

# 고인성섬유 복합모르타르 PC판넬을 활용한 철근콘크리트 골조의 리모델링을 위한 보강시스템 개발

## Development of Rerofitting System for the Remodeling of Reinforced Concrete Frame Using High Ductile Fiber Composite Mortar PC Panel

하기주\*    신중학\*    김윤용\*\*    홍건호\*\*\*    양승혁\*\*\*    김진근\*\*\*\*  
Ha, Gee-Joo    Shin, Jong-Hak    Kim, Yun-Yong    Hong, Kun-Ho    Yang, Seung-Hyeok    Kim, Jin-Keun

### ABSTRACT

Three reinforced concrete rigid frames and infilled rigid frames with new retrofitting system were tested under both vertical and cyclic loadings, Experimental programs were carried out to evaluate and improve the seismic performance of such test specimens, such as the hysteretic behavior, the maximum horizontal strength, crack propagation, and ductility etc. under load reversals. All the specimens were modeled in one-third scale size.

For specimens(RFHPC, RFAR) designed by the improving of seismic performance of the rigid frame using the high ductile fiber composite PC panel and ALC panel system, load-carrying capacities were increased 1.45~2.28 times, and hysteretic behavior was very stable during the final tests in comparison with the standard specimen(SRF).

### 1. 서 론

철근콘크리트 골조가 지진하중을 받을 때 구조물의 노후화로 인해 부재내력의 저하 및 내진성능이 떨어지므로 이에 대한 충분한 검토와 보강이 필요한 것으로 판단된다. 따라서 기존 철근콘크리트 골조에 연성능력과 강도개선이 뛰어난 고인성섬유 복합모르타르 PC판넬을 적용함으로써 내력향상 및 내진성능의 개선을 통하여 구조물의 수명을 연장시키고 지진하중 작용시 건축물의 안전성을 확보 할 수 있을 것으로 판단된다. 그러므로 철근콘크리트 골조의 내력을 향상시키고 철근콘크리트 구조물의 안전성의 증대, 사용성의 변경 및 구조물의 수명을 연장시키기 위한 새로운 신소재인 고인성섬유 복합모르타르를 활용한 PC판넬 적용한 설계개념, 즉 철근콘크리트 골조의 면내보강시 비교적 시공이 단순하고 일체성을 확보할 수 있는 장점이 있는 고인성섬유 복합모르타르 PC판넬을 보강하여 성능을 평가하고 내력 및 내진성능 개선을 통해 보다 안전하고 건전한 구조물을 확보하고 향후 내진성능 개선을 위한 설계시 기초자료로 제공하고자 한다.

- \* 정회원, 경일대학교 건축학부 교수.
- \*\* 정회원, 충남대학교 토목공학과 조교수.
- \*\*\* 정회원, 경일대학교 건축공학과 석사과정.
- \*\*\*\* 정회원, 한국과학기술원 건설 및 환경공학과 교수

## 2. 고성능 PC판넬을 활용한 철근콘크리트 골조면내 보강시스템의 실험

### 2.1. 실험계획

철근콘크리트 건물의 골조의 내진성능을 개선하기 위하여 표준적인 철근콘크리트 골조의 구조성능을 평가하고, 이를 대상으로 내진성능 및 구조성능을 개선할 수 있는 새로운 설계개념 즉 기존 ALC판넬 및 고인성섬유 복합모르타르 PC판을 도입하여 실험체를 제작하고 내진성능을 평가하여 이를 토대로 철근콘크리트 골조의 리모델링시 내진성능 개선은 물론 실무설계시 기초자료로 제시하고자 한다.

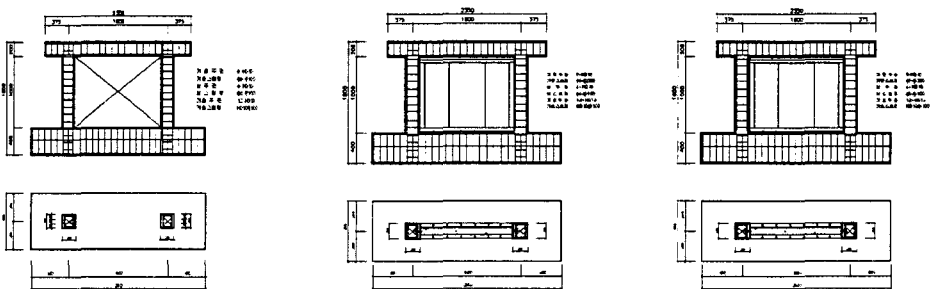
이를 위하여 본 연구에서 도입된 철근콘크리트 골조의 내진성능 개선을 위한 새로운 설계개념은 다음과 같이 2가지 분류로 구분하여 세부요소기술을 제안하였으며, 철근콘크리트 골조의 고성능화 보강설계 개념도는 그림 1과 같다.

### 2.2. 실험체의 형태 및 변수

지진하중과 같은 반복 주기하중을 받는 철근콘크리트 골조면내를 기존 ALC판넬 및 고인성섬유 복합모르타르 PC판넬을 활용하여 보강한 실험체의 내진성능을 평가하기 위하여 실제 구조물의 1/3정도의 크기로 축소한 3개의 실험체를 제작하였다. 철근콘크리트 골조의 설계는 ACI Building code(318-95) 및 건교부 통합콘크리트 구조설계 규준의 권장안에 따라 설계되었고 철근콘크리트 골조면내 보강시스템 실험체의 변수 및 내용은 표 1과 같고, 각 실험체의 상세는 그림 1과 같다.

표 1 실험체의 설계변수

실험체명	실험체 크기 (m)	콘크리트압축강도 (MPa)	골조				설계방법 및 설계변수
			보		기둥		
			주근	스터립	주근	띠철근	
SRF	2.8×1.6	21	6-D10	Φ6@100	8-D10	Φ6@100	<ul style="list-style-type: none"> <li>표준 철근콘크리트 실험체의 구조성능 평가</li> <li>ACI Building Code</li> <li>건교부 통합 콘크리트구조 설계규준</li> <li>골조면내 ALC판넬보강 실험체</li> <li>골조면내 고인성섬유 복합모르타르 PC판 보강 실험체</li> </ul>
RFAR							
RFHPC							



(a) 표준 골조 실험체(SRF)

(b) 골조면내 ALC판넬보강 실험체(RFAR)

(c) 고인성섬유 복합모르타르 PC판 보강 실험체(RFHPC)

그림 1 고성능 철근콘크리트 골조면내 보강시스템의 개요

### 2.3. 실험방법 및 장치

본 실험은 경일대학교 구조실험실에서 철근콘크리트 골조면내 보강시스템의 실험을 위하여 구조실험용 프레임을 제작하여 설치하였으며, 철근콘크리트 골조면내 보강시스템의 거동을 파악하기 위하여 3개의 전 실험체에 기둥의 허용축하중 이내의 하중(각 125kN)을 기둥에 일정하게 가력하였다. 그리고 그림 3과 같이 프레임에 로드셀을 부착한 유압 서보 액츄에이터 및 오일잭을 사용하여 변위제어에 의해 반복주기하중을 작용시켰으며, 반복주기하중의 형태는 그림 2와 같다. 그림 2에 나타난 변위연성은 각 사이클의 종료시 변위에 대한 실험체의 항복변위의 비로써 정의한다. 항복변위는 하중 작용시 기둥

주각면의 기둥주근이 항복하였을 때의 하중작용점의 변위로 정의한다.

반복 주기하중의 주기는 전 실험체를  $T=60\text{sec}$ 로 하였으며 반복 회수는 2사이클로 실험체가 최종파괴시까지 가력을 계속하였다.

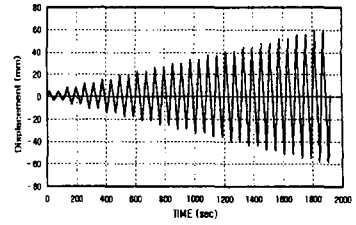


그림 2 변위 이력

### 3.1. 이력거동 특성

본 연구에서는 각 설계변수에 따른 실험체의 이력거동을 규명하기 위하여 표준 철근콘크리트 골조 실험체 SRF의 기둥 주각면 기둥 주근에 부착된 스트레인게이지의 측정치가 항복변형에 이를 때 하중 작용점의 변위를 항복변위로 정의하였다. 그리고 그림 2와 같은 반복 주기하중을 각 실험체에 가하여 작용하중과 하중 작용점의 변위와의 관계를 구하였으며, 그 결과는 그림 4에 나타나 있다. 부재의 이력거동 곡선은 철근콘크리트 골조면내 보강재와 골조와 면내 보강재의 일체거동을 위하여 설치한 앵커유무 그리고, 고인성 복합섬유 모르타르 보강 등에 따라 큰 차이를 나타내었고, 각 사이클 또는 변위연성마다 각 실험체의 최대내력, 강도 및 강성 변화를 고찰할 수 있었다.

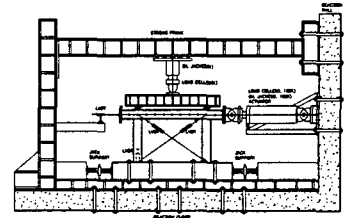
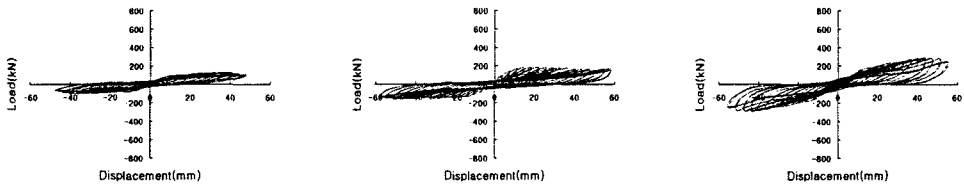


그림 3 실험체의 설치상태 및 가력장치



(a) 실험체 SRF

(b) 실험체 RFAR

(c) 실험체 RFHPC

그림 4 각 실험체의 하중-변위 관계

### 3.2. 파괴형태

각 실험체는 기둥에 연직하중 (125kN)을 일정하게 지속적으로 가력한 다음 그림 2와 같은 반복주기하중을 가했을 때 재하단계별 균열진전 및 파괴형태는 그림 5와 같다.

실험체 SRF는 수평하중 60.2kN, 변위 6.7mm에서 전면 좌측 기둥 주각부근에서 초기균열은 발생하였다. 최대하중 126.4kN, 변위 40.4mm, 전단균열은 좌·우 주각을 중심으로 형성되었으며, 최대하중 이후 실험체의 수평내력은 서서히 저하되면서 좌측 기둥 주두부에서 콘크리트 압괴 현상이 일어나고, 수평하중 94.6kN, 변위 47.7mm에서 좌·우측 기둥 주각부에서 슬립 현상과 함께 철근이 노출되고, 좌굴 현상이 일어났다.

실험체 RFAR는 수평하중 144.5kN, 변위 8.51mm에서 전면 ALC판넬 이음부 상·하부분에서 초기균열이 발생하였으며, 수평하중 126kN, 변위 5.87mm에서 ALC판넬 이음 접합부의 균열을 시작으로 ALC판넬 상·하부와, 좌측 기둥 접합부 균열이 발생하였다. 수평하중 175kN, 변위 24.4mm에서 우측 상단부 ALC판넬 접합부에서 슬립현상이 발생하였다. 수평하중 154kN, 변위 53.8mm에서 좌·우측 기둥 주각부에서 철근노출과 좌굴현상이 발생하였다.

실험체 RFHPC는 하중 129.2kN, 변위 6.14mm에서 전면 좌측 기둥주각부에서 초기균열이 발생하였으며, 하중 108.9kN, 변위 6.95mm에서 PC판 우측 이음부에서 초기균열이 발생하여 하중이 점점 증가하면서 우측 기둥 주두부 및 주각부에서 균열이 발생하였다. 하중 188.3kN, 변위 20.86mm에서 좌우측 기둥 주각부에서 콘크리트 박리가 시작되었으며, 하중 240.9kN, 변위 29.44mm에서 좌우측 기둥의 주각부에서 부서짐이 발생하였다. 하중 243.9kN, 변위 43.5mm에서 좌측 기둥 주각부에서 주철근이 좌굴 후 파단 되고 콘크리트가 압괴되면서 최종 파괴되었다.

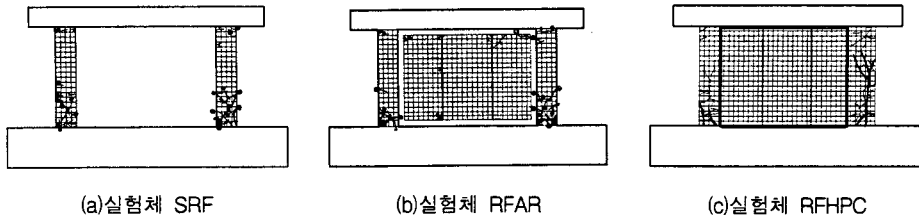


그림 5 각 실험체의 파괴형태

### 3.3. 강도 및 강성변화 특성

반복 주기하중을 받을 때 각 실험체의 최대내력 및 강도 손실을 비교하기 위하여 변위 연성별 각 실험체의 강도와 항복강도의 비를 살펴보았다. 변위연성 수준에 따라 각 실험체의 강도변화 특성을 정확히 파악할 수 있다. 변위연성별 각 실험체의 최대내력의 비교는 표 7, 그림 6과 같다.

표 7 각 실험체의 영역별 최대내력 비교

실험체명	압축(kN)	강도비	인장(kN)	강도비
SRF	127	-	101.3	-
RFAR	184.7	1.45	161.9	1.60
RFHPC	289.4	2.28	289.8	2.86

표준 철근콘크리트 골조 실험체 SRF의 경우 변위연성 4정도에서 최대내력에 도달하였으며, 변위연성 6이후에 급격히 내력이 감소하였다.

그리고 철근콘크리트 골조면내에 고인성섬유 복합모르타르 PC판 및 ALC판넬 보강 실험체 RFHPC, RFAR은 표준실험체 SRF에 비하여 최대내력이 1.45~2.28배 증가하였고, 최대내력 이후의 이력거동도 매우 안정적인 거동을 나타내었다.

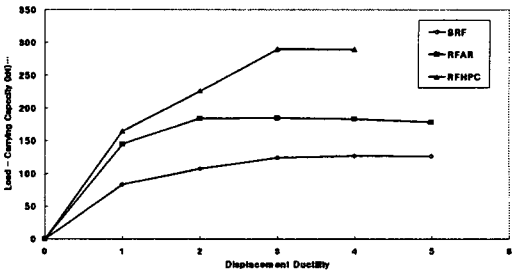


그림 6 골조면내 보강 실험체의 변위연성별 최대내력 비교

## 4. 결 론

- (1) 철근콘크리트 골조면내에 고인성섬유 복합모르타르 PC판 및 ALC판넬, 보강 실험체 RFHPC, RFAR, 은 표준실험체 SRF에 비하여 최대내력이 1.45~2.28배 증가하였다. 그리고 최대내력 이후의 이력 거동도 매우 안정적인 거동을 나타내었다.
- (2) 철근콘크리트 골조면내에 고인성섬유 복합모르타르 PC판 및 ALC판을 보강 실험체의 경우 초기 하중 재하시 기둥 주각부 또는 주두부에서 균열이 발생하였고, 하중이 점점 증가할수록 골조면내 보강재의 영향으로 내력은 증가하면서 표준 철근콘크리트 골조 실험체 SRF에 비하여 최대내력이 후에도 골조면내 보강판의 영향으로 매우 연성적인 파괴형태를 나타내었다.
- (3) 지진하중을 받는 철근콘크리트 골조면내를 고인성섬유 복합모르타르 PC판 및 ALC판넬을 적용한 고성능 철근콘크리트 골조 보강시스템의 경우 표준 철근콘크리트 골조에 비하여 최대내력, 파괴형태등에서 매우 우수한 성능을 나타냄을 알 수 있었으며, 향후 철근콘크리트 구조물의 내진성능 개선을 위한 실무설계에 효율적으로 적용 할 수 있을 것으로 사료된다.

### 참고문헌

- [1] 하기주 외 4인, 2002. 4, "기존 철근콘크리트 건물의 리모델링을 위한 골조 면내 보강기술의 내진성능 평가 및 개선", 대한건축학회 춘계학술발표대회 논문집(구조계) v.22 n.1.
- [2] 하기주 외 2인, 2001. 7, "기존 철근콘크리트 골조의 리모델링 위한 내진보강 기술의 구조성능평가 및 개선". 한국구조물진단학회 논문집 제 5권 2호.
- [3] ACI Committee 442, February, 1971. " Response of Buildings to Lateral Forces," Journal of ACI, Vol.68, No.2,