

# 진동대실험을 통한 비내진상세를 가지는 RC 골조의 조적채움벽 유무에 따른 동적 거동 평가

백은림<sup>1</sup>, 김경민<sup>2</sup>, 천주현<sup>3\*</sup>, 오상훈<sup>4</sup>, 이상호<sup>5</sup>

## Dynamic Behaviour of Masonry infilled Reinforced Concrete Frames with Non-Seismic Details

Eun-Rim Baek<sup>1</sup>, Kyung-Min Kim<sup>2</sup>, Ju-Hyun Cheon<sup>3\*</sup>, Sang-Hoon Oh<sup>4</sup>, Sang-Ho Lee<sup>5</sup>

**Abstract:** In this paper, the shake table test for the masonry infilled reinforced concrete frame with non-seismic details was carried out in order to evaluate its dynamic behaviour and damage under seismic condition. The tested specimens were the RC frame and the masonry infilled RC frame and the dynamic characteristics, such as a resonant period, acceleration response, displacement response and base shear force response, were compared between them. As a result of the shake table test, RC frame specimen had flexural cracks at the top and bottom of the column and shear cracks at the joints. In the case of masonry infilled RC frame, the damage of the frame was relatively minor but the sliding cracks and diagonal shear cracks on the masonry wall were severe at the final excitation. The resonant period of infilled RC frame specimen was shorter than that of the RC frame specimen because the masonry infill contributed to increase the stiffness. The maximum displacement response of the infilled RC frame specimen was decreased by about 20% than the RC frame specimen. It was analyzed that the masonry infill wall applied in this study contributed to increase the lateral strength of the RC frame with non - seismic detail by about 2.2 times and the stiffness by about 1.6 times.

**Keywords:** Non-seismic details, Masonry infill wall, Reinforced concrete frame, Shake table test

### 1. 서 론

국내 학교, 관공서 등 철근콘크리트(이하 RC)조 골조 형식의 기존 공공 건축물에서는 공간을 구획하기 위하여 조적채움벽을 주로 사용하였으나, 이들 부재는 하중을 지지하지 않는 비구조요소로 간주되어 설계시 고정하중으로만 고려하고 골조와 채움벽간 상호작용은 고려되지 않은 경우가 대부분이었다. RC 골조내 조적채움벽이 설치될 경우 이들의 상호작용에 의해 내력 및 수평강성이 증대되는 것으로 인식되고 있어 (Shin et al., 2001), 국내에서도 이를 검증하고 조적채움벽이 전체 건물의 내진성능에 미치는 영향을 평가하기 위한 실험

적, 해석적 연구(Cho et al., 2012, Kim and Min, 2013, Park et al., 2012, Yu, et al., 2014, 2016)가 수행되었다.

특히, 신중학 등(Shin et al., 2001)은 RC 골조와 조적채움벽을 설치한 골조의 1/3 축소실험체를 대상으로 정적반복가력 실험을 수행하여 조적채움벽에 의해 수평내력이 1.26배 증가, 연성비는 약 50% 감소하는 것을 확인하였다. 이정환 등(Lee et al., 2004)은 국내 중저층 골조 건축물을 대상으로 순수 RC 프레임과 조적채움벽 RC 프레임 실험체를 대상으로 정적반복가력하여 조적채움벽의 기여도에 대한 평균전단응력도를 0.5 N/mm<sup>2</sup>(5.0 kgf/cm<sup>2</sup>)으로 제시하였다. 최호(Choi, 2007)는 무보강 콘크리트블록을 사용하여 단층 1스팬 RC 골조 실험체를 제작하여 정적 반복가력실험하여 콘크리트블록의 전단응력도를 0.39 N/mm<sup>2</sup>로 계산하였다. 이와 같은 국내 기존 실험적 연구에서는 대부분 정적반복가력실험에 의해 조적채움벽 효과를 파악한 것으로, 실제 지진가속도가 작용하는 경우의 동적효과 등이 고려되지는 못하였다.

이에 본 연구에서는 동적 지진하중 작용시 조적채움벽 RC 골조의 동적 거동을 파악하고 조적채움벽 효과를 평가하고자 한다. 이를 위해 비내진 RC 골조를 대상으로 조적채움벽 유무에 따른 실험체를 제작하고 기록 지진가속도를 이용한 진동

<sup>1</sup>정회원, 부산대학교 지진방재연구센터 연구교수

<sup>2</sup>정회원, (재)한국건설생활환경시험연구원 선임연구원

<sup>3</sup>정회원, (재)한국건설생활환경시험연구원 주임연구원, 교신저자

<sup>4</sup>정회원, 부산대학교 건설융합학부 교수

<sup>5</sup>정회원, 부산대학교 건설융합학부 교수

\*Corresponding author: jhcheon@kcl.re.kr

High-Tech Construction Material Center, Korea Conformity Laboratories/ Seoul, 08503, Korea

•본 논문에 대한 토의를 2017년 6월 1일까지 학회로 보내주시면 2017년 7월호에 토론결과를 게재하겠습니다.

대 실험을 수행하여, 손상특성과 고유치 및 동적응답 등을 비교 분석한다.

## 2. 실험 계획

### 2.1 실험체 계획

실험체는 비내진 상세를 가지는 순수 RC골조(RCM)와 동일한 RC 골조내 조적채움벽을 설치한 조적채움 RC골조(RCMW)의 2종류로 계획한다. RC 골조 부분은 비내진상세로 설계된 5층 규모의 중·저층 건축물의 1층 부분을 대상으로 강보·약기둥의 기둥항복형 내부골조로 계획한다.

Fig. 1에 실험체의 형상 및 규격을 나타내며, Table 1에 단면 상세를 나타낸다. 기둥의 전단보강근은 300 mm 간격에 90도

후크의 전형적인 비내진상세로 설계하며, 조적채움벽은 콘크리트 벽돌 1B 쌓기로 실시하고 현장과 동일한 방법으로 제작한다. 한편, 실제 현장에서는 콘크리트 모르타르를 이용한 미장 마감을 실시하지만 본 실험체에서는 미장마감을 하지 않고 미장 모르타르의 강도 기여를 고려하지 않는다.

### 2.2 실험체 제작

RC 골조 실험체의 제작에 사용된 철근의 재질은 SD400 ( $f_y$ , 400MPa)으로 기둥 주근은 HD16, 보 주근은 HD22를 사용하며, 기둥과 보의 전단보강근으로 HD10을 사용한다. 보 및 기둥 전단보강근의 구부림 각도는 내진설계기준 제정 이전의 설계기준에 따라 90도로 하며 정착길이는  $12d_b$ 로 한다.

콘크리트 설계기준강도는 21 MPa이며, ① 기초보 및 슬래브, ② 기둥과 상부보 및 슬래브의 두 번으로 나누어 수직 타설한다. 조적채움벽 RC 골조 실험체의 경우 일일 쌓기 높이에 맞추어 2일에 나누어 조적공사를 실시한다.

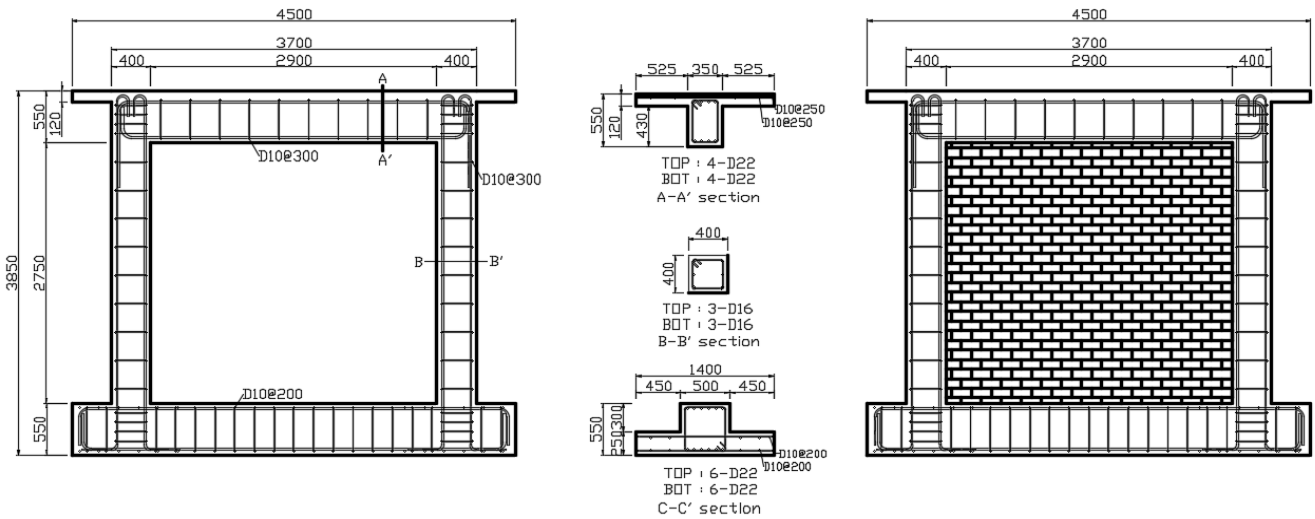
실험체 제작에 사용된 콘크리트와 철근의 재료 특성을 분석하기 위하여 KS F 2405(콘크리트 압축강도 시험방법)과 KS D 3504(철근 콘크리트용 봉강)의 시험방법에 따라 각각 재료시험을 수행한다. 재료시험 결과는 Table 2와 Table 3에 나타낸다.

### 2.3 가진 및 계측 계획

진동대 실험은 부산대학교 지진방재연구센터의 3자유도 진동대를 이용하여 수행한다. 실험체의 동적거동을 평가하기 위해 입력지진파는 Fig. 2와 같은 El-Centro NS 지진파(1940

Table 1 Detail of the sections

Members	Column	Beam
Section(width × depth)	400 × 400 mm	350 × 550 mm
Longitudinal reinforcement	6-D16	TOP 4-D22 BOT. 4-D22
Transverse reinforcement	D10@300	D10@250
Steel type	SD400	SD400
Steel yield strength	400 MPa	400 MPa
Concrete compressive strength	21 MPa	21 MPa
Axial force	120 kN	-



(a) Bare frae specimen - RCM

(b) Masonry infilled frame specimen - RCMW

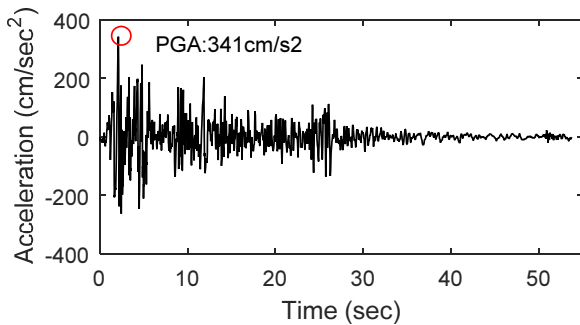
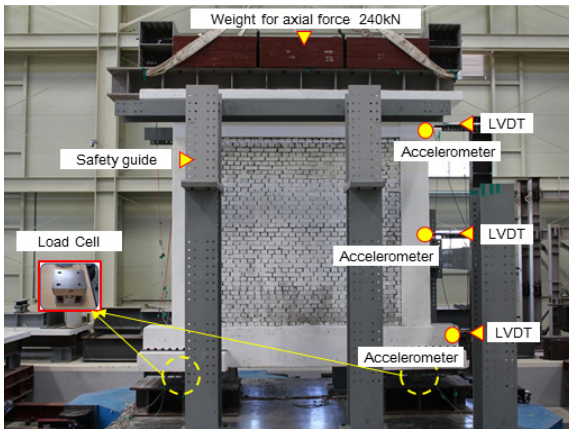
Fig. 1 Specimens

**Table 2** Concrete properties

Location	Foundation	Frame, Slab
Compressive strength	23.3 MPa	27.1 MPa

**Table 3** Steel properties

Type	Yield strength [MPa]	Tensile strength [MPa]	Elastic modulus [MPa]
HD10	398.2	487.6	182,099
HD16	436.1	554.2	190,378
HD22	429.3	554.1	188,080

**Fig. 2** Input excitation (EL-Centro NS)**Fig. 3** Setup and sensor location

년,  $PGA=341\text{cm/sec}^2$ )를 사용하며 실험체의 면내방향으로 1축 가진한다. 가진단계는 입력지진파의 가속도 배율을 10, 30, 70, 100, 130, 160, 190, 220, 250, 300%의 10단계로 계획하고, 단계별 가진 종료후 응답 및 손상상태를 확인하고 종료 혹은 재가진을 수행한다. 또한 실험체의 공진주기(탁월주기)를 평가하기 위하여 가진단계 전후에 지진파 10% 배율의 가속도를 사용하여 공진시험을 실시한다.

실험체의 가속도 및 변위 응답을 측정하기 위하여 기초보

중앙부, 기둥 중앙부, 보 중앙부에서 가속도계와 LVDT를 설치하여 지진과 가진에 따른 응답의 시간이력을 계측한다. 기둥 위치의 기초보 하부에는 200 kN 용량의 3축 로드셀 4개를 설치하여 실험체에 작용하는 밑면전단력을 측정한다. 또한 주요 철근의 항복 여부를 검토하기 위하여 기둥 위험단면 위치의 주근 및 보강근과 보 위험단면의 주근에 스트레인 게이지를 부착하여 변형률을 측정한다. 실험체 및 계측 센서의 설치형상은 Fig. 3과 같다.

### 3. 실험 결과

#### 3.1 균열 및 파괴 형상

RCM 실험체는 30% 가진시 기둥 상부에 휨균열이 최초로 발생하였으며, 70% 가진시 휨-전단균열로 연장되었다. 가진단계가 증가할수록 기둥 하부 및 상부의 휨균열이 증가하였고, 160% 가진시 접합부에 전단균열이 발생하였다. 이후 190% 가진시 까지 새로운 균열이 발생하지는 않고 접합부의 휨-전단 균열의 잔류균열 폭이 증가하였으며, 190% 재가진시 접합부 전단균열이 심화되어 가진을 중단하였다.

RCMW 실험체의 경우 가진 초기 단계에서 기둥 중앙부 및 상부에 미세 휨균열이 발생하였으며, 100% 가진시 기둥 접합부에 전단균열이 발생하였다. 이후 190% 까지 가진단계가 증가할수록 기둥 전체에 미세 균열이 증가하였으나 잔류 균열은 거의 닫힌 상태를 유지하였다. 190% 가진시 조적채움벽 하부에서 전단균열이 발생하였으며, 250%, 300% 가진시 조적벽체의 중앙부 및 하부 슬라이딩 균열이 발생하고 대각방향으로 전단균열이 발생하였다. 300% 재가진시 조적채움벽 중앙부의 슬라이딩 균열을 중심으로 상하부 벽체가 거의 분리되어 거동하였으며, 우측 기둥 중앙부 후면에서 일부 조적개체가 탈락하는 등 조적벽체가 붕괴될 우려가 있는 것으로 판단되었다. 반면 RC 골조의 경우 RCM 실험체에 비하여 비교적 균열폭이 작고 전반적으로 손상이 작게 발생하였다.

Fig. 4에 가진 종료후 접합부의 손상상태를, Fig. 5에 최종 균열분포를 나타낸다.

#### 3.2 공진주기

조적채움벽의 유무에 따른 RC 골조의 공진주기(탁월주기)를 평가하기 위하여 각 가진단계 전후에 실시한 공진시험의 결과를 이용하여 전달함수(Transfer Function)를 산정하고, Table 4에 정리하였다. 전달함수( $T_{xy}$ )는 지진파 실험동안 진동대에 입력된 가속도에 대한 보 중앙부에서 계측한 응답가속도의 비를 이용하여 식 (1)과 같이 결정하였다.

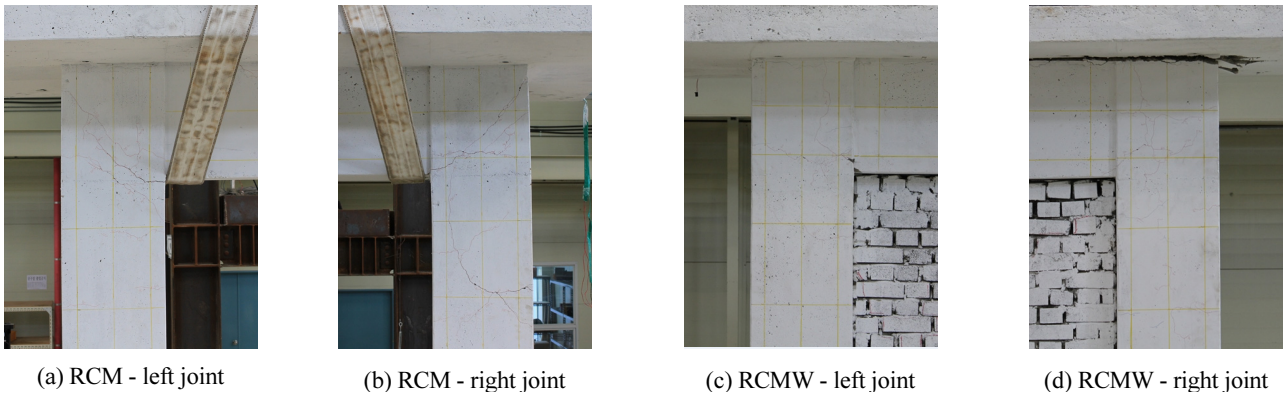


Fig. 4 Damage at joint

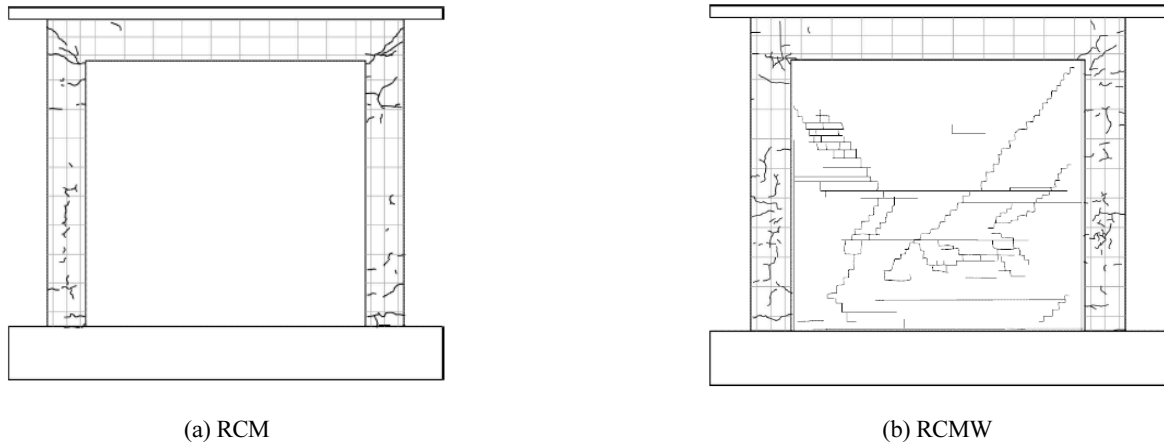


Fig. 5 Crack pattern after final dynamic test

Table 4 Resonant periods (sec)

Step	Input scale (%)	RCM (A)	RCMW (B)	B/A
1	10	0.175	0.152	0.871
2	30	0.175	0.158	0.906
3	70	0.188	0.165	0.879
4	100	0.222	0.172	0.774
5	130	0.250	0.168	0.674
6	160	0.296	0.170	0.574
7	190	0.340 (0.410)*	0.170	0.500
8	220	-	0.170	-
9	250	-	0.184	-
10	300	-	0.186 (0.200)	-

\* Number in mark ( ) is the result after the final test step.

$$T_{xy} = \frac{P_{yx}(f)}{P_{xx}(f)} \quad (1)$$

여기서,  $P_{yx}$ 는 cross power spectral density이고  $P_{xx}$ 는 power spectral density이다.

1단계(지진과 10% scale) 가진 전 실시한 공진시험결과를 이용하여 산정한 RCM 및 RCMW 실험체의 공진주기는 각각 0.175초와 0.152초로 분석되어, 조적채움벽으로 인해 공진주기가 약 23% 감소된 것으로 나타났다.

가진단계가 증가하면서 손상발생 정도에 따라 두 실험체의 공진주기도 증가하는 경향을 나타내었다. RCM 실험체의 경우 최종 190% 가진시 접합부의 잔류 균열폭이 커지고 손상이 증가함에 따라 강성이 저하되어 공진주기가 약 2.3배 길어졌으며, RCMW 실험체의 경우 최종 300% 가진시까지 1.3배 증가한 것으로 분석되었다. 실험체별 가진 전·후(10% 및 190, 300% scale)에 분석한 전달함수를 Fig. 6에 나타낸다.

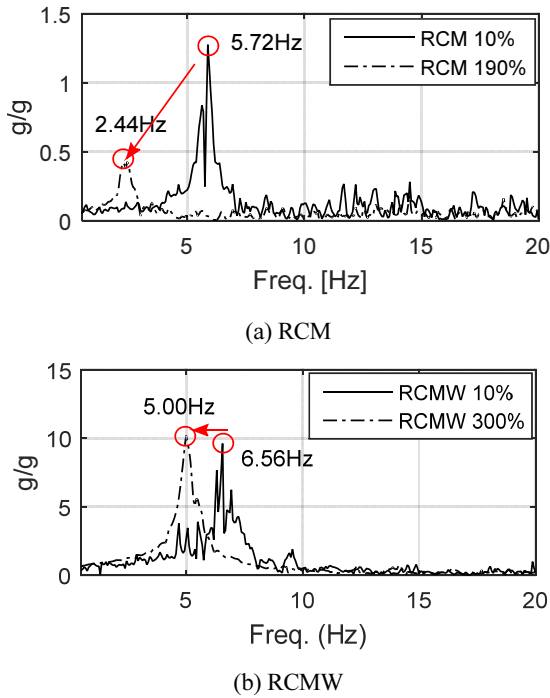


Fig. 6 Transfer function with frequency domain

### 3.3 가속도 응답

Table 5에 각 실험체의 가진단계별 최대 가속도응답을 정리하였다. 지진과 30% 가진시 RCMW 실험체의 응답가속도가 약 13% 크게 발생하였으나 가진단계가 증가하면서 두 실험체간 최대응답가속도비는 점차 감소하는 경향을 나타내었다. 특히 160% 가진시 부터는 RCM 실험체의 손상 정도가 심화됨에 따라 RCMW 실험체보다 더 큰 응답가속도가 발생하였다. Fig. 7에 지진과 190% 가진시 보 중앙부의 가속도 응답 시간이력을 입력파와 비교하여 나타낸다. RCM 실험체의 경우 접합부 손상이 심화됨에 따라 전반적으로 진동주기가 길어지고 특히 20초 후반부에서 응답이 증폭되는 경향을 나타낸 반면, RCMW 실험체의 경우 전 가진 구간에 걸쳐 가속도 응답의 증폭비가 비교적 작게 발생하였다.

### 3.4 변위 응답

Table 6에 각 실험체의 가진단계별 최대 변위응답을 정리하였다. 최초 가진단계인 10% 가진시 최대 변위응답은 10% 이내의 차이로 유사한 수준으로 발생하였으며, 30~160% 가진단계에서 RCMW 실험체의 응답이 RCM 실험체보다 19~33% 정도 감소하였다. 두 실험체의 최대 변위응답비(Table 6에서 B/A)는 가진단계가 증가할수록 대체로 감소하는 경향을 나타내었으며, 190% 가진 단계에서 응답비가 크게 감소한 것은 RCM 실험체의 손상이 심화되면서 Fig. 8의 시간이력과 같

Table 5 Peak acceleration responses (cm/sec<sup>2</sup>)

Step	Input scale(%)	RCM (A)	RCMW (B)	B/A
1	10	85 (1.95)*	75 (1.83)	0.88
2	30	186 (1.32)	211 (1.52)	1.13
3	70	-	473 (1.81)	-
4	100	580 (1.54)	617 (1.78)	1.06
5	130	802 (1.81)	828 (1.70)	1.03
6	160	943 (1.43)	837 (1.39)	0.89
7	190	1039 (1.29)	860 (1.13)	0.83
8**	190(re)/220	1080 (1.12)	1056 (1.21)	-
9	250	-	1073 (1.03)	-
10	300	-	1656 (0.93)	-
11	300(re)	-	1656 (0.93)	-

\* Number in mark ( ) is the ratio of response to peak input acceleration.

\*\* 8 step : Retest with 190% scale of excitation for RCM and 220% scale of excitation for RCMW

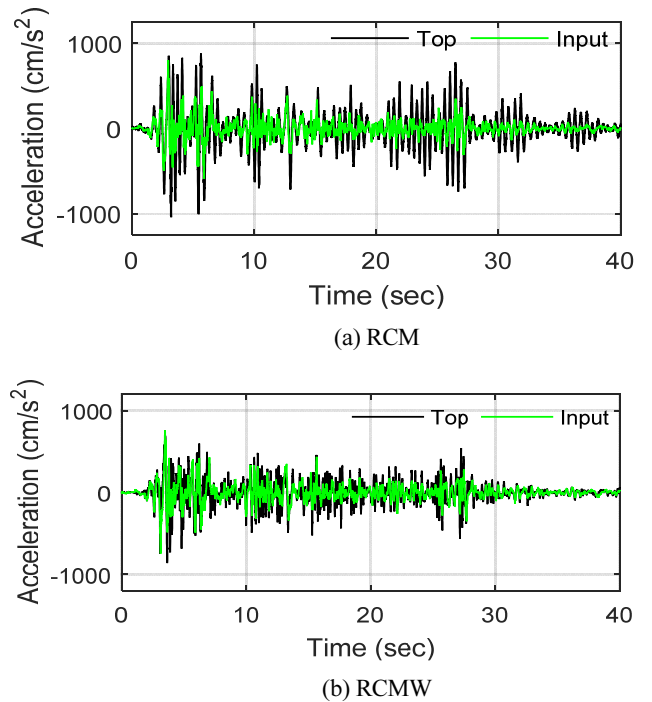


Fig. 7 Time history of acceleration response during the excitation with 190% scale

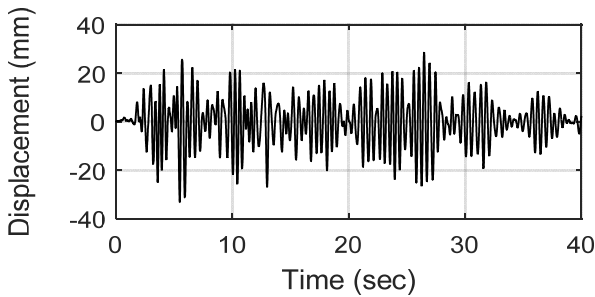
이 변위응답이 크게 증폭되었기 때문이다. RCM 실험체는 190% 재가진시 58.45 mm의 최대변위가 발생하였고, RCMW 실험체는 300% 최초 가진시 RCM실험체 보다 약 62.2% 감소된 22.09 mm의 최대변위가 발생하였다.

**Table 6** Peak displacement responses (mm)

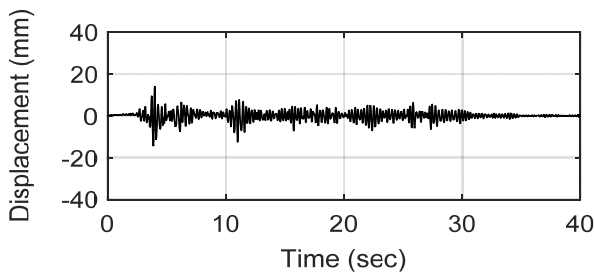
Step	Input scale(%)	RCM (A)	RCMW (B)	B/A
1	10	0.83 (0.027)*	0.76 (0.025)	0.91
2	30	2.53 (0.084)	2.06 (0.068)	0.81
3	70	-	5.00 (0.165)	-
4	100	11.27 (0.373)	7.57 (0.250)	0.67
5	130	13.70 (0.453)	9.80 (0.324)	0.72
6	160	15.77 (0.521)	12.43 (0.411)	0.79
7	190	33.08 (1.094)	14.46 (0.478)	0.44
8**	190(re)/220	58.45 (1.932)	16.73 (0.553)	-
9	250	-	16.62 (0.549)	-
10	300	-	22.09 (0.730)	-
11	300(re)	-	16.24 (0.537)	-

\* Number in mark ( ) is the inter-story drift ratio.

\*\* 8 step : Retest with 190% scale of excitation for RCM and 220% scale of excitation for RCMW



(a) RCM

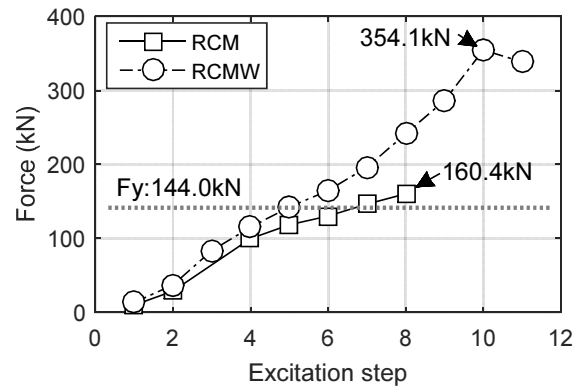


(b) RCMW

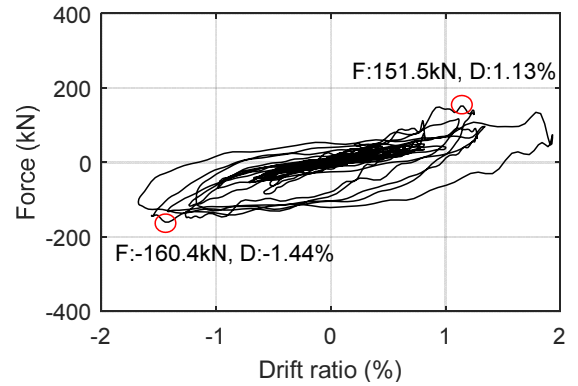
**Fig. 8** Time history of displacement response during the excitation with 190% scale

### 3.5 밀면전단력 응답

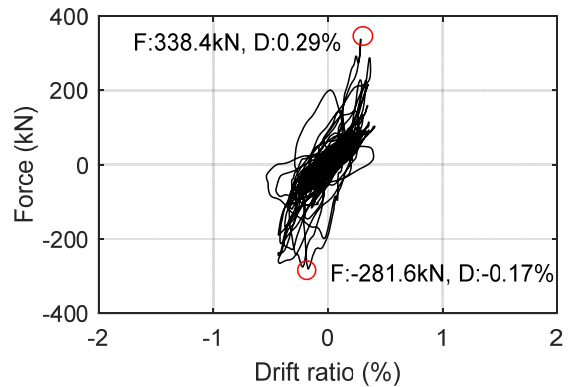
밀면전단력은 실험체 하부에 설치한 4개의 로르셀에서 측정된 하중값을 합산하여 계산하였으며, Fig. 9에 가진단계별 최대 밀면전단력응답을 나타낸다. RCM 실험체는 최종 가진 단계까지 밀면전단력이 증가하였으며 160.4 kN의 최대 밀면전단력을 나타내었다. 이는 골조의 항복강도(휨항복시 전단력  $F_y$ :144 kN)보다 약 1.1배 큰 값이다.



**Fig. 9** Base shear force response



(a) RCM (excitation scale : 190%)



(b) RCMW (excitation scale : 300%)

**Fig. 10** Base shear force and drift relation

RCMW 실험체의 경우 전반적으로 RCM 실험체보다 큰 밀면전단력이 작용하였으며, 가진단계가 증가할수록 그 차이는 더욱 커지는 경향(1.15~1.5배)을 나타내었다. 300% 가진시 354.1 kN의 최대 밀면전단력을 나타내었으며, 이후 재가진 단계에서 338 kN으로 약 5%정도 하중이 저하되었다.

### 3.6 밀면전단력-층간변형비 관계

두 실험체의 최종 가진단계시 밀면전단력-층간변형비 관계를 Fig. 10에 나타낸다. 층간변형비는 보의 중앙부에서 측정한 변위응답을 층 높이(3025 mm)로 나누어 계산하였다. RCM 실험체의 경우 160.4 kN의 최대 밀면전단력 발생시 1.44%의 층간변형이 발생하였으며, 이력거동에 의한 에너지 소산면적이 발생하였다.

RCMW 실험체는 최대 밀면전단력 338.4 kN 발생시 0.29% 층간변형이 발생하여, RCM 실험체에 비해 비교적 강성이 큰 형태를 나타내었다. 한편, 이력거동에 의한 에너지소산면적은 거의 발생하지 않았으며, 최대하중 도달이후 다소 강성이 저감된 형태를 나타내었다.

### 3.7 입력 에너지

진동대 실험에서 사용한 입력가속도를 이용하여 계산한 가진단계별 실험체의 누적입력에너지를 Fig. 11에 비교하여 나타낸다. 입력에너지는 식 (2)과 같은 운동 평형방정식에서 양변에 변위증분( $du = \dot{u}dt$ )을 곱하고 총 지동시간( $t_0$ )으로 적분하여 얻은 에너지평형식(식 (3))에 따라 계산하였다.

$$M\ddot{u} + C\dot{u} + F(u) = -M\ddot{z}_0 \quad (2)$$

$$\int_0^{t_0} M\ddot{u}\dot{u}dt + \int_0^{t_0} C\dot{u}u dt + \int_0^{t_0} F(u)u dt = - \int_0^{t_0} M\ddot{z}_0 u dt \quad (3)$$

여기서,  $M$ 은질점의 질량,  $C$ 는 감쇠계수,  $F(y)$ 는 계의 복원력,  $\ddot{z}_0$ 는 지동 가속도,  $u$ ,  $\dot{u}$ ,  $\ddot{u}$ 는 각각 상대변위, 속도, 가속도,  $t_0$ 는 지동 계속시간이다.

동일한 가진단계에서 RCM이 RCMW 실험체보다 많은 에너지가 입력됨에 따라 가진단계가 증가할수록 누적입력에너지 차가 증가하는 경향을 나타내었다. 가진 8단계(RCM : 190% 재가진, RCMW : 220%) 까지 입력된 누적에너지는 RCM이 RCMW 보다 약 3.2배 많은 것으로 분석되었으나, 각 실험체의 최종 가진단계를 비교하면 RCMW 실험체가 RCM 실험체 보다 2.34배 더 많은 누적에너지가 입력되었다.

### 3.8 조적채움벽 기여도

Fig. 12에 가진 단계별 최대 하중 및 최대 층간 변형비를 각 축에 도시하여 골격곡선의 형상으로 나타내었다. RCM의 경우 Bi-linear 형상을 나타내며 하중 130.25 kN, 층간변형비 0.52%에 도달한 이후에서는 하중의 증가는 거의 발생하지 않고 변형이 크게 증가하였다. 반면, 최대하중 354.6 kN, 층간변

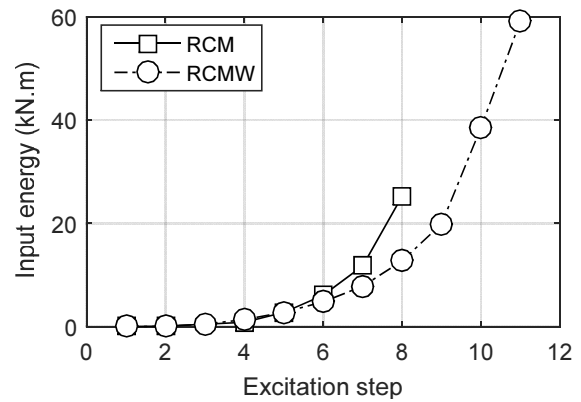


Fig. 11 Accumulated input energy

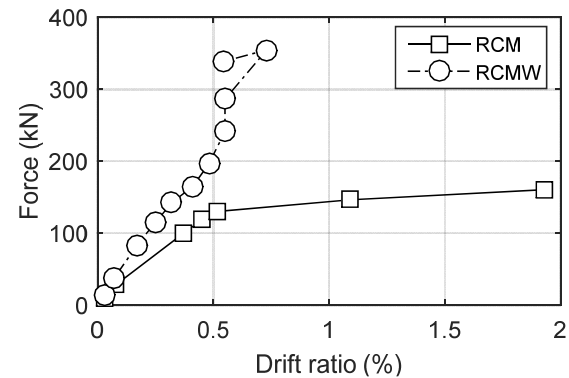


Fig. 12 Peak base shear force and peak drift relation

형비 0.73% 도달시 까지 하중과 변위가 비교적 선형으로 증가하는 경향을 나타내었으며, 최종 가진단계에서 약 5% 정도 하중이 저하되었다.

여기서 RCMW 실험체는 조적채움벽의 영향으로 RCM 실험체보다 최대 강도는 약 2.2배, 초기 강성은 약 1.6배(2단계 기준, RCM : 11.37 kN/mm, RCMW : 18.03 kN/mm) 정도 증가함을 확인할 수 있었다. 또한, 두 실험체의 최대하중 도달시 밀면전단력의 차는 193.7 kN으로 조적채움벽의 전단응력은 0.33MPa로 계산되었으며, 이는 기존연구(Lee et al., 2004) 정적반복가력실험에 의해 제시된 값의 0.67배 수준이다.

## 4. 결론

본 논문에서는 조적채움벽의 유무에 따른 비내진상세 RC 골조의 진동대 실험을 수행하고 손상 모드 및 동적응답을 비교 평가하여 다음과 같은 결론을 도출하였다.

- 1) 순수 RC 골조(RCM)는 기둥 상부 및 하부에 휨균열이 발생한 후 접합부의 전단균열이 발생하였으며, 최종

190% 가진시 접합부의 균열폭이 증가하고 손상이 심화되었다. 반면 조적채움벽 RC 골조(RCMW)는 가진 초기에 기둥 상부 및 중앙부에 휨균열이 발생한 이후 순수 RC 골조에 비해 상대적으로 기둥 전체에 걸쳐 미세 균열이 증가하였으나 전반적으로 손상이 작게 발생하였다. 조적채움벽의 경우, 190% 가진단계 부터 중앙부 슬라이딩 균열 및 대각방향 전단균열이 크게 발생하였으며 최종 300% 가진시 슬라이딩 균열에 의해 조적채움벽 상하가 거의 분리되어 거동하였다.

- 2) 실험체의 보 중앙부에서 측정한 가속도 응답을 이용해 주파수 분석을 수행한 결과, 조적채움벽 RC 골조(RCMW)는 순수 RC 골조(RCM) 보다 실험전 초기상태에서 공진주기가 약 23% 정도 감소하였다.
- 3) 조적채움벽 RC 골조(RCMW)의 최대 가속도응답은 가진초기에 순수 RC 골조(RCM)에 비하여 약 13% 크게 증폭되었으나 가진단계가 증가하면서 두 실험체간 최대응답가속도비는 점차 감소하는 경향을 나타내었다. 변위 응답의 경우, 최종 가진단계에서 조적채움벽 RC 골조(RCMW) 실험체의 최대 변위응답이 순수 RC 골조(RCM) 보다 약 62% 감소하였다.
- 4) 최종 가진단계의 하중-변위 관계 곡선에서 순수 RC 골조(RCM)의 경우 이력거동에 의해 에너지소산면적이 발생한 반면, 조적채움벽 RC 골조(RCMW)의 경우 최대하중 도달 이후 강성이 저감된 형태를 나타내었으며, 상대적으로 이력거동에 의한 에너지소산형태는 거의 나타나지 않았다.
- 5) 가진단계별 최대하중- 최대층간변형비를 이용하여 골격곡선을 유추한 결과, 순수 RC 골조(RCM)의 경우 하중 130.25 kN, 층간변형비 0.52%에 도달한 이후 하중은 크게 증가하지 않은 반면 변위가 크게 증가하였으며, 조적채움벽 RC 골조(RCMW)의 경우 최대하중 354.6 kN, 층간변형비 0.73% 도달시 까지 하중과 변위가 비교적 선형으로 증가하였으나 최종 가진단계에서 약 5% 정도 하중이 저하되었다.
- 6) 이상의 실험결과를 바탕으로 조적채움벽이 비내진상태를 가지는 RC 골조의 밀면전단력을 약 2.2배, 초기 강성을 약 1.6배 증가시키는데 기여한 것으로 판단되며, 최

대 내력시 조적채움벽의 전단응력은 0.33 MPa로 분석되었다.

## 감사의 글

본 연구는 국토교통부 국토교통기술촉진연구사업의 연구비지원(15CTAP-C097438-01)에 의해 수행되었습니다.

## References

- Cho, W., Lee, S., Chung, L., Kim, H., Kim, S., Yu, E. (2012), Seismic Performance Evaluation of Reinforced Concrete Frame with Unreinforced Masonry Infill, *J. of the Architectural Institute of Korea Structure & Construction*, 28(3), 31-41.
- Choi, H. (2007), Cyclic Loading Test of Reinforced Concrete Frame with Unreinforced Concrete Block Infill, *J. of the Architectural Institute of Korea Structure & Construction*, 23(4), 71-78.
- Kim, T., and Min, C. (2013), Analytical Study of the Effect of Full and Partial Masonry Infills on the Seismic Performance of School Buildings, *EESK J. Earthquake Eng.*, 17(5), 197-207.
- Lee, J., Cha, S., Kang, D., Oh, S., Lee, Y., Yi, W., Kim, S. (2004) An Experimental Study on Seismic Capacity Evaluation of Brick Infill RC Frame, *Proceeding of Architectural Institute of Korea Conference*, 24(1), 39-42.
- Park, J., Jeon, S., Kang, K. (2012), Seismic Performance Evaluation of Masonry-Infilled Frame Structures using Equivalent Strut Models, *EESK J. Earthquake Eng.*, 16(1), 47-59.
- Shin H, Ha G, Choe, M. (2001). Improvement and Evaluation of Earthquake-Resistant Performance for Reinforced Concrete Infilled Masonry Frame, *J. of the Architectural Institute of Korea Structure & Construction*, 3(4), 141-148.
- Yu, E., Kim, M., Jung, D. (2014), A Comparison Study of Equivalent Strut Models for Seismic Performance Evaluation of Masonry-Infilled Frame, *EESK J. Earthquake Eng.*, 18(2), 79-87.
- Yu, E., Kim, M., Kim, C. (2016), Experimental Study on Properties of Masonry-Infilled Frames in Korea, *Proceedings of EESK Conference 2016*, 20, 119-120.

Received : 03/10/2017

Revised : 04/03/2017

Accepted : 04/11/2017



---

**요 지** : 본 논문에서는 국내 비내진상세 조적채움벽 RC 골조의 동적거동 및 손상모드를 파악하기 위하여 실규모 크기의 비내진상세 RC 골조와 조적채움벽 RC 골조를 대상으로 진동대 실험을 실시하여 응답 및 거동 특성을 비교 평가하였다. 진동대 실험 결과, 순수 RC 골조는 기둥 상하부 휨균열 및 접합부 전단균열이 심화되어 최종 파괴되었다. 조적채움벽 RC 골조의 경우 골조의 손상은 비교적 작았으며 조적벽체의 중앙부의 슬라이딩 균열 및 대각 전단 균열 손상이 크게 발생하였다. 조적채움벽 RC 골조는 순수 RC 골조에 비하여 초기상태의 공진주기가 짧아졌으며 최종 가진시에서 최대변위응답은 약 62% 감소하였다. 본 연구에서 적용한 조적채움벽은 비내진 상세를 가지는 RC 골조의 강성을 약 1.6 배, 최대 강도를 약 2.2배 증가시키는 데 기여하는 것으로 분석되었다.

**핵심용어** : 비내진상세, 조적채움벽, RC 골조, 진동대 실험

---