

KOSHA GUIDE

C - 21 - 2011

현수교 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

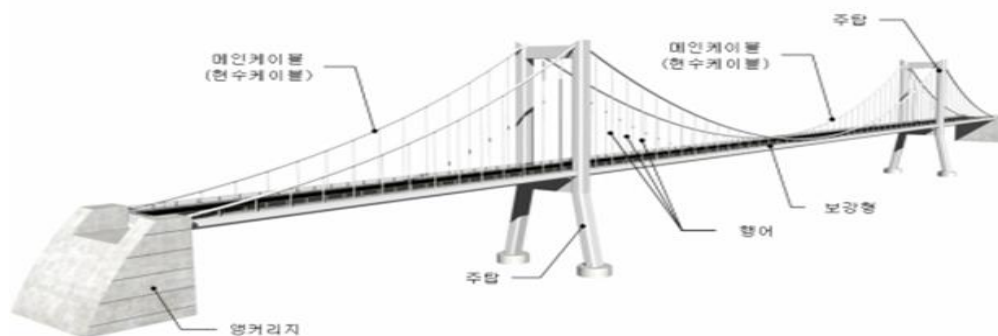
현수교 교량공사 안전보건작업 지침

1. 목 적

이 지침은 교량형식 중 주탑에서 늘어뜨린 주케이블을 양 끝에 있는 앵커리지에 정착시킨 후 보강거더를 주케이블에 현수재로 연결 지지하는 형식인 현수교의 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 강재 및 콘크리트로 양 주탑을 시공한 후 양 주탑에서 늘어뜨린 주케이블을 양 끝단에서 앵커리지에 고정하고 현수재로 보강거더를 주케이블에 연결하여 완공하는 교량 형식인 현수교 교량을 시공하는 공법에 적용한다.



<그림 1> 현수교 구성

3. 용어의 정의

(1) 이 지침에서 사용되는 용어의 정의는 다음과 같다.

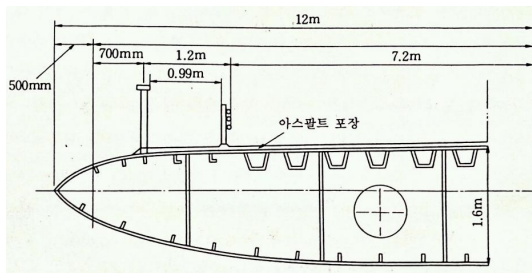
(가) “현수교(Suspension bridge)”라 함은 주탑에서 늘어뜨린 주케이블을 양 끝에 있는 앵커리지에 정착시킨 후 보강거더를 주케이블에 현수재로 연

결 지지하는 교량형식을 말한다. 역사적으로는 1801년 Finley가 세운 미국 펜실베이니아주의 Jacobs Creek에 지간 약 21m의 현수교를 현대 현수교의 효시라 할 수 있다. 현수교는 보강거더의 유무에 따라 교량주형이 보강되지 않은 무보강현수교와 보강주형을 보강한 보강현수교로 나눌 수 있는데, 현대적 현수교는 주로 보강현수교로 가장 일반적인 3경간 2힌지로 시공되고 있다. 또한 현수교는 주케이블 고정방법에 따라 교량 시종점부에 별도의 앵커리지를 만들어 주케이블을 고정하는 방식인 타정식(Earth-anchored) 현수교와 주케이블을 앵커리지로 고정하지 않고 보강거더에 직접 고정하는 방식인 자정식(Self-anchored) 현수교로 분류된다. 현수교는 여러 가지 교량형식중 가장 지간이 긴 곳에 적용되는 형식으로 세계 최장 경간교량인 일본의 아카시대교(Akashi-kaikyo bridge)가 중앙경간 1991m의 타정식 현수교이다. 국내에는 1973년 완공된 중앙경간 660m 남해대교, 2003년 완공된 중앙경간 900m 광안대교 등이 현수교로 시공되었고, 국내 최대경간을 자랑하는 중앙경간 1545m의 이순신대교가 2012년 완공을 목표로 현수교로 시공되고 있다.

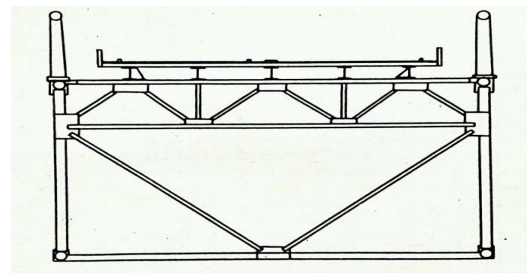
(나) “주탑(Pylon)”이라 함은 사장교와 마찬가지로 주케이블의 하중을 기초에 전달하는 역할을 하는 것을 말한다. 주탑은 현수교의 경관미를 좌우하는 중요한 구조부재이기 때문에 특히 지간이 긴 장지간 현수교에서는 주탑에 의해 교량의 특징이 결정된다고 해도 과언은 아니다. 일반적으로 주탑은 주탑정부에서 주케이블의 교축방향 이동을 구속하면 대단히 큰 반력이 생기기 때문에 주탑저부를 고정하고 주탑정부를 자유단으로 설계하게 된다. 주탑은 교축 직각방향으로도 충분한 강성을 확보하여야 하는데, 2개의 주탑 기둥을 트러스로 연결하는 방법과 전체를 라멘형식으로 하는 방식과 이 2가지 방식을 병행하는 방법 등이 있다.

(다) “주케이블(Main cable)”이라 함은 현수교에서 가장 중요한 구조요소로 보강거더에 작용하는 사하중과 활하중의 대부분을 지지하는 역할을 하는 것을 말한다. 주케이블 재료로 처음에는 체인(Chain)이나 아이 바(Eye bar)가 사용되어 왔으나 현재는 나선 로프(Spiral rope), 평행 강선케이블(Parallel wire cable) 등이 사용된다. 장대 현수교에서는 일반적으로 평행 강선케이블이 가장 많이 사용되고 있다. 주케이블의 새그(Sag)가 크면 작은 케이블인장력으로 큰 하중을 지지할 수 있으나, 활하중에 의한 변형은 오히려 크게 발생하게 된다. 일반적으로 장대 현수교에서는 중앙경간 l 과 새그 f 와의 비가 $f/l \approx 1/10 \sim 1/12$ 정도가 되게 한다.

(라) “보강거더(Stiffening girder)”라 함은 행어를 통해 주케이블에 매달은 종 방향으로 보강이 된 거더를 말하며, 보강거더는 활하중을 케이블에 전달하는 역할을 함으로써 지점으로는 활하중 성분이 거의 전달이 되지 않는다. 보강거더를 구조형식에 따라 분류하면 트러스(Truss) 구조, 상자형 단면구조, I형 단면구조로 나눌 수 있고, 장대 현수교의 보강거더는 대부분 트러스구조의 보강트러스를 사용하게 된다. 유선형 상자형 단면은 우리나라의 남해대교와 영국의 Severn교, 덴마크의 Little Belt교, 터키의 Bosphorus교 등에 적용되었고, 보강트러스 단면은 미국의 Mackinac Straits교와 2층교량인 Verranzano Narrows교 등에 적용되었다. 이때 보강트러스 단면의 경우 풍하중에 대한 저항과 비틀림 강성을 증대시키기 위해 수평 브레이싱(Lateral bracing)을 설치하게 된다. 보강거더의 지점은 중소 현수교의 경우 일단을 고정으로 하여 지지하는 경우도 있으나, 장대 현수교에서는 타워 링크(Tower link)라는 받침을 사용한 양단가동 구조로 지지하게 된다.



<그림 2> 유선형 상자형 단면



<그림 3> 보강트러스 단면

(마) “앵커리지(Anchorage)”라 함은 주케이블을 정착하기 위한 구조체를 말하며, 매우 큰 주케이블의 장력을 견딜 수 있어야 하기 때문에 무게가 수만 톤에 달하기도 한다. 일반적으로 앵커리지는 설치방법에 따라 직접 앵커식과 중력식 두 가지로 나눌 수 있다. 직접 앵커식은 기초암반이 얇고 균열이 없는 양질의 암반인 경우에 주로 사용하며, 암반에 구멍을 뚫고 이 곳에 주케이블을 콘크리트로 정착시킴으로써 콘크리트와 암반의 마찰력으로 하여금 주케이블의 장력을 저항할 수 있도록 하는 경제적인 방식이다. 중력식은 매스 콘크리트(Mass concrete)의 중량으로 주케이블의 장력에 저항하는 방식으로 일반적으로 장대 현수교에 주로 사용된다. 중력식은 암반이 비교적 얇고 굴착 가능한 경우 암반위에 직접 콘크리트를 타설하는 직접 기초방식이 사용되고, 굴착이 곤란한 경우에는 말뚝기초나 케이슨 기초방식이 사용되기도 한다.

- (바) “행어(Suspender or Hanger)”이라 함은 보강거더의 하중을 주케이블에 전달하는 역할을 하는 것을 말한다. 행어로서 스트랜드 로프(Strand rope)가 주로 사용된다. 주케이블과 행어의 연결부에는 케이블 밴드가 사용되는데, 장대 현수교에서는 주케이블의 지름이 크므로 조이는 케이블 밴드가 사용되며, 중소 현수교에서는 행어의 강도가 약하기 때문에 케이블 밴드에 소켓을 끼워서 사용하기도 한다.
- (사) “새들 세트(Saddle set)”라 함은 주탑 정상부에 주케이블 접촉지점에 설치하는 것을 말한다. 장대 현수교의 경우 주탑 저부를 고정하여 탑을 처짐 가능한 구조체로 보기 때문에 새들은 주탑의 변형저항을 무시하는 형식의 것을 사용하고, 중소 현수교에서는 주탑 구체를 주탑 저부가 힌지인 강구조체로 보기 때문에 로커(Locker) 또는 롤러(Roller)를 사용하여 주케이블 수평장력의 편차없이 대체로 일정하게 유지되도록 한다.
- (아) “파이로트 로프(Pilot rope)”라 함은 주케이블 가설작업을 유도하고 돕기 위해 주탑에 최초로 설치되는 가설로프를 말한다.
- (야) “캐트워크(Catwalk)”라 함은 주케이블, 케이블 밴드 및 행어 케이블을 가설하기 위한 작업발판 및 작업통로를 말한다. 캐트워크는 이어지는 케이블 가설에 크게 영향을 끼치기 때문에 케이블 공사에서 가장 중요한 가설구조물로 여겨진다.
- (자) “Air Spinning 작업”이라 함은 주케이블 소선을 인출하여 가설하는 공법을 말하며, 인출방법에 따라 Old Air Spinning Method와 New Air Spinning Method로 나눌 수 있다. Old Air Spinning Method는 Free Hanging Method 또는 Sag Control Method라고도 하며, 가설하는 Wire마다 Sag를 조정하면서 가설하는 방식이고, New Air Spinning Method는 Tension Control Method라고도 하며, 소선을 Cable Former를 통해 캐트워크에 지지시킨후 스트랜드 단위로 Sag를 조정하는 방식이다.
- (차) “케이블 밴드(Cable band)”라 함은 주케이블에 행어케이블을 연결시켜 주기 위해 설치되는 주케이블을 감싼 밴드를 말한다.
- (카) “케이블 포머(Cable former)”라 함은 주케이블 소선을 인출시 일정한 높이와 위치에 놓이도록 설치한 것을 말한다.

(타) “스톰 로프(Storm rope)”라 함은 케트워크가 바람에 의해 흔들리는 것을 잡아주는 로프를 말한다.

(파) “윈치(Winch)”라 함은 케이블을 끌어당기기 위해 필요한 장치를 말한다.

(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. 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.

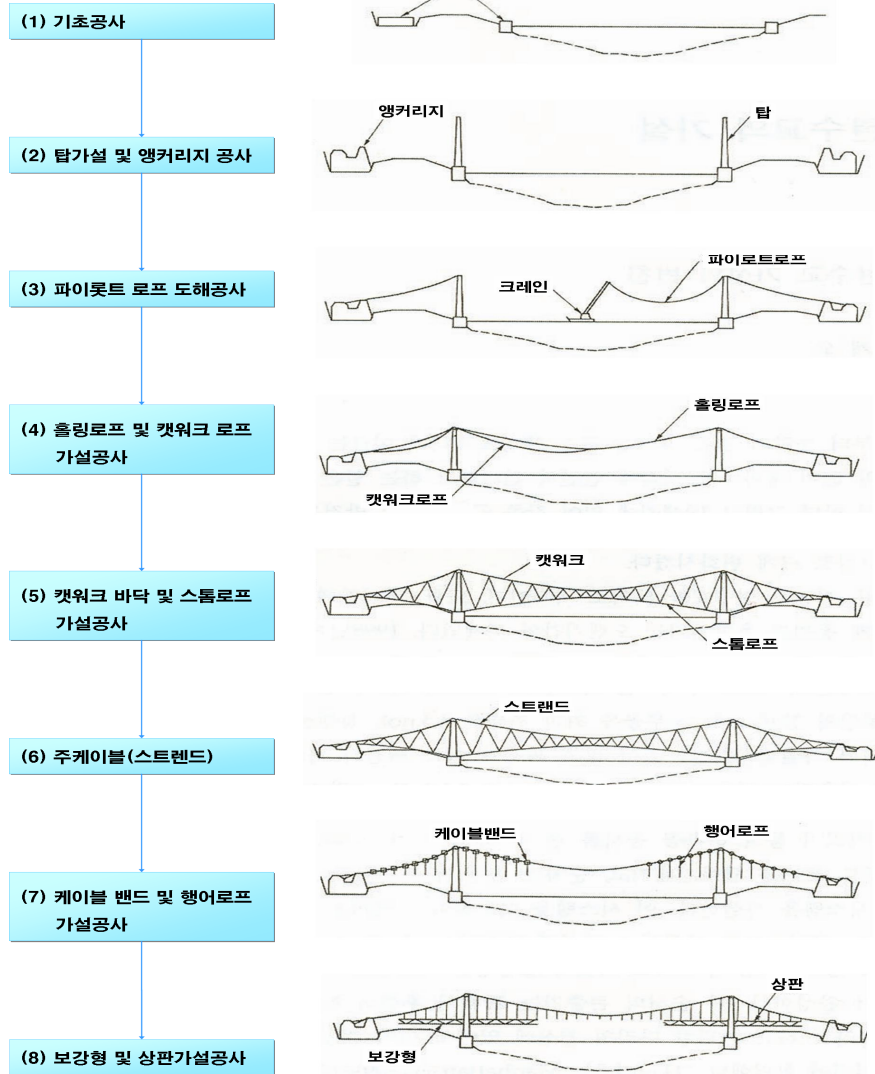
(2) 작업계획서는 현수교 작업에 풍부한 경험과 지식을 갖춘 사람이 수립하여야 하며, 공사 중에는 계획서의 내용이 제대로 이행되는지의 여부를 정기적으로 확인할 수 있도록 하여야 한다.

(3) 본 공법에 사용되는 장비 및 가설 구조물 등은 반입해서 사용하기 전에 전문가가 구조적 안전성 및 부재의 결함·손상 여부를 확인하여야 한다.

(4) 강재 및 콘크리트의 주탑, 앵커리지, 케이블 설치 및 보강거더 설치 등 작업단계별 작업방법과 순서, 안전작업 매뉴얼, 근로자와 장비에 대한 안전조치 사항 등이 포함된 작업계획을 수립하여야 한다.

(5) 크레인을 사용하여 조립 및 해체작업을 하는 경우에는 작업방법 및 순서 등이 포함된 중량물 취급 작업계획을 수립하고 이를 당해 근로자에게 주지시켜야 한다.

(6) 현수교의 가설순서 개략도는 다음 <그림 4>와 같다.



<그림 4> 현수교 가설순서 개략도

5. 공통적인 안전조치 사항

- (1) 근로자의 건강상태를 작업 전에 확인하여 작업배치 적정여부를 결정하여야 한다.
- (2) 해상작업을 하는 경우에는 구멍조끼, 구멍로프, 구멍튜브 등 구호장비를 갖추어야 한다.
- (3) 강풍·강우 등 악천후 시에는 작업을 중지하여야 한다.
- (4) 야간 작업을 위하여 충분한 조명시설을 확보하여야 한다.

- (5) 부재 인양 시 신호수 배치 계획을 수립하고 배치 및 신호체계 수립을 철저히 하여야 한다.

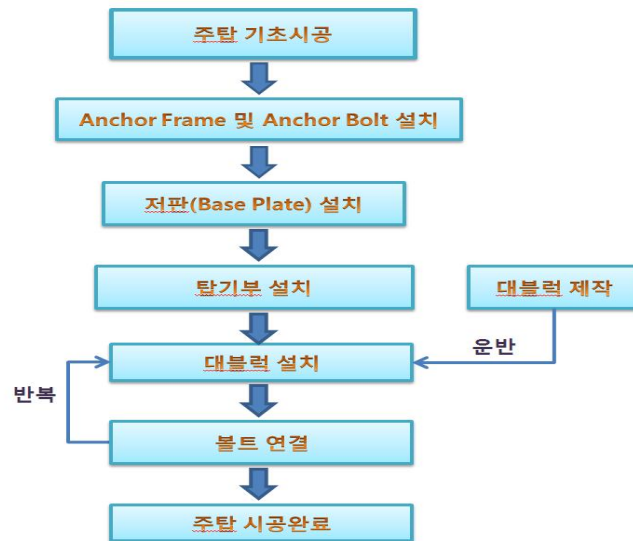
6. 앵커리지 안전작업

- (1) 콘크리트 타설 규모는 콘크리트 생산 및 타설 능력을 고려하여 구조물에 유해한 균열이 발생되지 않도록 계획되어야 한다.
- (2) 구체는 매스콘크리트 구조물이므로 시공성과 온도균열 제어를 고려해서 콘크리트의 수직 및 수평 분할을 결정하여야 한다.
- (3) 수평타설 이음부에는 부착력을 높이기 위해 신콘크리트를 타설하기 전에 고압공기와 워터제트를 사용하여 반드시 레이턴스를 제거하여야 한다.
- (4) 사용되는 콘크리트의 배합은 원하는 강도한도내에서 가능한 단열온도 상승 계수(K)가 낮은 것을 사용해야 하며, 배합이 결정되면 이에 대한 온도해석을 통해 수화열 균열을 방지하기 위해 Pipe cooling 등을 고려하여야 한다.
- (5) 앵커리지에 시공되는 쉬스가 설계도에 따라 정 위치에 정확하게 배치되어 있는지를 확인하여야 한다.
- (6) 주케이בל을 최종적으로 앵커리지에 정착시켜 주는 정착구가 PS강선축에 직각으로 고정되어 있는지를 확인하여야 한다.
- (7) 콘크리트 타설시 쉬스내에 콘크리트가 흘러 들어가지 않도록 쉬스단부 및 정착구 부분을 세심하게 주의를 기울여 타설하여야 한다.
- (8) 긴장된 강연선은 부식방지를 위해 가능한 빨리 그라우팅을 실시하여야 한다.

7. 주탑 안전작업

7.1 강제 주탑

(1) 강재 주탑의 시공흐름도는 <그림 5>와 같다.



<그림 5> 주탑의 시공 흐름도

- (2) 주탑 기초에 매설되는 앵커프레임 및 앵커볼트는 주탑의 정밀도에 직접적인 영향을 주기 때문에 정밀측량을 통해 Level을 맞추어야 한다.
- (3) 저판(Base plate)을 설치후 저면에 무수축 모르타르로 그라우팅을 실시하는데, 모의시험을 통해 충진율을 반드시 확인하여 시공하여야 한다.
- (4) 탐기부 설치 시 앵커볼트의 나사부분이 변형되지 않도록 반드시 보호캡을 씌워야 한다.
- (5) 대블럭을 제작하기 위한 단블럭은 설계도면의 제작순서에 따라 제작하여야 한다.
- (6) 단블럭 제작 시 용접은 다양한 용접방법을 적용하여 용접변형을 최소화하여야 한다.
- (7) 단블럭 제작 시 주탑의 연직도 확보를 위해 상하단 블록의 높이 차이가 최소화될 수 있도록 하여야 한다.
- (8) 단블럭을 조립하여 대블럭을 제작하는 경우 단블럭간의 Metal Touch(0.04mm의 간극게이지가 판두께 1/3 이상 들어가지 않는 개소를 밀착 등으로 판단) 등을 통해 주탑의 연직도를 확보하여야 한다.
- (9) 해상운송을 통해 대블럭을 운송하는 작업은 설계 기상조건을 만족하는 작업환경 시에만 실시하여야 한다.

- (10) 해상운송을 통해 대블럭을 운송하는 경우 바지선의 단부 및 개구부에는 안전난간을 설치하여야 한다.
- (11) 해상바지를 통해 대블럭을 운송하는 경우 대블럭의 전도방지를 위한 선상 결박작업(Sea fastening)을 철저히 하여야 한다.
- (12) 대블럭간의 볼트체결시 근로자에 대한 사전교육을 통해 와셔(Washer)의 방향이 올바르게 시공될 수 있도록 하여야 한다.
- (13) 대블럭을 해상운송하는 경우 타선박과의 충돌방지를 위해 해상바지의 각 단부에 경광등을 설치하고, 항로폭을 유지하면서 이동하여야 한다.

7.2 콘크리트 주탑

7.2.1 콘크리트 주탑 시공 시 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) 위험기계·기구의 방호장치를 점검하고 이상이 있는 경우에는 정상적인 제품으로 교체한다.
- (6) 주탑 거푸집에 사용되는 부재의 재질 및 용접상태, 볼트 등의 이상 유무를 확인하여야 한다.
- (7) 작업장 내 공구 및 자재를 정리·정돈하여 낙하·비래 등의 재해를 예방하여야 한다.

(8) 중량부재를 크레인으로 인양할 경우에는 부재에 인양용 리그(Lug)를 설치하여야 한다.

7.2.2 슬립폼 설치

- (1) 슬립폼은 정해진 작업순서에 따라 실시하여야 하며, 도면에 의거하여 정확하고 견고하게 시공되어야 한다.
- (2) 각 작업대 단부에 설치되는 안전난간은 상부에서 발생할 수 있는 충격에 충분히 견딜 수 있도록 시공하여야 한다.
- (3) 각 작업발판은 부식, 변형이 없는 재료를 사용하여야 하며, 높이 차이가 없도록 설치하고 견고하게 시공되어야 한다.
- (4) 각 작업대 간 이동할 수 있는 견고한 계단 및 이동통로를 확보하여야 한다.
- (5) 폼 상승 이후 발생하는 전기시설 등에 대하여는 정확한 위치를 확보하여 간섭되지 않도록 하여야 한다.
- (6) 각 작업대 안전난간 하부에 발끝막이판(Toe board)을 설치하여 낙하물이 생기지 않도록 하여야 한다.
- (7) 슬립폼 부재 조립 시 볼트 체결상태를 반드시 확인하고, 불량자재 사용을 하여서는 안된다.
- (8) 작업통로에 자재가 적치되지 않도록 자재 야적장을 확보하여야 한다.
- (9) 철근조립 작업 시 작업자의 이동이 원활하도록 작업통로를 확보하여야 한다.
- (10) 현장 용접부에는 부식방지를 위하여 방청페인트를 칠하여야 한다.
- (11) 각 작업대에는 양생용 천막 등의 화재예방을 위하여 소화기를 비치하고, 작업대 위에서는 작업과 관련이 없는 화기 사용을 금지하여야 한다.

7.2.3 철근작업 및 콘크리트 타설

- (1) 철근에 찢리거나 손상에 주의하고, 운반 시 전도, 비레가 발생하지 않도록 주의하여야 한다.
- (2) 철근 인양작업 시 낙하물이 발생하지 않도록 2줄 걸이로 하며, 달줄, 달포대를 사용하여야 한다.
- (3) 콘크리트 타설 방법 및 순서를 준수하여야 한다.
- (4) 버킷(Bucket)를 이용하여 콘크리트 양중 시 잔재물의 낙하방지를 위해 주의하여야 하며, 작업반경내 타 공종 작업자의 출입을 금지시켜야 한다.
- (5) 콘크리트 양중 시 상·하부에 신호수를 배치하여야 한다.
- (6) 콘크리트 타설 시 타설면 위에 노출된 이음철근에 콘크리트 페이스트가 묻지 않도록 하며, 진동다짐기(Vibrator)가 거꾸집 및 철근에 직접 닿지 않도록 주의하여 타설하여야 한다.
- (7) 진동다짐기의 감전방지를 위해 접지 및 누전차단기가 설치된 분전반의 전원을 사용하고, 작업 전선의 피복손상 유무를 확인하며, 사용 후에는 분리해서 깨끗하게 청소하여야 한다.
- (8) 여러 원인으로 발생하는 주탑의 처짐은 시공이 진행됨에 따라 더 커질 수 있으므로 매 슬립폼 상승 시 콘크리트 타설 전·후에 측량을 수행하여야 하며, 발생될 처짐을 미리 계산하여 프리캠버(Pre-camber)를 주어야 한다.
- (9) 슬립폼 상승 시에도 각 작업대 부재이음부의 볼트 체결 및 이음 상태를 수시로 점검하여야 한다.

7.2.4 슬립폼 해체

- (1) 각 구간별 해체작업계획을 수립하여야 한다.
- (2) 대형 부재 해체는 상부에서 실시하고, 가능한 하부에 낙하물 방지시설을 설치하여야 한다.

- (3) 해체 부재 하역 시 인양용 와이어로프에 대한 점검을 철저히 하고 파손 시에는 즉시 교체하여야 한다.
- (4) 소부재 해체는 지상에서 실시하고 부득이 상부 해체 시에는 낙하물 방지시설을 철저히 설치하여야 한다.
- (5) 상부 용단작업 시 불꽃비산방지 시설을 설치하여야 한다.
- (6) 상부작업 시에는 하부에 작업자의 출입을 금지하여 한다.
- (7) 상부 부재 해체작업 시 발생하는 개구부 방호조치를 철저히 하고 개구부 방호조치가 곤란할 경우 작업자에게 안전대를 착용토록 하고 안전대 부착설비를 철저히 하여야 한다.
- (8) 부재 인양 시 신호수 배치 계획을 수립하고 배치 및 신호체계 수립을 철저히 하여야 한다.

8. 케이블 안전작업

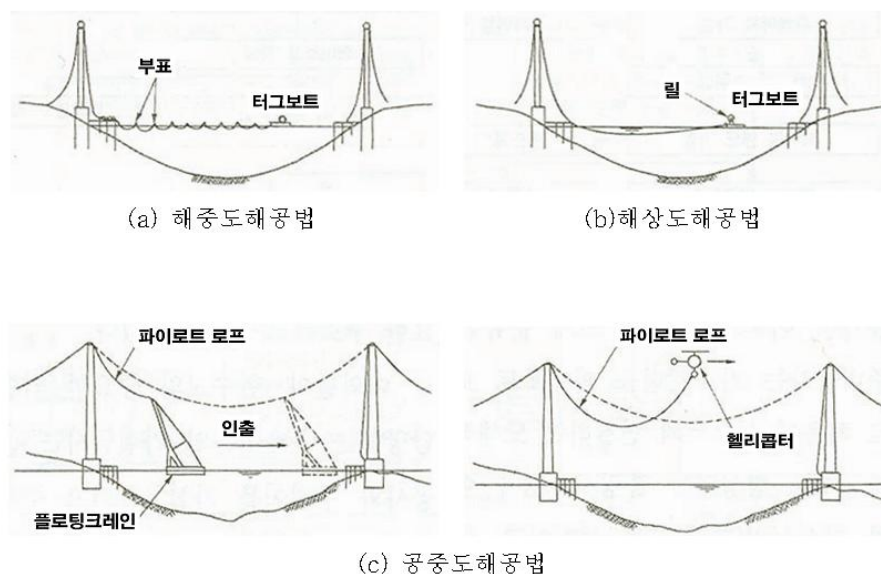
- (1) 케이블 시공 순서도는 <그림 6>과 같다.



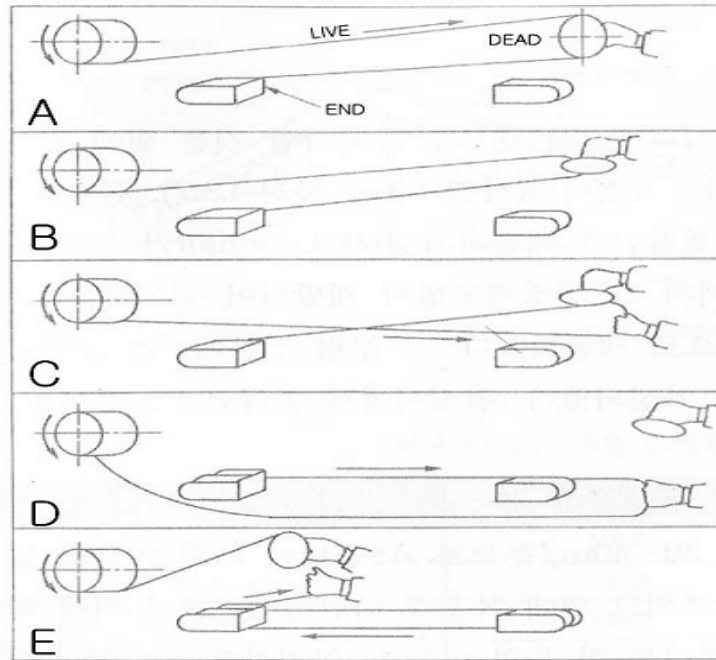
<그림 6> 케이블 시공 순서도

- (2) 케이블은 작업순서와 절차를 준수하여 가설하여야 한다.
- (3) 케이블 가설 시 풍하중에 대한 안전성 검토를 반드시 하여야 한다.
- (4) 케이블 작업에 투입되는 근로자는 작업에 투입되기 전에 철저한 건강검진을 실시하여야 한다.
- (5) 수시로 기상정보를 파악할 수 있는 장비 및 시스템을 갖추어야 하며, 악천후 시에는 작업을 중지하여야 한다.
- (6) 주두부 가시설에는 상·하부 승강용 통로가 적정하게 설치되어 있어야 한다.
- (7) 주두부의 단부 및 개구부에는 추락방지를 위한 안전난간을 설치하여야 한다.
- (8) 와이어소선을 가이드레일에 거치작업 시 이탈하거나 손이 낄 수 있기 때문에 항상 주의를 기울여야 한다.
- (9) 캐트워크(Catwalk)에 사용되는 발판용 철망은 견고한 것을 사용하여야 한다.
- (10) 캐트워크 설치 시 추락에 대한 방지조치를 반드시 하여야 한다.
- (11) 캐트워크가 바람에 의해 흔들림이 큰 경우에는 반드시 스톰 로프(Storm rope)를 설치하여야 한다.
- (12) 케이블의 정밀한 형상과 적정한 새그(Sag)를 유지하기 위해서는 케이블 포머(Cable former)의 간격과 높이가 적정하여야 한다.
- (13) 공장에서 반입되는 소선 코일은 풀기시험을 실시하여 현장에서 잘 전개되는지 여부를 확인하여야 한다.
- (14) 가설된 스트랜드는 현재의 온도, 새들(Saddle)의 셋백(Set back)량 등을 고려하여 표준시의 상태가 되도록 새그를 조정해야 한다.
- (15) 앵커 스팬(Anchor span)에서는 가설된 스트랜드의 새그를 장력으로 조정하여야 한다.

- (16) 스트랜드군의 스퀴징(Squeezing or compaction)은 프리스퀴징과 본 스퀴징을 통해 목표공극률 이하가 될 수 있도록 시행하여야 한다.
- (17) 케이블 밴드(Cable band)의 위치마킹은 온도의 영향이 적은 야간에 실시하여야 한다.
- (18) 케이블 밴드 볼트의 축력은 밴드 설치 시, 트러스 가설 시, 케이블 래핑 시마다 지속적으로 확인하고 재긴장을 하여야 하며, 최종적으로 볼트 개별뿐 아니라 밴드 볼트군의 축력이 허용범위이내가 되어야 한다.
- (19) 행어 케이블의 길이는 프리컴팩션 후 가설된 주케이블의 새그를 측정하고, 보강거더를 시공하였을 경우를 고려하여 결정하여야 한다.
- (20) 주케이블의 도장은 작업순서를 준수하여 시공하여야 한다.
- (21) 주케이블의 도장 시 도료의 비산방지를 위한 조치를 반드시 하여야 한다.
- (22) 캐트워크 위에서의 작업이 완료된 후 캐트워크의 철거는 작업순서를 준수하여 철거하여야 한다.
- (23) 케이블 가설에 사용된 탐정크레인 및 가시설에 대한 해체작업계획을 수립하여야 한다.



<그림 7> 도해공법 개요도



<그림 8> Air Spinning 공법

9. 보강거더 안전작업

9.1 보강거더(보강트러스 및 강상판) 제작 및 운송

- (1) 보강거더는 설계도면의 제작순서에 따라 제작되어야 한다.
- (2) 각 단품의 용접 및 볼트연결도 제작순서에 따라 시공되어야 한다.
- (3) 현수교의 강상판은 용접으로 인해 변형이 생기기 쉬우므로 강상판의 용접 시 용접지그 등을 사용하여 용접변형을 최소화하여야 한다.
- (4) 전기용접 작업 시 다음과 같은 안전장치를 설치하거나 안전작업을 준수하여야 한다.
 - 자동전격방지기 설치
 - 적정 규격의 전선 사용
 - 절연 홀더 사용
 - 감전예방 보호구 착용
 - 작업정지시 전원차단

- (5) 해상운송을 통해 보강거더를 운송하는 경우 설계 기상조건을 만족하는 작업환경 시에만 실시하여야 한다.
- (6) 해상운송을 통해 보강거더를 운송하는 경우 바지선의 단부 및 개구부에는 안전난간을 설치하여야 한다.
- (7) 해상바지를 통해 보강거더를 운송하는 경우 보강트러스 및 강상판의 이동 및 전도방지를 위한 선상 결박작업(Sea fastening)을 철저히 하여야 한다.
- (8) 보강거더를 해상 운송하는 경우 타 선박과의 충돌방지를 위해 해상바지의 각 단부에 경광등을 설치하고, 항로 폭을 유지하면서 이동하여야 한다.

9.2 보강거더(보강트러스 및 강상판) 설치

- (1) 보강거더 설치는 설계도면의 가설순서에 따라 설치되어야 한다.
- (2) 현수교의 보강거더는 가설중에 대변위, 회전, 이동이 쉬우므로 가설 시 바람의 영향, 현장여건 등을 고려하여 경제적이고 안전한 가설공법을 선택하여야 한다.
- (3) 보강거더 가설 시 측경간과 중앙경간의 변형차이가 과도하게 발생하지 않도록 균형이 이루어지는 가설순서를 정하여야 한다.
- (4) 가설 시 모든 부재의 응력이 허용치를 넘어서는 안된다.
- (5) 보강거더 가설 시 수평장력에 의한 주케이블의 풀림(Slip)이 발생하지 않아야 한다.
- (6) 보강거더 가설 시 탑기부의 앵커볼트에 작용하는 긴장력이 기 도입된 프리스트레스 량을 초과하지 않아야 한다.
- (7) 보강거더 가설 시 보강거더에 과응력이 발생하지 않도록 충분하고 안전한 가설한지를 적정 간격으로 두어야 한다.
- (8) 해상크레인(Floating crane)을 이용하여 보강거더를 설치하는 경우 설계 기상조건을 만족하는 경우에만 실시하여야 한다.



<그림 9> 해상 크레인(Floating Crane) 공법

- (9) 해상크레인의 단부 및 개구부에는 안전난간을 설치하여야 한다.
- (10) 해상크레인의 공사구역에는 등부표를 설치하고, 작업반경내 출입을 금지하여야 한다.
- (11) 해상크레인을 이용하여 보강거더 가설은 지정된 신호수의 표준신호에 의해 작업을 수행하여야 한다.
- (12) 보강거더 가설중 앵커리지 및 주탑 등에 충돌시 충격완화를 위한 조치(고무패드 등)를 취하여야 한다.
- (13) 보강거더의 연결작업 시 사용되는 이동형 비계는 추락 및 낙하방지를 위한 안전한 구조가 되어야 한다.
- (14) 주케이블에 설치된 리프팅 갠트리(Lifting gantry)로 보강거더를 설치하는 경우에는 주케이블에 과도한 하중이 작용하지 않도록 적정 인양하중(소블럭 하중)을 결정하여야 한다.



<그림 10> 리프팅 갠트리(Lifting Gantry) 공법

(15) 행어 케이블을 보강거더에 인입 시 축선이 일직선이 되어야 하고, 케이블의 꼬임이 풀리지 않도록 주의하여야 한다.

(16) 보강거더에 행어 케이블 인입 시 꺾임 등으로 인한 손상을 방지하기 위한 조치(가이드 프레임 설치 및 임시 행어 로프 설치 등)를 취해야 한다.