

탄소섬유와 L형강을 이용한 벽-슬래브 접합부의 보강성능

Structural Performance of Seismic Resistance Capacity of Carbon Sheet-Angle Retrofitting Method in Wall-Slab Joint

노공기^{*}
Roh, Gong-Ki

박태원^{**}
Park, Tae-Won

박현수^{***}
Park, Hyun-Soo

정 란^{****}
Chung, Lan

Abstract

In the seismic capacity evaluation for RC structure wall-slab joint is very important factor. Because lateral load is resistance element and gravity load resistance element are acted mutually in the wall-slab joint.

In this paper, to improve the seismic capacity of the wall-slab joint in the existing wall type apartments experiment which improve and retrofit a seismic capacity by unequal angle bracing and carbon sheet attachment are carried out. These methods are also economic and simple in mitigating seismic hazard, improve earthquake-resistance performance, and reduce risk level of building occupants.

From the experimental results, the change of strength, degradation of stiffness, and energy dissipation are evaluated. It can be concluded that these methods are effective in improving the seismic performance.

1. 서론

내진성능 평가에 있어 RC구조물의 경우 접합부의 성능이 매우 중요한 요소이다. 이는 횡하중을 부담하는 요소와 중력방향의 하중을 부담하는 요소가 접합부에서 상호작용을 하기 때문이다. 따라서 접합부에 대해 내진성능을 검토하기 위하여, 80년대에 벽식으로 시공되어진 기존 아파트를 모델로 하여 시험체를 동일한 조건으로 제작하였다. 또한 접합부의 보강성능을 파악하기 위하여 탄소섬유 시트와 L형강으로 보강한 후에 내진성능실험을 수행하였다.

2. 실험 계획 및 방법

벽식이면서 내진설계가 되어있지 않은 모델 구조물은 슬래브가 12cm인 경우이고, 비슷한 시기에 시공되어진 다른 벽식 공동주택의 경우 슬래브가 16cm로 시공된 경우도 있어 이에 대한 실험을 수행하였다. 슬래브 중앙부에 철근이 배근되어 있지 않아 횡하중을 받을 때 배근되지 않은 부분에서 취성파괴가 일어날 우려가 있어 이에 대한 보강과 슬래브에서 지진하중의 25%를 부담할 수 있도록 탄소섬유 시트를 부착하고, 또한 L형강(L-150×90)을 시험체를 천공 후에 볼트로 관통 결합을 하여 부착하였다. 이에 대한 기준시험체와 보강시험체의 하중-변위곡선과 강

* 정회원, 단국대학교 건축대학원, 석사과정

** 정회원, 단국대학교 건축대학원, 내진리모델링연구소 연구원, 박사수료

*** 정회원, 신홍대학 건축설계과 부교수, 공학박사

**** 정회원, 단국대학교 건축공학과 교수, 공학박사

성감소 곡선, 에너지 소산력을 비교하여 보강성능을 검토하였다. 접합부의 L형강을 이용한 보강실험을 본 실험에 앞서 진행 하였으나, 앵커부분에서의 파괴와 슬립현상으로 인하여, 만족할 만한 결과를 얻지 못하여 본 실험에서 이러한 점을 보완하여, 추가실험을 진행하였다.

기준시험체는 서울시 소재 노후 공동주택을 모델로 하였으며(표 1 참조), 시험체는 설계기준 강도 210kgf/cm², 최대골재지름 25mm, 슬럼프 18cm이고, 공시체의 28일 강도는 평균 268kgf/cm², 사용된 철근의 평균 항복강도는 3,360kgf/cm², 철근의 인장강도는 4,128kgf/cm²를 나타내었다. 실험은 표 1과 같이 기준시험체와 같은조건의 시험체에 탄소섬유와 L형강에 의한 보강시험체로

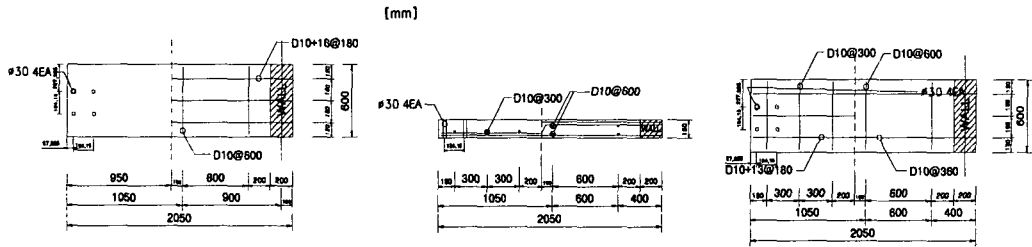


그림1. 실험체 형상 및 배근상세

6개의 시험체로 실험을 진행하였다. 실험방법은 변위제어방식으로 진행하였으며, 변위의 증분은 그림2 예시와 같이 6 단계(9mm)까지는 1.5mm씩 증가시키고, 9 단계(18mm)까지는 3mm, 10 단계부터는 6mm씩 증가시켜 가력하였다. 시험체의 가력점은 그림 3에서와 같이 접합부 부분에서 1.7m 되는 지점의 중앙점을가력하였고 가력점의 반대편에 200mm LVDT를 설치하여 (±) 100mm까지 변위를취득하였다.

표 1 실험변수 및 보강방법

	시험체명	시험체 형태
기준시험체	J172N	벽 17cm, 슬래브 12cm
	J202N	벽 20cm, 슬래브 12cm
	J256N	벽 25cm, 슬래브 16cm
보강시험체	J172L-2	벽 17cm, 슬래브 12cm, 탄소섬유시트와 L-90×150보강
	J202L-2	벽 20cm, 슬래브 12cm, 탄소섬유시트와 L-90×150보강
	J256L-2	벽 25cm, 슬래브 16cm, 탄소섬유시트와 L-90×150보강

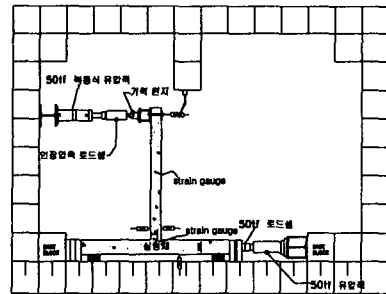


그림 2 실험체 설치상황

3. 실험결과 및 분석

3.1 실험체 하중-변위 포락선

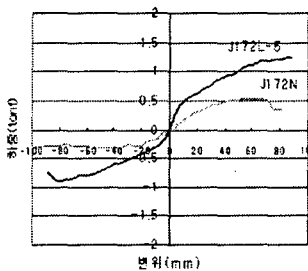


그림 3 J172N-J172L-2
하중-변위포락선

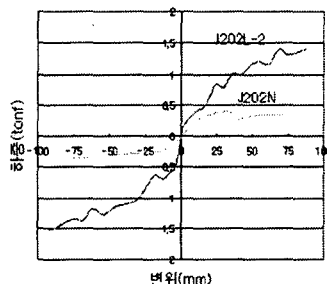


그림 4 J202N-J202L-2
하중-변위포락선

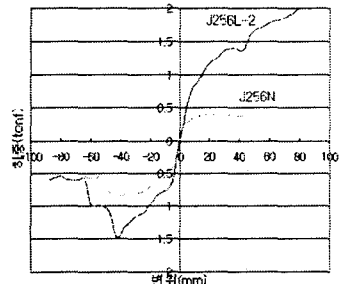


그림 5 J256N-J256L-2
하중-변위포락선

3.1.1 J172N, J172L-2 실험체

J172N 실험체에서는 그림 4에서와 같이 (+)방향 변위 즉 슬래브의 상부가 인장력을 받을때 53mm에서 최대하중 0.54tf, (-)방향 변위 즉, 슬래브의 하부가 인장력을 받을때 35mm에서 최대하중 0.35tf를 나타냈다. J172L-1 시험체는 3단계부터 볼트 주위로 초기균열이 시작되어 4단계에서 접합부로부터 30cm, 9단계에서 60cm,로 차츰 균열이 진행되었다. 또한 11단계에서 탄소섬유시트가 탈락되었으며, 17단계에서 106cm지점까지 균열이 발생되면서 더 이상 새로운 균열없이 실험이 21단계에서 종료되었다. 그림4에서와 같이 J172N에 비해 보강한 J172L-2시험체에서 꾸준한 하중 증가와 (+)방향 87mm에서 1.25tf, (-)방향 87mm에서 0.9tf 의 하중으로 보다 높은 성능을 나타내었다.

3.1.2 J202N, J202L-2 실험체

J202N 실험체는 J172N 기준실험체와 비슷한 거동을 하였으며 (+)방향 최대하중은 변위 38mm에서 0.45tf, (-)방향 변위24mm에서 0.31tonf의 최대 하중을 나타내었다. J202L-2는 3단계부터 접합부에서 균열이 시작되어 8단계부터 균열이 진행되다가 11단계에서 슈트 탈락현상이 발생하여 균열이 증가하였다. 또한 14단계 변위 69mm에서 상부와 하부 슬래브가 인장력을 받을때 비슷한 양상을 보이며, 각각 1.41~1.43tf의 하중을 나타냈다. 그림 5 에서와 같이 보강시험체에서 기준실험체에 비해 높은 보강성능을 나타내었다.

3.1.3 J256N, J256L-2 실험체

J256N 실험체는 J172N이나 J202N에 비해 벽두께와 슬래브 두께가 모두 큰 실험체이며, 각각의 계열의 실험체 중에서 가장 높은 하중을 나타내었지만, 큰 차이가 날정도는 아니며 14단계에서 취성파괴가 일어나는 것은 비슷한 경향을 나타내었다. 여기에 보강한 J256L-2 시험체는 높은 하중을 나타내며 상부 슬래브가 인장력을 받는 부위에서는 최대 4배에 가까운 보강효과를 나타내었다.

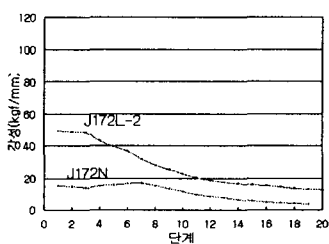


그림 6 J172N-J172L-2 하중-변위 포락선

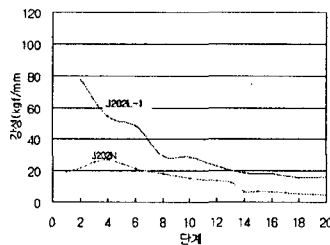


그림 7 J202N-J202L-2 하중-변위 포락선

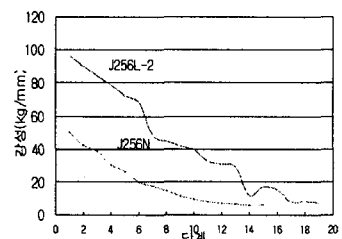


그림 8 J256N-J256L-2 하중-변위 포락선

3.2 실험체의 강성분석

그림 6~8에서 각 실험체의 기준실험체와 L형강과 탄소섬유 시트 보강에 의한 실험체의 강성을 비교해 보면 J172 계열의 실험체에서는 기준시험체 대비 탄소섬유와 L형강으로 보강한 실험체가 최대 3.26배 상승효과, J202 계열의 실험체에서 최대 3.88배 상승효과, J256 계열의 실험체에서는 최대 6.47배의 보강효과를 나타내었다. 또한 대체적으로 슬래브와 벽체의 두께가 두꺼울수록 높은 강성을 나타내었으며 강성의 영향은 슬래브 뿐만 아니라 벽체에 의해서도 영향을 받는 것으로 나타났다.

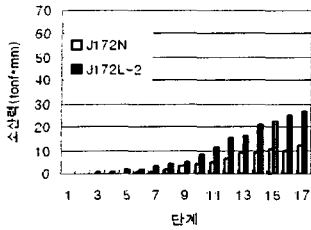


그림 9 J172N-J172L-2 소산력

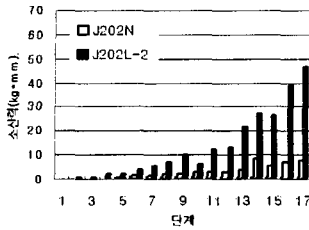


그림 10 J172N-J172L-2 소산력

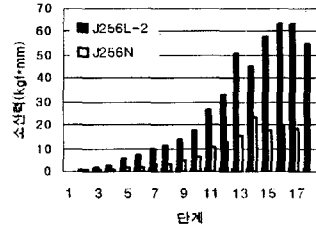


그림 11 J172N-J172L-2 소산력

3.3 실험체의 에너지 소산 분석

에너지 소산은 트래피 조이달의 법칙에 의해 하중 변위 곡선의 면적이 곧 에너지의 소산 면적으로써 이를 구하여 그림 8과 그림 9에 의해 기준실험체와 보강 실험체를 각 실험체별로 구분하여 비교 분석하였다. 그 결과 대체적으로 J256L-2 > J202L-2 > J172L-2 실험체 순으로 에너지 소산이 크게 나타났으며 보강한 시험체는 기준실험체대비 보강효과가 J172L-2은 2.9배, J202L-2는 6.1배, J256L-2는 3.38배의 보강효과를 나타내었다.

4. 결론

본 실험에서는 내진설계되어 있지 않은 벽식 공동주택건물을 리모델링을 할때 내진성능을 부여 하기 위한 보강방법으로 선행실험을 실시하여, L형강을 사용한 보강이 가장 효과적인 것으로 나타나 선행실험을 보완하여 실험체를 관통결합에 의한 부착방법으로 실험을 진행하여 다음과 같은 결과를 얻을 수 있었다.

- (1) 실험체를 천공한후 L형강과 탄소섬유의 부착공법에서 탄소섬유는 구조물의 부족한 인장력을 끌어 올리는데 간편한 시공작업으로 큰 효과를 얻을 수 있었으나 접합부위의 시트 들뜸을 L형강이 보완해 줌으로써 상호작용에 최대 강성에서는 6.47배, 에너지 소산에서는 최대 6.1배까지의 보강효과를 얻을 수 있었다.
- (2) 탄소섬유의 취성을 L형강이 보완해 줌으로써 충분한 연성을 확보할 수 있는 것으로 나타났다.
- (3) 탄소섬유가 보강효과가 있지만 한가지로만 사용했을때보다는 L형강과 같이 사용했을때 최대 효과를 얻을 수 있었다.

감사의 글

이 연구는 건설교통부가 출연하고 한국 건설교통기술평가원에서 위탁시행 한 2004년도 건설 핵심기술연구 개발사업(과제번호: 04핵심기술C02-02)의 연구비 지원에 의하여 수행되었으며, 이에 감사드립니다.

참고문헌

- 1) Harry G. Harris, Gajanan M. Sabnis, "Structural Modeling and Experimental Techniques" CRS Press, 1999, pp465-583
- 2) 이종권, "벽식아파트 구조물의 해석기법 비교연구" 한양대학교 석사학위 논문.
- 3) 장극관, 천영수, 서대원 "벽식구조 아파트에서 전단벽 연결보의 구조적 거동" 한국 콘크리트 학회 봄 학술발표회 논문집, 2001 pp411-416.
- 4) 진준재, "수평하중을 받는 철근 콘크리트 구조물의 내진보강 연구" 수원대학교 대학원 석사 학위논문.
- 5) 전영주, 이동근, 이수곤 "철근콘크리트 전단벽의 단부 보강 방법에 따른 내진성능 평가" 대한 건축학회 논문집, 11권3호 1995, 3, pp137-145.