

프리캐스트 바닥판의 전단포켓 형상에 관한 해석 연구

Analytical Studies on Shape of Shear Pocket of Full-Depth Precast Slab

한상윤¹⁾ · 이만섭²⁾ · 이승록³⁾ · 송재준⁴⁾ · 강영중⁵⁾

Han, Sang-Yun Lee, Man-Sup, Lee, Seong-Rok Song, Jae-Joon Kang, Young-Jong

ABSTRACT

Full depth precast concrete bridge deck system can be advantageously to reduce construction time, hence lowering the cost. This system has several significant design and construction component. To connect between the concrete slab and steel girder, precast deck has shear pocket. Post-tensioning tightens the joints and prevents any leakage though the joint. When post-tensioning is applied, stress concentration occurs in the edge of shear pocket. In this study, precast decks using four types of shear pocket is analyzed by F.E.M.

1.서론

프리캐스트 바닥판은 바닥판과 바닥판의 이음부, 바닥판과 강주형의 이음부 등과 같은 구조적 특성을 가지고 있다. 이러한 특성들 중 바닥판과 강주형의 연결은 그림1.에서와 같이 바닥판 제작 시 미리 전단연결재(Stud)용 구멍(전단포켓)을 두고, 전단연결재(Stud)가 배치된 강거더에 거치한 후 전단포켓에 무수축 모르타르를 이용하여 그라우트를 함으로써 강거더와 콘크리트 바닥판을 합성시키고 있다.

또한, 프리캐스트 바닥판에 텐던(Tendon)을 이용하여 종 방향 및 횡 방향에 압축력을 도입한다. 종 방향 압축력은 필요에 따라서 합성전이나 합성후에 도입하기도 하고, 횡 방향 압축력은 일반적으로 합성전에 압축력을 도입한다.

그러나, 텐던에 의한 압축력이 바닥판 전면에 골고루 도입되지 않고, 국부적인 응력의 집중현상이 나타나는 것을 알 수 있다. 이러한 원인을 제어하기 위하여 응력의 흐름을 방해하지 않는 전단포켓의 형상을 찾아내는 것이다. 이전의 연구를 살펴보면 심광수(2003)는 유한요소해석을 통하여 동일한 크기의 프리캐스트 바닥판에 전단포켓의 개수가 적을수록 압축력 도입효과가 우수함을 알

1 정회원 고려대학교 토목환경공학과 박사과정
2 정회원 김재현 KNSA - 대구이사
3 정회원 푸스프건설·공학박사
4 정회원 한국건설기술연구원·공학박사
5 정회원 고려대학교 토목환경공학과 교수·공학박사

아냈고, 진단 포켓의 형상은 등근 형태가 좋을 것이라고 간단히 언급한바 있으나, 정량적인 분석은 연구된바가 없다.

따라서 본 연구에서는 유한요소해석을 이용하여 프리캐스트 바닥판의 종 방향 및 횡 방향 압축력 도입에 최적인 진단포켓의 형상을 정성적 및 정량적 분석을 통하여 알아내고자 한다.

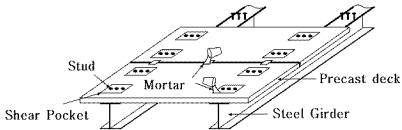
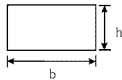


그림 1. 프리캐스트 바닥판과 강기둥의 합성

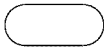
2. 유한요소해석

2.1 형상 및 변수

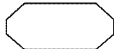
진단포켓의 형상은 일반적으로 사각형을 많이 사용하고 있으나, 압축력의 도입으로 인하여 생기는 바닥판의 응력의 흐름을 살펴보면 사각형의 모서리 부분이 응력흐름을 방해하고 있음을 알 수 있다. 그러므로 그러한 단점을 보완하고 비교하기 위하여 그림 2와 같이 4가지 형상의 모델을 선정하였다.



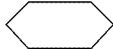
(a) SP-1 (사각형)



(b) SP-2 (원형)



(c) SP-3 (사다리꼴)



(d) SP-4 (삼각형)

그림 2. 진단포켓의 형상

이러한 4가지 형상의 진단포켓을 사용한 프리캐스트 바닥판의 모델을 진단포켓에 모르타르를 채운 경우와 그렇지 않은 경우로 나누어 분석을 하였다. 이때 진단포켓에 모르타르를 채우지 않은 경우는 강기둥과 합성된 프리스트레스를 도입하였을 때를 의미하고, 모르타르를 채운 경우는 강기둥과 합성후 프리스트레스를 도입한 것을 의미한다. 그러나 만일 진단포켓의 형상이 최적이라도

전단포켓의 면적이 다르다면 서로 다른 형상들의 비교가 무의미하기 때문에 모든 형상의 면적은 동일하게 하였으며 또한 가로(b), 세로(h)의 길이가 각각 일정한 경우로 나누어 종 방향(y-축) 및 횡 방향(x-축) 하중에 대하여 비교 및 검토하였다.

2.2 해석모델의 형상 및 제반 조건

유한요소해석은 범용해석프로그램인 LUSAS 13.5를 사용하였으며, 프리캐스트 바닥판의 대상 모델은 그림 3과 같으며, 유한요소해석 모델의 형상과 하중은 그림 4와 같이 모든 모델에 종 방향 및 횡 방향 압축력을 작용시켰고 하중의 크기는 1000kg/cm 이다. 프리캐스트 바닥판은 Plain stress 요소를 사용하였다.

콘크리트와 모르타르의 탄성계수는 각각 $2.6 \times 10^5 \text{kg/cm}^2$, $2.3 \times 10^5 \text{kg/cm}^2$ 이고 포아송비는 모두 0.17로 가정하였다. 콘크리트의 탄성계수는 도로교설계기준해설(2003)의 콘크리트의 압축강도가 300kg/cm^2 인 경우에 해당하는 값이다.

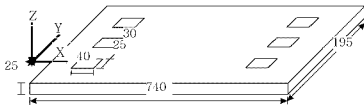
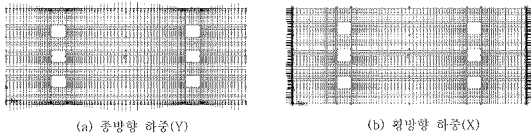


그림 3. 해석대상 모델 (단위:cm)



(a) 종방향 하중(Y)

(b) 횡방향 하중(X)

그림 4. 유한요소 모델의 형상 및 하중방향

3.결과 분석

3.1 종방향 압축력 도입

종방향 압축력의 도입은 그림 4(a)에 해당하는 것이고 교량의 교축방향과 같은 방향을 의미한

다. 종 방향 하중의 경우에는 전단포켓의 형상의 폭(b)을 고정시킨 모델을 비교하였다. 그 이유는 형태가 다양한 전단포켓들의 면적은 동일하더라도 종방향 하중으로 인하여 생기는 응력의 흐름을 방해하는 요소인 전단포켓의 폭(b)이 다르다면 4가지 형상의 모델의 비교가 무의미하기 때문이다.

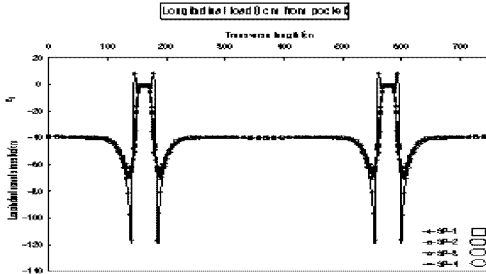


그림 5. 전단포켓에서 1cm 떨어진 부분의 종 방향 응력

그림 5는 전단포켓에서 종 방향으로 1cm 떨어진 부분의 프리케스트 바닥판에 분포하는 종방향 응력을 나타낸 것인데, 사각형 모양(SP-1)의 전단포켓의 경우는 과도한 응력집중 현상이 나타남을 알 수 있다.

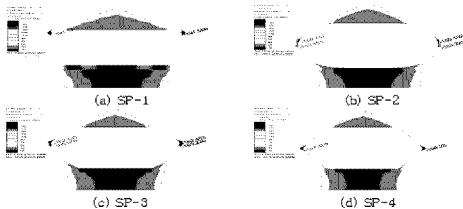


그림 6. 전단포켓의 주 압축응력의 응력분포

보다 정확한 응력집중 현상은 그림 6.을 보면 알 수 있는데, 응력집중현상이 가장 큰 SP-1의 경우 최대 주 압축응력 값은 197.52kg/cm^2 이고 가장 작은 SP-2는 159.102kg/cm^2 로서 SP-1보다 약 20%의 응력집중저감 효과가 있음을 알 수 있었다.

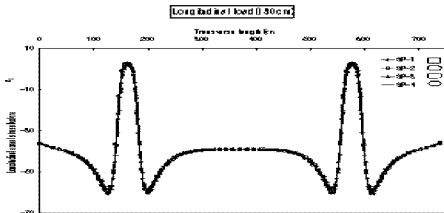


그림 7. 종 방향 130cm 부근의 종 방향 응력

그러나 그림 7.에서 보는 바와 같이 전단포켓에서 어느 정도 떨어진 곳의 종 방향 응력은 전단포켓의 형상에 따른 차이가 거의 없음을 알 수 있었다.

3.2 횡 방향 압축력 도입

횡 방향 압축력의 도입은 그림 4.(b)에 해당하는 것이고 교량의 교축직각방향과 같은 방향을 의미한다. 횡 방향 하중의 경우에는 전단포켓의 형상의 높이(h)를 고정시킨 모델들을 비교하였다.

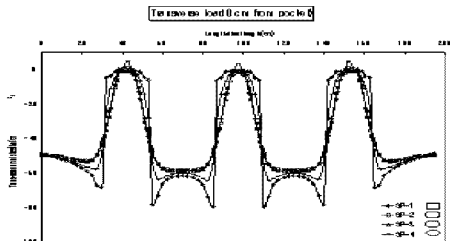


그림 8. 전단포켓에서 1cm 떨어진 부분의 횡 방향 응력

횡 방향 하중의 경우 그림 8에서 보는 바와 같이 SP-1은 전단포켓 부근에서 과도한 응력이 발생하는 것을 볼 수 있다. 반면 SP-2는 SP-1에 비하여 응력 집중현상이 비교적 적은 것으로 나타났다.

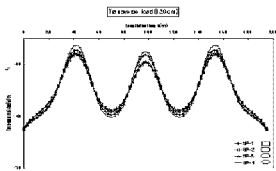


그림 9. 횡 방향 120cm 부근의 종 방향 응력

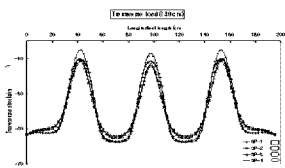


그림 10. 횡 방향 130cm 부근의 종 방향 응력

또한, 그림 9와 10은 프리캐스트 바닥판의 횡 방향 끝에서 120cm, 130cm떨어진 곳의 종 방향으로 분포하는 횡 방향 응력을 보여주고 있는데 압축응력의 도입효과가 SP-2의 경우가 가장 좋은 것으로 나타났다.

4. 결론

합성전 축, 전단포켓에 모르타르가 채워지지 않은 경우의 종 방향 및 횡 방향 압축력에 대한 프리캐스트 바닥판의 거동을 살펴본 결과는 다음과 같다.

1. 종 방향 압축력을 도입한 경우는 국부적인 응력집중현상은 원형(SP-2)이 가장 적게 나타났다. 응력집중이 일어나지 않는 곳에서는 압축력 도입효과는 차이를 나타내지 않았다.
2. 횡 방향 압축력을 도입한 경우는 원형(SP-2)이 응력집중이 가장 작은 것으로 나타났고, 응력집중이 일어나지 않는 곳에서는 압축력 도입효과는 원형(SP-2)이 가장 좋은 것으로 나타났다.

감사의글

본 연구는 포스코 건설의 연구지원으로 이루어진 것입니다. 관계자 여러분께 감사드립니다.

5. 참고문헌

1. Cracking of continuous composite beams with precast decks(2003), C.-S. Shim and S.-P. Chang, Journal of constructional steel research Vol. 59 pp 201-214
2. 도로교설계기준해설(2003)