

# 연직 및 횡하중이 작용하는 상부벽식-하부골조구조물의 벽체 배치유형에 따른 거동 해석

## Behavior Analysis According to the Shear Wall Layout of Column-Supported Wall System Subject to Vertical and Lateral Loads

이 대 현\*      김 호 수\*\*  
Lee, Dae-Hyeon      Kim, Ho-Soo

### 요 약

최근 도심지에 건설되고 있는 대부분의 주상복합건물과 아파트들은 다양한 공간을 구성하기 위해 주로 복합구조형식을 채택하고 있다. 특히, 이러한 구조형식들 중의 하나인 상부벽식-하부골조시스템은 전이층에서 서로 연결되는 전단벽형식과 골조형식을 모두 포함하고 있다. 그러나 이 시스템은 구조적인 안전성 측면에서 볼 때 매우 불합리하며, 전이층에서의 응력분포를 파악하기 매우 어렵다. 따라서 본 연구에서는 연직 및 정적 횡하중이 작용하는 전이보 시스템의 전단벽 배치에 따른 구조적인 거동과 응력분포를 분석하고자 함에 있으며, 또한 해석결과를 바탕으로 전이층부근에서의 하중의 전달경로 및 응력집중현상을 파악하고, 전단벽과 전이보의 효율적인 설계를 위한 방안을 제시하고자 한다.

### Abstract

Recently, most of residential-commercial buildings and apartment houses which are being constructed in the downtown area mainly adopt hybrid structural systems to compose various spaces. Especially, column-supported wall system which is one of the hybrid systems includes shear wall and rigid frame structure and these structures are connected by the transfer floor. But this system is very disadvantageous from the viewpoint of structural safety and is difficult to find out the stress distribution at the transfer floor. Therefore, this study analyzes the behavior and stress distribution according to the shear wall layout of transfer girder system subject to vertical and static lateral loads. Also, this study recognizes load paths and stress concentration based on the analysis results nearby the transfer floor and presents guidelines for the effective design of wall and transfer girder.

*keywords: Column-Supported Wall System, Transfer Girder, Shear Wall Layout, Finite Element Analysis*

## 1. 서 론

도심지에 건설되고 있는 주상복합건물은 건축계획적인 요구 또는 복합적인 용도의 건물을 구성하기 위해 두 가지 이상의 구조시스템을 한 건물에 적용하는 복합구조형식을 주로 채택하고 있으며, 그 대표적인 구조형식이 상부벽식-하부골조시스템이다. 이 시스템은 전이층을 중심으로 상부는 벽식

구조의 주거부분을, 하부는 골조형식의 상업적인 용도 및 주차공간을 형성한다. 또한 벽식구조와 골조형식이 만나는 층에서 상부구조가 부담하는 하중을 하부구조로 원활하게 전달시키기 위한 전이층이 요구되며, 이러한 전이층 구성형식 중 국내에서 주로 채택하고 있는 것이 전이보 시스템이다.<sup>[3]</sup> 전이보는 상부벽체의 배치형태에 따라 그 위치가 결정되어지는 춤이 큰 형태의 보로서, 벽체하부에 설치되어 상부하중을 벽체와 함께 기둥으로 전달하는 역할을 수행한다. 그러나 이 시스템은 구조형식의 불연속성과 급격한 강성의 변화로 인해 전이층에 응력이 집중되는 단점<sup>[2],[4]</sup>이 있으며, 전이층과 인접

\* 정회원, 청주대 산업과학연구소 연구원, 공학박사

Tel: 043-215-1964, Fax: 043-215-2964

E-mail: ldh8175@chollian.net

\*\* 정회원, 청주대 건축공학부 교수, 공학박사

E-mail: hskim@cju.ac.kr

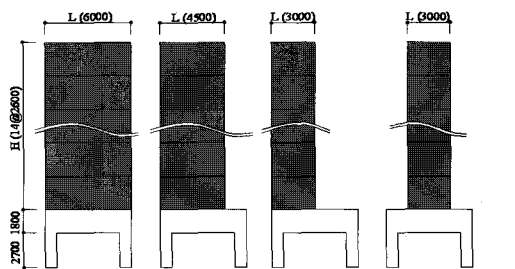
한 부재의 응력분포 및 구조물의 거동을 정확히 파악하기 어려운 구조형식이다. 따라서 본 연구에서는 연직 및 횡하중이 작용하는 상부벽식-하부골조 구조물의 전이층 상부벽체의 배치형태에 따른 다양한 해석모델을 설정하고 유한요소해석을 수행하여 전이층부근에서의 응력분포와 응력집중현상을 분석하고자 하며, 그 결과를 바탕으로 하중전달경로 및 하부골조의 부재력 변화를 검토하여 전이층 부근에서의 응력흐름을 파악하고자 한다. 또한 이를 바탕으로 전이층과 인접한 벽체 및 전이보의 구조 설계시 과소 또는 과대설계되는 오류를 방지하고 효율적인 설계방법을 제시하는데 그 목적이 있다.

## 2. 전이보 시스템의 거동해석

해석대상구조물은 하부골조가 단일경간과 2경간인 경우로 구분하였으며, 벽체의 응력분포와 응력 집중현상 및 전이보의 부재력 분포를 정확히 분석하기 위해 유한요소해석을 수행하였다. 그리고 해석결과를 바탕으로 상부벽체의 트러스 거동에 의한 응력집중현상을 전이층을 중심으로 분석하고, 이 현상이 하부골조에 미치는 영향을 파악하였다. 또한 횡하중이 추가로 작용할 경우, 벽체의 응력분포 및 전이보의 부재력 분포의 변화를 연직하중의 결과와 비교, 분석하였으며, 횡하중이 작용하는 전이보 시스템의 전이층 형성위치에 따른 구조물 전체의 수평변위 형상과 해석모델 설정기법에 따른 각 층의 수평변위 양상을 분석하였다.

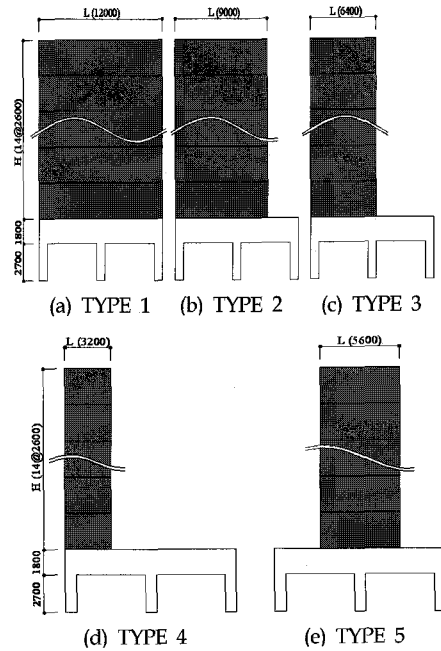
### 2.1 해석대상구조물

해석대상구조물은 전이보위에 배치되는 상부벽



(a) TYPE 1 (b) TYPE 2 (c) TYPE 3 (d) TYPE 4  
 <그림 1> 단일경간의 상부벽식-하부골조 구조물

체의 배치형태에 따라 <그림 1, 2>와 같이 하부골조가 단일경간형태인 4가지 유형(TYPE 1~4)과, 2경간형태인 5가지 유형(TYPE 1~5)으로 구분하여 설정하였으며, 해석대상구조물의 전체적인 구조물의 개요는 <표 1>과 같다.



<그림 2> 2경간의 상부벽식-하부골조 구조물

<표 1> 해석대상구조물의 개요

|        | 개요              |        | 개요      |
|--------|-----------------|--------|---------|
| 층수     | 15층             | 벽체두께   | 0.2m    |
| 층고     | 2.6m (1층: 4.5m) | 전이층 위치 | 2층 바닥   |
| 기둥단면   | 0.8×0.8m        | 건물 높이  | 40.9m   |
| 전이보 단면 | 0.8×1.8m        | 구조     | 철근콘크리트조 |

### 2.2 연직하중에 대한 전이보 시스템의 해석

#### (1) 해석모델의 개요

해석대상구조물에 작용하는 연직하중은 일반적 인 아파트 구조물의 구조체 단면과 마감 및 활하중을 근거로 설계하중을 산정한 후, 벽체의 부담폭(편의상 3m로 가정)과 벽체길이를 곱한 분담면적에 의해 각 층에서의 벽체가 부담하는 하중으로 산정하였다. 이 하중은 등분포형태로 벽체에 입력하였으며, 상부벽체의 배치형태에 따른 각 유형(TYPE

별 거동을 비교, 분석하기 위해 단일경간은 <그림 1(a)>의 하중값을 기준으로, 2경간은 <그림 2(a)>의 하중값을 기준으로 나머지 TYPE에 대해서도 동일한 하중이 작용하도록 입력하였다. 연직하중 및 횡하중이 작용하는 해석대상구조물의 각 TYPE에 대한 해석모델은 <표 2>와 같이 모두 평면응력요소로 분할된 유한요소해석모델을 적용하였다. 단, 해석모델의 구성시 H/L의 비가 1.73인 6층 바닥 높이까지만 벽체를 모델링하고 나머지 상부벽체의 분담하중은 등분포하중으로 대치하였다. 이는 연직하중이 작용하는 상부벽식-하부골조구조물의 경우, 전이층 상부벽체 H/L의 비가 1.5~2.0이상이 되는 위치에서는 수직응력분포가 벽체 전체길이에 걸쳐 균등한 등분포형태를 나타내기 때문이다.[2.2 (2)절 참조]

<표 2> 각 TYPE별 유한요소해석모델

| 구분      | 상부벽체     | 전이보      | 기둥       |
|---------|----------|----------|----------|
| 사용요소    | 평면응력요소   | 평면응력요소   | 평면응력요소   |
| mesh 크기 | 0.2×0.2m | 0.2×0.2m | 0.2×0.3m |
| 요소 두께   | 0.2m     | 0.8m     | 0.8m     |

(2) 전이층 상부벽체의 수직응력분포

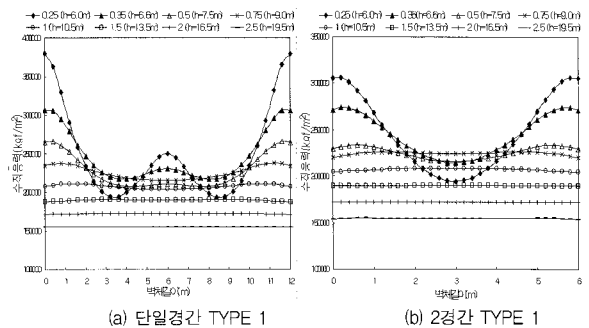
전이층 상부벽체의 수직응력분포를 분석하기 위해 <그림 1(a)>와 <그림 2(a)> 구조물을 대상으로 전 층수(15층)에 대한 유한요소모델을 추가로 구성하여 유한요소해석을 수행하였다. <그림 3>은 유한요소해석결과를 바탕으로 상부벽체의 H/L비가 0.25~2.5로 변화하는 각 위치에서의 수직응력분포를 나타낸 것으로서, 상부벽체의 H/L의 비가 1.5이상인 위치에서는 수직응력분포가 균등하게 발생함을 알 수 있다. 따라서 연직하중에 대한 상부벽식-하부골조구조물은 벽체의 H/L비가 1.5이상인 부분의 벽체모델링을 생략하고, 벽체의 분담하중 및 자중을 등분포하중으로 환산하여 해석모델을 단순화할 수 있음을 의미한다. 단, 하부골조가 2경간 이상일 경우 L은 벽체의 전체길이가 아닌 기둥스팬길이이며, 이를 기준으로 H/L의 비를 산정한다. 이는 단일경간과 2경간 구조물에서 균등한 수직응력분포를 나타내기 시작하는 H/L=1.5인 위치(h=13.5m)가 서로 동일한 것으로서 알 수 있다. 또한 벽체의

수직응력분포는 하부로 내려갈수록 벽체양단부에 더 큰 응력이 집중하는 것을 알 수 있으며, 전이층에서 최대가 된다. 이러한 결과로 볼 때, 연직하중에 대한 상부벽체의 거동은 벽체의 길이에 대한 높이의 비가 1.5이상인 부분에서는 등분포형태의 균등한 수직응력전달의 역할을 수행하나, 1.5이하인 부분에서는 하중을 벽체의 양단부쪽으로 집중하여 전달시키려는 거동이 주를 이루고 있음을 알 수 있다.

<표 3>은 해석대상구조물의 TYPE 1을 기준으로, 전체모델과 상부벽체를 6층(H/L=1.73)까지만 구성한 단순모델의 해석결과로서, 전이보와 기둥의 부재력을 중심으로 그 값을 서로 비교하여 분석해본 결과, 두 경우에 대한 해석결과치는 거의 동일한 값을 나타내었다. 따라서 본 연구에서는 이를 근거로 연직하중에 대한 해석모델설정시 단순모델을 적용하였다.

<표 3> 전체모델과 단순모델의 해석결과

| 구분          | 비교 대상 | 전이보의 부재력        |                 |              | 기둥 모멘트 (kgf·m)       | 기둥의 축력 (kgf) |
|-------------|-------|-----------------|-----------------|--------------|----------------------|--------------|
|             |       | 최대 부모멘트 (kgf·m) | 최대 정모멘트 (kgf·m) | 최대 전단력 (kgf) |                      |              |
| 단일경간 TYPE 1 | 전체 모델 | 2079.0          | 50250           | 88448        | 상:321.16<br>하:9952.7 | 155880.01    |
|             | 단순 모델 | 2071.5          | 50208           | 88383        | 상:324.27<br>하:9933.2 |              |
| 2경간 TYPE 1  | 전체 모델 | 7540.1          | 49523           | 105350       | 상:3842.7<br>하:14518  | 177910.11    |
|             | 단순 모델 | 7392.0          | 48016           | 101330       | 상:4091.0<br>하:14383  |              |

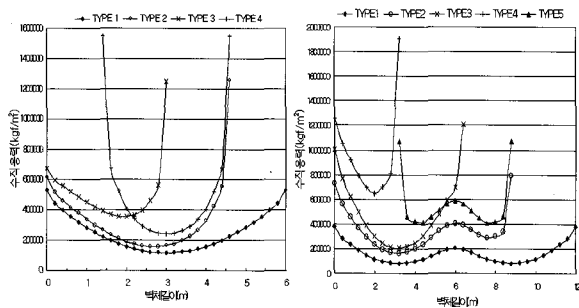


<그림 3> H/L비에 따른 벽체의 수직응력분포

(3) 벽체배치형태에 따른 전이층에서의 응력집중양상

상부벽체의 H/L의 비가 1.5~2.0이하인 부분에서

발생하는 벽체양단부로의 수직응력집중현상은 하부로 내려갈수록 점점 심해지며 전이층에서 최대가 된다. 이러한 응력집중현상은 전이보 시스템의 전체적인 거동을 좌우하며, 전이층과 인접한 벽체의 단면결정 및 설계에 큰 영향을 미친다. 따라서 본 연구에서는 상부벽체의 배치형태에 따른 전이층에서의 응력집중양상을 파악하기 위해 각 TYPE별 유한요소모델의 해석결과를 바탕으로 수직응력분포를 <그림 4>에 나타내었다.



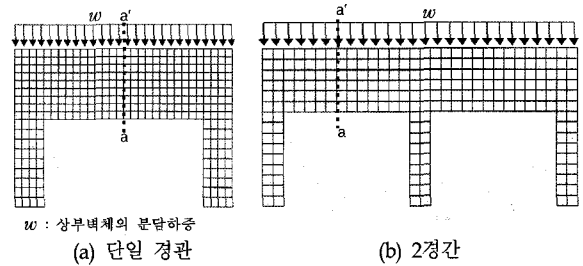
(a) 단일경간 구조물 (b) 2경간 구조물  
 <그림 4> 각 TYPE별 전이층에서의 응력집중현상

기둥에 의해 벽체 양단부가 지지되는 TYPE 1의 수직응력분포는 단일경간의 경우, 중앙부에 비해 벽체양단부에 큰 수직응력이 집중하고, 그 크기가 동일한 좌우대칭의 양상을 나타냈다. 반면에 2경간의 경우에는 기둥이 지지하는 부분에 응력이 집중하기는 하나 중앙부 기둥보다는 외측기둥 즉, 불연속벽체면에 더 큰 응력이 집중함을 알 수 있었다. 그러나 이러한 수직응력분포는 동일한 하중이 작용하는 조건하에서도 상부벽체의 배치형태에 따라 매우 상이한 양상을 나타냄을 <그림 4>에서 알 수 있다. 즉, 전이보위에 배치되는 벽체의 길이가 짧아질수록, 그리고 불연속벽체면이 발생할수록 응력집중현상이 심해지는 결과를 나타냈다.

(4) 응력집중현상이 하부골조에 미치는 영향

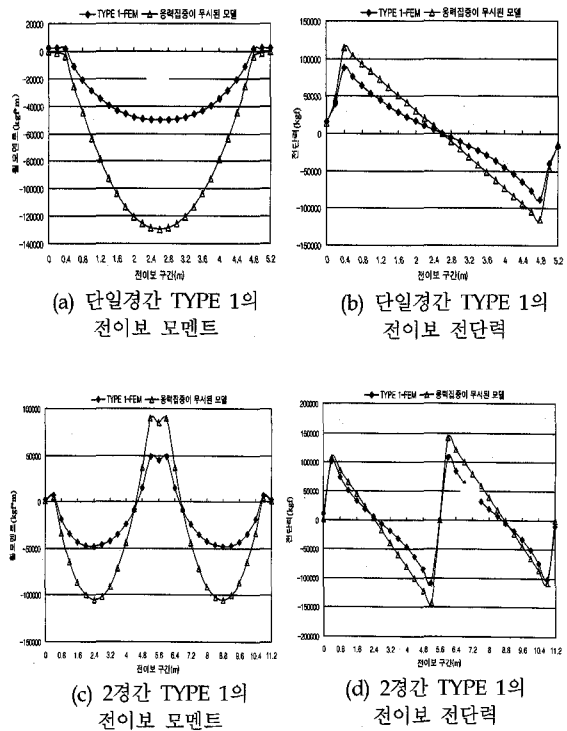
전이층을 중심으로 상부벽체에 발생하는 양단부로의 응력집중현상이 하부골조구조물의 거동에 미치는 영향을 파악하고자 단일경간과 2경간 구조물의 TYPE 1을 대상으로 응력집중현상이 무시된 모델을 추가로 고려하였으며, 그 해석결과를 하부골

조의 부재력 및 전이보의 인장응력분포를 중심으로 응력집중현상이 발생하는 TYPE 1의 결과와 비교, 분석하였다. 이때, 상부벽체의 응력집중현상을 무시하고자 사용한 모델은 <그림 5>와 같이 하부골조만 평면응력요소로 구성한 후, 상부벽체 전체의 모델링을 생략하고 벽체의 분담하중을 등분포형태로 치환하여 전이보에 작용하도록 구성하였다.



W : 상부벽체의 분담하중 (a) 단일 경관 (b) 2경간  
 <그림 5> 전이층 상부벽체의 응력집중을 무시한 모델

단일경간과 2경간구조물의 TYPE 1에 대한 두 해석모델의 결과는 전이보의 모멘트 및 전단력분포를 중심으로 <그림 6>에 도시하였으며, 전이보와 기둥의 부재력은 <표 4, 5>에 나타내었다.



(a) 단일경간 TYPE 1의 전이보 모멘트 (b) 단일경간 TYPE 1의 전이보 전단력  
 (c) 2경간 TYPE 1의 전이보 모멘트 (d) 2경간 TYPE 1의 전이보 전단력  
 <그림 6> 전이보의 부재력 분포

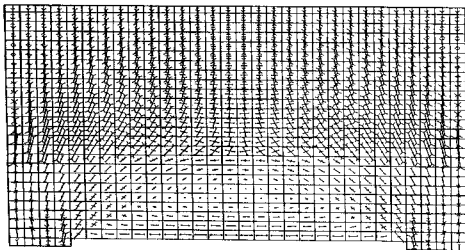
<표 4> 하부골조의 부재력(단일경간)

| 모델명        | 부재             |                 | 보            |            |         | 기둥       |  |
|------------|----------------|-----------------|--------------|------------|---------|----------|--|
|            | 단부 모멘트 (kgf-m) | 최대 정모멘트 (kgf-m) | 최대 전단력 (kgf) | 모멘트(kgf-m) |         | 축력 (kgf) |  |
|            |                |                 |              | 기둥상단       | 기둥하단    |          |  |
| TYPE 1-FEM | -2071.5        | 50208.1         | 88388.2      | 324.2      | 9933.2  | 155879.9 |  |
| 응력집중 무시    | 1336.3         | 132110.3        | 114310.5     | 2841.8     | 15573.1 | 155880.0 |  |

<표 5> 하부골조의 부재력(2경간)

| 모델         | 부재          |          | 보         |              | 내부기둥     | 외측기둥                    |          |
|------------|-------------|----------|-----------|--------------|----------|-------------------------|----------|
|            | 모멘트 (kgf-m) |          |           |              |          |                         | 축력 (kgf) |
|            | 외측 단부 모멘트   | 최대 정 모멘트 | 내측 단부 모멘트 | 최대 전단력 (kgf) | 축력 (kgf) | 축력 (kgf)                |          |
| TYPE 1-FEM | -2658.0     | 48016.2  | 44939.3   | 108220.3     | 267804.3 | 상단 4091.1<br>하단 4383.2  | 177857.8 |
| 응력집중 무시    | -1062.0     | 105190.2 | 85352.1   | 142410.1     | 326395.2 | 상단 7412.7<br>하단 19905.3 | 148562.4 |

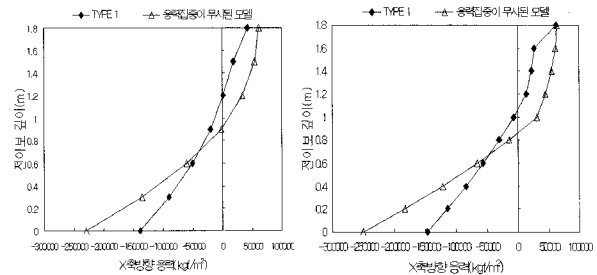
응력집중현상은 <그림 6>과 <표 4, 5>에서 알 수 있듯이 전이보와 기둥의 응력 및 부재력 분포에 큰 영향을 미친다. 응력집중현상을 무시하고 등분포하중의 형태로 전이층 상부를 모델링한 경우는 모든 하중을 전이보가 부담하여 휨거동으로서 외력에 저항을 하는 반면, 실제 전이보 시스템의 거동은 <그림 7>과 같이 상부하중에 대해 전이보가 단독으로 휨거동을 하지 않고 상부벽체의 트러스 거동에 의한 양단부로의 응력집중현상과 더불어 벽체의 일부로서 하중을 기둥쪽으로 전달시킨다.



<그림 7> 단일경간 TYPE 1의 주응력분포

응력집중이 무시된 모델을 기준으로, 응력집중현상으로 인한 하부골조의 부재력 변화를 살펴보면, 전이보의 외측 단부모멘트가 약간 증가하는 반면에

중앙부 모멘트와 전단력값은 크게 감소하였으며, 기둥의 모멘트는 보의 휨거동 감소로 상·하단 모두 그 값이 작아지는 결과를 나타냈다. 단, 응력집중현상은 응력이 집중되는 불연속벽체면 기둥의 축력값을 증가시키는데, 특히 2경간 구조물의 내부기둥은 외측기둥보다 부담면적이 커서 큰 축력이 발생하나, <그림 4(b)>의 TYPE 1과 같은 응력집중현상이 발생하면, 내부기둥의 축력이 감소하고, 벽체 양끝단을 지지하는 외측기둥의 축력이 증가하는 결과를 나타낸다. 응력집중현상으로 인한 전이보의 인장응력분포를 파악하기 위해 <그림 5>의 a-a'위치(최대 정모멘트 위치)에서의 전체좌표계 X축방향 응력을 <그림 8>에 도시하였다.



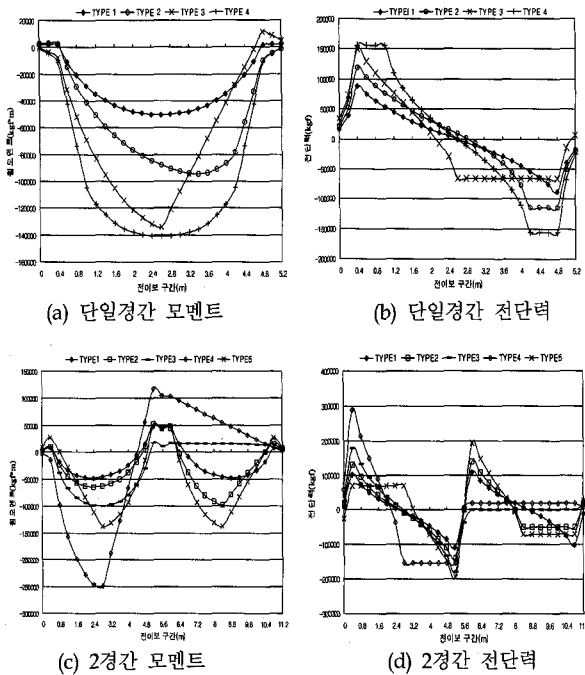
(a) 단일경간 (b) 2경간  
<그림 8> 전이보의 축방향 응력분포

응력집중현상이 무시된 모델의 전이보에 발생하는 X축방향 응력분포는 중립축을 기준으로 압축응력과 인장응력이 분포하며, 중립축의 위치가 거의 전이보의 중앙부에 존재한다. 그러나 응력집중현상이 발생하는 TYPE 1 모델은 X축방향 응력분포의 중립축이 전이보 상부쪽으로 이동하였으며, 이로 인해 전이보 단면에서의 인장응력 영역이 증가함을 알 수 있다. 이와 같은 전이보 상부쪽으로의 중립축의 이동은 응력집중이 심해질수록 커지며, 큰 응력집중현상이 발생할 경우 결국 중립축은 전이보를 벗어나 전이보 전체단면에 인장응력만을 발생시킨다.

(5) 벽체의 배치형태에 따른 하부골조의 부재력 분포

벽체에 동일한 하중이 작용할 경우, 벽체의 배치형태에 따른 전이보의 부재력분포는 <그림 9>와 같다. 단일경간 구조물 중 전이보에 가장 큰 모멘

트와 전단력을 발생시키는 벽체의 배치형태는 TYPE 4로서, TYPE 1의 경우에 비해 현저히 큰 모멘트 값을 나타냈다. 이는 TYPE 4의 벽체 양끝단이 모두 기둥이 지지하지 않는 불연속벽체면으로 이 부분에 수직응력이 집중하기 때문이다. 마찬가지로 TYPE 3의 경우도 불연속벽체면에서 응력이 집중하여 마치 전이보에 집중하중이 작용하는 것과 같은 모멘트형상이 나타났다. 그러나 TYPE 2는 불연속벽체면에 집중하는 하중이 보단부의 압축대를 통해 바로 기둥쪽으로 전달되어지기 때문에 TYPE 3에 비해 작은 모멘트 분포를 나타냈다.



〈그림 9〉 연직하중 작용시 전이보의 부재력 분포

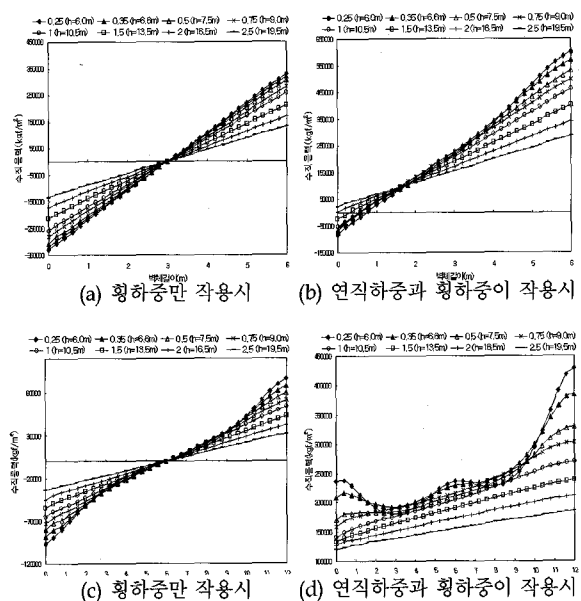
2경간 구조물의 경우도 마찬가지로 불연속벽체면에 응력이 집중하는 부재력분포를 보였으며, 특히 TYPE 4의 경우가 전이보에 가장 큰 모멘트와 전단력분포를 나타냈다. 반면에 TYPE 5는 중앙부 기둥으로 인해 부모멘트가 발생하여 전체적인 모멘트 크기가 감소하였다. 이와 같은 결과로 볼 때, 상부벽체의 배치형태는 하부골조의 부재력과 하중전달경로에 큰 영향을 미침을 알 수 있으며, 전이보의 설계시에는 반드시 기둥에 의해 지지되지 않는 불연속 벽체면에서의 부재력을 검토해야 한다.

### 2.3 횡하중에 대한 전이보 시스템의 해석

횡하중이 작용하는 상부벽식-하부골조구조물의 벽체 응력분포와 전이층에서의 응력집중현상 및 하부골조의 부재력 분포를 파악하기 위해 전이층 상부벽체의 배치형태에 따른 해석대상구조물<그림 1, 2>에 풍하중을 가하여 해석을 수행하였다. 풍하중 값은 상부벽체의 배치형태에 따른 각 TYPE별 거동을 비교, 분석하기 위해 단일경간 및 2경간 구조물의 각 층에 동일하게 작용시켰으며, 벽체의 부담폭은 편의상 6m로 가정하였다. 또한 연직하중에 대한 구조물의 해석시에는 상부벽체 전체를 모델링하지 않고 벽체 H/L의 비가 1.5~2.0범위에 해당하는 층까지만 구성한 단순모델을 적용했으나, 횡하중을 고려하기 위한 해석모델은 전 층(15층)을 대상으로 유한요소모델을 설정하여 해석을 수행하였다.

#### (1) 상부벽체의 수직응력분포

횡하중만이 작용할 경우, 상부벽체의 응력분포는 풍상면측에 인장응력이, 풍하면측에 압축응력이 발생하는 선형인 응력분포를 나타냈으며, 전이보위에 존재하는 벽체의 형태가 좌우대칭이고 벽체 양단부가 기둥에 의해 지지되므로, 응력분포도 좌우대칭인 결과를 나타냈다. 연직하중만을 고려할 경우는



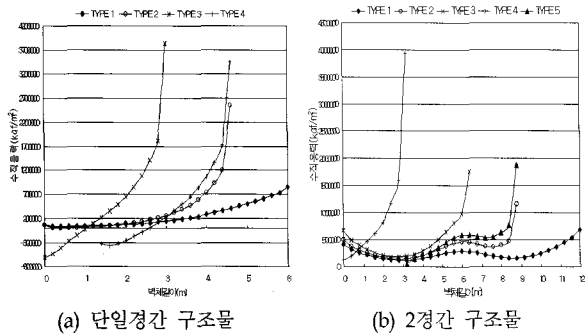
\* (a), (b): 단일경간 TYPE 1, (c), (d): 2경간 TYPE 1

〈그림 10〉 H/L 비에 따른 벽체의 수직응력분포

벽체가 양단부쪽으로 응력을 집중시키려는 거동으로 인해, 응력분포가 선형이 아닌 비선형형태의 불균등한 응력분포를 나타냈으나, 횡하중만이 작용할 경우, 상부벽체는 강한 면내강성을 가진 판으로서 일체로 전도모멘트에 저항을 함을 알 수 있다. 반면에 연직하중과 횡하중이 동시에 작용하는 경우는 연직하중으로 인해 벽체 양단부에 집중된 응력이 횡하중의 영향으로 풍상면측은 서로 상쇄되고, 풍하면측은 서로 더해져서 더 큰 응력집중이 발생함을 알 수 있다.

(2) 전이층에서의 응력집중현상

본 연구에서는 연직하중과 횡하중이 작용하는 상부벽식-하부골조구조물에 대한 벽체의 전이층에서의 응력집중현상을 분석하기 위해 각 TYPE별 해석결과를 바탕으로 전이층에서의 수직응력분포를 <그림 11>에 나타냈으며, 이를 <그림 4>와 비교, 분석하였다. 단일경간 및 2경간 구조물 모두 횡하중이 추가로 작용할 경우 전이층에서 발생하는 응력집중의 크기가 풍하면측에서 급격히 증가함을 알 수 있으며, 이 현상은 상부벽체의 길이가 짧아질수록 심해지는데, 이는 횡하중에 의해 벽체하부에서 발생하는 커플축력의 크기가 증가하기 때문이다.



<그림 11> 전이층에서의 응력집중현상(연직+횡하중)

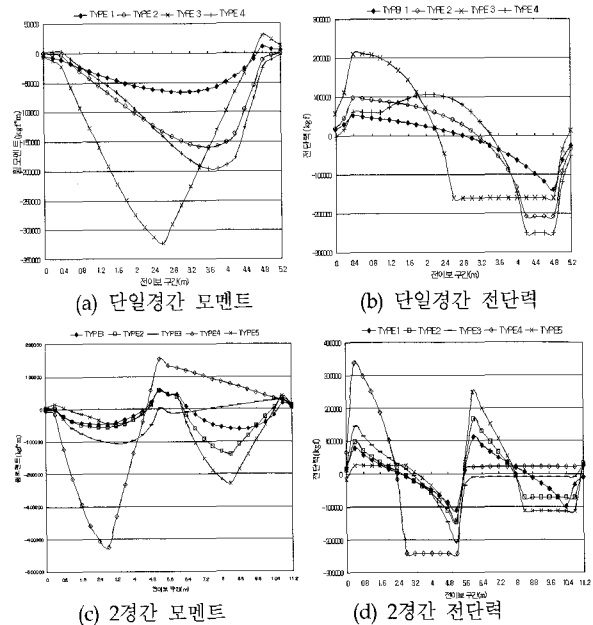
<표 6> 횡하중작용시 응력집중으로 인한 기둥축력변화

| 구분   | 모델명    | 연직하중 작용시     |              | 연직하중+횡하중 작용시 |              |
|------|--------|--------------|--------------|--------------|--------------|
|      |        | 좌측기둥 축력(kgf) | 우측기둥 축력(kgf) | 좌측기둥 축력(kgf) | 우측기둥 축력(kgf) |
| 단일경간 | TYPE 3 | 245693.4     | 66066.6      | 151329.3     | 160430.6     |
|      | TYPE 4 | 155879.9     | 155879.9     | 60634.3      | 251125.6     |
| 2경간  | TYPE 4 | 470725.3     | 172803.7     | 381616.5     | 263325.6     |

그 결과로 단일경간 TYPE 3, 4와 2경간 TYPE 4의 풍상면측에는 인장응력이 발생하여 하부기둥의 축력을 감소시키고, 반대로 풍하면측의 응력집중은 기둥의 축력을 증가시킨다.<표6 참조>

(3) 각 TYPE별 하부골조의 부재력 분포

연직하중만 작용하는 전이보의 부재력 분포가 추가적인 횡하중의 작용으로 인해 변화하는 양상을 분석하고자 <그림 1, 2>의 해석모델에 추가로 횡하중을 작용시켜, 그 해석결과를 바탕으로 전이보의 부재력 분포를 <그림 12>와 <표 6>에 나타내었다. 횡하중이 추가로 작용하면, 풍하면측에 발생하는 큰 응력집중현상으로 인해 전반적으로 전이보의 모멘트와 전단력이 증가함을 알 수 있으며, 특히 기둥이 지지하지 않는 불연속벽체를 포함하는 모델은 이 부분에 큰 응력이 집중하여 전이보의 부재력이 급격히 증가하였다.



<그림 12> 전이보의 부재력 분포(연직+횡하중)

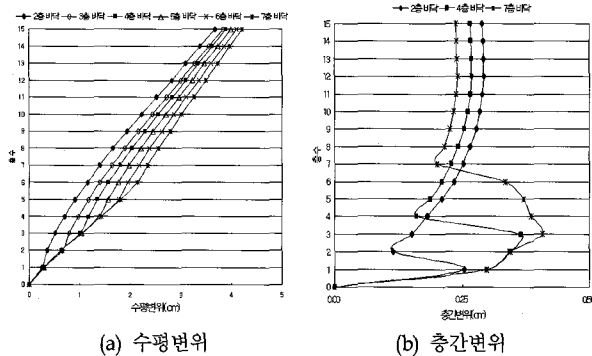
<표 7> 횡하중작용시 응력집중으로 인한 전이보 부재력변화

| 구분   | 부재력        | 연직하중 작용시 | 연직하중+횡하중 작용시 | 증가율(%) |
|------|------------|----------|--------------|--------|
| 단일경간 | 모멘트(kgf-m) | 133960   | 322670       | 140.87 |
|      | 전단력(kgf)   | 66067    | 160430       | 142.83 |
| 2경간  | 모멘트(kgf-m) | 216470   | 426820       | 97.17  |
|      | 전단력(kgf)   | 74564    | 241900       | 224.42 |

(4) 전이층 형성위치에 따른 수평변위 형상

횡하중이 작용하는 상부벽식-하부골조구조물의 전이층 형성위치에 따른 구조물전체의 수평변위 양상을 분석하고자 전이층의 위치를 2~7층까지 변화시킨 유한요소모델을 구성하여 구조해석을 수행한 후, 그 결과를 바탕으로 각 층의 수평변위와 층간변위를 <그림 13>에 도시하였다.

횡하중에 대한 상부벽식-하부골조구조물의 전체 거동은 전이층을 중심으로 상부벽체는 휨변형을, 하부골조는 전단변형을 이루며, 전이층 형성위치를 2~7층까지 변화시킨 유한요소모델의 수평변위를 분석해 본 결과, 전이층 형성 위치가 상층부로 이동하고, 동시에 하부골조의 층수가 증가할수록 전이층에서의 수평변위와 최상층 및 구조물전체의 수평변위가 증가함을 <그림 13>에서 알 수 있다. 또한 벽체로 구성되는 층에 비해 전이층에서 층간변위가 급격히 증가하며, 하부골조의 층수가 증가할수록 전단변형으로 인해 전이층보다 아래 층에서 더 큰 층간변위분포를 나타냈다.



(a) 수평변위 (b) 층간변위  
 <그림 13> 전이층 형성위치에 따른 수평변위 양상

4. 결 론

연직하중 및 횡하중이 작용하는 상부벽식-하부골조구조물의 벽체 배치형태에 따른 응력분포와 응력집중현상 및 하부골조의 부재력 분포를 분석하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1) 연직하중에 대한 전이층 상부벽체의 수직응력 분포를 분석해 본 결과, 벽체의 거동은 H/L비가 1.5이상인 부분에서는 등분포형태의 균등한 수직응력전달의 역할을 수행하고, 1.5이하인 부분에서는

하중을 벽체 양단부쪽으로 집중하여 전달시키려는 거동이 주를 이룬다.

2) 전이층에서 발생하는 벽체의 응력집중현상은 전이보위에 배치되는 벽체의 길이가 짧아질수록, 그리고 기둥에 의해 지지되지 않는 불연속벽체면이 발생할수록 심하게 나타난다. 즉, 전이층에서 수직응력이 가장 크게 집중하는 곳은 기둥에 의해 지지되지 않는 불연속벽체면이며, 다음으로는 기둥에 의해 지지되는 불연속벽체면이다.

3) 전이층부근에서의 응력분포는 벽체에서 양단부쪽으로 집중하는 압축응력과 전이보를 따라 양단부쪽으로 발생하는 인장응력이 삼각형의 응력분포를 이루며, 마치 트러스처럼 거동을 하게 된다.

4) 연직하중이 작용할 경우 전이보에 큰 모멘트를 발생시키는 상부벽체의 배치형태는 단일경간 TYPE 3, 4와 2경간 TYPE 4의 경우로서 기둥에 의해 지지되지 않는 불연속벽체면을 포함하여 이 부분에 큰 응력이 집중하기 때문이다.

5) 연직하중에 횡하중이 추가로 작용할 경우, 전이층에서의 응력집중현상은 풍하면측에서 급격히 증가하며, 이는 상부벽체의 길이가 짧아질수록, 그리고 기둥에 의해 지지되지 않는 불연속벽체면이 발생할수록 심하게 나타난다. 또한 횡하중의 작용으로 벽체하부에서 발생하는 인장 및 압축응력은 하부골조 기둥의 축력에 영향을 미쳐 풍상면측 기둥의 축력을 감소시키고, 풍하면측 기둥의 축력을 증가시킨다.

6) 횡하중이 작용하는 상부벽식-하부골조구조물은 전이층을 기준으로 상부벽체는 휨변형을, 하부골조는 전단변형이 주를 이루며, 전이층 형성위치가 상층부로 이동할수록 수평변위와 최상층변위 및 구조물 전체의 수평변위는 증가한다.

감사의 글

본 연구는 건설교통부가 출연하고 한국건설교통기술평가원에서 위탁시행한 2003년도 건설핵심기술연구개발사업(03산학연C103A1040001-03A0204-00110)에 의한 것임



### 참 고 문 헌

1. 송진규, 황재호, 조석희, "유한요소법을 이용한 하부골조 상부벽식 주상복합건물 해석기법", 전산구조공학회논문집, 12권2호, 1999.
2. 정성진, 신경재, 박순섭, 황재호, 조석희, "전이보-벽체의 상대강성에 따른 전이보의 응력변화에 관한 연구", 대한건축학회논문집, 14권 11호, 1998.
3. 장극관, 안태상, "상부전단벽과 하부골조로 구성된 복합구조시스템의 효율적 해석", 한국전산구조공학회논문집, 15권 3호, 2002. 9.
4. 이대현, 김호수, "상부벽식-하부골조시스템의 전이보 해석기법에 관한 연구", 대한건축학회 논문집, 19권6호, 2003.
5. "전단벽식 아파트의 필로티 구조설계", (주)포스마이더스 기술자료, 2000.12.