

새로운 형식의 Precast 바닥판 연결방법 개발

Development of Precast deck Joint System

주봉철***

김영진**

김병석*

류형근****

김덕진*****

Joo, Bong Chul

Kim, Young Jin

Kim, Byung Suk

Ryu, Hyung Keun

Kim, Deok Jin

ABSTRACT

Recently, to overcome the disadvantages of RC decks, advanced countries such as Japan and USA, and Europe are using prestressing connection precast decks and loop connection precast decks. The prestressing connection precast deck, however, has a weakness against steel corrosion, because of unreliable enforced grouting. The relatively low loading and fatigue capacities of the loop connection precast deck make it difficult to be used for the bridge that requires high fatigue resistance due to the frequent over loaded vehicles.

This research proposes the improved connecting method for the precast decks to minimize its shortcomings based on both numerical analyses and full scale model tests. The proposed method maximizes the advantages of precast decks and extends it's service life.

1. 서론

RC 바닥판의 단점을 극복하기 위해 일본과 미국, 유럽 등 선진국에서는 프리스트레싱 연결이음 프리캐스트 바닥판과 루프(Loop)이음 프리캐스트 바닥판 등을 개발하여 사용하고 있다. 그러나, 프리스트레싱 연결이음 바닥판은 교축방향으로 교량 경간 길이 이상으로 긴장재를 배치해야 하고 확실한 그라우팅을 실시할 수 없어 강재가 부식하여 많은 문제점을 야기하고 있다. 그리고, 루프 이음 프리캐스트 바닥판은 바닥판 모듈 자체는 프리텐션 프리스트레스 콘크리트이므로 내구성이 좋지만, 연결부는 일반 철근 콘크리트 구조이므로 내하성능과 내구성이 많이 떨어지고 있어 과적 차량의 반복 하중이 작용하여 높은 피로내구성이 요구되는 교량용 바닥판으로 적용되기에는 불리한 단점이 있다.

본 연구는 기존의 프리캐스트 바닥판의 단점을 보완한 새로운 형식의 프리캐스트 바닥판 연결방법을 제안하였다. 이를 위해 유한요소 해석 프로그램으로 구조해석을 수행하고, 실제 모형실험체를 제작하여 구조실험을 통해 새로운 형식의 프리캐스트 바닥판의 구조적 거동을 파악하였다.

* 정회원, 한국건설기술연구원 구조시스템그룹 수석연구원
** 정회원, 한국건설기술연구원 구조시스템그룹 선임연구원
*** 정회원, 한국건설기술연구원 구조시스템그룹 연구원
**** 정회원, 서울대학교 지구환경시스템 공학부 박사과정
***** 학생회원, 명지대학교 토목환경공학과 석사과정

2. 새로운 형식의 프리캐스트 바닥판 연결방법

새로운 형식의 프리캐스트 바닥판 연결방법은 기존 루프이음 구조를 개선한 방법으로 연결부의 단면을 확대하고 확대된 단면에 보강볼트를 설치하여 결합하는 방법으로 필요에 따라 보강볼트에 프리스트레스를 도입할 수 있다. 그림 1은 새로운 형식의 프리캐스트 바닥판 연결부 단면을 나타낸 그림이다.

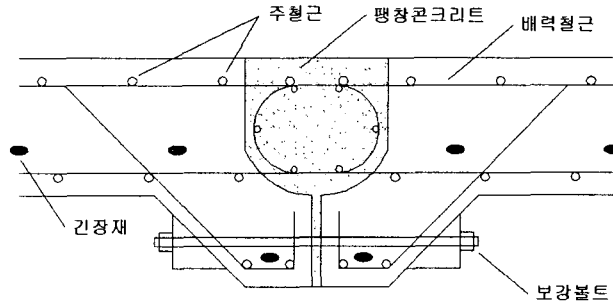
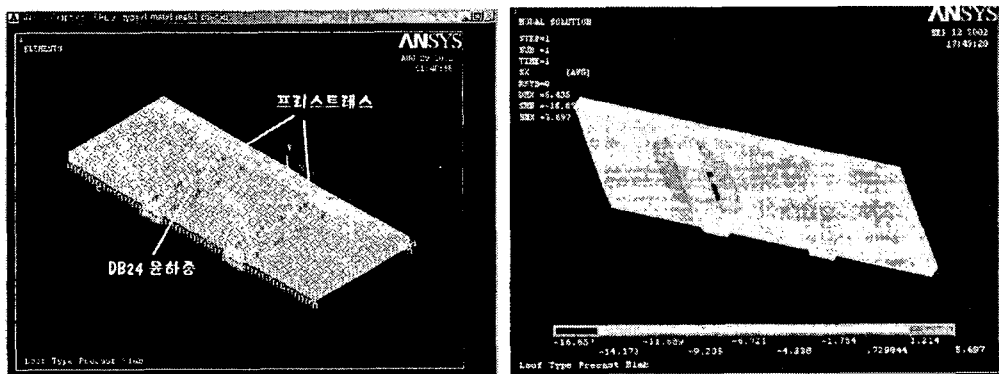


그림 1. 새로운 형식의 프리캐스트 바닥판의 연결부 단면 모습

2.1 유한요소 해석

본 연구에서 개발한 프리캐스트 연결방법에 대한 구조실험에 앞서 유한요소 해석 프로그램 ANSYS로 보강볼트의 간격과 개수를 변화시키면서 모델링하고 해석을 실시하였다. 그리고, 외부하중에 대한 응력분포를 분석하여 최적의 볼트개수와 간격을 결정하였다. 그림 2는 유한요소 해석 모델과 결과를 나타낸 것이다. 해석결과 횡방향 최대모멘트가 작용하는 지점으로부터 300mm 간격으로 보강볼트를 설치하고, 하중을 작용시켰을 때 가장 우수한 결과가 나타났다.



a) 모델링 모습

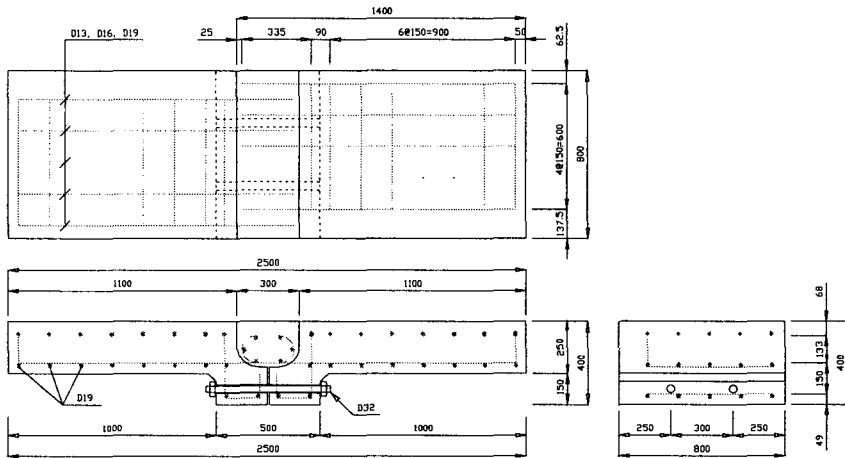
b) 해석결과

그림 2. 신형식 연결방법에 대한 유한요소 해석

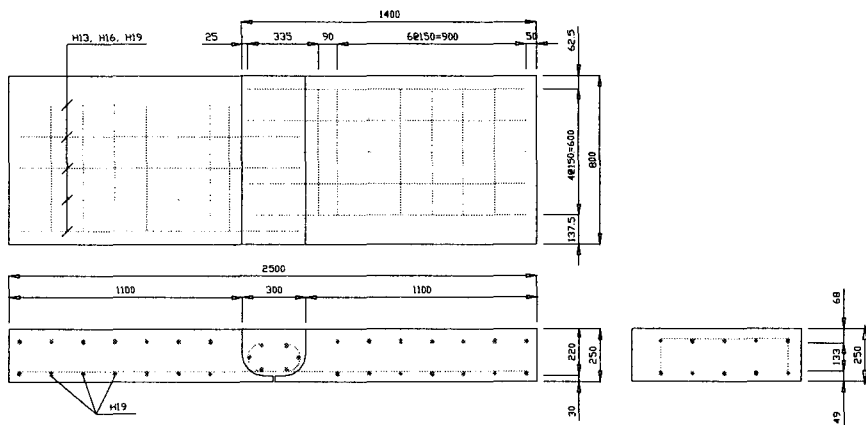
2.2 실험체 설계

본 연구에서 검토한 실험체는 프리캐스트 바닥판 연결부의 교축방향의 연속성을 파악하고자 연결부를 포함하는 바닥판의 일정부분을 절취한 형상이다. 그리고, 바닥판의 두께는 국내·외의 연구 및 시공사례를 참고하여 250mm로 하였으며, 연결부에서는 400mm로 150mm 단면확대를 시켰다. 또한, 지점간 간격은 프리캐스트 패널 연결부가 충분히 포함되도록 2100mm로 결정하였으며, 교축직각방향으로 최소 2개의 보강볼트가 포함되도록 800mm로 제작하였다. 그림 3은 신형식 연결방법을 적용한 실험체의 크기와 철근 배근상세를 나타낸 것이다.

그리고, 배력철근량의 변화와 보강볼트에 의한 단면 확대부 콘크리트에 도입되는 압축력의 변화를 실험변수로 하였으며, 단면 확대부분을 제외하고 모든 조건이 동일한 루프 이음 실험체를 제작하여 비교 분석하였다. 실험체명과 특징을 표 1에 나타내었다.



(a) 신형식 연결방법



(b) 루프 연결방법

그림 3 실험체 상세도

표 1 실험체 구분 및 특징

실험체명	연결방법	배력철근	보강볼트 긴장력	재하조건
BM-13-0	신형식 이음	D13	0 kN	정모멘트
BM-13-I			265 kN	
BM-13			평균 165 kN	
BM-16-1		D16		부모멘트
BM-16-2				
BM-19		D19	정모멘트	
BL-13	루프 이음	D13	보강볼트 없음	정모멘트
BL-16-1		D16		부모멘트
BL-16-2				정모멘트
BL-19		D19		정모멘트

3. 실험 결과

3.1 배력철근량에 따른 특성

그림 4는 배력철근량에 따른 신형식 연결방법으로 제작된 실험체의 하중-처짐 관계곡선을 나타낸 것으로 약 70kN까지의 초기선형 탄성구간에서는 동일한 곡선을 나타내고있으나 배력철근량이 약 70kN이하의 초기구간 강성에는 영향이 없는 것으로 나타났다. 그러나, 선형 탄성구간을 벗어나면서, 배력철근량이 많을수록 강성이 커지며, 항복하중과 최대파괴하중이 크게 나타나는 것을 알 수 있다. BM-13을 기준으로 배력철근량이 약 50%정도 증가할 경우, 항복하중은 약 39%, 최대하중은 약 42% 정도 증가하였으며, 배력철근량을 약 100% 증가시켰을 경우, 항복하중은 75%, 최대하중은 86% 증가하였다. 따라서, 선형 탄성구간 이후의 강성과 항복하중 그리고, 최대하중은 배력철근량에 정비례관계가 있는 것으로 확인됐다.

3.2 연결방법에 따른 특성

그림 5는 루프 이음으로 연결된 실험체의 배력철근량에 따른 하중-처짐 관계곡선으로 그림 4의 신형식 이음과 비교하여 연결방법에 따른 특성을 알 수 있다. 이를 통해, 배력철근량이 증가할수록 신형식 이음은 루프 이음과 비교하여 연성능력이 약간 작고 파괴 양상이 다르게 나타나고 있으나, 선형 탄성구간 및 항복하중 등이 거의 동일하게 나타나고 있다. 따라서, 신형식 연결방법의 구조적인 거동특성은 루프 연결방법과 유사한 것으로 나타났다.

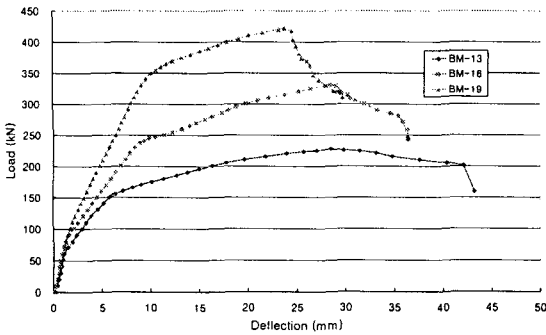


그림 4 배력철근량에 따른 하중-처짐 관계곡선
(신형식 연결방법)

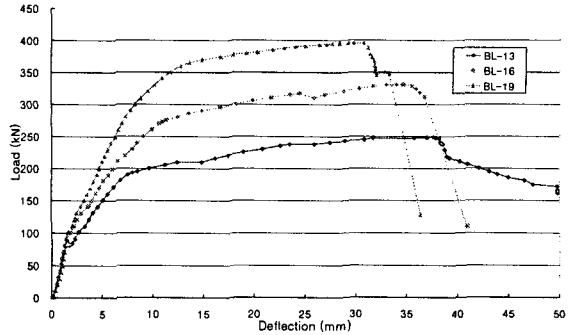


그림 5 배력철근량에 따른 하중-처짐 관계곡선
(루프 연결방법)

3.3 보강볼트 긴장량에 따른 특성

신형식 연결부의 단면확대부에 설치된 보강볼트의 체결 변화에 대한 각 실험체들의 하중-처짐 관계곡선을 그림 6에 나타내었다. 그림을 통해 알 수 있듯이, 모두 매우 유사한 거동을 나타내고 있는데, 체결력이 커지면 최대하중이 약간 작아지는 것으로 나타났다. 이것은 2.1절 유한요소해석에서 예측되었듯이 볼트 체결력이 커지면 단면축소 바닥판에서 응력이 집중되어 이곳부터 균열이 시작되어 파괴하중에 영향을 미친 것으로 판단된다. (그림 2b, 그림 8a)

3.4 하중조건에 따른 특성

그림 7은 하중조건에 따른 신형식 실험체의 하중-처짐 관계곡선을 나타낸 그림으로 정모멘트와 부모멘트의 하중 조건에서의 거동특성을 비교, 평가할 수 있다. 그림을 통해서 부모멘트 실험체는 최종파괴 직전까지는 정모멘트 실험체와 매우 유사한 모양의 그래프를 나타내고 있음을 알 수 있다. 그러나, 파괴양상의 변화로 인하여 항복이후 소성능력이 급격히 저하되어 최대하중이 다소 감소하고 있다.

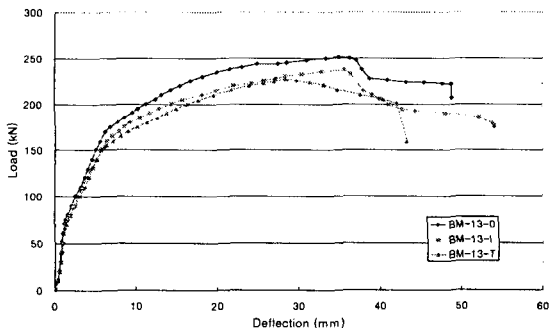


그림 6. 보강볼트 긴장력에 따른 하중-처짐 관계곡선

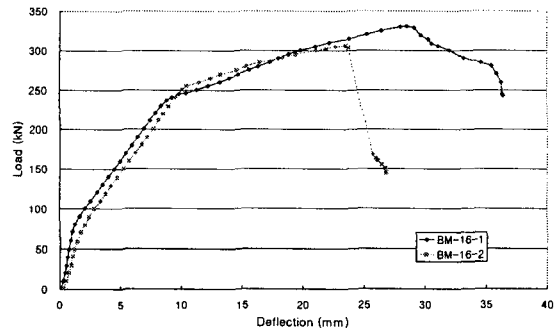
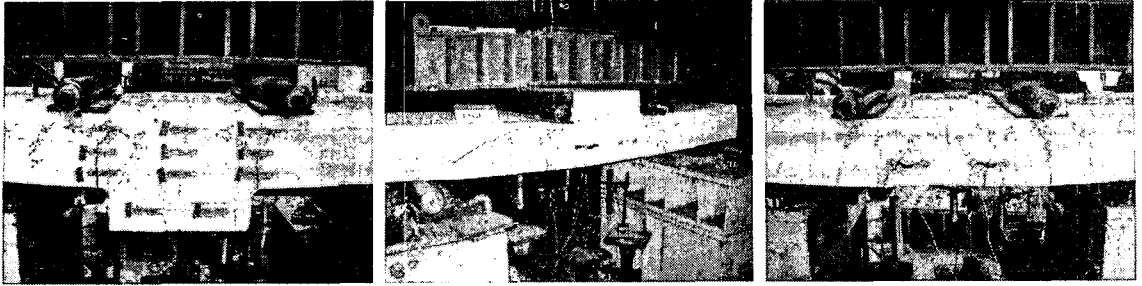


그림 7. 재하조건에 따른 하중-처짐 관계곡선



(a) 신형식 연결방법 (정모멘트)

(b) 신형식 연결방법 (부모멘트)

(c) 루프 연결방법 (정모멘트)

그림 8 파괴된 실험체의 균열양상

4. 결론

신형식 연결방법으로 연결된 프리캐스트 바닥판의 배력철근량은 초기 선형탄성 하중에서는 별 영향이 없으나, 이후의 강성과 항복하중 및 최대하중은 배력철근량에 따라 비례하여 증가하는 것으로 나타났다. 그리고, 배력철근량이 증가할수록 신형식 이음은 루프 이음과 비교하여 연성능력이 약간 떨어지는 것으로 나타났으나, 그 밖의 구조적인 거동특성은 루프 연결방법과 유사한 것으로 나타났다.

신형식 연결방법에 적용된 보강볼트의 긴장력 크기는 연결부 거동에 별 영향이 없으며, 위험단면이 단면축소부로 변하는 특성을 가지고 있다. 또한, 신형식 연결방법은 부모멘트의 하중조건에서도 정모멘트 하중조건과 비교하여 거의 동일한 거동특성을 나타내고 있다.

참고문헌

1. 한국건설기술연구원, "장수면 합리화 교량 바닥판 개발(I)", 2002. 12.
2. (주)대우건설, 서울대학교, 한국도로공사, "프리캐스트 콘크리트 교량 바닥판의 개발 및 실용화", 건설교통부, 2000.2.
3. 星 埜 正 明, 大 垣 賀 津 雄, 八 部 順 一, 長 瀬 嘉 理, "新形式プレキャストPC床版の実験的研究", 土木学会 構造工学論文集 Vol. 43A, 1997.3.