

KOSHA GUIDE

C - 22 - 2011

사장교 교량공사 안전보건작업 지침

2011. 12.

한국산업안전보건공단

안전보건기술지침의 개요

○ 작성자 : 한국안전학회 백신원

○ 제·개정 경과

- 2011년 11월 건설안전분야 제정위원회 심의(제정)

○ 관련규격 및 자료

- 최신 교량공학(동명사, 황학주)
- 도로교 표준시방서(대한토목학회)
- 교량공사(사장교) 시공자료
- 교량공사 안전점검 Check List : 한국산업안전보건공단 건설안전기술자료

○ 관련법규·규칙·고시 등

- 산업안전보건기준에 관한 규칙 제136조~제150조, 제163조~제170조

○ 기술지침의 적용 및 문의

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

공표일자 : 2011년 12월 26일

제 정 자 : 한국산업안전보건공단 이사장

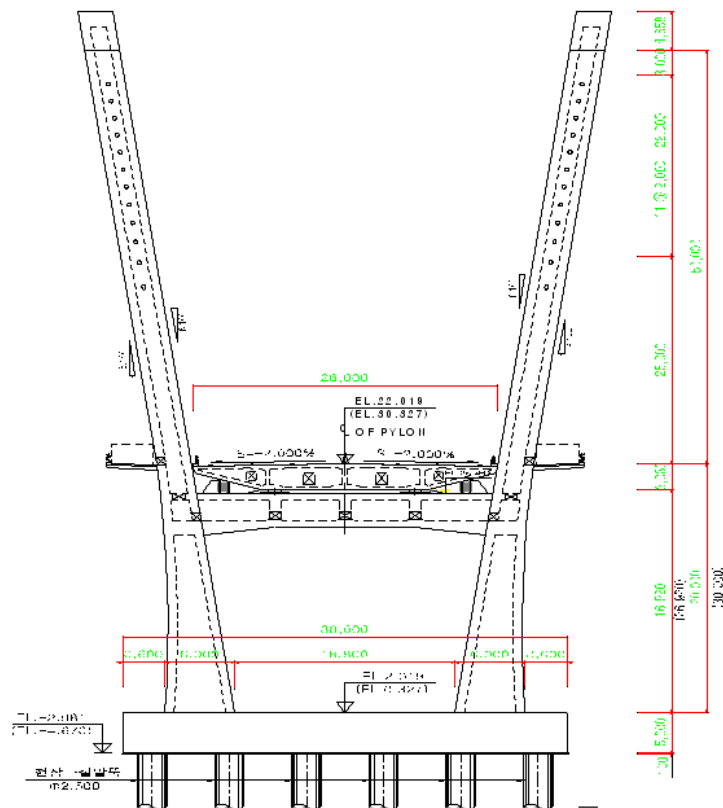
사장교 교량공사 안전보건작업 지침

1. 목 적

이 지침은 교량형식 중 주탑에 경사지게 설치된 케이블로 교량의 상판을 연결 지지하는 형식인 사장교의 안전한 작업방법 및 추락, 낙하, 붕괴, 감전 등의 재해를 예방하기 위하여 필요한 작업 단계별 안전사항 및 안전시설에 관한 기술적 사항 등을 정함을 목적으로 한다.

2. 적용범위

이 지침은 이동식 거푸집을 이용하여 주탑을 시공한 후 교량 상판을 케이블로 연결 지지하는 교량 형식인 사장교 교량을 시공하는 공법에 적용한다.



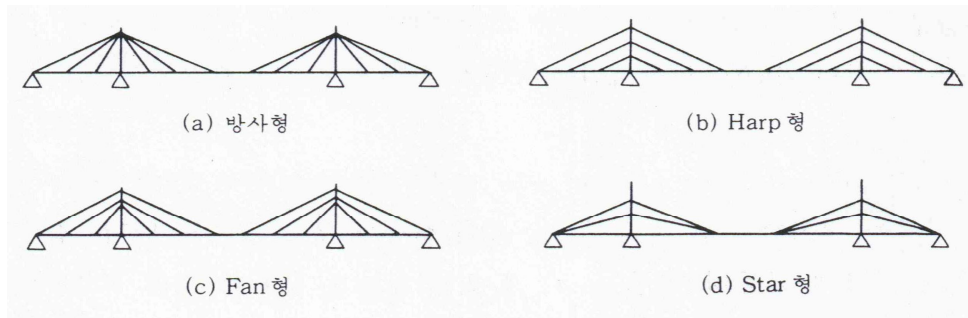
<그림 1> 전형적인 사장교 주탑

3. 용어의 정의

(1) 이 지침에서 사용되는 용어의 정의는 다음과 같다.

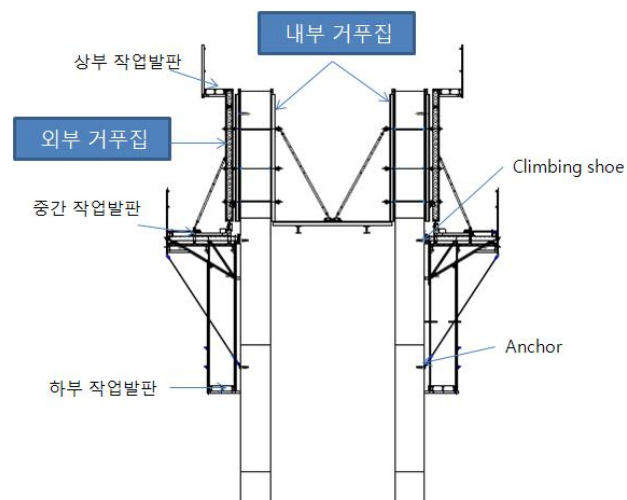
- (가) “사장교(Cable stayed bridge)”라 함은 단순보 또는 연속보인 주형(Deck)을 사장재인 케이블로 지지시켜서 하중을 각 지점과 주탑의 기초를 통해 기초지반으로 전달하는 교량형식을 말한다. 역사적으로는 1784년 독일의 Löscher에 의해 목재만으로 이루어진 사장교 형태가 처음으로 제안되었으며, 공법 및 구조이론의 발전으로 경제적이고 안전한 설계가 가능해지고 그 형태가 현대감각에 맞기 때문에 최근에 세계 각국에서 많이 설계·시공되고 있는 교량형식중에 하나이다. 일반적으로 사장교는 주탑형식에 따라 일탑형, 이탑형, A형, 수정 A형, 다이아몬드(Diamond)형, 델타(Delta)형 등으로 나눌 수 있으며, 케이블 배치 형상에 따라 방사형, Harp형, Fan형, Star형 등으로 나눌 수 있다. 또한 케이블 횡단면 배치에 따라 단일평면 구조, 2중평면 구조, 3중평면 구조 등으로 나눌 수 있다. 해외에서 시공된 사장교 중에는 일본의 타타라대교(Tatara bridge)와 프랑스 노르망디 교량(Normandie bridge)이 유명하며, 국내에는 올림픽대교, 돌산대교, 서해대교 등이 사장교로 시공되었다.
- (나) “주탑(Pylon)”이라 함은 교량 상부구조에 연결된 케이블에서 전달된 연직하중을 축력의 형태로 기초지반에 전달하는 사장교에서 가장 중요한 구조물을 말한다. 일반적으로 주탑의 형식은 케이블 배치, 가설지점의 조건, 설계조건, 미관, 경제성 등에 따라 결정되며, 일탑형, 이탑형, A형, 수정 A형, 다이아몬드(Diamond)형, 델타(Delta)형 등으로 나눌 수 있다.
- (다) “케이블(Stay cable)”이라 함은 사장교에서 교량 상부구조물을 주탑에 연결해 주는 부재를 말하며, 일반적으로 피복된 PS강연선 다발을 주로 사용한다. 또한 사장교에서 케이블의 배치는 경간수, 경간장, 교폭, 교탑높이 및 하중의 종류 등에 따라 기하학적 형상, 미관성, 경제성 등을 고려하여 결정하여야 한다. 일반적으로 사용하고 있는 사장교의 케이블 배치는 방사형, Harp형, Fan형, Star형 등으로 나눌 수 있다. 방사형 케이블 배치의 장점은 케이블의 경사각이 상대적으로 크기 때문에 연직하중에 대한 효율이 좋아서 주형에 축력을 많이 발생시키지 않으며, 주탑에는 반대로 휨모멘트에 대한 부담을 줄여 주는 반면 주탑의 정부에 케이블이 집중되어 이러한 응력집중을 견딜수 있는 정착구 설계가 힘들다는 단점도 있다.

Harp형은 주탑에서 케이블 정착구 배치에 여유가 있으나 주형의 압축력이 커지는 단점도 있다. Fan형은 방사형과 Harp형의 절충형으로 주탑정상에 모든 케이블을 정착시키기 어려울 때 유효하며 최근에 가장 널리 적용되는 형식이다. Star형 배치는 방사형과 반대의 형태로 주형 거더의 한 지점에 집중시키는 형태로서 사장교의 특성에는 바람직한 구조가 아니나 독특한 미적인 외관을 갖는 형식으로 종종 사용되기도 한다.



<그림 2> 케이블의 배치 형태

(라) “이동식 거푸집(Climbing form)”이라 함은 거푸집과 작업발판 등이 일체화되어 있어 일정한 높이까지 콘크리트를 타설한 후 다음 구체 제작을 위해 크레인 또는 자체의 유압시스템에 의해 이동시켜 구조물을 연속해서 제작할 수 있는 거푸집을 말한다. 이동식 거푸집의 종류는 크레인을 이용하여 이동상승하는 일반적인 이동식 거푸집과 레일(Rail)과 유압시스템을 이용하여 스스로 상승하는 자동 이동식 거푸집(Auto climbing form)으로 나눌 수 있다. <그림 3>은 사장교에 사용되는 전형적인 이동식 거푸집이다.



<그림 3> 사장교에 사용되는 전형적인 이동식 거푸집

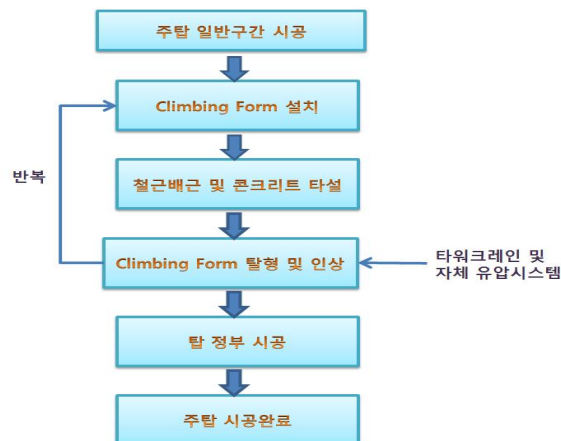
- (마) “앵커(Anchor)”라 함은 이동식 거푸집을 고정하기 위해 클라이밍 슈를 고정할 수 있도록 주탑 콘크리트 타설시 미리 매입된 것을 말한다.
- (바) “클라이밍 슈(Climbing shoe)”라 함은 앵커로 벽체에 고정된 것을 말하며, 클라이밍 슈로 인해 이동식 거푸집을 확실하게 벽면에 고정시킬 수 있다.
- (사) “가이드 파이프(Guide pipe)”라 함은 주탑에 주케이블(Main cable)을 정착시킬 수 있는 있도록 하는 관을 말하며, 정밀시공을 위해 정착부(Anchorage)와 강재 프레임(Steel frame)을 미리 제작하고 일체화시켜 사용하게 된다.
- (아) “P/T 작업(Pre-tentioning work)”라 함은 주탑에 케이블을 정착하는 경우 정착부 주변에 높은 응력이 집중되는데, 이 응력집중을 견딜 수 있도록 강봉을 이용하여 적절히 보강을 하는 것을 말한다.
- (자) “주두부(Pier table)”라 함은 교량 상부공을 전진 가설하기 위해 주탑에 먼저 시공되는 상부공을 말하며, 이 위에 폼 트래블러(Form Traveler)를 설치하여 전진 가설을 시작하게 된다.
- (차) “폼 트래블러(Form Traveler)”라 함은 교량 상부공을 전진 가설할 때 세그먼트를 제작할 수 있는 거푸집 작업대차를 말한다.
- (카) “Key 세그먼트(Key-Segment)”라 함은 캔틸레버(Cantilever) 공법으로 시공된 교량을 연속화하기 위해 마지막으로 제작 연결되는 세그먼트를 말한다.
- (타) “윈치(Winch)”라 함은 케이블을 끌어당기기 위해 필요한 장치를 말한다.
- (파) “언릴러(Unreeler)”라 함은 케이블을 코일에 설치하여 케이블을 전개하기 위한 장치를 말한다. 언릴러는 케이블 릴이 순간적으로 회전하여 케이블이 손상되는 것을 방지하기 위해 사용된다. 일반적으로 소켓무게 때문에 순간적인 회전이 덜 발생하는 베드형 언릴러가 주로 사용된다.
- (2) 기타 이 지침에서 사용하는 용어의 정의는 특별한 규정이 있는 경우를 제외하고는 산업안전보건법, 같은 법 시행령, 같은 법 시행규칙 및 안전보건규칙에서 정하는 바에 의한다.

4. 작업계획 수립 시 검토사항

- (1) 공사현장의 제반여건과 설계도서에서 정하고 있는 작업단계별 작업방법이 부합하고 공사용 장비 사용상의 문제가 없는지 검토한 후 구체적인 작업계획을 수립하여 감독관청의 승인을 받아야 한다.
- (2) 작업계획서는 사장교 작업에 풍부한 경험과 지식을 갖춘 사람이 수립하여야 하며, 공사중에는 계획서의 내용이 제대로 이행되는지의 여부를 정기적으로 확인할 수 있도록 하여야 한다.
- (3) 본 공법에 사용되는 장비 및 가설 구조물 등은 반입해서 사용하기 전에 전문가가 구조적 안전성 및 부재의 결함·손상 여부를 확인하여야 한다.
- (4) 이동식 거푸집의 설치, 이동, 해체작업 단계별 작업방법과 순서, 안전작업 매뉴얼, 근로자와 장비에 대한 안전조치 사항 등이 포함된 작업계획을 수립하여야 한다.
- (5) 장비의 반입·반출 등 크레인을 사용하여 조립 및 해체작업을 하는 경우에는 작업방법 및 순서 등이 포함된 중량물 취급 작업계획을 수립하고 이를 당해 근로자에게 주지시켜야 한다.

5. 주탑 안전작업

주탑의 시공 흐름도는 <그림 4>와 같다.



<그림 4> 주탑의 시공 흐름도

5.1 공통적인 안전조치사항

- (1) 작업시작 전에 관리감독자를 지정하여 작업을 지휘하도록 하여야 한다.
- (2) 관리감독자는 당해 작업의 위험요인과 이에 대한 안전수칙을 근로자에게 주지시키고 이행여부를 확인하여야 한다.
- (3) 작업장 내 고압 송전선로, 전기·통신케이블 등 장애물 현황을 사전에 조사하여 이설하거나 방호시설을 갖추는 등의 안전조치를 하여야 한다.
- (4) 안전모, 안전대 등 근로자의 개인보호구를 점검하고 작업 전에 보호구의 착용방법에 대한 교육을 실시한 다음 작업 중에 착용여부 및 상태를 확인하여야 한다.
- (5) 근로자의 건강상태를 작업 전에 확인하여 작업배치 적정여부를 결정하여야 한다.
- (6) 위험기계·기구의 방호장치를 점검하고 이상이 있는 경우에는 정상적인 제품으로 교체한다.
- (7) 주탑 거푸집에 사용되는 부재의 재질 및 용접상태, 볼트 등의 이상유무를 확인하여야 한다.
- (8) 작업장 내 공구 및 자재를 정리·정돈하여 낙하·비래 등의 재해를 예방하여야 한다.
- (9) 중량부재를 크레인으로 인양할 경우에는 부재에 인양용 리그(Lug)를 설치하여야 한다.
- (10) 이동식 거푸집의 각 부재를 크레인으로 인양할 때에는 인양용 와이어로프를 부재의 2지점 이상에 결속하고 별도의 유도 로프를 설치하여 안전하게 유도하여야 한다.
- (11) 강풍·강우 등 악천후 시에는 작업을 중지하여야 한다.

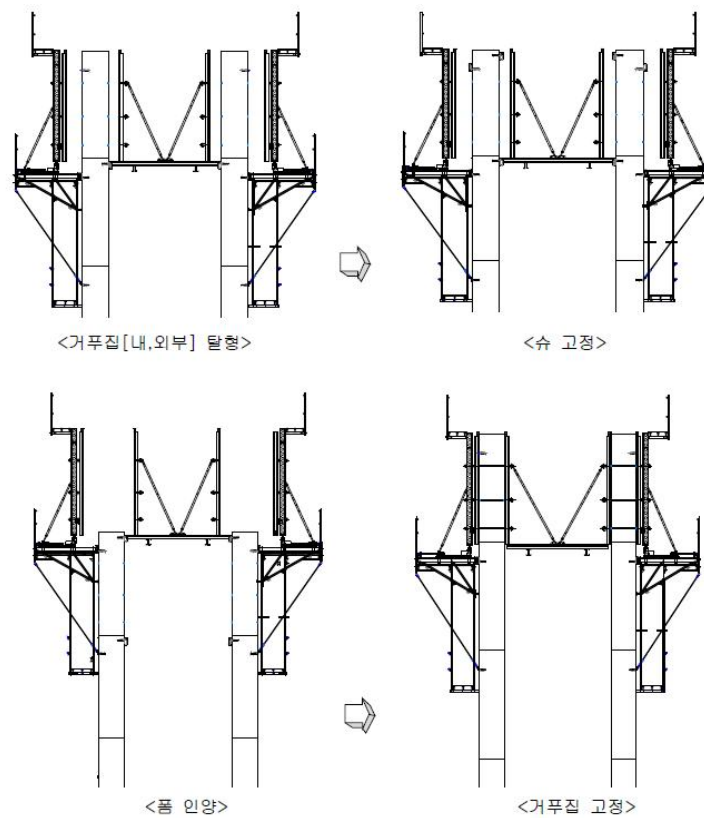
5.2 이동식 거푸집 설치 시 안전작업

- (1) 이동식 거푸집은 정해진 작업순서에 따라 설치하여야 하며, 도면에 의거하여 정확하고 견고하게 시공되어야 한다.
- (2) 각 작업발판은 부식, 변형이 없는 재료를 사용하여야 하며, 높이 차이가 생기지 않게 설치하고 견고하게 시공되어야 한다.
- (3) 각 작업발판 단부에 추락방지를 위해 설치되는 안전난간은 상부에서 발생할 수 있는 충격에 충분히 견딜 수 있도록 설치하여야 한다.
- (4) 각 작업발판 안전난간 하부에 발끝막이판(Toe board)을 설치하여 낙하물이 생기지 않도록 하여야 한다.
- (5) 이동식 거푸집 부재 조립 시 볼트체결 상태를 필히 확인하여야 한다.
- (6) 이동식 거푸집을 고정하고 지지하는 앵커(Anchor)와 클라이밍 슈(Climbing shoe)가 정확한 위치에 견고하게 설치되었는지를 반드시 확인하여야 한다.
- (7) 작업대 간 이동할 수 있는 견고한 계단 및 이동통로를 확보하여야 한다.
- (8) 철근 조립작업 시 근로자 진출입이 원활하도록 작업통로를 확보하여야 한다.
- (9) 하부 작업발판 케이지(Cage) 후면에는 수직보호망을 설치하여야 한다.
- (10) 하부 작업발판 케이지 코너부분은 탈형 시 발판 간의 간섭이 없도록 완벽하게 마무리되어 있어야 한다.
- (11) 각 작업발판에는 화재예방 조치를 위하여 소화기를 비치하여야 한다.
- (12) 각 작업발판 위에는 철근 등 자재를 적치하지 않도록 한다.
- (13) 현장 용접부에는 부식방지를 위하여 방청페인트를 칠 하여야 한다.

(14) 불량자재를 사용하여서는 안된다.

(15) 이동식 거푸집 설치 시 주탑의 정밀 시공을 위해 외부 거푸집 최상단에 2개소의 측량 기준점을 두어 레벨(Level)과 광파기를 이용하여 매 LOT마다 측량을 실시하여야 한다.

(16) 이동식 거푸집 인양순서는 <그림 5>와 같다.



<그림 5> 이동식 거푸집 인양순서

5.3 철근작업, 콘크리트 타설 및 양생 시 안전작업

- (1) 철근에 찢리거나 손상에 주의하고, 운반 시 전도, 비레가 일어나지 않도록 주의하여야 한다.
- (2) 가공 철근 인양작업 시 낙하물이 발생하지 않도록 2줄 걸이로 하며, 달줄, 달포대를 사용하여야 한다.

- (3) 콘크리트 타설방법 및 순서를 준수하여야 한다.
- (4) 콘크리트 양중 시 상·하부에 신호수를 배치하여야 한다.
- (5) 버킷(Bucket)를 이용하여 콘크리트 양중 시 잔재물의 낙하방지를 위해 주의하여야 하며, 작업반경내 타 공중 작업자의 출입을 금지시켜야 한다.
- (6) 콘크리트는 타설 후 습윤양생을 하며, 양생 후 접합면을 거칠게 처리하고, 고압 공기로 접합면의 이물질을 완전히 제거한 후 신 콘크리트를 타설하여야 한다.
- (7) 콘크리트 타설시 타설면 위에 노출된 이음철근에 콘크리트 페이스트가 묻지 않도록 하며, 진동다짐기(Vibrator)가 거푸집 및 철근에 직접 닿지 않도록 주의하여 타설하여야 한다.
- (8) 진동다짐기의 감전방지를 위해 접지 및 누전차단기가 설치된 분전반의 전원을 사용하고, 작업 전선도 피복손상 유무를 확인하며, 사용 후에는 분리해서 깨끗하게 청소하여야 한다.
- (9) 콘크리트 타설 직후 직사광선이나 바람으로 인한 표면건조로 초기균열이 발생하는 것을 방지하기 위한 조치를 하여야 한다.
- (10) 여러 원인으로 발생하는 주탑의 처짐은 시공이 진행됨에 따라 더 커질 수 있으므로 매 이동식 거푸집 상승 시 콘크리트 타설 전·후에 측량을 수행하여야 하며, 발생될 처짐을 미리 계산하여 프리캠버(Pre-camber)를 주어야 한다.

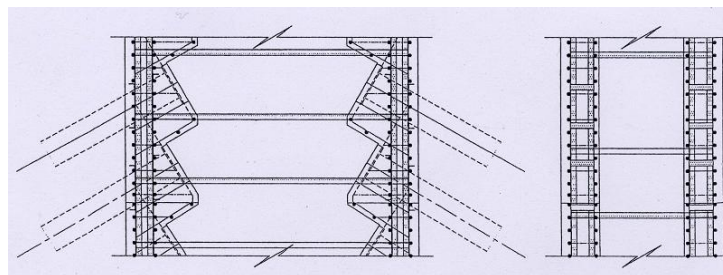
5.4 이동식 거푸집 인양 및 상승 작업 시 안전작업

- (1) 강풍, 폭우, 폭설 등의 악천후 시에는 작업을 중지하여야 한다.
- (2) 이동식 거푸집을 탈영하고 인양 또는 상승 시에는 작업책임자를 지정하여 작업을 수행하여야 한다.
- (3) 이동식 거푸집을 인양 시에는 신호수를 배치하고 신호에 따라 작업하여야 한다.

- (4) 이동식 거푸집 인양 또는 자동 이동식 거푸집 상승 시에는 작업장 주위에 관계자 외 출입금지를 시켜야 한다.
- (5) 이동식 거푸집 인양 시 인양용 와이어로프에 대한 점검을 철저히 하고 파손 시에는 즉시 교체하여야 한다.
- (6) 이동식 거푸집을 크레인으로 인양할 경우에는 작업이 종료될 때까지 부재를 확실하게 매달고 있어야 한다.
- (7) 자동 이동식 거푸집에 사용되는 유압시스템의 전동기 외함은 접지를 하여야 한다.
- (8) 자동 이동식 거푸집의 클라이밍 레일에는 이물질이 없어야 한다.
- (9) 이동식 거푸집 인양 시 작업발판에 간섭될 만한 물체가 있는지 확인하여야 한다.
- (10) 이동식 거푸집 인양 시 각 작업발판 위에는 낙하할 만한 자재나 공구 등이 없어야 한다.

5.5 주탑 정착부 가이드 파이프 설치시 안전작업

- (1) 주탑 정착부 가이드 파이프는 <그림 6>과 같다.



<그림 6> 주탑 정착부 가이드 파이프(Guide Pipe)

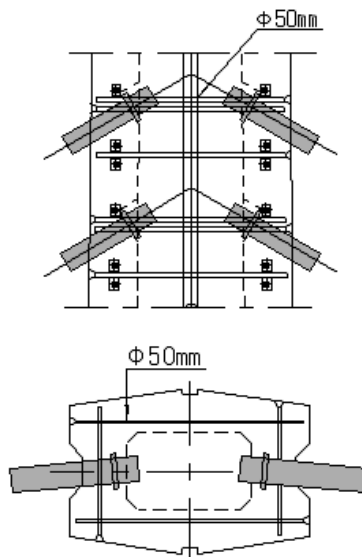
- (2) 강제 프레임에 볼트로 조립된 가이드 파이프가 계획된 위치에 설치되었는지 측량하여 확인하고, 측량 결과에 따라 수정한 후 콘크리트 타설이나 작업 중에 가이드 파이프의 위치가 변할 수 있으므로 연결부를 용접으로 견고하게 접합하여야 한다.

(3) 가이드 파이프 고정용 강제 프레임에 철근이 간섭이 되는 경우에는 일부 주철근을 강제 프레임에 선 조립하여 설치하여야 한다.

(4) 강제 프레임 등을 양중 시 상·하부에 신호수를 배치하여야 한다.

5.6 P/T 작업 시 안전작업

(1) 주탑 정착부 P/T를 위한 강봉 배치도는 <그림 7>과 같다.



<그림 7> 주탑 정착부 P/T를 위한 강봉배치도

(2) 강봉의 긴장작업은 사전에 감리자가 승인한 긴장 계획서에 의거하여 수행하여야 한다.

(3) 사용되는 인장장비는 국가 공인기관으로부터 검교정을 필한 장비를 사용하여야 한다.

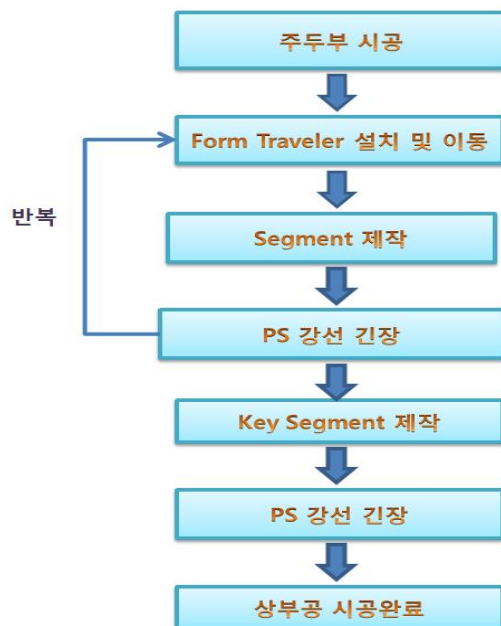
(4) 강봉의 긴장은 주탑 세그먼트 콘크리트 강도가 설계강도의 80%이상 발현되었을 때 실시하여야 한다.

(5) 강봉 긴장력 도입 계산서에 의한 목표 신장량까지 긴장하고 그 때 강봉의 신장량을 기록하여야 한다.

- (6) 긴장작업 완료 후에는 감리자의 승인을 득한 후 그라우팅을 실시하여야 한다.
- (7) 프리스트레스가 도입된 강봉의 부식을 방지하기 위해 그라우팅은 가능한 빨리 시행하여야 한다.
- (8) 그라우팅 작업에 앞서 쉬스관 내에 물을 통과시켜 깨끗하게 청소를 하고 충분히 습윤상태가 된 후에 그라우팅을 실시하여야 한다.
- (9) 그라우팅 믹서기의 감전방지를 위한 감전예방 조치(접지, 누전차단기 설치 등)을 하여야 한다.

6. 주경간 상부공 안전작업

주경간 상부공의 시공 흐름도는 <그림 8>과 같다.



<그림 8> 상부공의 시공 흐름도

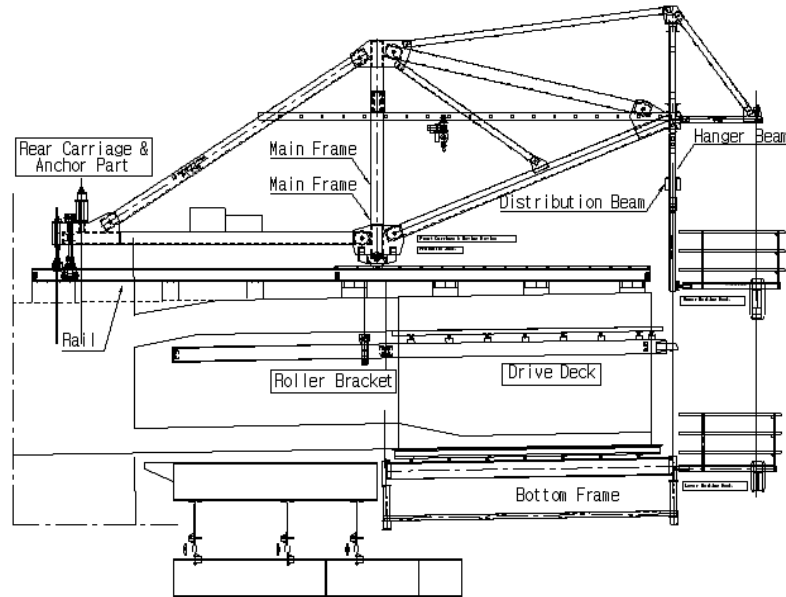
6.1 주두부 시공시 안전작업

- (1) 주두부 가설벤트 지보공은 콘크리트 타설 작업시의 하중을 고려하여 구조 검토를 실시하여 조립도를 작성하여야 하며, 이 조립도의 순서에 따라 조립하여야 한다.

- (2) 가설벤트 지보공 재료의 이상 유무를 확인하여 균열, 부식, 휨, 웅이, 단면 부족 등의 결함이 있는 자재는 반출시켜야 한다.
- (3) 가설벤트 지보공이 주탑 기초를 벗어나는 경우에는 부등침하 방지를 위한 철저한 다짐을 하거나 콘크리트를 타설하여야 한다.
- (4) 주탑 기초가 경사진 경우에는 가설벤트 지보공의 미끄럼 방지조치를 하여야 한다.
- (5) 가설벤트가 최종적으로 조립 설치된 경우에 레벨을 점검하여야 하며, 볼트의 체결상태 및 위치를 점검하여야 한다.
- (6) 가설벤트 위에 설치되는 하부 거푸집은 선형 및 레벨 측량을 실시하여 교량 하단부의 계획고에 정확히 맞는지 확인하여야 한다.
- (7) 좌굴 및 뒤틀림 방지를 위해 동바리마다 수평재를 양방향으로 설치하여야 한다.
- (8) 동바리와 슬래브 하부 거푸집 사이의 틈새는 췌기로 밀착하여 하중을 고르게 분산시켜야 한다.
- (9) 슬래브 거푸집 설치 시 잭 베이스(Jack Base)는 지지목에 필히 고정시켜 전도를 방지하여야 한다.

6.2 폼 트래블러(Form Traveler) 설치 및 이동시 안전작업

- (1) 작업 전에 작업계획서를 작성하고 이를 준수하여야 한다.
- (2) 폼 트래블러에 사용되는 주요 장비는 반입하여 사용하기 전에 전문가가 구조적 안전성과 결함, 손상여부를 확인하여야 한다.
- (3) 폼 트래블러의 주요 부재인 메인 프레임(Main Frame), 리어 트러스(Rear Truss), 메인 레일(Main Rail) 등은 사용 전 육안으로 사전 점검을 하고 필요 시 비파괴 검사 등을 통해 이상 유무를 점검하여야 한다.



<그림 9> 폼 트래블러(Form Traveler)

- (4) 폼 트래블러를 고정해 주는 앵커 바(Anchor bar)는 커플링(Coupling)에 충분히 삽입되어야 하며, 편심을 받지 않도록 해야 한다.
- (5) 선단부 및 후미부에 각각 2곳의 높이를 측량하여 전체의 폼 트래블러 높이를 맞추어야 한다.
- (6) 수평방향의 강성을 충분히 확보하기 위해 상부 슬래브 거푸집은 주방향 H형강에 충분히 고정시켜야 한다.
- (7) 폼 트래블러를 제작하여 처음 사용하게 되면 각 연결부위에서 추가변형이 발생함으로 처음 사용 시 인장너트(Tensioning Nut)를 조정하여 높이를 맞추어야 한다.
- (9) 거푸집을 포함한 폼 트래블러는 월 1회 이상 정기점검을 실시하여 주요부의 접합상태, 손상유무, 성능유지 등에 대하여 기록하여야 한다.
- (10) 각 세그먼트 제작 후 거푸집 해체 및 폼 트래블러 이동작업은 작업시작 전에 작업방법, 작업순서 및 안전조치 사항에 대하여 근로자에게 주지시켜야 한다.

- (11) 거푸집을 포함한 폼 트레이블러 이동작업은 이동작업 방법과 순서에 따라 천천히 이동시켜야 한다.

6.3 세그먼트 및 키(Key) 세그먼트 제작 시 안전작업

- (1) 크레인을 이용하여 철근운반 시 작업반경내 접근을 금지하여야 한다.
- (2) 철근운반 시 허리를 곧게 펴고, 호흡을 맞추어서 작업하여야 한다.
- (3) 철근절단기 및 절곡기는 감전방지용 안전장치 확인 후 사용하여야 한다.
- (4) 쉬스관을 고정철근에 용접작업 시 전격방지 및 접지상태를 확인하여야 한다.
- (5) 철근은 바른 위치에 배치하고 콘크리트 타설 중 움직이지 않도록 견고하게 조립하여야 한다.
- (6) 쉬스관은 소정의 위치 및 방향이 정확하게 시공되어야 하고, 손상되지 않도록 주의해서 배치해야 한다.
- (7) 철근 조립이 끝난 후에는 조립도에 의거하여 정확하게 조립되었는지 콘크리트 타설 전에 감리원의 승인을 받아야 한다.
- (8) 콘크리트 펌프카는 지반다짐, 아웃트리거 설치 등 전도방지조치를 반드시 실시하여야 한다.
- (9) 콘크리트 타설방법 및 순서를 준수하여야 하며, 편심하중이 작용하지 않도록 분산 타설하여야 한다.
- (10) 콘크리트 타설시 거푸집, 철근, 쉬스관 등이 변형되거나 손상이 되지 않도록 주의하여야 한다.
- (11) 하부 플랜지 및 복부의 콘크리트 타설시 재료분리가 발생되지 않도록 주의하여야 한다.

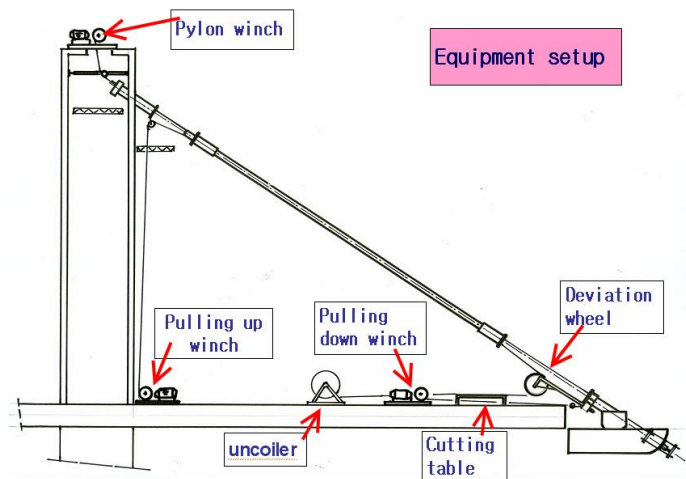
- (12) 콘크리트를 연속적으로 타설하여 콜드 조인트(Cold Joint)가 발생되지 않도록 주의하여야 한다.
- (13) 경사진 곳에 콘크리트 타설시 낮은 곳부터 타설하여 콘크리트가 이동하지 않도록 하여야 한다.
- (14) 진동다짐기 등의 전기 기계·기구에는 감전방지 조치를 취해야 한다.
- (15) 진동다짐 시 배근된 철근 및 쉬스의 위치 및 방향이 변경되거나 손상이 되지 않도록 주의하여야 한다.
- (16) 콘크리트 타설 후 소요기간까지 경화에 필요한 온도, 습도조건을 유지하면서 충분히 양생하여야 한다.
- (17) 콘크리트 표면에서의 수분증발로 인한 양생균열을 방지하기 위해 습윤양생이나 피막양생을 실시하여야 한다.

6.4 프리스트레싱 작업 시 안전작업

- (1) 긴장작업 전 작업절차 및 신호방법 등에 대하여 작업자들에게 사전교육을 실시하여야 한다.
- (2) 긴장작업은 설계도의 순서에 따라 실시하여야 하며, 긴장계산서의 정확한 값을 확인한 후 실시하여야 한다.
- (3) 긴장작업 전 부재 콘크리트와 동일 조건으로 양생된 공시체의 압축강도를 측정하여 설계도의 값 이상이 된 것을 반드시 확인한 후 긴장작업을 실시하여야 한다.
- (4) 긴장작업 시 잭(Jack) 후면과 근처에는 위험구역으로 근로자의 출입을 금지시켜야 한다.
- (5) 전동 펌프(Pump)는 감전에 대한 안전조치를 실시하여야 한다.

- (6) 긴장작업 시 이상한 소리가 들리거나 신장률이 너무 적게 발생된 경우 무리한 긴장을 삼가고, 현장책임자 및 감리자와 협의하에 작업을 수행하여야 한다.
- (7) 긴장작업 시 텐돈(Tendon)의 신장량과 잭(Jack)의 압력은 별도의 양식에 작성 기록하여야 한다.
- (8) 긴장 후 강연선의 여장은 그라우트 캡과 가스절단 시 영향을 미치지 않는 길이를 고려하여 절단하여야 한다.

7. 주 케이블 시공 시 안전작업



<그림 10> 케이블 설치를 위한 장비 개략도

7.1 주탑 내외부 및 거더하부 작업대 설치 및 이동시

- (1) 작업대는 앵커볼트를 이용하여 단단히 고정하여야 하며, 흔들림이 없는지 체크하여야 한다.
- (2) 작업대의 작업발판은 작업 중 탈락하지 않도록 확실하게 고정하여야 한다.
- (3) 작업대에는 안전난간 및 발끝막이판을 반드시 설치하여야 한다.
- (4) 작업대의 작업발판은 작업하중을 고려한 구조검토를 통해 안전한 구조가 되도록 하여야 한다.

- (5) 특히 주탑 외부 작업대 이동시 와이어로프로 단단히 고정시킨 후 풍속 및 풍향을 파악하여 바람이 없을 때 인양하여 이동시켜야 한다.

7.2 원치 설치 시

- (1) 원치에 사용되는 와이어로프는 산업안전보건기준에 관한 규칙 제63조 1호에 해당하지 않는 것을 사용하여야 한다.
- (2) 원치를 사용하기 전에 브레이크, 클러치, 급정지장치 등이 정상적으로 작동하는지를 확인하여야 한다.
- (3) 통로를 횡단하는 와이어로프에는 적당한 덮개로 덮어야 한다.
- (4) 드럼에 감겨있는 와이어로프의 끝이나 혹 등에 연결되어 있는 와이어로프의 끝은 클램프나 클립 등으로 견고하게 부착되어 있어야 한다.
- (5) 원치 주위에는 울타리 등을 만들어 관계자 외 출입을 금지시켜야 한다.
- (6) 원치로 작업 중에는 와이어로프 내각선에 근로자의 접근을 금지시켜야 한다.
- (7) 원치 운전 시 신호방법을 준수하여야 하며, 반드시 신호자를 배치하여야 한다.
- (8) 사용 후에는 와이어로프를 드럼에 완전히 감아 두어야 한다.
- (9) 전동기는 감전방지를 위한 조치를 취하여야 한다.
- (10) 휴식, 휴무 시에는 반드시 전원스위치를 차단하여야 한다.

7.3 케이블 전개, 인양, 긴장작업 시

- (1) 케이블 코일의 급작스런 전개가 일어나지 않도록 적정 전개속도를 유지하여야 한다.
- (2) 언릴러(Unreeler)에 브레이크 장치를 반드시 설치하여야 한다.

- (3) 우천 및 풍속 10m/s이상인 경우, 케이블 인양작업을 금지시켜야 한다.
- (4) 케이블 인양작업 시 타작업과 간섭이 되는 경우 작업을 금지시켜야 하며, 작업반경내 근로자의 출입을 금지시켜야 한다.
- (5) 케이블 인양을 위한 달기로프의 결속은 견고하게 되어 있어야 한다.
- (6) 강제 파이프의 용접 및 절단에 필요한 용접기는 자동 전격 방지기가 설치되어 있어야 하며, 가스절단기에는 역화방지기가 설치되어 있어야 한다.
- (7) 케이블의 장력과 고유진동수는 다음과 같은 관계식이 성립되므로 다음 식으로 케이블의 장력을 구하여야 한다.

$$T = \frac{4wf_i^2 L_e^2}{n^2 g} \quad n = 1, 2, 3, \dots$$

여기서, T : 케이블 장력(t)

w : 단위길이당 무게(t/m)

f_i : i 번째 고유진동수(Hz)

L_e : 케이블의 유효길이(m)

n : 진동모드

- (8) 일반적으로 케이블의 길이가 긴 경우에는 케이블의 휨강성(EI)에 의한 영향이 매우 적기 때문에 이를 무시하고 케이블의 장력을 산정할 수 있으나, 케이블의 길이가 짧고 휨강성이 큰 경우에는 다양한 진동모드 및 고유진동수를 조사하여 선형회귀분석법에 의해 케이블의 장력을 산정하여야 한다.

7.4 타워크레인 작업 시

- (1) 타워크레인은 산업안전보건기준에 관한 규칙 제136조~제146조를 준수하여야 한다.
- (2) 작업 시작 전에 고장유무를 반드시 확인하여야 한다.

- (3) 지정된 신호수의 표준신호에 의해 작업을 수행하여야 한다.
- (4) 작업 시 급운행, 급정지, 급하강, 급상승을 하지 않아야 한다.
- (5) 크레인의 정격 인양하중을 준수하여야 한다.
- (6) 크레인에 사용되는 와이어로프는 산업안전보건기준에 관한 규칙 제163조~제170조를 준수하여야 한다.
- (7) 철골부재를 인양할 경우에는 안전을 위하여 인양 고리(Lifting Lug)를 사용하여야 한다.