

KOSHA GUIDE

C - 77 - 2013

현수교 주탑 시공 안전보건작업지침

2013. 7.

한국산업안전보건공단

안전보건기술지침의 개요

○ 작성자 : 한국안전학회 최명기

○ 제·개정 경과

- 2013년 7월 건설안전분야 제정위원회 심의(제정)

○ 관련규격 및 자료

- KOSHA GUIDE C-21-2011 현수교 교량공사 안전보건작업지침
- 최신 교량공학(동명사, 황학주)
- 도로교 표준시방서(대한토목학회)
- 교량공사(현수교) 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 : 2013년 8월 30일

제 정 자 : 한국산업안전보건공단 이사장

현수교 주탑 시공 안전보건작업지침

1. 목 적

이 지침은 교량형식 중 현수교의 주케이블 하중을 받아서 기초에 전달하는 역할을 하는 주탑 시공에 있어 안전한 작업방법 및 떨어짐, 맞음, 무너짐, 감전 등의 재해를 예방하기 위하여 필요한 작업 단계별 안전사항 및 안전시설에 관한 기술적 사항 등을 정함을 목적으로 한다.

2. 적용범위

이 지침은 현수교 건설공사 현장에서 일반적으로 탑주와 가로보로 구성된 콘크리트 주탑을 시공하는 작업에 적용한다.



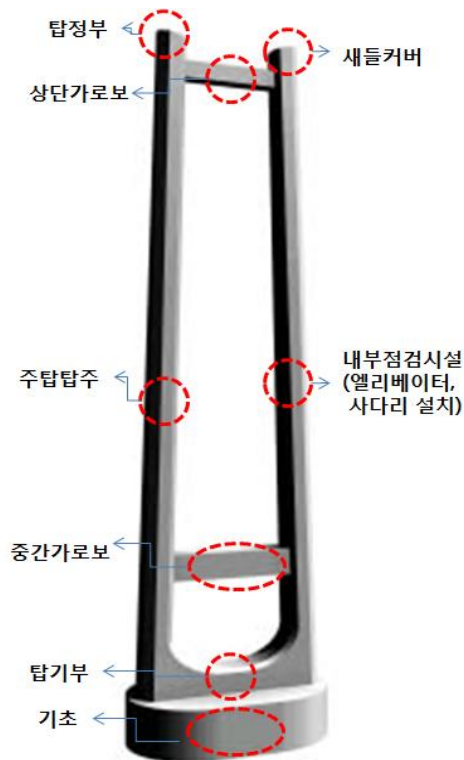
<그림 1> 현수교 주탑

3. 용어의 정의

(1) 이 지침에서 사용되는 용어의 뜻은 다음과 같다.

(가) “현수교(Suspension Bridge)”라 함은 주탑에서 늘어뜨린 주케이블을 양 끝에 있는 앵커리지에 정착시킨 후 보강거더를 주케이블에 현수재로 연결 지지하는 교량형식을 말한다.

(나) “주탑(Pylon)”이라 함은 주케이블의 하중을 받아서 기초에 전달하는 역할을 하는 것을 말하며, 일반적으로 탑주와 가로보로 구성된다. 현수교 주탑공사는 하부공과의 접점인 기부와 주케이블과의 접점인 탑정까지의 탑주부재의 가설로 분류된다.



<그림 2> 현수교 주탑 구성

(다) “가로보(Cross Beam)”이라 함은 현수교 주탑의 탑주를 서로 연결하는 빔 구조를 말한다.



<그림 3> 현수교 가로보



<그림 4> 탑정 새들

(라) “탑정 새들(Tower Saddle)”이라 함은 현수교 주탑 탑정에서 케이블을 안전하게 지지하고 케이블의 연직 반력 또는 수평 반력을 주탑으로 전달하면서 그 방향을 바꾸는 것을 말한다.

(마) “슬립폼(Slip Form)”이라 함은 콘크리트 타설 후 콘크리트가 자립할 수 있는 강도 이상이 되면 거푸집을 상부 방향으로 상승시키면서 연속적으로 철근조립, 콘크리트 타설 등을 실시하여 구조물을 완성시키는 공법에 적용하는 거푸집을 말한다.



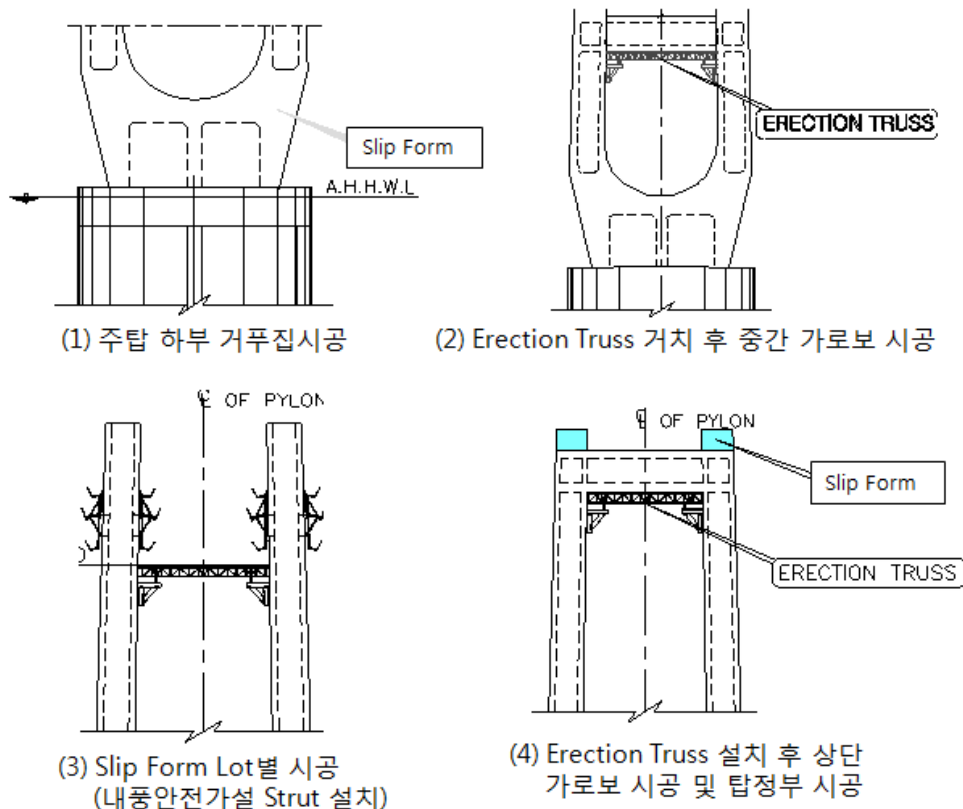
<그림 5> 현수교 주탑 슬립폼

(2) 그 밖의 이 지침에서 사용하는 용어의 정의는 이 지침에 특별히 규정하는 경우를 제외하고는 산업안전보건법, 같은 법 시행령, 같은 법 시행규칙, 안전보건규칙 및 고시에서 정하는 바에 따른다.

4. 현수교 주탑 시공순서

(1) 현수교 주탑 시공순서는 일반적으로 다음과 같다.

- (가) 기초 완료 후 주·탑 하부 거푸집 시공
 - 슬립폼, Auto Climbing Form 등
- (나) Erection Truss 거치 후 중간 가로보 시공
- (다) 슬립폼 Lot별 시공
 - 내풍안전가설 Strut 설치
- (라) Erection Truss 설치 후 상단 가로보 시공
- (마) 탑정부 시공



<그림 6> 현수교 주탑 시공순서

(2) 가로보 일괄 인양(Heavy Lifting공법) 순서는 일반적으로 다음과 같다.

- (가) 가로보 1차 반단면 시공
- (나) 가설 높이에서 슬립폼 조정후 Leg 시공
- (다) Heavy Lifting 장비 설치
- (라) 1차 반단면 인상
- (마) 상부 반단면부 조인트부 콘크리트 타설
- (바) Heavy Lifting 장비 해체
- (사) 2차 반단면부 콘크리트 타설
- (아) 가설 브레이싱 해체

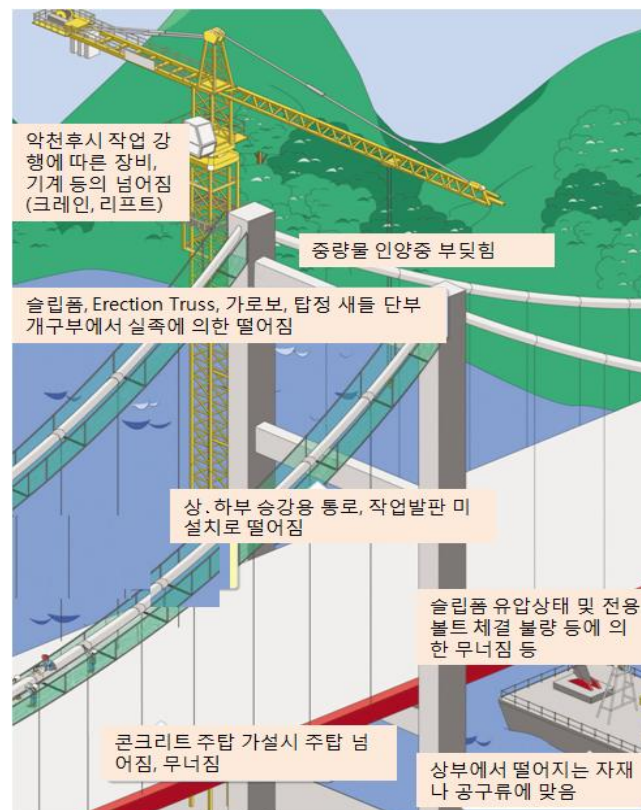
5. 안전작업계획서 작성시 검토사항

(1) 현수교 콘크리트 주탑 시공 시 발생 가능한 재해유형은 다음과 같다.

- (가) 슬립폼, Erection Truss, 가로보, 탑정 새들 단부 개구부에서 실측에 의한

떨어짐

- (나) 상·하부 승강용 통로, 작업발판 미설치로 떨어짐
- (다) 악천후시 작업 강행에 따른 장비, 기계 등의 넘어짐
 - 크레인, 리프트, 콘크리트 압송관 등
- (라) 상부에서 떨어지는 자재나 공구류에 맞음
- (마) 중량물 인양중 부딪힘
- (바) 콘크리트 주탑 가설시 주탑 넘어짐, 무너짐
- (사) 슬립폼 유압상태 및 전용볼트 체결 불량 등에 의한 무너짐 등



<그림 7> 현수교 주탑 시공시 재해유형

(2) 현수교 콘크리트 주탑 시공을 위한 가설구조물의 설계조건을 검토하여 안전작업계획서를 작성하여야 한다.

- (가) 시공조건 등을 고려한 슬립폼, 가로보 일괄 인양(Heavy Lifting공법), 가설 브레이싱 등의 단면설계 및 구조적 강성 확보 여부
- (나) 콘크리트 타설 시 슬립폼의 무너짐에 대한 안전성 확보 여부
- (다) 크레인, 리프트 등 장비 및 기계·기구 등의 구조적 안전성과 부재의 결

함·손상 여부

(라) 설계도서 등에 명시된 안전관리 부분의 요구사항 등

(마) 기타 주탑 구조물 안전과 관련되는 사항

- 풍하중을 고려한 주탑 독립시의 안정성 검토
- 현수교 주탑시공 중 가설의 정확성과 가설하중의 영향 분석
- 주탑의 구조적 안전을 판단하기 위한 정·동적 거동 변화, 지진 및 풍향, 풍속과 구조물 진동, 기상영향 등을 계측시스템
- 주탑형상이 경사진 변단면이면 시공단계에서 두 주탑 Leg의 안쪽으로 변위가 발생하게 되므로 가설중 발생하는 수평변위에 대한 Camber 관리 및 가설 브레이싱 설치 여부 검토

(3) 현수교 콘크리트 주탑 시공조건을 고려하여 안전작업계획서를 작성하여야 한다.

(가) 주탑 시공 현장 내외의 입지조건에 관한 사항

- 가설지점의 지형조건, 기상조건, 작업환경
- 공사현장 인근 주변상황이나 공사계약조건
- 공사현장의 풍향, 풍속 등과 같은 기상자료
- 하역·야적장 현황, 운반 장비 및 방법
- 기타 현수교 주탑 공사현장의 제반여건 등

(나) 주탑 구조물 높이, 폭, 형태 등과 같은 제원이나 특성

(다) 주탑 시공방법, 시공순서, 시공 시 고려할 사항

- 설계도서에서 정하고 있는 작업단계별 작업방법

(라) 현장 내 콘크리트 타설 장비나 인양장비 등에 관한 사항

- 공사용 장비 사용상의 문제점 검토

(마) 주탑 시공시 작업안전에 영향을 끼칠 것으로 예상되는 사항

(4) 안전작업계획서는 현수교 주탑 작업에 풍부한 경험과 지식, 자격을 갖춘 기술자가 작성하여야 하며, 공사 중에는 계획서의 내용을 체계적으로 운용하여야 한다.

(5) 현수교 주탑 시공시에는 비교적 풍압을 받기 쉬운 특징을 가지고 있기 때문에 돌풍이나 바람 등에 의한 위험을 방지하기 위하여 일기예보를 수시로 파악하여 작업을 완료할 수 있도록 안전작업계획서를 작성하여야 한다.

(6) 현수교 주탑 시공은 고소에서 작업이 이루어지는 경우가 많으므로 작업안전에 영향을 끼칠 것으로 예상되는 다음사항에 대하여 안전작업계획서를 작성하여야 한다.

- (가) 안전난간, 안전방망, 안전대 부착설비, 안전한 작업발판 등과 같은 떨어짐 방지대책
- (나) 자재나 공구류의 맞음에 대한 재해를 예방할 수 있도록 출입금지구역 설정, 틈이 없는 바닥판 구조, 수직보호망, 방호선반 등과 같은 맞음 방지대책
- (다) 크레인, 리프트 등을 사용하여 조립 및 해체작업을 하는 경우 작업방법 및 순서 등이 포함된 중량물 취급 계획

6. 현수교 주탑 작업 안전조치사항

6.1 공통사항

- (1) 작업시작 전에 관리감독자를 지정하여 작업을 지휘하도록 하여야 한다.
 - (가) 주탑 작업에 투입되기 전 안전모, 안전대 등 근로자 개인보호구 점검 및 작업 중 착용여부 및 상태 확인
 - (나) 주탑 작업에 사용되는 가설장비는 사전에 안전점검을 실시하고 이상이 발견된 때에는 정상적인 장비로 교체하거나 정비하여 이상이 없음을 확인한 후 사용
 - (다) 위험기계·기구의 방호장치를 점검하고 이상이 있는 경우에는 정상적인 제품으로 교체
 - (라) 당해 작업의 위험요인을 점검하고 작업시작 전에 작업통로, 안전방망, 안전난간 등 안전시설의 설치상태와 이상유무 확인
 - (마) 작업장 내 공구 및 자재는 결속하여 정리정돈을 실시하여 맞음 등의 재해 예방
 - (바) 근로자에게 적절한 휴식시간 부여로 근골격계질환 예방을 위한 적절한 조치
 - (사) 주탑 작업에 대한 안전수칙을 근로자에게 주지시키고 이행여부 확인

(2) 근로자를 배치할 때는 주탑 작업의 특성과 근로자 개인별 특성을 고려하여 적절하게 배치하여야 한다.

(가) 주탑 작업환경, 작업의 종류, 작업형태, 작업내용, 공사기간 등 작업 조건과 특성

(나) 근로자 연령, 건강상태, 업무경력, 숙련도 정도 등 근로자 개인별 특성

(다) 현수교 주탑 작업은 고소에서 작업이 이루어지므로 고소공포증, 고령자, 고혈압 질환자 등은 가능한 배제

(3) 가로보와 가설부재 등을 인양 시에는 안전한 인양계획을 수립하여 작업하여야 한다.

(가) 현수교 주탑 시공 시에는 돌풍이나 바람 등의 영향을 받기 쉬우므로 지형특성을 고려하여 주탑 가설높이에 따른 인양계획 수립

(나) 신호수 배치 및 신호체계 계획 수립

(다) 중량부재를 크레인으로 인양할 때에는 부재에 인양용 러그(Lug)를 설치

(라) 인양용 와이어로프를 부재의 4지점 이상에 결속

(마) 유도 로프를 설치하여 안전하게 유도

(4) 비·눈·바람 또는 그 밖의 기상상태의 불안정으로 인하여 근로자가 위험해질 우려가 있는 경우 작업을 중지하여야 한다. 특히, 순간풍속이 초당 10미터를 초과하는 경우 타워크레인의 설치·수리·점검 또는 해체 작업을 중지하여야 하며, 순간풍속이 초당 20미터를 초과하는 경우에는 타워크레인의 운전 작업을 중지하여야 한다.

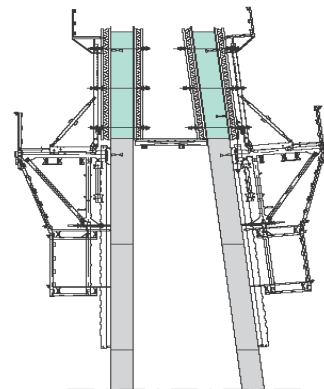
(5) 근로자가 상시 작업하는 장소의 작업면 조도는 보통작업(150럭스 이상), 초정밀 및 정밀작업을 제외한 그 밖의 작업은 75럭스 이상 기준에 맞도록 하여야 하고, 특히 야간 작업을 위하여 투광등과 같은 충분한 조명시설을 확보하고 감전재해를 방지하여야 한다.

(6) 해상작업 안전을 위하여 구멍조끼, 구멍로프, 구멍튜브 등 구호장비를 갖추어야 하고, 해상 안전작업 사항 등에 대한 공통적인 안전조치 사항에 대한 내용은 수상 바지(Barge)선 이용 건설공사 안전보건작업 지침(KOSHA GUIDE C-2-2012)에 따른다.

- (7) 현수교 주탑 안전작업 사항 등에 대한 공통적인 안전조치 사항에 대한 내용은 현수교 교량공사 안전보건작업 지침(KOSHA GUIDE C-21-2011)에 따른다.

6.2. 현수교 주탑 슬립폼 작업안전

- (1) 주탑 타주 시공방법에는 Climbing Form공법과 24시간 연속작업을 통해 안전하면서도 공기 단축효과가 탁월한 슬립폼(Slip Form)공법이 있으며, 일반적인 안전조치 사항에 대한 내용은 현수교 교량공사 안전보건작업 지침(KOSHA GUIDE C- 21-2011)과 슬립폼(Slip Form) 안전작업 지침(KOSHA GUIDE C-38-2011), 시스템폼(RCS폼, ACS폼 중심) 안전작업 지침(KOSHA GUIDE C-1-2011)에 따른다.



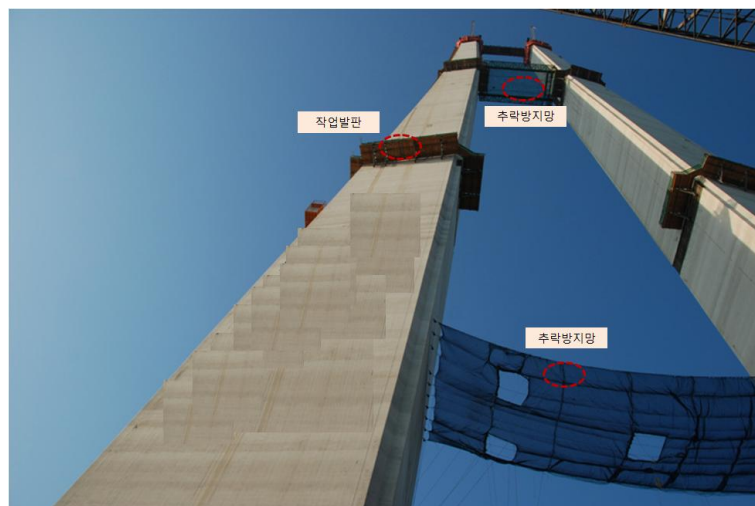
<그림 8> 현수교 콘크리트 주탑 슬립폼

- (2) 주탑시공을 위한 슬립폼은 자중, 풍하중, 작업하중, 측압, 충격하중 등을 고려한 단면설계 및 처짐부의 휨보강 등 구조적 강성을 확보하여 콘크리트 타설 시 무너짐에 대하여 안전하여야 한다.
- (3) 주탑 형상 및 경사도에 따른 슬립폼 형상 조정은 높이에 따라 변하는 벽두께를 조정하기 위하여 요크 간 간격조정과 벽체사이의 거리 타주사이에 거리등을 조정하는 강봉(Rod)을 조정하여 실시한다.
- (4) 강풍으로 인한 슬립폼이나 부속자재 등이 바람에 날리거나 넘어지지 않도록 견고히 긴결하여야 한다.

(5) 주탑 시공을 위한 슬립폼, 크레인, 승강기, 콘크리트 압송관 등은 작업 또는 조립·해체 시에 심하게 움직이거나 흔들리지 않을 정도의 강도를 확보하여야 한다.

(6) 슬립폼 조립 시에는 다음과 같은 안전조치사항을 준수하여야 한다.

(가) 각 작업대 단부에는 근로자의 추락 등에 의한 위험을 방지하기 위한 안전난간을 설치하여야 하며 안전난간대는 지름 2.7센티미터 이상의 금속재 파이프나 그 이상의 강도를 가진 재료로서 가장 취약한 지점에서 가장 취약한 방향으로 작용하는 100 kg 이상의 하중에 견딜 수 있는 튼튼한 구조이어야 한다. 또한 안전난간 하부에는 낙하물을 방지하기 위한 발끝 막이판(Toe Board)을 설치하여야 한다.



<그림 9> 주탑 슬립폼 단부 안전난간 및 탑주 사이 추락방지망

(나) 각 작업대 사이에는 계단, 사다리 등 안전한 승강통로를 설치하며, 사다리를 설치할 경우 추락방지용 등받이를 설치하여야 한다.



<그림 10> 주탑 슬립폼 안전시설(안전난간, 승강통로) 설치 예

- (다) 슬립업을 시작한 이후 설치하는 전기시설, 건설용 리프트 등은 정확한 위치를 확보하여 간섭되지 않도록 하여야 한다.
- (라) 슬립폼 부재 조립 시는 볼트 체결상태를 반드시 확인하여야 한다.
- (마) 통로 주변은 자재가 적치되지 않도록 크레인 등의 양중기 작업반경내에 자재 야적장을 별도로 확보하여야 한다.
- (바) 각각의 작업대에는 화재를 대비하여 소화기를 비치하여야 한다.
- (사) 작업시작 전 작업방법, 작업순서 및 안전조치사항을 근로자에게 주지시켜야 한다.

(7) 슬립폼 콘크리트 타설 작업 시에는 다음과 같은 안전조치사항을 준수하여야 한다.

- (가) 콘크리트 타설은 균일하게 20~30센티미터 높이로 하며, 거푸집 내부에는 콘크리트가 항상 일정 높이에 있도록 유지하고, 작업대 위에 남겨진 콘크리트가 경화되어 거푸집 내부로 밀려들어가지 않도록 작업대와 분배기는 항상 청결한 상태를 유지하여야 한다.
- (나) 콘크리트는 콘크리트 분배용 슈트를 사용하여 타설 하고 콘크리트가 작업장 내에 튀지 않도록 주의하여 주입하여야 한다.
- (다) 콘크리트를 상부로 운반할 경우에는 상·하부에 신호수를 배치하여야 하며 무전기 등을 이용하여 장비 운전원 등과 직접 교신을 하여야 한다.
- (라) 콘크리트 운반 시 잔재물 낙하에 대비하여 작업반경 내 근로자의 출입을 금지시켜야 한다.

- (마) 철근 조립작업 시 발생하는 개구부 등에는 방호조치를 하여야 하며 근로자는 안전대를 착용하고 작업하는 등 추락방지 조치를 하여야 한다.
- (바) 야간작업이 예상되는 경우에는 모든 작업대에는 조명 설비를 설치하여 75 렉스(Lux) 이상의 조도를 확보하여야 한다.



<그림 11> 슬립폼 내부 야간조명 시설

- (사) 동절기에 콘크리트 양생을 위해 갈탄 또는 열풍기를 사용할 경우에는 질식 재해 예방을 위하여 환기 등은 「산업안전보건기준에 관한 규칙」 제 619조(밀폐공간 보건작업 프로그램 수립·시행 등) 내지 제645조(안전대 등)의 조치를 하여야 한다.

(8) 슬립업 시에는 다음과 같은 안전조치사항을 준수하여야 한다.

- (가) 슬립업 작업 전에 콘크리트의 경화 깊이를 측정하고 탈형 후 콘크리트가 부담하는 전하중과 콘크리트가 발휘하여야 하는 압축강도, 품질, 시공조건 등을 고려하여 슬립폼의 슬립업 속도를 결정하여야 한다.
- (나) 슬립업 속도기준은 구조물의 강도와 형상에 따라 차이가 있지만 시간당 10~17센티미터를 기준으로 하되 기온과 콘크리트 경화속도에 따라 적절히 조절하여야 한다.
- (다) 슬립업은 전체 거푸집이 동시에 이동될 수 있도록 하여야 하며 각 유압잭이 균등하게 작동하는지 관찰하여야 한다.
- (라) 슬립폼은 허용오차 범위 이상의 변형이 발생하지 않도록 하여야 한다.
- (마) 작업대는 거푸집과 동시에 이동이 가능하도록 거푸집에 직접 연결하여야 한다.

- (바) 슬립폼은 인양을 시작하기 전에 거푸집의 경사도와 수직도를 검사하여야 하며, 시공 중에는 최소 4 시간 이내마다 실시하여야 한다.
- (사) 슬립업 중에도 각 작업대 부재 이음부의 볼트 체결 및 이음 상태를 수시로 점검하여야 한다.
- (아) 유압잭의 고장이나 콘크리트 등의 공급이 불가능한 상황이 발생하여 불가피하게 슬립업을 못하는 경우에는 콘크리트와 거푸집과의 부착으로 인한 균열 유발을 억제하기 위해 적정 슬립업 시간(보통 1.5~2 시간)이 경과한 후 슬립업 최소기간 이내에는 슬립업 시켜야 한다

(9) 슬립폼 해체 시에는 다음과 같은 안전조치사항을 준수하여야 한다.

- (가) 작업이 완료되면 슬립폼을 해체하여 안전하게 지면에 내려놓아야 한다.
- (나) 작업시작 전 작업방법, 작업순서 및 안전조치사항을 근로자에게 주지시켜야 한다.
- (다) 부재 인양 시는 신호수를 배치하고 신호 규정을 준수하여야 한다.
- (라) 고소작업을 피해 부재는 가급적 지상으로 내려 해체하고 작업반경 내에는 출입금지조치를 하여야 한다.
- (마) 상부에서 부재를 용단하는 작업을 하는 경우 불꽃 비산방지 시설을 설치하여야 한다.
- (바) 상부 부재 해체작업에 따라 발생하는 개구부는 방호조치를 철저히 하고 개구부 방호조치가 곤란할 경우 안전대 부착설비를 설치하고 근로자에게 안전대를 착용토록 하여야 한다.

6.3. 크레인 및 리프트 등의 작업안전

- (1) 주탑 가설을 위해 주로 사용되는 크레인은 현수교 주탑 가설 작업중 하중의 크기와 반력의 변화가 가장 크므로 안전하도록 설계되었는지를 사전에 검토하여야 한다. 주탑 가설을 위해 일반적으로 사용되는 크레인의 종류는 다음과 같다.

(가) 타워크레인(Tower Crane) 공법

- 주탑과 완전히 독립된 타워크레인을 설치해서 주탑 블록을 가설하는 공법으로서 탑의 가설에 따라 크레인 본체도 상승을 하면서 주탑을 가설하는 공법



<그림 12> 가설용 크레인

(나) 플로팅 크레인(Floating Crane) 공법

- 주탑부재를 해상에서 일괄 또는 대블록으로 크레인에 매달아서 가설하는 공법으로서 공기를 단축시킬 수 있으나 크레인의 능력에 한도가 있음

(다) 클리퍼 크레인(Criper Crane) 공법

- 현수교의 주탑에 가이드레일을 설치하여 크레인 본체가 가이드레일에 이어져 차츰 밀려올라가면서 가설하는 공법으로서 장대 현수교의 주탑가설에 있어서 주류를 차지하는 공법

(2) 콘크리트 주탑 구조물의 평면 배치에 따른 양중기 설치 위치를 우선 선정하고, 이에 따른 크레인 등의 설치계획 수립과 건설용 리프트의 설치 대수, 위치 설정 계획 등을 포함한 안전작업계획서를 작성하여야 하고, 크레인 작업 안전 및 운행관리(관리체제, 작업의 표준화 등)를 철저히 하여야 한다.

(3) 크레인, 리프트의 설치 및 해체는 제작회사에서 제공하는 설치·해체 지침을 따르는 것을 원칙으로 하되 지침이 없는 경우는 일반적으로 다음을 참고하고, 그 밖에 크레인의 안전조치 사항은 타워크레인의 설치·조립·해체 작업에 관한 기술지침(KOSHA GUIDE M-82-2011)에 따른다.

(가) 크레인, 리프트를 설치하기 위하여 기초응력(지내력)분석과 보강재의 배근도면에 따라 기초 작업을 준비한다.

(나) 크레인, 리프트가 설치될 지면은 견고하며 하중을 충분히 지지할 수 있어

야 한다. 보통 지내력은 2kgf/cm^2 이상 이어야 하며, 그렇지 않을 경우는 콘크리트 파일 등을 향타한 후 재하시험(Loading Test)을 하고 그 위에 콘크리트 블록을 설치한다.

(다) 기초에 부가되는 하중은 작업높이 및 반경에 따라 구분하여 크레인, 리프트 제작회사의 설계기준에 따른다.

(라) 기초 앵커 설치 시에는 다음사항을 준수하여야 한다.

- 철근 및 고정앵커 하단부에 설치할 받침 앵글 등을 사전에 준비하고 철근과 결속한다.
- 기초앵커용 콘크리트 블록의 강도는 일반적으로 21~24 Mpa 정도 유지될 수 있도록 선정한다.

(마) 크레인, 리프트의 구조 및 종류에 따라 작업방법에 다소 차이가 있기 때문에 반드시 해당 매뉴얼을 참고하여 작업한다.

(바) 크레인, 리프트 해체 시에는 다음사항을 준수하여야 한다.

- 유압펌프 및 유압 실린더를 점검한다.
- 순간풍속이 해당 작업 위치에서 10 m/s를 초과하는지 확인한다.

(사) 크레인을 벽체에 지지하는 경우 다음 각 호의 사항을 준수하여야 한다.

- 제조사의 설치작업설명서 등에 따라 설치할 것
- 기종별·모델별 공인된 표준방법으로 설치할 것
- 주탑 구조물에 고정시키는 경우에는 매립이나 관통 또는 이와 동등 이상의 방법으로 충분히 지지되도록 할 것
- 주탑 구조물의 구조적 안정성에 영향이 없도록 할 것

(아) 순간풍속이 30m/s가 넘는 바람이 분 경우는 작업을 행하기전에 먼저 크레인 각부의 이상 유무에 대하여 점검을 실시하여야 한다.

- 크레인 구조부분에 변형이나 손상은 없는가
- 와이어로프가 시브로부터 이탈 된 것은 없는가
- 급전 관계에 손상이나 변형은 없는가
- 빗물 등에 의한 전장품, 제어반 관계에 손상은 없는가
- 누전 등의 이상은 없는가
- 기타 자체검사에 준하여 점검을 실시

(4) 크레인 및 리프트를 사용하여 작업하는 운전자 또는 근로자가 보기 쉬운 곳에 해당 기계의 정격하중, 운전속도, 경고표시 등을 부착하여야 한다

(5) 크레인 및 리프트에 과부하방지장치, 권과방지장치, 비상정지장치 및 제동

장치, 그 밖의 방호장치[파이널 리미트 스위치(Final Limit Switch), 조속기, 출입문 인터록(Inter Lock) 등]이 정상적으로 작동될 수 있도록 미리 조정해 두어야 한다.

(6) 크레인을 사용하여 작업을 하는 경우 다음 각 호의 조치를 준수하고, 그 작업에 종사하는 관계 근로자가 그 조치를 준수하도록 하여야 한다.

- (가) 인양할 하물을 바닥에서 끌어당기거나 밀어내는 작업을 하지 아니할 것
- (나) 유류드럼이나 가스통 등 운반 도중에 떨어져 폭발하거나 누출될 가능성이 있는 위험물 용기는 보관함(또는 보관고)에 담아 안전하게 매달아 운반할 것
- (다) 고정된 물체를 직접 분리·제거하는 작업을 하지 아니할 것
- (라) 미리 근로자의 출입을 통제하여 인양 중인 하물이 근로자의 머리 위로 통과하지 않도록 할 것
- (마) 인양할 하물이 보이지 아니하는 경우에는 어떠한 동작도 하지 아니할 것
- (바) 크레인의 제작기준과 안전기준에 맞는 무선원격제어기 또는 펜던트 스위치를 설치·사용할 것
- (사) 무선원격제어기 또는 펜던트 스위치를 취급하는 근로자에게는 작동요령 등 안전조작에 관한 사항을 충분히 주지시킬 것

(7) 리프트를 사용하여 작업을 하는 경우에는 다음 각 호의 조치를 준수하고, 그 작업에 종사하는 관계 근로자가 그 조치를 준수하도록 하여야 한다.

- (가) 리프트의 운반구 이탈 등의 위험을 방지하기 위하여 권과방지장치, 과부하방지장치, 비상정지장치 등을 설치하는 등 필요한 조치를 하여야 한다.
- (나) 운반구의 내부에만 탑승조작장치가 설치되어 있는 리프트를 사람이 탑승하지 아니한 상태로 작동하게 해서는 아니된다.
- (다) 리프트 조작반에 잠금장치를 설치하는 등 관계 근로자가 아닌 사람이 리프트를 임의로 조작함으로써 발생하는 위험을 방지하기 위하여 필요한 조치를 하여야 한다.
- (라) 지반침하, 불량한 자재사용 또는 험거운 결선 등으로 리프트가 무너지거나 넘어지지 않도록 필요한 조치를 하여야 한다.
- (마) 순간풍속이 초당 35미터를 초과하는 바람이 불어올 우려가 있는 경우 건설작업용 리프트에 대하여 받침의 수를 증가시키는 등 그 무너짐 등을

방지하기 위한 조치를 하여야 한다.

(바) 리프트의 설치·조립·수리·점검 또는 해체 작업을 하는 경우 다음 각 호의 조치를 하여야 한다.

- 작업을 지휘하는 사람을 선임하여 그 사람의 지휘하에 작업을 실시할 것
- 작업을 할 구역에 관계 근로자가 아닌 사람의 출입을 금지하고 그 취지를 보기 쉬운 장소에 표시할 것
- 비, 눈, 그 밖에 기상상태의 불안정으로 날씨가 몹시 나쁜 경우에는 그 작업을 중지시킬 것
- 재료의 결함 유무 또는 기구 및 공구의 기능을 점검하고 불량품을 제거

(8) 해상크레인(Floating Crane)을 이용하여 작업을 실시하는 경우에는 설계 기상조건을 만족하는 경우에만 실시하여야 한다.

(9) 이동식 크레인을 사용하여 설치·해체 등을 하는 때에는 이동식 크레인의 전도를 방지하기 위하여 충분한 넓이와 지내력이 확보된 작업장을 형성하여야 한다.

6.4. 주탑 가로보공사 작업안전

(1) 현수교 주탑 가로보 시공방법과 시공순서는 다음과 같다.

(가) 주탑의 탑주 사이를 가로지르는 가로보는 일반적으로 주탑 Leg에 브라켓과 동바리를 설치하여 고공에서 콘크리트를 타설토록 계획된다.

(나) Camber 관리 및 고소작업에 대한 안전을 확보하기 위하여 육상에서 반단면을 제작 대용량 유압잭으로 인상시켜 연결시키는 Heavy Lifting 공법이 일반적으로 적용되며 시공순서는 다음과 같다.

- 주탑 Slip Form시공 및 가로보의 1차 반단면 시공
- 가설 높이에서 Slip Form 조정후 Leg 시공
- Heavy Lifting 장비 설치 및 1차 반단면 인상
- 상부 반단면부 조인트부 콘크리트 타설
- Heavy Lifting 장비 해체 및 2차 반단면부 콘크리트 타설

(다) 두 번째 상부 가로보는 완성된 첫 번째 가로보 위에서 두 번째 가로보의 벽체와 바닥을 제작하여 제 위치까지 인상시켜 완공한다.

- (2) 주탑 가로보를 시공하기 위한 강재 브래킷 또는 기타 가시설물에 대하여는 안전성 여부를 확인하기 위하여 사전에 구조검토를 실시하여야 한다.
- (3) 콘크리트 가로보를 Heavy Lifting 방법에 의하여 시행할 경우에는 아래 사항을 준수하여야 한다.
- (가) 가로보 인양 시 프리캐스트에 편심하중이 작용하지 않도록 각각의 잭(Jack)에 동일한 유압이 전달될 수 있는 장치를 사용하여야 한다.
 - (나) 기상악화 및 기타의 사정으로 Lifting 도중에 작업을 중단할 경우를 대비하여 2중의 Wedging Device를 설치하여야 한다.
 - (다) Lifting 장비는 신뢰할 수 있는 Wedging Blocking System을 갖추어야 한다.
 - (라) Lifting 설비는 인양작업 시 풍속에 안전하여야 하며 인양 중 바람으로 인한 횡적 움직임을 고려하여 수평 Bracing을 설치하여야 한다.
 - (마) 인양 후 조인트 콘크리트의 타설 및 양생 시 프리캐스트의 움직임을 없도록 Bracing을 설치하여야 한다.
 - (바) 프리캐스트 인양 시 중앙부 처짐을 고려하여 추가로 강연선을 추가할 수 있다.



<그림 13> Heavy Lifting 방법에 의한 가로보 인양

(4) 중간가로보-연결부-주탑의 연결구조를 적절히 보강하는 근로자의 안전을 확보하기 위하여 가로보나 주탑 가로보 거치용 브라켓은 사전에 지상에서 안전난간과 작업발판 등을 아래와 같이 설치한 상태에서 인양하여 거치하여야 한다.

(가) 안전난간은 상부난간대, 중간난간대, 발끝막이판 및 난간기둥으로 구성

(나) 상부난간대는 작업발판에서 90센티미터 이상 120센티미터 이하에 설치

(다) 중간난간대는 작업발판에서 45센티미터 이상 60센티미터 이하에 설치

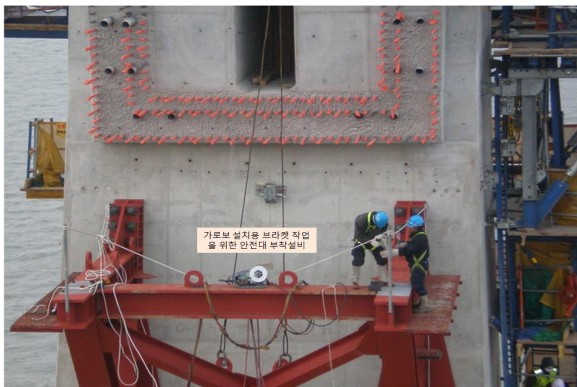
(라) 발끝막이판은 바닥면에서 10센티미터 이상의 높이를 유지할 것

(마) 난간대는 지름 2.7센티미터 이상의 금속제파이프나 그 이상의 강도를 가진 재료 사용

(바) 난간대는 개구부가 발생하지 않도록 적정하게 길이 조절 요함

(사) 안전난간은 100kg 이상의 하중에 견딜 수 있는 튼튼한 구조일 것

(아) 기성제품 체결식 난간기둥의 수평간격은 2미터 이내로 할 것



<그림 14> 가로보 설치를 위한 주탑 브라켓 안전시설 설치 예



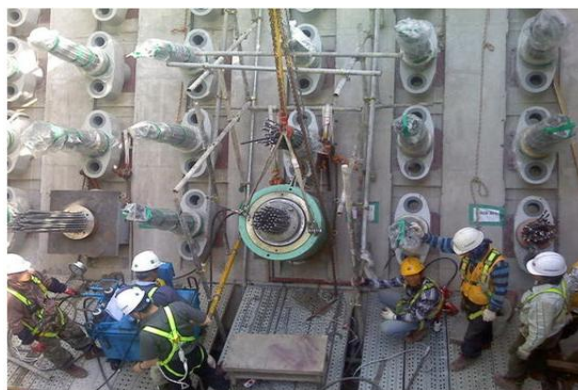
<그림 15> 지상에서 사전에 설치된 가로보 안전시설 설치 예

(5) 가로보 일괄인양 시작 전에는 작업방법, 순서, 안전조치사항 등을 근로자에게 주지시키고, 다음과 같은 사항을 점검하여야 한다.

- (가) 작업 인원수와 근로자 건강상태
- (나) 작업 신호와 통신시설 상태
- (다) 용접기, 가스공구, 휴대공구의 상태
- (라) 고소작업용 안전대, 용접 보호면, 차광안경과 같은 개인보호구 상태
- (마) 낙하물 방지망, 추락 방지망, 안전난간 등과 같은 가시설 설치상태
- (바) 양중장비의 양중능력을 고려하고 정격속도를 준수
- (사) 근로자에게 위험을 미칠 우려가 있는 장소에는 근로자의 출입을 금지하거나 주변에 안전공간을 확보하는 등 위험 방지조치를 실시

(6) 가로보와 주탑의 PC 강선을 긴장작업 시에는 이상 긴장력으로 인한 PC 강선이 튀어나와 커터로 인한 부상이 발생할 수 있으므로 아래 사항을 준수하여야 한다.

- (가) 긴장장치 조정
- (나) 후방진입 금지 및 방호조치
- (다) 가죽장갑 착용



<그림 16> 가로보 PC 강선 긴장작업

(7) 가로보 일괄인양을 위해서 탑정부에 설치되는 강재구조물들은 해체 전 슬립폼 부재사이로 설치되어야 하므로 부재크기 및 배치계획을 사전에 수립하여야 하고, 가로보를 인양시에는 다음 사항을 준수하여야 한다.

- (가) 가로보 취급 시 가로보의 특성 및 형태에 적합한 인양장비 사용

- (나) 가로보의 전도를 방지할 수 있는 탈부착 및 이동이 가능한 아웃트리거 (Outrigger) 형식의 견고한 지지대 사용
 - (다) 크레인 또는 와이어로프, 체인 등으로 고정하여 전도되지 않도록 조치 후 작업
 - (라) 가로보의 넘어짐, 무너짐, 끼임에 따른 재해를 예방할 수 있는 작업방법, 작업순서, 안전조치 사항에 대한 작업계획서 작성 및 준수
 - (마) 가로보 취급 근로자 안전모, 안전대 착용
 - (바) 크레인으로 가로보 운반작업 중 하부 출입금지조치
 - (사) 크레인 운전자는 크레인의 주행방향, 중량물 하부에 장애물이나 근로자가 없는 것을 확인한 후에 크레인을 이동
 - (아) 크레인 운전 시에는 크레인 진행방향, 권상·권하하는 와이어로프의 주변 상황 및 운반 중인 중량물의 흔들림 등을 주시하여야 함
 - (자) 주권과 보권이 함께 설치되어 있는 크레인의 경우 사용하지 않는 혹은 크레인의 최상부에 권상하여 운전 중 흔들림에 의한 충돌이나 주변 설비와의 간섭을 방지하여야 함
- (8) 탑정부에 설치된 유압잭은 강연선을 가로보에 고정한 후 유압을 사용하여 부재를 인상할 수 있도록 충분한 용량의 유압잭과 Strand Wire 등을 구비하여야 한다.
- (9) 상단 가로보 인양시 주탑의 기울어진 형상으로 인해 탄성변위가 발생하므로 이를 복원하기 위하여 충분한 용량의 유압잭을 상단 가로보와 벽체 사이에 설치하고 거리측정기를 이용하여 탑주 간의 설계거리를 확보하여야 한다.

6.6. 탑정 새들 작업안전

- (1) 탑정 새들은 현수교 주탑의 최상부로서 떨어질 위험이 높은 장소이므로 안전한 작업발판을 설치하거나 설치가 곤란할 경우에는 안전대를 안전하게 걸어 사용할 수 있는 설비 등을 설치하여야 하고, 다음 사항을 준수하여야 한다.
- (가) 근로자에게 안전대를 착용토록 하여야 한다.
 - (나) 안전대 부착설비로 지지로프 등을 설치하는 경우에는 처지거나 풀리는

것을 방지하기 위하여 필요한 조치를 하여야 한다.

- (다) 안전대 및 부속설비의 이상 유무를 작업을 시작하기 전에 점검하여야 한다.



<그림 17> 탐정 새들 작업

- (2) 탐정 새들 작업을 위한 작업발판 설치방법은 작업발판 설치 및 사용안전 지침(KOSHA GUIDE C-8-2011)에 따른다.
- (3) 탐정 새들을 통하여 주탑에 전달되는 케이블의 연직력으로 인한 탐정새들 하부의 응력 및 중공단면 상부의 응력집중 여부를 사전에 검토하여야 한다.
- (4) 주탑 탐정에는 주케이블을 거치할 새들이 위치하게 되므로 주탑의 형상이 계획과 달라지면 주케이블의 형상 및 장력의 변화로 인해 구조계 전체가 영향을 받게 되므로 엄밀한 형상관리를 실시하여야 한다.
- (5) 탐정 새들 인양 시 와이어 로프 등에 관한 사항은 크레인 및 권상장치의 와이어로프 선정에 관한 기술지침(KOSHA GUIDE M-90-2011)에 따른다.

6.7. 주탑 공사 콘크리트공급 System

- (1) 콘크리트 주탑 공사를 위한 콘크리트공급 System은 다음과 같다.
- (가) 압송관을 이용한 콘크리트 Pumping System : 주탑 상부
- (나) 타워크레인 + 버킷 : 주탑 상부
- (다) 펌프카 : 주탑 하부에 적용

- (2) 주탑 공사 콘크리트공급 System은 주탑의 높이가 높고 슬립폼 1단 타설높이에 해당하는 적은양의 콘크리트를 지속적으로 공급해야 하므로 시공성, 장비운용 효율성, 안전성 측면을 고려하여 선정하여야 한다.
- (3) 압송관을 이용한 콘크리트Pumping System은 작업중 심하게 움직이거나 흔들리지 않는 견고한 구조로 주탑에 고정하여야 하고 다음 사항을 준수하여야 한다.



<그림 18> 압송관 시스템 현황

- (가) 압송관은 주입 콘크리트의 수송압에 충분히 견디어 내고 관의 이음에서 누수가 되지 않는 구조의 것으로 한다
- (나) 압송관 조립·설치작업 시 하부에 안전지대를 구획하고 신호수 배치 및 보행자를 통제하여 맞음에 의한 위험상황에 대비하여야 한다.
- (다) 콤푸레샤 등으로 콘크리트 압송관 내부 청소작업을 하는 때에는 작업 전에 압송관의 부식·마모정도를 점검하여야 하며 압송관의 재질에 따라 일정이상의 압력이 가해지지 않도록 하여야 한다.
- (라) 배관이 막히는 경우가 생기지 않도록 신속히 처리하여야 한다.
- (마) 고소의 경우 배관은 하단부는 고압배관(6~7tf)을 상단부는 일반배관(4tf)을 적용한다.
- (바) 압송관은 거푸집이나 배근된 철근에 지지되지 않도록 유의하여야 한다.
- (사) 배관 Joint로 누수가 발생할 경우 배관내 콘크리트가 굳어져 처리가 어려워지므로 배관 Joint는 고압에 대한 내구성과 지수성이 확인된 고압용

Coupler를 사용하여야 한다.

(아) 가능한 중단없이 연속적으로 압송하여야 한다.

(자) 콘크리트 압송관의 유동을 방지하여야 한다.

(차) 콤푸레샤 등으로 콘크리트 압송관 내부 청소작업을 하는 때에는, 작업전에 압송관의 부식·마모정도를 점검하여야 하며, 압송관의 재질에 따라 일정이상의 압력이 가해지지 않도록 감독하여야 하여야 한다.

(카) 배관 자재 양중시 전용 양중기를 사용하여야 한다.

(타) 타설중 붐대 이동시 1미터 이내의 높이로 이동하여야 한다.

(파) 악천후시(강풍, 강우, 강설, 지진)에는 작업을 중단하여야 한다.

(하) 압송관을 고정시킨 클램프를 해체할 때 클램프를 담는 용기를 따로 준비하여야 하고 아래로 던지는 방법을 사용하여서는 안된다.

(4) 크레인과 버킷을 이용한 콘크리트 공급 System은 다음 사항을 준수하여야 한다.

(가) 지상에서 작업장까지 콘크리트 타설작업용 버킷에 탑승하여 승강하다 사고 발생할 우려가 있으므로 콘크리트 타설용 버킷 등 자재인양용 인양기에는 근로자가 탑승하지 못하도록 금지하여야 한다.

(나) 버킷으로부터 콘크리트가 새지 않도록 한다.

(다) 버킷하부 및 버킷선 내에는 근로자가 들어가지 않도록 하여야 한다.

(다) 버킷 양중작업 시 와이어로프는 줄걸이용 와이어로프의 사용에 관한 기술지침(KOSHA GUIDE M-81-2011)에 따른다.



<그림 19> 크레인과 버킷 공급