

KOSHA GUIDE

C - 88 - 2013

터널공사(NTR공법) 안전보건 작업지침

2013. 10.

한국산업안전보건공단

안전보건기술지침의 개요

○ 작성자 : 한국안전학회 백신원

○ 제·개정 경과

- 2013년 10월 건설안전분야 제정위원회 심의(제정)

○ 관련규격 및 자료

- 토목공사 표준일반시방서(2005, 대한토목학회)
- 가설공사 표준시방서(2006, 건설교통부)
- 터널공사 안전점검 Check List : 한국산업안전보건공단 건설안전기술자료

○ 관련법규·규칙·고시 등

- 산업안전보건기준에 관한 규칙 제42조~제49조(추락에 의한 위험방지)
- 산업안전보건기준에 관한 규칙 제136조~제146조(크레인)
- 산업안전보건기준에 관한 규칙 제2편 제4장 제2절 제3관 (터널작업)

○ 기술지침의 적용 및 문의

이 기술지침에 대한 의견 또는 문의는 한국산업안전보건공단 홈페이지
안전보건기술지침 소관 분야별 문의처 안내를 참고하시기 바랍니다.

공표일자 : 2013년 11월 6일

제 정 자 : 한국산업안전보건공단 이사장

터널공사(NTR공법) 안전보건작업지침

1. 목 적

이 지침은 「산업안전보건기준에 한 규칙」(이하 “안전보건규칙”이라 한다) 제2편 제4장 제2절 제3관 터널작업 규정에 따라 터널공사 중 NTR공법 작업과정에서의 안전보건작업 지침을 정함을 목적으로 한다.

2. 적용범위

이 지침은 건설공사 대형관을 적용한 터널공사 중 NTR공법 작업에 적용한다.



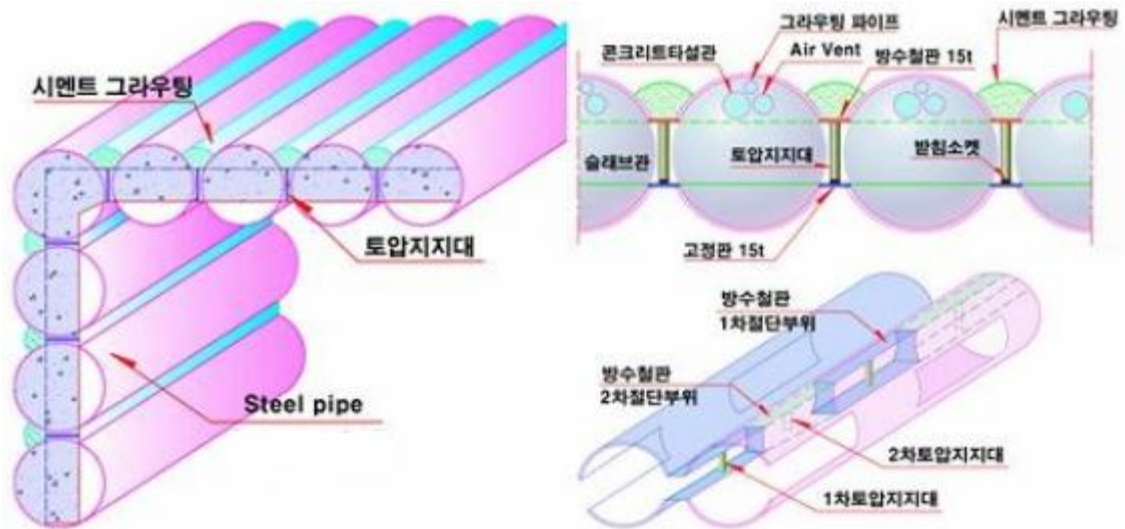
<그림 1> NTR공법의 아치형 터널

3. 용어의 정의

(1) 이 지침에서 사용되는 용어의 정의는 다음과 같다.

(가) “NTR공법(New Tubular Roof method)”이라 함은 강관을 압입과 동시에 내부토사를 굴착하여, 강관 내부에 작업공간을 확보한 다음 강관과 강관 사이 측부를 단계별로 절단하고, 절단된 단면 사이를 강관을

이용하여 용접에 의한 구조물 시공단면을 만든 상태에서, 철근조립 및 콘크리트 타설로 지중에 비개착식 터널을 축조하는 방법을 말한다. 이 공법은 TRM공법을 개량한 공법으로 특히 지하 구조물 구축에 Box Type 구조물은 물론, Tunnel Arch Type 구조물, 공동구, 곡선선형 시공 등에 널리 적용될 수 있다.



<그림 2> NTR공법



<그림 3> NTR공법을 이용한 터널공사

NTR공법은 대구경 강관을 구조물 구축 위치에 정확히 측량하여 강재 압입, 굴착하고 강관 압입 매 1미터마다 위치측량을 하여 선도관에 부착되어 있는 방향조정밸브를 통해 오차를 줄이며, 강관을 압입하므로 곡선, 선형 시공이 가능하다. 압입 및 굴착 공정이 완료되면 강관과 강관 사이 측면 및 하부를 절단한 후 관과 관상부에 철판으로 용접하므로 확실한 방수가 되며, 절개한 강관측면 또는 하부에 철근 또는 H-Beam을 조립 설치하고 콘크리트(몰탈)를 타설하여 강성이 극대화된

Roof 및 구조물을 구축하는 공법으로 현재 도심지의 지하상가나 지하철, 전력구, 공동구, 터널공사 등에 널리 활용되고 있다.

- (나) “그라우팅(Grouting)”이라 함은 균열이나 공동(空洞) 등의 틈새에 그라우트(주입액)를 주입하거나 충전(充填)하는 일을 말한다. 토목공사에서 누수방지 공사(漏水防止工事)나 토질안정(土質安定) 등을 위하여 지반의 갈라진 틈·공동(空洞) 등에 충전재를 주입하는 일을 말하며, 또한 그때 주입하는 주입재도 그라우트 또는 그라우트재라고 한다. 이는 주입재(注入材)를 중력(重力)이나 펌프를 이용해 충전(充填)하거나, 또는 건축물의 균열(龜裂) 부분의 보수, 기초부분·기계대좌(機械臺座)의 지지력을 보강할 목적으로 실시한다.



<그림 4> 그라우팅 주입

- (다) “유압잭”이라 함은 펌프에 의해 압력유를 실린더로 보내 램을 움직여 강관을 시공 전면에 압입시키는 추진 장치를 말한다.
- (라) “발진기지”라 함은 강관을 추진하기 위하여 토류 가시설을 설치하고 지반을 굴착한 작업장소를 말하며, 이 추진기지에는 강관 추진을 위한 반력벽이 설치된다.
- (마) “반력벽”이라 함은 강관 추진을 위해 추진기지에 설치되는 콘크리트 벽체를 말하며, 유압잭의 최대압력과 소요의 안전율을 고려한 설계압력에 저항할 수 있는 구조와 규모로 설치된다.
- (바) “TRM공법(Tubular Roof Method)”이라 함은 강관을 유압잭으로 압입

한 후 강관내부 및 구조물의 벽체와 강관내에 콘크리트를 타설하여 완성시키는 공법이다. NTR공법과 비교하여 공사비가 저렴하며 공기단축이 가능하고 선도관의 유도 조정나사 및 레이저 측량기를 이용하므로 정밀 시공이 가능하며 주변 지반의 변형이 거의 없으며 시공 안정성이 우수하고 상부지반의 유실이 없으므로 지반침하가 없지만, 연암 이상의 지층이 연속될 경우에는 공기가 다소 길어지기도 하고, 작업공간이 협소하여 철근 조립시 세부공정이 필요하며, 설계가 정확해야 하며 전문가의 자문이 필요하다.

- (2) 기타 이 지침에서 사용하는 용어의 정의는 특별한 규정이 있는 경우를 제외하고는 산업안전보건법, 같은 법 시행령, 같은 법 시행규칙 및 안전규칙에서 정하는 바에 의한다.

4. NTR공법의 특징 및 작업순서

4.1 NTR공법의 특징

- (1) 관 측면부를 절단하여, 강관과 강관 사이에 철판으로 용접해 이어주므로 구조체 전체의 방수가 확실하다.
- (2) 수평 및 수직으로 연결된 연속 강관내에서 구조물의 슬래브 또는 라이닝이 형성되므로, 지하 구조물의 벽면이 미려하게 형성된다.
- (3) 지상의 제반 문제점 (차량 및 시민의 통행 제한, 지하 구조물 이설, 도로 노면 침하, 지하 매설물 손상 등)이 줄어들 수 있다.
- (4) 시공시 소음 및 진동이 없으므로 도심 지하구조물(터널, 지하상가 등) 구축에 적합하다.
- (5) NATM공법 등 타공법과의 단면 연결 시에도 이질감이 없다.
- (6) 대형강관 내에서 작업이 시행되므로, 토사 붕괴 등에 따른 작업자의 위험성이 적다.
- (7) 선도관 조정장치에 의해 방향이 조절되며 곡선 선형이 가능하다.

- (8) 시공 길이에 제한을 받는 견인식 공법과는 달리 발진부에서 시작된 강관은 소정의 지점까지 길이에 대한 제한을 받지 않는다.
- (9) 대형 강관 내에서 작업하므로 내부굴착, 잔토 반출 및 공사용 자재 운반이 비교적 용이하다.
- (10) 굴진 시 자갈이나 호박돌을 만나더라도 직접적인 인력굴착에 의한 처리가 가능하다.
- (11) 기상 조건 등 외부조건에 관계없이 시공되므로 공사 기간이 단축되며, 연·경암부일 경우 다소 시간이 요구되나 조절발파 및 소할발파에 의하여 굴착이 가능하다.
- (12) 강관 선단부의 굴착 단면적이 일반 터널공사의 전단면보다 매우 작으므로 연약지반, 붕괴성 토질, 지하수 유입과 같은 문제성 지반에 대한 대책 적용이 용이하다.
- (13) 강관 내 콘크리트 타설 단면이 타 공법에 비하여 줄어들고, 구조물 자체 단면의 활용성이 뛰어나다.

4.2 NTR공법의 시공순서

- (1) NTR공법의 시공순서를 다음과 같다.

	
1) 추진기지 굴착	2) 추진기지내 반력벽 설치



3) 추진틀 설치



4) 추진관 압입



5) 관내부토사 반출 및 강관압입(반복작업)



6) 관측부절개 토압지지대 설치



7) 관내부 철근조립



8) 관내부 콘크리트 타설

	
9) 내부토사제거	10) 영구버팀대 설치
	
11) 바닥 철근배근 및 콘크리트 타설	12) 터널 완성 단면

<그림 5> NTR공법 시공순서 사진

5. 공통적인 안전조치 사항

- (1) 작업전 관리감독자는 위험성 평가를 실시하여 유해 위험요소를 확인하고 작업 중에도 관리감독을 철저히 하여 재해예방을 하여야 한다.
- (2) 다음의 작업의 경우 근로자의 위험을 방지하기 위해 사업주는 사전조사 및 작업계획서를 작성하고 작업지휘자를 지정하여야 한다.
 - (가) 타워크레인을 설치·조립·해체하는 작업
 - (나) 굴착면의 높이가 2미터 이상이 되는 지반의 굴착작업
 - (다) 터널굴착작업
- (3) 설계도서와 현장조건이 일치하는지의 여부를 확인하고 다음 사항들을 사

전에 검토하여야 한다.

- (가) 추진장관의 제원, 설계 기울기, 추진거리, 추진기지 규모, 장애물 및 지장물의 종류
 - (나) 발진기지과 주변도로 상황
 - (다) 전원설비, 굴착·운반 등 잔토처리 설비, 그라우팅 설비
 - (라) 용접기구(케이블, 호스류, 용접기, 가스절단설비 등)
 - (마) 기계장비(자재운반 및 이동, 굴착, 추진 장비 등)
- (4) 관리감독자는 사전에 근로자에게 NTR공법에 대한 기술과 안전교육을 실시하여야 하며 무너짐의 위험이 있다고 판단된 경우에는 작업 중지, 관계자 이외의 근로자의 출입을 통제하여야 한다.
- (5) 도로 및 철도 하부통과구간의 시공 시에는 장비 및 근로자의 도로 및 철로 출입을 금지하기 위하여 경계선에 방책시설을 하여야 한다.
- (6) 횡단 대상 구조물의 도로나 철도와 같이 운영 중인 교통시설인 경우에는 반드시 관계기관과 협의하여 시공하고 굴착 및 추진공사 시에는 운행 중인 차량이나 열차 등이 서행 운행되도록 사전에 조치하여야 한다.
- (7) 화재의 위험이 있는 용접 및 용단 작업장소에는 소화기, 방화수 등을 비치하여 초기 소화할 수 있도록 하여야 한다.
- (8) 용접 및 용단작업 중 불꽃 등에 의한 화상을 방지하기 위하여 방화복이나 가죽앞치마, 가죽장갑 등의 보호구를 착용하고, 적절한 보안경을 착용하여야 한다.
- (9) 강관내부 등 환기가 불충분한 장소에서 용접작업 시 강관내부의 산소농도를 측정하여 산소농도가 18% 이상 23.5% 미만이 되도록 유지하거나 공기호흡기 등 호흡용 보호구를 착용하여야 한다.
- (10) 용접 작업 및 진동다짐기 사용 시 감전방지를 위해 접지 및 누전차단기가 설치된 분전반의 전원을 사용하고, 작업전선도 피복손상 유무를 확인하여야 한다.
- (11) 협소한 장소에서 작업이 수행됨에 따라 떨어짐, 맞음, 무너짐, 감전, 끼임, 부딪힘 등의 재해를 유발할 수 있으므로 장비 작업반경 등을 고려하

여 작업구획을 설정하고 관리감독자를 지정하여 작업을 지휘하도록 하여야 한다.

(12) 강관내에는 비상 시 근로자들이 신속하게 대피할 수 있도록 통신설비를 갖추어야 한다.

(13) 작업후 작업장 주위를 청결하게 유지하여 위험을 사전에 방지하여야 한다.

(14) 현장주변에 강관 적재 시 강관이 굴러가지 않도록 받침목 및 구름방지 시설을 설치하여야 한다.

(15) 크레인을 이용하여 강관 운반 및 이동 시 떨어짐 및 부딪힘 재해가 없도록 주의하여야 한다.

(16) 강관추진 및 굴착 작업 시 주변 지반 및 구조물에 변위계측센서를 부착하여 실시간으로 지반 및 구조물의 이상유무를 확인하여야 한다.

(17) 기타 안전수칙 및 산업안전보건법에 규정된 사항을 준수하여야 한다.

6. 공사 단계별 안전작업 사항

6.1 발진기지 설치

6.1.1 흙막이공사 안전조치사항

(1) 흙막이 공사에 앞서 지장물(지하 매설물, 가공선, 매설관, 기설 구조물 등)의 유무를 확인하고 이설이 필요한 경우에는 소관 부처와 협의하여야 한다.

(2) 흙막이 가시설 설계내용이 현장조건과 부합되는지 여부에 대하여 공사중에 설계자로 하여금 확인토록 하여야 하고 이상이 있을 경우에는 적합한 대책을 수립하여야 한다.

- (3) 흙막이 가시설 설치 작업장 주변에서 크레인작업 시 크레인 붐대와 고압 전선 및 고압전주의 근접에 의한 감전사고 위험이 있을 때에는 이설 및 방호관, 방책 설치, 신호수 배치 등 감전사고 발생방지에 필요한 대책을 수립하여야 한다.
- (4) 천공장비는 파일위치에 정확히 위치시키고 작업중 전도되지 않도록 아웃 트리거 하부에 받침목 등을 설치하여야 한다.
- (5) 천공 시 주변지반의 침하 등이 발생하는 경우에는 케이싱 설치 등의 방법으로 시공하고 천공 즉시 근입시켜야 하며 천공구멍은 덮개 등으로 방호조치를 하여야 한다.
- (6) 파일을 이음할 경우에는 응력이 최소가 되는 곳에서 하되 지중에서 동일 높이는 피하여야 한다.
- (7) 파일의 이음은 흙, 녹 등 이물질을 제거한 후 용접을 실시하여야 하며 용접이음부는 모재의 응력 부담능력 이상이 되도록 시행하여야 한다.
- (8) 파일을 설치 후 천공구멍은 양질의 토사, 모래, 소일 시멘트(Soil cement) 등으로 완전히 충전시킨 후에 후속공정을 시행하여야 한다.
- (9) 파일의 선단은 설계도서에 의거 충분한 근입깊이를 확보하여야 한다.
- (10) 토류판은 흙막이 벽면과 밀착되게 하고 각 토류판 사이에 틈새가 발생하지 않도록 설치하여야 한다.
- (11) 재사용 토류판과 이음처리가 된 토류판은 사용하지 말아야 한다.
- (12) 띠장은 꿰어짐이 없이 연속해서 설치하고 띠장의 이음은 원칙적으로 파일의 중심으로 전단력과 휨모멘트가 작은 곳에서 실시하여야 한다.
- (13) 버팀대는 좌우 흙막이의 토압이 균형을 이룬 상태에서 실시하고 정확히 수평이 되도록 정밀하게 설치하여야 한다.
- (14) 기타 본 지침에서 언급되지 않은 내용은 KOSHA GUIDE C 4-2012 흙막이공사(엄지말뚝 공법) 안전보건작업 지침에 따른다.

6.1.2 반력벽 설치

- (1) 반력벽은 해당분야 전문가의 구조검토를 통해 강관추진 시 사용되는 유압잭의 최대압력과 소요의 안전율을 고려한 설계압력에 저항할 수 있는 적절한 크기의 구조물로 설계하여야 한다.
- (2) 반력벽을 시공하기 전에 설계도서와 현장조건 등이 적정한 지에 대한 검토를 하여야 한다.
- (3) 반력벽은 침하가 발생되지 않는 충분한 지내력을 가진 기초위에 설치하여야 한다.



<그림 6> 반력벽 설치 전경

6.1.3 추진틀 설치

- (1) 추진틀은 강관 및 유압잭 자중에 의한 침하가 발생되지 않도록 견고한 지반에 콘크리트를 타설한 기초위에 설치하여야 한다.
- (2) 유압잭 작동 시 수평 및 수직강도를 유지할 수 있도록 견고한 구조로 추진틀을 제작 설치하여야 한다.
- (3) 추진틀의 연결은 볼트 또는 용접으로 견고하게 연결하여 강관 추진 시 반침대의 변형을 방지하여야 한다.
- (4) 강관 추진 시 레일이 반력벽에 밀착될 수 있도록 반력벽과 레일의 공간

이 발생되지 않도록 하여야 한다.

6.2 강관 추진 및 굴착

6.2.1 강관 추진

- (1) 강관의 추진순서는 강관 주변의 토사의 종류 및 상태, 작업 여건 등을 고려하여 결정하여야 한다.
- (2) 강관은 추진시 선형 조정이 용이하고 마찰이 작은 길이로 제작하여야 한다.
- (3) 상부 토압에 견딜 수 있는 충분한 두께의 강관을 사용하여야 한다.
- (4) 처음으로 추진되는 강관은 정확하게 압입되어야 후속 추진되는 강관이 정확하게 추진되므로 시공관리를 철저히 하여야 한다.
- (5) 강관추진기에는 추진 시 추진력이 갑자기 상승하는 것을 방지하기 위한 압력 리미트(Limit) 스위치를 설치하여야 한다.
- (6) 추진은 지반의 토질 및 막장 상태를 고려하여 신중히 하여야 하고, 추진 중에 추진력이 갑자기 상승하는 경우에는 추진을 중지하고 그 원인을 조사하여 안전을 확인한 뒤에 추진하여야 한다.
- (7) 강관을 미리 용접할 경우 오차를 수정하기가 힘들 뿐 아니라 추진 시 강관이 주변 토사와 마찰력이 과도하게 발생되기 때문에 강관의 용접은 강관추진이 완료된 후에 실시하여야 한다.
- (8) 강관과 강관의 용접연결은 작업조건이 매우 불량한 협소한 장소에서 작업이 이루어지므로 최소 2인 이상이 상호 교대로 작업을 실시하고 다음 사항을 준수하여야 한다.
 - (가) 가연물 제거와 화재예방 조치
 - (나) 관내 용접작업 시 환기설비 설치
 - (다) 상하 동시작업 시 사전 동의 후 작업
 - (라) 전선 및 호스 정리정돈, 안전한 호스 연결기구 사용

- (마) 추진관 상부 용접작업을 위한 떨어짐 방지조치
- (바) 용접기 감전재해 예방조치

(9) 강관추진이 끝나고 용접이 완료된 후에는 혹시 발생할 수 있는 굴진 시의 여굴부위에 시멘트 밀크 그라우팅을 실시하여 침하를 예방하여야 한다.

(10) 강관추진 시 선단에 장애물이 있는 경우에는 관 추진 부분의 장애물을 제거한 후 즉시 강관추진을 하고 주위를 그라우팅을 하여 장애물 제거로 인한 여굴이 발생하지 않도록 주의하여야 한다.



<그림 7> 강관 압입 전경

6.2.2 강관내부 굴착

- (1) 지반조건 등을 고려하여 인력굴착 및 기계굴착 방법을 결정하여야 한다.
- (2) 강관내부 굴착 시 지반 및 지하수 상태를 항상 확인하여야 하며 굴착에 따른 지하수의 유출 등으로 막장에서의 무너짐 및 문힘 등의 우려가 있을 경우에는 차수 그라우팅을 실시한 후 굴착하여야 하고 항상 안전대책을 수립하여야 한다.
- (3) 인력굴착 및 기계굴착을 병행할 경우 각각의 작업범위와 작업방향을 명확히 하고 기계의 작업반경내에 근로자가 출입하지 않도록 방호설비를 하거나 작업지휘자를 반드시 배치하여야 한다.

- (4) 추진관 내에서 작업하는 근로자의 안전보전에 위해 되지 않도록 관내의 산소농도, 유해가스, 먼지 등의 이상 유무를 점검·측정하여야 하고, 산업안전보건규칙 별표18 제14호(산소농도가 18퍼센트 미만 23.5퍼센트 이상, 탄산가스농도가 1.5퍼센트 이상, 황화수소농도가 10ppm 이상) 기준이 되지 않도록 신선한 공기가 공급될 수 있도록 송기관 및 배기관이 구비된 환기설비를 설치하여야 한다.
- (5) 강관굴착 작업에 지장이 없도록 강관내부에 150럭스(Lux) 이상의 안전망을 씌운 조명장치를 설치하여야 한다.
- (6) 굴착방법, 반출 토사량을 기준으로 1일 강관압입량을 결정하여야 한다.
- (7) 굴착작업이 종료된 후에는 견고하게 제작된 막장안정 관마개를 막장 토사의 붕괴방지를 위해 관주변부에 빈공간이 발생하지 않도록 밀실하게 설치하고 강관에 견고하게 용접하여야 한다.



<그림 8> 막장안정 관마개 전경

- (8) 굴착 시 여굴이 발생되면 공사 진행중이거나 공사 완료 후 상부 구조물 및 도로 등의 침하가 우려되고 구조물에도 심각한 영향을 줄 수 있기 때문에 다음과 같은 여굴 방지대책을 참고하여 여굴이 발생하지 않도록 주의하여야 한다.
- (가) 선굴착없이 강관 추진 후 굴착
- (나) 작업 종료시 굴착이 없는 관추진만 하고 중단

(다) 굴착후에도 흙막이용 토사를 남겨둠.



(a) 강관내부 인력 굴착



(b) 강관내부 장비 굴착

<그림 9> 강관내부 굴착 전경

6.3 외부 그라우팅

- (1) 추진이 완료된 강관의 연결소켓부위는 모두 용접하여 완전 방수가 되도록 하여야 한다.
- (2) 강관내부에 부착되어 있는 그라우팅 주입밸브를 통해 강관 측벽부 절단시 발생할 수 있는 토사 유출을 방지하기 위한 지반안정 및 차수그라우팅을 실시하여 원지반 이완방지 조치를 취하여야 한다.
- (3) 강관의 설치도면을 참고하여 1일 추진작업 후 그라우팅량과 순서를 결정

하여야 한다.

- (3) 토피가 낮은 강관에서 그라우팅을 실시할 경우 지면으로 솟음 현상이 발생되지 않도록 주의하여야 한다.

6.4 강관 절단 및 토압지지대 설치

- (1) 강관이 토압을 견딜 수 있는 1차 및 2차 절단길이를 결정하여야 한다.
- (2) 강관을 연결하는 방수철판은 방수가 완벽하게 되도록 절개된 강관과 확실하게 용접하여야 한다.
- (3) 토압지지대는 구조물이 설치되기 전까지 강관의 변형을 방지하고 하중을 지지하여야 하므로 설계위치에 정확히 설치되어야 하며, 설치 후 공극이 발생하지 않도록 하여야 한다.
- (4) 토압지지대 설치 시 근로자의 손가락 끼임재해가 발생하지 않도록 주의하여야 한다.
- (5) 관내부에 철판 및 토압지지대 운반 시 2인 1조로 작업하여야 한다.
- (6) 철판 및 토압지지대를 모두 설치한 후에는 이완된 공극을 채워주기 위해서 철판 상부에 그라우팅을 하여야 하며, 이때 그라우팅은 모든 용접이 완벽하게 이루어진 후에 실시하여야 한다.

6.5 강관내 거푸집 설치

- (1) 거푸집은 콘크리트의 타설속도 등을 고려하여 타설된 콘크리트의 압력에 충분히 견디는 구조이어야 한다.
- (2) 합판거푸집을 동바리위에 설치할 때 콘크리트 타설 시 움직이지 않도록 단단히 고정하여야 한다.
- (3) 강재 동바리 위에 합판거푸집을 설치했을 때 방수철판과의 높이가 같도록 설치하여야 한다.

- (4) 합판과 합판사이의 이음부위는 사전에 경사지게 절단하여 벌어짐이 없도록 하여야 한다.



<그림 10> 강관내 강재동바리 설치 전경

6.6 철근배근 및 콘크리트 타설

- (1) 강관내 콘크리트 타설 길이, 타설 순서 등에 대한 설계도면을 작성하여야 하고 이를 준수하여 콘크리트를 타설하여야 한다.
- (2) 강관내부에 규격에 맞는 가공된 철근을 배근도에 의거하여 배근하여야 하며, 이때 철근의 이음은 커플러(Coupler)로 연결하여야 한다.
- (3) 철근에 찢리거나 손상에 주의하고 노출된 철근에는 보호캡을 씌우고 위험표시를 하여야 한다.
- (4) 관내부에 철근 운반 시 2인 1조로 작업하여야 한다.
- (5) 근로자들이 좁은 공간에서 철근을 조립하여야 하므로 철근에 의한 협착이나 끼임재해가 발생하지 않도록 주의하여야 한다.
- (6) 강관내 콘크리트 타설을 위해 강관시점과 종점부에 관마개를 설치하여 콘크리트 타설 시 재료의 유출을 방지하여야 한다.
- (7) 강관내 콘크리트 타설을 위한 콘크리트 타설관과 공극을 채워줄 그라우팅 파이프를 설치하여야 한다.

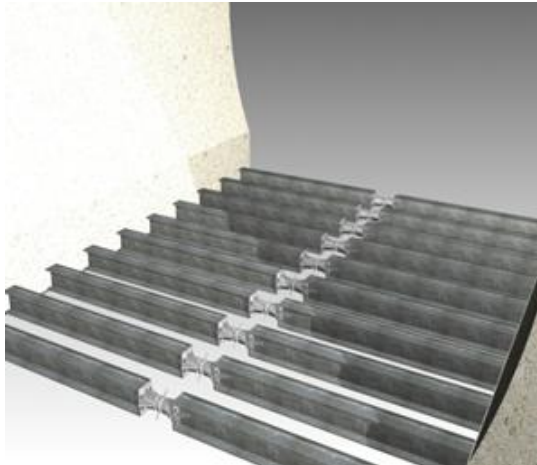
- (8) 콘크리트 타설지역외 다른 구간은 거푸집만 먼저 설치하고 선행부 콘크리트를 타설한 후 철근을 배근하여 작업에 방해가 없도록 하여야 한다.
- (9) 펌프카를 이용하여 콘크리트 타설 시 펌프카의 전도방지 조치를 취하여야 한다.



<그림 11> 강관내 철근배근 전경

6.7 내부굴착 및 영구버팀대 설치

- (1) 구조물벽체 콘크리트를 충분히 양생하여 소정의 강도가 발현된 후에 내부를 굴착하고, 강관절단 및 강제동바리를 제거하여야 한다.
- (2) 강관, 강제동바리, 합관거푸집 등을 장비를 이용하여 제거 시 구조물벽체 콘크리트에 파손이나 굽힘이 발생하지 않도록 주의하여야 한다.
- (3) 하단부 스티로폼 거푸집 제거 시 관내부 스티로폼에 붙어 있는 방수제는 제거되지 않도록 주의하여야 한다.
- (4) 영구버팀보는 추진기지에서부터 내부 굴착을 진행하면서 설치하되 내부 토사가 함몰되기 전까지만 굴착한 다음 즉시 설치하여야 한다.
- (5) 영구버팀보는 강관에 연결용접하고 보강철판을 추가로 설치하여 그 연결성을 보강해 주어야 한다.
- (6) 버팀콘크리트 높이는 영구버팀보 상부와 동일하게 시공하여야 한다.



<그림 12> 영구버팀대 설치 개념도

6.8 하부슬래브 철근배근 및 콘크리트 타설

- (1) 하부슬래브 횡방향 철근은 규격에 맞는 가공 철근을 배근도에 의거하여 배근하고, 철근의 이음은 커플러를 이용하여 벽체 철근에 연결하여야 한다.

6.9 내부 정리 및 마무리

- (1) 토압지지대 제거 부위에는 얇은 철망을 강관에 견고하게 용접부착하고 모르타르 채움을 하여 상부의 진동에 의한 탈락이 발생하지 않도록 하여야 한다.
- (2) 거푸집 위치 및 토압지지대 소켓 위치의 거친 면은 그라인더를 이용하여 깨끗하게 내부면 처리를 하여야 한다.
- (3) 내부 정리에 사용되는 이동식 비계에는 안전난간을 설치하여야 하고, 작업 시 움직임이 없도록 견고하게 고정되어 있어야 한다.

6.10 추진기지 해체

- (1) 크레인을 이용하여 자재 인양 시 근로자들이 맞음 재해를 당하지 않도록 주의하여야 한다.

- (2) 반력벽 해체시 근로자들이 반력벽에 의한 깔림 재해를 당하지 않도록 주의하여야 한다.

7. 용접 및 용단 작업 시 주의사항

- (1) 시공순서 및 재료의 특성에 맞는 용접절차 사양서를 작성하여야 하고, 필요시 감독관 또는 관리자의 승인을 얻어야 한다.
- (2) 용접시공 요령을 작업자에게 철저히 숙지하여 이를 지킬 수 있도록 하여야 한다.
- (3) 용접전류, 전압, 속도, 종류 등을 표지판에 기입하고 현장관리를 하여야 한다.
- (4) 용접전원 및 장치는 충분한 수전용량을 확인하고 용접부의 품질을 보증할 수 있는 것으로 하여 용접개시 시 용접기 등의 계기류의 교정을 하여야 한다.
- (5) 용접작업 전에 용접작업자는 부재의 청소상태, 건조상태를 점검하여 양호한 결과를 확인한 후에 작업에 착수하도록 하여야 한다.
- (6) 용접의 재료는 다음 사항에 주의하여야 한다.
 - (가) 용접재료는 소요강도, 용접성을 고려하여 적절한 것을 선택하여야 한다.
 - (나) 부위별 용접재료 구분을 명확히 하고 이에 따른 관리요령을 작성하여 관리하여야 한다.
 - (다) 피복 벗겨짐이나 습윤 상태의 용접재료를 사용해서는 안 된다.
 - (라) 용접재료는 사용에 앞서 반드시 건조로에 건조 후 보관 사용하며, 피복아크용접봉 및 플럭스(Flux) 등의 사용 시에는 이동식 건조로에 보관하여 사용해야 한다(보온온도 120℃).
 - (마) 건조 및 보온은 용접재료에 따라 관리조건이 다르므로 각각 구분하여 표지판에 기입하여 현장 관리하여야 한다.
- (4) 현장 용접의 경우 다음 사항을 준수하여야 한다.

- (가) 용접공은 KS B 0885에 정한 기술수준에 적합한 자가 시행하여야 하며, 용접착수 전 용접공의 자격증 사본, 경력증명서를 제출하여 승인을 득하여야 한다.
 - (나) 용접할 표면을 스케일이나 슬래그, 그리이스, 페이트 시멘트 오물 등의 이물질이 부착되어서는 안된다.
 - (다) 용접표면은 매끄럽고 일정한 표면이어야 하며, 용접에 나쁜 영향을 끼칠 염려가 있는 결함이 없어야 한다.
 - (라) 기온이 0℃이하 일 때는 중지하여야 한다.
 - (마) 용접 시 눈비에 노출되거나 강풍이 부는 동안은 적절한 차폐막으로 보호하여야 한다.
 - (바) 형강 용접이음은 아크용접으로 하며, 용접봉은 KS E 4316으로 한다.
 - (사) 용접부의 검사는 외관 검사를 하되 특히 감리자가 지정하는 곳은 염색침투탐상법을 실시한다.(1회/20분)
- (5) 가스 용단작업 시 다음 사항을 준수하여야 한다.
- (가) 가스용기는 열원으로부터 멀리 떨어진 곳에 세워 보관하고 전도방지 조치를 하여야 한다.
 - (나) 가스호스는 꼬이거나 손상되지 않도록 하여야 하며, 용기에 감아서 사용하지하여서는 아니된다.
 - (다) 검사받은 압력조정기를 사용하고 안전밸브 작동 시에는 화재·폭발 등의 위험이 없도록 가스용기를 연결하여야 한다.
 - (라) 토치와 호스연결부 사이에는 역화방지를 위한 안전장치를 설치하여야 한다.
 - (마) 호스 등의 접속부분은 호스밴드, 클립 등의 조임기구를 사용하여 확실하게 조여주어야 한다.
 - (바) 작업을 중단하거나 작업장을 떠날 때에는 공급구의 밸브, 콕크를 반드시 잠궈두어야 한다.
- (6) 가스용기 보관·취급 시 다음 사항을 준수하여야 한다.
- (가) 위험장소, 통풍이 안되는 장소에 보관, 방치하지 않는다.
 - (나) 용기온도를 40℃이하로 유지한다.
 - (다) 충격을 가하지 않도록 하고 충격에 대비하여 방호울 등을 설치한다.
 - (마) 운반시 캡을 씌워 충격에 대비한다.
 - (바) 사용시 용기의 마개 주위에 있는 유류, 먼지를 제거한다.
 - (사) 밸브는 서서히 열어 갑자기 가스가 분출되지 않도록 하고 충격에 대비한다.

- (아) 사용중 용기와 사용전 용기를 명확히 구별하여 보관한다.
(자) 용기의 부식, 마모, 변형상태 점검후 사용한다.



<그림 13> 강관내부 용접 전경