

벽체의 축력 증진 방안 연구

Retrofitting of Reinforced Concrete Wall to Increase Axial Load Capacity

신 영수* 홍 기섭** 최 완철*** 홍 영균** 김 상준****
Shin, Yeong-Soo Hong, Gi-Suop Choi, Oan-Chul Hong Young-Kyun Kim Sang-Jun

Abstract

The main structural system of domestic apartments is the wall-slab system. In such structures, the lack of material strength of wall affects severely on the safety of structures. It is found frequently that the wall in the apartment structures has lower strength in concrete than the specified. This paper presents the retrofitting method of the reinforced concrete wall with low concrete strength. The tests are performed to investigate the structural behavior and the effects of external reinforcing and thickness increasing on the axial load capacity of walls. Six specimens are tested.

As the test results, the external reinforcing method is less effective than thickness increasing method.

1. 서론

80년대 이후 주택 보급정책의 일환으로 아파트가 대량 보급되게 되었는데 아파트의 구조시스템의 대부분이 슬래브-벽체로 이루어져있다. 이것은 공기의 단축, 재료의 절약, 공간 계획의 다양성, 거푸집의 효율적 사용 등 여러면에서 유리한점을 확보하고 있기 때문이다. 구조적 측면에서 아파트 벽체는 축력과 면내, 면외 휨을 동시에 받는 부재이다. 이러한 측면에서 아파트의 벽체는 구조안전성의 확보에 가장 중요한 역할을 하는 부재라고 할 수 있다.

우리나라 의 경우 아파트 및 고층건물의 철근 콘크리트 벽체에서 생산이나 운반시간, 시공적인 결함으로 인하여 콘크리트 자체가 저강도화 되는 구조적 결함이 자주 발생하고 있다. 시공 도중에 저강도 현상이 발생하여 상부층으로 시공이 계속적으로 진행되는 도중에 저강도현상의 발생을 발견하게 되므로 시공 및 공기 측면에서 전체적으로 벽체를 재시공하는 것은 불가능한 경우가 많다.

* 이화여대 건축학과 교수

** 홍익대 건축학과 교수

*** 숭실대 건축공학과 교수

**** 숭실대 건축공학과 대학원

즉, 저강도 현상을 발견한 후 상부 혹은 기시공됨 부분을 철거하고 재시공하는 것은 공기, 재료, 인력의 효율성, 경제성, 철거에 따른 비용 및 부담 등의 문제가 발생하므로 강도를 복원할 수 있는 적절한 보강 공법의 선택이 필수적이라고 할 수 있다. 따라서, 본 연구에서는 벽체의 저강도화에 대처할 수 있는 기본적 연구로 벽체를 두께를 증가시키거나 벽체 외부를 보강하는 방법으로 축력 보강 성능에 대해 연구하고자 한다. 즉, 저강도가 발생한 벽체를 고강도 폴리머 콘크리트로 증탄한 시험체를 제작하여 편심없는 축하중을 가력하므로써 축력 능력의 증가 정도를 파악하고 파괴 거동에 대해 연구한다.

본 연구의 목적은 저강도콘크리트 벽체의 보강법 개발 및 외부 보강법의 효과에 대한 검토하기 위한 기초적 자료를 제공하는데 있다. 이를 위하여 본 연구에서는 레미콘에 인위적으로 가수하여 강도를 저하시켜 시험체를 제작하였으며 각 시험체를 보강하여 이를 중심 축하중으로 파괴시 까지 가력하여 파괴거동 및 최대하중을 측정하는 방법으로 연구하였다.

2. 실험계획 및 실험

2.1 실험체 계획

본 연구에서 사용한 실험체는 그림1과 같다. 실험체의 중심부에 편심없이 가력하여 각 시험체에 대해서 하중-변형도, 최대하중을 비교하고자 하였다.

본 연구에서의 실험체의 중요 변수는 현실성을 고려하여 강판보다는 유연한 재료인 유리섬유를 사용하고 벽면을 증탄하여 두께를 증가시키는 것으로 하여 실험적으로 각 경우에 대해 축력 증가상태를 파악하고자 하였다. 이상에서 본 연구에서 사용하는 실험체는 다음 표1과 같다.

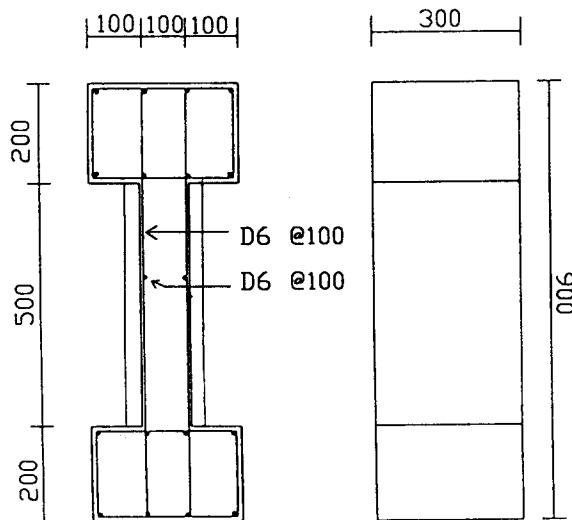


그림1 시험체 상세 (보강전 시험체)

표1 시험체 개요

시험체명	주요실험 변수	중타두께 (양면, mm)	중타전 시험체		중타후시험체		비고
			수직근	수평근	수직근	수평근	
control	-	-	D6@100	D6@200	-	-	
SWE-NR	중타유 보강근무	30			-	-	
SWE-GRV	중타유	30			D6@200	D6@200	
SWE-GRVH	외부유리섬유 보강	30			유리섬유 수직방향	유리섬유 수평방향	수직방향 접착후 수평방향 접착
SWN-GRV	중타무 외부유리섬	-			유리섬유 수직방향	-	
SWN-GRVH	유 보강	-			유리섬유 수직방향	유리섬유 수평방향	수직방향 접착후 수평방향 접착

2.2 시험체 제작에 사용한 재료

2.2.1 콘크리트

본 실험에서 사용한 콘크리트 설계강도는 180kg/cm²으로 설계된 래미콘 제품을 사용하였다. 저장도 현상을 나타내기 위하여 현장에서 가수하였으며 타설시 슬럼프 값은 22cm로 나타났으며 28일 압축강도는 154kg/cm²로 나타났다.

2.2.2 폴리머 콘크리트

본 실험체의 보강용으로 제작에 사용한 폴리머 콘크리트는 에폭시와 3mm 골재를 사용하였고 3주 경과한 후의 폴리머 콘크리트 강도는 800kg/cm²으로 나타났다.

2.2.3 철근 및 유리섬유 슈트

시험체의 배근에 사용된 철근은 설계항복용력 4000kg/cm², 스테럽은 D6을 사용하였으며, 유리섬유 슈트는 외산 H사 제품 Typo-S를 사용하였으며 기계적 성능은 다음 표2과 같다.

표2 유리섬유의 기계적 성능

제품명	섬유의 종류	인장강도 (kg/cm ²)	종곡변형도	탄성계수 (kg/cm ²)	열팽창계수
Typo-S	유리섬유	45,500	0.02	227,500	4.3x10 ⁻⁶

2.3 재하 및 측정

실험체는 I 형태로 만들어 실험체의 중심에서 파괴시 까지 실험을 계속하였다. 재하하중의 크기는 로드셀을 통하여 측정하였다. 벽체시험체의 변형도를 측정하기 위해 벽체 콘크리트, 내부의 철근, 외부의 폴리머 콘크리트, 유리섬유에 각각 변형게이지를 부착하여 측정하였다. 시험체의 중심부에 가력하기 위하여 벽체의 양면에서 중심점을 선택하고 가력판의 중심점과 일치시켰다. 가력하는 콘크리트 면은 수평이 되도록 하였다.

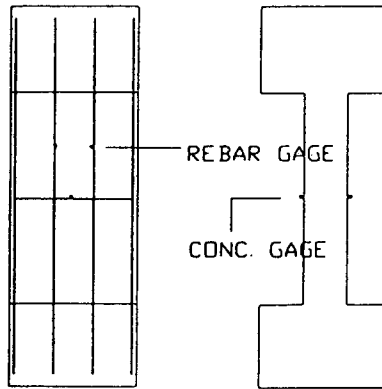


그림2 측정위치

3. 실험 결과 및 분석

3.1 실험결과

실험결과 최대하중 및 파괴형태는 다음 표1과 같다. 철근의 변형도는 시험체 내부 철근의 변형도를 의미하며 콘크리트와 유리섬유의 변형도는 시험체의 중심부에서 측정한 것으로 그림3에 나타내었다.

표1 최대하중과 파괴 형태

실험체명	최대하중 (t)	파괴형태	최대하중 증가율	비고
control	58.84	압축파괴	1.0	중앙부 파괴
SWE-NR	84.77	계면파괴	1.44	계면파괴후 외부폴리머 판좌굴
SWE-GRV	122.4	계면파괴	2.08	계면파괴후 외부폴리머 판좌굴
SWE-GRVH	109.27	계면파괴	1.86	계면파괴후 외부폴리머 판좌굴
SWN-GRV	64.23	압축파괴	1.09	파괴시 유리섬유 탈락
SWN-GRVH	70.36	압축파괴	1.20	파괴시 유리섬유 탈락

3.2 실험결과 분석

최대하중은 표2에서와 같이 단면 증대공법과 외부접착공법에서 모두 축력증진 효과는 있는 것으로 나타났다. 단면을 증가시키지 않고 시험체의 옆면에 유리섬유를 접착한 시험체에서는 10% 정도의 축력 증가 효과는 있는 것으로 나타났으나 단면이 증가된 경우 크게 증가하였다. 이러한 단면 증가현상을 우리나라 철근콘크리트 기준에서 제시하고 있는 기둥 축하중 강도식으로 분석하였다. 기둥의 축하중 규정식은 다음과 같다.

$$P_o = 0.85f'_c(A_g - A_{st}) + f_y A_{st}$$

이식으로 기본시험체의 최대하중을 계산하면 약 44t 정도로 나타났으며 이는 실험결과인 58t에 비하면 적은 것으로 실험결과가 큰 것으로 나타났다. 시험체의 옆면에 부착된 유리섬유에 의한 축하중 증가는 약 10% 정도이나 이러한 축하중 강도의 변화 추이는 보다 더 연구를 필요로 한다. 유리섬유로 보강되지 않은 단면이 증가된 시험체의 경우 실험결과 84.77t으로 나타났으며 이식으로 계산하면 외부 표면재의 강도만으로도 계산상으로 122 t 정도가 나오나 이보다 훨씬 적은 값으로 나타나고 있다. 이는 파괴형태에서도 나타나는 바와 같이 계면에서 먼저 파괴되어 파괴가 점차 내부로 확산되는 형태로 나타나고 있으므로 이러한 파괴 형태로 인하여 외부 표면의 고강도 폴리머 콘크리트가 구조적 역할을 하지 못하여 발생한 현상이다. 이는 콘크리트 단면 전체가 저장도콘크리트 한 종류로 되어 있다고 가정하면 약 76t 로 고강도 폴리머 콘크리트의 구조적 거동 보다는 저장도의 콘크리트가 단면이 증가된 정도의 효과에 불과한 것으로 나타났다. 그러나, 표면에 유리섬유를 부착한 경우 축하중강도는 급격히 증가하는 형태를 보여주는데 이는 외부의 유리섬유가 보강재로서의 역할이 중대되지 않은 시험체에 비하여 큰 것으로 나타나고 있다. 이는 그림3에서 재료별 변형도에서 나타난바와 같이 전체적인 변형도가 유리섬유가 없는 시험체에 비해 크게 나타나고 있는데서 기인한 것이다. 수평방향과 수직방향으로 접착한 시험체(SWE-GRVH)가 SWE-GRV 시험체보다 오히려 적게 나타난 것은 시험체가 비틀림의 영향을 받은 것으로 분석되었다.

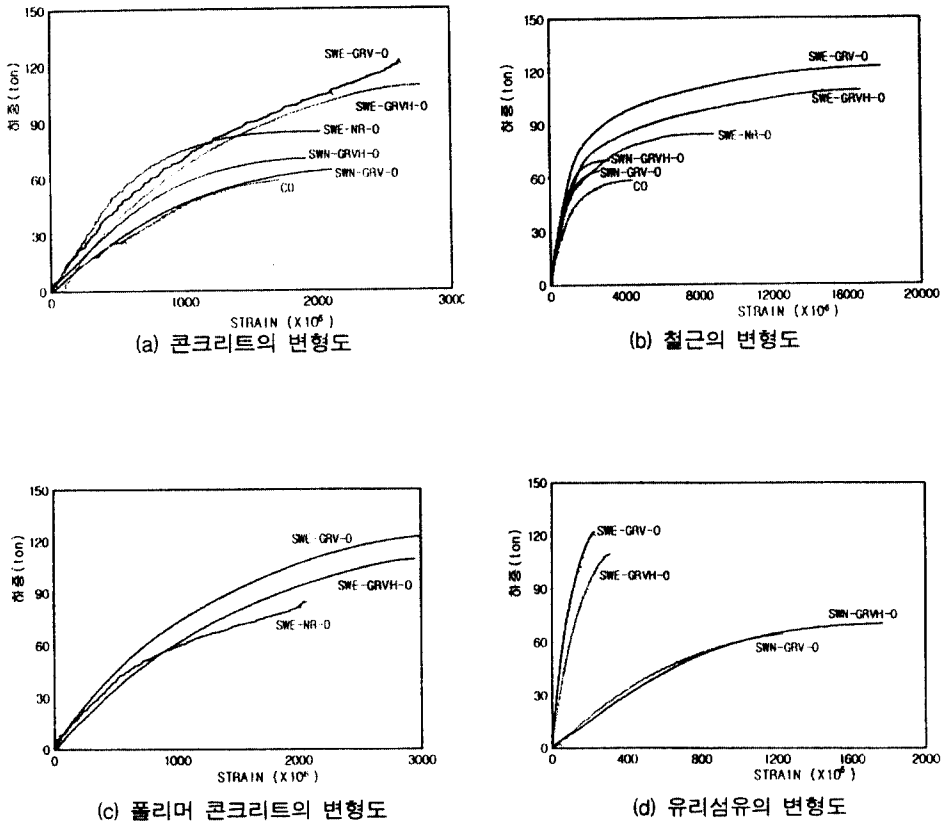


그림 3 재료별 변형도

3.3 파괴형태에 대한 분석

전체적으로 전형적인 압축파괴의 형태를 나타낸다. 그러나 각 시험체별 거동은 약간씩 달리고 있는데 기본시험체는 완전한 압축파괴 형태로 중앙부에서 콘크리트가 탈락되면서 파괴되었으며 기본 시험체에 유리섬유를 접착한 시험체는 중앙부에서 콘크리트가 유리섬유로 인하여 완전히 탈락되지는 않았으나 콘크리트가 탈락하면서 유리섬유가 이탈하면서 파괴되었다. 기본시험체에서와 같이 중앙부에서 파괴되었으나 파괴된 부위가 작았으며 이러한 영향으로 파괴하중이 증가하였다.

단면을 폴리머 콘크리트로 증가시킨 시험체는 압축강도가 현저하게 증가하였으며 파괴형태도 외부에서 콘크리트가 탈락되면서 파괴되는 기본 시험체와 달리 계면에서 먼저 파괴가 발생하여 내부로 전달되면서 압축파괴가 발생하였으며 내부콘크리트의 파괴직후 폴리머 콘크리트가 좌굴하면서 파괴되었다. 이는 외부 폴리머 콘크리트가 보강 부재로서 성능을 다하기 전에 내부에서 먼저 파괴가 발생하면서 축하중에 대한 저항력이 상실되었고 이 축하중이 외부 폴리머콘크리트로 전달되면서 좌굴이 발생하게 되었다. 이러한 파괴 형태는 저장도콘크리트에 고강도 콘크리트를 이용하여 보강하여도 강도의 증가는 크지 않다는 것을 의미하는 것으로 벽체의 보강시 유의할 필요가 있다.

4. 결론

본 연구결과 얻은 결론은 다음과 같다.

- (1) 기둥의 P_o 를 구하는 식은 최대하중을 적게 평가하는 것으로 나타났다.
- (2) 벽체 보강의 경우 벽체 표면에 보강재를 접착시키는 경우 보강효과는 적은 것으로 나타났으며 폴리머 콘크리트로 단면을 증가시킨 부재의 압축강도 증가가 큰 것으로 나타났다.
- (3) 기본시험체는 완전한 압축파괴 형태로 중앙부에서 콘크리트가 탈락되면서 파괴되었으나 유리섬유를 접착한 시험체는 중앙부에서 콘크리트가 유리섬유로 인하여 완전히 탈락되지는 않았으며 이로 인하여 파괴하중이 증가되었다.
- (4) 단면을 폴리머콘크리트로 증가시킨 시험체는 외부 폴리머 콘크리트가 보강 부재로서 성능을 다하기 전에 내부에서 먼저 파괴가 발생하면서 축하중에 대한 저항력이 상실되었고 이 축하중이 외부 폴리머콘크리트로 전달되면서 좌굴이 발생하였는데 이는 저장도콘크리트에 고강도 콘크리트를 이용하여 보강하여도 축력 강도의 증가는 크지 않다.

본 연구는 과학재단 97 핵심과제 지원에 이루어졌음을 밝히며 시험체 제작에 수고해주신 풍림토건(주)와 T.S. Bond건설공업(주)에 감사드립니다.

참고문헌

- (1) 신영수, 홍영균, 최완철, 홍기섭, "탄소섬유 슈트로 횡보강된 콘크리트의 강도특성", 대한건축학회 논문집 10월호, 1995. 10
- (2) 신 영수, 최 완철, 홍기섭, 홍 영균, " 에폭시접착 강판으로 보강된 철근콘크리트 보의 강판 단부의 거동특성", 한국 콘크리트학회 학술발표대회, 제6권 2호, 1994.11
- (3) 극한강도설계법에 의한 철근콘크리트 구조설계 기준 및 해설, 건설부, 1990
- (4) ACI, "Polymer Repairs to Concrete: Their Influence on Structural Performance", SP100-22, pp. 477~489.
- (5) Feldman D., "Polymeric Building Materials", 1990, Elsevier Applied Science, pp. 113~137.