

# PC 슬래브를 이용한 복합시스템 외부접합부의 반복하중에 대한 실험적 연구

## Experimental Study on External Joints of Hybrid System with PC Slab under Cyclic Loads

이 현 호\*      이 주 영\*\*      정 하 선\*\*\*

Lee, Hyun-Ho    Lee, Joo-Young    Jeung, Ha-Sun

---

### ABSTRACT

The purpose of this study is to investigate the external joints flexural behavior of hybrid system(RPC) which consist of precast concrete slabs and cast in site concrete walls. The external joint's specimens were prepared by types of joint detail and were tested under cyclic load which used yielding displacement. The results of external joints of hybrid system showed that the strength capacity of RPC is little different than RC and that the energy dissipation capacity of RPC is similar to RC.

---

#### 1. 서론

건설현장에 있어서 공기단축과 품질향상 그리고 안전사고를 방지하기 위해 PC 슬래브-현장타설벽체로 구성된 복합시스템을 개발하였다(그림 1 참고). 본 연구에서는 PC 슬래브와 현장타설벽체로 이루어진 외부접합부의 휨 반복하중실험을 통하여 접합부의 배근상세에 대한 이력능력을 평가하였다. 또한, 복합시스템의 평가와 더불어 재래공법에 의한 실험도 병행하여 복합시스템과 재래시스템과의 성능차이도 검토하였다. 따라서 본 연구의 목적은 에너지능력 즉, 내진성능이 우수한 복합시스템의 접합부를 개발하는 것이다.

#### 2. 실험

##### 2.1 실험체 계획 및 제작

외부접합부 반복하중 실험체는 총 5 개를 제작하였다. PC 슬래브-현장타설벽체 복합시스템의 실험체(이하 "RPC 실험체")는 접합부 상세에 따라 슬래브 철근을 하향배근한 기본 실험체 2 개, 상하향배근한 실험체 1 개, 루프바(Loop Bar)를 이용한 실험체 1 개로 구성되며, 재래공법의 RC 실험체(이하 "RC 실험체")는 1 개 이다(표 1 참고).

실험체의 제작은 A 사 PC 공장에서 하였으며, PC 슬래브를 먼저 타설한 후 양생한 다음 미리 조립한 거푸집위에 설치·타설하여 PC 슬래브-벽체 접합부를 일체화 시켰다.

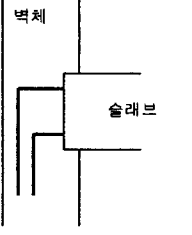
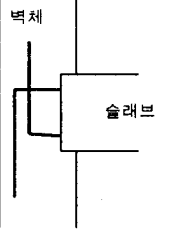
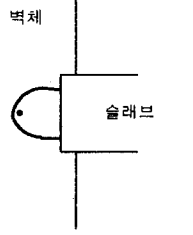
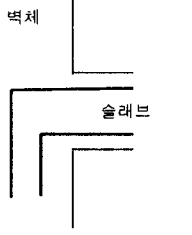
---

\*정회원, 현대건설(주) 기술연구소 선임연구원

\*\*현대건설(주) 기술연구소 연구원

\*\*\*정회원, 현대건설(주) 기술연구소 수석연구원, 공학박사

표 1 실험체 일람표

실험체명	e-RPC1a, e-RPC1b	e-RPC2	e-RPC3	e-RC
접합부상세				
슬래브	치수	700x1000	700x1000	700x1000
	배근	D10@150	D10@150	D10@150
	철근비	0.46	0.46	0.46
벽체	치수	532.5x700	532.5x700	532.5x700
	배근	D10@150	D10@150	D10@150
비고	벽체두께는 15cm, 슬래브 두께는 13.5cm, 콘크리트강도는 240 kg/cm <sup>2</sup> , 정착철근의 길이는 30cm			

2.2 재료성능

사용한 콘크리트의 재료성능은 표 2 와 같으며, 사용철근의 재료성능은 표 3 과 같다.

표 2 콘크리트의 재료성능

실험체	탄성계수 (kg/cm <sup>2</sup> )	압축강도 (kg/cm <sup>2</sup> )	인장강도 (kg/cm <sup>2</sup> )
슬래브	2.37x10 <sup>5</sup>	250	23
벽체	2.41x10 <sup>5</sup>	258	24

표 3 철근의 재료성능

철근종류	탄성계수 (kg/cm <sup>2</sup> )	항복강도 (kg/cm <sup>2</sup> )	인장강도 (kg/cm <sup>2</sup> )	연신율*
D10	2.12x 10 <sup>6</sup>	4,374	5,159	15%

\*표점거리:8db

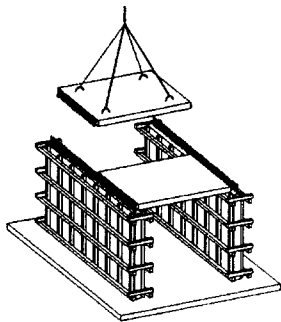


그림 1 시스템 개념도

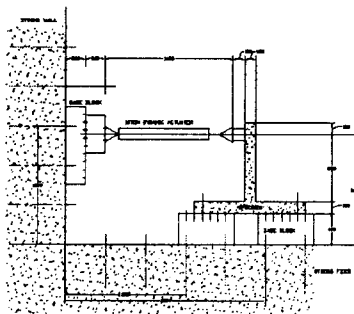


그림 2 실험체 가력상황

### 2.3 재하 및 측정방법

외부 접합부는 형상이 불안정하여 벽체를 바닥에 고정하여 실험하였다(그림 2 참조). 실험은 사전에 정의한 변위이력에 따라 10ton(이하 "t") 동적 Actuator를 사용하여 슬래브 상단을 가력하여 진행하였다. 실험과 동시에 슬래브의 변위는 3개의 LVDT로 측정하였고, 철근의 변형도는 콘크리트 타설전에 미리 철근에 부착한 6개의 Strain Gage로 측정하였다.

### 3. 실험결과

총 5개의 외부접합부 휨 반복하중실험결과는 표 4와 같다.

표 4 외부접합부 실험체의 실험결과

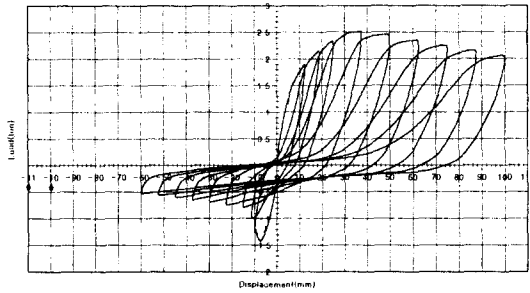
실험체명	방향	초기균열하중		항복하중		최대하중		연성 ( $\delta_u/\delta_y$ )
		하중 (ton)	변위 (mm)	하중 (ton)	변위 $\delta_y$ (mm)	하중 (ton)	변위 $\delta_u$ (mm)	
e-RPC1a	+	1.12	4.0	1.52	7.0	2.51	37.5	5.36
	-	0.94	3.0	1.15	4.5	1.42	7.9	1.76
e-RPC1b	+	1.10	2.1	2.03	7.2	2.80	37.3	5.18
	-	0.90	1.1	1.13	52.0	1.40	5.0	2.50
e-RPC2	+	1.12	3.4	1.55	5.4	2.28	22.4	4.15
	-	1.05	3.1	1.32	5.5	2.02	22.5	4.09
e-RPC3	+	0.62	1.4	1.46	6.7	1.84	22.5	3.36
	-	0.50	1.3	1.25	7.0	1.42	11.2	1.60
e-RC	+	1.46	2.0	2.4	8.5	3.00	97.2	11.43
	-	1.21	2.9	1.7	7.5	1.86	37.4	4.99

#### 3.1 실험결과

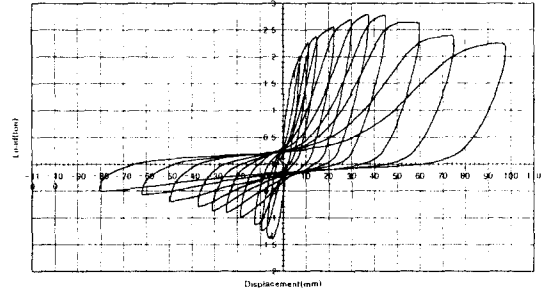
표 4에 외부접합부 실험체의 +사이클 및 -사이클에 대한 초기균열하중, 항복하중, 최대하중을 나타내었다. 초기균열은 RPC 실험체 및 RC 실험체 모두 1t을 전후해서 나타났으며, 항복하중은 RC 실험체가 2.4t, 슬래브 철근을 하향배근한 e-RPC1b는 2.03t, 그외는 1.5t을 전후해서 나타났다. 또한, 최대하중 역시 RC 실험체가 3.0t으로 제일 크게 나타났으며, e-RPC1b는 2.8t으로 RC 실험체와 유사한 결과를 나타내었다.

#### 3.2 하중-변위곡선

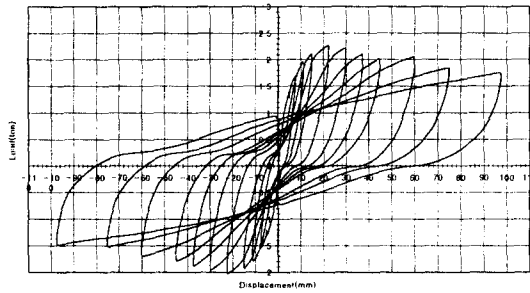
그림 3은 각 실험체의 하중-변위곡선을 나타내고 있다. 슬래브 철근이 하향배근된 e-RPC1a, e-RPC1b 실험체는 핀칭(Pinching)현상이 뚜렷하게 나타났으며, 또한 루프바를 배근한 e-RPC3 실험체 역시 핀칭현상이 나타났다. 그리고 RC 실험체 역시 하중 및 변위능력이 크지만 핀칭현상이 나타났다. 그러나 슬래브 철근이 상하향 배근된 e-RPC2는 하중-변위능력이 우수한 것으로 나타났다.



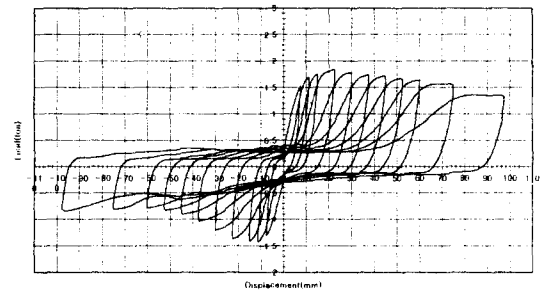
a) e-RPC1a 실험체



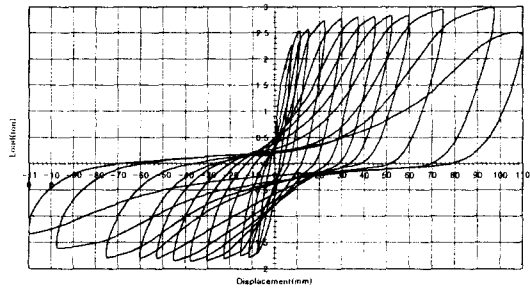
b) e-RPC1b 실험체



c) e-RPC2 실험체



d) e-RPC3 실험체



e) e-RC 실험체

그림 3 하중-변위곡선

### 3.3 균열진행상황

RPC 실험체의 초기 균열은 슬래브와 벽체의 경계면에서 발생하여 하중 및 변위의 증가에 따라 경계면의 응력집중에 의하여 균열이 진전되었으며, 철근의 항복이후 슬래브 내측으로 균열이 진전(Propagation)되었다. 그러나 루프바를 사용한 e-RPC3는 철근의 정착길이 부족으로 인하여 균열이 슬래브 내측으로 진전되지 못하고 접합부에 집중되어 파괴에 이르렀다.

#### 4. 실험체의 평가 및 비교

##### 4.1 강도의 비교

그림 4, 그림 5는 각 실험체 강도의 변화를 나타낸 것이다. 그림에서 보는 바와같이 RC 실험체(e-RC)가 전체적으로 높은 강도를 보였고 변형량도 크게 나타났다. 이에 비해 RPC 실험체는 조금 낮은 강도를 보였으며, 하중반전시 e-RPC2는 RC 실험체보다 높은 강도를 나타내었다. 실험체의 초기균열강도는 e-RC가 1.46t 인데 비해 e-RPC1a는 1.12t, e-RPC1b는 1.1t, e-RPC2는 1.12t, e-RPC3는 0.62t으로 나타나 RPC 실험체가 RC 실험체의 약 76%에 이르며, 루프바를 사용한 e-RPC3는 약 42%에 이르는 것을 알 수 있다. 항복강도에 대해서는 e-RC가 2.4t, e-RPC1a가 1.52t, e-RPC1b가 2.03t, e-RPC2가 1.55t, e-RPC3가 1.46t으로 나타나 RPC 실험체가 RC 실험체의 약 63%에 이르는 것을 알 수 있다. 최대강도는 e-RC가 3.0t으로 나타났으나, RPC 실험체인 e-RPC1a는 2.51t, e-RPC1b는 2.81t, e-RPC2는 2.28t, e-RPC3는 1.84t으로 나타나 각각 RC 실험체에 대하여 84%, 94%, 76%, 61%에 이르는 것을 알 수 있다.

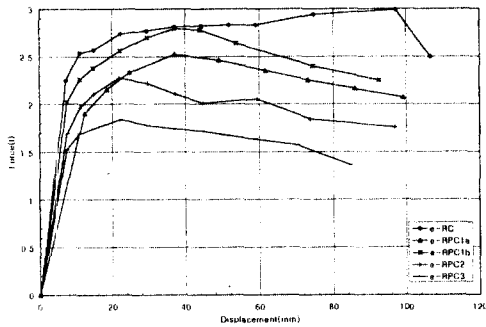


그림 4 실험체의 강도변화(+사이클)

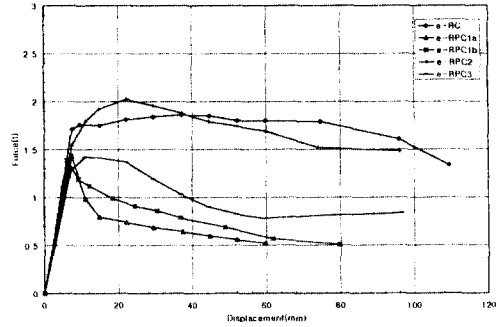


그림 5 실험체의 강도변화(-사이클)

##### 4.2 강성의 비교

각 실험체의 강성의 변화는 그림 6, 그림 7과 같다. 강성은 RC 실험체가 RPC 실험체에 비하여 전반적으로 다소 높게 나타났으나, 변위증가에 따라 그 차가 감소함을 알 수 있다. 하중반전후 강성의 경우에도 역시 RC 실험체가 다소 높게 나타났으나 e-RPC2가 변위 12mm 이후에는 거의 유사한 강성을 나타내고 있다.

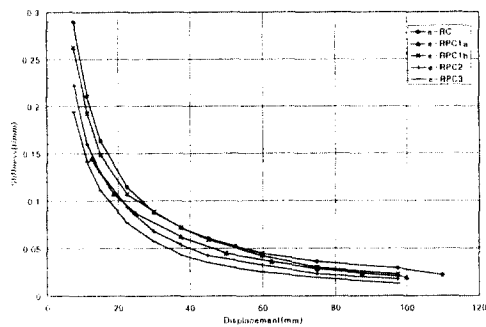


그림 6 실험체의 강성변화(+사이클)

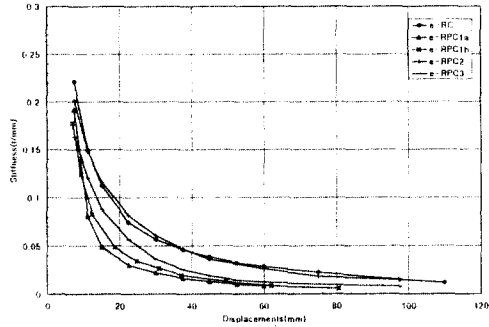


그림 7 실험체의 강성변화(-사이클)

### 4.3 연성능력

본 실험결과의 연성능력은 표 4의 결과를 이용하였으며, 여기서 연성비는 최대하중시의 변위에 대한 항복하중시의 변위로 정의한다. 비교결과 RC 실험체의 연성비는 11.43으로 나타났고, RPC 실험체인 e-RPC1a는 5.36, e-RPC1b는 5.18, e-RPC2는 4.15, e-RPC3는 3.36으로 각각 RC 실험체의 47%, 45%, 36%, 29%에 이르는 것을 알 수 있다. 하중반전후의 경우 대부분의 실험체의 연성이 +사이클의 경우의 약 40%정도에 미치나, e-RPC2의 경우는 유사한 값을 보이고 있다.

### 4.4 에너지 소산능력

그림 8, 그림 9는 각 실험체의 단계별 에너지 소산면적을 나타내고 있다. 각 단계별 에너지 소산능력은 변위 55mm까지 RC 실험체가 높게 나타났으나, 그 이후 RPC 실험체인 e-RPC2 실험체가 높게 나타남을 알 수 있다. 하중반전후의 경우 e-RPC2 실험체가 초기부터 약간 높은 값을 보이다가 45mm 이후에도 그 값이 뚜렷이 증가함을 알 수 있다.

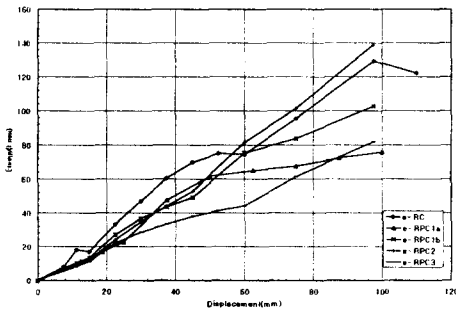


그림 8 실험체의 에너지 소산면적(+사이클)

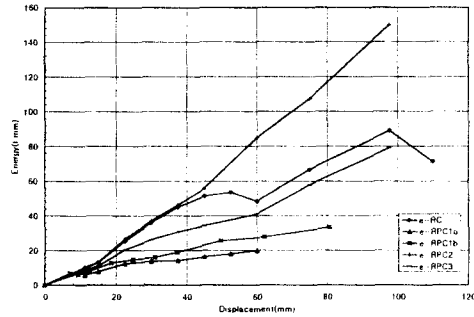


그림 9 실험체의 에너지 소산면적(-사이클)

## 5. 결론

PC 슬래브-현장타설벽체 복합시스템의 외부접합부 휨 반복하중 실험결과, 강도는 RC 실험체(e-RC)가 다소 높은 강도를 보였고 변형량도 크게 나타났으나, 하중반전후에는 e-RPC2가 RC 실험체와 유사한 강도를 보였다. 강성 역시 RC 실험체가 다소 높게 나타났으며, 하중반전후에는 e-RPC2도 RC 실험체와 거의 유사한 강성을 나타내었다. 에너지 소산능력도 전반적으로 RC 실험체가 크게 나타났으나 변위가 증가함에 따라 e-RPC2가 뚜렷하게 증가함을 알 수 있다. 연성능력은 RPC 실험체가 RC 실험체보다 낮은 것으로 나타났다.

이와같은 실험결과를 볼 때, RPC 실험체 외부접합부의 강도와 강성을 RC 실험체와 거의 유사한 것으로 나타났으며, 특히 슬래브 철근을 벽체에 상하향배근한 e-RPC2 실험체는 다른 실험체에 비해 에너지 소산능력이 우수한 것으로 나타났다.

### 참고문헌

1. “고층아파트 대형 콘크리트 판빌구조 시스템 개발에 관한 연구”, 현대건설주식회사외, 1992
2. “PC 슬래브-현장타설벽체 복합시스템 개발”, 대한주택공사, 현대건설주식회사, 1995
3. Park, R., & Ruitong, D., “Ductility of Doubly Reinforced Concrete Beam Section”, ACI Structural Journal, Vol. 85, No. 2, 1988, pp 217-225