

장폭 외측 프리캐스트 패널 캠버 조정을 위한 가설구조의 해석모델

Analytical Modelling of Construction Structure

Controlling Camber of Long-width Exterior Precast Panel

원 태 건*·원 대 연**·김 인 순***·임 윤 묵****

Won, Tae Gun·Won, Dae Yon·Kim, In Soon·Lim, Yun Mook

요약

일반 교량에 주로 사용되는 콘크리트 바닥판 시공을 위해서는 동바리, 거푸집 등을 설치하고 철근 배근 후 콘크리트를 타설하는 방법이 사용되어왔다. 그러나 기존 콘크리트 바닥판 시공은 계절 및 기후의 영향을 많이 받는다. 또한 시공과정에서 많은 인력이 요구되고 시공 안전성 확보를 위한 노력이 필요한 실정이다. 이러한 문제점을 극복하기 위하여 최근에 프리캐스트 바닥판을 이용한 교량 시공이 늘어나고 있는 추세이다. 프리캐스트 바닥판은 공장에서 선제작한 후 현장에서 조립하여 시공한다. 따라서 프리캐스트 바닥판 시공은 계절 및 기후의 영향을 최소화 하여 공기를 단축할 수 있고, 공장제작에 따른 양호한 품질도 보장된다. 또한 인력이 적게 요구되면서 시공 안전성도 확보할 수 있다. 그러나 이러한 기존의 프리캐스트 바닥판은 패널의 폭이 좁고 외측 캔틸레버부의 시공 시 별도의 지보공이 필요한 단점을 갖고 있었다. 이러한 단점을 보완하기 위해 장폭 외측 프리캐스트 바닥판이 제안되었다. 장폭 외측 프리캐스트 바닥판은 패널의 폭을 늘려서 장폭의 바닥판을 만들고, 가설구조물을 이용하여 지보공 없이 시공이 가능하게 고안되었다.

본 연구에서는 장폭 외측 프리캐스트 패널 캠버 조정에 사용 될 가설구조의 현장적용을 위하여, 실험 후 유한요소해석을 수행하여 비교 및 검증하였다.

Keywords: 프리캐스트 바닥판, 캠버, 장폭 외측, 가설구조물, 지보공

1. 서 론

프리캐스트 바닥판의 장점은 현장 제작하는 철근콘크리트 바닥판에 비해 공장 제작으로 인해 양호한 품질을 보장하고 시공성이 좋으며, 공기단축이 가능한 것이다. 하지만 기존 프리캐스트 패널은 다중거더 위에 설치함으로써 작은 크기로 분절 시공되고, 캔틸레버구조인 외측부는 지보공을 사용한 상태로 가설이 가능하다.

반면 장폭 프리캐스트 바닥판은 기존 프리캐스트의 장점을 가지면서도 소수 주형 거더 위에 설치함으로써 패널 폭이 넓으므로 접합개소가 적고, 외측부 캔틸레버 패널은 캠버관리용 가설구조물을 이용하여 무지보공 상태로 시공이 가능하다. 무지보공 상태의 장폭 캔틸레버 패널은 하중 재하에 따른 처짐이 민감하므로 캠버 관리가 중요하다.

본 연구에서는 실험을 통하여 장폭 외측 프리캐스트 패널 자중으로 인한 처짐량을 파악한 후 유한요소해

* 학생회원·연세대학교 토목공학과 석사과정 Email: wjh5254@hanafos.com

** (주)지아이에프 대표이사 Email: dywon@gifenc.co.kr

*** (주)지아이에프 기술연구소 차장 Email: rhythm73@paran.com

**** 연세대학교 토목환경공학과 교수 Email: yunmook@yonsei.ac.kr

석으로 검증하였다. 이를 통해 현장에서 장폭 외측 프리캐스트 패널 시공 시 캠버량 관리를 정확하고 용이하게 할 수 있을 것으로 기대한다.

2. 장폭 프리캐스트 바닥판

장폭 프리캐스트 바닥판은 그림 1에 나타난 바와 같이 내측부가 프리스트레스트 콘크리트(PC) 구조이고 외측부(캔틸레버부)는 철근 콘크리트(RC) 구조로 구성되어 있다. 또한 폭이 5.0m~7.0m인 장폭 구조에 적용이 가능하다. 가설방법은 그림 2와 같이 크레인을 이용하여 내측부 거치 후 외측부를 시공 하며, 횡경사 조절을 위하여 외측부 캠버 조절은 길이 조절이 가능한 막대형태의 압축스트럿을 사용한다. 내·외측패널의 상현재 연결은 그림 2에서 보듯이 상현철근 사이에 커플러를 이용하여 이어준다. 하현재는 길이 조절이 가능한 막대형태의 압축스트럿을 이용하고 내·외측 패널 하단면 사이에 설치함으로써 압축력을 받게 한다. 내·외측 패널이 연결 된 이후에는 패널 위에 콘트리트를 타설하여 완전한 바닥판을 형성한다.

3. 장폭 외측 프리캐스트 패널

3.1 장폭 외측 프리캐스트 패널 실험체

장폭 외측 프리캐스트 패널의 처짐은 그림 3과 같이 2.65m의 긴 지간장을 가진 캔틸레버구조이므로 하중에 민감하게 반응한다. 민감한 거동을 하는 외측부 프리캐스트 패널의 횡방향 경사를 맞추기 위해 그림 4에서처럼 압축스트럿을 설치하고 스트럿 길이를 조정한다. 다시 말해서 압축스트럿을 늘이며 외측 패널끝단이 올라가고, 줄이면 내려오므로 캠버량을 조절할 수 있다. 그림 3과 그림 4는 본 연구에서 사용한 실험체를 나타낸다. 본 연구에서는 외측부 거동만을 보기위해 내측부는 벽체 형태의 지지대를 제작하고 외측부는 패널형태로 제작한 후 실험을 수행하였다.

3.2 실험을 통한 자중 재하 시 장폭 프리캐스트 패널

3.2.1 실험목적

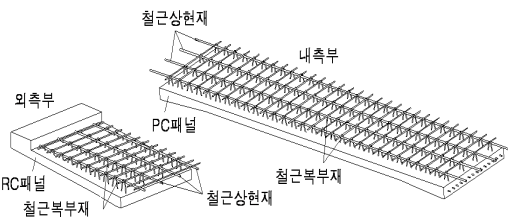


그림 1 장폭 프리캐스트 패널 일반도

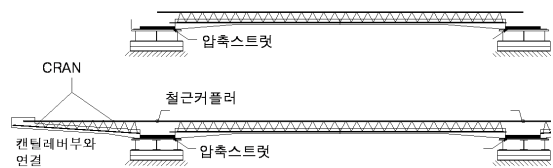


그림 2 장폭 프리캐스트 거치 순서도

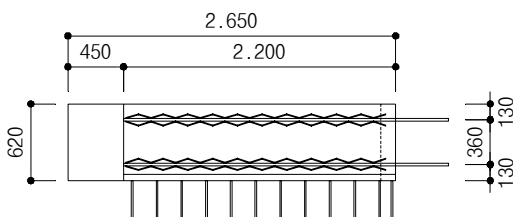


그림 3 실험체 패널 평면도

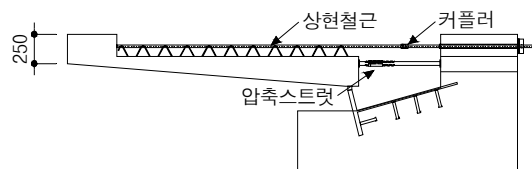


그림 4 실험체 패널 횡단면도

본 실험의 목적은 패널 수평상태에서 자중 재하 시 패널 끝단에 처짐을 파악하고, 이때의 처짐량만큼 캠버를 부여하여 캠버상태에서 자중 재하 시 패널이 수평으로 복원되는지를 확인하는 것이다. 즉, 수평상태, 캠버상태 두 경우 모두 자중 재하에 의해 일정한 변위가 발생하는 지를 확인하였다. 이 변위 값은 유한요소해석에 의한 패널 자중 재하 시의 처짐 값과 비교 시에 사용된다.

3.2.2 실험절차

유압잭을 이용하여 패널 거치 시에 압축스트럿과 상현철근 사이의 거리를 설계 값인 150mm로 맞추고, 수평계를 이용하여 중·횡방향 모두 수평 상태로 조정한다. 수평상태의 패널을 상현강재와 패널 사이의 완충재인 EPS(Expanded Polystyrene Styrofoam)에 거치한다. 커플러를 이용하여 상현강재를 연결하고 압축스트럿을 패널하단에 설치한다. 설치가 완료되면 초기 값 측정을 위해 광과측량기와 정밀레벨기로 패널 끝단의 위치를 측정하고 데이터로거를 이용하여 무응력 상태의 변형률 값을 읽는다.

유압잭의 유압을 제거하여 패널이 자중 상태에 이르면 측량기로 변위 측정과 데이터로거로 변형률을 측정한다. 그 후에 자중 처짐량 만큼 패널 끝단에 캠버를 부여한다. 캠버 부여가 완료되면 자중을 재하 한 후 측량과 측정을 재수행한다.

3.3 해석프로그램을 이용한 모델링 형상

장폭 하프 프리캐스트 패널 거동의 실험 결과를 해석프로그램을 이용하여 검증하였다. 모델링은 그림 5와 같이 수행하였다, 그림 5에서 트러스 부재와 압축스트럿은 beam 요소를 사용하였고, 캔틸레버받침 역할을 하는 EPS는 spring 요소를 사용하였으며, 나머지 부재는 모두 solid 요소를 사용하였다.

그림 5에서 보면 트러스 beam 부재의 격점부와 캔틸레버 패널의 solid 요소는 node를 공유하고 있으며, 트러스 부재의 단면력은 공유된 node를 통해 캔틸레버 패널에 전달된다. 실험모형에서 벽체 내부에 파이프를 설치하고 트러스 상현철근을 관통시켰기에 파이프와 상현철근 사이에는 유격이 존재한다. 이를 표현하기 위해 gap element로 초기 변위가 발생하도록 하였고, 1mm 변위가 발생한 후에는 철근의 강성만큼 저항하도록 모델링 하였다. 상현강재 위에 캔틸레버 패널을 받혀주기 위하여 총 4개의 EPS spring을 사용하였다. EPS 제조업체에서 제공한 물성치는 spring 강성 값이 360 N/mm이나 실제 실험에서는 평균 180 N/mm 강성만 받으므로 해석모델링을 보정 하였다. 표 1에서 각 부재별 물성치는 도로교설계기준 내용을 참조하였다.

4. 장폭 외측 프리캐스트 패널의 자중 재하 시 결과

4.1 해석 모델링의 하중 재하 확인

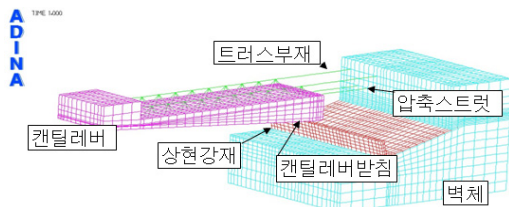


그림 5 모델링 형상

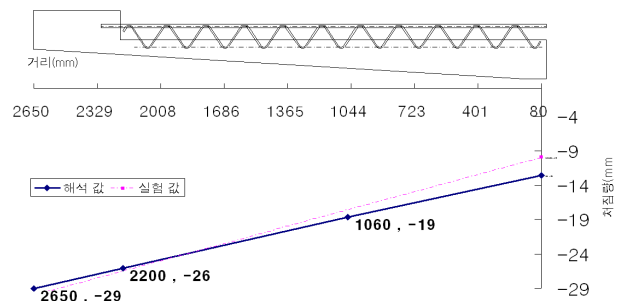


그림 6 자중 재하 시 패널의 처짐량

부재	재료	탄성계수(MPa)	포아송비	밀도(kg/m ³)
캔틸레버	Cocrete_40MPa	29310	0.1667	2500
벽체기초	Concrete_27MPa	25450	0.1667	2500
상현강재	Steel_SM570	210000	0.3000	7850
트러스부재	Rebar_SD40	200000	0.2000	7850
압축스트럿	Steel Bar	200000	0.2000	7850

표 1 모델링 물성치

체적에 단위하중을 고려한 수계산 값은 패널 7.824 kN, 상현강재 3.458 kN, 벽체 57.813 kN, 트러스철근 0.886 kN, 압축스트럿 0.081 kN으로 총합이 70.062 kN이다. 또한 해석 수행 후 총 반력은 70.080 kN으로 수계산 값과 유사하므로 하중이 적절하게 재하 되었음을 확인하였다.

4.2 외측 프리캐스트 패널의 해석 값과 실험 값의 처짐량 비교

그림 6에서 패널은 자중 재하 시에 선형 처짐 형상을 보인다. 실선과 표기된 값은 해석 처짐 값이며 점선은 실험에 의한 처짐 값이다. 지지점인 EPS에서의 처짐은 해석에서 12.7mm이고 실험에서 10mm로 2.7mm의 작은 값 차이가 발생하고 있다. 이는 해석프로그램 상에서 EPS 강성 값이 비슷하게 사용되었으나 조금 작게 사용되었음을 나타낸다. 또 패널 끝단에서의 처짐은 해석에서 29mm발생하였고 실험에서는 30mm로 자중 재하 시 비슷한 거동을 보이므로 유한요소해석과 실험이 유사함을 보이고 있다.

5. 결 론

장폭 외측 프리캐스트 바닥판은 상현재인 철근은 인장력을 받고 하현재인 철근콘크리트 합성 부재가 압축력을 받으며, 복부사재인 철근이 상현재와 하현재 사이의 힘을 전달하는 트러스 구조이다. 또한 내·외측 패널간의 연결은 커플러를 이용하여 상현재를 연결한 후 하현재인 압축스트럿을 조절하여 외측 패널 캠버량 조절이 가능하다. 이 때 외측부 패널은 캔틸레버 상태로 시공하므로 별다른 지보공 없이 시공이 가능하다.

본 연구에서는 장폭 외측 프리캐스트 패널의 자중 재하 시 거동에 대하여 실험을 수행하고 해석프로그램을 이용하여 검증하였다. 추후 연구를 통해, 본 연구에서 검증된 해석 모델을 실제 패널 규모로 확장하여 콘크리트 타설 하중, 작업하중 및 데크피니셔 하중에 대해 거동을 파악한다. 또한 적정 캠버량과 효율적인 압축스트럿 개수를 산정할 수 있을 것으로 기대한다. 이를 통해 추가 하중에 대한 실험을 수행하지 않더라도, 해석프로그램의 결과 값을 이용하여 최적 캠버량을 찾아냄으로서 교축 횡방향 경사를 맞추는 것이 가능하게 될 것이다.

참고문헌

- 국토해양부 (2008) 터널 및 교량현황
- 한국건설기술연구원 (2006) 장수명 합리화 바닥판 개발 : 프리캐스트 콘크리트 바닥판
- 건설기술연구원 (2005) 장수명 합리화 바닥판 개발 : 강-콘크리트 합성바닥판
- 대우건설, 한국시설안전공단, 비엔지건설턴트(2005) PC 거더 교량 연속화 공법개발
- 한국강구조학회 & 한국콘크리트학회(2003.), 합성구조 신기술 및 신개발
- 한국건설기술연구원(2002), Semi-Fabricated 합성바닥판의 개발-BARD 공법, 통권222호, **건설기술정보**, pp.29~30
- 한국건설기술연구원(2008), 도로교설계기준해설, pp.84~85