

신소재 및 성능개선 디테일을 활용한 철근콘크리트 골조면내 전단벽의 내진성능 개선기술

New Technique of Earthquake Resistant Performance of Reinforced Concrete Infilled Shear Wall using New Materials and Advanced Detailing

하기주* 신종학* 김윤용** 양승혁*** 홍건호*** 김정수****
Ha, Gee-Joo Shin, Jong-Hak Kim, Yun-Yong Yang, Seung-Hyeok Hong, Kun-Ho Kim, Jeong-Su

ABSTRACT

Three reinforced concrete shear wall and infilled shear wall using retrofitting system were constructed and 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(RWAHC, RWXHC) designed by the improving of seismic performance using the high ductile fiber composite mortar, anchoring, and advanced detailing system for the reinforced concrete shear wall load-carrying capacities were increased 1.1~1.22 times in comparison with the standard specimen(SRW).

1. 서론

철근콘크리트 골조면내 전단벽이 지진하중을 받을 때 구조물의 노후화로 인해 부재내력의 저하 및 내진성능이 떨어지므로 이에 대한 충분한 검토와 보강이 필요한 것으로 판단된다. 따라서 기존 철근콘크리트 전단벽에 연성능력과 강도개선이 뛰어난 고인성섬유 복합모르타르 및 성능개선 배근상세를 적용함으로써 내력향상 및 내진성능의 개선을 통하여 구조물의 수명을 연장시키고 지진하중 작용시 건축물의 안전성을 확보 할 수 있을 것으로 판단된다. 그러므로 철근콘크리트 전단벽의 내력, 연성능력, 에너지소산능력을 향상시키고 철근콘크리트 구조물의 안전성의 증대, 사용성의 변경 및 구조물의 수명을 연장시키기 위한 새로운 신소재인 고인성섬유 복합모르타르 및 성능개선 배근상세를 적용한 설계개념, 즉 철근콘크리트 전단벽에 비교적 시공이 단순하고 일체성을 확보할 수 있는 장점이 있는 고인성섬유 복합모르타르를 보강하여 구조성능을 평가하고 내력 및 내진성능 개선을 통해 보다 안전하고 건전한 구조물을 확보하고 향후 철근콘크리트 구조물의 내진성능 개선설계시 기초자료로 제공하고자 한다.

2. 철근콘크리트 골조면내 전단벽 보강 시스템의 고성능화 설계개념

철근콘크리트 건물의 전단벽의 내진성능을 개선하기 위하여 표준적인 철근콘크리트 골조면내 전단

* 정회원, 경일대학교 건축학부 교수, 공학박사
** 정회원, 충남대학교 토목공학과 조교수, 공학박사
*** 정회원, 경일대학교 건축공학과 석사과정
**** 정회원, 한국과학기술원 건설 및 환경공학과 박사과정

벽의 구조성능을 평가하고, 이를 대상으로 내진성능 및 구조성능을 개선할 수 있는 새로운 설계개념 즉 고인성섬유 복합모르타르, 성능개선 배근상세등을 도입하여 실험체를 제작하고 구조성능 및 내진성능을 평가하여 이를 토대로 철근콘크리트 골조면내 전단벽의 내진성능 개선은 물론 실무설계시 기초자료로 제시하고자 한다.

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

3. 철근콘크리트 골조면내 전단벽 보강 시스템의 실험

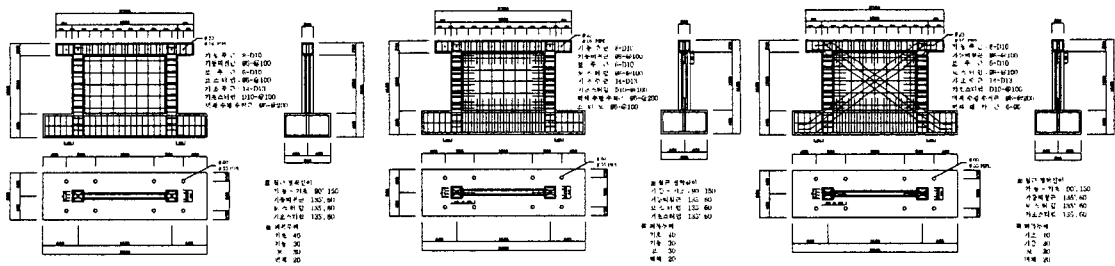
3.1. 실험계획

지진하중과 같은 반복 주기하중을 받는 철근콘크리트 골조면내 전단벽 보강시스템의 내진성능을 평가하기 위하여 실제 구조물의 1/3정도의 크기로 축소한 3개의 실험체를 제작하였다.

반복수평하중 가력이 가능하도록 보의 길이 방향으로 고정볼트 구멍을 20cm간격으로 배치 가력용 장치를 연결하도록 하였으며, 하부 기초크기는 실험시 축방향력 및 모멘트에 대하여 충분한 강도 및 강성을 갖도록 하였다.

3.2. 실험체의 형태 및 변수

철근콘크리트 골조면내 전단벽의 설계는 ACI Building code(318-95) 및 건교부 통합콘크리트 구조설계 규준의 권장안에 따라 설계되었고 철근콘크리트 골조면내 전단벽 실험체의 변수 및 내용은 표 1과 같고, 각 실험체의 상세는 그림 1에 나타나 있다.



(a) 실험체 SRW

(b) 실험체 RWAHC

(c) 실험체 RWXHC

그림 1 각실험체별 배근상세

표 1 실험체 일람표

실험체명	실험체 크기 (m)	콘크리트 압축강도 (MPa)	골조 및 전단벽						설계방법 및 설계변수
			보		기둥		전단벽		
			주근	스터럽	주근	띠철근	수평철근	수직철근	
SRW	2.8×1.6	21	Φ6-D10	Φ6-@100	Φ8-D10	Φ6-@100	Φ6-@200	Φ6-@200	· ACI Building Code · 건교부 통합 콘크리트구조 설계규준 · 골조면내 고인성섬유 복합모르타르 및 경계면 앵커보강 전단벽 실험체 · 대각보강, 경계면 앵커보강 및 고인성섬유 복합모르타르 보강 전단벽 실험체
RWAHC									
RWXHC									

3.3. 실험방법 및 장치

본 실험은 경일대학교 구조실험실에서 철근콘크리트 골조면내 전단벽 보강시스템의 실험을 위하여 구조실험용 프레임용 제작하여 설치하였으며, 철근콘크리트 골조 및 내진벽 보강시스템의 거동을 파악하기 위하여 3개의 전 실험체에 기둥의 허용축하중 이내의 하중(각 125kN)을 기둥에 일정하게 가력하

였다. 그리고 그림 2와 같이 프레임에 로드셀을 부착한 유압 서보 액츄에이터 및 오일잭을 사용하여 변위제어에 의해 반복주기 하중을 작용시켰으며, 반복주기하중의 형태는 그림 3과 같다. 그림 3에 나타난 변위연성은 각 사이클의 종료시 변위에 대한 실험체의 항복변위의 비로써 정의한다. 항복변위는 하중 작용시 기둥 주각면의 기둥주근이 항복하였을 때의 하중작용점의 변위로 정의한다.

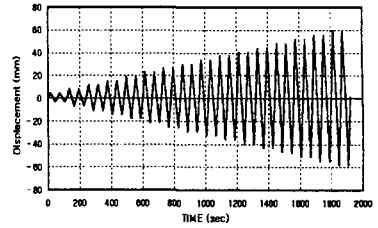


그림 3 하중 이력형태

4. 고인성섬유 복합모르타르 보강 철근콘크리트 골조면내 전단벽의 내진성능 평가

4.1. 이력거동 특성

본 연구에서는 각 설계변수에 따른 실험체의 이력거동을 규명하기 위하여 표준 철근콘크리트 골조면내 전단벽 실험체 SRW의 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 전단벽의 보강재와 골조와 면내 보강재의 일체거동을 위하여 설치한 앵커유무 그리고, 전단벽의 보강상세 및 접합면 앵커유무 및 고인성섬유 복합모르타르 보강 등에 따라 큰 차이를 나타내었고, 각 사이클 또는 변위연성마다 각 실험체의 최대내력, 강도 및 강성 변화를 고찰할 수 있었다.

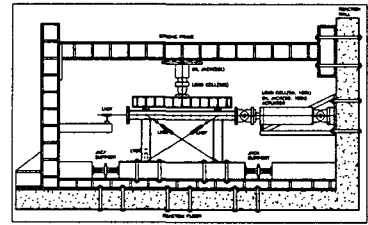


그림 2 실험체 설치상태 및 가력장치
부재의 이력거동 곡선은 철근콘크리트 골조면내 전단벽의 보강재와 골조와 면내 보강재의 일체거동을 위하여 설치한 앵커유무 그리고, 전단벽의 보강상세 및 접합면 앵커유무 및 고인성섬유 복합모르타르 보강 등에 따라 큰 차이를 나타내었고, 각 사이클 또는 변위연성마다 각 실험체의 최대내력, 강도 및 강성 변화를 고찰할 수 있었다.

표준 철근콘크리트 골조면내 전단벽 실험체 SRW는 같이 반복 주기하중이 작용할 때 재하 전반부는 강도 및 강성이 높으나 재하 후반부에서는 내력이 급격히 저하를 가져와 불안정한 이력거동을 나타내었다.

철근콘크리트 골조면내에 고인성섬유 복합모르타르 및 경계면 앵커보강 전단벽 실험체 RWAHC는 표준실험체 SRW에 비하여 강도 및 강성이 증가 되었으며, 하중 재하 시 전 영역에 걸쳐 안정적인 이력거동을 나타내었다.

철근콘크리트 골조면내에 고인성섬유 복합모르타르 및 경계면 앵커 및 대각보강 전단벽 실험체 RWXHC는 실험체 SRW, RWAHC에 비하여 강도 및 강성이 훨씬 증가되었으며, 하중 재하시 전 영역에 걸쳐 안정적인 이력거동을 나타내었다.

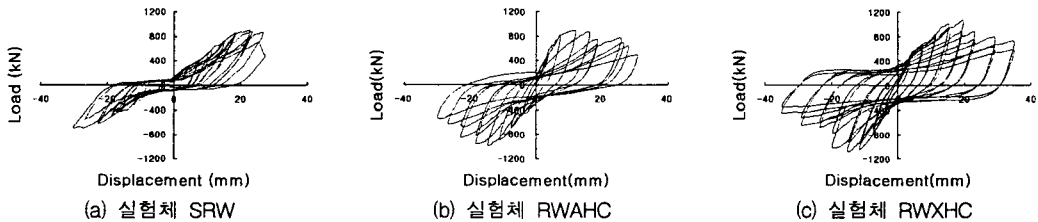


그림 4 각실험체별 이력-거동곡선

4.2. 파괴형태

철근콘크리트 골조면내 전단벽을 고인성섬유 복합모르타르, 앵커 및 성능개선 배근상세를 적용한 실험체 RWAHC, RWXHC의 경우 초기 하중 재하시 골조면내 전단벽에 대각균열이 발생하였고, 반복주기하중이 점점 진행될수록 고인성섬유 복합모르타르의 영향으로 골조면내 전단벽의 대각균열이 전 벽체에 걸쳐 광범위하게 발생하였고, 좌우측 기둥 주각부의 콘크리트 박리현상이 일어나면서 기둥의 철근이 노출되었다. 그리고 주두부 철근이 좌굴하였으며, 기둥 주두부에서 콘크리트가 압괴되면서 최종 파괴되었다. 그리고 표준 철근콘크리트 골조면내 전단벽 실험체 SRW에 비하여 최대내력이후에도 골

조면내 전단벽에 보강된 고인성섬유 복합모르타르, 앵커 및 성능개선 배근상세의 영향으로 매우 연성적인 파괴형태를 나타내었다.

4.3. 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 2, 그림 5와 같다.

표준 철근콘크리트 내진벽 실험체 SRW의 경우 변위연성 3정도에서 최대내력에 도달하였으며, 변위연성 4 이후에 급격히 내력이 감소하였다.

그리고 철근콘크리트 골조면내 전단벽을 고인성섬유 복합모르타르 및 성능개선 배근상세 기법을 활용하여 보강한 실험체 RWAHC는 표준 철근콘크리트 내진벽 실험체 SRW에 비하여 최대내력이 1.1배 증가하였고, 최대내력 이후에 내력 감소도 서서히 진행되어 매우 안정적인 이력거동을 나타내었다. 그리고 고인성섬유 복합모르타르 및 성능개선 보강상세를 적용한 실험체 RWXHC의 경우 최대내력이 1.2배 증가하였고, 고인성섬유 복합모르타르의 영향으로 연성능력이 뛰어나고 최대내력 이후의 내력감소도 서서히 진행되어 매우 안정적인 이력거동을 나타내었다.

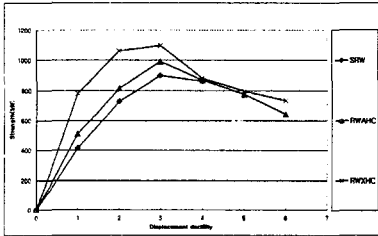


그림 5 변위연성별 최대내력 비교

표 2 각 실험체의 내력비교

CASE(i)	실험체	최대하중 (kN)	내력비 (CASEi / CASE0)
0	SRW	902.2	1
1	RWAHC	994.2	1.10
2	RWXHC	1096.6	1.22

5. 결론

- (1) 철근콘크리트 골조면내 전단벽을 고인성섬유 복합모르타르, 앵커보강 및 성능개선 배근상세 기법을 활용하여 보강한 실험체 RWAHC, RWXHC는 표준 철근콘크리트 내진벽 실험체 SRW에 비하여 최대내력이 1.1~1.2배 증가하였다.
- (2) 철근콘크리트 골조면내 전단벽을 고인성섬유 복합모르타르, 앵커보강 및 성능개선 배근상세 기법을 활용하여 보강한 실험체 RWAHC, RWXHC는 이력거동특성을 고찰한 결과 최대내력 이후에 내력 감소가 서서히 진행되어 매우 안정적인 이력거동을 나타내었다.
- (3) 지진하중을 받는 철근콘크리트 전단벽을 고인성섬유 복합모르타르, 앵커보강 및 성능개선 배근상세를 적용한 고성능 철근콘크리트 전단벽 보강시스템의 경우 표준 철근콘크리트 전단벽에 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, 신중학, 김윤용, "고인성섬유 복합모르타르 전단벽체의 구조성능 평가", 대한건축학회연합논문집, 2005.2, pp.39-45.
- [2] Ha, G. J., Kim, J. K., and Chung, L. "Response of Reinforced High-Strength Concrete Beam-Column Joints Under Load Reversals" Magazine of Concrete Research, No. 160, September 1992, pp. 175-184.
- [3] Kim, Y.Y., Fischer, G., and Li, V.C., "Performance of Bridge Deck Link Slabs Designed with Ductile Engineered Cementitious Composite (ECC)", ACI Structural Journal, Vol.101, No.6, 2004, pp.792-801.