



## 외부 앵커압착형 프리캐스트 벽체로 보강된 비내진 상세를 갖는 철근콘크리트 골조에 대한 실험적 연구

최승호<sup>1)</sup> · 황진하<sup>1)</sup> · 이득행<sup>1)</sup> · 김강수<sup>1)\*</sup> · 권용근<sup>2)</sup> · 김길희<sup>3)</sup>

<sup>1)</sup>서울시립대학교 건축학부 <sup>2)</sup>하이구조기술사사무소 <sup>3)</sup>공주대학교 건축학부

## Experimental Study on RC Frame Structures with Non-Seismic Details Strengthened by Externally-Anchored Precast Wall-Panel Method (EPWM)

Seung-Ho Choi,<sup>1)</sup> Jin-Ha Hwang,<sup>1)</sup> Deuck Hang Lee,<sup>1)</sup> Kang Su Kim,<sup>1)\*</sup>  
 Yong-Keun Kwon,<sup>2)</sup> and Kil-Hee Kim<sup>3)</sup>

<sup>1)</sup>Department of Architectural Engineering, University of Seoul, Seoul, 130-743, Korea

<sup>2)</sup>HI Structural Engineers, Seoul, 135-907, Korea

<sup>3)</sup>Department of Architectural Engineering, Kongju National University, Cheonan, 330-717, Korea

**ABSTRACT** The infill-wall strengthening method has been widely used for the seismic performance enhancement of the conventional reinforced concrete (RC) frame structures with non-seismic detail, which is one of the promising techniques to secure the high resisting capacity against lateral forces induced by earthquake. During the application of the infill-wall strengthening method, however, it often restricts the use of the structure. In addition, it is difficult to cast the connection part between the wall and the frame, and also difficult to ensure the shear resistance performances along the connection. In this study, an advanced strengthening method using the externally-anchored precast wall-panel (EPCW) was proposed to overcome the disadvantages of the conventional infill-wall strengthening method. The one-third scaled four RC frame specimens were fabricated, and the cyclic loading tests were conducted to verify the EPCW strengthening method. The test results showed that the strength, lateral stiffness, energy dissipation capacity of the RC frame structures strengthened by the proposed EPCW method were significantly improved compared to the control test specimen.

**Keywords** : seismic strengthening, cyclic behavior, precast wall, bolt anchor, lateral force

### 1. 서 론

지금까지 발생된 지진에 의하여 많은 수의 철근콘크리트(reinforced concrete, RC) 골조 건축물들의 피해가 보고되었고, 특히, 내진설계가 적절히 이루어지지 않은 중저층 학교건물에서 매우 심각한 피해가 발생한 사례가 많았다.<sup>1)</sup> 따라서, 이처럼 학교건물을 포함한 비내진 상세를 갖는 기존 중저층 건물의 내진성능을 개선할 수 있는 공법에 대한 연구가 활발히 진행되어 왔으며,<sup>1-9)</sup> 이 연구들에서는 골조 내부에 현장타설 끼움벽을 적용하거나, 프리캐스트 벽체를 보-기둥 골조사이에 삽입하여 내진성능

을 향상시키는 공법을 주로 적용하였다.

이강석 등<sup>10)</sup>의 연구에서는 비내진 상세를 갖는 중저층 RC 구조물의 경우 횡방향 하중에 대한 저항능력이 매우 부족하기 때문에 연성능력을 개선시키는 내진보강법은 비효율적이며, 벽체 증설과 같은 전단강도 증진법이 더욱 효과적일 수 있음을 지적하였다. 그러나 RC 끼움벽 공법은 골조와 벽체의 연결부위 시공이 어렵기 때문에 충분한 접합전단성능의 확보가 용이하지 않으며, 공사준비 및 공사기간 동안 이용자의 사용이 제한될 수밖에 없는 단점이 있다.

이 연구에서는 기존 끼움벽 공법의 단점을 극복하기 위하여 기둥과 보의 외부에 프리캐스트 벽체를 앵커볼트로 압착하여 고정된 프리캐스트 벽체(Externally-anchored precast wall-panel, EPCW) 보강공법을 제안하였다. 이 연구에서 제안한 EPCW 공법은 프리캐스트 벽체를 활용함

\*Corresponding author E-mail : kangkim@uos.ac.kr

Received April 29, 2015, Revised May 7, 2015,

Accepted May 11, 2015

©2015 by Korea Concrete Institute

으로써 공기를 단축하고, 건물의 내부가 아닌 외부에서 간편한 시공을 통해 기존골조와 접합되기 때문에 보강공사 기간을 크게 단축시킬 수가 있다. 이 연구에서는 제안한 EPCW 공법의 검증에 위하여 비내진 상세를 갖는 RC 골조를 벽체의 유무, 골조와 벽체의 접합방식, 벽체의 크기 등을 변수로한 실험을 수행하였다.

## 2. 실험적 연구

### 2.1 실험체

EPCW로 보강된 비내진 상세를 갖는 RC 골조의 보강효과를 검증하기 위하여 Fig. 1 및 Table 1에 나타난 것과

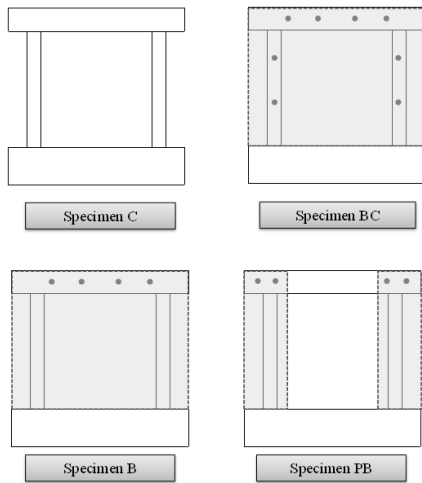


Fig. 1 Details of test Specimens

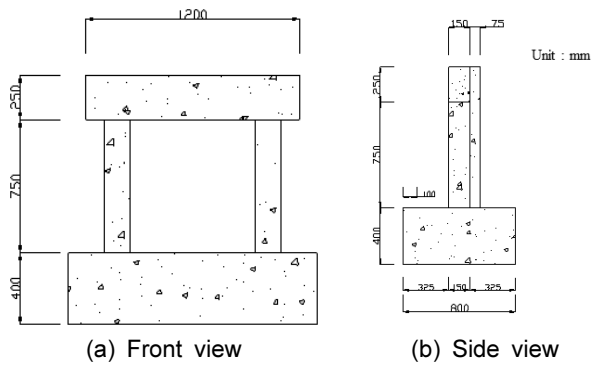


Fig. 2 Details of specimen C

같이 골조와 벽체의 접합 방식 및 EPCW 의 크기를 변수로 총 4개의 실험체를 제작하였다. 실험실의 조건을 고려하여 실험체의 크기를 1/3 스케일로 축소된 단경간 단층 철근콘크리트 골조 실험체들이다. Fig. 2에 나타난 C실험체는 보강되지 않은 철근콘크리트 골조 실험체이며, 실험체 BC는 Fig. 3에 나타난 압착앵커 상세를 적용하여 Fig. 4에 나타난 것과 같이 EPCW와 보 및 기둥을 모두 접합한 실험체이다. 실험체 B의 경우 실험체 BC와 모든

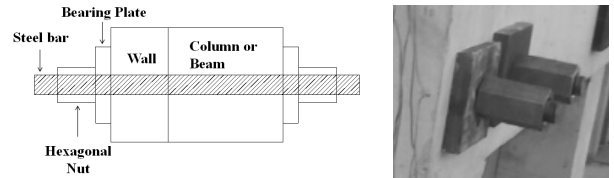
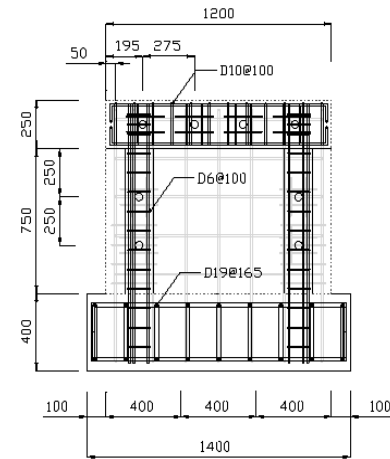
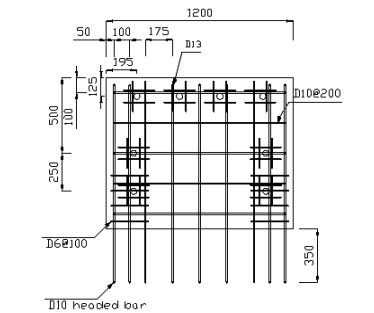


Fig. 3 Details of externally-anchored precast wall-panel (EPCW)



(a) Reinforcement details of specimen

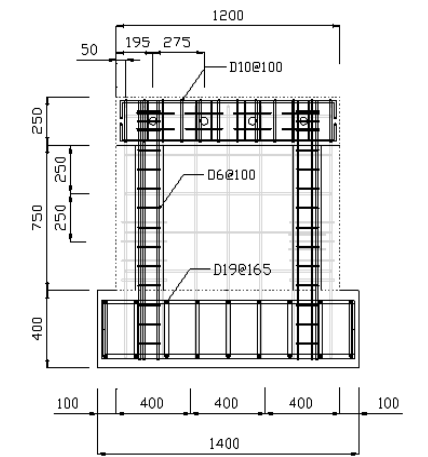


(b) Reinforcement details of wall

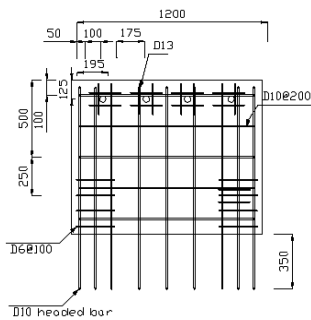
Fig. 4 Details of specimen BC(unit : mm)

Table 1 Detailed information of test specimens

Specimen	$f_{cu}$ (MPa)	N (kN)	Column				Wall				
			B x D (mm)	$\rho_v$ (%)	$\rho_h$ (%)	$\phi_v$	$\phi_h$	$l_w \times h_w \times t_w$ (mm)	$\rho_v$ (%)	$\rho_h$ (%)	$\phi$
C	21.8	94.5	150 x 150	2.54	0.3	D10	D6	-	-	-	-
BC		283.5						1200 x 1000 x 70	0.71	0.48	D10
B		204.75						350 x 1000 x 70	1.09		
PB											

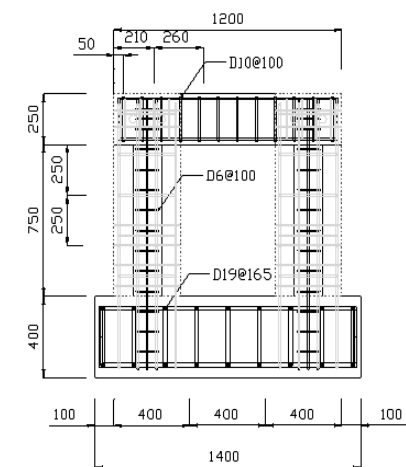


(a) Reinforcement details of specimen

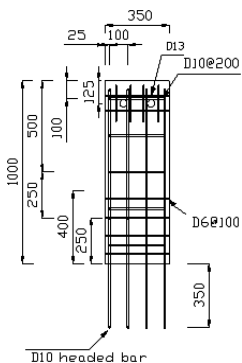


(b) Reinforcement details of wall

Fig. 5 Details of specimen B(unit : mm)



(a) Reinforcement details of specimen



(b) Reinforcement details of wall

Fig. 6 Details of specimen PB(unit : mm)

Table 2 Mechanical properties of high-strength bar used in EPCW connection

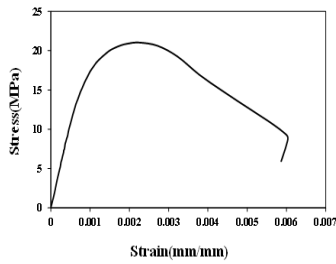
Nominal diameter (mm)	Yield strength (MPa)	Tensile strength (MPa)	Area (mm <sup>2</sup> )	Modulus of elasticity (MPa)
26.5	900	1100	551	205,000

Table 3 Mechanical properties of reinforcing bar

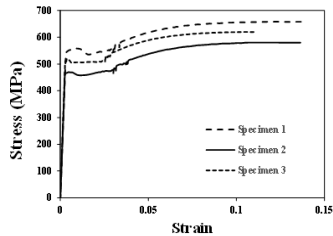
	Yield strength $f_y$ (MPa)	Tensile strength $f_u$ (MPa)
D6	407	447
	378	414
	378	418
D10	536	658
	466	580
	503	620

상세는 동일하지만 Fig. 5에 나타난 것과 같이 EPCW와 기존 골조의 앵커접합을 보여만 적용하였다. 실험체 BC와 B를 통해 보강 벽체와 기존 골조의 접합 위치에 따른 거동 차이를 보고자 하였다.

Fig. 6에 나타난 실험체 PB는 EPCW 벽체를 2개로 분할하여 날개벽(wing wall) 형태로 기둥부근에 보강한 실험체이며, 각 EPCW의 폭은 실험체 BC 및 실험체 B에 적용된 EPCW의 1/4에 해당된다. 실험체 PB는 보강벽체의 사이즈를 축소함으로써 양중과 운반이 용이하며, 시공성이 뛰어난 장점이 있다. 실험체의 제작시 콘크리트를 실제 건축물의 시공상황을 고려하여 기초, 기둥, 상부 가력보 순서로 수직타설 하였다. 또한, 비내진상세를 갖는 골조와 EPCW를 별도로 제작한 후에, 기초에는 PVC 파이프를 매설하여 벽체의 하부연단으로부터 연장된 장부철근이 정착될 슬리브를 만든 상태로 타설하고, PVC 파이프를 제거하고 벽체의 장부철근을 삽입하여 벽체와 기초를 조립하였다. 벽체의 수직철근(즉, 장부철근)의 연장길이는 350 mm이었고, 철근 끝단을 나사 가공한 후에 헤드를 조립하여 확대머리 철근(Headed bar)으로 적용하였다. 벽체와 기초 조립 이후에 슬리브 내에 무수축 몰탈을 충전한 후 양생하여 충분한 정착성능을 확보하였다. EPCW와 RC 골조 사이의 접합은 고강도 강봉을 이용하였다. 이를 위해 거푸집 제작시 기둥과 보를 천공하여 그라우팅 홈을 만들고 강봉 접합 후 무수축 몰탈을 충전하였다. 접합에 사용된 고강도 강봉의 제원은 Table 2에 나타난 바와 같으며, Fig. 3에 보이는 바와 같이 8각 너트(Hexagonal nut) 및 정착판(Bearing plate)을 이용하여 강봉을 조립하였다. 또한, 강봉의 중앙부에 변형률 게이지를 부착하여 약 300  $\mu\epsilon$ 이 될 때까지 너트를 체결함으로써 강봉에 동일한 인장력을 도입되도록 하였다. 골조 및 EPCW에는 기존 비내진 상세를 갖는 건물에서 널리 사용되어 온 21 MPa의 압축강도를 갖는 콘크리트를 사용



(a) Stress-strain relationship of concrete



(b) Stress-strain relationship of steel

Fig. 7 Results of material test

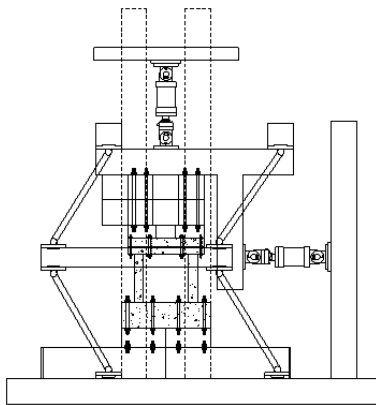


Fig. 8 Test set-up

하였으며, 철근 및 콘크리트의 응력-변형률 관계곡선 및 재료강도는 Fig. 7 및 Table 3에 나타난 바와 같다.

## 2.2 실험세팅 및 절차

Fig. 8은 가력 프레임에 설치된 실험체의 모습을 보여주고 있다. 축하중은 1000 kN 유압 액추에이터를 이용하여 각 벽체의 축강도를 포함한 실험체 단면축강도의 10% ( $0.1A_g f_{ck}$ )를 실험 종료시까지 하중제어방식으로 일정하게 유지하였다. 횡력은 1000 kN 전기식 액추에이터를 이용하여 변위제어방식으로 가력되었다. 횡력은 Fig. 9에 나타난 바와 같이 미리 설정된 목표 층간횡변위비(실험체의 횡변위/실험체의 높이)에 따라 모든 층간 횡변위비에서 각각 3회씩 반복 가력되었다. 또한 가력 중 예기치 않은 프레임의 변위와 면외방향 편심을 방지하기 위하여 수평유지 장치를 사용하였으며, 실험체의 옆면에 변위 측정 및 미끄럼(slip) 계측을 위해 5개의 LVDT를 설치하였다.

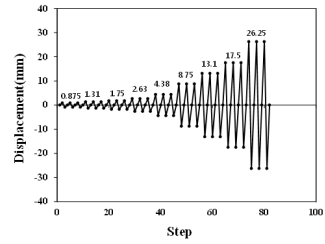


Fig. 9 Loading protocols for cyclic loading test

## 3. 실험결과분석

### 3.1 실험체들의 거동

Fig. 10은 실험체들의 균열양상을 보여주고 있다. C 실험체는 횡변위비 0.15%에서 기둥 상·하부 및 보에 휨 균열이 발생하였으며, 하중이 증가함에 따라 균열이 기둥의 중앙부까지 진전되었다. 횡변위비 1.0%에서 기둥에 전단 균열이 발생하였으며, 균열폭이 커지면서 하중이 감소하였다. 횡변위비 2.0%에서 기둥 중앙부에서 최대 균열폭이 2 mm로 관측되었다. 횡변위비 2.0%의 첫 번째 사이클 가력후 기둥 상단부에서 피복이 박리되며 내력이 최대하중의 78%로 감소되었으며, 실험실의 안전규정에 의하여 실험이 종료되었다. EPCW를 기둥과 보에 압착하여 보강된 BC 실험체는 횡변위비 0.1%에서 벽체에 사인장 균열이 발생되었으며, 횡변위비 0.2%에서는 기둥에서 균열이 관측되었고, 벽체에 다수의 사인장 균열이 발생되었다. 횡변위비 1.0%에서 EPCW와 기초가 접하는 영역에서 콘크리트 압괴가 발생하였으며, 기둥에서 전단 균열이 발생하였다. 횡변위비 1.5%에서 기둥 하단부의 균열이 크게 벌어지면서 다수의 콘크리트 피복이 박리되었고, 이 때 최대 균열폭은 기둥에서 5 mm, 벽체에서 0.7 mm로 관측되었다. 횡변위비 2.0%에서 내력은 최대하중의 90% 수준이었으나 횡변위비 2.0%로 정방향 가력 후 부방향 가력 중 하중이 크게 감소하며 파괴되었다. BC 실험체의 경우 EPCW를 기둥과 보에 모두 접합하였기 때문에 Fig. 10(b)에 나타난 것과 같이 기둥에 설치된 압착 볼트의 하단부에서 상당한 균열손상이 관측되었다. EPCW를 보에만 접합하여 보강된 B 실험체는 횡변위비 0.15%로 정방향 가력시 EPCW 하단부에서 휨 균열이 발생하였으며, 부방향 가력시 벽체에 사인장 균열이 발생하였다. 횡변위비 0.2%에서는 기둥에 휨 균열이 발생하였으며, 횡변위비 1.0%에서 기둥에 전단 균열이 발생하였고, EPCW-기초 접합부에서 콘크리트 박리가 발생되었다. 횡변위비 2.0%에서 최대 균열폭은 기둥에서 4 mm, 벽체에서 1 mm로 관측되었으며, EPCW-기초 접합부에서 콘크리트가 크게 박리되면서 골조와 EPCW가 분리되었다. B 실험체는 BC 실험체에 비하여 기둥에서 관측된 균열폭은 작았으나, 벽체에서 관측된 균열폭은 더 크게 나타났다. B 실험체는 횡변위비 2.0% 세 번째 사이클에서

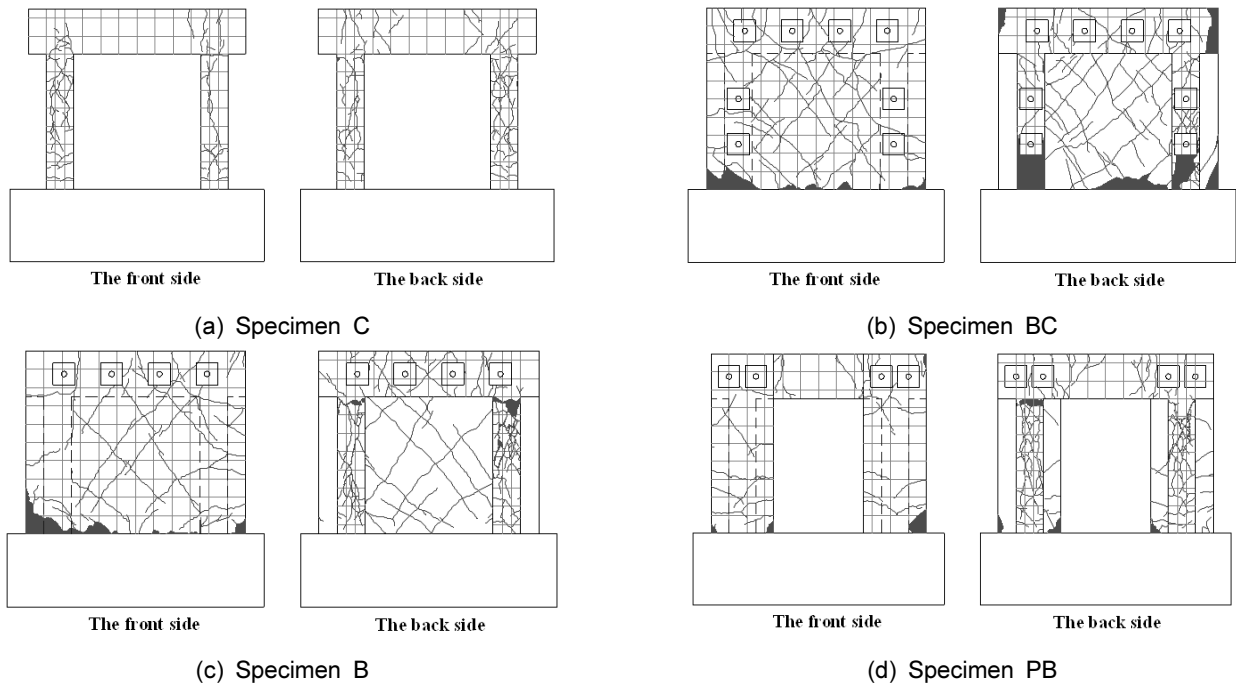


Fig. 10 Crack patterns of test specimens

내력이 최대하중의 65%까지 감소되었으며, 세 번째 사이클을 모두 가력 후 실험을 종료하였다. B실험체는 EPCW를 보에만 압착볼트로 접합하였기 때문에 Fig. 10(c)에 나타난 것과 같이 BC실험체에 비하여 기둥에서 더 적은 손상이 관측되었으며, 반복하중거동 역시 BC실험체에 비하여 안정적이었다. EPCW 2개를 날개벽(wing wall) 형태로 기둥부근에 적용한 PB 실험체는 횡변위비 0.1%에서 휨균열이 EPCW에서 발생하였다. 횡변위비 0.2%에서는 기둥 상부 및 하부에 휨 균열이 발생하였으며, 횡변위비 0.5%에서 기둥의 전단 균열이 발생하였다. 횡변위비 1.0%에서 기둥 상단부에서 박리가 시작되었으며 횡변위비 1.5%에서 벽체 하단부에서 콘크리트 압괴가 발생되었다. 횡변위비 2.0%에서 최대 균열폭은 기둥에서 3 mm, 벽체에서 0.6 mm로 관측되었다. PB 실험체는 횡변위비 2.0%에서도 하중의 감소가 크게 발생하지 않았으며, 횡변위비 3.0%까지 정방향으로 가력한 후에 실험을 종료하였다. 횡변위비 3.0%에서의 하중은 최대하중의 94% 수준으로 하중의 큰 감소 없이 안정적인 거동을 보였다. PB실험체는 Fig. 10(d)에 나타난 것과 같이 다른 실험체들에 비하여 보강된 RC 골조의 손상정도가 적었다.

강도증진을 목적으로 하는 기존의 끼움벽 공법에서는 횡강성 및 강도가 크게 향상되나 횡변형 능력은 크게 감소하는 경향이 있다. 또한, 기존 골조의 횡방향 전단강도에 대한 끼움벽의 전단강도 비율이 큰 경우에는 골조기둥의 전단파괴가 발생할 수 있으며,<sup>6,11,12)</sup> 이는 내진보강시 바람직한 파괴모드는 아니라고 할 수 있다. 이 연구에서 제안한 EPCW 공법은 보강 전 골조구조물에 비하여 보강 후에 횡변형 능력의 감소가 없었으며, 벽체를 기둥에 접합한 BC실험체를 제외한 B실험체 및 PB실험체는

기둥의 전단파괴가 발생되기 전에 벽체가 파괴되어 효율적인 내진보강이 이루어진 것으로 판단된다.

### 3.2 실험체들의 강도 및 강성평가

Fig. 11에는 C실험체, BC실험체, B실험체 및 PB실험체의 하중-변위 관계 곡선을 나타내었다. 모든 실험체들은 전형적인 RC 구조물의 하중-변위 이력을 보여주었으며, 편칭현상(Pinching effect)은 크게 나타나지 않았다. Fig. 11(a)에 나타난 바와 같이 실험체 C의 최대하중은 정방향에서 54.6 kN, 부방향에서 -51.7 kN을 나타내었다. 정방향과 부방향 모두 횡변위비 1.0%에서 최대하중을 나타내었으며, 그 후 완만한 하중의 감소거동을 보여주었다. Fig. 11(b)에 나타난 바와 같이 BC 실험체의 최대하중은 정방향에서 240.1 kN, 부방향에서 -272.1 kN으로 나타났다. BC실험체는 정방향에서는 횡변위비 1.0%에서 최대하중을 나타내었으며, 부방향의 경우 횡변위비 1.5%에서 최대하중을 나타내었다. BC실험체는 C실험체에 비해 최대하중이 정방향에서 4.4배, 5.26배까지 증가하였다. B실험체는 Fig. 11(c)에 나타난 바와 같이 횡변위비 1.0%에서 최대하중을 나타내었으며, 정방향에서는 238.9 kN, 부방향에서는 -216.9 kN으로 계측되었고, 이는 C 실험체에 비해 강도가 정방향에서 4.4배, 부방향에서 4.2배 향상된 것이다.

BC실험체와 B실험체는 부방향에서 약간 거동차이가 관측되었지만 전반적인 거동은 상호 거의 유사하였다. PB실험체는 Fig. 11(d)에 나타난 바와 같이 횡변위비 1.5%에서 최대하중이 계측되었으며, 정방향에서는 150.9 kN, 부방향에서는 -158.1 kN을 나타내어 C실험체에 비해 내

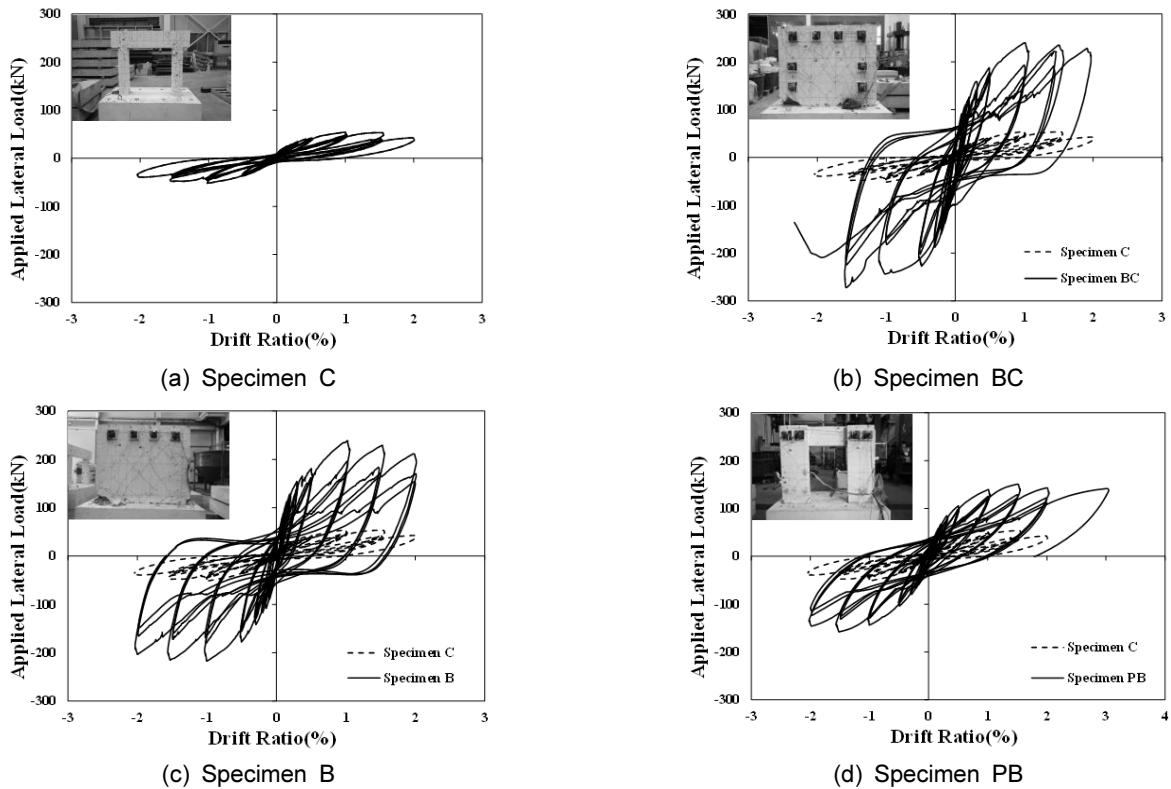


Fig. 11 Lateral load-displacement responses

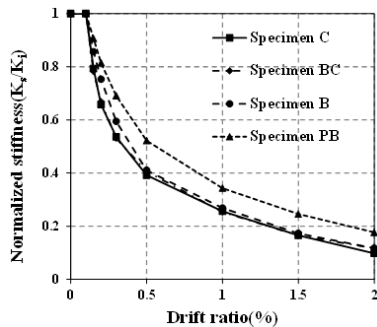


Fig. 12 Normalized stiffness depending on drift ratio

Table 4 Summary of test results

	$P_{max}$ (kN)	$-P_{max}$ (kN)
C	54.6	-51.7
BC	240.1	-272.1
B	238.9	-216.9
PB	150.9	-158.1

력이 정방향에서 2.76배, 부방향에서 3.06배 향상되었다.

R2k 부재 해석결과 C실험체는 43.8 kN, BC 및 B실험체는 290.2 kN, PB실험체는 106.6 kN의 결과를 나타내어 실험결과와 유사하게 나타남을 확인하였다.

Fig. 12에는 각 실험체의 초기강성( $K_i$ )에 대한 해당 횡변위비에서의 활선강성( $K_s$ )의 비율을 보여주고 있다. C 실험체와 BC실험체는 거의 유사한 수준의 강성저하특성

을 보였다. B실험체는 BC실험체에 비해 횡변위비 0.5%까지는 상대적으로 강성감소가 적게 나타났으며, 횡변위비 0.5% 이후에는 C실험체, BC실험체와 거의 동일한 강성감소특성을 보여주었다. 이에 비해 PB실험체는 다른 실험체들에 비해 강성저하가 적게 발생하였다. Fig. 13에는 횡변위비에 따른 각 실험체의 반복가력에 의한 강성저하특성을 나타내었다. C실험체는 횡변위비 0.5% 이후 첫 번째 하중사이클의 강성( $K_{s1}$ )에 대한 두 번째 및 세 번째하중 사이클의 강성( $K_{s2}$  및  $K_{s3}$ ) 비율이 급격하게 낮아졌다. 이는 횡변위비 0.5% 이후 첫 번째 하중사이클에서 기둥의 전단균열이 발생되었고, 균열폭의 확장으로 인하여 다음 하중사이클에서 콘크리트에 의한 하중저항능력이 감소되었기 때문으로 판단된다. BC실험체와 B실험체 역시 기둥의 전단균열이 발생한 횡변위비 0.5% 이후에 반복가력에 의한 급격한 강성저하를 보여주었다. 반면에 PB실험체는 횡변위비 2.0%까지 완만한 강성저하 특성을 나타내었다.

### 3.3 실험체의 에너지소산능력 평가

시스템이 충분한 내진성능을 발휘하기 위하여 구조물은 항복 후에 충분한 에너지를 소산할 수 있어야 한다.<sup>13)</sup> 따라서, 누적에너지소산량(Cumulative energy dissipation)은 구조물의 내진성능과 관련된 중요한 지표가 된다.<sup>8)</sup> Fig. 14에는 각 실험체들의 누적에너지소산량을 횡변위 가력 사이클별로 나타내었다. 이 연구에서 누적에너지소

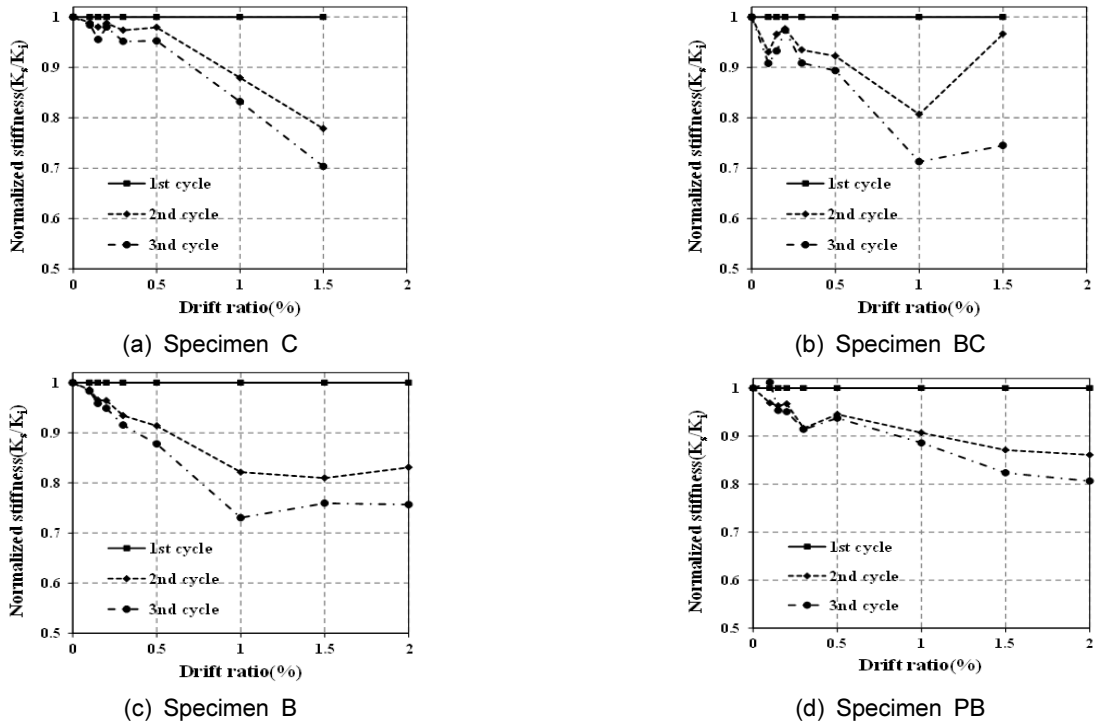


Fig. 13 Stiffness degradation behaviors

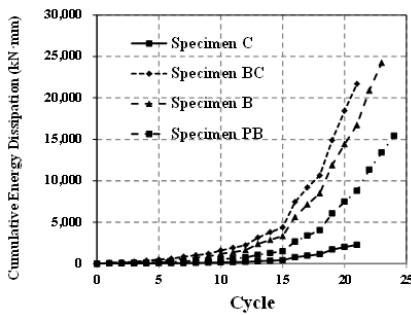


Fig. 14 Energy dissipation characteristics of test specimens

산량은 Fig. 11에 나타난 하중-변위 이력곡선의 닫힌 면적으로 정의하였다. BC실험체는 B실험체에 비해 동일 하중 사이클에서 더 큰 에너지를 소산하는 것으로 나타났다. 이는 BC실험체가 부가력 방향에서 상대적으로 큰 강도를 보였기 때문으로 판단된다. 그러나 최종적인 누적에너지소산량은 BC실험체의 경우 횡변위비 2.0%에서 부방향 가력중 내력이 저하되면서 실험을 종료하였기 때문에 B실험체가 더욱 크게 나타났다. 동일한 21번째 하중사이클(변위비 1.5% 3번째 하중사이클)에서 C실험체의 누적에너지소산량은 2,267 kN·mm로 나타났으며, BC실험체, B실험체 및 PB실험체는 각각 21,685 kN·mm, 16,732 kN·mm 및 8,777 kN·mm로서 C실험체에 비해 각각 9.56배, 7.38배 및 3.87배 높게 나타났다. 그러나 B실험체와 PB실험체의 경우에는 BC실험체에 비해 변형능력이 더 컸기 때문에 이를 단순 비교하기는 어렵다.

#### 4. 결 론

이 연구에서는 기존 끼움벽 내진보강법의 단점을 개선하기 위하여 프리캐스트 벽체(EPCW)를 앵커볼트로 압착 고정하는 보강공법을 제안하였다. 또한, 제안공법의 내진 성능을 평가하기 위하여 기존 비내진상세를 갖는 골조와 보강골조를 대상으로 반복허가력실험을 수행하였으며, 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

- 1) 비내진 상세를 갖는 RC골조인 C실험체는 정방향과 부방향에 대하여 각각 54.6 kN 및 -51.7 kN의 최대 하중을 나타내었으며, EPCW로 보강한 BC실험체와 B실험체는 각각 정방향에서 240.1 kN 및 238.9 kN, 부방향에서는 -272.1 kN 및 -216.9 kN을 나타내어 큰 강도향상을 보여주었다.
- 2) BC실험체와 B실험체에 비하여 축소된 크기의 EPCW를 날개벽(wing wall)을 기둥부근에 적용한 PB실험체는 강도증진과 변형능력의 향상을 보였으며, 운반 및 시공성 측면에서도 적용이 유리할 것으로 판단된다.
- 3) 횡하중에 의한 초기강성의 저하 및 반복가력에 따른 강성저하와 EPCW의 누적에너지소산능력을 평가한 결과, B실험체는 BC실험체에 비해 최대하중은 다소 낮은 측면이 있었으나 변형능력이 상대적으로 우수하고, 골조기둥의 손상이 적어 더욱 안정적인 횡거동을 보여주었다. 따라서, EPCW를 기존 골조에 접합할 때 기둥에 접합하는 경우 기둥의 손상을 야기할 수 있으므로 보에만 접합하는 방법이 적용될 수 있을 것으로 판단된다.

## 감사의 글

이 논문은 2014년도 중소기업청의 산학연공동기술개발사업의 지원을 받아 연구되었음(No. C0198934).

## References

1. Baran, M. and Tankut, T., "Experimental Study on Seismic Strengthening of Reinforced Concrete Frames by Precast Concrete Panels", *ACI Structural Journal*, Vol.108, No.2, 2011, pp.227-237.
2. Kahn, L. F. and Hanson, R. D., "Infilled Walls for Earthquake Strengthening", *Proceedings, ASCE*, Vol.105, ST2, 1979, pp.283-296.
3. Frosch, R. J., "Seismic Rehabilitation Using Precast Infill Walls", PhD thesis, Department of Civil Engineering, the University of Texas at Austin, Austin, TX, 1996
4. Frosch, R. J., "Panel Connections for Precast Concrete Infill Walls", *ACI Structural Journal*, Vol.96, No.4, 2011, pp. 467-472.
5. Matsumoto, T., "Structural Performance of SC Multi-Story Shear Walls with Infilled Precast Concrete Panels", *Japan Concrete Institute*, Vol.20, No.1, 1998, pp.187-194.
6. Yun, H. D., Kim, S. W., Lee, K. W., Choi, C. S., and Lee, H. Y., "Seismic Performance of Lightly Reinforced Concrete Frames with High Performance Fiber-Reinforced Cement Composite Infill Walls", *Journal of Architectural Institute of Korea*, Vol.22, No.5, 2006, pp.31-38.
7. Almusallam, T. H. and Al-Salloum, Y. A., "Behavior of FRP Strengthened Infill Walls under In-Plane Seismic Loading", *ASCE Journal of Composites for Construction*, Vol.11, No.3, 2007, pp.308-318.
8. Ozden, S., Akguzel, U., and Ozturan, T., "Seismic Strengthening of Infilled Reinforced Concrete Frames with Composite Materials", *ACI Structural Journal*, Vol. 108, No. 4, 2011, pp.414-422.
9. Koutas, L., Bousias, S.N., and Triantafillou, T.C., "Seismic Strengthening of Masonry-Infilled RC Frames with TRM: Experimental Study", *ASCE Journal of Composites for Construction*, Vol. 19, No. 2, 2015.
10. Lee, K. S., Wi, J. D., Kim Y. I., and Lee, H. H., "Seismic Safety Evaluation of Korean R/C School Buildings Built in the 1980s", *Journal of the Korea Concrete Institute*, Vol.13, No.5, 2009, pp.1-11.
11. Harris, H. G., Ballouz, G. R., and Kopatz, K. W., "Preliminary Studies in Seismic Retrofitting of Lightly Reinforced Concrete Frames Using Masonry Infills", *Proceeding, 6th North American Masonry Conference, Masonry Society (US)*, 1993. pp.383-395.
12. Tomazevic, M. and Zarnic, R., "The Behaviour of Horizontally Reinforced Masonry Walls Subjected to Cyclic Lateral in-Plane Reversals", *Proceeding of the 8th European Conference on Earthquake Engineering*, Vol.4, No.1, 1984, pp.1-8.
13. Paulay, T., "Ductility of Reinforced Concrete Shearwalls for Seismic Areas", *Reinforced Concrete Structures in Seismic Zones, American Concrete Institute, Farmington Hills, Mich., SP-53(1977)*, pp.127-147.

**요 약** 비내진 상세를 갖는 노후된 철근콘크리트 골조의 내진보강을 위해 철근콘크리트 끼움벽 공법이 많이 사용되고 있다. 기존 콘크리트 골조에 끼움벽을 이용하여 보강하는 방법은 지진과 같은 횡력에 대하여 높은 강도를 확보할 수 있는 방법이다. 그러나, 기존의 끼움벽공법은 공사기간동안 이용자의 사용이 제한될 수 밖에 없으며, 접합부의 시공이 어렵고, 접합부의 합성성을 확보하기 어려운 측면이 있다. 이 연구에서는 기존 끼움벽 공법의 단점을 개선하기 위하여 공장제작된 프리캐스트 콘크리트 벽체를 건물의 외부에서 압착하여 보강하는 방법을 제안하였다. 제안된 공법을 검증하기 위하여 반복하중을 받는 총 4개의 1/3축소 실험체들을 제작하여 실험을 수행하였으며, 제안된 공법이 적용된 철근콘크리트 골조의 강도, 강성, 에너지 소산 능력이 크게 향상되는 것을 실험적으로 확인하였다.

**핵심용어** : 내진 보강, 반복 가력, 프리캐스트 벽체, 앵커볼트, 횡하중