

포스트 텐션 플랫 플레이트 외부 접합부의 이력 거동

Cycle Behavior of Exterior Joint of Flat Plate Slab and Column

조 증* 하 상 수** 한 상 환*** 이 리 형***
Cho, Jong Ha, Sang Su Han, Sang Whan Lee, Li-Hyung

ABSTRACT

The purpose of this research was focused on substantiating an effects of tendon-layouts and compressed stress(= f_{pc}) induced by post-tensioning on seismic performance of post-tensioned flat plate slab-column connection designed as non-participating system. To accomplish this purpose, an experimental research of flat plate exterior slab-column connections subjected to gravity load and reversed lateral displacement history are presented.

As a result, tendon-layout is a main variable to influence failure mechanism, dissipated energy and lateral deformation capacity. Furthermore, compressed stress(= f_{pc}) induced by post-tensioning enhanced the seismic performance of flat plate slab.

Keywords : Post-Tension, Flat Plate, Exterior Connection, Seismic behavior

1. 서론

플랫 플레이트 외부 접합부는 비대칭적인 기하학적 특성에 따라 3차원 응력 분포가 포함된 복잡한 거동적 특성을 나타내고 있다. 기존의 연구자들은 플랫 플레이트 외부 접합부에 대한 연구가 수행되었지만 아직까지 거동에 대한 명확한 이해는 부족한 실정이다. 특히 PT가 적용된 경우는 매우 제한적이다.

PT 플랫 플레이트의 강선 배치는 건물의 방향에 따라 한쪽 방향으로서는 집중배치를 다른 쪽 방향으로서는 분산 배치된 형태가 일반적으로 사용된다. 이는 시공의 간편함과 경제적인 이유에서 선호되는 형태인데 이에 대한 명확한 연구 결과가 부족하기 때문에 현행기준에서는 강선배치의 차이에 관한 언급이 명확하지 않다. 따라서 본 연구의 목적은 중력 하중과 횡변위가 동시에 작용하는 상황에서 중력 저항 시스템으로 설계된 PT 플랫 플레이트 외부 접합부의 구조적 거동 특성의 연구를 수행하는데 있다. 구조적 거동 특성은 강도, 에너지 소산, 내력 분포 및 횡 변형 저항 성능을 통하여 평가하였으며 강선을 주요 변수로 하여 강선 배치가 내진 거동에 미치는 영향을 확인하였다. 한편 RC 실험체를 같은 방법으로 실험하여 철근과 강선의 차이에 따른 특성을 규명하였다.

*정회원, 한양대학교 건축공학과 석사과정

**정회원, 한양대학교 Stress 연구 조교수

***정회원, 한양대학교 건축공학과 교수

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

2. 대상건물 선정 및 실험체 계획

대상건물은 PT 플랫 플레이트를 중력 저항 시스템으로 설계하고 지진력은 콘크리트 전단벽이 부담하도록 설계된 건물 골조 시스템으로 일반적인 주거 및 사무실 건물을 대표한다. 설계는 현행 기준(ACI 318-02⁽¹⁾ 및 UBC 97⁽²⁾)을 기본으로 하였고, 설계에 필요한 일반 사항은 표 1과 같다.

표1. 설계 일반 사항 및 설계 하중 조건

위 치	용 도	구 조 시 스템					
		수 직 하 중	수 평 하 중				
미국동부(New York)	주거 및 사무실	모멘트골조	보통 모멘트골조 철근콘크리트 전단벽				
중 력 하 중		바 람 하 중		지 진 하 중			
				지진지역	중요도계수	지반계수	반응수정계수
고정하중=자중(23.5kN/m ³)+0.5kPa, 적재하중=2.0kPa		노풍도 B 설계 기본 풍속 40m/sec		New York	1.25	Sc	5

본 연구에서는 PT 플랫 플레이트 슬래브-기둥 외부접합부를 고려하여 대상건물에서 60% 축소하여 계획 하였다. 총 3개의 실험체를 제작하였으며, 2개의 실험체는 PT를 적용한 슬래브로 설계되었으며, 1개의 슬래브는 철근 콘크리트로 설계되었다. 한편 PT 실험체에는 접합부 주변에 ACI-ASCE 352⁽³⁾에서 RC 플랫 플레이트 슬래브를 위하여 제안한 방법에 따라 바닥철근을 기둥 주변에 배근하였다. 실험체 이름은 표 1과 같으며, 실험체의 배근 상세 및 강선배치는 그림 1~그림 3에 나타내었다.

표2. 실험체 상세

실험체명	t(mm)	d _{aver}	C(mm)	f _{ck} (MPa)	f _y (MPa)	f _{pu} (MPa)	f _{se} (MPa)	강선배치	V _g /φV _c
PE-B50	132	11.05	300×300	29.4	392.4	1854.1	1579.4	Banded	0.5
PE-D50	132	11.05	300×300	29.4	392.4	1854.1	1579.4	Distributed	0.5
RE-50	132	11.05	300×300	29.4	392.4	-	-	-	0.5

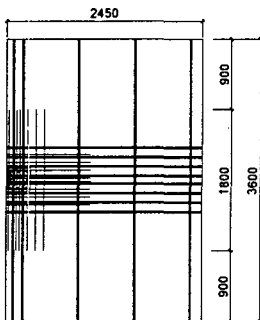


그림1. PE-B50 실험체

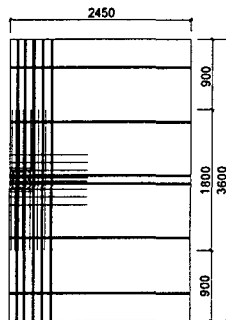


그림2. PE-D50 실험체

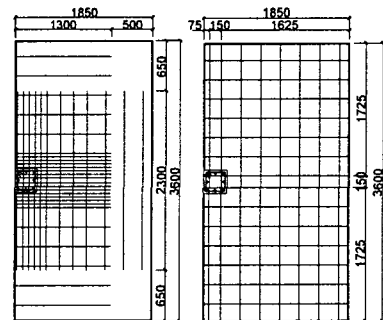


그림3. RE-50 실험체

3. 실험체 설치 및 실험실시

실험은 한양대학교 안산캠퍼스 초대형 구조 실험동에서 실시하였다. 실험체 설치에 그림 4에 나타난 바와 같이 실험체 가장자리에는 두개의 힌지를 두어 대상 건물의 슬래브 거동과 유사하도록 하였으며 실험체 하부기둥에는 5000kN 오일잭을 설치하였다. 중력 하중은 하중 블록과 오일잭을 이용하여 묘사하였다. 250kN 액추에이터를 이용하여 횡력을 가하였다. 횡력은 변위제어를 하였으며, 층간 변형을 0.002부터 0.060까지 점진적으로 가력 하였다.

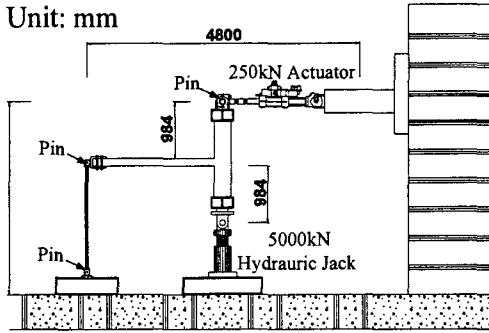


그림 4. 실험체 세팅

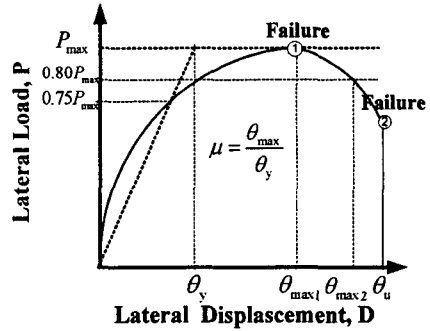


그림 5. 연성률

4. 실험 결과 및 분석

실험에서 얻어진 하중 변위 곡선은 그림 6에서 제시되어 있다. 플랫 플레이트 외부 접합부는 기하학적으로 비대칭 단면을 갖기 때문에 정가력 및 부가력시 다른 이력 특성을 보였다. 그림에서 최대하중 항복변위(θ_y), 최대변위(θ_{max})가 각각 표시되어 있다. 여기서 θ_y 와 θ_{max} 는 그림 5에서 정의 되어 있는 방법을 따른다. PE-B50, RE-50은 부가력시 전단 파괴의 형상으로 나타났으며, 강선이 분산 배치되어 있는 PE-D50의 파괴 메커니즘은 휨에 의해 지배 되는 것으로 나타났다. 각 실험체의 최종 파괴시 균열 상황을 보면 알 수 있듯이 강선이 배치된 실험체는 일반 철근이 배근된 실험체 보다 균열이 억제되는 것으로 나타났으며, 최종 파괴 이후에도 하부철근 및 강선의 영향으로 실험체의 취성적인 붕괴는 일어나지 않았다.

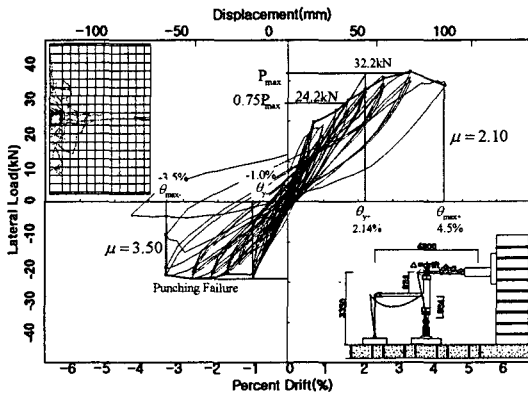


그림 6 (a). PE-B50 하중 변위 곡선

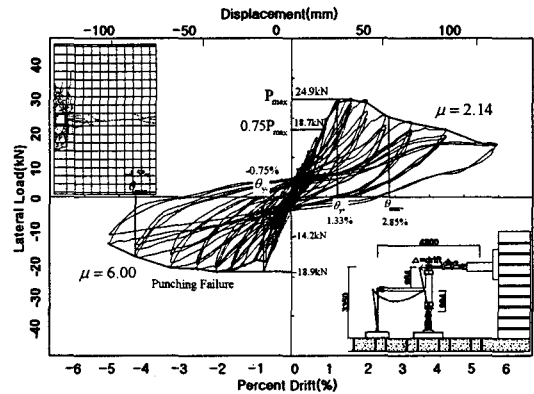


그림 6 (b). PE-D50 하중 변위 곡선

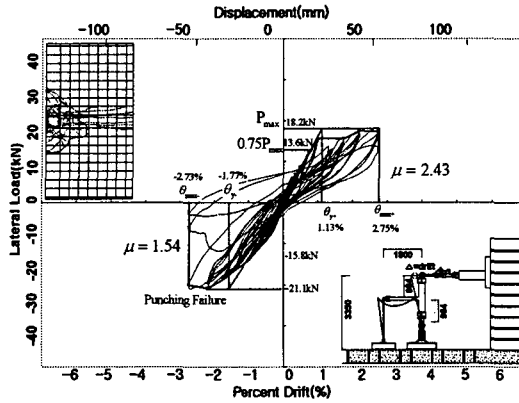


그림 6(c). RE-50 하중 변위 곡선

그림 7은 각 실험체의 에너지 소산능력을 표현한 것으로 강선이 분산 배치된 PE-D50인 실험체가 가장 좋은 에너지 소산 능력을 나타냈으며, RE-50보다 PE-B50이 더 큰 값을 나타내었다. 이는 분산 배치된 강선을 갖는 PE-D50인 실험체가 휨 파괴로 진행하여 충분한 연성을 확보하였기 때문이다. 그림 8은 각 실험체 각 사이클의 강성을 첫 번째 사이클의 강성으로 나눈 강성저하비를 나타낸 것이다. 그림에서 보는 바와 같이, PE-B50의 실험체는 유효 폭 내에 집중 배치된 강선의 영향으로 초기 균열을 억제하여 초기 강성이 유지됨을 알 수 있다.

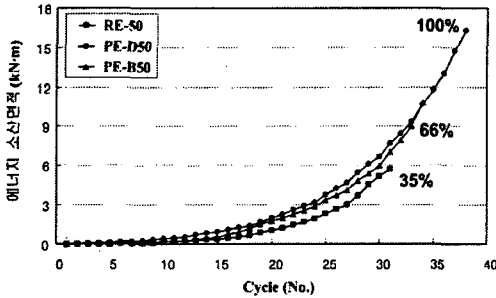


그림 7. 누적 에너지 소산 능력

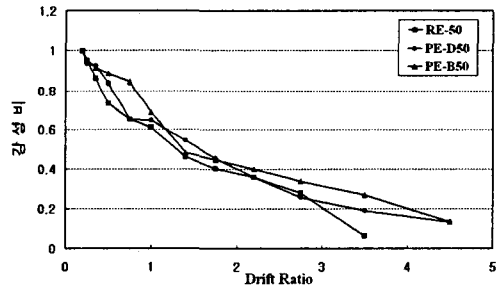


그림 8. 실험체 별 상대 강성 저하

5. 결론

- 1) 강선배치는 PT 플랫 플레이트 내부 접합부의 이력거동에 영향을 준다. 강선이 집중 배치된 실험체는 전단파괴가 발생했으며, 강선이 분산 배치된 실험체보다 낮은 에너지 소산능력을 나타내었다.
- 2) 프리스트레싱에 의한 콘크리트에서 발생한 압축응력 f_{pc} 는 균열을 억제하고 횡 변형 저항 성능을 높이며 이에 따라 우수한 에너지 소산을 나타내기 때문에 뛰어난 내진 성능을 나타낸다.

참고 문헌

1. ACI Committee 318, "Building Code Requirements for Reinforced Concrete(ACI 318-02)," American Concrete Institute, Detroit, 2002.
2. Uniform Building Code 1997, International Conference of Building Officials, Whittier, Calif., 1999
3. ACI-ASCE Committee 352, "Recommendations for Design of Beam-Column Joint in Monolithic Reinforced Concrete Structures", American Concrete Institute, 1976