

내부 포스트 텐션 플랫 플레이트 슬래브 기둥 접합부의 이력거동

Cyclic Behavior of Interior Joints in Post Tensioned Flat Plate Slab Systems

기 성 훈^{*} 한 상 환^{**} 하 상 수^{***} 이 리 형^{****}

Kee, Seong Hoon Han, Sang Whan Ha, Sang-Su Lee, Li Hyung

Abstract

In general, post tensioned (PT) flat plate slab systems have been used as a Gravity Load Resisting System (GLRS) in buildings. Thus, these systems should be constructed with Lateral Force Resisting Systems (LFRS) such as shear walls and moment resisting frames. When lateral loads such as winds or earthquakes occur, lateral load resisting systems undergo displacement by which connected gravity systems experience lateral displacement. Therefore, GLRS should have some lateral displacement capacity in order to hold gravity loads under severe earthquakes and winds. Since there are the limited number of researches on PT flat plate slab systems, the behavior of the systems have not been well defined. This study investigated the cyclic behavior of post tensioned flat plate slab systems. For this purpose, an experimental test was carried out using 4 interior PT flat plate slab-column specimens. All specimens have bottom reinforcement in the slab around the slab-column connection. Test variables of this experimental study are vertical load level and tendon distribution patterns.

1. 서론

플랫 플레이트 슬래브 시스템은 보가 없는 2방향 슬래브와 기둥을 가진 시스템으로 현행 기준⁽¹⁾에서는 휨으로 하중을 저항하는 모멘트 골조로 분류된다. 특히, 특별한 상세조건을 만족하게 되면 중간 모멘트 연성골조로 사용할 수 있다 (ACI 318-02 sec 21.12.6). 이 시스템은 충고 절감, 유연한 평면의 실현, 공사 시간 및 비용의 절약 등의 장점이 있다. 포스트 텐션 플랫 플레이트 슬래브(PT 플랫 플레이트 슬래브)는 이러한 플랫 플레이트의 장점에 균열 및 처짐 제어, 보다 넓은 경간 확보 등의 포스트 텐션(PT)의 특성이 추가되어 더욱 효율적인 시스템이 될 수 있다.

기존 연구자들에 의하여 수행된 PT 플랫 플레이트에 관한 연구는 주로 수직하중에 대한 것으로, 횡하중에 대한 연구 결과는 많지 않다. 특히 반복 횡하중에 대한 실험적 연구는 매우 제한적이다. 결과적으로 PT 슬래브-기둥 접합부의 이력 거동이 제대로 평가되고 있지 않으며, 이력 거동의 특성이 기준에 제대로 반영되어 있지 못하고 있다. 특히 현행 기준⁽¹⁾에서는 강선의 배치의 따른 영향, 중력 전단 강도비의 영향, 및 하부 철근의 배치에 관한 사항에 대한 명확한 기준을 제시하고 있지 못하고 있다. 따라서 본 연구에서는 중력 하중과 텐돈 배치를 변수로 4개의 내부 PT 플랫 플레이트 슬래브-기둥접합부 실험체를 가지고 실험적 연구를 진행하였다. 본 연구를 통하여 중력하중 및 횡변위가 발생하였을 때 비부착 PT가 적용된

* 정회원, 한양대학교 건축공학과 석사과정

** 정회원, 한양대학교 건축공학과 부교수, 공학박사

*** 정회원, 한양대학교 STRESS 센터 연구 조교수, 공학박사

**** 정회원, 한양대학교 건축공학과 교수, 공학박사

본 연구는 2004년 건설기술연구개발사업(과제번호:03산학연 B01-01) 지원으로 수행된 연구결과의 일부임.

슬래브 기둥 접합부의 이력 거동을 평가하였다. 특히 본 연구에서는 모든 실험체의 접합부 주변에 ACI-ASCE 352⁽²⁾에서 RC 플랫 플레이트 슬래브를 위하여 제안한 바닥철근을 배근하였다.

2. 실험체 계획, 설치 및 측정 장치

실험체의 계획은 그림 1의 중력 저항 시스템으로 PT 플랫 플레이트로 설계되고 횡력 저항 시스템으로 보통 콘크리트 전단벽으로 설계된 대상 건물을 바탕으로 실시되었다. 실험체 계획에 대한 보다 상세한 내용은 참고문헌 3에 자세히 언급되어 있다. 실험체의 설치 및 측정 장치는 그림 2에서 표현되어 있으며 중력하중은 유압잭과 하중 블록을 이용하여 묘사하였으며, 횡변위는 그림 2에서 나타나있는 가력 장치를 이용하여 변형각(Drift) 0.2%에서 6.0%까지 변위 제어를 통하여 유사 정적 반복 하중 이력(Quasi Static Reversal Loading History)을 적용하였다. 실험체의 배근 상황은 그림 3에서 묘사되어 있으며 표1에서 실험체 상세가 정리되어 있다.

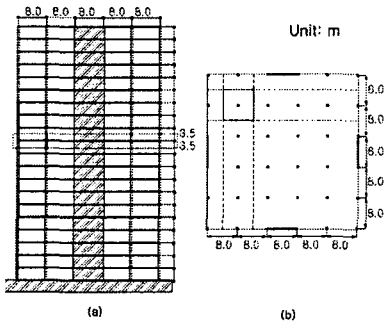


그림 1. 대상건물; (a) 입면, (b) 평면

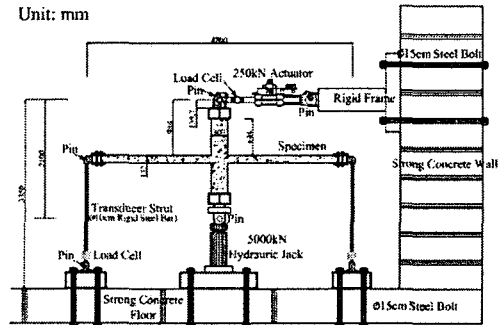


그림 2. 실험체 설치 상황 (단면)

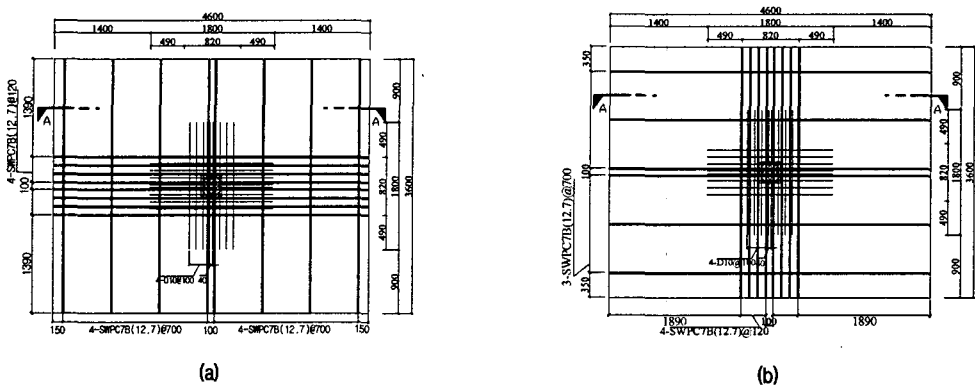


그림 3. 실험체 평면: (a) PI-B series, (b) PI-D Series

표 1. 실험체 상세

Mark	c ₁ mm	c ₂ mm	h mm	d _{ave} mm	ρ _t %	ρ _b %	H _c mm	f _{pu} MPa	f _y MPa	f _{ck} MPa	f _{pc} MPa	V _g kN
PI-B50 [†]	300	300	132	110	0.61	0.81	2100	1951	576	32.3	1.21	132.3
PI-B30	300	300	132	110	0.61	0.81	2100	1951	576	32.3	1.21	80.0
PI-D50	300	300	132	110	0.61	0.81	2100	1951	576	32.3	1.21	132.3
PI-D30	300	300	132	110	0.61	0.81	2100	1951	576	32.3	1.21	80.0

Note: c₁=가력 방향에 평행한 방향의 기둥 치수, c₂=가력 방향과 수직인 방향의 기둥 치수, h=슬래브 두께, d_{ave}=슬래브의 평균 유효층, ρ_t=유효층내에 배치된 상부철근비, ρ_b=기둥내에 배치된 하부철근비, H_c=층간 거리, f_{pu}=강연선의 극한 인장 강도, f_y=철근의 공칭 인장 강도, f_{ck}=콘크리트의 28일 압축 강도, f_{pc}=프리스트레싱 긴장력에 의해 콘크리트에서 작용된 압축응력.

3. 실험 결과 및 분석

3.1 실험체 거동 및 최종 파괴 상황

그림 5에서 실험체의 하중 변위 곡선이 정리 되어 있다. 그림5 에는 θ_y (항복변형각)와 θ_{max} (최대변형각), 최대 강도(P_{max})가 각각 표시되어 있으며, 내부 실험체의 단면이 대칭되어 있기 때문에 실험 결과값은 정가력시만 표시하였다. 이때 θ_y 와 θ_{max} 는 그림 4에서 정의된 것과 같이 구하였다. 모든 실험체의 최종 파괴 모드는 전단에 의해 지배되었다.

3.2 철근의 변형율

그림 6에서 변형각에 따른 하부 철근의 변형율의 변화를 표현하였다. 변형각이 커짐에 따라 하부 철근에서 인장응력이 작용하였으며 그 크기가 증가하였고, 변형각 2.7%에서 3.0%에서 항복하는 것으로 나타났다.

3.3 강도

그림 7에서 실험체의 전단 강도를 기존 연구자들의 결과와 함께 표현 하였다. 강도 평가는 기준에서 제공된 편심 전단 응력 모델에 근거한 식 (1)을 통하여 수행하였으며, 일반 철근 콘크리트의 강도에 대한 식인 식 (2)와 프리스트레스에 의한 효과가 고려된 식 (3)과 각각 비교 하였다.

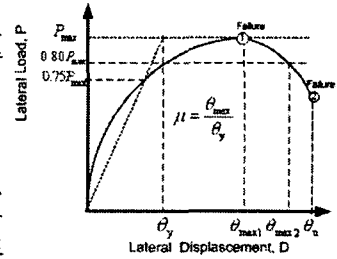


그림 4. 항복 및 최대 변형각

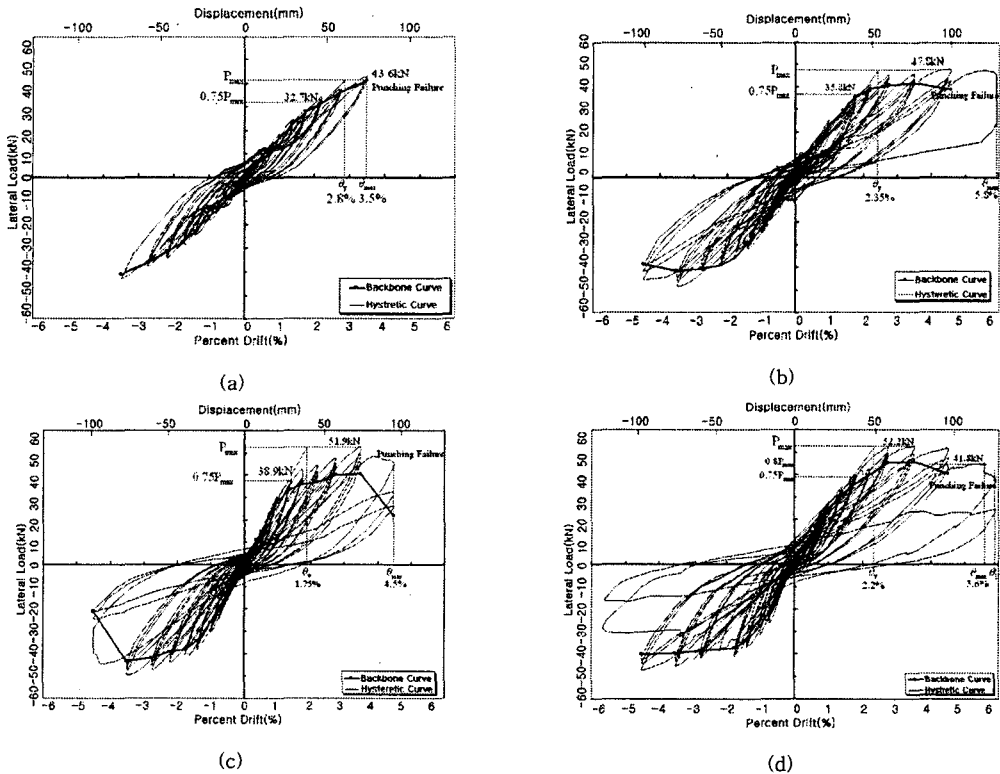


그림 5. 실험체의 하중 변위 곡선: (a) PI-B50;(b)PI-B30;(c)PI-D50;(d)PI-D30.

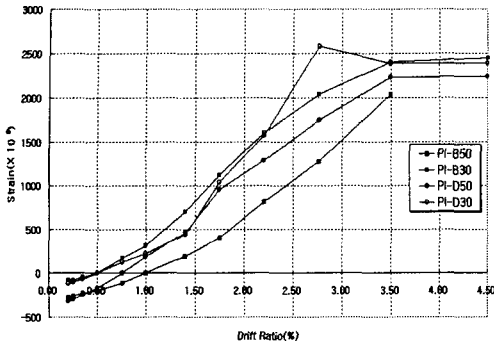


그림 6. 변형각에 따른 하부 철근의 변형율의 변화

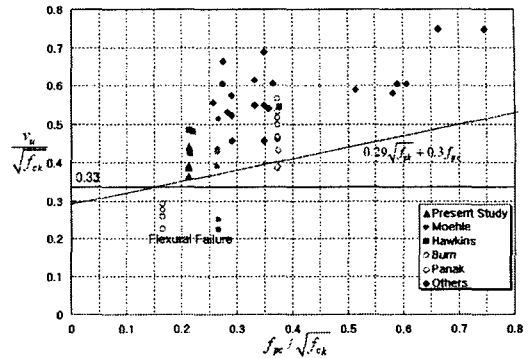


그림 7. 횡변위가 발생한 실험체에 대한 강도식 비교

$$v_u = \frac{V_g}{b_o d} \pm \frac{\gamma_u M_u c}{J} \quad (1)$$

$$v_c = 0.33 \sqrt{f_{ck}} \text{ (MPa)}, v_c = 0.33 \sqrt{f_{ck}} \text{ (Psi)} \quad (2)$$

$$v_c = (\beta_p \sqrt{f_{ck}} + 0.3 f_{ck}) + \frac{V_g}{b_o d} \quad (3)$$

여기서, v_u =전단 응력, V_g =수직하중으로 발생한 직접 전단력, b_o =전단 위험 단면의 둘레 길이, M_u =불균형 모멘트, J =단면 비틀림 계수, c =위험단면의 중심에서 응력이 작용하는 지점까지 거리, β_p 는 0.29와 $\alpha_s d/b_o + 1.5$ 중 작은 값을 의미한다.

4. 결론

- 1) 중력 하중의 크기는 PT 플랫 플레이트의 횡력에 대한 거동에 영향을 주는 것으로 나타났다. 중력하중이 클수록 실험체의 횡변형 저항 성능은 작게 나타났다.
- 2) 강선의 배치는 PT 플랫 플레이트의 횡력에 대한 거동에 영향을 주는 것으로 나타났다. 강선의 배치가 분산 배치된 실험체는 에너지 소산율이 높게 측정되었고, 집중 배치된 실험체보다 비교하여 높은 소성율을 나타내었으며, 중력하중이 큰 경우 횡변위 저항 성능도 좋게 나타났다.
- 3) 본 연구에서는 ACI-ASCE 352따라 하부철근을 배근 하였는데, 횡하중이 작용하였을 때의 항복 시점은 변형각 2.75~3.0%에서 발생하는 것으로 나타났기 때문에 하부 철근은 중력 저항 시스템의 내진 성능 향상이 크게 기여하지 않는 것으로 나타났다.

참고문헌

1. ACI Committee 318, "Building Code Requirements for Reinforced Concrete(ACI 318-02)," American Concrete Institute, Detroit, 2002.
2. ACI-ASCE Committee 352, "Recommendation for Design of Slab-Column Connection in Monolithic Reinforced Concrete Structure", Structural Journal, V85, No.6 ,1988, pp 675-696.
3. 기성훈, 하상수, 한상환, 이리형, "수직하중 및 횡하중의 영향을 받는 포스트 텐션 플랫 플레이트 내부 접합부의 횡변형 능력에 관한 실험적 연구" 대한건축학회 추계학술발표대회 논문집, 24권 제2호, 2004. 10, pp 187~190