

보-기둥 접합부의 전단거동에 대한 슬래브 및 횡구속 영향

Transverse Concincement and Slab Effect on Shear Behavior of Beam-Column Connection

장극관*
Chang, Kuk Kwan

서대원**
Seo, Dae Won

방세용**
Bang, Se Yong

ABSTRACT

This study was intended to investigate the cyclic behavior of high strength concrete beam-column connection. Four assemblies were designed 2/3 scale beam-column-slab joint and tested. The obtained results are follows.

1) The transverse beams increase the shear resistance and ductility of joint, 2) The slab was contributed to increase of the flexural capacity of the beam, but was not contributed to increase the joint ductility under lateral loads.

1. 서론

건설재료의 고강도화 및 경량화가 가능함에 따라 초고층 건물의 등장은 점차 증가하고 있다. 특히 콘크리트의 고강도화, 경량화에 의해 철근 콘크리트 건축물의 부재 단면은 작아지게 되고 상대적으로 철근량은 늘어나게 됨으로 보-기둥 접합부 영역의 응력부담은 이전보다 훨씬 더 높아지게 되었다. 실제로 고층 철근 콘크리트건물의 지진피해를 보면, 구조부재중 취약부분인 기둥이나 보-기둥 접합부의 파괴가 심각한 결과를 초래하고 있다. 한편 선진 외국에서는 $420\text{kg}/\text{cm}^2$ 이하의 보통콘크리트를 사용한 보-기둥 접합부의 역학적 특성에 대해서 광범위한 실험연구를 수행하고 그 결과를 토대로 설계방법에 관한 연구가 진행되어 ACI-ASCE 352위원회에서 권장안을 제시하고 있다. 그러나 고강도 콘크리트($420\text{kg}/\text{cm}^2$ 이상)를 사용한 보-기둥 접합부에 대한 구조성능의 연구는 일부 진행되어있지만, 그에 대한 설계방법을 구체적으로 제시할 수 있는 자료가 불충분하므로 보통강도 콘크리트에 대한 규정을 준용하는 상황이다. 이에 본 연구에서는 고강도 콘크리트를 사용한 외부 보-기둥 접합부의 거동에 대한 횡방향보 및 슬래브의 영향을 분석함으로써 고강도 콘크리트를 사용한 보-기둥 접합부의 전단강도를 산정하고 현규준의 적용성을 검토하고자 한다.

* 정회원, 서울산업대학교 건축공학과 교수

** 서울산업대학교 건축공학과 석사과정

2. 실험 개요

2.1 일반사항

반복주기하중을 받는 고강도 철근 콘크리트 보-기둥 접합부의 형상에 따른 거동특성을 파악하기 위하여 실제 서울 지역의 30층 모멘트연성골조구조물의 10층 외부 보-기둥 접합부를 대상으로 제작하였다. 실험체의 크기는 실제 구조물의 2/3 크기로 축소된 보 와 기둥, 슬래브로 구성되어 있으며, 각 실험체의 형상은 표 1과 같다.

표 1 실험체의 단면형상 및 배근 상황

Specimens		Beam(200×300mm)		Column(250×250mm)		Slab	Rebar Strength (kg/cm ²)	Compressive strength (kg/cm ²)
		Top / Bottom	Stirrup	Total bar	Hoops			
BC		4-D16 / 3-D16	D10 @100	8-D19	D10 @150	φ6 @150	4000	700
BCB								
BCS								
BCBS								

2.2 실험체의 설치 및 실험방법

실험은 한양대학교 초대형 구조 실험동에서 이루어졌으며 그림 1에서와 같이 기둥 양단부에 회전이 가능한 힌지를 부착하여 수직방향으로 설치하였다. 기둥의 축하중은 먼저 선정된 기둥에 가해지는 축하중을 구하고 축소율에 따라 오일잭을 사용하여 60ton을 실험종료시까지 일정하게 재하하였다. 보의 반복하중은 25ton용량의 액츄에이터(actuator)를 보에 체결하여 가력하였다. 가력방식은 하중작용점에 부착된 LVDT의 변위를 연속적으로 측정하면서 보의 초기 항복변위를 구하고 이에 대한 변위연성비의 배율로서 일정 점증식으로 가력하였다. 실험시 적용된 하중이력은 그림 2에 도시되어 있다.

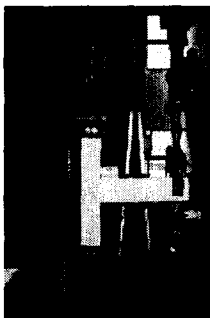


그림 1 실험체 설치

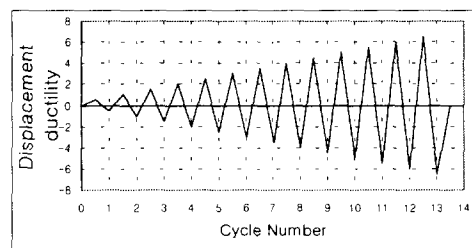


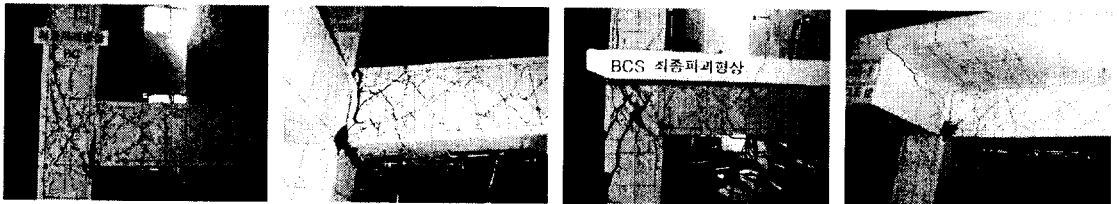
그림 2 적용하중의 이력형태

3. 결과 및 고찰

3. 1 균열 및 파괴상황

그림 3은 각 실험체의 최종 파괴양상을 보이고 있다. 횡방향보가 없는 BC 실험체는 1 cycle에서 균열이 발생하여 4 cycle 부터는 접합면에서의 전단균열이 두드러졌고, 10 cycle에서 기둥의 파복이 박리되었다.

슬래브가 있는 BCS 실험체의 경우 1 cycle에서 슬래브와 보 밑면에서 초기균열이 관찰되었다. 접합부에서의 균열은 2 cycle에서 발생하였으며 BC에 비하여 균열이 빠르게 진전되었으며, 11 cycle에서 기둥의 박리로 파괴되었다. 횡방향보로 구속한 BCB 실험체는 초기강성은 다른 실험체에 비해 크게 차이가 없었으나 반복하중의 증가에 안정된 모습을 보였고, 10cycle에서 크게 균열이 생기며, 보주근이 파단되었다. 슬래브와 횡방향보로 횡구속된 BCBS 실험체의 경우 접합부의 균열은 3 cycle 이후에 발생하여, 10 cycle 이후에 급격히 진전되었다. 전반적으로 횡방향보가 없는 실험체는 접합부에서, 횡방향보가 있는 실험체는 보에서 최종파괴되었다.

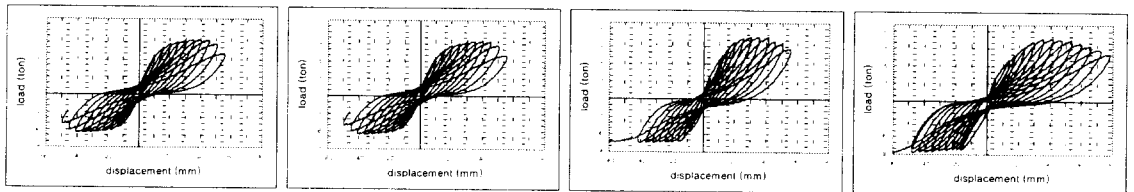


(a) BC (b) BCB (c) BCS (d) BCBS

그림 3 각 실험체의 최종 파괴형상

3. 2 하중-변위 곡선

실험체의 보에 작용한 하중과 변위의 관계를 그림 4에 나타내었다. 횡방향보가 없는 실험체인 BC, BCS에 비하여 횡방향보로 횡구속한 BCB, BCBS가 반복하중이 증가함에 따라 상대적으로 큰 내력을 나타내며 연성에 있어서도 양호한 거동을 보이고 있다. 그러나 BC, BCS의 경우 변위연성비 5(10cycle)를 넘어서는 강도의 현저한 저하현상이 나타났다. 또한, 횡방향보가 있는 실험체인 BCB, BCBS의 경우 더 높은 하중부담능력 즉, 강도를 나타내었고, 9 cycle에서부터 강도가 저하되었다.



(a) BC (b) BCB (c) BCS (d) BCBS

그림 4 하중-변위 곡선

3. 3 에너지소산

실험체의 하중-변위이력 곡선상의 면적으로부터 산출한 소산에너지를 그림 5에 나타내었으며, 이는 실험체가 지니고 있는 고유한 에너지 흡수능력을 평가하는데 적용되었다. 횡방향보가 있는 BCB 실험체의 경우 더 큰 결과를 보여주고 있으며, 다른 실험체들은 거의 비슷한 것으로 나타났다. 이는 횡방향보의 영향으로 접합부의 구속력이 커졌기 때문으로 판단되며, BCBS 실험체의 경우 접합부를 횡구

속하였음에 불구하고 보의 휨능력증가로 인한 접합부의 많은 손상 때문에 에너지소산능력이 오히려 떨어진 것으로 판단된다.

3. 4 접합부의 전단보강근의 변형도

접합부 전단 보강근의 변형도는 접합부에 전단초기 균열이 발생하기 이전에는 실험체에 관계없이 비슷한 분포를 보이지만 접합부에 전단균열이 발생한 이후부터 보강근의 변형도가 증가하기 시작하였다. 그림 6에서 보여주는 바와 같이 접합부의 전단보강근의 변형도는 횡방향보의 유무에 따라 큰 차이를 보이고 있다. 이는 횡방향보가 접합부의 거동에 큰 영향을 미치고 있으며, 접합부가 횡방향 구속효과에 의해 보호되었음을 알 수 있었다.

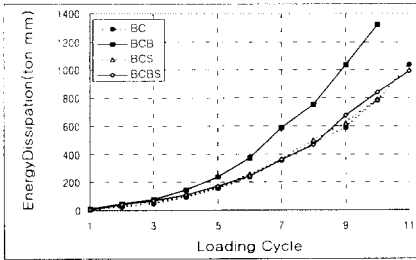


그림 5 에너지 소산능력 비교

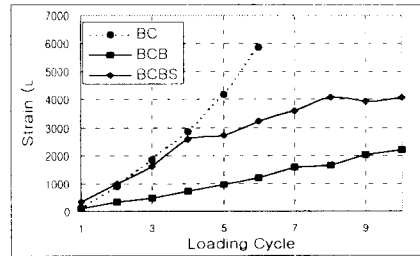


그림 6 횡보강근의 변형도 비교

4. 결론

이상과 같은 반복-주기 하중을 받는 고강도 콘크리트 외부 보-기둥 접합부, 보-기둥-슬래브 접합부의 실험을 수행한 결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

- 1) 횡방향보가 있는 경우 구속효과로 인하여 균열이 적게 발생하고 접합부의 거동에 큰 영향을 미친다. 따라서 접합부의 보강시 횡방향보의 구속효과를 고려하여 적절한 전단 보강이 요구된다.
- 2) 슬래브만으로 접합부를 횡구속하는 것은 불충분하며, 슬래브는 보의 휨내력을 증가시키게 되고 접합부에 더 큰 전단력이 작용하게 함으로써 접합부의 내력증가 및 연성능력을 감소시킨다.

감사의 글

본 연구는 한양대학교 초대형 구조시스템 연구센터의 지원하에 수행중인 “고강도 철근콘크리트 보-기둥 접합부의 전단거동 및 배근상세”연구의 한부분으로 센터의 지원에 감사를 표합니다.

참고 문헌

- 1) P. C. Cheung, "Seismic Design of Beam-Column Joint with Floor slab", Department of Civil Engineering, University of Canterbury, Christchurch, New Zealand, 1991.
- 2) Glen M. Marquis, "Effect of High-Strength Concrete on The Seismic Response of Concrete Frames", M. Eng. Thesis, Department of Civil Engineering and Applied Mechanics, McGill University, Montreal, Quebec, 1997.
- 3) Gilson N. Guinmaraes, Michael. E. Kreger, Jamens O. Jirsa, "Reinforcement Concrete Frame Connection Constructed Using High-Strength Materials, Report No.89-1, Phill M. Ferguson Structural Engineering Laboratory, The University of Texas at Austin, August, 1989