

# 하프 PC판과 후타설콘크리트 접합면의 면내전단강도에 관한 실험적 연구

## An Experimental Study on In-Plane Shear Strength of the Interface between Half PC Plate and Cast-in-Place Concrete Plate

신동원\*                      고만영 \*\*                      이동우 \*\*\*                      김용부 \*\*\*\*  
Shin, Dong Won              Go, Man Young              Lee, Dong Woo              Kim, Yong Bu

---

### ABSTRACT

In Half Precast Concrete Method, such as composite slab and composite wall, Interface between half PC plate and cast-in-place concrete is occurred. And this interface endure lastly in-plane shear which is occurred by external force. Therefore, test was executed to study in-plane shear strength of interface between half PC plate and cast-in-place concrete. In this test, Experimental parameters are finishing condition of the interface, cohesion of concrete, existence and nonexistence of re-bar truss, and angle and direction of lattice of re-bar truss. Comparing and analyzing experimental results, conclusions are obtained as follows.

- (1) In-plane shear strength of wide interface in composite plate is more affected by the roughness of interface than re-bar truss. And cohesion of concrete contribute to increasing in-plane shear strength. Therefore it seems that the interface should be roughen and kept clean to improve in-plane shear strength.
- (2) It seems that shear friction equation in ACI code can be safely available for design of in-plane shear of composite plate.

---

### 1. 서 론

PC공법은 현장의 노동력을 절감하고 공사기간을 단축할 수 있으며 작업효율이 높고 고품질화와 안전시공이 가능하여 주택의 대량공급에 각광을 받았다. 그러나 PC공법에 대한 소비자의 거부감과 접합부의 일체거동에 대한 구조적인 문제로 인한 법적제한(15층 이하), 공사비의 상승 등으로 인해 PC공

---

\* 정희원, (주) 세진구조안전기술사사무소 사원

\*\* 정희원, 성균관대학교 건축공학과 박사과정 수료

\*\*\* 정희원, 신원구조기술사사무소 소장

\*\*\*\* 정희원, 성균관대학교 건축공학과 교수

사 물량이 점차적으로 감소하였다. 이러한 변화에 따라 연구 또한 PC공법에 대한 단점을 보완하는 부분 PC공법(또는 복합화공법)의 형태로 진행되고 있다.

부분 PC공법에는 합성바닥판(하프 슬래브), 합성벽체, 합성보 등이 있다. 이러한 부분 PC공법은 각 부재 단면의 일부분만을 PC화하고 나머지 단면은 현장에서 콘크리트를 타설하여 일체화시키므로 하프 PC판과 후타설콘크리트 사이에 접합면이 생기게 되며, 이 접합면은 부재의 거동에 있어서 가장 취약한 부분이 된다. 그러므로 합성부재가 일체성을 확보하여 단일한 구조부재로서 거동하기 위해서는 작용하는 면내전단력( $V_u$ ) 이상으로 접합면의 면내전단내력( $V_n$ )을 확보하여 외력에 대하여 접합면이 먼저 파괴되지 않도록 방지하여야 한다.

이에 본 연구에서는 충분한 면내전단강도가 요구되는 합성판의 접합면에 대하여 트러스근 보강방법을 중심으로 접합면의 마감상태, 콘크리트 부착력 유무, 트러스근의 유무 및 형상이 합성판 접합면의 면내전단강도에 미치는 영향을 실험을 통하여 분석하고, 실험결과와 전단마찰이론에 의한 결과를 상호 비교분석하여 부분 PC공법으로 이루어진 합성판 접합면의 면내전단강도에 대하여 연구하고자 한다.

## 2. 실험

시험체는 접합면을 거칠게 처리하여 트러스근을 보강한 방법을 중심으로 접합면의 마감상태, 콘크리트의 부착력, 트러스근의 유무, 그리고 트러스근의 래티스 각도와 방향을 변수로 하였으며, 그 종류는 표 1과 같다.

표 1 시험체의 종류 (콘크리트 압축강도 단위 :  $\text{kg/cm}^2$ )

시험체명	변 수	트러스근 형태	래티스근 각도	접합면 상태	하프 PC판 평균압축강도	후타설콘크리트 평균압축강도	비 고
RAA-1.2	콘크리트의 면내전단	-	-	매끄러운 면	290.6	356	단순가력
RAB-1.2				거친 면			
KBA-1.2	접합면의 마감상태	카이저 트러스근	42°	매끄러운 면 + 박리제	306.7	195	
KBB-1.2				거친 면 + 박리제			
KBC-1.2				매끄러운 면	284.3		
KBD-1.2				거친 면			
KCA-1.2	래티스근 각도	래티스근의 각도 변형	65°	거친 면	275.3	195	
KCB-1.2			90°				
MDA-1.2	래티스근 방향	래티스근의 방향 변경	42°	거친 면	377.0	195	
MDB-1.2			138°				

시험체에 사용된 트러스근의 상부근은  $\phi 12$ , 하부근은  $\phi 8$ , 래티스근은  $\phi 6$ 이다. 시험체 종류별 트러스근의 형태는 그림 1과 같고, MDA시험체의 래티스근은 인장만을 받고 MDB시험체의 래티스근은 압축만을 받게 제작하였다. 하프 PC판의 콘크리트 배합설계강도는  $270\text{kg/cm}^2$ , 후타설콘크리트의 배합설계강도는  $240\text{kg/cm}^2$ 으로 하였으나 표 1에서 보는 바와 같이 두번에 걸쳐 타설한 후타설콘크리트의 평균압축강도가 상당히 차이가 났다.

시험체의 형태는 직접전단을 받을 수 있도록 그림 2와 같이 제작하였으며, RAA와 RAB시험체를 제외한 모든 시험체의 후타설콘크리트부분 중앙에는 시험체 종류에 따라 그림 1과 같은 트러스근을 양

쪽에 각각 하나씩 수직방향으로 배근하였다. 후타설콘크리트부분은 하프 PC판을 타설하고 7일후에 타설하여 접합하였으며, 실험은 후타설콘크리트를 타설하고 28일 후에 실시하였다. 시험체는 실험을 실시하기 위하여 그림 2와 같이 설치하였으며 실험시 시험체의 편심을 줄이기 위해 반력형강 위에 시멘트 모르타르를 얇게 깔았다. 그리고 단순가력시 래티스근의 변형과 접합부의 미끄러짐과 벌어짐을 측정하기 위하여 스트레인 게이지와 LVDT를 각각 설치하였다.

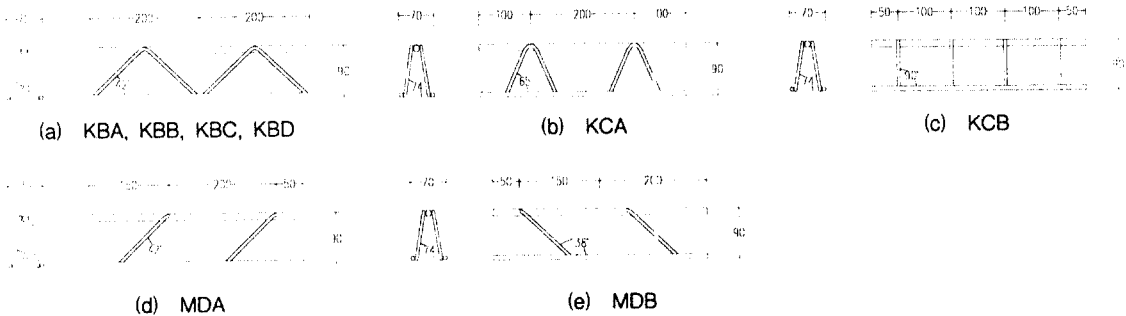


그림 1 트러스근의 형태

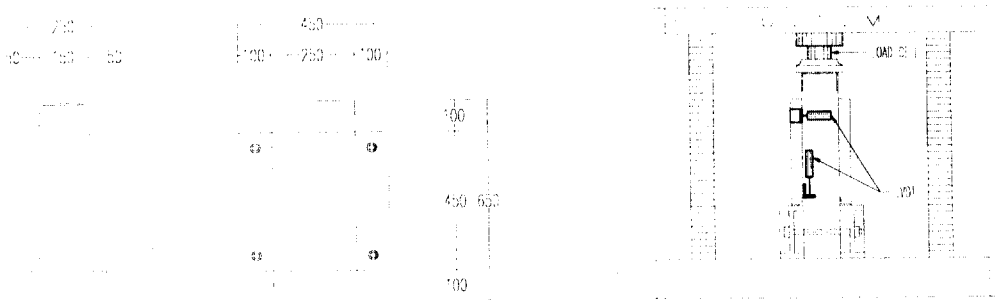


그림 2 시험체의 형태 및 가력상황

### 3 전단마찰 이론

전단마찰이론은 Birkeland가 제안하고 Mast와 Mattock이 실험으로 입증한 이론으로서 대부분의 접합부 이론의 기본이 되고 있다. 전단마찰이론을 간략히 설명하면, 서로 다른 재료의 접합부나 시간차를 두고 타설된 콘크리트의 접합부에 면내전단력이 작용하면 취약한 부분을 따라 균열이나 미끄러짐이 발생하므로써 균열이나 전단면에 가로질러 보강된 철근에 인장력이 유발되고, 이 힘은 상대적으로 균열로 인해 분리된 두 개의 콘크리트에 압축력을 가하는 결과가 되며, 이 압축력이 균열면에서 콘크리트의 마찰계수  $\mu$ 와 상승작용을 하여 전단력에 저항한다는 이론이다.

(1) ACI규준 - 전단마찰 보강근이 전단면과  $\alpha_f$ 의 각도로 경사져 있을 때 전단강도  $V_n$

$$V_n = A_{vf} f_y (\mu \sin \alpha_f + \cos \alpha_f)$$

여기서  $\mu$ 는 콘크리트 면을 거칠게 처리한 경우  $1.0\lambda$ , 거칠게 처리하지 않은 경우  $0.6\lambda$ 이다.

(2) PCI규준 - 전단면에 수직하게 전단마찰근이 배근되었을 때 전단강도  $V_u$

$$V_u = \phi \mu_e A_{vf} f_y \quad \mu_e = \frac{1000 \lambda A_{cr} \mu}{V_u}$$

$\lambda$  : 보통콘크리트 (1.0), 모래-경량콘크리트 (0.85), 경량콘크리트 (0.75)

(3) Mattock의 제안식

$$v_u = 0.8 \rho_v f_y + 28 \quad \mu_e = \frac{0.8 v_u}{v_u - 28} = \frac{28}{\rho_v f_y} + 0.8 \quad (\text{kg/cm}^2)$$

#### 4. 실험결과 및 고찰

면내전단실험을 실시한 결과 최대하중을 접합면의 면적으로 나눈 면내전단응력은 표 2와 같다. 실험치와 비교하기 위한 이론치는 ACI규준에 있는 전단마찰식에 의해 인장력을 받는 래티스근만을 산정하였고, 실험을 통하여 얻은 결과는 다음과 같다.

표 4.1 면내전단 실험결과

시험체명	평균최대하중 (ton)	평균면내전단강도 (kg/cm <sup>2</sup> )	이론치 - ACI 규준 (kg/cm <sup>2</sup> )	실험 / 이론	비 고
RAA-1.2	7.90	3.95	-	-	매끄러운 면, 트러스근 무
RAB-1.2	28.05	14.03	-	-	거친 면, 트러스근 무
KBA-1.2	17.25	8.63	5.18	1.67	매끄러운 면 + 박리제
KBB-1.2	26.0	13.00	6.39	2.03	거친 면 + 박리제
KBC-1.2	21.65	10.83	5.18	2.09	매끄러운 면
KBD-1.2	36.10	18.05	6.39	2.82	거친 면
KCA-1.2	25.40	12.70	6.01	2.01	래티스근 각도 65°
KCB-1.2	33.75	16.88	9.05	1.87	래티스근 각도 90°
MDA-1.2	32.05	16.03	6.39	2.51	인장축 래티스근만 존재
MDB-1.2	20.80	10.40	-	-	압축축 래티스근만 존재

(1) 접합면의 마감상태에 의한 영향 - 합성판과 같이 접합면이 넓은 경우, 트러스근보다는 콘크리트의 표면처리가 면내전단강도에 있어서 더 큰 영향을 미쳤다. 따라서 면내전단강도를 향상시키기 위해서는 콘크리트의 접합면을 거칠게 처리하는 것이 중요하다고 판단된다. (그림 3 참조)

(2) 트러스근의 유무에 의한 영향 - 트러스근은 접합면이 거친 경우보다 매끄러운 경우 면내전단강도 향상에 더 큰 효과를 나타냈다. 트러스근이 없을 때는 최대하중에서 예고없이 갑작스런 취성과파괴를 일으켰으나, 트러스근이 보강된 시험체는 최대하중 이후에도 미끄러짐과 벌어짐이 점진적으로 계속되는 연성파괴를 일으켰다. 따라서 큰 연성능력이 요구되는 곳에는 트러스근으로 보강하는 것이 바람직하다고 판단된다. (그림 4 참조)

(3) 콘크리트 부착력 유무에 의한 영향 - 콘크리트의 부착력이 설계시에는 무시되지만 실제 접합면에서는 면내전단강도의 증가에 상당한 기여를 하였으며, 특히 접합면이 매끄러울 때 보다는 거칠 때가 콘크리트의 부착효과가 더 컸다. 따라서 접합면을 거칠게 처리하고 청결을 유지하여 콘크리트의 부착력을 확보하는 것이 면내전단강도의 성능을 유지하는데 중요하다고 판단된다. (그림 5 참조)

(4) 트러스근의 래티스 각도와 방향에 의한 영향 - 압축을 받는 래티스근의 영향을 무시하였을 경

우 래티스근의 각도가 작을수록 면내전단강도가 증가하였다. 또 인장축 래티스근만 있는 트러스근의 경우에는 압축축 인장축 래티스근이 모두 있는 트러스근의 경우와 비슷한 면내전단강도를 나타내었고, 압축축 래티스근만 있는 트러스근의 경우는 트러스근이 보강되지 않은 경우와 비슷한 면내전단강도를 나타내었다. 따라서 접합면과 이루는 래티스근의 각도가 45° 에 가까울수록 면내전단강도를 증가시킬 수 있으며, 압축을 받는 래티스근은 면내전단강도에 미치는 영향이 미소한 것으로 판단된다.

(5) 표 2에서 보는 바와 같이, ACI 규준에 있는 전단마찰식을 이용하여 얻은 이론치(압축을 받는 래티스근 무시) 보다 실험치가 더 큰 결과를 얻었다. 이것은 ACI 규준에 있는 전단마찰식은 보강재의 다우웰 작용과 전단균열면의 돌출에 의한 전단강도, 그리고 콘크리트의 부착력을 안전여유로 생각한 설계식으로 볼 수 있으며, 하프 PC판과 후타설콘크리트 접합부의 면내전단 설계에 안전하게 사용될 수 있다고 판단된다. (그림 6 참조)

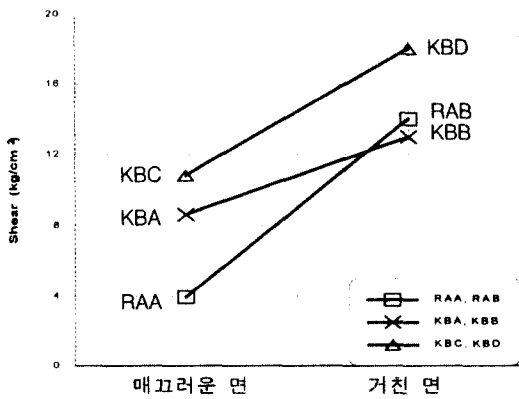


그림 3 접합면의 마감상태에 의한 면내전단강도

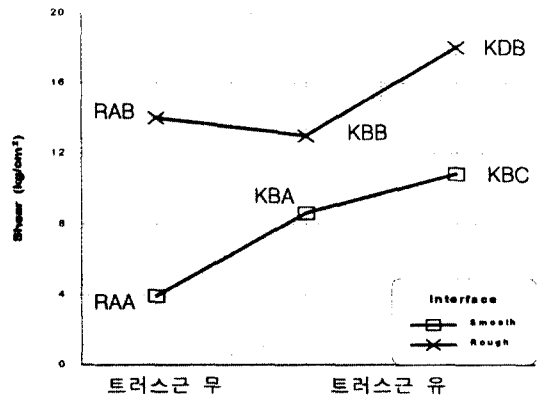


그림 4 트러스근의 유무에 의한 면내전단강도

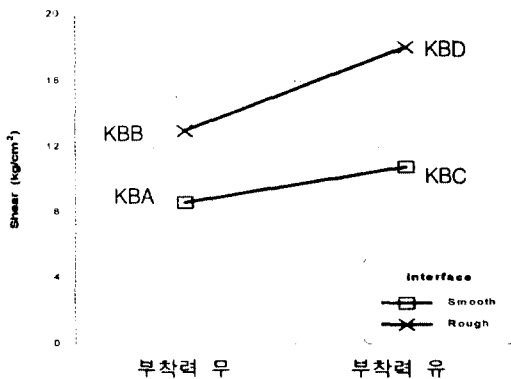


그림 5 콘크리트의 부착력 유무에 의한 면내전단강도

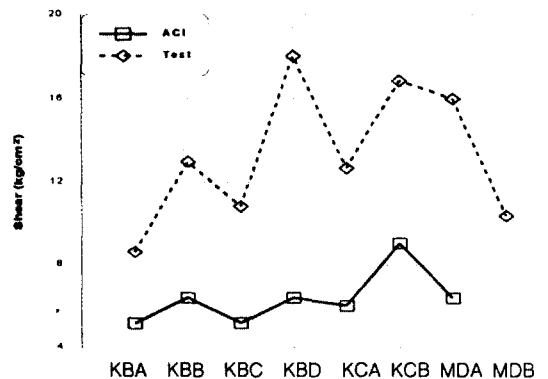


그림 6 전단마찰식에 의한 이론치와 실험결과치의 비교

## 5. 결 론

하프 PC판과 후타설콘크리트의 접합면에 외력이 작용하여 전단력이 발생할 때 접합면의 면내전단 강도에 영향을 미치는 주요 요인들을 변수로 설정하여 실험을 실시하고, 이에 따른 면내전단 실험결과

를 분석 검토하여 하프 PC판과 후타설콘크리트 사이 접합면의 면내전단강도에 대하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

(1) 합성판과 같은 접합면에 대하여 면내전단강도를 향상시키기 위해서는 콘크리트의 표면을 거칠게 처리하고 부착될 접합면의 청결을 유지하여 콘크리트의 부착력을 확보하는 것이 가장 중요하다고 판단된다.

(2) 래티스근의 각도는 45° 에 가까울수록 면내전단강도가 증가하며 현재의 카이저트러스근 형태가 면내전단강도의 향상 및 시공성과 트러스근의 제작에도 적절하다고 생각된다. 그리고 트러스근은 면내전단강도의 향상에도 기여를 하지만 최대하중 이후 접합면의 갑작스런 취성과파괴를 방지하므로 큰 연성능력이 요구되는 곳에는 트러스근을 보강하는 것이 바람직하다.

(3) ACI 규준에 있는 전단마찰식은 보강재의 다우웰 작용과 전단균열면의 돌출에 의한 전단강도, 그리고 콘크리트의 부착력을 안전여유로 생각한 설계식으로 볼 수 있으며, 합성판이 트러스근으로 보강되어 있을 경우 하프 PC판과 후타설콘크리트 접합면의 면내전단 설계에 안전하게 사용될 수 있다고 판단된다(단, 압축을 받는 래티스근 무시).

## ● 참고 문헌 ●

1. 김상식, "철근콘크리트 구조설계," 문운당, 1996. 1.
2. 한국건설기술연구원, "초고층 건물 바닥판 구조의 조립화에 관한 연구," 1992. 12.
3. 청구기술연구소, "복합화 PC공법의 내진성능에 관한 연구," 1994. 6.
4. 고만영, "하프슬래브의 구조성능에 관한 실험적 연구," 성균관대학교 석사학위논문, 1994. 2.
5. 신동원, "하프PC판과 후타설콘크리트 접합면의 면내전단강도에 관한 실험적 연구," 성균관대학교 석사학위논문, 1995. 2.
6. A.H.Nilson and G.Winter, "Design of Concrete Structures," 11th Edition, 1991.
7. C.K.Wang and C.G.Salmon, "Reinforced Concrete Design - 5th Edition," 1992.
8. R.Park and T.Paulay, "Reinforced Concrete Structures," 1975.
9. A.H.Mattock, "Shear Transfer in Concrete Having Reinforcement at an Angle to the Shear Plane," Special Publication, SP-42, American Concrete Institute, Detroit, 1974.
10. T.T.C.Hsu, S.T.Mau, and B.Chen, "Theory of Shear Transfer Strength of Reinforced Concrete," ACI Structural Journal, 1987. 3-4, pp.149 - 160.