

## 프리캐스트 콘크리트 바닥판을 이용한 교량 바닥판 급속 및 기계화 가설 공사

Rapid and Mechanized Construction of Bridge Deck with Precast Concrete Deck System Used Longitudinal Tendon



김인규\*  
In-Gyu Kim



김영진\*\*  
Young-Jin Kim



김성운\*\*\*  
Seong-Woon Kim



장승균\*\*\*\*  
Seung-Kyoon Jang

### 1. 머리말

최근 국내에서 교량분야에 많은 신공법이 소개되고 있으며 기존 교량에 비하여 우수한 성능의 교량이 개발되어지고 있다. 특히 합성형교에서 중장기간의 교량이 많이 개발되고 있으며 개발된 공량 형식은 강합성교, PSC거더교, 하이브리드교 등 다양한 형태의 거더 개발이 주를 이루고 있다. 그러나 대다수 이들 교량은 현장타설 바닥판을 갖는 합성형교로 설계되고 시공되고 있다. 이러한 현장타설 바닥판은 현장에서 직접 동바리를 설치하고 거푸집을 제작하고 철근을 배근 한 뒤 콘크리트를 타설하는 현장타설 콘크리트 바닥판이 주를 이룬다.

영거푸집의 형태로 바닥판 패널이 이용되는 공법도 있으나 여기서는 종방향 긴장재가 도입되어 프리캐스트 바닥판간 압축력을 도입하는 완전 프리캐스트 콘크리트 바닥판(full-depth deck)에 대한 설계와 시공에 대하여 다루도록 하였다. 현장타설 콘크리트에 의한 바닥판 시공은 기후의 영향을 많이 받고 동바리 설치와 거푸집 제작, 장기간의 양생을 필요로 하기 때문에 시공기간이 길고 노동력이 많이 투입된다. 따라서 인건비 상승, 인력 고령화로 인한 기술 인력 부족 등으로 시공관리 소홀과 품질 저하 등의 문제점을 내포하고 있다. 또한 현장타설 바닥판에서는 바닥판이 손상되거나 교량이 노후화되어 보수·보강을 하거나 개축하는 경우 교통체증이 발생하는 등 유지관리상의 문제점이 노출되고 있다. 이러한 문제점들에 대한 해결책으로, 또한 교량바닥판의 급속시공, 고품질화가 가능한 공법으로 국내에서도 프리캐스트 콘크리트 바닥판이 하나의 유력한 대안으로 평가받고 있다(그림 1).

프리캐스트 콘크리트 바닥판의 장점 가운데 하나는 기존 교량 바닥판의 개량공사나 교체 시공공사에 유용하게 사용될 수 있다는 것이다. 종방향 내부긴장재가 있는 프리캐스트 콘크리트 바닥판의 국내 최초 시공은 중부고속도로 시험주로 내 삼승1교가 처음이다. 바닥판 교체 반쪽 시공 역시 국내 최초로 청주육교 바닥판 개량공사에 적용되었다. 또한 PSC거더교에 적용된 유성IC교가 2006년 10월에 완공되었다. 본 고에서는 시공이 완료된 3개 교량의 프리캐스트 콘크리트 바닥판의 설계와 기계화 시공을 위한 부속 장치 및 시공법을 중심으로 교량 바닥판의 기계화 시공 기술을 소개하고자 한다.

### 2. 프리캐스트 콘크리트 바닥판의 특징

프리캐스트 콘크리트 바닥판의 장점은 내구성의 증대, 유지보수 필요성의 감소, 시공의 간편성과 시공기간의 단축 및 교통흐름의 방해 없이 교통을 유지할 수 있다는 점이다.

#### 2.1 품질 및 공기단축

프리캐스트 바닥판은 공장제작 제품으로 고강도화, 고내구성 및 현장작업을 최소화 한 시공이 가능하며, 기존의 철근 콘크리



그림 1. 프리캐스트 바닥판의 시공

\* 정회원, (주)대우건설 기술연구원 토목연구팀 책임연구원  
gyu@dwconst.co.kr

\*\* 정회원, (주)대우건설 기술연구원 토목연구팀 수석연구원

\*\*\* 정회원, (주)대우건설 기술연구원 연구위원

\*\*\*\* (주)대우건설 토목사업본부 영덕오산도로2공구 현장소장

트 바닥판에서 초기에 발생하는 콘크리트 수축량을 대폭 감소시킬 수 있어 바닥판의 초기균열을 방지할 수 있다. 또한 프리캐스트 바닥판의 시공은 기후의 영향을 덜 받고 동바리 설치와 거푸집 제작 및 현장 양생기간을 필요로 하지 않기 때문에 시공기간을 현저히 단축시킬 수 있을 뿐만 아니라 산악지형과 같은 현장조건이 좋지 않은 장소에서 시공법이 유리하다. 프리캐스트 콘크리트 바닥판의 시공기간은 현장타설 콘크리트 바닥판의 공사기간과 비교해 해당 공정에서 약 50% 단축될 것으로 기대된다.

## 2.2 기계화 시공

현장에서 콘크리트를 타설하는 작업 대신에 미리 제작한 규격화된 프리캐스트 바닥판을 현장에서 크레인 등의 가설장비를 이용하여 가설함으로써 기계화 시공을 달성할 수 있고 인력절감이 가능하며, 교량제원에 따라 바닥판의 제원을 변동하여 제작할 수 있으므로 적응성이 뛰어나다. 현장타설 바닥판의 경우 작업이 기후조건에도 많은 영향을 받게 되는데, 프리캐스트 바닥판을 사용하게 되면 전천후시공이 가능하여 공기지연도 방지할 수 있을 것으로 기대된다. 신설교량의 바닥판 가설은 물론 급속시공 및 교차시공을 통한 노후 교량바닥판 교체에 적용할 수 있으며, 통행량이 증가에 따라 확폭하는 경우에도 기존 바닥판을 철거한 후 거더만 보수하고 고강도 콘크리트 등을 사용하면 사하중 증가 없이 기존 교량의 확폭 및 내하력 증대가 가능하여 바닥판 가설작업에는 그 적응성이 뛰어나다.

## 2.3 공사비

프리캐스트 교량 바닥판은 기존 현장타설 콘크리트 바닥판보다 훨씬 높은 내구수명을 확보할 수 있고 유지관리비를 절감할 수 있기 때문에 기존 공법보다는 생애주기 측면에서 경쟁력이 높은 공법이라고 할 수 있다. 또한 기존의 공법으로 노후바닥판을 교체하는 경우 현장타설로 현장 작업이 많고 콘크리트의 강도발현에 많은 시간이 소요되는데, 프리캐스트 바닥판을 이용한 공사의 경우 상·하행차선의 교차시공을 통해 공사 중 계속해서 교통소통이 가능하므로 도심지 시공에 유리한 점이 있다.

## 3. 프리캐스트 콘크리트 바닥판을 이용한 설계 및 기계화 시공

앞서 기술한 바와 같이 프리캐스트 콘크리트 바닥판의 가장 큰 특징은 급속시공이다. 급속시공은 기 제작된 바닥판의 단위

세그먼트 부재를 현장에서 기계화 조립을 통하여 시공하는 공법이다. 이는 설계 시 현장타설 바닥판과는 다르게 상당한 설계절차를 요구하고 있다. 현장타설 바닥판에서 고려되지 않는 부분까지 설계에 미리 반영하여 제작 시공되어야 하는 부분이 많고 정밀 시공을 위한 부속장치가 포함되고 있다. 프리캐스트 콘크리트 바닥판의 기계화 시공과 관련된 주요 항목을 기술하면 다음과 같다.

### 3.1 프리캐스트 바닥판의 설계

프리캐스트 콘크리트 바닥판의 설계에 있어서 주철근의 배근 및 바닥판의 최소 두께 등은 일반 현장타설 바닥판과 동일하게 설계한다. 이는 프리캐스트 콘크리트 바닥판 내부에 있는 종방향 긴장재가 구조부재로서의 역할이 아니라 프리캐스트 바닥판 간의 이음부에 압축력과 바닥판에 압축력을 도입함으로써 균열 저항성을 높이는 보조부재의 역할을 수행하기 때문이다. 중요한 것은 프리캐스트 콘크리트 바닥판뿐만 아니라 FRP 바닥판 등 바닥판을 프리캐스트화하는 경우 교량 바닥판의 횡방향 및 종방향 구배에 따른 설계를 바닥판 설계 시 정밀하게 계산하여 제작시 반영하여야 한다는 것이다.

본 공법의 특징은 프리캐스트 바닥판과 강거더 및 PSC 거더 상부 플랜지 부분과 사이에 베딩층이 존재하는데 베딩층의 두께는 10 ~ 40 mm 이다. 비 베딩층의 두께를 조정하여 교량의 특성마다 다소 변화되지만 약 1% 이내의 정도의 구배를 조절할 수 있다. 이는 베딩층을 가지고 바닥판간 종, 횡방향 구배의 미세 조정이 가능하다. 이를 위하여 <그림 2, 3>과 같이 각 프리캐스트 바닥판 패널에 4개의 레벨링 조정볼트가 그림 과 같이 있으며 이를 통하여 바닥판간 단차 및 종, 횡방향 구배 미세 조정이 가능하다. 물론 많은 교량에서 횡방향 구배 등이 2% 이상인 경우도 있다. 이러한 경우는 바닥판의 헌치를 다르게 제작하여 미리 구배의 정도에 따라 헌치 두께를 조절하여 제작함으로써 교량 바닥판의 구배를 맞출 수 있으며 <그림 4>와 같이 설계 및 제작되어 진다. 이러한 바닥판 헌치 및 베딩층을 이용한 레벨링 장치로 교량 바닥판간의 종횡방향 구배의 조절이 가능하며 최근의 설계사례에서 종, 횡구배가 -2 ~ 2% 및 클로스 이드 구간까지 교량의 지간내 반영이 가능하게 설계되었다.

### 3.2 프리캐스트 바닥판의 제작

프리캐스트 바닥판의 가장 큰 장점중의 하나는 앞서 기술한 바와 바닥판의 공장제작으로 인한 고강도, 고품질화 및 초기 바닥판의 손상을 현장타설 RC 바닥판에 비해 현저하게 줄일

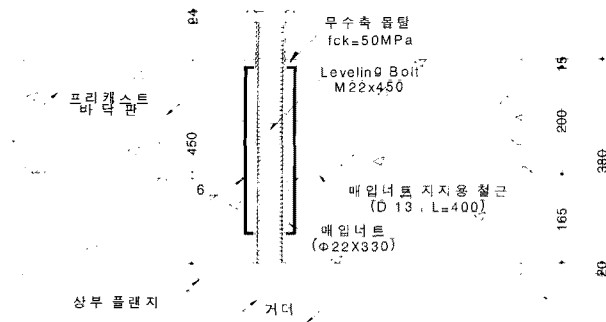


그림 2. 바닥판에 장착된 레벨링볼트 개요도

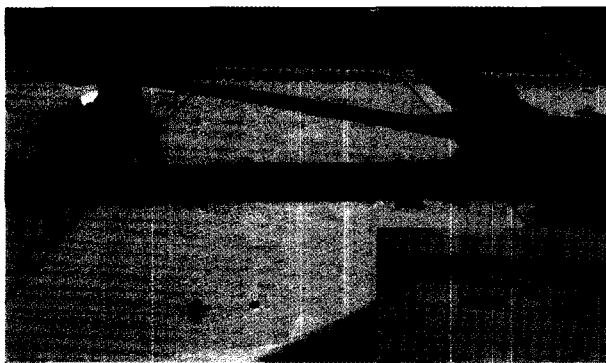


그림 3. 바닥판 설치 후 레벨링볼트를 통한 미세조정

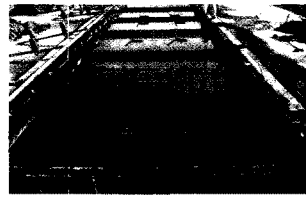
수 있다는 것이다. 이러한 장점은 바닥판의 생애주기를 결정하는 중요한 요소이며 본 공사와 같은 교체공사 시 특히 필요한 현장 공기를 대폭 줄일 수 있는 장점이다. 공장에서 제작되는 프리캐스트 콘크리트 바닥판은 일반 거푸집과 달리 하나의 철재 공장거푸집(몰드)을 이용해 연속적으로 동일한 바닥판을 생산할 수 있다는 것이다. <그림 5>는 현장에서 생산되는 프리캐스트 콘크리트 바닥판의 공장 생산과정을 나타낸 것이다.

### 3.3 프리캐스트 바닥판의 거치

위와 같이 제작, 이송된 프리캐스트 바닥판의 시공은 계획된



그림 4. 횡방향 구배 2%가 미리 고려되어 설계되어진 바닥판 개념도



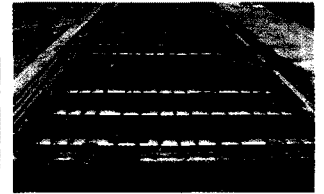
(a) 강재거푸집(몰드) 제작



(b) 철근 배근 및 조립



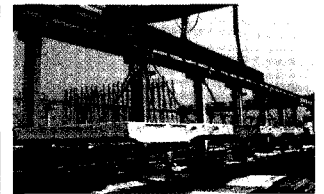
(c) 철근의 거치



(d) 쉬스관 및 인장장치의 매립



(e) 콘크리트 타설



(f) 생산된 바닥판의 운반

그림 5. 프리캐스트 바닥판 공장 생산 제작과정

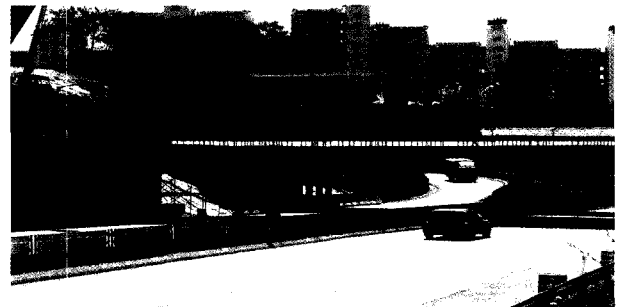
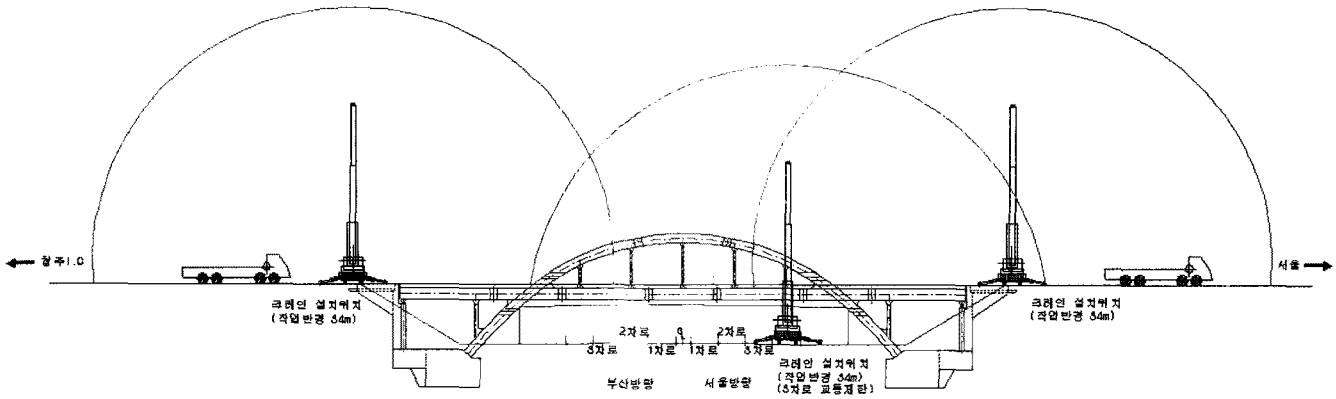


그림 6. 프리캐스트 콘크리트 바닥판의 가설 방법

순서에 의해 하나하나 조립하는 과정을 거쳐야 한다. 프리캐스트 바닥판의 거치 방법은 가설위치에 따라 크게 두 가지로 대별될 수 있다. 하나는 <그림 6>과 같은 프리캐스트 바닥판의



시공을 크레인 등을 이용하여 교량 바닥판 이의 공간에서 시공하는 방법이고 다른 하나는 산악지형과 같은 형고가 높은 교량의 가설 시는 프리캐스트 바닥판을 가설하면서 바닥판 위에 직접 크레인 등이 그 위에서 작업하여 전진해나가는 방법이다. 국내에서는 앞선 방법으로 시공된 교량만 있지만 후자의 경우가 설하중을 고려하여 구조적 안전성만 확보한다면 시공이 가능하다. 크레인 가설시 가설공법에 대하여 일례를 소개하면 국내에서 시공된 청주육교의 경우 <그림 7>과 같이 크레인 운용계획을 세운 후 시공하였다. 청주육교의 경우 교량 하부에 경부고속도로 본선이 주행 중이어서 고속도로 본선의 교량의 차단 없이 바닥판을 가설해야 했으므로 크레인의 가설 운용계획이 매우 중요하게 작용 되었다. 이 경우 청주육교가 중로 강합성 아치교가 아니었으면 소형크레인이 바닥판을 가설하면서 직진하는 공법을 채택할 수 있었으나 아치교 브레이싱으로 인하여 소형크레인으로 인한 가설이 불가능하여 대형 크레인을 이용한 측면 가설공법을 채택하게 되었다.



그림 8. 아치교 행어부 프리캐스트 콘크리트 바닥판 가설

또한 청주육교의 경우 <그림 8>과 같이 아치교의 상부 브레이

싱으로 인한 크레인의 직접 가설이 불가능하여 아치교 상부 브레이싱까지 프리캐스트 콘크리트 바닥판을 이송한 후 다시 크레인을 이용하여 시공 한 경우이다. 이 공사의 경우 아치교 행어에 의해 바닥판의 가설이 곤란한 경우이나 이 또한 미리 설계 시 고려되어 <그림 9>와 같이 제작되어 가설 될 수 있었다.

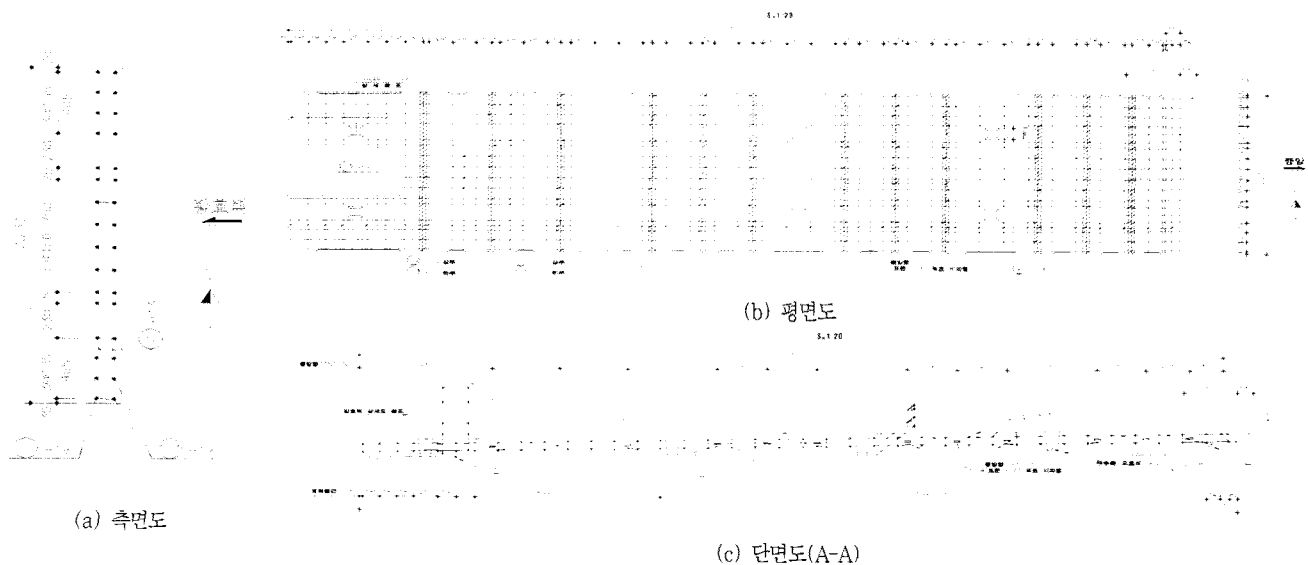


그림 9. 아치교 행어부 프리캐스트 바닥판 제작도면

### 3.4 프리캐스트 바닥판의 기계화 시공 부속장치

프리캐스트 콘크리트 바닥판의 시공을 위하여 몇 가지 부속 장치가 필요하다. 먼저 프리캐스트 바닥판의 가설이 완료되면 바닥판간 이음부에 압축력을 도입하기 위하여 종방향 긴장재를 통한 압축력이 도입된다. 이때 종방향 긴장력에 의하여 혹시 발생 할 수 있는 상향력을 제어하고자 <그림 10>과 같이 바닥판에 부상방지 장치를 설치한다.

이 부상방지 장치는 바닥판 패널 3~4개당 1개 정도만 설치하면 적정하다. 또한 바닥판의 운반 및 가설 시 바닥판에 사하중이 작용하게 된다. 이때 바닥판의 인양 방법이 잘못된 경우 설계하중보다 많은 하중이 바닥판에 작용하여 균열 등의 손상을 받을 수 있다. 바닥판에 설계하중 이외의 부가하중이 걸리지 않게 하기 위하여 인양 고리를 걸 수 있도록 <그림 11>과 같이 인양홀을 미리 삽입하여 바닥판을 제작한 후 <그림 12>와

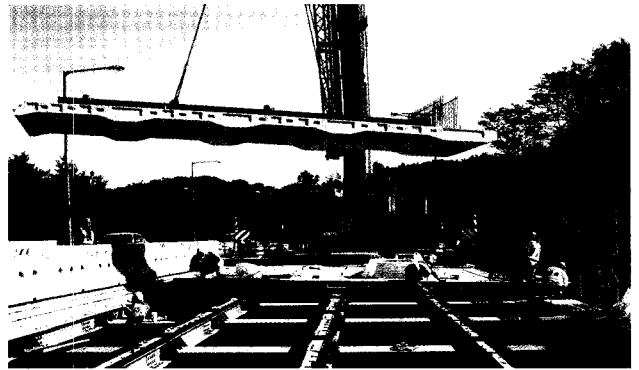


그림 12 인양부속장치를 이용해 바닥판을 거치하는 공정

같이 부속장치를 이용하여 인양하면 바닥판에 설계된 사하중 이외에는 작용하지 않도록 한다.

### 4. 결 론

본 고에서는 기 개발되어 사용 중인 프리캐스트 콘크리트 교량 바닥판을 적용한 교량의 설계와 시공과 관련한 내용을 간단하게 살펴보았다. 현재 시공 완료된 교량 3개소 이외 시공이 확정되거나 시공 중인 교량은 20여 개소가 있으며 다수의 교량을 설계 중에 있다. 본 설계에서는 청주육교와 같이 교량을 부분 통제 후 시공하여 전체 바닥판을 교체하는 공법으로 현장 타설로는 품질관리에 어려움이 있는 노후 교량 바닥판을 교체하는 유력한 공법으로 떠오르고 있다.

또한 프리캐스트 바닥판의 빠른 현장 적용을 위하여 현재 프리캐스트 바닥판의 설계 자동화를 위한 연구가 진행되고 있다. 프리캐스트 바닥판은 소수거더교에 적합하며 경제성 비교 측면에서도 강 콘크리트 합성형의 박스교량에 보다 약 10% 이상의 공사비를 절감 효과가 있는 것을 것으로 기대되며 향후 현장 적용이 확대될 것으로 예측된다. □

### 참고문헌

1. 대우건설, 한국도로공사, 서울대학교(2000) 프리캐스트 콘크리트 교량 바닥판의 개발 및 실용화, 96연구개발사업 최종보고서, 건설교통부, 한국건설기술연구원.
2. 대우건설기술연구소, 한국도로공사연구소(2002) 신형식 강합성형 교량 개발에 관한 연구, 2001년도연구보고서, 도로연 01-30.
3. 정철현, 심창수, 김영진, 장성욱(1999) "프리캐스트 콘크리트 바닥판을 이용한 합성형교량의 정적 및 피로 실험", 대한토목학회논문집, 제19권, 제 I-5호, pp.791-800.
4. 김영진, 정철현(1997) "급속시공을 위한 프리캐스트 바닥판의 활용", 콘크리트 학회지 Vol.9, No1, pp.68-75.

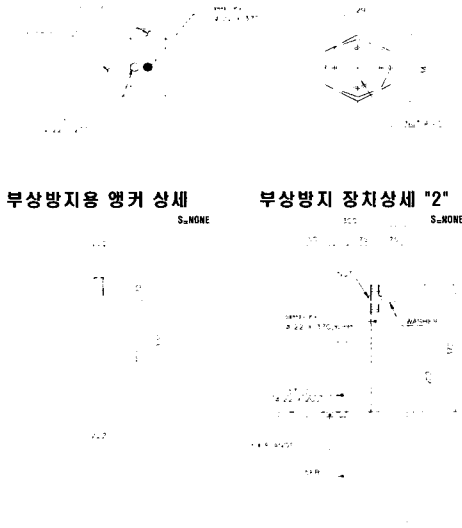


그림 10. 부상방지장치 설치 개요도

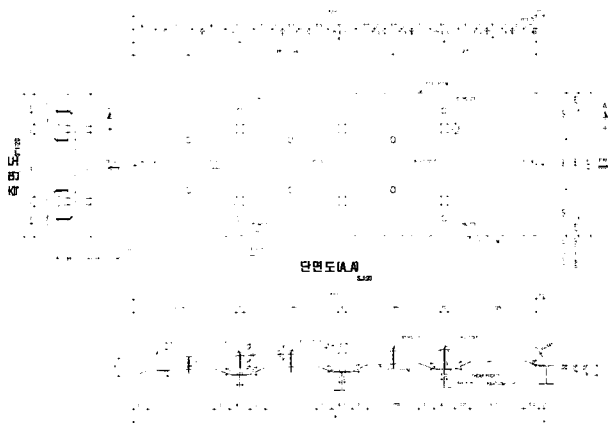


그림 11. 인양부속장치를 프리캐스트 콘크리트 바닥판에 설치를 위한 설계도면