

재생콘크리트 보강블록 끼움벽체로 보강한 철근콘크리트 골조의 구조거동

Structural Behavior of Reinforced Concrete Frames Strengthened with Infilled Wall Using Concrete Blocks Made in Recycled Aggregates

김 선 우* 이 갑 원** 박 완 신*** 한 병 찬**** 최 창 식***** 윤 현 도*****
Kim, Sun-Woo Lee, Gab-Won Park, Wan-Shin Han, Byung-Chan Choi, Chang-Sik Yun, Hyun-Do

ABSTRACT

The use of recycled aggregate concrete is increasing faster than the development of appropriate design recommendations. This paper is making advances in the recycling of waste concrete material for use as recycled aggregate to make secondary concrete product. Using recycled aggregates from demolished concrete, we manufactured concrete blocks to experiment overall performance in feasible performances. This paper reports limited experimental data on the structural performance of shear wall used concrete blocks made in recycled aggregates. Reinforced concrete frame and shear walls were tested to determine their diagonal cracking and ultimate shear behavior. The variable in the test program was the existence of infilled wall used concrete blocks Made in recycled aggregates. Based on the experimental results, Infilled wall has a high influence on the maximum strength and initial stiffness of reinforced concrete frame. Structural performance of specimen WSB1 and WSB2 is quite different from RCF specimen, particularly strength, stiffness and energy dissipation capacity.

1. 서론

현재 국내에서는 신도시와 산업단지의 개발이 활발히 이루어지고 있어 이들 구조물의 주요 구성 요소인 골재의 수요가 급증하고 있는 실정이다. 그러나 강자갈과 강모래와 같은 천연자원으로부터의 개발 및 이용은 한계가 있으며 또한 도시계획 과정에서 해체되는 구조물이 급증하고 있어 건설폐기물의 처리가 사회적인 문제로 대두되고 있다. 건설폐기물 중에서 폐콘크리트가 차지하는 비중이 상당한 부분을 차지하므로 천연자원이 부족한 현실에서 환경오염의 방지대책 뿐만 아니라 천연자원의 절약과 에너지 절약의 관점에서도 환경오염의 문제로 등장하고 있는 폐콘크리트를 효율적으로 재활용하는 것이 매우 시급한 실정이다.

이에 본 연구에서는 건설폐기물의 재활용 기술개발 방안의 하나로써 건설폐기물 가운데 상당한 부분을 차지하는 폐콘크리트의 효율적인 재활용을 위해 폐콘크리트를 파쇄한 후 얻어지는 재생골재를 주원료로 한 재생 콘크리트 보강블록을 이용한 증설벽과 증후벽의 거동 및 파괴특성 등을 순수골조와 비교·분석하고 골조의 보강효과를 평가하여 제안된 보강공법의 적용가능성을 규명하고자 한다.

* 정회원, 충남대학교 건축공학과 석사과정

*** 정회원, 충남대학교 건축공학과 박사과정

***** 정회원, 대전대학교 건축공학과 교수, 공학박사

** 정회원, 대한주택공사 부장

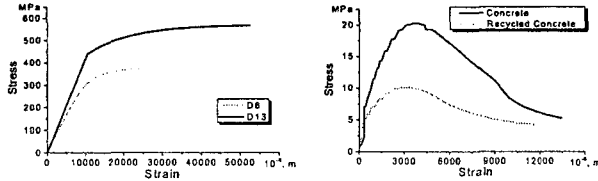
**** 정회원, 충남대학교 건축공학과 강사, 공학박사

***** 정회원, 충남대학교 건축공학과 교수, 공학박사

본 연구는 (주)계룡건설 지원에 의한 중소기업청 연구결과의 일부임.

2. 재료실험

본 실험에 사용된 철근 및 콘크리트의 재료 실험은 KS B 0801의 라호 규정 및 KS F 2404에 따라 시험편을 제작하여, KS B 0802 및 KS F 2404 규정에 따라 실시하며 재료시험 결과는 표 1, 2 및 그림 1과 같다.



(a) 철근 (b) 콘크리트
그림 1 응력-변형률 관계 곡선

표 1 철근의 기계적 성질

종류	항복강도(f_y) (N/mm ²)	항복변형률(ϵ_y) ($\times 10^{-6}$)	인장강도(f_u) (N/mm ²)
D6	291.19	9,451.10	375.01
D13	444.96	1,1005.08	568.59

표 2 콘크리트의 기계적 성질

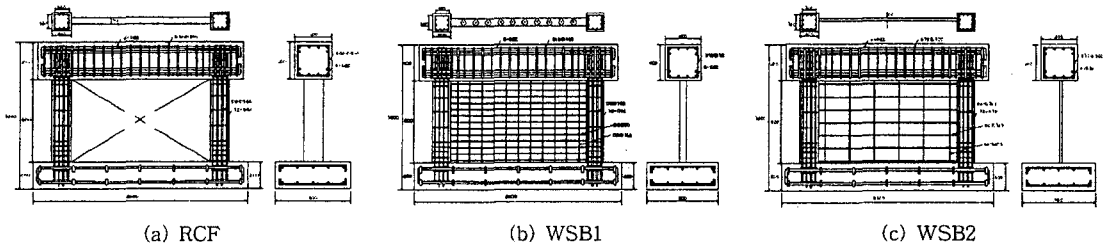
28일 압축강도 (N/mm ²)	콘크리트탄성계수 E_c (kN/mm ²)	포아송비
20.66	68.18	0.15

3. 실험개요

3.1 시험체 계획

재생골재를 사용한 보강블록을 이용한 벽체의 거동특성을 실험적으로 규명하기 위해 기존 시험체인 철근콘크리트 골조와 골조에 보강블록을 이용하여 벽체를 구성한 증설벽체와 증후벽체를 1/3로 축소하여 시험체를 제작하였다.

시험체의 배근도와 일람은 각각 그림 2 및 표 3과 같다.



(a) RCF (b) WSB1 (c) WSB2

그림 2 시험체 배근도 (Unit :mm)

표 3 시험체 일람표

시험체명	콘크리트압축강도(f_c') (MPa)	벽두께 (mm)	축하중 (kN)	벽체			경계부재		
				$l_w \times h_w \times t$ (mm)	ρ_v (%)	ρ_h (%)	B×D (mm)	ρ_v (%)	ρ_h (%)
RCF	20.66	-	24.52	-	-	-	200×200	3.81	0.36
WSB1	20.66	70	24.52	1,500×900×70	0.34	0.66	200×200	3.81	0.36
WSB2	20.66	30	24.52	1,500×900×30	0.17	0.33	200×200	3.81	0.36

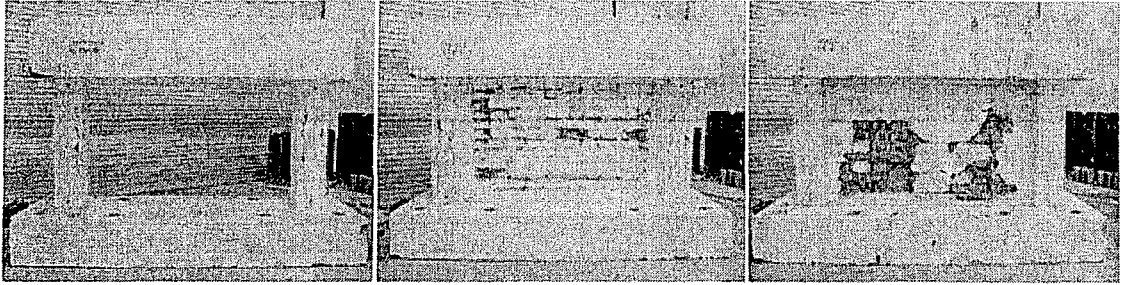
3.2 실험방법

시험체에 도입된 하중에 따라 벽체의 하중-변위 관계를 파악하기 위하여 기둥 하부로부터 250mm 간격으로 설치한 변위계로 도입된 하중별 변위를 측정하면서 각 사이클별로 계획된 변위이력에 따라 반복 가력하였다. 그리고 경계부재의 주근, 벽체의 수직철근의 도입된 하중에 따른 변형상태를 파악하기 위하여 해당부위에 와이어 스트레인 게이지(Wire Strain Gauge)를 미리 부착하여 변형률을 측정하였으며, 사이클별 최대강도가 항복하중의 50% 이하로 저하되었을 때 실험을 종료하였다.

4. 실험결과 및 분석

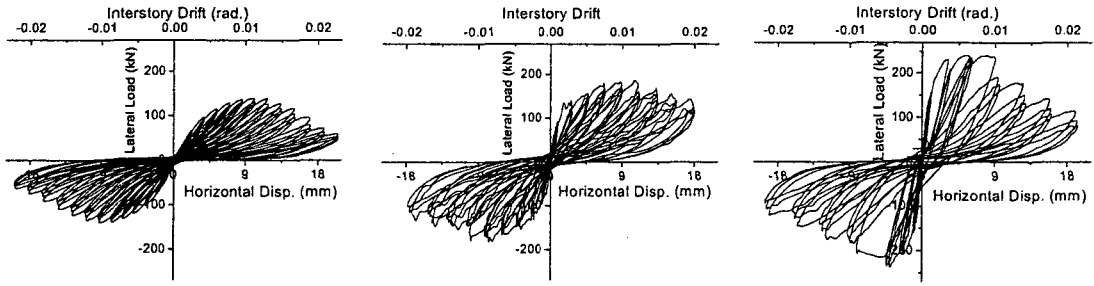
4.1 파괴양상

그림 3은 철근 콘크리트 골조와 재생 콘크리트 블럭 보강벽체의 파괴양상을 나타낸 것이다. RCF의



(a) RCF (b) WSB1 (c) WSB2

그림 3 시험체의 최종 파괴양상



(a) RCF (b) WSB1 (c) WSB2

그림 4 하중-변위(층간변위) 관계 곡선

시험체의 경우 횡하중 69.041 kN 작용시 경계부재 하부에 초기 휨균열이 발생되었으며, 하중이 증가됨에 따라 부재 회전각이 증가하여 경계부재의 휨균열은 상부로 점차 진전되는 양상을 보였다. 특히, 극한하중 이후 하중이 감소하여 116.70kN에 이르러 경계부재에서 균열이 상부로 진전되었고 피복 콘크리트가 박리되면서 균열 폭이 증가하여 최종파괴되는 양상을 보였다.

WSB1의 시험체의 경우 횡하중 82.937kN 작용시 증설벽체에서 초기 사인장균열이 발생하였다. 하중이 증가됨에 따라 부재의 회전각이 증가하여 증설벽체 전체로 균열이 확산되었고 경계부재의 인장측에 균열이 발생하였다. 최대하중 189.82kN 도달시 증설벽체의 피복이 계면을 따라 집중적으로 박리되기 시작하였으며, 부재 회전각이 0.014 rad.에 이르러 경계부재의 주근이 좌굴하여 피복박리가 발생하였고 균열폭이 증가하면서 파괴되는 양상을 보였다.

WSB2의 시험체의 경우 횡하중 120.75kN 작용시 기존의 벽체에서 초기 사인장균열이 발생하였고 하중이 증가됨에 따라 부재의 회전각이 증가하여 증후벽체 전체로 균열이 확산되었으며 경계부재의 인장측에 균열이 발생하였다. 최대하중인 242.68kN에 도달시 증설벽체의 피복이 계면을 따라 집중적으로 박리되기 시작하였으며, 부재 회전각이 0.012 rad.에 이르러 경계부재의 주근이 좌굴하였다. 이후 계속 피복박리가 발생하였고 균열폭이 증가하면서 파괴되는 양상을 보였다.

4.2 하중-변위 관계곡선

그림 4는 무보강 RCF 시험체와 증설벽으로 보강된 WSB1 시험체 및 증후벽으로 보강된 WSB2 시험체의 하중변위 관계 곡선을 나타낸 그림이다. RCF 시험체의 경우 최대하중이 140.73kN으로 나타났으며 최대하중 이후 완만한 내력감소를 보이고 있다. WSB1 시험체와 WSB2 시험체의 최대하중은 각각 189.82kN과 242.68kN으로 나타나 무보강시험체인 RCF 시험체에 비해 각각 29.44 % 및 71.74%의

표5. 실험결과

시험체	항복강도 (kN)	최대강도 (kN)	항복강성 (N/mm)	극한강성 (N/mm)
RCF	68.48	139.39	29.02	13.80
WSB1	80.96	189.82	103.79	17.91
WSB2	112.61	242.68	229.82	43.34

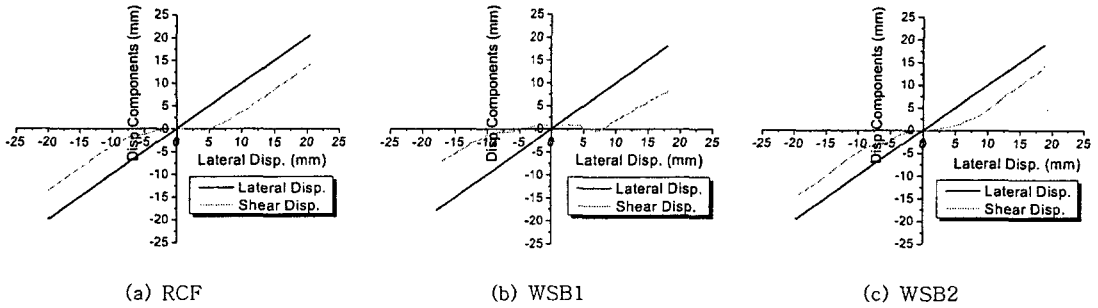


그림 5 휨 및 전단변형성분 분포

내력증가를 보였다.

RCF 시험체의 경우 초기강성은 31.73kN/mm이며, 극한내력시 강성은 13.80kN/mm로 초기강성에 비해 약 56.51% 감소하는 것으로 나타났다. WSB1 시험체의 경우 초기강성은 141.37kN/mm으로 무보강 시험체에 비해 345% 강성값이 크게 나타났으며 극한하중시 강성은 17.91kN/mm로 초기강성의 12.67%를 나타내었다. WSB2 시험체의 경우 초기강성은 193.06kN/mm으로 무보강 시험체에 비해 508% 강성값이 크게 나타났으며 극한하중시 강성은 43.34kN/mm로 초기강성의 22.45%를 나타내었으며 무보강 시험체에 비해 214.06% 증가하였다.

4.3 변형성분 분포

그림 4는 휨 및 전단변형성분의 분포에 관한 것으로 전체 변형 중 전단변형의 분포는 각각 RCF, WSB1, WSB2 시험체가 1.92%, 3.51%, 2.25%에서 최종적으로 70.66%, 46.45%, 76.23%로 증가하였다. 이는 초기에는 휨파괴의 형태로 균열이 진행되다가 파괴에 가까이 이르러서는 전단파괴의 형태로 진전되는 것을 나타내고 있다.

5. 결 론

- 1) RCF의 시험체의 경우 경계부재 하부에 초기 휨균열이 발생되어 극한하중 이후 상부로 진전되었고 피복 콘크리트가 박리되면서 균열 폭이 증가하여 최종파괴되었고 WSB1과 WSB2의 시험체의 경우 증설벽체에서 초기 사인장균열이 발생한 후 최대하중 도달시 증설벽체의 피복이 계면을 따라 집중적으로 박리된 후 경계부재의 주근이 좌굴하여 파괴되는 양상을 보였다.
- 2) WSB1 시험체와 WSB2 시험체의 최대내력이 순수 골조로 이루어진 RCF 시험체에 비해 각각 29.44%, 71.74% 증대된 것으로 보아 재생골재를 이용한 증설 및 증후벽체가 철근콘크리트골조의 전단 내력 증진에 효과적인 것으로 나타났다.
- 3) RCF, WSB1, WSB2 시험체의 전단변형 분포가 각각 1.92%, 3.51%, 2.25%에서 최종 파괴시 70.66%, 46.45%, 76.23%로 증가한 것으로 보아 초기에는 휨파괴의 형태로 균열이 시작되어 점차 전단 파괴에 가까운 형태로 진전되는 것을 나타내고 있다.

참고문헌

1. 박우철, 박완신, 한병찬, 윤현도, 정수영, “현장타설 끼움벽체로 보강된 비내진 상세를 갖는 철근콘크리트 골조의 비선형 해석”.
2. C.S. Poon, S.C. Kou, L.Lam (2002), “Use of recycled aggregates in molded concrete bricks and blocks”, Construction and Building Materials 16 (2002), pp. 281-289.
3. Phan, L. T. and Tod, D. R and Lew, H.S [1993]., “Strengthening Methodology For Lightly Reinforced Concrete Frame-1” NISTIR 5421, National Institute of Standards and Technology., February.
4. Phan, L. T. and Tod, D. R and Lew, H.S [1994]., “Strengthening Methodology For Lightly Reinforced Concrete Frame-2, Recommended Calculation Techniques for the Design of Infill Wall” NISTIR 5421, National Institute of Standards and Technology, Gaithersburg, MD, 20899, May.
5. Shiohara, H.; Hosokawa, Y.; Nakamura, T.; Aoyama, H., “Earthquake Strengthening Method of Existing Reinforced Concrete Buildings” Transaction of the Japan Concrete Institute, Volume,6, p.725-732,1984.
6. Aoyama, H.[1986], “Seismic strengthening of Existing Reinforced Concrete Buildings in Japan” Department of Architecture, Faculty of Engineering, The University of Tokyo, Japan, September.