

# 인간이 경량벽체에 가하는 수평하중의 크기에 관한 연구

## Characteristics of the Human Strength Acting on the Lightweight Wall of Buildings

최수경<sup>1</sup>

노용운<sup>2</sup>

김상현<sup>3\*</sup>

이영도<sup>4</sup>

Choi, Soo-Kyung<sup>1</sup>

Roh, Yong-Woon<sup>2</sup>

Kim, Sang-Heon<sup>3\*</sup>

Lee, Young-Do<sup>4</sup>

*Department of Architecture, Hanseo University, Haemi-Myeon, Seosan, 356-706, Korea<sup>1</sup>*

*TSEC Co., Ltd., Seongdong-gu, Seoul, 133-827, Korea<sup>2</sup>*

*The Academy of Applied Science and Technology, Konkuk University, Gwangjin-Gu, Seoul, 143-701, Korea<sup>3</sup>*

*Department of Architectural Engineering, Kyungdong University, Doriwon-gil, Sokcho, 217-711, Korea<sup>4</sup>*

### Abstract

The purpose of this research is to comprehend experimentally the characteristics of human strength for using as the basic data of impact resistance test method of lightweight wall. Human motions exerting static load are classified to 4 types. Pushes with two hands or shoulder are defined as the instantaneously forcing motions with hands or shoulder put on the force plate. Leanings back or one-hand against the wall are defined as motions of taking a rest in their respective comfortable posture. Human motions exerting dynamic load are classified to 3 types. Selecting 3 levels of motion strength (weak, middle, strong), 3 levels of force plate stiffness (A: 20kN/cm, B: 4.7kN/cm, C: 2.2kN/cm), and 30 male subjects, load was measured when they applied strength to the force plate. Results of this research are as follows: (1) The maximum load ratio (Pmax/W) of static load for each motion was 1.17-1.25 in two hands pushing, 0.95-0.99 in shoulder pushing, 0.16-0.18 in back leaning, and 0.12-0.15 in one hand leaning. (2) Human dynamic load and object collision were different in the load characteristics. (3) The maximum load ratio of dynamic load for each motion was 10.07 in heel kick, 4.46 in shoulder hitting, and 5.58 in fist blow.

Keywords : lightweight wall, Impact resistance, human strength, static load, dynamic load

## 1. 서론

### 1.1 연구의 목적

최근 공동주택의 구조형식이 종래 벽식구조에서 점차 기둥식 구조로 전환되는 추세이며 이에 따라 비내력용 경량벽체의 수요가 급속히 증가하고 있다[1,2]. 경량벽체는 건물의 지중 감소나 설계자유도 확대, 거주자의 생활패턴에 대

한 능동적 대응 등의 측면에서는 유리한 구법이지만 구조적 안전을 위해서는 반드시 소정의 내력을 확보해야 한다. 경량벽체에 요구되는 구조적 성능 중에서 특히 중요한 비중을 차지하는 수평하중저항성 및 내충격성의 경우 국내·외 몇몇 국가표준에서 그 시험방법을 규정하고 있다. 그러나 이들 시험에서 채용하고 있는 재하조건은 대부분 실제 작용하는 하중과의 관련이 불분명하여 벽체의 내력에 대한 상대적인 평가도구 이상의 의미는 찾기 힘들다[3].

본 연구에서는 경량벽체에 작용하는 각종 외력(정적하중, 동적하중) 가운데 아직 작용인자로서의 구명이 명확하게 이루어지지 않고 있는 인간에 의한 하중(힘)의 특성을 실험적으로 파악하여 향후 타당성 있는 내충격성 시험방법을 확립하기 위한 기초적 자료로서 제시하고자 한다.

Received : July 27, 2015

Revision received : August 21, 2015

Accepted : September 7, 2015

\* Corresponding author : Kim, Sang-Heon

[Tel: 82-2-3436-7898, E-mail: granalma@hanmail.net]

©2015 The Korea Institute of Building Construction, All rights reserved.

## 1.2 연구의 방법 및 범위

건축물의 벽체에 작용하는 인간의 힘을 실험적으로 규명하기 위하여 다음과 같은 방법으로 연구를 진행한다.

- 1) 하중판의 강성을 조절할 수 있는 하중해석장치를 설계 및 제작한다. 하중판의 강성은 하중판 하부에 위치하는 보의 스패너로 조절한다.
- 2) 하중해석 실험의 검사원은 신체조건 특히 체중에 차이가 있는 충분한 수의 건장한 성인 남성으로 한다.
- 3) 정적하중을 가하는 동작의 종류는 손바닥, 어깨 등의 신체 일부를 접한 상태에서 하중판(벽면)에 수직방향으로 힘을 가하는 대표적인 동작으로 한다.
- 4) 동적하중을 가하는 동작의 종류는 발뒤꿈치 차기, 주먹치기 등과 같이 신체 일부로 하중판에 수평방향으로 가격하는 대표적인 동작으로 한다.
- 5) 정적하중 및 동적하중의 특성을 파악하기 위한 물리량으로서 검사원의 개인차(체중 차이)를 소거하여 산출한 최대하중비( $P_{max}/W$ )를 이용한다.

## 2. 기존연구의 고찰

### 2.1 건축구조기준(KBC 2009)

내벽에 작용하는 수평하중과 관련하여 KBC 2009에서는 “건축물 내부에 설치되는 높이 1.8m 이상의 각종 내벽은 벽면에 직각 방향으로 작용하는  $0.25\text{kN/m}^2$  이상의 등분포 하중에 대하여 안전하도록 설계한다.”라고 규정하고 있다. 이 규정은 미국 IBC 2009의 “1607.13 Interior walls and partitions. Interior walls and partitions that exceed 6 feet (1,829mm) in height, including their finish materials, shall have adequate strength to resist the loads to which they are subjected but not less than a horizontal load of 5psf ( $0.240\text{kN/m}^2$ ).”의 내용을 도입한 것이다.

IBC 2009의 1607.13에 기술된 “5psf ( $0.240\text{kN/m}^2$ )”의 실체(실제 내벽에 작용하는 어떤 하중을 의미하는지)에 대해서는 명확히 밝혀진 바 없지만 일반적으로 “구조계산의 하중조합에 필요한 명목상의 하중”으로서의 의미를 부여하고 있다. 일부 구조공학자는 내부 풍압으로서 해석하는 경우도 있으나 이 경우는 풍하중에 관여하는 지역·지형적 특성이 다르고 고도나 개방 가능한 개구부 면적 등에 차이가 있는 건축물 및 그 내벽에 대한 설계기준으로서의 타당성이

부족하다.

### 2.2 수평하중의 종류 및 특성

#### 2.2.1 벽체에 작용하는 힘의 구분

벽면에 수직방향으로 작용하는 힘은 주로 작용시간의 차이에 따라, “① 인간이 벽에 신체를 접한 상태에서 지속적으로 가하는 힘, ② 인간이 벽에 신체를 접한 상태에서 순간적으로 힘껏 밀 때의 최대 힘, ③ 인간이 벽에 어떤 속도로 가력할 경우에 생기는 충격적인 힘, ④ 물체가 벽에 어떤 속도로 충돌할 경우에 생기는 충격력, ⑤ 물체가 벽에 접한 상태에서 지속적으로 가하는 힘”로 구분할 수 있다. 이 중에서 ①, ②, ⑤의 경우는 정적하중, ③, ④의 경우는 동적하중으로 정의할 수 있다.

#### 2.2.2 인간에 의한 정적하중 관련 연구

Matsushita et al.[4]은 벽체에 가해지는 인간의 정적하중을 힘판(하중판)으로 측정된 결과로부터, 성인 남성이 등을 기댈 경우  $0.3\sim 0.4\text{kN}$ , 양손으로 힘껏 밀 경우  $0.8\sim 1.6\text{kN}$ 의 힘이 작용한다고 했으며 이를 설계용 하중으로서 제안하였다. Endo et al.[5]은 인간이 양손을 벽에 댄 상태로 힘껏 밀 경우를 상정한 설계하중으로서 1인당  $1.8\text{kN}$ (1m 당  $2.2\text{kN}$ )을 제안하였다. Tanaka et al.[6]은 성인 남성이 등, 양손, 한쪽 어깨로 벽을 힘껏 밀었을 때의 최대하중을 힘판으로 측정한 결과로부터, 등으로 힘껏 밀 경우 약  $0.58\text{kN}$ , 양손으로 세게 밀 경우 약  $0.99\text{kN}$ , 한쪽 어깨로 힘껏 밀 경우 약  $0.96\text{kN}$ 의 힘이 작용한다고 하였다.

#### 2.2.3 인간에 의한 동적하중 관련 연구

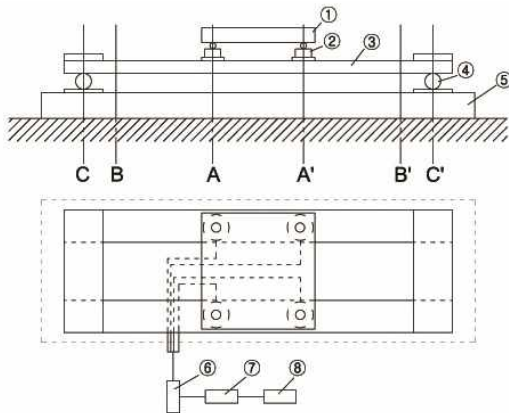
Uchida et al.[7]은 건축 마감재의 내충격성능을 판정하기 위한 기초적 자료를 확보하기 위해서 인간이 손발을 흔드는 동작을 스트로보 촬영하여 동작속도를, 진자를 가격해서 얻은 운동량으로부터 환산질량(reduced mass)을, 가격시의 가속도 파형으로부터 작용시간을, 카본지의 흔적으로부터 접촉면적을 각각 구하였다. Ichikawa et al.[8]은 파형 슬레이트의 보행시 파손저항성 시험용 충격체를 만들기 위한 자료로서 하중판, 고속카메라, 카본지를 이용해서 엉덩방아 찧을 때와 발이 걸렸을 때의 동작시의 하중·시간곡선, 동작속도, 접촉면적을 구하였다. Uchida et al.[9]은 인체에 의한 충격력과 판유리 강도와의 관계를 파악하기 위한 자

료로서 판유리에 충돌하는 신체 부위의 환산질량과 동작속도로부터 산출한 운동량을 인체 충격력으로 추정하였다.

### 3. 하중해석 실험

#### 3.1 하중해석장치

인간이 벽체에 가하는 힘을 측정하기 위하여 Figure 1과 같이 하중판, 로드셀, 보, 지지핀 등으로 구성된 하중해석장치를 설계 및 제작하였다. 하중판의 강성은 보의 스펠(지지핀 간격)을 조절하여 3단계(A: 20kN/cm, B: 4.7kN/cm, C: 2.2kN/cm)로 구현함으로써, 실제 경량벽체의 강성 차이에 따른 하중 특성의 변화도 파악할 수 있도록 하였다. 하중판은 두께 42mm(합판 12mm×4매)로 하여 힘이 가해졌을 때 변형이 생기지 않도록 하였다. 하중판에 가해지는 하중은 4개의 로드셀(정격용량 5kN), 데이터 로거(EDS-400A), 하중해석 프로그램(DAS-100A) 등을 이용하여 측정하였다.



① Force plate ② Load cell ③ Beam ④ Hinge ⑤ Base plate  
⑥ Summing Box ⑦ EDS-400A ⑧ DAS-100A



Figure 1. Device of dynamic load analysis

### 3.2 정적하중 해석 실험

#### 3.2.1 정적하중을 가하는 동작

벽체에 대해 정적하중을 가하는 대표적인 동작으로서, Figure 2에 나타내는 양손 밀기(벽면에 양손을 댄 상태로 밀기), 어깨 밀기(어깨를 댄 상태에서 밀기), 등 기대기, 한 손 기대기의 4가지 동작을 설정하였다.

양손 밀기와 어깨 밀기의 경우는 하중판에 손바닥이나 어깨를 접한 상태에서 순간적으로 힘을 가하는 동작으로 하였다. 등 기대기와 한 손 기대기의 경우는 각각 편안한 자세로 휴식을 취할 때의 동작으로 하였다.

동작을 가하는 횟수는 1인당 동작별로 3회로 하였으며, 한 가지 동작을 종료하면 약 1시간 정도 휴식을 취하도록 하여 검사원이 피로하거나 권태감을 느끼지 않도록 하였다.

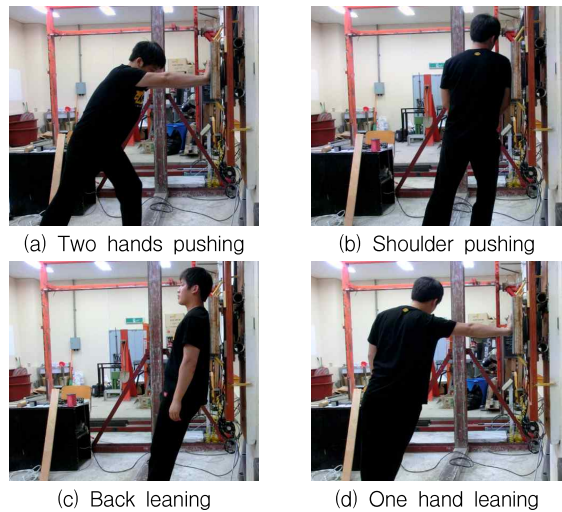


Figure 2. Type of motions for applying static load

#### 3.2.2 검사원

정적하중 해석 실험의 검사원으로는 주로 체격(체중, 신장)에 차이가 있는 건장한 20대 성인 남성 50명을 선정하였다. 검사원의 현황을 Table 1에 나타낸다.

Table 1. Status of subjects for static load test

Variable	Age	Weight (kg)	Height (cm)	
Males	Mean	23.8	73.6	173.9
(n=50)	SD	1.89	12.66	6.01
	Min, Max	20, 29	55.9, 110	162, 188
	Median	24	71.9	173

### 3.3 동적하중 해석 실험

#### 3.3.1 동적하중을 가하는 동작 및 장착물

벽체에 동적하중을 가하기 위한 동작의 종류는 일상생활에서의 발생빈도나 하중 크기 등을 감안하여 Figure 3에 나타내는 발차기(구둣발 뒤꿈치 차기), 어깨 부딪치기, 주먹치기의 3가지 동작으로 설정하였다. 또한 동적하중의 특성을 체계적(systematic)으로 파악하기 위해서 검사원들에게 동작의 세기를 감각적으로 약, 중, 강 의 3단계로 나누어 각 단계별로 3회씩 가격하도록 하였다. 전 회 가격으로 인한 통증이 충분히 가시도록 매회 가격된 후에는 약 5분간의 휴식을 취할 수 있도록 하였다.

장착물의 경우는 검사원의 부상을 방지하기 위해, 발차기는 안전화를 착용한 상태에서, 주먹치기는 손에 붓대를 감은 후 백글러브를 착용한 상태에서 가격하도록 하였다. 복장은 별도로 지정하지 않았으며 검사원 각자가 동작 수행에 가장 편한 복장을 착용하도록 권장하였다.



(a) Heel kick (b) Shoulder hitting (c) Fist blow

Figure 3. Type of motions for applying dynamic load

#### 3.3.2 검사원

동적하중 해석 실험의 검사원으로는 체격(체중, 신장)에 차이가 있는 건장한 20대 성인 남성 30명을 선정하였다. 검사원의 현황을 Table 2에 나타낸다.

Table 2. Status of subjects for dynamic load test

Variable	Age	Weight (kg)	Height (cm)
Males Mean	24.4	73.8	175.3
(n=30) SD	1.73	12.52	6.23
Min, Max	21, 29	55.9, 110	162, 188
Median	24.5	72.5	175

## 4. 실험결과 및 분석

### 4.1 정적하중 해석 결과

정적하중 해석 실험에서 얻을 수 있는 동작별 하중 · 시간 곡선의 예를 Figure 4에 나타낸다. 양 손바닥이나 어깨를 하중판에 접한 상태에서 순간적으로 힘을 가하는 양손 밀기와 어깨 밀기의 경우 하중곡선의 구배(하중속도)가 하중판의 강성에 관계없이 거의 일정하고 하중이 가해지고 나서 최대에 도달하기까지의 변동 성상이 명확하게 나타나 해석에 큰 문제가 없다는 것을 알 수 있다. 등이나 한쪽 손바닥을 하중판에 대고 지속적으로 힘을 가하는 등 기대기와 한손 기대기의 경우 역시 동작하는 동안에 하중의 크기는 거의 일정하여 용이하게 해석할 수 있다.

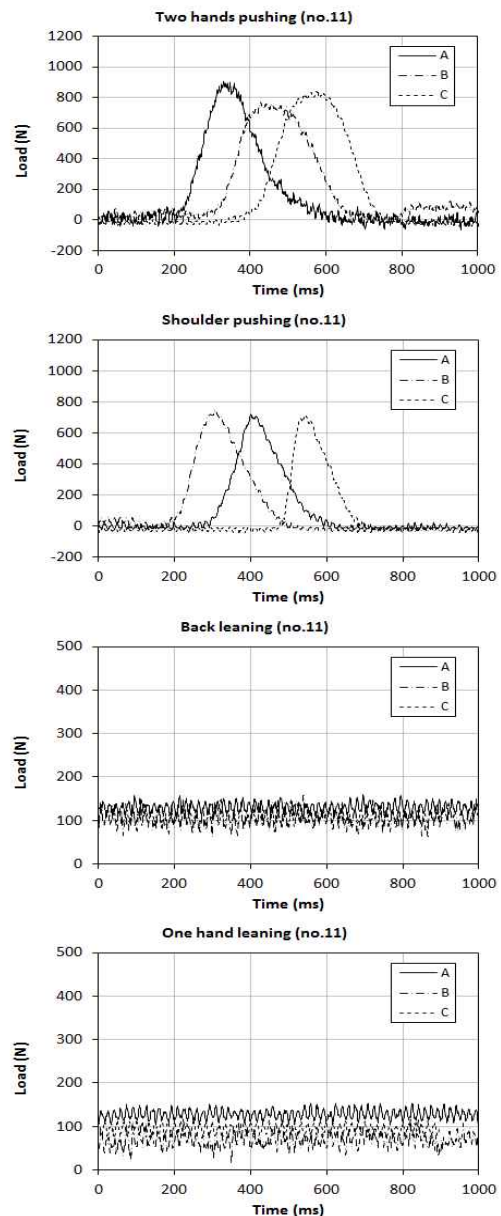


Figure 4. Typical static load-time curve

Table 3. Summary of static load test data

Stiffness	Variable	Two hands pushing			Shoulder pushing			Back leaning		One hand leaning	
		Pmax (N)	Pmax/W	t <sub>0</sub> (ms)	Pmax (N)	Pmax/W	t <sub>0</sub> (ms)	Pmax (N)	Pmax/W	Pmax (N)	Pmax/W
A (n=150)	Mean	899.7	1.25	124.1	722.8	0.99	131.2	131.3	0.18	109.5	0.15
	SD	185.8	0.18	41.8	226.4	0.22	51.2	48.9	0.05	31.6	0.04
	Min	447.1	0.81	40	355.7	0.62	40	69.4	0.10	11.1	0.02
	Max	1404.2	1.62	270	1317.3	1.64	340	297.6	0.33	203.2	0.26
	Median	899.1	1.25	120	710.9	0.95	120	115.0	0.17	104.5	0.15
B (n=150)	Mean	840.4	1.17	142.2	692.8	0.95	134.4	115.5	0.16	90.5	0.12
	SD	165.4	0.18	62.0	221.2	0.22	49.5	40.2	0.05	38.8	0.04
	Min	504.8	0.83	50	300.9	0.45	50	63.5	0.08	10.6	0.02
	Max	1305.3	1.62	450	1231.1	1.44	370	231.7	0.30	187.2	0.23
	Median	815.1	1.17	130	690.3	0.95	130	103.6	0.15	80.9	0.12
C (n=150)	Mean	854.3	1.20	160.7	701.8	0.96	154.8	116.3	0.16	95.7	0.13
	SD	143.1	0.18	63.1	221.3	0.21	54.8	52.5	0.06	38.4	0.04
	Min	439.6	0.79	40	339.2	0.50	60	60.6	0.10	40.8	0.04
	Max	1185.4	1.63	370	1281.3	1.42	340	359.1	0.47	199.8	0.26
	Median	870.2	1.22	150	667.5	0.94	145	102.9	0.14	86.1	0.13
Total (n=450)	Mean	-	1.21	-	-	0.97	-	-	0.17	-	0.14
	SD	-	0.18	-	-	0.22	-	-	0.05	-	0.04

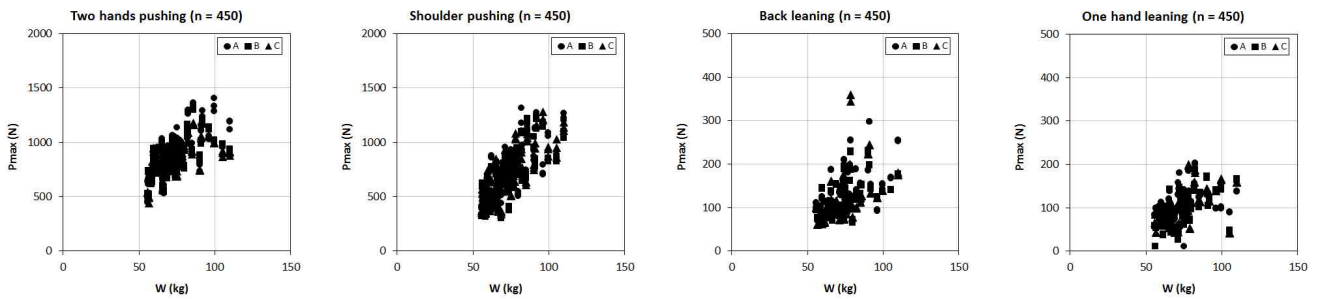


Figure 5. Relationship of the maximum load and weight

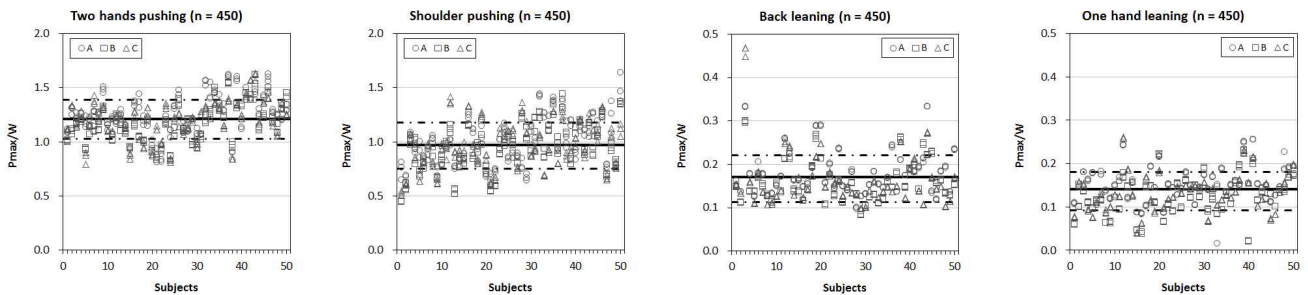


Figure 6. Distribution of 'Pmax/W' in the static load

동작별 최대하중(Pmax)의 크기와 검사원 체중(W)과의 관계를 Figure 5에 나타낸다. 각 동작의 데이터 수는 450개(50인×강성3종류×3회)이다. 모든 동작에서 하중판의 강성에 관계없이 양자 간에는 거의 직선적인 비례관계를 나타낸다는 것을 알 수 있다. 이에 본 연구에서는 검사원의 개인차(체중 차이)를 소거해서 보다 표준화된 상태로 하중 특성을 파악하기 위하여 최대하중의 체중비(Pmax/W, W:

체중, 이후 “최대하중비”라고 함)를 인간이 가하는 정적하중의 특성을 나타내는 물리량으로 설정하였다.

동작별 정적하중 해석 실험결과를 종합하여 Table 3에 나타낸다. 모든 동작에서 하중판의 강성 A일 때 최대하중이 약간 높게 나타났지만 강성 B와 강성 C의 경우는 서로 큰 차이를 보이지 않았다. 작용시간(t<sub>0</sub>, 하중이 시작된 후부터 최대에 이르기까지의 시간)은 하중판의 강성이 작을수록 증

가하는 경향을 보였다. 작용시간의 크기(평균)는 양손 밀기의 경우 124.1~160.7ms, 어깨 밀기의 경우 131.2~154.8ms로서 발로 차거나 주먹으로 치는 등의 동작에 비하면 수배 내지 수십 배 큰 것으로 나타났다[10].

하중판 강성별 최대하중비( $P_{max}/W$ ) 분포를 Figure 6에 나타낸다. 그림 속의 굵은 실선은 평균, 일점쇄선은 표준편차를 나타낸다. 최대하중비는 하중판의 강성에 크게 영향을 받지 않고 거의 일정한 범위 내에서 분포하고 있다. 따라서 실제 건축물에 설치된 경량벽체의 경우 강성을 파악하기 쉽지 않다는 점 등도 감안하여, 최대하중비는 3종류의 하중판 강성에 대한 실험결과를 합쳐서 해석하였다.

동작별 최대하중비는 양손 밀기의 경우  $1.21(\pm 0.18)$ , 어깨 밀기의 경우는  $0.97(\pm 0.22)$ , 등 기대기의 경우  $0.17(\pm 0.05)$ , 한 손 기대기의 경우  $0.14(\pm 0.04)$ 인 것으로 나타났다. 이를 토대로 건축재료설계단계에서 요구조건에 부합하는 경량벽체를 선정할 때 기초자료로서, 각 동작시 벽체에 작용하는 정적하중의 체중별 최대하중( $P_{max}$ ) 환산 값의 범위(Mean $\pm$ SD)를 Table 4에 나타낸다.

Table 4. Range of maximum static load by the body weight

Motion	$P_{max}/W$ (SD)	Range of $P_{max}$ (N)		
		W: 50kg	W: 70kg	W: 100kg
Two hands pushing	1.21 (0.18)	502.4~ 679.7	703.6~ 951.6	1004.9~ 1359.4
Shoulder pushing	0.97 (0.22)	367.8~ 580.6	514.9~ 812.8	735.5~ 1161.1
Back leaning	0.17 (0.05)	55.6~ 108.1	77.9~ 151.4	111.2~ 216.2
One hand leaning	0.14 (0.04)	45.1~ 88.4	63.1~ 123.8	90.2~ 176.8

## 4.2 동적하중 해석 결과

### 4.2.1 동적하중 특성에 관한 기본량 도출

동적하중 특성의 경우 Figure 7과 같이 “최대하중(N)”, “작용시간(ms)”, “하중속도(N/ms)”의 3가지 기본량 중에서 2가지 기본량의 상호관계로부터 파악할 수 있다는 점에서, 최대하중과 작용시간을 동적하중 해석을 위한 기본량으로 설정하였다.

최대하중( $P_{max}$ )은 검사원의 개인차(체중 차이)를 소거하여 고찰하기 위해 최대하중비( $P_{max}/W$ )로서 파악하였다. 인간이 가하는 동적하중은 최대하중 발생 이후에도 계속 하중이 가해지는 경향이 있기 때문에, 작용시간( $t_0$ )은 정

적하중의 경우와 마찬가지로 하중이 시작된 후부터 최대에 이르기까지의 시간으로 구하였다.

동적하중 해석 실험에서 얻을 수 있는 동작별 하중·시간 곡선의 예를 Figure 8에 나타낸다. 모든 동작에서 하중의 피크(peak)가 명확히 나타나며 하중이 최대가 될 때까지 거의 직선적으로 증가하고 있는 것을 알 수 있다. 작용시간의 경우는 동작의 종류나 세기, 그리고 같은 동작에서 검사원 개인에 따른 차이는 있지만 하중판의 강성에는 거의 영향을 받지 않았다.

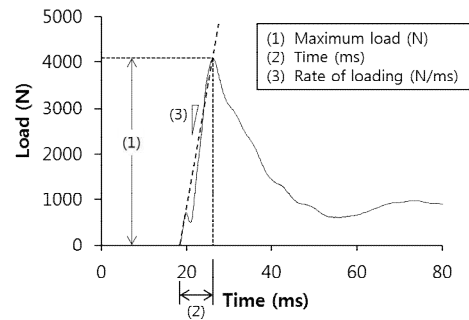


Figure 7. Basic physical quantity representing a characteristic of the dynamic load

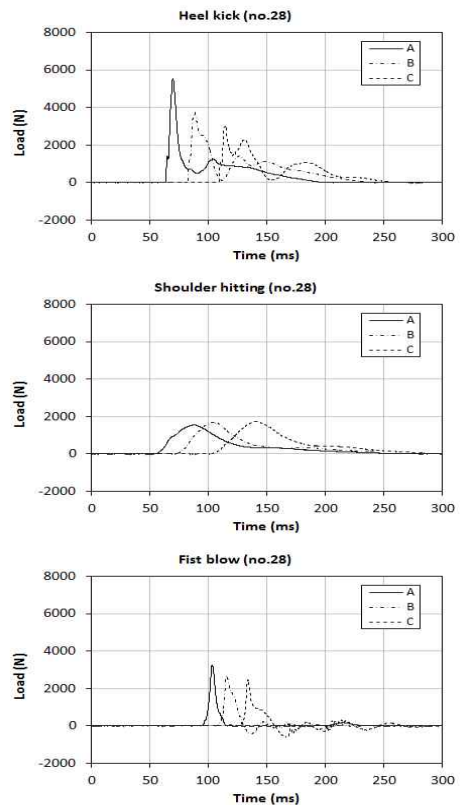


Figure 8. Typical dynamic load-time curve

#### 4.2.2 최대하중비의 크기

동작별 최대하중비( $P_{max}/W$ )의 분포를 Figure 9에 나타낸다. 최대하중비의 최댓값은 발차기의 경우에 가장 큰 것으로 나타났으며 체중의 약 10배 정도의 값이 된다. 발차기의 경우가 최대하중비의 변동 폭이 가장 컸으며 이는 검사원들이 다른 동작에 비해 동작의 세기를 명확히 구분한 결과로 추정된다.

하중판의 강성에 따른 최대하중비의 차이는 발차기의 경우 강성에 비례해서 커지는 경향을 보이지만 다른 동작에서는 그렇지 않았다. 이는 가격할 때의 통증으로 인해 본능적으로 동작의 세기를 조절했거나, 즉 강성이 작을수록 세게 가격했거나, 인체의 완충작용이 물체와는 다르기 때문에 나타난 현상이라고 판단된다.

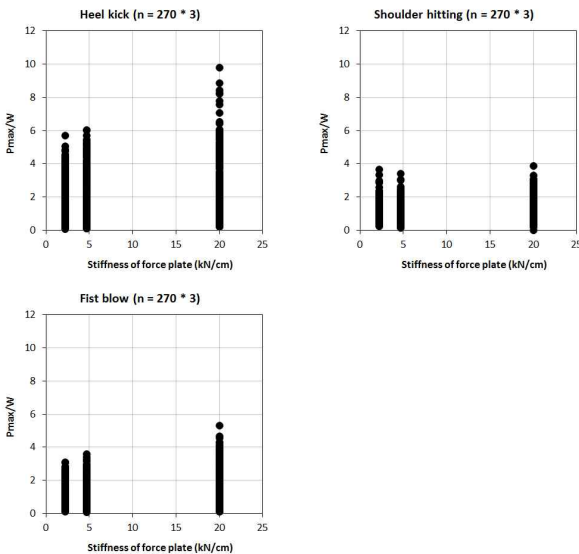


Figure 9. Distribution of 'Pmax/W' in the dynamic load

#### 4.2.3 작용시간의 크기

동작별 작용시간( $t_0$ ) 분포를 Figure 10에 나타낸다. 그림에서 각 동작의 하중판 강성별 작용시간의 평균값을 ○표로 표시하였다. 동작별 평균 작용시간은 발차기의 경우 11.2~13.3ms, 어깨 부딪치기의 경우 49.0~54.8ms, 주먹치기의 경우 13.9~15.2ms로서, 일반적인 물체의 저속 충격 (low-velocity impact)[11]과 비교해볼 때 상당히 커다는 점으로부터, 인간에 의한 동적하중을 간단히 충격하중으로서 정의할 수는 없다는 것을 알 수 있다. 또한 작용시간은 몸 전체로 가격하는 어깨 부딪치기의 경우에 크고, 신체의 일부분으로 가격하는 발차기와 주먹치기의 경우에는 작은

경향을 나타낸다. 하중판의 강성에 따른 작용시간의 차이에는 명확한 경향을 보이지 않으며, 이 점으로부터도 인간이 가하는 동적하중의 특성을 단순히 논리적 혹은 수치 해석적으로 파악하기는 쉽지 않다는 것을 알 수 있다.

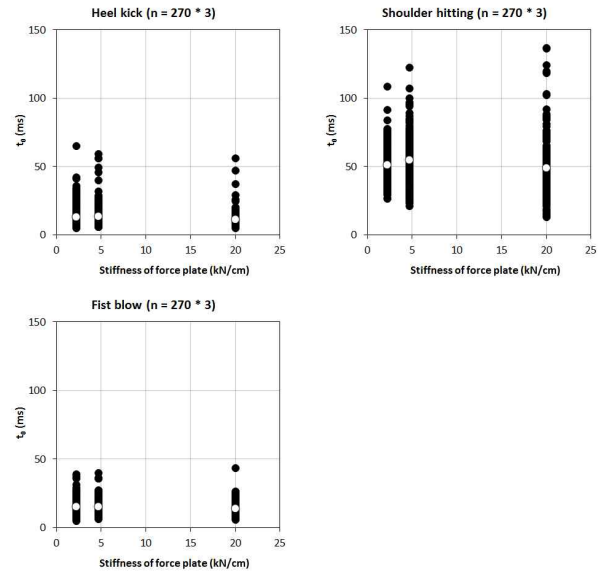


Figure 10. Distribution of time ( $t_0$ ) in the dynamic load

#### 4.2.4 최대하중비와 최대하중비속도의 관계

모든 동작에서 최대하중은 시간에 대해서 거의 직선적으로 증가한다는 점으로부터, 하중해석 실험에서 얻은 최대하중의 동적 특성을 최대하중과 하중속도(하중의 시간구배)의 관계로부터 파악하기로 하였다. 최대하중비( $P_{max}/W$ )와 최대하중비속도( $(P_{max}/W)/t_0$ )의 관계를 Figure 11에 나타낸다. 양자는 하중판의 강성에 따라 구분되지 않고 일률적으로 직선적인 비례관계를 나타낸다.

발차기의 경우는 최대하중비와 최대하중비속도 모두 크고, 최대하중비는 최대 10.07인 것으로 나타났다. 어깨 부딪치기의 경우는 최대하중비와 최대하중비속도가 모두 작으며, 최대하중비는 최대 4.46인 것으로 나타났다. 주먹치기의 경우는 최대하중비는 작지만 최대하중비속도가 크고, 최대하중비는 최대 5.58인 것으로 나타났다. 이를 토대로 건축재료설계단계에서 요구조건에 부합하는 경량벽체를 선정할 때 기초자료로서, 각 동작시 벽체에 작용하는 동적하중의 체중별 최대하중( $P_{max}$ ) 환산 값을 Table 5에 나타낸다.

요 약

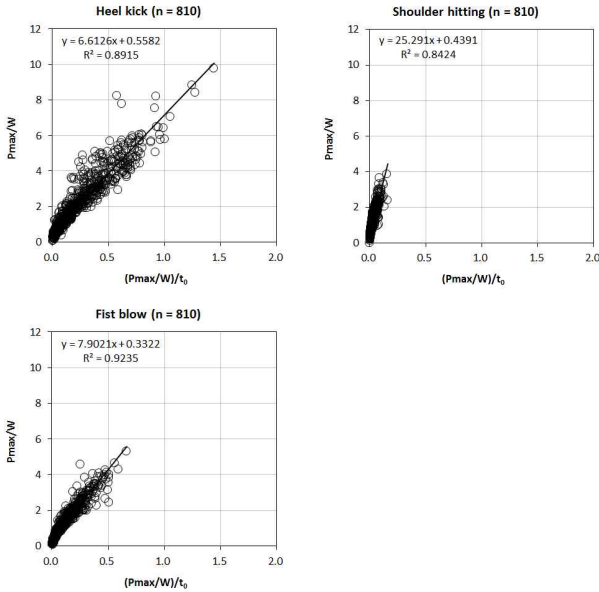


Figure 11. Relationship of 'Pmax/W' and '(Pmax/W)/t0'

Table 5. Range of maximum dynamic load by the body weight

Motion	Pmax/W	Range of Pmax (kN)		
		W: 50kg	W: 70kg	W: 100kg
Heel kick	10.07	4.94	6.91	9.87
Shoulder hitting	4.46	2.18	3.06	4.37
Fist blow	5.58	2.74	3.83	5.47

5. 결 론

인간이 건축물의 벽체에 정적 혹은 동적으로 가하는 힘을 하중해석 실험을 통해 해석한 결과는 다음과 같다.

- 1) 20대 성인 남성 50명을 대상으로 4종류의 동작에 의한 정적 수평하중의 크기를 측정된 결과, 벽체에 가해지는 동작별 최대하중(Pmax)의 크기는 양손 밀기의 경우 체중의 약 1.21배, 어깨 밀기의 경우 체중의 약 0.97배, 등 기대기의 경우 체중의 약 0.17배, 한 손 기대기의 경우 체중의 0.14배 정도인 것으로 나타났다.
- 2) 20대 성인 남성 30명을 대상으로 발차기, 어깨 부딪치기, 주먹치기 동작에 의한 동적 수평하중의 크기를 측정된 결과, 벽체에 가해지는 동작별 최대하중(Pmax)의 크기는 발차기의 경우 체중의 약 10.07배, 어깨 부딪치기의 경우 체중의 약 4.46배, 주먹치기의 경우 체중의 약 5.58배 정도인 것으로 나타났다.

공동주택의 구조형식이 점차 기동식 구조로 바뀌면서 비내력 경량벽체의 수요가 증가하고 있다. 경량벽체는 구조적 안전을 위해 소정의 내력을 확보할 필요가 있다. 본 연구에서는 경량벽체의 정적 수평하중저항성 및 내충격성 시험방법의 기초자료로서 활용하기 위해 인간이 벽체에 가하는 힘을 실험적으로 파악하였다. 정적하중을 가하는 동작으로는 양손 밀기, 어깨 밀기, 등 기대기, 한 손 기대기의 4종류를 설정하였다. 동적하중을 가하는 동작으로는 발뒤꿈치차기, 어깨 부딪치기, 주먹치기의 3종류를 설정하였다. 하중해석 장치의 하중판 강성은 20kN/cm, 4.7kN/cm, 2.2kN/cm의 3종류로 설정하였다. 정적하중 해석결과로부터, 동작별 최대하중비(Pmax/W)는 양손 밀기의 경우 1.17~1.25, 어깨 밀기의 경우 0.95~0.99, 등 기대기의 경우 0.16~0.18, 한 손 기대기의 경우 0.12~0.15인 것을 알 수 있었다. 또한 동적하중 해석결과로부터, 동작별 최대하중비(Pmax/W)의 상한 값은 발차기의 경우 약 10.07, 어깨 부딪치기의 경우 4.46, 주먹치기의 경우 약 5.58인 것을 알 수 있었다.

키워드 : 경량벽체, 내충격성, 인간의 힘, 정적 수평하중, 동적 수평하중, 최대하중비

Acknowledgement

This research was supported by a grant(12첨단도시 D13) from Construction and Transportation Technology promotes Research Program funded by Ministry of Land, Infrastructure and Transport of Korean government.

References

1. Lee SO, Kim SA, A study on the development and application of movable partition components for facilitating of long-life housing. Journal of the Korea Housing Association, 2010 Dec;21(6):91-8.
2. An JH, Yeo IW, Park JS. A study on the fire safety performance



- 
- of apartment house interior finish wall lightweight drywall, *Journal of the Korean Society of Hazard Mitigation*, 2015 Feb;15(1):215–21.
3. Ono H, Choi SK, Analysis of human dynamic force applied to floors and walls : study on an evaluation method of fracture of framed floors and walls by human dynamic force (Part 1), *Journal of structural and construction engineering*, Architectural Institute of Japan, 1994 Jun;(460):27–35.
  4. Matsushita K, Izumi M, Data concerning architectural load (Part 6) : physical strength, A, *Transactions of the Architectural Institute of Japan*, 1957 Jun;(56):22–9.
  5. Endo Y, Naoi H, Uno H, A Study of forces applied to buildings by man (Part 1), *Transactions of the Architectural Institute of Japan*, 1980 Dec;(298):99–105.
  6. Tanaka K, Iwai K, Naoi H, Experimental study to grasp distributions of force applied to buildings by man, *Summaries of technical papers of Annual Meeting Architectural Institute of Japan*, 1992 Aug:933–4.
  7. Uchida Y, Uno H, Wu ZC, Yamamoto K, Impact load by human, *Summaries of technical papers of annual meeting Architectural Institute of Japan*, 1967 Jun;38(2):373–5.
  8. Ichikawa K, Shimada T, Trampling test on asbestos– cement corrugated sheets (materials execution), *Transactions of the Architectural Institute of Japan*, 1964 Oct;(103):53.
  9. Uchida Y, Uno H, Wu ZC, Yamamoto K, Impact load on building element surface (No.2), *Transactions of the Architectural Institute of Japan*, 1968 Dec;(154):1–8.
  10. Choi, S, Evaluation method of impact resistance of the materials used for framed walls and floors, *Journal of the Architectural Institute of Korea, Structure & Construction*, 2004 Jan;20(1):123–31.
  11. Kim JW, Won C, Lee DW, Kim BS, Bae SI, Song JI, Low velocity impact behavior of aluminium and glass–fiber honeycomb structure, *Composites Research*, 2013 Apr;26(2):116–22.