

# 전단벽식 건축구조물의 수직진동 전달특성에 관한 실험연구

## An Experimental Study on the Vertical Vibration Transfer according to Shear Wall Building Structures due to Exciting Vibration Forces

전 호 민\*  
Chun, Ho-Min

---

### ABSTRACT

The vibration on building structures due to exciting vibration forces has been studied only for the vibration level on existing buildings. Recently, several researches have been performed on the prediction of vertical vibration on structures by using an analytical method. However, these studies have been focused on mainly the vibration analysis through analytical modeling of structures. This study aims to investigate the characteristics of vertical vibration transfer in terms of the directions of transfer(upward transfer and downward transfer) on the shear wall building structures due to 2 type vibration forces.

In order to examine the characteristics of vertical vibration transfer, the mode analysis and the impact experiment were conducted several times on one building structure. The results of this study suggest that the characteristics of vertical vibration transfer are different in terms of the directions of transfer.

---

## 1. 서 론

### 1.1 연구 목적

본 연구에서는 현재 국내에서 거주용 주거시설로 많이 사용되고 있는 아파트의 주 구조시스템인 전단벽식 건축구조물의 수직진동 전달에 대한 진동전달 특성을 실험을 통해 알아보았다.

실험결과를 분석하여 하층부에서 상층부로 전달되는 진동전달 특성과 상층부에서 하층부로 전달될 때의 수직진동 전달 동특성을 파악하여 제시하므로써 이 분야에 관심을 갖는 연구자 및 현장 기술자들에게 도움을 주고자 한다.

### 1.2 연구범위 및 방법

본 연구에서는 실험을 실시하여 건물의 진동전달 특성을 측정한다. 이를 토대로 전달되는 과정에서 나타나는 진동특성 변화를 파악하여 수직진동 특성을 제시한다.

전단벽식 구조물의 수직진동 변화를 측정하기 위하여 시공 중인 아파트 1개소를 대상으로 진동을 측정한다. 가속도계를 이용한 자료의 획득은 실시간 처리 동적신호분석기인 DP440을 이용하여 자료를 저장한다. 현장에서 측정된 자료는 시간영역의 가속도응답과 진동수영역의 가속도 응답이다.

---

\* 정회원 · 초당대학교 건축학과 전임강사

## 2. 진동측정 실험

### 2.1 대상 건물

전단벽식 형식으로 되어 있는 아파트 A건물을 선정하여 진동실험을 실시하였다. 대상건물의 구조형식은 철근콘크리트 전단벽식 구조이며 현재 시공 중에 있는 건물로서 골조만 완성된 상태이다. 철근콘크리트 설계강도는  $210 \text{ kgf/cm}^2$ 이다. 그림 1은 측정대상 건물의 대표적인 평면도이며 측정장소를 나타내었다. 그림 2는 단위세대 구조평면도와 구조단면도를 나타낸다. 실험 시 골조 슬래브의 두께는 마감 전으로 120 mm이었다.

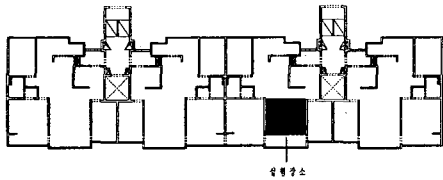
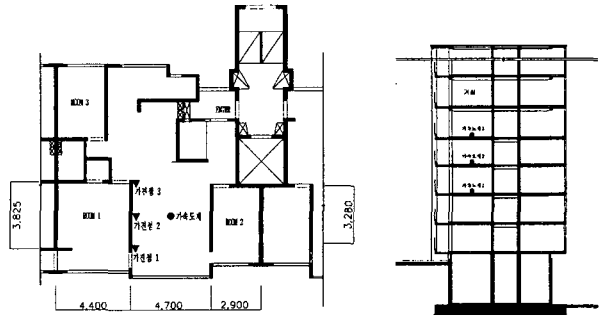


그림 1. A건물 4층 평면도



(a) 단위세대 평면

(b) 구조단면도

그림 2. 단위세대 평면도와 구조단면도

### 2.2 실험 측정장비

진동 계측에 사용된 장비를 표 1에 나타내었다.

표 1. 실험장비 목록

장비	모델명	제원	수량
동적신호 분석기	Data Physics Model : DP440	4 channel Dynamic Analyser	1
가속도계	Dytran Model : 3191A	Sensitivity : 5,000 mV/g Range : $\pm 5 \text{ g}$ (output) Frequency range( $\pm 5\%$ ) : 0.1-1,000 Hz	3
임팩트 햄머	Dytran Model : 5802A	Sensitivity : 0.95 mV/LbF Maximum impulse : 8,000 LbF	1
기타		무전기(태광) Digital 카메라 (Olympus)	3 1

### 2.3 실험 방법

진동계측을 위한 가속도계는 3층, 4층, 5층의 거실 슬래브 중앙에 설치하여 하층부에서 상층부로 상층부에서 하층부로 전달되는 진동을 측정하였다. 거실 슬래브의 고유진동수는 4층 바닥 슬래브에서 모드해석 실험을 실시하여 구하였다. 가진 시 정확성을 기하기 위하여 무전기를 이용하여 가진 및 멈춤을 지시하였다. 그림 3은 슬래브의 전달함수 측정 시 분할한 메쉬를 나타낸다. 사진 1은 측정장비(DP440)를 나타내며 사진 2는 거실 슬래브의 모드해석 장면을 나타낸다.



그림 3. 슬래브 분할 메쉬

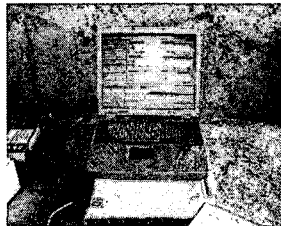


사진 1. 측정 장비



사진 2. 실험 모드해석

### 3. 실험결과 분석

#### 3.1 고유진동수 및 암진동

모드해석 실험을 실시하여 거실 슬래브의 고유진동수를 측정하였다. DP440에서 측정한 전달함수(Transfer Response Function)함수를 Star프로그램에서 결과를 분석하였다. 그림 5는 3층, 4층, 5층의 암진동을 나타낸다.

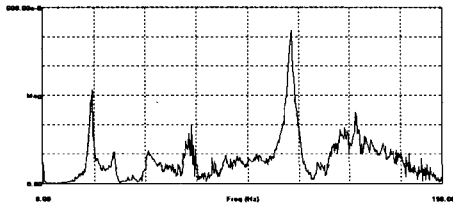
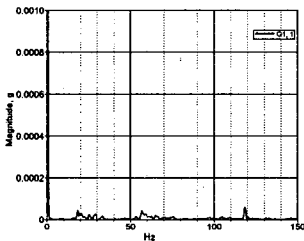


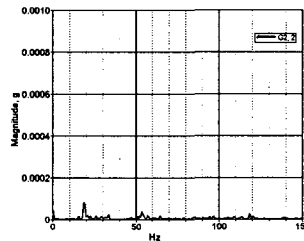
그림 4. 슬래브 전달함수(9번 가진, 13번 수진)

표 2. 고유진동수

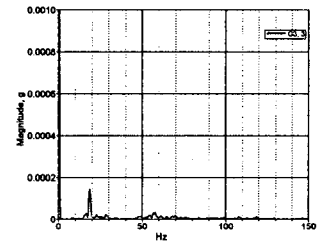
거실 슬래브		
모드	Frequency(Hz)	Damping(%)
1차	18.93	2.47



(a) 3층



(b) 4층



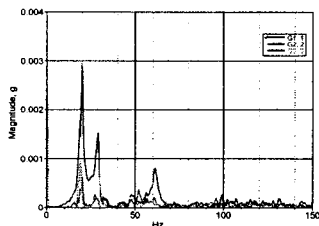
(c) 5층

그림 5 거실 슬래브의 암진동

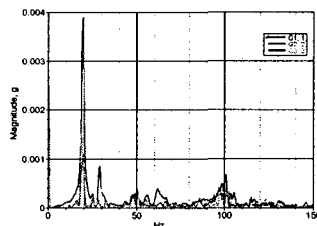
#### 3.2 상층부로의 수직진동 전달

발에 의한 가진 및 임팩트 햄머에 의한 가진은 그림 2(a)에서 알 수 있듯이 Room 1과 거실사이의 전단벽 하부의 슬래브 3 개소에서 실시하였다. 3층 가진시 4층과 5층으로 전달되는 수직진동 특성을 비교하였다.

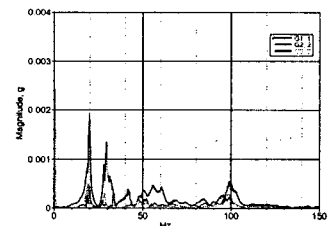
그림 6과 그림 7은 3층에서 가진점 1, 가진점 2, 가진점 3에 발과 임팩트 햄머에 의한 가진을 했을 때, 3층, 4층, 5층의 거실 슬래브 중앙에 놓인 가속도계에 의해 획득된 수직진동을 나타내고 있다. 발에 의한 가진과 임팩트 햄머에 의한 가진은 상층부로 전달되면서 전반적으로 수직진동이 모든 진동수 영역에 걸쳐 저감되는 것으로 나타났다. 특히 발에 의한 가진은 저진동수 영역에서 큰 응답을 나타내었으며, 임팩트 햄머에 의한 응답은 상대적으로 고차 진동수 영역에서 큰 응답을 나타내었다.



(a) 가진점 1 (F3-1)

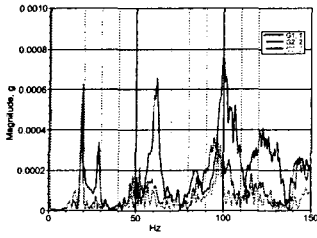


(b) 가진점 2 (F3-2)

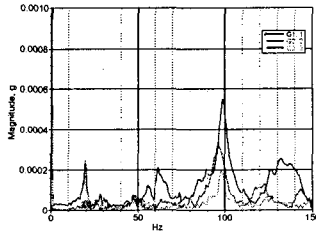


(c) 가진점 3 (F3-3)

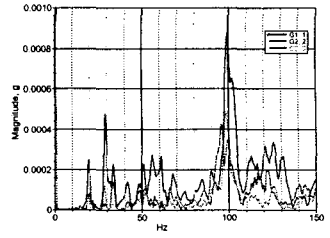
그림 6. 3층 발로 가진시 진동전달 ( G1,1 : 3층, G2,2 : 4층, G3,3 : 5층 )



(a) 가진점 1 (H3-1)



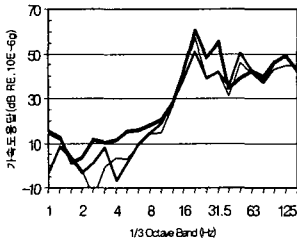
(b) 가진점 2 (H3-2)



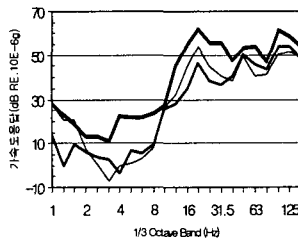
(c) 가진점 3 (H3-3)

그림 7. 3층 햄머로 가진시 진동전달 ( G1,1 : 3층, G2,2 : 4층, G3,3 : 5층 )

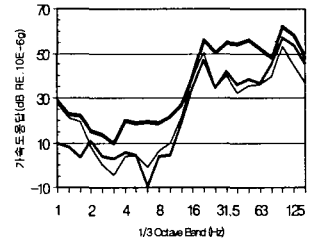
그림 8과 그림 9는 그림 6과 그림 7의 응답을 1/3 Octave Band로 나타낸 것이다. 본 연구의 대상이 공해 진동에 대한 것이 아니기 때문에 진동기준과 비교할 필요는 없지만 앞의 Normal Band에서는 각 층간의 진동 추이를 정확하게 파악할 수 없어 비교 분석하고자 나타내었다.



(a) 가진점 1 (F3-1)

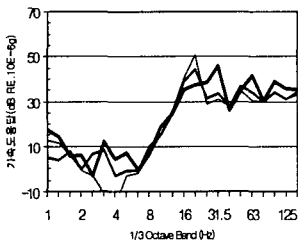


(b) 가진점 2 (F3-2)

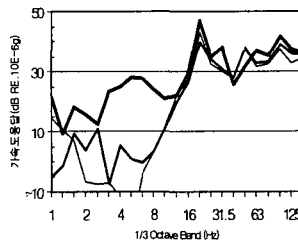


(c) 가진점 3 (F3-3)

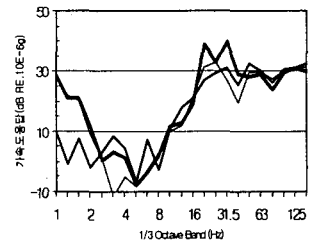
그림 8. 3층 가진시 각 층의 응답(발) ( 1/3 Octave Band )



(a) 가진점 1 (H3-1)



(b) 가진점 2 (H3-2)



(c) 가진점 3 (H3-3)

그림 9. 3층 가진시 각 층의 응답(햄머) ( 1/3 Octave Band )

그림 8 (a)와 그림 9 (a)는 그림 8 (b), (c) 및 그림 9 (b), (c) 결과와는 다른 양상을 나타내었는데, 일부 진동수 영역에서 상층부에서는 더 큰 진동응답이 나타났다. 가진점 2와 가진점 3에서의 결과와는 달리 가진점 1에서는 다른 결과를 나타낸 것이다.

### 3.3 하층부로의 수직진동 전달

3.2절의 방법과 마찬가지로 발에 의한 가진 및 임팩트 햄머에 의한 가진은 아파트 평면의 Room 1과 거실 사이의 전단벽 하부의 슬래브 3 개소에서 실시하였다. 5층에서 가진했을 때 4층과 3층으로 전달되는 수직진동 특성을 비교하였다.

그림 10과 그림 11은 5층에서 가진점 1, 가진점 2, 가진점 3에 발과 임팩트 햄머에 의한 가진을 했을 때, 3층, 4층, 5층의 거실 슬래브 중앙에 놓인 가속도계에 의해 획득된 수직진동을 나타내고 있다. 3.2절의 결과와 마찬가지로 발에 의한 가진은 저진동수 영역에서 큰 응답을 나타내었으며, 임팩트 햄머에 의한 응답은 상대적으로 고차 진동수 영역에서 큰 응답을 나타내었다.

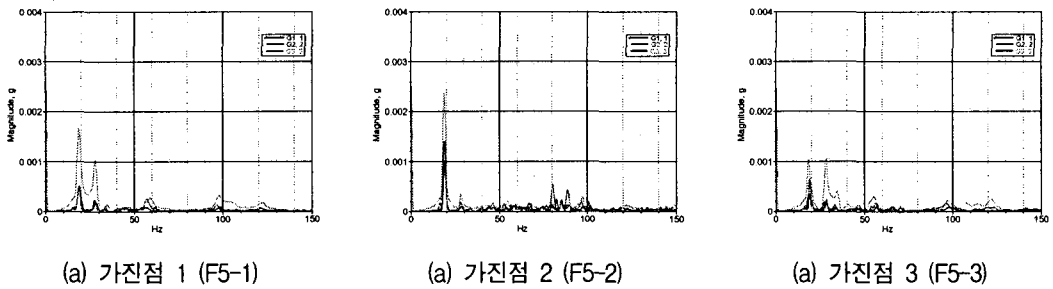


그림 10. 5층 발로 가진시 진동전달 ( G1,1 : 3층, G2,2 : 4층, G3,3 : 5층 )

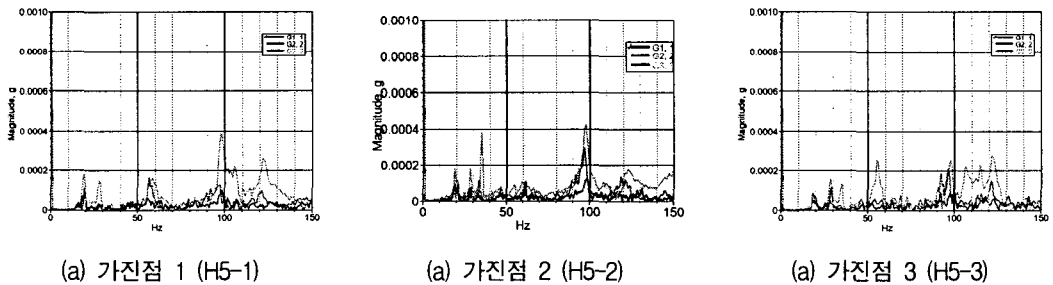


그림 11. 5층 햄머로 가진시 진동전달 ( G1,1 : 3층, G2,2 : 4층, G3,3 : 5층 )

그림 12와 그림 13은 그림 10과 그림 11의 응답을 1/3 Octave Band로 나타낸 것이다.

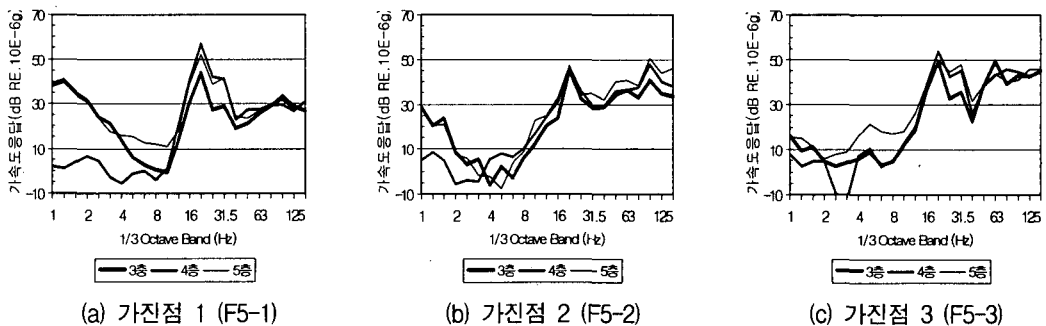
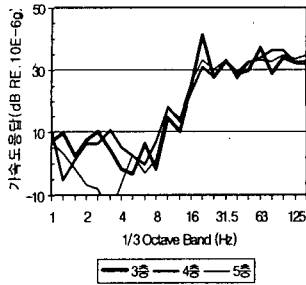
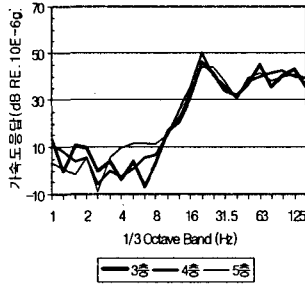


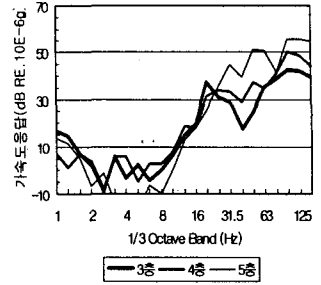
그림 12. 5층 가진시 각 층의 응답(발) ( 1/3 Octave Band )



(a) 가진점 1 (H5-1)



(b) 가진점 2 (H5-2)



(c) 가진점 3 (H5-3)

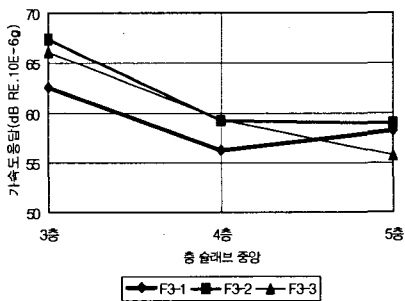
그림 13. 5층 가진시 각 층의 응답(햄머) ( 1/3 Octave Band )

### 3.4 상·하층부로의 수직진동 전달 비교

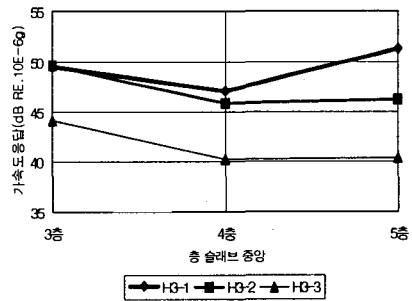
전체 진동수 영역에 걸친 진동레벨을 파악하여 비교해 보면 이에 대한 결과를 더욱 뚜렷이 알 수 있다. 표 3은 각 가진 결과에 대한 Overall Vibration Level을 나타내고 있으며 그림 14, 그림 15, 그림 16은 이 결과를 그림으로 나타낸 것이다.

표 3. Overall Vibration Level (dB, RE. 10<sup>-6</sup>g)

가진원	3층 가진시 각 층 응답			4층 가진시 각 층 응답			5층 가진시 각 층 응답			비고			
	가진점	3층	4층	5층	가진점	3층	4층	5층	가진점		3층	4층	5층
발 뒤꿈치	F3-1	62.51	56.25	58.22	F4-1	64.18	70.88	65.44	F5-1	47.20	57.05	53.24	1Hz-160Hz
	F3-2	67.40	59.22	59.00	F4-2	58.15	73.53	60.24	F5-2	47.92	51.43	54.12	1Hz-160Hz
	F3-3	66.15	59.35	55.73	F4-3	57.50	62.59	55.47	F5-3	54.33	56.43	55.21	1Hz-160Hz
임팩트 햄머	H3-1	49.48	47.13	51.38	H4-1	45.34	44.70	45.17	H5-1	44.53	43.01	42.92	1Hz-160Hz
	H3-2	49.64	45.86	46.26	H4-2	44.66	51.23	44.21	H5-2	51.17	52.75	50.61	1Hz-160Hz
	H3-3	44.12	40.24	40.41	H4-3	44.87	48.14	47.13	H5-3	47.88	53.69	61.34	1Hz-160Hz

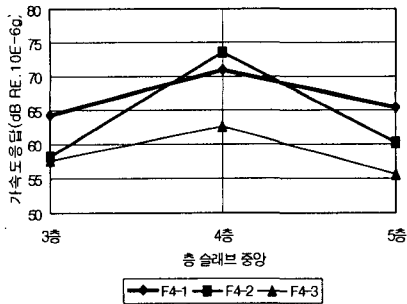


(a) 발에 의한 가진

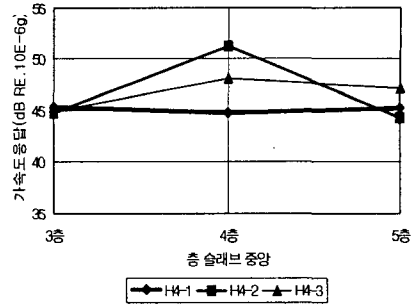


(b) 햄머에 의한 가진

그림 14. 3층 가진시 각 층 응답 비교 (Overall Vibration Level)

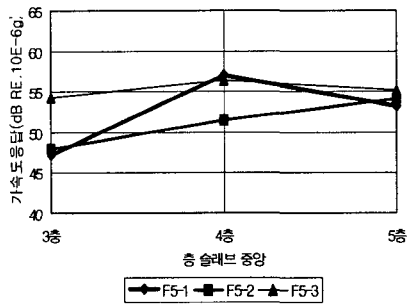


(a) 발에 의한 가진

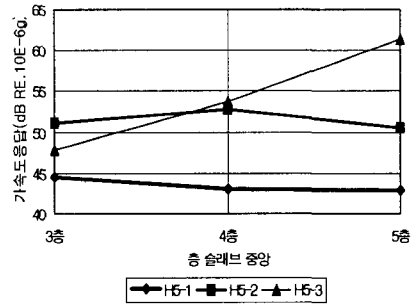


(b) 햄머에 의한 가진

그림 15. 4층 가진시 각 층 응답 비교 (Overall Vibration Level)



(a) 발에 의한 가진



(b) 햄머에 의한 가진

그림 16. 5층 가진시 각 층 응답 비교 (Overall Vibration Level)

그림 14에서 알 수 있는 것처럼 하층부에서 상층부로 수직진동이 전달되면서 저감되는 양상을 알 수 있으나 가진점 1에서는 4층에서 5층으로 전달되면서 수직진동이 증폭되는 것을 알 수 있다.(F3-1, H3-1) 다른 가진점에서는 4층과 5층에서의 진동응답이 비슷하거나 5층의 진동응답이 저감되는 것을 볼 수 있다.

그림 15에서도 그림 14와 마찬가지로 가진점 1에서의 수직진동 전달 양상이 가진점 2 및 가진점 3과는 상이하게 나타났다. 저감되는 정도가 다른 가진점에 비해 작으며 햄머에 의한 가진의 경우에는 오히려 미소하게 증폭하는 경우가 나타났다.(F4-1, H4-1) 이러한 경향은 그림 16에서도 알 수 있었다.(F5-1, H5-1)

또한 하층부에서 상층부로 전달되는 수직진동은 그림 14에서 알 수 있듯이 그래프의 기울기가 커 바로 위층에서 상당히 저감되는 양상을 보였으나 상층부에서 하층부로 전달되는 수직진동은 그림 16에서와 같이 상대적으로 그래프의 기울기가 완만하거나 오히려 증폭되는 경우도 나타났다.

#### 4. 결론

전단벽식 철근콘크리트 건축구조물의 수직진동 전달 특성을 파악하기 위하여 전단벽식 건축구조물 1개소를 선정하여 모드해석 실험 및 상층부로의 수직진동 전달실험을 실시하였다. 실험에 의한 결과를 분석하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 하층부에서 상층부로 수직방향으로 전달되는 수직진동은 바로 위층에서 급격하게 감소한 후 완만하게 감소하는 양상을 나타내었으나 상층부에서 하층부로 전달되는 수직진동은 완만하게 감소하거나 오히려 증폭되

는 경우도 나타났다.

2. 동일 층에서도 가진점의 위치에 따라 상층부 및 하층부로 전달되는 진동이 상이한 양상을 나타내었다. 따라서 각 층의 가진점의 위치에 따라 상·하층부로 전달되는 진동에 의한 각 층의 슬래브의 응답이 항상 동일한 결과를 나타내는 것은 아님을 보여주었다.

3. 가진원에 따른 진동응답의 양상은 큰 차이를 보였다. 발에 의한 가진과 햄머에 의한 가진은 상이한 진동응답을 나타내었다. 발에 의한 가진의 경우 저진동수에서 큰 응답이 나타났으며 햄머에 의한 가진의 경우에는 고진동수 영역에서 큰 진동응답이 나타났다. 따라서 신축될 건축물에 영향을 미치는 주진동원을 설정하는 것이 이에 대한 대책을 사전에 계획하는 데 도움을 줄 것이다.

## 감사의 글

본 연구는 한국과학재단 목적기초연구(R05-2003-000-11968-0)지원으로 수행되었음.

## 참고 문헌

1. 김명환, S-아파트에 대한 소음 및 진동 저감에 관한 연구, 한양대학교 석사학위논문, 1996.
2. 김세규, 벽식구조 아파트의 슬래브 진동 특성에 관한 연구, 영남대학교 석사학위논문, 2000.
3. 노지현, 교통하중을 받는 전단벽식 건물의 수직진동 전달예측에 관한 연구, 연세대학교 석사학위논문, 2002.
4. 윤현욱, 콘크리트 건물의 진동전달예측에 관한 연구, 연세대학교 석사학위논문, 1998
5. 전호민, “라멘조 건축구조물의 수직진동 전달특성에 관한 실험연구”, 한국전산구조공학회 가을학술발표회 논문집, 제17권 제2집 pp. 469-475, 2004. 10
6. 전호민, 노지현, 홍갑표, “외부 열차하중을 받는 전단내력벽식 건축구조물의 슬래브 수직진동 예측프로그램 개발”, 대한건축학회논문집, 제18권 7호, PP. 19-26, 2002. 7
7. 전호민, 철도 인접건물의 진동예측 모형에 관한 연구, 연세대학교 박사학위논문, 1997
8. 전호민, 홍갑표, “교통하중에 인접한 콘크리트 건축물의 진동예측 프로그램 개발”, 한국소음진동공학회 창립 10주년기념 학술대회 논문집, pp. 949-954, 2000. 6
9. 전호민, 홍갑표, “철근콘크리트 건축물의 수직진동전달에 관한 실험적 연구”, 대한건축학회논문집 제15권 제11호 pp. 37-44, 1999. 11
10. 홍갑표, 황민영, 전호민, 이일준, “지반-구조물 상호작용을 고려한 교통하중에 의한 건축물 수직진동 전달 예측에 관한 연구”, 대한건축학회논문집 제16권 11호, pp. 27-34, 2000. 11
11. 加藤泰正, 本間俊雄, 井口道雄, “環境振動設計支援のための床スラブ簡易解析方法”, 日本建築學會構造系論文報告集 (525) pp. 141-148, 1999. 11
12. 大崎順彦, 建築振動理論, 彰國社, 1999. 4
13. 峯村敦雄, “振動傳搬の豫測方法”, 騒音制御, 21(1), pp. 10-13, 1994
14. 日本建築學會, 建築物의 減衰, 2000
15. 日本建築學會, 環境振動・古體音の測定技術マニュアル, オーム社, 1999. 3
16. 中野, 入門公害振動工學, 技術書院, 1981.
17. 榊田 裕, 環境振動工學入門-建築構造と環境振動-, 理工圖書株式會社, 1997. 1
18. 倉部 誠, 圖說モード解析入門, 大河出版, 1988. 1
19. 横田明則, 平尾善裕, “建物内振動の評價”, 騒音制御, 21(1), pp. 28-32, 1997