

기둥지지-벽식구조에서 전이층의 구조해석모델링에 대한 연구

김영찬^{*†} · 이재준

^{*}부경대학교 건축학부 · 플러스구조설계사무소
(2004. 11. 22. 접수 / 2005. 5. 11. 채택)

Investigation of the Structural Modeling of Transfer Floor in Column-Supported Wall Structure

Young-Chan Kim^{*†} · Jae-Jun Lee

^{*}Division of Architecture, Pukyong National University
Plus Structural Design Company

(Received November 22, 2004 / Accepted May 11, 2005)

Abstract : Recently, column-supported wall structural system is frequently adopted in mixed-use high-rise buildings. Due to the sudden change of stiffness at the transfer floor proper load transfer and avoiding stress concentration are very important in column-supported wall structural system. It is revealed by many investigators that 2-dimensional analysis is not reliable and inappropriate selection of element for modeling may lead to erroneous result for gravitational loading. In this study, structural behavior of column-supported wall structure at transfer floor subject to lateral loading is compared by changing modeling methods.

Key Words : column-supported wall structure, FE modeling, transfer floor

1. 서 론

최근의 건축 구조물은 복잡한 도심지의 효율적 개발을 위해 점점 높아지고 있고, 더불어 다양한 용도로 사용할 수 있는 주상복합과 같은 복합용도의 구조물이 많이 건설되고 있으며, 이러한 주상복합건물은 하부를 개방공간으로 활용하거나 지하층을 주차장으로 활용하고 있는 추세에 있다. 복합용도에 맞는 구조형식으로 상부층을 주거용으로 사용하기 위한 전단벽식과 하부층을 주차장이나 상가용으로 사용하기 위한 골조형식을 적용하는 것이 보편적이다. 상부벽식 하부골조의 구조시스템은 상부벽식과 하부골조를 연결하는 전이부에 대한 해석이 매우 중요하다. 하지만 이러한 구조시스템은 상부 전단벽, 전이부와 기둥이 만나는 부분에서의 급격한 강성차이에 의해 응력분포와 거동형태가 복잡하고, 횡하중의 작용에 의한 전이부 부분의 응력

집중현상에 대해 명확한 규명이 되어있지 않다.

기존의 연구¹⁻⁵⁾에서는 수직하중에 대한 전이부의 거동 및 2차원 해석에 의한 결과를 분석하였으며, 수직하중에 대한 3차원 해석⁵⁾에서 기둥은 선요소, 전이부, 전단벽, 바닥판은 쉘요소를 사용하여 모델링 하였다. 3차원 해석의 필요성을 제시하였다. 또 다른 연구⁶⁾에서는 3차원 모델링의 복잡성을 피하기 위해 전이층 상부를 등가강성선재를 이용한 모델링방법을 제안하였으나 등가강성의 산정시 제약조건이 있는 문제점이 있다.

본 연구에서는 횡하중에 대한 3차원 해석시 전이층의 정확한 해석방법을 제안하기위해 전이층의 모델링 방법에 따른 해석결과를 비교·분석하고자 한다.

2. 전이층의 구조 모델링

본 연구에 적용한 해석대상건물은 실제로 설계된 아파트 건물을 바탕으로 본 연구를 위해 Fig. 1과 같이 단순화 시킨 평면을 설정하였고 기둥, 전

[†] To whom correspondence should be addressed.
yckim@pknu.ac.kr

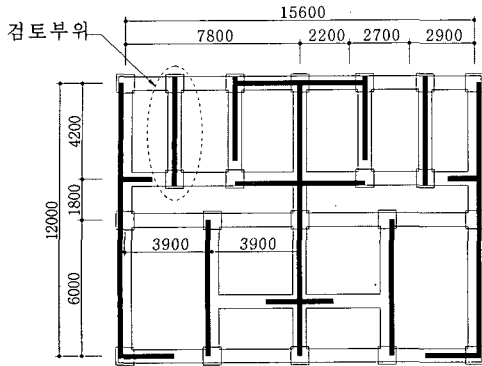


Fig. 1. Transfer floor plan(thick line-wall)

Table 1. Dimension of members

	단면크기(mm)	비 고
기둥	800×800	-
전이보	600×1200	보춤(m): 1.5, 1.2, 0.9, 0.6, 0.5, 0.3
벽체	200	-
슬래브	150	-

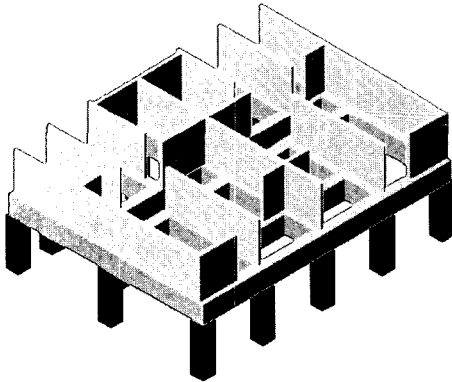


Fig. 2. 3-D modeling of transfer floor

이보, 벽체가 만나는 부분의 3차원 모델링은 Fig. 2와 같다. 전체 높이는 21층으로써 1층의 층고는 4.2m이고 2층부터 옥상층까지는 각각 2.6m이다. 각 부재의 크기는 Table 1과 같고 강성차이로 인한 부재의 거동^{3,4)}을 고려하기 위해 전이보의 춤을 변화시켰다.

2.2. 해석방법 및 범위

기존연구⁵⁾에 의하면 상부벽식 하부골조 구조시스템을 이상화시킨 2차원 해석은 불연속적인 벽체, 전이보와 기둥의 배치로 인하여 신뢰할 수 없는 것으로 규명되었다. 그래서 각 층 바닥의 슬래브 효

과를 고려한 3차원 해석기법과 상세해석기법을 범용해석프로그램인 MIDAS GEN⁷⁾을 이용하여 해석을 수행하였다.

각 부재요소의 선택은 2절점 요소인 보(Beam)요소와 4절점 요소인 판(Plate)요소, 8절점 요소인 입체(Solid)요소를 가지고 다음과 같이 5개의 해석모델링(Fig. 2)을 선정하여 결과의 정확성을 비교·분석하였다.

(1) GSCS: 모든 벽체는 두께가 부여된 판요소로 하고, 전이보와 기둥은 Solid요소로 선택하여 건물 전체를 상세해석한 기준모델링이다.

(2) GPCB: 전이보는 두께가 있는 판요소로 모델링하고 기둥은 보요소로 모델링한다.

(3) GPCB-RL: (2)의 상황과 동일하며, 전이보와 기둥요소 사이의 접합면을 고려하여 강체연결기능(Rigid Link)을 추가한다.

(4) GBCB: 모델링의 편의상 일반적으로 많이 사용하는 방식으로 전이보와 기둥 모두를 보요소로 모델링한다.

(5) GBCB-GO: (4)의 상황과 동일하며, 전이보의 실질적인 중립축 위치를 고려하기 위해 전이보를 Offset시킨다. 여기서 G는 Girder, B는 Beam, C는 Column, P는 Plate, RL는 Rigid Link, 그리고 S는 Solid를 의미한다.

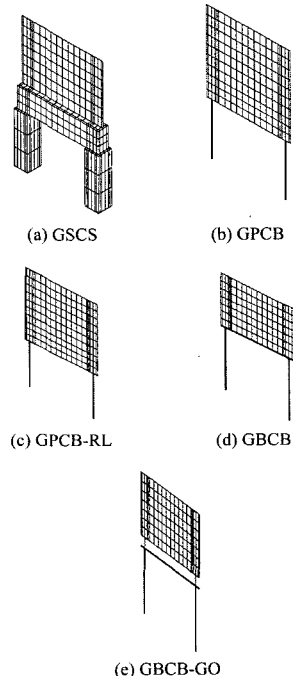


Fig. 3. FE modeling of transfer floor

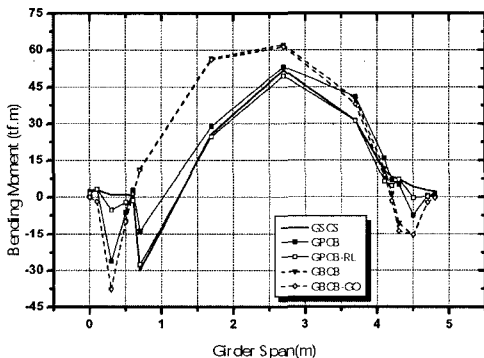
3. 해석결과

해석대상 건물전체를 상세 모델링한 GSCS를 기준으로 모델링방법의 차이에 따른 결과를 전이보에서 휨모멘트와 전단력을 검토하고 전이보와 기둥이 만나는 접합면에서의 지압응력을 검토 항목으로 설정하였다. 또한 Green의 연구⁶⁾에서 이용한 부재의 강성차이로 인한 거동형태도 함께 분석하였다.

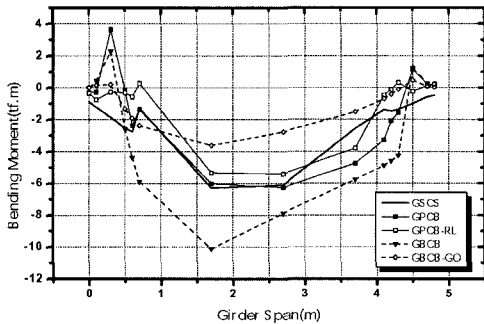
3.1. 전이보의 휨모멘트 비교

전이보의 휨모멘트 비교값은 전체위치에 대한 변화와 단부, 중앙부에서의 강성차이로 인한 부재력의 변화 양상을 각각의 모델링방법별로 정리하였다.

Fig. 4(a)에서 수직하중이 작용할 때의 휨모멘트는 기준모델인 GSCS와 비교했을 때 중앙부의 경우는 GPCB, GPCB-RL이 2~4%, GBCB, GBCB-GO는 20%정도 크게 산정된 것을 알 수 있다. 그러나, 단부에서는 GPCB-RL이 8%정도의 차이를 나타냈으나 GPCB는 54%, GBCB, GBCB-GO는 140% 적게 계산되었다. 전체적으로 GBCB계열이 오차가 심한 것을 알 수 있다.



(a) 수직하중작용시



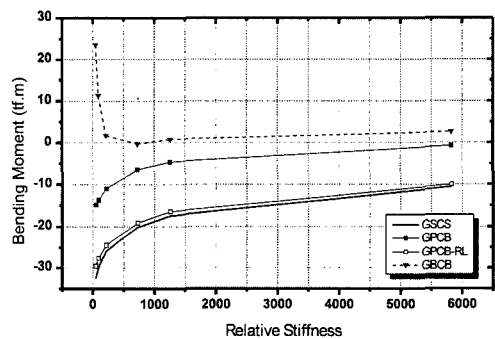
(b) 횡하중작용시

Fig. 4. Bending moment in transfer beam

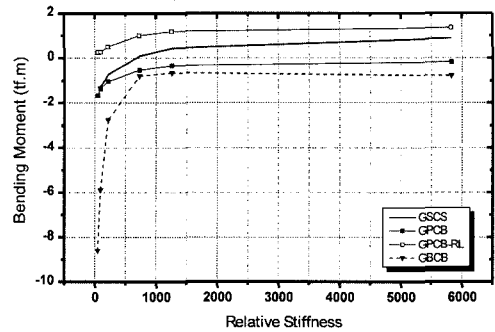
횡하중이 작용하는 경우 Fig. 4(b)에 나타나 있는데 기준모델과 비교했을 때 중앙부에서는 GPCB, GPCB-RL이 4~15%의 차이를 나타냈으나 GBCB는 60%정도 크게 계산하였고, GBCB-GO는 42%정도 작게 계산된 것을 알 수 있다. 단부에서는 GPCB, GPCB-RL, GBCB-GO가 미소한 차이를 보이고 있으나 GBCB는 3배 정도 크게 계산하는 것을 알 수 있다. 계산된 부재력의 분포를 보면 GBCB계열이 많은 차이를 보이고 있고, GPCB도 단부 쪽에서 많은 차이를 나타내고 있다.

수직하중 작용시 기둥과 전이보의 강성차이로 인한 모델별 부재력의 분포는 Fig. 5(a)에서 알 수 있듯이 단부에서 GPCB-RL은 기준모델과 비슷한 분포를 나타냈으나 GPCB와 GBCB는 50%이상의 많은 차이를 나타내고 있고, 중앙부의 경우는 전체적으로 유사한 분포를 나타내었다.

횡하중 작용시 부재의 강성차이로 인한 거동형태는 Fig. 5(b)에서 보듯이 단부의 경우 GPCB와 GPCB-RL은 기준모델과 유사한 부재력을 나타냈으나 GBCB는 강성비 500이하에서 2배 이상의 많은 차이를 나타내고 있다.

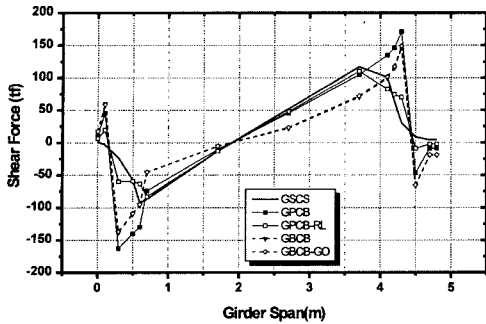


(a) 수직하중작용시

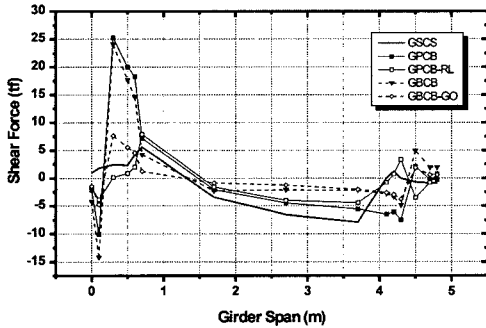


(b) 횡하중작용시

Fig. 5. Bending moment in transfer beam at end with respect to the relative stiffness of beam and column



(a) 수직하중작용시



(b) 횡하중작용시

Fig. 6. Shear force in transfer beam

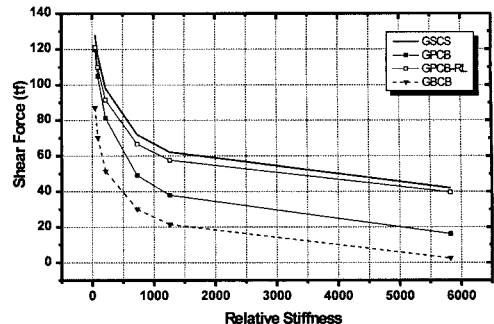
3.2. 전이보의 전단력 비교

전이보의 전단력 비교값은 전체위치에 대한 변화와 위험단면(3.7m)에서의 강성차이로 인한 부재력 변화 양상을 비교하였다.

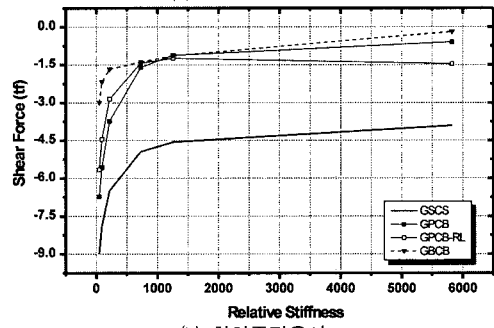
위험단면에서의 전단력비교에서 GPCB계열이 기준모델과 6~10%(수직하중작용시, Fig. 6(a), 20~40%(횡하중작용시, Fig. 6(b))의 차이를 나타냈으나 GBCB계열은 40%(수직하중작용시), 70%(횡하중작용시)정도 작게 계산된 것을 알 수 있다. 일반적으로 GBCB계열이 많은 차이를 보이고 있고 GPCB는 단부에서 GBCB와 유사한 결과를 보이고 있다.

부재의 강성차이에 따른 부재력의 분포는 Fig. 7(a)에서 보듯이 GPCB-RL이 기준모델과 유사한 분포를 나타내고 있다. GPCB, GBCB는 강성비 100이하에서 각각 약 10, 30%의 오차를 나타내고 있으나 강성비 500이상인 되면서 오차가 점점 증가하여 각각 약 30, 200%로 되고 있다.

횡하중 작용시에는 Fig. 7(b)에서 보듯이 GPCB 계열은 강성비 100이하에서 25%이상의 오차를 나타내면서 강성비가 증가할수록 오차 역시 증가하는 것으로 나타났다. GBCB는 GPCB계열과 비슷한 거동을 보였으나 강성비 100이하에서 오차가 점점 증가하는 것으로 나타났다.



(a) 수직하중작용시



(b) 횡하중작용시

Fig. 7. Shear force in transfer beam with respect to the relative stiffness of beam and column

3.3. 기둥지지의 지압응력 비교

전이보와 기둥이 만나는 접합면에서 지압응력을 비교하였다. Fig. 8(a)에서 GPCB-RL이 부재력분포가 기준모델과 유사하게 나타나고 있으며 GBCB계열은 최대 2배의 차이를 나타내고 있다. GBCB-GO는 응력의 부호가 바뀔 정도로 전체적인 분포가 많은 차이를 보이고 있고, 특히 GPCB는 기둥지지부 중앙에서 심한 차이를 나타내고 있다.

횡하중이 작용하는 경우에는 Fig. 8(b)에서 보듯이 부재력 분포양상은 수직하중 작용시와 비슷한 결과를 나타내고 있다. 그러나 GPCB의 경우 외단부 쪽으로 갈수록 수직하중의 경우와 비교했을 때 차이가 더 심하게 나타나고 있다.

3.4. 전이보의 처짐비교

전이보의 변위에 대한 결과가 Fig. 9에 나타내었다. 그림에서 알 수 있듯이 GPCB가 기준모델과 거의 유사하게 처짐분포를 보였다.

5. 결론

기둥지지-벽식구조에서 횡하중이 작용하는 경우

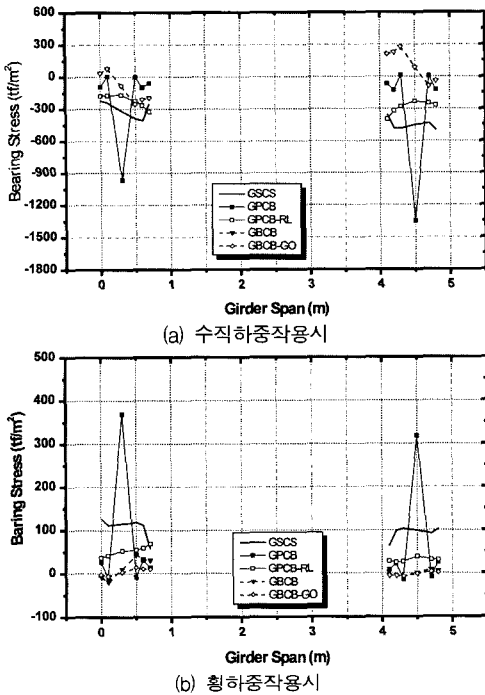


Fig. 8. Bearing stress at the top of column

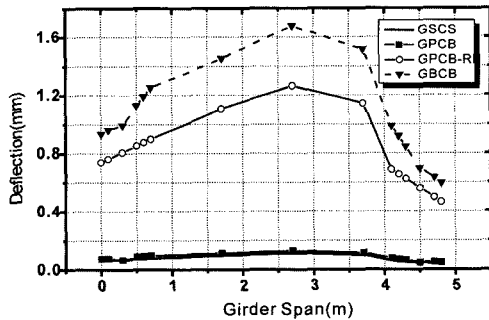


Fig. 9. Deflection of transfer beam(vertical loading case)

전이층의 구조해석모델링 방법에 따른 영향을 알아보았으며 수직하중에 대한 기존의 연구결과와 비교하였을 때 다음과 같은 결론을 도출하였다.

1) 수직하중 작용시 GPCB-RL은 상세해석(GSCS)과 비교해 볼 때 전체적으로 가장 유사한 거동형태와 결과치의 분포를 나타냈다. GPCB의 경우 전체적인 거동형태는 유사하게 나타나고 있으나 단부 쪽에서 지지하고 있는 기둥과 전이보 요소간의 연결성 문제 때문에 상이한 결과가 나타났다.

2) 횡하중 작용시 수직하중의 경우와 부재력의 분포는 유사하지만 오차는 약간 증가하는 양상을 보이고 있다.

3) 실무적으로 많이 사용되는 GBCB계열은 수직하중, 횡하중에 대해 모두 오차가 심하게 나타나는 것을 알 수 있어 적절하지 않은 방법으로 생각된다.

3) 상부 전단벽, 전이보, 기둥에서와 같이 강성이 서로 차이가 많이 나는 부재에서는 응력분포 형태가 급격하게 변화하는 부분, 즉 전이보에 대한 상세해석이 요구된다. 이러한 상세해석방법으로 사용할 수 있는 판요소와 입체요소간의 선택에 있어서는 요소간의 적절한 연결성 문제만 해결된다면 판요소의 선택이 적절할 것이라고 판단된다.

감사의 글 : 이 논문은 2003학년도 부경대학교 기성희 학술연구비에 의하여 연구되었음.

참고문헌

- Green, D. R., "The Interaction of Solid Shear Walls and their Supporting Structures", Build. Sci., Vol. 7, Pergamon Press, pp. 239~248, 1972.
- 김현아, 정성진, 신경재, 송진규, 정해교, 정하선, "연직하중을 받는 하부골조 상부벽식 구조의 모형화 방법에 관한 연구", 대한건축학회논문집, 구조계, 제14권, 제8호, pp. 37~44, 1998. 8.
- 정성진, 신경재, 박순섭, 황재호, 조석희, "전이보-벽체의 상대강성에 따른 전이보 응력변화에 관한 연구", 대한건축학회논문집, 구조계, 제14권, 제11호, pp. 55~62, 1998. 11.
- 최기선, 신경재, "전이보-벽체의 상대강성에 따른 기둥지지벽의 해석 및 실험", 대한건축학회논문집, 구조계, 제16권, 제6호, pp. 45~50, 2000. 6.
- 송진규, 김진상, 윤정배, "연직하중을 받는 하부골조 상부벽식 구조의 3차원 해석 기법에 관한 연구", 대한건축학회연합논문집, 제3권, 제3호, pp. 157~163, 2001. 8.
- 장극관, 안태상, "상부전단벽과 하부골조로 구성된 복합구조 시스템의 효율적 해석", 한국전산구조공학회 논문집, 제15권, 제3호, pp. 441~451, 2002. 9.
- Posdata, MIDAS GEN User's Manual, 2000.