

부착슬립 효과를 고려한 합성보의 비선형 해석

Non-linear Structural Analysis of Composite Beams Considering the Bond-slip Effect

곽 효 경* 황 진 옥**

Kwak, Hyo Gyoung Hwang, Jin Wook

ABSTRACT

This paper deals with an introduction of a numerical model which is based on finite element concept to simulate bond-slip behavior in composite beams. Correlation studies between numerical results and experimental values were conducted to verify the model.

요 약

본 논문에서는 합성보의 부착슬립거동을 해석하기 위한 유한요소 수치해석모델을 제안하고, 기존의 수치해석결과 및 실험결과와의 비교를 통해 부착슬립거동이 적절하게 나타나고 있음을 확인하였다.

1. 서 론

재료속성이 서로 다른 콘크리트 슬라브와 프리캐스트 거더로 구성된 합성보는 부착슬립의 발생으로 인해 완전부착을 가정했을 경우와 그 거동이 달라진다. 이러한 부착슬립의 고려를 위해 여러 수치해석모델이 제안되었지만 대칭구조물에만 적용이 가능하거나, 유한요소 모델링 과정에서 체눈 구성이 복잡해지는 등 그 사용이 비교적 제한적이었다. 이에, 이중절점의 도입 없이 절점 2 자유도의 보요소를 적용한 유한요소 기반의 수치해석모델을 제안하였으며 그 성능을 검증하였다.

2. 지배미분방정식 및 수치해석모델

단면 내력의 평형조건 및 전단 연결재의 하중-슬립 관계로부터 유도되는 지배미분방정식은 다음 식(1)과 같다. 여기서, F_{horz} 은 슬라브와 거더의 경계에서 작용하는 수평력, x 는 합성보 단면의 좌표, K_s 는 전단연결재 하중-슬립 곡선의 기울기(강성), L_s 는 전단연결재의 배치 간격, h 는 단면높이의 반, E 는 영계수, A 는 단면적, M 은 단면모멘트를 의미하며 첨자 s 와 b 는 슬라브와 보를 지칭한다.

* 정회원, 한국과학기술원, 구조설계연구실, 정교수

** 정회원, 한국과학기술원, 구조설계연구실, 박사과정

$$F''(x) - P^2 F(x) = -QM(x) \quad (1)$$

$$F''(x) = \frac{d^2 F_{horz.}}{dx^2}, P^2 = \frac{K_s}{L_s} \frac{EI^*}{EA^* \sum EI}, Q = \frac{K_s (h_s + h_b)}{L_s \sum EI}, EA^* = \frac{1}{1/E_s A_s + 1/E_b A_b}, EI^* = \sum EI + EA^* (h_s + h_b)^2 \quad (2)$$

지배미분방정식의 해를 구하기 위하여 구조물 경계조건 및 단면연속성을 위한 적합조건을 대입하며 [1] 유한요소수치모델의 특성상 각 요소 단위에서의 분포를 각각 따로 얻게 된다. 부착슬립은 수평력의 1차미분과 전단연결재 강성에 대한 배치간격의 비를 곱하여 계산할 수 있다. 슬립 발생에 따라 경계면에서 연속이던 변형을 분포가 불연속으로 변하게 되며 응력 및 단면 내력 값도 변화하게 된다. 이러한 현상은 비선형 해석과정의 수렴을 위한 반복해석의 횟수에 영향을 미쳐 수렴 방태에 변화를 주며 부착슬립의 영향을 고려한 유한요소 해석을 가능하게 한다.

3. 해석결과

아래그림은 콘크리트 함성보의 하중-변위곡선으로서 실험결과[2, 3, 4]와 부분부착을 가정했을 경우의 해석결과가 매우 유사한 경향을 보여준다. 또한, 완전부착을 가정했을 때보다 그래프의 기울기가 완만한 것으로 보아 부착슬립의 거동이 잘 나타나고 있음을 알 수 있다.

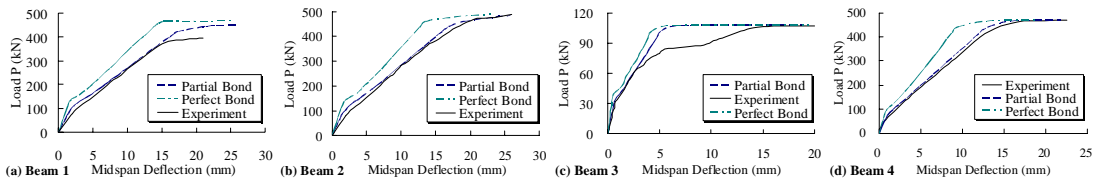


그림 1. 하중-변위곡선

4. 결론

기 제안된 부착슬립 해석모델의 단점을 극복한 유한요소 기반의 부착슬립 수치해석모델을 제안 하였고 기존의 해석결과 및 실험결과와의 비교를 통해 해석결과를 검증하였다.

감사의 글

본 연구는 국토해양부 첨단도시개발사업의 연구비지원(07첨단도시 A01)에 의해 수행되었습니다.

참고문헌

1. Kwak HG, Seo YJ., Behaviour of steel-concrete composite beam with flexible shear stud, In: Proceedings of the Eighth International Conference on Civil and Structural Engineering Computing, Stirling, 2001.
2. Tan KH, Guan LW, Lu X and Lim TY. Horizontal shear strength of indirectly loaded composite concrete beams. ACI Structural Journal 1999;96(4):533-539.
3. Patnaik AK. Behavior of composite concrete beams with smooth interface. Journal of Structural Engineering 2001;127(4):359-366.
4. Kahn LF, Slapkus A. Interface shear in high strength composite T-beams. PCI journal 2004; July-August:102-110.