

철근콘크리트 바닥판의 실험체 형상에 관한 해석적 연구

Numerical Research for the Specimen Shape of the RC Slab

박창규* 윤상철** 정영수*** 유영찬****
Park, Chang Kyu Yun, Sang Chul Chung, Young Soo You, Young Chan

ABSTRACT

According to each researcher's opinion, a specimen for reinforced concrete bridge deck was designed, its size and shape was variable. Therefore, it makes difficult to comparison with other experiments. In the result of researching papers for design method of reinforced concrete bridge deck specimens, there is hardly found. The target of this study is introduction of the design method of a reinforced concrete bridge deck specimen. The most important point for the specimen design is materialization of the curvature of the real bridge deck. The result of this study appears that the specimens thickness effects highly to fit for the real reinforced concrete bridge deck's curvature.

1. 서론

기 수행되었던 철근콘크리트 바닥판의 성능평가에 관한 실험들을 하기위해 제작되었던 바닥판 실험체들은 크기가 실험자의 주관에 의해서 주로 설계되었다. 따라서 타 실험과의 비교 시 다른 변수에 대한 성능비교분석에서 판단의 모호함을 초래할 수 있었다. 이에 철근콘크리트 바닥판 실험체에 관한 설계 방법에 대한 자료를 조사하였으나 관련내용은 거의 없는 실정이었다. RC 바닥판의 성능평가에 관계된 실험체는 RC 바닥판을 가진 실교량을 선정하여 수치해석을 통한 바닥판의 곡률해석을 먼저 수행한 후 실험체의 곡률이 실교량의 곡률과 유사하게 거동할 수 있도록 설계되어야 한다.

본 연구에서는 2003년 교량관리시스템(Bridge Management System)에 근거하여 우리나라 교량 중 14.75%를 차지하고 있는 PSC Beam & IPC 교량형식을 실교량 모델로 선정하여 수치해석프로그램으로 곡률해석을 한 후 실험체의 곡률을 실교량의 곡률거동과 유사하도록 여러 가지 변수를 선정하여 해석을 실시하였다. 이는 향후 RC 바닥판 관련 실험을 수행할 시에 관련 근거를 제시하고자 한다.

2. RC 바닥판 실험체의 선정방법

PSC Beam 교량에서 그림 1과 같이 거더와 가로보 사이의 부재를 실험체로 선정하였다. 현재 시공된 PSC Beam 교량에서는 평균적으로 거더 사이의 폭 2.2~2.5m, 가로보 사이의 길이 5m, 슬래브 두께 0.25m 정도가 일반적이다. 그러나 실험체 제작시 실교량을 제작하여 실험하기란 비용, 공비, 공간등 여러 가지로 어려운 실정이므로 크기를 줄일 필요가 있다. 따라서 실교량 곡률해석 후에 실험체에 적용할 곡률해석부분은 그림 1(c)와 같이 설정하였다.

*정회원, 중앙대학교 건설환경연구소 공학박사

**정회원, 중앙대학교 석사과정

***정회원, 중앙대학교 토목공학과 교수

****정회원, 한국건설기술연구원 선임연구원

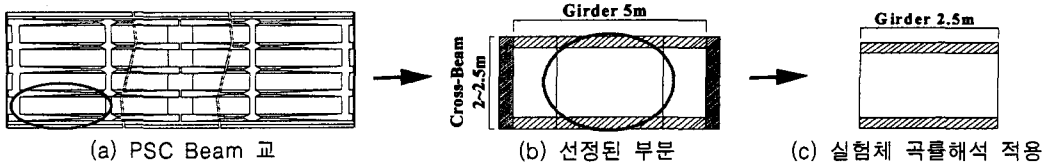


그림 1 바닥판 실험체 선정

3. 곡률해석

바닥판의 곡률식은 $\rho = 1/R = d\theta/ds$ 이나 ds 와 dx 의 차이가 매우 작기 때문에 일반적으로는 dx 를 사용한다. 하지만 바닥판 실험체의 처짐은 DB-24 하중하에서는 그 변화가 매우 작기 때문에 dx 는 적절치 못하다. 따라서 ds 를 곡률해석에 반영하여야 한다. 구조해석 후 하중재하점으로부터 절점 간격 별로 처짐 및 처짐각을 이용하여 곡률을 구할 수 있다. 처짐각으로의 곡률을 해석한다는 것은 해당절점에서의 접선을 이용하는 것이다. 이는 바닥판과 같이 그 처짐이 미소한 경우에는 실제처짐 이상의 처짐을 곡률해석에 반영하는 것이다. 달리 표현한다면 처짐각으로의 곡률해석은 근사식이고 처짐으로의 곡률해석은 정밀식이라 할 수 있다. 다음 식 (1)은 처짐으로의 곡률을 구하는 식이며 그림 2에 적용된 곡률해석을 나타내었다..

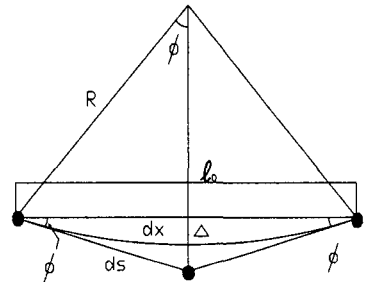


그림 2 곡률해석

$$\rho = \frac{1}{R} = 2\Delta / \left(\frac{l_0^2}{4} + \Delta^2 \right) \quad \text{식 (1)}$$

4. 실패량 해석

선정된 PSC Beam 교량의 개요는 그림 2와 표 1과 같다.

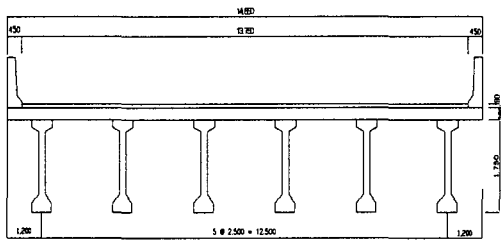


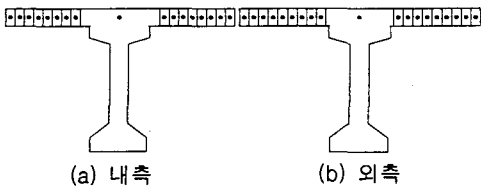
그림 3 PSC BEAM 교

표 1 PSC BEAM 개요

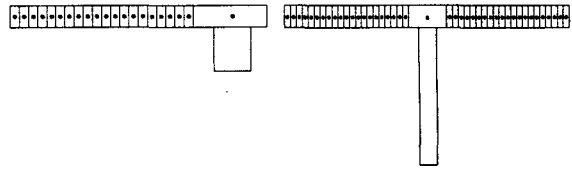
구분	개요
교량형식	PSC BEAM교 (25m)
교량폭원	14.90m
해석모델	격자모델
해석프로그램	SAP2000
하중재하형태	집중하중재하
재하하중	9.6ton (DB-24 하중)
지점조건	양단힌지

실패량 곡률분석은 SAP2000으로 격자모델을 사용하여 해석하였다. 교량의 종방향과 횡방향으로 격자모델링을 한 후, 종방향부분에서 거더가 있는 격자는 바닥판 및 거더의 강성을 함께 적용하여 계산하고, 횡방향부분에서 가로보가 존재하는 격자는 바닥판 및 가로보의 강성을 같이 적용하였으며 바닥판 만의 강성을 갖는 격자는 바닥판의 강성만을 적용하였다. 다음 그림 3과 그림 4에 이를 나타내었다. 교량의 지지조건은 양단힌지로 이상화하여 종방향의 곡률을 대칭화 하였다. 하중재하의 경우 도로 교설계기준의 차량바퀴별로 하중을 재하하는 것과 9.6ton의 집중재하하는 방법이 있으나 실제 해석한 결과 곡률해석결과는 유사하였으므로 9.6ton을 교량중앙부에 집중재하하였다. 그림 5는 실패량 해석

을 위한 모델링이다.



(a) 내측 (b) 외측
그림 4 종방향의 단면상수



(a) 단부 (b) 중앙부
그림 5 횡방향 단면상수

5. 실험체 해석

평균적으로 PSC BEAM 교량의 거더와 가로보로 둘러싸인 부분은 폭 2~2.5m, 길이 5m 정도이고 차량하중을 받을 시 곡률이 가장 큰 부분은 교량중앙의 바닥판이 된다. 바닥판은 휨파괴가 아닌 반복하중에 의한 편칭전단모드로 파괴가 이루어지기 때문에 전체곡률 중 바닥판 중앙에서 양쪽 1.25m 떨어진 부분까지만을 실험체 곡률과 맞추었다. 실험교량과 실험체의 곡률을 유사하게 맞추는 것은 바닥판의 설계는 1방향으로 하나 그 거동은 2방향 거동을 하므로 종방향과 횡방향의 곡률을 모두 맞춰야 한다. 그러나 해석결과 실험교량 크기로 제작하지 않는 한 상당한 어려움을 내포하고 있음이 조사되었다. 따라서 바닥판의 주철근 방향인 실험체의 횡방향의 곡률을 맞추는 것을 주목표로 한 후 실험체의 배력철근방향인 종방향 철근의 곡률을 비교분석하여 보았다. 실험체의 모델링은 PSC BEAM 교량 모델링과 같은방법으로 하였고 실험체 곡률을 실험교량 곡률(횡방향)과 맞추기 위해서 다음 표 2의 4가지 변수, 즉 거더높이, 바닥판 폭, 바닥판 길이, 바닥판 두께를 기준으로 수치해석을 실시하였고 그림 5에 각 변수에 따른 결과를 실험교량 곡률과 함께 비교하여 나타내었다.

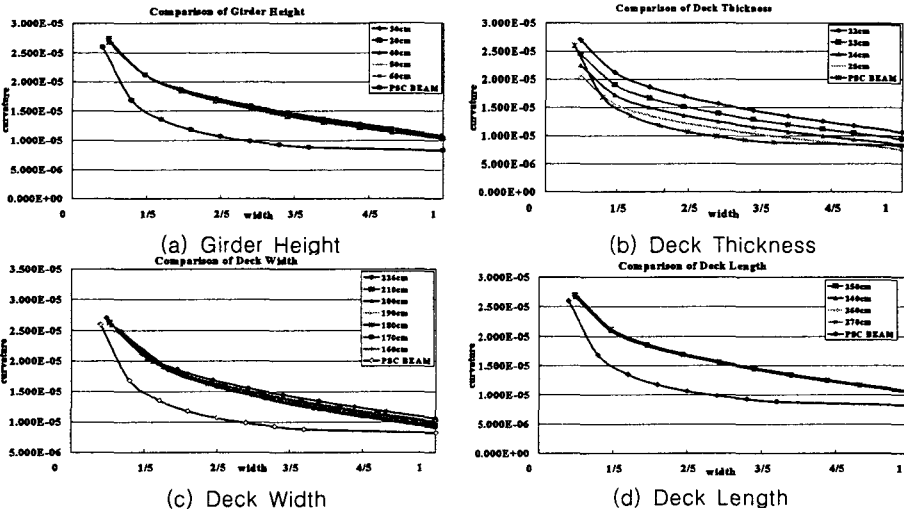


그림 6 실험체 변수에 따른 곡률그래프

각 변수별로 해석결과 바닥판 두께가 바닥판 횡방향 곡률에 큰 영향을 미쳤다. 바닥판 실험체 설계시 바닥판 두께는 도로교 설계기준의 최소두께규정인 22cm이나 실험교량의 횡곡률 거동을 묘사하려면 25cm가 되어야만 한다. 거더높이와 바닥판의 종방향 길이에 대한 변수별 곡률변화는 차이가 거의 없었으며 바닥판의 폭은 좁아질수록 곡률값은 크지는 않지만 점차 작아졌다.

6. 실험체 설계 및 PSC BEAM 교량과 비교

각 변수별 해석결과를 조합하여 바닥판 실험체를 설계한 후 실교량과의 횡방향 및 종방향 곡률을 비교하였다. 그림 7은 조합된 결과로 설계된 실험체 제원이며 그림 8은 횡방향 및 종방향 곡률비교표이다.

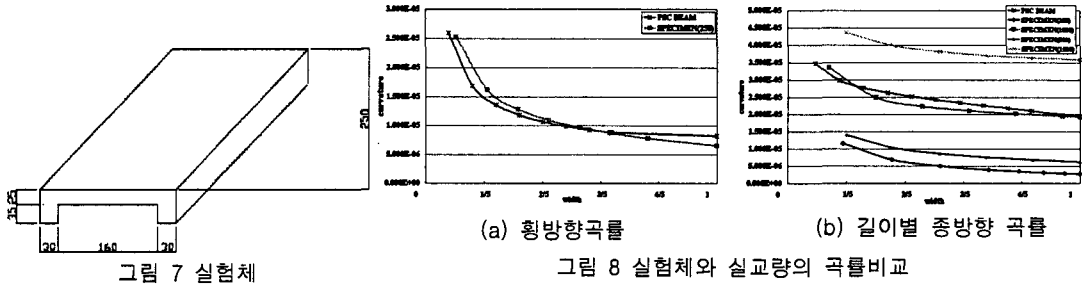


그림 8 (b)에 실교량 곡률그래프와 비슷한 거동을 보이는 곡률은 실험체 종방향 길이가 1000mm인 실험체지만 이 실험체의 횡방향 곡률그래프를 보면 그림 9와 같이 곡률이 더 커진다는 것을 확인 할 수 있다. 따라서 본 연구에서는 횡방향 곡률만 맞추어 실험체 형상을 그림 7과 같이 결정하였다.

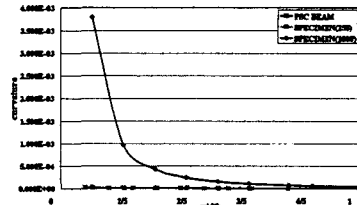


그림 9 바닥판 길이 1000mm의 횡방향 곡률그래프

7. 결론

곡률해석결과 기준이 되는 PSC BEAM 교량의 곡률을 실험체에 묘사하기 위해서는 다음의 결과를 얻을 수 있었다.

- (1) 실험체의 처짐을 감소시켜 실교량과 유사한 곡률을 얻을 시 거더높이와 실험체 길이방향의 변수는 영향을 거의 미치지 못하고, 두께는 실교량의 곡률묘사에서 가장 중요한 요소이다.
- (2) 실험체 바닥판의 폭은 곡률보정에 있어서 바닥판 두께 다음의 영향을 미치지만 줄일 수 있는 범위가 한정되어 있으므로 2m 정도에서 설계를 한다.
- (3) 2방향 거동을 동시에 만족시키는 부분은 상당히 난해하므로 주철근 방향인 횡방향 곡률을 묘사하여 실험체를 설계해야 한다.

감사의 글

이 연구는 건설교통부가 출연하고 한국건설교통기술평가원에서 위탁 시행 한 2005년도 건설기술기반 구축사업(과제번호 : 04기반구축A13)의 연구비 지원에 의하여 수행되었으며, 이에 감사드립니다

참고문헌

- (1) 오홍섭, “탄소섬유쉬트로 성능개선된 교량 바닥판의 보강설계기법”, 한양대학교 박사학위논문, 2001. 6
- (2) 양승록, “單純 P.S 콘크리트橋의 剛結處理에 依한 縱方向 連續化 研究”, 중앙대학교 석사학위논문, 1996. 12
- (3) 도로교설계기준, 2003
- (4) 정철현 등, “장지간 바닥판의 파괴모드에 관한 연구”, 대한토목학회 논문집, 2004. 1, pp.101-106