

프리캐스트 포스트텐션 콘크리트 보-기둥 접합부의 전단성능

Shear Resistance Capacity of Precast Post-tensioned Concrete Beam-Column Connection

조 경 호^{*} 이 중 규^{**} 최 광 호^{***} 김 상 식^{****}
Cho, Kyeong Ho Lee, Jong Gyu Choi, Kwang Ho Kim, Sang Sik

ABSTRACT

The first thing in developing precast post-tensioned concrete frame system is to verify the shear resistance capacity of the beam-column connection at which the transfer of member forces become discontinuous. Complying with the necessity of such experimental research, shear tests have been performed for six test specimens which were cast and cured at Dong-Ah Concrete Manufacturing Company and post-tensioned at Concrete Laboratory of Inha University. Shear key and magnitude of post-tensioning force are taken test variables. From the test results, it has been observed that the shear resistance of the specimens attained to higher values than those of theoretical calculations based on the shear friction with shear friction coefficient being 0.6.

1. 서론

이 연구는 프리캐스트 포스트텐션 공법을 사용한 장경간 콘크리트 골조의 시스템 개발의 첫 번째 순서로, 보-기둥 접합부 전단 저항 성능을 실험적으로 규명하기 위하여 수행되었다. 프리캐스트 골조 구조에서는 보-기둥 접합부에서 부재력의 전달이 끊기므로 휨저항에 앞서 접합부 전단 저항 성능의 실험적인 규명은 필수적이다. 따라서 전단키의 역학적 거동, 하중 저항 능력, 그리고 접합부에 도포된 에폭시의 영향은 접합부의 전단 저항 능력과 더불어 구조물 전체의 조립성과 구조적 기능에 중요한 영향을 미치는 요인이 된다.

이 연구에서는 접합부에 에폭시를 도포하고 포스트텐션된 보-기둥의 접합부에서 전단력에 대한 안전성의 검토와 더불어 접합부의 여러 접합 형태에 대해 가장 최적의 접합 형식을 개발하고 또한 긴장력의 크기에 따라 전단 성능에 미치는 영향을 파악하는 데 그 목적을 두고 있다.

*정회원. 인하대학교 건축공학과 석사과정

**정회원. 인하대학교 건축공학과 박사수료

***정회원. 남서울대학교 건축공학과 조교수

****정회원. 인하대학교 건축공학과 교수

2. 실험 개요

2.1 시험체

시험체는 실제 구조물의 모듈에 적합하고 실물 실험이 가능한 보와 기둥 단면으로 설계하였고 시험체 제원은 표 1과 같다. 긴장재의 정착구는 VSL Type EC를 사용하였으며, 전단 시험체의 배근 상세는 그림 1과 같다. 시험체는 동아 PC공장에서 제작하였으며, 거푸집은 콘크리트 타설 후 18 시간 정도의 증기 보양 후에 탈형하였다. 표 2는 타설된 시험체 콘크리트의 28일 압축강도 측정 결과로 모두 설계강도 이상임을 확인할 수 있다

2.2 시험체 변수

도입되는 긴장력과 전단기 형태를 실험 변수로 하였으며 보와 기둥의 접합형태 및 전단기의 형상은 그림 2에 나타나 있다. 긴장력은 휨시험체의 안전성 확인 및 접합면과 전단기의 거동을 파악하기 위해 80톤과 40톤 두 종류로 설계하였으며, 전단 시험체의 종류는 표 3과 같다,

2.3 시험체 조립

보와 기둥의 접합면은 균일한 압축력 도입을 위해 압축강도가 400 kgf/cm² 이상인 에폭시 본드를 도포한 후 보상부의 조립용 앵글과 보하부의 전산 볼트를 이용하여 보를 기둥에 부착하였다. 에폭시 본드가 완전 경화한 뒤 긴장 작업을 하였으며 정착구 손실을 줄이기 위해 끼움판을 사용하였다. 몰탈 주입형 전단기를 갖는 시험체는 용수철 전단철근을 삽입하고 고강도 그라우트 몰탈을 주입하여 조립을 완성하였다. 몰탈의 충전성을 확인하기 위하여 한 면을 투명 아크릴로 제작한 테스트용 시험체를 제작하여 미리 충전 실험을 하였으며, 실험 결과 몰탈의 충전성은 매우 양호한 것으로 관찰되었다. 실험 후 접합면 검사에서도 양호하게 충전된 것으로 조사되었다. 몰탈 충전형 시험체는 충전 후 11일이 경과한 후에 실험을 수행하였으며, 제작된 몰탈 공시체의 11일 압축강도는 420 kgf/cm² 이상으로 측정되었다.

2.4 실험 방법

2.4.1 실험 기기 설치 및 실험

실험은 인하대학교 콘크리트 실험실에 설치된 200톤 용량의 UTM을 사용하였으며, 그림 3과 같이

표 1 전단 시험체 제원

	단면 (mm)	부재길이 (mm)
보	400x800	600
기둥	500x500	1000

표 2 콘크리트 압축강도 실험 결과

제작 순서	재령 (일)	공시체 개수	평균압축강도 (kgf/cm ²)
1	29	3	401
2	28	3	409
3	30	3	411
4	29	3	420
5	30	3	420

표 3 전단 시험체의 종류

시험체 번호	f _{ck} (kgf/cm ²)	전단기	긴장력 (t)
1.SFT-F80-01*	400	없음	80
2.SFT-F40-01	400	“	40
3.SFT-M80-01	400	몰탈주입형	80
4.SFT-M40-01	400	“	40
5.SFT-P80-01	400	보 돌출형	80
6.SFT-P40-01	400	“	40

* SFT: Shear Friction Test, F, M, P : 전단기 없음, 몰탈 주입, 보 돌출형, 80, 40 : 도입된 긴장력, 01 : 시험체 번호

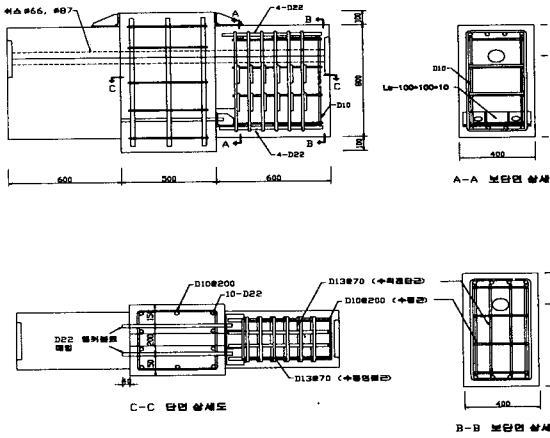


그림 1 전단 시험체 배근상세도

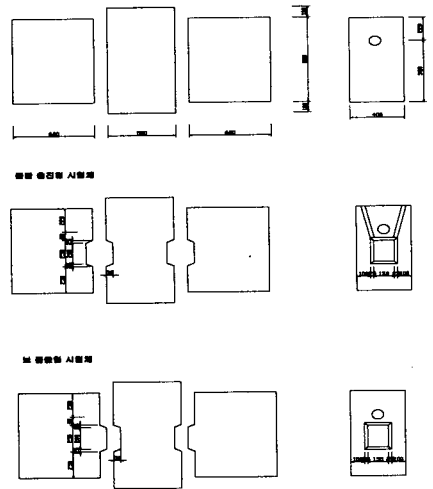


그림 2 전단 시험체의 접합면 형상

양단부 지지점은 힌지로 하였고 하중은 기둥 상부를 1점 가력하도록 하여 보와 기둥의 접합면에 전단력이 발생하도록 하였다.

2.4.2 실험 및 실험 데이터 측정

재하 속도는 80 톤 긴장력이 가해진 시험체의 경우 초기 150 톤까지는 분당 10 톤의 속도로 이후는 분당 2~3 톤의 속도로 가력하였고 40 톤 긴장력이 가해진 시험체는 100 톤까지 분당 10 톤으로 그 이후는 2~3 톤으로 낮춰 UTM 용량인 200 톤까지 하중을 가했다. 실험은 시험체의 파괴까지 실시하였고 최초 균열 발생부터 파괴 양상까지 기록하였다. 기둥과 보의 상대적인 미끄러짐과 처짐량을 그림 4와 같은 위치에서 자동변위계(LVDT)를 통해 측정하였으며, 하중의 변화에 따라 강연선과 콘크리트의 변형률을 기록하였다.

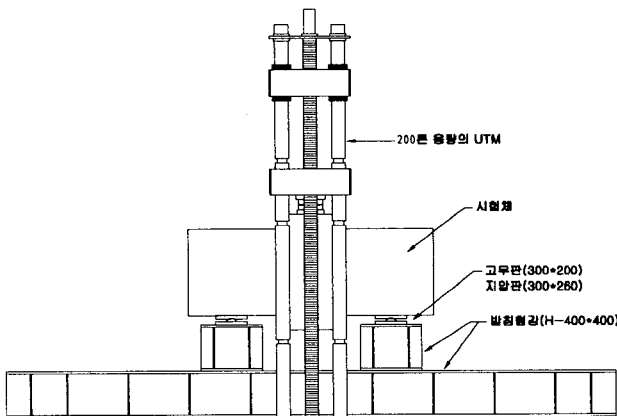


그림 3 시험체 설치 전경

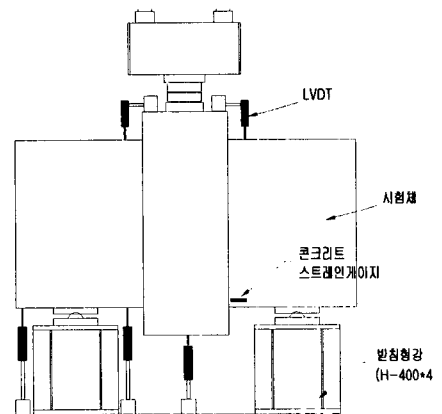


그림 4 LVDT 설치 위치

3. 실험 결과

3.1 개개의 시험체의 실험 결과

이 전단마찰 실험은 작용 하중의 증가에 대해 균열이나 접합면의 미끄러짐의 발생이 거의 없이 지속되다가 축적된 에너지를 일시에 방출하는 전형적인 취성 파괴를 보이고 있으며 파괴 양상은 다음과 같다.

(1) 전단키가 없는 시험체(SFT-F80-01, SFT-F40-01)와 몰탈 충전형(SFT-M80-01, SFT-M40-01) 전단키를 갖는 시험체 : 40 톤과 80 톤의 긴장력이 가해진 시험체 모두 작용 하중에 대해 지지점에서 접합면쪽으로 사인장 균열이 발생하기 시작한 후 하중이 증가함에 따라 접합부의 접착이 떨어지는 소리가 들렸고 접합면의 미끄러짐이 급격히 증가하고 동시에 균열폭이 증가하다 급작스런 파괴 양상을 보였다.

(2) 보 돌출형 전단키를 갖는 시험체 (SFT-P80-01, SFT-P40-01) : 40 톤과 80 톤의 긴장력을 갖는 시험체 모두 접합면에서의 미소한 미끄러짐은 전단키에 의해 지지되고 하중이 증가함에 따라 전단키가 위치된 기둥 부근에서 균열이 발생하였으나 하중이 증가하여도 더 이상의 균열 진전은 나타나지 않았다.

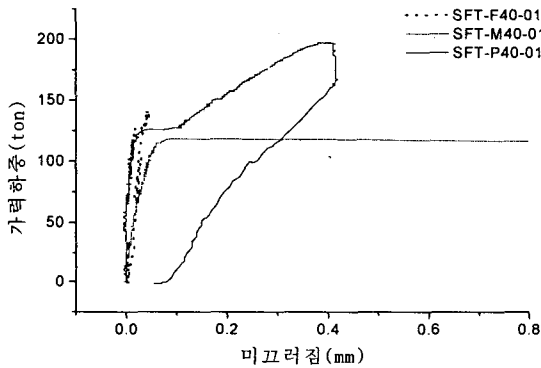


그림 5 하중-미끄러짐 곡선

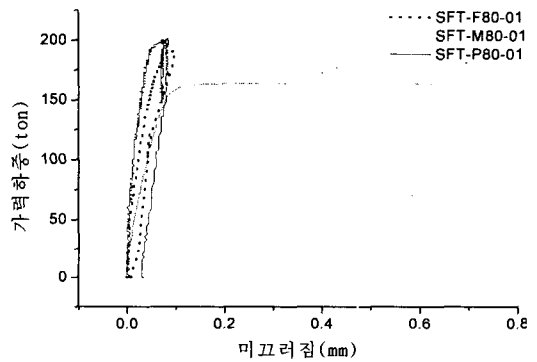


그림 6 하중-미끄러짐 곡선

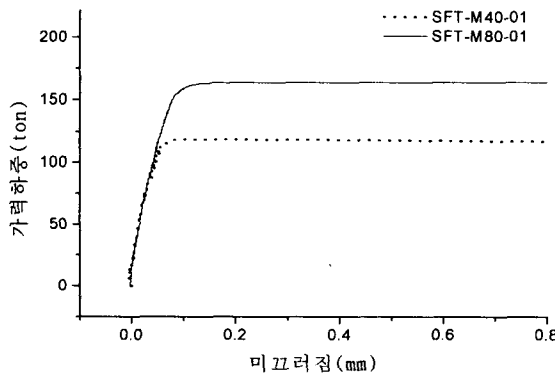


그림 7 하중-미끄러짐 곡선(전단키 없음)

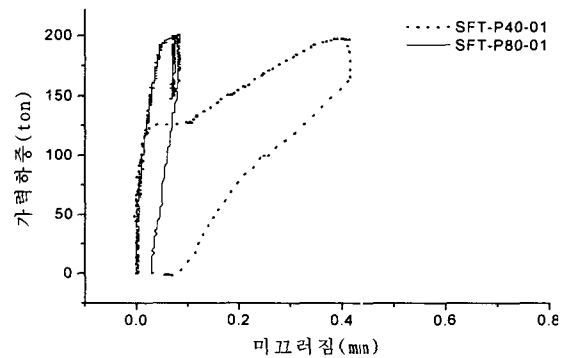


그림 8 하중-미끄러짐 곡선(보돌출형)

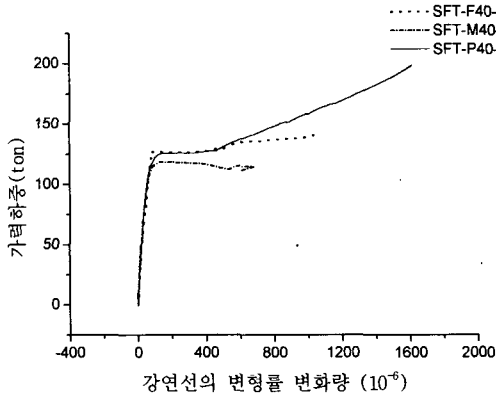


그림 9 하중-강연선의 변형률

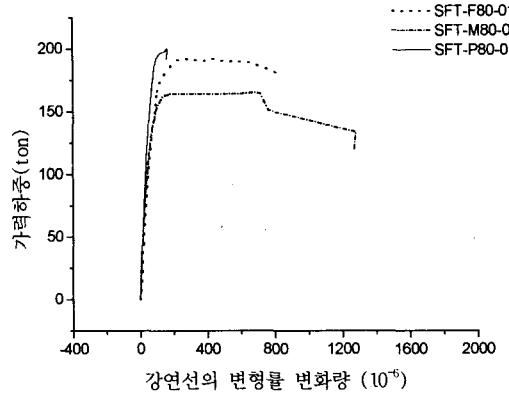


그림 10 하중-강연선의 변형률

3.2 실험 결과 분석

- (1) 전단 저항 성능은 보 돌출형, 전단키 없는 시험체, 몰탈 주입형 시험체 순으로 크게 나타났으며 긴장력이 작은 시험체가 전단 저항 성능도 낮게 측정되었다. 각 시험체의 실험 결과는 표 4와 같다.
- (2) 파괴의 양상은 지지점에서 접합면으로 전단 균열이 발생한 후 접합면의 분리와 동시에 미끄러짐이 발생하며 이때 보 하부의 전산 볼트에 의한 장부 작용으로 약간의 하중이 증가하다 볼트가 절단되며 파괴에 이르렀다.
- (3) 그림 13와 같이 시험체 모두 초기 균열 위치와 최종 파괴 양상은 비슷한 현상을 보였다. 전단키가 없는 시험체의 경우 지지점 부근에서 발생된 사인장 균열이 커지면서 보와 기둥 접합면으로 전진되었으며 접합면의 미끄러짐이 발생한 후 파괴에 이르렀다.
- (4) 보 돌출형 시험체의 경우 지지점 부근에서 발생된 사인장 균열이 커지면서 보와 기둥 접합면으로 전파되어 접합면이 분리되기 시작하였으나 전단키의 저항으로 접합면의 미끄러짐은 진행되지 않았고, 하중이 증가함에 따라 전단키의 영향으로 기둥면에 전단 균열을 발생시켰으나 파괴에 이르지지는 못하였다.

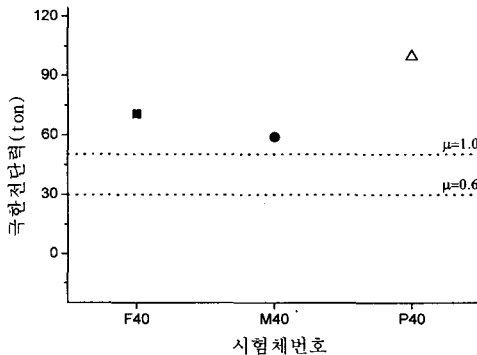


그림 11 설계 기준식과의 비교

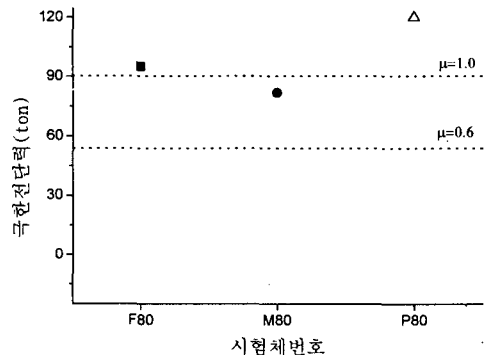


그림 12 설계 기준식과의 비교

--- : $V = (A_s f_y + N) \mu$

표 4 전단 시험체 실험 결과

시험체 번호	초기관열 하중(t)	파괴 하중(t)	극한 전단력(t)	고찰
1. SFT-F80-01	188	190	95.0	
2. SFT-F40-01	100	141	70.5	
3. SFT-M80-01	160	164	82.0	
4. SFT-M40-01	118	118	59.0	
5. SFT-P80-01	192	-	100이상	파괴되지 않음
6. SFT-P40-01	127	197	100	파괴양상보임

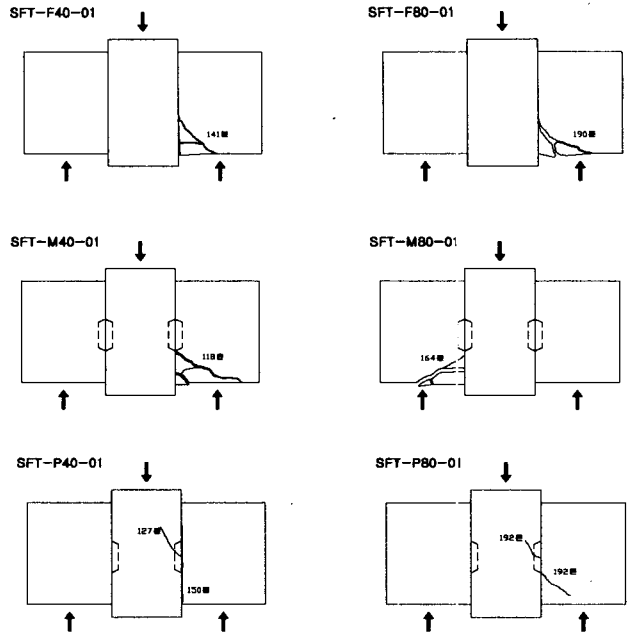


그림 13 각 시험체의 파괴 양상

4. 결론

- (1) 예폭시로 부착하고 포스트텐션된 보-기둥 접합면의 전단 성능은 기존 설계식에 의한 전단력을 모두 상회하며 그 이상의 지지성능을 발휘하는 것으로 확인되었다.
- (2) 보 돌출형 전단키를 갖는 시험체의 전단 성능이 가장 높게 나타났으며 보-기둥 접합면의 가장 적합한 형태로 판단된다.
- (3) 실험과 기존 규준식과 비교한 결과 예폭시 본드로 접합된 접합면의 전단 마찰 계수는 0.6을 사용하면 안전측이라고 판단된다.

참고문헌

1. "콘크리트 구조설계 기준", 건설교통부, 1999.
2. ACI Committee 318, "Building Code Requirements for Structural Concrete(Aci 318-95) and Commentary(318R-95)", American Concrete Institute, 1995, pp. 369.
3. Valluvan, R., Kreger M. E. and Jirsa J. O., "Evaluation of ACI 318-95 Shear-Friction Provisions", ACI Str. J., Tech. Paper, July-Aug. 1999, pp. 473-481.
4. Collins M. P., Mitchell D., Adebar P. and Vecchio F. J., "A General Shear Design Method", ACI Str. J., Tech. Paper, Jan.-Feb. 1996, pp. 36-45.
5. Mattock A. H., Li W. K. and Wang T. C., "Shear transfer in lightweight reinforced concrete", PCI J., Jan.-Feb., 1976, pp. 20-39.