유공 PC 벽체의 내진 거동에 관한 연구

Seismic Performance of Precast Concrete Bearing Walls with Hollow Core

이리형* 한상환** 조순금***
Lee, Li Hyung Han, Sang Whan Cho, Soon Km

남기룡**** 최근도*****
Nam, Ki Ryong Choi, Kun Doe

Abstract

The purpose of this study is to investigate the behavior of the bearing precast concrete (pc) wall structure with hollow core based on experimental tests. In order to evaluate the cyclic performance of the pc walls. Too one story pc walls and ond one reinforced concrete wall are made. The expxrimental results of pc walls were compared with those values of reinforced concrete (rc) wall. The structural behaviors of pc wall structure with hollow core are similar to those of reinforced concrete bearing wall structure. This study shows that the pc wall with hollow core could be treated as rc wall when designs the pc wall structure against lateral loads

1. 서 론

유공 PC 벽체는 벽체에 등간격의 유공(Hollow Core)을 가지고 있는 PC 벽체로서, 등간격으로 배치된 유공내에는 수직철근을 배근하고, 유공부분에 현장 콘크리트를 타설하므로 전체적인 구조적 거동이 현장에서 조립, 타설된 철근콘크리트 (이하 RC라 한다.) 벽체와 유사한 거동을 기대할 수 있다.

본 연구에서는 횡하중에 대한 유공벽체의 정적 반복 가력 실험 (Quasi-static test)을 수행하여 휨

* 한양대학교 교수
** 한양대학교 초대형구조시스템 연구센터 연구원
*** 한양대학교 대학원 석사과정
**** 한라건설 기술연구소
***** 한라건설 기술연구소

내력과 연성효과, 파괴형태 등을 규명하고, 이러한 구조적 거동을 RC 구조물의 거동과 비교하는데 그 목적이 있다. 이를 위하여 유공 PC 벽체 2개와 RC 벽체 1개를 제작하여 실험을 수행하였다.

2. 실 험

2.1. 실험체계획

본 실험에 사용되는 모든 유공 벽체의 크기는 너비가 75cm, 높이가 140cm, 두께가 18cm이다. 실험체의 배근은 연구대상 건물에서 가장 큰 내력을 받는 부분인 1층 벽체를 실험 대상으로 하였으며, 대표적인 실험체 상세는 그림 1에 나타나있다. 그림에서 보이는것처럼 벽체에는 등간격의 유공이 2개 배치되어 있는데, 유공내에는 HD25 철근을 배근한다. 또한, 변수로는 주근에 후크를 둔 경우와 두지 않은

표 1 실험체 일람표

실험체명	높이 (cm)	길이 (cm)	벽두께 (cm)	사용철근		변 수
				벽(mm) wiremesh	주근	
HCW	140	75	18	Φ6-100×200	HD25	
HCWH	140	75	18	Φ6-100×200	HD25	주근 후크
RCW	140	75	18	Φ6-100×200	HD25	

표 2 재료시험결과

(단위 : kg/㎠)

구 분		시험결과
콘크리트	PC 벽체	320
	RC 벽체	292
	충전콘크리트	242
철근	HD25	3543
	Φ6	6000

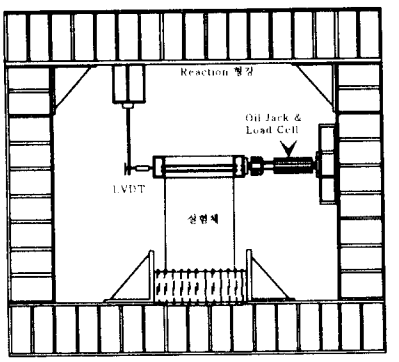

그림 2 실험체 설치상황

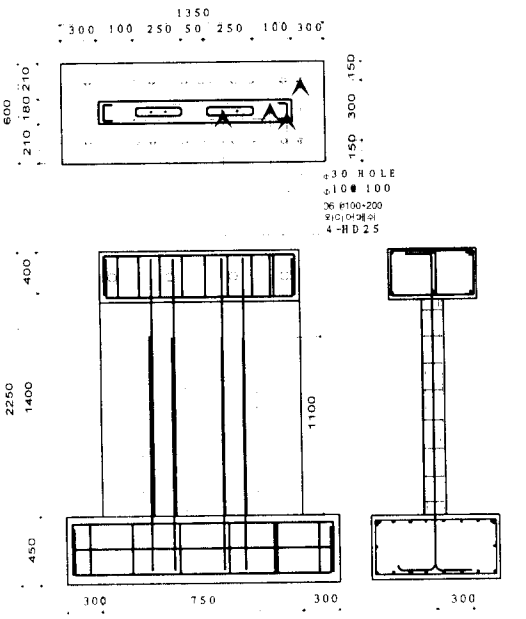

그림 1 실험체 형상 및 배근상황

경우로 하며, RC 실험체는 그 크기와 규모는 PC 실험체와 동일하게 하되 주근에 후크를 두지 않은 경우로 한다. 실험체 일람은 표 1에 나타나있다.

2.2 재료시험

실험체 제작에 사용된 콘크리트의 최대골재는 19㎜로하고 슬럼프값은18~24㎝로 하였다. 또한, 설계기준강도는 PC 판넬은 350kg/㎠ 로 하고, 충전 콘크리트는 240kg/㎠로 하며, RC 벽체는 등가단면 산정공식에 의해 315kg/㎠로 한다. 재료시험결과는 표 2에 나타내었다.

2.3 실험방법

실험체의 가력은 변위조절에 따라 가력하며, 변위는 곡률(횡변위/실험체높이)에 의해 정한다. 또한, 변위조절은 가력용 보에 설치된 다이알게이지(100㎜) 변형값을 조절하므로서 제어한다. 실험체 설치 및 가력상황은 그림 2와 같다.

3. 실험결과 및 분석

3.1 균열 및 파괴상황

내진벽의 파괴형식은 이력특성과 균 열발생 상황에따라 구분되지만 일반적으로 형상비(hw/lw)가 2 이상인 경우는 휨파괴 선행형으로 2 이하는 전단파괴 선행형으로 구분한다. 본 실험의 모든 실험체는 형상비가 2.13 으로서 휨파괴 형식으로 볼 수 있다. 휨파괴가 일어나도록 실험체를 계획한 것은 유공 PC 벽체가 유공부위의 충전성 및 유공내부의 철근과 충전콘크리트 부착이 취약하여 그에대한 평가를 하기위한 것이다. 최종파괴 상황은 그림 3에 나타내었다. 그림에서와 같이 전 실험체 모두 휨 및 휨전단균열은 거의 동일한 양상을 보이다가 최종적으로 수평접합부에서 콘크리트가 압축파괴된 것으로 나타났다. 또한, 전 실험체 모두 균열이 전 벽체에 고루 확산되는 양상을 보여 힘이 벽체에 고루 전달된 것으로 판단된다.

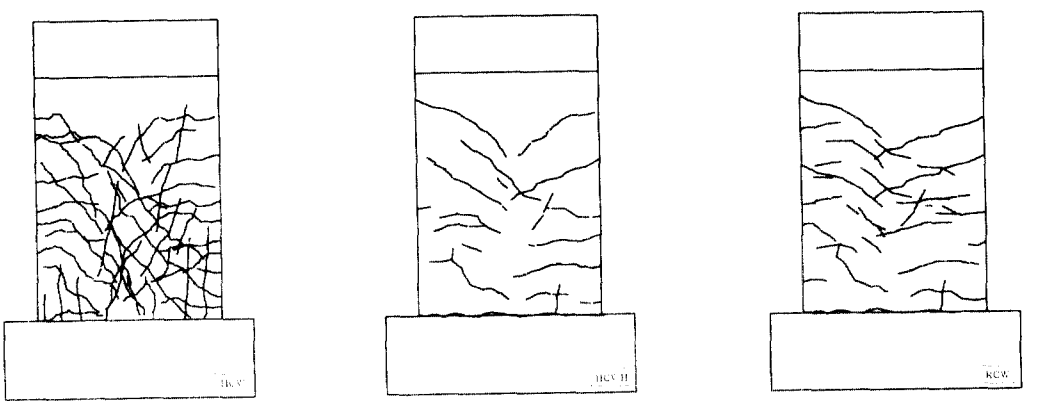

그림 3 실험체의 균열 및 파괴상황

3.2 하중-변위 곡선

각 실험체의 하중-변위 곡선을 그림 4에 나타내었다. 그림에서와 같이 전 실험체 모두 최대내력의 차이는 있지만 철근이 항복한 이후에도 내력은 계속적으로 증가하는 양상을 보이고 있다. 특히, 주근에 후크를 둔 HCWH 실험체는 일체타설 실험체인 RCW 실험체와 최대내력이 거의 동등한 것으로 나타났다.

3.3 수직근의 변형분포

그림 5 에 정방향 가력시 각 싸이클별 피크시 벽체의 수직철근의 변형도를 위치별, 싸이클별로 나타내었다. 그림에서와 같이 RCW 실험체와 유공 벽체를 이용한 실험체 모두 양단부 수직철근이 8 싸이클이후 거의 비슷한 시기에 항복하였음을 알 수 있으며, 이는 각 실험체의 거의 모든 철근이 고루 벽체의 내력을 받은 것임을 알 수 있다.

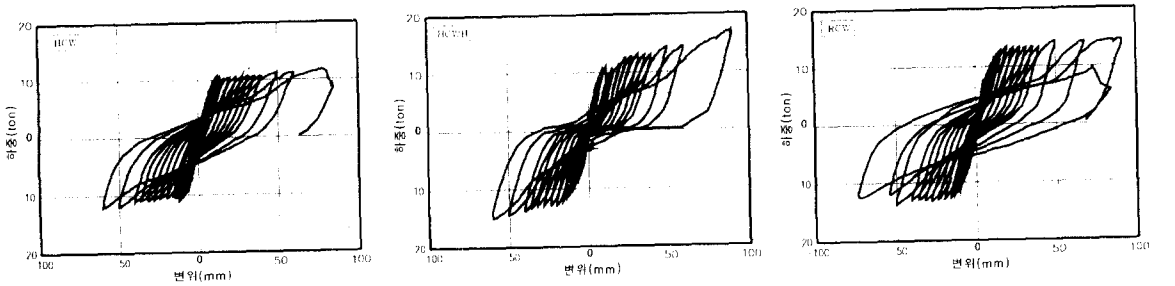

그림 4 각 실험체의 하중-변위 곡선

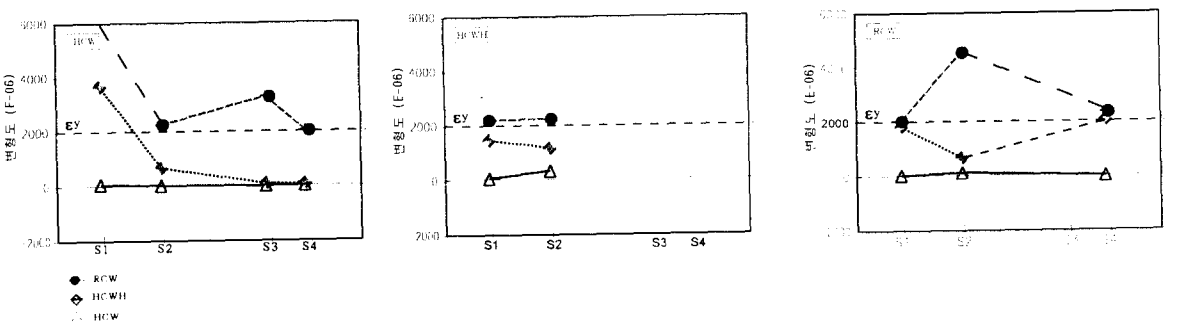

그림 5 수직철근의 변형분포

3.4 강도의 비교

각 실험체의 초기균열은 HCW 실험체가 3.5ton, HCWH 실험체가 4.9 ton, RCW 실험체가 3.5ton으로 나타나 후크가있는 HCWH 실험체의 초기균열강도가 다른 실험체에 비해 다소 큰 것으

로 나타났다.[표 3 참조] 이론식에 의해 계산된 결과에 대한 실험값은 HCWH 실험체를 제외한 모든 실험체가 1.0~1.03로 비교적 잘 일치하였고, HCWH 실험체는 1.4로 다소 큰 값을 나타내었다. 휨파괴강도는 HCW 실험체가 11.3ton, HCWH 실험체가 14.5ton, RCW실험체가 14.6ton으로 나타나, RCW 실험체를 기준으로 생각할 때 HCW 실험체는 80%로 다소 낮게 나타났으며, 수직철근에 후크를 둔 HCWH 실험체는 RCW 실험체와 동등한 값을 나타내어 유공내의 수직철근에 후크를 두면 일체타설 실험체와 동등하게 평가할 수 있을 것으로 판단된다. 또한, 벽체의 휨파괴 강도는 벽체에 등간격으로 배치된 수직철근이 있는 것으로 가정하여 유도된 아래식을 통하여 계산하였다. [ref.(2.3)]

$$M_u = 0.5A_s f_y l_w (1 + \frac{N_u}{A_s f_y})(1 - \frac{c}{l_w})$$

여기서, $\frac{c}{l_w} = \frac{\omega + \alpha}{2\omega + 0.85\beta}$

$$\omega = \frac{(A_s/(l_w h))f_y}{f_c'}$$

$$\alpha = \frac{N_u}{l_w h f_c'}$$

β : 콘크리트 등가응력블록 계수
As : 수직철근의 전체단면적
fy : 수직철근의 항복강도
lw : 벽체길이
Nu : 축력
h : 벽두께

표 3 강도의 비교

실험체명	휨균열강도(ton)			항복강도 (ton)	최대내력의 비교			
	실험값	계산값	실험값/계산값		실험값 $_eP_u$	계산값(ACI) $_mP_u$	$_eP_u/_mP_u$	내력비 P_u/P_{RCW}
HCW	3.5	3.5	1.0	8.5	11.3	9.5	1.2	0.8
HCWH	4.9	3.5	1.4	10.7	14.5	9.5	1.5	1
RCW	3.5	3.5	1.03	10.2	14.6	9.5	1.5	1

계산값과 실험값의 비교를 표 3에 나타내었으며, 실험값과 계산값의 비는 모든 실험체가 1.2~1.5로서 실험값 이상 회한 값을 보였다.

3.6 강성변화

각 싸이클별 강성은 그림 6에 나타내었다. 초기강성은 RCW, HCWH, HCW 실험체 순으로 크게 나타났지만 싸이클이 진행됨에 따라 PC 실험체들의 강성은 RC 실험

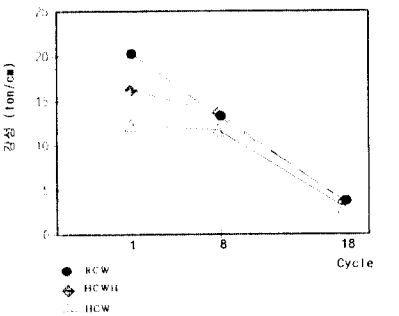

그림 6 강성변화

체의 강성과 명확한 차이가 나타나지 않았다.

4. 결 론

이상과 같은 실험을 통하여 다음과 같은 결론을 유도하였다.

(1) 전 실험체의 전반적인 이력거동은 수평접합부에서 휨에의한 들림(Rocking)으로 콘크리트의 압축파괴가 발생하였다.

(2) 각 실험체의 강도, 강성을 비교해 본 결과, RCW 실험체가 전반적으로 가장 높은 값을 보였으나, 강도의 경우, HCWH 실험체는 RCW 실험체의 99%의 내력을 보여 RCW실험체와 동등한 내력을 보였고, HCW 실험체는 RCW 실험체의 77%의 내력을 보여 주근에 후크를 둔 HCWH 실험체가 RCW 실험체에 근접한 것으로 나타났다. 또한, 강성은 실험초기에는 RCW 실험체가 가장크게 나타났지만, 결국 각 실험체들의 강성차이는 작은 것으로 나타났다.

(3) 항복변위에 대한 최대하중시의 변위로부터 구한 연성비는 RCW 실험체가 '9.3'으로 가장 높게 나타났고, HCW 실험체가 '6.19', HCWH 실험체가 '6.03'으로서 전 실험체 모두 New Zealand 규준의 전단벽에 요구되는 연성비 "4"를 상회하는 것으로 나타났다. 따라서, HCW 실험체가 HCWH 실험체보다 최대내력은 낮지만 보다 연성적인 거동을 보여, 강진에서의 변형능력은 다소 높을 것으로 판단된다.

(4) 등가에너지 원리를 이용하여 국내규준에서 정하고 있는 보강된 전단벽 구조의 반응 수정계수인 "3.0"에 대해 각 실험체의 연성을 평가한 결과, 요구되는 연성비 "5.0"에 비해 RCW 실험체가 '1.86배', HCW 실험체가 '1.24배', 그리고, HCWH 실험체가 '1.21배'의 값을 보여 전 실험체 모두 요구되는 연성비 "5.0"을 상회하는 것으로 나타났다.

감사의 글

본 연구는 한라건설 기술연구소의 지원 연구비에 의하여 수행된 것으로, 폐사당국의 지원에 감사하는 바이다.

● 참고문헌 ●

1. 건설부, "프리캐스트콘크리트 조립식건축 구조설계기준 및 해설", 1992.
2. 대한건축학회, "철근콘크리트 내력벽식 건축구조물 설계지침(안)", 1992.
3. ACI Committe 318,"Building Code Requirements for Reinforced Concrete(ACI 318-89)" American Concrete Institute, Detroit, 1989.
4. R. Park and T. Paulay, "Reinforced Concrete Structures",1993.
5. Huey, S. D. and Clarke, A, "Shear Strength of Horizontal Wall Panel Joints," PCI Journal, 1990.