

반복하중을 받는 프리캐스트 콘크리트 보-기둥 접합부의 거동 연구

Performance of Precast Concrete Beam-Column Connections Subjected to Cyclic Loading

김 규 리* 박 홍 근**
Kim, Kyu Rhee Park, Hong Gun

ABSTRACT

In this study, a moment resisting precast concrete beam-column connection is proposed. An experimental study was carried out to investigate the connection behavior subjected to cyclic loading. Three precast beam-column interior connections and one monolithic connection were tested. Variable included the detailing used at the joint to achieve structural constructability and the location of mild steel reinforcement and high strength bar. During specimen fabrication, the joint details enables ease and speed of construction. Connection performance is evaluated on the basis of ductility, energy dissipation capacity, connection strength, and drift capacity. Based on test results, the precast concrete beam-column connection is capable of matching or exceeding the performance of the monolithic connection.

1. 서론

오늘날 건설 현장을 기피하는 현상으로 건설 환경이 점점 악화되고 있으며, 현장에서의 인력 부족은 공사품질 저하와 공기 지연 등의 문제점으로 확대되고 있다. 따라서, 이러한 문제점을 해결하기 위한 가장 경제적이고 합리적인 대안은 현장 작업을 최소화하고 공사품질을 보장할 수 있으며 공기를 단축할 수 있는 조립식 PC(Precast Concrete)공법의 활용이라 할 수 있다.

일반적으로 PC 보-기둥 골조 구조는 부재간 접합의 어려움 때문에 부분적으로 습식 공법을 도입하여 제한적으로 사용되어 왔다. 또한, 국외에서 개발된 PC 보-기둥 건식 접합방식은 구조 성능이 좋은 반면 접합부의 제작성, 운반성, 시공성이 낮고 우리나라와 제반 건설 환경의 차이로 인하여 공법의 도입이 외면되고 있다. 따라서 우리나라의 건설 환경에 적합하고 PC 공법의 장점을 최대한 이용할 수 있는 완전 건식 공법에 의한 PC 보-기둥 부재간의 접합 방법 개발이 요구된다.

2. 접합부의 개발

2.1 연구 목적

시공성과 경제성을 확보할 수 있는 PC 보-기둥 접합부의 건식 접합방법을 제안한다. 보와 기둥 내부에 삽입되는 철물의 크기 및 배치, 연성 강봉과 고강도 철근의 사용 등을 통하여 PC 보-기둥 접합

*정회원, 서울대학교 건축학과 석사과정

**정회원, 서울대학교 건축학과 교수

부의 모멘트 성능 확보, 에너지 소산 능력 및 전단 강도 증가의 측면에서 분석한다.

이러한 분석을 통하여 PC 보-기둥 건식 접합부의 시공 및 설계에 직접적으로 적용할 수 있는 접합 방법 및 상세 개발을 본 연구의 목적으로 한다.

2.2 보-기둥 접합부 시스템 개발

PC 보-기둥 접합부에 대한 3가지 종류의 접합 방법을 개발하였다.

PC 보와 기둥을 접합할 때 보와 기둥 사이에 힘의 흐름이 같은 축선상에서 직접적으로 이루어지기는 어려우며 이를 위한 매개체가 필요하다. 본 연구에서 개발한 접합 방법에서는 이러한 매개체로서 철제 블록을 사용하였으며, 철제 블록은 보와 기둥 사이의 힘을 전달하고 전단력에 저항하는 중요한 요소로 작용한다. 또한, 3가지 종류의 접합 방법에 공통적으로 연성 강봉과 고강도 철근을 같이 배근하여 연성 강봉이 위치한 부분에서 소성 변형이 집중적으로 일어나도록 유도하였다.

(1) BC 1

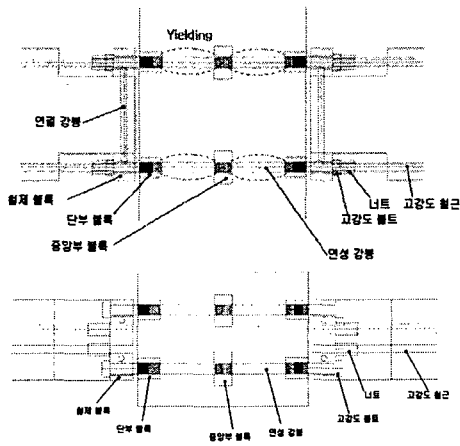


그림 1 BC1 상세도

표 1 BC1 개발목적 및 개념

개발 목적	<ul style="list-style-type: none"> · Dywidag사에 의하여 80년대에 개발된 DDC 시스템 공법의 개념을 우리나라에 적용 · 일반적으로 손쉽게 제작할 수 있는 철물을 사용하여 제품 생산을 국산화 · 조립식 부품을 이용하여 제품의 생산 및 조립이 쉽도록 하였음
실 개념	<ul style="list-style-type: none"> · 연성 강봉을 기둥 내부로 배치하여 기둥 내에서 연성 강봉의 항복이 일어나도록 유도 · 보에는 고강도 철근을 배치하여 보 내부에서는 항복 현상이 일어나지 않으며 보의 손상이 최소가 되도록 하였음 · 보-기둥 접합 부분에는 고강도 볼트를 사용하여 항복이 일어나지 않고, 전단력을 원활하게 전달하도록 하였음

(2) BC 2

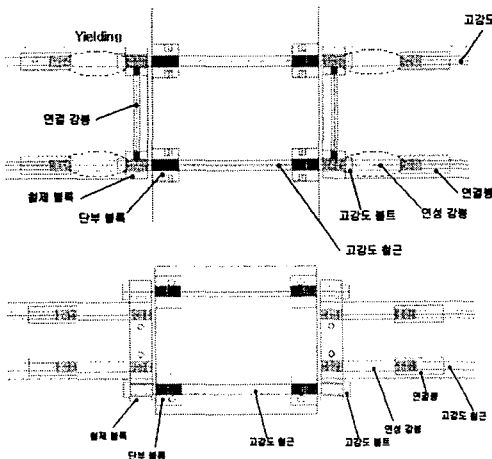


그림 2 BC2 상세도

표 2 BC2 개발목적 및 개념

개발 목적	<ul style="list-style-type: none"> · 기둥의 안정성을 확보하기 위하여 소성 힌지 구간을 보로 이동 · 기둥 내부의 블록을 없애고 철물을 간소화하여 코너 부분의 보-기둥 접합부 또는 직교하는 양방향 접합부에 적용성 확대
실 개념	<ul style="list-style-type: none"> · 연성 강봉을 보 끝부분에 배치하여 보 단부에서 연성 강봉의 항복이 일어나도록 유도 · 보 중앙부분에는 연성 강봉과 커플러로 연결된 고강도 철근을 삽입하여 항복이 일어나지 않으며 보 단부에서 항복이 집중되도록 하였음 · 보 단부에 일반적인 이형 철근을 사용할 수 있으나 비부착 연성 강봉을 사용하여 보에 과도한 균열이 발생하지 않도록 하였음 · 보-기둥 접합 부분에 고강도 볼트를 사용

(3) BC 3

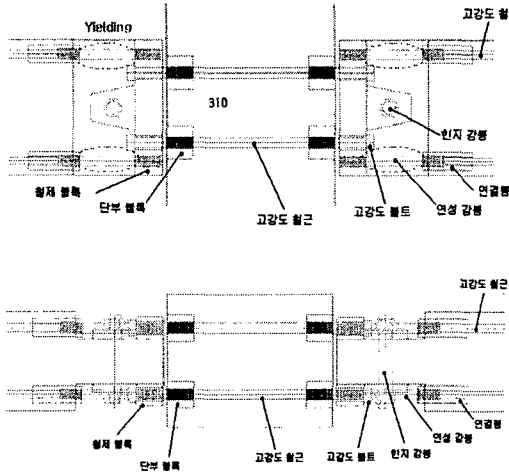


그림 3 BC3 상세도

표 3 BC3 개발목적 및 개념

개발 목적	<ul style="list-style-type: none"> · BC2 접합 방법과 마찬가지로 구조물의 소성 힌지 구간을 보 단부에 배치 · 보의 소성 힌지 구간에서의 손상을 최소화하기 위하여 보-기둥 접합 부분에 힌지 원리를 적용
설계 개념	<ul style="list-style-type: none"> · 연성 강봉을 기둥과 맞닿는 보의 끝부분에 배치하여 보 단부에서 연성 강봉의 소성 변형이 일어나도록 유도 · 보를 관통하여 힌지 역할을 하는 철물을 삽입하여 보의 회전이 자유롭게 일어나고 보의 손상이 최소화 되도록 하였음 · 보 중간부분에는 연성 강봉과 커플러로 연결된 고강도 철근을 삽입하여 항복이 일어나지 않도록 하였음 · 기둥 내부에 고강도 철근을 삽입하여 기둥의 안정성을 확보

3. 실험 계획

十자 형태의 보-기둥 접합부 기둥 상단에서 횡방향 반복 하중을 가하여 접합부의 강도 및 전체적인 구조물의 거동을 측정한다. PC 보-기둥 접합부 실험체의 대조군으로써 일반 Cast-in-place로 제작된 CP 시험체의 실험을 먼저 수행하고, BC 1, BC 2, BC 3 시험체의 실험을 차례로 수행하여 CP 시험체와의 연성도를 비교한다. 시험체의 크기는 그림 4과 같으며, 횡좌굴 방지를 위하여 그림 6와 같이 보 양옆에 횡방향 지지대를 설치한다.

표 4 시험체 단면치수 및 특성

시험체	기둥			보		
	크기(mm)	철근	d(mm)	크기(mm)	철근	d(mm)
CP	762 x 600	연성 강봉 2-D32, 1-D35	470	360 x 600	연성 강봉 2-D32, 1-D35	470
BC1	762 x 600	연성 강봉 D45	475	360 x 600	고강도 철근 D36	475
					연성 강봉 D45	475
BC2	762 x 700	고강도 철근 D45	475	360 x 600	고강도 철근 D36	475
					연성 강봉 D45	474
BC3	762 x 600	고강도 철근 D45	310	450 x 600	고강도 철근 D36	474

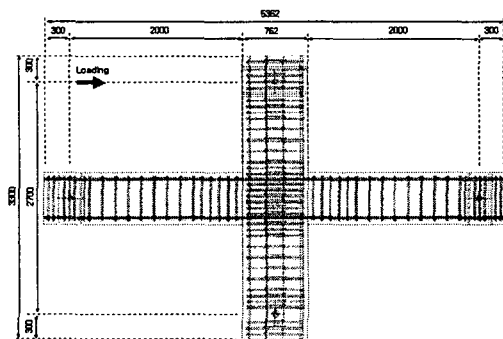


그림 4 시험체 크기 (단위:mm)

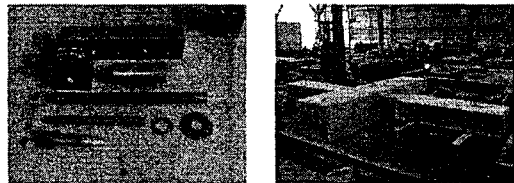


그림 5 시험체 제작



그림 6 시험체 설치

4. 실험 결과

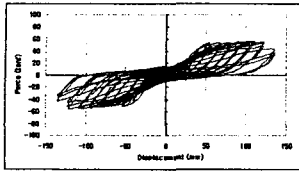


그림 7 CP 하중-변위 곡선

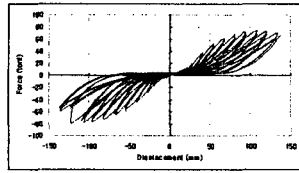


그림 8 BC1 하중-변위 곡선

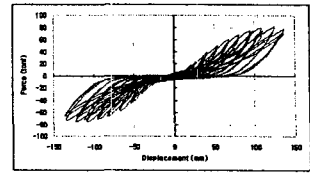


그림 9 BC2 하중-변위 곡선

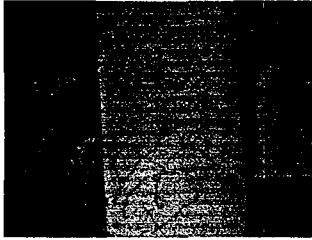


그림 10 CP story drift 5%

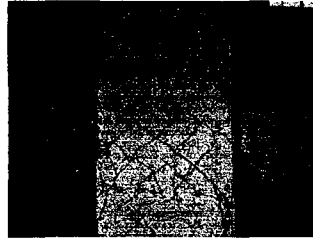


그림 11 BC1 story drift 4%

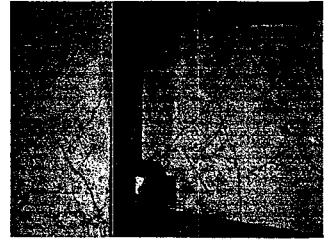


그림 12 BC2 story drift 4%

5. 결론

본 연구에서 개발된 BC1, BC2, BC3 접합 방법은 볼트 접합에 의해 간편하게 보와 기둥을 접합할 수 있으며 충분한 구조 성능을 발휘할 것으로 예상된다. BC1, BC2, BC3 접합 방법에 사용되는 철물의 제작 및 조립 과정은 비교적 간편하였으며, 시공 오차를 보정할 수 있는 여유를 두고 철물을 제작하여 보와 기둥의 조립 시에도 시공 오차를 최소화할 수 있었다. 그러나 BC1, BC2, BC3에 사용된 철물을 제품화 하여 실제 시공 현장에서 사용하기에는 아직 미흡한 점이 많으며, 철물의 중량을 감소시키고 조립되는 부분을 최소화하여 접합부의 상세를 단순화하기 위한 연구가 더 진행되어야 할 것이다.

실험결과, 프리캐스트 콘크리트 보-기둥 접합부 실험체 BC1, BC2는 층간 변위 5%까지 내력의 저하 없이 좋은 연성능력을 나타내었으며, 일체식 보-기둥 접합부 실험체 CP보다 접합부분에서의 균열이 적었다. 그러나 에너지 소산능력은 일체식 구조가 프리캐스트 콘크리트 접합부보다 더 뛰어난을 알 수 있었다.

감사의 글

본 연구는 건설교통기술평가원의 건설기반기술혁신사업 지원 및 디비닥 시스템즈 코리아(주)와 (주)동서PC의 시험체 제작 지원으로 이루어 졌음을 밝히며, 이에 깊이 감사드립니다.

참고 문헌

1. Robert E. Englekirk, "Development and Testing of a Ductile Connector for Assembling Precast Concrete Beams and Columns", PCI Journal, March-April 1995
2. M. J. Nigel Priestley, "Seismic Tests of Precast Beam-to-Column Joint Subassemblages With Unbonded Tendons", PCI Journal, January-February 1996
3. John Stanton, "A Hybrid Reinforcement Precast Frame for Seismic Regions", PCI Journal, March-April 1997