

축하중이 작용하는 RC 경계보-벽체 시스템의 해석적 평가

손 흥 준¹·김 승 일²·김 대 진^{3†}

¹경희대학교 건축공학과 대학원생, ²(주)디엘이앤씨 주택공법팀 차장, ³경희대학교 건축공학과 교수

Finite Element Analysis of the Reinforced Concrete Boundary-Beam-Wall System Subjected to Axial Load

Hong-Jun Son¹, Seung-Il Kim² and Dae-Jin Kim^{3†}

¹Graduate Student, Department of Architectural Engineering, Kyung Hee University, Yongin, 17104, Korea

²Senior Manager, DL E&C Co., Ltd., Seoul, 03181, Korea

³Associate Professor, Department of Architectural Engineering, Kyung Hee University, Yongin, 17104, Korea

Abstract

In Korea, one of the most used structural systems for residential apartment buildings is the combination of the reinforced concrete (RC) wall and rahmen structures in the upper and lower floors, respectively. To alleviate the significant difference between the stiffnesses of these two structural systems, large transfer girders are generally required in the transition zone of the structure, which then results in the use of large amounts of construction materials and low economic feasibility. This paper proposes a new RC boundary-beam-wall system that can minimize the disadvantages of the RC transfer girder system. The structural performance of the proposed system subjected to axial loading was evaluated via rigorous three-dimensional nonlinear finite element analysis. Four parameters, namely the ratio of lower wall to upper wall lengths, distance between stirrups, main bar slope ratio, and slab length, were considered in the finite element analysis, and their effects on the maximum axial load were analyzed and discussed.

Keywords : transfer girder, RC wall structural system, transfer system, boundary beam

1. 서 론

1.1 연구배경

최근 20여 년간 우리나라에 지어진 아파트 구조물의 구조 시스템은 철근 콘크리트 상부벽식-하부골조의 형태가 대부분이다. 상부는 주거공간으로써 벽식 구조 시스템을 적용되며, 하부는 상가 혹은 지하주차장으로써 보-기둥의 골조 구조 시스템이 적용되는 것이 상부벽식-하부골조 시스템의 특징이다. 이와 같이 상하부가 서로 다른 구조 시스템으로 이루어져 있기 때문에 두 구조 시스템 사이에 연결성을 주기 위한 구간이 필요로 하게 된다. 이 구간을 일반적으로 전이층이라 하며 전이층에 사용되는 구조 부재로는 전이보가 대표적이다.

상부의 하중을 하부의 기둥에 온전히 전달해야 하기 때문에

전이보는 일반적으로 1.5m 이상의 층이 요구된다. 이로 인해 전이보 부재의 시공을 위해 많은 물량의 철근과 콘크리트가 요구되고, 시공 중 품질 확보가 어려워져 전반적인 공기가 증가한다. 위와 같은 단점이 있음에도 전이보를 사용하는 주된 이유는 상부의 벽식 구조 시스템을 유지하면서 하부의 공간을 확보 할 수 있다는 장점이 있기 때문이다.

전이보에 대한 선행 연구는 전이보의 성능 평가(Lee *et al.*, 2000; Ko and Lee, 2009; Kim and Park, 2012)와 효율적인 해석 방법 제시(Song *et al.*, 2001; Kim and Lee, 2003)와 같은 시스템에 대한 실질적인 분석 및 실무에서 직접적으로 활용하기 위한 연구가 대부분이었다. 일부 연구자들은 전이보 시스템의 단점을 보완하기 위해 부분적으로 수정된 전이 시스템을 제안한 바 있다(Chung *et al.*, 2002; Kim and Park, 2016; Sim and Choi, 2016).

본 연구에서는 전이보의 단점을 보완하면서 전이층의 역할을

†Corresponding author:

Tel: +82-31-201-3329; E-mail: djkim@khu.ac.kr

Received January 4 2021; Revised January 20 2021;

Accepted January 21 2021

© 2021 by Computational Structural Engineering Institute of Korea

This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License(<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

수행할 수 있는 새로운 형태의 전이 시스템인 경계보-벽체 시스템을 제안하고자 한다. 제안하는 시스템은 상부벽체의 바로 밑에 상부벽체의 길이보다 짧은 하부벽체를 두며 기존의 상부벽체 사이의 수벽을 전이보의 역할로서 활용하는 것이 가장 큰 특징이다. 전이보와 같은 별도의 부재를 형성하는 것이 아니기 때문에 물량을 크게 줄일 수 있으며, 하부벽체와 상부벽체가 직선상에 있기 때문에 시공성 또한 향상될 것으로 판단된다. 기존의 전이 시스템인 전이보 시스템과 제안한 전이 시스템인 경계보-벽체 시스템에 대한 간단한 형상과 예상 하중 경로를 Fig. 1에 나타내었다.

Fig. 1(a)에 나타낸 것과 같이 전이보 시스템의 경우 상부벽체의 바로 아래에 하부기둥이 없어서 상부의 하중이 근방에 있는 하부 기둥으로 가야하기 때문에 하중의 경로가 불안정하다. 하지만 제안한 시스템의 경우 상부의 하중이 전이구간을 거쳐서 하부벽체로 전달되는 것이 아닌 상부벽체로부터 이어진 하부벽체로 바로 전달되기 때문에 하중 경로가 안정적이다. 그리고 추가적으로 전이보 시스템의 문제점으로 전이 구간을 기점으로 강성이 급변하는 문제가 있는데, 제안하는 시스템의 경우 상부에서 하부로 강성 변화가 비교적 적기 때문에 이러한 문제점도 보완이 가능할 것으로 판단된다.

본 연구에서는 실험적 연구에 앞서 선행연구의 성격으로 축하중이 작용하는 철근 콘크리트 경계보-벽체 시스템의 구조적 성능 평가를 위해 다양한 변수에 대해 3차원 비선형 유한요소해석을 수행하고 그 결과를 분석하였다.

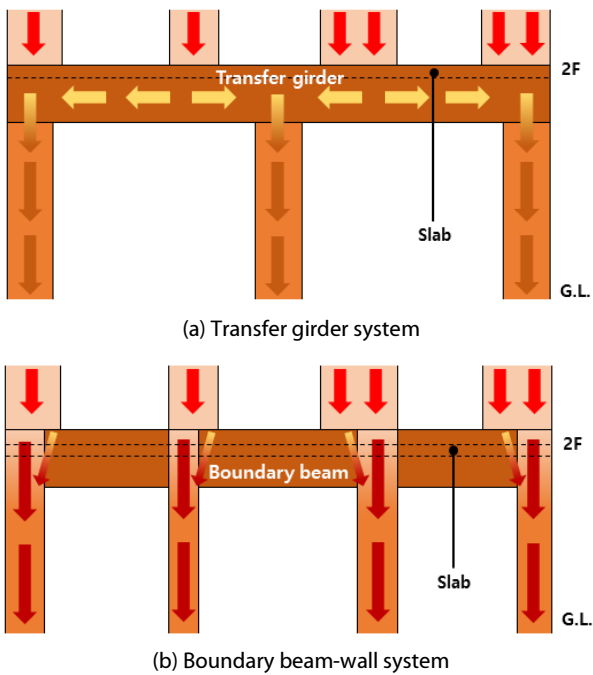


Fig. 1 Load path of the transfer system

1.2 새로운 형상의 전이 시스템

본 연구를 통해 제안된 경계보-벽체 시스템의 단위 모듈의 전체 형상을 Fig. 2에 나타내었고 각 구조요소가 만나는 접합부의 형상과 단면을 Fig. 3에 나타내었다.

제안한 시스템은 상부벽체, 경계보, 슬래브, 하부벽체로 이루어져있으며, Fig. 2를 통해 제안한 시스템의 벽체들 사이는 경계보로 연결되어 있는 것을 알 수 있다.

상부벽체의 경우 일반적인 벽체와 배근이 같지만 Fig. 3(a)에 나타내었듯이 벽체의 주근 중 일부가 꺾여서 하부벽체로 정착

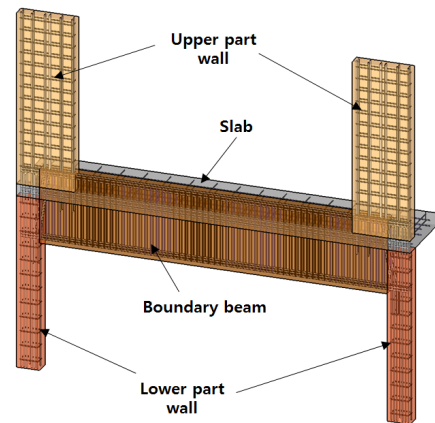


Fig. 2 Boundary beam-wall system

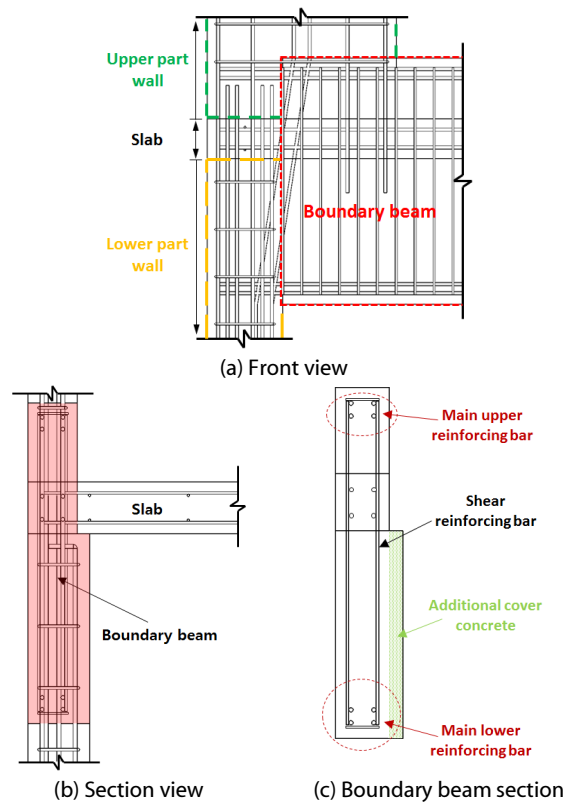


Fig. 3 Connection details

되는 것을 볼 수 있다. 그리고 하부벽체의 경우 상부벽체에서 길이가 짧아진 형태이지만 Fig. 3(b)에서 볼 수 있듯이 두께는 상부벽체보다 두껍게 하여 줄어든 면적의 일부가 보상되는 효과를 주었다. 경계보의 경우 벽체들 사이의 연결보의 역할이면서 전이층의 하중 전달 역할을 동시에 수행한다. 그리고 경계보는 Fig. 3(c)와 같이 직사각형의 단면에 앞서 하부벽체에 추가된 두께만큼 경계보의 하부에 더해진 단면을 갖는다. Fig. 2와 Fig. 3의 형상을 기준으로 유한요소해석 모델링을 진행하였다.

2. 유한요소해석 모델

본 장에서는 제안한 경계보-벽체 시스템의 해석적 평가를 위해 수행한 3차원 유한요소해석의 해석모델 변수, 해석모델의 형상 및 치수, 해석모델의 경계조건 및 하중조건, 해석모델에 적용한 재료모델을 정리하였다.

2.1 해석모델 변수 및 종류

제안한 시스템의 해석적 평가를 위해 설정한 경계보-벽체 시스템의 주요 변수로는 상하부벽체의 길이 비율, 전단보강근 간격, 철근의 꺾임 비, 슬래브의 길이가 있다. 하부벽체의 길이 비율(ratio of lower wall length to the upper one)의 경우 하부벽체의 길이를 상부벽체의 길이를 기준으로 상대 비율로 나타낸 것으로 상부벽체로부터 하부벽체에 유지하는 벽체 길이의 비율을 의미한다. 해당 변수의 종류로 40%와 50%가 있다. 전단보강근 간격(distance between stirrups) 변수는 벽체들 사이에 있는 경계보의 내부에 배근되는 전단보강근의 간격으로 100mm, 200mm, 300mm 3가지가 있다.

철근 꺾임 비(main bar slope ratio) 변수는 상부벽체로부터 하부벽체로 정착되는 철근들 중 꺾어서 정착시키는 철근들에

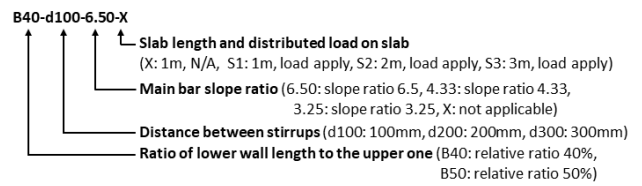


Fig. 4 Specimen identification

대한 꺾임 정도를 의미한다. 철근 꺾임 비 변수의 종류는 총 4가지로 6.50, 4.33, 3.25 그리고 철근 꺾임이 없는 경우가 있다. 철근 꺾임없는 경우 꺾어지는 위치의 철근을 경계보에 정착시켰다. 슬래브의 길이(slab length) 변수는 경계보에서 면의 방향으로 돌출되는 슬래브의 길이를 의미한다. 길이의 종류는 1m, 2m, 3m 3가지가 있다. 그리고 슬래브 길이 변수 해석모델에는 추가적으로 슬래브에 실내 주거용 활하중인 2kN/m²의 등분포하중을 슬래브 상부면에 적용하였다.

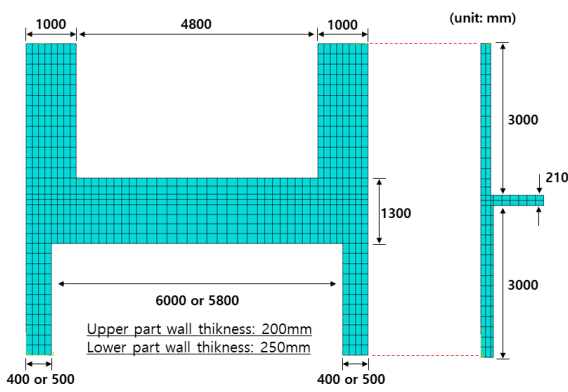
위의 4가지 종류의 변수들을 기준으로 총 10개의 해석모델을 만들었으며, 각 해석모델에 따른 해석모델명과 변수들을 Table 1에 정리하였다. 해석모델명의 경우 Fig. 4에 나타난 표기법에 따른다.

2.2 유한요소해석 모델

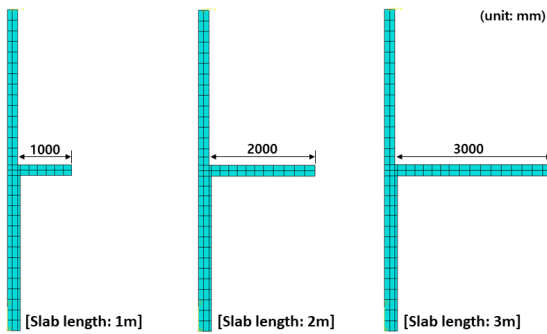
본 연구에서 앞서 정리한 10개의 해석모델의 유한요소해석 수행을 위해 사용한 프로그램은 ABAQUS/CAE(ABAQUS, 2018)이다. 해석을 위해 제안한 시스템의 단위 모듈 전체를 모델링하였으며 비선형 해석(Static, Riks)을 수행하였다. 각 재료별 요소의 종류로는 콘크리트의 경우 solid(C3D8: 8-node linear brick) 요소로 모델링하였고 철근의 경우 truss(T3D2: a 2-node linear 3-D truss) 요소로 모델링하였다. 해석모델의 재료에 따른 요소망 형상과 해석모델의 치수를 Fig. 5에 나타내었다.

Table 1 FE-analysis model list

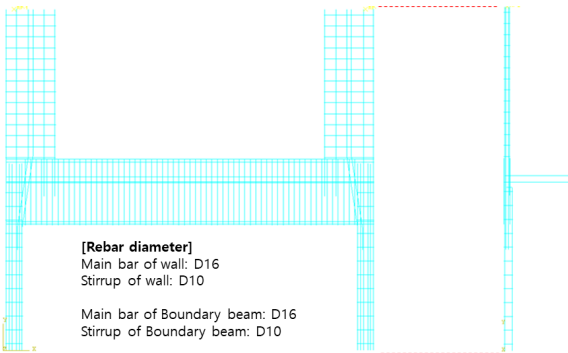
Analysis model	Ratio of lower wall length to the upper one	Distance between stirrups	Main bar slope ratio (Slope angle)	Slab length	Distributed load on slab
B40-d100-6.50-X	40%	100mm	6.50 (81°)	1m	N/A
B40-d100-4.33-X			4.33 (77°)		
B40-d100-3.25-X			3.25 (73°)		
B40-d100-X-X			N/A		
B40-d200-6.50-X	50%	200mm	6.50 (81°)	1m	2kN/m ²
B40-d300-6.50-X		300mm			
B40-d100-6.50-S1		100mm			
B40-d100-6.50-S2	3m				
B40-d100-6.50-S3					



(a) Discretization of concrete



(b) Slab lengths



(c) Discretization of reinforcing bars

Fig. 5 Finite element analysis model

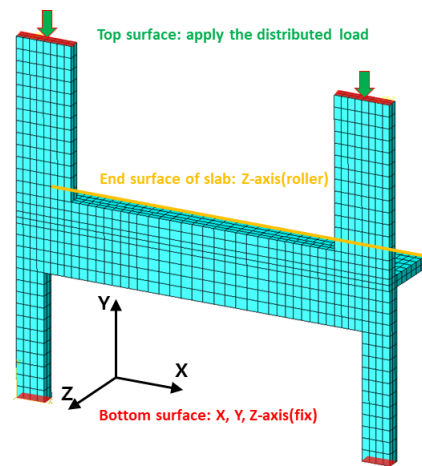
Fig. 5(a)에 나타난 것과 같이 상부벽체의 폭은 1m이고 하부벽체의 경우 상부벽체 길이 대비 40%와 50%가 있다. 상부벽체 사이의 길이 4.8m로 모든 해석모델들이 동일하고 하부벽체 사이의 길이의 경우 상하부벽체 길이 비율이 40%일 때는 6m, 50%일 때는 5.8m이다. 벽체의 두께의 경우 상부벽체는 200mm이고 하부벽체는 상부벽체에 50mm를 더한 250mm이다. 그리고 슬래브의 두께는 일반적인 아파트에 적용되는 두께인 210mm이다. 상부와 하부의 벽체의 높이는 슬래브 면까지 3m로 동일하게 설정하였다. 그리고 슬래브 길이 변수에 의한 해석모델들의 측면에서의 형상과 치수는 Fig. 5(b)와 같다. 상부벽체의 면으로부터 돌출되는 길이를 기준으로 1m, 2m, 3m의 3가지 경우가 있다.

철근의 경우 피복두께 40mm와 철근의 직경을 고려하여 철근의 중심선을 배열하였다. 상부벽체 및 하부벽체, 경계보의 주근과 전단보강근의 직경은 각각 16mm와 10mm로 동일하다. Fig. 5(c)는 콘크리트에 파묻히는 철근들의 전체형상으로 벽체와 경계보의 주근과 전단보강근이 교차하여 배열되어 있는 것을 볼 수 있고, 상부벽체의 주근들 중 가운데 주근의 경우 철근 꺾임이 적용되어 하부벽체의 위치에 이어져 있는 것을 볼 수 있다.

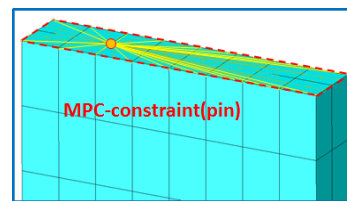
2.3 해석모델의 경계조건 및 하중조건

모든 해석모델에 동일하게 설정한 경계조건과 하중조건을 Fig. 6에 나타내었다. 해석모델의 경계조건은 슬래브의 단부면과 하부벽체의 최하단면에 적용하였다. 먼저, 슬래브의 단부면의 경우 Z 방향 변위가 고정되어 면에 롤러가 적용된 것과 같은 효과를 주었다. 하부벽체의 최하단면은 X, Y, Z 방향의 변위와 회전을 고정하여 하부면이 움직이지 못하도록 설정해 주었다.

해석모델에 적용한 하중의 경우 해석모델의 상부벽체의 최상단면에 해석이 진행됨에 따라 점진적으로 증가하는 분포하중을 적용시켰다. 이때 하중이 가력됨에 따라 벽체가 모델의 중앙부로 휘어지는 것을 방지하기 위해서 Fig. 6(b)에 나타난 것과 같이 상부벽체의 최상단면의 한 점을 기준으로 MPC-constraint를 적용하여 최상단면의 점들의 X, Y, Z 방향으로의 변형이 기



(a) Boundary conditions



(b) MPC-constraint(pin)

Fig. 6 Boundary condition and load condition

준점과 동일하도록 설정하였다. 그리고 슬래브 길이 변수에 의한 해석모델들의 경우 추가적으로 아파트의 실내 주거용 활하중인 2kN/m²을 슬래브의 상부면에 적용하였으며, 상부벽체의 최상단에 작용하는 하중과는 다르게 해석이 진행되어도 하중이 일정하게 유지되도록 설정하였다. 철근은 콘크리트에 “embedded element”로 삽입되어 콘크리트와 철근 사이의 미끄러짐은 고려되지 않았다.

2.4 재료모델

경계보-벽체 시스템에 사용되는 재료의 종류는 크게 2가지로 콘크리트와 철근에 쓰이는 강재가 있다. 유한요소해석을 수행하기 위해서 해석모델에 적용한 재료 종류에 따른 재료모델 형상을 Fig. 7에 나타내었으며, 사용한 각 재료들의 탄성계수, 항복강도, 푸아송비를 Table 2에 나타내었다.

강재의 경우 Fig. 7(a)에 나타낸 것과 같이 항복강도에 도달한 후 응력이 증가하지 않고 변형률만이 증가하는 형태인 탄성-완전소성 재료모델을 적용하였다.

Table 2 Material properties

Type of material		Elastic modulus (MPa)	Yield stress (MPa)	Poisson's ratio
Concrete		27,515	30	0.167
Steel of wall	Main bar (D16)	200,000	600	0.3
	Stirrup (D10)		500	
Steel of Boundary beam	Main bar (D16)		400	
	Stirrup (D10)			

콘크리트의 경우 손상소성모델(damaged plasticity model)에 기반해 압축과 인장에 대한 응력-변형률 곡선이 각각 Fig. 7(b)와 Fig. 7(c)로 나타난다. 콘크리트의 압축 거동의 경우 일반적으로 많이 사용되는 Hognestad model을 적용하였다. 콘크리트의 인장 거동의 경우 이선형모델(bi-linear model)로 응력-변형률 관계가 표현되며 비선형 해석의 수렴성 향상을 위해 최대 인장강도의 40%에 해당하는 최소응력을 유지한다.

3. 해석결과 비교 및 분석

본 장에서는 수행된 3차원 유한요소해석의 결과를 통해 도출한 해석모델들의 하중-변위 그래프를 변수에 따라 비교 및 분석을 진행하였다.

3.1 하부벽체의 길이 비율

하부벽체의 길이 비율 변수에 따른 해석모델들의 하중-변위 그래프를 Fig. 8에 나타내었다. 그리고 그래프에 하부벽체의 공칭강도를 점선으로 표시하였다. Fig. 8를 통해 하부벽체의 길이 비율 40%와 50% 모두 하부벽체의 공칭강도 이상의 성능이 나오는 것을 확인할 수 있다. 그리고 두 해석모델을 비

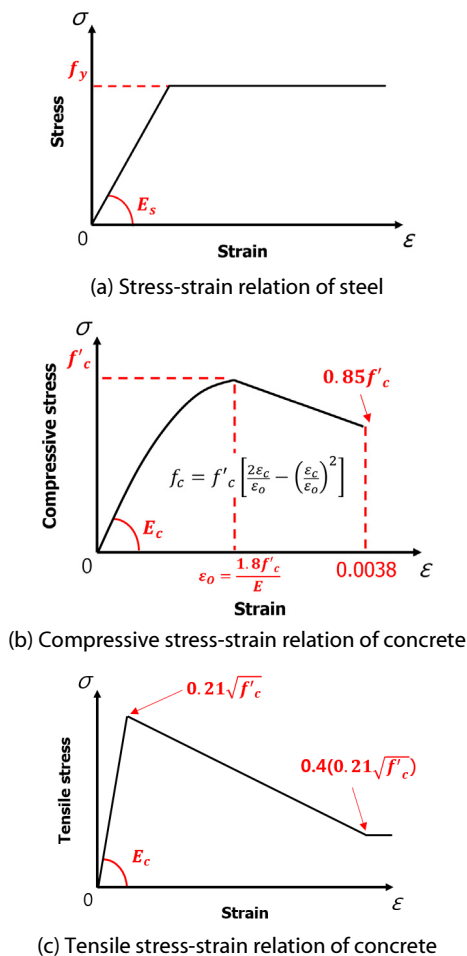


Fig. 7 Stress-strain curves of steel and concrete

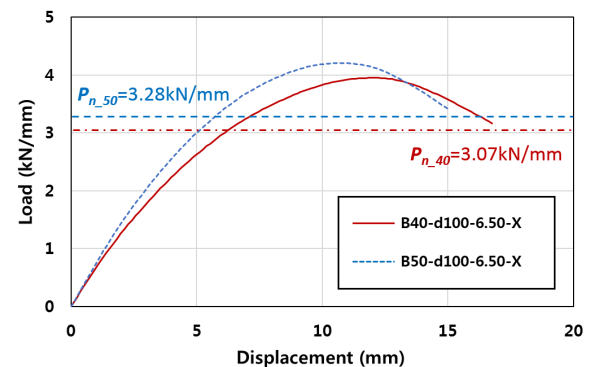


Fig. 8 Load-displacement graph

Table 3 Maximum load and relative ratio

Analysis model	Maximum load (kN/mm)	Relative ratio (%)
B40-d100-6.50-X	4.208	100.0
B50-d100-6.50-X	3.951	93.9

교했을 때 하부벽체의 길이가 더 긴 모델인 비율 50%의 해석 모델이 보다 큰 강성과 강도가 나오는 것을 확인할 수 있다. 정량적인 비교를 위해 각 해석모델의 최대하중과 상하부벽체 길이 비율 50%인 경우의 최대하중 대비 상대비를 Table 3에 나타내었다.

표를 통해 최대하중이 하부벽체의 길이 비율이 40%일 때 50%일 때보다 6%정도 줄어들지만 공칭강도 또한 6% 정도 줄기 때문에 시스템의 성능 저하는 아닌 것으로 판단된다. 따라서 해당 시스템의 하부벽체의 길이 비율을 40%로 하면 충분한 강성 및 강도 확보가 가능할 것으로 보인다.

3.2 경계보의 전단보강근 간격

경계보의 전단보강근 간격 변수에 따른 해석모델들의 하중-변위 그래프를 Fig. 9에 나타내었으며, 그래프에 해석모델들의 하부벽체의 공칭강도를 그래프에 점선으로 표시하였다. Fig. 9를 통해 모든 해석모델들이 공칭강도보다 높은 강도를 보유하고 있으며, 경계보의 전단보강근의 간격이 달라지더라도 강성과 강도의 변화는 거의 없는 것을 알 수 있다. 이를 수치적으로 보기 위해 해석모델들의 최대하중과 전단보강근 간격 100mm일 때의 해석모델의 최대하중 대비 상대비를 Table 4에 나타내었다.

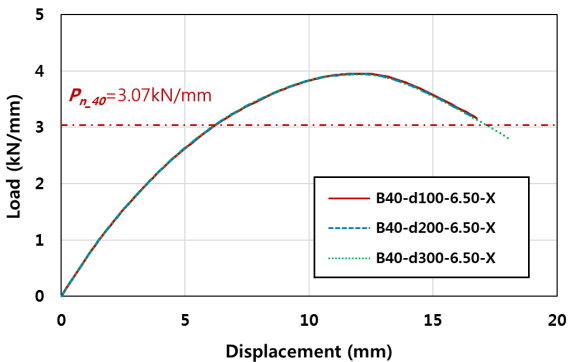


Fig. 9 Load-displacement graph

Table 4 Maximum load and relative ratio

Analysis model	Maximum load (kN/mm)	Relative ratio (%)
B40-d100-6.50-X	3.951	100.0
B40-d200-6.50-X	3.944	99.8
B40-d300-6.50-X	3.939	99.7

Table 4를 통해 전단보강근 간격이 늘어남에 따라 최대하중이 미미하게 감소하는 것을 볼 수 있다. 하지만 감소하는 정도가 0.5% 미만으로 최대하중은 거의 동일하다. 따라서 전단보강근의 간격은 해당 시스템에 큰 영향을 미치지 못하기 때문에 건축구조기준(Architectural Institute of Korea, 2016)을 만족시키는 간격을 적용한다면 구조적으로 큰 문제가 없을 것으로 판단된다.

3.3 상부벽체 철근 꺾임 비

상부벽체 철근 꺾임 비 변수에 따른 해석모델들의 하중-변위 그래프를 Fig. 10에 나타내었으며, 하부벽체의 공칭강도를 점선으로 표시하였다. 앞서 결과들과 마찬가지로 모든 모델들이 공칭강도보다 높은 강도가 나오는 것을 볼 수 있다. 철근 꺾임 비 변수의 경우 전단보강근의 간격 변수와는 다르게 그래프의 형상이 철근 꺾임 변수에 따라 달라지는 것을 Fig. 10을 통해 알 수 있다. 이와 같은 변화가 나타난 이유는 철근 꺾임 비의 경우 실질적으로 하중의 대부분을 분담하고 있는 하부벽체에 영향을 주기 때문인 것으로 생각된다. 이에 대한 수치적 비교를 위해 각 해석모델의 최대하중과 상부벽체 철근 꺾임 비 6.50 해석모델의 최대하중 대비 상대비를 Table 5에 나타내었다.

표를 통해 철근 꺾임 비가 감소함에 따라 즉, 철근의 기울기가 감소함에 따라 최대하중이 증가하는 것을 알 수 있으며, 철근 꺾임이 없는 경우 철근 꺾임 비 6.50 해석모델과 거의 동일한 최대하중이 나오는 것을 알 수 있다. 앞서 전단보강근 변수보다는 변화 폭이 증가하였지만, 그 폭이 1% 내외로 매우 작기

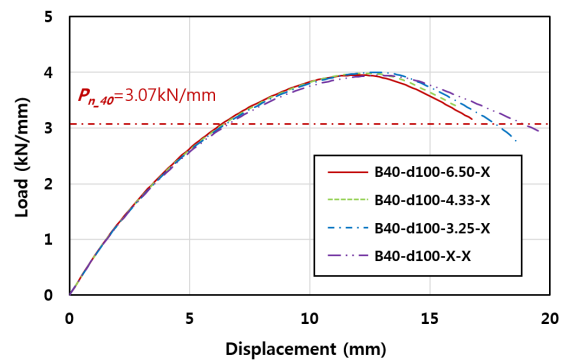


Fig. 10 Load-displacement graph

Table 5 Maximum load and relative ratio

Analysis model	Maximum load (kN/mm)	Relative ratio (%)
B40-d100-6.50-X	3.951	100.0
B40-d100-4.33-X	3.982	100.8
B40-d100-3.25-X	4.002	101.3
B40-d100-X-X	3.947	99.9

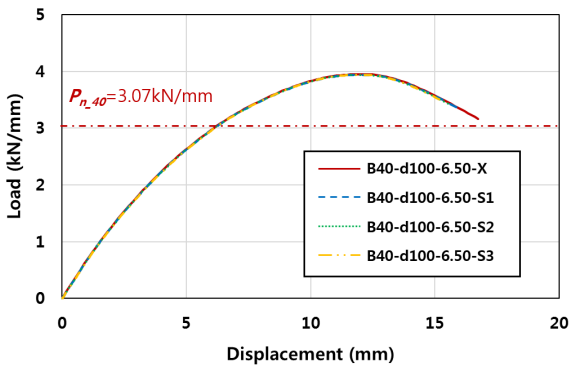


Fig. 11 Load-displacement graph

Table 6 Maximum load and relative ratio

Analysis model	Maximum load (kN/mm)	Relative ratio (%)
B40-d100-6.50-X	3.951	100.00
B40-d100-6.50-S1	3.942	99.77
B40-d100-6.50-S2	3.942	99.77
B40-d100-6.50-S3	3.943	99.79

때문에 철근 꺾임 비 변수 또한 전체 구조물의 거동에는 큰 영향을 미치지 못한다. 따라서 접합부의 시공성을 고려하여, 상부벽체의 주근을 부재의 바로 아래에 위치한 경계보에 정착시키더라도 구조물의 거동에는 큰 문제가 없을 것으로 판단된다.

3.4 슬래브의 길이

슬래브의 길이 변수에 따른 해석모델들의 하중-변위 그래프를 Fig. 11에 나타내었으며, 앞에서와 마찬가지로 하부벽체의 공칭강도를 점선으로 표시하였다. 그림을 통해 모든 해석 모델들이 하부벽체의 공칭강도보다 높으며, 변수에 따른 강성 및 강도의 변화가 거의 없는 것을 알 수 있다. 이를 수치적으로 비교하기 위해 해석모델들의 최대하중과 슬래브에 작용 하중이 없고 슬래브의 길이가 1m인 해석모델의 최대하중을 기준으로 각 모델의 상대비를 Table 6에 나타내었다.

표를 통해 슬래브 하중이 적용되지 않았을 때보다 적용되었을 때 최대하중이 감소하는 것을 볼 수 있지만, 감소 정도가 0.5% 미만으로 거의 변화가 없는 것을 알 수 있다. 따라서 슬래브 길이 및 슬래브 하중에 의한 구조물의 변화는 거의 없으며, 상부벽체에 작용하는 하중이 해당 단위 모듈의 거동에 지배적인 것을 알 수 있다.

4. 결론

본 연구에서는 전이보와 같은 부재가 없는 새로운 형태의 전이 시스템을 제안하였다. 제안한 시스템의 축하중에 대한

구조적 성능을 평가하기 위해 하부벽체의 길이 비율, 경계보의 전단보강근 간격, 상부벽체 철근의 꺾임 비, 경계보에 연결된 슬래브의 길이의 4가지 변수들을 설정하여 10개의 해석모델을 만들고 3차원 유한요소해석을 수행하였다. 유한요소해석을 수행하여 얻은 해석결과를 통해 각 해석모델의 하중-변위 그래프를 도출하였으며, 이를 변수에 따라 비교 및 분석하였다. 비교 및 분석을 통해 얻은 본 연구의 결론은 다음과 같다.

- 1) 하중-변위 그래프 및 그래프에 나타난 하부벽체의 공칭강도를 통해 모든 해석모델이 각 모델의 하부벽체의 공칭강도보다 높은 최대하중이 나온 것을 알 수 있다.
- 2) 하부벽체의 길이 비율의 경우 40%일 때보다 50%일 때 해석모델의 강성과 강도가 높지만 하부벽체의 길이 비율을 상부벽체 대비 40%만 유지하더라도 충분한 구조적 성능을 보유할 수 있을 것으로 판단된다.
- 3) 경계보의 전단보강근의 경우 전단보강근의 간격 변수에 상관없이 하중-변위 그래프가 거의 동일하였으며, 최대하중의 경우 그 차이가 0.5% 미만으로 최대하중 또한 거의 동일한 것을 알 수 있다. 따라서 전단보강근 간격의 경우 건축구조기준을 만족시킬 수 있는 간격이면 충분할 것으로 판단된다.
- 4) 상부벽체 철근 꺾임 비의 경우 앞서 전단보강근 변수와는 다르게 변수에 따라 하중-변위 그래프의 형상이 달라지는 것을 볼 수 있는데, 해당 변수의 경우 대부분의 하중을 분담하는 하부벽체에 영향을 주기 때문인 것으로 생각된다. 하지만 최대하중을 비교하였을 때 차이가 1% 내외로 모든 해석모델들이 비슷한 것을 알 수 있다. 따라서 구조물의 시공성을 고려하여 상부 벽체의 철근을 꺾임없이 경계보에 정착시키는 것도 구조적으로 큰 문제가 없을 것으로 판단된다.
- 5) 상부벽체와 하부벽체의 사이에 위치한 슬래브의 길이 변수의 경우 변수에 따른 하중-변위 그래프의 변화가 거의 없는 것을 볼 수 있다. 슬래브의 길이가 같을 때 슬래브에 작용하는 하중이 없는 경우와 있는 경우의 최대하중의 차이가 0.5% 미만으로 거의 동일하며, 슬래브의 길이가 길어지더라도 최대하중의 차이가 0.5% 미만으로 변수에 의한 변화가 없는 것을 확인하였다. 따라서 제안한 시스템은 벽체로부터 전달되는 하중이 지배적이며, 슬래브에 의한 하중은 큰 영향이 없는 것으로 판단된다.

감사의 글

이 논문은 2020년도 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(No. 2020R1A2C1014806).

References

- ABAQUS (2018) *User's Manual Ver.6.17*, H.K.S. Inc.
- Architectural Institute of Korea (2016) *Korea Building Code and Commentary* (in Korean).
- Chung, Y.I., Yoon, S.H., Hong, W.K., Kim, H.C. (2002) Evaluation of an Effective Load Transfer System Applied to a Simple Model of a Wall Frame Structural System, *J. Earthq. Eng. Soc. Korea*, 6(3), pp.23~29.
- Kim, H.S., Lee, D.G. (2003) Efficient Analysis of Shear Wall with Piloti, *J. Comput. Struct. Eng. Inst. Korea*, 16(4), pp.387~399.
- Kim, M.J., Park, S.S. (2012) Evaluation for the Progressive Collapse Resistance of RC Apartments Adopted Transfer Girder System, *J. Archit. Inst. Korea*, 14(4), pp.213~220.
- Kim, S.H., Park, H.G. (2016) An Analysis of the Housing Mobility Behavior with the Use of Housing and Tenure Type, *Archit. & City 2016*, Architectural Institute of Korea, 36(2), pp.1431~1432.
- Ko, D.W., Lee, H.S. (2009) Experimental Verification of Design Approaches of RC Transfer Girders Topped by Partially Filled Shear Walls, *J. Archit. Inst. Korea*, 25(4), pp.61~68.
- Lee, H.S., Kim, S.Y., Ko, D.W., Kwon, K.H., Choi, S.M. (2000) Cyclic Loading Test of Interior Deep-Beam Lower-Column Joint in Upper-Shear Wall Lower-Frame Structure, *KCI Spring 2000 Convention*, Korea Concrete Institute, 12(1), pp.446~451.
- Sim, Y.J., Choi, C.S. (2016) Evaluation on the Compression Capacity of Transfer Slab System according to the Variation of Column Length, *J. Korea Concr. Inst.*, 28(6), pp.695~702.
- Song, J.G., Kim, J.S., Park, S.S. (2001) 3-Dimensional Analysis Method for Building Using Column Supported Wall System under Gravity Loadings, *J. Archit. Inst. Korea*, 3(3), pp.157~163.

요 지

현재 우리나라에서 설계 및 시공되는 대부분의 철근콘크리트 벽식구조 공동주택은 상부벽체-하부골조 시스템으로 구성되어 있으며 서로 다른 상하부 구조시스템의 결합을 위해 전이보를 이용한다. 상부의 하중을 하부의 기둥 부재에 효율적으로 전달하기 위해 전이보가 큰 강성을 지녀야 하고 이로 인해 부재의 축이 커져 많은 물량의 투입되고 전반적인 경제성이 떨어지게 된다. 이러한 문제점을 해결하기 위해 기둥을 벽체요소로 대체하고 일반적인 콘크리트 전이보에 비해 규모가 작은 경계보를 수평 구조요소로 활용한 새로운 경계보-벽체 시스템을 제안한다. 제안된 시스템의 축하중에 대한 성능 평가를 위해 3차원 비선형 유한요소해석을 수행하였다. 주요 설계변수로 상하부벽체 길이비, 경계보 부재의 전단보강근 간격, 하부벽체로 연속되는 상부벽체 수직근의 꺾임 비율, 슬래브 길이를 설정하고 제안된 시스템의 성능에 얼마나 기여하는지 분석하였다.

핵심용어 : 전이보, RC 아파트, 전이 시스템, 경계보, 벽식구조