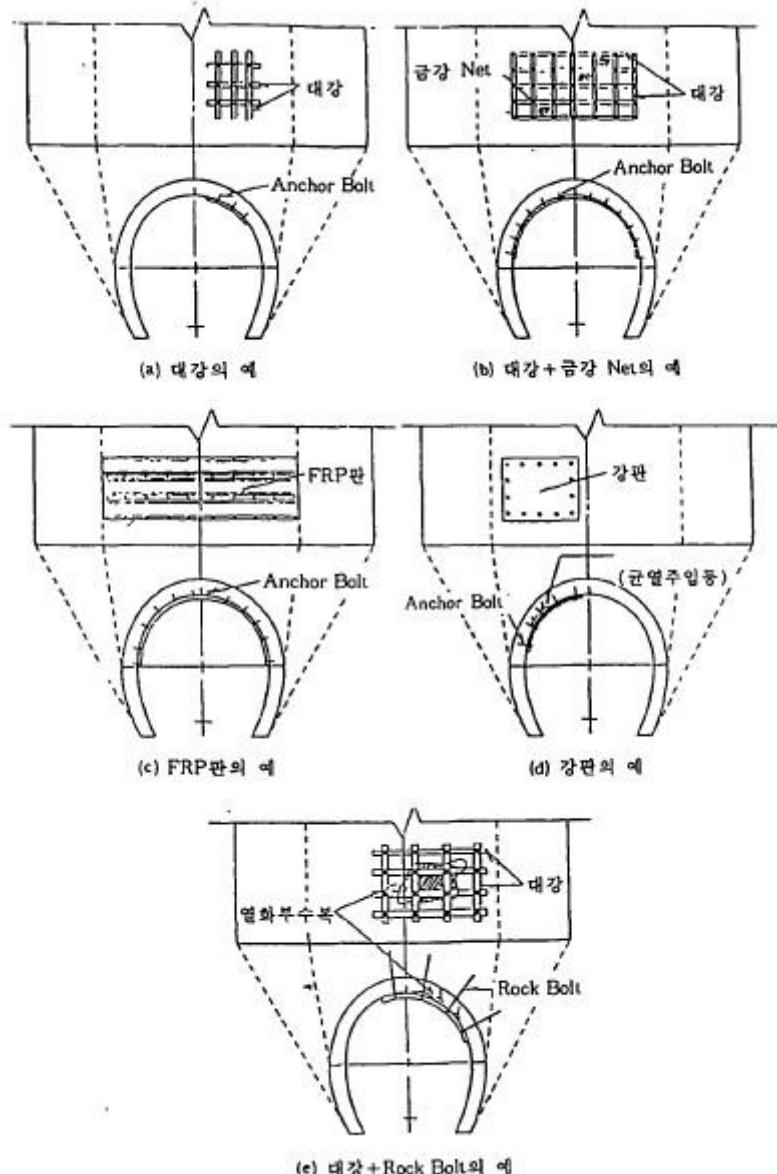
Pointing은 열화한 줄눈재를 제거하여 그 줄눈부에 모르타르 등을 충진하는 공법으로서, 작업시간이 오래걸려 작업효율이 떨어지는 단점이 있는 반면, 모재가 열화되지 않는 한 줄눈재의 보수만으로 라이닝 기능을 확실히 회복시킬 수 있다는 장점이 있다. 그러므로 줄눈은 열화되어 있지만 라이닝 자체에 지압 등의 외력에 의한 손상이 없는 경우에는 **Pointing**에 의한 보수가 바람직하다. 이 작업에 이용되는 **Mortar**의 배합은 부착성, 시공성, 내구성이 좋은 것이 얻어질 수 있도록 해야 하고, 누수가 광범위한 경우, 급결 시멘트와 경화촉진제, 고분자재료를 혼합한 모르타르를 사용한 수도 있다. 또한 이 작업에 앞서 시공범위 내에서 전기관계의 케이블 등이 작업에 지장을 주는 경우는 미리 방호처리를 해야 한다.

(라) 보강판

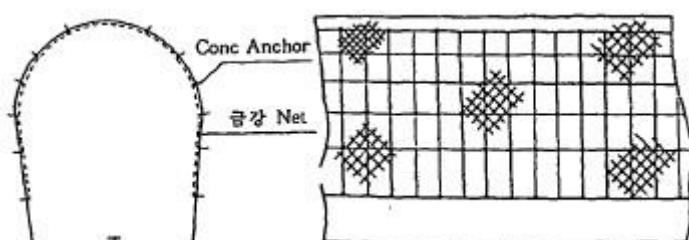
보강판에 의한 보수공법은 비교적 좁은 범위의 라이닝면에 평강과 동판 등을 **anchor bolt** 등으로 정착시켜 박락을 방지하는 공법이다. 기설 라이닝과의 일체화에 의해 라이닝의 내하력을 어느정도 강화시키는 것도 가능하지만, 일반적으로는 응급적인 보수·보강 조치로 사용된다. 해설 그림 5.1은 보강판에 의한 보수·보강 조치 예를 나타낸 것으로서, (a)는 열화부분을 평강과 형강으로 응급적으로 보강한 예이고, 소편의 박락방지를 위해서는 (b)와 같이 철망을 병행하는 것이 바람직하다. (c)는 도수도 겸하여 반투명의 **FRP Precast** 판을 사용한 예이며, (d)는 강판을 복공에 일체화한 것으로서 라이닝의 강도 증가를 어느 정도 기대하는 것이 가능하다. 또한 (e)는 열화부분을 평강과 형강으로 보강하고 이를 **rock bolt**로 지반에 고정시킨것으로서, 균열 등이 집중되어 있거나 열화와 박락이 현저한 부위에 적합한 방법이다.

(마) 철망 불이기

이 공법은 라이닝 표면의 균열이나 열화로 인한 비교적 작은 규모의 낙하 우려가 있을 때 사용하는 방법으로서, 라이닝표면에 앵커 볼트 등을 사용하여 철망을 고정시켜 낙하를 방지하는 공법이다. 시공 범위가 넓은 경우에는 평강이나 형강 등을 이용하여 철망이나 그물을 눌러 고정시켜야 하고, 낙하물이 크거나 지압 등 외력의 영향이 예상되는 경우에는 **Saddle**이나 락볼트를 병행하여 시공해야 한다.



해설 그림 5.1 보강판에 의한 보수·보강 조치 예



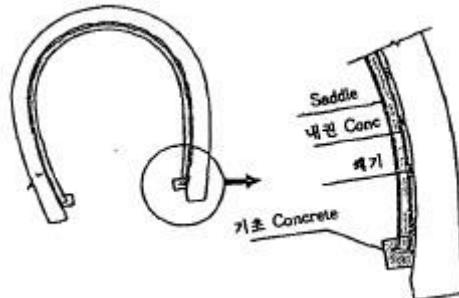
해설 그림 5.2 철망에 의한 보수·보강 조치 예

(바) 라이닝 보강

라이닝 단면에 발생한 열화손상의 규모가 넓게 퍼져있는 경우, 라이닝의 안쪽 단면상에 라이닝 재료를 덧붙여서 손상부위에 대한 보수·보강을 행하는 공법을 말한다. 이 공법에는 뿐어 붙임 방법(Shotcrete), 현장 콘크리트 타설방법이 있는데, 이들의 선택은 라이닝의 열화상태나 외력의 영향, 단면의 한계 여유량, 현지의 시공성 등을 감안하여 결정해야 한다.

(사) 보강 Saddle

보강 Saddle 공법은 박리나 박락이 위험성과 규모가 큰 경우나 열화에 의한 라이닝의 손상이 심각하여 신속한 조치가 필요할 때 행해지는 보수·보강 조치로서, 훈가공한 H 형강등의 강재를 라이닝 내면에 적당한 간격으로 설치하여 단면을 보강하는 공법이다.



해설 그림 5.3 보강 Saddle에 의한 보수·보강 조치 예

(3) 배면의 공동에 관한 보수·보강 조치

시공시 슷크리트 타설에 문제가 있던가, 인근 주변 지반에 폐광이 존재했거나 시공후 유지관리 등에 문제가 있을 경우 라이닝의 배면에 공동이 생길 수 있는데, 그 공동의 범위를 비파괴시험으로 조사하여야 하고 터널 시설물의 안전이 유지되도록 공동부분을 채워 라이닝의 작용압력을 균등화시킴으로서 라이닝의 내하력을 유효하게 이용해야 한다. 배면의 공동에 관한 보수·보강 조치로는 일반적으로 모르터 주입 등에 의한 충진공법이 많이 쓰이고 있다.

(4) 백화현상에 관한 보수·보강 조치

콘크리트 표면에 백색의 물질이 석출되는 백화현상에 관한 보수·보강 조치는 콘크리트를 완전히 건조시켜서 외관상 표면이 균일해 지도록 해야 한다. 외관상 표면이 균일해 지지 않으면 회석한 영산으로 처리하거나 모래방사 등에 의해 균일하도록 만들어야 한다. 단, 인산으로 처리할때는 처리 후의 잔류 인산을 물로 완전히 씻어내야 하되 직사광선을 피하고 바람이 없는 날씨에 시행해야 한다.

(5) 동해에 관한 보수·보강 조치

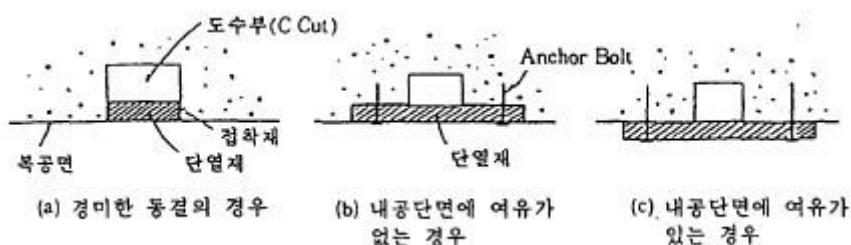
동해에 관한 보수 보강 조치를 하는 목적은 동결융해에 의한 라이닝재료의 열화방지, 배면지반의 동상압에 의한 터널의 손상방지, 고드름이나 측빙, 빙판 등에 기인한 차량운행에 유해한 영향의 방지, 터널내작업의 안전성 확보, 비동결시의 누수방지 등을 들 수 있다. 동해에 관한 보수·보강 조치 공법을 선정할 때는 누수와 동결의 상황 및 내공단면의 여유 등을 고려하여 적절한 공법을 선정하여야 한다. 대표적인 동해방지공법에는 U-Cut 단열재 삽입공법, 표면 단열처리공법, 이중 라이닝 단열처리공법 등이 있고 그 공법들을 선정하는 기준은 해설 표 5.2 와 같다.

해설 표 5.2 동해에 관한 보수·보강공법 선정기준

공법 선정 요인	누수·동결상태		선상의 누수 및 동결		비 고
	내공단면의 여유		여유 있음	여유 없음	
공법	여유 있음	여유 없음	여유 있음	여유 없음	
단열 공법	U-Cut 단열재 삽입공법	○	○		한냉의 정도가 작은 경우에 유효하고 단열재 폭이 U Cut 폭 이상으로 필요하다
	표면 단열처리공법	○		○	
	이중라이닝 단열처리공법			○ ○	복공의 강화가 필요한 경우, 개축과 병용한다
가열공법(전열 Heater)	○				한냉의 정도가 커서 국부적인 누수의 경우 사용되고, 전원이 필요하다.

(가) U-Cut 단열재 삽입공법

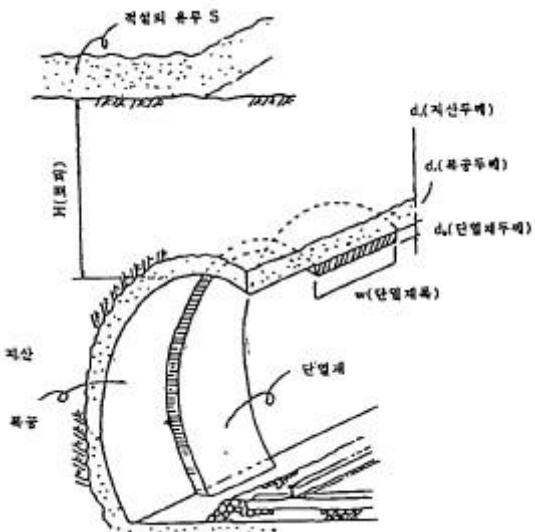
U-Cut 단열재 삽입공법이란, 단면의 이음부나 균열부 등의 누수·동결부위를 U 형으로 도려내 단열재를 삽입하거나 라이닝면에 길게 붙여 동결을 방지하고 선상도수하는 공법으로서 해설 그림 5.4 에 U-Cut 단열재 삽입공법의 예를 나타내었다.



해설 그림 5.4 U-Cut 단열재 삽입공법의 예

(나) 표면 단열처리공법

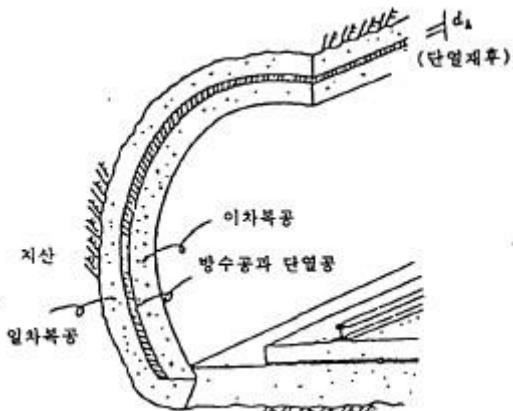
표면 단열처리공법은 라이닝표면에 단열재를 설치하는 공법으로서, 이 공법은 터널 시설물에 대한 동해대책공법으로서 가장 일반적인 공법이다. 표면 단열처리공법의 일반적인 구성은 라이닝표면측에서 누수방지를 위한 도수층, 단열층 및 화재방지를 위한 방재층의 3 층 구조로서, 단열재에는 발포 Poly-Ethlene 과 발포 Poly-Styrene, 발포 Urethane 등이 사용된다.



해설 그림 5.5 표면 단열처리공법 예

(다) 이중라이닝 단열처리공법

이중라이닝 단열처리공법은 뿐어붙임 콘크리트면에 방수шу트를 길게 붙인 후 발포 Urethane 등의 단열재를 뿐어붙이고 그 위에 2 차 라이닝 콘크리트를 시공하는 공법이다. 이중 라이닝 단열처리공법은 단열재가 라이닝 중간에 존재하므로 단열재 두께를 얇게 할 수 있고, 그 효과가 비교적 확실하며 내구성도 우수한 것으로 생각되는 등의 장점이 있으므로 동상압과 복공재로 열화가 현저하거나, 부분개축과 전면개축이 필요한 경우에는 이 공법에 의한 것이 바람직하다.



해설 그림 5.6 이중라이닝 단열처리공법 예

(6) 누수에 관한 보수·보강 조치

누수에 관한 보수·보강 조치는 대상이 되는 터널부위에 따라 선상의 누수방지공법과 면상의 누수방지공법으로 나뉜다.

(가) 선상의 누수방지공법

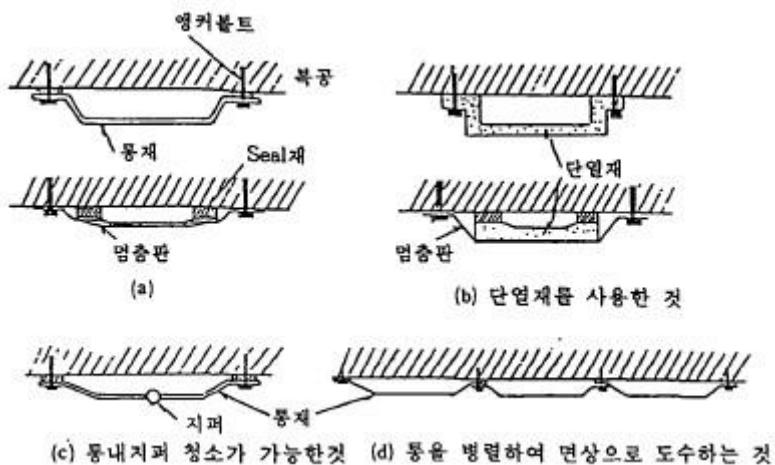
선상의 누수방지공법은 유도공법과 지수공법으로 나뉘는데, 유도공법은 라이닝의 시공이음과 균열등에서 발생하는 누수를 배수구로 이끄는 공법으로서, 이 공법은 다시 누수부위에 도수로를 설치하는 도수공법과 누수부위를 V 또는 U 형으로 절취하여 파이프나 합성고무 등의 재료를 그 절취부에 설치하는 절취공법으로 나눌 수 있다.

지수공법은 누수부위에 흙을 파서 급결성의 Mortar 등 비정형재료를 충진함으로서 누수를

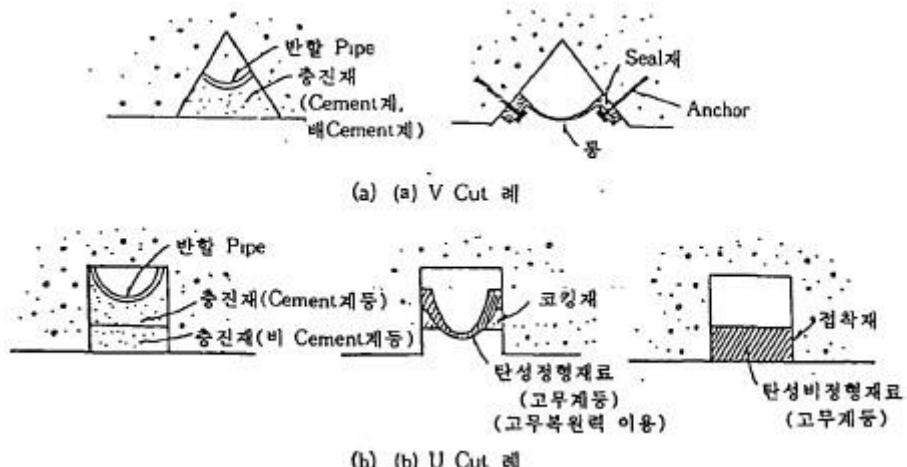
방지하는 공법이다. 대표적인 지수공법으로서는 V-cut에 의한 지수공법과 균열주입에 의한 지수공법, 금속거푸집을 이용한 지수공법 등을 들 수 있다.

(나) 면상의 누수방지공법

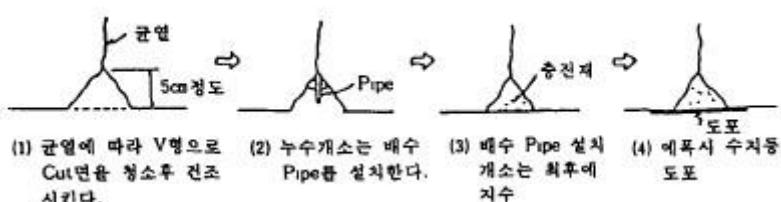
면상의 누수방지공법으로는 뽑어붙임 공법, 도포공법, 방수판을 이용한 공법 및 방수시트에 의한 공법등이 있고 이 밖에도 배면 주입공법이나 지하수위저하공법이 있다.



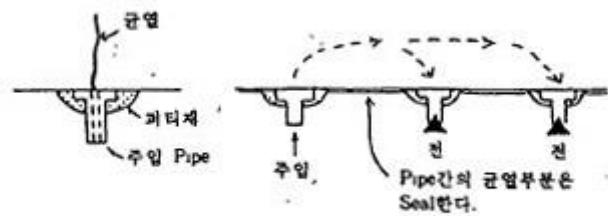
해설 그림 5.7 도수공법에 의한 누수방지공법 예



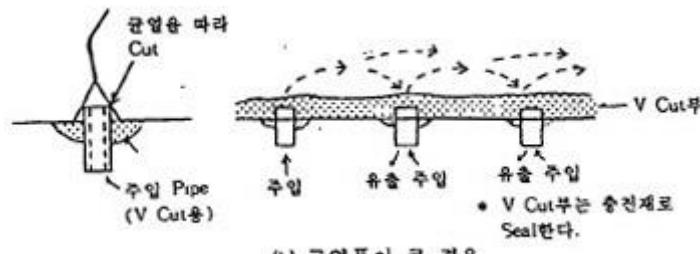
해설 그림 5.8 절취공법에 의한 누수방지공법 예



해설 그림 5.9 V-cut에 의한 지수공법 예

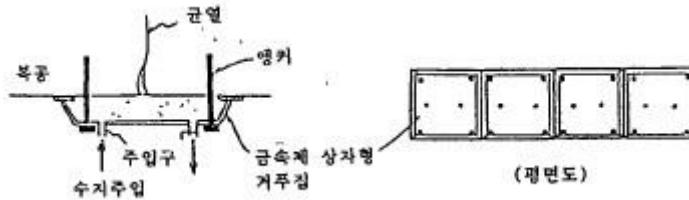


(a) 균열폭이 작은 경우



(b) 균열폭이 큰 경우

해설 그림 5.10 균열주입에 의한 지수공법 예



해설 그림 5.11 금속제 거푸집을 이용한 지수공법 예

(7) 중성화에 관한 보수·보강 조치

터널 내부의 콘크리트에 관한 중성화에 관한 시험요령은 해설 표 5.3 과 같은데, 이러한 시험을 통해 콘크리트 중성화 상태에 따른 시설물의 재령을 파악할 수 있고 콘크리트 표면의 강도를 예측 할 수 있다. 중성화에 의한 콘크리트 손상은 그리 큰 문제를 야기하지는 않는 것으로 알려져 있지만, 터널 시설물의 경우는 차량의 배기ガ스 등으로 인해 라이닝 콘크리트의 중성화가 다른 시설물에 비해 빠른 속도로 진행되므로 콘크리트의 표면도장과 같은 보수·보강·조치가 필요하다.

해설 표 5.3 중성화 시험요령

측정면	청소방법 (전처리면)	시약의 분무시기	증성화 깊이의 측정시기 (분무후의 경과시간)
현장 절삭 V커트면 코아 절제면	Blower	직후	직후
		3~6 시간후	1~10 분후
		1~7 일 후	1분~2 일후
	Blower 후 물축임	직후~1 일간	직후
		2~4 일후	직후~2 일후
		5~7 일간	직후
제취한 코어표면 콘크리트 코어절단면	물씻기	1 일후	10분~2 일후
수중양생후의 할열면	Blower	직후~1 일후	직후
수중양생후의 커터 절단면	물씻기 후 표면건조 분무전 면고르기	1 일후	10분~2 일후

(콘크리트 工學, Vol 26, No.7, 1988, pp106-110)

5.2 조치 방법 선정시 검토사항

터널 시설물에 관한 손상조치를 취하고자 할 때는 다음과 같은 사항들을 종합적으로 검토한 다음 적절한 조치방법을 선택해야 한다.

- (1) 구조적 적합성
- (2) 시공성 : 현장조건, 시공관리, 공기
- (3) 경제성
- (4) 대민 영향도
- (5) 미관
- (6) 기타

【해설】

- (1) 구조적 적합성

터널 시설물에 관한 손상조치방법중에는 손상부위의 구조적 위치나 형식, 재료적 성질 등에 의해 채택이 불가능한 방법도 있다. 그러므로 손상조치방법을 선정할 때는 이러한 점들을 충분히 검토하고 여기에 기술자의 경험적 내용도 감안하여 적합한 조치방법을 채택하는 것이 중요하다.

- (2) 시공성

손상조치방법을 선정할 때는 현장에서의 시공 가능성 및 교통규제(차선제한, 속도제한, 중량제한, 통행금지 등)의 필요성을 확인해야 한다. 또한 기술적 혹은 품질적면에서 시공관리가 충분히 가능한지를 검토해야 하며, 시공기간과 시기등도 검토해야 한다.

- (3) 경제성

손상조치방법을 선정하는데 있어 그 효과에 비해 과다한 경비가 소요되지는 않는지 각 방법에 대한 경제성도 검토해 보아야 한다.

(4) 대민 영향도

손상조치로 인한 주변 주민에 대한 교통장애나 생활환경에의 문제점이 없는지 고려해야 한다.

(5) 미관

손상조치후 손상조치가 전체적인 미관에 미치는 영향을 검토해야 한다.

(6) 기타

이외에도 손상조치 자체 및 그 영향과 사후관리 등도 포괄적으로 고려하여 합리적인 손상조치 방법을 선택하여야 한다.

5.3 조치 기록

수행된 모든 조치기록은 반드시 체계적으로 기록되어야 한다.

【해설】

터널 시설물의 손상조치에 대한 기록은 향후 점검과 유지관리에 반영될 수 있도록 반드시 체계적이고 일관되게 기록·보존되어야 한다.

제 4 편 항만

1. 항만 시설물의 종류 및 특성

1.1 항만 시설물의 종류

항만 시설물은 크게 나누면 다음과 같다.

- (1) 외곽 시설 : 방파제, 해안제방, 방사제, 도류제, 갑문 시설, 호안 등
- (2) 수역 시설 : 항로, 박지 등

(3) 계류 시설 : 안벽, 잔교, 돌핀, 디태치드 피어 등

(4) 육상 시설 : 하역 시설, 보관 시설, 임항 철도, 임항 도로 등

각 시설을 또는 이와 유사한 시설물에 대해서는 이 지침서의 규정에 따라 실정에 알맞도록 유지관리 해야한다.

【해설】

(1) 외곽시설

항만의 외곽 시설이란, 항내 수역의 안정된 수심을 유지하고, 항내 시설물을 파랑과 표사 등으로부터 보호하기 위하여 축조된 구조물로서, 그 종류는 다음과 같다.

(가) 방파제 : 외해로부터 들어오는 파랑 에너지를 약하게 하여 선박의 안전한 정박 및 하역의 원활화 및 항내 시설의 보존을 도모하는 기능을 가진 축조물이다.

방파제는 구조 형식에 직립제, 경사제, 혼성제 등이 있다.

① 직립제

전면이 연직 또는 연직에 가까운 제체로서 파랑을 전부 반사시키는 형식이다. 사용재료가 적고 제체가 일체이기 때문에 파력에 대한 저항력이 크며, 유지보수비가 적게 들고 방파제의 안쪽을 계류시설로 사용할 수 있는 장점이 있다. 그러나, 제체 저면적이 작아서 연약지반의 경우 소요지내력 부족 때문에 부적당하고, 케이슨과 같은 대형제체인 경우는 제작 및 설치에 많은 시설과 장비 투자가 필요하다.

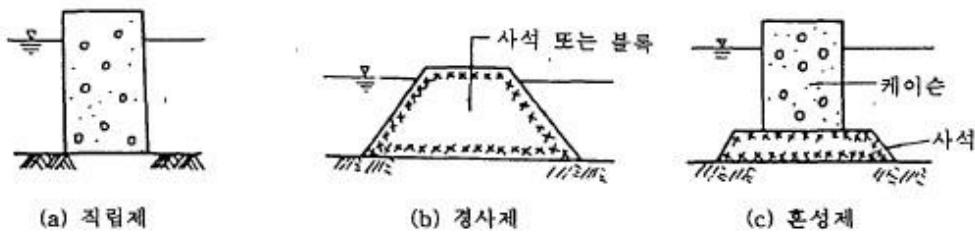
직립제의 종류로서는 케이슨식 연직제, 블록식 연직제, 셀블록식 연직제 등이 있다.

② 경사제

큰 부순돌 또는 콘크리트 블록을 바닷물 속에 넣어 양면이 자연 경사가 되도록 만든 방파제이다. 경사면의 표면에는 파력에 견딜 수 있을 정도의 무게가 큰 부순돌 또는 콘크리트 블록, 테트라포트(tetrapod)등으로 보강하고, 그 저부는 상치 콘크리트를 쳐서 부순돌이 흐트러지는 것을 막는다. 경사제는 연약지반에 적합하고 시공법이 간단하며 시공후 유지보수가 다른 형식의 방파제보다 쉬운 장점이 있으나, 파고가 큰 곳에서는 필요한 크기의 재료를 구하기가 힘들고, 특히 수심이 깊은 곳에서는 재료가 많이 듦다는 단점이 있다.

③ 혼성제

사석부를 기초로 하고 그 위에 직립제의 본체를 설치하는 형식으로서, 경사제와 직립제의 장점을 딴 것이라고 할 수 있다. 혼성제는 하부의 사석부가 상부의 하중을 분산시킬 수 있으므로 연약지반에도 적합하고, 상부의 직립부는 재료가 적게 들므로 수심이 깊은 곳에도 적합하다. 그리고 파암은 정수면 부근에서 가장 크므로 직립부에서 큰 파력에 견딜 수 있고, 해저 부근은 파력이 비교적 작으므로 사석으로도 충분히 견딜 수 있으므로 사석제의 단점인 사석이 흐트러지는 것을 상부의 직립부에서 방지할 수 있다.



해설 그림 1.1 방파제의 구조형식

(나) 해안제방 : 강풍이나 기압의 급격한 변화로 조위가 이상 상승할 때, 즉 고조시 바닷물이 육지에 침입하는 것과 파랑에 의한 월파 등을 막기 위하여 해안을 따라서 설치하는 제방으로서, 간척제방이 그 대표적인 예이다.

(다) 방사제 : 표사의 이동에 의하여 항만이 매몰되거나 해안이 침식되는 것을 막기 위해서 만든 제방으로서, 돌제 및 이안제 등이 있다.

(라) 도류제 : 하천에서 소류력에 의하여 밀려오는 토사나 해안의 표사가 항구에 침전하여 하구의 수심을 변화시키는 일이 없도록 하구에 하수 도류의 목적으로 만드는 제방이다.

(마) 갑문시설 : 수위가 다른 두 수면 사이를 선박이 정박, 항해할 수 있도록 하기 위해서 만든 시설로서, 인천항과 같은 폐구형에 사용되고 갑문구체, 문비, 구동 장치 등으로 되어있다.

① 갑문 : 갑문의 종류는 그 평면상 및 배치에 따라 단비실 갑문, 복비실 갑문, 복식 갑문, 계단식 갑문, 병렬 갑문 등이 있다.

② 문비 : 문비는 갑문용 문으로서, 마이터 게이트(mites gate), 섹터 게이트(sector gate), 리프트 게이트(lift gate), 슬라이딩 게이트(sliding gate) 등이 있다.

(바) 호안 : 계선안 이외의 물가 또는 파랑이 크지 않은 수로 등의 물가에는 육지의 유효 이용, 항로, 박지 또는 선박 계류 수면을 확보하기 위하여, 주로 흙막이 목적으로 호안을 설치 한다. 이 호안은 흐름이나 항내에도 파랑으로부터 육지를 보호하는 역할을 하지만 계선안벽으로 이용되는 것도 있다. 또 항내에도 파랑이나 흐름이 강한 곳에는 육지를 보호하기 위하여 호안을 설치한다. 구조로서는 주로 널말뚝식, 중력식이 많다.

(2) 수역 시설

선박이 안전하게 항행할 수 있는 항로 및 선박이 정박하여 하역 등의 작업을 할 수 있는 수면적, 즉 박지를 수역 시설이라 한다.

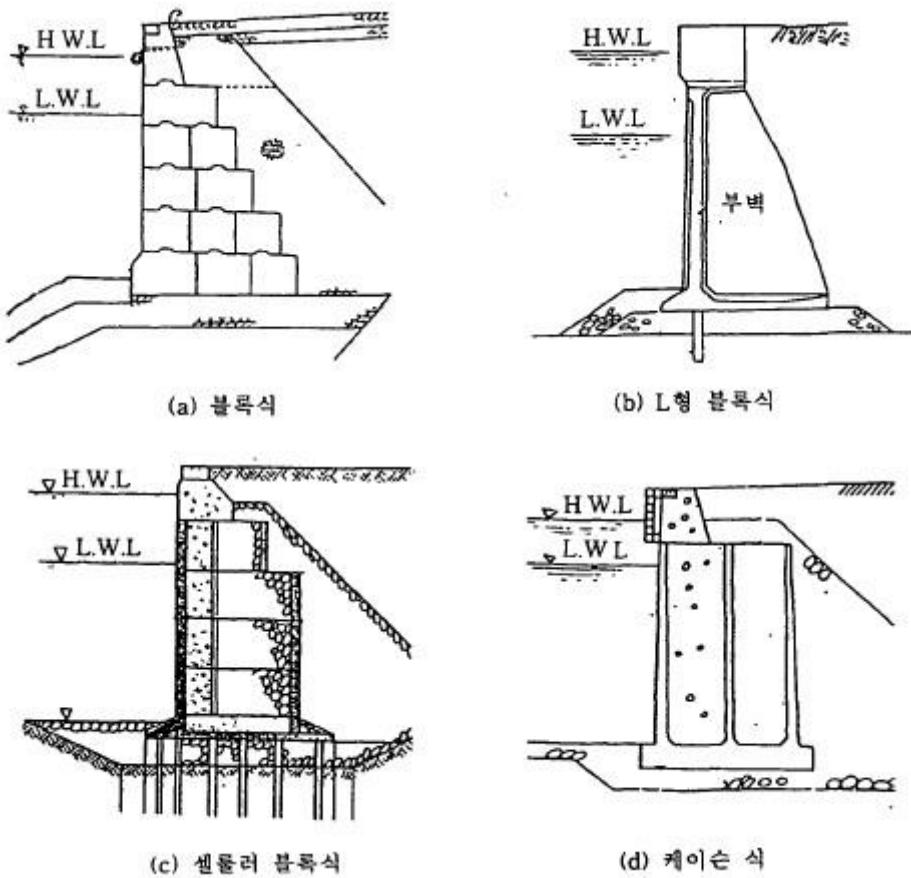
(3) 계류 시설

계류시설은 선박을 정박하고, 계류하기 위한 시설로서 계선안, 돌핀, 이 안식 안벽 등이 있다.

(가) 안벽 : 선박이 직접 접하는 시설물로서 배 달는 쪽은 벽면으로 하고 그 뒤쪽에 채운 흙의 층암에 견디도록 만든 옹벽 구조이다. 안벽을 구조형식에 따라 분류하면 다음과 같다.

① 중력식 안벽

토압, 수압 등의 외력에 대하여 그 자중과 마찰력에 의해서 저항하는 구조로서, 볼록식, L형 볼록식, 셀룰러 볼록(cellular block)식, 케이슨(caisson)식, 우물통식, 현장치기 콘크리트식 등이 있다.



해설 그림 1.2 중력식 안벽

② 널말뚝식 안벽

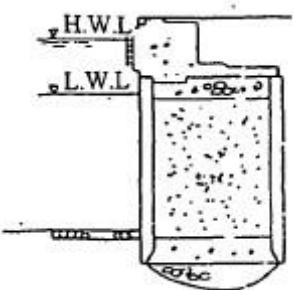
강널 말뚝 또는 콘크리트제 널말뚝을 박아서 토암에 저항하는 구조로서, 보통 널말뚝식, 자립 널말뚝식, 경사 말뚝식, 2 중 널말뚝식 등이 있다. 이것은 공비가 싸고, 시공이 용이하나 강널 말뚝은 부식하기 쉽다.

③ 셀(cell)식 안벽

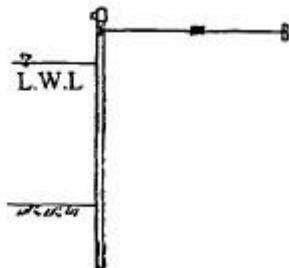
직선형 널말뚝을 원 또는 기타형으로 폐합시키는 형식이며, 속채움에 큰 돌 또는 흙을 사용한다. 이 형식은 강 널말뚝식과 강판식이 있다.

④ 선반식 안벽 : 하부를 말뚝기초로 하고, 그 위에 L형벽을 올려놓은 형식이다.

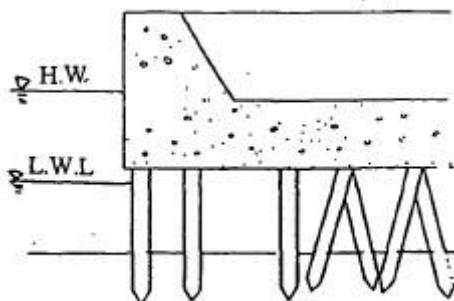
널말뚝 벽체상부에 설치한 선반에 의해서 널말뚝에 걸리는 토암을 경감시키는 한편, 수평력에 대해서는 널말뚝 근입부의 수동토압 및 널말뚝 배후에 탑입한 선반 지지 말뚝의 수평 저항력에 의해서 저항한다. 과재하중을 말뚝으로 지지하기 때문에 통상적인 널 말뚝식 암벽으로는 근입부의 수동토압이 부족해서 구조가 불가능한 연약지반상에도 축조 가능하다.



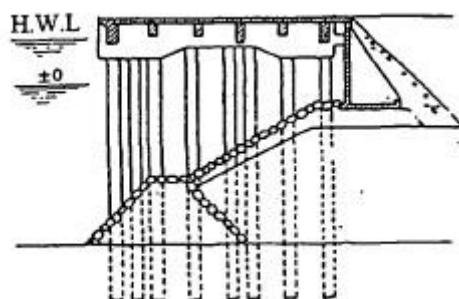
해설 그림 1.3 우물통식 안벽



해설 그림 1.4 널말뚝식 안벽



해설 그림 1.5 선반식 계선안



해설 그림 1.6 철근 콘크리트 잔교

(나) 잔교 : 선박을 계선하여, 육지와 연락하고 하역하기 위한 다리 구조물을 잔교라 한다.

잔교에는 고정잔교와 부잔교가 있다.

① 고정 잔교

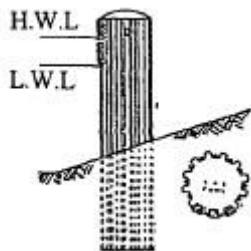
해안선에 나란하게 만든 횡선교와 해안선에 직각으로 만드는 돌제식 잔교가 있다. 돌제식 잔교는 토암을 받지 않으며, 횡잔교는 토암의 대부분을 토류사면이 받고 그 일부만 잔교가 받게 된다. 잔교는 지반이 약한 곳에도 적합하나, 수평력에 대한 저항력이 비교적 작다.

② 부잔교

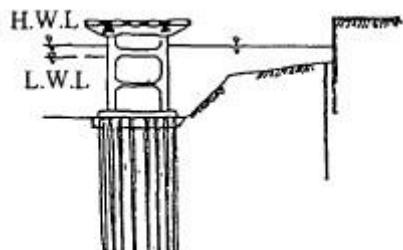
부함(pontoon)을 물에 띄워서 계선안으로 사용하는 것으로서, 간만의 차가 클 때 사용한다. 부함은 철제와 철근 콘크리트제가 있고, 육지와의 사이에는 가동교에 의해서 연결된다.

(다) 돌핀(dolphin) : 해안에서 떨어진 바다 속 말뚝 또는 기둥구조물을 만들어 계선안으로 사용하는 것으로서, 말뚝식, 케이슨 등이 있다.

(라) 디태치드 피어(detached pier) : 화물을 대량으로 취급하는 부두에서 궤도 주행식 하역 기계의 기초를 만들어서 계선안으로 사용하는 것이다. 이 구조는 잔교의 상판이 없는 것과 같으며, 구조형식에는 중력식, 널말뚝식, 말뚝 각주식 등이 있다.



해설 그림 1.7 강널 말뚝식 돌핀



해설 그림 1.8 말뚝 각주식 디태치드 피어

(4) 육상 시설

(가) 하역 시설 : 선박의 화물을 싣고 내리는 시설로서, 주로 하역기계로 되어 있다.

(나) 임항 철도 : 부두지대 안에 설치된 철도이다.

(다) 임항 도로 : 부두지대 안에 설치된 도로서, 이 도로의 나비는 대형선 부두일 때에는 12~25 m, 소형선 부두 일 때는 8~15 m 정도로 한다.

1.2 항만 시설물의 특성

항만 시설물은 해수 작용, 화학 작용, 기상 작용, 파랑이나 고형물에 의한 충격, 마모 작용 등을 받으며, 지반 침하 등의 여러 가지 요인에 의하여 기능과 안정성이 저하되므로, 기능 강화를 도모해야 한다.

【해설】

항만 시설물의 기능과 안정성의 저하는 품질의 노화, 외력의 작용, 지반의 침하 등의 여러 가지 요인이 단독 또는 복합되어 일어나는 것으로써, 시설물 형식의 종류, 손상요인의 작용 정도에 따라 손상의 종류나 정도도 여러 가지이며, 콘크리트 표층의 노화, 균열 및 콘크리트의 떨어짐, 강재의 부식, 부재의 파괴, 시설물의 활동, 전도 등 광범위하게 파급된다. 그러므로 이러한 것들에

대한 보수 방법도 여러 가지로 다르게 선택되어야 한다.

2. 항만 시설물의 손상의 종류와 원인

2.1 손상의 종류

항만 시설물에 생길 수 있는 일반적인 손상의 종류는 다음과 같다.

- (1) 제체의 활동, 경사
- (2) 지반의 침하에 의한 손상
- (3) 외력에 의한 손상
- (4) 콘크리트의 노화
- (5) 철근, 강재의 부식 및 손상
- (6) 기타의 손상

【해설】

항만 시설물은 설계나 시공의 잘못으로 인한 구조적인 불안정 요인들을 갖기도 한다. 가장 일반적으로 나타나는 손상으로는 재료의 결함, 시설물의 노후화, 파랑 또는 선반의 충돌 등에 의한 것 등을 들 수 있다.

- (1) 제체의 활동, 경사

설계 파고를 초과한 파랑이 작용해서 제체의 활동에 대한 안전율이 10 정도 되거나 혹은 제체 단지암이 지반내력을 초과하면 제체가 활동하기도 하고 기울어지기도 한다.

제체의 활동은 파력의 크기, 방향, 전면해역의 해저지형, 제체저면과 기초와의 접촉조건 등이 위치에 따라서 다르므로 제체는 모양이 변하고, 방파제는 법선 방향으로 요철이 생기고 길이방향으로 꾸불꾸불하게 된 상태로 된다. 그리고 활동량이 작을 때에는 방파제의 기능저하를 초래하는 것은 아니지만 형성된 큰절부 부위에는 파력이 집중하고 패해가 진행할 가능성이 높으므로 활동 및 전도 방지대책이 필요하게 된다.

- (2) 지반 침하에 의한 손상

제체 자중에 의한 지반의 부등침하로 이음부의 벌어짐, 기초공의 돌출 콘크리트슬래브의 파괴등이 일어난다. 그리고 안벽 건설후에 에이프런 바로 아래의 지반이 과도하게 침하하고, 에이프런 전면이 침하하여 시설의 기능이 저하하기도 하고 에이프런에 균열이나 햄몰 등의 손상이 생기기도 한다. 그 외 케이슨 속채움재의 침하와 뒷채움재의 유출에 따라 콘크리트 포장이 침하하기도 하고 균열이 발생하기도 한다.

(3) 외력에 의한 손상

선박의 충돌과 파랑 작용에 의해 안벽이 파괴되고, 채움재료가 유출되어 피해가 거듭 증가되기도 하며 상부공이 파괴되기도 한다. 또, 잔교에서는 파랑에 의한 양압력에 따라 안벽과 에이프런의 사이에 걸친 슬래브가 파손되기도 하고 밀어 올려져서 이동되는 수가 있다.

(4) 콘크리트의 노화

파랑 등의 해수작용에 의한 콘크리트의 노화와 부재내력의 저항에 의해 콘크리트가 파괴되기도 하고 잔교의 상부공 콘크리트에 콘크리트 포장을 직접 시공하는 경우에는 포장 콘크리트의 건조수축 및 온도변화에 의한 수축이 하층콘크리트에 구속되어서 포장면에 균열이 발생하는 것이 많다. 또, 잔교 상부공 콘크리트는 하역작업 중 충격에 의해 거더와 슬래브에 균열이 발생되기도 하고 슬래브하부의 습기 때문에 철근이 부식하여 균열도 발생하고 콘크리트가 떨어지는 수도 있다.

블록식 안벽에서는 동결융해작용과 하역기계의 주행에 의해 마모작용에 따라 표층콘크리트가 손상되기도 하고 단면의 일부가 손상되기도 한다.

(5) 철근, 강재의 부식 및 손상

콘크리트에 묻혀있는 철근이나 PC 강재는 거의 녹슬지 않으며 강도저하를 가져오지 않는다. 그러나 콘크리트의 균열을 통한 침투수 등에 의해서 강재가 손상될 때도 있다. 강 구조물은 주요 부재에 부식이 진행되면 주부재의 현재 보유 강도가 저하되며, 2차 부재 등이 부식하여 파단하게 되면 주부재의 안정을 저해할 가능성이 있다. 부식 현상이 강구조물에 미치는 영향은 광범위하고 심각한 것이며, 부식현상이 미치는 직접적인 손해는 구조물의 사용년수를 단축시키고 교체 비용을 증가시키며, 부식방지를 위해 드는 비용 등이 있다. 또한 간접적인 손해로는 구조물 및 부대장치의 기능저하, 부식에 대비한 설계비용의 증가, 재해의 유발 등이 있다. 따라서 강재의 내구성을 확보하기 위해서는 적절한 방청처리를 하여 강재의 표면에 녹이 발생하거나 진행시키지 않도록 특별한 주의가 필요하다.

(6) 기타의 손상

해안 제방 및 호안에는 파랑에 의한 밀다짐공의 흐트러짐과 기초하부의 세굴 및 그것에 부수되어 일어나는 제체 토사의 유출과 이음부의 벌어짐이 생기고, 고조시에 있어서 제방내외의 수위차에 의한 파돌리기공의 기울어짐, 이음부의 벌어짐이 있을 때 제체토사가 유출된다. 또, 제체 토사의 압출 침하에 피복 콘크리트가 함께 작용하지 않을 때 이음부의 벌어짐과 콘크리트의 파괴가 일어난다.

2.2 손상의 원인

항만 시설물에 발생하는 손상의 원인은 사용 재료의 역학적 특성과 구성 부재의 거동에 따라 여러 가지가 있다.

- (1) 외곽 시설 : 주로 파랑과 지반 침하에 의한 제체의 파손, 활동, 경사가 일어난다.
- (2) 계류 시설 : 선박의 충돌과 파랑, 지반 침하에 의한 파손, 구성부재의 노후화, 부식에 의한 손상이 생긴다.
- (3) 수역 시설 : 퇴적물에 의해서 수심의 확보가 어렵게 된다.

(4) 육상 시설 : 과다 적재하중, 구성재료 및 시설의 노후화 등에 의해 손상이 생긴다.

【해설】

항만 주요 시설물별 손상의 원인은 해설 표 2.1과 같다.

해설 표 2.1 주요 시설물별 손상의 원인

시 설	손상의 원인
방파제	외곽시설은 파랑에 의한 손상이 가장 많으며, 해저지반상태가 연약증일 경우에 오는 세체의 침하는 적은 편이다. 사석 경사제의 대부분 파랑에 의해 손상되며, 손상부분은 소파공의 붕괴와 침하 및 피복재 기능의 감소 등으로 인한 제체의 손상이다. 케이슨 방파제의 경우도 사석 경사제와 마찬가지로 파랑에 의한 손상이 많은 편이며, 해저지반의 세균현상에 의해서도 손상이 생긴다.
갑문	갑문 구체의 경우 콘크리트의 열화 및 손상이 생기고, 문비의 경우 선박 또는 예산의 충돌에 의한 파손, 변형, 균열, 마모, 부식, 그리고 용접부위의 결합 등이 발생한다.
중력식 안벽	암밀 침하에 의한 케이슨 침하와 뒷채움 토사의 침하 및 유출에 따른 에프론 파손 등이 생긴다.
널말뚝식 안벽	널말뚝의 변형, 부식에 의해 손상이 생긴다.
잔교	통상적으로 강관파일의 부식 상부공의 콘크리트 노후화로 인한 균열, 계선주, 차막이, 방충재 손상 등을 들 수 있다. 또한 이상시 파랑에 의한 손상은 상부공 콘크리트 균열, 널말뚝의 파손 및 침하 등이 있다.
수역시설(준설)	부유사 및 오염물질 등에 의해 퇴적되어 수심을 확보할 수 없는 상태가 발생된다.
임항도로	하역작업시의 부주의와 화물트럭의 적재 능력 초과에 의해 포장의 손상이 주로 발생된다.
보관시설 (아적장, 창고)	과다 적재 하중과 작업시 부주의로 인한 콘크리트 손상, 시설 노후화에 의한 손상, 시설 노후화에 의한 손상이 주로 발생된다.
하역 시설	주요 손상의 원인은 장비의 노후화, 기계 부품의 마모 등이다.

3. 항만 시설물의 점검

3.1 점검 계획

점검계획을 수립할 때 고려할 사항들은 다음과 같다.

- (1) 점검 형식의 결정
- (2) 이미 발생된 결함의 확인을 위한 기존 점검 자료의 검토
- (3) 점검에 필요한 인원, 장비 및 기기의 결정

- (4) 필요한 수중점검의 범위와 세굴 위험성에 대한 판단
- (5) 봉괴 유발 부재, 피로 취약 구조부의 유무
- (6) 재료시험실에 대한 적정성 여부의 판단
- (7) 점검 장비의 접근 방법
- (8) 점검시의 기상 상태
- (9) 타기관 및 주민과의 협조체제
- (10) 기타 관련 사항

【해설】

점검의 목적은 시설물의 현상태를 판단하여 상태평가 및 안정성 평가의 기본 자료를 제공하며, 시설물 상태와 노후화 정도에 대한 지속적인 기로, 그리고 부수 및 성능 회복 작업의 우선 순위 등을 결정하기 위한 것이다.

효과적이고 안전한 시설물의 점검을 위해서 철저한 사전 계획과 준비가 필요하다. 점검 계획은 시설물의 특성, 그 지역의 기상, 지형 및 지질에 대한 특성을 잘 인식하고, 변형 또는 결함을 확인하며, 적절한 시기, 주기 및 방법, 안전등을 고려해 수립해야 한다.

3.2 점검 항목 및 방법

점검 항목은 그 성격상 다음 두가지로 크게 나뉜다.

- (1) 점검종류별 점검 항목 : 일상점검시의 점검항목, 정기점검시의 점검항목, 긴급점검시의 점검항목, 정밀안전진단시의 점검항목으로 나누어 정한다.
- (2) 시설물별 점검 항목 : 각 시설물의 특성을 고려하여 정한다.

【해설】

(1) 점검 종류별 점검 항목

(가) 일상 점검시의 점검 항목

일상 점검은 될 수 있는대로 회수를 자주하여 실시하는 것이 좋으나 여건에 따라 한계가 있으므로 실정에 맞추어 정하도록 한다. 일상점검항목은 여러 가지가 있으므로 1 회점검으로는 모든 항목에 대하여 점검하는 것이 곤란하기 때문에 미리 중점항목을 정하여 결정하는 것이 좋다. 일상 점검에 필요한 항목은 해설 표 3.1 과 같다.

해설 표 3.1 일상점검 및 정기점검시의 점검항목

조사항목	점검항목
콘크리트부분	균열, 박리, 탈락, 철근 노출, 노면상태, 육안 처짐, 부대시설, 반발경도(정기점검시)
강재부분	부식, 균열, 도장, 받침부 상태

(나) 정기점검시의 점검항목

정기점검은 구조물의 안전을 도모하기 위하여 일상점검항목 외에도 구조물의 세부를 점검한다. 또 구조물의 기능저하를 일으키는 손상 및 2 차 손상을 진행시키는 재해를 조기에 발견함과 동시에 장래의 점검계획 및 보수계획을 위한 자료를 얻기 위하여 하는 것이다.

(다) 긴급점검시의 점검항목

긴급점검은 일상점검과 정기점검에서 발견된 중대한 이상, 파손에 대하여 실시하는 것 외에 태풍, 화재, 침수, 동해 등에 의해 재해가 발생하였거나 또는 우려가 있는 경우에 실시하며, 그 때의 손상 종류가 점검항목이 되는 것이다.

긴급점검의 자세한 점검 내용은 다음과 같다.

① 태풍후의 점검

구조물 전반에 걸쳐 점검을 하고 우수의 피해상황을 조사하여 보수가 필요한 위치를 파악한다.

② 화재후의 점검

구조내하력상의 문제점을 주로 점검하며 콘크리트의 강도 점검이 필요하다.

③ 침수후의 점검

주로 전기설비, 기계설비계통에 대한 전반적인 기능 점검이 필요하다.

④ 동해후의 점검

철근콘크리트 구조물은 기초가 뜨는 등의 염려가 거의 없으나 우각부, 선단부, 파라핏 상부 등은 동해를 받기 쉬우므로 한냉지에서는 해빙기에 일체 점검을 행하는 것이 바람직하다.

(라) 정밀안전진단시의 진단항목 : 정밀안전진단은 안전점검을 실시한 결과, 시설물의 재해 예방 및 안전성을 확보하고, 손상의 원인을 규명하며 보수·보강 선정을 위한 정보를 얻기 위하여 하는 것으로써, 진단항목은 해설 표 3.2 와 같다.

해설 표 3.2 정밀 안전진단 항목

조사 항 목		진단 항 목
기본 조사	입지환경조사	해상조건의 변화, 지반조사 및 토질시험, 수심측량, 오염물질조사
	외관조사	기초의 세굴, 변형 및 균열조사, 수중촬영, 콘크리트의 탈락 및 박리조사, 강재의 부식, 변형 및 용접, 도장상태의 조사, 변위조사 및 측량, 부대시설상태조사
내구성 조사	콘크리트 품질시험	반발경도시험, 초음파시험, 철근상태조사, 증성화시험, 코아채취
	실내시험	압축강도시험, 염분함량시험, 철근 인장강도시험
	강재 품질시험	강재 두께 측정, 도막 두께 측정, 용접 결합 검사
	실내시험	강도시험, 금속조직조사
내하력 조사		구조물 내하력 계산

(2) 시설물별 점검항목

항만 시설물의 세부 시설물별 점검항목은 해설 표 3.3 와 같으며, 전문 또는 특수 시설물의 유지점검 항목이 제시되어 있는 경우에는 이를 준용한다.

해설 표 3.3 세부 시설물별 점검 항목

시설물	점검 부위	점검 항목
방파제	본체 및 상부공	이동, 침하, 기울기, 균열, 콘크리트의 강도, 철근 노출 유무
	피복공	침하
	근고 블록	이동, 침하
	소파공	이동, 파손
	해저 지반	세굴, 퇴적
증력식 안벽	상부공	침하, 기울기, 균열, 콘크리트의 강도
	에이프론	침하, 기울기, 균열
	뒷채움 토사	침하, 유출
	방충재	파손
갑문	갑문 구체	균열, 철근 부식, 침하, 활동, 변위
	문비	파손, 변형, 균열, 부식, 마모, 도장 탈색
널말뚝식 안벽	널말뚝	부식, 널말뚝 법선의 요철
	에이프론	침하, 기울기, 균열
	방충재	파손
잔교	파일	부식
	상부 슬래브	균열, 철근 부식
하역시설	기초	변위, 균열, 부식

3.3 점검 결과의 기록

점검 결과는 소정의 점검양식 기입 원칙에 따라 정확하게 기록하여 보관해야 한다.

【해설】

시설물의 점검 자료는 시설물 유지관리에 있어서 가장 기본적인 자료인 동시에 가장 중요한 자료이므로, 일관된 양식에 의해서 작성되어야 하며, 이들을 체계적으로 보관해야 하는데 점검 결과는 다음의 항목에 따라 점검 양식에 기록하여 보존한다.

(가) 구조물 현황 : 건설년도, 규모, 입지환경, 재료, 피해이력, 보수 등의 공사기록

(나) 일상점검기록 : 점검기일, 점검자, 점검결과, 평가, 대책

(다) 정기점검기록 : 점검기일, 점검자, 점검결과, 평가, 대책

(라) 긴급점검기록 : 점검기일, 점검자, 점검결과, 평가, 대책

(마) 정밀안전진단기록 : 점검기일, 점검자, 점검결과, 평가, 대책

3.4 점검 결과의 판정

점검 결과 각 부재로부터 발견된 결함을 근거로 하여 결함의 범위 및 정도에 따라, A, B, C, D, E,의 5 가지 단계로 상태등급을 매기고, 상태등급에 따라 조치를 취한다.

【해설】

(1) 일상점검 및 정기(긴급)점검의 결과 판정

일상점검에서는 점검양식에 따라 주요부재 종류별로 평가하는 것을 원칙으로 하고, 정기점검에서는 각 부재별로 작성하되 문제 부위에 대하여 상세히 상태등급을 매긴다. 일상점검 및 정기(긴급)점검에서 시설물의 상태 평가 등급 기준은 해설 표 3.4에 따른다.

해설 표 3.4 일상점검 및 정기(긴급)점검의 평가등급 기준

등급	상태
A	문제점이 없는 최상의 상태
B	경미한 손상의 양호한 상태
C	보조부재에 손상이 있는 보통의 상태
D	주요부재에 전전된 노후화(강재의 피로균열, 콘크리트의 전단균열, 침하 등)에 긴급한 보수·보강이 필요한 상태로 사용제한여부를 판단
E	주요부재에 심각한 노후화 또는 단면손실이 발생하였거나 안전성에 시설물을 즉각 사용금지하고 개축이 필요한 상태

(2) 정밀안전진단의 결과 판정

정밀안전진단 결과는 점검항목별로 평가하고 그 결과 종합상태평가가 D 또는 E 급으로 판정된

경우에는 안전성 평가조서를 작성한다. 안전성 평가의 종합평가 결과는 다음과 같이 등급별로 관리 주체가 조치하여야 할 상황에 대한 지침을 제시한다. 정밀안전진단에서 시설물의 상태평가 등급 기준은 해설 표 3.5 에 따른다.

해설 표 3.5 정밀안전진단의 평가 등급 기준

등급	상태
A	손상이 없거나 경미
B	발생된 손상이 심각하지 않음
C	발생된 손상이 구조물에 심각한 영향은 없음
D	발생된 손상이 심각하나 별도의 응급처치는 불필요
E	발생된 손상이 심각

3.5 점검 장비

항만 시설물의 점검에 사용되는 점검 장비는 일상적 휴대 장비, 접근 장비, 비파괴 점검 장비로 구분되며, 각 점검별 사용 장비는 다음과 같다.

- (1) 일상점검 : 일상적 휴대 장비 및 간단한 접근 장비를 이용한다.
- (2) 정기점검 : 일상적 휴대 장비, 접근 장비 및 간단한 비파괴 점검 장비를 이용한다.
- (3) 긴급점검 : 일상적 휴대 장비, 접근 장비, 비파괴 점검 장비를 이용한다.
- (4) 정밀안전진단 : 일상적 휴대 장비, 접근 장비, 비파괴 점검 장비 및 각종 정밀계측장비를 이용한다.

【해설】

시설물 점검에 사용되는 점검 장비의 종류는 해설 표 3.6 과 같다.

해설 표 3.6 점검 장비의 종류

구 분	점검 장비	진단' 단계		
휴대장비	망원경, 확대경, 손정동, 카메라; 필기도구(혹판, 분필, 스프레이), 줄자, 교통규제기구 등	1,2,3차 진단		
측량장비	레벨, 평판, 데오드라이드, 측심기, 음파측정기	3차 진단		
접근장비	사다리, 보조등반장비, 출사다리	1,2,3 차 진단		
	점검차(굴절차)	2,3차 진단		
	점검보트	2,3차 진단		
	수중카메라	2,3차 진단		
비파괴장비	콘크리트강도 콘크리트균열 및 결합탐사	슈미트햄머, 초음파탐사기, 탄성파탐사기 등 초음파탐사기, 탄성파탐사기, 레이저탐사기, 적외선카메라, 레이다탐사기 등	2,3차 진단 3차 진단	
	손상탐사장비	철근탐지 철근부식탐지	철근탐사기, 방사선투과기 등 부식측정기	2,3차 진단 3차 진단
	콘크리트열화도 염해탐사	중성화시험, 알칼리끌재반응시험 등 재료시편에 대한 염해시험	3차 진단 3차 진단	
	표면균열탐지	자기입자탐사기, 초음파탐사기, 염료침투시험기, 와동전류기 등	2,3차 진단	
	내부결합탐지	초음파탐사기, 방사선투과기 등	3차 진단	
	용접부 결합	초음파탐사기, 방사선투과기 등	3차 진단	
	파로균열탐사	자기입자탐사기, 초음파탐사기, 염료침투시험기	3차 진단	
	용력부식탐사	자기입자탐사기, 염료침투시험기	3차 진단	
	두께검사	초음파탐사기, 방사선투과기 등	3차 진단	
	토질탐사	레이다탐사기, 전기탐사기 등	2,3차 진단	
부분탐사	콘크리트강도측정	Pull-out, Pull-off, Break-off, 코아채취, 관입저항 등	3차 진단	
	파토질제방의 토성	코아채취, 표준관입시험, 공내색소주입시험, 현장투수시험 등	3차 진단	

주) 1. 1차진단 : 일상점검, 2차진단 : 정기점검, 3차진단 : 정밀안전진단

4. 유지관리용 점검 시설 및 설치

4.1 유지관리용 점검 시설 및 설치

항만 시설물에는 근접점검 및 간단한 보수·보강작업이 가능한 점검시설이 필요하며, 시설물의 규모 및 중요도, 점검시설의 경제성 등을 종합적으로 판단하여 이에 적합한 점검시설을 선정하고 설치해야 한다.

【해설】

시설물 유지관리의 기본은 시설물 손상의 조기발견과 이의 원인 규명 및 신속한 대책을 수립하는 것이다. 따라서, 이를 위해서는 정기적이고 지속적인 점검이 필요하게 된다. 현재 시설물 유지관리를 위한 점검시설에 관해서는 특별한 규정이 없으나, 유지관리의 효율적인 측면에서 점검시설에 관한 고려가 필요하다.

점검시설은 종류에 따라서 시설물을 완공한 후에는 설치하기가 어려우므로, 설계단계에서 고려해야 할 것도 있다. 시설물의 설계단계에서 고려해야 할 점검시설이 갖추어야 할 조건은 다음과 같다.

- 1) 점검 및 보수작업의 목적에 알맞아야 한다.
- 2) 점검과 보수작업에 필요한 공간이 확보되어야 한다.
- 3) 시설물 시공과 동시에 점검시설을 제작, 설치하는 것이 바람직하다.
- 4) 시설물 전 부분에 대해서 점검과 보수작업이 가능한 구조이어야 한다.
- 5) 작업시에 안전성이 보장되어야 한다.
- 6) 점검시설 자체의 보수가 간단하고, 내구성이 좋아야 한다.
- 7) 조작이 간단하고 고장이 적어야 한다.
- 8) 구동장치는 만일의 경우를 대비하여 수동 구동장치 등의 안전장치를 고려해야 한다.
- 9) 점검작업중에도 교통장애를 최소화할 수 있어야 한다.

5. 주요 손상부에 대한 대책 및 보고

5.1 손상 조치의 종류

발생된 손상에 대해서는 항만시설물 관리자에게 보고하며, 손상의 정도에 따라 적절한 조치를 취해야 한다. 손상조치의 종류는 다음과 같다.

- (1) 일상 조치 : 손상 예방을 위한 간단한 조치
- (2) 응급 조치 : 안전에 중대한 위험이 있어 임시적으로 긴급하게 보수 및 보강하는 조치
- (3) 보수·보강조치 : 항만시설물의 내구성과 사용성 확보 차원에서, 발생한 손상이 더 이상 진행되지 않도록 하거나 항만시설물의 일부 또는 전체의 변형과 내력을 개량시켜 안전성을 확보하는 조치

【해설】

시설물의 안전성과 기능을 유지하기 위하여 발생한 손상에 대해 즉각적인 적절한 조치를 취해야 한다. 또한 손상을 예방을 위하여 손상발생의 여부와 관계없이 청소나 부분도장 등의 조치를 취하는 것도 손상조치에 포함된다.

본 지침서에서는 손상의 조치를 일상조치, 응급조치, 보수·보강조치로 분하였다.

5.1.1 일상 조치

일상조치는 항만시설물에 손상이 생기기전에 미리 실시하는 간단한 조치로 다음과 같다.

- (1) 시설물 청소
- (2) 배수구 관리
- (3) 부분 도장
- (4) 윤활유 주입
- (5) 부대시설의 관리

【해설】

(1) 시설물 청소

일반적으로 접근이 가능한 모든 부재를 대상으로 연 1 회는 청소를 하고, 특히 조명, 표지판, 등에 먼지가 묻어 그 기능을 저하할 때에는 수시로 청소한다.

(2) 배수구 관리

집중호우로 인해 배수구에 모래나 기타 퇴적물이 쌓이는 것을 방지하고, 수역시설내에 오염 물질의 유입을 막는다.

(3) 부분 도장

강재의 갑문시설의 문비나 강재 부분의 칠이 벗겨진 곳을 부분적으로 칠하여 강재의 부식을 막는다.

(4) 윤활유 주입

문비의 룰러 등 각종 작동장치에 윤활유를 주입하여 작동이 쉽게 되도록 한다.

(5) 부대시설의 관리

안벽의 방충제, 차막이, 계선주 등을 손질한다.

5.1.2 응급 조치

발생된 시설물의 손상을 방지할 경우 대인, 대물에 해를 줄 가능성이 있거나, 또는 시설물 자체의 손상이 급속히 확대될 가능성이 있는 경우에는 응급조치를 취해야 한다.

【해설】

점검에서 발견된 손상에 대해서는 그 원인을 파악하여 정확한 조치를 취해야 하나 긴급성을 요하는 경우에는 응급조치를 해야 한다. 즉, 손상을 그대로 두면 위험을 줄 수 있거나 손상이 급속히 확대될 가능성이 있는 것은 시설물의 규모 및 환경조건에 따라 응급조치를 하거나 사고 방지조치를 해야 한다.

5.1.3 보수·보강 조치

항만시설물에 관한 일상점검이나 정기점검, 긴급점검, 정밀안전진단을 실시한 후 손상이 발견되면 해당 손상내용에 적절한 보수·보강조치를 실시하여야 한다. 보수·보강 조치에 관한 항목들은 다음과 같다.

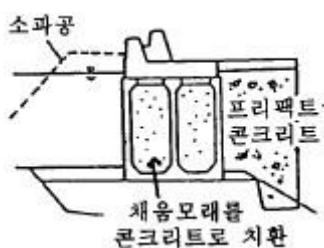
- (1) 활동·경사에 대한 보수·보강조치
- (2) 지반침하에 대한 보수·보강조치
- (3) 외력에 의한 손상에 대한 보수·보강조치
- (4) 콘크리트의 노화에 대한 보수·보강조치
- (5) 철근, 강재의 부식에 대한 보수·보강조치
- (6) 기타의 손상에 대한 보수·보강조치

【해설】

(1) 활동·경사에 대한 보수·보강조치

방파제의 활동·경사에 대한 대책으로는 활동에 대한 저항력을 증강시키는 공법, 파암의 감소를 도모하는 공법 또는 이런 것을 조합한 공법이 사용된다.

활동저항을 증가시키는 공법은 제체의 배면에 프리팩트 콘크리트를 시공하여 제체폭을 확대하는 방법, 케이슨 채움모래의 일부를 제거하고 콘크리트를 치는 방법 등이 있으며 파력을 감소시키는 공법으로는 해설 그림 5.1과 같이 제체 전면에 소파공을 설치하는 방법이 있다.



해설 그림 5.1 제체의 변위에 대한 대책

(2) 지반침하에 대한 보수·보강조치

(가) 제체의 침하 : 제체의 자중으로 인한 지반의 부등침하로 생긴 이음부의 벌어짐은 모르타르 충진공법으로 보수한다. 상부공의 슬래브의 파괴에 대해서는 파괴의 정도에 따라 슬래브를 제거하고 재시공을 하기도 한다.

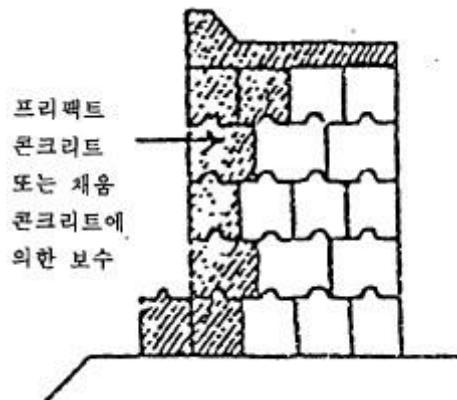
(나) 안벽 : 지반침하로 생긴 에이프런에 균열이나 향몰 등의 손상에 대해서는 상부구조를 제거하고 기설말뚝에 말뚝이음을 하여 소정의 높이로 에이프런을 재시공하기도 한다. 그 이외에 케이슨 속채움재의 침하와 뒷채움재의 유출에 따라 콘크리트포장이 침하하기도 하고 균열이 발생하기도 한다. 이와 같은 포장에 있어서는 포장의 손상에 대한 덧씌우기를 행한다.

(3) 외력에 의한 손상에 대한 조치

(가) 방파제 : 파암에 의해 생기는 케이슨 벽체, 상부공의 균열과 파괴에 대해서는 제체 파손부를 수중콘크리트에 의해 복구함과 동시에 제체 전면에 소파공을 설치하는 방법과 잔존 케이슨 상부를 파쇄, 철거하여 그 위에 사석이나 소파블록으로 제체를 조성하는 방법 등으로 보수한다.

폭풍우 등으로 선박이 충돌하여 케이슨 벽체와 상부공이 파괴되기도 한다. 이런 경우에는 벽체가 손상된 케이슨 격실은 상부공 및 피복콘크리트를 화약으로 파쇄, 철거하고 손상을 받은 깊이까지 채움재를 제거하여 수중콘크리트로 격실을 복원하고 상부콘크리트를 타설하는 등으로 보수한다.

(나) 안벽·선박의 충돌로 안벽이 파괴될 경우에는 방파제 케이슨의 경우와 같은 방법으로 적절한 보수공법에 따라 보수한다.



해설 그림 5.2 블록식 방파제의 보수 예

(다) 잔교 : 파암에 의해 말뚝식 잔교의 상부콘크리트에 균열이 생길 때에는 말뚝머리를 서로 형강으로 연결하여 강성을 높이며, 동시에 균열이 발생한 슬래브에는 에폭시수지를 주입하여 보수한다.

(4) 콘크리트 노화에 대한 보수·보강조치

(가) 블록식 안벽 : 블록식 안벽에서는 동결융해작용과 하역기계의 주행에 의한 마모 작용에 따라 표층콘크리트가 손상되기도 하고 단면의 일부가 손상되기도 하는 것이 있다. 이와 같은 손상에 대해서는 블록 및 에이프런을 제거하고 그 부분을 새로운 콘크리트로 교체하여 보수한다.

(나) 잔교

잔교의 상부공 콘크리트는 하역작업 중 충격에 의해 거더와 슬래브에 균열이 발생되기도 하고, 슬래브 하부의 습기 때문에 철근이 부식하여 균열이 발생하여 콘크리트가 떨어지는 수가 있다. 균열에 대하여는 일반적으로 에폭시수지를 주입한다. 균열이 과대하게 발달했을 때와 떨어짐 등의 손상이 현저한 때에는 주변의 이완된 콘크리트까지 충분히 깍아내어 에폭시수지를 도포하기도 하고 또는 하부면에 모르터를 주입하는 등의 대책을 강구한다.

잔교의 상부공 콘크리트에 콘크리트 포장을 직접 시공하는 경우에는 포장콘크리트의 건조수축 및

온도변화에 의한 수축이 하층콘크리트에 구속되어서 포장면에 균열이 발생하는 것이 많다. 이와 같은 균열을 방지하기 위하여는 상부공 콘크리트와 포장콘크리트와의 접촉면에 노반지를 까는 등의 방법으로 양자의 부착을 방해하든지 혹은 포장콘크리트로서 팽창콘크리트를 사용한다.

(5) 철근, 강재의 부식에 대한 보수·보강조치

(가) 철근 : 콘크리트 속에 묻혀 있는 철근은 콘크리트의 균열, 떨어짐, 종성화 등에 의하여 부식이 되므로, 콘크리트에 생긴 균열과 떨어짐을 보수하고, 철근피복 두께를 충분히 확보해야 한다. 구조물의 환경에 따른 피복두께가 해설 표 5.1 과 같다.

해설 표 5.1 철근 콘크리트의 피복두께(AASHTO)

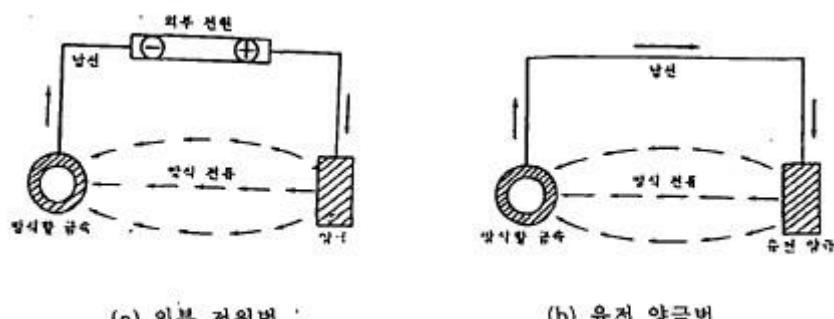
구조물의 환경	피복두께(cm)
해수에 직접 접촉한 경우	10
지반에 접한 경우	7.6
해안구조물	7.6
제설물의 영향권에 있을 경우	6.4
타이어 혹은 체인에 의한 마모전의 상관	6.4
상기 이외의 대기에 접한 경우	5.0

(나) 강재 : 강재의 부식은 전반적으로 한꺼번에 진행하는 경우에는 별로 없으며 국부적으로 진행되어 강재의 내하력을 감소시키는 경우가 많다. 따라서 내하력에 크게 영향을 주는 부분이면서 부식되기 쉬운 부위를 특히 엄밀히 검사하고 부식 정도가 커지기 전에 도장을 하는 것이 바람직하다. 또한 이러한 부위에 먼지나 물이 고이는 일이 없도록 주의하여야 하며 배수가 잘 되게 한다.

특히, 안벽의 강널말뚝이나 잔교의 강관말뚝과 같이 물속이나 땅속에 묻혀 있는 강재는 전기방식법을 사용한다. 전기방식법은 방식할 금속체를 음극(-)으로 하고, 외부를 양극(+)으로 하여, 그 표면에 물 속 또는 흙 속을 통하여 전류를 흘려서 부식을 막는 방법으로서, 외부전원법과 유전양극법이 있다.

① 외부 전원법

물속 또는 흙 속에 전극을 설치하여, 이것을 외부 직류전원의 양극에 연결하고, 또 방식할 금속체를 외부 전원의 음극에 연결하여, 전극으로부터 방식할 금속체의 표면에 방식 전류(음극 전류)를 흐르게 하는 방식이다. 이 방식은 유전 양극법에 비하여 초기에 비용이 적게 들며, 오랫동안 사용할 수 있으나, 전력비용이 많이 듦다.



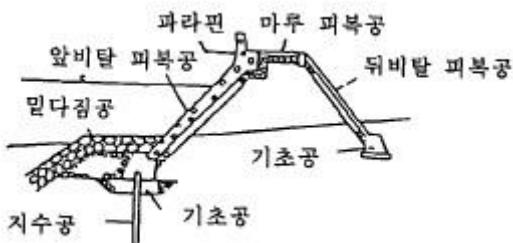
해설 그림 5.3 강재의 전기 방식법

② 유전 양극법

성질이 다른 금속 사이의 전위차를 이용하여 방식 전류를 흐르게 하는 것으로서, 방식할 금속체를 음극으로 하고, 바닷속 또는 땅 속에 이보다 낮은 전위의 양극(마그네슘, 아연, 알루미늄 및 이들의 합금)을 연결하여 방식할 금속체의 표면에 방식 전류를 흐르게 하는 방식이다. 이 방법은 비교적 적은 전류일 때 사용한다. 양극의 수명은 10~20 년이며, 수명을 다하면 다시 다른 것으로 바꾸어야 한다.

(6) 기타의 손상에 대한 조치

해안제방 및 호안의 밀다짐공 흐트러짐, 이음부의 벌어짐, 마루콘크리트의 파괴 등은 방파제나 안벽의 경우와 같이 보수한다.



해설 그림 5.4 해안 제방의 단면

5.2 조치방법 선정시 검토 사항

가능한 조치를 취하고자 할 때 다음과 같은 사항들을 검토해 종합적으로 판단해야 한다.

- (1) 구조적 적합성
- (2) 시공성
- (3) 경제성
- (4) 대민 영향도
- (5) 미관
- (6) 기타

【해설】

(1) 구조적 적합성

항만 시설물에 관한 손상조치방법중에는 손상부위의 구조적 위치나 형식, 재료적 성질 등에 의해 채택이 불가능한 방법도 있다. 그러므로 손상조치방법을 선정할 때는 이러한 점들을 충분히 검토하고 여기에 기술자의 경험적 내용도 감안하여 적합한 조치방법을 채택하는 것이 중요하다.

(2) 시공성

손상조치방법을 선정할 때는 현장에서의 시공 가능성 및 교통규제(차선제한, 속도제한, 중량제한,

통행금지 등)의 필요성을 확인해야 한다. 또한 기술적 혹은 품질적면에서 시공관리가 충분히 가능한지를 검토해야 하며, 시공기간과 시기등도 검토해야 한다.

(3) 경제성

손상조치방법을 선정하는데 있어 그 효과에 비해 과다한 경비가 소요되지는 않는지 각 방법에 대한 경제성도 검토해 보아야 한다.

(4) 대민 영향도

손상조치로 인한 주변 주민에 대한 교통장애나 생활환경에의 문제점이 없는지 고려해야 한다.

(5) 미관

손상조치후 손상조치가 전체적인 미관에 미치는 영향을 검토해야 한다.

(6) 기타

이외에도 손상조치자체 및 그 영향과 사후관리등도 포괄적으로 고려하여 합리적인 손상조치방법을 선택하여야 한다.

5.3 조치의 기록

수행된 모든 조치는 반드시 기록해야 한다.

【해설】

항만시설물의 손상조치에 대한 기록은 향후의 점검과 유지관리에 반영될 수 있도록 반드시 체계적이고 일관되게 기록하여 보존해야 한다.

제 5 편 댐

제 1 장 댐 시설물의 종류 및 특성

1.1 댐 시설물의 종류

댐 시설물은 다음과 같이 크게 나뉜다.

- (1) 댐체
- (2) 여수로
- (3) 취수 시설
- (4) 도수 시설
- (5) 수문 시설
- (6) 기타 시설

각각의 시설물 또는 이와 유사한 시설물에 대해서는 이 지침서의 규정에 따라 실정에 알맞도록 관리를 해야 한다.

【해설】

- (1) 댐체

댐은 사용 재료에 따라 콘크리트댐과 필댐으로 나뉜다.

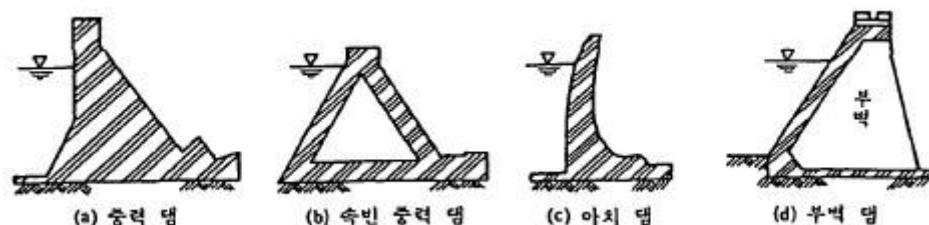
(가) 콘크리트댐 : 콘크리트 댐은 구조 형식에 따라 다음과 같은 것이 있다.

① 중력댐 : 가장 일반적인 댐 형식이다. 중력댐은 자중에 위해서 물의 압력이나 기타의 외력에 저항하는 형식으로서, 댐의 높이는 댐의 자중이 크기 때문에 기초 지반에 따라 제한을 받으며, 불투수성 암반 기초 위에 만들어야 한다.

② 속빈 중력댐 : 중력댐의 속을 비개 만든 형식이며, 콘크리트가 적게 들고 자중도 가볍다.

③ 아치댐 : 주로 아치 작용에 의해서 물의 압력이나 기타의 외력에 저항하는 구조로서, 댐지점의 하천 너비가 좁고 양안의 지질이 경암일 때 알맞다.

④ 부벽댐 : 댐 벽체를 여러 개의 벽으로 지지하도록 만든 형식으로서, 일반적으로 지반의 지지력이 비교적 적은 곳에 적합하다. 부벽댐은 중력댐에 비해 재료가 적게 들고, 자중도 가벼우나 시공하기가 어렵다.

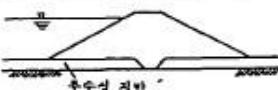
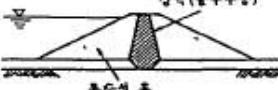


해설 그림 1.1 콘크리트 댐의 종류

(나) 필댐(fill dam) : 흙, 모래, 자갈, 돌 등을 사용하여 만든 댐으로서, 댐 최대 단면의 50% 이상이 돌로 되어 있을 경우에는 이것을 석괴댐이라 한다.

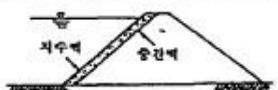
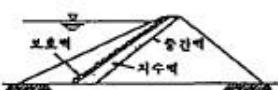
① 흙댐 : 기초 지반이 비교적 단단하지 않아도 축조할 수 있으며, 흙 쌓기 재료를 얻기 쉬워서 경제적이다. 흙댐은 댐 재료의 구성에 따라 해설 표 1.1과 같이 나뉜다.

해설 표 1.1 흙댐의 형식 및 특징

형식	단면	특징
균일형		댐 전체의 80% 이상이 수밀성이 큰 균질 재료로 쌓은 것이다.
층형(zone type)		댐 중심부에는 수밀성이 큰 재료로 쌓고, 댐의 상하류 비탈면에는 비교적 알갱이가 큰 투수성 흙을 쌓은 것이다.
심벽형		댐의 중심부에는 점토 또는 콘크리트로 불투성 심벽을 만들고, 댐의 상하류면에는 투수성 흙을 쌓은 것이다.

② 석괴댐(rock fill dam) : 큰 돌을 쌓아 올려 지수벽을 설치하여 만든 댐으로서, 지수벽 형식에 따라 해설 표 1.2 와 같이 나뉜다.

해설 표 1.2 석괴댐의 형식 및 특징

형식	단면	특징
표면 지수벽형		댐 표면에 콘크리트나 아스팔트 등으로 지수벽을 만든 형식으로서, 상류측에 보호벽이 없다.
내부 지수벽형		댐 내부에 흙으로 비탈지게 지수벽을 만든 형식으로서, 상류측에 보호벽이 있다.
중앙 지수벽형		댐의 중심부에 점토나 콘크리트로 지수벽을 만든 것이다.

(2) 여수로

여수로는 계획된 저수량 이상으로 댐에 유입하는 흥수량을 조절하여 자연 하천으로 안전하게 방류하도록 설치하는 중요한 구조물로서, 댐의 파괴 원인의 대부분은 여수로의 흥수용량이 부족한 것과 불합리한 설계에 있다. 특히, 필댐에서는 충분한 여수로 용량을 계획하여 절대로 흥수가 댐을 월류하지 않도록 하여야 한다. 여수로의 구성은 조절부, 방수로, 감세공, 배수로로 이루어지며 여수로의 형식에는 자유낙하식, 물널이식(ogee), 측수로식 슈트(chute), 터널식, 나팔식, 암거식, Sipon 식 등이 있다.

(3) 취수 시설

댐은 발전, 상수도, 관개, 흥수조절 등의 취수 목적에 따라 취수설비를 하게 되며 이것은 취수부, 조절부, 방류부 등으로 구성될 수 있다.

(가) 필댐의 취수 설비 : 취수부로서 취수탑이 있으며, 취입한 물을 댐 밖으로 방류하는 터널이나 수로가 있고, 수문이나 밸브 등의 조절부와 그 밖의 부대 설비가 있게 된다.

(나) 콘크리트 중력댐의 취수 설비 : 댐 자체 내부에 두는 것이 보통이며, 댐과 취수탑을 일체로 만든다.

(4) 도수 시설

도수 시설은 발전소에서 하수를 끌어들이는 시설을 말한다.

(가) 도수로 : 취수구로부터 침사지를 지나 수조까지 이르는 수로를 도수로화 하며, 조절 수조가 있을 경우에는 이 수로는 압력터널로 이어진다. 수로의 종류로는 개수로, 암거, 터널관 등이 있다.

(나) 조압 수조(surge tank) : 수력 발전소의 압력 도수로와 수압관 사이에 설치하는 자유 수면을 갖는 구조물로서, 발전소의 투하 변동에 따라 사용 수량을 변화시킬 때 일어나는 수격작용을 수조의 수위를 승강시킴으로서 해소시키는 수조이다.

(5) 수문 시설

수문 시설은 콘크리트댐이나 대규모 필댐의 여수로 물넓이에 수문을 설치하여 흥수유출량을 조절하는 가동 댐 방식을 채용하는 경우에 필요하다. 이 방식은 만수위와 흥수위를 같은 높이로 유지 할 수 있어서 수리학상 효율이 좋은 여수로가 될 수 있고 흥수량이 매우 커서 물넓이의 연장이 길어지거나 수심을 적게 하여서 경제적이 아닐 경우 수문에 의한 이와 같은 조절 형식이 유리하다. 그러나, 수문 조작이 적절하지 않을 때에는 오히려 위험한 결과를 일으키고, 인공 흥수를 초래할 위험이 있으므로 철저한 유지 관리와 수문 조작이 필요하다.

(6) 기타 시설

기타 시설로서는 교량, 발전소, 건축물 등이 있다.

1.2 댐 시설의 특성

댐 시설물은 하천수와 접하므로, 수충격, 유사 등, 동결 융해, 선박 및 유목 등의 충격 등에 의하여 내외적으로 손상을 많이 받으며, 또한 수중 부분이 많아서 시설물의 점검 확인 및 보강 등이 어렵다.

【해설】

댐은 그 목적에 따라 유수를 저류하는 구조물이므로, 소요의 수밀성과 예상되는 하중에 대해서 안전성을 가지고, 그 기능을 발휘하기에 필요한 내구성을 가져야 한다.

댐은 만약 파괴되면 사회적 영향이 크므로 그 하중에 대한 안전성에 대하여 댐의 관련 법규 등에 규정되어 있다. 댐의 안전성을 검토하기 위해서는 예상되는 하중 상태에 대하여 제체가 안전한가를 검토해야 한다. 댐 및 부대 시설물들을 건설 도중에 예기치 않은 일들로 인하여 설계가 변경되는 일이 빈발하므로 당초 의도대로 시공되었는지 검토되어야 한다.

제 2 장 댐 시설물의 손상의 종류와 원인

2.1 손상의 종류

댐 시설물에 생길 수 있는 일반적인 손상의 종류는 다음과 같다.

- (1) 동해에 의한 손상
- (2) 누수에 의한 손상
- (3) 마모에 의한 손상
- (4) 사면의 활동 파괴
- (5) 구조물의 자체 변위
- (6) 기초 지반의 불안정
- (7) 기타의 손상

【해설】

(1) 동해에 의한 손상

(가) 콘크리트댐 : 오래된 댐은 일반적으로 콘크리트의 품질이 최근의 콘크리트보다 좋지 않으므로 동해가 콘크리트 노화의 주된 요인이 된다. 동해의 직접적인 원인은 콘크리트의 재료, 특히 골재의 품질 불량, 단위수량, 물-시멘트비가 큰 콘크리트의 사용, 콘크리트 치기 방법 특히 수평 시공 이음과 수축이음 부분의 불량 등이 있다. 동해는 일반적으로 급격히 진행하는 것은 없고 그 침식 깊이는 동해가 현저한 중력식댐의 경우에도 평균 15~20 cm정도이고, 시공 이음 등 콘크리트 품질이 나쁜 개소에서는 50 cm이상에서도 파급되는 경우가 있다. 그러므로 동해를 받은 댐에 대해서는 제체의 환경 조건 등에 따라 댐의 안전성을 검토하여 적절한 시기에 적절한 방법으로 보수를 행하는 것이 중요하다.

(나) 필댐 : 동결선위에 있는 흙이 비교적 큰 간극에 물이 존재하면 인접한 더 작은 간극에서 보다 더 온도가 하강하므로 이 물이 먼저 얼어 얼음의 결정을 만든다. 이 얼음덩이는 인접해 있는 간극속이 비게 되면 지하수위 아래의 물을 모관장력으로 빨아 올려 아이스렌즈를 만든다. 온도가 0°C 이상으로 상승하면 아이스렌즈는 융해하기 시작한다. 만약 녹은 물이 적절히 배수되지 않았다고 하면 언 흙의 함수비는 얼기 전의 함수비보다 훨씬 크다. 이와 같이 증가된 함수비 때문에 지반이 연약화되어 강도가 떨어진다. 또한, 동결 및 융해로 부석형 낙석은 균열에 침입한 물이 동결하여 응력을 받아 일어나며, 전석형 낙석은 암석과 토사의 경계면의 동결로 인한 응력의 증가로 발생한다.

(2) 누수에 의한 손상

(가) 콘크리트댐 : 제체 또는 기초 암반중의 공극이나 균열에 침투한 수분은 제체에 양압력을 일으키며, 세굴에 의한 파이핑(piping)을 발생시키는 원인이 되기도 한다. 제체로부터의 누수는 시공 이음의 시공불량 원인에 의한 것이 많다.

(나) 필댐 : 제체 및 기초 지반의 누수는 자칫 파이핑을 유발하여 제체의 붕괴를 초래할 수 있기 때문에 제체 및 기초 지반에 대란 누수 제어가 필요하게 된다. 댐에서 누수의 주요 경로는

다음과 같다.

- ① 차수벽 또는 제체의 균열
- ② 제체의 다짐 부족부 등의 약선(弱線)에 유선의 집중 현상
- ③ 제체의 착암부 및 접합부
- ④ 투수성 기초 지반
- ⑤ 기초 암반내의 용해 작용 또는 침식작용에 의한 공극 및 공동
- ⑥ 동물 또는 나무뿌리에 의한 구멍

파이핑이나 세굴에 의한 파괴는 물이 제체를 통하여 누수되면서 공동을 형성하게 되고 댐 하류 단을 침식하면서 발생되는데 누수되는 유속이 증대됨에 따라 토사들을 대량으로 유실시키면서 댐 마루부가 무너져 내리고 월류 상태의 경우와 유사한 양상으로 파괴가 진행된다.

(3) 마모에 의한 손상

콘크리트댐에서 월류부는 유수중의 모래와 자갈, 유목 등에 의한 충격 또는 공동 현상 등의 작용에 따라 마모된다. 유수에 의한 마모의 진행 및 정도는 월류형상, 콘크리트의 품질, 방류 빈도, 유량, 유속, 토사 혼입량 등에 따라 다르다. 대부분의 마모는 상류 하상의 변화에 따라 단기간에 마모가 진행된 것이 있으며, 특히 축조된지 오래된 댐에서는 콘크리트 품질의 노화와 유수중의 토사 혼입량의 증가에 따른 손상은 급격히 진행하기 쉬우므로 주의가 필요하다.

(4) 사면의 활동 파괴

필댐의 사면 활동 파괴는 사면 형상의 변화, 상재 하중의 증가, 간극수압의 증가, 침투수, 지진시의 관성력 등이 주원인으로 작용하는데, 파괴에 도달하는 양상이 점진적인 것과 순간적인 것이 있다.

(5) 구조물의 자체 변위

필댐은 구조물 자체의 하중, 지형 및 지질 조건 등의 인자에 의해서 연직 방향과 수평 방향으로 변위를 일으킨다. 제체의 연직 변위는 댐의 여유고(free board)를 감소시키고 때로는 파괴의 원인으로도 나타난다.

(6) 기초 지반의 불안정

기초 지반의 불안정은 지반 재료의 공학적 성질과 지반 개량에 많은 관련이 있다. 부등 침하, 활동, 과도한 응력, 연약증대, 부적절한 투수 조절 등은 구조물의 파괴를 유발시키는 인자들이다. 육안으로 나타나는 구조물의 균열은 기초의 부등 침하를 암시하고, 지하수나 탄화수소 등의 축출로 인한 부분적인 지반의 가라앉음은 지반의 침하와 구조물의 균열을 발생시킨다. 구조물과 기초의 침하와 그에 따른 균열은 기초 지반의 지지응력을 증가시켜 지반이 붕괴되기도 한다. 기초 지반의 붕괴는 밀도와 자연 함수비가 낮은 가는 모래나 실트층에서 많이 발생한다. 기초 지반을 통한 침투수는 고체 물질의 파이핑 현상과 용해 물질의 용해에 의한 세굴의 원인이 되고, 그에 따라 지반 내부에 공극의 발생으로 인하여 지반의 불안정 요인이 된다.

(7) 기타의 손상

(가) 제체의 균열 : 흙댐에서는 흙쌓기의 부등 침하에 의한 균열, 쌓기한 흙의 건조나 동물 구멍에 의한 균열 또는 파괴로 인한 쌓은 흙의 균열 등이 생긴다.

(나) 강우, 융설 및 지하수에 의한 손상 : 필댐의 파괴는 강우, 강설에 의하여 발생하는 예가 많다. 강우는 활동 토괴의 단위 중량을 증가시키고 동시에 봉괴면에서 유효 응력을 감소시킨다. 즉 저항력은 감소시키고, 활동력은 증가시킨다. 이와 같은 현상은 지하수위 상승에 의하여도 발생한다. 융설은 지하수위의 상승을 유발시킬 수도 있지만 일반적으로 봉괴하도록 하는 힘은 융설에 의하여 감소된다. 그러나 다설 지대에서 흙 구조물을 봉괴하는 융설시에 집중될 수도 있다. 강우, 융설 등의 물이 흙 구조물 봉괴에 미치는 영향이 과대한 경우도 있지만 지역적, 특성의 문제도 되므로 각 지역의, 지질적 특징, 가상적 특징, 지형적 특징 등의 자연 현상을 충분히 고려하여 양적으로 파악해야 한다. 강우, 융설은 거의 지하수 압력의 증가로 연결되며 결과적으로 흙 구조물의 파괴를 일으킨다. 지하수암의 증가는 이외에도 댐의 담수에 의한 지하수 분포의 변화와 인위적인 지형 변화에 따라서도 발생한다.

2.2 손상의 원인

댐 시설물에 발생하는 손상은 한가지 또는 그 이상의 원인이 복잡하게 작용하여 발생하며, 사용 재료의 특성에 따라 여러 가지가 있다.

- (1) 댐체 : 콘크리트댐의 결함, 필댐의 결함
- (2) 기초 지반 : 기초 지반의 질 저하, 기초 지반의 불안정
- (3) 부대 시설 : 여수로, 방수로의 결함
- (4) 기타 : 콘크리트의 파손

【해설】

댐 시설물의 주요 손상의 원인은 해설 표 2.1 과 같다.

해설 표 2.1 댐 시설물의 주요 손상 원인

손상의 양상	원인
콘크리트댐의 결함	높은 암압력, 부동 변위와 편향, 응력의 과다 발생
필댐의 결함	잠재적인 액화 현상, 사면의 불안정, 사면 침식, 과도한 누수, 흙 입자의 이동
기초 지반의 질 저하	암반의 갈라짐, 굴착
기초 지반의 불안정	액화 상태, 침하
여수로의 결함	장애물, 라이닝 파괴, 수문의 불량, 용량의 초과
방수로의 결함	장애물, 진흙 퇴적, 수문의 불량
콘크리트의 파손	동결 융해, 알칼리 끌재 반응

제 3 장 댐 시설물의 점검

3.1 점검 계획

댐 시설물의 점검 계획을 수립할 때 고려할 사항은 다음과 같다.

- (1) 조사 범위 및 항목 결정
- (2) 기존 점검 자료의 검토
- (3) 점검에 필요한 인원
- (4) 재료 시험 실시에 대한 적정성 여부 판단
- (5) 점검 기간 및 계획된 작업 시간 예측
- (6) 점검 시기의 결정
- (7) 점검 장비의 선정
- (8) 접근 방법의 결정
- (9) 점검자의 안전
- (10) 기타 점검자와 관리 주체가 필요하다고 판단되는 사항

【해설】

댐 시설물의 점검 목적은 댐체, 댐 관련 시설 등이 항상 최적의 양호한 상태로 유지되어 주어진 기능을 다하는지를 조사하는 것이다. 따라서, 효과적이고 안전한 시설물의 점검을 위해서는 철저한 사전 계획과 준비가 필요하다.

- (1) 점검 계획에 맞추어 각 분야별 조사 범위와 세부 항목을 결정한다.
- (2) 이미 발생된 결함의 원인을 확인하기 위하여 기존 자료를 검토한다.
- (3) 분야별 총 소요 인원을 판단하여 투입 계획을 수립한다.
- (4) 비파괴 시험을 포함한 기타 재료 실험 실시에 대한 적정성 여부를 판단한다.
- (5) 조사 범위와 세부 항목에 따라 적정한 점검 기간을 설정한다.
- (6) 점검의 시급성과 작업의 효율성을 고려하여 점검 시기를 결정하고, 아래와 같은 경우에 점검을 실시한다.

- ① 수문에 의한 방류 실시 전후
- ② 집중 호우, 태풍, 지진 등 비정상 상태가 발생한 경우
- ③ 댐 시설의 유지 관리상 필요하다고 판단되는 경우
- ④ 다음 해설 표 3.1 의 기준에 따른 지진이 발생하였을 경우

해설 표 3.1 지진 등급

전망지까지의 거리(km)	리히터 등급
25	M 4.0 이상
50	M 5.0 이상
80	M 6.0 이상
125	M 7.0 이상
200	M 8.0 이상

(7) 분야별 세부 조사 항목에 적합한 장비를 준비한다. 또 접근 장비를 육안 조사 및 점검 장비에 의한 측정이 가능하도록 사다리, 고무 보트, 램프, 잠수 장비(수중 카메라), 리프트카, 비계, 보조 등반 장비 등을 준비한다. 이러한 장비 선정시에 고려할 사항은 다음과 같다.

- ① 접근 장비를 안전하게 지지하는지 여부
- ② 장비 위치에 따른 교통 통제 필요성
- ③ 장비 설치에 따른 지장물 존재 여부
- (8) 조사 부위의 접근 방법은 안전에 유의해서 해야 하며, 특히 구조물의 수중 부위의 조사에 보트를 이용할 경우에는 구명의를 착용하고, 잠수부 이용 방법을 강구한다.
- (9) 점검 업무 및 접근 방법과 관련하여 점검자는 안전 사고 예방에 유의하여야 한다.
- (10) 타 기관의 협조 및 공지 사항 등을 고려해야 한다.

3.2 점검 항목 및 방법

점검 항목은 그 성격상 다음 두가지로 크게 나뉜다.

- (1) 점검 종류별 점검 항목 : 일상 점검시의 점검 항목, 정기 점검시의 점검 항목, 긴급 점검시의 점검 항목, 정밀 안전 진단시의 점검 항목으로 나누어 정한다.
- (2) 시설물별 점검 항목 : 각 시설물의 특성을 고려하여 정한다.

【해설】

- (1) 점검 종류별 점검 항목

(가) 일상점검시의 점검 항목

일상 점검은 될 수 있는대로 회수를 자주하여 실시하는 것이 좋으나 여건에 따라 한계가 있으므로 실정에 맞추어 정하도록 한다. 일상점검항목은 여러 가지가 있으므로 1회점검으로는 모든 항목에 대하여 점검하는 것이 곤란하기 때문에 미리 중점 항목을 정하여 결정하는 것이 좋다. 일상점검에 필요한 항목은 해설 표 3.2 와 같다.

해설 표 3.2 일상점검 및 정기점검시의 점검항목

조사 항 목	점 검 항 목
콘크리트 부분	균열, 박리, 탈락, 철근 노출, 노면상태, 처짐, 부대시설, 반발경도 (정기점검시)
강재 부분	부식, 균열, 도장, 받침부 상태

(나) 정기 점검시의 점검 항목

정기 점검은 구조물의 안전을 도모하기 위하여 일상 점검항목 외에도 구조물의 세부를 점검한다. 또 구조물의 기능저하를 일으키는 손상 및 2 차 손상을 진행시키는 재해를 조기에 발견함과 동시에 장래의 점검계획 및 보수계획을 위한 자료를 얻기 위하여 하는 것이다.

(다) 긴급점검시의 점검항목

긴급점검은 일상점검과 정기점검에서 발견된 중대한 이상, 파손에 대하여 실시하는 것 외에 태풍, 화재, 침수, 동해 등에 의해 재해가 발생하였거나 또는 우려가 있는 경우에 실시하며, 그 때의 손상 종류가 점검항목이 되는 것이다. 긴급점검의 자세한 점검 내용은 다음과 같다.

- ① 태풍후의 점검 : 구조물 전반에 걸쳐 점검을 하고 우수의 피해상황을 조사하여 보수가 필요한 위치를 파악한다.
- ② 화재후의 점검 : 내하력상의 문제점을 주로 점검하며 콘크리트의 강도 점검이 필요하다.
- ③ 침수후의 점검 : 주로 전기설비, 기계설비계통에 대한 전반적인 기능 점검이 필요하다.
- ④ 동해후의 점검 : 철근콘크리트 구조물은 기초가 뜨는 등의 염려가 거의 없으나 우각부, 선단부, 파라핏 상부 등을 동해를 받기 쉬우므로 한냉지에서는 해빙기에 일체 점검을 행하는 것이 바람직하다.

해설 표 3.3 정밀 안전 진단 항목

조 사 항 목		진 단 항 목
수리, 수문 조사		기존 수문 자료조사, 강우 자료조사, 청문 조사, 측량, 기타 조사
내구성 조사	외관 조사	콘크리트 부분 균열, 박리, 탈락, 철근 노출, 노면 상태, 육안 처짐, 부대 시설
		강재 부분 부식, 균열, 도장, 받침부 상태
	수중 조사	
	콘크리트 품질시험	수중 구조물 조사, 수중 촬영 반발경도 시험, 초음파 시험, 철근 상태 조사, 중성화 시험, 코어 채취
		실내 시험 압축강도시험, 염분함량 시험, 철근 인장 강도 시험, 배합비 분석
	제체 품질시험	현장 시험 보링, 시료 채취, 투수 시험, 표준 관입 시험, 기타 시험
		실내 시험 강도 시험, 물리성 시험, 투수 시험

(라) 정밀 안전 진단시의 진단 항목 : 정밀 안전 진단은 안전 점검을 한 결과 시설물의 재해 예방 및 안전성을 확보하고, 손상의 원인을 규명하여 보수, 보강 선정을 위한 정보를 얻기 위하여 하는 것으로서, 진단 항목은 해설 표 3.3 와 같다.

(2) 시설물별 점검 항목

댐 시설물의 세부 시설별 점검 항목은 해설 표 3.4 과 같다.

해설 표 3.4 댐 시설물의 주요 점검 항목

시설물		점검 부위	점검 항목
댐체	필립 콘크리트 댐	댐체 내부	누수, 매설 계기 측정 장치 작동
		댐 마루	균열, 변형, 침하
		상류 사면	활동, 균열, 침식
		하류 사면	활동, 균열, 침식, 누수
	콘크리트 댐	댐체 내부	댐체의 강도, 누수, 균열, 배태, 매설 계기 측정 장치 작동
		댐 마루	균열, 변형, 노화
		상류측	균열, 침식, 침하, 세굴
		하류 사면	균열, 침식, 침하, 세굴, 누수
기초 지반	댐체 중앙부		침하 및 용기, 누수, 침투
	양안부		누수, 침투, 활동
	댐체 하류 지역		용출수, 용기
여수로	접근 수로		세굴, 균열
	에이프론 및 웨어		균열, 열화, 세굴, 침하 및 변형, 뒷채움 상태
	에이프콘 및 웨어		균열, 열화, 세굴, 침하 및 변형, 뒷채움 상태
	슈트 벽체 및 바닥		균열, 변형, 세굴, 뒷채움 및 이음새 상태
감세공	벽체	균열, 변형, 침하, 세굴, 뒷채움 및 이음새 상태	
	바닥	균열, 변형, 침하, 세굴, 뒷채움, 이음새, 토사 퇴적 상태	
방수로	바닥	노후화, 세굴, 침하, 이음새 상태	
	도큐벽	노후화, 세굴, 침하, 변형, 이음새 상태	
양안부	댐 인접 지역	균열, 활동, 누수, 침투, 식생 상태	
날개벽	벽체	균열, 변형, 침식 및 세굴	
	이음부	누수, 침식, 부식, 세굴, 이음 상태	
취수구	취수 시설	콘크리트의 손상, 괴복, 공동 상태	
문비	문비	변형, 부식, 균열, 용접 상태, 도장 탈색	

3.3 점검 결과의 기록

점검 결과는 소정의 양식에 기입 원칙에 따라 정확하게 기록하여 보관해야 한다.

【해설】

시설물의 점검 자료는 시설물 유지관리에 있어서 가장 기본적인 자료인 동시에 가장 중요한 자료이므로, 일관된 약식에 의해서 작성되어야 하며, 이들을 체계적으로 보관해야 한다. 점검 결과는 다음의 항목에 따라 점검 양식에 기록하여 보존한다.

(가) 구조물 현황 : 건설 년도, 규모, 입지환경, 재료, 피해이력, 보수 등의 공사기록

(나) 일상점검기록 : 점검기일, 점검자, 점검결과, 평가, 대책

(다) 정기점검기록 : 점검기일, 점검자, 점검결과, 평가, 대책

(라) 긴급점검기록 : 점검기일, 점검자, 점검결과, 평가, 대책

(마) 정밀안전진단기록 : 점검기일, 점검자, 점검결과, 평가, 대책

3.4 점검 결과의 판정

점검 결과 각 부재로부터 발견된 결함을 근거로 하며 결함의 범위 및 정도에 따라 A, B, C, D, E의 5 가지 단계로 상태 등급을 매기고, 상태 등급에 따라 조치를 취한다.

【해설】

댐 시설물의 각 점검 항목에 대한 평가 등급 기준은 해설 표 3.5와 같다.

해설 표 3.5 점검 항목에 대한 평가 등급 기준

등급	상태
A	문제점이 없는 최상의 상태
B	경미한 손상의 양호한 상태
C	보조 부재에 손상이 있는 보통의 상태
D	주요 부재에 진전된 노후화(강재의 피로 균열, 콘크리트의 전단 균열, 침하로 긴급한 보수, 보강이 필요한 상태로 사용 제한 여부를 판단)
E	주요 부재에 심각한 노후화 또는 단면 손실이 발생하였거나 안전성에 위협이 있어 시설물을 즉각 사용 금지토록 하고 개축이 필요한 상태

3.5 점검 장비

댐 시설물의 점검에 사용되는 점검 장비는 일상적인 휴대 장비 및 접근 장비, 비파괴 점검 장비로 구분되며, 각각의 점검 종류별 사용 장비는 다음과 같다.

- (1) 일상 점검 : 일상적인 휴대 장비 및 간단한 접근 장비 등을 이용한다.
- (2) 정기 점검 : 일상 점검시의 사용 장비 및 간단한 비파괴 점검 장비를 이용한다.
- (3) 긴급 점검 : 일상적인 휴대 장비 및 접근 장비, 비파괴 점검 장비 등을 이용한다.
- (4) 정밀 안전 진단 : 일상적인 휴대 장비, 접근 장비, 비파괴 점검 장비 및 각종 정밀 계측 장비를 이용한다.

【해설】

시설물 점검에 사용되는 점검 장비의 종류는 해설 표 3.6과 같다.

해설 표 3.6 점검 장비의 종류

구 분	점 검 장 비	진단 단계		
휴대장비	망원경, 확대경, 손전등, 카메라, 필기도구(흑판, 분필, 스프레이), 줄자, 교통규제기구 등	1,2,3차 진단		
측량장비	레벨, 평판, 테오드라이드, 측심기, 음파측정기	3차 진단		
접근장비	사다리, 보조등반장비, 줄사다리	1,2,3차 진단		
	점검차(출결차)	2,3차 진단		
	점검보트	2,3차 진단		
	수중카메라	2,3차 진단		
비파괴장비	콘크리트강도 콘크리트균열 및 결합탐사 철근탐지 철근부식탐지 콘크리트열화도 염해탐사	슈미트햄머, 초음파탐사기, 탄성파탐사기 등 초음파탐사기, 탄성파탐사기, 레이저탐사기, 적외선카메라, 레이다탐사기 등 철근탐사기, 방사선투과기 등 부식측정기 중성화시험, 알칼리끌재반응시험 등 재료시편에 대한 염해시험	2,3차 진단 3차 진단 2,3차 진단 3차 진단 3차 진단 3차 진단	
	표면균열탐지 내부결합탐지 용접부 결합 피로균열탐사 용력부식탐사 두께검사	자기입자탐사기, 초음파탐사기, 염료침투시험기, 와동전류기 등 초음파탐사기, 방사선투과기 등 초음파탐사기, 방사선투과기 등 자기입자탐사기, 초음파탐사기, 염료침투시험기 자기입자탐사기, 염료침투시험기 초음파탐사기, 방사선투과기 등	2,3차 진단 3차 진단 3차 진단 3차 진단 3차 진단 3차 진단	
	누수조사	레이이다탐사기, 전기탐사기 등	2,3차 진단	
	콘크리트 탐사	강도측정	Pull-out, Pull-off, Break-off, 코아채취, 관입저항 등	3차 진단
	토질 탐사	제방의 토성	코아채취, 표준관입시험, 공내색소주입시험, 현장투수시험 등	3차 진단

주) 1. 1차진단 : 일상점검, 2차진단 : 정기점검, 3차진단 : 정밀안전진단

제 4 장 유지관리용 점검 시설 및 설치

4.1 유지관리용 점검 시설 및 설치

댐 시설물에는 근접점검 및 간단한 보수·보강작업이 가능한 점검시설이 필요하며, 시설물의 규모

및 중요도, 점검시설의 경제성 등을 종합적으로 판단하여 이에 적합한 점검 시설을 선정하고 설치해야 한다.

【해설】

시설물의 유지관리에 기본은 시설물 손상의 조기발견과 이의 원인 규명 및 신속한 대책을 수립하는 것이다. 따라서, 이를 위해서는 정기적이고 지속적인 점검이 필요하게 된다. 현재 시설물의 유지관리를 위한 점검시설에 관행서는 특별한 규정이 없으나, 유지관리의 효율적인 측면에서 점검시설에 관한 고려가 필요하다.

점검시설은 종류에 따라서 시설물을 완공한 후에는 설치하기가 어려우므로, 설계단계에서 고려해야 할 것도 있다. 시설물의 설계단계에서 고려해야 할 점검시설이 갖추어야 할 조건은 다음과 같다.

- (1) 점검 및 보수작업의 목적에 알맞아야 한다.
- (2) 점검과 보수작업에 필요한 공간이 확보되어야 한다.
- (3) 시설물 시공과 동시에 점검시설을 제작, 설치하는 것이 바람직하다.
- (4) 시설물 전 부분에 대해서 점검과 보수작업이 가능한 구조이어야 한다.
- (5) 작업시에 안전성이 보장되어야 한다.
- (6) 점검시설 자체의 보수가 간단하고, 내구성이 좋아야 한다.
- (7) 조작이 간단하고 고장이 적어야 한다.
- (8) 구동장치는 만일의 경우를 대비하여 수동 구동장치 등의 안전장치를 고려해야 한다.
- (9) 점검작업중에도 교통장애를 최소화할 수 있어야 한다.

제 5 장 주요 손상부에 대한 대책 및 보고

5.1 손상 조치의 종류

발생된 손상에 대해서는 댐 시설을 관리자에게 보고하며, 손상의 정도에 따라 적절한 조치를 취해야 한다. 손상 조치의 종류는 다음과 같다.

- (1) 일상 조치 : 손상 예방을 위한 간단한 조치
- (2) 응급 조치 : 안전에 중대한 위험이 있어 임시적으로 긴급하게 보수, 보강을 하는 조치
- (3) 보수·보강 조치 : 댐 시설물의 내구성과 사용성 확보 차원에서 발생한 손상이 더 이상 진행되지 않도록 댐 시설물의 일부 또는 전체의 변형과 내력을 개량시켜 안정성을 확보하는 조치

【해설】

시설물의 안전성과 기능을 유지하기 위하여 발생한 손상에 대해 즉각적인 적절한 조치를 취해야 한다. 또한 손상을 예방을 위하여 손상발생의 여부와 관계없이 청소나 부분도장 등의 조치를 취하는 것도 손상조치에 포함된다. 본 지침서에서는 손상의 조치를 일상조치, 응급조치, 보수·보강조치, 교체조치로 구분하였다.

5.1.1 일상 조치

일상 조치는 댐 시설물에 손상이 생기기 전에 미리 실시하는 간단한 조치로 다음과 같다.

【해설】

(1) 시설물의 청소

일반적으로 접근이 가능한 모든 부재를 대상으로 연 1회 정도는 청소를 하고, 특히, 보도 난간, 조명시설, 표지판 등은 수시로 청소한다.

(2) 배수구의 관리

집중 호우로 인해 배수구에 모래나 기타 퇴적물이 쌓이는 것을 방지한다.

(3) 부분 도장

도장이 필요하다고 판단되는 부분은 도장을 실시한다. 도장을 실시하기 이전에 부식 부위 결정, 부식 정도, 도장재의 성능을 평가한다.

(4) 윤활유의 주입

수문 작동 장치 등에 윤활유를 주입하여 개폐를 원활하게 한다.

(5) 부대 시설의 청소

부대 시설 및 설비 등의 청소는 일반적으로 대상 시설물 청소시에 간단히 실시하지만, 전기 설비, 기계 설비 등은 제조 회사가 행하는 것이 좋다.

5.1.2 응급 조치

발생된 시설물의 손상을 방지할 경우 대인, 대물에 유해할 가능성이 있거나 또는 시설물 자체의 손상이 급속히 확대될 가능성이 있는 경우에는 응급 조치를 취해야 한다.

【해설】

시설물에 손상이 발견되는 경우 조치 계획은 손상의 정도, 손상의 원인, 손상된 부재의 역할 등을 조사하여 조치의 목적 및 효과를 인식하여 적절한 시기에 적절한 방법으로 조치를 취할 수 있도록 계획을 해야 하나 긴급성을 요하는 경우에는 적절한 방법으로 응급 처치를 해야 한다.

5.1.3 보수·보강 조치

댐 시설물에 관한 일상 점검이나 정기 점검, 긴급 점검, 정밀 안전 진단을 실시한 후 손상이 발견되면 해당 손상 내용에 적절한 보수, 보강 조치를 실시하여야 한다. 보수, 보강에 관한 항목들은 다음과 같다.

- (1) 동해에 대한 보수, 보강 조치
- (2) 누수에 대한 보수, 보강 조치
- (3) 마모에 대한 보수, 보강 조치
- (4) 사면의 활동에 대한 보수, 보강 조치
- (5) 변위에 대한 보수, 보강 조치
- (6) 기초 지반의 불안정에 대한 보수, 보강 조치
- (7) 기타의 손상에 대한 보수, 보강 조치

【해설】

(1) 보수·보강 조치

(가) 동해에 대한 보수·보강 조치

(ㄱ) 콘크리트댐 : 동해에 대한 보수 방법으로는 동해에 의해 노화된 표층부분을 깎아내어 프리팩트 콘크리트로 보수하는 방법이 종종 사용된다. 그와 같은 보수 방법에 있어서 프리팩트 콘크리트 공법은 다음과 같은 장점이 있다.

① 보수 콘크리트의 두께가 10~20 cm 정도로 비교적 얇아도 기설 콘크리트와 양호한 부착이 기대된다.

② 충분한 품질 관리를 하여 시공하면 프리팩트 콘크리트에서도 AE 콘크리트와 동일한 정도로 동해에 대한 저항성을 얻을 수 있다.

③ 자체 수송과 가설비 등의 면에서 타설 설비가 소규모인 프리팩트 공법이 유리하다. 비수축성 방수 피복(방수 모르터 뿐만 아니라)을 만드는 방법은 동해가 그다지 진행되지 않은 초기 단계에 있어서는 예방 효과가 있다.

(ㄴ) 필댐 : 필댐의 동해 원인은 물의 침투나 누수에 의해서 생기므로 댐체의 침투나 누수 방지 조치를 강구해야 한다. 일반적으로 침투나 누수에 대한 보수 공법으로 그라우팅 공법과 시트 파일 공법을 사용한다.

(나) 누수에 대한 보수·보강 조치

(ㄱ) 콘크리트댐 : 누수량이 시간이 경과함에 따라 변하는 경우에는 그 원인을 규명하여 부수 조치를 강구해야 한다.

(ㄴ) 필댐 : 필댐에서의 누수 제어 공법으로서는 그라우팅 공법, 시트 파일 공법, 아스팔트 지수 공법 등이 사용된다.

(다) 마모에 대한 보수·보강 조치

마모부에 대한 보수 방법으로 마모부에 비교적 고강도의 콘크리트를 타설하는 방법, 두께 1m 정도로 콘크리트를 타설하는 방법, 철분이 들어간 모로터나 에폭시 모르터로 월류부를 개조, 보강하는 방법이 있다.

(라) 사면의 활동에 대한 보수·보강 조치

필댐에서 활동 등 대규모 붕괴의 대책공은 경비가 많이 들고, 역효과를 가져올 수 도 있으므로 붕괴의 주원인 규모를 확인하고 가능한 안정 계산을 하여 그 효과를 결정해야 한다. 사면 활동에 대한 수위 낮춤 공법, 말뚝 공법, 압성토 공법 등이 있다.

(마) 변위에 대한 보수·보강 조치

필댐 자체에서 일어나는 연직 변위와 수직 변위는 댐 표면에 균열을 일으키고, 인근의 구조물에 손상을 가져온다. 이러한 변형과 균열을 막기 위한 공법으로는 그라우팅 공법과 치환 공법 등이 사용된다.

(바) 기초 지반의 불안정에 대한 보수·보강 조치

기초 지반의 불안정은 침하, 누수, 침투 등이 원인이므로 이들을 방지하기 위한 공법으로서는 그라우팅 공법, 시트 파일 공법 등이 있다.

(사) 기타의 손상에 대한 보수·보강 조치

(ㄱ) 제체의 균열 : 기타의 요인으로 생긴 제체의 균열에 보수, 보강으로서는 그라우팅 공법, 치환 공법 등이 사용된다.

(ㄴ) 강우, 지하수에 의한 손상 : 필댐의 경우 강우나 지하수에 의한 제체의 손상은 수위 낮춤 공법으로 막을 수 있다.

해설 표 5.1 댐 시설물의 손상 현상별 보수 대책

시설물	부위	손상 현상	보수 대책	
댐체	필댐	댐 마루	균열	
			그라우팅 공법, 치환 공법	
			변형	
			그라우팅 공법, 치환 공법	
		침하	그라우팅 공법, 치환 공법	
			동식물의 흔적	
			그라우팅 공법, 치환 공법, 식생의 제거	
		상류 사면	활동	
			그라우팅 공법, 치환 공법, 수위 낮춤, 암성토 공법	
	콘크리트 댐		균열	
			그라우팅 공법, 치환 공법	
			침식	
			치환 공법, 수위 낮춤, 아스팔트 저수 공법	
	하류 사면	활동		
		그라우팅 공법, 치환 공법, 암성토 공법, 말뚝 공법		
		균열		
		그라우팅 공법, 치환 공법		
		누수		
		기초 지반		그라우팅 공법, 아스팔트 저수 공법, 시트 파일 공법, 점토 저수 공법
	댐 마루	균열		
		그라우팅 공법, 예폭시 주입 공법		
		변형		
	상류 사면	그라우팅 공법		
		부식		
		예폭시 주입 공법, 부식 보수		
		활동		
	하류 사면	그라우팅 공법		
		균열		
		그라우팅 공법, 예폭시 주입 공법, 실링 공법, 앵커 공법		
		침식		
		여수로		그라우팅 공법
				부식
				부식 보수
				활동
				앵커 공법
				균열
		양안부		그라우팅 공법, 앵커 공법
				침투
				그라우팅 공법, 시트 파일 공법
	기초 지반	누수	그라우팅 공법, 시트 파일 공법	
		침하	그라우팅 공법	
		균열	그라우팅 공법	
		변형	그라우팅 공법	
		침식	그라우팅 공법	
	여수로	누수	그라우팅 공법	
		침하	그라우팅 공법	
		균열	그라우팅 공법	
	양안부	침투	그라우팅 공법, 예폭시 주입 공법	
		누수	그라우팅 공법, 예폭시 주입 공법	

(2) 보수 공법의 특징

(가) 그라우팅(Grouting) 공법 : 물, 시멘트, 벤토나이트 등의 재료를 혼합하여 토립자의 간극, 토층의 경계, 암반 및 콘크리트 구조물의 균열 등에 주입하는 공법으로서, 필댐과 콘크리트댐에서 기초 지반의 누수, 침하, 균열, 양압력의 경감 등 보강 및 지수에 사용된다. 그라우팅 공법에는 사용되는 주입재의 종류에 따라 시멘트 그라우팅, 벤토나이트, 그라우팅, 시멘트 벤토나이트 그라우팅, 케미칼 그라우팅, 폴리우레탄 그라우팅 등이 있으며 디 종 필댐의 손상에는 시멘트, 벤토나이트, 시멘트 벤토나이트 그라우팅이 주로 사용된다.

(나) 치환 공법 : 손상 부분을 제거하고 같은 재료로서 치환하는 것으로서, 소규모의 활동, 불교, 댐체의 균열 손상에 사용된다. 치환 공법의 종류는 다음과 같다.

- ① 손상이 발생한 부분을 굴착한다.

- ② 제거된 부분의 재료와 동일한 재료를 사용하여 재시공한다.
- ③ 동일한 재료가 없을 경우 같은 효과를 낼 수 있도록 재료를 혼합하여 사용한다.
- (다) 압성토 공법 : 기초 지반의 활동으로 인한 손상을 막기 위하여 댐 사면 전면 부분에 소단 모양의 압성토를 설치하는 공법이다. 압성토의 시공 방법은 다음과 같다.
- ① 활동이 예상되는 댐 하류 사면에 흙을 성토한다.
 - ② 성토시 충분한 전단응력을 가질 수 있도록 다진다.
 - ③ 성토시 댐 높이의 50% 이상 높이로 시공한다.
- (라) 아스팔트 지수 공법 : 아스팔트는 기초 지반의 압밀 변형에 대응할 수 있고 흙 특성 및 불투수성이 우수하여 댐 등과 같은 수공구조물에 많이 사용한다. 주로 필댐의 상류 사면, 댐 마루, 수로 등의 표면 처리에 사용된다. 아스팔트 지수 공법의 시공 방법은 다음과 같다.
- ① 아스팔트 차수층은 적어도 0.1 kg/cm^2 이상의 압력으로 균등하게 시공한다.
 - ② 일광이나 기타의 노후화 현상을 받기 쉬우므로 5 cm나 100 cm 두께의 보호층을 만든다.
- (마) 시트 파일(Sheet pile) 공법 : 시트 파일을 관입틀로 지지하면서 진동 행머와 워터 젯을 이용하여 박고, 소정의 심도에 도달한 후 관입 틀을 빼면서 단부속에 불투수성 그라우팅재를 충진하여 지수벽을 만드는 공법이다. 이 공법은 지수외에 응력 차단, 세굴 방지 등을 목적으로 사용할 수 있으며, 적용 범위는 기초 지반의 누수 방지, 주위의 지하수위 변동에 의한 연속 침하 방지 등에 사용한다.
- (바) 점토 짓 공법 : 사면 기울기를 그대로 하고 소단 형태로 점토를 피복하는 방법으로서, 일반적인 시공 방법은 흙을 쌓고 다짐 후 점토를 최적 함수비로 조절한다. 댐바닥의 수평층은 한층이 20 cm 정도가 되도록 깔고, 최대 건조 밀도의 98% 이상되게 다짐한다. 사면의 경우는 폭 3m 정도로 아래에서 위로 차수막을 설치한다. 물에 의한 점토의 침식과 용해를 방지하기 위해 자갈로 덮는다. 점토 지수층의 두께는 최소 50 cm 이상으로 한다.
- (사) 실링(sealing) 공법 : 주로 아스팔트를 사용하여 방수 목적으로 구조물의 표면에 은 피막을 만들거나 줄눈, 균열, 간극 등을 메우는 방법이다.
- (아) 앵커(anchor) 공법 : 굴착 기계로 구멍을 뚫고 구멍내에 인장재를 삽입하는 동시에 시멘트계 그라우팅을 하여 앵커체를 조성하는 방법으로서, 사면 안정, 지반의 안정, 구조물의 보강 및 안정화, 댐의 균열 방지, 지반 활동 방지 등에 사용한다.
- (사) 에폭시(epoxy) 주입 공법 : 콘크리트댐, 여수로 등 기타 콘크리트 구조물의 균열, 누수를 방지하는 공법으로서, 특히 미세한 균열(0.05 mm정도)이나 산발적인 큰 균열을 보수할 때 주로 사용한다. 에폭시 주입 공법의 시공 방법은 다음과 같다.
- ① 균열을 따라 적당한 간격으로 드릴로 구멍을 만든다.
 - ② 만든 주입구에 고압으로 에폭시를 주입시킨다.

5.2 조치 방법 선정시 검토 사항

가능한 조치를 취하고자 할 때 다음과 같은 사항들을 검토해 종합적으로 판단해야 한다.

- (1) 구조적 적합성
- (2) 시공성
- (3) 경제성
- (4) 대민 영향도
- (5) 미관
- (6) 기타

【해설】

- (1) 구조적 적합성

터널 시설물에 관한 손상조치방법중에는 손상부위의 구조적 위치나 형식, 재료적 성질 등에 의해 채택이 불가능한 방법도 있다. 그러므로 손상조치방법을 선정할 때는 이러한 점들을 충분히 검토하고 여기에 기술자의 경험적 내용도 감안하여 적합한 조치방법을 채택하는 것이 중요하다.

- (2) 시공성

손상조치방법을 선정할 때는 현장에서의 시공 가능성 및 교통규제(차선제한, 속도제한, 중량제한, 통행금지 등)의 필요성을 확인해야 한다. 또한 기술적 혹은 품질적면에서 시공관리가 충분히 가능한지를 검토해야 하며, 시공기간과 시기등도 검토해야 한다.

- (3) 경제성

손상조치방법을 선정하는데 있어 그 효과에 비해 과다한 경비가 소요되지는 않는지 각 방법에 대한 경제성도 검토해 보아야 한다.

- (4) 대민 영향도

손상조치로 인한 주변 주민에 대한 교통장애나 생활환경에의 문제점이 없는지 고려해야 한다.

- (5) 미관

손상조치후 손상조치가 전체적인 미관에 미치는 영향을 검토해야 한다.

- (6) 기타

이외에도 손상조치자체 및 그 영향과 사후관리등도 포괄적으로 고려하여 합리적인 손상조치방법을 선택하여야 한다.

5.3 조치의 기록

수행된 모든 조치는 반드시 기록해야 한다.

【해설】

댐 시설물의 손상 조치에 대한 기록은 향후의 점검과 유지 관리에 반영될 수 있도록 체계적으로 기록하여 보존해야 한다.

제 6 편 철도

제 1 장 시설물의 종류 및 특징

1.1 철도 시설물의 종류

철도시설물은 사람이나 화물의 공간적 이동을 원활히 하기위한 시설물로서 교량, 토공, 터널 등으로 크게 분류할 수 있으며 부대 시설물로서 역, 터미널, 차량기지와 전차선 및 궤도부설 등을 포함하는 교통 시스템이라 한다.

【해설】

철도 시스템의 운영은 구성요소의 유기적 연속을 바탕으로 행해지며 종합기술의 성과로서의 철도시스템 이라 할 수 있다.

(1) 노선 구조물

철도 차량의 통로가 되는 시설이고, 궤도 및 그것을 지탱하는 구조물(교량, 성토, 고가교등)로 되어 있다. 궤도에 의해서 차량의 주행이 제한 유지 되는 것이 철도의 기본적 특징이고, 이것에 의해서 장대열차에 의한 대량·고속수송이 가능해진다.

(2) 역 및 역전 광장

역은 여객이 철도를 이용하는 창구임과 동시에 여기에 승객을 집중함으로서, 철도와 지역사회, 혹은 철도와 다른 교통기관의 결연점도 된다. 역의 기본설비로서는 열차에의 승강장인 플랫폼, 개·집표 기타 여객관계의 업무 및 열차의 운행연결 착발제한을 행하는 역본실이 있다. 역전광장은 버스, 택시, 자가용차등의 다른 교통기관과의 유기적인 연결을 확보하는 교통광장인 동시에 도시의 상징적인 공간이다.

(3) 차고(차량기지)

차고는 철도시스템에서 빠뜨릴 수 없는 시설이고 차량의 유치뿐만 아니고, 차량의 점검, 장비나 열차의 청소, 출발준비를 행하는 거점으로 된다.

열차 운행상 터미널역에 가까운 것이 바람직하나 광대한 부지를 요하기 때문에, 용지확보가 용이한 대도시내는 접하기 어렵다. 결국 이들 두개의 조건을 될 수 있는 한 만족시킬 수 있는 위치에 건설된다.

1.2 철도 시설물의 특징

화물 및 승객의 대량수송 및 고속성이라는 점을 감안하여 그 특성을 이해하고 활용하여야 한다.

【해설】

철도시설물은 일반구조물과 같은 시설위에 레일을 부설하고 레일위로 차량이 주행할 수 있도록 하기위한 시설로 레일위로 운행하는 차량은 차륜과의 점착력에 의하여 주행하게 되므로, 차량이 출발시나 정차시는 시동하중 및 제동하중에 의하여 레일의 종방향으로 상당한 수평력을 받게 된다.

이 수평력은 열차속도에 따라 매우 민감한 반응을 보이며, 시설물의 구조형식을 결정하는데 아주 큰 영향을 미치게 된다. 설계하중에 있어서도 사하중과 활하중이 크며 사하중에 대한 활하중의 비율이 일반도로 보다 높다. 또한, 작용하중도 하중을 받는 곳에만 계속하여 반복적으로 적용하게 되므로 피로에 의한 재료의 강도를 고려하여야 하며, 궤도보수의 허용오차 범위가 엄격하게 있어 시설물 관리 및 유지보수에 신중을 기하여야 한다.

제 2 장 철도 시설물 손상의 종류 및 원인

2.1 철도 시설물 손상의 종류

철도 시설물의 손상은 온도변화 및 지반변화로 인한 외적인 요인과 부재의 균열과 부식등으로 인한 강도저하 등의 내적인 요인 등으로 인하여 열차의 안전운행에 위험을 초래할 수 가 있다.

【해설】

철도 시설물 손상의 종류는 다음과 같다.

(1) 슬래브 거더, T 형 거더, 박스 거더

(가) 거더균열

(나) 철근의 노출 및 콘크리트의 떨어짐

(다) 철근 부식

(라) 거더 밭침부 부식

(마) 밭침의 파손

(바) 밭침의 녹

(2) 교대, 교각

(가) 교좌 파괴

(나) 교좌 균열

(다) 상단 균열

(라) 돌출부 균열

(마) 돌출부와 구체 접합부 균열

(바) 교대 흉벽 균열

(사) 구체 균열

(아) 확대 기초 균열

(자) 콘크리트의 떨어짐

(차) 벽돌조 교대, 교각 줄눈 갈라짐

(3) 암거

(가) 축방향 균열

(나) 슬래브 균열

(다) 캔틸레버 슬래브 균열

(라) 보의 균열

(4) 라멘 고가교

(가) 기둥의 균열

(나) 확대 기초의 균열

(5) H 형강 거더

(가) 거더 하면 콘크리트 균열

(나) 캔틸레버 슬래브의 균열

(6) PC 거더

(가) 균열

(나) 콘크리트의 떨어짐

(다) PC 강봉의 파단

(라) 강성 파단

(마) 받침부 이상

(7) I 형교, 강판형교

(가) 지점부 복부판의 변형 및 부식

(나) 플랜지의 변형 및 부식

(다) 연결부의 파손

(라) 격벽부의 파손

(8) 트러스 교

(가) 트러스 부재의 변형 및 균열, 부식

(나) 플랜지의 변형

(다) 연결핀 및 연결부의 파손 및 균열

(라) 바닥핀의 부식

(마) 브레이싱의 변형 및 이완

(바) 상하현재의 부식

2.2 철도 시설물 손상의 원인

2.1 에서 언급한 각각의 손상 종류에 대한 정확한 원인을 이해함으로서 손상의 방지 및 보수·보강에 필요한 유지관리 사항을 체계적으로 확립할 수 있다.

【해설】

철도 시설물 손상의 원인은 다음과 같다.

(1) 철도교의 손상에 대한 원인 및 검사항목

(가) 부식 및 도막의 열화

부식을 방지하기 위해서 도장을 하나, 이것으로 영구히 부식을 방지하는 것은 곤란하여 적당한 시기에 도장을 다시해야 할 필요가 있다.

강교의 부식은 전면에 일률적으로 진행되지 않고 오히려 부식별로 차가 생기거나, 침목 밑이나 지점부근 등 국부적으로 진행되는 곳이 많다.

따라서 보다 합리적인 도장 교환계획을 세워나가기 위해서는 각각의 상태에 따른 분리 도장을 고려한 도장계획이 이루어져야 한다. 여기서 말하는 부위별도장이라 하는 것은 예를 들면 부식의 진행정도가 다른 플랜지와 복부판의 도장교환 시기를 같은 정도로 하기 위해서 각각의 부위에 도장계나 도장막의 두께에 차를 두는 것이고, 국부적 도장은 침목 바로 밑이나 형 단부 등의 국부적 단면 결손이나 구멍이 생기는 것에 대처하기 위해서 도장하는 것이다.

(나) 건축한계 지장의 유무

주로 하로형 트러스 거더에 대해서 조사하는 것이나, 지반침하, 궤도위치의 변경 및 부속물이 붙여져 있는 경우, 또한 대화물 차량의 통과가 있을 경우 확인이 필요하게 된다.

(다) 받침부의 변상

강형의 변상으로서 가장 많이 볼 수 있는 것으로 받침부의 손상이 있다. 받침부는 상부공과 하부공의 경계부에 해당되는 곳으로 가설시에는 양자의 조정향으로서도 사용되며, 가설정도에 영향을 미치는 경우가 많다. 또 공용중 가동받침은 녹이나 먼지의 영향을 받기 쉽고, 가동부가 이것 때문에 정상으로 움직일 수 없게 되면 거더 전체에서 오는 큰 부하가 한 점에서 받게 되어 파손의 원인이 되며 지진의 경우도 이와 같은 양상이다.

기타 하부공이나 기초공에 이상이 생긴 경우에도 이곳이 가장 큰 영향을 받게 된다. 따라서 검사를 할 해는 받침 자체의 이상과 동시에 받침부에 영향을 주는 그 외 부재의 이상도 모두 확인해둘 필요가 있다. 또 받침부에 변성이 보일 때는 이것이 원인이 되어 거더 자체에 손상이 나타나는 경우도 많아서 이에 관한 확인도 꼭 실시해야 한다.

(라) 리벳, 볼트의 손상

강교의 변상으로 중요한 것 중의 하나로 리벳이나 볼트 및 그 연결부의 손상이 있다.

이런 종류의 변상에 대한 검사로서, 특히 중점적으로 확인이 필요한 곳으로서는 다음과 같은 것들이 있다.

- ① 부식이 진행된 이음부
- ② 재하부에 가까운 상부 횡구의 연결부
- ③ 종형에 붙인 주형의 횡구 연결부
- ④ 종, 횡형의 연결부
- ⑤ 받침에 이상이 보이는 단대경구와 연결구
- ⑥ 진동이 동반된 부속물의 연결부

⑦ 상하선의 연결부재

⑧ F11T 이상의 고장력볼트의 지연 파고

(마) 피로에 의한 변상

최근 증가추세에 있는 변상으로서 피로의 문제가 있다. 피로에 의한 변상은 라벳 구조인 부재에서 많이 볼 수 있었으나 특히 용접이 사용된 이후 많은 부재에서 피로문제를 살펴볼수 있다. 용접구조는 구조물의 경량화를 꾀할 수 있어 경제성이 좋은 구조이기는 하나 반면 아래와 같은 용접특유의 문제도 있다.

- ① 용접에 의해 잔류응력이 발생한다.
- ② 용접열의 영향으로 금속조직이 변화한다.
- ③ 강도에 영향을 미치는 내부 결함이 잔류될 수도 있다.
- ④ 용접비드 및 그 주위에서 평활성을 잃을 때가 많다.(비드 언더컷)
- ⑤ 구속정도가 높은 이음이 되기 때문에 국부적인 응력집중을 일으키기 쉽다.

이상의 것들은 주로 피로강도의 저하로 나타난다. 또한 철도교에 대한 검사로는 이들 개소를 점검의 착안점으로 하는 동시에 변상이 나타난 때는 그 발생원인에 대해서도 충분히 검토해 둘 필요가 있다.

(바) 방수공 및 배수설비의 변상

강형에서는 부식에, 의한 단면의 결손이나 기능의 저하가 유지 관리상 큰 비중을 갖게 되며 이 변상의 주된 원인은 방수공이나 배수설비가 충분히 기능을 다 할 수 없을 때 많이 발생한다.

강도로교에서는 강상판이나 베를 플레이트와 같이 직접 도상을 ,받치는 곳은 방청을 위해 방수공이 시공되어 있으나 오랫동안 상용하면 방수층에 균열이 생겨 방수효과를 잃는 경우가 있다. 이와 같은 변상을 검사로 발견하는 것은 대단히 어려운 일이나 때에 따라서는 도상의 일부를 제거하여 물이 샌 원인을 확인 할 필요도 있다. 일반적으로 방수층이 파손되면 강판의 이음부에 녹이슨 것을 볼 수 있으므로 검사로 발견하는 것은 대단히 어려울 일이나 때에 따라서는 도상의 일부를 .제거하여 물이 샌 원인을 확인할 필요도 있다. 일반적으로 방수층이 파손되면 강판의 이음부에 녹이 슨 것을 볼수 있으므로 검사는 이에 착안해서 하는 것이 좋다. 또 강상판이나 베를 플레이트는 다만 도상자갈(ballast)을 지지하는 것만이 아니고 열차 하중도 지지하는 강부재이기도 하므로 이것이 부식에 의해 단면결손이 발생되면 교량 구조상 큰 손상을 받게 된다.

따라서 이와 같은 부식을 막기 위해서 물빼기와 배수설비가 강교에 있어서 대단히 중요하며 강교에서는 이것을 고려하여 수절공, 물빼기공 등을 설치하고 이곳에 배수가 잘 되도록 먼지나, 흙 등을 제거하기 위한 청정이나 배수구배가 적절히 붙여져 있는가를 도장막의 열화와 합쳐서 확인해 둘 필요가 있다. 이와 같이 항상 청정을 철저히 해야 구조물의 수명을 연장하는 데 대단히 효과적이다.

(사) 화재, 충돌, 지진 등에 의한 손상

철도 주변에서 화재가 발생하여 강교가 그 열을 받게 되면, 그 정도에 따라 변형이 발생되며 강재의 재질 및 고장력볼트의 축력에 변화가 발생하여 문제가 되는 경우가 있다. 또 강교에

자동차 등이 충돌하거나, 지진에 의해 과대한 힘이나 변형이 작용함에 따라 교형의 변형, 리벳과 볼트에 이완이나 미끄러짐 및 파단 등이 일어나기도 한다.

이와 같은 것에 대한 검사는 그에 대해서 미리 검사용 점검목록을 준비해 두어서 점검에 누락이 없도록 검사를 진행해 나가는 것이 바람직하다. 아래에 주된 점검 항목에 역거하면 다음과 같다.

- ① 사고시의 상황경위를 조사하여 주형의 손상개소와 그 정도를 판단해 종점적으로 조사할 개소를 정한다.
- ② 레일면의 부상이나 굴곡을 조사해서 형의 어긋남이 일어났는가, 또 열차 운행이 가능한가를 조사한다.
- ③ 교형에 생긴 변형, 균열의 유무, 리벳볼트의 이완이나 파단 및 받침부의 점검 등을 실시한다. 특히 받침은 손상됐다 해도 다시 원래의 위치로 돌아가는 일이 있기 때문에 앵커 볼트를 들어 올려 볼 필요가 있으며 그 외에 변형이 압축을 받는 부재인 경우는 특히 좌굴에 대한 강도 확인이 필요하다.

해설 표 2.1 시설물의 손상원인

구조물명	결합내용	결합상태	원인	비고
슬래브거더/ T형 거더/ 박스 거더	균열	주거더 직각방향 하면 및 측면 수직균열	1. 하중의 증대(대형차, 하중편심) 2. 주철근 부족, 강도 부족 3. 절곡철근의 위치불량 4. 주철근의 이음불량, 이음위치 불량 스타럽 겹이음 길이 부족 5. 스타럽 위치저하, 피복두께부족 6. 건조수축, 양생불량, 콘크리트 타설시 자유단의 콘크리트 내부와 표면의 온도차 7. 거더의 공진 8. 사인장 철근의 부족 9. 지점 정착길이의 부족 10. 받침부착불량, 솔판(Sole plate)의 경사 등으로 인한 신축구속 11. 거더의 비틀림 스타럽, 축방향 철근의 부족 12. 거더의 3점지지 슬래브의 부등침하 (하부구조의 부등침하)	
		주거더 하면의 세로방향 균열	1. 슬래브거더의 배력철근 부족 2. 주철근의 위치저하, 피복두께 부족 3. 주철근의 부식, 팽창	
		슬래브 거더 상면의 균열	1. 거더상면의 용심철근 부족 2. 돌출슬래브 주철근 길이 부족 3. 경사슬래브 둔각부의 용심철근량 부족 4. 건조수축	
		T형 거더/ 박스 거더 중간 슬래브의 균열	1. 주거더의 비틀림 회전에 의한 힘모멘트의 증가 2. 경사거더의 좌우 주거더의 처짐차 3. 슈의 부등변위에 의한 3점지지, 비틀림 4. 스거더 하부슬래브의 전단력에 대한 철근부족 5. 경사거더의 비틀림모멘트, 부(-)모멘트 에 대한 철근부족	

구조물명	결합내용	결합상태	원인	비고
슬래브거더 / T형 거더 / 박스 거더	균열	캔틸레버 슬래브교 축방향 균열	1. 주철근의 위치저하 2. 선단부 정착길이 부족 3. 하중 재하시의 진동	
		직각방향 균열	1. 건조수축(콘크리트 타설시의 자유부)	
	콘크리트의 떨어짐 / 철근 노출		1. 철근위치의 저하, 피복두께 부족 2. 철근이음부의 콘크리트타설 불량 3. 콘크리트 다짐 불량 4. 철근부식, 팽창, 물의 침입, 염해, 매연, 전식(電蝕) 5. 콘크리트의 품질불량 6. 동해(단부, 둘출부에 많음) 7. 자동차 등의 충격 8. 화재	
		철근 부식	1. 콘크리트 타설전의 철근부식 2. 수분침입, 염해, 매연, 전식 3. 피로 4. 콘크리트의 떨어짐	
	거더 반침부 부식		1. 거더 받침부의 밀착불량 2. 반력의 증대 3. 거더받침부의 보강철근 부족	
	반침의 파손		1. 하중의 증가	
	반침의 녹	자동반침 변위불량	1. 드라이 패킹 시공불량	

구조물명	결합내용	결합상태	원인	비고
교대 / 교각	교좌 파괴	드라이 패킹 파손	1. 드라이 패킹 품질불량 2. 드라이 패킹 두께의 과대 3. 드라이 패킹면의 요철 4. 드라이 패킹 시공불량	
			1. 수평력에 대한 인장철근의 부족	
	균열	앵커볼트 위치의 균열	1. 수평력에 대한 인장철근의 부족	
		교좌 세로균열	1. 받침반력에 의한 콘크리트의 인장응력 2. 가동받침의 수평변위 구속	
	상단균열	교량 축방향과 직각방향의 균열	1. 건조수축	
		돌출부가 있을때의 균열	1. 돌출부의 철근부족 2. 돌출부의 철근연성 부족	
	돌출부의 균열	돌출부 상측균열	1. 받침의 변위로서 3점지지 등 2. 짧은 돌출부의 복부인장 철근량 부족 3. 짧은 돌출부의 복부인장응력에 대한 철 근 부족	
		돌출부 상측 복부의 균열	1. 고단부의 인장철근 부족 2. 줄눈간격의 과대	
	돌출부와 구체접합부 의 균열	수직방향	1. 콘크리트 다짐 시공불량 2. 연속타설로 인한 온도응력	
	교대 흥벽 균열	흥벽의 수평균열	1. 교대의 경사로 인한 보의 작용력의 영향	
		흥벽의 수직균열	1. 흙막이벽의 토압에 의한 모멘트의 영향 2. 연속치기로 인한 건조수축, 온도응력	

구조물명	결합내용	결합상태	원인	비고
교대 / 교각	구체균열	전면 수직균열 콘크리트 이음매 간의 수직균열	1. 건조수축, 경화 은도응력	
		이음부를 통한 밀으로의 균열	1. 기초의 부등침하 (확대기초 중앙부의 침하)	
		수평균열	1. 콘크리트 이음부의 시공불량 2. 기초의 부등침하 3. 기초의 세굴 4. 보에 작용하는 힘에 의한 구체의 휨모멘트 5. 철근 절단위치의 부적당 6. 건조수축 7. 돌출부에 작용하는 모멘트에 의한 균열	
	확대기초의 균열		1. 말뚝반력 불균형에 의한 반력 증대 2. 세굴	
	콘크리트의 파괴벌어짐	상단부의 파괴	1. 슈 부착 불량으로 생긴 인장력에 의한 콘크리트의 갈라짐 2. 슈의 수평력에 의한 갈라짐 3. 동해	
		구체의 파괴	1. 유수작용에 의한 마모 2. 유목, 자동차 등의 충돌 3. 콘크리트 이음매 시공불량 4. 동해	
	벽돌조 교대/교각 줄눈 갈라짐		1. 장기간 경과	

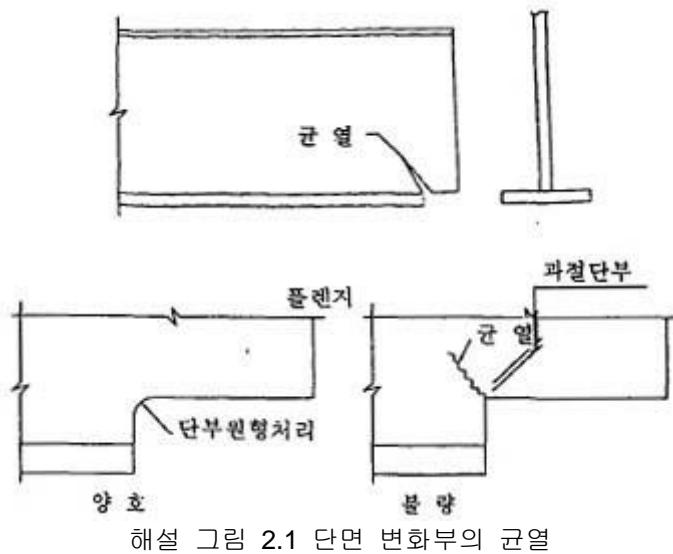
구조물명	결합내용	결합상태	원인	비고
암 거	균 열	상부 슬래브 하면 중앙부 축방향 균열	1. 하중증대, 적재상의 작용범위 확대 2. 토압력의 감소	
		상부 슬래브 하면 단부, 축방향 균열	1. 지진 2. 작용 토압력 증대(편토압) 3. 시공시 되메우기 시공순서 불량 4. 기초 부등 침하	
		상부 슬래브 하면 사방향 균열	1. 기초의 부등침하에 의한 비틀림 작용	
		상부 슬래브 하면 축방향 균열	1. 지반침하에 의한 축방향 힘모멘트에 대한 철근부족 2. 콘크리트 이음매 시공불량 3. 연속타설에 의한 건조수축 은도응력	
		측벽 수평 균열	1. 토압력의 증대 2. 지진 3. 작용토압력의 증대(편토압)	
		측벽 수직 균열	1. 지반 침하에 의한 축방향 힘모멘트에 의한 철근부족 2. 콘크리트 타설 이음부 시공부량 3. 지반 부등 침하 4. 시공시 건조수축, 경화온도 용력	
	균 열	측벽 사방향 균열	1. 기초의 부등침하에 의한 비틀림 작용	
		날개벽 전면 수직 균열	1. 성토침하에 의한 옹벽의 기울어짐	

구조물명	결합내용	결합상태	원인	비고
라멘고 가교	슬래브의 균열	상면 균열	1. 건조수축 2. 기둥이 부동침하	
		슬래브 연단 상면 균열	1. 슬래브 철근이 위치 저하 2. 유효고의 감소	
		슬래브 연단 상면, 중앙부 하면 균열	1. 휨모멘트에 대한 철근량 부족 2. 거더의 비틀림에 의한 휨모멘트 증가	
		슬래브 중앙부 하면 균열	1. 철근의 위치 저하 2. 피복덮개 부족	
	캔틸레버 슬래브 균열	차선방향 균열	1. 철근의 위치 저하 2. 선단부 정착력의 부족 3. 하중재하시의 진동	
		직각방향 균열	1. 건조수축 2. 절연이음 간격의 부적당	
	보의 균열	보 중앙부 밀면 균열	1. 휨모멘트에 대한 철근량 부족 2. 절곡철근의 위치불량 3. 철근 이음 위치불량 4. 철근 이음부의 시공불량 5. 시공시의 거푸집 침하 6. 기둥하부의 수평이동 또는 회전에 의한 휨모멘트의 증가	
		보 중앙복부의 균열	1. 건조수축	
		보의 지지점 상면 균열	1. 철근의 위치 저하 2. 수평력의 증가 3. 시공시 거푸집 침하 4. 기둥하부의 부동침하	
		보의 지지점 하면 균열	1. 수평력의 증가 2. 기둥하부의 부동침하	
		보의 지지점 복부의 균열	1. 스터립 부족 2. 콘크리트 타설시기의 부적당	

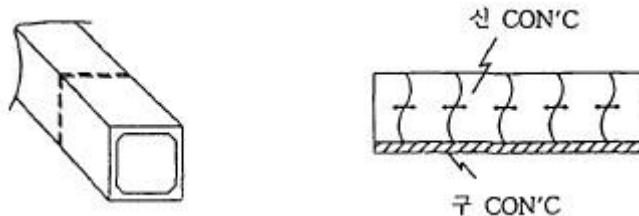
구조물명	결합내용	결합상태	원인	비고
라멘고 가교	기둥의 균열	기둥상·하부의 반대측 균열	1. 기둥상부 수평력의 증가(이상 수평력) 2. 기둥하부(확대기초)의 수평이동	
		기둥 한측면 의 균열	1. 기초의 회전	
		기둥하부의 균열	1. 철근의 위치 불량	
	확대기초의 균열		1. 말뚝반력의 불균형 2. 확대기초 두께의 과소	
매립 H형강 거더	거더 하면 콘크리트 균열	축방향에 H형강의 플랜지에 따른 균열	1. H형강과 콘크리트의 부착력 결여 2. 횡방향 철근의 부족 3. 사각(斜角)거더의 경우 비틀림 4. 반침의 부등침하	
		축방향과 직각방향의 균열	1. 축방향 하부플랜지 부근의 용심철근 부족 2. H형강과 콘크리트의 부착력 결여 3. 건조수축	
		거더상면 축방향의 균열	1. 건조수축 2. 보도부, 캔틸레버 슬래브의 주철근 정착길이 부족 3. 횡방향 철근부족 (보의 하중분담 불충분) 4. 반침의 부등침하	
	캔틸레버 슬래브의 균열	거더상단 교육 직각방향의 균열	1. 건조수축	
		축방향 균열	1. 주철근 정착길이 부족 2. 주철근 선단정착길이 부족 3. 철근 위치의 저하 4. 거더의 진동	
		축방향과 직각방향의 균열	1. 건조수축 2. 절연이음간격의 부적당	

구조물명	결합내용	결합상태	원인	비고
PC 거더 균열	거더의 밀면 (거더의 직각방향) (거더의 측방향)	거더의 밀면 (거더의 직각방향) (거더의 측방향)	1. 프리스트레스 도입부족 2. PC강재의 이완 3. PC강재의 절단 4. 쉬스내 그라우트 수분의 동해기타	
		거더의 윗면 거더의 직각방향	1. 소정의 하중부족 2. 프리스트레스의 과다	
		거더의 측면 (45°)방향	1. 하중에 의한 전단력 2. 진조수축	
		주케이블에 연하여 있음	1. 프리스트레스에 의한 전단력 2. 거더의 자중부족 3. 콘크리트 초기강도 부족 4. 쉬스내 그라우트, 기타 물의 동결	
	받침부	받침부	1. 지점상의 국부응력과대에 따른 갈라짐 2. 받침부의 큰 마찰저항에 의한 균열	
		거더단의 중앙	1. 강선 배치 불량 2. 강선긴장 순서 불량 3. 고무받침의 경우 반력의 불균등	
	복부의 수직방향	복부의 수직방향	1. 콘크리트 타설순서에 따른 온도차 및 진조수축	
		플랜지 부근	1. 콘크리트 타설방법 불량 2. 철근부족	
	PC 강재 정착부	PC 강재 정착부	1. 정착부 되메우기 콘크리트의 수축 2. 정착부의 보강철근 부족	
	연속거더의 하연	연속거더의 하연	1. 일사(日射)에 의한 단면의 온도 2. 콘크리트 타설중의 사하중응력	

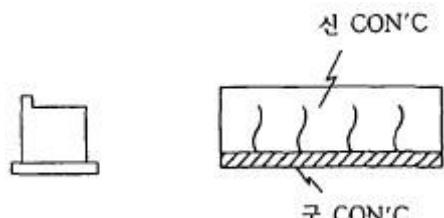
구조물명	결합내용	결합상태	원인	비고
PC 거더	균열	박스 거더 복부 내부 교축방향	1. 황체의 프리스트레스에 의한 부정정 모멘트 2. 온도변화, 크리프에 의한 부정정 모멘트 3. 전단력에 의한 사인장 용력 4. 계속적인 치기에 의한 온도용력	
		교축 보도	1. 주거더 가설후 교축보도를 현장타설 할 때 건조 수축의 차 2. 황체에 의한 갈라짐	
	콘크리트의 떨어짐	거더 밑면, 지간중앙부분, 케이블을 휘어 넣은 부근	1. 콘크리트 다짐 불량 2. 자동차 등의 충격	
		거더 지점상, 가로 거더 측면	1. 가로보와 거더의 반침간에 콘크리트 가 흘러들어가서 보의 반침부와 가로 보가 접촉	
	PC강봉의 파단	황체 PC 강봉의 파단	1. 재질적 결합 2. 경사정착으로 인한 비틀림부의 휨작용 3. 과도한 긴장 4. 그라우트 불량에 의한 강재부식	
	강선파단	프리텐션 거더의 강선	1. 콘크리트 다짐 불량	
	반침부	거더의 3점지지	1. 드라이 패킹의 불량 2. 지점의 침하 3. 거더의 비틀림	
		고무받침의 변형 과대	1. 반침에 대한 하중의 불균등	
		강재반침의 파손	1. 드라이 패킹 불량 2. 앵커 보울트 시공불량	
		록카반침의 변위	1. 부착불량	



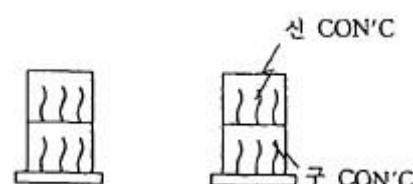
해설 그림 2.1 단면 변화부의 균열



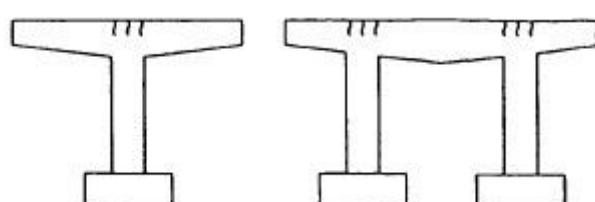
해설 그림 2.2 암거의 균열



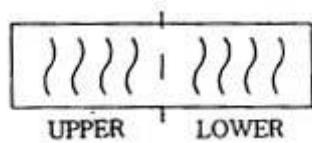
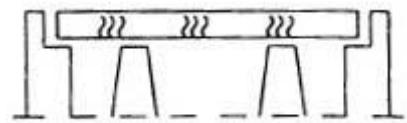
해설 그림 2.3 교대의 균열



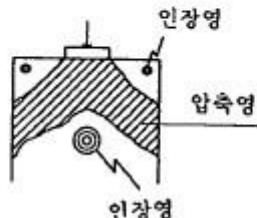
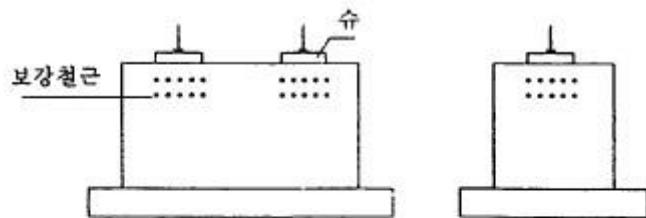
해설 그림 2.4 교각의 균열 1



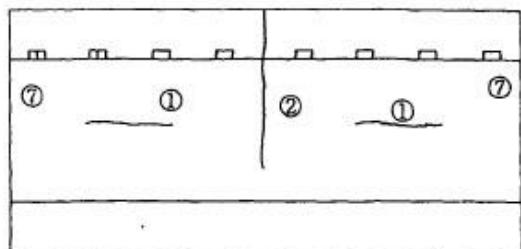
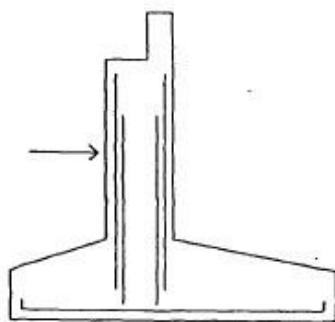
해설 그림 2.5 교각의 균열 2



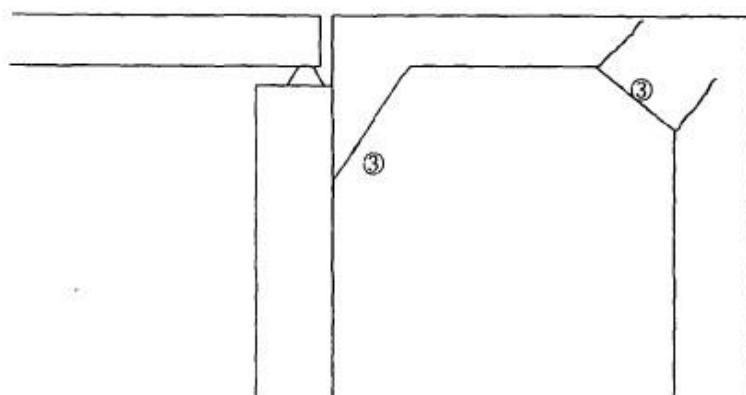
해설 그림 2.6 슬래브의 균열



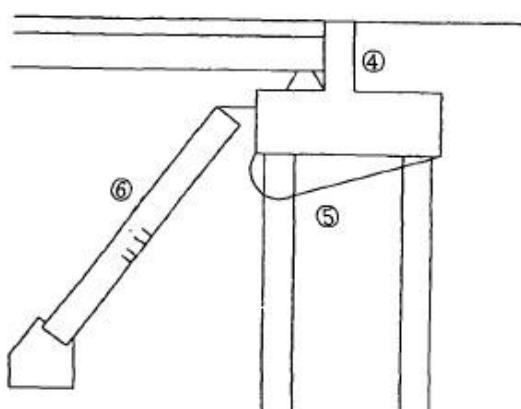
해설 그림 2.7 하중 집중점의 균열



(1)-④



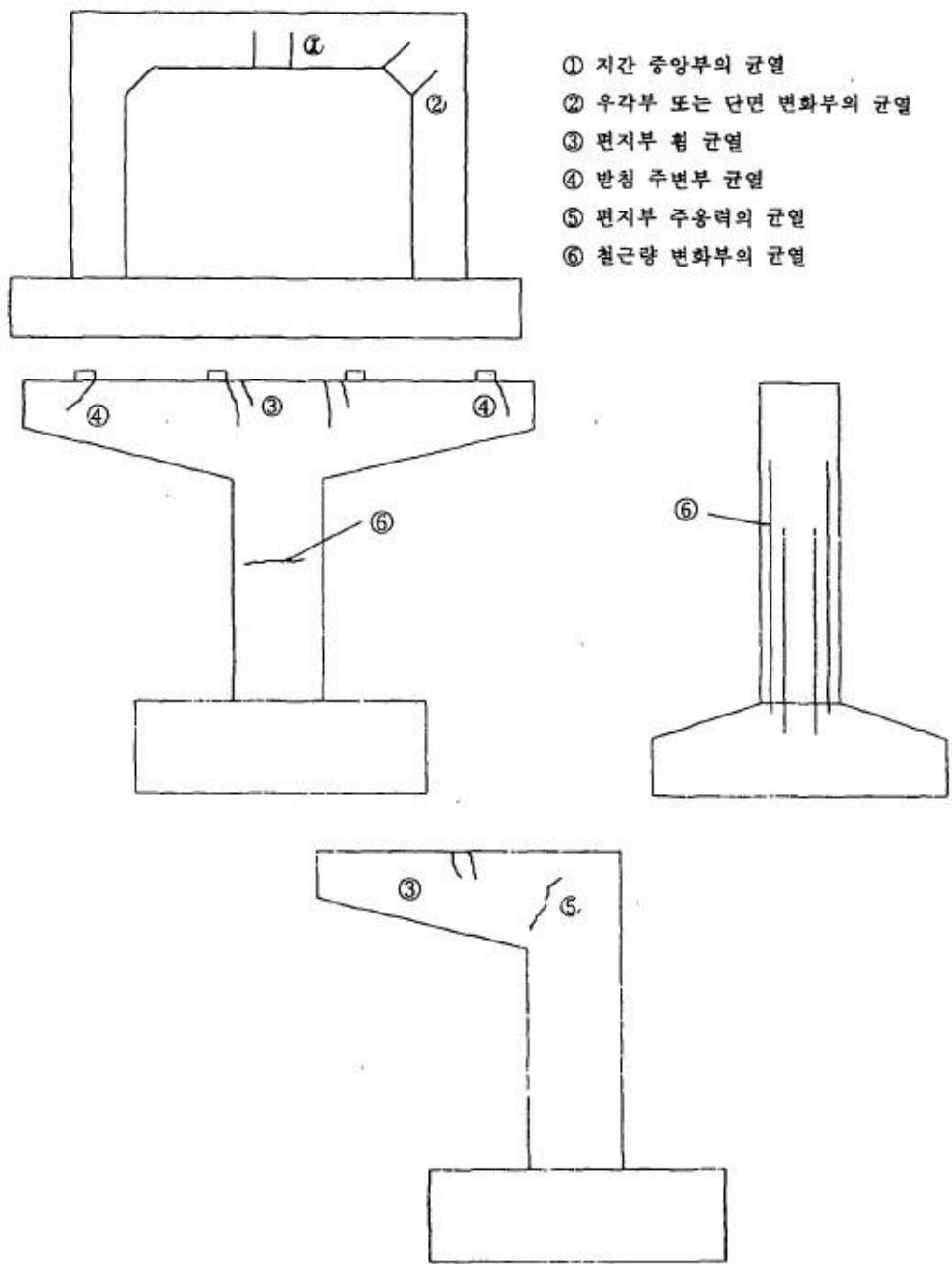
(1)-⑤



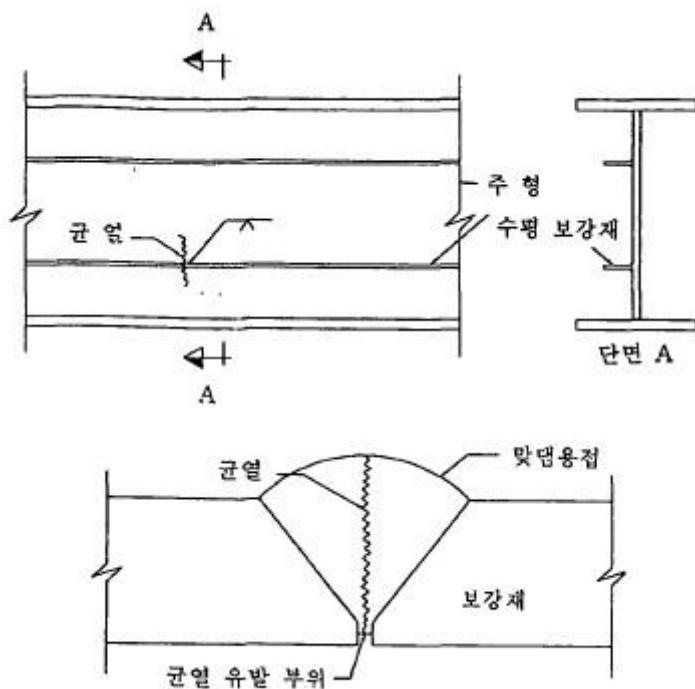
(1)-⑥

- ① 철근량 변화부의 균열
- ② 시공이음이 없기 때문에 생긴 균열
- ③ 우각부, 단면 변화부의 균열
- ④ 교대이동에 의한 유간불량
- ⑤ 교대하부의 공통
- ⑥ 교대이동에 의한 사면 불룩 과손
- ⑦ 받침, 받침부 철근부쪽에 의한 균열

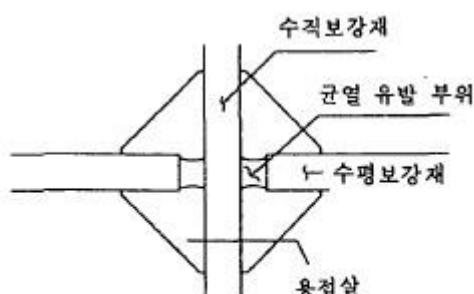
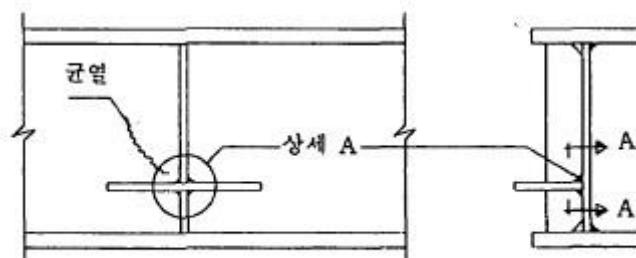
해설 그림 2.8 교대의 손상



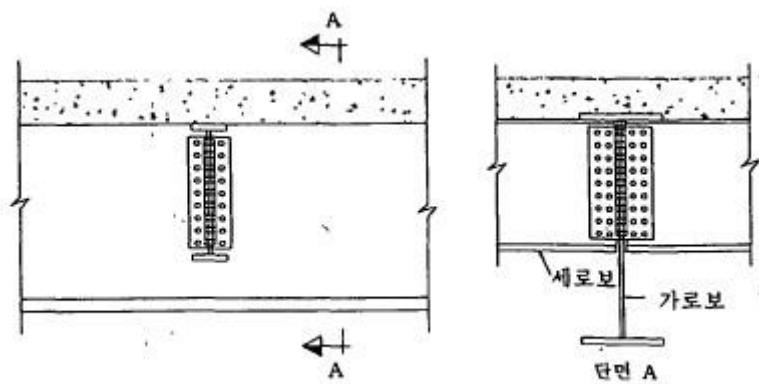
해설 그림 2.9 교각의 손상



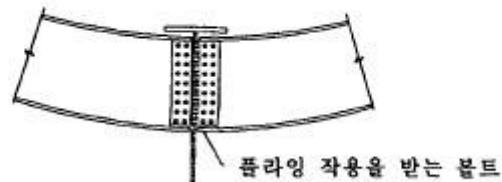
해설 그림 2.10 인장부에 부착되고 맞댐 용접부를 갖는 수평 보강재의 균열



해설 그림 2.11 수직 및 수평 보강재의 접속 용접부의 균열

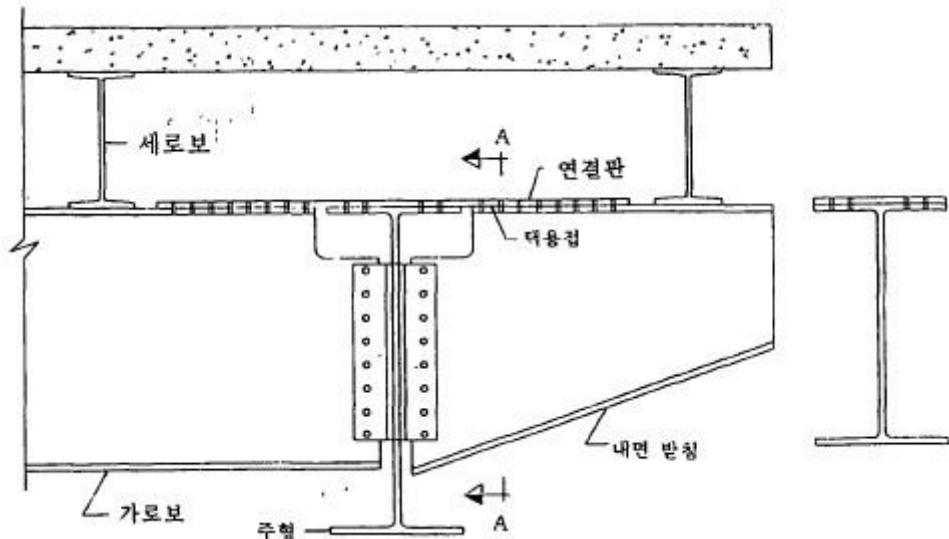


세로보와 가로보의 연결상세

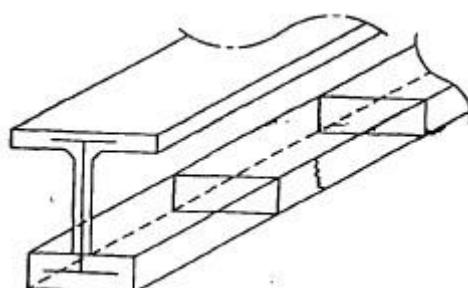


인장부 볼트의 플라잉 현상

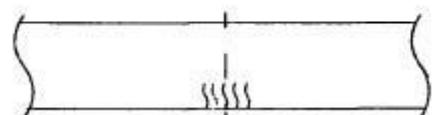
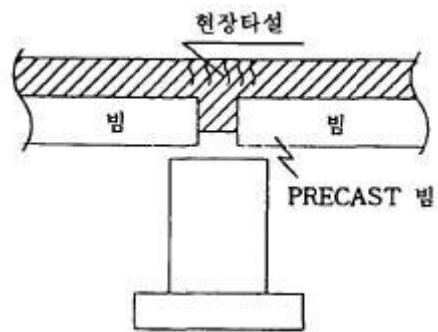
해설 그림 2.12 볼트 연결부의 플라잉(Plying) 작용



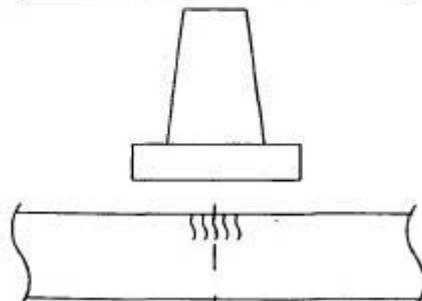
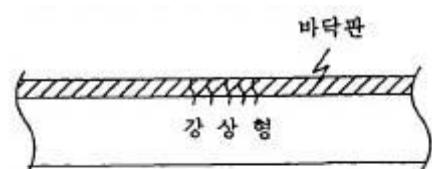
해설 그림 2.13 겹판구조에서 택용접부의 균열



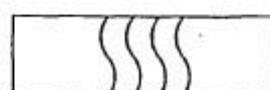
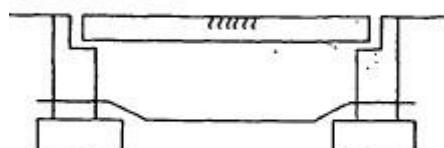
해설 그림 2.14 PREFLEX 빔교의 균열



해설 그림 2.15 빔 연속부의 균열



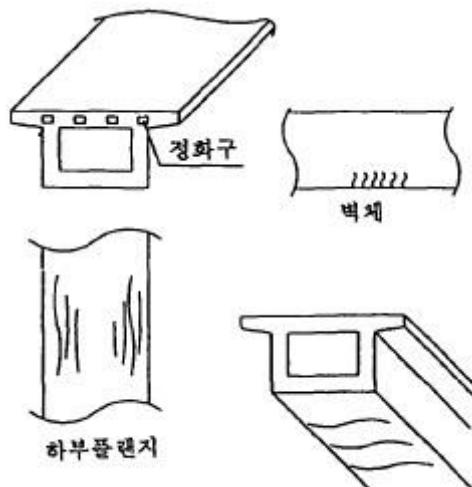
해설 그림 2.16 강합성교 및 비합성교 부모멘트의 균열



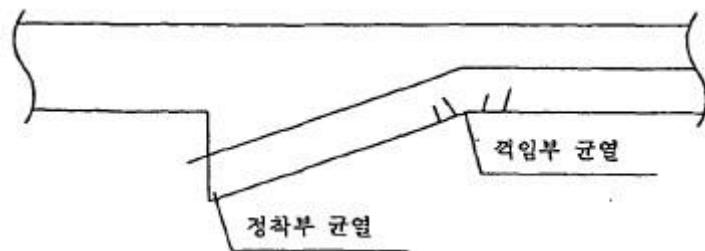
해설 그림 2.17 RC BOX 거더교의 균열



해설 그림 2.18 PC 빔교의 정착부의 균열



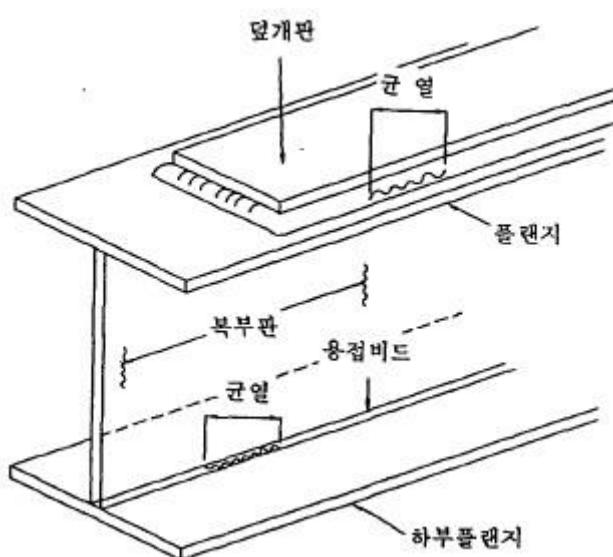
해설 그림 2.19 PC BOX(I.L.H)교의 균열



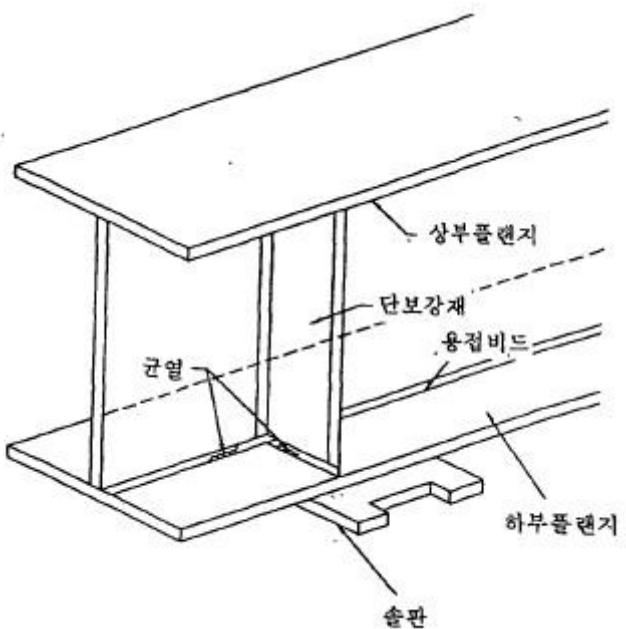
해설 그림 2.20 PS 정착부의 균열



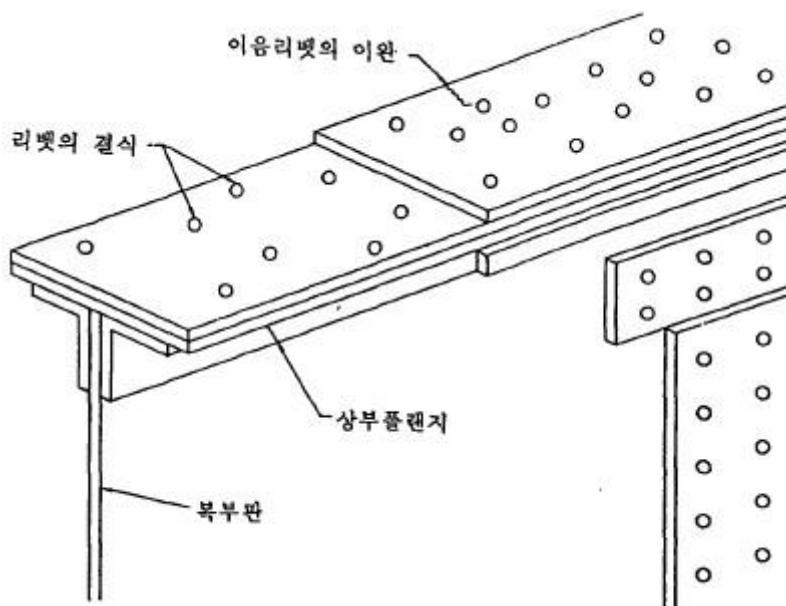
해설 그림 2.21 침하 균열



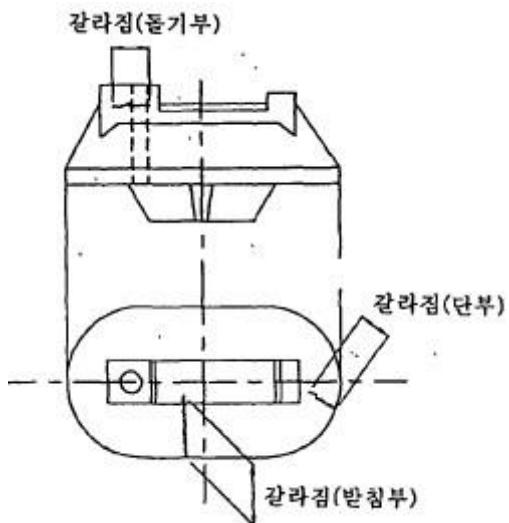
해설 그림 2.22 필드 용접비드의 균열



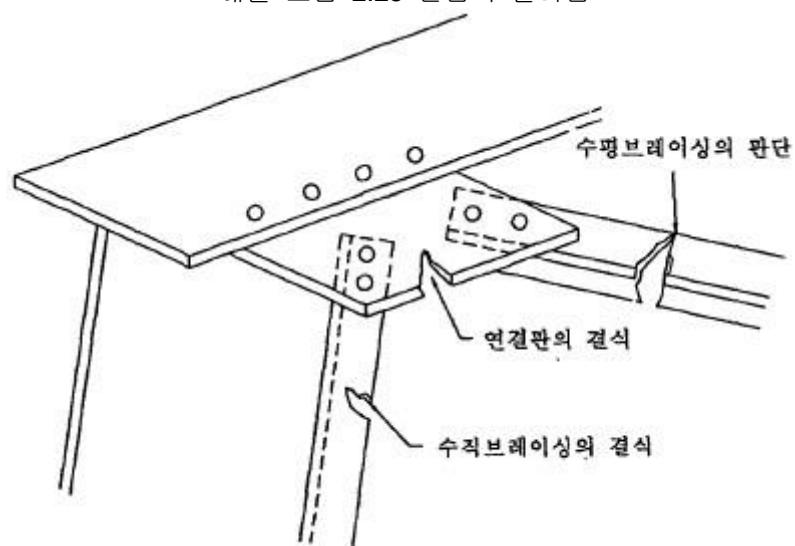
해설 그림 2.23 거더단부에서 용접비드의 균열



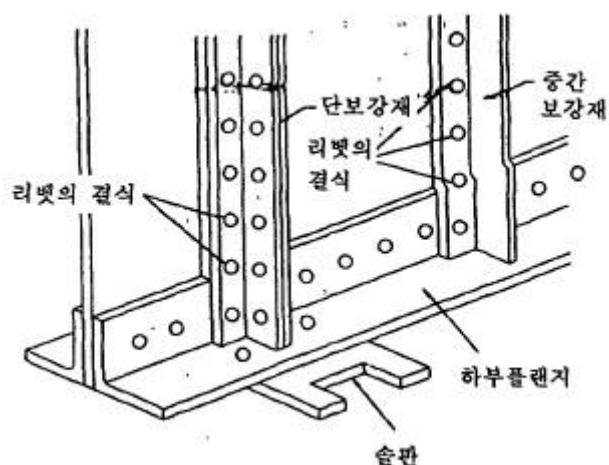
해설 그림 2.24 주형이음리벳의 결식 및 이완



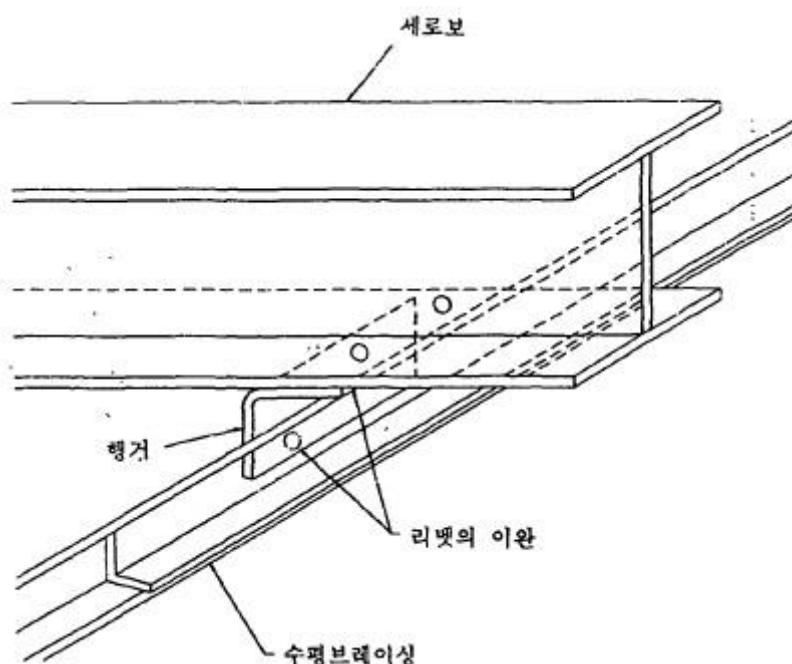
해설 그림 2.25 받침의 갈라짐



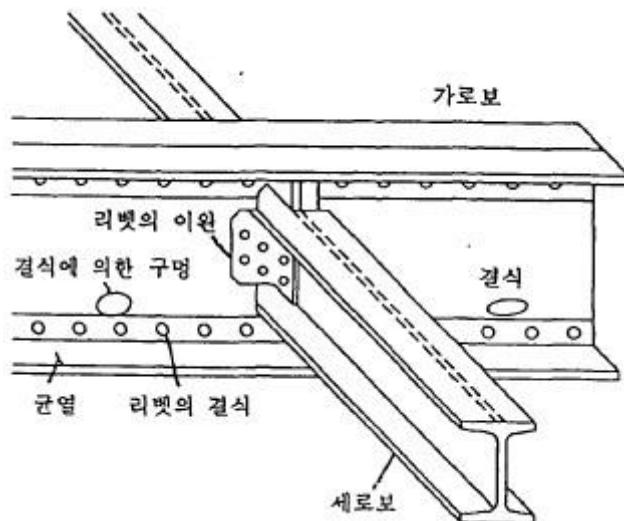
해설 그림 2.26 수평브레이싱과 연결부의 결함



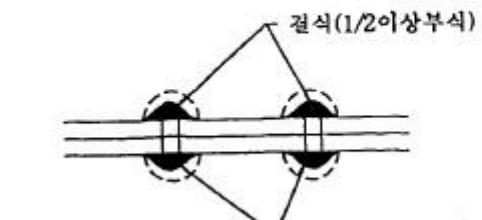
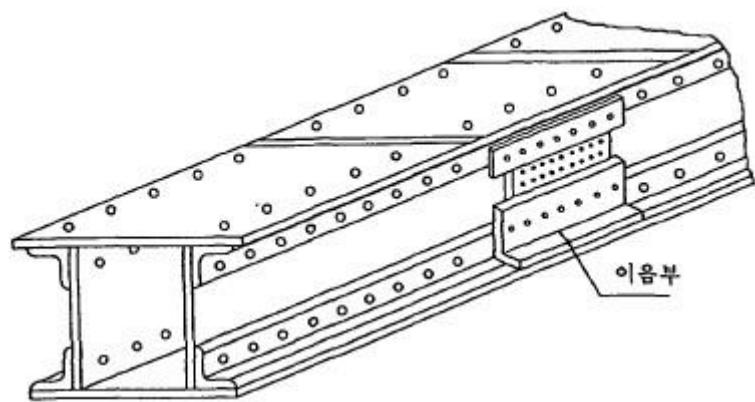
해설 그림 2.27 보강재 연결리벳의 결식



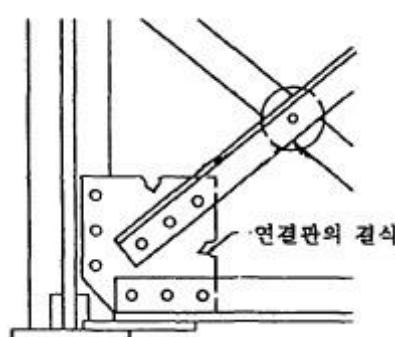
해설 그림 2.28 행거(hanger) 연결 리벳의 이완



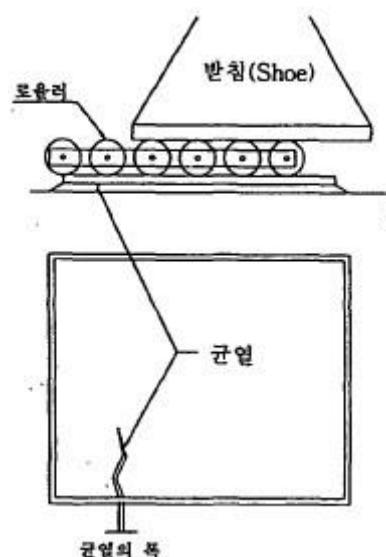
해설 그림 2.29 가로보와 세로보 연결부의 결합



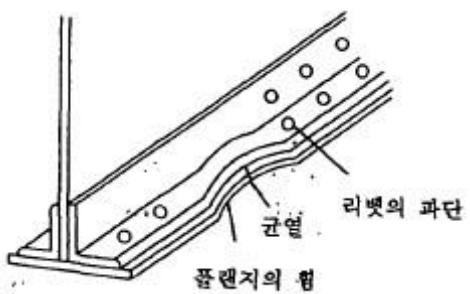
해설 그림 2.30 이음부 리벳의 결함



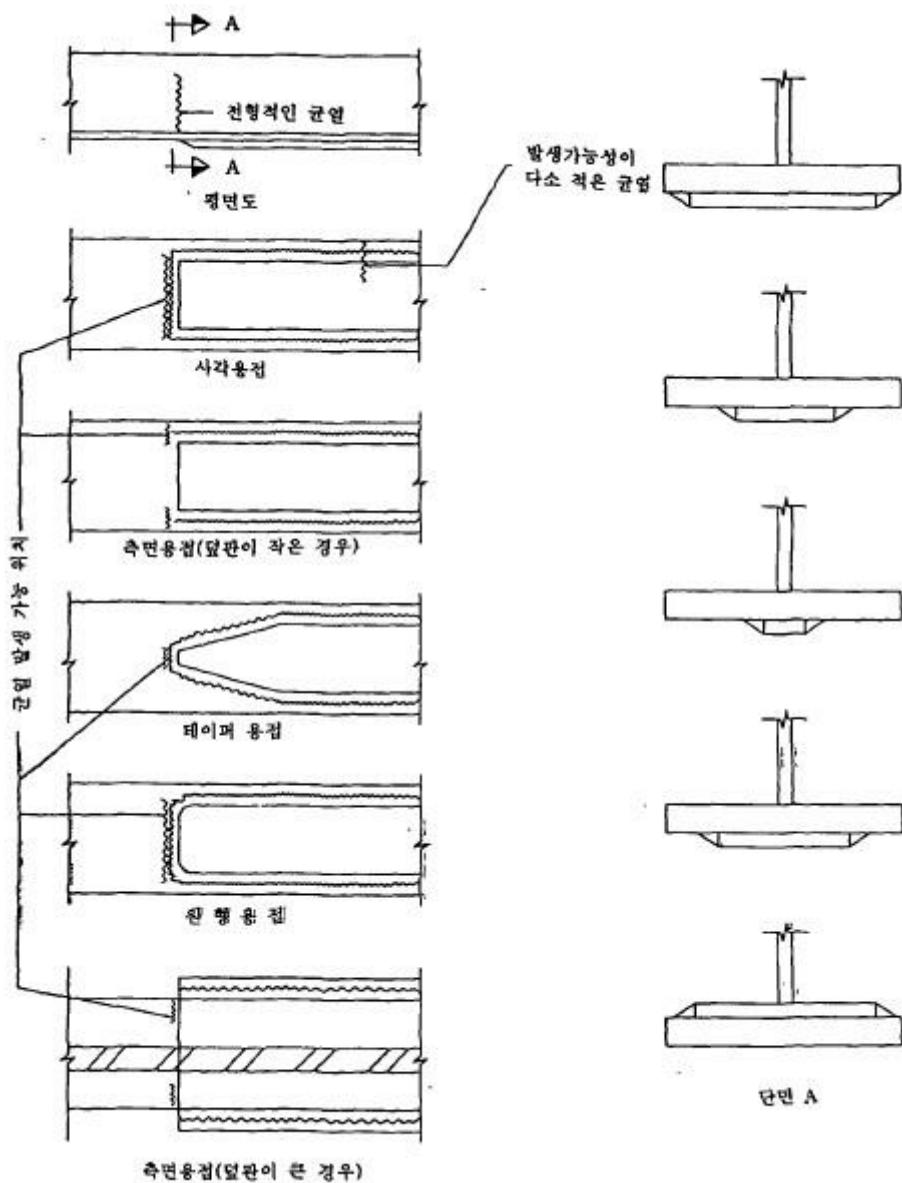
해설 그림 2.31 수직브레이싱 연결판(gusset)의 결식



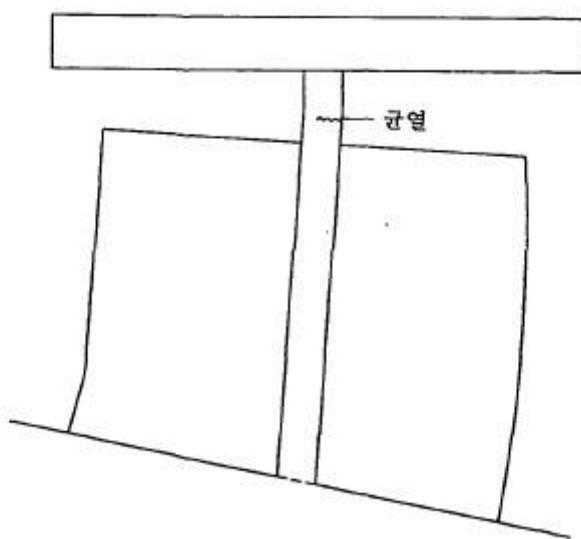
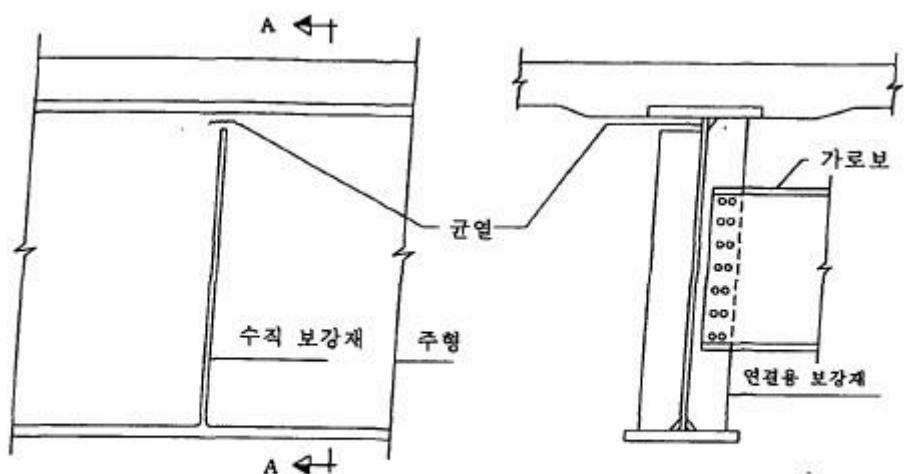
해설 그림 2.32 반침 저판의 균열



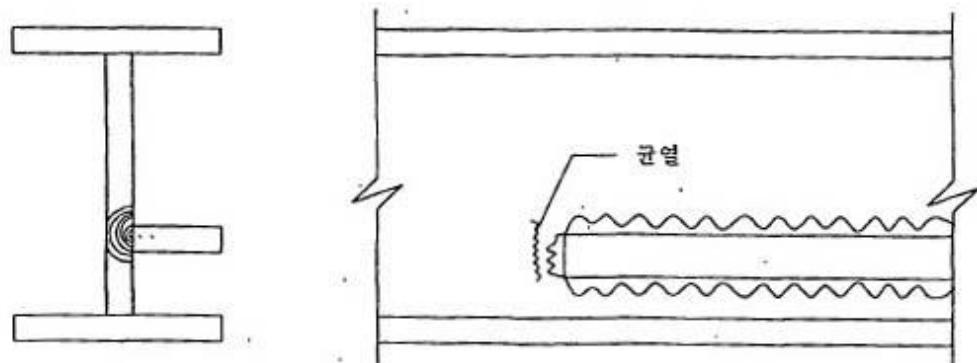
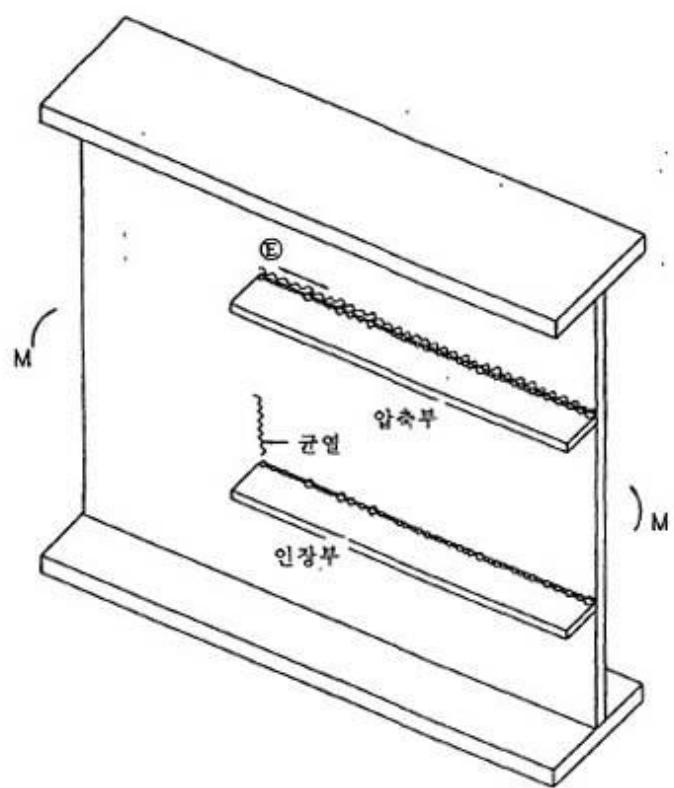
해설 그림 2.33 플랜지 이음부의 균열



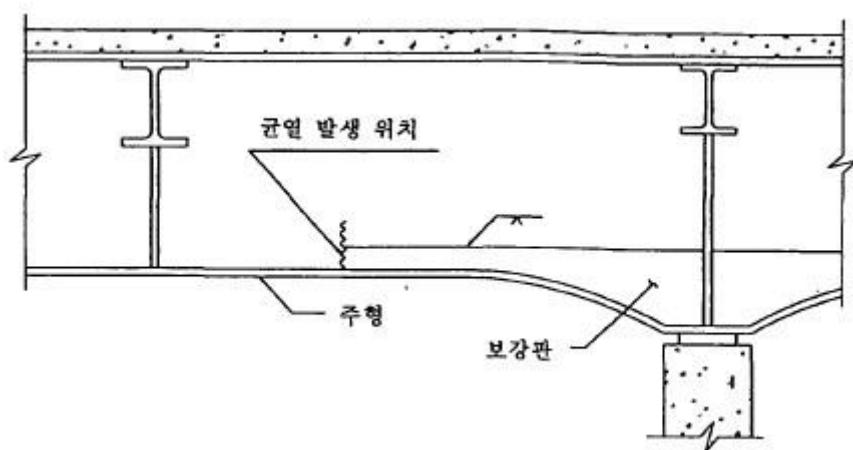
해설 그림 2.34 덮판부의 균열



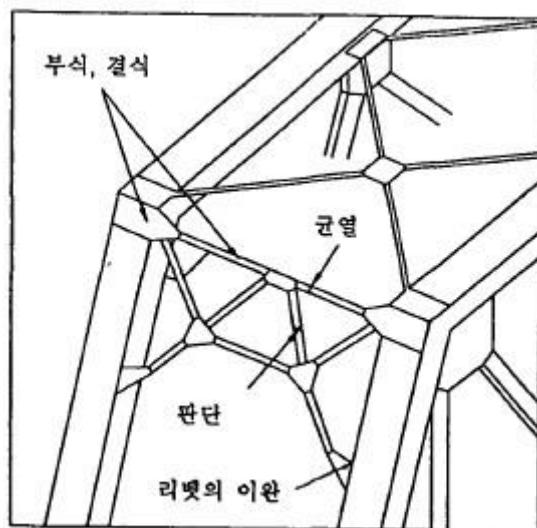
해설 그림 2.35 가로보 연결용 보강재 부근의 균열



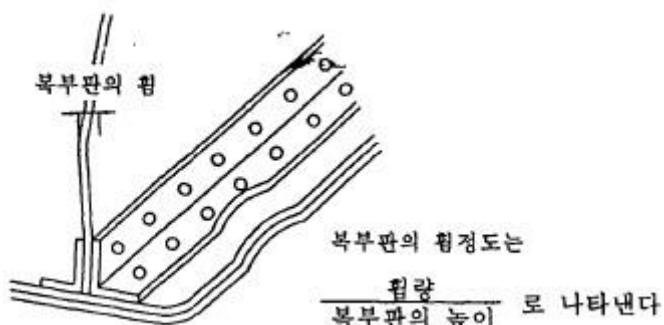
해설 그림 2.36 수평 보강재 부근의 균열



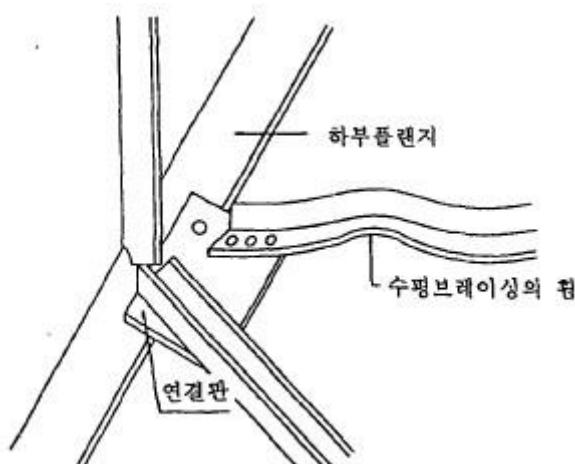
해설 그림 2.37 복부에 부분적으로 보강판을 용접한 경우



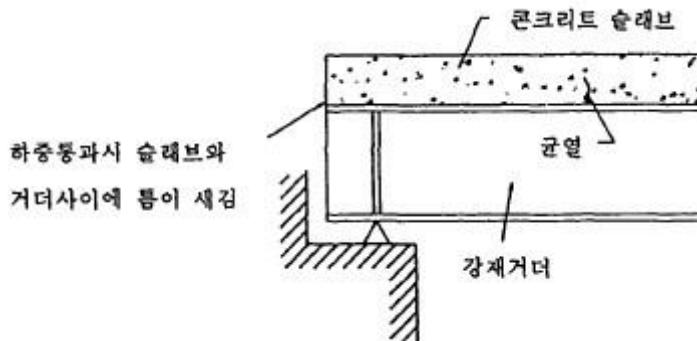
해설 그림 2.38 교문브레이싱의 결함



해설 그림 2.39 충돌 또는 화재에 의한 복부판의 변형



해설 그림 2.40 충돌 또는 화재에 의한 수평브레이싱의 휨



해설 그림 2.41 이동하중통과시 합성형의 결함

제 3 장 시설물의 점검

3.1 점검 계획

철도 시설물에 대한 전체적인 점검 계획을 수립할 때는 다음과 같은 항목들에 대한 구체적 계획이 선행되어야 한다.

- (1) 자료 조사 : 기존의 문헌과 기록에 의한 철도 시설물 이력 및 구조, 제원, 과거 점검 자료, 보수 이력 등
- (2) 환경 조사 : 철도 시설물에 위치하고 있는 지역의 지형조건 및 지질조건, 지하수조건, 기상조건, 식생조건, 토지이용 조건과 이들의 변동상황
- (3) 현장 조사 : 철도 시설물의 단면변형, 부등침하여부, 균열 등 구조물 설치에 따른 접합성, 안정성, 적용성을 검토한다.

【해설】

(1) 조사

(가) 자료조사

자료조사는 기존의 문헌과 기록에 의한 철도시설물 이력 및 구조, 제원, 과거 점검 자료, 이미 발생했던 결함에 관한 보수 이력 등을 조사하고 이러한 다양한 정보들을 체계적으로 D/B화하여 추후의 유지관리에 유용한 자료로서 활용해야 한다.

(나) 환경조사

환경조사는 철도시설물 위치하고 있는 지역의 지형 조건 및 지질 조건, 지하수 조건, 지상 조건, 식생 조건, 토지이용 조건과 이들의 변동사항에 관하여 조사하는 것이다.

(다) 현장조사

현장조사를 위해서는 우선 앞에서 설명한 자료 조사와 환경 조사 내용을 분석하고, 철도

시설물의 여건이 그 목적 및 기능에 따른 적합성, 안정성, 구조물 설치에 따른 적용성을 만족하는지 우선 검토하여야 한다. 더욱이 현장 조사시에는 철도 시설물의 목적 및 규모 등을 충분히 고려하여 다음과 같은 조사 계획을 수립하여야 한다.

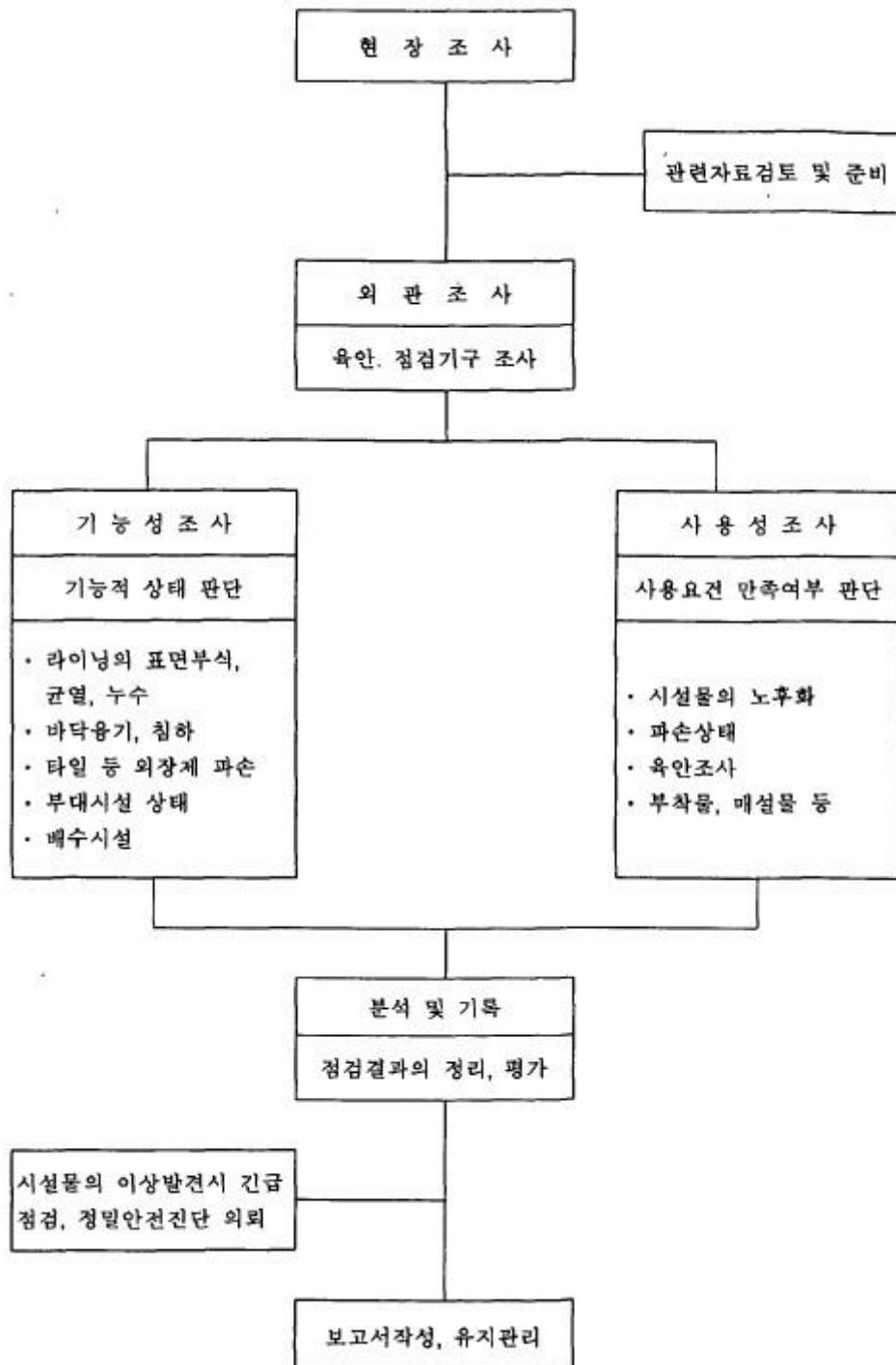
- ① 현장 조사를 수행하는데 필요한 인력 및 항목, 조사의 범위, 방법, 형식, 장비의 결정
- ② 조사 기간과 관련된 작업 시간의 예측
- ③ 현장 조사 결과의 기록양식 및 정리형식 결정
- ④ 해당 구조물과 관련된 타기관 및 인근주민과의 협조체제 구축
- ⑤ 각각의 조사항목에 대한 구체적인 적용 기술 및 방법 결정
- ⑥ 현장 조사시 사용되는 장비에 관한 사용방법 및 해석방법의 숙지
- ⑦ 문서화된 자료이외에 시설물의 실제 유지관리자 및 관계자들에 대한 청문조사

(2) 점검 계획

(가) 일상 점검

일상점검은 통상적으로 관리주체가 행하는 순찰과 유사한 성격의 점검으로 공용중의 모든 교량의 상태파악을 위해 분기별로 시행하는 점검이다. 일상점검은 육안 및 망원경, 거울 등의 보조기구를 사용하여 점검자가 도보로 접근 가능한 교량의 상부와 하부의 전반적인 외관상태를 관찰하는 수준으로 한다.

손상상태 평가는 교량의 전반적인 외관상태에 국한하며 외형상 확인히 나타나는 손상 및 결함상태는 특기사항으로 기입한다.



해설 그림 3.1 일상점검 흐름도

(나) 초기점검

초기점검은 신설교량의 경우, 콘크리트 강도와 철근배근 상태 등의 간단한 현장시험과 시공상태를 평가하고, 구조물에 손상을 주지 않는 범위내에서 재하시험을 시행, 처짐과 공용내하력의 초기치를 설정하여 향후 점검 및 진단시에 기초자료로 활용하도록 하기 위한 점검이다.

기존교량의 경우에는 구조형태가 변화되었을 때에 초기치를 결정하기 위하여 초기 점검을 하여야하며 이때 비파괴 현장시험 및 재료시험의 종류는 기존자료 및 교량상태를 고려하여

선정하여야 한다. 손상 상태평가는 정기점검 수준에 따른다.

(다) 정기점검

정기점검은 교량의 물리적, 기능적 상태를 판단하고 이전 상태로부터의 변화를 확인하며 현재의 사용조건을 계속 만족시키고 있는지를 확인하기 위한 점검이다.

점검은 육안관찰과 일상점검에 사용되는 보조기구외에 카메라, 반발경도 측정기, 균열자, 줄자 등의 간단한 측정기구를 사용하여 영구작업대, 점검통로 또는 점검차를 사용하여 주형 및 바닥판 하부 등 일상점검시 접근이 불가능한 부위까지 점검한다.

손상상태 평가는 경간별 지점별로 행하되 문제부위에 대하여는 외관조사 망도를 구성하여 등급을 매기는 것으로 한다.

평가시 착안사항은 점검항목을 참조하고 하부구조의 수중부위에 대한 점검은 갈수기 동안의 관찰 및 침식의 흔적조사에 국한한다.

구조 혹은 하중상태가 변화되어 안전성 평가에 영향을 주는 경우에는 구조계산을 통한 내하력 평가를 시행하여야 한다.

(라) 정밀 안전진단

정밀 안전진단은 정기점검 과정을 통하여 쉽게 발견할 수 없는 결함부위를 찾기위하여 행하여지는 정밀한 육안관찰 및 진단 측정장비에 의한 근접점검이다.

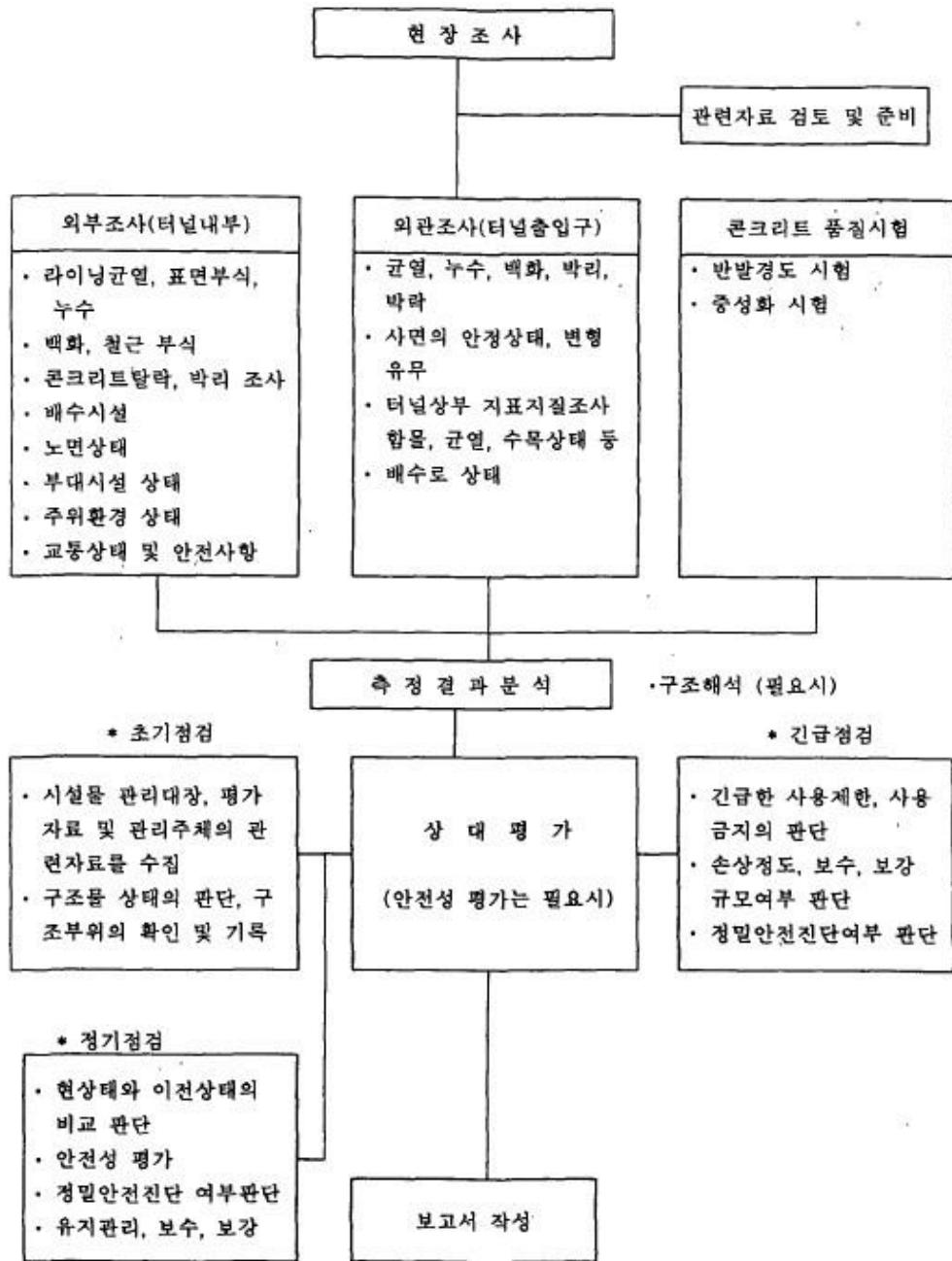
필요한 경우 점검차, 비계, 작업선과 같은 특수장비 및 잠수부와 같은 특수기술자가 필요하며 결함의 존재 및 범위를 파악하기 위한 내구성 측면의 비파괴 현장시험 및 기타 재료시험을 병행하여야 한다.

손상상태 평가는 전체경간, 전체지점에 대하여 외관조사 망도를 구성하여 손상표기범례에 따라 상세히 작성하고 잠수부를 동원하여 정밀한 점검을 행하여야 한다.

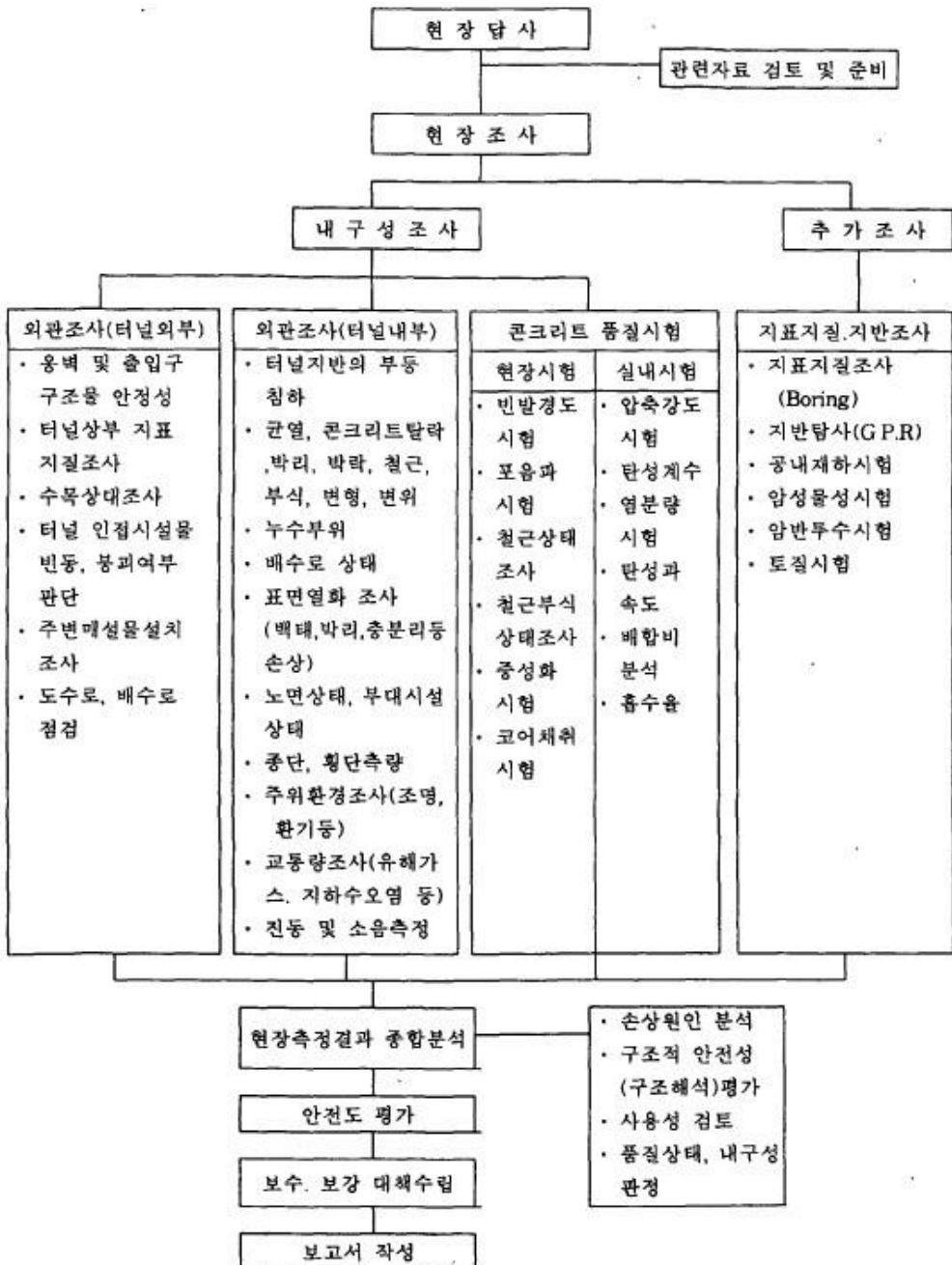
외관상태 평가시의 착안사항은 점검항목에 따른다.

본 진단에서는 반드시 교량에 대한 안전성 평가를 포함하여야 하며 내하력 평가시 필요한 경우 재하시험을 실시한다.

정밀안전진단 결과 보수, 보강이 필요한 경우에는 그 방법을 제시하여야 한다.



해설 그림 3.2 정기점검 및 긴급점검 흐름도



해설 그림 3.3 정밀안전진단 흐름도

3.2 점검 항목 및 방법

안전을 전제로 효과적인 공사진척이 이루어질 수 있도록 하여야 한다.

【해설】

사전 안전교육을 실시하여 안전장비를 착용하고 안전수칙에 입각한 작업이 이루어져야 한다.

(1) 안전 교육

점검 및 진단대상 시설물인 구조물의 특성과 현장조사의 난이도, 위험도를 고려하여 안전수칙 등을 제정하고 이에 따라 안전교육을 실시하도록 하며 안전교육 일지를 작성토록 한다.

(2) 보호구

점검 및 진단 참여자는 노동부장관 검정 합격품인 적절한 보호구를 착용하고 적합한 안전시설을 설치 사용하여야 한다.

(가) 높이 2m 이상의 고도 작업으로 추락의 위험이 있는 장소에서는 안전벨트를 착용하여야 한다.

(나) 낙하물에 의한 위험이 있는 장소에서는 안전모 및 안전화를 착용하여야 한다.

(다) 분진 등이 현저하게 발생되는 장소에서는 분진 방지 마스트를 착용하여야 한다.

(라) 유해가스 등에 의한 질식 등의 위험이 있는 장소에서는 방독마스크를 착용하여야 한다.

(마) 산소결핍 등의 위험이 있는 장소에서는 송기 또는 산소마스크를 착용하여야 한다.

(바) 터널내에서는 작업시에는 형광 표시 의류나 반벨트 등을 착용하여야 한다.

(사) 현저한 소음이 발생되는 작업 장소에서는 귀마개를 착용하여야 한다.

(아) 그라인더 작업 등 비산물에 의한 위험이 있는 작업시에는 보안경 또는 보안면을 착용하여야 한다.

(자) 수상 부분에서의 작업시에는 구명장구 및 비상로프를 착용, 휴대하여야 한다.

(차) 기타 위험요소가 있는 장소에서의 작업시에는 적절한 보호용구를 사용하여야 한다.

(3) 안전사고의 처리

안전사고자는 안전사고 발생시 응급조치를 취하고 신속하게 인근병원으로 후송하며 관련법에서 규정한 중대한 사고인 경우에는 규정된 시간내에 산업재해 조사표에 의하여 보고하여야 한다.

(4) 안전 수칙

(가) 일기조건으로 작업수행이 곤란한 경우에는 작업을 하여서는 아니된다.

(나) 위험한 작업시에는 안전관리자가 입회하도록 하며 특별교육을 실시하여야 한다.

(다) 작업실시전에 지장물의 파악을 위하여 관리주체의 협조를 얻어 안전조치를 취한 후에 작업을 실시하여야 한다.

(라) 공공의 안전과 관계가 있을 경우에는 적절한 조치(출입금지, 접근금지 등의 표지판 설치, 교통신호수, 감시인 배치 등)를 하여야 한다.

(마) 안전관리자는 위험물 저장소, 통제구역 등의 출입구에 대하여는 관리주체와 사전협의를 하여야 하며, 관리주체는 이에 적극 협조하여야 한다.

(바) 야간 또는 어두운 곳에서의 작업시에는 충분한 밝기의 조명 시설을 갖추어야 하고 식별이

용이하도록 조치를 하여야 하며 수시로 작업자 상호간에 연락을 취할 수 있도록 한다.

(사) 산소 결핍이 예상되는 장소는 작업 전에 반드시 산소농도를 측정하고 적절한 조치를 취여야 한다.

(아) 유해가스 발생 및 잔류가 예상되는 장소는 반드시 사전에 정밀측정기에 의한 측정 및 확인, 안전조치를 한 후에 작업하여야 한다.

(자) 전기를 사용할 경우에는 감전사고 예방조치를 취하여야 한다.

(차) 각종 측정장비는 사용할 때 주의사항을 숙지하여야 하며 무리한 사용과 조작을 하지 않아야 한다.

(카) 장비 사용에 있어 취급자격이 요구되는 장비는 유자격자 이외에는 사용하지 않아야 한다.

(타) 점검차량을 사용할 때는 끌절붐(Boom) 및 암(Arm)등에 무리가 가지 않도록 주의하고 자체적으로 작성한 안전수칙에 따라 장비운용을 시행해야 한다.

3.2.1 자료 조사

기존 문현과 기록에 의해 철도시설물의 이력 및 구조, 입지조건 등을 점검한다.

【해설】 생략

3.2.2 환경 조사

철도시설물 주위의 환경조건과 그 변화 상태 등을 점검한다.

【해설】 생략

3.2.3 현장 조사

시설물의 손상 및 그 규모와 진행성 등을 구조물별 분류하여 점검한다.

【해설】

(1) 콘크리트 구조물의 점검

(가) 콘크리트 구조물의 특성

콘크리트는 보통 시멘트, 물, 잔골재, 굵은 골재를 일정한 배합으로 혼합한것으로서 재령이 경과함에 따라 시멘트의 수화작용에 의해 경화하는 성질을 가지며, 콘크리트 구조물의 유지관리는 이에 따른 특성을 잘 인식하여야 한다.

① 압축 강도

콘크리트 구조물의 구조해석에 사용되는 강도는 압축강도, 인장강도, 흉강도, 전단강도, 철근과의 부착강도 및 지압강도 등이 있으나 압축강도를 가장 중요시하며, 콘크리트의 품질이나 여러 가지 강도는 압축강도를 기준으로 추정할 수 있다.

콘크리트의 강도는 재령에 따라 증가하나 보통 플랜트 시멘트를 사용한 일반적인 콘크리트 구조물에서는 재령 28 일 강도를 기준으로 한다.

② 인장 강도

콘크리트의 인장강도는 압축강도의 1/10~1/13 로서 그 비율은 콘크리트의 압축강도가 클수록 작다. 보통 콘크리트의 인장강도는 건조에 의하여 크게 저하하지 않지만 흡수량이 큰 경량골재를 사용한 콘크리트는 20~40% 저하하는 경우도 있다.

이것은 공시체 표면과 내부와의 건조수축의 차에 의하여 표면부에 인장력이 생기기 때문이다. 콘크리트의 인장강도도 골재, 물-시멘트비 및 재령의 영향을 받는다. 골재의 입도, 모양, 표면의 거칠은 정도는 콘크리트의 워커빌리티에 영향을 미치므로 압축강도보다 영향이 크다. 또, 골재의 질이 좋지 않은 경우 압축강도가 강하더라도 인장강도나 흡강도는 약해질 수 있으며, 물-시멘트비가 동일한 경우 부순돌 콘크리트의 인장강도는 보통 콘크리트보다 크다.

③ 피로 강도

콘크리트도 다른 재료와 마찬가지로 반복하중을 받거나 일정한 하중을 지속적으로 받게되면 피로 때문에 정적파괴 하중보다 작은하중으로 파괴된다. 전자를 피로파괴라하며, 후자를 크리프파괴라 한다. 피로에 의한 파괴강도는 주로 작용하는 응력의 상한치와 하한치의 범위와 반복회수에 의하여 변화하며 소정의 반복회수에 견디는 응력의 한도를 피로강도라 하고 반복회수와 함께 나타낸다. 피로에 의한 강도저하의 원인중에서 중요한 것을 콘크리트 속의 미세한 균열의 발생이다.

④ 체적 변화

경화한 콘크리트의 체적은 수분 및 온도의 변화에 따라 변화한다. 이 체적변화는 콘크리트 구조물에 여러 가지 악영향을 미치는데 그 한 예로 구속된 콘크리트에 수축이 생기면 인장강도가 부족하게 되고 균열이 발생한다.

⑤ 크리프(Creep)

콘크리트에 일정한 하중을 지속적으로 재하하면 응력의 변화는 없어도 변형률은 재령에 따라 증가한다.

이와 같이 시간에 따라 증가하는 변형을 크리트라 한다.

⑥ 내구성

콘크리트의 내구성은 마모, 체적변화, 대기작용, 내하력, 부식 및 침식등에 대하여 저항하는 성질로서 이에 영향을 미치는 외적요인은 다음과 같다.

ⓐ 기상작용에 대한 내구성

ⓑ 화학약품에 대한 내구성

ⓒ 해수에 대한 내구성

ⓓ 전류에 대한 내구성

Ⓐ 침식에 의한 내구성

⑦ 수밀성

콘크리트는 물에 접하면 흡수하고 압력수가 작용하면 콘크리트 내부까지 침투한다. 수리 구조물은 말할 것도 없이 대개의 구조물은 흡수와 투수에 대한 저항성 즉, 수밀성은 매우 중요한 성질이다.

⑧ 내화성(내열성)

콘크리트 및 철근콘크리트는 현재 사용되고 있는 구조재료 중에서 가장 내화성이 풍부한 재료에 속한다. 화재시와 같이 $1,000^{\circ}\text{C}$ 정도의 고온에 일시적으로나마 노출되는 경우의 성질을 내화성이라 한다.

(나) 콘크리트 구조물 결함의 종류 및 원인

콘크리트 구조물의 결함은 여러 가지가 있으나 그에 분류하면 다음과 같다.

- 균열
- 변위 및 변형
- 강도저하 및 수밀성 저하 등의 열화
- 철근 강재의 부식 및 손상
- 내하력 부족
- 기타

① 균열의 원인

ⓐ 시공시의 균열

ⓐ 초기건조 균열

콘크리트가 아직 충분히 굳어지지 않은 상태에서 응결이 시작된 상태일 때, 콘크리트 표면에서 급격한 건조가 이루어질 때는 수분의 증발에 의한 체적감소로 콘크리트에 수축이 생겨서 균열이 발생한다. 이와 같이 굳지 않은 콘크리트의 건조에 의한 균열을 초기 건조균열이라 한다.

ⓑ 침하균열

콘크리트는 타설후, 각 재료의 비중의 차에 의한 블리딩이 생겨서 비중이 큰 재료는 블리딩에 상당하는 침하를 일으킨다. 침하가 철근, 거푸집, 기자재 등에 의해서 방해를 받으면 그 주변의 침하가 균등하게 이루어지지 않게 된다. 이때 시멘트 입자의 결합력이 약할 때는 균열이 발생하지 않고 어느 정도 경화된 상태에서는 방해물의 상면에 균열이 일어나며 이것을 일반적으로 침하균열이라고 한다.

ⓒ 경화열에 의한 균열

시멘트가 수화작용을 할 때 많은 양의 수화열이 발생하기 때문에 콘크리트 내부는 온도가 상승하여 팽창하게 되며, 경화작용의 진행에 따라 점차 냉각되어 수축작용이 일어나서 이로 인하여 균열이 생긴다.

④ 동바리, 거푸집의 침하에 의한 균열

동바리의 느슨함이나 기초지반이 연약한 경우, 동바리, 거푸집의 침하의 발생이 콘크리트 경화과정에서 콘크리트의 균열이 발생하는 조건과 일치할 때 균열이 발생한다. 이 균열은 일반적으로 큰 것이 많고, 완성후의 구조물 강도, 내구성에 영향을 끼치는 경우가 많다.

⑤ 시공후의 균열

ⓐ 온도변화, 건조수축에 의한 균열

단위수량이 많은 콘크리트를 사용할 때나 콘크리트 부재의 변형이 구속된 경우에는 콘크리트가 거의 소정의 강도에 달한 후에 건조수축 또는 온도변화에 의해서 균열이 생긴다.

철근 콘크리트에서는 콘크리트의 수축이 철근에 의해서 구속을 받아서 철근에는 압축력이 콘크리트에는 인장력이 생겨 콘크리트의 인장강도를 초과하면 균열이 생긴다.

ⓑ 구조상의 균열

이 균열은 구조물에 과대한 하중이나 또는 설계시 고려하지 못한 하중(기초의 부등침하, 인접구조물의 시공에 의해서 작용하는 외력 등)에 의해서 발생한다.

ⓐ 철근 콘크리트거더의 균열

ⓐ 응력에 의한 균열

- 흄모멘트에 의한 균열 : 거더중앙부의 밑면과 측면에서 생긴다.
- 전단력에 의한 균열 : 지점부근에서 거더높이 중앙부에 경사진 균열이 발생한다.
- 비틀림에 의한 균열 : 교대의 경사 등에 의해서 거더가 3 점 지지로 될 때는 비틀림에 의해서 경사방향이 균열이 생긴다.
- 슬래브거더의 세로방향 균열 : 가로방향의 흄모멘트가 크게 될 때 통상의 배력 철근이 부족하여 세로방향으로 균열이 생긴다.
- 절곡철근의 배치위치 불량, 철근이음의 불량에 의한 균열 : 주철근을 절곡하고 남은 주철근량이 부족할 때가 있다. 저항 모멘트의 검토가 필요하며, 주철근의 이음이 불량할 때 비교적 폭이 큰 균열이 생긴다.

ⓑ 건조수축에 의한 균열 : 복부에 비교적 규칙적인 균열이 생긴다.

ⓒ 경화열에 의한 균열 : 박스형 거더의 경우 하부슬래브 콘크리트 타설 후 복부 콘크리트를 타설할 때 복부 콘크리트는 경화열에 의해서 팽창하고 냉각할 때 수축하며, 하부 콘크리트의 제약을 받아서 균열이 생길 경우가 있다.

ⓓ 라멘고가교의 균열

라멘고가교의 거더에서는 균열을 헌치(hunch)단(端)과 지간 중앙부(中央部)에 생기기 쉽고, 더욱이 확대기초가 이동, 회전할 때 많이 생긴다. 기둥의 균열은 라멘이 과대한 수평력을 받을 때 생긴다.

ⓐ 교각의 균열

교각상부가 돌출되어 있을 때 상부의 철근 정착길이가 부족할 때, 철근의 좌우에 관통배치될 경우에도, 돌출부의 길이가 높이에 비해서 짧을 때에는(스팬이 거더높이의 1/2 이하인 것) 돌출부 선단에 큰 반력을 받게되어 교각상부에 큰 인장력이 생겨서 균열이 발생할 때가 많다.

ⓑ PC 거더의 균열

ⓐ 시공시 및 건조수축에 의한 균열

- 주로 단면이 큰 박스형 거더나 하로교 등에서 콘크리트 타설 후 2~4 일간에 발생하는 경우가 많고 그 원인은 콘크리트의 타설방법, 양생방법 등이라고 생각된다.
- 복부와 상부플랜지의 접합점 부근에 생기며 양생방법이 주원인이다.
- 건조수축의 균열
 - 프리스트레스를 가한 직후에 많이 발생하는 것으로서 시공중 거더의 지지상태, 프리스트레이싱의 시공방법 등이 원인이다.
 - 프리스트레스를 가한 직후 거의 쉬스(sheath)에 의해서 생기는 것으로서 초기에 프리스트레스를 가한다든지 시공중에 보의 지지점이 중앙부에 치우친 경우, 주입 그라우트(grout)가 동결할 때 생긴다.
- 주로 거더의 중앙부에 생겨서 가설후 발견되는 경우가 많고 그 원인은 프리스트레스의 영향, 그라우트 주입량이 과다할 때나 주입그라우트의 동결 등을 생각할 수 있다.
- 프리스트레스를 가한 직후 생기는 것으로 (4)의 균열과 같은 것이 있다.

ⓑ 변위 및 변형

구조물의 변위, 변형은 예를 들어 지진, 지반침하 등에 의한 거더의 낙하이동, 교대, 교각, 옹벽 등의 침하경사, 엇갈림, 고가교의 엇갈림 침하이나 재하하중, 지진시의 수직, 수평방향의 과도한 처짐, 시공시의 거푸집 조립불량, 동바리 침하에 의한 구조물의 변형 등이다.

ⓒ 강도 저하

콘크리트는 내구성이 크지만 공기중에서는 점차 중성화가 진행되고, 또한 한냉지에서는 동해를 받기쉬우며 차차 강도가 저하된다. 또 화재나 화학변화를 받으면 급격히 강도저하를 일으키는 경우도 있다.

ⓓ 철근, 강재의 부식 및 손상

콘크리트에 묻혀있는 철근이나 PC 강재는 거의 녹슬지 않으며 강도저하를 가져오지 않는다. 그러나, 콘크리트의 중성화 또는 떨어짐이 생기든지 콘크리트의 균열을 통한 침투수 등에 의해서 강재가 손상될 때가 있다.

④ 내하력 부족

콘크리트의 시공 불량으로 인해서 발생하는 재료분리, 공보 등만으로는 변형이라고 말할 수 없으나, 이들의 결함은 구조물의 내하력부족의 요인이 되므로 주의를 요한다.

구조물은 이상과 같은 현상, 결함에 의해서 내하력이 점점 저하되고 재하하중의 증가에 의해서 내하력 부족 현상이 일어난다.

⑤ 기타

거더는 받침이 손상되든지 작동이 불안전하면 그 영향을 거더가 받아 변형되어 결함이 생기기 쉽다. 따라서 슈(shoe)등의 받침부는 구조물의 일부로서 충분한 주의를 요한다.

② 콘크리트 구조물 결함의 원인

콘크리트 구조물에 발생하는 결함의 원인은 다음과 같이 크게 분류할 수 있다.

- 설계 요인
- 시공 요인
- 외적 요인

ⓐ 설계 요인

- 구조의 부적당
- 계산의 불완전
- 도면의 불완전

ⓑ 시공 요인

- 재료의 불량
- 시공 불량

ⓒ 외적 요인

- 교통량의 증가
- 사고
- 자연 현상
- 화학 작용

(다) 대상 구조물별 점검 항목

① RC 거더, PC 거더의 점검 항목

- 균열상태
- 콘크리트의 떨어짐 상태
- 철근, PC 강재의 노출 상태
- PC 강재의 정착부 상태
- 풍화, 동해 상태
- 배수 및 콘크리트 중의 투수 상태
- 받침 및 교좌상태
- PC 거더의 솟음의 이상

RC 거더 및 PC 거더의 점검에 있어서는 구조물 전반에 걸쳐 점검할 필요가 있으나 RC 구조, PC 구조의 일반적 특성과 해당 구조물의 특성을 잘 인식하여 결함이 생기기 쉬운 장소를 예측하여 이것을 중점적으로 점검하는 것이 중요하다.

해설 표 3.1 PC 및 PC 거더의 점검위치

결합	점검위치	주의점	비고
(1) 균열	거더 밀면	<ul style="list-style-type: none"> 주철근에 직각방향은 주의 필요 슬래브거더에서는 스펜방향에도 주의가 필요 	<ul style="list-style-type: none"> RC에서는 0.2mm이상, PC 거더에서는 0.1mm이상의 균열에 특히 주의하고, 진행상태를 감시 한다.
	거더 측면 지점부 중앙부	<ul style="list-style-type: none"> 지점의 경사방향의 균열은 주의 한다. 균열발생원인을 추구한다. 	<ul style="list-style-type: none"> 전단, 비틀림에 대한 검토를 한다 균열의 원인으로 옹력과대, 건조 수축, 경화열, 풍화, 농해, 화재 등
	PC 강재 정착부	<ul style="list-style-type: none"> .Powell 콘크리트의 균열 침수의 유무 	PC강재의 파단에 주의
(2) 철근 PC강재 의 노출	노출 개소	<ul style="list-style-type: none"> 노출강재의 종류를 확인함 강재 부식상태 	<ul style="list-style-type: none"> 주철근, 배력철근, 스터립, 용심 철근 등의 종류를 확인 녹에 의한 철근적경 감소를 확인
(3) 콘크리트 의 떨어짐	떨어짐 개소	<ul style="list-style-type: none"> 콘크리트의 떨어짐 범위(크기, 깊이)측정 콘크리트의 부상(浮上)범위 확인 	<ul style="list-style-type: none"> 콘크리트의 유효단면 감소를 확인 콘크리트의 부상은 햄머로 두드려서 턱음으로 판단한다.
(4) 배수 및 콘크리트 의 투수 상태	배수공 및 그부근	<ul style="list-style-type: none"> 배수공의 가능상태 한냉지에서는 배수공 부근의 콘크리트 농해에 주의한다. 강재의 녹이 물과 함께 흘러 표면에 얼룩진 상태유무 콘크리트에서 탄산석회의 유판 유무 	<ul style="list-style-type: none"> 특히 우기에 중점적으로 점사 한다. 농해의 염려가 있는 것은 해동 기인 3, 4월에 검사하는 것이 좋다.

해설 표 3.2 PC 및 PC 거더의 점검위치

결합	점검위치	주의점	비고
(5) 반침부 상태	반침부 부근	<ul style="list-style-type: none"> 상부 반침부근 콘크리트 짓눌림의 유무 거더 끝부분의 균열 거더의 솟음 	<ul style="list-style-type: none"> 교차보강 철근상태를 설계도면으로 확인 3점자지상태의 유무를 주의한다.
(6) 반침	반침 및 반침면	<ul style="list-style-type: none"> 반침의 기능상태 반침의 균열 거더 반침면의 균열 	<ul style="list-style-type: none"> 드라이 패킹상태에 주의 한다. 여름, 겨울에 미끄럼상태, 미끄럼량을 점사한다 교대, 교차치수의 확인과 설계도에 의한 보반침 보강철근을 확인함.
(7) PC 거더 속음량의 이상	거더의 중앙부	<ul style="list-style-type: none"> 크리프에 의한 솟음량의 변화를 전전상태의 경우와 비교한다. 	<ul style="list-style-type: none"> PC거더에 대해서는 전전 상태의 것을 파악하여 둔다. ① 거더의 크리프에 의한 솟음 ② 거더의 활하중 재하시의 차짐 ③ 활하중에 의한 변형 (strain) PC거더의 안전상태의 이력 으로서 기록해 둘 필요가 있다.

② 매립 H형강 거더의 점검 항목

- 균열
- H형강과 콘크리트와의 떨어짐상태
- 콘크리트의 떨어짐
- H형강의 부식상태
- 풍화, 동해의 상태
- 콘크리트중의 투수 및 배수상태

- 받침의 상태

해설 표 3.3 매립 H형강 거더의 점검위치

전 합	점검위치	주 의 점	비 고
(1) 균열상태	거더의 밀면	<ul style="list-style-type: none"> • 스팬 중앙부의 직각방향 콘크리트의 균열 	<ul style="list-style-type: none"> • 횡방향 철근량을 확인함.
(2) H형강과 콘크리트 와의 떨어짐	거더의 밀면	<ul style="list-style-type: none"> • H형강의 하부플랜지에 따른 콘크리트의 균열 및 콘크리트의 떨어짐 	<ul style="list-style-type: none"> • 설계법이 H형강만으로 하중 을 받는 형식인지, 합성방식 인가를 확인함.
(3) 콘크리트 의 떨어짐		<ul style="list-style-type: none"> • H형강의 하부플랜지를 콘크리트 로 감싸고 있을 때는 콘크리트 의 부착갈라짐, 부상, 떨어짐. 	

해설 표 3.4 PC 및 PC 거더의 점검위치

질 함	점검위치	주 의 점	비 고
(4) H형강의 부식상태	거더의 밀면	<ul style="list-style-type: none"> H형강의 녹슬에 의한 단면 감소를 확인함. 	
(5) 풍화	교축보도부 부재우각부	<ul style="list-style-type: none"> 난간 연결부 	
(6) 콘크리트중의 투수	거더의 밀면	<ul style="list-style-type: none"> 배수공의 기능 배수공 부근의 콘크리트 부상 유무(특히 한냉지) 	
(7) 배수불량		<ul style="list-style-type: none"> H형강 하부플랜지에 따른 균열에서의 누수 유무 및 철의 녹이 물과 같이 흘러나온 상태 	<ul style="list-style-type: none"> H형강과 콘크리트와 떨어짐 조사
(8) 반침의 상태	반침	<ul style="list-style-type: none"> 반침의 이동간격 유무, 부상 (??!) 유무 반침의 기능상태 반침면의 균열 거더의 밀면 균열 	<ul style="list-style-type: none"> 반침의 고정, 가동의 작동 상태 드라이파킹 상태 거더의 밀면 보강철근배치의 유무

③ 암거

- 부등침하의 상태, 지점변위 상태
- 종방향 갹임상태
- 누수상태
- 상부슬래브, 측벽의 균열

해설 표 3.5 암거의 점검위치

결합	점검위치	주의점	비고
(1) 부등침하의 상태 지점변위상태	양측벽 고저차	<ul style="list-style-type: none"> 균열의 발생상태에 주의 단순구조형식은 거더 받침부의 균열 상태 이음부의 갈라짐 유무 	<ul style="list-style-type: none"> 지반에 따른 변형은 기초 및 흙구조에 따른다.
(2) 종방향 꺽임상태	연직방향 중앙부	<ul style="list-style-type: none"> 측벽의 수직균열 유무 이음부의 균열, 누수, 토사 유입 유무 	
(3) 누수상태	상부 슬래브, 측벽	<ul style="list-style-type: none"> 균열에 의한 누수, 콘크리트 갈라짐에서의 누수구분 콘크리트의 떨어짐, 부상범위 	
(4) 균열	상부 슬래브판	<ul style="list-style-type: none"> 상부슬래브, 아치의 크라운 스펜 직각 중앙부의 균열 박스형, 아치형 지점부의 직각 방향 균열 	<ul style="list-style-type: none"> 성토에 의해 압거에 작용 하는 흙의 무게 토압작용의 과소 문형 라멘의 지점이동 회전 측벽의 부등침하
	측벽	<ul style="list-style-type: none"> 측벽의 수평균열 측벽의 수직균열 경사균열은 비틀림에 주의한다. 	<ul style="list-style-type: none"> 토압력의 과소 문형 압거의 지점이동회전 종방향 격임

④ 라멘고가교, 아치교

- 지점변위(침하, 이동, 회전)상태
- 균열상태

해설 표 3.6 라멘고가교, 아치교의 점검위치

결합	점검위치	주의점	비고
(1) 지점변위 (구조물별 변위)	• 고가교단부	<ul style="list-style-type: none"> 수직, 수평, 엣갈림각도 고가교 거더의 간격 균열 발생 상태 	
(2) 균열	<ul style="list-style-type: none"> (라멘) <ul style="list-style-type: none"> 거더 중앙부 밀면, 측면 유무 거더의 지점부 밀면, 측면 기둥의 상하부 거더의 받침부 중간 슬래브 밀면 보도의 끝단 (아치) <ul style="list-style-type: none"> 크라운 스팬 1/4점 아치기둥, 벽의 상하부 측벽 	<ul style="list-style-type: none"> 확대기초의 수평이동, 침하, 회전 이상(異狀)수평력 작용여부 수평균열은 이상 수평력 앵커보울트의 상태 거더와 3점 유무 누수방향 축방향의 균열 작각방향의 균열 누수유무 지점의 수평변위, 회전 이상수평력의 작용 지점침하, 회전 	<p>난간증량, 풍화증에 대한 검토, 전조수축 신축이음 의 유무</p>

⑤ 교대, 교각

- 교좌의 상태
- 세굴상태
- 침하, 이동, 경사상태

해설 표 3.7 교대, 교각의 점검위치

결합	점검위치	주의점	비고
(1) 균열	받침 교좌 고대 흉벽 고대 흉벽의 하단부 구체(軀體) 구체 하단부 구체 중간부	<ul style="list-style-type: none"> 받침의 상태 드라이 패킹의 상태 짓눌림, 전단파괴, 내부인장 파괴의 유무 앵커보울트의 상태 거더와의 간격 거더와 접촉하고 있을 때 수평 균열 건조균열 수평균열의 유무 철근이 충돌에서 끊겼을 때 수평균열의 유무 	<ul style="list-style-type: none"> 받침의 작동상태 교좌보강 철근의 확인 구체의 침하, 경사, 이동 유무
(2) 콘크리트의 떨어짐		<ul style="list-style-type: none"> 한냉지에서는 교좌부위 놓해 유무 구체콘크리트의 이음부 차량, 유목 등의 충돌개소 	
(3) 세굴, 침하 이동 경사	구체 상단부	<ul style="list-style-type: none"> 좌, 우측의 처짐 유무 	기초 및 흙구조물 참조

⑥ 응모

- 침하, 경사, 수평변위, 배부름 상태
 - 균열, 이음매(틈)상태
 - 콘크리트의 떨어짐
 - 철근 노출상태
 - 배수공의 톱수상태

해설 표 3.8 옹벽의 점검 위치

결합	점검위치	주의점	비고
(1) 침하, 경사, 수평, 변위, 배부음	옹벽상단, 신축이음매, 옹벽기초	· 옹벽상단의 고저차, 전후 맞물 림 불량, 시공이음매의 이탈 유무, 기초의 활동 유무	
(2) 균열, 이음매의 파손	옹벽 전체	· 균열의 형상, 간격, 수평간격 은 특히 주의 · 진행성인 것은 추적기록 측정 기로 측정	
(3) 콘크리트 의 떨어짐	옹벽 전체	· 용력집중에 의한 것인가, 철근 피복두께의 부족인가, 부식에 의한 것인가를 확인 · 콘크리트의 결합일 때는 그 깊이	
(4) 철근노출	옹벽 전체	· 철근의 부식 상태	
(5) 배수공	옹벽 전체	· 배수공의 성능불량 상태	· 통수를 원활하게 하기 위해서 청소를 한다.

해설 표 3.9 터널 점검 항목

점검부위	진단항목	방법
입출구부	<ul style="list-style-type: none"> • 균열조사 <ul style="list-style-type: none"> - 균열폭, 깊이, 깊이, 균열의 진전여부 • 누수부위 탐사 - 누수량, 수질, 누수온도 • 백화 - 열화증상 및 현장조사, 열화물 함유량시험 • 콘크리트 강도 <ul style="list-style-type: none"> - 표면타격법, 일축압축 강도 • 터널주변 및 지반조사 - 사면 안정성 조사 	초음파검사법, 충격탄성파법, 레이다 탐사법 적외선 탐사법, 육안조사 증성화시험, 염해조사 Schmidt Hammer 코아채취 시험 사면안정검토, 보링
본터널	<ul style="list-style-type: none"> • 균열조사 <ul style="list-style-type: none"> - 균열폭, 깊이, 깊이, 균열의 진전여부 • 누수부위 탐사 - 누수량, 수질, 누수온도 • 2차 라이닝 <ul style="list-style-type: none"> - 콘크리트 두께조사, 두께측정, Rock Shotcrete 열화조사, 열화물 함유량 시험 - 라이닝 용력 측정 • 내부결함 탐사-공동, 박락, 박리부등 내부 결함 • 콘크리트강도 <ul style="list-style-type: none"> - 철근배근 위치 탐사 및 철근부식도 측정 • 강지보공 규격 및 설치간격 • 터널 단면변위 계측 - 내공변위 등 • 열화증상 - 백화, 증성화 시험 • 지반상태 - 풍화정도, 일축압축 강도, R.Q.D • 노면상태 및 주행성 • 부속시설의 상태 및 안전성 - 조명, 환기 	초음파검사법, 균열측정기, 충격탄성파 시험 적외선 탐사법 증성화 시험, 레이다탐사법, 충격탄성파 시험, 염해조사, 용력측정기 레이다 탐사법 표면타격법, 코아채취시험, 초음파속도, 레이다 탐사, 전위차 측정기 광파측정기, 내공변위계 증성화 시험기 보링(Boring) 육안조사
피난연결 통로	<ul style="list-style-type: none"> • 시공 이음부, 신축이음부 조사 	"
기타	<ul style="list-style-type: none"> - 표지판 여부 - 뇌적률 상태 - 안전 및 유지관리 계획여부, 환기, 청소상태 - 시설물 이력카드 작성 여부 및 보수 이력 확인 - 진동 및 소음상태 	육안조사 및 진동소음기

(라) 점검 항목

① 콘크리트 구조물 상부공

교량 상부공은 교통하중을 지지하고 이러한 하중을 하부공으로 전달하는 교량의 중요한 부분이다. 콘크리트의 상부공은 철근 콘크리트, 프리스트레스트 콘크리트거더 및 바닥판으로 나누어 취급하고 있다.

① 중요점검 부위

점검의 중점부위는 많지만 중대한 손상의 발생부위는 한정되고 있고 그 발생위치와 방향등으로부터 그 발생 원인도 대략 추정할 수 있기 때문에 주의깊게 점검하여 조기에 손상을 발견하고 대처하는 것이 중요하다.

콘크리트 구조물(상부공)점검의 중요부위로써 비교적 많은 손상이 발생하고 있는 부분을 열거하였다. 이외에도 손상이 발생된 예가 있지만 구조물의 내하력에 중대한 영향을 미치는 것은 주로 여기서 열거하고 있는 것들이다.

중요부위에 대한 설명은 다음과 같다.

- 지간 중앙부는 흉모멘트가 최대이기 때문에 균열이 발생되기 쉽다.
- 지간 1/4 부는, 철근이 절곡되어 올라오는 점으로 철근량이 작은 곳이고 부등침하, 받침의 작동불능, 온도변화, 계산에서 고려하지 못한 힘이 작용하여 균열이 발생하기도 한다.
- 거더 단부 부근은 받침작동 불량, 유간부족 등에 의하여 이동의 구속, 충격 등을 받아 손상받기 쉽다.
- 받침 주변부는 받침반력, 온도변화에 의한 수평력 등에 의하여 손상을 받기 쉽다.
- 거더 변단면부, 특히 게르바 헌지부는 단면의 급격한 변화에 의한 응력 집중으로 손상을 받기 쉽다.
- 콘크리트 시공이음부는 균열, 박리, 누수의 원인이 되기 쉽다.
- 중공승래브의 원통상단부는 원통의 고정이 완전하지 못한 경우 콘크리트 시공시에 원통이 부상하여 콘크리트 단면이 생기기 쉽다. 점검은 포장면의 균열위치, 형상으로부터 간접적으로 판단된다.
- PC 강재 정착부는 지압이 크고 연단거리가 짧은 경우 콘크리트에 균열이 쉽게 생기며 진전되기도 쉽다.

④ 점검 유의사항

위에서 언급한 각종 손상들이 진행되어 콘크리트가 탈락하게 되면 교량의 진동과 처짐을 증대시키고 결국 파괴에 이르게 된다. 따라서, 조기에 이러한 손상을 발견하여 진행과정을 추적 점검하게 되면 적절한 단계에서 보수가 가능하기 때문에 합리적이다.

이상처짐과 진동의 경우 콘크리트에서는 진동이 작은 것이 보통이나 이상이 신체 감각으로 느낄 수 있는 경우이면 조사가 필요하다.

② 콘크리트 구조물 하부공

하부공은 상부공의 하중을 지지하고 기초공을 통하여 지반에 전달하는 구조물이고 흥수등의 가혹한 하중에서도 견딜 수 있도록 설계된 교량의 중요한 부분 중 하나이다.

하부공에는 넓은 의미에서 기초구조물도 포함하여 취급하지만 기초 구조물은 일반적으로 지중에 매립되어 있어 점검이 곤란한 것이 많다.

여기서는 외관상의 육안관찰 및 간단한 측량에 의하여 점검하는 방법을 이용한다. 또, 콘크리트 구조물(하부공)에는 세굴방지공, 호안 등의 부대공도 포함한다.

㉙ 기초

기초는 직접기초, 케이슨 기초, 말뚝기초로 대별된다. 기초에 있어서의 결함으로는 침하이동, 경사 등의 변위, 이음부의 불량, 균열 등이 있다. 이것은 주로 지반침하, 지반의 이동, 지반지지력의 저하(하상저하, 세굴), 설계 및 시공의 부적절, 기초 구조물의 강도 저하, 작용하중의 증대 등에 기인한다.

기초의 결함은 직접 확인하는 것은 곤란한 경우가 많다. 기초의 결함은 교량 상부 및 하부구조의 안정성과 기능에 중대한 영향을 끼치므로 초기에 경미한 결함을 찾아내어 조기에 대책을 마련하는 것이 중요하다.

ⓐ 직접기초

- 유심의 이동 등에 의해 발생하는 하상저하 및 세굴에 의한 기초의 침하 및 경사
- 근접공사시 배려부족에 의한 기초의 침하 및 경사
- 기초의 근입깊이 부족, 매설의 부적합, 배수불량 등에 의한 지지력의 변화, 한냉지에는 동결융해의 반복에 의한 기초의 융기 및 침하

ⓑ 케이슨 기초

- 흉수시의 주변지반의 세굴에 의한 근입깊이의 부족에 의해 생기는 기초의 경사 및 이동
- 주변지반이 시간이 경과함에 따라 변동하여 근입깊이 부족으로 발생하는 기초의 경사 및 이동
- 전석 등 유송물에 의한 콘크리트 파손, 철근의 부식(흉수위 부근 및 하상 부근)
- 근접공사시의 배려부족에 의한 토압변화에 따라 생기는 기초의 경사
- 굴착, 침하공법, 지하수처리 등의 시공불량에 기인한 주변지반의 이완과 편심 재하의 과대 등에 의한 기초의 경사 및 이동

ⓒ 말뚝기초

- 시간이 지남에 따라 지하수위가 저하하는 지대에 있어서의 나무말뚝 기초의 부식에 의한 지지력 부족
- 기성 콘크리트 말뚝의 이음부의 강도부족(교대의 활동발생 등에 대한 수평저항력의 부족)
- 현장치기 콘트리트 말뚝의 시공정도 부족 및 말뚝머리와 구체의 연결불량에 의한 기초의 부동침하 및 이동에 대한 강도 부족

말뚝의 근입깊이 부족에 의한 지지력 부족한 부마찰력의 발생으로 지지력 저하기초에 있어서의 변형은 상기와 같이 기초구조의 종류, 지반조건, 환경조건에 따라 달라진다. 보수에 있어서는 이러한 조건을 충분히 파악하고 결함발생의 원인을 확실하게 검토할 필요가 있다.

일반적인 보수공법을 보면 다음과 같다.

⑦ 근입깊이가 부족한 경우

• 널말뚝, 지중연속벽 등에 의한 기초주변의 보강 - 세굴이 심하고 광범위하게 일어나 하상이 불안전한 경우에 세굴에 의한 구조물의 전도를 방지하기 위해 이용하는 공법으로 보강부가 하상보다 상부에 돌출되면 하적저해율이 크게되고 국부세굴 등의 영향을 가져오기 때문에 보강부의 근입에 대해서는 신중한 검토가 필요하다.

• 강관말뚝, 현장치기 콘크리트 말뚝, 지중연속벽에 의한 기초주변의 보강과 지지력의 증강 - 이 경우는 말뚝 또는 지중벽과 하부구조 구체를 견고하게 연결할 필요가 있다. 말뚝의 시공은 거더밑의 작업인 경우가 많은데 설계시에 시공성을 충분히 고려하여야 한다.

㉡ 지지력이 부족한 경우

• 기초의 확대, 말뚝증설에 의한 지지력의 보강 - 기초 저면의 확대와 말뚝 증설에 의해 직접기초 또는 말뚝기초의 지지력을 증강시키는 공법이다. 말뚝 증설에는 기존말뚝에 있어서 부마찰력의 발생, 나무말뚝의 부식, 작용하중의 증대 등에 대한 보강조치가 있다. 케이슨 기초의 수평하중에 대한 강도부족에 대해서는 케이슨 외측에 지중연속벽 등을 설치하고 정부를 강결시키는 등의 방법을 사용한다.

• 하부구조 구체에 작용하는 하중의 경감 - 교대에 작용하는 토압을 경감하기 위하여 상부구조를 콘크리트구조에서 강구조로 변경하는 등 구조 형식을 개조하는 작용하중을 경감하는 방법이 있다.

• 기타 보강공법 - 기초저면의 지반을 개량하여 지지력을 높이는 방법으로 저부의 지반이 사질토의 경우 약액주입공법, 점성토의 경우는 석회말뚝공법, 모래 다짐말뚝 공법 등에 의하여 지반을 개량한다.

㉢ 하상저하 및 세굴이 있는 경우

• 하상저하 및 세굴에 대해서는 기초구조물에 대한 조치 이외에 다음과 같은 하상지반에 대한 조치방법이 있다.

• 다짐공법 - 다짐공법에는 교각의 주의에 사석 등을 높이 쌓으며, 방호할 교각의 주변과 교각사이의 하상저하가 촉진되는 것에 대해 주의하여야 한다.

• 하상저하 방지공법 - 하상저하가 현저하고 다짐공법만으로는 교각의 유지가 곤란한 경우에 하상저하 방지공법을 이용한다.

㉣ 교대

• 구체는 철근량이 급변하는 부분에서 수평방향의 균열이 생기기 쉽다. 또, 폭이 넓은(교축직각 방향으로 15M 이상)교대에서는 중간표면에 V 형의 수축조인트가 없으면 건조수축 등에 의하여 수직방향의 균열이 생기기 쉽다.

• 교대중 라멘형, 중발형, 박스형에서는 우각부나 단면 급변부에 균열이 생기기 쉽다.

• 양단 강결재의 지간 1/4 지점은 철근이 절곡되는 점이고, 철근량이 변화하며 부등침하, 반침의 작동불량, 또는 온도변화에 의한 신축에 대한 구속 등으로 인하여 균열 등이 생기기 쉽다.

• 구조 이음부가 엇갈려 맞지 않은 상태는 구조물의 침하이동, 경사 등의 변위와 누수 상태에 대한 주요 점검사항이 되고 또, 시공이음부는 시공불량에 의한 균열과 누수가 생기기 쉽다.

• 교대의 흉벽은 교량 신축장치의 앵커부에 위치하고 주행하중과 시공불량 등의 원인에 의하여

콘크리트가 파손되는 경우가 많다. 또 주형과 흉벽사이의 유간이 불량하여 주형의 신축이동이 불가능하고, 주형에 반작용력이 작용될 경우가 있다.

- 교대 날개벽 연결부 및 흉벽부에 균열이 생기기 쉽다.
- 받침주변은 일반적으로 철근량이 적은 곳이고 받침부 철근이 있지만 그 양과 범위가 부족한 경우 온도변화로 인하여 받침 주변부에는 큰 균열이 발생한다.
- 하천에 접한 교대에서는 흉수시, 호안이 파괴되어 기초부가 세울되고 이 때문에 교대침하, 경사등이 발생될 수 있다.
- 연약지반 지대의 교대에서는 지반침하에 의하여 기초가 노출되고 기초의 아랫부분에 공동이 생긴다. 또, 교대배면 성토에 의하여 지반의 측방향 유동이 생기고 범면 블록의 균열, 복부의 튀어나옴, 변형, 교대이동 경사등이 생긴다.
- 사면활동 지역의 경사지에 놓여진 교대는 사면활동에 의하여 이동경사가 생긴다. 이들은 교대부근의 지반균열과 받침 스토퍼의 파손 등을 통하여 파악할 수 있다.

④ 교각

- 라멘형 교각의 우각부와 캔틸레버식 교각의 설치부는 응력집중이 있는 부분으로 균열등이 발생하기 쉽다.
- 교각의 받침 주변부는 온도변화에 의한 수평력에 의하여 손상이 생기기 쉽다.
- 하천 속의 교각은 세굴방지공의 파손에 의한 세굴과 하저변화에 의한 교각의 침하, 경사가 생기기 쉽다.
- 연약지반 지대에서는 지반침하로 교각의 말뚝이 부자항력을 받아 침하하고 직접 기초 아래에 공동을 생기게 한다. 또, 제방사면의 교각이 측방 유동 또는 편압(균형이 잡히지 않은 응력)에 의하여 균열이 생기기 쉽다.

⑤ 유의 사항

ⓐ 콘크리트 구조물(하부공)은 일반적으로 상부공으로부터 전달되는 하중에 의해서보다는 흉수, 지반이동 등에 의하여 손상을 받는 것이 많고 돌발적으로 발생하는 것이 많기 때문에 제일 위험한 피해이다.

상부공의 하중과 서서히 변화하는 하중에 의한 파괴는 작은 것에서부터 차츰 큰 것으로 발전하여 점진적 파괴가 되지만 흉수 등에 의한 파괴는 돌연히 일어나고 경사도괴등의 국부적 파괴가 되는 경우가 많다.

일반적으로 구조물 자체가 흉수 등에 대하여 저항하도록 설계되어 있기 때문에 이러한 구조물(하부공 구체, 세굴방지공, 호안 등)이 그 기능을 다하도록 일상점검시 잘 점검하여 유지관리를 철저히 할 필요가 있다.

또, 하천흐름의 변화가 관찰되면 이에 따른 조치를 계획하여야 한다.

ⓑ 하부구조 전체의 변형은 상부공에 대하여 직접 영향을 주고 상부공에서 허용되는 범위를 초월하면 치명적이기 때문에 조기에 발견하여 조치를 강구해야 한다. 점검 항목으로서 이러한 변형을 직접 발견하는 것은 곤란하고 교대, 교각기초 부근의 지반 공작물(세굴방지공, 호안 등)의

균열, 변형, 세굴 혹은 주형과 흉벽 또는 받침, 유간상황등으로 판단하여야 한다.

따라서, 이와 같은 관련사항도 점검하여 종합적으로 판단하고 보다 상세한 조사가 필요한지 판단해야 한다.

일반적으로 가능한 한 조기에 조사를 시작하는 것이 후속조치를 용이하게 한다.

© 하천의 유황변화(저수로의 이동, 하저변화)나 퇴적물의 상황변화 등을 점검하여 현재의 하천방호 구조물이 이러한 상황변화에 대응하고 있는가 또는 개량 신선할 필요가 없는가를 검토할 필요가 있다.

④ 교각이나 교대전면에 그림과 같이 일정간격으로 수심을 측정하여 교각, 교대부의 하상 세굴상태를 조사한다.

교대나 교각전면에 이러한 측정점을 표시하여 두고 계속적으로 측정함으로써 세굴의 진행상태를 추적할 수 있다.

일반적으로 수심측정 방법은 긴 막대를 사용하는 방법과 끝단에 추를 매단 줄을 사용하는 방법 그리고 전자장치를 사용하는 방법이 있으며 각 방법마다 제한 사항을 가지고 있다.

- 막대기 사용 : 수심이 낮은 경우만 사용
- 추를 매단 줄의 사용 : 유속이 빠른 곳은 불가능
- 전자장치 : 수심이 낮은 곳, 바위가 많은 곳, 교각 가까운 곳에서는 신뢰성이 떨어진다.

(2) 강구조물의 점검

(가) 강구조물의 특성

강재가 외력을 받는 경우의 변형거동, 파괴형식 및 내하력에 대한 성질을 기계적인 성질이라 하며 대표적인 특성은 다음과 같은 종류가 있다.

- 강재의 연성
- 강재의 축성
- 강재의 피로
- 강재의 용접성
- 강재의 내구성

① 강재의 연성

강재로부터 시험편을 추출하여 인장시험을 행하면 인장량에 대응하여 응력이 발생한다. 여기서 변형과 응력이 비례하는 하중을 제거하면 변형도 제거되고 응력과 변형률과는 직선관계를 이루는데 이 범위를 비례한계라 한다. 탄성을 상실하는 한계점이므로 탄성한계라 하며 이것은 재료의 미끄러지기 시작하기 때문이나 어느정도 도달하면 변형경화(strain-hardening)에 의해 응력은 다시 서서히 증가하게 되며 결국에는 파단에 이르게 되는데 이 응력을 인장강도라 한다.

항복점을 초과하여서는 하중을 제거하여도 변형이 원상태로 되돌아가지 않고 변형의 일부가 잔류하는 성질을 탄성에 대비하여 소성이라 한다.

② 강재의 피로

구조물에 주기적인 하중이 작용하면 작은 균열이 점진적으로 발달하여 상대적으로 작은 하중에서도 파괴하는 현상이 있으며 이 현상을 피로파괴라 한다. 구조용 강재에 10^4 회 이상의 반복하중이 작용하면 항복점 이하의 범위에서도 파단하는 수가 있다. 피로강도는 반복 응력의 진폭과 그 변동범위, 반복횟수, 부재현상, 잔류응력의 상태에 따라 달라진다.

③ 강재의 용접성

일반적으로 강재는 강도가 높아질수록 용접성이 나빠진다고 알려져 있다. 용접성이 나쁜 강재를 용접하면 용접직후 또는 수시간후 균열이 생기고 수개월, 수년 후에는 취성파괴등의 사고를 유발할 위험성이 있으므로 주의가 필요하다.

④ 강재의 내구성

강재는 천연적 광석을 인공적으로 환원하여 얻은 재료이므로 잘 보호하지 않으면 산화철로 되돌아가려는 경향이 있다. 이와 같이 강재가 환경에 의하여 화학적 작용을 받아서 변화하는 현상을 부식(corrosion)이라 한다. 일반적으로 강 구조물들은 대기중에 장시간 노출되어 있는 것이 많다. 이 경우 부식은 습도, 온도, 염도에 따라 다르다.

(나) 강구조물 결함의 원인

강구조물의 결함의 원인에는 다음과 같은 것이 있다.

- 설계상의 원인
- 시공상의 원인
- 외적 조건에 의한 원인
- 유지 관리상의 원인

① 설계상의 원인

설계상의 결함원인으로서는 설계시의 가정과 계산의 착오, 설계도면 작성시의 착오를 들 수 있다. 설계시의 가정과 계산의 착오로는 설계조건, 응력해석, 안전율, 계산시의 착오 등 초기에 내포될 수 있는 결함원인이다.

② 시공상의 원인

- 페인트의 현장처리 불량
- 볼트구멍이 너무 크면 충분히 충전되지 못하므로 볼트절손
- 재료의 변형률이나 용접에 의한 변형을 고려하지 않고 제작하면 휘어진 상태로 제작되기 쉽다.
- 합성빔의 경우 신축이음부의 처리 잘못으로 균열 발생

(다) 강구조물 점검항목

강구조물에 대한 일반적 점검항목은 다음과 같다.

- 내하능력의 상태
- 충돌에 의한 손상, 화재에 의한 손상상태
- 활하중 통과시 거더의 진동상태
- 받침의 청결, 부착, 기능 등
- 받침의 부등침하의 상태(주로 연속거더)
- 거더단의 간격
- 리벳, 또는 보울트의 결함
- 용접부의 결함
- 도막의 손상과 강재의 부식상태
- 횡전도에 대한 안전도(거더폭이 좁은 경우)
- 도상식 거더의 방수공 상태
- 배수공 상태

① I - 빔, 판형에 대한 점검항목

- 받침부 부근의 리벳 또는 보울트의 이완 및 균열
- 베틴재, 수직브레이싱, 수평브레이싱 등의 연결판과 주형과의 연결
- 플랜지의 균열
- 하로거더교(Through girder bridge)의 바닥틀에서 리벳 또는 보울트의 이완 및 균열

② 용접거더에 대한 점검항목

- 상로거더교(deck girder bridge)의 상부플랜지와 복부판과의 용접부
- 받침 부근의 하부플랜지와 복부판 또는 단보강재와의 용접부
- 솔판(sole plate)의 용접부
- 기타의 용접부
- 리벳 또는 보울트의 결함

- 연결구 및 버팀재
- 3개이상의 주형을 연결하는 단부 가로보의 복부판 균열

③ 합성거더에 대한 점검항목

- 슬래브의 균열
- 강재거더와 슬래브의 연결부
- 신축이음

④ 트러스에 대한 점검항목

- 연속거더의 지점상태
- 상자형(box)거더 및 상자형(box)기둥내부의 물고임
- 사가진 하로거더교와 트러스교에 있어서 단부가로보 중간발침의 상태

⑤ 기타 누요점검 항목

- 하현재의 이음부분에서 리벳 또는 보울트의 이완 및 부식
- 바닥틀의 연결부분 상태

(3) 검사방법

우리나라 철도교는 강교형식이 거의 대부분을 차지하며, 이들을 살펴보면 오래된 것부터 최근 새로운 기술에 의해 건설된 것까지 훈재되어 있어, 이들을 합리적으로 유지관리하고 경제성과의 균형을 유지하면서 안전을 확보해 나가기 위해서는 평소 유지관리에 있어서의 검사, 평가 및 보수, 보강 등에 관한 것보다 실용적인 기술을 구축해 나갈 필요가 있으며, 이와 같은 것들이 추후에 중요한 과제가 될 것이다. 특히 철도에 대한 사회적 관심은 고도화되고 고속운행이나 편리성에 대한 요구가 증가하므로 보다 엄격한 판단이 도입되어야 하며 강구조물에 있어서 검사의 주된 목적은 아래에 나타낸 항목에 관한 사항을 파악해서 평가함에 있다.

- 손상(변상)
- 건전성(주로 내력, 내구성)
- 사용성(주행속도에 대한 공용성)

손상이라는 것은 구조물에 발생한 볼트, 리벳의 이완이나 파단, 발침의 파손 및 응력집중부에 발생한 피로균열등, 구조물에 부분적으로 생긴 손상이 이에 해당되며, 보수로 대응해 나아가야 된다는 것이 전제가 된다.

또 건전성이라는 것은 오랜 사용에 따른 열화로 전면적인 부위의 부식이나 응력의 반복에 따른 부재의 누적된 피로가 여기에 해당된다. 이들에 대한 평가결과가 구조물의 교체시기를 좌우하게 된다. 구조물에 변형이나 열화가 없는 경우라 할지라도 고속운전을 위해 속도를 상승시키고자 할

때 처짐이나 횡진동이 크게 되어 열차의 주행에 지장을 일으키는 등 사용성에 영향을 주는 것에 대한 조사, 검사가 이에 해당된다.

(가) 검사의 순서

구조물을 보다 합리적으로 유지관리를 하기 위해서는, 구조물에 이상이 일어나기 전의 상태에, 그 구조물 특성, 사용상황, 이력 등에 대해서는 충분히 파악해 두어 일차 이상이 발생되거나 노후화가 진행될 때, 또한 사용조건에 변화가 발생될 때는 충분히 대응할 수 있도록 해두지 않으면 안된다.

이런 의미에 검사 기능이 갖는 역할과 그 순서에 대한 한 예를 나타내면 검사업무로서는 주로 아래와 같다.

- 대장, 조사서류에 관한 자료의 정비
- 검사계획
- 검사의 실시(전반검사, 개별검사, 광역검사, 실교측정 등)
- 검사 결과의 판정, 평가
- 조치 방법의 결정과 대책계획(사용제한, 보수, 보강이나 교체, 감시의 강화)

강교의 검사에는 정기적으로 하는 정기검사와 필요에 따라 실시하는 임시검사가 있다.

이 임시검사는 일반적으로 어떤 문제가 생겼을 때 보다 상세히 시행하는 것으로서 상세검사나 정밀검사라고도 불리며 발생한 문제에 대해서 보다 구체적인 대책방법을 나타내기 위해서 시행되는 것이다.

① 정기적인 검사

정기검사는 주로 강교에 대해서 변상이나 이상이 발생되었는지를 정기적으로 관찰해서 검지해가는 센서적 역할을 하는 검사이다. 주된 검사 내용은 아래와 같다.

- 구조물에 이상은 없는가
- 변상의 정도 파악과 구분
- 사용에 대한 보안상 고려할 문제의 유무
- 응급조치나 상세검사의 필요성 판단

② 상세한 검사

정기적인 검사는 구조물에 발생한 이상이나 시간이 경과함에 따른 열화에 대해 검지하는 센서로서의 의미가 강한 것이나, 여기서 검지된 것에 대해서 보다 적절한 대응을 취하기 위해서는 이상의 정도, 진행성 및 변상의 원인을 보다 더 상세하게, 또한 정량적으로 파악할 필요가 있다. 이를 위한 검사가 상세한 검사로 '개별검사'라고 불린다.

아래에 상세한 검사로서 시행해야 할 주된 항목을 들면

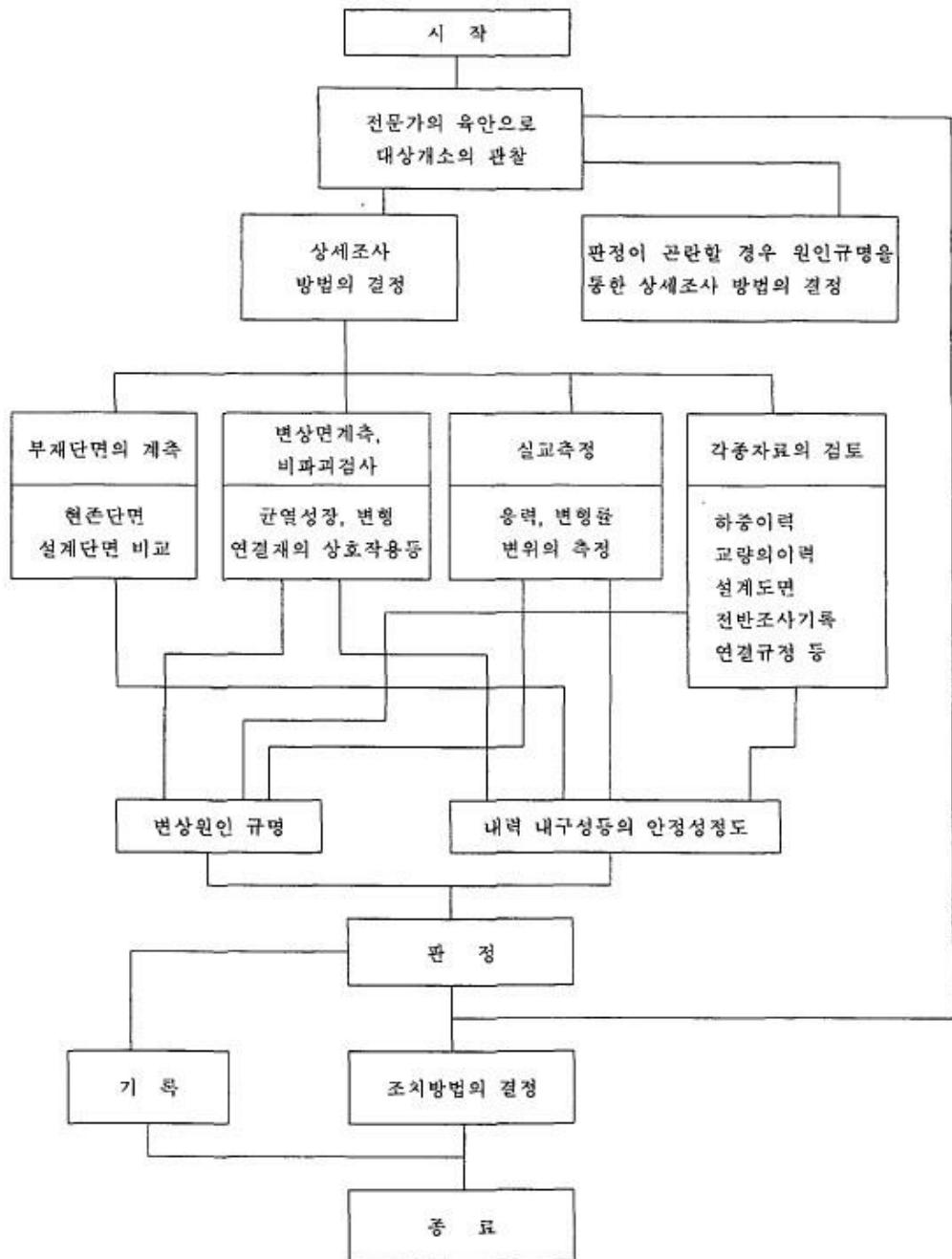
- 전문가에 의한 육안검사 및 계측
- 전문 체크리스트에 의한 검사
- 실교량 측정 및 해석등을 동반한 검사

전문가에 의한 육안 검사에서의 전문가라 함은 구조물의 이상에 대해서 보다 전문적인 지식을 갖고 있으며 이와 같은 구조물의 검사에 대해서 숙련된 기술을 갖고 있는 기술자를 말한다. 전문가의 업무는 주로 측정 해석을 포함, 보다 깊이 있는 검사의 실시와 변상원인의 규명, 수선이나 교체 계획의 작성을 실시한다.

또 전문적 점검목록에 기초한 검사는 주로 사고, 재해시의 검사나 원인이 복잡하고 또한 여러 가닥에 걸친 변상의 검사에 사용되는 방법이다. 즉 사고 재해시의 뒤처리로서 운행재개를 판단할 때나 받침부의 피로에 의한 변상의 원인을 규명하고 적절한 대책을 세우고자 할 때 등에 전문적 점검목록을 준비해 두어 이용하면서 시행하는 검사이다.

그외에 실교 측정이나 각종 해석을 동반한 검사는 구조물의 상황을 보다 정량적으로 파악하거나 변상의 원인을 강도면에서 규명하기 위해 시행하는 것으로서 최근에 특히 그 중요성이 높아지고 있다.

구체적인 응용분야로서는 응력파형의 측정으로부터, 그 부재의 피로수명을 추정하거나 변위와 횡진동의 측정에서 속도 향상의 가능성을 고려하는 경우가 이에 해당된다. 또 구조물에 생기는 변상은 필히 설계계산에서 받는 응력상황으로 발생되는 것만이 아니고 오히려 설계에서 고려되지 않은 면외의 변형이나 부재진동, 타부재에 생긴 이상에 영향을 받는 등, 국부적인 응력이 지배적으로 되는 경우가 많다. 이와 같은 것의 실태 파악에는 실교 측정이나 해석이 빠질 수 없는 소요가 된다.



해설 그림 3.4 상세한 검사의 흐름도

③ 검사결과의 평가

검사결과의 평가는 주로 다음 항목에 대해서 시행한다.

㊂ 변상에 대한 평가

일반적으로 공용중의 구조물은 항상 안전을 확보하고 또한 설계시에 상정한 공용중의 성능을 확보해 두지 않으면 안된다. 따라서 만약 공용중에 변상 등으로 이상이나 필요 성능을 밑도는 열화가 생긴 경우는 계획적인 대책을 강구해 둘 필요가 있다.

구조물에 생긴 변상의 평가는 수선 시기를 정하거나 차량 주행제한 등을 판단하기 위해서 시행하는 것이다. 철도교에 있어서는 이와 같은 평가로 주로 아래와 같은 항목을 중점으로

시행한다.

- 여객 및 공중 등의 안전 또는 정상운전 확보에 미치는 영향
- 변상의 정도(발생한 부재의 중요성, 변상의 크기 진행성 등)
- 조치의 긴급성

해설 표 3.10 철도교에서 변상의 손상도 판단기준

판단구분	운전보안 등에 대한 영향	변상의 정도	조 치
AA	위 험	충 대	즉시조치
A ₁	조만간 위험 이상 외력의 작용시 위험	변상이 진행되어 기능 저하도 진행	조급히 조치
A ₂	장래 위험	변상이 진행되고 기능 저하가 우려	필요한 시기에 조치
B	진행하면 A순위로 됨	진행하면 A순위로 됨	감시(필요에 따라 조치)
C	현상태에서는 영향 없음	경 미	종점적으로 검사
S	영향없음	없 음	

④ 내력, 내구성에 관한 평가

전술한 변상에 대한 평가는 보수에 의해서 이상부분을 회복시키는 것을 전제로 하는 것이지만, 여기서 말하는 내력이나 내구성의 평가는 주로 교체시기를 판단하거나 거더가 전체적으로 어느 정도 열화되어 있는가, 또 어느 정도 외력에 대해서 견딜 수 있는가를 판단하기 위해 시행되는 것이다. 따라서 보다 정량적인 평가를 필요로 하고 있는 내력에 관한 평가로서는 그 교형이 공용되는 최대 활하중이 얼마나 되는가, 또 속도 효과를 고려에 넣어 거시서 허용되는 차량의 속도는 어느 정도인가를 결정하는 평가를 하게된다. 또한 내구성에 관한 평가는 주로 교체 계획이나 대규모 개량을 검토할 때 쓰인다. 내구성으로서는 수명의 평가가 주된 목적이 되고 한 방법으로서 누적피로에 대해서 검토하는 경우가 있다.

강교의 평가는 그 목적에 따라 각종 방법이 쓰이고 있으며 이를 효율적, 정량적으로 하기 위한 교량 진단시스템 개발도 진행되고 있다. 특히 교체계획에서는 이들의 진단결과를 중요한 참고 데이터로 하여 종합적으로 판단해 가는 것이 중요하다.

3.3 점검 결과의 기록

점검 결과는 판정 및 보수시 충분히 반영할 수 있도록 명확하게 기록하여야 한다.

【해설】 점검 결과의 기록 및 관리 요령

(1) 기록 항목

- 건설 연월일

- 설계도면 유무

- 시행청 명

- 시공자 명

- 유지보수 이력

- 점검 연월일

- 점검자

(2) 기록의 관리 요령

(가) 균열

- 위치, 형상, 폭, 길이, 진행상태의 스케치

- 위치, 형상은 균열에 따라서 표시(착색)하여 사진으로 찍어두는 것도 좋은 방법이다.

(나) 콘크리트 떨어짐

위치, 떨어진 부분의 범위, 길이, 철근노출상태, 부식의 정도, 기록사진일 경우에는 자, 합척 등과 비교될 수 있도록 하며 점검 햄머로서 콘크리트면을 두들겼을 때 콘크리트가 부상하면 그 범위를 추정기록 한다.

(다) 변위

노선방향 및 노선의 직각방향, 상하, 좌우, 전후의 변위, 구조물의 변위가 생길 염려가 있는 구역에서는 인접구조물과의 간격(상대변위)을 기록한다. 구조물 자체의 내부에 발생할 변위는 균열을 동반하는 경우가 많으므로 동시에 기록할 필요가 있다. 변위의 기록은 시간경과에 따른 추적기록이 중요하다.

3.4 점검 결과의 판정

점검 결과의 판정 및 조치를 위해서는 판정기준 및 판정항목에 따른 조치가 필요하다.

【해설】

판정 기준 및 점검 결과 조치

(1) 판정 기준

A : 발생된 손상이 경미하여 당장 보수를 요하지는 않으나 추적조사 후 보수 여부를 결정해야 하는 상태

B : 발생된 손상이 심각하지는 않으나 상세하게 추적조사 후 보수를 해야하는 상태

C : 발생된 손상이 구조물에 심각한 지장을 주지는 않지만 빠른 시일내에 보수를 해야하는 상태

D : 발생된 손상이 심각하기는 하지만 별도의 응급처치를 할 필요는 없고 속히 보수해야 하는 상태

E : 발생된 손상이 아주 심각하여 먼저 통행제한과 응급처치를 한 후 바로 보수해야 하는 상태

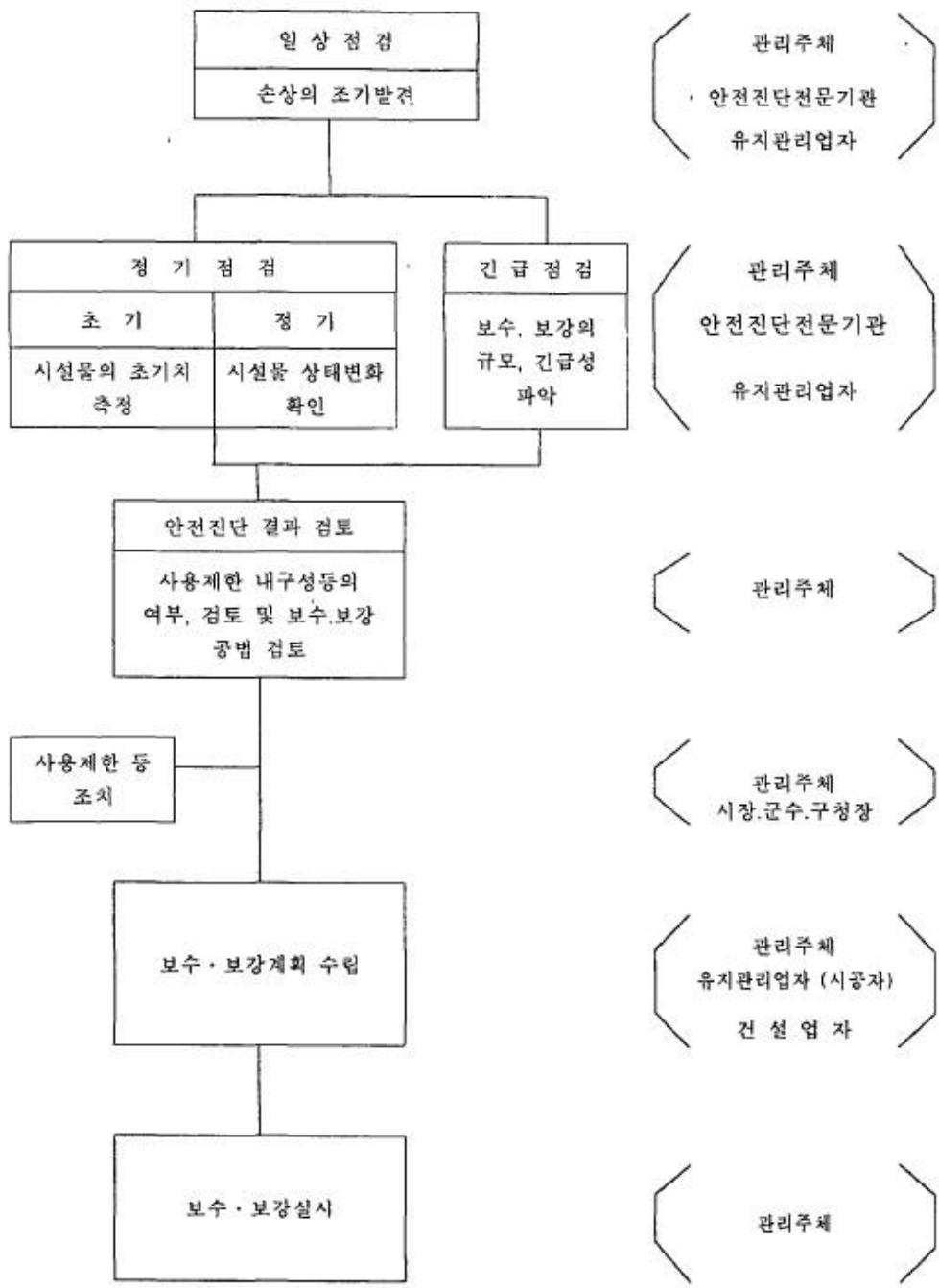
(2) 점검 결과 조치

- 사용제한 및 안전조치

열차안전 운행상 긴급조치가 필요하다고 인정되는 경우에는 즉시 열차서행 운전 또는 일시정지 등의 조치를 취하여야 한다.

- 보수조치

- 점검결과 보수를 필요로 하는 개소는 우선적으로 보수할 수 있도록 조치를 취하여야 한다.
- 하자보수 기간중에 있는 구조물에 대하여는 하자담보 책임기간 만료일 이전 6 개월 이내에 안전점검을 실시하고 그 결과를 시공자에게 통보하여야 한다.
- 하자 기간이 만료된 시설물에 대하여는 보수 책임자가 보수계획을 수립 보수조치를 취하여야 한다.



해설 그림 3.5 안전점검관리 업무 체계도

3.5 점검 장비

철도 시설물의 유지관리 사용되는 점검 장비는 일상적인 휴대장비 및 접근장비, 비파괴점검 장비로 구분할 수 있는데, 각각의 점검 종류별 사용장비는 다음과 같다.

- (1) 일상점검 : 일상적인 휴대장비 및 간단한 접근장비 등을 이용한다.
- (2) 정기점검 : 일상점검시의 사용장비 및 간단한 비파괴 점검장비를 이용한다.

(3) 긴급점검 : 일상적 휴대장비 및 접근장비, 비파괴 점검장비 및 정밀 계측기기 등을 이용한다.

이러한 점검의 결과를 토대로 보수 보강공법을 제시하는 정밀안전진단이 실시되는데, 각 점검에 사용되는 장비는 그 목적에 따라 구별된다.

【해설】

점검 장비는 일상적 휴대장비 및 접근장비, 이동장비, 비파괴 시험장비, 여러 가지 계측기기 등을 들 수 있는데, 이들에 고나한 구체적 명칭이나 용도에 관하여는 점검 항목 및 방법에서 언급하기로 한다.

제 4 장 유지관리용 점검 시설 및 설치

4.1 도면 관리대장 비치

도면은 시설물 관리 유지보수에 근본이 되므로 도면 관리대장을 비치 관리하여야 한다.

【해설】

(1) 도면 관리대장은 필히 비치관리 하여야 하며 도면이 훼손되었거나 분실된 부분은 원상복구 시켜야 한다.

(2) 도면 관리는 철도청 도면 관리규정에 의하여야 한다.

4.2 시설물 도면 관리

시설물을 관리·유지하기 위해서는 시설물에 대한 도면의 소속기관에 비치되어 있어야 한다.

【해설】

(1) 시설물 도면 관리

(가) 시설물 유지관리를 하기 위하여는 당해 시설물에 대한 도면이 있어야하며 이 도면은 시설물을 관리, 유지하고 있는 소속에 비치되어 있어야 한다.

(나) 시설물을 안전 점검할 경우 정밀 안전진단시에도 이 도면을 토대로 조사를 함으로서 정확한 변상상태를 파악 할 수 있고, 보고계통과의 의사소통을 빨리 할 수 있다.

(다) 도면은 항상 깨끗한 상태로 관리되어야 하므로 다음 사항을 고려하여야 한다.

- ① 도면 관리는 철도청 도면관리 규정에 의거 관리하여야 한다.
- ② 도면은 A4 정도의 크기로 축소 복사하여 현장에 비치한다.

- ③ 도면의 훼손될 경우 즉시 교환하여 주어야 한다.
- ④ 도면 비치 소속에서는 깨끗하게 관리하고, 훼손될 경우 즉시 보고한 후 교환하여야 한다.
- ⑤ 도면 배치표

배 치 장 소	수 량	비 고
지 방 청 시 설 국	2 부	
보 선 사 무 소	2 부	사무소 관할 시설물 도면
보 선 분 소	1 부	"
선 로 반	1 부	"

4.3 점검대 설치 및 장비확보

시설물의 손상개소를 조기발견하고 원인의 규명과 대처를 신속히 하기 위해서는 지속적인 점검을 하여야 한다. 그러나 점검 대상 시설물의 규모가 방대하고 하천등의 지장물로 인하여 인위적인 점검이 어려우므로 시설물 특성에 맞는 적절한 점검시설을 확보해야 하며, 점검시설 자체에 대해서도 유지관리를 철저히 할 뿐만 아니라, 취급방법에 대해서도 충분히 고려해야 한다.

【해설】 생략

4.3.1 점검 시설물의 설치 조건

점검시설물은 충분한 공간과 시설을 가지고 안전한 작업이 이루어질 수 있는 선행조건이 만들어져야 한다.

【해설】

(1) 점검시설물의 설치 조건

(가) 점검 시설물의 설치 조건

- 건축한계를 넘지 않는 범위내에서 점검과 보수 작업에 필요한 공간이 확보되어야 한다.
- 교량 시공과 동시에 점검시설을 제작, 설치하는 것이 바람직하다.
- 교량의 전 부분에 대해서 점검과 보수 작업이 가능한 구조이어야 한다.
- 작업시에 안전성이 보장되어야 한다.
- 점검시설 자체의 보수가 간단하고, 내구성이 좋아야 한다.
- 조작이 간단하고 고장이 적어야 한다.
- 구동장치는 만일의 경우를 대비해서 수동 구동장치 등의 안전장치를 고려해야 한다.

- 작업 중에도 교통장애를 최소화할 수 있어야 한다.
- (나) 이상의 항목을 만족하고, 점검 및 보수 작업의 목적에 부합하는 시설이 이루어져야 한다.

4.3.2 점검 시설의 종류

점검시설은 그 목적 및 작업형태에 따라 각각의 특성이 있다.

【해설】

해설 표 4.1 점검시설의 종류

형태	종류	목적
고정식 시설	점검통로 형식	<ul style="list-style-type: none"> • 교량하부 및 주형의 점검 • 지점부 점검
	사다리 형식	<ul style="list-style-type: none"> • 교각 등 수직 구조물 점검 • 타 시설에서의 접근 수단
주행식 시설	작업대 주행식	<ul style="list-style-type: none"> • 교량하부 및 주형의 점검 • 지점부 점검
	곤돌라 주행식	<ul style="list-style-type: none"> • 교각 등 수직구조물 점검
점검차	고가 점검차	
	바구니 점검차	<ul style="list-style-type: none"> • 교량하부 및 주형의 점검, 보수를 위해 작업원, 장비의 운반 및 작업공간 제공
	굴절식 점검차	

(1) 고정식 점검시설

(가) 점검통로는 교량의 점검을 효과적으로 실시하기 위한 통로로 사용되며, 보수작업을 위한 작업대로서도 사용된다.

구조가 간단하고 고장이 거의 없으나, 모든 장소와 작업조건에 대해서 적용될 수 없다는 단점이 있다. 점검 통로는 교량전체에 대해서는 접근이 가능하도록 설치되는 것이 이상적이지만 실제 교량에서는 건축한계 구조상의 제약, 경제성 및 외관상의 이유로 설치장소는 한정된다.

(나) 사다리 형식

주로 교각 등의 수직 구조물에 점검하기 위한 시설로서, 다른 작업장소 및 점검시설에 접근하기 위한 수단으로도 이용된다.

구조가 매우 간단하지만 점검 및 보수작업을 할 때에는 안전성 확보가 곤란하므로, 주로 구조물 점검을 위한 접근 수단으로만 적용된다.

(2) 주행식 점검시설

특정 교량에 대해서 점검설비 자체가 이동해야 할 필요가 있는 경우에 설치하며, 구동방법에는

수동식, 전동식, 내연기관식 등이 있다. 점검시설로서는 매우 편리한 형식이지만 구조가 복잡하고, 설치비가 고가이며 주행장치 등의 보수를 요한다.

(가) 작업대 주행식

작업대가 레일 등을 따라 이동할 수 있도록 구성된 시설로서, 필요 구간에 레일등을 설치해 놓고 정위치에 고정시키거나 필요에 따라 이동시키며 사용한다.

하부공간에 여유가 없는 장소에서는 사용할 수 없으며, 교각부를 통과하기 위해 작업대를 90° 회전시킬 수 있도록 한다.

점검을 요하는 전 부분에 대해서 접근이 가능한 장점이 있다.

(나) 곤돌라 주행식

작업대가 수평이동 하는 것 외에, 수직 방향으로도 이동할 수 있도록 고려한 시설이다. 교량상판 뿐만 아니라 교각 등의 수직구조물에 대해서도 적용 할 수 있으며, 해체하여 다른 교량에도 사용할 수 있다.

(3) 점검 장비

점검차를 이용한 점검설비는 사용할 때에 노면상 또는 교량 밑의 도로상에 설치해야 하기 때문에 교통상황, 구조물의 형식, 교량위치 등의 제약을 받는다. 또한, 교량폭이 큰 경우에는 전면에 대한 점검이 곤란하다.

(가) 고가 점검차

검사대(life car)를 들어 올리는 장치나 신축 사다리를 탑재한 차량을 작업위치 밑에 정차시키고, 검사대 혹은 사다리를 옮겨서 작업한다.

작업위치 밑에 점검차를 위치시켜야 하므로, 교량 위치가 수상이거나 형고가 높을 경우에는 적용이 어렵다.

(나) 바구니 점검차

교면상에서 하부로 굴절하는 장치를 가진 차량으로, 바구니 형태의 작업대에 점검원이 탄채로 장치를 조작하여 점검한다. 기계조작이 복잡하고, 점검범위가 한정되어 있으며, 점검원의 탑승이 한정된다.

(다) 굴절식 점검차

캔틸레버 형태로 지지되는 작업대를 설치한 차량으로 작업대를 점검위치에서 설치한 후 점검원을 태우고, 전후 이동하며 점검작업을 실시한다. 조명등이 작업의 장애가 되고, 장비도 대형이므로 점검범위에 제약이 있다. 바구니 점검차보다 많은 점검원이 탑승할 수 있어 효율적인 점검이 가능하다.

4.4 철도 구조물의 보호

철도를 횡단하는 시설물 즉 가도교, 육교 등은 자동차나 중장비가 통행하면서 철도시설물에 충격을 주어 파손 또는 추락 등의 사고가 발생하지 않도록 유의하여야 한다.

【해설】 생략

4.4.1 가도교 보호

도로상의 교각이나 시설물 등에 대하여 충돌로 인한 손상이나 변형이 발생하지 않도록 사전에 각별한 주의가 필요하다.

【해설】

(1) 시설물 보호

- 자동차나 중장비가 철도횡단 시설을 통과하는 개소의 좌우에 설치된 안전형틀을 변형되거나 전도되지 않도록 유지하여야 한다.

(2) 도로상에 설치된 교각보호

- 도로중앙에 설치된 교각은 자동차와의 충돌을 예방키 위하여 교각 주변을 보호하여야 한다.

(3) 점검 항목

- 안전 형틀의 변형여부
- 안전 형틀의 전도여부
- 안전 형틀의 건축한계
- 철도 구조물의 훼손여부
- 철도 구조물과의 저촉여부
- 철도 구조물의 건축한계
- 교각 보호시설 훼손 여부
- 교각과의 저촉여부

4.4.2 인접구조물 공사시 기존 철도 시설물 보호

철도 용지내의 지상이나 지하에 기존 철도 시설물과 근접하여 시공할 경우, 사전 충분한 협의를 한 후 시행토록 하여 기존 시설물에 영향을 주지 않도록 하여야 한다.

【해설】

(1) 구조물 실태 조사

(가) 자료 조사

기설구조물에 관한 자료조사는 그 건설시기에 있어서 설계도서, 사용개시 이후의 관리나 보수에 관한 기록 사용상황에 관한 자료등에 대해서 실시한다.

- 구조물의 설계도, 설계 계산서
- 사용재료의 품질
- 근거되는 기술지침, 기준 등
- 기초공 하부공 상부공 등의 시공기록

(나) 현지 조사

기설구조물에 관한 현황과 입수된 자료의 확인 등을 하기 위하여 다음항목에 대하여

- 용도
- 이용 상황
- 사용상의 기능확보를 위한 조건
- 구조형식, 형상지수, 재질
- 변위, 변형 및 노후도
- 구조물에 부대 또는 접속되는 지하매설물 등의 관계시설
- 신설 구조물과의 상대적 위치의 관계
- 건축 한계, 형하공간

(2) 대책

- 구조물 실태 및 지질조사
- 신설구조물의 허용변위량 검토
- 대책공법 선정
- 계측계획 및 관리
- 시공
- 열차감시원 배치(1 일 24 시간 계획 배치)

해설 표 4.2 근접시공에서 주로 이용되는 지반변형의 예측방법

공사의 종류	변형의 종류	예 측 방 법								
	흙막이벽의 변형에 의한 지반변형	<ul style="list-style-type: none"> 지반전체를 모델화하여 굴착단계를 쫓아 유한요소법으로 계산한다. 별도로 구한 지반 변위를 배면지반만의 모델이 주어져 유한 요소법으로 계산한다. 								
개착	지하수위저하에 의한 침하(사질토, 점성토)	<table border="0"> <tr> <td>· 우물이론 </td> <td> Lohman의 식등(사진토)</td> </tr> <tr> <td> 예 의해 투수증의 </td> <td></td> </tr> <tr> <td> 수위를 구하여 </td> <td></td> </tr> <tr> <td>· 유한요소법 </td> <td> 오에드미터법(점성토)</td> </tr> </table> <p>에 의해 계산한다</p>	· 우물이론	Lohman의 식등(사진토)	예 의해 투수증의		수위를 구하여		· 유한요소법	오에드미터법(점성토)
· 우물이론	Lohman의 식등(사진토)									
예 의해 투수증의										
수위를 구하여										
· 유한요소법	오에드미터법(점성토)									
	용력해방에 의한 지반변형	<ul style="list-style-type: none"> 텐보이드를 대상으로 한 2차선 모델을 써서 유한요소법에 의해 계산한다. 								
실드 터널	지하수위 저하에 의한 침하(사질토, 점성토)	<table border="0"> <tr> <td>· 우물이론 </td> <td> Lohman의 식등(사진토)</td> </tr> <tr> <td> 예 의해 투수증의 </td> <td></td> </tr> <tr> <td> 수위를 구하여 </td> <td></td> </tr> <tr> <td>· 유한요소법 </td> <td> 오에드미터법(점성토)</td> </tr> </table> <p>에 의해 계산한다</p>	· 우물이론	Lohman의 식등(사진토)	예 의해 투수증의		수위를 구하여		· 유한요소법	오에드미터법(점성토)
· 우물이론	Lohman의 식등(사진토)									
예 의해 투수증의										
수위를 구하여										
· 유한요소법	오에드미터법(점성토)									
산악 터널	용력해방에 의한 지반변형	<ul style="list-style-type: none"> 터널축 수직면의 2차선 모델을 써서 유한요소법에 의해 계산한다. 								
성토	지중용력증가에 의한 지반변형	<ul style="list-style-type: none"> 성토축선 수직면의 2차선 모델을 써서 유한요소법에 의해 계산한다 								

해설 표 4.3 근접 정도의 구분과 대책의 내용

근접정도의 구분		대책의 내용
구분	내용	
일반범위	신설 구조물의 시공에 의한 기설구조물의 변위, 변형 등의 영향이 미치지 않는다고 생각되는 범위	특별한 대책이 필요 없다.
요주의 범위	신설구조물의 시공에 의한 기설구조물의 변위, 변형 등의 유해한 영향이 없지만 간혹 영향을 받는다고 생각되는 범위	신설구조물의 시공법에 의한 대책을 원칙으로 실시하며, 아울러 기설구조물의 변위, 변형량을 추정하여 허용값과의 비교를 하는 등 영향도를 검토하여 상황에 따라 그 외의 대책공을 실시한다. 또 공사를 안전하게 추진하기 위해 대상 기설 구조물 및 주변 지반과 가설 구조물을 포함한 신설 구조물의 거동을 계측하여 관리한다.
요대책 범위	신설구조물의 시공에 의한 기설구조물에 변위, 변형 등의 유해한 영향이 미친다고 생각되는 범위	신설구조물의 시공법에 의한 대책을 필히 실시하며, 기설 구조물의 변위, 변형량을 추정하여 허용값과의 비교를 행하는 등 영향도를 검토하고, 원칙적으로 그 외의 대책공을 실시한다. 또 공사를 안전하게 추진하기 위하여 대상 기설구조물 및 주변지반과 가설 구조물을 포함한 신설구조물의 거동을 계측하고 관리한다

* 요주의 범위에 있어서의 변위, 변형의 추정 및 계측은 간단한 방법도 있다.

해설 표 4.4 변상원인 및 대책

공사의 종류	발생되기 쉬운 현상(원인)	대책
1. 개착공사	흙막이 벽의 균형	흙막이 가구의 강도, 강성증대, 베텁대 프레로드, 어스앵커공법, 선행베텁대, 지반개량, 역타공법, 수중굴착
	말뚝타설부의 공동	되메우기
	히빙	트랜치, 아이랜드공법, 흙막이 가구의 강도, 강성 증대, 지반개량
	보이링, 지반팽창	지하수위 저하공법, 지반개량(지수주입)
	흙막이 벽의 누수	지수벽, 지수주입
	되메우기 흙의 압축변형	전압, 시멘트혼합
	흙막이벽 회수에 의한 공동	충진재의 주입, 매살
2. 기성 말뚝 공사 널말뚝공사	진동에 의한 지반침하	저 진동 공법
	지반의 압축	시공순서, 프레보링, 중굴공법
3. 현장타설 콘크리트 말뚝공사 연속 지중벽 공사	주변지반의 붕괴, 이완	케이싱공법, 안정액, 엘리멘트쪽의 축소, 지반개량
4. 케이슨 공사	인입침하	감마재(시트), 에어커튼
	후릿선 컫트부의 공동	僮리브, 농니슈주입
	밀부지반의 붕괴, 이완	시공관리, 지반개량
	지하수 저하	지수주입, 압기
5. 실드공사	막장붕괴, 토사호칭 인입	시공관리, 지반개량
	주변지반의 이완	지반개량, 뒤채움 주입
	지하수 저하	지수주입, 압기
6. 산악터널 공사	지반의 붕괴, 이완	시공관리, 동바리공의 강도, 강서의 증대, 록볼트, 지반개량
	출수, 지하수 저하	지수주입, 지하수의 저하공법
7. 성토공사	인입침하 활도 붕괴	시공관리, 단계시공, 지반개량

해설 표 4.5 계측항목과 계측기기

계측 대상	계측 항목	계측 기기
구조물	침하, 부상	레벨, 다이얼게이지, 수성식 침하계, 앵커식 침하계 (침하예측로드)
	수평 변위	트랜시트, 다이얼 게이지
	경사	경사계, 내림추
	응력	응력계, 변형계
가설 구조물	흙막이벽의 응력	응력계, 변형계, 삽입식 경사계 (경사분포 미분에서)
	흙막이벽의 변형	수사 (머리이음의 변형), 트랜시트, 내림추, 삽입식 경사계(경사분포 적분에서)
	흙막이 가구의 축력, 응력	유압식 하중계, 로스셀, 변형계, 응력계
	흙막이 가구의 변형	레벨, 트랜시트, 수사, 내림추
	토압, 수압	토압계, 수압계
지반 토구조물 성토	침하, 부상	레벨, 앵커식 침하계, 충별침하계
	수평 변위	트랜시트, 신축계, 삽입식 경사계
	땅사태	신축계, 삽입식 경사계, 파이프 변형계
	토종토압, 간극수압계	토종토압계, 간극 수압계
	지하 수위	후로트식 수위계, 수압계

제 5 장 주요 손상부에 대한 대책 및 보고

5.1 손상 조치의 종류

철도 시설물의 유지관리를 위한 점검 결과, 손상이 발견되었다면 손상원인이 진행을 억제시켜 시설물의 안전성과 기능성을 유지시키거나 시설물 자체의 내구성을 향상시킬 수 있는 손상조치가 필요한데, 이러한 손상조치의 종류는 다음과 같다.

(1) 일상 조치 : 손상 예방을 위한 간단한 조치

(2) 응급 조치 : 안전에 중대한 위험이 있어 임시적으로 긴급하게 보수·보강을 하는 조치

(3) 보수·보강 조치 : 시설물의 내구성과 사용성 확보 차원에서, 발생한 손상이 더 이상 진행되지 않도록 하거나 시설물의 일부 또는 전체의 변형과 내력을 개량시켜 안전성을 확보 조치

5.1.1 일상 조치

일상 조치는 시설물에 손상이 발생하기 이전에 예방적인 차원에서 실시하는 간단한 조치들로 그 내용은 다음과 같다.

(1) 구조적 안정상태에 관한 일상 조치

(2) 부속시설에 관한 일상 조치

(3) 교통소통에 관한 일상 조치

5.1.2 응급 조치

시설물에 발생된 손상을 방지하는 경우 대인이나 대물에 위해를 줄 가능성 있는 손상 또는 시설물 자체의 손상이 급속히 확대될 가능성이 있는 경우에는 응급조치를 취해야 하고, 응급조치의 지속기간을 짧게 하는 것이 바람직하다.

5.1.3 보수·보강 조치

시설물에 관한 일상 점검이나 정기 점검, 긴급 점검, 정밀안전진단을 실시한 후 손상이 발견되면 해당 손상내용에 적절한 보수·보강조치를 실시하여야 한다.

【해설】

(1) 대책 공법의 선정

철도교에 있어서의 대책 공법에는 주로 다음과 같은 방법이 있다.

- 도장을 포함한 일상적인 손질
- 변상 개소에 대한 수리 정도의 보수
- 수복만이 아니고 기능의 향상을 도모하는 보수
- 교체

따라서 대책 공법의 선정에 있어서는 대책의 목적을 충분히 이해해서 변상의 경우는 원인규명, 필요로 하는 기능 수준, 대책공사의 착수시기, 시공성(작업성), 공사 시공자의 기술수준 등에 대해서 충분히 검토하여 경제적이고 효과적인 공법을 선정하여야 한다.

(2) 강철도교에서의 대책 사례

앞에서 기술한 대책 공법에 대해서 주된 대책 예를 들면 아래와 같다.

(가) 도장을 포함한 일상적 손실

현재 페인트 교체는 구조물 도장막의 열화상태를 전체적으로 평가해서 도장사양을 결정하여 형 전체의 도장을 하고 있으나 여기서 침목밑 등 오물이 쌓이는 곳과 같이 부분적으로 현저히 부식이 진행하고 있으며 따라서는 도막의 열화뿐만이 아니고 부식되어 구멍이 나서 파손되기도 한다.

(나) 보수

보수의 사례로서 가장 많은 것에 받침부의 보수가 있다. 상로 플레이트 거더에서 슈받침이 파손되었기 때문에 지점부가 덜컹거리고 부식이 동반되어 플랜지에 흠 변형이 생겨서 균열이 발전하게 된다. 이때 취약부분에 플레이트로서 보수하는 방안이 많이 활용되고 있다.

(다) 보강

보강은 변상이 발생되기 쉬운 현재 구조에 대해 원인을 제거하는 등의 구조적 개량을 가한 것이다.

(라) 개조

개조의 예로는 전면적으로 부식된 종형을 커버 플레이트로 용접 보강하였으나 다시 부식과 피로로 그 용접부로부터 균열이 발생하여 이 종형을 새로운 종형으로 교환하는 것 등이다.

5.2 조치 방법 선정시 검토 사항

시설물에 관한 손상조치를 취하고자 할 때는 다음과 같은 사항들을 종합적으로 검토한 다음 적절한 조치방법을 선택하여야 한다.

(1) 구조적 적합성

(2) 시공성 : 현장조건, 시공관리, 공기

(3) 경제성

(4) 대민 영향도

(5) 미관

(6) 기타

【해설】

(1) 구조적 적합성

시설물에 관한 손상조치방법중에는 손상부위의 구조적 위치나 형식, 재료적 성질 등에 의해 채택이 불가능한 방법도 있다.

그러므로 손상조치방법을 선정할 때는 이러한 점들을 충분히 검토하고 여기에 기술자의 경험적 내용도 감안하여 적합한 조치방법을 채택하는 것이 중요하다.

(2) 시공성

손상조치방법을 선정할 때는 현장에서의 시공 가능성 및 교통규제(차선제한, 속도제한, 중량제한, 통행금지 등)의 필요성을 확인해야 한다. 또한 기술적 혹은 품질적면에서 시공관리가 충분히 가능한지를 검토해야 하며, 시공기간과 시기등도 검토해야 한다.

(3) 경제성

손상조치방법을 선정하는데 있어 그 효과에 비해 과다한 경비가 소요되지는 않는지 각 방법에 대한 경제성도 검토해 보아야 한다.

(4) 대민 영향도

손상조치로 인한 주변 주민에 대한 교통장애나 생활환경에의 문제점이 없는지 고려해야 한다.

(5) 미관

손상조치후 손상조치가 전체적인 미관에 미치는 영향을 검토해야 한다.

(6) 기타

이외에도 손상조치자체 및 그 영향과 사후관리등도 포괄적으로 고려하여 합리적인 손상조치 방법을 선택하여야 한다.

5.3 조치 기록

수행된 모든 조치기록은 반드시 체계적으로 기록되어야 한다.

【해설】

시설물의 손상조치에 대한 기록은 향후 점검과 유지관리에 반영될 수 있도록 반드시 체계적이고 일관되게 기록·보관되어야 한다.

제 7 편 건축물

제 1 장 건축물의 분류 및 특징

1.1 건축물의 유지관리기준

건축물에 대해서 적절한 유지관리의 필요성은 인식하고 있어도 어떤 정도의 유지관리가 적절한가의 판정은 어렵고, 일부 전문가를 제외하고는 건축관계자의 관심도 이제까지는 일반적으로 낮기 때문에 이에 관한 자료도 충분하지 않는 것이 현실이다. 이 때문에 각 건물의 유지관리의 내용은 소유자의 사정에 따라 상당한 차이가 있고, 각각의 재정사정과 경영방침의 변경으로 크게 변동할 수 있다.

【해설】

건축물 본래의 내구성능은 시공에 의해서 결정되는 것이지만, 실제의 내용연수는 사용조건과 유지관리의 적부에 의해 크게 좌우되고 특히, 설비기기류에 대해서 이러한 경향은 현저하다. 일반적으로 건물의 노화·감모현상은 처음에는 매우 더디게 진행하지만 일정한 한계를 넘는 단계에서부터는 급속하게 기능이 저하하여 고장, 기능상실로 이어지게 된다. 따라서 건축물이 건전하다고 판정되는 단계에서 점검·보수를 계획적으로 실시하여 일정단계의 노화·감모에 도달하기 이전에 수선·부품을 교체하여서 건축물 전체의 내용연수를 연장한다.

1.2 건축물의 유지관리수준

유지관리의 수준은 건축물의 종류 및 용도에 따라 적합하게 정해야 하고, 주로 다음과 같은 사항에 유의해서 정하는 것이 바람직하다.

(1) 사후보전에서 예방보전으로

(2) 미관

(3) 실내환경

(4) 기능의 확보

(5) 안전성·쾌적성

(6) 경제성

(7) 내구성의 확보

【해설】

(1)에 대해서 : 건축물의 경우 승강기, 방재설비 등과 같이 직접 인명에 관계가 있는 것이나 법령으로 의무화되고 있는 예방보전은 최저 수준의 점검과 정비가 필요하다. 법령에서 의무화되고 있지 않아도 외장타일 등 마감재의 들뜸·박리, 금속성 차양 등의 부식, 지붕방수의 노화, 수변전설비·자가발전설비·열원기기류 등은 때로 큰 사고를 유발할 수 있으므로 이에 대해서도 예방보전의 범위를 확대해 가는 것이 바람직하다.

(2) 미관 : 건축물의 노화현상은 발청, 변색, 균열의 발생 등으로 나타나고 외관상으로도 영향을

미치기 때문에 미관을 유지하도록 한다. 또한, 도장의 변색, 마감재의 균열·오손, 창호류의 오염 등은 단순히 미관을 손상할 뿐만 아니라 장기적으로 보아 내용연수에 영향을 주는 것으로 미관의 유지는 유지관리의 기본이 된다.

(3) 실내환경 : 건축물의 기능은 준공직후에 다발하는 초기고장단계를 지나면 안정기에 들어가고 설계로 의도한 실내환경이 확보되게 되지만, 년수의 경과에 따라 건축물 각부의 기능은 서서히 저하하고 있다. 이 때문에 기능저하가 허용한계를 넘어서면 활동에 지장을 주는 상태가 된다. 허용 한계는 시설의 종류·용도 등에 따라 다르기 때문에 일정하지 않다. 그러나, 어떠한 시설에 대해서도 건강관리·집무능력의 면에서 건축법 등의 제반 법령에서 정해진 실내환경의 수준을 확보하는 것이 바람직하다.

(4) 기능의 확보 : 건물 각부의 기능저하는 서서히 진행되어서 예방보전을 주축으로 하는 유지관리가 실시되지 않는 경우가 많다. 그러나, 일반 건축물이라도 수변전설비의 기능마비는 건물전체의 기능을 마비시키고, 열원기기, 조명설비 등의 에너지효율 저하 및 배관류의 유량저하 등은 에너지 소비량의 증대를 유발하기 때문에 건물 및 건축설비에 대한 정기적인 점검정비는 내부의 모든 시설에 대해서도 배려해야 한다.

(5) 안정성·쾌적성 : 건축법 등의 규정을 토대로 건설된 시설도, 사용할 때의 관리불량에 의해서 인명·재산을 충분히 확보할 수 없는 상태가 될 수 있다. 피난경로상의 장애물은 비상시의 피난을 방해하게 되어 통로부분의 벽면에 놓여있는 책장, 락커 등은 지진시에 전도되어, 통로부분을 막을 수 있다. 방재설비류는 초기에 완벽하게 작동할 수 있도록 조정의 기능수준을 갖추어야 한다. 이외에 외장마감재의 낙하방지, 사다리의 부착상태 등에 대한 확인작업도 안전상 중요하다.

1.3 유지관리면에서 본 건물의 분류

건물의 종류·용도에 맞게 미관, 실내환경, 기능의 확보, 안전성, 경제성, 내구성 등에 우선적인 순위를 붙이고 계획적, 효과적으로 시설의 유지관리를 실시하는 것이 바람직하다. 유지관리의 효율을 높이기 위해서는 건물을 다음과 같이 분류하는 것이 바람직하다.

- (1) 사무소·학교 등
- (2) 도서관·미술관·박물관 등
- (3) 연구소·병원·진료소 등
- (4) 백화점·영화관·극장 등
- (5) 역사적 건축물 등
- (6) 공장 등
- (7) 공동주택 등

【해설】

미관 : 벽면의 오염, 마감재의 균열·파손, 창호의 변형, 녹발생 등의 현상을 문제로 다룰 수 있다. 미관을 특히 중요시하는 시설로서는 기업, 은행, 극장, 백화점, 호텔 등이 이에 해당한다.

실내환경 : 실내환경이 중요시되는 시설로서는 정밀·세밀한 업무를 수행하던가, 육체적,

정신적으로 휴식을 요하는 정도가 높은 시설이 해당되는데 연구실·정밀기기공장·병원·호텔 등이 우선도가 높다.

기능의 확보 : 건물의 종류에 따라서 허용범위에 상당한 차이가 있다. 일반적인 건물에서는 에너지의 절약을 위해 조도 또는 온습도 등을 약간 낮게 억제해도 업무에 큰 지장을 주지는 않지만 일부 건물에서는 시설기능의 부분적인 결함이 업무전반에 큰 영향을 줄 수 있다. 방송국·공항·역사·기상대·병원·연구소·전신전화국·발전소·변전소·공장 등이 이에 해당한다.

안전성·방재성 : 어느 종류의 건물에 대해서도 가장 중요한 항목이지만, 특히 공중이용시설, 유사시 재해대책본부시설, 의료기관과 문화재 등이 해당된다. 백화점·극장·영화관·공회당·호텔·소방·경찰·관공서 시설, 은행·미술관·박물관 등이 이에 해당한다.

경제성 : 유지관리에 있어서 가장 기본이 되는 항목이므로 건물의 성능을 유지하는 범위에서 최소의 지출이 가장 바람직하지만, 과도한 지출 억제는 내용연수를 줄이게 되고 장기적 견지에서 반드시 경제적으로 되지는 않는다. 임대사무소와 같은 임대시설, 공장과 같은 생산시설은 경제성의 우선도가 높다.

내구성 : 문화재, 기념성이 높은 시설과 관공서 시설은 보존의 가치가 높기 때문에 충분한 배려를 필요로 한다.

(1) 사무소·학교 등 : 유지관리면에서 특히 높은 수준을 요구하는 부분은 없으나, 미관, 실내환경, 기능성, 안전성·방재성, 경제성, 내구성 모두를 만족해야만 한다. 이러한 시설은 직접생산으로 연결되지 않으나 특정의 사람들이 종일 근무 또는 면학하는 장소이며, 일반적으로 장기간에 걸쳐 안정적으로 사용한다. 따라서, 내용연수를 연장하고, 실내환경이 일정하게 유지되는 가장 경제적인 유지관리를 실시한다.

기능의 확보에 대해서는 특히 높은 수준은 요구되지 않으나, 수변전 설비 등의 돌발적인 장애로 급수가 불가능하게 되어 건물전체의 세면소·변소 등의 급수가 정지되거나 난방이 멈추는 사례가 발생할 수 있기 때문에 유지관리에 철저를 기한다. 또한, 다수의 사람들이 근무, 기거하는 장소이므로 화재의 발생, 긴급피난에 대한 배려도 충분히 해야만 한다.

(2) 도서관·미술관·박물관 등 : 안전성·방재성, 실내환경 및 내구성의 유지에 치중해야 하고, 특히 안전·방재 성능의 유지가 가장 중요하다. 안전성·방재성에는 관내에 수용되고 있는 수장물을 재해로부터 보호하는 측면과, 이용자를 보호하는 측면 모두를 만족시킬 수 있는 유지관리가 필요하다. 건물의 성격, 수장물의 중요도에 적정한 유지관리의 수준을 설정한다. 어느 시설도 화재연소방지를 위한 설비의 기능유지와 피난 경로의 확보를 충분히 고려하여야 한다. 이 때문에 방재 설비류에 대한 점검·보수, 작동시험 등을 철저하게 수행하고 수장물의 보존을 위해 안전한 온습도의 유지에도 주의한다. 이러한 시설은 일반인의 이용이 많고 보존성이 강한 시설물이므로 내구성을 중시한 유지관리를 실시하는 것이 바람직하다.

(3) 연구소·병원·진료소 등 : 이들 건물의 특징은 고도의 설비가 설치되어 있어, 만일, 이러한 설비의 중요 부분이 고장나면 연구 및 의료활동에 치명적인 타격을 줄 수 있다. 이러한 기기류의 고장, 성능저하 이외에 가연가스·위험약품 등이 사용되기 때문에 화재발생방지와 초기소화대책, 배수·배기 등에서의 공해발생을 방지하기 위한 처리장치류의 기능유지 등, 높은 수준의 유지관리를 필요로 한다. 따라서, 이러한 시설은 예방보전을 중심으로 유지관리를 실시하는 것이 바람직하다. 또한, 의료기관은 실내환경의 위생이 중요하므로 설비기기류의 정상운영 이외에 보건위생상, 청소에 있어서도 유지관리 수준을 높이도록 한다.

(4) 백화점·영화관·극장 등 : 이러한 시설은 일반적으로 내외장재와 설비장치류의 교체시기가 빠르므로 손상 및 노후화가 현저하기 이전에 신속한 교체 및 개선과 같은 유지관리 대책이 취해지는 경우가 많다. 한편, 불특정 다수의 많은 사람이 상시출입하는 시설이므로 바닥의

미끄러짐, 정전·화재의 발생 등은 인명에 직접 관계되는 사고가 된다. 이 때문에, 사람의 움직임을 중시한 유지 관리 대책이 필요하다.

바닥의 청소, 엘리베이터와 에스컬레이터의 점검정비는 물론, 재해발생시 비상용조명·방송설비·비상전원장치 등의 방재설비가 완벽하게 작동하도록 하고, 동시에 피난경로의 통행에 지장을 주지 않도록 세밀한 관리가 항상 필요하다.

(5) 역사적 건축물 등 : 역사적 건축물 중에서 오래된 목조건축물에 대해서는 문화재관리국을 중심으로 연구가 진행되어 노후화방지 수법 또는 복원기술의 개발이 진전되어 보전이 계속 도모되고 있다. 이러한 유지관리는 내구성을 높이는 것에 중점을 두고 충분한 경비를 가지고 우수의 침입 및 결로의 방지 등 실내환경의 안정화를 도모하고 계획적인 점검정비를 실시하여 사용재료의 노후화를 방지하도록 한다.

(6) 공장 등 : 제품의 생산성 유지와 품질 안정을 위해 건축적 측면보다 설비면의 유지관리에 주력한다. 장치류의 고장발생을 최저한으로 억제하고 필요하다면, 예방보전 차원의 유지관리가 실시된다. 유지관리는 각장치류의 평균고장간격 이내에 점검·보수를 계획적으로 실시하여 기능저하의 징후를 조기에 발견하고 이에 따른 적절한 조치를 취하도록 한다.

또한, 공장은 에너지를 다량으로 소비하는 경우가 많기 때문에 각 기기의 에너지효율의 향상이 유지관리상의 중요하다. 이 때문에 공장에서는 예방보전의 적절한 실시와 에너지효율의 유지가 가능한 보전수준의 설정이 필요하다.

(7) 공동주택 등 : 각주호의 전용부분에서 건축마감재 및 설비류에 대한 유지관리는 입주자의 소관이어서 작은 결함의 발생에서부터 소규모의 수선에 이르기까지 일상화된 유지관리가 필요하다.

공동주택에서 일반적으로 문제가 되는 것은 공용부분의 유지관리이기 때문에, 옥상방수·계단·처마·엘리베이터·급배수관·가스관 등과 같은 공용시설에 대한 유지관리 경비를 입주자로부터 확보한다. 이를 위해서는 정기점검실시의 빈도와 내용, 각종 부재 및 기기의 평균고장간격, 내용연수 등의 개요가 정리되어야 한다. 이때 건설후의 경과년수에 따라서 발생하는 기능장애의 내용과 수선에 필요한 비용을 타당하게 예측하여야 한다.

제 2 장 손상의 종류와 원인

2.1 구조물별 손상의 종류

2.1.1 콘크리트 구조물의 손상

콘크리트 구조물의 손상에는 다음과 같은 항목이 있다. 각 손상의 종류에 대한 손상정도의 범위를 해설표 2.1에 나타냈다.

(1) 균열

(2) 박리(Scaling)

(3) 층분리(Delamination)

(4) 박락(Spalling)

(5) 백화(Efflorescence)

(6) 손상

(7) 누수

(8) 중성화

(9) 동해

(10) 알카리골재 반응

(11) 염해

【해설】

(1) 균열 : 일반적으로 콘크리트에서 균열은 육안으로 분간할 수 있을 정도로 큰 반면 프리스트레스트에서의 균열은 기기를 사용하여야 측정·분별할 수 있다. 보통 균열부에는 녹이나 백화의 흔적이 나타난다.

① 균열은 미세균열, 중간균열 및 대형균열로 나눌 수 있다. 철근 콘크리트 구조물에서의 미세균열은 구조물의 성능에는 영향이 없으나 중간 및 대형 균열은 중요하기 때문에 점검보고서에 기록하여 추적조사가 이루어지도록 하여야 한다. 프리스트레스트 콘크리트에서의 균열은 모두 중요하기 때문에 점검 중 균열의 길이, 폭, 위치, 그리고 방향에 유의하여야 한다.

② 콘크리트보에서의 균열은 구조적으로 영향이 있는 균열과 구조적으로 영향이 없는 균열로 나눌 수 있다. 구조적으로 영향이 있는 균열에는 최대 인장부 또는 모멘트부에서 발생하여 압축부로 진전되는 수직방향의 흄 균열과 부재의 복부에서 주로 발생하는 경사방향의 전단균열이 있다. 구조적으로 영향이 없는 균열에는 온도로 인한 균열, 건조수축에 의한 균열, 그리고 매스 콘크리트 균열 등이 있다.

③ 균열은 결함원인별로 수축균열, 정착균열, 구조적 균열, 철근부식 균열, 지도형상 균열, 동결융해 균열로 나눌 수 있다. 부식 등 화학적 작용이 심할 경우 구조적 균열, 철근 부식균열, 지도형상균열은 시설물 구조에 영향을 미칠 수 있다.

(2) 박리 : 박리는 콘크리트 표면의 모르터가 점진적으로 손실되는 현상으로, 표면에서의 모르터 손실 깊이 등을 기준으로 해설 표 2.1 과 같이 4 가지로 나눌 수 있다. 점검자는 박리의 위치, 크기 및 깊이를 기록하여야 한다.

(3) 층분리 : 층분리는 철근의 상부 또는 하부에서 콘크리트가 층을 이루며 분리되는 현상으로, 철근의 부식에 의한 팽창이 주요 원인이며 이러한 부식은 주로 칼슘이온(소금, 염화칼슘)에 의하여 발생된다. 층분리 부위는 망치로 두드려 중공음이 나는지 여부로 확인할 수 있다. 점검자는 층분리의 위치 및 크기를 기록하여야 한다.

(4) 박락 : 박락은 콘크리트가 균열을 따라서 원형으로 떨어져 나가는 층분리 현상의 진전된 현상이다. 박락은 정도에 따라 해설 표 2.1 과 같이 분류된다. 점검자는 박락의 위치, 크기 및 깊이를 기록하여야 한다.

(5) 백화 : 백화는 콘크리트 내부의 수분에 의하여 염분이 콘크리트 표면에 고형화한 현상으로 콘크리트 노후화의 증거이다.

(6) 손상 : 트럭, 열차의 탈선 또는 선박에 의한 충돌로 인하여 콘크리트 시설물 구조물이 손상을 입을 수 있으며 특히 프리스트레스트 보의 경우 충돌 손상에 유의하여야 한다.

(7) 누수 : 배수공과 시공이음의 결함, 균열 등으로 발생된 누수에 대하여 그 상태를 조사한다.

해설 표 2.1 열화의 등급판정

열화종류	열화정도	열화범위
균열	미세균열	0.1 mm 이하,
	중간균열	0.1 mm ~ 0.7 mm
	대형균열	0.7 mm 이상
박리	경미한 박리	0.5 mm
	중간 정도의 박리	0.5 mm ~ 1.0 mm
	심한 박리	1.0 mm ~ 25.0 mm
	극심한 박리	25.0 mm 이상으로 조끌재 손실
박락	소형 박락	깊이 25 mm 이하 또는 직경 150mm 이하
	대형 박락	깊이 25 mm 이상 또는 직경 150mm 이상

(8) 중성화 : 공기중의 탄산가스와 콘크리트중의 수산화칼슘이 서서히 반응하여 탄산칼슘이 됨에 따라 콘크리트가 알칼리성을 상실하는 현상으로 콘크리트의 배합조건, 양생조건, 시공조건 등이 주요 원인이며 중성화 깊이 혹은 철근부식량 등으로 열화의 상태를 조사한다.

(9) 동해 : 콘크리트중의 수분이 동결과 융해의 반복작용으로 균열이 발생하거나 표면부가 박리하여 콘크리트 표면층에 가까운 부분으로부터 파괴되어 내구성이 저하되는 현상으로 콘크리트의 동해 깊이로 열화의 상태를 조사한다.

(10) 알칼리골재 반응 : 주로 시멘트로부터 공급되어지는 알칼리와 골재 중의 반응성 실리카 성분이 수분의 존재하에서 장기간에 걸쳐 일어나는 체적팽창성 반응으로, 콘크리트에 균열을 일으키고 구조물의 내구성을 저하시키는 현상으로 콘크리트의 팽창량으로부터 열화의 상황을 조사한다.

(11) 염해 : 외부로부터 염화물 이온이 침투하거나 콘크리트 중에 염화물 이온이 존재하여 강재가 부식함으로써 콘크리트 구조물에 손상을 끼치는 현상으로 철근부식량 등으로 열화의 상태를 조사한다.

2.1.2 강재구조물의 손상 종류

강재구조물의 손상에는 다음과 같은 항목이 있다.

(1) 부식

(2) 피로균열

(3) 과재하중

(4) 외부충격에 의한 손상

【해설】

(1) 부식 : 강재의 가장 일반적인 형태의 노후화 현상으로서 환경적 요인에 의한 부식, 전류에 의한 부식, 박테리아에 의한 부식, 과대 응력에 의한 분식 및 마모에 의한 부식이 있다.

(2) 피로균열 : 피로균열은 반복하중에 의하여 발생하여 갑작스런 파괴로 진전되기 때문에 점검자가 피로균열 부위를 확인하는 것이 중요하다. 피로균열의 유발요소로서는 ① 시설물의 하중이력, ② 응력범주의 크기, ③ 상세부위의 형태, ④ 제작상태 및 질, ⑤ 파괴인성, ⑥ 용접의 질 등이 있다.

(3) 과재하중 : 과재하중이란 구조물의 설계에 사용된 하중을 초과하는 하중을 말하며 인장부재에서는 신장(Elongation) 및 단면감소를, 압축부재에서는 좌굴을 유발시킨다.

(4) 외부충격에 의한 손상 : 시설물 부재는 외부의 충격에 의하여 부재의 뒤틀림이나 변위와 같은 손상을 입을 수 있다.

2.1.3 목재구조물의 손상 종류

목재구조물의 손상에는 다음과 같은 항목이 있다.

(1) 건조에 의한 부재의 수축

(2) 골조의 이완과 비틀림

(3) 목재의 부식 및 총해

【해설】

(3) 부식 및 총해 : 토대는 습기가 많은 곳에 위치하기 때문에 함습하기 쉬워 부식하기가 쉽다. 특히, 북측면과 서측면의 토대와 기둥의 접합부가 피해를 받기 쉽다. 기둥과 도리의 경우는 흰개미에 의한 총해를 받기 쉽고, 지붕에서의 누수 등에 의해서 구조체가 부식 혹은 총해를 받는다. 일반적으로 통풍이 나쁜 부분, 비를 맞기 쉬운 부분, 급배수관에 근접한 토대, 모르터벽의 내부, 빗물박이가 불비한 개소 등에 육안검사의 중점을 둔다. 해설 표 2.2 에 목구조의 손상종류를 나타냈다.

해설 표 2.2 목구조의 손상종류

부위	열화현상	조사방법
지반	균열, 부동침하, 연약	기초의 파손·균열을 중점 조사한다
기초	균열, 파손, 부동침하	필요시 레벨측정, 콘크리트 강도 등의 2차조사를 한다
토대	기초로부터 이동, 단면결손	돌주변과 북측을 중점으로 한다 외관만으로 진단할 수 있을 때와 내부에 들어가야 할 경우가 있다
기둥	경사 주각의 단면결손	기둥의 경사는 1/120rad이하는 무시, 1/60이상은 현저, 중간은 3등급으로 평가한다.
벽	모르터 박리, 모르터 균열, 부후, 빛물누수	우수의 침입의 원인이 되는 모르터의 균열·박락에 주의
	내벽 균열, 박락, 부후	전체적으로 있으면 현저, 부분적으로 있으면 중정도로 판정한다
마루	처짐, 경사, 빠걱거림	보행시 힘을 가하여 열화상황 등이 국부적인가 전체에 미치는가를 파악한다.
천정옥상	바らく	천정·지붕의 진단은 근접진단이 어렵기 때문에 도장의 열화와 윤룩의 유무로 진단한다

2.2 건축구조물의 손상의 원인

2.2.1. 균열

(1) 균열의 분류

균열의 발생원인은 설계, 환경, 재료, 시공등 여러 가지 원인이 있으며, 이를 원인별로 분류하면 해설표 2.3 과 같다. 이중 가장 많이 볼 수 있는 것이 콘크리트의 건조수축과 바닥슬래브 하부근의 처짐이다. 균열의 형상을 해설 그림 2.1에 나타냈다.

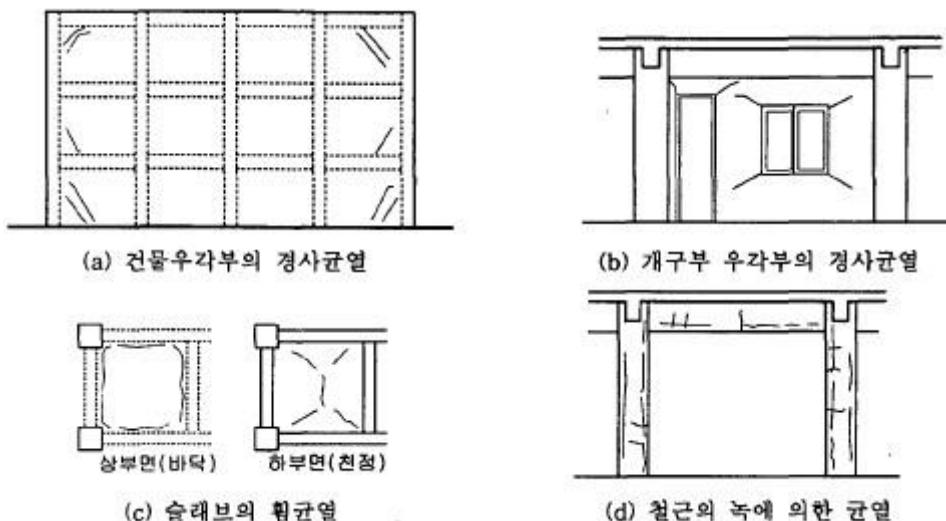
(2) 마감재가 있는 철근 콘크리트조의 열화도

마감재가 있을 경우, 육안에 의한 외관조사만으로 판정하는 것은 일반적으로 곤란하다. 균열원인이 마감재 자체에 있을 경우, 마감재 뒷면의 구체 콘크리트의 열화도는 노출 콘크리트의 경우보다도 안전하다고 판정한다.

【해설】

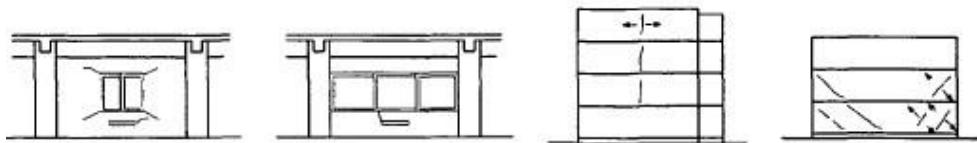
구체에 발생하고 있는 균열은 열화도에 복잡하게 영향을 미친다. 약간의 균열이 있어도 콘크리트의 중성화에 영향을 줄 수 있으며, 한냉지에서는 동해에 영향을 준다. 또한, 내부철근까지 도달하는 균열일 경우는 철근의 부식에 영향을 준다. 부재를 관통하는 균열은 누수의 원인이 되고 다른 부분의 열화를 조장하는 경우도 있다.

균열손상은 건물의 주변상황을 종합해서 조사하고 열화현상의 원인의 추정에도 활용할 수 있다. 해설 그림 2.2~2.6에 대표적인 균열손상의 종류와 원인을 나타냈다.



해설 그림 2.1 균열의 형상
해설 표 2.3 콘크리트의 균열원인

분류	원인
설계관련	세부설계의 불량
하중관련	사용하중, 지진력, 과하중, 단면·철근량 부족, 부등침하
환경요인	환경·온도의 변화, 콘크리트 부재양면의 온도차, 동결·음해의 반복, 화재에 의한 표면의 가열, 내부철근의 녹에 의한 팽창, 산·염류의 화학작용
재료의 성질	시멘트의 이상응결, 시멘트의 이상팽창, 콘크리트의 침하 및 불리딩, 끌재에 포함되어 있는 진흙, 시멘트의 수화열, 콘크리트의 경화·건조수축, 반응성 끌재와 풍화암의 사용
시공관련	혼화재료의 불균일한 분산, 장시간의 반죽, 펌프 압송시의 시멘트·물의 중량, 급속한 타설속도, 불균일한 타설, 두판, 배근처짐, 철근 피복두께의 감소, 거푸집의 부풀음, 누수, 동바리의 가라앉음, 초기의 급속건조, 경화시의 진동 재하, 거푸집의 조기제거, 초기동결



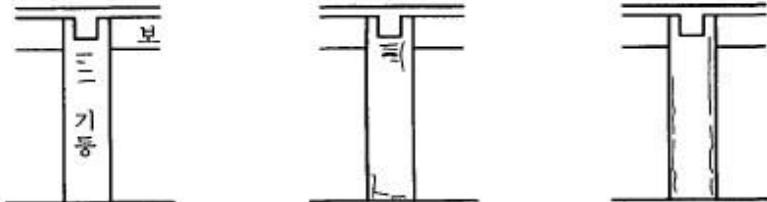
(a) 건조수축균열 (1) (b) 건조수축균열 (2) (c) 건조수축균열 (3) (d) 건조수축균열 (4)



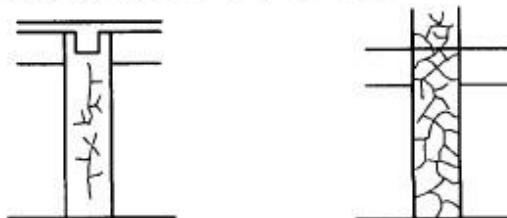
(e) 콜드조인트에 의한 균열 (f) 부동침하에 의한 균열 (g) 철근의 부식에 의한 균열

- (a) 기둥·보에 의해 주변이 구속된 벽에 개구부가 있으면 우각부에 경사진 균열이 일어나기 쉽다
- (b) 허리벽과 내립벽에는 수직방향의 균열이 일어나기 쉽다.
- (c) 큰 벽에서는 건조수축에 의해 종방향으로 인장균열이 생긴다
- (d) 큰 벽에서는 기초가 구속되어 상부구조가 수축하기 때문에 단부에 경사균열이 일어나기 쉽다
- (e) 콘크리트 타설시에 시간간격이 있는 경우에 콜드조인트가 되어 균열이 생긴다
- (f) 큰 벽에서는 부동침하에 의해 역판자 형태의 균열이 생긴다
- (g) 철근의 부식에 의한 균열은 피복두께가 작은 곳에서는 철근의 노출을 동반하는 것이 많다

해설 그림 2.2 벽·개구부에 생기는 균열의 형태와 추정되는 원인



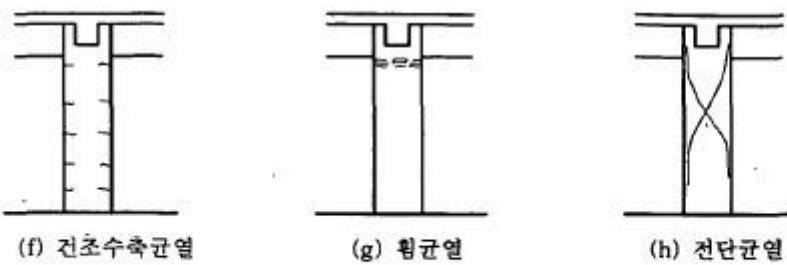
(a) 철근부식에 의한 균열 (1) (b) 철근부식에 의한 균열 (2) (c) 철근부식에 의한 균열 (3)



(d) 알칼리골재 반응에 의한 균열 (e) 동결음해작용에 의한 균열

- (a) 피복두께 부족이 원인으로 대근을 따라서 균열과 박리가 생기는 경우
- (b) 주두부와 주각부에서 철근이 한쪽으로 몰려서 피복두께가 부족하여 균열과 박리가 생기는 경우
- (c) 콘크리트중에 염화물을 다량 함유하여 주근에 따라서 균열이 발생하는 경우
- (d) 기둥의 중심부에 종방향으로 균열이 생기는 경우
- (e) 외부에 면한 기둥에서 거북등 모양의 균열이 발생한다

해설 그림 2.3 기둥에 생기는 균열의 형태와 추정되는 원인 (1)



(f) 진조수축균열

(g) 휨균열

(h) 전단균열

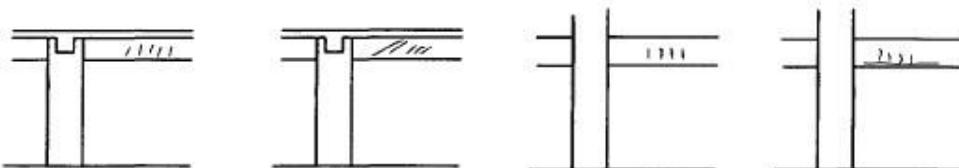


(i) 두판에 의한 균열

(j) 콜드죠인트에 따른 균열

- (f) 기둥의 각부에 평방향으로 균열이 생긴다
 (g) 지진시에 주두부분에 휨균열이 생기는 예
 (h) 지진시에 경사방향으로 전단균열과 주근에 따라서 부착균열이 생긴 예
 (i) 주각부 등에는 두판동이 생길 가능성성이 많지만, 그 부분에 균열이 생긴다.
 (j) 시공을 연속해서 진행하지 않을 경우 앞서 타설한 콘크리트가 먼저 응결을 시작해 나중타설한 콘크리트와의 사이에 균열이 생긴다

해설 그림 2.4 기둥에 생기는 균열의 형태와 추정되는 원인 (2)



(a) 휨균열

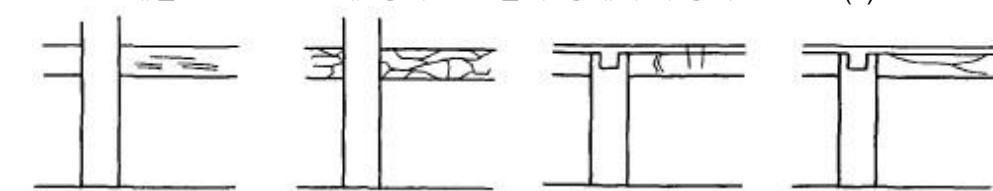
(b) 전단균열

(c) 철근부식에 의한 균열(1)

(d) (2)

- (a) 흡모멘트를 받고 있는 보에서는 미세한 휨균열은 허용된다.
 (b) 부동침하와 지진시에 전단력을 받는 경우에 생기는 균열
 (c) 피복두께 부족이 원인인 늑근에 따른 균열로 박리가 생기고 있다
 (d) 보주근을 따라서 균열이 생기는 것으로 콘크리트중에 염화물이 다양으로 함유하는 경우에 생기는 균열

해설 그림 2.5 보에 생기는 균열의 형태와 추정되는 원인 (1)

(e) 알칼리 골재반응에
의한 균열(f) 동결융해작용에
의한 균열(g) 진조수축에
의한 균열(h) 이어치기에
따른 균열

- (e) 보의 중심부에 수평방향으로 균열이 생긴다
 (f) 외부에 면한 부재에 거북등형의 균열이 생긴다
 (g) 재축에 직교하는 방향으로 균열이 생긴다. 바닥슬래브까지 관통한다.
 (h) 먼저 타설한 콘크리트와 나중 타설한 콘크리트 경계면에서 균열이 생긴다

해설 그림 2.6 보에 생기는 균열의 원인과 추정되는 원인 (2)

2.2.2 철근의 부식

콘크리트중의 철근부식의 주된 요인에는 철근주위의 콘크리트의 중성화와 염화물 이온의 존재, 균열 등이 있으며, 철근이 이미 노출하고 있는 경우는 이러한 원인에 의해서 콘크리트의 피복이 탈락한 것이며, 거기까지는 이르지 않아도 균열이 철근에 도달하면, 우수가 침입해서 녹물 등이 나타난다. 철근부식의 원인에는 해설 표 2.4 와 같은 항목이 있다.

【해설】

철근 부식의 원인으로서 특히, 콘크리트중의 염분함유량은 콘크리트의 중성화와 함께 중요한 요인이며, 해사사용의 가능성이 있는 경우, 해수의 작용과 해염입자가 비산해서 부착한 경우에 철근이 부식한다. 열화의 원인이 콘크리트중의 염분에 의한 것이라고 판단되는 경우는 염해에 대한 상세 진단을 실시해야 한다.

해설 표 2.4 철근부식의 원인

철근부식의 원인	진 단 방 법
콘크리트의 중성화	
철근의 피복두께 부족	베어니어 캘리퍼스, 스케일, 육안에 의한다.
마감재의 두께부족, 열화	베어니어 캘리퍼스, 스케일, 육안에 의한다.
콘크리트중의 염화물함유	초산용해법에 의한 전염분량으로 한다.
화학적침식물질의 존재	화학분석, X선회절 등에 의한다.
동해	

2.2.3 누수

철근콘크리트 구조의 건물에서 옥상 및 외벽부분에서의 누수가 문제가 된다. 마감재 자체의 오염만으로 그치는 경우도 있지만, 전산기계실 등의 중요한 기기가 있는 곳에서의 누수는 중대한 사고를 일으킬 우려도 있으며, 누수검지 장치를 준비해 두는 곳도 있다. 누수의 원인은 콘크리트 구체에 결함이 있는 경우 실링재·방수재료의 경년 열화, 개구부 주위의 간극과 균열, 파라펫트 부분의 균열, 등 여러 가지가 있지만 대부분이 설계상의 문제이거나 시공상에 기인하는 것이다. 누수의 진단에서는 이러한 원인을 밝히고 조속한 시기에 적절한 조치를 해야 한다.

【해설】

누수는 주거성을 침해하고, 건물의 내구성면에서도 바람직하지 않다. 주거성에 지장이 있는 누수는 통상의 건물에서는 응급적인 처치, 또는 일상적인 수선으로 해결한다. 누수는 크게 옥상부분에서의 누수와 외벽에서의 누수로 나눌 수 있는데 항목별 누수의 원인은 다음과 같다.

(1) 옥상부에서의 누수 : 옥상은 건물중에서 가장 열악한 환경조건하에 있기 때문에 열·적외선·오존·물·산·알칼리 등의 화학적 열화요인과, 바탕재의 거동·누름콘크리트 층의 팽창수축 등의 물리적 열화외력 등의 여러 가지 열화요인, 외력이 복잡하게 영향을 미쳐서 방수층은 들뜸·균열·박리·파단·감모 등의 현상을 일으키면서 서서히 열화·노화하여 내용년수를 다하게 된다.

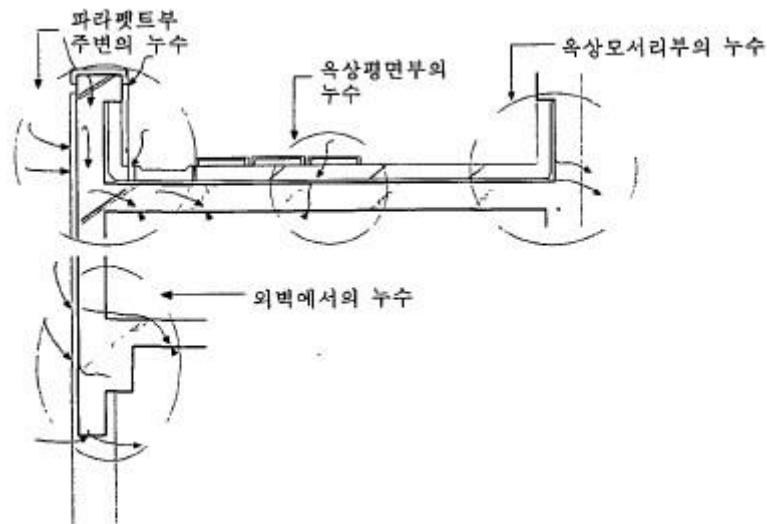
해설 그림 2.7 은 누수발생 개소의 경향을 나타낸 것이다. 누수발생은 외벽에서 발생하는 예가 압도적이지만 방수층을 시공한 옥상부분에서의 누수만을 보면, 파라펫트 주변부가 대부분이고 옥상평면부의 방수층 자체의 누수는 그다지 많지 않다. 단순한 구성부위는 고장이 없지만, 설계 및 시공상의 연구가 필요한 파라펫트 주변에 많은 누수가 발생한다. 파라펫트 주변은 이질재의 재료가 복합되어 있고 열화도 조기에 일어나는 부분이며 원인이 되는 열화현상이 여러 가지로 나타나는 부위이다. 옥상의 중앙부에서의 누수는 방수층 자체의 손상이 있는 것이며 슬래브의 균열, 옥상공작물 등의 상황관찰로 개략적인 원인개소를 파악할 수 있다.

침입수는 균열부위를 따라서 미로로 흐르기 때문에 누수개소와 방수층의 손상개소는 일치하지 않으며 일부이긴 하지만 누름공법의 아스팔트방수층 등에서는 침입수는 균열을 따라서 누수하기 때문에 누수개소와 원인개소는 가까운 곳에 있는 경우도 많다. 침투수는 균열 등을 따라서 전달되지만 시트방수등 노출방수에서는 결침부의 간극을 통해서 흐르기 때문에 누수개소와 원인개소가 떨어진 경우도 있다. 또한, 노출방수의 경우는 바탕과의 밀착이 중요하기 때문에 침투수가 확산되는 경우도 많다. 이러한 노출방수에서는 적외선 영상장치에 의한 온도분포를 조사하여 진단하기도 한다.

(2) 외벽에서의 누수 : 외벽에서의 누수는 균열·콘크리트의 이음타설부·두판·창틀주변의 공극 등이 원인이 되기 때문에 건물누수 문제의 대부분은 외벽누수이다. 누수의 원인은 직접 육안관찰이 용이한 경우가 많고 진단도 비교적 단시간에 실시되지만, 수선의 효과가 그다지 좋지 않다. 이러한 이유의 대부분은 외관을 손상하지 않는 소극적인 수선방법을 채용하기 때문이다. 누수의 점검에서는 내장마감재(천정재를 포함)의 일부를 제거해서 콘크리트를 직접 육안으로 관찰하는 경우도 있다. 진단은, 누수가 외벽구조체로부터 있는 것인가의 확인(옥상방수 또는 실링방수에 기인하는 경우도 많다) 및 구조체에 있으면, 규모, 누수경로와 원인을 추정한다. 누수의 규모란, 콘크리트면의 누수개소 및 그 주변에 대해서 구조체에 영향이 있다고 생각되는 범위를 가르킨다. 또한, 외벽부재에 대해서는 누수개소에서 아랫방향을 향해서 누수 혹은 얼룩이 나타나기 때문에 그 영향범위를 정확하게 파악하는 것이 중요하다. 이 범위는 도면(전개도가 좋다)에 스케치하고 위치·크기 등을 기록한다.

습윤상태란, 누수개소가 습한가, 건조한가의 의미로, 현재 누수하고 있는가, 아닌가를 판정한다. 이 조사는 외벽에서의 누수의 경우에는 누수에 의한 영향을 조사하기 때문에 비오는 날과 맑은 날의 양자를 조사하는 것이 바람직하다. 콘크리트의 상황은 누수부분의 콘크리트 표면을 관찰하여 균열·두판·콜드죠인트 등, 상세하게 관찰한다.

또한, 누수원인이 되는 개소는 외벽만이 아니고 옥상방수와 실링방수가 누수의 원인인 경우도 있고 옥상의 쿨링타워나, 배관에서의 누수 등이 원인이 되는 개소는 현장에서 조사한다. 해설표 2.5 와 2.6에 누수의 점검항목과 원인추정에 필요한 점검항목을 나타냈다.



해설 그림 2.7 누수발생 개소의 경향도
해설 표 2.5 누수의 점검항목

점검항목	점검내용	점검방법
누수개소의 규모	누수개소의 면적인 범위 및 직경	누수범위의 스케치·크기의 측정
누수개소의 습윤상태	누수개소의 습윤의 판정	콘크리트가 건조상태 인가의 육안관찰

해설 표 2.6 누수의 원인추정에 필요한 점검항목

진단항목	진단내용	진단방법
콘크리트의 상황	누수개소의 면적인 범위 및 직경	누수범위의 스케치·크기의 측정
누수원인이 되는 개소의 탐색	누수개소의 습윤의 판정	콘크리트가 건조상태 인가의 육안관찰

2.2.4 표면열화

표면열화에는 백화, 오염(누수의 흔적, 녹물오염을 포함), 들뜸, 박리, 박락, 오염, 팝아웃트, 취약화(분상화도 포함) 등이 있으며 원인규명을 위한 조사는 건축물의 이력·콘크리트의 품질에 관한 데이터, 건축물의 용도·침식성물질 사용의 유무 등에 대해서 설문결과도 참고한다. 표면열화의 점검항목은 해설 표 2.7로부터 적절하게 실시한다. 또한, 점검개소는 열화상황의 종류별로 대표적인 개소를 육안 및 간단한 기구에 의해서 실시한다. 표면열화의 대표적인 원인을 해설 표 2.8에 나타냈다.

【해설】

점검방법은 원칙으로서 육안(망원경 등도 포함)으로 하고, 필요에 따라서 상세한 스케치를 한다. 들뜸과 박리가 생긴다고 생각되는 개소는 행마로 두들겨서 그 타음에 의해 면적을 구한다. 점검에 대해서는 표면열화를 받은 부분을 확인함과 동시에 열화의 발생면적과 정도를 측정한다. 들뜸, 박리, 박락, 오염, 부식, 취약화에 대해서는 열화의 깊이를 버어니어캘리퍼스 등으로 측정한다. 들뜸·박리·박락에 대해서는 낙하의 위험성도 함께 조사하여 손상의 규모를 기록해 둔다. 낙하의 위험성이 있는 경우에는 응급적인 조치를 강구해야 한다.

해설 표 2.7 표면열화의 점검항목

점검항목	점검방법
백태	발생부분, 발생면적, 열화의 정도의 측정
오염 (누수의 흔적, 녹물오염을 포함)	발생부분, 발생면적, 열화의 정도의 측정
들뜸, 박리, 박락	발생부분, 발생면적과 깊이, 낙하의 위험성의 측정
오염	발생부분, 발생면적과 깊이의 측정
팝아웃트	발생부분, 발생면적과 깊이의 측정
취약화 (분상화도 포함)	발생부분, 발생면적과 깊이의 측정

해설 표 2.8 표면열화의 원인

표면 열화의 원인
물과 침식성 물질과의 접촉
철근, 배입철물의 부식 등
콘크리트의 거동 (균열 등)
외력, 화해
콘크리트의 품질과 시공결합 (피복두께를 포함한다)

2.2.5 콘크리트의 중성화

콘크리트는 시멘트, 물, 골재를 혼합하여 시멘트 페이스트로 골재를 결합시킨 것이다. 시멘트가 물과 접촉하면 화학반응이 진행하여 수산화칼슘 등이 생성된다. 보통 포틀랜드 시멘트에서 생기는 수산화칼슘의 양은 시멘트양의 약 1/3이며, pH 12~13의 강알칼리성을 나타내어 수화물의 pH를 결정한다.

공기중에 존재하는 탄산가스량은 실외에서 0.03% 정도이지만, 실내에서는 더욱 높은 농도를 나타낸다. 이와 같이 탄산가스가 콘크리트중에 확산하여 콘크리트의 알칼리성을 저하시키는 현상을 중성화라고 한다.

【해설】

조사는 콘크리트를 부분적으로 깨내어 중성화의 깊이를 측정하고, 측정개소의 환경, 콘크리트의 상황, 마감재의 종류와 깊이를 기록한다. 조사개소는 건물의 대표적인 환경의 어느 부분, 대표적인 마감재를 시공한 부분 및 노출부분, 조사시에 열화현상이 관찰된 부분으로 한다. 중성화(탄산화)에 의한 콘크리트 구조물의 열화는 콘크리트의 배합조건, 양생조건, 시공조건, 환경조건 등이 주된 요인이며 중성화 깊이 혹은 철근부식량 등으로 열화의 상황을 판정한다.

콘크리트 표면에서 침입한 이산화탄소는 세공용액중에 탄산이온 및 탄산수소이온이 되어 콘크리트중의 수화생성물과 반응하여 탄산화합물 및 기타의 물질로 분해된다. 이 때문에 콘크리트의 알칼리성이 저하하고 이와 함께 철근이 부식된다. 이산화탄소의 투과성은 콘크리트의 조직, 함수상태에 영향을 받기 때문에 중성화는 콘크리트의 배합조건, 양생조건, 시공조건, 환경조건 등의 요인에 영향을 받는다. 중성화의 반응에는 수분이 필요하지만, 이산화탄소의 투과는 수분에 의해서 저해되기 때문에 극단적으로 건조한 환경과 항상 수분이 공급되는 경우는 중성화는 거의 진행하지 않는다. 중성화가 진행하기 위해서는 적절한 수분량이 콘크리트중에 있어야 한다. 중성화에 따른 콘크리트의 성능저하는 콘크리트 자신의 열화에 의하지 않고 주로 철근의 부식에 의한 내하력의 저하이며 염해에 비해서 완만하지만 기본적으로는 거의 비슷한 양상을 보인다. 따라서, 중성화에 의한 열화는 다음과 같이 콘크리트 구조물에 악영향을 미친다. 또한, 수화생성물과 이산화탄소의 반응에 의해 콘크리트 조직이 변화하고 강도에 영향을 주는 경우도 있다.

- ① 녹물의 침출에 의한 콘크리트 표면의 오염
- ② 철근에 따른 균열의 발생에 의한 (a) 부식의 진전 (b) 부재의 구조특성의 변화(내하력, 반복하중을 받는 부재에서의 내피로특성 등)
- ③ 피복콘크리트의 박락
- ④ 철근의 단면결손(중량감소)

철근콘크리트 중의 철근은 콘크리트의 알칼리성에 의해서 부식환경으로부터 보호되지만,

콘크리트가 중성화함에 따라서 철근은 부식하기 쉬운 상태로 된다. 콘크리트의 중성화 깊이의 조사는 건물의 내구성진단의 중요한 조사항목이다. 콘크리트의 중성화에 미치는 요인은 시멘트·골재·혼화제 등의 종류, 물시멘트비, 단위시멘트량, 공기량, 시공정도, 마감재의 유무 및 종류, 환경조건 등이 있다. 특히, 물시멘트비, 시공정도, 마감재, 환경조건 등의 영향이 크다. 중성화의 진행속도는 다음과 같은 상황에 따라서 달라진다.

① 중성화 깊이는 실외보다 실내쪽이 크다. 마감재가 없는 경우 실내의 중성화 속도는 약 1.7 배 이르며 탄산가스의 농도에 비례한다.

② 실외에서는 빗물을 받지 않는 곳의 중성화 깊이가 빗물이 있는 장소보다 크다.

③ 지중벽의 지중보 등에서는 중성화가 거의 없다.

④ 실외의 경우 남측과 서측의 중성화 깊이가 크다.

⑤ 화장실 등의 중성화 깊이는 일반실보다 작다.

②~⑤ 의 원인은 콘크리트의 함수량이 많을수록 콘크리트중의 탄산가스의 침투가 억제되어 중성화 속도가 작게 된다.

⑥ 콘크리트면의 두판 및 콜드죠인트, 균열 등의 중성화 깊이는 크다. 이것은, 콘크리트중의 공극이 많을수록 탄산가스의 확산이 크기 때문이다. 또한, 중성화 속도는 탄산가스의 농도가 높을수록 동일 온도의 경우는 습도가 작을수록, 동일 습도의 경우는 온도가 높을수록 빠르다.

콘크리트의 중성화 깊이는 콘크리트의 품질, 마감재의 종류 및 환경조건에 따라서 크게 달라진다. 이 때문에 각 조건별로 중성화 깊이를 측정할 수 있으면, 해당건물의 중성화 깊이의 전체를 파악할 수 있다. 중성화 깊이를 측정하는 방법으로서 비파괴적으로 실시하는 간단한 방법은 아직 확립되어 있지 않다. 따라서, 콘크리트를 깨내야 하기 때문에 진단의 조사개소는 해당건물의 대표적인 환경조건에 있는 부분 및 마감재를 시공한 부분, 노출부분으로 한다. 중성화의 조사방법은 다음과 같으며, 중성화 조사개소의 선정시 참고해야할 항목을 해설 표 2.9 에 나타냈다.

① 중성화 깊이는 콘크리트 표면의 일부를 깨내어 단편적으로 페놀프탈레인 약액을 분무하고 콘크리트 표면에서 착색부분까지의 평균거리를 측정해서 구한다.

② 중성화 시험용의 시약은 1% 페놀프탈레인 용액(수량 약 15%함유)을 사용하는 것을 원칙으로 한다.

③ 측정은, 콘크리트가 여러 가지의 환경조건 및 마감재별로 3개 이상으로 한다.

해설 표 2.9 중성화의 진단개소 선정에 참고해야할 사항

인 자		수 준
일반부분	부위	(실외), (동서남북), 풍향, (바다측, 육지측), (직접우수에 걸리는가, 아닌가) 등
	부재	실외에 면한 기둥·보, 벽, 차양
	마감재	종류, 사양, 시공시기 등
	콘크리트	팔재의 종류 (보통·경량), 물시멘트비 (조합강도), 시공시기 (하기·동기)
결합부분		균열부, 이음타설부, 콜트죠인트부, 두판부, 철근의 발청에 의한 녹오염·균열, 박리가 인정되는 부분

2.2.6 콘크리트의 동해

동해에 의한 콘크리트 구조물의 열화는 콘크리트의 물시멘트비, 공기량 및 외기온도, 물의 공급정도 등의 열화요인에 의해 발생하는데 콘크리트의 동해 깊이를 열화의 주요 지표로 하고 있다. 한랭지에서는 콘크리트의 조기열화를 일으키는 것으로서 동해가 가장 중요한 요인이 된다. 콘크리트 구조물이 외부에 노출되어 있는 경우 동해는 구조물의 내구성을 크게 좌우하게 되며 재료의 열화를 촉진시키는 등 여러 가지 문제를 야기시킬 수 있다.

【해설】

콘크리트 구조물은 동결융해 작용을 받아서 콘크리트중의 수분이 동결팽창하고 이것이 반복해서 일어나면 콘크리트의 조직이 느슨해지고 균열, 스케일링, 팝아웃트, 등을 일으켜, 표면부에서 열화해 간다. 이 표면층은 일반적인 동결융해 시험에서의 열화기구와 동일한 열화라고 판단해도 좋으며 깊이가 서서히 증대하여 구조물의 미관에 영향을 미치는 것도 있다. 이 단계에서는 콘크리트 표면의 조직의 느슨함이 생기기 때문에 콘크리트중의 함수율이 높아지고 동해의 진행은 더욱 빨라진다.

특히, 동해가 현저하게 진행한 경우 유효한 콘크리트의 단면이 크게 감소하여 내하력에 영향을 주며 철근의 피복감소로 철근의 부착강도의 저하와 변형의 증대가 일어날 우려도 있다. 해안에서는 피복의 감소와 콘크리트 조직의 이완 때문에 염화물이온 침투속도가 빨라지고 철근의 부식도 촉진되어 콘크리트의 내구성이 현저하게 저하한다. 동해의 점검을 위한 점검항목은 해설 표 2.10에 나타났다. 또한, 점검개소는 주로 박리·들뜸이 확인되는 부위·부분과 그 표면열화상황별로 대표적인 개소를 각각 1~3 개소 선정한다. 조사는 육안 및 비파괴검사에 의한다. 동해의 원인이 되는 대표적인 항목을 해설 표 2.11에 나타냈다. 동해의 점검은 육안 및 비파괴시험(간단한 파괴시험을 포함)에 의해 해설 표 2.10의 항목에 대해서 실시하는데, 전항목에 대해서 조사할 필요가 있는가의 여부는 동해의 상황에 따라서 조사자의 판단에 의한다.

동일건물이 동해를 받아도 부재·부위에 따라서 열화현상과 정도는 다르기 때문에 조사결과를 근거로 필요에 따라서는 동해를 받는다고 생각되는 부위·부재(기둥, 보, 벽, 처마 등)와, 열화현상(균열, 팝아웃트, 박락 등)을 열화정도별로 점검한다.

해설 표 2.10 동해의 점검항목

점검 항 목	점검방법
균열	균열패턴, 균열의 폭·길이·개수
스케일링	스케일링의 면적과 깊이
들뜸, 박리, 박락 등 (팝아웃트도 포함)	들뜸, 박리, 박락의 면적과 깊이
강도추정	햄머에 의한 반발경도, 타음
동해부분의 깊이	깎아내기에 의한 열화심화
철근의 부식	부식면적

해설 표 2.11 동해의 원인

동해의 원인
콘크리트의 함수율이 높은 경우
동결융해온도 조건이 열악한 경우
콘크리트의 시공결함

2.2.7 콘크리트의 알칼리골재 반응

알칼리골재 반응에 의한 콘크리트 구조물의 열화는 주로 반응성 골재에 의한 것으로서 주로 콘크리트 팽창량으로부터 열화의 상황을 판정할 수 있다.

【해설】

알칼리골재 반응에는 알칼리 실리카 반응과 알칼리 탄산염 반응의 2 종류가 있으며 주로 많은 피해를 보이는 것은 알칼리 탄산염 반응이다. 콘크리트중에 적절하게 철근이 배근되어 있는 경우 알칼리 탄산염 반응이 구조내하력에 주는 영향은 그다지 크지 않다. 따라서, 알칼리 탄산염 반응에 의한 콘크리트 구조물의 열화는 콘크리트의 팽창 및 팽창에 의해서 생기는 균열이지만 강재의 방식 등과 관계가 있는 내구성능, 부재의 변형 및 미관에 주는 영향이 주된 내용이다. 알칼리골재 반응의 주된 요인으로서 반응성골재의 사용, 알칼리의 공급, 물의 공급 등이 있다.

2.2.8 콘크리트의 염해

염해를 받은 콘크리트 구조물의 열화는 콘크리트 표면의 염화물 이온 및 콘크리트 내부의 염화물이온 등이 열화의 요인이며 한계염화물 이온농도에 달하는 부위의 표면에서의 깊이, 혹은 철근부식량 등으로 판정한다.

【해설】

대기중에서는 콘크리트 내부의 철근표면에 일정 이상의 염화물 이온이 존재하면, 충분한 양의 물과 산소의 존재에 의해서 철근(PC 강재 등 콘크리트 중의 보강강재 모두를 포함)은 부식한다. 이 염화물 이온은 해사의 사용, 염화물 이온을 포함한 혼화제의 사용, 해수의 침입, 동결방지제의 사용 등에 의해서 콘크리트내에 침입하며, 특히, 해사의 사용에 의한 영향이 가장 크다. 염화물 이온이 콘크리트 자체의 역학적 성질에 주는 영향은 적다. 염해는 염화물 이온의 침입에 의해서 철근이 부식되는 현상으로 다음과 같이 콘크리트 구조물에 악영향을 미친다.

① 녹물에 의한 콘크리트 표면의 오염

② 철근에 따른 균열의 발생에 의한 (a) 일층의 부식의 촉진 (b) 부재의 구조특성의 변화(내하력, 반복하중을 받는 부위에서의 내피로특성 등)

③ 피복콘크리트의 탈락

④ 철근의 단면결손(중량감소)

또한, 신설구조물에서는 재료의 품질관리(염화물이온 함유량의 규제)를 충분하게 실시하면, 콘크리트재료에 기인하는 염화물 이온의 혼입은 방지할 수 있다. 해양환경에 대해서 콘크리트 표층의 염화물이온 농도는 시멘트의 종류에 따라서 다르지만, 대개 0.8~1.1%(콘크리트중량에 대한 %)의 범위에 있다고 생각하면 좋다. 또한, 철근부식을 일으키는 한계염화물 이온농도로서는 0.4%(시멘트 중량에 대한 % : 보통 포틀랜드 시멘트의 경우 1.2 kg/m^3 로서 주어지는 것도 있다)가 기준이 된다.

2.2.9 콘크리트 외벽마감재의 손상

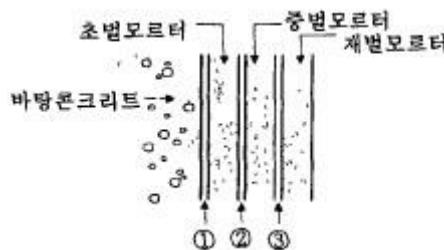
외벽마감재의 열화현상 중에서 들뜸·균열·결손의 3 종류가 박락사고로 이어질 우려가 있으며 보수·개수 등의 대책이 필요한 열화현상이라고 말할 수 있다. 해설 표 2.12 에 열화현상과 특성요인을 나타냈다.

【해설】

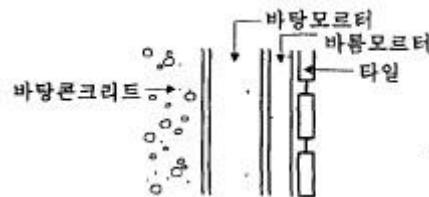
(1) 들뜸 : 콘크리트 구체와 모르터바름 또는 타일 등, 시공시기의 차이에 의해서 생기는 경계면 상호의 접착성이 불량하여 부분적으로 분리한 상태를 말한다. 박리·떠오름 등도 함께 사용한다.

모르터바름의 접착경계면은 해설 그림 2.8 과 같이 3 개소가 있다. 콘크리트와 초벌모르터와의 경계면에서 발생하기 가장 쉽고 경우에 따라서는 2 개소의 경계면에서 들뜸이 발생하는 것도 있다. 타일바름의 접착경계면은 해설 그림 2.9 와 같이 3 개소가 있다. 들뜸의 종류로서는 ① 타일만 들뜬 경우, ② 타일바름면, ③ 콘크리트 구체의 열화를 포함한 복합적인 것 등이 있다.

들뜸은 건습·온도변화 등에 의한 반복응력이 구체콘크리트와 바탕모르터, 모르터와 타일면 등의 이종재료의 접착경계면에 작용하여 접착강도와의 균형이 깨어져 약한 부분에 발생하는 것이다. 들뜸의 면적이 큰 경우는 지진 등의 진동에 의해서 갑자기 탈락하여 인사사고 등의 원인이 될 우려가 있기 때문에 조기의 보수대책이 필요하다.



해설 그림 2.8 모르터바름의 들뜸경계면



해설 그림 2.9 타일붙임의 들뜸경계면

(2) 균열 : 타일·모르터 등의 마감재 표면에 균열이 생겨, 그 부분에서 마감재의 불연속이 생기는 것을 말한다. 균열은 과하중, 지진, 부동침하 등의 구조적인 원인을 포함하여 콘크리트의 건조 수축, 수화열, 온도변화 등에 따른 원인이 있는 경우, 중성화와 동결융해 작용에 의한 경우, 철근의 부식팽창에 따른 경우, 화재와 폭발 등 돌발사고에 의한 경우 등 여러 가지의 원인이 있다. 마감재에 균열이 생기면 건물의 내구성에 악영향을 주기 쉽고 우수 등의 침입에 의한 재산의 멸실과 사무능률의 저하를 일으킴과 동시에 건물로서의 미관을 손상하게 된다.

(3) 결손 및 박락 : 결손은 마감재가 국부적으로 결손된 상태를 말한다. 접착경계면에서 어느 정도 큰 면적에 걸쳐서 탈락한 상태를 박락이라고 한다. 결손은, 들뜸, 균열 등에 의해 손상이 진행한 경우 마감재의 일부가 떨어져 탈락해서 일어난다. 콘크리트 구체를 포함한 마감재의 탈락은 콘크리트의 응집파괴가 많고, 경우에 따라서는 철근 등의 부식팽창에 의한 경우도 있다.

(4) 기타의 손상 : 이외에도 백화, 마모, 풍화, 동해, 오염 등의 열화현상도 있다. 백화란 시멘트 성분중 가용성분이 빗물 등에 의해서 녹아 표면에 누출하여 공기중의 탄산가스 등과 반응하여 난용성의 백색물질이 표면에 침착하는 현상을 말한다.

해설 표 2.12 콘크리트 외벽마감재의 손상원인

열화현상	특성요인
들뜸	<ul style="list-style-type: none"> · 온습도 변화에 의한 팽창수축 · 철근의 부식팽창 · 바탕재와의 거동차 · 균열부 등에서의 풍화 · 동결, 응해 · 바탕재 용질물(溶質物)등 · 진동의 반복
균열	<ul style="list-style-type: none"> · 팽창, 수축 · 부동침하 · 지진 등의 외력 · 과하중 (집중하중 등)
결손	<ul style="list-style-type: none"> · 철근의 부식팽창 · 진동의 반복

2.3 각부 마감재의 손상

2.3.1 안전성에 관계된 손상상태

건축구조물의 안전성에 관계된 손상현상에는 다음과 같은 항목이 있다.

- (1) 외장의 손상이 심해 박리낙하의 우려가 큰 상태.
- (2) 방화 도어의 개폐기능이 원활하게 움직이지 않아 피난로로서 유효하게 사용할 수 없는 상태.
- (3) 옥상·발코니·계단 등의 강제난간이 부식으로 인해 낙하할 우려가 있는 상태.
- (4) 경사로나 논슬립의 표면이 마모되어 보행자가 넘어질 우려가 있는 상태.

【해설】 생략

2.3.2 옥상주변의 손상

옥상 주변의 손상은 누수로 인한 경우가 많고, 신속한 조치가 필요하다. 옥상주변의 손상항목은 다음과 같다.

- (1) 노출 방수층 : 방수시트의 들뜸·벗겨짐, 파단 등의 열화현상은 육안으로 비교적 쉽게 발견할 수 있다.
- (2) 누름콘크리트를 설치한 아스팔트 방수층 : 열화상황을 육안으로 확인할 수 없기 때문에 진단과 대책마련이 어렵다.
- (3) 방수층 누름의 들뜸·균열 : 방수층을 누르는 방법으로는 콘크리트 타설·모르터 바름·콘크리트 평판누름·타일 바름 마감재 등을 이용하는 방식과 같이 다양하지만 (2)항과 유사한 결함이 발생한다.
- (4) 파라펫트 주변에서의 누수

- (5) 도막 방수층의 열화상태
- (6) 파라펫트의 배수구 모르터에서 백화의 발생
- (7) 파라펫트 수직벽의 마감면에서 균열과 박리의 발생
- (8) 도막방수층과 노출방수층의 상부가 박리

【해설】

(2) 아스팔트 방수층 : 건물이 준공후 10년 이상 경과하면 아스팔트가 열화한 것으로 추정하여, 전면 보수를 한다. 콘크리트 바닥판을 아래층에서 관찰하면 누수장소는 알 수 있지만, 방수층의 손상 부분과 누수장소가 일치하지 않는 경우가 많기 때문에 방수층의 손상부분이 정확하지 않다. 열화상태의 확인은 누름 콘크리트를 깨내서 확인한다.

(3) 방수층 누름의 들뜸·균열 : 누름재의 들뜸·균열 자체가 누수의 원인은 아니지만, 보행과 기울운반에 지장을 주므로 보수해야 한다. 누름재의 표면에 들뜸과 균열이 생기면 우수가 원활하게 흐르지 않고 정체하여 방수층의 열화를 촉진할 수 있다.

(4) 파라펫트 주변누수 : 외벽면의 파라펫트 하단 주변에 수평방향의 균열이 생기면 우수의 침입에 의해 백화가 발생하는 경우가 있는데, 이는 방수층의 누름 콘크리트가 고온과 동결에 의해 팽창·수축하여 파라펫트 수직벽을 밀어내기 때문이다. 파라펫트 주변에서 침입한 우수는 일반적으로 옥상과 외벽의 예상하지 못한 곳에서 누출하는데, 이러한 누수 결함은 부재의 들뜸·갈라짐 등이 원인인 경우가 많다.

(5) 도막방수층의 열화 : 방수층의 열화는 물리적 시험의 수치에 따라 확인을 한다. 열화된 아스팔트 방수재의 시료는 누름 콘크리트를 제거한 후 채취하며, 침입도 시험(아스팔트 재질의 계측)과 함침도 시험(방수층 사이의 밀착도를 계측)을 실시한다.

(6) 배수구의 백화 : 누수와의 직접적인 관계는 없으나 배수구 하면에 우수가 고여 방수층의 열화원인이 된다.

(7) 파라펫트의 균열·박리 : 방수층의 열화와 관계는 적으나, 박리가 발생하면 방수층의 열화상태를 확인한다.

(8) 도막·노출 방수층 박리 : 보호층의 열화는 자외선과 대기오염 등이 원인이 되어 5년 정도 경과하면 일어난다.

2.3.3 타일마감의 손상

타일마감의 손상에는 부재의 갈라짐, 들뜸과 박리, 줄눈 파손, 백화, 표면오염 등이 있다. 벽면의 손상을 방지하면 마감재가 낙하하여 재해를 일으킬 우려가 있다. 타일마감의 손상항목은 다음과 같다.

- (1) 타일 표면의 균열
- (2) 타일 안쪽면의 박리
- (3) 줄눈파손

(4) 백화의 발생

【해설】

(1) 타일표면의 균열 : 균열의 상태는 육안으로 파악하기 쉬우며 발생원인은 다음과 같다.

① RC 구체에 균열에 따른 균열 - 손상위치는 개구부의 코너, RC 구체 이음부와 콜드 조인트 등에 많고, RC 구체의 건조수축 등이 원인이 된다.

② 바탕 라스 모르터 바름의 균열로 인한 파단.

③ 모르터의 박리로 인해 타일자체의 자중에 의해 타일에 변형 및 균열이 발생.

④ 타일에 침투한 물의 동결·팽창으로 의해 균열이 발생.

(2) 타일 안쪽면의 박리 : 타일 안쪽면의 박리는 누수가 없으면 발견하기 어렵고, 백화와 같은 열화가 발생하면 진단한다. 박리의 상태는 RC 구체면~바탕모르터, 바탕모르터~바름모르터 사이의 경계면에 발생하지만 전자의 경우가 많다. 현저한 박리는 표면 부풀어짐이 생기므로 육안으로 쉽게 판단할 수 있다. 일반적으로 다음과 같은 수단으로 진단한다.

① 표면을 테스트 햄머로 타격하여 발생음으로 부터 박리의 유무를 판정한다.

② 열적외선 촬영장치를 사용하여 외벽마감면의 박리를 판정한다.

③ 정밀한 진단을 하기 위해서는 인장 시험기를 사용한다. 인장 시험기로 타일을 박리해 보면 모르터의 부착강도, 박리경계면의 위치 등을 알 수 있어 적절한 보수공법을 선택을 할 수 있다.

(3) 줄눈파손 : 줄눈파손은 육안으로 관찰하기 어렵기 때문에 경시되기 쉬우나 우수가 침입하면 누수와 백화의 원인이 되고 마감면의 동결 균열도 발생한다. 줄눈의 점검은 타일의 균열 및 박리에 대한 진단과 동시에 실시하는 것이 바람직하다. 열화발생의 원인은 일반적으로 균열과 유사하나 시공에 의한 것도 많다. 보수공법은 열화원인을 파악한 후에 선정한다.

(4) 백화의 발생 : 백화는 타일 마감면을 오염시키기 때문에 쉽게 발견할 수 있다. 원인은 마감 표면으로 우수가 침입하여 내부 모르터의 석회질을 유리시킨 후, 타일과 줄눈의 갈라진 틈새로 유출하기 때문이다 타일 안쪽에는 이미 우수가 흐르고 있기 때문에 누수, 타일의 갈라짐과 박리 등이 발생하기 쉽다.

2.3.4 모르터마감의 손상

손상의 상태와 원인은 타일마감과 비슷하고, 진단법도 동일하다. 모르터마감의 손상에는 다음과 같은 항목이 있다.

(1) 벽면의 균열과 박리

(2) 바닥면의 균열과 박리

(3) 천정면·보의 균열과 박리

【해설】

(1) 벽면의 균열과 박리 : 균열과 박리가 동시에 발생하는 경우가 많고, 육안으로도 쉽게 알 수 있다. 점검은 손상의 정도와 원인을 파악하고, 적절한 보수공법을 선정하는 것이 요점이다. 손상의 원인은 다음과 같다.

<육안조사 가능>

- ① RC 구체의 건조수축 균열에 대응할 수 있는 줄눈이 부족하다.
- ② 연약한 재질의 ALC 판에 대한 실링처리가 생략된 경우.

<육안조사 불가능 : 절단하여 판정>

- ③ 모르터의 바름이 두껍고 충분히 건조하지 않고 시공
- ④ 모르터 바름후 태양열과 강풍 등에 의한 급속건조로 경화의 초기단계에서 균열이 발생.
- ⑤ 상도 마감시에 쇠흙손을 많이 사용했기 때문에 표면에서 시멘트분이 떠올라 경질이 되고 건조하면서 균열이 발생.

(2) 바닥면의 균열과 박리 : 손상원인은 다음과 같다.

- ① 바탕 콘크리트의 균열 : 콘크리트의 수축이 이음부에 집중하는 경우와 구조체의 결함에 의해 보와 바닥판에 크리프변형이 생긴 경우에 발생한다.
- ② 모르터 자체의 수축 균열 : 모르터의 배합불량, 수축줄눈의 간격 부적당, 바름두께가 두꺼운 경우에 발생한다.
- ③ 모르터와 바탕면의 접착불량에 의한 박리 : 바탕면의 청소불량, 바탕면의 과다 건조, 이음부의 균열이 박리로 진행되는 경우 등이 있다.
- ④ 사용중의 충격과 진동에 의한 균열·박리

2.3.5 돌붙임 마감의 손상

돌붙임 마감의 손상에는 균열·휨·박리·백태·줄눈파손 등이 있다. 돌붙임 공법이 건식이면 박리와 백화가 적고, 줄눈 채움이 수지 실링이라면 줄눈파손과 백화가 잘 발생하지 않는다.

【해설】

손상의 원인에는 다음과 같은 항목이 있다.

- ① 벽면의 균열 : 바탕 RC 구체의 균열, 부착 금속재의 열팽창에 의해 압력을 받은 경우.
- ② 바닥면의 균열 : 바탕 RC 구체의 균열이 원인인 경우가 많다.
- ③ 석판의 휨 : 표면이 거칠고 어두운 색 계통의 석판은 태양의 복사열을 많이 받기 때문에 석판이 휙는 경우가 생기는데, 석판의 휨은 줄눈균열을 유발하며 이를 통해 빗물이 들어오는 것으로까지 이어진다.

2.3.6 기타 마감재의 손상

기타 마감재의 손상현상은 다음과 같다.

- (1) 건물 외부에서 금속창호의 손상
- (2) 경사 지붕의 열화(금속판·석면 슬레이트·점토기와 등)
- (3) 내외 금속마감재의 손상
- (4) 내외 도장의 손상
- (5) 실내 바닥면의 처짐·진동
- (6) 내장재의 손상

【해설】

(1) 금속창호의 손상 : 외부의 창호는 항상 바람과 비의 영향을 받으므로 내후성이 높은 알루미늄과 스테인레스 강제라도 도막의 성능이 저하하면 함께 현저히 부식한다. 진단항목은 다음과 같다.

- ① 부재의 손상상태를 육안과 표면제거를 통해 파악한다.
- ② 창호와 철물 등의 가동부분을 조작해 보고, 기능저하의 정도를 확인한다. 특히 방화구획과 피난로의 출입구 등에 대해서는 신중하게 점검한다.
- ③ 창호 외면에서 압력수를 뿌려 실내로의 침입여부를 점검한다.
- ④ 창틀 주변에서는 창호의 부식으로 인해 모르터와 타일 등에 미치는 영향을 확인한다.

(2) 경사지붕의 손상 : 손상상태는 부식·갈라짐·이음의 간극 등을 육안으로 진단한다.

(3) 내외 금속마감재의 열화 : 손상에는 손상·부식·변형·오염·실링 결손 등이 있고 모두 육안으로 진단한다.

(4) 내외 도장의 손상 : 도장재료의 성분은 거의가 유기질이므로 시간의 경과에 따라 열화하기 때문에 열화의 진행에 따라서 바탕재인 강재와 목재도 부식되어 간다. 외부도장의 열화진단은 바탕재의 보호를 주목적으로 하고 외관의 개선은 부수적으로 하는 것이 타당하다.

(5) 실내바닥면의 처짐·진동 : RC 조 바닥판의 처짐은 자주 발생하며 진단이 필요한 경우가 많다. 보수공법은 진단결과에 따라서 결정되며 진단항목은 다음과 같다.

- ① 바닥판의 균열은 위치·길이·폭을 육안으로 계측한 뒤에 작도한다. 구체의 바닥면이 마감재로 덮어져 있으면 제거하여 육안관찰과 계측으로 내측의 상황을 관측한다. 마감재가 플로링 바닥 등으로 되어 있으면 제거하기가 곤란하기 때문에 줄눈파손의 유무로 결함을 추정한다.
- ② 바닥판 보의 균열은 주위에 연속해서 발생하고 있는가를 확인한다.
- ③ 바닥판의 침하 정도는 레벨을 사용하여 큰보·작은보·바닥판으로 순서로 계측하여 기록한다.

④ 바닥판 주위의 강성은 바닥판의 진동상태를 계측하고, 그 수치를 분석한 뒤에 판정한다. 바닥판 주위의 고정상태는 계산에 의한 고정도(바닥판의 고유진동수)와 실험에 의한 고정도(진동수)를 비교해서 파악하고, 변위를 감각표 등으로 평가한다.

⑥ 큰보의 처짐은 대규모의 보수가 필요하지만, 일반적으로는 작은보와 바닥판이 함께 처져있는 경우가 많다.

(6) 내장재의 손상 : 진단대상은 벽·천정 등의 부식·곰팡이의 발생·박리·변형·오손 등이다. 열화의 정도는 육안관찰로 판단한다.

제 3 장 건축구조물의 점검

3.1 점검계획

3.1.1 목적

점검 및 진단의 목적은 시설물의 현상태를 판단하여, 상태평가 및 안전성평가의 기본자료를 제공하며, 시설물상태와 노후화 정도에 대한 지속적인 기록의 제공, 그리고 보수 및 성능회복 작업의 우선순위 등을 결정하기 위함이다. 관리주체는 특별법 제 4 조의 규정에 의한 소관시설물별로 안전 및 유지관리계획을 수립하여 체계적이고 일관성 있는 점검 및 진단이 실시될 수 있도록 하여야 한다.

【해설】 생략

3.1.2. 점검계획, 점검시기 및 장비

(1) 점검계획

효과적이고 안전한 시설물 점검을 위해서 철저한 사전계획과 준비가 필요하다.

(2) 점검시기

시설물의 철저한 점검 및 진단을 위하여 기후·온도·시급성 등을 고려하여 가장 바람직한 기간 중에 실시되어야 한다.

(3) 점검장비

시설물 점검 및 진단장비는 접근에 필요한 장비 및 실제 점검작업을 수행하는데 사용되는 장비를 말한다.

【해설】

(1) 점검계획 : 점검계획은 본 지침서의 시설물 관리일반(2 장)을 토대로 수립되어야 하고, 사전 점검을 위한 현장조사가 필요하며 계획에는 다음 사항이 고려되어야 한다.

- ① 점검 형식의 결정
 - ② 점검을 수행하는데 필요한 인원, 장비 및 기기의 결정
 - ③ 기 발생된 결함의 확인을 위한 기존 점검자료의 검토
 - ④ 점검기간과 계획된 작업시간의 예측
 - ⑤ 타기관 또는 주민과의 협조체계
 - ⑥ 현장기록의 양식을 취합하고 대표 부위에 대한 적절한 사전 스케치
 - ⑦ 필요한 수중점검의 범위와 세굴의 위험성에 대한 판단 그리고 잠수나 세굴과 관련된 자료와 같은 특기사항에 대한 확인
 - ⑧ 비파괴 시험을 포함한 기타 재료시험 실시에 대한 적정성 여부의 판단
 - ⑨ 구조물에 붕괴유발부재, 피로취약구조부위, 단재하경로부재와 같이 특별한 주의를 필요로 하는 부재와 부위가 포함되었는지 판단
 - ⑩ 인근 구조물 중에 동종의 도구와 장비 및 인력을 필요로 하는 점검작업에 대한 계획 확인
- (3) 점검장비 : 점검자는 점검 및 진단을 수행하기 위하여 구조부재에 접근할 필요가 있으며, 이 경우 가장 편리하고 안전한 장비를 이용하여야 한다. 점검 및 진단방법과 진단장비의 선정에 있어 책임기술자는 현장에서 예비조사를 하여야 하며 만일 도면이 있는 경우의 예비점검 및 진단을 도면을 가지고 수행함으로써 구조물의 형상이나 세부사항들에 대한 예비검증이 되도록 하여야 한다.

3.2 점검 요령 및 방법

3.2.1 일반사항

시설물의 점검항목이 빠지지 않도록 현장점검을 체계적이고도 조직적인 방식으로 수행하여야 하며, 시설물 점검 및 진단절차를 표준화하여야 한다. 각 시설물별 점검 및 진단실시 요령이나 세부점검양식(일상점검·정기점검)은 점검 및 진단실시요령과 표준점검양식(건설교통부 추천)이 작성되기 전까지는 관리주체가 소관시설물별로 기 사용하던 것이나 새로이 작성하여 점검에 활용하여 한다.

- (1) 현장검사
- (2) 점검 및 진단부위의 청소
- (3) 시설물의 상태평가
- (4) 중대한 위험이 예견되는 결함

【해설】

(1) 현장검사 : 현장검사는 기존시설물에 관한 최소한의 기초자료를 얻고, 시간이 경과함에 따라 변화되는 균열 폭과 길이 등의 변화를 추적하기 위하여 수행한다. 시설물 현장에서의 측정은 도면이 없거나 도면상에 나타난 자료를 확인하기 위하여 필요하다. 측정의 정확성은 원하는 목적을 달성하는 정도이면 충분하다.

(2) 점검 및 진단부위의 청소 : 부식, 노후화 또는 기타 식별이 어려운 결함을 발견하기 위하여 정밀육안근접점검전에 조사부위를 깨끗이 청소하여야 한다.

(3) 시설물의 상태평가 : 서로 다른 책임기술자에 의하여 다른 시간대에 수행된 점검 및 진단 결과에 일관성을 확보하기 위하여 책임기술자 등은 시설물 부위별 상태평가를 위하여 제시된 통일된 점검 및 진단양식과 기준에 의하여 조사하여야 한다.

(4) 중대한 위험이 발견되는 결함 : 현장에서의 점검 및 진단기간 동안 발견된 공중에 위험을 끼칠 수 있는 구조 또는 안전과 관련된 위험이 존재하는 경우에는 즉시 관리주체에 통보하여야 하며 관리주체는 다음과 같은 사항에 대하여 체계화된 조치를 취하여야 한다.

- ① 결함에 대하여 소관행정기관의 장에게 신속한 보고
- ② 경찰과 주민에 대한 긴급통지
- ③ 발견된 결함에 대한 신속한 평가
- ④ 신속한 후속조치
- ⑤ 후속조치 결과의 확인
- ⑥ 다른 사고 시설물에서 발견된 결함부와 유사한 구조부위를 가지고 있는지 여부의 확인
- ⑦ 기타 필요한 사항

3.2.2 일상점검

3.2.2.1 개요

일상점검은 시설물의 유지관리를 책임지고 있는 자가 실시하는 것으로 일반적인 순찰과 유사한 성격의 점검이다.

(1) 일상점검은 일상의 순회와 같은 성격으로, 육안관찰이 가능한 개소에 대해서 발생시기 및 상황파악을 위해서 실시한다.

(2) 일상점검의 항목, 부위 및 빈도는 열화예측 결과를 기초로 결정한다.

(3) 일상점검은 육안관찰, 사진, 비디오, 쌍안경 등에 의한 외관상의 열화점검과 차상감각 등의 기타 점검으로 분류된다.

【해설】

일상점검은 시설물의 기능적 상태를 판단하고 시설물이 현재의 사용요건을 계속 만족시키고 있는지 확인하는데 필요한 관찰로 이루어지는 점검으로 시설물의 이상이 발견되는 경우 즉시 보고하여야 한다. 점검자는 시설물을 전반적인 외관형태를 관찰하여 심각한 손상·결함의 가능성을

발견할 수 있도록 세심한 주의를 하여야 한다.

(1)에 대해서 : 일상점검은 매뉴얼을 작성해서 이것에 따라서 실시하는 것이 좋다. 점검의 결과는 일상점검, 점검자, 열화의 발생의 부위와 상황 등이 파악될 수 있도록 기록해 두는 것이 좋다.

(2)에 대해서 : 점검항목에는 ① 균열상황, ② 들뜸·박리·박락, ③ 강재의 노출상황·녹의 유무, ④ 청소, ⑤ 누수, ⑥ 변위·변형, ⑦ 지지상태, ⑧ 이상음·진동, ⑨ 변색 등이 있다. 일상점검은 육안관찰에 의해서 발생개소와 상황을 파악하는 것이기 때문에 구체적인 점검항목은 열화예측을 기초로 선정하는 것이 좋다.

또, 유지관리상의 대책으로서 보수와 보강을 실시한 개소에 대해서도 적절한 빈도로 육안관찰을 계속할 필요가 있다. 점검결과가 열화예측 결과와 다른 경우에는 점검빈도와 항목을 변화시켜서 유연하게 대응할 필요가 있다.

(3)에 대해서 : 일상점검에는 일반적으로 특수한 검사기구를 사용하지 않지만, 열화의 상황과 발생위치를 일상점검의 매뉴얼에 따라서 가능한 정확하게 기록하는 것이 중요하다.

3.2.2.2 일상점검의 요령 및 방법

(1) 검사항목

일상점검은 육안 또는 쌍안경 등의 장비를 이용하여 실시하되 대상구조물의 특성과 열화현상의 종류 등을 고려하여야 한다. 일상점검에서는 다음항목의 검사를 실시한다.

- ① 새로운 균열이나 열화의 발생
- ② 열화손상의 진행성 여부
- ③ 보수부위의 보수효과
- ④ 구조물 또는 부재전체의 상태 및 콘크리트의 상태
- ⑤ 기타 점검책임자가 지정한 항목

(2) 검사장비

일상점검에 사용되는 검사장비는 해설 표 3.4 와 같다.

(3) 검사방법

검사방법은 이하와 같은 방법으로 실시한다.

- ① 대상구조물에 대한 순시 및 개략적인 육안검사를 실시한다.
- ② 추적점검구역에 대한 구조물별 위치를 확인한다.
- ③ 새로운 균열이나 열화가 발생하였는지를 검사한다.
- ④ 새로운 누수·누출부위가 발생하였는지를 검사한다.

⑤ 검사사항을 검사양식에 기입하고 관리한다.

【해설】

(3) 검사방법 : 새로운 균열이나 열화가 발생한 경우 과거의 관련기록을 참고하여 다음 사항에 따라 열화상태를 파악한다.

① 균열의 경우 콘크리트 균열의 검사절차에 따라 균열폭과 균열깊이, 균열성상을 검사하고 균열이 성장하고 있는가를 파악한다.

② 콘크리트의 박리, 박락, 부서짐, 겔(gel) 형성 등은 콘크리트의 변형·변질의 검사절차에 따라 그 면적을 측정하고 이전의 검사기록과 비교하여 열화면적이 확대되지 않았는가를 판단한다.

③ 철근노출, 철근부식, 누수, 누출 등의 열화현상은 철근의 검사절차에 따라 그 면적 또는 범위를 기록하고 이전의 검사기록과 비교하여 열화면적이 확대되지 않았는가를 판단한다.

④ 보수부위의 경우, 균열 또는 이상변형 여부 등 보수효과를 확인한다.

해설 표 3.4 일상점검 검사장비 예시

장비명	용도	비고
크랙게이지	균열폭 측정	정도 : 1/100mm 이상
쌍안경	균열관측	30배
당원경	균열관측	90배 이상
와이어 브러쉬	콘크리트 부서짐 여부판정	,
분무기	균열활영	
사진기	열화현상부위 활영	
확대경	균열폭 측정	직경 100mm 이상
테스트 햄머	박리여부 판정	
5m 줄자	균열깊이 측정	5m 이상
50m 줄자	균열위치 측정	50m 이상

3.2.3 정기점검

3.2.3.1 개요

(1) 초기점검

초기점검은 시설물관리대장에 기록되는 첫 번째 시설물의 정기점검을 말한다. 일반적으로 신설시설물의 경우는 준공 후 90 일 이내에 시행토록 한다. 또한 구조형태가 변화되었을 때에도 초기점검이 필요하다.

① 초기점검은 구조물의 열화예측을 하기 위해 일반적으로 구조물의 사용이전, 사용중 혹은 보수, 보강후에 실시한다.

② 초기점검의 항목 및 부위는 상정되는 열화기구 및 건설중의 시험·검사의 결과를 기초로 결정해야 한다.

③ 초기점검의 방법은 상정되는 열화기구 및 건설중의 시험·검사의 결과를 기초로 열화예측에 적절한 방법을 채용한다.

(2) 정기점검

정기점검은 시설물의 현상태를 정확히 판단하고, 최초 또는 이전에 기록된 상태로부터의 변화를 확인하며 구조물이 현재의 사용요건을 계속 만족시키고 있는지 확인하는 데에 필요한 면밀한 육안검사와 간단한 측정기구에 의한 측정으로 이루어지는 계획된 정기적 점검이다.

- ① 정기점검은 일상점검으로 파악하기 어려운 구조물의 세부에 대해서 정기적으로 열화개소 및 열화상황을 파악하기 위해 실시한다.
- ② 정기점검의 항목, 부위 및 빈도는 기존의 유지관리의 기록 및 열화예측 결과를 기초로 결정한다.
- ③ 정기점검의 방법은, 열화예측의 결과를 기초로 적절한 방법을 채용한다.

【해설】

(1) 초기점검 : 초기점검은 책임기술자로서의 자격을 갖춘 자에 의하여 수행되어야 하며 내하력에 대한 해석적 계산이 필요하다. 초기점검의 목표는 ① 특별법에서 요구하는 시설물 관리대장 및 평가자료와 관리주체가 수집하는 관련 자료를 얻기 위함이며, ② 구조물상태의 판단 및 구조물의 문제점 또는 문제 가능성성이 있는 구조부위를 확인하고 기록하는 것이다. 도면의 사전 상세검토를 통하여 붕괴유발부재 또는 부위에 대하여 주의를 기울여야 하며 추후 특별한 주의를 필요로 하는 사항에 대해서는 점검기간 중에 평가하여야 한다. 육안검사시 결함이 있는 경우에는 기록하여 도서로 보관한다.

소요의 품질을 갖는 콘크리트, 강재, 보수, 보강재료를 사용해서 시공한 콘크리트 구조물에서 외관상의 문제가 없어도 콘크리트의 품질변동 혹은 시공오차 때문에 구조물 각부의 기능이 영향을 받는 경우가 있다. 따라서 완성후의 검사는 콘크리트 구조물에 관한 전문적인 지시에 기초해서 외관만이 아니고 콘크리트의 품질변동, 내부결함의 유무 및 배근상태 등의 시공오차에 대해서도 점검을 하여 열화예측의 자료로 사용할 필요가 있다. 신축인 경우에는 준공검사를 초기점검으로 할 수 있지만, 되도록 상세한 점검을 하는 것이 바람직하다. 또, 기존의 구조물에 대해서는 최초의 초기점검으로 한다.

또한, 보수와 보강으로 인해 구조물의 마감이 변하는 경우도 있기 때문에 보수, 보강후의 점검을 초기점검으로 할 수도 있다. 초기점검에서 얻은 데이터는 구조물의 사용중에 실시하는 점검에서도 확인추적하는 경우가 많기 때문에, 사용중에 용이하게 점검할 수 있는 항목과 부위를 선정해두면 일상점검과 정기점검에 적절하게 이용할 수 있다. 초기점검은 구조물을 손상하지 않도록 비파괴검사 등을 사용해서 가능한 상세하게 실시하는 것이 좋다.

(2) 정기점검 : 면밀하고 지속적 감시가 필요한 시설물 부위는 사전현장조사 및 안정성평가 계산을 통하여 결정한다. 감시부위의 육안검사 결과는 도면으로 기록되어야 한다. 정기점검 결과는 사진 및 유지관리 혹은 보수 그리고 필요한 경우 정밀안전진단 계획에 관한 사항과 함께 보관하여야 한다. 구조 상태가 변화되어 안전성평가에 영향을 주는 경우에는 내하력을 다시 계산하여 보관하여야 한다. 정기점검에는 시설물의 상태평가와 필요시 시설물의 안전성평가가 포함된다.

정기점검은 열화에 관한 전문적인 지식에 기초해서 정기점검의 매뉴얼을 작성하고 이에 기초해서 실시하는 것이 좋다. 점검항목은 일상점검에서 실시하는 것과 동일 하지만, 근접해서 열화상황을 파악할 수 있기 때문에 전회의 점검결과와의 비교를 통해 열화의 진행을 평가 할 수 있다. 특히, 간단한 계측기구를 사용하여 균열의 폭과 길이, 들뜸의 범위 등의 외관형상을 정량적으로 기록하는 것이 가능하다. 또, 구조물의 환경조건으로부터 염해, 중성화, 동해, 피로 등의

열화기구가 탁월하다고 예측되는 경우에는 이러한 열화외력을 적절하고 정량적으로 평가할 수 있도록 점검을 하는 것도 중요하다.

정기점검의 빈도는 구조물 혹은 부재의 중요도, 형식, 설계내용기간, 예정사용기간, 환경조건, 유지관리구분, 기존의 유지관리 기록 및 열화예측에 따라서 달라지며 일괄적으로 결정하는 것은 곤란하다. 점검결과 및 열화예측(열화예측곡선 혹은 성능열화곡선) 결과에 따라서는 점검항목, 부위와 장래의 점검빈도의 변경이 필요한 경우가 있으며, 특히 점검빈도에 대해서는 유연하게 대처해야 할 필요가 있다. 정기점검은 대상구조물의 종류와 부위에 따라서 적절한 방법을 편성하는 것이 바람직하다.

3.2.3.2 정기점검요령 및 방법(외관검사)

(1) 검사항목

외관검사에서는 콘크리트 구조물에 보편적으로 발생하고 있는 다음과 같은 열화현상을 검사한다. 외관검사의 결과는 검사양식에 따라 기입하여 보관한다. 점검책임자는 외관검사 결과 열화현상이 심하다고 판단되는 부위에 대하여 정밀검사를 실시해야 한다.

- ① 균열 : 발생시기, 길이, 범위, 부위, 규칙성, 형태, 깊이, 폭, 균열성상
- ② 콘크리트 변형·변질 : 박리, 박락, 결형성, 백태현상, 누수, 누출
- ③ 철근 : 부식, 노출
- ④ 특수환경 : 지진, 화재, 산·알칼리의 접촉 유무

(2) 검사장비

외관검사에 사용되는 장비는 해설 표 3.5 와 같다.

(3) 검사방법

검사대상 구역의 격자화(해설 그림 3.2 참조)하고 균열 등의 항목 검사방법은 이하와 같은 방법으로 실시한다. 외관검사를 마치고 열화현상이 현저한 구역에 대해서는 검사자료를 검토하여 정밀검사의 실시여부를 판단한다.

- ① 격자화된 구역을 하나씩 검사한다.
- ② 하부 1 단은 중점 검사구역으로 선정하여 균열폭을 기입한다.
- ③ A11 구역은 슈미트햄머를 사용하여 2.5 cm 간격으로 25 점에 대한 반발경도를 측정한다.
- ④ 2 단까지는 10 배율 쌍안경을 이용하여 벽면에서 10~15m 거리에서 검사한다.
- ⑤ 3 단부터 30 배율 망원경을 이용하여 벽면에서 15~20m 거리에서 검사하며, 1 단이 높아질수록 4m 씩 더 떨어져 검사한다.
- ⑥ 쌍안경 및 망원경은 안정된 삼발 받침대에 고정시킨후 사용해야 한다.
- ⑦ 하부 1 단에서 열화현상이 현저한 부분은 사진촬영을 한다.

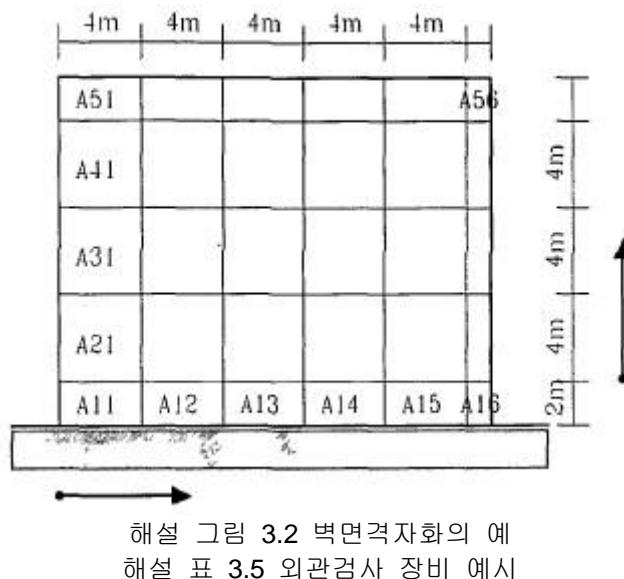
- ⑧ 균열을 사진촬영할 경우 촬영대상 구역에 물을 분무시키고 균열에만 물기가 남을 정도로 말린 후 표준자의 눈금이 나오도록 촬영한다. 이 때 촬영거리도 기입하며 사용하는 카메라의 렌즈는 50mm를 기본으로 한다.

【해설】

(3)에 대해서 검사대상 구역을 격자화 하는 방법은 이하와 같다.

(해설 그림 3.2 참조)

- ① 격자간격은 4m를 표준으로 한다.
- ② 수직격자는 벽면의 원쪽을 기준점으로 하여 4m 간격으로 한다.
- ③ 수평격자는 벽면 하부를 기준면으로 하며, 하부 1 단은 2m로 하고, 그 이상은 4m 간격으로 한다.
- ④ 격자의 구역번호는 벽면의 원쪽에서 오른쪽으로, 하부에서 상부로 해설 그림 3.2 와 같이 한다.
- ⑤ 수직격자선은 2m 간격으로 표시된 로프를 벽면 옥상에서 하부로 내려 표시하고 수평격자선은 인접한 수직격자선과 2m 간격으로 표시된 색깔을 이은선으로 수평성능 설정한다.



해설 그림 3.2 벽면격자화의 예
해설 표 3.5 외관검사 장비 예시

장비명	용도	비고
크랙케이지	균열폭 측정	정도 : 1/50mm 이상
쌍안경	균열관측	30배
망원경	균열관측	90배 이상
와이어 브러쉬	콘크리트 부서짐 여부판정	
분무기	균열촬영	
로프	격자구성	2m 간격 표시
사진기	열화현상부위 촬영	
확대경	균열폭 측정	직경 100mm 이상
슈미트햄머	콘크리트 강도 측정	
테스트햄머	박리여부 판정	
철근탐지기	철근의 위치탐사	
초음파측정기	콘크리트 내부품질평가	

3.2.3.3 정기점검의 검사절차

정기점검의 검사절차는 이하의 항목으로 구성되어 있다.

- (1) 균열도의 작성
- (2) 균열폭의 측정
- (3) 균열깊이의 측정
- (4) 콘크리트의 균열성상
- (5) 콘크리트의 변형·변질
- (6) 철근

【해설】

- (1) 균열도의 작성 : 균열도의 작성은 이하의 방법으로 실시한다.
 - ① 육안검사를 통하여 발견된 균열은 부록의 검사양식에 따라 기록·관리한다.
 - ② 육안으로 관측이 곤란한 접근 불가능 지역은 고배율의 망원경을 사용하여 관찰한다. 이 때, 균열의 이상 진전의 가능성에 있거나 균열폭이 과대하다고 판정될 경우에는 고가사다리 등을 이용하여 근접 검사를 실시한다.
 - ③ 균열의 정확한 추이를 관찰하기 위하여 검사양식에 균열의 시작점 및 끝점의 관측날짜를 기록한다.
 - ④ 관측한 균열의 길이는 시작점과 끝점과의 직선길이로 한다.
 - ⑤ 균열에 규칙성이 있다고 판정될 경우에는 균열간격을 측정하여 기록한다. 균열간격은 균열들 사이의 평균간격으로 한다.
 - ⑥ 균열이 복잡하여 mapping 이 곤란하거나 기록만으로는 열화현상을 충분히 기술하기 힘들 경우에는 사진을 촬영하여 균열도와 같이 보관한다.

(2) 균열폭의 측정 : 균열폭의 측정은 이하의 방법으로 실시한다.

- ① 균열폭의 측정은 1 개의 균열내에서 가장 큰 부분의 것을 기록하는 것을 원칙으로 한다. 균열의 길이가 1m를 초과할 경우에는 1m 씩 나누어 최대 균열폭의 위치와 크기를 기록한다.
- ② 균열폭의 측정은 정도 $1/50$ mm 이상의 균열게이지로 측정한다.
- ③ 균열폭의 측정단위는 mm로 하며 최대 자리수는 소수점 이하 2 자리(0.01 mm) 까지 기록한다.
- ④ 균열폭이 0.25 mm를 초과하는 균열이 다수 발견되고 열화현상이 현저한 것으로 판단되는 부분에 대해서는 추적검사구역으로 선정하고 정밀검사의 실시여부를 판정하여야 한다.

(3) 균열깊이의 측정 : 균열깊이의 측정은 이하의 방법으로 실시한다.

- ① 균열폭이 0.25 mm를 초과하는 부분에 대해서는 육안 및 초음파 측정기 등 비파괴 장비를 이용하여 균열깊이를 측정한다.
- ② 균열이 관통되었을 것이라 판단되는 부분에 대해서는 정밀검사의 실시여부를 판정하여야 한다.

(4) 콘크리트의 균열성상 : 콘크리트의 균열성상의 조사는 이하의 방법으로 실시한다.

- ① 콘크리트에 발생한 균열특성을 수축성, 팽창성, 침하성 균열의 3 종류로 구분하여 기록한다. 특별히 구분이 어려울 경우에는 분류하지 않는다.
- ② 균열성상의 파악은 확대경으로 측정하는 것을 원칙으로 한다. 확대경이 없을 경우에는 균열게이지를 사용할 수 있다.
- ③ 1 개의 균열이 2 가지 이상의 특성을 지닌다고 판단될 경우에는 그 특성 및 영역을 상세히 기록하되 균열성상 분류시에는 두가지 모두 기록한다.

(5) 콘크리트의 변형·변질 : 콘크리트의 변형·변질의 조사는 이하의 방법으로 실시한다.

<콘크리트의 박리>

- ① 콘크리트의 박리는 테스트햄머로 2~3 회 타격했을 때 반향음이 맑은 음일 때 박리로 판정한다.
- ② 콘크리트의 박리가 발견된 부분은 그 형태, 폭 등을 부록의 검사양식에 따라 기록하고 콘크리트의 균열에도 그 위치 및 범위를 기록한다.
- ③ 콘크리트의 박리형태는 부분적 박리, 원추상 박리, 전면적 박리의 3 종류로 분류하여 기록한다.
- ④ 콘크리트가 박리된 부분은 추적검사구역으로 설정하여 일상점검을 실시한다.
- ⑤ 박리된 콘크리트를 채취하였을 경우에는 정밀검사를 실시할 경우에 대비하여 별도 보관한다.

<콘크리트의 박락>

- ① 콘크리트의 박락이 발견된 부분은 그 형태, 폭 등을 부록의 검사양식에 따라 기록하고 콘크리트의 균열도에 그 위치 및 범위를 기록한다.

② 콘크리트의 박락형태는 부분적 박락, 원주상 박락, 전면적 박락의 3 종류로 분류하여 기록한다.

③ 콘크리트가 박락된 부분은 추적검사구역으로 설정하여 일상점검을 실시한다.

④ 박락된 콘크리트를 채취하였을 경우에는 정밀검사를 실시할 경우에 대비하여 별도 보관한다.

<콘크리트의 부서짐>

① 콘크리트 부서짐 여부는 콘크리트 표면을 와이어 브러쉬로 3~5 회 정도 긁었을 때 모르터 및 잔골재가 떨어져 나가는 것으로 판정한다.

② 콘크리트의 부서짐이 발견된 부분은 그 형태, 폭 등을 부록의 검사양식에 따라 기록하고 콘크리트의 균열도에 그 위치 및 범위를 기록한다.

③ 콘크리트의 부서짐 영역이 계속 진전될 경우에는 정밀검사의 실시여부를 판정하여야 한다.

④ 콘크리트의 백화현상, 결형성 등이 발견된 부분은 부록의 검사양식에 따라 기록하고 콘크리트의 균열도에 그 위치 및 범위를 기록한다.

(6) 철근조사 : 철근의 조사는 이하의 방법으로 실시한다.

<철근노출>

① 철근노출이 발견된 부분은 그 형태, 폭 등을 부록의 검사양식에 따라 기록하고 콘크리트의 균열도에 그 위치 및 범위를 기록한다.

② 철근의 노출부위는 빗물 등 이물질의 침입이 용이하여 2 차 열화를 일으키기 쉬우므로 긴급히 보수한다. 보수는 검사결과 및 전문가의 의견을 종합하여 그 원인을 분석한 후 보수절차에 따라 실시한다.

<철근부식>

① 외관검사시의 철근 부식에 대한 검사는 균열로부터의 녹물 유출, 철근이 노출된 균열내부에 대한 육안검사 등 비파괴검사로 한정한다.

② 녹물의 유출이 발견된 부분은 그 형태, 폭 등을 부록의 검사양식에 따라 기록하고 콘크리트의 균열도에 그 위치 및 범위를 기록한다.

③ 녹물의 유출 등 철근부식이 진행중이라 판단되는 부분에 대해서는 정밀검사의 실시여부를 판정하여야 한다.

④ 녹물의 유출이 발견된 부분은 추적검사구역으로 설정하여 일상점검을 실시한다.

<누수>

① 허니컴 및 균열 등의 유·무를 확인하고 누수가 시작되는 부분을 검사하여 부록의 검사양식에 따라 기록하고 콘크리트의 균열도에 그 위치 및 범위를 기록한다.

② 누수의 흔적이 확인된 부분은 그 진행성을 파악하기 위하여 추적검사구역으로 설정하여

우천시 등에 수시로 검사를 실시한다.

- ③ 누수가 확인된 부분은 누수원인을 분석한 후 대책을 수립한다.
- ④ 녹물이 유출되거나 누수량이 많은 경우에는 전문가의 의견을 종합하여 그 원인을 분석하고 적절한 대책을 강구한다.

<누출>

- ① 물 이외의 물질이 누출된 흔적이 발견된 부분은 그 형태, 폭 등을 부록의 검사양식에 따라 기록하고 콘크리트의 균열도에 그 위치 및 범위를 기록한다.
- ② 누출의 흔적이 확인된 부분은 그 진행성을 파악하기 위하여 추적검사구역으로 설정하여 일상점검을 실시한다.

3.2.3.4 정기점검의 정밀검사

(1) 검사항목

정밀검사의 기본항목은 염해 및 중성화로 한다. 점검책임자는 구조물의 수명관리를 위하여 필요하다고 생각되는 항목은 정밀검사항목에 추가할 수 있다.

(2) 검사장비

정밀검사에 필요한 검사장비는 해설 표 3.6 과 같다.

(3) 검사방법

- ① 코어의 채취 및 보수
- ② 염화물량 측정
- ③ 중성화깊이 측정

【해설】

(3) 검사방법

<염화물량 측정>

- ① 본 절차에 따라 측정한 염화물량은 수용성 염화물량을 $\text{Cl}^{-}\text{-1}$ 이온량으로 환산한 값이다.
- ② 설계도면 등을 참고하여 콘크리트 피복두께를 검사한다.
- ③ 대상부위로부터 철근의 위치를 확인한 후 철근을 피하여 직경 3.5 cm 또는 5 cm의 코어를 4~5 cm의 길이로 채취한다.
- ④ 코어공시체를 표면과 철근깊이로 분류하여 2 cm 두께로 절단한 후 진동분쇄기 등을 이용하여 미분말로 만든다.

⑤ 분쇄된 시료는 50°C의 온수에 30 분간 담가서 염분을 용출시킨후 염분측정기를 사용하여 CLS-100을 측정한다.

⑥ 측정결과는 부록의 검사양식에 따라 기록한다.

(3) 중성화깊이 측정

① 설계도면 등을 참고하여 콘크리트 피복두께를 검사한다.

② 콘크리트의 코어공시체 채취가 가능한 경우 대상부위로부터 철근의 위치를 확인한 후 철근을 피하여 직경 3.5 cm 또는 5 cm의 코어를 4~5 cm의 길이로 채취한다.

③ 코어공시체를 압축강도 측정기를 사용하여 할렬파괴 시킨다.

④ 페놀프탈레인 1% 용액을 코어공시체의 할렬면에 분무기로 분무한다.

⑤ 페놀프탈레인 1% 용액은 페놀프탈레인 1g + 에탄올 90cc(순도 95%) + 증류수 : 100 mL로 제조되어야 한다.

⑥ 중성화되지 않은 부분은 자주색으로 변하며 중성화된 부분은 착색되지 않는다.

⑦ 콘크리트 표면으로부터 변색되지 않은 길이를 여러 곳에서 측정하여 평균값(mm)을 구한다.

⑧ 코어공시체의 채취가 불가능한 경우 철근의 위치까지 콘크리트를 깎어낸다.

⑨ 콘크리트를 깎어낸 면을 브러쉬 등으로 깨끗이 청소한다.

⑩ 페놀프탈레인 1% 용액을 콘크리트를 벗겨낸 면에 분무기로 분무한다.

⑪ 콘크리트 표면으로부터 색이 변화되지 않은 길이를 여러 곳에서 측정하여 평균값(mm)을 구한다.

⑫ 측정결과는 별도의 양식에 따라 기록·관리한다.

해설 표 3.6 정밀검사 장비 예시

장비명	용도	비고
코어채취기 1식	코어채취	비트직경 : 5cm 이상
드릴	코어채취기 정착앵커볼트설치	드릴직경 : 15cm
망치, 정	코어채취 보조장비	
브러쉬	채취부위의 청소	
염분량분석기	염분량의 측정	정도 0.01%
페놀프탈레인용액	중성화깊이 측정	
철근부식측정기	철근부식 측정	
전자저울	시료 무게 측정	정도 0.1g

3.2.4 긴급점검

(1) 손상점검

손상점검은 비계획적인 점검으로서 재해나 사고에 의해 비롯된 구조적 손상을 평가하는 것이다. 점검의 범위는 긴급한 사용제한이나 사용금지의 필요성이 있는지의 판단과 보수를 수행하는데 있어 필요한 작업량의 정도를 결정할 수 있어야 한다. 신속하게 하중제한 등 사용제한 여부를 결정할 수 있도록 현장에서의 계산 능력이 필요하다.

① 천재(지진, 풍수해), 화재 및 차량·선박의 충돌 등의 긴급사태에 있어서 구조물의 이상에 관한 정보를 신속히 얻기 위해서 실시한다.

② 항목 및 부위는 구조물의 중요도와 긴급사태의 상황에 따라서 정해진다.

③ 방법은 점검의 목적에 부합되는 적절한 방법을 채용한다.

(2) 특별점검 : 특별점검은 관리주체가 판단하여 행하는 정기점검 수준의 점검이다.

【해설】

(1) 손상점검 : 정기점검의 보완수단으로 손상의 정도와 보수의 긴급성 그리고 보수작업의 규모를 파악할 수 있어야 하며 시험장비에 의한 현장계측 및 사용제한 기간에 대한 해석이 필요하다. 구조물의 보수, 보강의 여부를 판정하는 것이 목적이기 때문에 위험도를 정확하게 평가할 수 있도록 해야 한다. 구조물의 변형과 원인은 가능한 정량적이고 신속하게 파악할 수 있는 방법을 채용한다.

(2) 특별점검 : 이 점검은 기초침하 같은 결함이 의심되는 경우나, 하중제한 중인 시설물의 지속적인 사용여부를 판단하기 위한 점검으로서 점검시기는 결함의 심각성을 고려하여 결정한다.

3.2.5 정밀안전진단

정밀안전진단은 정기점검 과정을 통해서는 쉽게 발견하지 못하는 결함부위를 발견하기 위하여 행해지는 정밀한 육안검사 및 검사측정 장비에 의한 측정을 포함하는 근접점검이다. 세부내용은 다음과 같다.

(1) 일상 및 정기점검 등 주로 육안에 의한 검사로는 열화도의 판정이 곤란한 경우, 구조물 혹은 부재의 열화·손상이 진행되어 열화도가 심각하다고 판단되는 경우 및 보수, 보강을 목적으로 구조물의 열화도에 관한 상세한 자료를 얻기 위해서 실시한다.

(2) 항목 및 부위는 일상점검, 정기점검 및 열화예측의 결과를 기초로 결정한다.

(3) 점검의 방법은 점검의 목적에 합치하는 적절한 방법을 채용한다.

【해설】

본 진단에서는 노후화 또는 손상정도에 따라 구조물의 성능이나 잔존수명을 평가하기 위한 안전성평가가 포함되어야 한다. 비파괴 재하시험은 시설물의 내하력을 결정하는데 도움을 주기 위한 보조수단으로 사용할 수 있다. 정밀안전진단 결과 보수·보강이 필요한 경우에는 보수·보강법을 제시하여야 한다.

(1)에 대해서 : 열화에 관한 고도의 전문지식에 기초해서 초기점검, 일상점검, 정기점검과 지금까지 실시된 기타점검의 평가·판정을 기초로 실시한다. 열화기구와 손상의 정도에 따라서는 보다 상세한 점검이 필요한 경우도 있다.

(2)에 대해서 : 점검항목 및 부위의 선정에 있어서는 열화에 관한 고도의 전문적인 지식을 기초로

정하는 것이 좋다. 점검항목은, [1] 균열폭·길이·깊이·진행상황, [2] 들뜸·박리·박락, [3] 강재부식상황, [4] 강재노출의 정도, [5] 강재위치·피복두께, [6] 배근상태, [7] 콘크리트의 물성, [8] 증성화 깊이, [9] 함유염화물 이온량, [10] 잔존팽창량, [11] 내부결함, [12] 콘크리트의 단면적, [13] 이상한 변형·변위, [14] 진동특성, [15] 지지상태, [16] 유리석회·이수, [17] 표면의 변색, [18] 화학적 부식인자의 침투깊이 등이 있다. 구조물의 환경조건이 열화의 진행에 큰 영향을 미친다고 생각되는 경우에는 열화원인의 파악과 열화예측을 위해 비래염분량, CO_2 농도, 물의 공급상황, 동결융해회수 등의 열화 외력 조사를 하면 좋다.

(3)에 대해서 : 구조물의 열화도를 판정하는 경우에는 일반적으로 외관상의 손상상황과 콘크리트의 품질열화, 보강용 강재의 부식상황 등의 항목에 대해서 정량적인 판정결과를 얻는 방법을 편성하는 것이 바람직하다. 정밀안전진단은 1 종 시설물(해설 표 3.7) 중 공동주택을 제외한 10년 이상이 경과한 시설물에 대하여 5년에 1회 이상 실시된다. 관리주체가 안전점검결과를 검토하여 필요하다고 인정하는 경우에는 2종 시설물에 대하여도 정밀안전진단을 실시할 수 있다. 해설 표 3.7에 건축물의 1종 및 2종 대상시설물의 범위를 나타냈다.

해설 표 3.7 1종 및 2종 대상시설물의 범위

구분	1종 시설물	2종 시설물
건축물 (6층 이상)	<ul style="list-style-type: none"> · 공동주택 : 21층 이상 · 건축물 : 21층 이상 또는 연면적 5만m^2 이상 	<ul style="list-style-type: none"> · 공동주택 : 16층 이상 20층 이하 · 건축물 : 16층 이상 20층 이하 또는 연면적 3만m^2 이상 5만m^2 미만

* 위표의 건축물은 건축설비, 소방설비, 승강기, 전기설비 등은 범위에서 제외

3.2.6 재료시험

3.2.6.1 현장시험

아래의 현장시험 절차를 콘크리트, 강재 및 목재 구조물에 사용할 수 있다.

(1) 콘크리트 현장시험

- ① 강도법, ② 음파법, ③ 초음파법, ④ 자기법, ⑤ 전기법, ⑥ 원자법, ⑦ 자기온도계법, ⑧ 레이다법, ⑨ 방사선법, ⑩ 내시경법

(2) 강재의 현장시험

- ① 방사선법, ② 자기입자 시험, ③ 와상전류 시험, ④ 염료 침투 시험, ⑤ 초음파 검사

(3) 목재 현장시험

- ① 침투법, ② 전기법, ③ 초음파법

【해설】

(1) 콘크리트 현장시험

- ① 강도법은 콘크리트의 경도를 측정하고 콘크리트 강도를 추정하는데 사용된다.

- ② 음파법은 기계적 음파법은 충분리나 기타균열을 발견하는데 사용된다.

③ 초음파법은 적절한 훈련과 경험을 쌓으면 초음파 기법을 사용할 경우 콘크리트 상태에 관하여 양호한 자료를 얻을 수 있다.

④ 자기법은 주로 철근피복두께 및 위치 확인에 사용된다.

⑤ 전기법은 저항 및 전위법이 있으며 전기적 저항기법은 시설물 바닥판 시일(Seal)도장의 침투성을 측정하는데 사용된다. 철근의 부식은 전위차에 의해 발생되는 부식셀을 발생시키고 콘크리트 바닥면에 설치한 하프-셀(half-cell)을 사용하여 하프-셀과 철근사이의 전위차를 측정함으로써 부식을 감지할 수 있다.

⑥ 원자법은 중성자 흡수 및 확산기법에 의해 콘크리트내 수분함량을 추정하는데 주로 사용된다.

⑦ 자기온도계법은 콘크리트 시설물 바닥판의 충분리를 탐지하는데 이용되는 보조시험법이다.

⑧ 레이다법은 지표면 침투 레이다(GPR : Ground Penetrating Radar)는 시설물 바닥판의 노후화 및 충분리를 발견하기 위하여 사용된다.

⑨ 방사선법은 감마광선의 콘크리트 투과성질을 이용하는 것으로 필름을 방사선에 노출시킴으로써 콘크리트의 점검에 사용할 수 있다.

⑩ 내시경법 내시경을 콘크리트 시설물 부재에 천공된 구멍 내부로 삽입된 관찰튜브를 이용하여 다른방법으로는 볼 수 없는 구조물 내부에 대한 정밀한 검사를 할 수 있다.

(2) 강재의 현장시험

① 방사선법은 용접 또는 주조의 슬래그 함침이나 간극과 같은 결함을 쉽게 찾아낼 수 있는 방법이다.

② 자기입자 시험은 염료침투 방법과 같이 표면이나 표면부근의 결함을 찾을 때에 쓰인다.

③ 와상전류 시험은 자기입자 점검과 매우 유사하게 운용되며, 결함은 조사하고자 하는 재료에 자기장이 아닌 전기장을 교란(Perturbation)시켜 발견한다.

④ 염료 침투 시험은 염료침투 방법을 사용한 점검으로 가장 보편적으로 사용되는 방법이다. 이 방법은 비록 구조물 표면의 결함에만 한정되지만 저가로 쉽게 사용할 수 있다.

⑤ 초음파 검사는 내부결함을 찾기 위하여 재료의 진동특성을 이용하여 점검하는 방법이다.

(3) 목재 현장시험

① 침투법은 칼, 송곳, 못 또는 브레이스(Brace), 비트(Bit)와 같은 탐침(Probe)을 내부 부식 또는 해충의 피해를 조사하기 위하여 사용한다.

② 전기법은 목재의 함수량 측정에 주로 적용된다.

③ 초음파법은 콘크리트 부재에 사용하는 초음파 검사 기법으로 목재구조물에 대한 현장시험에도 적용할 수 있다.

3.2.6.2 실내시험

현장시험 결과 및 조사된 사항을 보완하기 위하여 다음과 같이 표준화된 실내 시험을 실시할 수 있으며, 이들 시험은 KS 기준을 우선으로 하고 KS 기준에 없는 시험은 ASTM이나 AASHTO 등의 기준을 사용할 수 있다.

- (1) 코아시험 - 강도시험, 수분함량, 공기량 측정 등
- (2) 염분함량시험
- (3) 중성화 측정방법 - 폐놀프탈레이인 시험
- (4) 기타 시험 등

【해설】 생략

3.2.6.3 시험결과의 해석 및 평가

현장 및 실내시험 결과는 그 분야에 경험이 있는 자에 의하여 해석되고 평가되어야 한다. 이전에 같은 시험이 실시되어진 경우에는 시험결과를 비교하고 차이점을 분석평가 하여야 하며 같은 재료 특성을 평가하는데 다른 형식의 시험방법이 사용되는 경우에는 각 시험결과를 비교하고 차이점을 파악하여야 한다.

필요한 경우 기존자료와 현장계측자료를 토대로 예상되는 문제점을 분석하기 위하여 모델링을 통하여 이론적 해석을 실시할 수 있다.

【해설】 생략

3.2.6.4 시험보고서

모든 현장 및 실내시험결과는 시설물 관리에 필요한 자료의 일부로 사용하여야 한다. 시험결과는 책임시험자가 서명한 시험기관의 정식공문으로 제출하여야 한다.

【해설】 생략

3.2.7 안전사항

점검자 및 진단종사자의 안전은 물론 공공의 안전이 중요하므로 관리주체는 점검자가 점검기구와 장비의 적절한 운용과 안전관리에 만전을 기하도록 하기 위한 계획을 수립하여야 한다. 구조물의 열화진단을 위하여 점검을 수행할 경우의 안전사항은 이하와 같다.

- ① 작업이 진행되는 동안 점검구역을 깨끗하고 안전한 상태로 유지하여야 한다.
- ② 점검구역내 불필요한 인원은 가급적 배제한다.
- ③ 점검구역 관할 부서장은 검사작업이 안전한 상태로 진행되도록 편의를 제공한다.
- ④ 점검책임자는 점검수행전 안전교육을 실시하고 사전에 안전조치를 취하도록 한다.
- ⑤ 검사자는 점검전에 검사에 필요한 제 장비를 구비하여 그 작동여부 및 안전을 확인하고 점검책임자의 확인을 받아야 한다.

(1) 점검 및 진단종사자의 안전

(2) 공공의 안전

【해설】

(1) 점검 및 진단종사자의 안전 : 안전모, 작업복 필요한 경우 보안경 및 작업화를 포함한 개인용 보호장구를 항상 착용하여야 한다. 수동 및 자동장비를 사용할 경우는 항상 청각, 시각 및 안면보호장비를 사용하여야 하며 장구 및 기계는 항상 최적의 상태로 정비되어야 한다.

(2) 공공의 안전 : 공공의 안전측면에서 관리주체는 시설물점검기간 동안 교통통제와 작업공간보호를 위한 적절한 조치에 대한 계획을 수립 시행하여야 한다.

3.3 점검항목

각 점검단계에서 수행하는 점검항목은 다음과 같다.

(1) 일상점검(3.2.2 항 참조)

일상점검은 주로 육안검사에 의한 점검으로 다음과 같은 항목의 검사를 실시한다.

① 균열상황,

② 들뜸·박리·박락

③ 강재의 노출상황·녹의 유무,

④ 청소,

⑤ 누수·누출,

⑥ 변위·변형,

⑦ 지지상태,

⑧ 이상음·진동,

⑨ 변색,

⑩ 기타 점검책임자가 지정한 항목 등

(2) 정기점검(3.2.3 항 참조)

정기점검에서 조사하는 검사항목은 기본적으로 일상점검에서 조사하는 점검항목을 포함하고, 보다 근접해서 조사하기 때문에 상세하게 열화상황을 파악할 수 있고 간단한 장비를 사용한다. 일상점검에 비해 정기점검에서 추가되는 점검항목은 다음과 같다.

- ① 염해,
- ② 중성화,
- ③ 동해,
- ④ 피로,
- ⑤ 균열 및 들뜸 등의 정량적인 평가 등

(3) 긴급점검(3.2.4 항 참조)

기본적으로 정기점검에서 실시하는 점검항목을 포함한다. 점검항목은 구조물의 중요도 및 긴급사태의 상황에 따라서 정한다.

【해설】 생략

3.4 점검결과의 기록

3.4.1 일반사항

관리주체는 일관성 있고 적정한 점검·진단 및 유지관리를 위하여 소관 시설물에 대하여 완전하고 정확한 기록 및 자료를 보관하여야 한다. 시설물관리대장은 개개의 시설물에 관한 누적된 자료를 비롯하여 시설물의 손상과 보수·보강기록, 구조물의 내하력에 관한 자료를 포함한 모든 기록을 포함시켜야 한다. 또한, 시설물 관리대장은 향후 전산기에 의한 시설물 관리체계를 구축할 수 있도록 관리항목의 전산화를 고려하여 시설물을 관리하는 중앙행정기관의 장이 표준화하여 작성한다.

【해설】 생략

3.4.2 시설물관리에 필요한 자료

관리주체는 준공도면, 구조계산서, 특별시방서 등을 반드시 보관하여야 하며 아래에 명시한 기타서류는 시설물의 관리에 필요한 자료이므로 반드시 보존하도록 노력하여야 한다.

- (1) 설계도 : 시공도면, 제작 및 작업도면, 준공도면
- (2) 시방서 : 특별시방서
- (3) 사진 : 정면 및 측면, 주요 결함부위, 주요 시공사진
- (4) 재료시험 : 재료증명서, 관리 및 선정시험기록, 재하시험자료
- (5) 보수이력 : 날짜, 개요, 계약자, 공사비, 계약번호
- (6) 사고기록 : 날짜, 경위, 부재의 손상 및 보수현황
- (7) 점검이력 : 날짜, 종류 등 모든 점검 활동

(8) 점검시 필요사항 : 시설물의 특성, 해당부위, 특수장비목록, 접근방법과 안전확보 사항 등의 기록

(9) 시설물 관리대장 : 년도별 점검기록이 포함된 시설물 관리기록

(10) 안전성평가기록 : 내하력 결정과 관련된 기록

【해설】 생략

3.4.3 점검자료

(1) 점검자료는 점검시마다 그 결과에 따라 변경되며 필요한 경우 제 3 장의 절차에 따라 수행된 상태 점검의 결과와 더불어 각 시설물 자료에는 다음 점검 사항을 포함시켜야 한다.

① 사용제한사항

② 부대시설물

③ 환경조건(구조물에 피해를 주는 환경)

④ 기타(최고수위 등)

(2) 점검자료의 갱신

【해설】

(2) 점검자료의 갱신 : 시설물 관리대장에는 현장조사일시를 명시하여야 하며 최종점검 이후 시설물에서 수행된 주요 작업에 대하여 기록하여야 한다. 유지관리와 개량작업으로 인하여 구조물이 변경된 경우에도 변경된 치수를 기록하여야 한다.

3.4.4 상태 및 안정성평가 자료

전반적인 시설물의 상태와 내하력을 정의한다. 평가는 시설물관리대장 항목과 점검 자료를 기본으로 하며 다음과 같은 자료를 포함시킨다.

(1) 상태평가

(2) 안정성 평가

(3) 계측결과평가

(4) 변화된 상태에 따른 내하력

【해설】

(1) 상태평가 : 유지관리 또는 사용제한사항 등을 포함하며, 관찰에 의한 시설물의 상태에 대한 점검결과를 기록한다.

(2) 안정성평가 : 내하력을 결정하기 위한 계산기록을 보관한다. 취약부재를 포함한 해석결과에

대한 설명, 내하력 평가방법의 종류 및 해석에 사용된 계수에 대한 설명을 포함시켜야 한다.

(3) 계측결과평가 : 계측이 필요하다고 인정되는 시설물에 대해서는 필요한 개소를 선정하여 정기적으로 계측을 시행하고 그 기록을 보관한다.

(4) 변화된 상태에 따른 내하력 : 유지보수나 개량작업으로 인한 부재의 강도나 사하중의 변화가 구조물의 상태 또는 내하력을 변화시키는 경우 내하력을 다시 계산하여야 한다.

3.4.5 현장점검, 진단양식 및 보고서

현장에서 사용하는 점검 및 진단양식과 보고서는 체계적으로 작성되어야 하며 결함에 대한 설명과 결함의 개략도가 포함되어야 한다. 보고서는 정기점검보고서와 정밀안전진단보고서로 분류할 수 있다.

(1) 정기점검보고서

(2) 정밀안전진단보고서

【해설】

완성된 보고서는 시간이 경과한 후에도 설명과 결함에 대한 해석이 가능하도록 상세하고 명확해야 한다. 현장사진을 활용하여 결함을 확인할 수 있도록 하여야 하며 여러 가지 결함이 언급된 경우에는 보고서와 양식에서 상호 참조할 수 있도록 하여야 한다.

개략도와 사진은 결함의 위치와 특성에 관한 설명을 보충하기 위한 수단으로 사용하여야 한다. 노후화된 부재에 대한 간단한 입체단면도와 평면도를 사용하여 결함의 형태와 치수를 명확히 이해할 수 있게 하여야 한다. 보고서에 포함된 모든 자료의 근거를 명확히 하여야 하고 점검일시와 기타 자료의 근거도 기록하여야 한다.

(1) 정기점검보고서 : 포함되어야 할 사항

① 개요

② 정기점검의 범위 : 육안검사, 재료시험, 콘크리트 피복측정 등

③ 주요 부재별로 조사결과 분석

④ 주요 부재별 요약보고

⑤ 건의사항 : 정밀안전진단 또는 시설물 사용제한 필요성

⑥ 부록 : 점검결과, 사진, 주요 부위 결함 개략도 등

(2) 정밀안전진단보고서 : 포함되어야 할 사항

① 개요

② 정밀안전진단 계획 수립 : 진단범위, 필요한 재료시험, 내하력 측정 여부

③ 전체 부재의 조사결과 분석

- ④ 안전성 평가(구조적 안전성 평가)
- ⑤ 전체 부재 조사결과 요약보고
- ⑥ 보수·보강공법 제시
- ⑦ 건의사항
- ⑧ 부록 : 육안검사 사진, 육안검사 개략도, 재료시험결과, 보수·보강공법 등 조사자료

3.5 점검결과의 판정

3.5.1 시설물 상태평가

상태평가는 시설물 주요구조부에 대한 재료 및 육안검사에 조사된 상태에 대한 평가를 포함한다. 점검자는 안전점검결과, 각 부재로부터 발견된 결함을 근거로 하여 해설 표 3.8 과 같이 결함의 범위 및 정도에 따라 A, B, C, D, E 의 5 가지 단계로 상태등급을 정한다.

【해설】

일상점검에서는 점검양식에 따라 주요 부재종류별로 평가하는 것을 원칙으로 하고, 정기점검에서는 각 부재별로 작성하되 문제 부위에 대하여 망을 작성하여 상세히 상태등급을 매기며, 정밀안전진단에서는 전체 시설물에 대하여 망을 작성하여 상태등급을 정한다.

점검이 확실히 이루어졌는지 확인하는 대조표인 동시에 기록용 문서로써 이용하기 위하여 점검자는 육안검사결과를 안전점검양식에 각기 요소의 결함 또는 노후화의 형태, 크기, 양 및 심각한 정도 등을 기록하여야 한다.

해설 표 3.8 시설물 결함의 상태등급

부 호	상 태
A	문제점이 없는 최상의 상태
B	경미한 손상의 양호한 상태
C	보조부재에 손상이 있는 보통의 상태
D	주요 부재에 진전된 노후화(강재의 퍼로균열, 콘크리트의 전단균열, 침하 등)로 긴급한 보수 보강이 필요한 상태로 사용제한 여부를 판단
E	주요 부재에 심각한 노후화 또는 단면손실이 발생하였거나 안전성에 위협이 있어 시설물을 즉각 사용금지하고 개축이 필요한 상태

제 4 장 유지관리용 점검 시설 및 설치

4.1 유지관리용 점검 시설 및 설치

유지관리용 점검시설은 건축구조물의 점검을 용이하게 하고 손상 발생시 즉각적인 보수 및 보강 작업이 가능하게 하는 시설로서 건축구조물의 규모, 중요도, 용도, 외관, 기능성 그리고 점검시설의 경제성 등을 고려하여 결정한다.

(1) 점검시설의 조건

(2) 점검시설의 종류

【해설】

건축구조물 유지관리의 기본 목적은 구조물의 안전성을 확보하고 기능을 유지하는 것이다. 그 일환으로 구조물에 발생한 손상을 조기에 발견하고 손상원인을 규명하여 신속하고 정확한 대책을 수립하여야 한다. 이러한 일련의 과정을 충실히 수행하기 위해서는 체계적인 점검계획서에 따라 정기적이고 지속적인 점검이 이루어져야 한다. 이때, 효율적이고 객관적인 점검결과를 얻기 위해서는 건축구조물의 특성에 적합한 점검시설이 필요하고, 점검시설 자체에 대한 유지관리와 기기의 취급 방법에 대해서도 충분히 주의하여야 한다.

최근 건축물의 초고층화와 장스팬화로 인해 구조물이 점차 대형화, 고도화가 되고 있다. 또한, 특수한 용도의 건축구조물의 수요도 점차 증가하는 추세이기 때문에 유지관리를 위한 점검시설의 설치에 대해서 설계에서부터 적극적으로 고려되고 있다.

(1) 점검시설의 조건

건축물의 설계시점에서 고려해야 할 점검시설의 조건은 다음과 같다.

- ① 건축한계를 넘지 않는 범위내에서 점검과 보수를 위한 공간이 확보되어야 한다.
- ② 시공시에 점검시설을 설치하는 것이 바람직하다.
- ③ 접근이 가능한 부분에서는 점검과 보수가 가능한 구조이어야 한다.
- ④ 작업시에 안전성이 보장되어야 한다.
- ⑤ 점검시설은 조작이 간편하고 내구성이 좋아야 한다.
- ⑥ 전동 구동장치는 필요시 수동으로 구동되어야 하며 각종 안전장치가 고려되어야 한다.
- ⑦ 상기의 점검시설은 건축구조물의 미관상 지장이 없는 범위에서 설치하는 것을 원칙으로 한다.

(2) 점검시설의 종류

건축구조물의 점검 및 보수에 이용할 수 있는 시설은 형태에 따라 해설표 4.1 과 같이 분류할 수 있다.

해설 표 4.1 점검시설의 종류

형태	종류	목적
고정식	검사통로 형식	<ul style="list-style-type: none"> - 천정 내부의 점검 - 층고가 높은 개방된 내부공간의 천장면 및 설비기기 등의 점검
	사다리 형식	<ul style="list-style-type: none"> - 벽면의 점검 - 다른 부위로의 접근 수단
주행식	곤돌라 형식	<ul style="list-style-type: none"> - 외벽면의 점검
점검차	고가 점검차	<ul style="list-style-type: none"> - 외벽면의 점검 및 보수공간의 제공
	바구니 점검차	<ul style="list-style-type: none"> - 외벽면의 점검과 보수공간의 제공 - 내부의 고소 작업이 필요한 공간의 점검 및 보수공간의 제공
기타	승강기	<ul style="list-style-type: none"> - 원자력 격납건물의 외벽면과 포스트텐션 정착부의 점검

제 5 장 주요손상부에 대한 대책 및 보고

5.1 손상조치의 종류

건축구조물에 발생한 손상의 원인은 설계, 환경, 재료, 시공 등 여러 가지 원인이 있으며 손상을 방지하면 구조물의 안전성에 중대한 영향을 미치는 손상으로 발전될 수 있고 손상부위의 탈락이나 누수 등으로 인한 주요기기의 고장 및 장애로 인하여 거주성 및 사무의 능률면에서 중대한 지장을 초래하게 되므로 손상 부위의 발견 즉시 가능하면 조기에 손상의 정도에 따라서 적절한 조치를 취해야 한다. 손상조치는 건물의 상황을 종합해서 판단하고 향후의 손상의 원인추정에도 활용할 수 있도록 해야 한다. 일반적으로 손상조치의 종류는 다음과 같다.

- (1) 일상조치 : 손상예방을 위한 간단한 조치
- (2) 응급조치 : 안전에 중대한 위험이 있어 임시적으로 긴급하게 보수·보강하는 조치
- (3) 보수·보강조치 : 주로 시설물의 내구성과 사용성 확보 차원에서 발생한 손상이 더 이상 진행되지 않도록 하거나 내력을 증대시켜 안전성을 확보하는 조치
- (4) 교체조치 : 건축물의 일부 또는 전부를 철거하고 신설하는 조치

【해설】 생략

5.1.1 일상조치

일상조치는 시설물에 손상이 발생하기 이전에 예방적인 차원에서 실시하는 간단한 조치들로 그 내용은 다음과 같다.

- (1) 구조적 안정상태에 관한 일상조치

(2) 설비시설에 관한 일상조치

(3) 기타 일상조치

【해설】

(1) 구조적 안정성에 관한 일상조치 : 건축물의 외벽 및 주요구조부의 표면에서 탈락의 위험이 있는 부분은 제거하고 결손부분은 청소한 후 보수한다. 재료적 부식 등에 의한 구조부재의 내력 저하 등의 손상에 대비하여 정기적으로 재료시험을 한다.

(2) 설비시설에 관한 일상조치 : 건물내의 소화설비 기계설비 등의 시험가동 및 작동시간을 실제 측정해 보고 환기팬 등의 정착불량으로 인한 낙하의 우려가 있는 설비기기는 점검하여 안전하게 정착시킨다. 또한, 설비기기의 내·외부를 정기적으로 청소하고 윤활상태를 점검하여 운전에 문제가 없도록 주유 등 필요한 조치를 해야 한다.

(3) 기타 일상조치 : 기타 건축물내의 전기조명설비, 비상구의 출입문, 창호의 개폐, 부속철물의 고정상태, 배수시설, 펌프 등의 작동상태를 점검하고 이상이 있을 때는 즉시 수리한다.

5.1.2 응급조치

건축구조물에 발생한 손상을 방지하는 경우 대인이나 대물에 위험을 줄 가능성 있는 손상 또는 시설물 자체의 손상이 급속히 확대될 가능성이 있는 경우에는 응급조치를 취해야 하며 가능한 한 응급조치의 지속기간을 짧게 하는 것이 바람직하다.

【해설】

점검에서 발견된 손상의 종류가 시간적으로 임시적이나마 신속한 대책을 요하는 경우에는 응급 조치를 취해야 한다. 즉, 손상을 그대로 방치할 경우 심각한 문제를 야기시킬 소지가 있거나 그 진행이 급속도로 확산될 징후가 보이는 경우에 대하여 응급조치를 실시한다. 응급조치는 상세한 역학적 검토 없이 행해지므로 여러 가지의 불안정 요소를 내포하고 있다. 그러므로 응급조치의 기간이 길어지면 기존의 손상외에 부가적인 손상이 올 수 있으므로 보수·보강 대책과 같은 영구조치를 빠른 시간내에 취해야 한다.

5.1.3 보수·보강조치

건축구조물에 관한 일상점검이나 정기점검, 긴급점검, 정밀안전진단을 실시한 후 손상이 발견되면 해당 손상내용에 적절한 보수·보강 조치를 실시하여야 한다. 보수·보강 조치에 관한 구체적 항목들은 다음과 같다.

(1) 철근콘크리트의 균열에 관한 보수·보강조치

(2) 콘크리트 결손부의 보수·보강조치

(3) 중성화에 관한 보수·보강조치

(4) 콘크리트 강도저하에 관한 보수·보강조치

(5) 철골의 보수·보강조치

【해설】

(1) 철근콘크리트조의 균열에 관한 보수·보강조치 : 외벽과 바닥슬래브 등의 균열에 대한 보수 방법에는, 크게 ① 수지주입공법, ② U-컷트 실(seal)재 충전공법, ③ 실공법이 있다.

<수지주입공법> : 균열폭이 0.2 mm 이상인 경우에 적용한다. 주입방법에는 수동식, 자동식 및 기계식의 3 가지 방법이 있으며, 다른 보수공법과 비교해서 장기의 내용년수를 기대할 수 있다. 그러나 건조수축이 완전하게 끝나지 않았던가, 온도에 의한 팽창수축이 특히 큰 원인에 거동이 있는 균열에 주입공법을 사용하면, 다른 건전한 부분에 균열을 유발할 우려가 있다.

주입하는 수지는 저점도 및 중점도의 에폭시수지를 사용한다. 주입파이프는 사각판을 붙인 것과, 단관의 2 종류가 있으며, 균열폭에 따라서 간격을 50~300 mm 범위로 균열부위에 부착한다. 기구의 접착과 임시 멍춤재로서는 에폭시퍼티(putty)와 합성고무계의 실재가 사용된다. 접착재의 퍼티가 경화할 때, 일단에서 펌프로 주입하면서, 인근의 파이프로부터 수지가 나올 수 있도록 마개를 하여 가능한 펌프의 노즐을 이동해서 주입을 하고 이것을 반복한다.

<U-컷트 실재 충전공법> : 본 공법은 거동이 있는 균열에 적용한다. 거동이 비교적 작은 균열에는 가소성에폭시수지를 거동이 큰 균열에는 우레탄계, 변성실리콘계의 실링용재를 사용한다.

실링재를 충전하기 위한 방법으로 콘크리트를 컷트하는 방법에는 V 형과 U 형이 있다. 이전에는 V 형이 사용되었지만, 최근에는 U 형이 많이 적용된다. U 컷은 U 컷트 전용의 폭 10 mm의 날을 사용하여, 균열의 중심을 벗어나지 않도록 절단한다. 특히, 균열이 굴곡진 경우에는 가능한 한 직경이 작은 날을 사용한다. 흄의 깊이는 10~15 mm로서, 컷트 후에 흄의 중심을 브러시로 잘 닦아내고 진공소제기로 먼지를 흡인한다. 거동이 큰 균열에 대해서는 흄의 밑면에 테이프와 독립기포체를 넣어 실재를 2 면접착의 형으로 사용한다.

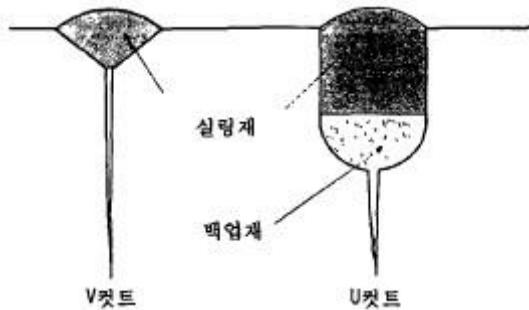
실재는 기포를 감싸지 않도록 코킹구간에 충전해서 흄의 중심에 적량을 충전한 후, 표면을 줄여서 평균으로 나눈다. 가소성 에폭시수지를 충전한 경우는 마감재의 도장재 부착을 좋게 하기 위해 충전직후에 가는 모래를 표면에 뿌린다.

(해설 그림 5.1)

<실공법> : 주로 폭이 0.2 mm 미만의 미세한 균열부의 보수에 사용한다. 주요재료의 실재는 퍼티상 에폭시수지, 가소성 에폭시수지 혹은 폴리머시멘트 페이스트를 사용한다.

기존의 마감재가 있는 경우는 원칙적으로 마감재를 제거하여, 콘크리트면에 시공한다. 기존의 마감재가 건전하여 제거가 곤란한 경우는 마감재의 표면에 바탕처리를 하는 경우도 있다. 바탕처리는 와이어브러시와 디스크샌드 등으로 균열부를 따라서 폭 50 mm 정도를 갈아낸다. 프라이머는 실재와의 상대성이 있기 때문에 실재의 제조사가 지정하는 재료를 사용한다. 또한, 실재에 따라서는 실재가 프라이머의 역할을 하는 것도 있으며 이 경우는 프라이머는 생략한다.

실재의 도포에는 마스킹테이프를 사용하여 폭 10 mm 정도로 균일하게 시공한다. 실재위에 도장을 하는 경우는 도막이 접착하기 쉽도록 또는 실재의 줄눈이 없게하기 위해 실재시공후에 가는 모래를 뿌려서 거칠게 면처리 한다.



해설 그림 5.1 실제의 충전공법

(2) 철근콘크리트 단면 결손부의 보수·보강조치 : 콘크리트 표면의 박리, 박락 등의 결손부의 보수방법에 에폭시수지 모르터와 폴리머시멘트 모르터의 충전공법이 있다. 에폭시수지 모르터충전공법은 비교적 깊은 결손부의 보수에 적용한다. 보수부의 바탕이 취약하면 보수후에 다시 박리가 생기는 것도 있기 때문에, 깎아내어 건전한 바탕이 나오게 한다. 철근의 녹은 와이어브러시와 그라인드 등을 사용해서 제거하고 에폭시수지계 모르터의 제조사가 지정하는 재료를 사용한다. 해설 표 5.1에 V 컷트 및 U 컷트의 비교를 나타냈다.

<에폭시수지 모르터> : 프라이머 도포후의 에폭시수지 모르터의 충전은 프라이머의 점착성이 있는 쪽으로 한다. 결손의 폭이 크고, 두께가 50 mm 정도를 넘어서 훌러내림과 박리의 우려가 있을 때는 용접철망과 래스 등을 사용한다. 보수후에 도료 등으로 마감할 때에는 부착성에 대해서 검토를 해둔다.

<폴리머시멘트 모르터> : 폴리머시멘트 모르터는 에폭시수지 모르터에 비해 늘어지기 쉽기 때문에 여려층으로 나누어서 도포한다. 1회의 도장두께는 7 mm정도로서 최대 마감의 두께는 30 mm 정도 이하로서 결손부가 이것보다 깊을 때는 에폭시수지모르터를 사용한다. 폴리머시멘트 모르터는 통상의 모르터와 같이 에폭시모르터와 비교해서 경화수축성이 높고 시공조건에 의해서 균열이 발생하기 때문에 적절한 양생이 필요하다.

해설 표 5.1 V 컷트 및 U 컷트의 비교

	사 양	효 과
V컷트	홈의 형상이 V형. 홈전면에 실링재를 접착시킨다.	균열의 폭이 기온 등으로 변동하면 V형 저부의 실링재의 변형도가 크게 되어 파단 벗겨짐이 생긴다.
U컷트	홈의 형상은 U형, 저면에 백업재를 사용하여 구의 연직면 만으로 접착시킨다.	실링재의 폭이 깊은 방향에서 같은 모양으로 되기 때문에 균열의 폭이 변동해도 실링재의 변형도가 동일하게 보존된다.

(3) 중성화에 관한 보수·보강조치 : 콘크리트 표면이 중성화할 때의 보수방법으로서 도포공법과 전기침투법이 있다.

<도포공법> : 특수조합의 알칼리수용액을 콘크리트의 표면에 도포, 향침시켜, 알칼리성분을 부여함과 동시에 콘크리트 표면을 경화시키는 공법이 있다. 콘크리트의 표면이 취약한 부분과 들뜸을 와이어 브러시로 닦아내서 오염과 이물을 함께 제거한다. 균열이 있으면, 그 폭을 따라서 처치를 한다. 철근의 녹이 있으면, 녹제거를 하고 콘크리트면을 고압의 물로 세정한다.

중성화방지액을 러러브러쉬와 헝겊을 사용해서 콘크리트 내부에 침투하도록 충분히 바른다. 노출철근은 방청재를 도포한 후 U 컷트부의 결손부의 보수를 한다. 이상과 같이 방청페이스트를 전면에 도포해서 탄산가스와 물의 침입방지를 도모한다. 필요에 따라 이것 위에

마감재를 시공한다. 중성화 방지액 및 방청페이스트는 알칼리 회복제로서, 특정의 공법으로서 여러 가지가 있다.

<전기침투법> : 중성화한 콘크리트에 전기침투법을 사용해서 표면의 알칼리 수용액을 내부일 철근까지 침투시켜서 알칼리화하는 공법이 있다. 중성화한 콘크리트의 표면에 펄프섬유를 뿌려서 이것 위에 메쉬상의 외부전극을 매입하여 알칼리액을 분무해서 흡수시킨다. 알칼리액의 증발을 막기 위해 펄프섬유를 분무한다. 한편, 콘크리트 내부의 철근(벽근과 주근)을 음극으로 해서 직류의 전압을 걸면, 펄프섬유내의 알칼리액이 음극인 철근의 방향으로 침투해서 중성화한 콘크리트의 알칼리성이 회복된다. 침투성이 작은 콘크리트에 침투시키기 위해 시간이 걸린다는 점과 펄프섬유를 사용하고 버리기 때문에 비용이 높은 점을 제외하면, 알칼리성은 완전하게 회복하고 시공후 침투한 알칼리액이 건조증발해도 알칼리성분만은 콘크리트중에 남고 또한, 철근의 녹도 없어진다.

(4) 콘크리트의 강도저하에 관한 보수·보강조치 : 현재의 기술로는 경화한 콘크리트의 강도를 더욱 크게 하는 공법은 없다. 건물의 노후화조사 등으로 콘크리트의 강도가 설계강도 보다 낮다고 판정될 경우, 이 때문에 장해가 생기고 있는가, 장해가 나타나지 않아도 현행법규에 적합하지 않을 때의 대책으로서, 부재단면을 크게 한다거나, 강재를 부가하는 등의 보강공법을 채용하고 있다. 주된 공법으로는 ① 부분적 직타공법, ② 강판접착공법, ③ 부재단면증대공법, ④ 부분적 보강재 추가법 등이 있다.

<부분적 직타공법> : 불량부분의 콘크리트를 브레이커 등으로 깨내어 새로운 콘크리트를 타설한다. 신설타설부는 필요한 만큼의 철근을 배근하는 것은 가능하지만, 기존부분에의 철근의 정착은 수지앵커에 의한 방법밖에 없기 때문에 기존의 철근의 활용을 도모한다. 이음타설부에 가까운 곳의 콘크리트 깨낼때 기존철근을 상하지 않도록 한다. 신구콘크리트의 타설이음부는 잘 청소해서 들뜸과 쪼개짐이 없는 상태로 해두고 에폭시수지의 프라이머 도포를 하면, 가장 접착효과가 좋다. 일체타설의 경우와 비교해서 70% 정도의 전단강도가 얻어진다는 실험보고가 있다.

<강판접착공법> : 기존철근콘크리트 부재의 인장측 표면에 강판을 접착해서 기존콘크리트와 일체화하는 것에 의해서 부재의 강성과 내력을 증대시키는 방법이다. 바닥슬래브와 보 등의 휨재에 사용한다. 접착공법은 주입공법과 압착공법이 있다.

① 주입공법 : 콘크리트 부재에 강판부착용 앵커볼트를 50 mm~100 cm 간격으로 설치하고 강판과 콘크리트면 사이를 3 mm~5 mm 정도의 공간을 설치해서 부착한다. 강판의 주위를 퍼티상의 에폭시수지로 실하고, 접착제로서 에폭시수지를 주입한다.

② 압착공법 : 강판에 접착용의 에폭시수지를 도포하여, 콘크리트면에 압착해서 일체화를 도모하는 공법이다. 압착력이 유효하게 거동하기 위해서는 콘크리트면과 강판면의 평활화가 절대 필요하며, 부착부 앵커볼트의 도입토크값(최종압착층의 두께 0.3 mm를 목표)과 접착재의 점도(35,000~65,000cP) 및 접착재가 경화할때까지의 양생(진동방지) 등, 엄격한 관리가 필요하다.

③ 독립기둥의 공법 : 독립기둥에는 접착하는 대신에 철판을 L형으로 공장 가공하여 이것을 접합 시켜서 기둥을 두르고 접합부를 용접해서 기존콘크리트와 강관기둥 사이에 에폭시수지와 수축모르터를 주입해서 일체화하는 방법도 취해진다.

④ 기타 : 내화구조가 요구되는 건물에 강재를 보강재로서 사용하는 경우는 원칙적으로 내화피복을 하여서 내화구조로 만들 필요가 있다. 강판대신에, 경량이어서 취급하기 쉬운 탄소섬유와 유리섬유, 폴리아미드섬유 등이 시트보강재로 개발되어, 훈용력에 대한 보강재로서 사용하고 있다.

<부재단면증대공법> : 바닥슬래브, 보 및 기둥 등의 강도가 부족한 부재의 보강방법으로서 부재의

상면(기둥에서는 외면)을 깎아내어 부재의 하부(기둥에서는 중심부)를 남기고, 필요한 보강근을 신설해서 배근하고, 소요강도의 콘크리트를 증설타설해서 부분적으로 콘크리트를 취환함과 동시에 보단면을 크게하여 내력을 증대시키는 공법이다.

① 바닥판 : 바닥슬래브에 적용되는 경우가 많다. 이것은, 바닥슬래브가 기둥과 보와 달라서 타설깊이가 적기 때문에 콘크리트의 강도가 작은 경우가 많고, 또한, 상단근이 소정의 위치보다 아래에 있기 쉽고, 장해가 나타나기 쉬운점 및 콘크리트의 타설이 기둥과 보에 비해서 용이한 이유에 따른다.

마감재를 철거한 후, 별도로 새롭게 상단근을 배근한다. 단독슬래브의 경우, 상단근의 일부는 수지앵커로 주위의 보에 정착한다. 인접해서 바닥슬래브를 보강하는 경우, 인접부의 상단근은 보에 정착할 필요는 없고, 소정의 길이로 배근해서 두면 좋다. 배근후, 콘크리트를 타설하지만 신구콘크리트판을 일체화하기 위해 철근을 기존슬래브에 매입해 둔다.

② 기둥 : 축력을 받는 기둥의 경우는 후프근이 보일때까지 피복콘크리트를 제거하고 그 위에 새롭게 철근과 후프근을 배치해서 콘크리트를 기준 기둥의 주위에 타설한다. 1 층 주각에서, 하부에 기초판이 있을 때는 주근을 수지앵커로 기초판에 정착한다. 내림벽이 붙은 기둥의 경우에는 내림벽을 관통해서 후프근을 감싼다. 외주의 경우는 외벽과 샷시류가 부착되고 의장상의 문제도 있어서 시공할 수 없는 경우가 많다.

③ 보 : 보의 경우, 윗면은 바닥과의 단차 때문에 증설타설을 할 수 없는 경우가 많다. 일반적으로는 양측면과 아랫면의 3 면을 증설타설하지만, 위에 바닥슬래브가 붙어 있기 때문에 시공이 곤란하다. 기둥과 마찬가지로 기준보의 늑근이 보일때까지 피복콘크리트를 제거하고 하단근과 늑근을 새롭게 배근한다. 늑근을 바닥슬래브를 관통해서 보상단을 감싸도록 하기 위해 L자 형을 상하에서 조합시켜서 측면에서 용접하여 후프형태로 한다.

보의 콘크리트의 타설은 위층의 바닥슬래브에 구멍을 내어서, 상부에서 타설하던가, 보의 측면의 상부에서 콘크리트를 투입한다. 어떠한 방법도 바닥슬래브 바로 아래 부분에 공극이 남는다. 이 부분은 콘크리트 경화후에 무수축모르터를 주입해서 일체화를 도모한다.

④ 공법의 문제점 : 이러한 보강은, 고정하중이 증대하여, 또한, 구체의 강성이 강도와 함께 변화하기 때문에 사전의 구조상의 검토가 불가결하며, 특히, 기초의 내력에 여유가 없을 때는 불가능하다. 이 때문에 부분적으로 장해가 생기는 경우를 제외하면, 대규모로 사용되는 것은 적다.

<부분적 보강재 추가법> : 철골과 콘크리트 부재를 국부적으로 추가보강해서 보강전의 응력보다 적게되도록 응력의 상태를 변화시켜 저강도의 콘크리트에도 대응할 수 있도록 하는 공법으로 이 방법이 가장 일반적이다. 바닥슬래브가 대상일 때는 바닥슬래브 아래에 작은 철골보를 넣어 바닥슬래브의 지지조건을 변화시켜, 바닥슬래브의 응력을 보강전보다 저감시키는 것이 가능하다. 보가 대상일 때, 보를 직접 강판 등으로 보강하는 경우도 있지만, 작은 철골보를 그 보에 평행하게 설치하여, 그 보의 지배면적을 작게하면 응력이 감소한다. 그러나, 작은 철골보를 지지하는 보의 응력은 그 만큼 증대하기 때문에 신중한 검토가 필요하다.

일반적으로, 철근콘크리트 건물은 연직하중과 지진 등의 수평하중에 견디도록 설계되며, 지진시의 응력쪽이 연직하중시의 응력보다 큰 경우가 많다. 따라서 보와 기둥의 프레임의 콘크리트 강도가 설계강도 보다 낮아도 내진요소를 추가 보강하는 것으로 대처할 수 있다. 내진요소로서는 기존 벽두께의 증대와 신규내진벽의 증설, 혹은 철골 브레이스의 프레임 내부착 등이 사용된다. 이러한 내진요소의 증설은 건물의 사용용도와 의장상의 관점에서 제약을 받지만, 시공이 비교적 쉽고, 또한 효과적인 보강방법이다.

(5) 철골의 보수·보강조치

<바탕만들기> : 철골조에서는 일반적으로 녹을 방지하기 위해 도료상부에 페이스트 등의 도료로 마감한다. 이 도막이 열화한 경우, 그 상태에 따른 바탕만들기를 한후 재도장한다. 바탕만들기의 4 종류의 등급이 있으며, 제 1 종이 가장 열화의 정도가 엄격할 때, 제 4 종은 가장 경미한 열화일 때 채용한다.

<1 종 바탕청소> : 철골의 부식이 현저할 때 적용하고 블라스트법에 의해 구 도장막과 녹을 완전히 제거하여 금속면을 노출시킨다. 칼아낸 면은 철 그 자체로 상당히 산화하기 쉽다.

<2 종 바탕청소> : 도막이 열화하여, 철부의 부식이 심할 때 적용하고, 디스크 샌드 등의 전동 공구와 와이어브러쉬 등의 수공구를 병용해서 구도막과 녹을 제거하고 금속면을 노출시킨다. 건전한 구도막이 있을때는 남겨둔다.

<3 종 바탕청소> : 도막의 대부분이 부분적으로 손상과 녹이 있는 상태일 때 적용하고, 부분적으로 디스크샌드와 와이어브러쉬 등의 전동공구와 수공구를 병용하여 구도막과 녹을 제거해서 금속면을 노출시킨다.

<4 종 바탕청소> : 도막이 변색, 백아화, 부착물이 많을 때에 와이어브러쉬, 샌드페이퍼 등의 공구로 분화물과 오염을 제거해서 청소한다.

<도료> : 도료는 부탈산수지, 실리콘알카드수지, 에폭시에스텔수지, 고무유도체, 폴리우레탄수지 등 다종다양으로 재질에 따라서 각 성능의 차이가 있으며, 성능이 좋을수록 가격이 높다. 모두가 금속면에는 하도로서 녹방지 도장을 한다. 녹방지 도료는 바탕청소 직후에 시공하는 것이 좋고, 시간이 경과하면 산화철의 피막이 금속면에 생겨, 바탕청소 효과를 감소시킨다. 구도막이 남아 있는 경우, 살두께를 실측해서 실측치에 기초한 단면의 제계수를 산정해서 응력도의 검토를 한다. 이 검토결과, 각부분의 응력도가 허용값을 넘는 경우는 보강을 한다.

용이하게 탈착할 수 있는 부재는 부품과 교환한다. 기둥과 보의 직선부분은 강판과 경량형강 등을 덧대어 용접해서 보강한다. 하지만, 부식하기 쉬운 장소는 주각과 기둥보 접합부 등에 간단하게 보강할 수 없다. 구체적인 방법은 다음과 같다.

<주각보강방법 1> : 녹부분은 반드시 제거하고 에폭시수지계의 방청도료를 도포한다. 주각에 필요 본수의 스터드를 부착한다. 기초판에 철근을 필요수만큼 수지앵커하고 후프근을 감은 후 콘크리트를 타설한다. 철골기둥에서 감싸기 콘트리트를 매개로 기초에 응력을 전달한다.

<주각보강방법 2> : 기둥을 가설공사로 가지지한 후 일정의 높이에서 절단하여 새로운 주각부와 교체한다. 절단부는 낄판을 맞대서 용접으로 접합한다. 앵커볼트는 부식해서 사용하지 않는 것이 많기 때문에 새롭게 외측에 수지앵커로 정착해서 세운다.

<기둥과 보 접합부의 보강방법> : 보 상하의 플랜지판의 외측에 낄판을 맞대는 보강방법이 있지만, 기둥의 플랜지판도 판두께가 얇지 않는 경우도 있으며, 각각에 낄판을 맞대면, 응력의 전달이 복잡하게 된다. 일반적으로는 헌치를 설치해서 접합부의 단면을 크게 하고 두께가 감소한 부분을 보강하도록 한다. 연직하중에 대해 단면이 부족한 경우는 가새로는 보강하지 않지만, 수평력에 의한 응력으로 접합부의 단면이 부족하지 않을 때는 가새의 효과는 크다.

<트러스의 보강> : 일반적으로, 래티스재는 주재보다 부재의 치수가 작기 때문에, 트러스보의 양측의 측면에 강판을 둘러서 주재와 용접해서 총복보와 박스보로 한다. 래티스보는 리벳, 고력볼트와 용접하는 경우가 많다. 리벳과 고력볼트를 1 본씩 교대로 래티스재에 보강하며, 주재를 보강하는 것은 시공이 까다롭다. 자주, 첨가 보로 만든 기타의 철골부재를 가구에 적용하도록 보강해서 가구의 응력을 감소시키는 보강방법을 사용하는 쪽이 좋다.

5.1.4 교체조치

건축구조물에 발생한 손상이 구조물의 안전성 및 기능성에 치명적인 영향을 미치고 기존의 보수·보강조치로는 기능성 및 안전성을 회복할 수 없을 때 또는 보수·보강보다 교체가 경제적으로 유리하다고 판단될 경우는 시설물의 일부나 전체를 개축한다. 교체공법의 선정에 있어서는 환경조건, 안전성, 교체후의 처리, 공기 등을 고려하는 이외에 대상구조물에 적절한 공법을 선정해야 한다.

【해설】

노후한 구조물의 증가, 설계하중을 상회하는 재하 등에 의해서 생기는 구조물의 기능저하 등 구조물의 교체의 중요성은 점차 증가하고 있다. 교체방법은 교체하는 구조물에 적절한 공법을 선정해야 할 필요가 있다. 이 경우, 단독공법은 아니고, 2~3개의 공법이 조합되는 것이 일반적이고, 특히, 환경과의 관계, 안전성, 교체후의 처리, 공기, 경제성 등에 충분한 배려가 필요하다. 교체시에 구조물의 열화상황을 조사하는 것은 비교적 용이하기 때문에 교체작업시에 손상조사를 실시하고 조사결과를 기록하는 것은 유지관리 기술을 향상시키는데 있어 바람직하다.

5.2 조치방법 선정시 검토사항

건축구조물의 손상에 대한 조치방법은 건물의 종류·용도에 맞게 앞서 1장에서 언급한 유지관리 수준에서 정한 것과 같이 미관, 실내환경, 기능의 확보, 안전성, 경제성, 내구성 등에 우선적인 순위를 붙이고 계획적, 효과적으로 조치방법을 선정하는 것이 바람직하다. 특히, 손상의 정도, 중요도 등에 따라서 조치방법이 결정되어야 하므로 시설물의 점검결과를 정밀 검토한 후에 조치방법을 결정해야 한다.

【해설】

유지관리 수준에서 정한 항목과 마찬가지로 손상부에 대한 조치방법 선정에 있어서도 다음의 항목 등을 충분히 고려하여 선정하여야 한다.

미관 : 벽면의 오염, 마감재의 균열 파손, 창호의 변형, 녹발생 등의 현상을 문제로 다룰 수 있다. 미관을 특히 중요시하는 시설로서는 사무소, 은행, 극장, 백화점, 호텔등이 이에 해당한다.

실내환경 : 실내환경이 중요시되는 시설로서는 정밀·세밀한 업무를 수행하던가, 육체적, 정신적으로 휴식을 요하는 정도가 높은 시설이 해당되는데 연구실·정밀기기공장·병원·호텔 등이 우선도가 높다.

기능의 확보 : 건물의 종류에 따라서 허용범위에 상당한 차이가 있다. 일반적인 건물에서는 에너지의 절약을 위해 조도 또는 온습도 등을 약간 낮게 억제해도 업무에 큰 지장을 주지는 않지만 일부 건물에서는 시설기능의 부분적인 결함이 업무전반에 큰 영향을 줄 수 있다. 방송국·공항·역사·기상대·병원·연구소·전신전화국·발전소·변전소·공장 등이 이에 해당한다.

안전성·방재성 : 어느 종류의 건물에 대해서도 가장 중요한 항목이지만, 특히 공중이용시설, 유사시 재해대책본부시설, 의료기관과 문화재 등이 해당된다. 백화점·극장·영화관·공회당·호텔·소방·경찰·관공서 시설, 은행·미술관·박물관 등이 이에 해당한다.

경제성 : 유지관리에 있어서 가장 기본이 되는 항목이므로 건물의 성능을 유지하는 범위에서 최소의 지출이 가장 바람직하지만, 과도한 지출 억제는 내용연수를 줄이게 되고 장기적 견지에서 반드시 경제적으로 되지는 않는다. 임대사무소와 같은 임대시설, 공장과 같은 생산시설은 경제성의 우선도가 높다.

내구성 : 문화재, 기념성이 높은 시설과 관공서 시설은 보존의 가치가 높기 때문에 충분한 배려를 필요로 한다.

대민영향도 : 민원의 발생을 미리 방지하고 대책을 마련한다.

5.3 조치기록

건축구조물의 손상에 대한 조치는 설계, 시공, 점검, 평가·판정, 보수, 보강 등의 결과를 체계적으로 기록, 보존하여 향후 점검과 유지관리시 반영할 수 있도록 하여야 한다.

【해설】

기록은 구조물의 제원, 손상내용과 결과, 손상결과의 평가·판정, 보수, 보강 등의 대책의 실시 내용 등, 구조물의 손상에 대한 조치에 필요한 내용을 이후의 유자관리의 자료로 하기 위해 참조하기 쉬운 형태로 보존해야 한다. 기록은 관리하는 구조물의 효율적이고 합리적인 자료를 얻는 것을 목적으로 한다. 더욱이, 기록의 분석에 의해 유지관리면에서 본 설계, 시공상의 문제점과 개선점이 명쾌하게 되는 등, 기술의 진보에 기여할 수 있게 된다. 구조물의 조사, 검사, 보수, 보강 등을 할 때에는 과거의 기록을 상세하게 검토해서 실시하고 종료후는 그 결과를 기록에 추가해야 한다. 기록은 구조물의 상태에 관한 데이터베이스이기 때문에 기록내용이 최신의 내용이 되도록 항상 배려해야 한다. 손상에 대한 조치의 기록은 구조물을 사용하고 있는 기간동안 보존하는 것을 원칙으로 하고 사용기간이 지난후에도 기타 구조물의 손상조치의 자료로 이용하기 위해 보존하는 것이 바람직하다. 기록방법은 가능한 한 기록의 내용을 용이하게 판독할 수 있도록 일정한 방법으로 작성해야 한다. 일반적으로 건축구조물은 장기간에 걸쳐서 사용되는 경우가 많기 때문에 유지관리 담당자가 교체되어도 기록만으로 구조물의 손상조치 이력을 이해할 수 있어야 한다. 이 때문에 기록은 가능한 한 정확하고 객관적으로 작성하여야 한다.

제 8 편 하천

제 1 장 하천 시설물의 종류 및 특성

1.1 하천 시설물의 종류

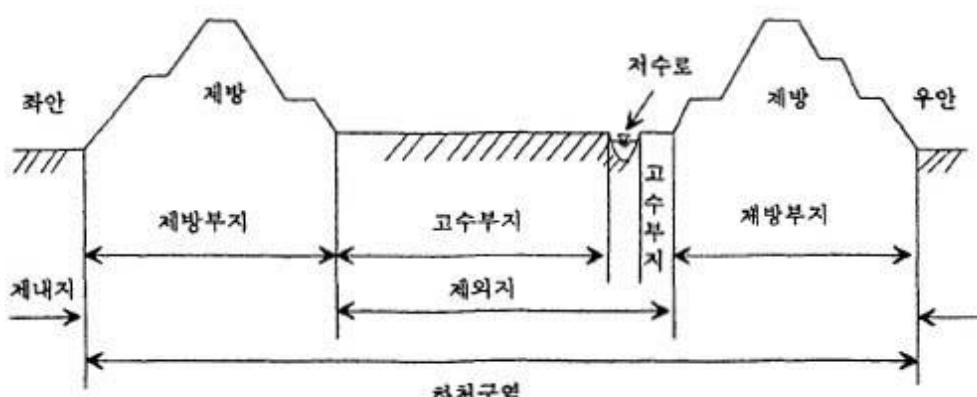
하천 시설물이란 유역을 포함하여 하천에 대한 치수, 이수, 하천에 관한 환경 보전의 기능을 원활히 수행하기 위해 건설되는 제반시설과 그 구조물을 총칭하는 것으로 최근 들어 그 역할이 증대되고 있는 실정이다. 그리고 하천 시설물은 설치목적 및 설치장소에 따라 아래와 같이 여러 종류로 구분되기도 하지만 최근 들어 대부분 다목적 시설로 건설되는 예가 많다.

(1) 수문

- (2) 제방
- (3) 호안
- (4) 수제
- (5) 바닥 다짐공
- (6) 사방 시설물
- (7) 보
- (8) 수로터널
- (9) 하구둑

【해설】

하천 시설물이란 하천 종합개발 계획, 치수 및 방재 계획, 저수 계획, 사방 계획, 하천, 환경보전계획, 하구보전 계획을 목적으로 설치되는 시설물로서 그 설치 목적 및 설치 장소에 따라 수문, 제방, 호안, 수제, 바닥다짐공, 사방시설, 보, 수로터널, 하구둑으로 구분된다.



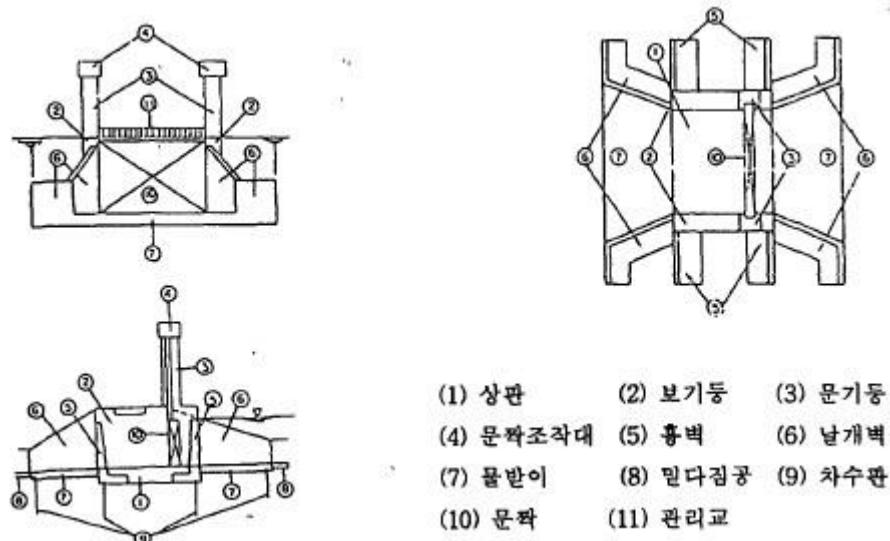
해설 그림 1.1 하천의 표준 단면도

- (1) 수문

수문은 내수배제, 역류방지 및 각종 용수의 취수를 목적으로 하천 또는 제방에 설치하는 구조물로서 평상시에는 유입되는 우수를 원활히 자연유하 시키고 홍수시에는 외수위가 상승되는 경우에 외수 침입을 방지하는 시설물이다. 수문은 문틀, 문비, 박스구조물, 권양기 등으로 구성되며 종류는 해설 표 1.1 과 같다.

해설 표 1.1 수문의 종류와 기능

수문의 종류	기능
배수문	제내지의 하수 및 우수를 배제하고 홍수시나 만조시에 외수의 침입을 방지하는 동시에 본류수위가 강하였을 때 제내외지로 배수 시킨다.
용수취수문	관개용수, 공업용수 또는 생활용수를 취수하기 위해 제방에 설치하는 것으로 통수량이 적어 통문의 형태가 많다.
역조수문	하천의 갑조부에서 영수피해를 방지하기 위해 본류 또는 지류를 횡단해서 설치하는 수문이며 일반적으로 하구부에 설치되므로 규모가 크다.
통선수문	수운을 주목적으로 설치하는 것이며 내외해 또는 상하류의 수위차가 있는 구간에서 수운을 위해 설치한다.
역수문	보통 지류의 하류부에 설치되며 본류의 역류를 방지하고 그 범람을 방지한다.
유량조절수문	본류의 중,상류부에서 지류의 분류량을 조절한다.
육갑수문	도로 또는 철도로 인하여 하천제방을 계획상 필요한 높이로 축조할 수 없는 경우에 그 부분에 한해서 육갑구조를 만든다.



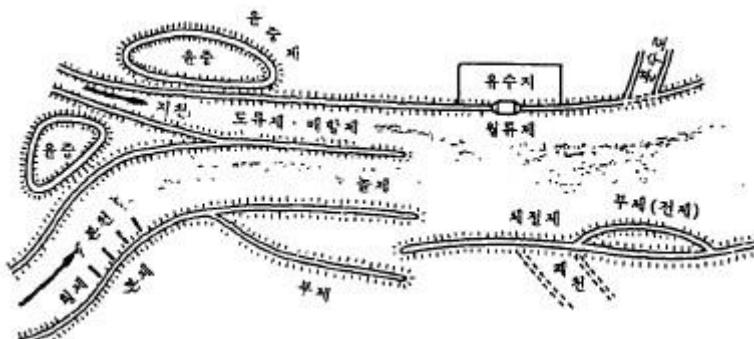
해설 그림 1.2 수문의 기본구조

(2) 제방

제방은 홍수방어에 직접적인 역할을 담당하는 시설물로 홍수시에 하천수를 하도에 범람시키지 않도록 하는 치수상으로 가장 중요하므로 치수시설에 가장 우선으로 축조하는 시설물이다. 일반적으로 제방의 구성은 제체와 호안으로 이루어지며 제방의 종류와 기능은 해설 표 1.2 와 같다.

해설 표 1.2 제방의 종류와 기능

제방의 종류	기능
본체	홍수범람의 방지와 하도에 연해 가장 중요한 제방으로 하도의 끝격을 결정한다.
부체	본체를 보호하기 위하여 제내지측에 제방을 하나더 측조하는 제방으로 소홍수의 범람을 방지하고 대홍수시에는 일류시켜 범람의 확대를 방지시킨다.
횡체	본체에 거의 직각방향으로 하도내에 설치한 제방으로 하도내 유수효과와 저수로의 고정 그리고 고수부의 토지이용을 높인다.
녀할체	분류나 합류를 위하여 유수를 어떤 지점까지 분리시켜 측류가 생기지 않도록 하는 것으로 분류제라고도 한다.
하독	급류부에 있어서 제방의 밀단을 개방하여 고수의 일부를 역류시키는 것으로 홍수조절에 유효하다.
윤중제	하천에 있어서 하폭이 대단히 넓은 곳에는 사주가 발달하여 거기에 촌락도 형성되고 농경지로도 사용하는데 그 주위를 보호하기 위해 측조한 제방이다.
일류제	하천의 여수를 일류시키기 위한 일종의 언이고 유수지, 방수로, 분수로 등에 방류시키기 위하여 본체에다 측조한다.
체절제	새로운 하도를 만들기 위하여 구하천을 체절할 때 구하도를 횡단하는 제방
폐제	하천의 변천 즉, 사행 등에 의하여 폐지된 제방
배할체	두 하천이 합류되어 있을 때 각각의 하천이 하상구배든지 유량이 달라지면 합류점에 토사가 퇴적하여 편류가 생기든지 혹은 홍수시에 한 쪽 하천의 높은 수위의 영향을 받아 다른 하천의 수위도 높아지므로 일반적으로 양 하천간에 제방을 측조하여 합류점을 하류에 이동시킨다.
육감	제내의 교통이 번잡한 곳에 제방을 가로 둘어 어떤 높이까지 걸개한 교통로



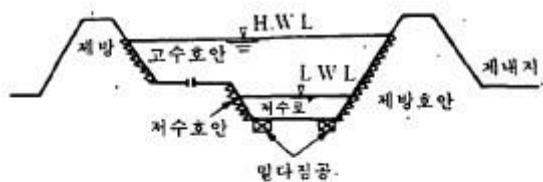
해설 그림 1.3 제방의 종류

(3) 호안

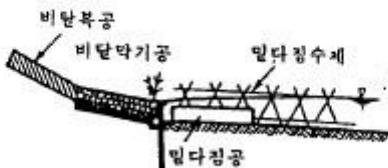
호안은 수재와 함께 제방을 보호하는 시설물로 홍수시의 유수에 의한 제방의 침식, 세물을 방지하며 유로를 고정시켜 방재대책을 쉽게 함과 동시에 이수시설의 기능을 보존, 증진시키는 시설물이다. 호안은 해설 그림 1.4(a)와 같이 시공위치에 따라 제방호안, 저수호안, 고수호안 등으로 나누어지는데 고수호안은 계획 고수위까지 비탈복공이 있는 것으로 주로 제방의 보호를 목적으로 하고, 저수호안은 저수로의 비탈면 또는 하안에 시공하여 주로 저수로의 고정을 목적으로 한다. 그리고 호안의 구조와 기능은 해설 표 1.3과 해설 그림 1.4와 같다.

해설 표 1.3 호안의 구조와 기능

호안의 종류	기능
비탈복공	제방의 바탈면을 덮고 유수에 의한 세굴과 파괴를 방지하고 비탈면을 보호한다.
비탈밀막기공	비탈복공의 바탈면에 설치하여 기초가 되고 제체 토사의 유실을 방지한다.
밀다짐공	밀막기공의 전면에 설치하여 극심한 세굴을 방지하고 밀막기공과 비탈복공의 파손을 보호한다.
밀다짐·수제	밀다짐공의 더 전면에 설치하여 밀다짐과 일체가 되도록 하여 유세를 억제하고 호안 전면의 하상세굴을 방지하고 혹은 토사의 침전을 촉진시킨다.



(a) 호안의 종류

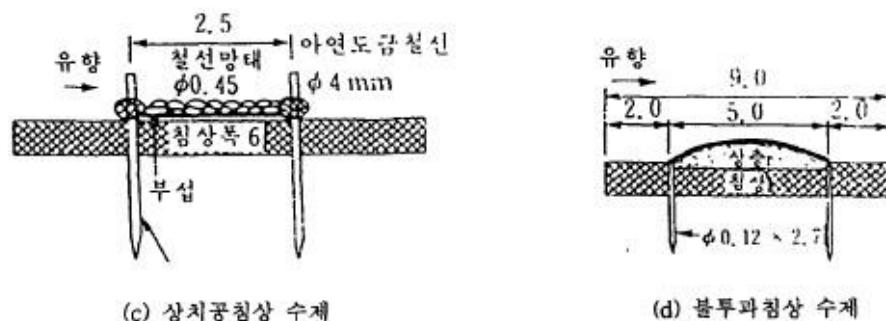
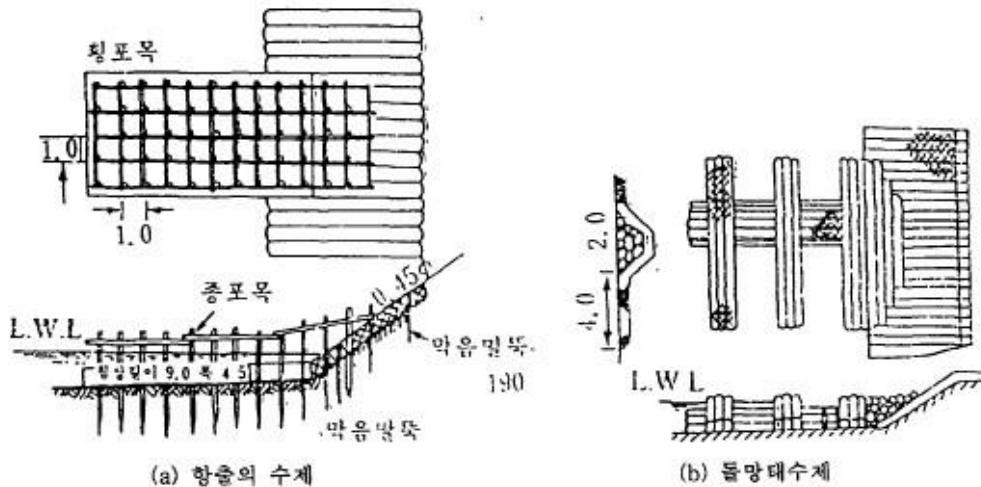


(b) 호안의 구성

해설 그림 1.4 호안의 종류 및 구성

(4) 수제

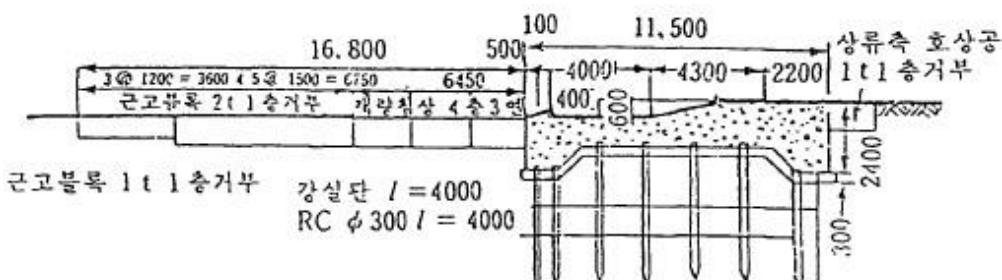
수제는 하안에서 어느 각도로 유수중에 내밀어 설치되는 구조물로 1조 또는 수조로 이루어지며 그 사이에 토사를 저류해서 간접적으로 하안의 무너짐과 붕락을 방지하여 유로를 고정시키고 유향을 바람직한 방향으로 바꾸어서 제방을 보호한다. 수제의 종류는 하안법선과 수류와의 관계 또는 구조에 의해 구분되는데 하안법선과 수류가 평행하게 설치된 것을 종공이라 하고, 하안법선과 수류가 직각일 때 횡공이라 하여 주로 급류하천에서는 종공을 완류하천에서는 횡공을 설치한다. 구조에 의한 구분은 투과 수제와 불투과 수제로 나뉘는데 투과 수제는 수류가 수제가운데를 투과할 수 있는 구조로 유세를 약화시켜 제방다리의 세굴을 방지하며, 불투과 수제는 출수시의 물됨이 목적이므로 유수에 저항이 크고 수제자체에 강도가 요구된다. 또한 주변의 세굴을 최소한으로 하기 위해 두종의 수제를 조합하는 경우도 많으며 그 밖의 수제의 종류는 해설 그림 1.5와 같다.



해설 그림 1.5 수제의 종류

(5) 바닥다짐공

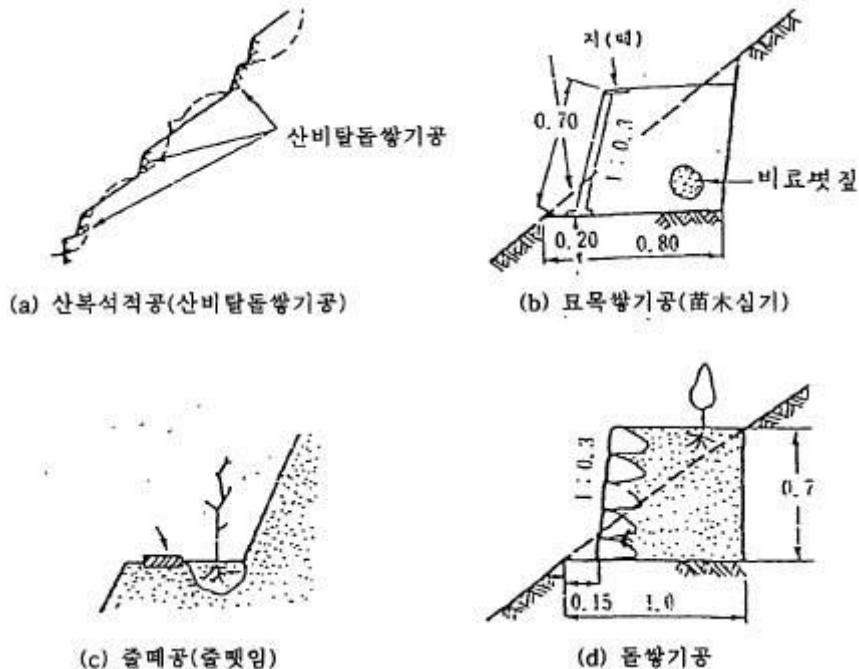
바닥다짐공은 하상 변동을 억제하기 위해 인공적으로 하상을 평형상태로 만드는 시설물로서 고수부를 유지하여 유로를 안정시키고 하상경사를 완화시킨다. 또한 하안과 호안을 보전하고, 난류를 방지하며 유심을 고정시켜 흐름의 집중을 방지하거나 흐름을 전환시킨다. 바닥다짐을 공법과 재료에서 분류하면 말뚝박기, 침상, 철사망태, 콘크리트, 석조 바닥다짐공 등이 있고 해설 그림 1.6은 바닥다짐공의 예를 나타낸 것이다.



해설 그림 1.6 바닥다짐공의 예

(6) 사방시설

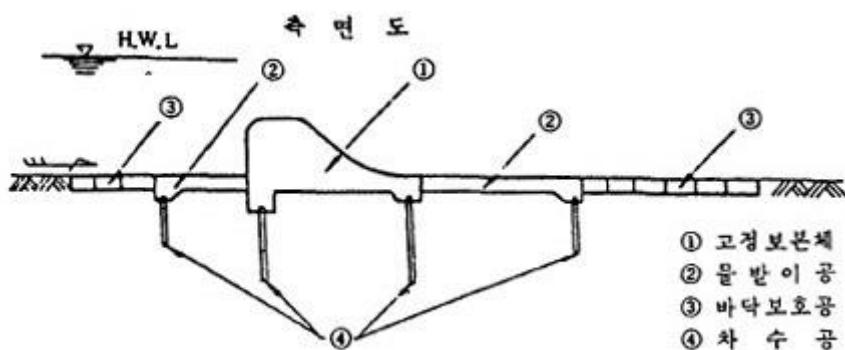
사방시설은 산지에서 유출하는 토사, 사력을 억제 조절하고, 하도에서의 유출토사를 조절하여 수원지역을 보전하며 하천의 안정을 도모하여 재해를 막는 시설물로 그 중에서 수원지역인 산지에 설치된 것을 산복공이라 하며 계류에 설치된 것을 계류공이라 하는데 그림 1.7은 산복공의 예를 나타낸 것이다.



해설 그림 1.7 산복계단공

(7) 보

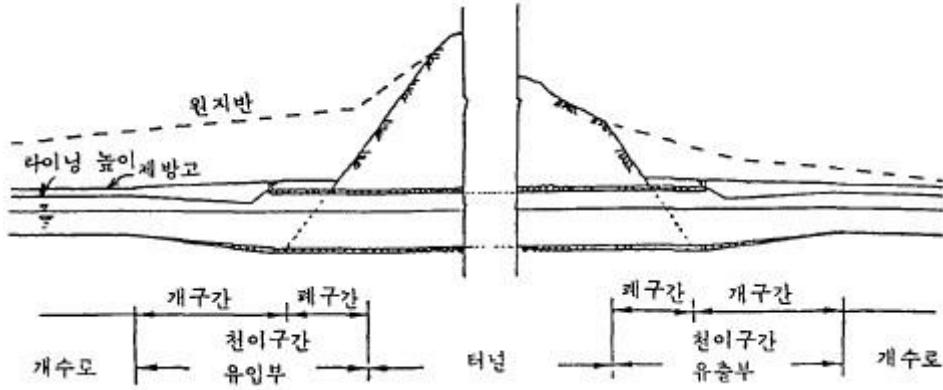
보는 각종 용수의 취수, 치수 및 주운 등을 위하여 수위를 높여 수심을 유지하고 조수의 역류를 방지하기 위하여 하천을 횡단하여 설치하는 시설로 목적에 따라 취수보, 분류보, 방조보로 구분하며 구조에 따라 고정보, 가동보 및 기타로 분류할 수 있다. 그림 1.8은 고정보를 나타낸 것이다.



해설 그림 1.8 고정보의 구성

(8) 수로터널

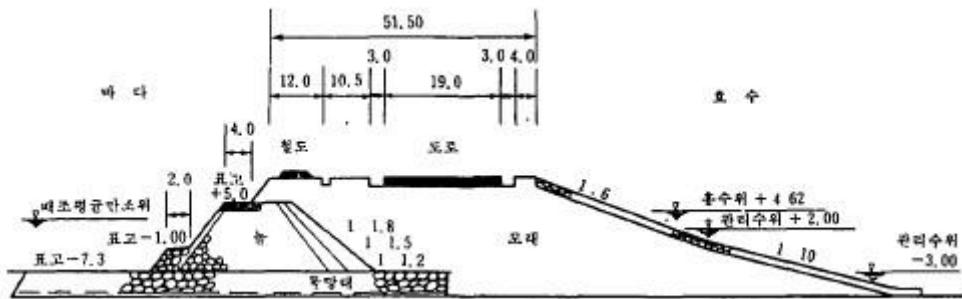
산간부에서 수로를 명거로 하려면 산허리를 돌아가는 방법 밖에 없는데 이렇게 되면 수로의 연장이 증대되고 손실수두로 커져서 경우에 따라서는 물을 공급할 수 없는 농경지도 생기고 또는 수로손실도 많아질 뿐만 아니라, 그 유지관리도 어렵게 되고 많은 공사비가 필요하게 되는 경우도 있는데 이러한 경우 수로의 단축을 위해 설치하는 시설물이 수로터널이다. 그림 1.9는 수로터널의 구성을 나타낸 것이다.



해설 그림 1.9 수로터널의 구성

(9) 하구둑

하구둑은 각종 용수이용을 목적으로 하천과 해안의 경계부에 설치하는 둑을 말하며 조류를 차단하여 담수호를 조성하고 둑을 이용하여 교통개선을 하며 매립지 조성을 하는 시설물로 그 예는 그림 1.10과 같다.



해설 그림 1.10 하구둑 단면의 예

1.2 하천 시설물의 특징

하천 시설물은 그 역할이 홍수 및 토사유출의 제어와 조절 그리고 이수를 위한 흐름의 제어와 유도 또는 하천환경의 유지와 개선이므로 필연적으로 물과의 접촉 빈도가 많아 시설물의 손상 및 노후화가 타시설물에 비해 빠르게 진행되고, 더구나 최근 들어 그 시설물이 증설되고, 대규모화되는 추세여서 그에 따른 유지관리의 중요성이 크게 대두되고 있는 실정이다. 그러므로 하천 시설물은 완성한 시설에 대해서도 그 시설 및 주변 하상의 이상유무를 계속해서 점검해야 하며 이상 발견시 적절한 보수·보강조치가 이루어져야 한다. 이를 위해서는 체계적인 점검계획과 방법을 그 하상과 연계하여 시행하는 것이 중요하다.

【해설】

하천 시설물은 인간이 하천주변에 거주하고 물을 이용하면서 수해에 대처하기 위해 설치한 시설물로 그 역사가 오래되고 그 목적도 치수를 목적으로 설치되는 경우가 많으나, 이수가 목적인 시설물도 많이 있으며 양자를 겸한 것도 있으므로 치수와 이수라는 목적에서 시설의 구체적인 구조와 관리가 이해상반하여 서로 모순되는 면이 있다. 즉, 치수목적 면에서 생각하면 이수시설은 장해가 되는 경우도 많고 반대로도 그렇다. 이것은 하천이 갖는 자연특성에서 유래하는 것으로 치수, 이수 양목적을 대비한 다목적 시설로 되면 양자의 조정과 조화가 계획단계부터 유지관리에 이르기까지 요구된다. 또한 하천 시설물은 도시환경을 구성하는 중요한 요소이고 다종다양한 이용을 기도하고 있는데 예를 들면 제방을 도로, 또는 드라이브 웨이,

자전거 산책도로 등에 이용하고, 고수부는 공원화하고 도시하천 주변에 대경기장, 유원지화하는 것이다. 이처럼 하천구조물은 하천을 도시민에게 새로운 생활환경 터전으로 마련해 주는 중요한 역할을 한다. 그러므로 만약 하천시설물에 손상이 발생한다면 이는 거대한 재해발생의 직접적인 원인으로 간주되기 때문에 하천 시설물의 유지관리의 필요성이 타시설에 비해 크고 아무리 강조하여도 지나치지 않는다. 더욱이 근래에 하천 시설물은 규모가 거대화되고 연장성이 커지는 실정이며 구조물 특성상 주요 손상이 수중에서 발생하므로 손상의 점검확인 및 보수·보강 등이 어려움이 있어 특별한 점검 장비가 요구되고 유지관리에 있어서 이전의 점검 기록과 보수·보강 자료를 참조하여 체계적인 점검 계획을 과 점검 방법을 세우고 꾸준한 점검을 실시하여 손상 발견시 경제성이 있는 보수·보강이 필수적이라 하겠다.

제 2 장 하천 시설물 손상의 종류 및 원인

2.1 하천 시설물 손상의 종류

하천 시설물은 하천수와 직접 접촉하므로 내·외부적으로 많은 손상을 입게 되는데 이때 일어나는 일반적인 손상형태를 파악하고 그 원인을 이해하는 것은 효율적인 유지관리에 있어 기본이 되는 사항으로서 일반적인 손상의 종류는 다음과 같다.

- (1) 월류에 의한 손상
- (2) 침투에 의한 손상
- (3) 세굴에 의한 손상
- (4) 부등침하에 의한 손상
- (5) 구조적 결함에 의한 손상
- (6) 유지관리 불량에 의한 손상

【해설】

하천 시설물의 손상은 주로 유수의 물리적, 화학적 침식작용에 기인하며 여기에 지반의 거동에 의한 활동과 침하 그리고 유지관리 불량에 의한 시설물의 노후화로 여러 가지 손상형태를 보이는데 각 주요 손상 원인을 살펴보면 다음과 같고, 해설 그림 2.1 은 제방의 손상 형태를 나타낸 것이다.

- (1) 월류에 의한 손상

하천 시설물에서의 월류는 파국적인 손상중 하나로서 계획홍수량 이상의 큰 홍수유량이 발생한 경우와 제방계획이 완공되기 전에 제방이 침하하는 경우, 홍수위가 천단보다 높아 제방을 초과하는 등에 의한 원인으로 제방은 큰 손상을 입으며 대개는 파괴되어 범람류가 일거에 제내지로 흘러드는 결과를 초래한다.

- (2) 침투에 의한 손상

하천시설물에서 침투에 의한 손상은 주로 완류하천의 흉수시에 고수위가 장시간 계속되거나 구조물 재료가 사질토인 경우 침투에 의한 누수가 발생하여 비탈면 붕괴, 파제 등을 일으키는데 특히, 침투에 의한 손상은 진행속도가 빠르므로 발견 즉시 조치하지 않으면 구조물의 침식파괴나 파이핑 파괴를 유발한다.

(3) 세굴에 의한 손상

세굴은 흉수시에 큰 유속과 수압 그리고 토석류에 의한 충격력이 시설물을 깎아 들면서 천천히 발생하는 손상으로, 급류하천에서 흉수류가 대량의 유목과 사력을 동반하여 훌러 제방에 충격을 주어 쌓은 돌을 탈락시켜서 그 법면을 붕락시키는데 세굴손상의 형태는 하도내의 침투로 인한 제방의 전면비탈측 손상과 월류수에 의한 세굴손상이 있다.

(4) 부등침하에 의한 손상

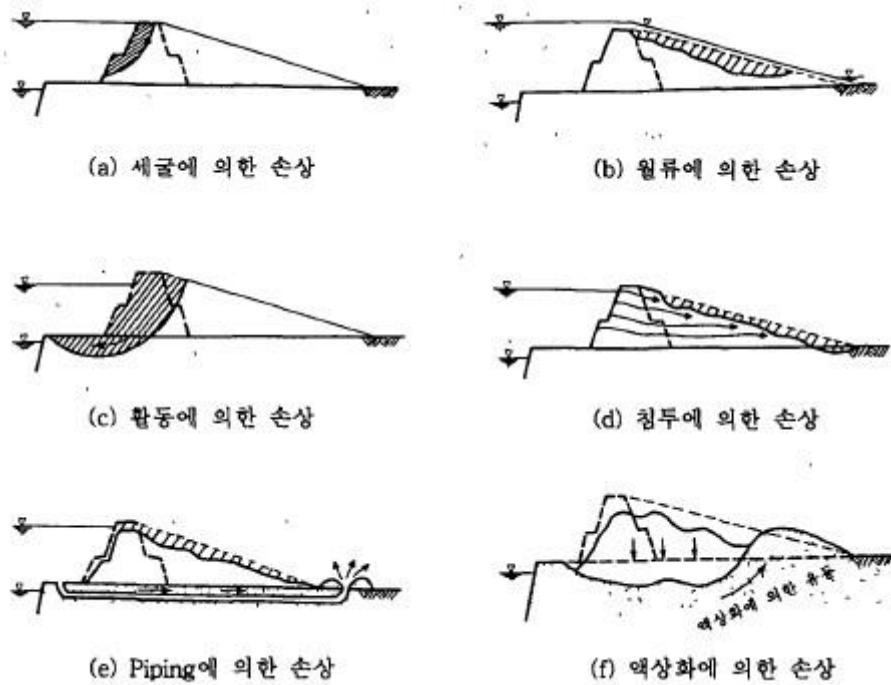
부등침하에 의한 손상은 직접적인 경우와 간접적인 경우로 나눌 수 있는데 직접적인 경우는 침하에 의한 여유고가 부족하여 흉수시 제정부에 월류가 일어나 제방이 손상되는 경우이며, 간접적인 경우는 성토의 전압이 부족하거나 시설물 부지 굴착형상이 불균일하고 제체와 기초 지반내의 변형 계수가 다른 이물질이 존재하는 경우로 이때 발생하는 부등침하는 제체내 균열을 일으켜 저수후 파이핑이 일어나 손상되는 경우이다. 예를 들어 수문의 경우 부등침하에 의한 손상은 연약지반이 두꺼우면 압밀침하는 필연적인데, 날개벽에 비해 본체의 침하가 크기 때문에 날개벽이 본체로 기울어지며 날개벽의 상단에 큰 압력이 작용하여, 흉벽이나 측벽 등의 균열을 발생시킨다. 이 때 압밀침하는 서서히 생기므로 초기에 침하하지 않도록 장대기초로하거나 부유기초로 할 때 미리 침하를 예측하고 이에 상응할 수 있는 대책을 강구해야 한다.

(5) 구조적 결함에 의한 손상

구조적 결함에 의한 손상은 주로 설계나 시공상의 잘못에 의해 발생하는 것으로, 예를 들면 대개 하천시설물에서 종방향의 응력이 과대한 경우가 많은데 이 때 이음매를 만들면 역학적으로 절연되어 응력도 크게 경감시킨다. 그러나 이음매 구조를 미설치하거나 설치 위치를 잘못 잡아 절연해야 할 곳을 하지 않고 일체로 해야 할 곳을 분리 시공하면 역학적으로 종방향의 응력이 집중되어 균열이 발생되어 누수를 야기시킨다.

(6) 유지관리 불량에 의한 손상

유지관리의 불량에 의한 손상에는 시설물의 사전 조작관리 불량에 의해 발생하는 손상과 중요 시설물 주위에 돌, 나무 등의 이물질이 끼인 상태에서 조작하여 발생하는 손상으로 평상시 관리를 철저히 하면 예방할 수 있다.



해설 그림 2.1 제방의 손상 형태

2.2 하천 시설물 손상의 원인

하천 시설물의 손상종류에 대한 정확한 원인을 조사하고 이해하는 것은 구체적인 점검항목을 선정하고 체계적인 점검계획을 수립하는데 필수적이기 때문에 손상을 미리 방지하고 손상발견시 적절한 보수·보강대책을 마련하기 위함이다. 일반적인 하천 시설물의 손상원인은 다음과 같다.

- (1) 월류
- (2) 침투
- (3) 세굴
- (4) 지반의 부등침하
- (5) 구조역학적 결함
- (6) 유지관리 불량

【해설】

하천 시설물의 주요 손상의 원인은 해설 표 2.1 과 같다.

해설 표 2.1 주요 손상의 원인

손상원인	내 용
월 류	<ul style="list-style-type: none"> · 시설물의 여유고 부족 · 수문자료 및 임지조건의 파악 불충분
침 투	<ul style="list-style-type: none"> · 차수벽 또는 누수 널말뚝이 부족한 경우 · 토질조사가 불충분하여 지반 누수대책이 적절하지 못한 경우 · 기초감석, 기타 시공상의 잘못 등에 의한 경우 · 되메우기 토사의 불량 및 다짐이 불충분하여 투수성이 큰 경우 · 연결호안의 접속불량으로 세굴된 경우 · 매립된 흙막기 널판, 거푸집 등이 썩어서 공극이 발생한 경우
세 글	<ul style="list-style-type: none"> · 컴퓨하천에서의 큰 유속과 수압이 작용할 경우 · 토석류의 충격력이 큰 경우
부동침하	<ul style="list-style-type: none"> · 침하 대책이 미비한 경우 · 성토의 전암이 부족한 경우 · 제체내 및 기초 지반내의 변형계수가 다른 이물질이 존재할 경우 · 지반의 지지력 부족한 경우 · 흙줄방향 용력에 대한 시설물의 단면이 부족한 경우 · 본체와 부대시설 등의 기초구조가 균일성이 없는 경우
구조역학적 결함	<ul style="list-style-type: none"> · 최대 전단력이 발생하는 부위에 철근량이 부족한 경우 · 중방향 용력의 검토가 불충분하여 구조물의 단면이 부족한 경우 · 이음매를 미설치하거나 잘못된 위치에 설치한 경우
유지 관리 불량	<ul style="list-style-type: none"> · 수문의 조작관리가 불량한 경우 · 중요 시설물에 이물질이 침침 경우 · 시설물이 노후화 된 경우

제 3 장 하천 시설물의 점검

3.1 점검 계획

하천 시설물의 효과적인 점검을 위해서는 철저한 사전계획과 준비가 필요하므로 점검계획전 다음과 같은 항목들에 대한 사전 조사가 선행되어야 하고 그 자료를 토대로 체계적인 점검계획을 세워야 한다.

- (1) 시설물의 환경 조사 : 수리·수문학적 자료 수집
- (2) 시설물의 예비 조사 : 제반 시설에 관련자료 수집

(3) 시설물의 현장 조사 : 현장여건 및 문제점 파악

【해설】

하천 시설물을 효율적으로 관리하기 위해서는 체계적인 점검계획을 세워 일관된 점검을 하는 것이 필수적인데 이를 위해서는 현장을 사전 조사하여 그 자료를 토대로 점검계획을 세워야 한다. 해설 표 3.1은 사전 조사항목을 나타낸 것이다.

해설 표 3.1 점검 계획시 사전 조사항목

조사 종류	조사 항목
환경 조사	<ul style="list-style-type: none"> · 시설물의 위치한 지형조건, 지질조건, 기상조건, 수리·수문학적 조건, 인근 지역의 변동상황 등
예비 조사	<ul style="list-style-type: none"> · 시공·보수도면, 구조계산서, 기초지반 토질조사서, 준공도면 · 특별 시방서 · 주요 시공사진 및 VTR, 주요 결함부 · 공장 재료증명서, 관리 및 선정시험 기록, 비파괴 시험자료 · 보수 및 점검 이력, 사고기록
현장 조사	<ul style="list-style-type: none"> · 시설물의 이용현황 · 시설물의 문제점 · 시설 관리자 및 주민의견 청취 · 계측기록 · 내하력 평가기록

사전 조사시 수집된 자료를 바탕으로 시설물 및 인접지역의 실정과 변동상황을 고려하여 점검 계획을 수립하는데, 이 때 포함되어야 할 사항은 다음과 같다.

- ① 각 분야별 조사범위와 세부항목을 전체 점검계획에 맞추어 결정하고 책임기술자가 필요하다고 판단되는 경우 수중조사도 포함한다.
- ② 기존의 점검자료를 검토하여 기 발생된 결함을 확인한다.
- ③ 각 분야별 총 소요인원을 판단하여 가용력을 판단, 투입 계획을 수립한다.
- ④ 비파괴시험 및 재료시험 실시에 대한 적정성 여부를 판단한다.
- ⑤ 흙한기에는 구조물의 균열 및 파손현상이 잘 나타나며, 흉수기에는 누수나 파이핑 현상, 수문과 펌프의 가동 및 최고 흉수위 관측이 가능하고, 갈수기에는 제체 및 호안 등의 손상 증상을 쉽게 확인할 수 있으므로 점검의 시급성과 작업의 효율성을 고려하여 점검시기를 결정한다.
- ⑥ 점검장비의 선정시 분야별 세부 조사항목에 부합되는 장비를 선정한다. 예를 들어 비계, 리프트카, 사다리 설치 등은 현장여건에 따라 안전을 고려하고 수중부위 조사에 보트를 이용할 경우에는 구명의 착용등 안전에 유의하며, 잠수부를 이용하는 방법을 강구한다. 또 도로부위 조사시는 점검자를 교통으로부터 보호하게 하는 방법을 강구한다.

- ⑦ 교통 통제 계획 및 타기관과의 협조사항을 준비한다.

3.2 점검 항목 및 방법

시설물의 점검 항목 및 방법을 선정할 때에는 사전의 세운 점검 계획과 기존 시설물의 점검결과를 바탕으로 주요 손상부위를 파악하고 이를 중심으로 결정한다.

【해설】

하천 시설물별 주요 점검항목은 해설 표 3.2 와 같다.

해설 표 3.2 점검항목

점검 시설물	점 검 항 목
수 문	<ul style="list-style-type: none">· 권양기 모타 손상· 밴드 브레이크 손상· 레그바 훠손 상태· 부동침하· 핸드레버 관리상태· 전기 조작반 부식· 콘크리트 균열, 박리, 백태· 이음부의 파손

점검 시설물	점 검 항 목	
수 문	<ul style="list-style-type: none"> · 토사의 퇴적과 지장물 유무 · 누수 · 문짝 완전 개폐 여부 · 문짝에서 지수판의 고무 부식 및 훼손 여부 	<ul style="list-style-type: none"> · 철근 노출 및 부식 · 날개벽 저판부 세굴상태 · 수문상자 파손상태
제 방	<ul style="list-style-type: none"> · 둑마루의 요철 및 제방고의 여유 · 제방 횡단구조물 주변상태 · 제방단면의 파손, 침하, 구멍 발생여부 · 비포장 뚝마루에 차량출입 여부 	<ul style="list-style-type: none"> · 폐의 훼손 여부 · 무허가 경작, 방목 여부 · 제방 본체 굴착 및 붕괴 여부
호 안	<ul style="list-style-type: none"> · 호안 머리 훼손 · 뒷채움제의 이상유무 · 비탈덮기 훼손 · 호안의 붕괴, 세굴, 균열, 침하, 공동발생 여부 	<ul style="list-style-type: none"> · 호안 밀다짐공의 훼손 · 부속 구조물의 이상유무 · 사석보호를 위한 완충지대 확보여부
수 제	<ul style="list-style-type: none"> · 침석의 유실 · 부유물 존재 여부 · 셀침상의 파손여부 · 연결철근의 절단 여부 	<ul style="list-style-type: none"> · 침상 및 방들수제의 뼈대 파손 · 말뚝수제의 하부 세굴 · 목공침상의 부식여부
바닥다짐	<ul style="list-style-type: none"> · 물받이의 합물, 균열, 지하누수 여부 · 불임호안의 파손 	<ul style="list-style-type: none"> · 하부의 세굴여부 · 밀다짐공의 상태
사방시설	<ul style="list-style-type: none"> · 토석류의 퇴적 · 과재 하중 상태 · 외부충격 손상상태 · 사방시설에서 물받침부의 손상 	<ul style="list-style-type: none"> · 시설물의 변형 유무 · 피로 균열 상태 · 월류부의 파손 여부 · 양안 접속부의 세굴 여부
수로터널	<ul style="list-style-type: none"> · 라이링의 결합 · 저면부의 파손 여부 · 유입부의 부유물 	<ul style="list-style-type: none"> · 균열의 발생 여부 · 낙반의 위험 · 통수능력

(1) 수문의 점검은 수문을 포함한 암거와 제내지의 펌프장 그리고 유수지에서 노후화된 부재와 결함의 형태 등을 파악하고, 기능상의 문제점을 파악하기 위해 수문의 조작과 구조적 및 수리학적 문제점을 조사한다. 그리고 수문 점검시 유역의 변경여부와 유역내 개발현황 그리고 배수계통의 조정 등이 발생하여 현시설물의 계획 수문량이 변화하였는지 여부를 파악해야 하는데 구체적인 점검방법은 다음과 같다.

- ① 배수문과 암거의 노후화 즉, 콘크리트 구조물의 균열, 박리, 층분리, 백태, 누수, 부등침하, 손상 등을 육안조사한다.
- ② 노출된 콘크리트 및 강재 구조물의 취약부에 대해서는 현장시험을 실시하여 구조물의 결함과 노후화 상태를 정밀 조사하고 시험 보고서를 작성한다.
- ③ 콘크리트 구조물 및 문짝과 지수판의 화학적 부식에 관한 수질조사를 하여 원인을 규명한다.
- ④ 수중조사를 실시하여 배수문의 날개벽과 저판부의 세굴현상을 조사한다.

⑤ 배수문의 작동과 관련하여 권양기의 모타손상이나 핸드래버 관리상태 또는 문짝 지수판 고무의 부식 및 훼손 등을 파악하고 문틀의 노후화 상태를 기록한다.

⑥ 기타 필요한 조사를 실시한다.

(2) 제방의 점검은 제방의 설치 후에 발생한 제·내외지의 수리·수문학적 변동사항 및 제체와 호안등의 구조적 손상상태 등을 파악하여, 제방 파괴원인을 사전에 발견하는 것으로 점검방법은 다음과 같다.

① 뚝마루의 훼손, 요철, 계획된 제방고의 유지상태를 점검하고, 파손이나 제방본체의 굴착여부, 구멍이나 침하 및 누수여부를 육안으로 확인하고 필요시 측량 등을 실시한다.

② 제방고와 계획수위에 의한 여유고를 고려하여 제방의 월류 가능성을 검토하고, 제방의 침식과 세굴 등을 조사하고, 유로 만곡부는 수위 상승이 우려되는 지점이므로 특히 세심한 주의를 요한다.

③ 골재 채취 등의 하상굴착이 있는 부분은 하안이나 제방사면에 대한 영향을 고려하여 점검하며, 기 검토된 계획 하상과 평형 하상과 이하로 골재가 채취되었을 경우에는 평형하상이론에 의한 상·하류의 영향도 조사대상에 포함된다. 그리고 하안의 침식이나 하상의 국부세굴 등을 점검하여 제체세굴 가능성을 예견하며 제방과 교량, 낙 위차공, 수문 등의 각종 하천 구조물의 접속부는 그 기능 및 재료의 상이함으로 인하여 흉수에 취약하므로, 구조물 상·하류의 와류 등에 의한 제방세굴에 대해 점검한다.

④ 제정부의 종방향 균열이나 비탈면의 층분리 등을 면밀히 점검하여 사면활동을 파악하고 위험 지점 비탈면의 경사를 측정하여 추후 상태평가시 고려한다.

⑤ 누수는 제방에 치명적 손상을 가져올 수 있으므로 그 형상, 면적 및 누수량 등을 상세히 조사하며, 누수가 발견될 시(특히 혼탁수가 유출될 시) 즉시 관리 주체자에 통보하고 정밀 안전진단의 필요성 여부를 판단하고 흉수기에는 제내지 비탈면의 국부세굴이나 지반 붕괴현상과 아울러 파이핑현상 유무를 확인하며, 갈수기에는 그 혼적 확인과 동시에 탐문조사를 시행하고 취약 단면의 뚝마루폭, 비탈경사와 제방저폭을 확인하여 침윤선 검토시 자료로 사용한다. 그리고 제방의 누수 요인을 파악하기 위해 청문조사를 하며, 제방 파손의 주원인인 배수구 등 하천 구조물과 각종 관의 제방 횡단현황을 사전에 숙지하며, 날개벽의 호안 연결부, 암거가 제체와 접하는 부분 등의 누수, 세굴, 공동현상 등을 파악한다. 그리고 두더지, 들쥐 등 야생동물의 구멍과 제방 관통구조물의 표면과 제체사이의 공극은 제체안전과 누수파괴의 원인이 되므로 지장물 탐사장비를 사용하여 점검한다. 또한 제방침하는 장기간에 걸쳐 일어나는 경우가 많으므로 단기간의 점검을 통해서는 확인이 어렵지만, 제방 측방의 흙의 부풀어오름으로 간이 판별한다.

(3) 바닥다짐공도 모든 하천 구조물과 같이 이상발생 여부를 조사해서 이상여부의 조기발견에 노력하여야 하는데 특히 물받이는 항상 점검해야 하며 하류부는 세굴의 위험이 많으므로 밑다짐공 및 불임호안 등을 잘 살핀다.

(4) 호안의 점검은 호안의 붕락, 붕괴, 세굴, 침하, 공동현상과 사석보호를 위한 완충지대 확보여부를 점검하고 특히 하천내 각종공사로 인한 훼손여부를 파악하는데 중점을 두며 구체적인 점검 방법은 다음과 같다.

① 흉수시 급류하천에서 뒷채움 토사가 유출됨에 따라 공동현상이 발생하여 비탈덮기가 파괴되므로 비탈덮기 재료의 평평성을 조사한다.

② 경사가 급한 호안에서 내측 토암이나 수암에 의한 붕괴가 나타나므로, 하천 시설 기준상의

비탈경사에 준한 조사를 실시한다.

③ 상·하류 비탈덮기공의 마감부는 유수에 의한 세굴 취약지점이므로 면밀한 점검이 요구되며, 소구 멈춤공의 유무를 조사한다.

④ 비탈경사 변화지점이나 비탈덮기 재료의 변화구간은 세굴위험 구간으로 세밀하게 점검한다.

⑤ 호안의 비탈 멈춤공에서는 측량 및 수중조사를 실시하여 세굴정도를 면밀히 점검하고 밑다짐공에서는 비탈경사 변화지점의 하상이 세굴에 취약하므로 점검시 유의한다.

(5) 수제는 치수와 이수를 위하여 하천의 흐름상태를 적극적으로 제어하는 시설물로 홍수시에 수총작용과 하상의 세굴작용에 의한 국부적인 붕괴와 유실 등을 사전에 방지할 수 있도록 평소에 수제시설 주변을 조사 점검하고 취약부분은 신속히 보강하고 평수 또는 갈수시에는 유량변화와 퇴사등으로 수제의 기능을 저해하는 요인을 수시로 조사한다.

(6) 사방시설물의 점검은 시설물의 변형 또는 파손이 발생하면 보수·보강을 가능한 한 빠른 시일내에 완료하여 시설물의 기능을 원활히 하며 큰 재해를 예방할 수 있도록 하여야 한다. 그러므로 점검은 우기중이나 홍수직후, 해빙기 그리고 우기가 끝나는 시점에는 반드시 실시하며, 시설물과 지역적 특성을 고려하여 점검이 필요하다고 생각되는 시기에 실시한다.

(7) 보에서는 고정부, 가동부, 바닥보호공, 호안, 수문, 조작장치 등을 항상 점검하여 이상이 있으면 즉시 필요한 조치를 취해야 한다.

(8) 수로터널에서 콘크리트로 라이닝한 터널은 재료의 풍화나 동결로서 균열이나 누수가 생겨 수명이 의외로 짧을 수가 있으므로 비홍수시에 수로터널의 내부를 건조한 상태로 라잉닝의 결함, 균열의 발생, 저면부의 파손, 낙반의 위험 등을 항상 점검할 수 있어야 한다.

3.3 점검 결과의 기록

점검 결과는 소정의 점검양식상 기입원칙에 따라 정확히 기록 및 보관하여 시설물에 손상 발생시 적절한 대책마련에 필요한 자료로서 사용될 수 있어야 한다.

【해설】

점검결과는 시설물의 안정성 여부를 파악하고 보수·보강공법을 제시하는 등 유지관리에 가장 기본적인 자료가 되므로 점검결과는 일관된 양식에 의거하여 객관적이고 정확히 기록해야 하고 체계적으로 보관해야 한다.

3.4 점검 결과의 판정

각 점검 항목에 대한 손상판정은 점검 결과 각 부재로부터 발견된 결함을 근거로 하여 결함의 범위 및 정도에 따라 5 단계로 판정하는데 일상점검에서는 점검양식에 따라 주요부재종류별로 판정하는 것을 원칙으로 하고, 정기점검에서는 각 부재별로 작성하되 문제 부위에 대하여 망을 작성하여 판정하며, 정밀안전진단에서는 전체 시설물에 대하여 망을 작성하여 판정한다.

【해설】

점검시 발견된 손상은 그 형태, 크기, 량, 정도에 따라 해설 표 3.3 과 같이 5 등급으로 분류하여 구조물 표준망도에 형태와 치수 등을 명확히 기재하여야 하고 결함의 등급분류는 매우 신중하게 결정되어야 하는데 책임기술자는 발견된 손상에 대해 그 중요성, 상태, 구조물에 미치는 영향 등을 종합 판단하여 결정한다.

해설 표 3.3 손상 판정기준

판정구분	상태기준
A	문제점이 없는 최상의 상태
B	경미한 손상의 양호한 상태
C	보조부재에 손상이 있는 보통의 상태
D	주요부재에 진전된 노후화로 긴급한 보수 보강이 필요한 상태
F	주요부재에 심각한 노후화 또는 사용금지하고 개축이 필요한 상태

3.5 점검 장비

점검시 사용하는 장비는 일상적 휴대장비, 측량장비, 접근장비, 비파괴 점검장비, 부분파괴 점검장비로 구분할 수 있는데 점검 종류별 사용장비는 다음과 같다.

- (1) 일상 점검 : 일상적인 휴대장비 및 간단한 접근장비 등
- (2) 정기 점검 : 일상점검시의 사용장비 및 측량장비, 간단한 비파괴 점검장비 등
- (3) 긴급 점검 : 정기점검시의 사용장비 및 정밀한 계측기 등
- (4) 정밀안전진단 : 긴급점검시의 사용장비 및 부분파괴 점검장비 등

【해설】

점검장비의 선정시에는 접근장비의 안전지지 여부와 장비로 인한 교통통제 필요성, 장비설치에 따른 지장물의 존재 여부를 고려해야 하는데 점검장비는 해설 표 3.4 와 같다.

해설 표 3.4 점검장비

장비종류		점검장비
휴대장비		망원경, 확대경, 손전등, 카메라, 필기도구(혹판, 분필, 매직펜), 줄자, 균열검, 교통규제기구등
측량장비		레벨, 평판, 테오드라이드, 측심기, 음파측정기
점근장비		사다리, 보조등방장비, 줄사다리 점검차(굴절차) 점검보트 수중카메라
비파괴 장비	콘크리트손상 탐사장비	콘크리트강도 슈미트햄머, 초음파탐사기, 탄성파탐사기등 콘크리트균열 초음파탐사기, 탄성파탐사기, 레이저탐사기, 적외선카메라, 및 결합탐사 레이타탐사기등 철근탐지 철근탐지기, 방사선투과기등 철근부식방지 부식측정기 콘크리트열화도 증성화시험, 알칼리끌재반응시험등 염해탐사 재료시편에 대한 염해시험
		표면균열탐지 자기입자탐사기, 초음파탐사기, 염료침투시험기, 와동천류기
		내부결합탐지 초음파탐사기, 방사선투과기등
		용접부결합 초음파탐사기, 방사선투과기등
		피로균열탐사 자기입자탐사기, 초음파탐사기, 염료침투시험기
		용력부식탐사 자기입자탐사기, 염료침투시험기
	강재손상 탐사장비	두께검사 초음파탐사기, 방사선투과기등
		토질탐사 누수조사 레이디탐사기, 전기탐사기등
부분파괴 장비	콘크리트탐사	강도측정 Pull-out, Put-off, Break-off, 코아채취, 관입저항등
	토질탐사	제방의 토성 코아채취, 표준관입시험, 공내색소주입시험, 현장두수시험

제 4 장 유지관리용 점검 시설 및 설치

4.1 유지관리용 점검 시설 및 설치

유지관리용 점검시설은 하천시설물의 점검을 용이하게 하고 손상 발생시 즉각적인 보수 및 보강작업이 가능케 하는 시설로서 시설물의 규모 및 중요도 그리고 점검시설의 경제성 등을 고려하여 결정한다.

【해설】

하천 시설물 유지관리의 주된 목적은 그 시설물의 안전성을 확보하고 기능을 향상시키는 것으로 이를 위해서는 계획된 점검 계획에 의거 점검을 실시하고 손상을 조기에 발견하여 원인규명 및 신속한 대책을 수립해야 한다. 이 때 점검은 정기적이고 지속적으로 이루어져야 하므로 그에 맞는 적절한 점검 시설의 확보는 중요하다. 일반적으로 점검 시설 계획에는 점검 목적과 내용 및 각 점검 시설의 특성을 충분히 인식할 필요가 있으며, 점검 시설 자체의 유지관리뿐만 아니라 취급 방법에 대해서도 충분히 고려해야 한다.

점검 시설의 조건은 하천 시설물의 부속설비로서 고장이 적고 점검 및 보수작업의 위험성이 적어야 하고 필요에 따라 작업대를 설치 및 해체할 때 시간적·물적 손실이 최소화 되도록 다음과 같은 점검시설의 조건을 고려한다.

- ① 건축한계를 넘지 않는 범위 내에서 점검과 보수 작업에 필요한 공간이 확보되어야 한다.

- ② 하천 시설물 시공과 동시에 점검 시설을 제작, 설치하는 것이 바람직하다.
- ③ 점검 및 보수작업시에 안전성이 확보되어야 한다.
- ④ 점검 시설 자체의 보수가 간단하고, 내구성이 좋아야 한다.
- ⑤ 조작이 간단하고 고장이 적어야 한다.
- ⑥ 유수와 흉수에 의해 유실되지 않아야 한다.
- ⑦ 구동장치는 만일의 경우를 대비해서 수동 구동장치 등의 안전장치를 고려해야 한다.
- ⑧ 점검작업에도 교통장애를 최소화할 수 있어야 한다.

제 5 장 주요 손상부에 대한 대책 및 보고

5.1 손상 조치의 종류

하천 시설물에 발생된 손상은 그 진행속도가 빠르므로 방지하면 손상조치가 어려워지고 많은 비용이 소요되므로 발견 즉시 시설관리자에게 보고하고, 손상의 정도에 따라 적절한 조치를 취해야 하는데 그 조치의 종류는 다음과 같다.

- (1) 일상 조치 : 손상 예방을 위한 간단한 조치
- (2) 응급 조치 : 안전에 중대한 위험이 있어 임시적으로 긴급하게 보수·보강하는 조치
- (3) 보수 조치 : 주로 시설물의 내구성과 사용성 확보 차원에서 발생한 손상이 더 이상 진행되지 않도록 취하는 조치
- (4) 보강 조치 : 시설물의 일부 부재 또는 전체 구조의 변형과 내력을 개량시켜 안전성을 확보하는 조치

【해설】

하천 시설물의 효율적인 유지관리가 이루어지기 위해서는 적절한 시기의 점검으로 주요 손상을 파악하고 그에 맞는 조치를 칠해야 하는데 이때 각 조치사이에 연계성을 가지는 것이 중요하다.

5.1.1 일상 조치

일상조치는 하천 시설물에 손상이 발생하기 이전에 예방적인 차원에서 실시하는 간단한 조치들로 그 내용은 원활한 기능유지를 위한 조치와 안정성 확보를 위한 조치들로 구성된다.

【해설】

하천 시설물에서 일상 조치는 시설물의 원활한 기능을 유지하기 위한 필수적인 조치로 평상시

간단한 조치를 취하여 보강규모를 줄이고 시설물의 안전성 확보에 중요한 역할을 담당하는데 구체적인 일상 조치 사항은 해설 표 5.1 과 같다.

해설 표 5.1 일상 조치 사항

시설물 종류	일상 조치 사항
수문	<ul style="list-style-type: none"> 항상 수문을 점검하여 문짝, 문틀에 부착된 이물질을 제거한다. 권양기가 실의형인 경우는 절연저항을 항상 점검한다. 제방과 접촉부분의 흠을 유의하고 두더지, 들쥐, 지렁이 등의 구멍은 비록 적은 것이라도 반드시 막는다. 수문 조작기구 등이 녹슬지 않도록 유의한다.
제방	<ul style="list-style-type: none"> 제방마루나 턱은 방재활동이나 하천점검시 중형차량이 통행하는 경우가 있으므로 이런 구간에는 쇄석을 깔아 요철이 발생하지 않도록 조치한다. 홍수시에는 제체의 균열 여부를 조사하여 충분히 이를 메우고 다져야 하며 야생동물에 의한 구멍은 누수파괴의 원인이 되므로 세심한 조사후 조치한다. 제방에는 잡초 및 기타 식생의 뿌리가 번성하여 제체내의 균열, 함몰 또는 활동 등을 일으키므로 이를 조기에 발견하여 제거하다
호안	<ul style="list-style-type: none"> 초목은 성장하여 돌불임을 이완시킬 위험이 있으므로 제거한다. 돌섶과 밀다짐 경계부분의 유실을 감시한다. 철근 콘크리트 방틀의 균열 및 이탈을 감시한다. 돌쌓기 및 돌불임에서 탈석, 배부르기, 이음눈의 탈락 등을 감시한다. 설유대에서 구체 배면의 경사면 유실 또는 침하에 의한 공동을 방지한다. 때불임에서 악성 잡초와 잡목을 제거한다. 돌불임은 너무 완만한 경사에서는 서로간의 지지작용이 작고 강한 와류의 흡인작용으로 탈석 우려가 있으므로 일상적으로 감시한다. 돌망태에 붙은 부유물은 철선 부식을 촉진하며 망태 내에 걸려있는 철제 및 상류부의 전선 등은 홍수시에 철선을 끊을 위험이 있으므로 제거한다. 가드레일형 블록망从中에서 블록 이탈을 일으키는 갈고리의 부식을 예방한다
수제	<ul style="list-style-type: none"> 수제 유지관리시 말뚝 또는 방울수제에 유목 또는 부유물이 걸려 있는 경우에는 호름에 대한 저항을 크게 하므로 신속히 제거한다. 콘크리트 블록에서 연결철근의 절단 여부를 감시한다. 목공침상에서 복재의 부식여부를 조사한다.
바닥다짐	<ul style="list-style-type: none"> 시설물의 변형 유무를 감시한다. 물받이의 힘줄, 균열, 지하누수 여부를 감시한다. 하류부의 세굴여부를 감시한다.
사방시설	<ul style="list-style-type: none"> 사방시설에서 물받침의 직하류 또는 근거리의 하상에서 토석을 채취하면, 하상이 저하되어 구조물의 기초가 세굴되어 파괴에 이르게 되므로, 토석채취는 금지하도록 엄격히 관리한다. 퇴적된 토석류는 신속이 제거한다
수로터널	<ul style="list-style-type: none"> 터널내부 또는 유입부에 생기는 퇴적물이나 유기물의 성장에 의한 유량의 감소를 방지하기 위해 필요시 터널 내외부를 청소한다

5.1.2 응급 조치

하천 시설물에서 발생된 손상을 방지할 경우 대인, 대물에 위해를 줄 가능성성이 있는 것이나 구조물 자체에 손상이 급속히 확대될 가능성이 있는 경우에는 응급조치를 취해야하는데 이 때 응급 조치는 즉시 실시해야 하며, 지속기간을 짧게 하는 것이 바람직하다.

【해설】

점검에서 발견된 손상에 대해서는 그 원인을 파악하고 정확한 조치를 취해야 하지만 시간적으로 긴급성을 요하는 경우에는 응급조치를 실시한다. 긴급성이란 그 손상을 방지한 경우 대인, 대물에 위해를 줄 가능성이 있는 것 또는 구조물 자체의 손상이 급속히 확대될 가능성이 있는 것을 말한다. 구조물의 규모 및 환경조건에 따라 응급 조치 공법을 선정하며, 일반적으로 임시적인 공법을 사용하지만 급격한 파괴가 예상되는 경우에는 공공성을 고려해 만일의 사고를 방지하는 조치를 취해야 한다. 다음은 구체적인 응급 조치 예를 나타낸 것이다.

① 섬유대 배면에 공동이 발생하였을 경우에는 신속히 그 부분의 섬유대 콘크리트군을 절단하고 그 범위와 심도를 결정하여 돌채움과 콘크리트주입 등의 방법으로 공동을 메꾸고 섬유대 콘크리트군을 원상복구 시킨다.

② 말뚝수제에 하상세굴이 심하거나 말뚝을 연결한 부재의 고정상태가 이완되었으면 즉시 이를 조도가 큰 깬자갈 등을 깔아 유실에 대비한다.

③ 돌불임부분에서 돌이 이탈한 곳은 빨리 보충조치하고, 콘크리트부분은 균열이 발생시 조기에 수선하도록 힘써야 한다. 특히 하상유지공 하류단의 세굴은 즉시 보강수선을 실시해야 손상을 방지할 수 있다.

④ 사방시설 중 댐 본체 또는 양안 접속부에서 누수가 되는 경우에는 즉시 누수방지공사를 한다.

⑤ 호안에서 버들가지의 이탈, 바자의 변형 및 부패, 배면 토사의 함몰, 시공된 토사와 자갈의 유실을 조기 발견하여 임시적으로 조치한다.

⑥ 철근콘크리트 방틀의 균열, 이탈 우려시 강철선으로 묶어 조치한다.

5.1.3 보수 조치

점검결과 하천 시설물에서 발생한 손상이 시설물의 안전에 큰 영향이 없는 것으로 평가되고 비진행성 손상으로 판단되면 이에 대해서는 보수조치를 취한다.

【해설】

통상 보수조치는 구조물에 작용한 위해요인으로 발생된 구조물의 손상을 치유하는 조치로 시설물에 발생한 손상 중에서 점검자가 시설물의 안전성에 심각한 영향을 주지 않는다고 판단되는 손상에 대한 조치사항으로 구체적인 보수 조치 사항은 해설 표 5.2 와 같다.

5.1.4 보강 조치

점검 결과 발생한 손상이 시설물의 안전에 영향을 미치거나 중대한 진행성 손상에 대해서는 보강 조치를 취하는데 보강 조치가 필요한 시설물에 대해서는 전문가의 자문을 구하고 보강 조치를 취할 때에는 반드시 보강설계를 실시하며, 보강 조치 후에는 보강효과를 확인하고 보강조치된 시설물은 특별점검 대상으로 분류한다.

【해설】

보강조치는 설계하중 이상의 외부 하중으로부터 구조물이 안전하도록 하기 위해서 구조물의 내하력 등을 증진시키는 조치로 안전율을 기준이상으로 확보하기 위해 부재 단면의 확대 정도 등을 판단한다. 이때 중요한 것은 구조물의 결함 원인에 대한 정확한 추정으로 이를 통해 적절한 공법을 선정할 수 있고, 또한 적절한 보강재료를 선택할 수 있다. 그리고 일반적으로 보강조치의 대상은 상태가 불량한 시설물이므로 제대로 보강하지 않으면 반대로 안전성을 더 저하시킬

가능성이 있다. 그래서 보강한 부위는 반드시 확인을 해야하지만 보강된 부위는 대체로 접근이 어려워 더 이상 손상을 관찰할 수 없는 경우가 대부분이므로 보강이 부실하거나 효과가 없으면 안전에 치명적인 위해 요인이 되기 때문에 보강조치는 철저히 시행하고 보강후 반드시 확인이 필요하다. 구체적인 보강 조치 사항은 해설 표 5.3 과 같다.

해설 표 5.2 보수 조치 사항

시설물 종류	보수 조치 사항
수 문	<ul style="list-style-type: none"> 노후된 수문에 누수 발생시 신속히 보수한다. 제방과 접촉부분의 흙이나 구멍은 즉시 보수한다. 권양기 모타에 손상이 발생하면 즉시 보수 조치한다. 손상된 이음부는 구조역학적으로 안전하게 보수한다.
제 방	<ul style="list-style-type: none"> 월류에 의한 제방단면의 파손은 즉시 보수 한다. 훼손된 떼는 신속히 보수하여 손상의 확대를 방지한다.
호 안	<ul style="list-style-type: none"> 콘크리트블립에서 배면토사의 누출이나 수축으로 공동이 발생하면 표면을 떼어내고 토사 및 뒷채움을 하여 보수한다. 콘크리트블록블립에서 연결봉의 파손이 없도록 하고 토사누출방지에 대해서는 블록형상에 요철을 붙이거나 두께가 다른 블록을 연결하여 조도를 증가 시킨다 찰쌓기의 경우는 배수구멍을 설치하여 침투수에 의한 수압 및 토압이 작용하지 않도록 유의하고 파손의 우려가 있는 곳은 면밀히 관찰하여 보수한다. 국부적으로 탈석한 곳은 다시 붙이거나 콘크리트 채우기를 하고 배나온 곳은 원인에 따라 둘의 규격, 크기, 뒷채움률 등을 결정하여 보수한다. 뒷채움자갈이 유실되어 들사이가 충분히 물리지 않을 경우 자갈 등을 채우고 이음사이에 모르터 등을 채워 일체화를 도모한다. 접합단이 밀착되지 않으면 둘블립이 흔들리거나 둘의 탈락 및 이동이 생길 우려가 있으므로 콘크리트 또는 모르터 등으로 채워들의 이동을 방지한다
수 제	<ul style="list-style-type: none"> 콘크리트블록침상에서 결함이 발견되면 즉시 원인을 파악하여 그 약점이 보완되는 블록으로 대체한다. 연결철근이 절단되면 콘크리트블록은 그 기능이 상실되므로 보수한다. 이면의 토사가 빠져나온 공간이 발견되면 호박돌, 자갈 등을 채워서 더 이상의 토사가 빠져나오지 않도록 한다.
바닥다짐	<ul style="list-style-type: none"> 바닥다짐 하류부는 세굴의 위험이 많아 밀다짐공이 설치되어 있어도 그보다 하류가 깊게 세굴되어 드러나게 되는 경우 밀다짐공을 연장하거나 본래의 밀다짐공을 다시 낮게 설치하거나 현장상황에 맞는 방법으로 보수한다. 목공침상의 아래부분은 돌망태공, 쇄석공으로 보수한다. 블임호안이 파손된 곳이나 물받이 아래의 누수는 즉시 보수한다.
사방시설	<ul style="list-style-type: none"> 조석 콘크리트댐이나 돌댐의 월류부에서 국부적으로 물이 빠지는 경우에는 콘크리트채움 또는 둘블립으로 보수한다. 댐하류의 부댐 또는 물받침은 파손원인을 규명하여 안전한 시설로 보수한다. 흙댐의 월류부는 보통 찰쌓기돌블립 또는 콘크리트블립을 하는데, 월류수는 부위를 급격히 확대하여 큰 재해를 초래하게 되므로 신속히 보수한다.

해설 표 5.3 보강 조치 사항

시설물 종류	보강 조치 사항
수·문	<ul style="list-style-type: none"> 세굴위험이 있는 날개벽 저판부는 사석으로 보강한다. 부등침하 발생시 즉시 보강 조치를 취한다.
제방	<ul style="list-style-type: none"> 구조 역학적으로 결합 발견시 보강한다 제방단면에 균열이나 침하가 발견되면 즉시 보강 조치한다.
호안	<ul style="list-style-type: none"> 사석의 이탈이나 침하로 단면에 이상발견시 적절한 입도의 사석으로 보강한다. 조약돌설공에서 돌설과 밀다짐 경계부분이 유실되었을 때는 즉시 보강한다. 돌망태는 철근의 부식, 결손을 억제하고 뒷채움 돌의 보충에 노력하여야 한다. 바자공의 경우에 삼각나무방을, 쇠다발바자, 판바자, 등이 부식되었을 경우 배면에 생버드나무를 쇠과 같이 세우거나 토사를 보강한다. 판자를 사용한 바자공에서는 삼목, 협목, 관목 등 연결부에 유의하고 벼팀말뚝으로 보강하며, 배면의 활물에는 호박돌 자갈 등을 보충하여 정리한다. 비탈암출공에서 통목을 사용할 경우 통목이 결손하면 비탈덮기에 틈이 생겨 파손되므로 통목을 보완하여야 한다. 밀다짐시 국부손상에 대한 보강은 선단과 상부에 사석을 하고, 유수에 의해 배면의 토사가 누출되어 공동이 생기면 호박돌, 자갈, 사석 등을 채워 보강한다.
수제	<ul style="list-style-type: none"> 블루과 수제에서 침식이 유실되었거나 채움돌이 탈출되었다면 즉시 보충하고 상하류에 세굴이 심한 경우 소규모 방들을 사용하여 퇴적을 도모한다. 말뚝수제에서 국부적인 하상세굴이 발견되면 말뚝의 배열 및 높이에 조절하고 세굴된 곳은 쇠침상, 단상 또는 돌망태 등을 설치하거나 사석을 보강하며, 말뚝간격이 벌어진 곳은 쟁횡 또는 대각선 방향으로 말뚝을 연결 보강한다. 금류하천에서는 쇠침상이 가벼워서 유실될 수 있으므로 목공침상 또는 콘크리트 블록으로 대체한다. 침상부의 세굴이 발견되면 말뚝을 빼아 말뚝수제로, 바꾸거나 침상위에 쇠을 깔고 자갈, 호박돌을 채워 물붙임 상치를 한다. 뼈대수제에서 마룻대가 부러지면 흐름에 대한 저항이 약해지는 원인이 되므로 합장목과 중도리 등을 보강해야 하고, 부력에 의한 부상이 손상원인이라면 돌망태 등을으로 눌러 두어야 한다. 그리고 뼈대의 침식 또는 잣은 파손은 유수에 대한 저항 또는 건습의 변화가 심한 것으로 목재뼈대를 콘크리트 파일 또는 현장치기 콘크리트, 낡은 레일 등을 대체 보완하고 국부적인 깊은 세굴은 침상 또는 사석으로 방지한다.
바닥다짐	<ul style="list-style-type: none"> 하상유지공에서 본체 기초공의 결함은 먼저 물받이 부분에 나타나게 되는데 물받이의 일부 함몰, 균열 등의 이상이나 지하누수 등은 발견 즉시 물받이공의 연장, 널말뚝의 증설 등으로 보강한다.
사방시설	<ul style="list-style-type: none"> 사방시설중 댐 및 양안 접속부가 침식 또는 세굴된 경우에는 콘크리트채움 또는 콘크리트 호안으로 보강하여 파손의 확대를 방지 한다 시설물의 변형이 발견되면 확대를 방지하고 보강조치를 취한다.

5.2 조치 방법 선정시 검토사항

하천 시설물에 대한 조치 방법은 시설물에 손상의 영향 정도, 시설물의 중요도, 사용 환경조건 및 경제성 등에 의해서 결정되므로 시설물의 점검 결과를 정밀 검토 한 후에 다음과 같은 사항을 고려하여 조치 방법을 선정한다.

(1) 구조적 적합성

- (2) 시공성
- (3) 경제성
- (4) 대민 영향도
- (5) 미관
- (6) 행정상 장래계획
- (7) 기타

【해설】

- (1) 조치방법 선정시 구조적으로 적합한 내하력, 내구성을 갖는지 또 손상부재의 구조적 역할을 고려하고, 여기에 기술적·경험적 내용도 포함해 평가하는 것이 중요하다.
- (2) 조치공법이 기술적, 품질적으로 시공관리가 충분히 가능한지, 공기가 충분한지 현장조건을 고려해서 결정한다.
- (3) 조치방법의 공사비를 고려 현시점에서 가장 경제적인 방법을 선정한다.
- (4) 대민 영향도를 고려하여 민원발생을 미리 방지하고 대책을 마련한다.
- (5) 조치 공법 시행후 미관을 현저히 해치는가를 고려해야 한다.
- (6) 앞으로의 하천의 개수계획과 도시계획을 고려하여 선정한다.
- (7) 시설물 관련 제반자료나 점검결과를 기반으로 결정한다.

5.3 조치 기록

하천 시설물에서 각 손상에 대한 조치는 체계적으로 기록하여 차후 점검과 유지관리시 반영되어야 한다.

【해설】

하천 시설물은 수십년간 유지관리가 이루어지므로 손상조치에 대한 기록은 반영구적으로 보관되도록 전산화하여 점검이나 유지관리시 자료로서 사용되어야 한다.

제 9 편 상·하수도

제 1 장 시설물의 종류 및 특징

1.1 상·하수도 시설물의 종류

상수도 시설은 원수의 수질 및 지형, 계획 기간, 배수 면적 및 배수량 등에 따라 각 요소의 시설이나 조작이 간단하게도 되고 복잡하게도 되며, 하수도 시설은 여러 가지 입지적 여건과 요구되는 목적에 따라 시설물의 종류와 방식이 다양하다. 이들 각각에 관한 시설물의 종류는 다음과 같다.

- (1) 상수도 시설물의 종류 : 수원 시설, 취수 시설, 도수 및 송수시설, 정수 시설 배수 및 급수시설
- (2) 하수도 시설물의 종류 : 하수관거 시설, 하수처리장 시설(하수처리 시설, 슬러지처리 시설)

【해설】

최근 들어 문화수준의 향상과 급속한 산업화 및 인구증가로 인해 국민생활과 경제생활의 귀중한 사회 간접시설인 상·하수도 시설물은 생활환경의 개선과 수자원 보호측면에서 그 역할이 더욱 강조되고 있는데, 이들은 모두 위생적이고 충분한 물의 공급과 함께 깨끗한 생활환경의 조성을 위한 사회 기반시설로서, 각각에 관한 구체적인 시설물의 종류와 그 내용은 다음과 같다.

(1) 상수도 시설물의 종류

상수도 시설물은 인간생활의 필수 불가결한 음용수의 공급시설이며, 그 구성요소에 따라 수원 시설, 취수 시설, 도수 및 송수시설, 정수 시설, 배수 및 급수시설로 나눌 수 있는데, 각각의 시설에 관한 내용은 해설 표 1.1 과 같다. 또한 해설 그림 1.1 에는 일반적인 상수도 시설의 계통도를, 해설 그림 1.2 에는 상수도 시설의 관계도를 각각 나타내었다.

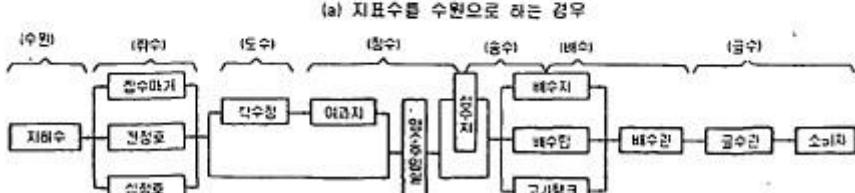
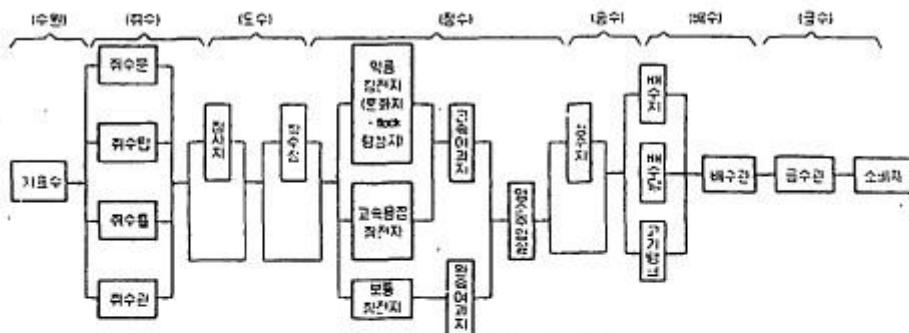
(2) 하수도 시설물의 종류

국민들의 환경에 대한 인식과 원수의 부족, 수질저하 및 오염 등에 의해 더욱 그 역할이 중요시되고 있는 하수도 시설물은 하수관거 시설, 하수처리장 시설(하수처리 시설, 슬러지처리 시설)등으로 구분할 수 있으며, 하수관거 시설은 하수관거와 역사이편, 맨홀, 차집관거, 우수토설, 물받이(오수·우수받이) 및 연결관, 토구 등을 총칭하는 시설을 말하고, 가정 및 공업지역에서 배출되는 오수나 우수를 모아서 처리장 또는 방류 수역까지 유하시키는 역할을 한다.

하수처리장 시설은 각종 오염물질을 분리하거나 무해한 물질로 변환시켜 쾌적한 생활 환경유지와 자연 생태계를 보호하기 위한 것으로서, 유입 하수량 및 수질, 건설비, 유지관리비, 운전의 난이도, 처리장의 입지조건 등을 고려하여 적절한 시설물을 선정·운영하여야 하고, 이는 다시 처리 대상에 따라 하수처리 시설과 슬러지처리 시설로 구분된다. 아래의 해설 그림 1.3 과 해설 그림 1.4 는 하수도 계통의 평면도와, 일반적인 하수처리-시설의 계통도를 각각 나타내었다.

해설 표 1.1 상수도 시설물의 종류

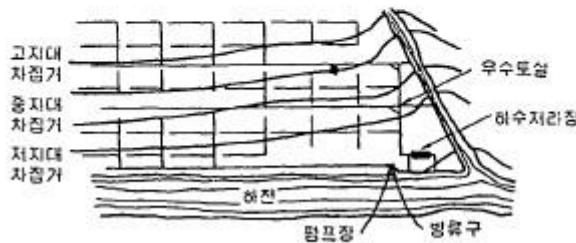
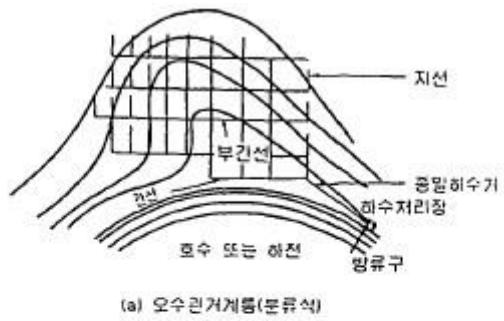
시설물의 종류	내 용
수원 시설	원수의 수원 시설로서 지표수원과 지하수원이 있으며, 수원으로서의 가장 중요한 여건은 수량과 수질이다.
취수 시설	수원에서 소요 수량을 취수하는 시설로서 수원의 종류나 계획 취수량에 따라 취수하는 방법이나 규모 및 시설은 달라진다.
도수 시설	수원에서 취수한 원수를 정화하기 위해서 정수장까지 보내는 시설을 말한다.
정수 시설	원수의 수질을 사용 목적에 적합하도록 개선하는 시설로서, 보통의 공공 수도에서는 침사, 침전, 모래 여과 및 살균의 여러 방법이 순차로 행하여지나 원수의 수질이나 상수의 용도, 금수과정의 특이성 등에 따라 달라질 수 있다.
송수 시설	정수시설로부터 배수시설의 시점까지 정수된 물을 보내는 시설로서, 외부로부터의 오염을 완전히 방지하여야 한다.
배수 및 금수 시설	배수 시설은 상수를 배수시설에 의해서 소요 압력 하에서 소요량만 금수지에 수송하는 시설이며, 금수 시설이란 단지 그 물을 사용자에 공급하는 시설을 말한다.



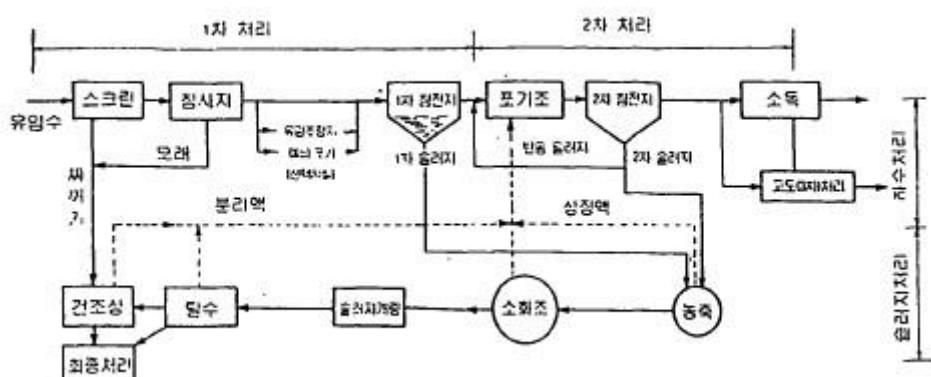
해설 그림 1.1 일반적인 상수도 시설의 계통도



해설 그림 1.2 상수도 시설의 관계도



해설 그림 1.3 하수도 계통의 평면도



해설 그림 1.4 일반적인 하수처리 시설의 계통도

1.2 상·하수도 시설물의 특징

상·하수도 시설물은 국민생활과 경제생활의 귀중한 사회 간접시설로서 생활환경의 개선과 수자원 보호측면에서 그 역할이 더욱 강조되고 있으며, 그 시설의 운용상태 및 시설물 손상에 의한 피해는 어떠한 재산적 피해보다도 크다고 할 수 있다. 그러므로 상·하수도 시설물을 구성하고 있는 각각의 시설물에 관한 충분한 이해를 바탕으로 합리적이며 체계적인 유지관리가 실시되어야 한다.

【해설】

인간에게 질적으로 안전하고 양적으로 충분한 물을 공급하기 위한 상수도 시설은 급속한 경제성장과 국민 생활수준의 향상, 생활양식의 변화 등으로 인해 그 수요가 급격히 증가하고 있다. 더구나 환경오염 등으로 인한 상수원의 수질 악화와 수원의 부족은 기존 시설의 올바른 운용과 보다 철저한 시설물 유지관리를 요구하고 있다.

오수 또는 우수를 처리장까지 운송하여 처리한 다음 방류지점까지 운반하는데 요구되는 하수도

시설은 우수의 배제 기능을 통해 침수에 의한 도시재해를 예방하는 기능과 함께 오수의 배제·처리 및 슬러지의 처리·처분의 기능을 통한 생활환경 개선 및 수질 보전을 도모할 수 있어야 한다. 오늘날에는 수질오염이 점차 급격히 진행됨에 따라 하수도가 공중위생의 향상 등 비교적 단순한 생활환경의 개선 뿐 아니라, 공공 수역의 수질보전에 의한 수자원의 보호라는 보다 중요한 역할을 담당하게 되었다. 그러므로 이러한 이유에서 하수도의 형태나, 시설물 내용, 지역 설정 등에 알맞은 합리적인 적정 조직과 인원 및 점검 계획 등을 통한 종합적인 유지관리 업무가 필수적이라 할 수 있다.

제 2 장 시설물 손상의 종류 및 원인

2.1 상·하수도 시설물의 손상 종류 및 원인

상·하수도 시설에서 발생되는 손상 종류 및 원인은 그 구성요소의 특성과 역할에 따라 다음과 같이 구분하여 살펴볼 수 있다.

- (1) 관로 시설의 손상 : 상수관거의 손상, 하수관거의 손상, 부대시설의 손상
- (2) 정수 시설의 손상 : 응집지의 손상, 침전지의 손상, 여과지의 손상
- (3) 펌프장 시설의 손상 : 침사지의 손상, 펌프설비의 손상, 부대설비의 손상
- (4) 하수처리 시설의 손상 : 1 차 침전지의 손상, 살수여상의 손상, 활성 슬러지의 손상, 회전원판의 손상, 송풍기의 손상, 최종 침전지의 손상
- (5) 슬러지처리 시설의 손상 : 슬러지농축조의 손상, 혼기성 슬러지소화조의 손상, 슬러지 개량설비의 손상, 슬러지 탈수설비의 손상

【해설】

상·하수도 시설들은 사회생활에 기반인 물의 공급 및 처리를 관리하는 사회간접시설로서 그 손상의 종류 및 원인을 파악하고 또한 그에 알맞은 조치를 습득하여 항상 시설물이 안전하고 충분한 양의 물을 공급할 수 있게 그 기능을 유지하도록 해야 한다.

(1) 관로 시설의 손상

상수관로의 손상은 일반적으로 복합적인 원인에 의해서 발생되는 경우가 많으며, 하수관로 시설의 손상은 관리 소홀과 환경에 대한 인식부족이 손상을 일으키는 주된 요인이다. 일반적인 관로 시설은 상수관거 및 하수관거와 그 부대시설로 나눌 수 있으며 각각의 손상종류 및 원인은 해설 표 2.1과 같다.

상수관로의 손상의 형태는 원주방향의 손상, 길이방향의 손상, 구멍, 접합부의 이탈 등이 있어 소구경관에서는 주로 원주방향의 손상이 많이 나타나며, 대구경관의 경우는 길이방향의 손상과 구멍이 많다. 반면 하수를 모아 처리장 또는 방류장까지 유하시키는 하수 관로시설의 손상 종류에는 침점물의 퇴적 및 유하능력의 저하, 부등침하, 유해물질의 유입으로 인한 여러 손상 및 사고 등이며 그 원인은 손상 종류에 따라 다양하나 시공 불량 및 관리소홀과 환경에 대한 인식

부족이 손상을 일으키는 주된 요인이다.

해설 표 2.1 관로시설의 손상 종류 및 원인

시설물	손상 종류	손 상 원 인
상 수 관 거	관의 노후	일반적으로 복합적인 원인에 의해서 발생되는 경우가 많으며 일반적으로 관로의 손상원인은 관의 부식, 교통하중의 증가이며, 그밖에 기온의 변화, 등이 있다. 관의 노후는 수질에도 많은 영향을 미치므로 정기적인 점검으로 철저한 보수·보강이 요구된다.
	지표면의 침 하	교통하중의 증가와 기온의 변화 및 강우에 의한 지반의 풍화와 동상으로 일어나며 이는 또한 관의 파손과 벨브의 비틀림을 유발시킨다.
	관의 부식	산성의 공장폐수 등이 침투하는 곳, 염분이 함유된 해안 근처 또는 유황분을 함유한 토양에 설치된 철관에서 산, 염수, 황화수소 등에 의해 나타나며 관과 벨브를 부식시킨다.
하 수 관 거	침전물의 퇴적	침전물의 퇴적원인으로는 유하능력의 저하, 작업장으로부터 배출된 유치류의 고결, 맨홀 및 반이에 버려진 불법투기물 등이 있으며, 암거에 유입된 토사, 부유물질, 점성물질 등의 침전물은 저부에 퇴적되어 그로 인한 유하능력의 저하로 침점물의 퇴적을 가중시킨다.
	지표면의 침 하	관거의 손상 또는 이음부의 불량으로 인하여 지표면이 침하하는 경우가 많으며 또한 추진공법, 월드공법 등으로 부설된 관거는 지반의 부동침하 등으로 지표면의 침하를 발생시키다. 특히 강우시에 암거의 손상부위를 통하여 토층에 유출한 하수가 토사와 함께 재차 유입하여 침하를 촉진시킨다.
	악질하수 유해가스의 유입	대단위 공업단지나 주거가 밀집된 지역에서 인식부족과 불법투기로 인해 주로 발생된다. 이로 인해 암거의 부식 및 노후로 인한 기능 저하와 여러 가지 사고의 가능성을 증가시킨다.
개 거	유하능력의 저 하	유하능력의 저하 원인으로는 토사 등의 퇴적, 쓰레기 등의 불법투기 및 목초 등의 번식 등이 있으며 유하능력을 확보하고 양호한 환경을 유지하기 위해서는 이를 제거하여 유하단면적을 확대시킨다.

부 대 시 설	사이 편	모래 및 슬러지 의 퇴적	공사 후 실제로 계획 하수량이 흐르기까지는 상당한 시간이 필요하므로 초기에 주의를 해야 하며, 손상 원인으로는 주기적인 청소작업의 실시 부족과 청소 및 점검에 필요한 환기팬, 배수펌프의 불량 등이 있다. 특히 상류부의 사이편설은 모래 및 슬러지의 퇴적이 일어나지 쉽다.
	맨 홀	맨홀뚜껑 노후화	콘크리트뚜껑 노후화 및 포장 등에 의한 경화로 인한 맨홀뚜껑의 개폐가 불가하거나 파손된 경우가 있으며 그밖에 맨홀내부 진입을 위한 사다리 미설치 및 부식으로 인해 점검이 불가능한 경우가 있다
	맨홀내부 의 침 수		관내 유수장애물과 관거의 구배불량으로 인해 맨홀내부의 침수가 발생하며 구배불량 관거를 관거정비를 통해 개량하거나 교체시킨다.
	토 구	호안 손상	호구로부터 방류된 하수의 유속이나 낙차가 크면 세균로 인해 호안에 손상이 발생된다. 또 토구 부근에 토사 등이 퇴적되어 방류선의 저면이 높아져 기능의 저하를 가져온다.
	밭 이	토사 퇴적	토사의 퇴적은 밭이에 버려진 여러 가지 불법투기물이 주 원인이며 그밖에 밭이의 노후로 인한 기능 저하가 있다.
	밭 이 파손		차륜 교통의 과중한 하중과 공사에 의한 소홀로 주로 파손된다
연 결 관	하수관의 막 힘		막힘의 원인은 접속불량, 차륜교통에 의한 파손 및 타공사에 의한 관리소홀 등이 있으며 이로 인해 지표면의 침하 및 밭이의 손상을 일으킨다.

(2) 정수 시설의 손상

일반적인 정수 시설은 침사, 침전, 모래 여과 및 살균의 여러 방법이 순차로 행하여지나 원수의 수질이나 상수의 용도, 급수과정의 특이성 등에 따라 각각의 손상의 종류 및 원인이 달라질 수 있으며 각각의 손상종류 및 원인은 해설 표 2.2 와 같다.

원수의 수질을 사용 목적에 적합하도록 개선하는 시설인 정수 시설의 일반적인 손상 원인은 태풍시의 풍력이나 호우시의 부력등의 외력과 정전이나 사고 등에 의한 기기의 정지 및 호우시에 수질이 극도로 악화되어 처리시설이 마비되는 경우 등이다. 더구나 환경오염 등으로 인한 상수원의 수질 악화와 수원의 부족은 기존 시설의 올바른 운용과 보다 철저한 시설물 유지관리를 요구하고 있다.

해설 표 2.2 정수시설의 손상 종류 및 원인

시설물	손상 종류	손상 원인
용접지	단란류의 발생	다량의 물의 유입 또는 침전물의 물의 흐름 장애 등으로 인해 물의 유속이 크게 변화되어 발생된다. 그밖에 원수 중에 탁도가 너무 큰 것에 의한 침전과 속도 변화로 일어난다.
침전지	유기물의 과다 함유	인근 하천 원수의 증가 등으로 인한 지내의 유속저하로 체류시간이 길어짐에 따라 침전지에 많은 유기물이 함유된다.
	모래 침전의 불완전	체사층이 너무 적거나 지내의 유속이 너무 빠른 경우 또는 모래입자의 크기가 너무 작은 경우에 발생된다.
여과지	공기 장애(air binding)	부수두, 물이 모래층을 통과할 때 수온의 상승 등으로 공기가 유리하며, 모래층간에 누적되어 발생한다. 이는 물을 통과시키지 않으므로 모래층의 여과면적을 감소시키고 또 수중의 용존 공기가 물로부터 유리되므로 물과의 비중차이로 부상작용에 의하여 여상을 팽창시켜 여과를 방해시킨다.
	탁질의 누출	공기 장애현상이 일어나면 모래층 내의 간극이 폐쇄되거나 모관의 단면이 작아져서 여과 유속이 빨라짐에 따라 여층층에 억류되어 있는 풀죽이 파괴되어 여과수와 같이 유출하게 된다.

(3) 펌프장 시설의 손상

펌프장 시설은 관로에서 집수된 하수를 처리장으로 송수하고 또 우수를 방류하는 기능을 가진 시설로서 주로 배수구역의 오수나 우수를 신속하게 배출하여 침수재해를 방지하는 역할을 하므로 강우, 태풍, 정전 등 주위 상황에 따라 신속한 운전 및 관리가 요구된다. 따라서 항상 기기의 구조, 성능, 작동 등을 익혀 펌프장의 운영 및 상황변화에 대한 대비를 철저히 해야 한다. 펌프장 운영에 있어 발생되는 일반적인 손상의 종류와 원인은 해설 표 2.3 과 같다.

해설 표 2.3 펌프장 시설의 손상 종류 및 원인

시설물	손상 종류	손상 원인
침사지	모래목재의 과다 유입	유입원인은 관로 시설의 공사 및 청소 또는 다량의 지하수의 침입 등에 의한 것으로 적절한 조치가 요구된다.
	유기물의 과다 함유	유입 하수량의 과다 등으로 인한 지내의 유속저하로 체류시간이 길어짐에 따라 침전지에 많은 유기물이 함유된다.
	모래 침전의 불완전	체사층이 너무 적거나 지내의 유속이 너무 빠른 경우 또는 모래입자의 크기가 너무 작은 경우에 발생된다.

펌프설비	원동기의 과부하	회전속도의 과속, 규정 수량외에서의 운전, 임펠러와 케이싱의 접촉, 흙 및 이물질의 혼입, 그랜드 패킹의 파다 조임, 전압의 저하, 기타 임펠러에 목재 조각이 끼 경우에 주로 발생된다.
	펌프의 진동	펌프의 진동은 기능 및 능률 저하를 유발하며 진동의 원인으로는 임펠러의 이물질 유입으로 인한 파손, 토출수량의 과다 또는 과소, 펌프와 원동기 축심의 뒤틀림, 축받이의 손상 등이 있으며 공기의 혼입과 캐비테이션도 간혹 진동의 원인이 된다.
	축받이부 그랜드부 의 열	그리스의 과다주입, 윤활유의 금유부족, 축심의 뒤틀림, 축받이의 손상, 오일 링의 파손, 트ラ스트의 밸런스 이상 등 여러 가지가 있으며 과도한 열의 발생 시에는 운전을 멈춘 후 손상의 원인을 해결하여 열로 인한 다른 손상의 유발을 막는다.
부대설비	펌프정	유속의 감소로 체류시간이 길면 침전물 및 고형물이 퇴적되며 유입 하수량에 따라 적절하게 펌프를 작동시켜야 한다.
	제이트	제이트의 파손, 기초볼트의 조임 불균형에 의한 가이드 프레임의 변형, 뒤채움 모르터의 불량 등에 원인이 있으며 이물질이 끼게 된 경우도 가혹 나타난다.
	스크린	청진이 계속된 다음 강우가 있으면 스크린 찌꺼기가 현저하게 많아져 설비가 작동되지 않는 경우가 있으며 특히 우수 펌프 운전 중에는 스크린 설비를 연속적으로 운전하는 것이 안전하다.
	제사설비	강우시 다량의 토사유입 등으로 인하여 기계가 망가될 경우 운전 불능이 나타난다.
	기계의 배수	

(4) 처리장 시설의 손상

처리장 시설은 관로에서 집수된 하수를 그대로 또는 펌프장 시설을 경유하여 최종적으로 처리하여 하해, 기타 공공 수역에 방류하기 위한 시설로서 처리장 시설의 특성상 운전의 장기간 정지가 불가능한 경우가 많으므로 항상 처리장의 시설 및 설비의 점검을 철저히 하고 손상의 종류 및 원인을 사전에 파악하는 것이 중요하다. 처리장 운영에 있어 발생되는 일반적인 손상의 종류와 원인은 하수처리 시설의 손상과 슬러지처리 시설의 손상으로 나누어 각각 해설 표 2.3 과 해설 표 2.4 에 나타내었다.

해설 표 2.4 하수처리 시설의 손상 종류 및 원인

시설 물	손상 종류	손상 원인
1 차 침 전 지	슬러지의 부패·부상	침전시간이 길거나 인출시기가 부적당하여 슬러지가 장시간 퇴적되면 부패로 인해 부상하며 또한 슬러지 인출량을 증가시킨다.
	슬러지 유출	월류웨어로의 슬러지유출은 유입수량이 대량이거나 지(池)의 수면적부하나 웨어의 과대로 인해 나타나며 또한 슬러지의 과잉퇴적이 원인인 경우도 있다.
	악취 및 혹색의 물	부패한 하수의 유입 및 공장폐수로 인해 주로 나타나며, 또한 슬러지 농축조로부터의 SS의 반송으로 인해 나타난다.
	슬러지펌프 작동 불능	슬러지중 모래, 점토, 기타 무거운 물질로 인해 펌프의 기능을 저하시킨다. 대체으로는 침전지의 제사작업을 충분히 하고 유입수중의 사질분을 감소시킨다.
살수 여상	여상 폐색 (閉塞)	여재의 파소나 불균일로 인해 여재간의 간극이 적거나 유입수에 유기물이 많은 경우 여재간의 간극을 폐색하여 여상표면에 담수가 생긴다. 또한 여상 표면에 나뭇잎, 먼지 등이 퇴적되어 여상이 폐색되는 경우도 있다.
활 성 슬 러 지	활성슬러지 의 Bulking	유입수중에 고농도의 유기성 배출수, 부폐배출수 등이 다량 혼입되거나 크름, 시안, 폐놀, 황화물, 유지류 등을 포함한 공장폐수의 유입이 주 원인이며 그밖에 폭기가 과부족할 때, MLSS가 과대·과소할 때, 반송 슬러지가 부폐할 때, Bulking이 발생된다.
	활성슬러지 의 부상	과잉폭기로 발생된 질산염 중의 산소를 세균이 이용하여 질소가스와 탄산가스의 기포를 만들어 이것이 활성슬러지의 밀도를 감소시켜 발생된다.
	활성슬러지 의 해체	보통 송기량이 과잉한 경우, MLSS가 유입수의 수질에 대하여 과대 또는 과소한 경우, 유해물질이나 다량의 해수가 유입하는 경우 등에 일어난다.
	이상한 기포 발생	이상한 기포발생은 합성세제 등 기포의 원인물질의 유입에 의하여 발생되며 그밖에 MLSS의 감소, 송기량의 과잉 및 기온의 저하에 의한 경우도 있다.
회전 원판	미생물막 의 탈리	일광에 의한 조류번식과 강우에 의해 주로 발생되며 그밖에 온도의 영향을 많이 받으므로 한랭기에 온도 보존이 필요하다.
최 종 침 전 지	활성슬러지 소량 부상	유입수량의 증가와 오수펌프의 운전회수 증가로 지내 흐름이 변화되거나 폭기조에서 너무 강하게 혼합된 경우에 발생된다.
	활성슬러지 다량 부상	퇴적된 활성슬러지의 부적절한 인출로 축적되어 발생된 협기성 분해, 슬러지스크레이퍼의 비정상적인 작동 등으로 인해 나타난다.
	활성슬러지 다량 부상	협기성 분해가 계속 진행되거나, 지내에 퇴적한 활성슬러지의 일부가 제거되지 않은 경우, 질소가스의 발생으로 이것이 활성슬러지의 풀록에 부착되는 경우에 일어난다.

송 풍 기	축받이의 온도 상승	심출(心出) 불량상태에서 운전하거나 축받이의 이상마찰로 인해 온도상승이 나타난다.
	기내의 온도 상승	토출측에 있는 풍량 조절밸브의 폐쇄, 송기관의 폐색 및 산기장치의 막힘 등으로 저항이 증대하여 송풍기의 토출측의 압력이 상승하여 일어난다.
	이상한 진동·광음	송풍기 및 그 배관계에 세정현상이 일어날 경우와 그밖에 장기간 운전으로 인한 임펠러의 마모 및 부식, 먼지·타르·유지 등의 부착으로 일어난다.
	송기량 감소	송기량의 이상저하 원인은 송기량의 폐색, 산기장치의 막힘, 임펠러의 마모, 공기천정기의 막힘 등을 들 수 있다.

해설 표 2.5 슬러지처리 시설의 손상 종류 및 원인

시설물	손상 종류	손상 원인
슬러지 농축조	이상한 기포 발생	원인은 슬러지의 대량부상, 이상취기의 발생과 함께 슬러지의 퇴적, 온도의 상승 등에 의한 슬러지의 부패에 기인한다.
형기성 슬러지 소화조	소화가스량의 저하	저농도의 슬러지 투입, 소화슬러지의 과다인출, 탱크내의 온도저하, 탱크용량의 감소, 소화가스의 누출 등으로 인해 나타난다.
	탈리액(脫離液)의 상태악화	탈리액에 소화슬러지가 혼입하거나 탱크내의 슬러지 계면(界面)이 높을 때 나타난다 또한 과도한 혼합이 원인이 되기도 한다.
	이상한 기포 발생	인출과잉에 의한 탱크내의 슬러지 부족, 유기물의 과부하, 1차탱크의 혼합부족 등이 원인이며 소화가 심하게 악화될 경우 맥주와 같은 기포가 발생된다.
슬러지 개량 설비	세척 폐수의 악화	탱크내 슬러지의 퇴적, 탱크의 고형물 부하의 과대 등이 있으며, 슬러지 침강성의 부족도 원인이 된다.
	세척슬러지의 인출이상	슬러지 중에 모래 등이 많아지거나 슬러지농도가 너무 높아지면 세척슬러지의 인출이 곤란하게 된다.
	스컴의 대량 발생	스컴은 보통 사용중인 제1단 탱크에서 발생되며 원인은 소화슬러지에 포함된 유지와 침강하기 어려운 슬러지가 처음은 얇은 피막상태가 되다가 점차 하부로부터 두껍게 되어 여러 가지 손상을 유발시킨다.
슬러지 탈수 설비	이상음의 발생	축받이부의 온도상승도 함께 나타나며 그 원인은 구동부의 축받이에 윤활유가 없거나 열화된 경우와 회전부가 접촉된 경우이다.
	탈수 케이크의 파소 및 박리의 악화	여포(慮布)속도가 너무 빠르거나 여포에 주름이 있는 경우, 운전시간의 과다 등으로 여포가 막힌 경우, 슬러지농도가 낮은 경우, 슬러지량이나 약품첨가율이 적합하지 않은 경우 등 여러 가지 원인이 있다.

제 3 장 시설물의 점검

3.1 점검 계획

상·하수도 시설물에 대한 전반적인 점검 계획을 수립할 때는 다음 항목들에 대한 구체적인 계획이 선행되어야 한다.

- (1) 조사 범위 및 항목 결정
- (2) 기존 점검 자료 검토
- (3) 분야별 총 소요 인원 판단
- (4) 재료시험 실시에 대한 적정성 여부 판단
- (5) 점검 기간 및 계획된 작업시간 예측
- (6) 점검 적정시기 결정
- (7) 점검 장비 선정
- (8) 접근 방법 결정
- (9) 점검 종사자의 안전
- (10) 기타 점검자와 관리 주체가 필요하다고 판단되는 사항

【해설】

시설물의 점검을 효과적으로 수행하기 위해서는 먼저 자료조사 및 수집, 현장조사를 통한 사전 검사를 먼저 실시한 후 점검 계획을 수립하는 것이 중요하다. 결함의 유무 및 범위에 대한 확인이 필요할 때에는 현장에서 비파괴시험 및 재료시험을 통하여 구조물의 손상 정도를 측정하는데, 이러한 점검 장비를 이용하여 실시한 구조물의 구조적·수리적 안전성 평가결과, 시설물 손상에 대한 보수·보강조치가 필요한 경우에는 각 손상의 종류에 따라 적절한 조치를 취해야 한다.

조사 범위와 점검항목의 결정에 있어서는 각 분야별 세부항목을 전체 점검계획에 맞추어 결정하며 책임 점검자가 필요하다고 판단되는 경우 수중조사를 조사 범위에 포함시킨다. 계획 수립시 반드시 기존 점검자료를 검토하여 이전에 발생된 결함의 종류를 검토하고 점검에 필요한 분야별 총소요 인원을 조사하여 가용 인력을 판단한다. 그밖에 재료시험 실시에 대한 적정성 여부와 점검기간 및 계획된 작업시간을 전반적인 점검 일정에 맞춰 예측한다.

구체적인 점검시기 결정시 흙한기에는 구조물의 균열 및 파손현상이 잘 나타나고, 흉수시에는 누수나 파이핑 현상의 관측이 용이하므로 이 점을 감안하고 또한 점검의 시급성과 효율성 등을 고려하여 점검시기를 결정한다. 점검 장비의 선정에 있어서는 점검 항목에 부합되며 현장 상황이나 점검 작업을 통해 야기될 수 있는 주변 지역의 영향 등을 종합적으로 분석하여 구체적 장비 및 접근 방법을 선정해야 한다. 그밖에 점검 작업시 항상 점검 종사자의 안전을 고려할 수 있도록 계획을 수립하여 기타 점검자와 관리 주체가 필요하다고 판단되는 사항을 첨가한다.

3.2 점검 항목 및 방법

상·하수도 시설물에 대한 전반적인 점검 항목 및 방법을 결정할 때는 점검 종류에 따른 점검 내용과 점검 범위의 선정이 선행되어야 하며 상·하수도 시설물의 점검 내용은 다음과 같다.

- (1) 일상 점검 : 육안 조사

(2) 정기 점검 : 상세 육안조사, 비파괴 조사, 내하력 조사

(3) 긴급 점검 : 상세 육안조사, 비파괴 조사, 내하력 조사

(4) 공통 : 상태 조사, 보수·보강공법 제시

【해설】

상·하수도 시설물은 각 시설물마다 점검 항목과 점검 방법이 매우 다양하므로 우선 점검 종류별로 점검 내용 및 범위를 확인할 필요가 있다. 점검 종류를 일상 점검, 정기 점검, 긴급점검으로 구분하여 필요한 점검 범위를 선정하고 수행된 점검 및 점검 결과의 일관성을 확보하기 위해 공통적으로 상태조사를 실시하며 점검 후 시설물의 손상정도가 심할 경우 보수·보강 대책을 제시하여야 한다. 또한 점검 범위의 결정에 앞서 도면 및 관리대장, 설계도서 등의 관련자료와 과거 점검기록, 보수·보강이력 등의 이력사항을 조사·검토한다. 상·하수도 시설물의 점검 종류별 점검 내용과 범위는 해설 표 3.1과 같다.

해설 표 3.1 점검 내용 및 범위

구 분	점 검 내 용	점 검 범 위
일상 점검	육안 조사	·취수시설, 취수장, 도수·송배수관로, 정수시설, 가압장, 배수지 등 ·침사지, 유입펌프장, 유량조정조 및 분배조, 침전지, 포기조, 소독조, 방류관거 및 방류펌프장, 슬러지처리 시설, 부대시설 등
정기 점검	상세육안조사	·취수시설, 취수장, 도수·송배수관로, 정수시설, 가압장, 배수지 및 부대시설 등 ·침사지, 유입펌프장, 유량조정조 및 분배조, 침전지, 포기조, 소독조, 방류관거 및 방류펌프장, 슬러지처리 시설, 부대시설 등
	비파괴 조사	필요 부위(취약부재 및 단면)
	내하력 조사	도면값 및 실측치를 이용
긴급 점검	상세육안조사	필요 부위
	비파괴 조사	필요 부위
	내하력 조사	필요 부위
공 통	상태 조사	육안조사(비파괴시험) 결과 활용
	보수·보강 공법 제시	필요 부위

3.2.1 상수도 시설의 점검 항목 및 방법

상수도 시설의 점검은 취수, 도수 및 송수, 정수, 배수 및 급수의 기본적인 시설물에 따라 다음과 같은 주요 점검 부위에 유의하여 점검한다.

(1) 취수시설 : 구체 시설물, 문비, 권양기, 스크린, 보호 구조물

(2) 취수 및 가압장, 배수지 : 구체 시설물, 각종 밸브, 구내 배관, 신축이음, 배수시설, 사면 보호시설

(3) 도수·송배수관로 : 관로 시설, 각종 밸브류, 터널 및 조암수조

(4) 정수시설 : 착수정, 혼화·응집지, 침전지, 여과지, 정수지, 배출수처리 시설, 송수 펌프실, 구내 배관, 약품 저장탱크, 서지탱크, 배수 시설, 사면 보호시설

【해설】

상수도 시설의 점검 항목은 시설물의 역할에 따라 취수시설, 취수 및 가압장, 배수지, 도수·송배수관로, 정수시설로 구분되며 구체적인 점검 항목은 해설 표 3.2 와 같다. 또한 상수도 시설의 점검 방법은 시설물의 점검 범위에 준하여 실시하되, 각 시설별 점검 방법은 해설 표 3.3 과 같다.

해설 표 3.2 상수도 시설의 점검 항목

구분	시설물	점 검 항 목
취수 시설	구체 시설물	하상 변동상태, 유하물에 의한 취수 불가상태 발생여부, 콘크리트의 노후 및 세균상태, 강재의 도장 및 부식상태
	부 대 시 설	문비의 손상 및 변형상태, Rubber Seal의 손상 및 누수상태, Wire Rope 및 Bearing상태
	킨양기	각종 기어파운 및 부식상태, 기초볼트 고정 및 손상여부, 각부 체결상태
	스크린	부식 및 마모상태, 각부 체결상태, Frame 손상 및 변형여부
	보호 구조물	콘크리트의 노후상태(균열, 박리, 충분리, 박락, 부등침하, 부식, 세균상태)
취수 및 가압장 배수지	구체 시설물	구조물 취약부위의 노후상태, 토사의 퇴적상태, 노출철근의 유무, 콘크리트 벽체의 부식 및 도장상태
	부 대 시 설	각종밸브, 군열 및 손상여부, 부식 및 마모상태, 각 구동축의 고정 및 체결상태
	구내배관	용접부 손상상태 배관부위별 변형상태, Air Pocket발생 우려상태
	신축이음	부식 및 파손상태, 체결부위 누수여부
	배수시설	유입, 유출설비 및 구내배관 파손시 긴급 배수설비 상태, 하천범람(홍수) 시 펌프장 침수방지시설(퇴수로 역류방지등)
	사면 보호시설	취수장 및 가압장, 배수지 주변 사면붕괴 우려여부, 구조물의 결함여부

관로 시설		관로 부식상태, 관부설장소의 환경변화상태, 부적절한 관부설여부의 상태, 하저횡단관로의 상태, 궤도 및 간선도로 횡단상태, 단일관로지점의 보호상태, 전식 및 부식 방지상태, 사고시 재해예상지역상태
도수·송배수관로	제수밸브	제수밸브 교체작업 가능여부, 부제수밸브의 설치여부, 관과 밸브류의 중심선일치 여부, 밸브류 고정상태, 워엄기어 마모조립상태
	공기밸브	공기밸브 주위의 지하수위상태, 제수 및 수직밸브 개방상태, 플로트(공기볼) 정상작동상태, 작동시 이상작동 및 이상음 발생여부, 밸브류 및 슬라브의 적정 이격거리 유지여부
	이토밸브	이토밸브시 토출구 상태
	신축관	고정철판 제거여부, 블트 플랜지 가동부분상태, 누수 및 손상여부
터널 및 조암수조		터널 입출구사면의 붕괴우려상태, 터널내부의 균열, 열화, 붕괴, 누수여부, 구조물 주변의 손괴상태, 입출구분 조암파이프의 누수 및 부식, 파열여부, 수충압 완충시설의 작동여부, 터널중심선상의 지상의 지형변형상태
정수처리시설	착수정	유입구 제수밸브의 상태, 월류관 또는 월류웨어 상태, 고수위와 주변 상단간 여유상태, 콘크리트 구조물의 결합상태
	혼화(웅김)지여과지	콘크리트 구조물의 결합상태
	침전지	벽체, 바닥 신축이음부 누수여부, 콘크리트 구조물의 결합상태, 강재의 녹 발생여부
	정수지	지하수위가 높은 장소의 경우 부상방지대책, 유입·유출관의 제수밸브 상태, 콘크리트 구조물의 결합상태, 밸브류 상태
	배출수처리시설	전조상 축벽의 상태, 콘크리트 구조물의 균열, 기계처리시설 장치의 안전성 여부
	송수펌프실	콘크리트 구조물의 결합상태, 크레인 지지기둥 및 레일의 이상유무
	구내 배관	용접부의 손상상태
	약품저장탱크	기밀시험에 의한 누밀검사, 탱크의 균열 및 열화상태, 부동침하 여부
	서지탱크	본체 균열 및 손상상태, 누수 및 작동상태
	배수시설	유입·유출밸브 및 구내배관 파손시 긴급 배수설비 상태, 하천 범람시 침수방비시설의 상태
사면보호시설		정수장 주변 사면붕괴 우려여부

해설 표 3.3 상수도 시설의 점검 방법

구분	시설물	점검방법
취수시설	구체 시설물	<ul style="list-style-type: none"> 콘크리트 및 강재의 노후화를 점검하기 위하여 육안조사로 구조물의 균열, 박리, 충분리, 백태, 부동침하, 부식, 과재하중 등을 점검하고 손상부위에 대한 설명과 계략도를 포함한 간단한 입체단면도와 평면도에 구체적 손상의 형태와 치수를 기록·정리한다.
	부문비	
	권양기	
	스크린	<ul style="list-style-type: none"> 노출된 콘크리트의 취약부위에 대하여는 상태평가 또는 육안검사결과를 확인하기 위하여 필요하다고 판단될 경우 현장시험을 실시하여 구조물의 결함과 노후화 상태를 평가하고 시험보고서를 작성한다.
취수 및 가압장 배수지	보호 구조물	<ul style="list-style-type: none"> 취수관로중 토출관, 펌프흡입관 및 각종밸브류의 도장 및 부식상태, 구조물 주위의 세굴, 퇴사량 등을 점검한다.
	구체 시설물	<ul style="list-style-type: none"> 콘크리트와 강재의 점검 방법은 취수시설과 동일하다.
	부자종밸브	<ul style="list-style-type: none"> 구조물의 노후도와 강도를 추정하기 위하여 필요한 경우에는 터파기를 실시하여 직접 점검한다.
	대구내배관	<ul style="list-style-type: none"> 도장을 한 경우는 도막두께, 도막상태를 점검한다.
	시신축이음	<ul style="list-style-type: none"> 흡수정은 용수공급에 지장이 없는 범위내에서 Pit별로 단수를 실시하여 흡수정의 물과 이토를 제거한 후 점검한다.
	설배수시설	
도수·송배수관로	관로 시설	<ul style="list-style-type: none"> 관로의 노선을 구간별로 임의개소로 선정 검사하여 전구간에 대한 관로의 상태를 추정한다.
		<ul style="list-style-type: none"> 관부식으로 인한 수질오염과 관파열의 위험을 사전에 방지하기 위하여 관로의 자연전위 측정, 방식전위 측정 등의 전위차 측정을 정기적으로 실시한다.
도수·송배수관로	관로 시설	<ul style="list-style-type: none"> 점검 대상지역에 최소한의 터파기를 실시하여 무단수로 관체의 부식도, 실(Seal)두께 추정치, 용접(접합)부위의 결합 등을 점검하고 관로의 누수 및 도장상태를 확인한다.
		<ul style="list-style-type: none"> 전체 관로구간을 현지답사하여 관로상의 저항물설치 및 지형의 변동사항을 점검하고 관의 부설깊이가 설계대로 적정하게 유지되고 있는지를 터파기 또는 기존 벨비실 등을 이용하여 부설깊이를 실측한다.
		<ul style="list-style-type: none"> 관파열로 제3자에게 중대한 재해를 줄 우려가 있는 도로의 경사지, 주민밀집지역, 주요 공단지역, 대중교통도로, 철도횡단구간 등을 점검하고 위험이 예상되는 구간에 대해서는 관로의 보호공, 긴급 차단밸브의 설치여부를 확인한다.
		<ul style="list-style-type: none"> 터널내부의 검사는 단수조치후 점검함이 원칙이나 관리주체와 협의하여 단수조치가 불가능할 경우에는 입출구부와 부설된 조암파이프의 지표면에 누수 등이 있는지를 점검한다.
		<ul style="list-style-type: none"> 최종적으로 관로이음부의 물량 용접개소가 있을 경우에는 관리주체에게 지체없이 통보하여야 한다.

도수·총배수관로	각종 벨브류(제수밸브, 공기밸브, 이토밸브, 신축관)의 내부침수 및 도로 포장등에 의한 매물여부를 점검한다. 단수시 수충압의 경감과 수두가 40cm 이상인 경우에 개폐조작을 원활히 하기위하여 부제수밸브의 설치상태 및 이상유무 등을 점검한다. 각종 벨브류와 관의 중심선이 부동침하 등으로 불일치하여 이음부인 플랜지 부위에 집중응력이 발생하여 벨브류 또는 관의 파열우려가 있는지를 점검한다. 각종 벨브류의 기초 고정볼트는 벨브실 바닥과 일체가 되도록 고정되어 있는지를 점검한다. 기능유지와 보수·보강에 필요한 기능확인을 위하여 중요부위의 각종 벨브에 대해 정기적으로 적절한 벨브작동시험을 실시한다. 부동침하가 우려되는 장소에 신축관을 적절하게 설치하였는지를 검토한다. 각종밸브류(제수밸브, 이토밸브)는 최고정수압과 수충압을 고려한 압력에 적합한 규격을 설치하였는지를 검토한다.
정수시설	정수처리시설
	부대 시설
	사면보호시설

한편, 구조물 또는 지하 구조물 점거시 다음과 같은 결함사항이 있을 경우에는 관리주체에게 자체없이 통보하여야 한다.

- 내력벽의 기능 상실
- 지반침하 및 이로 인한 활동적인 균열
- 누수, 부식 등에 의한 구조물의 기능상실

3.2.2 하수도 시설의 점검 항목 및 방법

하수도 시설의 점검은 크게 하수관로 시설과 하수처리 시설로 구분하여 다음과 같은 주요 점검 부위에 유의하여 점검한다.

(1) 하수관로 시설 : 암거, 개로, 역사이편, 맨홀, 수조, 연결관

(2) 하수처리 시설 : 침사지, 유입펌프장, 유량조정조 및 분배조, 침전지, 포기조, 소독조, 방류관거 및 방류펌프장, 슬러지처리 시설

【해설】

하수도 시설의 점검 항목은 시설물의 역할에 따라 크게 하수관로시설과 하수처리시설로 구분하며 구체적인 점검 항목은 해설 표 3.4 와 같다.

해설 표 3.4 하수도 시설의 점검 항목

구분	시설물	점검 항목
하수 관거 시설	암거	유하상태, 침전물의 퇴적상태, 지표면 침하여부, 관로의 노후상태, 지하수 침입상태, 악질하수의 유입여부, 유해가스의 유무
	개거	유하상태, 호안상태, 첨용 공작물의 상황, 불법 점거상태, 스크린의 상태
	역사이편	수위 상태, 게이트 설비 등의 상태
	맨홀	뚜껑의 상태, 내부 상황, 침전물의 퇴적상태, 유해가스의 유무
	수조	뚜껑의 상태, 퇴적물의 유무
	연결관	막힘이나 손상의 유무
	받이	토사의 퇴적 유무, 덮개의 파손 유무
	차집관거	유하상태, 침전물의 퇴적상태, 지표면 침하여부, 관로의 노후상태, 합류관거와의 접속 유무
	우수토실	유하상태, 침전물의 퇴적상태, 지표면 침하여부, 스크린·게이트 설비 등의 상태
하수 처리 시설	토구	방류장 상태, 호우시나 고수위시의 상황, 지표면 침하여부, 게이트 설비 등의 상태
	침사지	균열상태, 박리 및 박락상태, 누수상태, 부식, 마모 및 열화상태, 침하상태, 변위상태, 양압력상태, 긴급차단 게이트의 부식 및 균열상태
	유입펌프장	균열상태, 박리 및 박락상태, 누수상태, 부식, 마모 및 열화상태, 침하상태, 변위상태, 양압력상태, 펌프의 열화 및 균열상태, 강재의 부식 및 도장상태
	유량조정조 및 분배조	균열상태, 박리 및 박락상태, 누수상태, 부식, 마모 및 열화상태, 침하상태, 변위상태, 양압력상태, 구조물 연결부위의 누수, 부동침하, 신축이음 상태
	침전지	균열상태, 박리 및 박락상태, 누수상태, 부식, 마모 및 열화상태, 침하상태, 변위상태, 양압력상태
	포기조	균열상태, 박리 및 박락상태, 누수상태, 부식, 마모 및 열화상태, 침하상태, 변위상태, 양압력상태
	소독조	균열상태, 박리 및 박락상태, 누수상태, 부식, 마모 및 열화상태, 침하상태, 변위상태, 양압력상태, 경보 및 중화장치 상태, 중화약품 비치여부
방류관거 및 방류 펌프장	방류관거 및 방류 펌프장	균열상태, 박리 및 박락상태, 누수상태, 부식, 마모 및 열화상태, 침하상태, 변위상태, 양압력상태, 방류수문 및 퀸양기의 부식 및 마모상태
	슬러지 처리시설	균열상태, 박리 및 박락상태, 누수상태, 부식, 마모 및 열화상태, 침하상태, 변위상태, 양압력상태, 강재 및 각 기기의 부식, 도장 및 가스 누출상태

하수도 시설의 각 점검 항목에 관한 점검 방법은, 이들 점검 항목이 속해 있는 시설물들을 크게 강재 및 콘크리트 시설물 등의 시설물 본체와 펌프 및 각종 밸브류, 침사지, 스크린 등의 부대 시설로 구분하여 언급하겠다.

(1) 콘크리트 및 강재 구조물에 관한 점검 방법

- ① 콘크리트 및 강재구조물의 노후화를 점검하기 위하여 육안조사로 구조물의 균열, 박리, 층분리, 부등침하, 부식, 손상, 과재하중 등을 최우선으로 점검하고 결함부위에 대한 설명과 개략도를 포함한 간단한 입체단면도와 평면도에 결합의 형태와 치수를 기록 정리한다.
- ② 노출된 콘크리트 구조물의 취약부위에 대하여 현장시험을 실시하여 구조물의 결함과 노후화의 상태를 점검한다.
- ③ 콘크리트 구조물에 도장을 한 경우에는 도막두께, 도막상태를 점검한다.
- ④ 구조물에 내력벽의 기능상실, 지반침하(부등침하) 및 이로 인한 활동적인 균열, 누수·부식에

의한 구조물의 기능상실과 같은 중대한 결함사항이 있을 경우 관리주체에게 지체없이 통보해야 한다.

⑤ 구조물의 연결부위의 부등침하 또는 지하수위에 의한 양압력 등으로 인한 구조물의 균열, 누수, 기초지반의 침하정도 등을 최우선으로 점검한다.

⑥ 침전지 및 포기조 구조물에 대한 점검은 가능한 한 침전지 및 포기조 1 지씩 지내 배수를 하여 조사하는 것을 원칙으로 하되 충분한 사전조사를 한 후 점검을 착수하여야 한다.

⑦ 침사지 및 유입 펌프장의 부대시설인 문비, 권양기, 스크린 등의 강제구조물은 도장 및 부식상태와 이상여부를 검사한다.

(2) 부대 시설에 관한 점검 방법

① 소독조의 경보장치 및 중화장치가 자동적으로 작동되고 있는 가를 점검하고 중화장치에 필요한 가성소다 등 약품의 비치여부를 확인하여야 한다.

② 방류수문 및 권양기, 수문 구조물의 부식, 균열, 마모, 노후정도를 점검한다.

③ 침수예방을 위한 레벨 게이지(level gauge)의 부식 및 작동상태를 점검한다.

④ 침사지 및 유입펌프실 구조물의 기계가동시 진동에 의한 균열 등을 점검한다.

⑤ 홍수나 갑작스런 수량증가로 인한 침사지 침수를 방지하기 위한 긴급 차단게이트의 이상여부를 점검 한다.

⑥ 기타 추락방지용 난간, 맨홀뚜껑 등의 설치여부 및 상태 등 검사자가 필요하다고 판단되는 사항을 진단한다.

⑦ 관로의 유입구간 및 각종 밸브류의 도장 및 부식상태와 관로 구조물 주위의 세굴·퇴사량 등을 점검 한다.

3.3 점검 결과의 기록

점검 결과의 기록시 유의해야 할 사항은 다음과 같다.

(1) 점검주체는 소관 수문에 대하여 완전하고 정확한 기록 및 자료를 반드시 보관하여야 한다.

(2) 점검 결과에는 개개의 시설물에 관한 누적된 자료를 포함시켜야 하며, 여기에는 시설물의 손상과 보수·보강을 포함한 구조물의 모든 기록을 포함시켜야 한다.

(3) 점검 결과에는 허용하중에 대한 계산결과를 포함한 구조물의 내하력에 대한 자료도 포함되어야 한다.

【해설】

해설생략

3.4 점검 결과의 판정

점검 결과의 판정은 정성적 판단기준을 적용함을 원칙으로 하되, 필요한 경우에는 정량적 판정기준을 적용한다. 각 점검항목에 대한 점검 결과의 정성적 판정기준의 상태등급은 다음 표 3.5 와 같이 5 등급으로 나누어 사용한다.

해설 표 3.5 손상 판정기준

상태 등급	정성적 기준	상태 기준
A	아주 좋음	문제점이 없는 최상의 상태
B	좋음	경미한 손상이 있는 양호한 상태
C	보통	보조부재에 손상이 있는 보통의 상태
D	나쁨	주요부재의 진전된 노후화(강재의 피로균열, 콘크리트의 천단균열, 침하 등)로 긴급한 보수·보강이 필요한 상태로 사용제한 여부를 판단
E	아주 나쁨	주요부재에 심각한 노후화 또는 단면손실이 발생하였거나 안전성에 위협이 있어 시설물을 즉각 사용금지하고 개축이 필요한 상태

【해설】

손상에 대한 판정기준은 정량적 기준과 정성적 기준으로 구분할 수 있는데, 정량적 기준은 비교적 상세하게 손상의 종류별로 각 등급에 따른 수치를 제시하여 점검 판정이 용이한 반면, 시간이 많이 소요되고 종합적인 판단을 내릴 수 없다는 단점이 있다. 정성적 기준을 사용할 때에는 모든 손상에 대해서 같은 판정기준을 사용하므로 상하수도에 대한 상당한 전문성이 요구되며, 점검시간이 단축되고 종합적인 판단을 하는 장점이 있으나 점검자의 능력에 따라 판정이 심하게 좌우되며 점검자의 주관성이 개입되는 단점이 있다.

(1) 관로 시설의 판정 기준

관로 시설의 점검은 맨홀부, 지관부, 본관부, 장애물 등을 조사를 통해 종합적인 판정을 하게 되며 다음 해설 표 3.6 은 하수도 시설정비를 위한 조사연구에 의한 불량관거의 판단기준이다.

해설 표 3.6 하수도 불량관거 판단기준

구 분	A	B	C	D	E
파괴	정상	변형	균열	파손	함몰
이음부 엷갈림	-	정상	약간	1/2 이상	3/4 이상
이음부 이완	-	-	정상	약간 이완	완전 이완
연결관 돌출	-	-	없음	1/2 이상	1/2 이상
부식	-	정상	표면 박리	골재 노출	철근 노출
마모	-	-	기타	정상	골재 노출
관내 퇴적	-	기타	없음	1/3 이하	1/3 이상
이음부 토사침입	-	-	없음	1/2 이하	1/2 이상
연결관 퇴적	미관측	없음	없음	1/2 이하	1/2 이상
타판 침입	-	거의 없음	가타	케이블	상수관
통수량	-	-	1/3 이상	1/2 이상	4/5 이상
오접 여부	-	-	-	정상	오접
침입수 여부	-	-	-	정상	발생

(2) 콘크리트 구조물의 판정기준

콘크리트 구조물에서 주로 발생되는 손상 및 노후화의 종류에는 균열, 박리, 충분리, 박락, 백태, 누수 등으로 나눌 수 있으며 이에 대한 자세한 사항은 해설 표 3.7과 같이 나타낼 수 있다.

해설 표 3.7 콘크리트 구조물의 손상 및 노후화 종류

손상 종류		구 분 및 상태	
균열 (crack)	균열크기 별 구분	① 미세균열 (0.1m/m 이하) - 성능에 영향 없음 ② 중간균열 ($0.1\sim 0.7\text{m/m}$) - 성능에 영향 있으므로 조사 필요 ③ 대형균열 (0.7m/m 이상) - 성능에 영향 있으므로 조사 필요	
	결합원인 별 구분	수축 균열, 정착 균열, 구조적 균열, 철근 부식 균열, 지도형상 균열, 동결 융해 균열 등이 있으며 시설물 구조에 영향을 주므로 정밀한 조사와 원인 분석이 요구된다.	
박리 (scaling)	양상	콘크리트 표면의 Mortar가 점진적으로 손실되는 형상	
	손실깊이 별 구분	① 경미한 박리 (0.5m/m 이하) ② 중간정도 박리 ($0.5\sim 1.0\text{m/m}$) ③ 심한 박리 ($1.0\sim 2.5\text{m/m}$) ④ 아주 심한 박리 (2.5m/m 이상) - 골재기 손실된 경우	
충분리	원인	철근의 상부 또는 하부에서 콘크리트가 충돌로 이루는 형상으로 철근부식에 의해 팽창된 경우	
	확인	충분리는 망치로 두드려 충공으로 확인	
박락 (spalling)	양상	콘크리트가 균열을 따라 원형이 떨어져 나가는 충분리 현상	
	손실깊이 별 구분	① 소형 박락 (깊이 25m/m 이하, 직경 150m/m 이하) ② 대형 박락 (깊이 25m/m 이상, 직경 150m/m 이상)	
백태	양상	염분이 콘크리트 표면에 고형화한 현상으로 콘크리트의 노후화의 증거	
누수	원인	배수공, 이음부의 결합, 균열 등으로 발생된 누수	
기타	종류	변위, 변형, 침하, 함몰 등	

(3) 강재 구조물의 판정기준

강재 구조물에서는 주로 부식, 피로균열, 관재하중으로 인한 손상 및 노후화가 가장 많으며 이에

대한 자세한 설명은 해설 표 3.8 과 같이 살펴볼 수 있다.

해설 표 3.8 강재 구조물의 손상 및 노후화 종류

손상 종류		구 분 및 상 태
부 식	종 류	환경적 요인에 의한 부식, 전류에 의한 부식, 박테리아에 의한 부식, 과대 용력에 의한 부식, 마모에 의한 부식
피로 균열	유발 요소	시설물의 하중이력, 용력범주의 크기, 상세부위의 형태, 제작상태 및 절, 파괴인성, 용접의 질
과재 하중	유발 요소	구조물의 설계에 사용된 하중을 초과하는 하중으로 인장부재에서는 신장 및 단면축소로 유발되며, 압축부재에서는 좌굴로 인해 유발됨
손 상	원 인	외부의 충격에 의한 부재의 뒤틀림과 변위 현상

3.5 점검 장비

상·하수도 시설물의 일반적인 점검 장비로는 다음과 같이 나누어 살펴볼 수 있다.

- (1) 콘크리트 구조물의 점검 장비
- (2) 강재 구조물의 점검 장비
- (3) 관로 시설의 점검 장비

【해설】

상·하수도 시설물의 점검 정비는 그 점검 대상의 특성과 결함의 종류 및 정도에 따라 달라지며 구체적인 점검에 앞서 구조물의 상태를 예비조사하기 위해 외관 조사를 실시한다. 해설 표 3.9 는 외관조사에 사용되는 점검 장비를 나타낸 것이다.

해설 표 3.9 외관 조사용 점검 장비

점검 내용	점 검 장 비
휴대 장비	망원경, 확대경, 손전등, 거울, 카메라, 필기도구, 줄자, 수구(水球), 균열정, 교통규제 기구 등
접근 장비	사다리, 점검차(굴절차), 점검보트, 수중카메라, 수중 잠수장비 등

- (1) 콘크리트 구조물의 점검 장비

콘크리트 구조물은 사용 재료나 시공 방법의 영향을 받기 쉬우며, 인장 강도가 적기 때문에 균열이 발생되기 쉬운 특성이 있다. 따라서 점검 장비의 선정시 이러한 콘크리트 구조물의 특성을 이해하고 현장에서 노후화의 정도를 육안조사 등으로 예비조사를 실시한 후 적절한 측정 항목에 따른 점검 장비를 선정한다. 상·하수도 시설물과 관련된 콘크리트 구조물의 일반적인 측정 항목은 균열, 박리, 충분리, 박락, 백태, 누수 등이 있으며 이를 측정하기 위한 점검 장비는 해설 표 3.10에서 살펴 볼 수 있다.

해설 표 3.10 콘크리트 구조물의 점검 장비

종 류		장 비
공통 장비		당원경, 스텔스테이프, 축척자, 콘크리트 강도시험기(슈미트 해머), 구심기, 카메라, 강철솔, 먹줄, 조명기구, 캘리퍼스, 들포기, 스톱워치
목적에 따른 장비	균열 측정장비	접촉 게이지, 균열(crack) 게이지, 간격측정 게이지, 도포체
	변위 측정장비	레벨, 트랜싯, 경사계, 변위계, 전기드릴, 발전기, 강선, 기타 공구

(2) 강재 구조물의 점검 장비

상·하수도 강재 구조물의 결함 종류에는 균열, 부식, 변형, 마모, 연결 부분의 이완 등이 있으며 이를 측정하기 위한 점검 장비는 결함 종류에 따라 다양하다. 점검 장비중 녹 제거 용구로는 부식이나 페인트를 제거하기 위한 해머, 스크레이퍼 등이 있고, 치수를 재기 위한 장비로는 스틸 테이프, 작은 권척, 캘리퍼스 등이 있다.

(3) 관로 시설의 점검 장비

상·하수도의 관로시설은 여러 가지 원인에 의해 노후화되거나 파손되어 본래의 기능을 수행하지 못하는 경우가 있다. 특히 상수관로는 공사중의 취급 부주의와 관리 소홀에 의해 파손시키는 경우가 많으며 하수관로의 경우는 이런 파손외에 지하 공사에서 산소결핍과 가연성 가스(메탄가스)의 문제도 나타난다. 따라서 정기적인 점검과 청소 등의 유지관리를 철저히 하여 원활한 수송은 물론 관거 침투수량을 저감하고 쾌적한 생활환경에도 이바지해야 한다. 관로 시설의 점검 장비는 기본적인 육안조사를 위한 장비와 CCTV 가 있으며 점검원이 들어갈 수 없는 대략 $\phi 700$ mm 이하의 소구경 관거는 CCTV 를 이용한다. 또한 상·하수도 공사외에 기타 도심지 공사에서 관로 위치의 확인 부족으로 공사중 파손하는 경우가 많으므로 점차 장기적인 안목에서 관로시설을 전산 데이터 베이스화하는 필요성이 크게 대두되고 있다.

제 4 장 유지관리용 시설 및 설치

4.1 상·하수도 시설물의 유지관리용 시설 및 설치

시설물의 점검이나 간단한 보수·보강공법을 실시할 경우 그에 따르는 작업이 가능하도록 점검시설이 필요하며, 시설물의 규모 및 중요도, 점검시설의 경제성 등을 종합적으로 판단하여 적합한 점검 시설을 선정하여야 한다.

【해설】

상·하수도 시설물의 유지관리에 관한 기본 목적은 손상의 조기 발견과 원인 규명 및 신속한 대책을 수립하는 것이고, 이를 위해서는 정기적이고 지속적인 점검이 필요하다. 또한 산업의 발전과 도시에 대한 인구집중에 따라 상·하수도 시설물 유지관리는 유지관리의 효율적인 운용이라는 관점에서 보다 체계적이고 신속한 점검이 요구되었으나 이를 위한 유지관리용 점검 시설의 개발과 연구가 더욱 시급한 실정이다. 따라서 각 구성요소의 특성에 맞는 적절한 점검 시설을 확보해야 하며 점검 목적과 내용, 각 점검 시설의 특성을 충분히 인식하여 점검시설 자체의 유지관리뿐 아니라 이의 취급 방법에 대해서도 충분한 주의를 기울여야 한다.

점검 시설은 일반적으로 높은 곳이나 낮은 지하장소의 점검이 가능해야 하고 보수작업의 위험성을 감소시킬 수 있어야 하며 필요에 따라 설치와 해체에 드는 시간적·물리적 손실을

최소화 할 수 있고 점검장비의 접근성이 좋아야 한다. 또한 점검 시설의 종류에 따라서는 시설물을 완성한 후에 설치하는 것이 극히 어려우므로 시설물의 시공 단계에서 점검 시설에 관한 충분한 고려가 이루어져야 하는 것도 있다.

시설물의 설계 시점에서 고려해야 할 점검 시설의 조건은 다음과 같다.

- ① 점검과 보수 작업에 필요한 공간이 확보되어야 한다.
- ② 시공과 동시에 점검 시설을 제작, 설치하는 것이 바람직하다.
- ③ 시설물의 전부분에 대해서 점검과 보수작업이 가능한 구조여야 한다.
- ④ 작업중 안전성이 보장되어야 한다.
- ⑤ 점검 시설 자체에 대한 보수가 간단하고, 내구성이 좋아야 한다.
- ⑥ 조작이 간편하고 고장이 적어야 한다.
- ⑦ 구동장치는 만일의 경우를 대비해서 수동 구동장치 등의 안전장치를 고려해야 한다.
- ⑧ 점검 작업 중에도 교통장애를 최소화할 수 있어야 한다.

상·하수도 유지관리용 시설은 시설물의 특성, 안전성, 규모, 중요도, 점검 시설의 경제성, 설치 및 유지관리의 난이도, 기타 주변환경 등을 종합적으로 판단하여 선정한다. 또한 유지관리 작업을 원활히 하기 위해 필요한 유지관리용 가설물에는 가설통로, 강관비계, 틀비계, 이동식 작업대(rolling tower), 리프트(lift) 등이 있으며 해설 표 4.1 은 이들의 종류와 유의 사항을 나타냈다.

해설 표 4.1 가설물의 종류 및 유의 사항

종 류		유 의 사 항
가 설 통 로	경사로	<ul style="list-style-type: none"> 경사 15° 이하에는 미끄럼 방지판에 필요없으나 15° ~ 30° 는 일정한 간격으로 미끄럼 방지판을 설치한다. 경사로의 최소폭은 90cm 이상 추락의 위험을 방지하기 위하여 표준안전 난간을 설치한다. 발판은 최소 2개 이상의 장선에 지지되어야 하고, 연결못이나 철선이 발에 걸리지 않도록 한다.
	통로발판	<ul style="list-style-type: none"> 건축물의 외벽 전단작업, 재료의 임시저장 등에 이용되는 가설 구조로서 특히 추락, 재료와 공구의 낙하 등에 적절한 방호 조치를 갖추어야 한다.
	가설계단	<ul style="list-style-type: none"> 계단의 경사는 35° 가 적당하고 적당한 조명시설을 갖추도록 한다. 추락방지를 위해 표준안전 난간을 설치하도록 한다
	사다리	<ul style="list-style-type: none"> 부서지기 쉬운 벽돌 등을 발침대로 사용해서는 안된다. 천기설비가 있는 곳에는 금속 사다리를 사용하지 않는다
비 계	강관비계	<ul style="list-style-type: none"> 각 지주간의 적재하중은 400kg 이하로 한다. 비계에는 작업에 필요한 재료 외에는 적재하지 않는다. 강풍, 눈, 비 등이 예상될 때에는 벽이음, 연결대 등을 보강하고 비계 위의 발판, 방호 시트(sheet) 등을 철거하여 비산방지나 비계의 파손에 대비한다.
	틀비계	<ul style="list-style-type: none"> 틀비계, 지주개당 수직하중의 한도는 2,000kg ~ 2,500kg 이하로 한다. 비계 위를 오를 때에는 반드시 승강설비를 이용한다. 해체 후에는 부재를 점검 수리하고, 습기가 없는 실내에서 보관한다. 강풍이 예상될 경우에는 벽이음이나 연결대의 점검과 보강을 실시한다.
이동식 작업대		<ul style="list-style-type: none"> 비계의 이동에는 충분한 인원을 배치하여야 한다. 이동시 발판 위의 모든 장비, 재료를 내린 후 이동시킨다. 재료, 공구를 옮길 때에는 달포대, 로프(rope) 등을 사용하여야 한다.
리프트 (lift)		<ul style="list-style-type: none"> 하대의 밀이나 권상용 와이어 로프(wire rope)의 내부에 사람이 접근해서는 안된다. 난권 방지장치, 브레이크, 크랫치의 기능을 확인한다. 전동 원치(winch)는 발듯이 접지해야 한다. 리프트(lift)의 하대에서 진단중 실족, 추락이 많으므로 주의한다. 그밖에 강풍, 폭우 등의 악천후시에는 작업을 중지하여야 한다.

제 5 장 주요 손상부에 대한 대책 및 보고

5.1 손상 조치의 종류

손상이 발생되었을 경우에는 신속히 관리 주체에게 보고하며, 손상의 정도에 따라 적절한 조치를 취해야 한다. 손상 조치의 종류는 다음과 같다.

(1) 일상 조치 : 손상을 예방하기 위해 취하는 간단한 조치

(2) 응급 조치 : 시설물 안전에 중대한 손상이 있어 임시로 신속하게 조치를 취하거나 보수·보강하는 조치

(3) 보수·보강조치 : 주로 시설물의 안전성과 사용성 확보를 위해 시설물의 일부를 개량하거나 전체에 조치를 취해 손상이 더 이상 진행되지 않도록 안전성을 취하는 조치

【해설】

상·하수도 시설물의 안전성과 기능성을 유지하기 위해서는 발생한 손상에 대해 즉각적인 조치를 취하는 것이 필요하다. 특히 상·하수도는 다른 시설물들과 달리 사회생활에 기반이 되는 물의 공급 및 처리를 하는 시설인 만큼 손상에 대한 조치는 신속하고 안전을 기해야 한다. 또한 조치를 행함에 있어 접근이 어렵고 교통통제가 불가피한 경우가 많기 때문에 사전에 철저한 계획을 수립하여 실시하며 손상 원인을 완전히 제거하여 재발의 가능성을 없애야 한다. 여기서는 이러한 손상의 조치를 일상 조치, 응급 조치, 보수·보강 조치로 구분하였다.

5.1.1 일상 조치

일상 조치는 상·하수도 시설물에 손상이 발생하기 이전에 예방적인 차원에서 실시하는 간단한 조치들로 다음과 같다.

(1) 관거의 청소

(2) 구조물의 청소

(3) 부분 도장

【해설】

(1) 관거의 청소

관거의 청소는 시설의 종류, 토사 등의 퇴적상황, 작업 환경 등에 따라 다른데 청소 방법에는 일반적으로 직접 작업하거나, 원치를 설치한 후 와이어 로프를 이용해 긁어모으거나, 고압 세정차에 의해 작업하는 방법 등이 있다. 청소에 사용되는 기계기구의 종류는 해설 표 5.1 과 같다. 또한, 청소에 의해 제거된 토사는 일반적으로 흙탕이므로 폐기물 처리 및 청소에 관한 법률로 규정하는 폐기물로 취급한다. 이 경우 성상에 의한 폐기물의 종류 구분을 관리 주체와 조정하여 적정하게 처리해야 한다.

해설 표 5.1 관거의 청소 기계기구

기계·기구명	원 리
고압 세정차	자동차에 펌프와 물탱크를 적재한 것으로 고압 펌프로 물을 가압, 특수 노즐로 물을 분사한다. 소구경관 청소에 적합하다.
소형 고압 세정기	물을 고압 펌프로 가압, 특수 노즐로 분사한다. 맨홀이나 연결관, U자 배수로 청소에 적합하다.
토사차	자동차에 진공 펌프와 저류 탱크를 적재, 저류탱크 내로 부압으로 토사를 흡인한다.
강력 흡인차	자동차에 흡인 펌프와 저류탱크를 적재 흡인 펌프로 공기와 토사를 흡인, 오수는 저류탱크에서 관로로 환수시킨다.
버켓 기계식 청소차	자동차 또는 트레일러형 견인차에 원동기식 원치와 플리식 프레임을 적재, 작업은 와이어 로프를 통해, 버켓 등을 장치해서 청소한다.
수동 류 원치	버켓 기계식 청소차와 같은 원리인데 인력에 의한다.

(2) 구조물의 청소

접근 가능한 모든 부재를 대상으로 청소를 실시하며, 동절기나 호우 등으로 인해 구조물의 기능 손상의 우려가 있을 경우에는 수시로 청소를 실시한다. 주로 바닥판, 벽체, 배수구, 신축이음 주위 등에 퇴적된 오물을 제거하여 구조물 기능에 이상이 없게 한다.

(3) 부분 도장

구조물 본체나 그 부속시설에 부분적으로 부식된 경우나 필요하다고 판단된 부위에 부분도장을 실시한다. 실시하기 이전 부식부위 결정, 부식의 정도, 기존 도장의 접착력, 사용하려는 도장재와 기존 도장재와의 부착력 등을 결정하여야 한다.

일반적인 실시요령은 다음과 같다.

- ① 주변 먼지를 제거한 후 표면처리를 실시한다.
- ② 주변 구조물에 도장이 묻지 않도록 덮개를 써운다.
- ③ 주변의 온도나 습도가 적당하다고 판단될 경우 브이나 롤러, 스프레이를 사용하여 깨끗하게 칠한다.
- ④ 이때 갈라진 틈은 주의하고 이전에 칠하여진 도장면이 마르기 이전에 다음 도장을 실시하지 않는다.

5.1.2 응급 조치

상·하수도 시설물에 발생된 손상을 방지할 경우 대인이나 대물에 위험을 줄 가능성이 있는 것 또는 시설물 자체의 손상이 급속히 확대될 가능성이 있는 경우에는 응급조치를 취한다. 응급조치의 지속기간은 가능한 짧게 하는 것이 바람직하다.

【해설】

점검에서 발견된 손상 중 그 원인을 파악하고 조치를 취해야 하지만 시간적으로 긴급하여 신속한 대책이 필요한 경우나 손상을 그대로 방지할 경우 심각한 문제를 야기시킬 소지가 있고 그 진행이 급속도로 확산될 경우에 대하여 응급조치를 실시한다. 응급조치는 자세한 정밀점검 없이 실시되는데 구조물의 규모 및 환경조건에 따라 신속한 조치의 공법을 선정하여 임시적인 공법이므로 보수·보강대책과 같은 영구조치를 빠른 시간내에 취해야 한다.

5.1.3 보수·보강 조치

발생된 손상 중 시설물의 안전에 큰 영향이 없는 손상이나 비진행성 손상에 대해서는 보수 조치를 취하고 반면에 손상이 진행될 경우에는 보강 조치를 취해야 한다. 특히 보강 조치시에는 다음 사항에 유의하여 실시한다.

- (1) 발생한 손상이 시설물의 안전에 영향을 미치는 손상이나 안전에 중대한 손상에 나타났을 경우 전문가의 자문을 실시한다.
- (2) 적절한 보강 조치 수준을 결정하기 위해 간단한 시험을 실시한다.
- (3) 반드시 보강계획 및 설계를 실시하고 보강 후 보강효과를 확인한다.
- (4) 보강 조치된 시설물은 특별점검으로 관리를 한다.

【해설】

노후화 등으로 인해 보수·보강조치가 필요한 구조물에 대해서는 우선 구조물에 대한 영향성, 구조물의 중요성, 사용 환경조건, 유지관리의 난이도 등을 고려하여, 보수 조치시에는 발생된 손상의 허용 정도를 판단하여야 하며, 보강조치의 경우에는 부재의 안전율을 높여 각종 기준에 적합하도록 부재의 단면을 증가시키거나 성능을 향상시키는 등의 방법을 강구하여야 한다. 보수·보강조치의 필요성으로 공법을 선정할 경우 시설물 관련 제반자료, 정밀안전진단시 수행한 각종 상태평가 및 안전성평가 결과를 기초로 하여 결함 발생원인에 대한 정확한 추정 후 내하력, 내구성, 기능, 미관을 검토하여 적절한 보수·보강공법을 선택하여야 한다. 또한 보수·보강의 수준은 작업의 위험성, 경제성, 발생된 결함의 심각성 등을 고려하여 선택한다.

관로 및 구조물 기초지반의 일반적인 보수·보강공법에는 그라우팅 공법, 치환공법, 압성토 공법, 말뚝공법, 아스팔트 및 점토차수공법, 쉬이트파일 공법, 토목섬유공법 등이 있으며, 콘크리트 구조물에서의 일반적인 보수·보강공법으로는 표면보호공법, 단면보수공법, 균열보수공법, 강판접착공법, 프리스트레스 도입공법, 콘크리트 덧붙이기공법 등이 있다. 또한 수도관로 개량공법에는 해설 표 5.2 와 같다.

해설 표 5.2 수도 관로의 개량공법

공 법	내 용 및 종 류
교체 공법	기능이 저하된 관을 새로운 관으로 교체하여 기능을 향상시키는 공법으로 부설 관 교체공법, 기설관내 부설공법 등이 있다.
세관 공법	관내를 세척하여 스케일 등을 제거함으로써 통수능력을 향상시키는 공법을 말 하며 워터 젯트(water jet)공법, 에어 샌드(air sand)공법, 폴리-피그(polly-pig) 공법, 스크레이퍼(scrapér)공법 등이 있다.
생생 공법	기능저하의 종류 및 정도를 맞게 기준관의 기능을 회복시키기 위한 공법으로 합성수지관 삽입공법, 피복재 관내 장착공법, 시멘트 몰타르 라이닝 공법, 에폭 시수지 라이닝공법 등이 있다.

5.2 조치 방법 선정시 검토사항

조치 방법 선정시 다음과 같은 사항을 고려해 종합적인 판단을 해야 한다.

- (1) 구조적 접합성
- (2) 시공성 : 현장조건, 공사관리
- (3) 경제성 : 건설비, 유지관리비
- (4) 대민 영향도
- (5) 행정상 장래계획
- (6) 기타

【해설】

(1) 구조적 접합성

상·하수도 시설물에 관한 손상 조치방법 중에는 손상부위의 구조적 위치나 형식, 재료적 성질 등에 의해 채택이 불가능한 방법도 있다. 그러므로 손상 조치방법을 선정할 때는 이러한 점들을 충분히 검토하고 여기에 기술자의 경험적 내용도 감안하여 적합한 조치방법을 채택하는 것이 중요하다.

(2) 시공성

손상 조치방법을 선정할 때는 현장에서의 시공 가능성과 주위여건을 확인해야 한다. 또한 기술적 또는 품질적인 면에서 시공관리가 충분히 가능한지를 검토해야 하며, 시공기간과 시기 등도 검토해야 한다.

(3) 경제성

손상조치 방법의 선정에 있어 그 기능에 비해 과다한 건설비가 소요되지는 않는지 또는 기능을 유지하는데 많은 경비가 요구되지는 않는지 등 각 손상조치 방법에 대한 경제성도 검토해 보아야 한다.

(4) 대민 영향도

손상조치로 인한 주변 주민에 대한 교통장애 및 생활환경에는 문제점이 없는지 고려해야 한다.

(5) 행정상 장래계획

상·하수도 시설은 반영구적으로 사용되는 시설이기 때문에 급수 수요의 예측, 도시의 발전 상황, 수자원의 확보 등을 고려해야 한다.

(6) 기타

이외에도 손상조치 자체 및 그 영향과 사후관리 등도 포괄적으로 고려하여 합리적인 손상 조치 방법을 선택하여야 한다.

5.3 조치 기록

수행된 모든 조치는 반드시 기록되어야 한다.

【해설】

손상조치에 대한 기록은 반드시 기록·보존되어 향후 점검과 유지관리에 반영되어야 한다.

제 10 편 폐기물시설

제 1 장 폐기물 매립지 시설물의 종류 및 특징

1.1 폐기물 매립지 시설물의 종류

폐기물 매립지 시설물은 폐기물을 적절히 매립하고, 최종처분시에 폐기물을 안전하게 처리하기 위해서 여러 가지 시설로 구성되며, 이들 시설을 구분하면 크게 주요시설, 관리시설 및 부대시설로 구분할 수 있다.

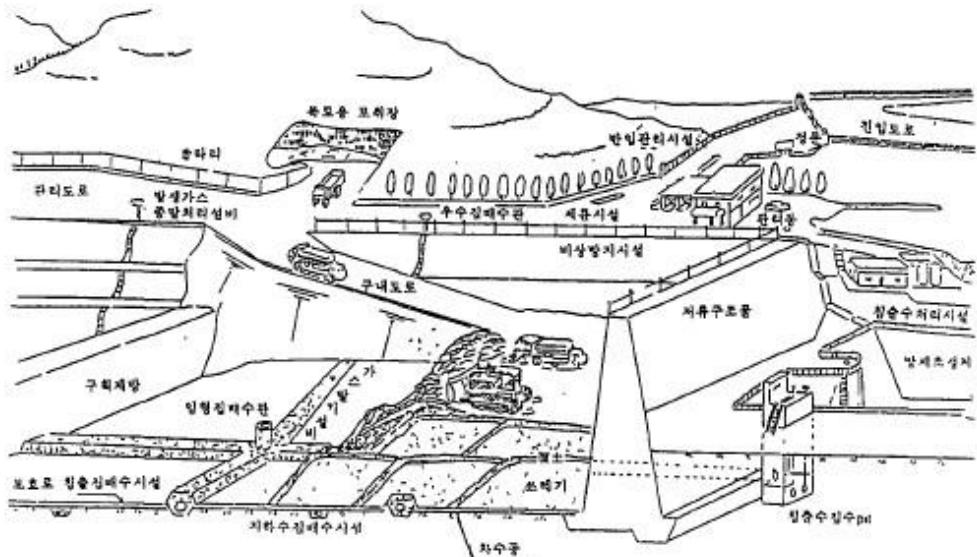
- (1) 주요시설물 : 저류구조물, 치수시설, 우수 집배수시설, 침출수 집배수시설, 침출수 처리시설, 발생가스 처리시설 등이 있다.
- (2) 관리시설물 : 반입관리시설, 모니터링설비, 관리동 등이 있다.
- (3) 부대시설물 : 반입도로, 비산방지시설, 방재시설 등이 있다.

【해설】

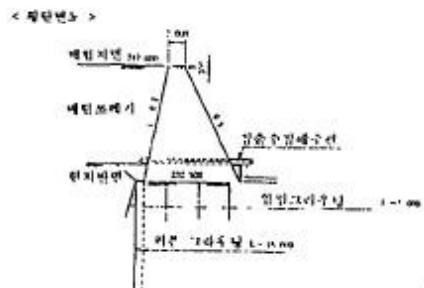
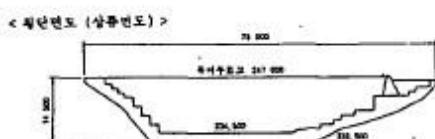
폐기물 매립지 시설물에서 주요시설이란, 폐기물에 대한 매립 및 처리 등을 효과적으로 수행하기 위해서 폐기물의 외부유출, 침출수의 공공수역 확산, 매립물질에 의한 가스발생, 폐기물 입자의 비산, 악취 등의 위해요인들을 방지하고 폐기물의 매립과 처리를 적절히 행하기 위한 주된 시설을 말한다. 그리고 관리시설이란 매립쓰레기의 질과 양, 폐기물 매립작업과 매립층 및 시설물 등 최종 처분장을 구성하는 각 기능요소를 적절하게 관리하기 위한 시설을 말한다. 부대시설은 폐기물 매립지의 관리 및 운영을 안전하고 효율적으로 행하는데 관련되는 보조적 차원의 시설들을 말한다. 해설 그림 1.1은 각 폐기물 매립장에서 최종처분장의 시설구성 예를 나타내었다.

- (1) 주요시설물 기능에서 가장 중요한 것은 폐기물을 안전하게 저류하고 매립된 폐기물에서 발생하는 침출수 및 가스 등을 효과적으로 처리하는 것이다. 이러한 목적상 주요시설물은 폐기물, 침출수 등의 외부유출방지와 침출수 및 발생가스처리, 외부로부터 우수나 지하수가 폐기물 매립장에 침투하는 것을 막기 위한 차수나 집배수 시설을 가지게 된다.

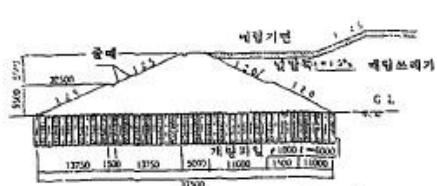
저류구조물은 폐기물이 외부로 유출되는 것이나 붕괴되는 것에서 보호하고 매립 폐기물을 안전하게 저류시키는 시설물로서 저류장, 제방, 옹벽, 연직벽 및 호안 등의 구조물 형식을 가진다. 저류구조물은 폐기물의 매립처분계획량을 저류할 수 있어야 하며 침출수의 유출이나 누수 및 지하수의 침입을 방지하는 기능을 아울러 가지고 있어야 하며 매립종료 후에도 필요한 기간 폐기물을 안전하게 관리할 수 있어야 한다. 내륙매립의 저류구조물로는 콘크리트 제방, 성토제방, 옹벽, 널말뚝 등이 있고 해안매립의 경우에는 중력식 제방, 널말뚝 등이 사용되고 있다. 저류구조물의 구조형식은 해설 그림 1.2와 같다.



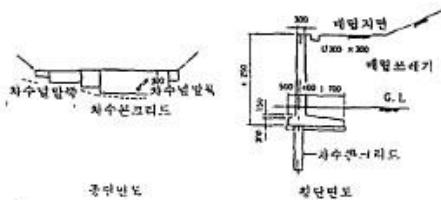
해설 그림 1.1 폐기물 매립지 최종처분장의 시설구성도 예



(A) 중력식 콘크리트 용벽 구조 예



(B) 표면 차수형 성토재 구조 예



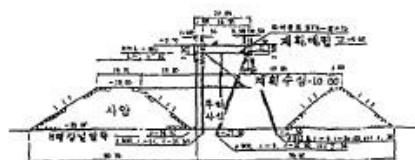
(C) 캔틸레버식 콘크리트 용벽 구조 예



(D) 뒷부벽식 철근콘크리트 용벽 구조 예



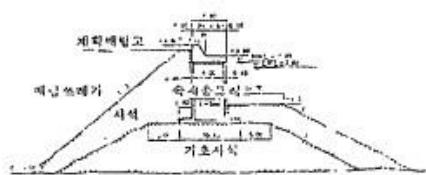
(E) 자립식 널밀뚝 벽 구조 예



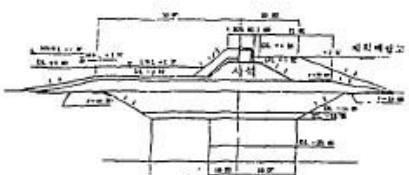
(F) 받침공식 널밀뚝 구조 예



(G) 셀식 널밀뚝 벽 구조 예



(H) 중력식 제방 구조 예

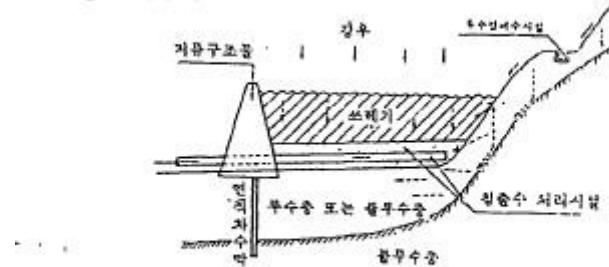


(I) 사석식 제방 구조 예

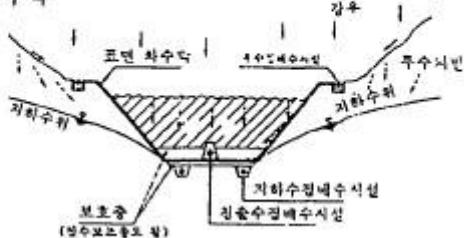
해설 그림 1.2 저류구조물의 구조형식 예

차수시설은 매립한 폐기물내의 보유수 또는 미생물의 분해작용에 의해서 생긴 분해수 및 매립층내로 유입된 우수 등에 의해 생긴 침출수가 매립지에서 유출되어 공공수역이나 지하수 등을 오염시키지 않도록 침출수의 유출을 방지하거나 주변 지하수의 유입으로 침출수량이 증가하는 것을 방지하기 위해 설치된다. 차수시설은 폐기물의 여러 가지 성상에 대해서 충분한 차수성을, 가져야 하며 침출수가 매립작업시나 매립이 끝난 후에도 외부로 유출되지 않도록 기능을 발휘해야 한다. 차수공은 설치장소에 따라 저부 차수공, 법면(사면) 차수공, 하방부 차수공으로 나눌 수 있고 차수의 형태에 따라 표면 차수공과 연직 차수공으로 분류할 수 있다. 해설 그림 1.3은 대표적인 연직차수공 및 표면차수공의 예를 나타내었다.

(A) 연직 차수막

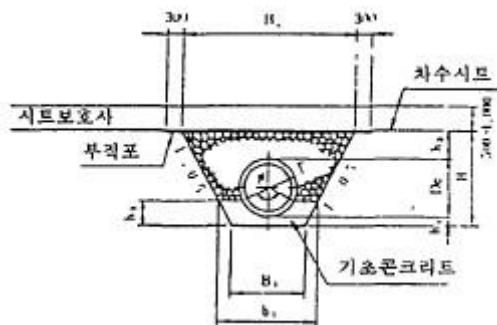


(B) 표면 차수막



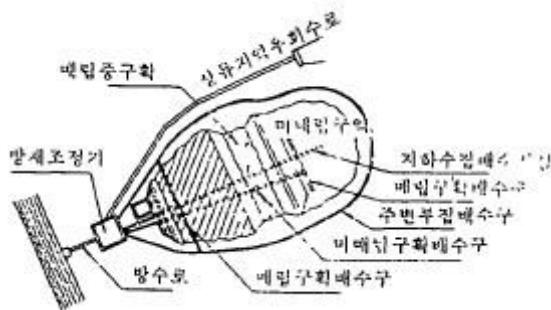
해설 그림 1.3 연직 차수공 및 표면 차수공의 예

집배수시설에는 지하수 집배수시설과 우수 집배수시설, 침출수 집배수시설이 있는데, 지하수 집배수시설은 지하수가 매립지 내로 유입하여 매립지 시설에 손상을 가하는 것을 방지하고 침출수 등의 오염물질 유출시에 지하수가 오염되는 것을 방지하기 위해 지하수를 집수하여 배제하는 시설물로서 지하수 집배수시설은 매립층의 하중이나 원지반의 침하에 의한 하중과 변위에 대해서도 필요기간동안 충분한 강도를 가져야 하며, 막힘이나 침하가 발생해도 충분한 배수능력이 확보되도록 하여야 한다. 해설 그림 1.4 에는 지하수 집배수 시설의 구조 예를 나타내었다.



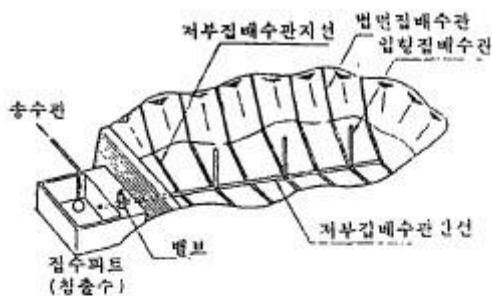
해설 그림 1.4 지하수 집배수시설의 구조 예

우수 집배수시설은 침출수량의 감소를 목적으로 우수가 매립지내로 유입되지 않도록 집수하고 배출하는 시설로서 매립지 주변의 강우에 대해 그 처리능력이 확실해야 하며 매립작업이나 장내관리에 지장을 주어서는 안된다. 해설 그림 1.5는 우수 집배수시설의 예를 나타내었다.



해설 그림 1.5 우수 집배수시설의 예

침출수 집배수시설은 매립폐기물총을 통과하여 오염된 우수나 폐기물총의 보유수 및 분해수 등 분해과정에서 발생되는 침출수를 집수하여 침출수 처리시설로 송수하는 시설로서, 매립총내의 침출수를 신속히 집수해야하고 매립종료 후에도 계속적으로 배출할 수 있어야 하며 차수시설의 보완적인 기능을 가져야 한다. 해설 그림 1.6에는 침출수 집배수시설의 예를 나타내었다.



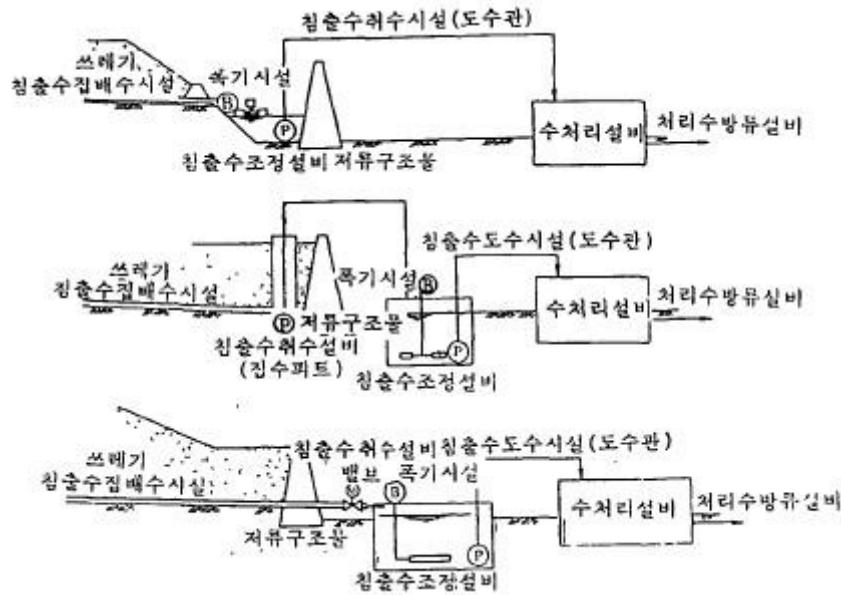
(A) 매립지 외부에 집수피트를 설치한 예



(B) 매립지 내부에 집수피트를 설치한 예

해설 그림 1.6 침출수 집배수시설의 예

침출수 처리시설은 매립지에서 발생하는 침출수를 수역 또는 해역으로 방류할 수 있도록 그 수질을 처리하기 위한 시설이다. 해설 그림 1.7은 침출수 처리시설의 예를 나타내었다.



해설 그림 1.7 침출수 처리시설의 예

발생가스 처리시설은 매립 처분된 폐기물의 유기물이 미생물 등의 분해작용에 의하여 발생하는 가스를 대기확산 또는 연소시키기 위하여 설치하는 시설물로서 매립 처음부터 매립 종료 후까지 매립층 표면의 가스농도나 성분이 주변환경의 악화나 재해 등의 원인이 되지 않도록 적절히 처리할 수 있어야 하며 매립작업시에 지장이 되지 않는 구조선정 및 배치를 행하고 매립작업과 병행하여 용이하게 설치할 수 있어야 한다.

(2) 매립지를 적절히 관리하기 위해서는 필요에 따라 반입관리시설, 모니터링 설비, 관리동, 관리도로 등을 설치하는데, 반입관리시설이란 매립처분하기 위해 반입된 폐기물의 적합성 판단 및 반입량의 계량·기록 등을 관리하기 위한 시설을 말한다. 모니터링(monitoring)설비란 매립작업진행중이나 완료된 지역의 매립층의 지중변화, 지하수변화, 침출수질, 발생가스변화, 주위생태계 변화 등을 감시·기록함으로써 운영중인 매립장으로부터 주변환경에 미치는 영향을 파악하여 안전한 매립장 관리와 향후 유사처분장 설치계획시 기초자료로 활용키 위한 중요한 설비중의 하나이다. 관리동이란 최종처분장의 모든 작업, 분석, 계량 및 시설을 관리·운영 등 행정사항을 수행하기 위한 시설을 말한다. 그리고 최종처분장의 관리를 행하기 위한 관리도로 등이 있다.

(3) 부대시설은 매립지의 운영·관리에 요구되는 시설보다는 안전에 필요한 시설이며, 설치할 때는 다른 제반시설과 상호관계를 고려하여 적절한 시설 배치를 함으로써 주변의 환경보존이나 방재면에서의 역할을 달성하는데 그 목적이 있다. 반입도로는 폐기물, 복토재 및 기타 관리자재 등의 운반차량이 통행하는 도로로서 최종처분장까지의 도로이고, 비산방지시설은 폐기물, 분진 등이 주변으로 비산 되지 않도록 대비하는 시설이며 방재설비는 재해를 미연에 방지하기 위한 방재조정지 등의 설비를 말한다. 그 외에 매립지내 출입 통제시설, 세륜, 세차시설 등이 있다.

1.2 폐기물 매립지 시설물의 특징

폐기물 매립지 시설물은 자기분해에 의한 안정화능력에 의해 폐기물을 최종적으로 자연에 환원하여 생활환경보전상 지장이 생기지 않는 방법으로 폐기물을 적절히 매립하고 처리하기 위한 것으로, 매립폐기물의 조성·종류, 매립구조 및 방법, 매립장소, 매립지반 등 여러 가지 인자에 영향을 받으며, 폐기물이 유출되지 않도록 하는 저류기능과 폐기물에서 발생하는 침출수 및 가스등이 주변환경에 위해를 주지 않도록 하는 안정적 처리기능이 있어야 한다. 이러한 폐기물 매립지 시설물에 관한 특징을 종합적으로 감안하여 시설물의 안정성과 기능성을 유지할 수 있는

시설물 유지관리가 이루어져야 한다.

【해설】

폐기물 매립지 시설물은 그 저장 대상인 생활쓰레기 등의 폐기물이 외부로 유출되는 것을 방지할 수 있는 충분한 안전성을 가져야 하며, 매립폐기물에서 발생하는 침출수와 가스 등을 안정적으로 처리하여 생활환경보전에 지장이 생기지 않도록 하는 기능성을 동시에 가져야 한다. 결국 안전성과 기능성이라는 측면에서 살펴볼 때, 폐기물 매립지 시설물은 매립폐기물의 조성·종류와 매립 구조 및 방법, 매립장소와 매립지반 등의 여러 요소에 대하여 영향을 받게 되고 효율적인 시설물 유지관리를 위해서는 이러한 특징을 종합적으로 고려하여야 한다.

제 2 장 폐기물 매립지 시설물 손상의 종류 및 원인

2.1 폐기물 매립지 시설물 손상의 종류

폐기물 매립지 시설물은 매립되는 폐기물의 종류와 양, 매립방법, 매립시기와 장소, 매립지내의 지반조건 변화 및 매립되는 폐기물의 유지관리 상태 등에 따라 시설물 자체의 손상과 더불어 과다한 변위 및 이로 인한 환경오염 등을 야기시킬 수 있는데, 각각의 폐기물 매립지 시설물에 생길 수 있는 일반적인 손상의 종류는 다음과 같다.

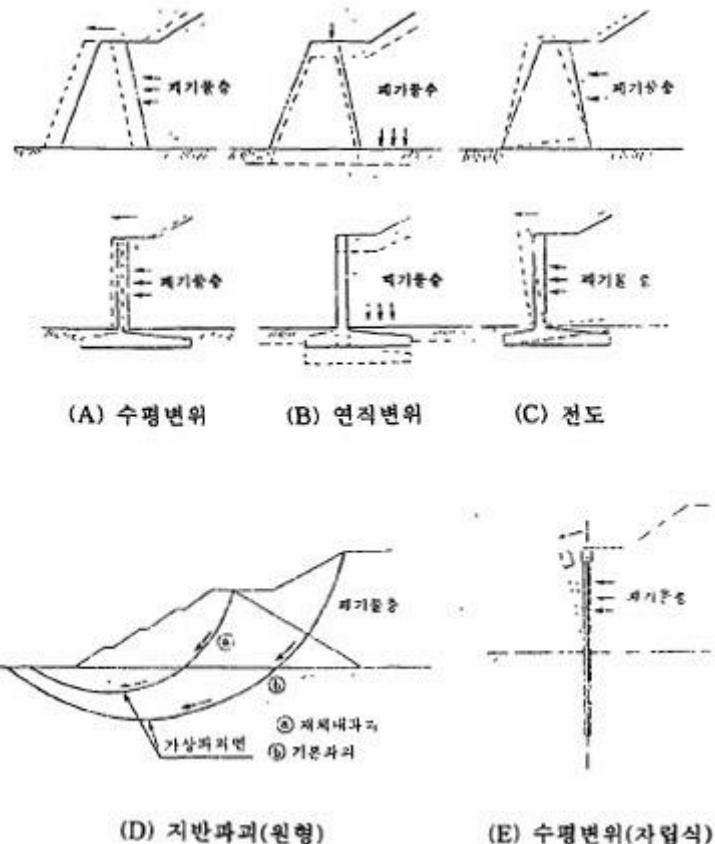
- (1) 저류구조물의 변위와 손상
- (2) 차수기능의 상실
- (3) 매립지 복토층의 균열 및 손상
- (4) 집배수 관로의 손상
- (5) 침출수 및 가스 처리시설물의 손상
- (6) 매립지내 도로의 파손
- (7) 매립장내에서의 과다한 비산발생 및 화재발생

【해설】

폐기물 매립지 시설물에서 발생되는 손상은 매립되는 폐기물의 성상과 그 양, 지형 및 지반조건, 매립방법, 매립시기, 매립장소 등의 다양한 요인이 작용하여 시설물의 안정성이 결여됨으로써 발생하게 된다. 특히 폐기물 매립지 시설물의 기능적 목적으로 볼 때, 폐기물을 안전하게 저류하고 처리해야 할 저류구조물의 변위발생이나, 침출수 처리시설과 가스 처리시설 등의 손상은 효과적인 폐기물안정처리에 지장을 주게 되고 주변의 환경에 대해서도 근 영향을 끼치게 된다. 유지관리시에는 이러한 각각의 폐기물 매립지 시설물 손상의 종류에 대한 특징들을 고려하여야 한다.

- (1) 저류구조물의 변위나 손상

저류구조물에서 발생한 변위는 초기에는 침하형태를 나타내다가 이후에는 급격한 진행형태를 보이게 된다. 저류구조물에 손상이 왔을 시, 매립된 폐기물이 안전하게 외부에 대해 차단되지 못한 채 외부로 유출되면 인근 주변환경을 오염시키는 결과를 가져오게 된다. 저류구조물의 변위는 수평변위, 수직변위, 전도, 활동 등으로 구분할 수 있는데 해설 그림 2.1에는 저류구조물의 변위 예를 나타내었다.



해설 그림 2.1 저류구조물의 변위 예

(2) 차수기능의 상실

차수기능에 문제가 발생하게 되면 지하수 등이 폐기물 매립지내로 유입되고 침출수 유출 등에 의해 공공수역이나 지하수 오염을 야기시키게 되는데, 매립지의 지반조건과 침출수압 등 여러 가지 요인에 의해 차수기능의 손상이 발생할 수 있다. 차수시설에 관한 손상의 종류로는 라이너의 인장 균열, 관통에 의한 하부라이너 손상, 차수시트의 파단 및 접합부의 분리, 연직차수막에서 재료가 강널말뚝일 경우 부식에 의한 손상, 어쓰(earth) 라이닝의 파이핑에 의한 손상 등이 있다.

(3) 매립지 복토층의 균열 및 손상

폐기물을 매립시 복토층에 균열이 발생하게 되면 우수 등이 복토층을 통과하여 매립폐기물내로 유입되어 침출수량이 증가하고 발생가스의 효과적인 포집이나 처리가 어려워지며 악취와 쓰레기 입자들의 흘날림은 물론 화재의 위험성까지 존재하게 된다. 복토층 중에서도 가장 중요한 역할을 하는 것은 최종 복토층인데, 이는 우수침투의 배제작용은 물론 악취 및 유독가스, 매립가스의 통제역할, 바람과 물에 의한 침식작용까지 방지하는 것으로, 발생할 수 있는 손상에 대한 철저한 대책을 세우는 것이 유지관리차원에서 매우 중요하다 할 수 있다.

(4) 집배수 관로의 손상

지하수의 집배수 관로에 관한 손상은 지하수위를 높게 하여 주변 지반의 강도를 저하시키고 사면의 붕괴를 유발하게 된다. 이러한 이유로 집배수 관로는 매립층의 하중이나 지반 침하 등에 의한 하중과 변위에 대해 필요기간 중 충분한 강도를 가져야 한다. 우수 집배수 관로도 지하수 집배수 관로와 비슷한 이유로 손상이 발생할 수 있고, 일단 손상이 발생하면 우수에 대한 적절한 집배수능력을 발휘할 수 없게 되는데, 이때 과다한 우수가 매립폐기물내로 유입됨으로 인해 침출수량을 증가시켜 여러 가지 문제를 야기시킨다. 그리고 침출수 집배수 관로의 손상은 침출수를 효과적으로 집배수시키지 못해, 폐기물 매립지내의 누적침출수의 수두를 증가시키는 요인이 되며 이로 인해 침출수가 매립지 밖으로 누출되어 인근 지역의 환경오염을 유발하게 된다.

(5) 침출수 및 가스 처리 시설물의 손상

폐기물 매립지에서 발생하는 침출수 및 가스를 처리하는 것은 쓰레기등의 폐기물을 처리하는데 있어서 가장 최종적인 단계이다. 따라서 침출수 처리 시설이나 가스 처리 시설은 다른 시설물과 유기적인 관계를 가지고 그 기능적인 역할을 수행해야 하는데, 이러한 시설물의 손상은 수질오염과 대기오염 등의 위해요소들을 발생시킨다. 침출수 처리 시설의 손상으로는 수압과 지반상태에 의한 콘크리트 구조물의 균열과 박리, 침하 등 기능성의 장애발생이 있고, 가스처리시설의 손상으로는 가스포집관의 파손, 가스이송관의 손상 등이 있다.

(6) 매립지내 도로의 파손

폐기물 매립지내의 도로는 폐기물의 반출입, 시설물의 일상적인 관리와 점검 및 보수, 방화와 안전관리를 위해 설치하는 것으로, 도로의 파손시에는 언급한 제반사항에 대해 제기능을 발휘할 수 없게 된다. 폐기물 매립지의 특성상 폐기물 및 복토재 등을싣는 화물차의 교통하중이 상당하고 매립된 폐기물의 하중 등에 의한 부등침하로 도로의 손상이 가해질 수 있다. 도로손상의 종류로는 연단부의 파손, 종·횡단방향의 선상균열, 거북이등 모양의 균열, 도로포장부의 박리, 표면파손, 블리이딩, 구조물접속부 균열 및 단자, 종·횡단방향의 요철 등이 있다.

(7) 매립지 내의 과다한 비산발생 및 화재발생

폐기물 매립지에서 발생하는 비산분진은 쓰레기를 매립할 때 발생하는 것과 운반용차량에 의한 비포장도로에서의 비산분진, 매립장비로부터 배출되는 비산분진 등이 있는데 비산 방지 시설의 손상은 주변작업환경이나 인근지역의 오염을 초래하게 되므로, 제기능을 발휘할 수 있도록 손상발생전의 점검과 손상발생시의 신속한 보수가 요구된다. 그리고 폐기물 매립지에서 발생하는 화재는 연속적으로 진행되는 매립작업을 중단시켜 작업의 혼란과 외부에 대한 파급효과가 가시적으로 나타나게 되므로 매립지 운영시 최대한 화재발생요인을 제거하여 화재의 발생을 최소화하는 것이 요구되며, 화재 발생 시에는 신속하게 진화작업을 할 수 있도록 철저한 대비가 필요하다.

2.2 폐기물 매립지 시설물의 손상 원인

2.1 에서 언급한 각각의 손상의 종류에 대한 정확한 원인을 이해함으로써 손상의 방지 및 보수·보강에 필요한 유지관리사항을 체계적으로 확립할 수 있다.

【해설】

여기서는 2.1 에서 언급한 손상의 종류, 즉 저류구조물의 변위와 손상, 차수기능의 상실, 매립지 복토층의 균열 및 손상, 집배수 관로의 손상, 침출수 및 가스 처리시설의 손상, 매립지내 도로의

파손, 매립장내에서의 과다한 비산발생 및 화재발생 등에 관한 원인에 대해서 각 구체적 항목별로 설명하겠다.

2.2.1 저류구조물의 변위와 손상의 원인

폐기물 매립지에서 저류구조물의 변위는 매립쓰레기의 하중, 침출수압, 지하수의 유입, 매립지반의 침하 등에 의해 발생한다.

【해설】

저류구조물의 변위 및 손상은 매립쓰레기하중, 침출수압, 지하수의 유입, 구조물자중, 매립폐기물을 지지하는 지반의 특성 등 여러 가지 요인에 의해 저류구조물에 작용하는 외압이 구조물의 저항력을 초과할 때 발생하게 되는데, 이는 폐기물의 성상 및 매립방법에도 연관이 있다. 저류구조물에 설계이상의 외력이 작용시에는 변위를 초기에 발견하는 것이 중요한데, 이때는 매립작업을 중지하고 다른 매립구역으로 이동해서 매립을 진행하고 조치를 취해야 한다.

저류구조물의 활동(sliding)양상은 매립물질과 제방·옹벽의 전체적인 활동이나 국부적인 활동으로 나타날 수 있는데 이는 다짐되어진 점토라이너가 기반암이나 기초지반 흙에 대해 미끄러짐으로 인해서 발생하거나, 매우 점착력이 강한 점토에서 측벽경사에 연직한 크랙이 생겨 인장응력이 라이너에 형성되므로 발생하게 된다. 만일 매립량이 많고 경사지 위에 위치한다면 매립물의 무게에 의하여 대규모 활동이 일어날 가능성이 많다.

2.2.2 차수기능 상실의 원인

폐기물 매립 시설물에서 차수기능 상실의 원인은 차수시설 기초지반의 지지력 부족 및 부등침하, 차수시설 설치 후 매립작업시 작업차량의 하중, 여우·토끼·두더지 등의 구멍을 파는 짐승에 의한 차수총 관통, 침출수압이나 지하수의 양압력, 매립폐기물 중 돌기물·이물에 의한 국부적인 과대압력, 지진 등에 의한 지반변동, 침출수 및 해수에 의한 부식 등이 있다.

【해설】

폐기물 매립지에서 차수기능은 주위 공공수역과 지하수 등에 대한 차단기능을 하는 것으로 손상이 발생하였을 시에는 침출수의 누수량을 증가시켜 환경오염을 야기시킨다. 차수기능의 상실원인은 매립지 라이너 하부기초지반의 부등침하로 인하여 라이너에 인장균열이 발생하게 되는데 이는 라이너의 두께를 크게 하고 다짐을 충분히 하여 균일한 기초 위에 시공하면 이로 인한 문제를 최소화할 수 있다. 하부라이너의 관통손상은 작업차량이나 여우·토끼·두더지 따위의 구멍을 파는 짐승, 나무뿌리에 의해서 발생할 수도 있고 설계상의 관통구조물 즉 맨홀, 집수정, 검측시스템 설비 등에 의해서 손상이 일어날 수도 있다. 지반이 연약하거나 지하수위가 높은 경우는 매립작업에 의해 간극 수압이 상승하고 기초지반의 강도가 떨어지면서 연직차수시설 같이 저류구조물과 일체로 만드는 차수시설에는 옹벽이나 제방에 변위가 발생하면서 손상이 가해진다. 이는 원지반 및 저류구조물에 변위가 발생하지 않도록 폐기물을 옹벽 및 제방으로부터 매립지 중앙부로 매립을 진행해야 하고, 매립시는 다짐을 실시하고 하중이 균등히 작용하도록 하여야 한다. 표면차수시설 같은 경우는 돌기물, 이물에 의해서 국부적인 과대압력이나 배면수압에 의해서 손상이 발생할 수 있고, 쓰레기침출수의 압력에 의해서 지반이 부등침하되어 큰 비틀림이 발생하여 손상이 생길 수 있으며, 작업기계의 국부적인 큰 하중에 의해 차수총바닥이 파손되거나 지진 등의 지반변동에 따라 단차가 발생하여 차수시설의 손상이 발생한다.

2.2.3 매립지 복토층의 균열 및 손상의 원인

매립지 복토층의 균열 및 손상의 원인은 매립지반의 부등침하, 지반변동에 따른 지진등의 영향, 복토층 시공시에 불충분한 다짐, 복토재료의 건조수축 등이 있다.

【해설】

매립지에서 복도층에 균열이나 손상이 일어나는 원인은 위에서 언급한 바와 같고, 매립복도층은 우수유입을 방지하여 침출수량을 저하시키고 쓰레기, 먼지 등의 비산을 막아주며 매립가스 및 유해가스의 유출을 방지하는 등의 중요한 역할을 수행하므로 손상이 발생했을 시에 적절한 대책을 세워줘야 한다.

2.2.4 집배수 관로의 손상 원인

집배수 관로의 손상 원인은 매립지반의 부등침하, 매립장비 및 매립폐기물의 하중, 청소 또는 준설시 사용하는 기구에 의한 파손, 지하수 유입, 지반상태 변화로 인한 수로구배의 변동, 토사 및 낙엽 등의 퇴적물로 인한 관로 봉쇄, 다공질 투수관의 막힘, 부식성 물질에 의한 관로의 손상 등이 있다.

【해설】

폐기물 매립지에서 집배수 관로는 지하수나 우수에 대해서 매립지내로 유입하는 것을 막아 주고 침출수에 대해 외부유출을 방지하며 적절히 처리하기 위한 중간 단계의 시설로, 손상이 발생하였을 시는 폐기물 매립의 기능성에 손실이 오게 된다. 집배수 관로의 손상은 매립한 지반이 부등침하하여 관로의 안정성에 영향을 주거나 매립장비 및 매립폐기물의 과대한 하중에 의해, 지하수 유입에 따른 침투압 등에 의해, 수로의 경사가 변화하거나 퇴적물이 관로를 막게 될 때 관내 유속의 증가 등으로 인해 발생할 수 있다. 특히 다공질 재료의 투수관은 작은 구멍에 막힘이 발생하여 집배수 기능을 상실할 우려가 있으므로 이를 채택할 때는 막힘방지에 유의해야 한다.

2.2.5 침출수 및 가스 처리시설물의 손상 원인

침출수 및 가스 처리시설물의 손상원인은 침출수 등의 압력, 매립지반의 부등침하, 매립쓰레기에 의한 국부적인 과대압력, 부식성 물질로 인한 영향 등이 있다.

【해설】

침출수 및 가스 처리시설의 손상은 시설물이 설치된 지반의 부등침하에 의해 가스포집관로가 손상되거나 처리시설의 구조물에 균열 등의 손상이 발생할 수가 있다. 비탈면이나 수직으로 설치된 발생가스 포집관로는 쓰레기를 매립할 때 국부적인 과대압력에 의해 손상이 일어날 수 있으며, 매립폐기물 중에 부식성 물질이 존재하게 된다면 침출수 처리 시설물이나 가스배출관로 등에 부식에 의한 시설물의 손상을 야기시킬 수 있다.

2.2.6 매립지내 도로의 손상 원인

매립지내 도로의 파손 원인은 교통하중의 과대, 절성토 경계의 부등침하, 기층·보조기층·노상의 지지력 불균일, 포장두께의 부족, 불충분한 다짐, 물의 침투 및 동결, 포장재료의 혼합불량, 노면 배수능력불량 등이 있다.

【해설】

매립지내의 도로망 구성은 쓰레기의 반입 및 복귀차량, 기타 매립장비의 이동 등이 주를 이루는 것으로, 도로의 손상이 발생하게 되면 시설물의 관리나 보수, 재료 및 기계 등의 반입 등에 지장이 생기게 된다. 매립지내 도로의 손상은 위에서 언급한 여러 가지 원인에 의해 발생하게 되는데 해설 표 2.1에는 아스팔트, 콘크리트 포장도로의 손상종류에 따른 원인을 나타내었다.

해설 표 2.1 아스팔트, 콘크리트 포장도로의 손상종류 및 원인

손상의 종류	원인
연단부의 손상	<ul style="list-style-type: none"> · 포장두께의 부족 · 교통하중의 과대 · 길어깨의 지지력 부족 · 배수불량
표층의 노화	<ul style="list-style-type: none"> · 아스팔트량 부족 · 혼합불량 · 혼합물의 과열 · 물의 침투 · 괄재의 입도 불량 · 전압부족
거북이등 모양의 균열	<ul style="list-style-type: none"> · 아스팔트량 부족 · 입도 불량 · 아스팔트의 노화 · 물의 침투 및 동결 · 기층의 지지력 부족 · 포장두께의 부족

손상의 종류	원인
블레이딩	<ul style="list-style-type: none"> · 아스팔트량의 과잉 · 입도 불량 · 강자갈 사용 · 연질아스팔트 사용 · 택코우트의 과잉 사용
종·횡단방향의 요철	<ul style="list-style-type: none"> · 아스팔트 과잉 · 입도 불량 · 공극율의 부족 · 기층·보조기층·노상의 지지력 불균일 · 차량통행 위치 고정화
박리	<ul style="list-style-type: none"> · 아스팔트량 부족 · 혼합물의 과열 · 차량으로부터 기름이 떨어짐 · 혼합 불량
평탄성 불량	<ul style="list-style-type: none"> · 기층 지지력의 불균일 · 혼합물의 전압 부족 · 성토 다짐 부족
표면 파손	<ul style="list-style-type: none"> · 아스팔트량 부족 · 입도 불량 · 아스팔트의 노화 · 연질끌재의 사용 · 타이어 체인의 사용
구조물접속부 단차	<ul style="list-style-type: none"> · 뒷채움 재료의 전압부족 · 뒷채움 재료의 세립자 유실
종·횡단방향의 선상균열	<ul style="list-style-type: none"> · 철토·성토경계의 부등침하 · 시공이음의 불량 · 택코우트의 불량 · 기층 지지력 불균일

매립지내 도로의 파손은 매립지 운영에 지장을 초래하게 되므로 유지관리차원에서 세심한 배려가 요구된다.

2.2.7 매립장내에서의 과다한 비산발생 및 화재발생 원인

매립장내에서의 과다한 비산발생 및 화재발생 원인은 비산방지시설의 철재부식, 울타리망의 파손, 매립복토층의 균열지점에 매립장비의 전압 등에 의한 인화, 다짐장비에 의한 압축력의 증가 등이 있다.

【해설】

폐기물 매립지에서 비산분진의 발생에 따라 매립이 끝난 후에는 신속하게 복토를 하여야 하고 비포장도로의 분진은 살수차량을 이용하여 먼지 등이 훌날리는 것을 방지하게 된다. 쓰레기나 먼지의 작은 입자들이 비산하는 것은 매립지의 지형, 기상조건 등에 의해 많은 영향을 받게 되는데 이에 대비해서 비산방지시설을 두게 된다. 비산방지시설은 지주와 울타리망으로

구성되는데 철재의 부식이나 울타리망의 손상시는 과다한 분진의 비산이 발생하게 된다. 매립지내에서 화재발생의 경우는 매립복토층의 발달된 균열부에서 누출된 매립가스가 복토재에 섞여 있거나, 매립가스 포집시설에 설치된 잡석에서의 매립장비 전압 등에 의한 불티 또는 매립장비의 궤도 등에서 발생한 불티에 의한 경우와 비인화성 폐기물에 혼합되어 반입된 인화물질이 다짐장비에 의한 압축력의 증가 등에 따른 자연적인 발화여건 제공시 발생되는 경우 등이다. 매립지에서는 항상 화재의 위험성이 존재하기 때문에 화재발생을 억제하는 대책과 화재발생시 신속히 진화할 수 있는 준비가 마련되어야 한다.

제 3 장 시설물의 점검

3.1 점검 계획

폐기물 매립지의 점검계획을 세우기 위해서 선행되어야 할 것은 먼저 점검 범위를 결정해야 하고, 철저한 사전계획과 준비작업을 거쳐서 체계적인 점검 계획을 수립하여야 한다. 계획 수립 전에 다음과 같은 사전 조사가 이루어져야 한다.

- (1) 폐기물 매립지 시설물의 자료 조사
- (2) 폐기물 매립지 시설물의 환경 조사
- (3) 폐기물 매립지 시설물의 현장 조사

【해설】

폐기물 매립지 시설물은 폐기물의 매립 및 안정처리를 주목적으로 하는 것으로 매립폐기물과 침출수 등에 의한 손상 등이 발생하여 유지관리를 제대로 하지 않는다면 시설물 자체의 기능성과 사용성을 상실하게 된다. 이러한 이유로 효과적인 유지관리를 위해서 체계적인 점검계획이 요구된다. 점검계획 수립시에는 위에서 언급한 폐기물 매립지 시설물에 대한 사전조사를 수행하여 수집된 자료를 검토한 후에 현장여건에 맞게 각 시설물에 대한 점검계획을 세운다. 이때 기존의 자료를 참조하여 폐기물 매립시설의 구조적인 특성, 환경, 중요성에 따라 적절한 계획을 수립한다.

사전 조사에 대한 항목들은 다음과 같다.

- (1) 폐기물 매립지 시설물의 자료 조사

준공도면·보수도면·구조계산서 등의 설계도서, 시방서, 주요 결함부위나 주요 시공 등의 사진, 보수 이력서·사고 이력서·점검 이력서 등의 유지관리자료, 기타 보고서 등

- (2) 폐기물 매립지 시설물의 환경 조사

시설물의 지형 조건, 기상 조건, 지질 조건, 식생 조건, 지하수 조건, 토지이용 조건 등

- (3) 폐기물 매립지 시설물의 현장 조사

현지 시설물의 상태 및 문제점, 시설관리자 및 주민의견 청취 등

사전 조사에서 수집된 자료를 검토하여 현장여건에 맞는 적절한 점검 계획을 수립하게 되는데, 이때 포함되어야 할 사항은 다음과 같다.

- ① 조사 범위 및 항목 결정
- ② 기존 자료의 검토
- ③ 분야별 소요인원 및 구성
- ④ 재료시험 실시에 대한 적정성 여부 판단
- ⑤ 점검 기간 및 계획된 작업시간 예측
- ⑥ 점검 적정시기 결정
- ⑦ 점검 장비 선정
- ⑧ 점검 종사자의 안전

3.2 점검항목 및 방법

폐기물 매립지 시설물의 점검항목 및 방법은 시설물의 자료조사, 환경조사, 현장조사를 통해 수립된 점검계획을 바탕으로 결정되는데, 시설물의 손상 및 결함에 대한 점검항목이 빠지지 않도록 현장점검을 체계적이고도 조직적인 방식으로 수행하여야 하며. 시설물점검 및 진단절차를 표준화하여야 한다.

【해설】

폐기물 매립지 시설물의 점검항목은 시설물별로 각각의 기능성에 대한 손상, 결함 상태를 파악하여 적절한 유지관리를 하기 위한 것이다. 각 시설물에 대한 점검 항목은 표 3.1에 나타내었다.

해설 표 3.1 폐기물 매립지 시설물에 대한 점검항목

시설물	점검항목
폐기물 유출 방지시설 (저류 구조물 포함)	공동사항
	콘크리트 구조물
	기타제방

- 매립복토재의 균열상태
- 구조물기초부의 세굴 또는 하부침식상태
- 구조물 외부바닥의 밀림현상 발생상태 (식물의 서식상태)
- 기타 구조물의 누수상태
- 계측장비에 의한 매립폐기물내 침출수위, 간극수압, 가스발생 상황
- 구조물 부위 균열, 박리, 충분리, 박락, 백태 상태
- 구조물의 부등침하상태
- 구조물의 기타 손상상태
- 득마루의 요철 발생상태
- 제방비탈면의 일정한 경사유지상태
- 득마루 또는 비탈면 등에 균열발생 상태
- 제방의 누수발생 상태
- 두더지, 들쥐 등의 서식구멍 발생상태

시설물	점검항목				
차수 시설	<ul style="list-style-type: none"> · 최종복토층의 요철, 균열 및 구배상태 · 기타 손상상태 · 계측 관리에 의한 모니터링 작동상태(침하판, 경사계, 지하수위계, 토압계, 수질측정장비 등) 				
집배수 시설	<ul style="list-style-type: none"> · 침출수의 유하상태 · 집수정 및 관로의 침전물 퇴적상태 · 맨홀뚜껑의 파손 또는 개폐상태 · 매립완료된 매립지의 상부표면복토층의 우수배제 상태 · 우수배제관로의 토사 및 낙엽 등에 의한 퇴적물의 발생상태 · 국부적 파손 및 부동침하발생 상태 · 상부복토층의 요철 및 균열상태 · 기타 관기능상의 장애상태 				
이송 및 펌프시설	<ul style="list-style-type: none"> · 펌프의 정상작동상태 · 계기류의 연동상태 · 금유상태, 청소상태 · 휴즈용량 및 접속상태 · 전압상태, 정격전류, 양수량, 양액 및 양정의 상태 · 자동제어판넬의 작동상태 · 후로트스릴레이 작동상태 · 접지선의 접지상태 				
발생가스관리시설	<ul style="list-style-type: none"> · 매립시설 상부복토층에 가스누출 상태 · 매립시설 주위의 식물서식상태 · 휴대용가스검사장비의 작동상태 · 기타 설비의 기능상태 				
침출수처리 시설	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 20%;">콘크리트 구조물</td><td> <ul style="list-style-type: none"> · 구조물 부위 균열, 박리, 충분리, 박락, 백태상태 · 구조물의 부동침하상태 · 구조물의 기타 손상 상태 · 기타 구조물별 기능상태 </td></tr> <tr> <td style="text-align: center;">철골 구조물</td><td> <ul style="list-style-type: none"> · 구조물의 부식상태 · 구조물의 용접부위의 균열상태 · 구조물의 변형상태 · 구조물의 부동침하상태 · 구조물의 기타 손상상태 </td></tr> </table>	콘크리트 구조물	<ul style="list-style-type: none"> · 구조물 부위 균열, 박리, 충분리, 박락, 백태상태 · 구조물의 부동침하상태 · 구조물의 기타 손상 상태 · 기타 구조물별 기능상태 	철골 구조물	<ul style="list-style-type: none"> · 구조물의 부식상태 · 구조물의 용접부위의 균열상태 · 구조물의 변형상태 · 구조물의 부동침하상태 · 구조물의 기타 손상상태
콘크리트 구조물	<ul style="list-style-type: none"> · 구조물 부위 균열, 박리, 충분리, 박락, 백태상태 · 구조물의 부동침하상태 · 구조물의 기타 손상 상태 · 기타 구조물별 기능상태 				
철골 구조물	<ul style="list-style-type: none"> · 구조물의 부식상태 · 구조물의 용접부위의 균열상태 · 구조물의 변형상태 · 구조물의 부동침하상태 · 구조물의 기타 손상상태 				

폐기물 유출방지시설(옹벽 및 제방) 및 차수 시설, 집배수(지하수, 우수, 침출수)시설, 발생가스 관리시설, 침출수 처리시설, 부대 시설 등의 폐기물 매립지 시설물에 관한 점검 방법은 다음과 같다.

(1) 폐기물 유출방지시설(옹벽 및 제방)

(가) 폐기물 유출방지시설의 안전을 고려하여 설계시 예상치 못했던 외력 또는 변경된 외력의 작용 여부를 검토하여야 하는데 그 구체적인 내용은 다음과 같다.

① 매립폐기물의 종류, 양 등을 확인함에 있어서 관리가 잘 된 매립시설의 경우에는 계량시설을 활용한 관리기록 등을 확인하여 기록하고, 그 외의 매립시설의 경우에는 폐기물의 매립밀도, 매립고 등을 종합하여 매립양을 계산하여 기록해야 한다.

② 매립지내의 침출수위, 간극수압측정, 침출수의 배제상태, 가스발생상황 및 가스성분 등을 측정하여 기록하여야 한다.

③ 기타 계측기기에 의하여 측정되는 수치를 기록하여야 한다.

④ 기타 매립하중에 영향을 줄 수 있다고 판단되는 사항을 조사하여 기록하여야 한다.

(나) 매립복토재의 균열 및 구조물 외부바닥의 밀림현상(식물의 서식상태 확인) 등을 면밀하게 관찰하여 기록하여야 하며, 구조물기초부의 활동(sliding)의 발생여부를 검토하여야 한다.

(다) 구조물 기초부의 세굴 및 하부침식의 흔적이 있는지 여부를 정밀하게 관찰하여야 한다.

(라) 콘크리트구조물의 경우 육안정밀조사로 구조물의 균열, 박리, 충분리, 백태, 부등침하, 손상 등을 최우선으로 조사하여 기록하여야 한다.

(마) 폐기물 유출방지시설이 제방인 경우와 매립사면에 대하여는 다음 사항을 실시하여야 한다.

① 뚝마루 또는 비탈면 등의 표면건조수축에 의한 균열과 차수막이 매립폐기물의 하중에 의해 당겨지는 등으로 인한 균열발생 여부를 자세히 관찰하여 기록하여야 한다.

② 뚁의 비탈면에 힘을 발생여부, 빗물의 흐름으로 인한 물골의 발생여부 및 일정한 경사유지 상태를 관찰하여 기록하여야 한다.

③ 뚁마루에 요철발생여부, 횡단경사 유지상태 및 차량운행흔적의 발생여부를 관찰하여 기록하여야 한다.

(바) 지하수 및 침출수 집수정의 수위측정과 수질검사를 통해 침출수의 누수여부를 관찰해야 한다.

(사) 기타 검사자가 필요하다고 판단되는 사항을 점검한다.

(2) 차수시설

(가) 차수시설의 손상유무와 침출수의 누수여부를 관찰하여 점검한다.

(나) 매립시 최종복토층의 요철, 균열 및 부등침하상태를 면밀하게 관찰하여야 한다.

(다) 차수시설 하부층의 지반안정재료의 적합성 여부는 시공도서 및 시공시 다짐시험 등의 자료를 이용하여 검토하여야 한다.

(3) 집배수(지하수, 우수, 침출수)시설

(가) 집배수시설의 손상유무를 지하수 및 침출수 집수정의 수위측정과 수질검사를 통하여 침출수의 누수여부를 관찰하여 점검하여야 한다.

(나) 시공도서상의 관로의 재료에 대한 강도와 토압 및 다짐장비에 의한 측압 등을

비교·검토하여야 한다.

(다) 매립지 최종복토층 상부의 요철, 균열상태와 구배상태를 확인하여 기록하여야 한다.

(라) 수로 단면에 퇴적물의 퇴적상태를 점검하여야 한다.

(마) 집수맨홀(집수정)의 수위를 측정하고 퇴적 침전물의 상태를 확인하여야 하며, 퇴적물을 샘플링하여 성분시험을 실시하여야 한다.

(사) 관로의 외관조사가 가능한 경우에는 관로(차집관로를 포함)의 경사구배를 확인하여 침출수의 유하상태를 점검하고 이음부의 이음불량, 부식 등으로 누수가 되는 부위가 있는지 여부를 관찰하여 기록하여야 하며, 매설된 관로의 경우에는 관로망 부위의 매설재료의 누수상태 및 부등침하상태를 확인하여 기록하여야 한다.

(4) 발생가스 관리시설

(가) 매립 및 복토작업시 폐기물 및 복토재 등에 의한 시설물의 폐쇄 또는 상부복토층의 균열로 인하여 가스가 예상치 못한 지역에서의 분출여부를 가스감지기기 등을 이용하여 점검하여야 한다.

(나) 매립지내에서 발생하는 메탄, 황화수소 등 인체에 유해한 가스의 발생여부를 판단하기 위한 휴대용 검사장비를 지참하는 등 매립지내 안전관리대책의 수립시행여부를 점검하여야 한다.

(다) 매립지에서 발생하는 가스가 주변에 서식하는 식물에 환경상 영향을 미치고 있는지 여부를 점검하여야 한다.

(라) 매립지 경계선에서 메탄가스농도를 측정하여 기록하여야 한다.

(마) 자연배기식의 가스관리시설인 경우에는 가스의 건전지, 전선, 전기유도장치의 작동상태를 점검하여야 한다.

(5) 침출수 처리시설

(가) 유입유출수의 질적, 양적 변화에 대하여 계속적으로 점검하여 처리장의 실태를 전체적으로 검토한다.

(나) 침출수 펌프가 정상적으로 작동하고 있는가를 점검한다.

(다) 구조물 부위의 균열상태나 부등침하상태에 대해 점검한다.

부대시설인 모니터링설비, 반입도로, 비산방지설비, 방재설비들에 대하여는 동 시설물들의 운영 관리차원에서 관리주체가 일상적으로 점검하는 것으로 대체한다.

3.3 점검 결과의 기록

현장에서 사용하는 점검 및 진단양식과 보고서는 체계적으로 작성되어야 하며 결함에 대한 설명과 결함의 개략도가 포함되어야 한다. 완성된 보고서는 시간이 경과한 후에도 손상과 결함에 대한 해석이 가능하도록 상세하고 명확해야 한다. 현장사진을 활용하여 결함을 확인할 수 있도록 하여야 하며 여러 가지 결함이 언급된 경우에는 보고서와 양식에서 상호 참조할 수 있도록

하여야 한다. 개략도와 사진은 결함의 위치와 특성에 관한 설명을 보충하기 위한 수단으로 사용되어야 한다. 노후화된 부재에 대한 간단한 입체단면도와 평면도를 사용하여 결함의 형태와 치수를 명확히 이해할 수 있게 하여야 한다. 보고서에 포함된 모든 자료의 근거를 명확히 하여야 하고 점검일시와 기타 자료의 근거도 기록하여야 한다.

【해설】

현장검사는 기존시설물에 대한 최소한의 기초자료를 얻고, 시간이 경과함에 따라 변화되는 균열폭과 길이 등의 변화를 추적하기 위하여 수행한다. 이를 기록하여 여러 가지 결함에 대한 조치를 취할 수 있는 보고서 작성의 체계성이 중요하다.

일상점검표에 기록되어야 할 사항으로는 다음과 같다.

- ① 시설물의 개요 : 시설물명, 관리주체, 준공년월일, 최종점검년월일 등
- ② 각시설에 대한 점검결과 : 균열, 누수, 함몰, 활동(sliding), 침하, 매립지내 수위상태 등
- ③ 점검자의 의견
- ④ 기타 사항

정기점검보고서에 기록되어야 할 사항으로는 다음과 같다.

- ① 시설물의 개요 : 시설물명, 준공년월일, 위치, 관리주체, 시설규모 등
- ② 정기점검의 범위 : 육안검사, 재료시험, 콘크리트 피복측정 등
- ③ 주요시설 및 부재별로 조사결과 분석 : 상태등급 및 주요결함사항을 기재
- ④ 주요부재별 요약보고
- ⑤ 건의사항 : 정밀안전진단 또는 시설물사용제한 필요성
- ⑥ 첨가사항 : 점검결과, 사진, 주요부위 결함 개략도 등

정밀안전진단보고서에 기록되어야 할 사항으로는 다음과 같다.

- ① 개요
- ② 정밀안전진단계획수립 : 진단범위, 필요한 재료시험, 내하력측정 여부
- ③ 전체부재의 조사결과 분석
- ④ 안전성평가(구조적 안전성 평가)
- ⑤ 전체부재 조사결과 요약 보고
- ⑥ 보수·보강공법 제시
- ⑦ 건의사항

- ⑧ 첨가사항 : 육안검사 사진, 육안검사 개략도, 재료시험결과, 보수·보강공법 등 조사자료

3.4 점검 결과의 판정

시설물의 결함도를 종합 평가하여 시설물별 결함상태를 등급화시켜 안전진단 실시대상 및 보수, 보강공사 우선순위를 판단하여 인원, 예산편성 등 시설물 유지관리에 활용한다. 일상점검에서는 점검양식에 따라 주요부재종류별로 평가하는 것을 원칙으로 하고, 정기점검에서는 각 부재별로 작성하되 문제 부위에 대하여 망을 작성하여 상세히 상태등급을 매기며, 정밀안전진단에서는 전체 시설물에 대하여 망을 작성하여 상태등급을 매긴다.

【해설】

폐기율 매립지 시설의 시설물별 점검항목을 활용하여 정기점검을 실시하여, 그 결과에 따라 보수·보강 등의 조치를 취해야 하며 각 시설물의 부재, 부위별 손상에 따른 시설물의 결함도를 종합평가하여 유지관리에 활용한다.

폐기율 매립지 시설을 점검시에는 모든 시설의 부재 및 부위에 대하여 상태평가를 실시하여 손상 판정기준에 따라 상태등급을 기입하게 된다. 점검항목에 대한 손상판정기준은 점검항목에 따라 상이하므로 정확한 판정기준에 따라 상태 등급을 산정해야 한다. 이때 점검시설부위에 따라 상태가 양호한 경우 A 등급에서 손상이 심할 경우 E로 손상의 정도에 따라 5 등급으로 구분한다. 해설 표 3.2에는 점검시설의 손상에 따른 등급과 상태를 나타내었다.

폐기율매립시설의 각 점검항목에 대한 손상판정은 시설물의 특징과 중요도에 따라 등급 기준을 설정하고 그 상태에 맞게 보수나 보강, 개축 등의 조치를 취해야 한다.

해설 표 3.2 손상에 대한 판정기준

부 호	상 태
A	문제점이 없는 최상의 상태 : 손상이 없거나 경미하여 당장 보수를 요하지는 않으나 진행사항의 관찰을 통해 보수 여부를 결정해야 하는 상태.
B	경미한 손상이 있는 양호한 상태 : 발생된 손상이 심각하지는 않으나 진행사항의 상세한 관찰 후 보수를 해야 하는 상태.
C	보조부재에 손상이 있는 보통의 상태 : 발생된 손상이 시설물에 심각한 지장은 주지 않지만 적절한 시일내에 보수를 해야 하는 상태. 당해연도 보수가 필요.
D	주요부재에 진전된 노후화 : 발생된 손상이 심각하지만 별도의 응급처치를 할 필요는 없고 속히 보수·보강해야 하는 상태. 당해연도 보수·보강이 필요.
E	시설물의 주요부재나 부위에 심각한 노후화 또는 단면손실이 발생하여 안정성에 위협이 있어 시설물을 즉각 사용금지하고 바로 보수·보강이나 개축이 필요한 상태

3.5 점검 장비

점검시 점검장비는 휴대장비, 접근장비, 비파괴장비 등으로 검사단계별로 구분한다. 검사단계별 점검장비는 다음과 같다.

- (1) 일상점검 : 일상적인 휴대장비, 간단한 접근장비 등을 사용한다.
- (2) 정기점검 : 점검의 특성을 고려하여 시설물의 설치시의 상태와 그 이후에 발생하는 시설물의 결함과 파손유무를 확인하기 위한 것으로 휴대장비, 접근장비, 비파괴장비 등을 사용한다.
- (3) 긴급점검 : 재해나 사고 등에 의한 시설물의 손상여부 및 보수를 수행하는 데 그 필요성 등을 파악하기 위한 것으로 휴대장비, 접근장비, 비파괴 점검장비등을 사용한다.
- (4) 정밀안전진단 : 정기점검과정에서 쉽게 발견하지 못하는 결함부위를 발견하기 위한 것으로 점검시 공통적인 휴대장비, 접근장비, 비파괴 점검장비, 부분파괴점검장비를 비롯하여 여러 가지의 정밀한 계측장비 등을 포함한다.

【해설】

점검장비는 휴대장비, 접근장비, 비파괴장비, 부분파괴장비로 구분하고 검사단계별로 장비사용의 구분이 또 이루어지나 현장 여건에 의해 결정해야 하며 측량장비, 토질 및 기계전기 시험장비를 준비할 때는 분야별 세부조사항목에 부합되는 장비를 준비한다. 장비선정시에는 지반, 포장, 시설물이 접근장비를 안전하게 지지하는지의 여부를 판단해야 하며 장비설치에 따른 지장물의 존재여부를 검토하여 문제가 없도록 한다. 휴대장비와 접근장비, 비파괴장비, 부분파괴장비의 각각에 대해 살펴보면 다음과 같다.

휴대장비에는 펜, 분필, 매직, 흑판 등의 필기도구와 확대경, 망원경, 균열경, 출자, 손전등, 카메라, 삼 및 청소용구, 산소마스크, 헬멧, 고무장화, 교통규제 기구 등이 있다.

접근장비에는 사다리, 점검차, 점검보트, 수중잠수장비, 수중카메라 등이 있다.

비파괴장비에는 콘크리트나 강재 등의 강도, 균열, 철근부식 등을 파악하기 위한 것으로 해설 표 3.3에서 나타내었다.

해설 표 3.3 비파괴장비

장비 종류 및 내용		점검장비 및 시험
비 파 괴 장 비	콘크리트 강도측정	슈미트햄머, 초음파 탐사기, 탄성파 탐사기
	콘크리트 균열 및 결합 탐사	초음파 탐사기, 탄성파 탐사기, 음파 탐사기(AE법), 레이저 탐사기, 적외선 카메라, 스플 카메라, 레이더 탐사기
	철근 탐지	페코미터, 방사선 투과기
	철근 부식 탐지	레이더 탐사기, 부식 측정기
	콘크리트 열화도 탐사	중성화 시험, 알칼리 끌재 반응 시험
	염해 탐사	재료시편에 대한 염해 시험
강재 손상 탐사 장비	표면균열 탐지	자기입자 탐사기, 초음파 탐사기, 염료 침투법, 와동전류법
	내부결합 탐지	초음파 탐사기, AE장비, 방사선 투과기
	용접부 결합	방사선 투과기, 초음파 탐사기
	피로균열 탐사	자기입자 탐사기, 염료 침투법, 초음파 탐사기
	용력부식 탐사	자기입자 탐사기, 염료 침투법
	두께검사	초음파 탐사기, 방사선 탐사기
토질 탐사	누수조사	레이더 탐사기, 전기탐사기 등

부분파괴장비도 비파괴장비와 더불어 필요한 점검에 이용되는데 해설 표 3.4에는 부분파괴장비에 대하여 나타내었다.

해설 표 3.4 부분파괴장비

장비 종류 및 내용		점검장비 및 시험
부분 파괴 장비	콘크리트 탐사 강도 측정	Pull-out, Pull-off, Break-off, 코아채취, 판입저항 등
	토질 탐사 제방의 토성	코아채취, 표준관입시험, 공내색소주입시험, 현장투수시험 등

이러한 시설물의 일반적 점검장비이외에도 가스점검기, 가연성 가스검지기, 산소검지기, 침하 및 수평변위에 대한 침하게와 경사계의 계측장비 등의 점검도 아울러 이루어져야 한다.

제 4 장 유지관리용 점검 시설 및 설치

4.1 유지관리용 점검시설 및 설치

폐기물 매립지 시설물의 효율적인 유지관리를 위해서 근접점검이나 간단한 보수·보강을 실시하기 위한 점검시설이 필요하며, 시설물의 규모 및 중요도, 점검시설의 경제성 등을 종합적으로 판단하여 적합한 점검시설을 선정하고 설치하여야 한다.

【해설】

폐기물 매립지 시설물은 효과적인 폐기물에 대한 매립과 매립지에서 발생하는 생활환경상의 오염 물질 등을 안정처리하기 위한 목적으로 설치된 것으로 제기능을 발휘하기 위해서는 철저한 유지

관리가 요구된다. 폐기물 매립 시설물 유지관리의 주된 목적은 손상을 조기에 발견하여 원인을 규명하고 신속한 대책을 수립하여 시설물이 원활히 작동하도록 하는 것으로 이때 점검은 정기적이고 지속적으로 이루어져야 하므로 그에 적절한 점검시설이 확보되어야 한다. 점검시설 계획에는 점검 목적과 내용 및 각 점검시설의 특성을 충분히 인식할 필요가 있으며, 점검시설 자체의 유지관리뿐 만 아니라 취급 방법에 대해서도 충분히 고려해야 한다.

점검시설의 조건은 폐기물 매립 시설물의 부속설비로서 점검 및 보수작업시에 위험성이 적어야 하고 필요에 따라 작업대를 설치 및 해체할 때 시간적·물적 손실이 최소화되도록 다음과 같은 점검시설의 조건을 고려한다.

- ① 건축한계를 넘지 않는 범위 내에서 점검과 보수 작업에 필요한 공간이 확보되어야 한다.
- ② 폐기물 매립지 시설물 시공과 동시에 점검시설을 제작, 설치하는 것이 바람직하다.
- ③ 점검 및 보수작업시에 안전성이 확보되어야 한다.
- ④ 점검시설 자체의 보수가 간단하고, 내구성이 우수하여 재해에 손상되지 않도록 한다.
- ⑤ 조작이 간단하고 고장이 적어야 한다.
- ⑥ 구동장치는 만일의 경우를 대비해서 수동 구동장치 등의 안전장치를 고려해야 한다.
- ⑦ 점검 시설물로 인한 매립지 시설물에 손상이 없도록 계획시 주의한다.

폐기물 매립지 시설물에서 유지관리용 점검시설로서는 관리도로, 지하수감시정, 가스검측용 Borehole 등이 있다.

관리도로는 폐기물 매립지 시설물에 이상이 발생했는지를 점검하고 적절한 보수를 시행하기 위해서 설치하는 유지관리용 시설로서, 매립지 시설물에 손상이 발생하여 보수·보강 등을 취해주어야 할 필요성에서 충분한 공간이 확보되어야 하며 시설물의 효과적인 유지관리를 위해서 적절한 배치상태에 대해 고려해야 한다.

지하수감시정은 매립지에서 오염물질이 누출되고 있는지의 여부를 파악하기 위한 것과 누출되는 경우 그에 대한 적절한 대책을 세우기 위해서도 필요하다. 적절한 지하수감시를 위해서는 감시용 우물의 개수, 위치 및 깊이 등과 함께 우물로부터의 시료채취빈도 및 분석항목 등이 검토되어야 한다. 우물의 수와 위치에 대한 일반적인 지침으로는 지하수 및 침출수의 흐름을 예측하고 침출수가 통과할 가능성이 높은 지역에 설치하는 것이 바람직하다.

가스검측용 Borehole 은 폐기물 매립지에서 발생기체가 적절히 배출되어 처리되지 않으면 폭발, 악취의 야기 및 주변 농작물과 식물에 악영향을 미치는 등 여러 가지 문제점을 발생시킬 가능성이 있기에 이에 대해 주변지역으로 이동하는가의 여부를 감시하기 위해서 설치한다. 가스검측용 Borehole 은 매립지역 내부뿐만 아니라 주변의 경계부에도 설치하는 것을 고려해야 한다.

제 5 장 주요 손상부에 대한 대책 및 보고

5.1 손상 조치의 종류

폐기물 매립지 시설물의 점검 결과, 손상을 발견하였을 때는 그 손상의 정도에 따라 적절한 조치를 취해야 하는데, 그러한 손상조치의 종류는 다음과 같다.

(1) 일상조치 : 시설물에 손상이 발생할 여건을 점검하여 손상이 일어날 수 있는 사항의 예방을 위한 일상적인 조치

(2) 응급조치 : 시설물의 안정성에 큰 손상이 일어날 여건이 조성되어 즉시로 보수·보강을 실시해야 하는 조치

(3) 보수·보강 조치 : 폐기물 매립지 시설물 중 보강해야 할 정도로 심각한 손상은 아니고 시설물의 내구성을 유지할 목적으로 발생한 손상이 더 이상 진행되지 않도록 취하는 조치를 보수 조치라 하고, 각 시설의 일부분에 대하여 심각한 정도를 가지는 결함 및 손상에 대하여 구조적인 안정성 및 기능성을 확보하기 위하여 취하는 조치를 보강 조치라 한다.

【해설】

폐기물 매립지 시설물의 유지관리를 위한 차원에서 철저한 점검을 실시한 결과, 시설물에 결함과 손상이 발생했다고 여겨졌을 시에는 시설물의 기능상 사용목적에 부합하고 그 안정성을 확보하게끔 적절한 조치를 취하는 것이 요구된다. 이러한 손상조치는 일상 조치, 응급 조치, 보수 조치, 보강 조치로 구분하여 시행할 수 있다.

일상조치란 유출방지·침출수 처리·차수·집배수·가스관리시설 등의 기능 손상 방지를 위한 시설물별 청소나 맨홀 및 집수정 관리, 관기능상의 장애요인 등에 대한 예방조치를 취하는 것이다.

응급 조치는 발생한 손상이나 결함이 시설물의 안정성에 크게 영향을 끼칠 수 있다고 판단될 시에 즉각 취하는 조치로 주로 보강차원의 조치를 취하게 된다.

보수 조치는 미세균열이나 경미한 손상 등 시설물의 안정성에 크게 영향을 주지 않는 상태에 대해서 그 기능성에 더 손상이 진행되지 않도록 보수를 취하는 조치를 말한다.

보강 조치는 시설물에 심각한 결함이나 손상이 존재하여 제기능을 발휘할 수 없거나 손상이 진행된다면 안정성이나 기능성에 큰 손실을 가져오게 될 시에 보강을 실시하여 시설물이 본래의 목적에 부합되도록 유지하는 조치를 말한다.

5.1.1 일상조치

폐기물 매립지 시설물에 대한 일상조치는, 시설물에 장애를 일으키는 요소에 대해 일상적으로 취하는 예방차원의 간단한 조치로 일상 조치사항은 다음과 같다.

(1) 폐기물 매립지 시설물의 청소

(2) 집수정의 맨홀 및 집배수구의 관리

(3) 관거 및 관로의 퇴적물 제거

(4) 부식방지에 대한 관리

【해설】

(1) 폐기물 매립지 시설물의 청소

폐기물매립지 시설물의 접근가능한 모든 장소에 대해서 청소를 실시하는데, 매립장의 특성상 쓰레기 등의 잔해나 먼지, 오물들이 묻어 있는 곳을 손상에 대한 예방적 차원에서 적절한 시기에 실시한다. 청소는 점검 결과에 따라 시행하며 작업 실시계획은 시설의 종류, 토사의 퇴적 상황 및 작업환경, 현장 실정에 가장 적합한 기계기구를 선정하고 토사 퇴적량, 침출 오수량의 시간적 변화, 작업개소의 작업조건, 기계기구의 적응성, 작업시간 및 공정 등을 고려하여 실시한다.

(2) 집수정의 맨홀 및 집배수구의 관리

집수정의 맨홀 및 집배수구의 일상 조치를 살펴보면, 집수관로에 의해 배출되는 침출수는 집수 맨홀을 통하여 유출되므로 맨홀저부에 과다한 퇴적물이 존재할 수 있는데 이에 대한 점검을 실시하고 샵 등의 청소도구로 이를 제거해 주어야 한다.

(3) 관거 및 관로의 퇴적물 제거

관거 및 관로의 퇴적물 제거에 관한 일상 조치는, 고압 세정작업이나 **sewer ball** 방법 등을 이용하여 관내의 퇴적물로 인해 발생할 수 있는 집배수 능력의 저하요인을 미연에 제거하는 것이다.

(4) 부식방지에 대한 관리

폐기물매립장의 특성상 침출수, 발생 가스, 주위 환경의 영향 등으로 콘크리트나 강재에 부식이 생길 수 있는데, 이에 대해 부식이 더이상 진행되지 않도록 부분적 혹은 전체적으로 도장이나 물타르, 콘크리트 피복, 아스팔트 피복 등을 해주어야 한다.

5.1.2 응급조치

폐기물 매립지 시설물에 관한 응급 조치는, 발생된 손상을 방지했을 때 이러한 손상이 시설물의 안정성과 기능성에 심각한 영향을 줄 가능성이 있다고 판단을 했을 시에 취하는 조치로서, 응급 조치는 상황에 맞게 임시적으로 실시하되 빠른 시일내로 시설물의 손상정도를 파악하여 보수·보강조치를 해주어야 한다.

【해설】

응급조치란 말 그대로 긴급한 상황에 대하여 조속하게 취하는 조치를 말하는데, 점검에서 손상이나 결함을 발견하였을 때 이 손상상태가 시설물의 안정성 및 기능성에 위해를 줄 가능성이 존재하거나 이를 방지하였을 시 손상이 급속히 확대될 가능성이 있다고 판단될 때에 임시적인 차원에서 긴급하게 취하는 조치를 말한다. 응급조치는 시설물의 손상에 대해서 원인에 따른 세부적인 검토가 이루어지지 않고 행해지는 조치이기 때문에 그 조치기간을 짧게 하고 상세한 점검과 원인규명을 통해 적절한 보강조치 등을 취해야 한다. 예를 들면 장마철에 집수 관로의 파손시 집수 맨홀을 이용하여 고양정 펌프를 설치, 펌프의 압력에 의해 다음 맨홀이나 펌프장으로 압송하는 것 등은 일종의 응급조치에 해당된다.

5.1.3 보수·보강조치

폐기물 매립지 시설물의 점검결과, 발생한 손상이 시설물의 구조적 안정성과 기능성에 영향을 주게 될 때 그에 적절한 보수·보강 조치를 취하게 된다. 보수·보강 조치를 취해야 할 항목은

다음과 같다.

- (1) 저류구조물 변위에 대한 보수·보강조치
- (2) 차수기능 손상에 대한 보수·보강조치
- (3) 매립지 복토층 손상에 대한 보수·보강조치
- (4) 집배수 관로 손상에 대한 보수·보강조치
- (5) 매립지내 도로 파손에 대한 보수·보강조치
- (6) 비산방지시설의 보수조치

【해설】

- (1) 저류구조물의 변위에 대한 보수·보강조치

저류구조물의 변위 및 손상은 구조물의 종류, 폐기물의 성상, 매립공법과 지반의 특성 등 다양한 원인에 의해서 발생하게 되는데 설계시 미처 예견치 못했던 외압이나 침하 등에 의해서 변위가 일어날 경우는 매립작업을 중단해야 하고 타구역으로 이동하여 매립을 진행하며 적절한 조치를 취해야 한다. 이때는 설계시의 조건과 현재의 조건을 항상 비교하면서 유지관리를 하여야 하며 폐기물의 성상, 매립지내 수위 등을 중점적으로 관찰하여야 한다. 저류구조물의 변위에 의해 균열이 발생하였시에는 시멘트나 몰타르의 주입, 충진 등의 표면처리를 하여 보수조치를 취해주고, 발생된 손상이 안전성에 심각한 영향을 준다고 판단하였을 시에는 현장여건에 맞게 기초저반부까지 앵커 시공, 매립복토층의 사면을 낮추는 등 적절한 보강조치를 취해 주어야 한다. 이외에도 제방의 부분적 토사유실이나 비탈면 보호공에서 격자형 보호틀의 일부탈락, 뚝마루의 요철발생, 두더지, 들쥐에 의한 구멍 등에 대해 적절한 보수조치를 취해 주어야 한다.

- (2) 차수기능 손상에 대한 보수·보강조치

폐기물 매립지에서 차수기능의 손상은 폐기물하중으로 인한 기초지반의 부등침하, 쓰레기의 하중이나 침출수압, 지하수의 양압력 등에 의해 발생하는 것으로 차수기능의 손상을 발견했을 시는 적절한 보수·보강조치를 취해 주어야 한다. 대책 및 보수·보강 조치사항은 해설 표 5.1에 나타내었다.

해설 표 5.1 차수기능 손상에 대한 대책 및 보수·보강 조치

손상 종류	대책 및 보수·보강 조치
라이너의 인장균열	<ul style="list-style-type: none"> 균열이 발생한 곳에 라이너의 두께를 크게 하여 재시공한다. 충분한 다짐을 하여 지반강도를 증가시킨다 라이너가 설치되는 기초를 균일하게 한다.
라이너의 관통손상	<ul style="list-style-type: none"> 점승들의 통로구멍을 차단하고 관통된 라이너를 적절히 보수한다.
차수시트 파단 및 접합의 분리	<ul style="list-style-type: none"> 차수시트에 인장에 의한 파단이나 분리가 발생하지 않도록 지반을 충분히 다지고 돌기물 등을 제거한 뒤 차수시트 등을 교체하거나 보수한다.
연직차수막의 손상	<ul style="list-style-type: none"> 매립지반에 충분히 다짐을 실시한다. 옹벽 및 제방으로부터 매립지중앙부로 매립을 진행시킨다
표면차수막의 손상	<ul style="list-style-type: none"> 국부적인 과대압력을 주게 되는 돌출물, 이를을 제거하고 보호콘크리트를 시공한다 치환공, 지반다짐 등을 통해 지반을 개량한다. 지질급변 장소에 비틀림 흡수 대책공을 실시한다. 지하수 등의 암압력에 대해 지하수집배수시설을 적절한 곳에 확충 및 보완한다.

(3) 매립지 복토층에 대한 보수·보강조치

매립지 복토층이 손상되었을 시는 우수의 과다한 유입 및 쓰레기 등의 분자가 흘날리거나 화재 발생의 위험이 존재하게 된다. 복토층의 손상방지를 위해서는 매립지반, 매립층의 부등침하와 불충분한 다짐을 방지할 수 있는 합리적인 복토계획의 수립과 복토층의 손상에 대한 일상적인 점검이 요구된다. 복토층에 손상에 대한 보수·보강조치로는 표면건조수축이 적은 복토재료로 치환하여 복토층을 재시공하는 것과 매립지반과 중간복토층에 충분한 다짐을 실시하는 것 등이 있다.

(4) 집배수 관로에 대한 보수·보강조치

집배수 관로의 손상 발생시 보수조치로는, 빠른 유속에 의해 관로가 손상되었을 시는 관로의 경사를 낮춰주어야하는 반면에 느린 유속에 의해 퇴적물이 존재하게 될 때는 경사를 높여 제기능을 발휘하게 해주어야 한다. 매립지반의 부등침하에 의해 관로가 파손되었을 시는 충분한 다짐을 실시한 뒤 관로를 교체하거나 보수하고 관로 밑에 기초콘크리트 등을 타설하여 안정성을 확보하게 하며, 부식성 물질에 의한 손상을 입게 되었을 시는 내식성 관으로 교체하거나, 차수시트 따위로 부식 가능성에 대해 보호해 주어야 한다.

(5) 매립지내 도로파손에 대한 보수·보강조치

매립지내 도로의 손상이 가해졌을 시에는 이에 적절한 보수·보강조치가 취해져야 하는데 손상의 종류에 대한 보수방법에 대해서는 해설 표 5.2에 나타내었다.

해설 표 5.2 아스팔트, 콘크리트 포장도로의 파손종류 및 보수방법

손상의 종류	보수 방법
연단부의 손상	<ul style="list-style-type: none"> · 배수계통의 보수·청소 · 길어깨의 높은 곳 제거 · 실링(sealing) 실시 · 국부적 재시공
표층의 노화	<ul style="list-style-type: none"> · 용급보수(랫칭) · 국부적 재시공 · 덧씌우기 · 재시공 · 표면처리

손상의 종류	보수 방법
거북이등 모양의 균열	<ul style="list-style-type: none"> · 배수계통의 보수·청소 · 표면처리 · 국부적 재시공 · 덧씌우기 · 재시공
블리이딩	<ul style="list-style-type: none"> · 석분 또는 모래살포 · 표면처리 · 국부적 재시공 · 덧씌우기
종·횡단방향의 요철	<ul style="list-style-type: none"> · 용기부분을 깎아내고 표면처리 후 덧씌우기 · 재시공
박리	<ul style="list-style-type: none"> · 용급보수 · 표면처리
평탄성 불량	<ul style="list-style-type: none"> · 용급보수 · 국부적 재시공
표면 파손	<ul style="list-style-type: none"> · 표면처리 · 덧씌우기 · 재시공
구조물접속부 단차	<ul style="list-style-type: none"> · 균열의 실링(sealing) · 덧씌우기 · 국부적 재시공
종·횡단방향의 선상균열	<ul style="list-style-type: none"> · 균열의 밀봉(용급보수) · 덧씌우기 · 재시공

(6) 비산방지시설의 보수 조치

매립지내에서 비산방지시설의 손상은 방지울타리망의 파손 및 철재부식에 의한 것으로, 부식된 곳은 녹을 제거한 뒤 도장재료 등을 발라 부식을 방지하고, 기초의 근입깊이 부족으로 시설이 무너졌으면 충분한 깊이로 다시 매설해야 하며, 파손부위를 적절히 막을 수 있도록 철망을 두르거나 교체 등을 통해 보수한다.

5.2 조치 방법 선정시 검토사항

폐기물 매립지 시설물에 관한 손상조치를 취하고자 할 때는 다음과 같은 사항들을 종합적으로 검토한 다음 적절한 조치방법을 선택해야 한다.

(1) 구조적 적합성

(2) 시공성 : 현장조건, 시공관리, 공기

(3) 경제성

(4) 대민 영향도

(5) 미관

(6) 행정상 장래계획

(7) 기타

【해설】

(1) 구조적 적합성

조치방법을 선정할 때 여러 가지의 조치공법이 존재하며, 손상된 부재의 구조형식이나 재료에 따라서는 선택한 조치가 가능한 것일 수도 있고 불가능할 수도 있다. 따라서 조치방법을 선정할 때 이러한 점들을 충분히 검토하고, 여기에 기술적·경험적 내용도 포함해 평가하는 것이 좋다.

(2) 시공성

- 현장조건 : 현장의 시공 가능성 여부 및 장비의 운영, 인원수 등에 대한 검토를 실시하여 조치방법 선정시 고려한다.

- 시공성 : 기술적, 품질적으로 시공관리가 충분한지 검토해야 한다.

- 공기 : 시공기간과 시공시기를 검토해야 한다.

(3) 경제성

조치방법을 선정시 제반여건을 고려하여 경제성 있는 공사비를 검토한다.

(4) 대민 영향도

폐기물매립지 주변의 주민의 생활 환경적 조건, 민원 발생여부 등에 대한 검토를 실시한다.

(5) 미관

조치방법 선정시 미관에 대한 검토를 실시한다.

(6) 행정상 장래계획

폐기물 매립지의 사후부지이용 등 앞으로 계획된 행정계획을 검토해야 한다.

(7) 기타

위에서 언급된 이외의 사항에 대해서도 필요성에 따라 검토되어야 한다.

5.3 조치 기록

수행된 모든 조치는 이전에 발생한 손상, 원인, 조치사항 등에 대해 기록되어야 한다.

【해설】

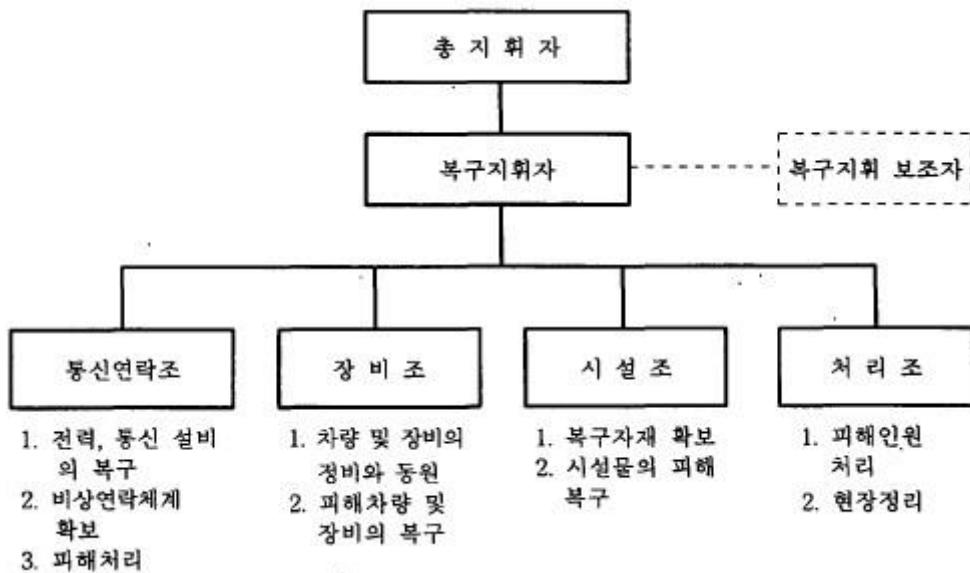
시설물의 손상에 이에 대해 발생한 손상, 원인, 정도, 조치를 취한 사항 등을 반드시 기록·보존되어 향후 점검과 유지관리에 반영되어야 한다.

부 록

부록-1. 기타 사후 관리 1. 재해응급처리 폭풍우, 산사태 등의 재해에 대처하기 위하여 평상시에 복구체제를 확립하여 재해가 예상되거나 발생할 때에는 즉시 활용에 임할 수 있도록 하여야 한다.

1.1 재해대책체제 재해가 발생하면 구조물에 급격한 파괴가 일어나고 순간적으로 그 기능을 상실할 수 있으므로 기능상황이나 재해상황에 따라 경계체제와 복구체제 등의 구분을 두어 출동지휘, 연락계통, 자재확보 및 장비배치, 응급공법, 피해인원처리 및 현장정리 등에 관한 요령을 준비해 두어야 하며, 또 이에 관한 훈련을 실시하여야 한다.

복구체제의 예는 부록 그림 1.1 과 같다.



부록 그림 1.1 복구체제의 예

1.2 재해사고보고 재해가 발생하였을 때 사고현장 담당자 또는 사고당사자 등의 관련자는 그 내용을 즉시 상급기관에 전화보고를 하여야 하며 관계부서에 통보하여야 한다. 이를 위한 보고방법의 예는 부록 표 1.1과 같다.

부록 표 1.1 보고방법의 예

구 분	보고시기	보고자	보 고 내 용
최초보고	발생즉시	사고현장 담당자, 사고당사자 또는 기타	1. 일시 2. 장소 3. 원인 (추정가능) 4. 현장상황 5. 기증기 등 장비의 필요 여부 6. 인접시설의 지장여부 7. 사상자 유무
중간보고	현장도착 즉시	임시복구 지휘자 (현장 소속장)	1. 사고현장 상황 2. 피해개황 3. 복구장비 및 요원출동현황 4. 복구작업계획 5. 사고원인 6. 복구예정시각
진행보고 (필요에 따라 2차, 3차 순으로 보고)	현장도착 즉시 및 수시	사고복구 지휘자	1. 복구작업의 진척현황 2. 밝혀진 사고조사 내용 3. 복구예정시각의 변동유무 4. 기타 필요한 사항
최종보고	복구작업 완료후	사고복구 지휘자	1. 복구완료시간 2. 복구후의 안전확인사항 및 조치 3. 세부피해내용 4. 정상회복의 시기 5. 재발방지 방안

1.3 응급복구공법 가. 기본공법

(1) 흙가마니공

흙 또는 자갈 등을 가마니나 샌드백(sand bag) 등에 채취 가흙막이로서 사용하는 것으로 재료입수가 용이하고 작업이 간편하다. 작은말뚝 등을 이용하여 흙 가마니를 고정시킨다.

(2) 돌망태공

유수로 인한 세굴방지 혹은 비탈면의 안정배수공법 등으로 이용한다.

(3) 편책공

편책공은 가흙막이 또는 가호안 등에 이용한다. 목재 편책공은 성토 비탈끝의 보호나 비탈면의 가흙막이 등에 이용된다. 유수나 체수(滯水)가 있는 곳에서는 편책뒤에 가마니를 깔아서 도사의 유출을 방지한다.

(4) 침상(沈床)

호안, 교대 또는 교각 등에 유수로 인한 재해방지를 위하여 이용한다.

(5) 침목새틀

각재, 침목 등을 쌓아 올려 깍쇠로 조인 것을 말하며 가반침대로서도 사용된다. 수중이나 침수될 우려가 있는 곳에는 부적합하다.

(6) 동바리공

재료는 목재 또는 강재이며 교대 혹은 교각 등의 가설물로서 사용된다.

나. 응급복구작업

(1) 성토의 봉괴 또는 변형의 경우

부분봉괴는 흙 가마니공으로 비탈을 고정시켜 복구하고, 전면봉괴하여 높이가 높을 때에는 가교로 응급 복구하는 것이 빠르게 처리되는 경우가 있다. 사면의 표면봉괴는 편책공이나 말뚝을 이용하여 안정시키도록 한다.

(2) 절토면의 봉괴 또는 변형의 경우

소규모 봉괴는 편책공 또는 말뚝공으로 막을 수 있고, 급경사 사면에서는 돌망태공이 효과적이다. 효과적인 배수는 사면의 비탈을 정리만 하더라도 봉괴를 막을 수 있는 경우도 있다.

(3) 교대, 교각이 경사 또는 침하된 경우

상부구조에 이상이 없는 경우 하부구조의 가설공법으로서 침목새틀공법과 동바리공법을 많이 사용한다. 침목새틀공법은 재료의 입수가 쉽지 않으면 대규모 공사가 불가능하고, 조립식 강재 동바리가 있으면 편리하다. 높이조절은 동바리 위에 침목을 설치하여 조절한다.

(4) 가도, 가교를 설치하는 경우

신속복구가 불가능한 경우 가도나 가교를 설치한다. 가도를 축조할 경우 토지, 공법, 재료 등을

충분히 검토하여야 하며, 가교는 조립교량이 있으며 가장 좋고 없는 경우는 목교를 가설하거나 가까운 곳에 I빔 등이 있으면 이용한다.

다. 재해조사

재해시설물의 원형 및 재해상황을 조사하고, 다음 상황에 관한 자료를 정리한다. 또한 이런 자료를 근거로 복구방법, 복구설계를 하게 된다. 이때 인접시설물에 대한 방재에 대해서도 검토해야 한다.

- (1) 강우 : 최대일일강우량, 연속강우량, 강우량의 시간적 변화, 지리적 분포 등
- (2) 홍수 : 홍수위, 홍수지속시간, 유출토사량 등
- (3) 강설 : 적설량, 기온의 변화, 눈사태 등
- (4) 파랑, 고조 : 조위(潮位), 풍속, 파고 등과 이들의 시간적 관계
- (5) 지반활동 : 지반활동 지역 및 그 지질, 활동면의 위치 등

2. 청소 2.1 청소의 목적 (1) 청소의 목적은 쓰레기를 제거하여 대상 구조물의 이용시 위생적 환경을 유지하고 기능의 저하를 예방한다. 쓰레기는 사용 중에 발생하는 폐기물 외에 일부 자연계의 폐물도 포함된다. 이것을 형식적으로 분류하면 사용중에 발생되는 폐지, 꽁초, 나무조각, 유리조각, 빗 깡통 및 도로나 철도 등에서의 낙엽, 불용토사 등으로 분류된다.

(2) 먼지를 제거하여 지하구조물, 터널 등 밀폐된 공간을 갖는 구조물 내부의 공기를 청소하여 인체의 건강과 정밀기계시설 등의 정상적인 기능을 유지한다. 먼지는 쓰레기에 비하여 미세한 것으로 토사의 입자, 매연, 담배재, 잡철부스러기 등이 대표적인 것이다. 먼지는 퇴적먼지와 부유먼지로 구분되며 청소의 대상은 주로 퇴적먼지이다.

(3) 오염을 제거하여 시설물의 미관을 양호하게 유지함과 더불어 일부 구조물 부재는 그 물리적 내용년수를 연장하기도 한다.

(4) 시설물의 청소는 수시 또는 정기적으로 손쉽게 자주 시행할 수 있고, 시설물의 결함발견이 용이하므로 유지관리나 유지보수를 위한 조기대안이 가능하게 된다.

2.2 구조물의 청소 구조물은 그 구조상 구체보다는 힘을 전달하여 주는 부분, 즉 구조물의 격점부, 받침부, 신축이음부 등에 불순물이나 먼지가 퇴적되기 쉽다. 특히 강구조물의 구석진 곳, 격점부, 배수시설은 부식과 함께 단면감소에 의한 결함의 진행이 있으므로 정기적인 청소를 하여야 한다.

2.3 터널의 청소 터널은 도로터널, 철도터널, 기타 케이블 설치용 터널 등이 있으며 이중도로나 철도터널은 항상 교통이 소통하는 중요한 시설이므로 사회적 중요성을 비추어 교통기능을 유지하면서 청소를 하여야 하는 것이 많다. 그러므로 청소계획시에는 교통상황과 오염정도에 따라 교통규제를 고려하여야 한다.

터널의 기능상 가장 중요한 시설인 조명기구는 매연과 먼지로 오염되어 조도가 떨어지므로 오염의 정도, 설치장소, 상황에 따라 다르나 청소의 빈도는 1년 1회 이상으로 하는 것이 좋다.

터널 내부의 측벽부와 내장재는 오염되면 시선유도를 방해하고 조명효과를 감소시키므로 양호한 상태로 유지함이 필요하다. 매연이 부착되면 중성세제를 사용하여 청소하는 것이 효과적이다.

2.4 교량의 청소 교량청소는 만약 제거하지 않을 경우 콘크리트와 강재부재에 변형을 일으키고 배수를 방해하여 안전에 위험을 줄 수 있는 모래, 오물, 염분이 축적된 것을 제거하기 위해 필수적이다.

교량의 청소에는 다음과 같은 사항들이 고려되어야 한다.

(1) 겨울철에 축적된 모래, 염분, 오물은 접속부, 바닥판, 신축이음, 연석, 인도부 등에서 제거하여야 한다.

(2) 배수구 뚜껑에서는 오물, 모래, 염분, 퇴적물 등을 제거하여, 유출이 효과적으로 이루어지도록 하여야 한다.

(3) 모든 배수시설에는 물을 부어 넣어서 물이 자유롭게 흐르는지를 확인한다. 어떤 오물에 의한 방해도 제거되어야 한다.

(4) 핸드레일의 차량통과 방향면, 충돌방지벽, 가로등, 표지판 등 교량에 부착된 시설에 대해서는 교면에서 3m 이하 높이를 청소하여야 한다.

(5) 신축장치 하부교대받침대와 교각두부의 모래, 염분, 축적물, 다른 오염물들은 제거되어야 한다. 양이 많은 경우는 가능하다면 쇼ベル을 이용하고, 물을 충분히 부어서 염분이 집중적으로 남아 있는 부위를 씻어 내고, 잔여분에 대해서는 고압의 물을 살포하거나 고압의 공기를 이용하여 제거한다.

(6) 차량 통과부에 인접하여 통과차량으로부터 염분이 뿌려지는 교각, 교대, 옹벽에 대해서는 교면이상 3m 높이에 대해 세척하거나 물을 뿌려야 한다.

(7) 강재 트러스 부재에 대해서는 최소한 교면에서 3m 높이 이하에 대해서는 고압의 물을 이용하여 세척하여야 한다. 그리고 수직재와 사재가 하현재와 연결되는 모든 포켓부의 청소와 세척에 대해서는 특별한 주위가 필요하다. 하현재는 전체 길이에 모두를 청소하고 세척한다.

2.5 건물의 청소 건물의 청소는 건물의 유지관리에 있어 매우 중요한 부분의 하나이다. 건물의 내·외부를 청결하게 하는 것은 환경위생면이나 건물내의 거주자의 건강과 근무의욕을 증가시키는 요인이 될 수 있다. 또한 건물을 항상 깨끗한 상태로 유지함으로서 건물의 수명을 연장시킬 수 있다. 건물의 청소작업은 빈도수 및 구역별에 따라 분류할 수 있다.

가. 빈도수에 의한 분류

(1) 일일청소 : 일상적으로 행하는 것으로 1 일 1 회 이상 실시하며, 실내의 먼지, 쓰레기 및 오물을 제거한다.

(2) 정기청소 : 1 주일에 1 회 또는 1 개월에 1 회 등 정기적인 기간을 정하여 실시하며, 유리창의 청소, 바닥층에 부착된 오물의 제거 등으로쾌적환경의 유지, 기능을 향상시키기 위해 실시한다.

(3) 임시청소 : 태풍 및 폭우 등에 의하여 실·내외에 오물이 부착되어 건물의 청결상태가 매우 나쁘거나 미관에 영향을 미쳤을 때 즉시 청소를 실시하여 그 기능을 회복시키기 위해 실시한다.

나. 구역별에 의한 분류

(1) 공공구역 : 건물내에서 활동하고 또는 건물내에 출입하는 사람들이 공동으로 사용하는 현관, 훌, 계단, 변소, 세면장과 건물 주변, 옥상 등이 포함된다.

(2) 전용구역 : 특정인이 전용으로 사용하는 구역으로 사무실, 응접실, 회의실, 식당, 서가 등 성격이 다른 각종실을 말한다.

(3) 관리용구역 : 건물관리를 목적으로 이용되는 구역, 변전실, 공조기계실, 관리인 사무실, 수위감시실, 종업원공용실, 숙직실 등이 있다.

(4) 외벽 : 건물의 외면으로 석재, 타일, 금속판, 모르터 및 유리 등

2.6 배수시설의 청소 일반적으로 배수시설의 청소시기와 회수를 결정하는데 고려하여야 할 사항은 다음과 같다.

(1) 우기 및 해빙기 등의 계절적인 사항

(2) 지역여건, 주변시설에 영향을 미치는 사항

(3) 배수시설의 종류 및 형상에 관한 사항

특히, 우기와 태풍전후는 계획적인 청소를 하여야 하며, 저지대나 해안가에서 바람에 의해 토사가 이동되는 장소는 점검회수를 증가시켜 필요에 따라 수시로 청소를 하는 것이 좋다.

2.7 부대시설의 청소 부대시설이나 간단한 설비가 먼지나 흙 등으로 오염되어 있는 경우에는 부드러운 솔로 솔질하거나 헝겊을 물에 적셔 닦으면 되지만 배기ガ스나 매연 등으로 오염되어 있는 경우에는 중성세제를 사용하여 세척하고 세제를 사용한 후에는 반드시 깨끗한 물로 씻어내어 세제를 충분히 닦아내도록 한다. 전기설비, 환기설비, 기타 기계설비 등의 청소는 점검정비시 제조회사가 행하는 것이 좋다.

3. 도로의 제설 및 방설 3.1 제설 노면의 적설을 제거하고 동결을 방지하기 위한 방법은 기계제설, 약제살포, 융설(融雪) 및 유설(流雪)시설 등에 의한 방법이 있다. 제설작업은 능률적으로 하기 위하여 강설과 적설상황을 고려하여 빙설의 특성에 맞는 제설기계를 사용하는 것이 중요하다.

제설의 초기단계에서는 고속성을 발휘하는 플라우(plow)계 제설차로 가능한 한 작업횟수를 증가시켜 압설(壓雪)의 생성을 방지도록 한다. 다설지역에 있어서 중간단계에서는 확폭작업과 노면정리 작업을 중심으로 하고 후기단계에서는 확폭작업과 운반배설이 주체가 된다. 노면동结이 발생하는 지역과 구간에서는 약제살포작업을 중심으로 하여 제설작업시에는 작업에 필요한 기계기종과 대수를 준비하고 조직과 체제를 확립하여야 하며 또한 기상예보와 통신연락망의 준비가 필요하다.

가. 제설작업

(1) 신설제설작업

(가) 고속제설 : 지선형 제설차나 그레이더(grader) 등으로 비교적 빠른 속도로 제설하는 작업

(나) 저속제설 : 타이어 도자, 로타리 제설차 등으로 저속제설을 하는 작업

1) 압설노면 : 노면에 5~10 cm의 눈을 남겨두고 제설하거나 또는 제설하지 않고 자동차를 통과시킬 때가 있다. 이와 같은 경우에는 압설노면이 되고 자동차의 통행이 증가하거나 기온이 올라가면 바퀴자국이 생겨 평坦지 못하게 되므로 노면이 정리한다.

2) 미끄럼 방지 : 압설노면이 동결한 경우 염화칼슘을 혼합 모래(모래 1 m³에 염화칼륨

30~60 kg)를 1 m³당 200~400g 정도 살포하면 미끄럼방지에 효과가 있다.

3) 융설 : 단기간의 강설일 때는 염화물을 살포한다.

(2) 확폭작업

확폭작업은 대형트럭, 그레이더, 타이어 도자 등에 장치된 사이드 윙(side wing)으로 제거하는 작업, 불도자, 타이어 도자 등으로 밀어내는 작업, 로타리 제설차로 눈을 멀리 운반하여 확폭하는 작업등이 있으며 지형이나 적설형태 및 주위환경을 고려하여 가장 효과적인 방법을 선정한다.

(3) 운반제설작업

눈을 운반제설 할 때는 로타리 제설과 또는 트렉터 쇼ovel 등을 사용한다. 운반제설을 하여야 하는 장소는 주로 다음과 같다.

(가) 시가지 또는 민가가 연결되어 있는 좁은 도로

(나) 고가교

(다) 3) 터널 출입구 부근, 철도와의 평면교차 전후

(라) 양쪽이 절토비탈인 노면, 노면측부가 좁은 구간

나. 동결방지 살포작업

노면이 동결하면 타이어(tire)와 노면의 활동마찰력이 저하하여 사고의 위험성을 가지게 된다. 이 대책으로는 자동차에 활동방지 타이어를 사용하는 방법과 도로의 노면을 개량하는 방법이 있다. 노면을 개량하는 방법에는 다음과 같은 것이 있다.

1) 노면을 노출 건조시킨다.

2) 노면온도를 0°C 이상으로 보존하여 동결하지 않도록 한다.

3) 노면의 수분이 0°C 이하에서도 동결하지 않도록 한다.

1) 및 2)의 방법으로는 빙판처리와 노면조정작업 및 전기열융해, 온수파이프가 있다. 3)은 노면에 약제를 살포하는 방법으로 살포의 시간을 잘 포착하고 적절한 살포(량, 횟수)를 하면 효과가 확실하기 때문에 현재 널리 사용되어지고 있다.

(1) 작업의 목적과 약제의 필요조건

약제살포의 목적은 다음과 같다.

(가) 노상의 수분동결을 방지한다.

(나) 압설제거 및 노면조정작업을 쉽게 한다.

(다) 모래 등과 혼합 사용하여 활동마찰을 크게 한다.

(라) 노상의 결빙을 녹인다.

(마) 노면 조정작업후 노면에 살포하여 원활한 압설노면의 활동마찰력을 높인다.

이를 위하여 약제는 다음 조건을 갖추고 있는 것이 좋다.

(가) 가격이 저렴하여 입수가 쉬우며 보전이 용이하여야 한다.

(나) 살포후 확실한 효과를 나타내고 장기간 효과를 지속하여야 한다.

(다) 활동마찰을 증대시켜야 한다.

(라) 부작용이 적어야 한다.

(마) 살포작업이 용이하며 노면에 균등하게 살포 가능하여야 한다.

(2) 약제의 특징과 살포량

약제의 살포량은 해당지역의 특성과 종래 경험에 기준을 두어 사용하는 약제마다 표준량을 정하고, 기온, 강설량, 교통량 등을 고려하여 보정 살포한다. 노면의 결빙방지에는 통상 1㎡당 20~50g의 약제(고체형)를 살포한다.

부록 표 1.2 결빙 방지제의 특성 비교

약제 성질	염화칼슘	염화마그네슘	염화나트륨	요 소
용 해 성	○	○	△	○
신 속 성	○	○	△	△
지 속 성	○	○	△	○
경 제 성	△	△	○	×
공급의 난이*	△	△	○	○
저장의 난이**	△	△	△	○
취급의 난이	△	△	○	○
혼합이 쉬운정도	○	○	○	○
부수적인 영향	○	○	△	△

(주) ○ : 좋음, △ : 보통, × : 나쁨, * : 지역성이 있음, ** : 용해 및 고결

실시방법은 결빙이 예상될 때는 도로 순찰차 등으로 현지의 노면상황 및 기상의 정보를 수집하고 지역의 특성을 고려하여 실시시간을 결정한다. 강설이 시작되어 노면동결이 발생한다고 생각되는 시점의 1~2 시간 전에 살포하는 것이 가장 효과가 좋다. 살포작업은 통상 전용기계 또는 인력으로 한다.

3.2 방설 방설은 유지관리의 각 단계에 있어서 축적된 자료와 경험을 기준으로 책정하지만 장해상황에 대해서 수차 수정보완하여 최적의 방설효과를 기대할 수 있어야 한다.

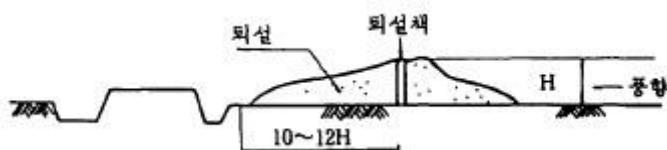
방설책에는 퇴설책, 취불책 및 비월책 등이 있으나 일반적으로 퇴설책이나 취불책이 사용된다. 방설책을 설치할 때는 지형, 풍속, 풍향, 설질(雪質), 강설량, 기온 등에 따라 달라지므로 시험을 타리를 하여 결정할 필요가 있다.

도로에 생기는 퇴설은 대체적으로 매년 같은 장소에서 발생하므로 동절기에 앞서서 정기적

점검을 하여야 한다. 눈사태의 방지를 위하여 점검시 나지(裸地) 또는 초지, 온도변화가 심한 곳, 직사광선을 받는 곳, 경사가 급한 곳은 주의 깊게 관찰하여야 하며, 이전의 기록을 참고함이 필요하다. 시설에 손상이나 부적당한 것이 발견되면 보수 또는 보강을 행하여야 한다.

가. 퇴설책

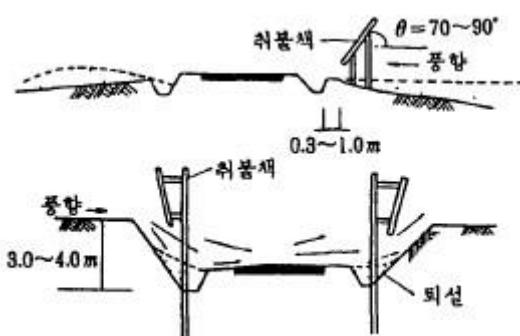
퇴설책은 도로의 풍향측에 설치하여 인공적으로 퇴설되도록 하여 퇴적하는 눈을 그 앞에 멈추게 하는 것이다.



부록 그림 1.2 퇴설책

나. 취불책

취불책은 도로의 풍향측에 설치된 울타리 경사면과 그 밑에 있는 통풍부를 이용하여 도로상의 풍속을 증대시켜서 눈의 퇴설을 방지하는 것이다.



부록 그림 1.3 취불책

다. 비월책

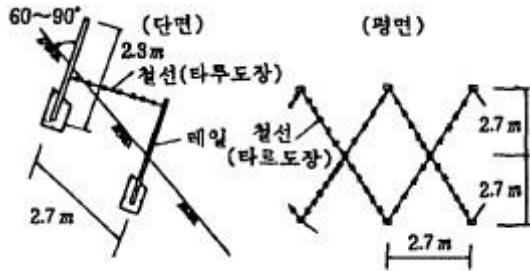
비월책은 도로의 풍향측에 도로쪽으로 경사된 책을 설치하면 공기의 흐름을 윗쪽으로 옮겨서 눈이 바람에 따라 도로 위를 날아서 넘도록 하는 방법이다.



부록 그림 1.4 비월책

라. 눈사태 방지말뚝

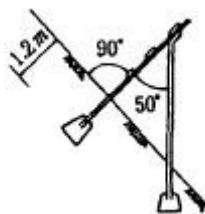
말뚝은 사면에 대하여 $60^\circ\sim90^\circ$ 가 좋다. 말뚝배열은 일변 25m 정도의 삼각형을 형성하도록 하고 대략 5열을 하나의 군으로 하여 사거리 10m마다 수개군을 설치한다.



부록 그림 1.5 눈사태 방지말뚝

마. 눈사태 방지책

강설량이 많고 또 지형상 눈사태 말뚝으로서는 방지할 수 없는 경우에 설치한다. 근입깊이는 약 1.2m, 기둥의 간격은 2~3m, 사면에 수직으로 세운 기둥에 50°정도로 받침목을 설치한다. 이 방지책은 지형, 경사 및 토질 등을 충분히 고려하여 효과적으로 설치한다.



부록 그림 1.6 눈사태 방지책

바. 눈사태 방지계단

사면이 비교적 완만하고 지반이 안정되어 있으면, 적설이 너무 높지 않은 경우에 효과적이다. 계단의 수평간격은 10m 정도, 계단의 폭은 1~3m 정도이다.

4. 보수작업시 환경오염대책 공사담당자는 오물질 확산을 방지하기 위하여 작업현장내에 보관후 환경보전법과 규정에 따라 이들 오물질을 폐기하여야 한다. 과잉도포, 폐인트의 훌러내림, 사용된 페인트통, 형균조각, 솔벤트와 청소방법 그리고 청소작업중에 발생한 기타 관련된 부수리기는 오물질로 간주할 수 있다. 공사 업자는 청소나 도장작업 중 언제 어디서나 다음의 보호장치를 갖추어야 한다.

(1) 비계, 로우프 등을 엮어서 구조적 지지를 함과 동시에 천조각, 가림막 또는 이와 유사한 종류의 것들이 떨어지지 않도록 기본적인 보호장치를 설치하여 작업지역내의 오염물질들이 확산되지 않도록 한다.

(2) 청소나 도장작업 중에는 언제 어디서나 하천, 개울 등에 오물이 침입하는 것을 방지하기 위하여 필요시 수면 위에 흡수성 재료의 매트(mat)를 깔거나 부유물을 걸러내기 위하여 부유방지책 등의 안전장치를 사용하여야 한다.

(3) 기상이 나빠서 상술한 안전장치의 효과가 감소할 우려가 있을 때에는 청소나 도장작업을 연기하여야 한다.

(4) 청소나 도장재료는 파손보호를 위해 저장소에 잘 저장하여야 한다.

이러한 대책은 부유방지책이나 흡수성 매트 등과 같은 안전장치를 설치하기보다는 오염물질의 확산방지에 더욱 노력하여야 한다. 또한 기본적인 안전장치의 파괴로부터 야기될지도 모를 수질오염을 감시하기 위한 대책방안체제도 고려되어야 한다.

교량이나 제방 등과 같이 하천에 가까이 있는 시설로부터는 페인트 조각이나 모래 등의 오물이 발생하며, 청소작업 때에는 빈깡통, 헝겊조각 등으로 오염되기 쉬우므로 적절한 운송방법으로 폐기하도록 한다. 분사작업 중에 발생되는 모래나 페인트 조각은 재생 이용될 수도 있으나 궁극적인 폐기는 승인된 장소에 매립하여야 한다.

5. 준설 5.1. 일반 유지관리 측면에서 준설은 사용하고 있는 수역이 매몰되어 소요수심을 유지하기 위하여 시행하는 것으로 유지준설이라고도 한다. 준설공사의 대상은 해저 또는 해상바닥이므로 지질조건의 파악이 육상에 비하여 곤란하며, 공사종 기상조건과 해상조건, 지리적조건, 수심, 토질 등의 조건에 영향을 받는다. 그러므로 이러한 조건에 대하여 사전에 충분한 조사를 하는 것이 좋다.

기상은 다년간의 가상통계에 의한 그 지역의 기상특성을 고려하여 공사기간의 기상이 작업능률과 준설선의 안전에 미치는 영향을 분석하여 보다 효과적인 시공이 되도록 사전에 기상자료를 수집하여 분석할 필요가 있다.

해상조건은 파랑관측자료에 따라 준설구역의 파랑특성을 고려하여야 하며 간만의 차이가 큰 곳에서는 간만의 차이에 따른 작업영향, 조류의 영향을 고려하여야 한다.

지리적 조건은 준설구역에 대한 준설위치, 운반경로와 해저상태, 인근해안의 환경오염문제 등을 조사하여야 한다. 작업장의 준설위치에 대한 수심은 준설선의 선정과 초기투입에 밀접한 관계가 있다. 준설토의 토질은 공사기간, 준설선의 선정 등에 직접적인 관계가 있으므로 준설공사의 시공계획에 중요한 요소가 된다.

5.2 혼탁방지 및 부유토 제거 준설작업시 토사가 굴착되면서 부유토가 발생하여 혼탁해지고 조류나 파랑으로 혼탁수가 유출되는 경우가 있으므로 혼탁방지제의 첨가나 혼탁방지막의 설치를 고려한다.

또한 준설작업시 발생한 부유토(실트)가 인접지역으로 확산되는 것을 방지하기 위하여 지오텍스타일 실트 커튼(geotextile silt curtain)의 사용과 준설작업 완료후 준설하상 침식방지를 위해 지오텍스타일을 사용하는 것도 바람직하다.

사토시에도 파랑이나 조류에 의하여 사토된 준설토가 투하되면서 부유토가 확산되어 인근이 혼탁하게 되므로 이에 대한 조치로 정조사나 파랑이 안정될 때에만 사토하도록 하는 방법을 강구하여야 한다.

6. 수방대책(水防對策) 최근 고도 정보화 사회와 상응하여 평상시 또는 재해 초기단계부터 하천정보의 효과적 활용이 강하게 요청되고 있다.

따라서 호우 등에 따른 재해의 경감 및 방지를 도모하기 위하여 종래의 하천을 개수하고 각 관계기관이 보유하고 있는 기상 및 하천정보를 수집하여 정보의 일원화를 도모하고 각 정보의 처리 및 해설을 통하여 상황감시와 각 방재관계기관에 정보를 전달하여 재해를 미연에 방지하는 체제를 구축하여야 한다.

6.1 수방체제의 방향 수방체제는 강우 및 수위상황을 중앙기상대 및 산하 측후소와 관측소 등 관계기관의 협조를 받아 신속, 정확하게 파악하여 방재관계기관 및 해당지역에 정보를 제공하고, 효과적인 차수활동과 피난체제를 도모하기 위하여 피해예상지역의 향후 추이를 추정하여 단시간 강우예측, 홍수예측, 피해 정보체제로 활용하도록 한다.

수방체제의 업무내용은 다음과 같고 부록 그림 1.7의 절차를 따른다.

가. 상황감시

(1) 광역감시(태풍정보, 광역강우 분포상황)

(2) 우량 및 수위감시

나. 정보전달

(1) 방재에 관한 정보

(2) 도로통행 규제정보

6.2 재해경감대책 가. 재해를 받기 쉬운 체질의 개선

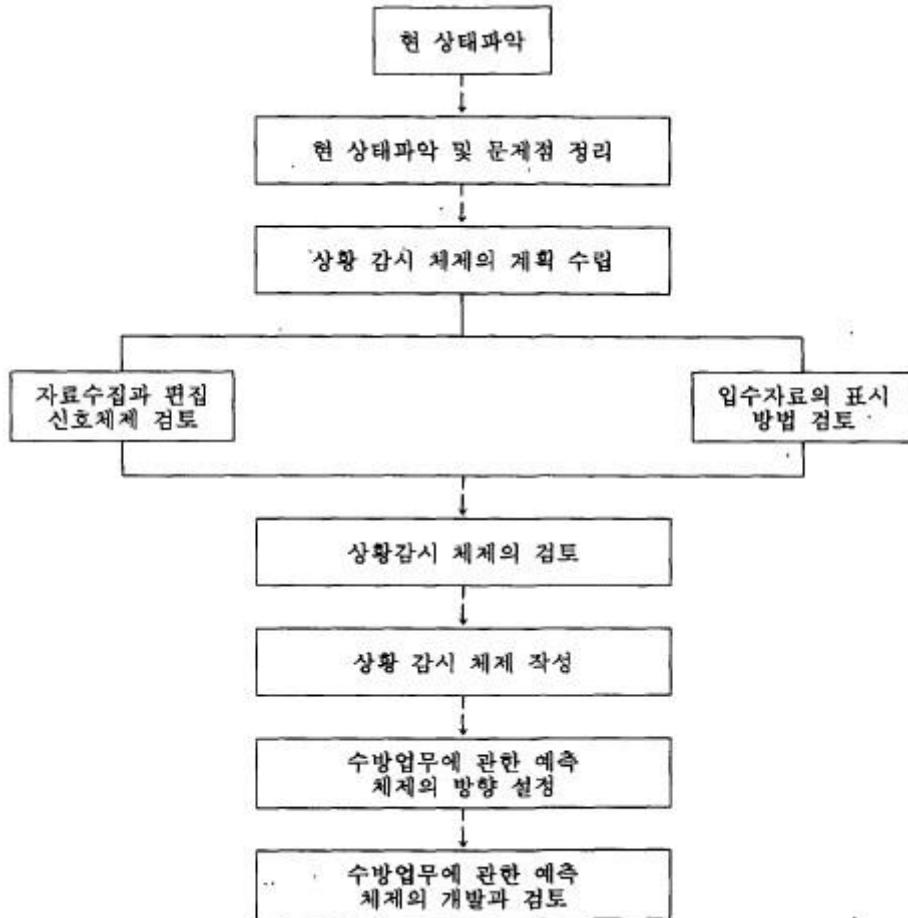
구체적으로는 토지이용규제, 개발 또는 재개발정책, 재해대책계획, 예보 및 경보 등이 있다. 예를 들면 토지이용규제는 재해를 받기 쉬운 구역을 설정하고 그 지역내에서 토지이용과 택지조성 규제를 하는 것이고 분할규제, 건축기준을 이용한다. 개발 및 재개발정책은 재해를 받기 쉬운 지역의 개발정책으로 입안할 때 공간 이용을 도모하는 것이다. 재해대책계획은 계획을 미리 책정하여 재해경감대책 실시와 재해의 정보수집전달, 응급대책활동과 재해복구를 의미한다. 예보 및 경보는 재해종류에 대한 정보를 단시간에 수집 전달하여 지방공공단체와 주민에게 환기시키며 응급대책, 피난유도 등 대응행동을 촉구하는 것이다.

나. 재해자체의 억제

홍수 등의 경우 각종 시설물을 설치하여 효과적으로 재해자체를 억제할 수 있다. 구체적으로는 댐, 제방, 방수로 등의 치수 시설물이고 상류지역에서는 식재와 유출방지 등의 토지처리대책이 있다.

다. 개인 또는 공공에 대한 피해 경감

재해를 경감하는 또 하나의 방법으로 개인 또는 공공이 재해 발생 이전의 단계, 생존을 위한 단계 및 재해복구단계를 통하여 재해경감에 큰 도움을 준다. 그 방법으로는 정보의 보급 및 교육 등으로 손실액의 분산과 개인손실을 공공기관 등이 부담하는 일을 포함한다. 즉 정보화 교육, 재해보험, 세의 감면, 긴급대응대책, 재해복구 등을 의미하는 것이다.



부록 그림 1.7 수방체제의 절차

부록-2. 시설물의 안전 및 유지관리 관련법규 및 기준 1. 시설물 유지관리 관계법규 및 관리부서 건설안전 및 유지관리 관련 법규는 산업안전보건법, 건설기술관리법, 시설물의 안전관리에 관한 특별법 등 그 종류가 7 개 부서 30 여종에 달하며, 이들 중 근로자와 안전보건에 관한 사항은 산업안전보건법으로 노동부에서 관리하고, 설계·시공품질에 관한 관리는 건축법, 도로법, 건설산업기본법 등에서, 시설물의 안전 및 유지관리에 관한 관리는 건설기술관리법, 시설물의 안전관리에 관한 특별법 등으로 건설교통부에서 관리한다. 그리고 환경보전관리는 환경정책기본법, 폐기물처리법 등, 환경보전에 관한 관리는 환경부, 도로교통 및 재난관리는 내무부 등에서 각각 관리한다.

현행 안전 및 유지관리에 관련된 관계 법규의 관리부서는 부록 표 2.1 과 같다.

부록 표 2.1 시설물 유지관리 관계법규, 기준 및 관리부서

부 서 별	법 규 및 기 준
노 동 부	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 산업안전보건법 ◦ 근로기준법 ◦ 노동부 고시, 안전기준 및 검사기준(36종)
건설교통부	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 건설산업 기본법 ◦ 건설기술관리법 ◦ 건축법 ◦ 주택건설촉진법(공동주택관리령, 집합건물의 소유 및 관리에 관한 법률) ◦ 도로법(도로구조령) ◦ 도로정비 촉진법

부 서 별	법 규 및 기 준
건설교통부	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 하천법 ◦ 소하천법 ◦ 특정다목적 댐법 ◦ 시설물 안전관리에 관한 특별법 ◦ 도시계획법 ◦ 항만법 ◦ 자연재해 대책법 ◦ 공사 표준시방서 및 기준 등
재정경제원	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 예산회계법
내 무 부	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 도로교통법 ◦ 재난관리법
통상산업부	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 전기공사업법 ◦ 전기용품안전관리법
환경부	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 환경정책기본법 ◦ 소음·진동규제법 ◦ 수도법 ◦ 하수도법 ◦ 수질환경보전법 ◦ 폐기물관리법
공 진 청	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 공업표준법 ◦ 계량법 ◦ 공산품품질관리법

2. 건설관계법상 안전 및 유지관리규정 건설관계 법규 중 관련 안전시공 규정조항 및 기준을
발췌하면 부록 표 2.2 와 같다.

부록 표 2.2 건설관계 법규상 안전시공 규정

관 계 법	안전시공 규정	근 거	비 고
산업안전 보건법	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 산업재해예방계획수립, 공포 ◦ 안전표식의 부착 ◦ 안전·보건관리 체제 ◦ 안전·보건관리 관리 규정 ◦ 유해·위험 예방 조치 ◦ 건설공사 표준안전관리비 ◦ 안전·보건교육 ◦ 자체검사 ◦ 자격 등에 의한 취업제한 ◦ 유해·위험 방지계획서제출 ◦ 감독상의 조치 	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 법 제8조 ◦ 법 제12조 ◦ 법 제13조~19조 ◦ 법 제20조~22조 ◦ 법 제23조, 제25조, 제26조, 제29조 ◦ 법 제30조, 노동부 고시 ◦ 법 제31조~32조 ◦ 법 제36조 ◦ 법 제47조 ◦ 법 제48조 ◦ 법 제51조 	
건설기술 관리법	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 건설기술인력관리 ◦ 설계 등의 심의 ◦ 건설공사 품질관리 ◦ 건설공사의 안전점검 ◦ 건설공사 책임감리 ◦ 설계 및 시공기준 ◦ 건설공사 감독자의 감독 업무 ◦ 설계 및 시공평가 	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 법 제6조, 시행령 제6~8조 ◦ 법 제23조, 시행령 제39조 ◦ 법 제24조, 시행령 제40조~46조 ◦ 법 제24조, 시행령 제46조의 2 ◦ 법 제27조~33조, 시행령 제50조~54조의 2 ◦ 법 제34조, 시행령 제55조 ◦ 법 제35조~41조, 시행령 제56조 ◦ 법 제36조, 시행령 제57조~59조 	* 7.1 건설기술관리법 참조
시설물의 안전관리에 관한 특별법	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 시설물의 안전 및 유지 관리계획의 수립, 시행 ◦ 안전점검 및 정밀안전 진단지침 	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 법 제4조, 시행령 제5조 ◦ 법 제6조~13조, 시행령 제6조~13조 	* 7.2 시설물의 안전관리에 관한 특별법 참조

관 계 법	안전시공 규정	근 거	비 고
건설산업 기본법	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 안전조치 ◦ 하자담보 책임 ◦ 보수조치 ◦ 설계도서의 보존의무 ◦ 시설물의 유지관리 ◦ 건설공사 하도급의 제한 ◦ 건설기술자 배치 ◦ 건설업자의 실태조사 등 ◦ 영업정지 등 ◦ 건설업 면허 취소 	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 법 제14조, 시행령 제14조 ◦ 법 제15조 시행령 제15조 ◦ 법 제16조, 시행령 제16조 ◦ 법 제17조, 시행령 제17조 ◦ 법 제18조~24조, 시행령 제18조~21조 ◦ 법 제29조 ◦ 법 제40조, 시행령 제36조 ◦ 법 제49조 ◦ 법 제82조 ◦ 법 제83조 	
건축법	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 건축물의 설계 및 시공감리 ◦ 대지의 안전 ◦ 토지 굴착부분에 대한 정리 ◦ 구조내력 ◦ 대규모 건축물의 주요 구조부 ◦ 내화벽 ◦ 건축물의 내화구조 ◦ 거실채광의 환기 ◦ 피뢰설비 ◦ 승강기 ◦ 비상급수 설비 ◦ 피난시설 및 소화설비 기준 ◦ 건자재의 품질 ◦ 도로 및 건축선 ◦ 지구 및 지구내 건축물의 제한 ◦ 건축물의 면적 및 높이 ◦ 재해구역 내에서의 건축제한 ◦ 가설물 ◦ 표식의 설치 ◦ 공사현장의 위해방지 	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 법 제6조 ◦ 법 제9조 ◦ 법 제9조의 2 ◦ 법 제10조 ◦ 법 제11조 ◦ 법 제16조 ◦ 법 제17조 ◦ 법 제19조 ◦ 법 제21조 ◦ 법 제22조 ◦ 법 제22조의 2 ◦ 법 제23조 ◦ 법 제25조 ◦ 법 제27조~31조 ◦ 법 제32조~38조 ◦ 법 제39조~41조 ◦ 법 제46조 ◦ 법 제47조 ◦ 법 제50조 ◦ 법 제51조 	

관 계 법	안전시공 규정	근 거	비 고
주택건설 촉 진 법	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 주택건설기준 ◦ 사용검사 ◦ 주택건설사업자의 시공 제한 등 ◦ 주택의 설계 및 시공 ◦ 주택의 감리 ◦ 주택자재의 품질 ◦ 주택조합의 설립 - 재건축조합의 노후·불량한 주택의 철거시 안전진단 실시 ◦ 보고, 검사 	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 법 제31조 ◦ 법 제33조의 2 ◦ 법 제33조의 3 ◦ 법 제33조의 5 ◦ 법 제33조의 6 ◦ 법 제42조 ◦ 법 제44조 ◦ 법 제49조 	
수 도 법	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 수도정비기본계획의 수립 ◦ 시설기준 등 ◦ 수도시설의 관리 ◦ 시설개선명령 	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 법 제4조 ◦ 법 제13조, 시행령 제18조 ◦ 법 제17조, 시행령 제22조 ◦ 법 제47조 	
하수도법	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 하수도정비 기본계획 ◦ 공공하수도 관리청 ◦ 공사의 시행과 유지 ◦ 수선유지명령 ◦ 설치기준 ◦ 하수종말처리시설의 유지 관리 ◦ 설치 및 관리에 관한 조례 ◦ 배수시설의 설치 ◦ 배수설비의 검사 	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 법 제5조의 2 ◦ 법 제7조 ◦ 법 제8조 ◦ 법 제14조 ◦ 법 제15조 ◦ 법 제17조 ◦ 법 제18조 ◦ 법 제24조 ◦ 법 제27조 	
도로법	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 도로와 규조 등의 기준 	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 법 제39조 	
하 천 법	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 하천의 관리 ◦ 댐 등 설치자의 재해방지 시설의 설치 등 ◦ 댐 등 관리자 	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 법 제11조~제15조 ◦ 법 제38조 ◦ 법 제39조 	
특정 다목적 댐법	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 다목적댐의 관리 	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 법 제29조~제34조, 시행령 제20조~제23조 	
도시계획법	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 도시계획 시설의 설치, 관리 	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 법 제16조, 시행령 제12조 	

3. 표준시방서 건설공사의 안전시공 및 품질향상과 관련한 표준시방서의 종류는 부록 표 2.3 과 같다.

부록 표 2.3 각종 표준시방서의 종류

구 분	표준시방서 종류	제정년도
토목분야	• 토목공사 일반표준시방서	1962
	• 콘크리트 표준시방서	1962
	• 도로교 표준시방서	1962
	• 도로공사 표준시방서	1967
	• 하천공사 표준시방서	1967
	• 항만공사 표준시방서	1967
	• 터널공사 표준시방서	1975
	• 상수도공사 표준시방서	1990
건축분야	• 건축공사 표준시방서	1969
	• 건축설비공사 표준시방서(전기)	1976
	• 건축설비공사 표준시방서(기계)	1980
	• PC 조립식 건축공사 표준시방서	1992

4. 건설공사 관련 각종 지침 및 시설기준 국내건설공사 관련 각종 설계·시공기준 및 지침의 종류는 부록 표 2.4 와 같다.

부록 표 2.4 건설공사 관련 각종 지침 및 시설기준

구 분	지 침 및 기 준	제정년도
공 통	• 시설물 유지관리지침 (97년도 개정)	1987
	• 소규모시설 설계지침	1990
	• 감리업무 수행지침서	1990
	• 건설공사 감리대가 기준	1992

구 분	지 침 및 기 준	제정년도
토목분야	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 철근콘크리트 설계편람 ◦ 상수도시설 기준(시설편) ◦ 하수도 시설기준 ◦ 하천 시설기준(하천편) ◦ 하천 시설기준(댐편) ◦ 구조물 기초 설계기준 ◦ 항만설계 기준 ◦ 도로 편람 ◦ 도로포장 설계기준 ◦ 도로교 시설기준(교통량 조사편) ◦ 도로교 시설기준(조경편) ◦ 도로교 하부구조 설계지침 1, 2 ◦ 상수도 시설기준(유지관리편) ◦ 건설공사 품질관리 및 검사기준 	1963 1963 1963 1963 1963 1971 1971 1973 1973 1973 1973 1975, 1976 1980 1985
건축분야	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 철근콘크리트 구조계산 규준 ◦ 강구조계산 규준 ◦ 목구조계산 규준 ◦ 철팔·철근콘크리트 구조계산 규준 ◦ 기초 구조계산 규준 ◦ 하중기준 ◦ 프리캐스트 콘크리트 조립식 건축구조 설계기준 	1972 1973 1973 1975 1976 1981 1992

5. 산업안전기준에 관한 규칙(노동부 제 75 호) 산업안전기준에 관한 규칙 중 건설공사 안전관리에 관한 사항은 부록 표 2.5 와 같다.

부록 표 2.5 산업안전기준에 관한 규칙(노동부령 제 75 호)중 건설공사 관련사항

기준	근거
◦ 양증기	제 100 조 ~ 제 172 조
◦ 차량계 건설기계	제 215 조 ~ 제 231 조
◦ 항타기 및 항발기	제 232 조 ~ 제 253 조
◦ 폭발·화재 및 위험물 누출에 의한 위험방지	제 323 조 ~ 제 358 조
◦ 거푸집 및 거푸집 지보공	제 359 조 ~ 제 367 조
◦ 비계	제 368 조 ~ 제 381 조
◦ 굴착작업	제 382 조 ~ 제 399 조
◦ 터널작업	제 400 조 ~ 제 424 조
◦ 잠함내 작업	제 436 조 ~ 제 438 조
◦ 추락위험 방지	제 439 조 ~ 제 451 조
◦ 봉괴 등에 의한 위험방지	제 452 조 ~ 제 456 조
◦ 해체작업	제 459 조 ~ 제 461 조

6. 건설공사 안전관련 고시 건설공사 안전관리 및 안전시공과 관련한 노동부 고시는 부록 표 2.6과 같다.

부록 표 2.6 건설고사 관련 노동부 고시

구분	기준	근거
기계·전기	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 크레인 제작기준 안전기준 및 검사기준 ◦ 리프트 제작기준 안전기준 및 검사기준 ◦ 승강기 제작기준 안전기준 및 검사기준 ◦ 압력용기 제작기준 안전기준 및 검사기준 ◦ 보일러 제작기준 안전기준 및 검사기준 ◦ 공기압축기 제작기준 안전기준 및 검사기준 	<p>고시 제93-29호 고시 제93-30호 고시 제93-31호 고시 제93-32호 고시 제93-34호 고시 제93-35호</p>

구 분	기 준	근 거
방호장치	◦ 연삭기 방호장치 성능검정 규격	고시 제90-60호
	◦ 목재 가공용 등근톱 방호장치 성능검정 규격	고시 제90-62호
	◦ 아세틸렌 용접장치 또는 가스접합 용접장치의 보호 장치 성능검정규격	고시 제90-64호
	◦ 철연용 방호구 성능검정규격	고시 제91-98호
	◦ 철연용 방호구 성능검정규격	고시 제91-99호
	◦ 건설기자재 방호장치 성능검정규격	고시 제91-101호
	◦ 위험기계·기구 방호장치 성능검정 절차에 관한 규정	고시 제93-35호
	◦ 양증기 방호장치 성능검정규격	고시 제93-37호
보호구	◦ 방음 보호구의 검정규격	고시 제87-33호
	◦ 안전모의 검정규격	고시 제89-31호
	◦ 안전대의 검정규격	고시 제89-32호
	◦ 방진 마스크의 검정규격	고시 제90-17호
	◦ 방독 마스크의 검정규격	고시 제91-82호
	◦ 안전화의 검정규격	고시 제92-11호
	◦ 안전장갑의 검정규격	고시 제92-12호
	◦ 보안경의 검정규격	고시 제92-13호
	◦ 안전면의 검정규격	고시 제92-14호
	◦ 보호구 검정규격	고시 제94-16호
건설공사	◦ 가설공사 표준안전작업 지침	고시 제92-49호
	◦ 추락 재해방지 표준안전작업 지침	고시 제92-50호
	◦ 굴착공사 표준안전작업 지침	고시 제94-1호
	◦ 철근 콘크리트 공사 표준안전작업 지침	고시 제94-2호
	◦ 철골공사 표준안전작업 지침	고시 제94-3호
	◦ 해체공사 표준안전작업 지침	고시 제94-4호

구 분	기 준	근 거
건설공사	◦ 터널공사 표준안전작업 지침	고시 제94-25호
	◦ 발파작업 표준안전작업 지침	고시 제94-26호
	◦ 크레인 작업 표준안전작업 지침	고시 제94-27호
	◦ 운반하역 표준안전작업 지침	고시 제94-28호
	◦ 유해·위험방지 계획서 제출·심사 및 확인 등에 관한 규정	고시 제94-30호
	◦ 건설공사 표준안전 관리비 계상기준 및 사용기준	고시 제95-4호
	◦ 건설업체의 재해율 조사 및 입찰참가 제한 등에 관한 규정	고시 제95-5호
	◦ 건설재해 예방전문기관의 지정 및 지도·감독에 관한 규정	고시 제94-45호
	◦ 가설공사 표준안전작업 지침	고시 제92-49호
	◦ 추락 재해방지 표준안전작업 지침	고시 제92-50호
	◦ 굴착공사 표준안전작업 지침	고시 제94-1호
	◦ 철근 콘크리트 공사 표준안전작업 지침	고시 제94-2호
	◦ 철골공사 표준안전작업 지침	고시 제94-3호
	◦ 해체공사 표준안전작업 지침	고시 제94-4호
	◦ 터널공사 표준안전작업 지침	고시 제94-25호
	◦ 발파작업 표준안전작업 지침	고시 제94-26호
	◦ 크레인 작업 표준안전작업 지침	고시 제94-27호
	◦ 운반하역 표준안전작업 지침	고시 제94-28호
	◦ 유해·위험방지 계획서 제출·심사 및 확인 등에 관한 규정	고시 제94-30호
	◦ 건설공사 표준안전 관리비 계상기준 및 사용기준	고시 제95-4호
	◦ 건설업체의 재해율 조사 및 입찰참가 제한 등에 관한 규정	고시 제95-5호
	◦ 건설재해 예장전문기관의 지정 및 지도·감독에 관한 규정	고시 제94-45호

7. 건설공사 안전 및 유지관리 관련 법규(발췌) 7.1 건설기술관리법(1987. 10. 24 법률 제 3934 호)

구 분	기 준	근 거
건설공사의 안전관리	<p>건설공사의 발주자 및 건설업자 등은 건설공사의 품질 관리 및 안전관리를 위하여 건설공사에 대한 품질시험 및 안전관리에 노력하여야 한다.</p> <ul style="list-style-type: none"> ◦ 건설공사 안전점검시 점검사항 <ul style="list-style-type: none"> - 공사 목적물의 안전성 - 공사 시공도면 및 공법 선택의 적합성 - 공사품질의 적정성 - 인접된 건축물·구조물의 안전성 ◦ 건설공사 안전점검 <ul style="list-style-type: none"> - 자체안전점검은 건설공사의 공사기간 동안 매일 실시 할 것 - 정기안전점검은 다음과 같이 구분하여 실시한다. <ul style="list-style-type: none"> · 계약단위별 총공사비가 100억원 이상인 건설공사의 경우 공사 착공일부터 1년마다 1회 이상 실시할 것. · 계약 총공사비가 100억원 미만인 건설공사의 경우에는 발주자가 안전관리상 필요하다고 인정하는 경우에 실시할 것. - 정기안전점검을 실시한 결과 건설공사의 물리적, 기능적 결함 등이 있을 경우에는 적절한 조치를 취하기 위한 정밀안전점검을 실시할 것. ◦ 건설안전점검 전문기관 <ul style="list-style-type: none"> - 건설안전관리를 사업목적으로 하여 설립된 법인으로서 건설교통부 장관이 건설안전점검업무를 수행할 능력이 있다고 인정한 기관 	<p>법 제26조의 2</p> <p>시행규칙 제21조의 2</p> <p>시행규칙 제21조</p>

7.2 시설물의 안전관리에 관한 특별법(1995년 1월 15일 법률 제 4922 호)

구 분	기 준	근 거
목 적	(1) 시설물의 안전점검과 적정한 유지관리를 통하여 재해를 예방하고 시설물의 효용을 증진시킴으로서 공중의 안전을 확보하고 나아가 국민의 복리증진에 기여함을 목적으로 한다.	법 제1조
용어의 정의	<p>(1) "시설물"이라 함은 건설공사를 통하여 만들어진 구조물 및 그 부대시설로서 1종 시설물 및 2종 시설물로 분류한다.</p> <p>(2) "1종 시설물"이라 함은 도로·철도·항만·댐·교량·터널·건축물 등 공중의 이용편의와 안전을 도모하기 위하여 특별히 관리할 필요가 있거나 구조상 유지관리에 있어 고도의 기술이 필요하다고 인정하여 대통령령이 정하는 시설물</p> <p>(3) "2종 시설물"이라 함은 1종 시설물외의 시설물로서 대통령령이 정하는 시설물</p> <p>(4) "관리주체"라 함은 관계 법령에 이하여 해당 시설물의 관리자로 규정된 자 또는 해당 시설물의 소유자를 말한다. 이 경우 해당 시설물의 소유자와의 관리계약 등에 의하여 시설물의 관리책임을 진자는 이를 관리주체로 보며, 관리주체는 공공관리 주체와 민간 관리 주체로 구분된다.</p> <p>(5) "공공관리주체"는 다음과 같다</p> <ul style="list-style-type: none"> ◦ 국가, 지방자치단체 ◦ 정부투자기관 관리기본법 제2조의 규정에 의한 정부투자기관 및 지방공기업법에 의한 지방공기업 ◦ 대통령령이 정하는 자(관리주체) <ul style="list-style-type: none"> - 한국공항공단법에 의한 한국공항공단 - 부산교통공단법에 의한 부산교통공단 - 한국컨테이너부두공단법에 의한 한국컨테이너부두공단 	<p>법 제2조</p> <p>법 제2조</p> <p>법 제2조</p> <p>법 제2조</p> <p>법 제2조</p> <p>시행령 제3조</p>

구 분	기 준	근 거
	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 건설교통부령이 정하는 공공법인 - 농어촌 근대화 촉진법에 의하여 설립된 농지개량조합 - 중소기업진흥법에 의하여 설립된 중소기업진흥공단 - 공업배치 및 공장설립에 관한 법률에 의하여 설립된 공업단지관리공단 <p>(6) "민간관리주체"라 함은 공공관리주체 이외의 관리주체</p> <p>(7) "안전점검"이라 함은 경험과 기술을 갖춘자가 육안 또는 점검기구 등에 의하여 검사를 실시함으로써 시설물에 내재되어 있는 위험요인을 조사하는 행위</p> <p>(8) "정밀안전진단"이라 함은 안전점검을 실시한 결과 시설물의 재해 예방 및 안전성 확보 등을 위하여 관리주체가 필요하다고 인정하거나 대통령령이 정하는 시설물에 대하여 물리적·기능적 결함을 발견하고 그에 대한 신속하고 적절한 조치를 하기 위하여 구조적 안전성 및 결함의 원인 등을 조사·측정·평가하여 보수·보강 등의 방법을 제시하는 것을 말한다.</p> <p>(9) "유지관리"라 함은 완공된 시설물의 기능을 보전하고 시설물이 용자의 편의와 안전을 높이기 위하여 시설물을 일상적으로 점검·정비하고 손상된 부분을 원상복구하며 경과시간에 따라 요구되는 시설물의 개량·보수·보강에 필요한 활동을 하는 것을 말한다.</p> <p>(10)"유지관리업"이라 함은 시설물의 관리주체로부터 유지관리업무의 도급을 받는 영업을 말한다</p> <p>(11)"하자담보책임기간"이라 함은 건설법·주택건설촉진법 등 관계 법령에 의한 하자담보책임기간 또는 하자보수기간등을 말한다.</p>	시행규칙 제3조 법 제2조 법 제2조 법 제2조 법 제2조 법 제2조 법 제2조 법 제2조

구 분	기 준		근 거
대상시설물의 범위	(1) 시설물은 건설공사를 통하여 만들어진 구조물 및 그 부대시설로서 1종 시설물 및 2종 시설물로 분류한다.		법 제2조 시행령 제2조
	1종 시설물 및 2종 시설물		
구 분	1종 시설물	2종 시설물	
1. 도로			
·교량	<ul style="list-style-type: none"> •특수교량(현수교, 사장교, 아치교, 최대경간장 50m 이상 교량) •연장 500m 이상의 교량 •연장 1000m 이상의 터널 	<ul style="list-style-type: none"> •연장 100m 이상의 교량으로서 1종 시설물에 해당하지 아니하는 교량 	
·터널	<ul style="list-style-type: none"> •3차선 이상의 터널 	<ul style="list-style-type: none"> •고속도로, 일반국도 및 특별시도, 광역시도의 터널로서 1종 시설물에 해당하지 아니하는 터널 	
2. 철도			
·고속철도	<ul style="list-style-type: none"> •교량, 터널 및 역사 	<ul style="list-style-type: none"> •1종 시설물외의 터널 및 역사 	
·일반철도			
- 교량	<ul style="list-style-type: none"> •트러스 교량 •연장 500m 이상의 교량 	<ul style="list-style-type: none"> •연장 100m 이상의 교량으로서 1종 시설물에 해당하지 아니하는 교량 	
- 터널	<ul style="list-style-type: none"> •연장 1000m 이상의 터널 	<ul style="list-style-type: none"> •특별시 또는 광역시안에 있는 터널로서 1종 시설물이외에 터널 	
3. 항만	<ul style="list-style-type: none"> •갑문시설 및 말뚝구조의 계류시설(5만톤급 이상) 	<ul style="list-style-type: none"> •1만噸급 이상의 계류시설로서 1종 시설물에 해당하지 아니하는 계류시설 	
4. 댐	<ul style="list-style-type: none"> •다목적댐 발전용댐 및 저수용량 2천만톤 이상의 용수전용 댐 	<ul style="list-style-type: none"> •1종 시설물외의 지방상수도 전용댐으로서 1종 시설물에 해당하지 아니하는 댐 	
5. 건축물	<ul style="list-style-type: none"> •21층 이상의 공동주택 •공동주택외의 건축물로서 21층이상 또는 연면적 50,000m² 이상의 건축물 	<ul style="list-style-type: none"> •16층 이상 20층 이하의 공동주택 •1종 시설물에 해당하지 아니하는 공동주택외의 건축물로서 16층 이상 또는 연면적 30,000m² 이상의 건축물 	

구 분	기 준			근 거
	구 분	1종 시설물	2종 시설물	
6. 하천	<ul style="list-style-type: none"> ·하구둑 ·특별시 또는 광역시 안에 있는 적합하천의 제방 및 그 부속시설 (수문은 제외) ·시안에 있는 하천의 수문으로서 1종 시설물에 해당하지 아니하는 수문 	<ul style="list-style-type: none"> ·특별시 또는 광역시 안에 있는 적합하천의 제방 및 그 부속시설 (수문은 제외) ·시안에 있는 하천의 수문으로서 1종 시설물에 해당하지 아니하는 수문 		
7. 상하수도, 폐기물 매립 시설	<ul style="list-style-type: none"> ·광역상수도 및 부대시설 ·공업용수도 및 부대시설 ·폐기물 매립시설(매립용적 40만 톤 이상) 	<ul style="list-style-type: none"> ·지방상수도 및 부대시설 ·하수처리장 ·매립용적 20만톤 이상의 폐기물 매립시설로서 1종 시설물에 해당하지 아니하는 폐기물 매립시설 		
8 기타	<ul style="list-style-type: none"> ·관계 행정기관의 장이 건설교통부령이 정하는 방에 따라 지정한 1종 시설물 	<ul style="list-style-type: none"> ·관계 행정기관의 장이 건설교통부령이 정하는 바에 따라 지정한 2종 시설물 		
<p>* 참고 : 위표의 건축물에는 건축설비, 소방설비, 승강기 및 전기 설비는 포함하지 아니한다.</p> <p>(2) 정밀안전진단 대상시설물 정밀안전진단 대상시설물의 범위는 완공후 10년이 경과된 1종 시설물(공동주택 제외)을 말한다.</p>				
국가 등의 의무	<p>(1) 국가 및 지방자치단체는 시설물이 안전하게 유지될 수 있도록 안전점검과 정밀안전진단 기술의 개발, 소요인력의 양성, 시설물의 유지관리체계의 개발 등 시설물의 안전 및 유지관리에 관한 정책을 수립·시행하여야 한다.</p> <p>(2) 건설교통부 장관 또는 주무부처의 장은 시설물의 안전 및 유지관리 업무의 효율적인 시행을 위하여 필요하다고 인정할 때는 관계 행정기관의 장 및 관리주체 기타 관계인에 대하여 필요한 사항을 권고하거나 자료의 제출 기타 필요한 사항에 대한 협조를 요청할 수 있다.</p>			시행령 제4조 법 제3조

구 분	기 준	근 거
시설물의 안전 및 유지관리 계획 수립·시행	<p>(1) 관리주체는 소관시설물에 대한 안전 및 유지관리 계획을 수립·시행하여야 한다.</p> <p>(2) 공공관리주체는 안전 및 유지관리계획을 주무부처의 장에게 보고하고, 민간관리주체는 관할 시장, 군수, 구청장에게 보고하여야 한다.</p> <ul style="list-style-type: none"> ◦ 관리주체는 소관시설물에 대하여 5년마다 시설물별로 안전 및 유지관리계획을 수립하고, 이에 따라 매년 시행계획을 수립·시행하여야 한다. 안전 및 유지관리계획에 포함하여야 할 내용은 다음과 같다. - 시설물별 안전 및 유지관리체계 - 시설물의 적절한 안전 및 유지관리를 위한 조직·인원 및 장비의 확보에 관한 사항 - 안전점검 및 정밀안전진단의 실시에 관한 사항 - 안전 및 유지관리에 필요한 비용 및 예산의 확보에 관한 사항 - 기타 건설교통부령이 정하는 사항 ◦ 긴급사항 발생시 조치체계에 관한 사항 ◦ 시설물의 설계·시공·감리 및 유지관리 등에 관련된 설계도서의 수집 및 보존에 관한 사항 ◦ 시설물별 안전 및 유지관리 실적(전년도 수행실적 포함)에 관한 사항 	<p>법 제4조</p> <p>법 제4조</p> <p>시행령 제5조</p> <p>시행규칙 제4조</p>
안전점검 및 정밀안전진단 실시	<p>(1) 관리주체는 시설물의 기능 및 안전을 유지하기 위하여 안전점검 및 정밀안전진단 지침에 따라 소관시설물에 대한 안전점검을 실시하여야 한다.</p> <p>(2) 관리주체는 안전점검을 실시한 결과 시설물의 재해예방 및 안전성 확보 등을 위하여 필요한 경우 정밀안전진단을 실시하여야 한다.</p>	<p>법 제6조</p> <p>법 제7조</p>

구 분	기 준				근 거
	안전점검 및 정밀안전진단 실시 시기, 실시자의 자격, 대가				시행령 제6조 ~ 제9조
종 류	실시 시기	실시자의 자격	대가기준		
일상점검	·분기별 1회 이상	<ul style="list-style-type: none"> ·기사1급 이상 ·기사2급 소지자로서 3년 이상 근무자 ·동등 학력 및 경력자 이상 	<ul style="list-style-type: none"> ·시설안전기술공단이 작성하여 건설교통부 장관 승인 		
	·2년마다 1회 이상	<ul style="list-style-type: none"> - 교량은 매년 1회 이상 - 건축물은 2년에 1회 이상 	<ul style="list-style-type: none"> ·기술사 ·기사1급으로 7년 이상 근무자 ·기사2급으로 10년 이상 근무자 ·동등 학력 및 경력자 이상 		
	··간접점검은 관리주체 또는 행정기관의 장이 필요하다고 판단할 때	<ul style="list-style-type: none"> ·간접점검은 관리주체 또는 행정기관의 장이 필요하다고 판단할 때 	<ul style="list-style-type: none"> ·기술사 ·기사1급으로 10년 이상 근무자 ·기사2급으로 13년 이상 근무자 ·동등 학력 및 경력자 이상 		
정밀안전진단	·5년마다 1회 이상 정기적으로 실시				
정밀안전진단 의 실시기관 및 대상시설물	<p>(1) 정밀안전진단은 안전진단 전문기관 또는 시설안전기술공단이 실시한다.</p> <p>(2) 1종 시설물중 다음 시설물에 대한 정밀안전진단은 시설안전기술공단이 실시한다.</p> <ul style="list-style-type: none"> ◦ 도로시설중 특수교량(현수교, 사장교, 아치교 및 최대 경간장이 50m 이상인 교량)과 연장 1,000m 이상인 터널 ◦ 철도시설중 트러스 교량과 연장 1,000m 이상의 터널 	<p>법 제8조 시행령 제10조</p>			

구 분	기 준	근 거
	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 갑문시설 ◦ 다목적댐, 발전용댐 및 저수 용량 2,000만톤 이상의 용수 전용댐 ◦ 하수duk과 특별시안에 있는 칙할하천의 수문 ◦ 광역상수도 및 그 부대시설과 공업용 수도(공급능력 100만톤 이상) 및 그 부대시설 <p>(3) 안전진단 전문기관 또는 시설안전기술공단은 타 안전진단 전문기관과 공동으로 정밀안전진단을 실시할 수 있다</p>	
안전진단 전문기관의 지정	<p>(1) 시설물의 안전점검 및 정밀안전진단 업무를 하고자 하는 안전진단 전문기관은 건설교통부 장관의 지정을 받아야 한다.</p> <ul style="list-style-type: none"> ◦ 안전진단 전문기관의 지정받고자 하는 자의 제출서류 <ul style="list-style-type: none"> - 지정신청서 - 법인등기부 등본(법인의 경우에 한한다) - 안전점검 및 정밀안전진단 업무의 수행에 필요한 기술인력 및 장비의 확보현황 - 지정받고자 하는 전문분야 - 안전진단전문기관 지정신청서 첨부서류 <ul style="list-style-type: none"> • 법인등기부 등법(법인의 경우에 한한다) • 법인의 직전 또는 개시회계년도의 대차대조표 및 관할 세무서장이 확인한 준비금(법정준비금 및 임의준비금을 말한다. 이하 같다)이 적립되어 있음을 증빙하는 서류, 개인의 경우에는 영업용 자산액명세서와 그 증빙서류 • 안전진단측정장비 현황을 기재한 서류 • 전문분야별 건설기술자 보유현황 및 당해 기술자의 국가기술자격증 사본 ◦ 안전진단전문기관 지정 구분(4개 전문분야) <ul style="list-style-type: none"> - 교량 및 터널분야 - 항만분야 - 건축분야 - 수리시설분야(하수도 및 폐기물 매립시설분야를 포함한다) ◦ 안전진단전문기관의 지정 요건 <ul style="list-style-type: none"> - 자본금 : 1억 원 이상(영리법인이 아닌 경우 자산 또는 자산평가액) 	<p>법 제9조 시행령 제11조</p> <p>시행규칙 제6조</p>

구 분	기 준	근 거
	<ul style="list-style-type: none"> - 기술인력 <ul style="list-style-type: none"> 가. 다음 기술인력 2인 이상(토목·건축분야 기술인력 4인 이상 포함) <ul style="list-style-type: none"> · 토목·건축·건설안전분야 기술사 · 토목·건축분야 박사학위 소지자로 당해분야 3년 이상 근무한 자 · 토목·건축·건설안전분야 기사1급 자격을 가진 자로 당해분야 10년 이상 근무한 자 나. 토목·건축·건설안전분야 기사1급 자격을 가진 자 3인 이상(토목·건축분야 기사1급 자격을 가진자 2인 이상 포함) 다. 다음 기술인력 3인 이상 <ul style="list-style-type: none"> · 토목·건축분야의 석사 이상 학위를 가진다 · 토목·건축분야 학사 학위를 소지하고 당해분야 1년 이상 근무한 자 · 토목·건축분야의 전문대학을 졸업한 자로서 당해분야 3년 이상 근무한 자 · 토목·건축분야의 고등학교를 졸업한 자로서 당해분야 6년 이상 근무한 자 - 장비 : 정밀안전진단 장비 <ul style="list-style-type: none"> 가. 콘크리트 구조물 <ul style="list-style-type: none"> a) 현장검사 <ul style="list-style-type: none"> ① 육안검사 : 들판기, 망원경, 카메라, 비디오카메라 및 균열폭 측정현미경 ② 콘크리트 표면 강도검사(rebound & penetration method) : 반발경도측정기 ③ (초)음파측정(stress wave methods), 음파측정장치(sonic pulse velocity methods) : 망치, 체인 초음파측정장치(ultrasonic pulse velocity methods) 	시행규칙 제5조

구 분	기 준	근 거
	<p>④ 자기감응검사(magnetic methods) : 콘크리트 피복측정장치</p> <p>⑤ 전기에 의한 부식검사(electrical methods) : 콘크리트 전기저항 측정장치(resistivity), 전위차 측정장치(half cell potential)</p> <p>⑥ 화학적 분석(chemical methods), 염분측정장치(Cl content)</p> <p>⑦ 내하력 조사 정적 또는 동적 응력측정장치</p> <p>b) 시험실 검사</p> <p>① 페트로그래픽 분석(Petrographic analysis) 코아시험기(core tester) : 강도시험, 수분함량, 공기량, 염분함량</p> <p>② 중성화 측정방법 - 페놀프탈레인 시험</p> <p>나. 강재구조물</p> <p>염색침윤시험(dye penetrant examination)</p> <p>초음파시험(ultrasonic method(PUNDIT))</p>	
안전점검 및 정밀안전진단 실시결과의 통보	<p>(1) 안전점검 또는 정밀안전진단을 실시한 자는 자체없이 그 결과를 관리주체에게 통보하여야 한다.</p> <p>(2) 관리주체는 안전점검 또는 정밀안전진단 결과 시설물에 중대한 결함이 있다고 통보를 받은 때에는 이를 즉시 행정기관의 장에게 통보하여야 한다.(관리주체가 직접 안전점검을 실시한 때도 같다).</p> <ul style="list-style-type: none"> ◦ 안전점검 및 정밀안전진단시 중대한 결함 사항 <ul style="list-style-type: none"> - 시설물 기초의 세균 - 교량 교각의 부등침하 - 교량 교좌장치의 파손 - 터널지반의 부등침하 - 항만 계류시설중 강관 또는 철근 콘크리트 파일의 파손 부식 - 댐 본체의 균열 및 시공이음의 시공불량 등에 의한 누수 - 건축물의 기동·보 또는 내력벽의 내력상실 	법 제11조 시행령 제12조

구 분	기 준	근 거
	<ul style="list-style-type: none"> - 기타 시설물의 구조 안전에 영향을 주는 결합 가교량 <ul style="list-style-type: none"> · 주요 구조부위 철근량 부족 · 주형의 균열 심화 · 철근콘크리트 부재의 시합 재료분리 · 철강재 용접부의 불량 용접 · 교대, 교각의 균열 발생 나. 터널 <ul style="list-style-type: none"> · 벽체균열 심화 및 탈락 · 복공부위 심한 누수 및 변형 다. 하천 <ul style="list-style-type: none"> · 수문의 작동 불량 라. 댐 <ul style="list-style-type: none"> · 월류부의 토사류에 의한 마모 · 기초지반의 누수, 파이핑 및 세글 마. 상수도 <ul style="list-style-type: none"> · 관로이음부의 불량용접 바. 건축물 <ul style="list-style-type: none"> · 조립식 구조체의 연결부실로 인한 내력상실 · 주요 구조부재의 과다한 변형 및 균열 심화 · 지반침하 및 이로 인한 활동적인 균열 · 누수, 부식 등에 의한 구조물의 기능 상실 사. 항만 <ul style="list-style-type: none"> · 갑문시설중 문비작동시설 부식 노후화 · 갑문 충·배수 아키텍트 시설의 부식 노후화 · 잔교, 시설파손 및 결함 · 케이슨 구조물의 파손 · 안벽의 범선변위 및 침하 	시행규칙 제9조
안전점검 및 정밀안전진단 지침	<p>(1) 건설교통부 장관은 안전점검 및 정밀안전진단의 실시방법·절차 등에 관한 안전점검 및 정밀안전진단 지침을 작성하여 이를 관보에 고시하여야 한다.</p> <ul style="list-style-type: none"> ◦ 안전점검 및 정밀안전진단 지침에 포함하여야 할 사항 - 안전점검 및 정밀안전진단에 필요한 설계도면, 시방서, 사용재료 내역 등 시공 관련 자료의 수집 및 검토에 관한 사항 - 안전점검 및 정밀안전진단 실시자의 구성에 관한 사항 - 안전점검 및 정밀안전진단 계획의 수립시행에 관한 사항 	법 제13조 시행령 제13조

구 분	기 준	근 거
	<ul style="list-style-type: none"> - 안전점검 및 정밀안전진단 장비에 관한 사항 - 안전점검 및 정밀안전진단 항목별 점검방법에 관한 사항 - 사용재료의 시험에 관한 사 - 안전점검 및 정밀안전진단 결과의 평가에 관한 사항 - 안전점검 및 정밀안전진단 결과보고서의 작성에 관한 사항 - 기타 사항 <ul style="list-style-type: none"> • 육안검사에 의한 결합의 종류, 보고방법 및 평가방법에 관한 사항 • 결합부위의 확정방법에 관한 사항 • 시설물의 결합원인 분석에 관한 사항 • 시설물의 상태에 관한 평가기준 및 평가방법에 관한 사항 • 시설물 하중 내하력의 평가방법에 관한 사항 	시행규칙 제10조
시설물의 사용제한	<p>(1) 관리주체는 시설물의 구조상 공중의 안전한 이용에 미치는 영향이 증대하여 긴급한 조치가 필요하다고 인정되는 때에는 시설물의 사용제한, 사용금지, 철거 등의 조치를 하여야 한다.</p> <p>(2) 안전점검 또는 정밀안전진단 결과를 통보받은 시장·군수 또는 구청장은 민간관리 주체가 관리하는 시설물 중 1종 및 2종 시설물에 대하여 구조상 공중의 안전한 이용에 미치는 영향이 증대하여 긴급한 조치가 필요할 때 시설물의 사용제한 등의 조치를 명할 수 있다.</p>	법 제14조 시행령 제14조
하자담보 책임에 대한 특례	<p>(1) 관리주체는 1종 및 2종 시설물에 대하여 하자담보 책임기간 만료일 6개월 전에 정밀안전진단을 실시해야 하며, 정밀안전진단 결과 시설물의 안전에 지장이 없다고 판정될 때에 한하여 하자담보 책임기간 만료일부터 하자담보책임이 종료된다.</p> <p>(2) 정밀안전진단 결과 구조상 주요 부분에 시공상의 잘못으로 인하여 중대한 하자가 발견된 때에는 관계 법령의 규정에 불구하고 중대하자에 대한 시정이 완료될 때까지 하자담보 책임기간이 연장된다.</p>	법 제15조

구 분	기 춘	근 거
	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 시설물의 구조상 주요 부분은 다음과 같다. <ul style="list-style-type: none"> - 철근콘크리트 구조부 또는 철골구조부 - 건축법 제2조 제6항의 규정에 의한 주요 구조부 - 건설교통부령이 정하는 구조상 주요 부분 <ul style="list-style-type: none"> ◦ 교량의 교좌장치 ◦ 터널의 복공부위 ◦ 하천제방의 수문문비 ◦ 댐의 본체, 시공이음부 및 여수로 ◦ 조립식 건축물의 연결부위 ◦ 상수도 관로 이음부 ◦ 항만시설중 갑문문비 작동시설과 계류시설의 구조체 	<p>시행령 제15조 4항</p> <p>시행규칙 제11조</p>
보수조치	<p>(1) 관리주체는 하자담보 책임기간 만료후 정밀안전진단 결과 시공자의 중대한 귀책사유로 인하여 공중의 위험을 발생시킬 구조안전상 하자가 발생되었다고 판정된 때는 시공자에게 보수를 요청할 수 있다.</p> <p>(2) 보수요청을 받은 시공자는 보수계획서를 작성하여 관리주체의 승인을 얻어야 하며, 보수가 완료된 때에는 보수완료 보고서는 제출하고 관리주체로부터 이행 확인을 받아야 한다</p> <ul style="list-style-type: none"> ◦ 시공자의 중대한 귀책사유 <p>시행령 제15조 제4항의 구조상 주요 부분을 설계도면, 시행서 등에서 정한 규격에 미달되게 시공한 경우</p> ◦ 보수계획서에 포함할 사항 <ul style="list-style-type: none"> - 보수 설계도서 - 보수 주체 - 보수 기간 - 기타 보수에 필요한 사항 	<p>법 제16조</p> <p>시행령 제15조</p> <p>시행령 제15조</p>
설계도서의 보존의무	(1) 시설물의 설계자 및 시공자는 설계도서 등 관계 서류를 관리주체 및 시설안전기술공단에 제출하여야 하며, 관리주체 및 시설안전기술공단은 이를 보존하여야 한다. 또한 시행령 제15조 제4항의 규정에 의한 구조상 주요 부분의 보수·보강 경우에도 같다.	<p>법 제17조</p> <p>시행령 제17조</p>

구 분	기 준	근 거										
설계도서의 보존의무	<ul style="list-style-type: none"> 설계도서류의 보존의무 법 제17조 규정에 의한 설계도 등 관련 서류의 종류·제출시기 및 보존기간은 다음 표와 같다. <table border="1"> <thead> <tr> <th>구 분</th><th>1종 및 2종 시설물</th></tr> </thead> <tbody> <tr> <td>설계도서 등 관련 서류의 종류</td><td> <ul style="list-style-type: none"> 준공도면 준공내역서 및 시방서 구조계산서 기타 시공상 특기한 사항에 관한 보고서 등 </td></tr> <tr> <td>제출시기</td><td> <ul style="list-style-type: none"> 준공후 3개월이내 관리주체 및 시설안전기술공단에 제출 </td></tr> <tr> <td>보존기간</td><td> <ul style="list-style-type: none"> 시설물 존속기간 </td></tr> <tr> <td>제출방법</td><td> <ul style="list-style-type: none"> 설계도서 등 관련 서류는 사본과 자기디스크로 제출 </td></tr> </tbody> </table> <p>(2) 시설안전기술공단, 안전점검전문기관 또는 유지관리업자는 안전점검 및 정밀안전진단 업무를 수행함에 있어 필요한 경우 관리주체에게 해당시설물의 설계·시공 및 감리와 관련된 서류의 열람이나 그 사본의 교부를 요청할 수 있다.</p>	구 분	1종 및 2종 시설물	설계도서 등 관련 서류의 종류	<ul style="list-style-type: none"> 준공도면 준공내역서 및 시방서 구조계산서 기타 시공상 특기한 사항에 관한 보고서 등 	제출시기	<ul style="list-style-type: none"> 준공후 3개월이내 관리주체 및 시설안전기술공단에 제출 	보존기간	<ul style="list-style-type: none"> 시설물 존속기간 	제출방법	<ul style="list-style-type: none"> 설계도서 등 관련 서류는 사본과 자기디스크로 제출 	시행규칙 제12조
구 분	1종 및 2종 시설물											
설계도서 등 관련 서류의 종류	<ul style="list-style-type: none"> 준공도면 준공내역서 및 시방서 구조계산서 기타 시공상 특기한 사항에 관한 보고서 등 											
제출시기	<ul style="list-style-type: none"> 준공후 3개월이내 관리주체 및 시설안전기술공단에 제출 											
보존기간	<ul style="list-style-type: none"> 시설물 존속기간 											
제출방법	<ul style="list-style-type: none"> 설계도서 등 관련 서류는 사본과 자기디스크로 제출 											
시설물의 유지관리	<p>(1) 시설물은 관리주체가 직접 유지관리하거나 유지관리업자로 하여금 유지관리하게 할 수 있다. 단, 대통령령이 정하는 시설물로서 다른 법령의 규정에 의하여 유지관리하는 경우에는 그러하지 아니하다.</p> <ul style="list-style-type: none"> 다른 법령에 의하여 유지관리하는 시설물 <ul style="list-style-type: none"> - 300세대 이상의 공동주택 - 승강기가 설치된 공동주택 - 중앙집중식 난방방식의 공동주택 <p>(2) 유지관리업자는 그가 유지관리하는 시설물의 보수가 필요한 경우 대통령령이 정하는 바에 따라 보수계획서를 작성하여 관리주체의 승인을 얻어야 하며, 보수가 완료된 때에는 보수 완료보고서를 제출하고 관리주체로부터 이행확인을 받아야 한다.</p> <ul style="list-style-type: none"> 유지관리업자의 보수계획서에 포함할 사항 <ul style="list-style-type: none"> - 보수설계도서 - 부소주체 - 보수기간 - 기타 보수에 필요한 사항 	<p>법 제18조</p> <p>시행령 제18조</p> <p>법 제18조</p> <p>시행령 제19조</p> <p>시행령 제16조</p>										

구 분	기 준	근 거
	<p>(3) 시설물의 유지관리업을 영위하고자 하는자는 자본금, 기술인력, 장비 등의 여건을 갖추어 건설교통부장관에게 등록하여야 한다. 다만, 다음의 각호1호에 해당하는 경우 유지관리업에 등록을 한 것으로 본다</p> <ul style="list-style-type: none"> - 건설법·전기통신공사업법·전기공사업법 및 소방법 기타 대통령령이 정하는 법률에 의하여 면허, 허가를 받거나 등록을 한자로서 당해 법률에 의하여 시설물의 개량, 보수 및 보강에 관한 공사를 도급받아 시공하는 경우 ◦ 관리주체는 하자담보 책임기간(동일한 시설물의 각 부분별 하자담보 책임기간을 말한다)내에는 당해 시설물을 시공한자는 시공한 시설물을 유지관리하는 경우 ◦ 유지관리업 등록 신청서 및 첨부서류 <ul style="list-style-type: none"> - 유지관리업 등고신청서(별지서식) - 법인등기부등본(법인의 경우에 한한다) - 법인의 경우에는 직전 또는 개시회계년도의 대차대조표 및 관한 세무서장이 확인한 준비금이 적립되어 있음을 증빙하는 서류, 개인의 경우에는 영업용 자산액 명세서와 그 증빙서류 - 법령에 의한 장비현황을 기재한 서류 - 건설기술자 보유현황 및 당해 건설기술자의 국가기술자격증 사본 ◦ 유지관리업 등록 요건 <ul style="list-style-type: none"> - 자본금 3억원 이상(개인의 경우 자산평가액) - 기술인력 : 건설기술관리법 제22조 규정에 의한 건설기술자 4인 이상, 이 경우 국가기술자격법에 의한 토목·건축분야 기사 1급 이상의 자격을 가진자 1인 이상이어야 한다 <ul style="list-style-type: none"> - 장비 : 건설교통부장이 정하는 장비 ◦ 육안검사 : 돋보기, 망원경, 카메라, 비디오카메라 및 균열폭 측정현미경 ◦ 비파괴시험 <ul style="list-style-type: none"> - 반발경도측정기 - 음파에 의한 측정장비 : 망치, 체인 - 초음파에 의한 측정장비 	<p>법 제19조</p> <p>시행령 제20조</p>

구 분	기 춘	근 거
	<ul style="list-style-type: none"> - 전기감응검사 : 콘크리트 피복측정장치 - 전기에 의한 부식검사 : 콘크리트 전기저항 측정장치(resistivity) 전위차 측정장치(half cell potential) 	
지도·감독	<p>(1) 유지관리업자는 건설교통부령이 정하는 바에 따라 시설물 유지 관리 현황을 기재한 장부를 사무소(주사무소 및 현장사무소)에 비치하여야 한다.</p> <ul style="list-style-type: none"> ◦ 시설물명, 위치, 관리주체명, 시설물 사진, 준공일자 등 시설물에 대한 일반사항이 포함된 시설물관리대장 - 일상점검 항목을 기재한 점검기록부 - 시설물의 구조에 관한 세부사항 및 계원 - 보수현황 <p>(2) 건설교통부 장관은 유지관리업자에 대하여 시설물 유지관리현황 등 그 업무에 관한 사항을 보고하게 하거나 소속 공무원으로 하여금 관련 서류 등을 검사하게 할 수 있다.</p>	법 제24조 시행규칙 제18조
시설안전 기술공단	<p>(1) 정밀안전진단을 실시하고 정밀안전진단 기술을 연구·개발하여 보급하는 등의 업무를 추진하기 위하여 시설안전기술공단을 설립한다.</p> <p>(2) 시설안전기술공단의 사업내용</p> <ul style="list-style-type: none"> ◦ 정밀안전진단 ◦ 시설물의 안전점검 및 정밀안전진단 기술의 연구, 개발 지도 및 보급 ◦ 시설물의 과학적 유지관리 체계의 개발 ◦ 시설물의 설계, 시공, 감리 및 유지관리에 대한 정보체계의 구축 ◦ 건설교통부장관이 위탁하는 시설물의 안전 및 유지관리와 관련 되는 사업 	법 제25조 법 제29조

구 분	기 준	근 거
건설공사 부설방지 조치	<p>(1) 시설물은 기능, 경제적 측면 및 환경파괴 조화를 고려하여 공중의 위험을 발생시키지 아니하는 안전한 구조를 가지고 설계·시공 및 감리되어야 한다.</p> <p>(2) 시설물을 설계하는 자는 건설교통부령이 정하는 당해시설물의 유지관리에 필요한 부대시설을 설계에 포함시켜야 한다.</p> <ul style="list-style-type: none"> ◦ 시설물 설계시 유지관리에 필요한 부대시설 <ul style="list-style-type: none"> - 유지관리용 계단 및 난간 - 유지관리용 통로 - 기타 유지관리에 필요한 부대시설 <p>(3) 시설물 설계자는 당해시설물의 유지관리에 필요한 비용, 인력, 장비 등 시설물의 유지관리 방법을 제시하여야 한다</p> <ul style="list-style-type: none"> ◦ 시설물의 유지관리 방법 <ul style="list-style-type: none"> - 유지관리 장비 - 유지관리 조직 - 매년 소요되는 유지관리 비용 - 안전점검시의 점검항목 및 점검방법 - 기타 유지관리에 필요한 사항 	<p>법 제35조 시행규칙 제20조 시행규칙 제21조</p>

참 고 문 헌

건설산업조사회, , 최신 교량설계·시공 핸드북 1991

中井 博 編, , 프리캐스트 상판 합성거더교의 설계시공 森北출판주식회사, 1988

한국도로공사 도로연구소, , 교좌장치에 관한 연구 1993

건설교통부, , 교량관리체계개선 교량조사 기입지침서 1995

川田忠樹 외, , 복합구조교량 技報堂出版, 1994

中井 博 외, , 강교 설계의 기초 共立出版株式會社, 1992

黃鶴周, , 최신교량공학 동명사, 1994

Emmons P. H. , , **Concrete repair and maintenance illustrated** R.S.Means Company , 1994

한국도로공사, , 도로설계요령 제 3 권 교량, 1992

한국건설기술연구원, , 교량의 계획설계에 관한 연구 1990

한국건설기술연구원, , 구조물에서의 강도설계법 적용에 관한 연구 1995

유니슨 산업주식회사 , , **Bridge system - Bearing and Expansion Joint** 1989

Tonias D E. , , **Bridge engineering** McGraw-Hill , 1995

FHWA , , **Bridge inspector's training manual** 1990

고가구조연구회 , , 도로교의 점검보수 理工圓書 ,

레온하르트 , , 콘크리트교 1979

건설부 , , 도로교 표준시방서 1992

한국건설기술연구원 , , 교량관리체계개선 건설교통부 , 1995

시설안전기술공단 , , 안전점검 및 정밀안전진단 세부지침 건설교통부 , 1996

古田 均 , , 橋梁構造物の綜合健全性評價に關する調査研究 日本土木學會關西支部 , 1990

이상덕 외 3인 , , 안정원 지하구조물의 설계 및 시공 새론 , 1994. 11

, 터널시설기준 건교부 , 1992. 12

, 교량·터널의 안전 및 유지관리업무편람 서울특별시건설안전관리본부 , 1995

, 부실시공 진단 및 유지관리 세미나 미래건설연구소 CNR·한국건설업체연합회 , 1994. 12

, 터널, 지반공학 시리즈 7 한국지반공학회 , 1996. 2

, 시설물의 안전관리에 관한 특별법령집 건설교통부·시설안전기술공단 , 1996. 6

, 시설물의 안전 및 유지관리 업무지침(I), (II), (III) 서울특별시 , 1995. 6

, 안전점검 및 정밀안전진단 교육교재(I), (II) 시설안전기술공단 , 1996. 5

, 안전점검 및 정밀안전진단 세부지침(터널시설) 건설교통부·시설안전기술공단 , 1996. 3

KUESEL, T.R. , **The structural Behavior of Tunnel Linings, Proceedings , American Society of Civil Engineers** Metropolitan Section Seminar on Tunneling and Underground Construction , 1983

POWERS, J P , **Groundwater Control in Tunnel Construction , Proceedings Rapid Excavationand Tunneling Conference , 1972**

ROMANOFF, M. , , **Underground Corrosion** U.S.Dept. of the Interior, National Bureau of Standards , 1957

cir 575

VOORT, H. B. , **Tunnel Instrumentation , Shotcrete for Ground Support, Proceedings Engineered Foundation Conference, Tidewater Inn , Ocober 4-8, 1976**

, 시설물안전관리업무편람 건설교통부 , 1995.10

- , 안전점검 및 정밀안전진단 교육교재 (II) 시설안전기술공단 , 1996.11
- , 안전점검 및 정밀안전진단 세부지침(항만) 건설교통부 시설안전기술공단 , 1996.3
- 이석우 , , 한국항만수리지 집문당 , 1994.12
- 김희종 , , 항만공학 경문출판사 , 1990
- 윤우정 , , 항만공학 기술경영사 , 1988
- , 항만시설물 설계기준서 해운항만청 , 1993
- Robert M. Sorensen , , **Basic Coastal Engineering** John Wiley & Sons , 1978
- Alonzo DeF. Quinn , , **Design and Construction of Ports and Marine Structures** Mac-Graw Hill , 1972
- Gregory P. Tsinker , , **Marine Structures Engineering (Specialized applications)** Chapman & Hall , 1995
- , 93 임하다목적댐 환경관리조사 한국수자원공사 , 1988
- , 건축물의 내진구조 및 방재기준에 관한 연구 건설부 , 1987
- 윤용남 , , 공업수문학 청문각 , 1986
- , 농지개량 사업계획 설계기준(댐편) 농수산부 , 1982
- , 다목적댐 저수지 수질조사 보고서 한국수자원공사 , 1988
- 진병익 외 3인 , , 댐 공학 형설출판사 , 1992
- , 댐설계 기준에 대한 비교검토 한국건설기술연구원 , 1986
- , 댐시설 기준 건설부 , 1993
- , 댐시설 유지관리 기준 건설부 , 1994. 12
- , 댐 안전도 평가 및 유지관리 방안 연구 한국전력공사, 한국전력공사기술연구원 , 1993
- , 도로교 표준시방서 건설부, 대한토목학회 , 1992
- , 보문호수 수질보전대책을 위한 조사연구 경주관광개발공사 , 1992
- , 안전점검 및 정밀안전진단 교육교재 (I), (II) 시설안전기술공단 , 1996 5
- , 안전점검 및 정밀안전진단 세부지침(댐시설) 건설교통부·시설안전기술공단 , 1996 3
- , 콘크리트 표준시방서 건설부, 대한토목학회 , 1989
- , 한강 하천유지유량 조사연구 보고서 한국수자원공사 , 1990

Hinds. J., et al. , , **Engineering for Dams** Vol. 2 , 1945

Tholnas, H. H. , , **The Engineering of Large Dams** A Wiley Interscience Publication , 1976

Linsley, R. G. , Franzini, J.B. , , **Water Resources Engineering** McGraw-Hill , 1979

규정류찬 , 철도청 춘령 1977

, 정규도 철도청 , 1979

, 옹벽 표준도 철도청 , 1979

, 구교 및 라멘 표준도 철도청 , 1979

, 교량(상.하부)표준도 철도청 , 1979

, 터널 표준도 철도청 , 1979

, 시설물 교량 터널의 안전점검 및 유지관리 업무 편람 서울특별시 , 1991

, 시설물의 안전 및 유지관리 업무지침 서울특별시 , 1995

, 철도 공학 노예출판사 , 1992

, 강구조 편람 한국 강구조 학회 , 1995

, 강구조물 안전전단 및 보수 보강 지침서 POSCO , 1996

, 시설물유지관리지침 건설부 , 1987

, 시설물안전관리업무편람 건설교통부 , 1995.10

, 원전 안전성관련 콘크리트 구조물의 열화현상 점검절차서 전력연구원 , 1996.10

福島敏夫 , , 鐵筋 コンクリート造建築物の壽命 技報堂 , 1990. 9

日本土木學會 , , コンクリート構造物の 維持管理指針 (案) 1995. 10

, 建築の 診断とりフォーム手法, 出口晴洪 彰國社 , 1995. 5

, 建物の 縱持管理の手引 鹿島出版會 , 1992. 10

, 新建築學大系 (維持管理編) 彰國社 , 1981. 7

飯塚 裕 , , 現代建設實務大系 (建物의維持管理) 鹿島出版會 , 1983. 5

, 建物の 劣化診斷と 補修·改辯工法 建築技術 , 1991. 4

, 안점점검 및 정밀안전진단 세부지침 수문편 건설교통부 시설안전관리공단 , 1996.3

, 안점점검 및 정밀안전진단 세부지침 제방편 건설교통부 시설안전관리공단 , 1996.3

- , 안전점검 및 정밀안전진단 세부지침 하구둑편 건설교통부 시설안전관리공단, 1996.3
- , 시설물 안전관리 업무편람 건설교통부, 1995. 10
- , 하천공사 표준 시방서 건설부, 1994
- , 하천 시설 기준 건설부, 1993. 12
- , 안전점검 및 정밀안전진단 교육교재 시설안전기술공단, 1996. 11
- , 하천공학 보문당, 1996 11
- , 하천공학 구미서관, 1994. 1
- , 하해공학 동신출판사, 1991
- , 수자원공학 새론, 1994
- , 다목적댐 및 하구둑 시설유지 보수 지침 한국수자원공사, 1991
- , 댐 시설 유지관리 기준 한국수자원공사, 건설부, 대한토목학회, 1994. 12
- , 서울시 공무원 전문교육서 서울시립대학교 산업대학원, 1995
- ROBERT O. PARMLEV, P.E. , , **Hydraulics Field Manual** 1993
- RAY K. LINSLEY , , **Water- Resources Engineering** 1992
- DENIS COSGOVE , GEOFF PETTS , , **Water Engineering and Landscape** 1994
- , 상수도시설기준(유지관리편) 건교부, 1991. 10
- , 상수도시설기준 건교부, 1992. 12
- , 수영하수처리장운전관리 **Manual** 부산직할시, 1988 5
- , 시설물의안전관리에관한특별법령집 건설교통부·시설안전기술공단, 1996. 6
- , 시설물의 안전 및 유지관리 업무지침(I), (II), (III) 서울특별시, 1995. 6
- , 실무자를 위한 하수도 기술, 하수도 기술 연구회 편 한미, 1994. 3
- , 안전점검 및 정밀안전진단 교육교재 (I), (II) 시설안전기술공단, 1996. 5
- , 안전점검 및 정밀안전진단 세부지침(하수처리시설) 건설교통부·시설안전기술공단, 1996. 3
- , 안전점검 및 정밀안전진단 세부지침(수도시설) 건설교통부·시설안전기술공단, 1996. 3
- 류희정, 신향식, 신형우 , , 위생공학 신광문화사, 1994. 8
- , 포항광역상수도사업기본및실시설계 유지운영 관리지침서 한국수자원공사, 1996. 3

, 하수도시설관리지침 건설부 , 1984

, 하수도시설기준 건교부 , 1992. 12

편집부 , , 하수도 이론설계 및 시공 탐구문화사 , 1993. 7

최영박 , 엄원탁 , , 하수도학 형설문화사 , 1993. 8

, **Water Supply Engineering Collection and Pumping of Wastewater** George Tchobanoglous Metcalf & Eddy, INC. , McGraw Hill , 1981

M.Anis Al-Layla , Shamim Ahmad , E. Joe Middlebrooks , , **Water Supply Engineering Design** ANN ARBOR SCIENCE , 1980

Thomann, Harper , , **Principles of Surface Water Quality Modeling and Control** 1987

, 광역지방자치와 폐기물관리 한국폐기물학회 , 1993. 10

, 난지도 매립지안정화공사 기본설계 보고서 서울특별시 , 1994. 11

, 난지도 매립지 안정화공사 실시설계용역 과업수행계획서 1995. 4

, 난지도 매립폐기물 처리 시행방안(초안) GREEN{21} FORUM , 1996. 4

, 문암일반폐기물매립장조성사업 유지관리지침서 청주시 , 1993. 3

, 매립신기술의 이론과 실제-환경공학 및 지반공학적 접근 한국과학기술원 토목공학과 , 1993. 7

, 삼척교동지구 택지재개발사업 매립쓰레기 처리용역 연구 보고서 한국지반공학회 , 1995. 7

, 수도권 매립지 건설사업 1 단계 시설공사 유지관리용 계측기 매설 보고서 동아건설산업주식회사 , 1991. 12

, 수도권매립지종합환경조사 수도권매립지운영관리조합 , 1993. 3

, 수도권 매립지(제 1 공구) "Q" B/L 흙제방 파괴부 토질조사 보고서 수도권매립지 운영관리조합 , 1994. 4

, 수도권 매립지(3 공구) 기반시설 조성사업 실시설계 주민설명회자료 수도권매립지 운영관리조합 , 1995. 3

, 쓰레기 처리시설 구조지침 및 해설 환경처 , 1991. 3

, 시설물안전관리업무편람 건설교통부 , 1995. 10

, 안전점검 및 정밀안전진단 세부지침(폐기물매립시설) 건설교통부시설안전기술공단 , 1996. 3

, 평택시 칠곡산업단지 폐기물처리시설 건설사업 기본 및 실시설계 보고서 평택시 , 1997. 3

, 평택시 칠곡산업단지 폐기물처리시설 건설사업 시방서(토목·건축 분야) 평택시 , 1997. 3

- , 폐기물 매립시설 설계, 시공관리 및 매립장 지반 환경 한국산업기술원 ,
- , 폐기물 매립장의 건설단지 활용과 매립 시스템에 관한 연구 한국건설기술연구원 , 1992
- , 폐기물 매립지의 공학적 특성과 개량기술 한국지반공학회 , 1992
- , 폐기물 처리방안에 관한 연구(I),(II) 한국토지개발공사 , 1995. 12
- , 폐기물매립시설세부설치기준연구보고서 한국지반공학회 , 1994. 6
- , 폐기물매립시설유지관리실무 환경관리공단 , 1994
- , **Basic Hazardous Waste Management** Blakman-Lewis , 1993
- Lagrega , , **Hazardous Waste Management** McGraw-Hill , 1994
- Tchobanoglou , , **Integrated Solid Waste Management** McGraw-Hill , 1993