

Double Beam as Struts 보-기둥 접합부의 전단 보강에 대한 실험적 연구

An Experimental Study on The Shear Reinforcement of DBS Beam-Column Connections

김량운* 이수권** 최광호*** 김상식****
Kim, Lyang Woon Lee, Soo Kueon Choi, Kwang Ho Kim, Sang Sik

ABSTRACT

DBS system is now under consideration as earth pressure resisting structure by framing two wide flange beams as struts and steel column in between. One of many problems encountered in the structural design is how to attach the two beams with column without shear failure. This experimental study is related to search the effective method of the beam-column connection by means of shear friction mechanism between the filled concrete and the reinforcements. Several types of shear reinforcements have been tested and compared in this study

요약

현재 국내에서 널리 사용되고 있는 수평버팀대 공법은 가설재의 설치 및 해체로 인해 공기와 공사비 면에서 불리하며, 최근에 가설재를 영구 구조물로 사용할 수 있도록 개발된 SPS(Strut as Permanent System)공법은 시공성 및 경제성에서 중, 소 규모의 현장에는 적용의 어려움이 있다. 이에 비하여 현재 개발중인 DBS(Double Beam as Struts) 공법은 지하수평부재의 공장제작 및 모듈화된 부재 생산을 통해 공기를 단축할 수 있으며, 수평재를 영구부재로 사용할 수 있는 장점이 있다.

이 연구에서는 DBS공법의 구성요소로서 시공시 및 사용시 수평부재에 작용하는 수직하중을 기둥에 전달하기 위하여 개발된 #자형 보-기둥 접합부의 하중전달 경로를 확인하기 위해 시험체를 제작하여 구조성능을 검토하였다. 실험변수는 시험체 접합부의 구속 여부, 전단보강철물의 종류 및 하부 배근과 상·하부 배근이고 연구에 사용된 시험체는 총 8개이다. 시험체는 2,000 kN 용량의 UTM을 사용하여 시험체의 기둥 중심부에 1점 집중하중으로 단조 가력 하였다.

실험결과 비구속 시험체는 전단보강철물의 양이 증가함에 따라 전단보강철물이 없는 시험체의 비해 파괴하중이 1.57~3.85 배까지 증가한 것으로 나타났다. 구속 시험체인 JB-0, JB-H16 은 각각 1,500 kN, 1,800 kN 까지 가력을 하여도 시험체가 파괴되지 않았으며, 전단보강철물을 가장 많이 배근한 비구속 시험체인 JA-V19의 파괴하중보다 1.32~1.58 배 높은 하중 상태에서도 안전한 것으로 나타나 구속 시험체의 안전성이 높은 것이 확인되었다. 따라서 DBS공법의 두개의 보와 기둥접합부의 내력은 사용하중을 충분히 견디는 것으로 나타났다.

* 정회원, 인하대학교 대학원

** 정회원, 동양공업전문대학 건축과 교수

*** 정회원, 남서울대학교 건축학부 교수

**** 정회원, 인하대학교 건축학부 교수

1. 서론

건설공사에서 지하공사는 공기단축과 공사비 절감의 측면에서 매우 중요한 위치를 차지하고 있다. 현재 국내에서 널리 사용되고 있는 수평버팀대 공법은 가설재의 설치 및 해체로 인해 공기와 공사비 면에서 불리하며, 최근에 가설재를 영구 구조물로 사용할 수 있도록 개발된 SPS(Strut as Permanent System)공법은 시공성 및 경제성에서 중, 소 규모의 현장에는 적용의 어려움이 있다. 이에 비하여 현재 개발중인 DBS(Double Beam as Struts) 공법은 지하수평부재의 공장제작 및 모듈화된 부재 생산을 통해 공기를 단축할 수 있으며, 수평재를 영구부재로 사용할 수 있는 장점이 있다.

이 연구에서는 DBS공법의 구성 요소로서 시공시 및 사용시 수평부재에 작용하는 수직하중을 기둥에 전달하기 위하여 개발된 #자형 보-기둥 접합부의 하중전달 경로와 구조 내력을 확인하기 위해 시험체를 제작하여 구조 성능을 검토하였다.

2. 시험체 설계 및 실험 방법

2.1 시험체 계획

연구에 사용된 시험체는 표 1과 같이 모두 8개로, 실험변수로는 시험체의 구속 여부, 전단보강철물의 종류 및 배근 위치로 하였다. 제안된 DBS공법에서는 두 개의 H형강이 #자형으로 교차되고 그 중간에 기둥이 타설 되게 된다. 접합부의 내력 검토를 위하여 측면에 콘크리트를 구속한 경우와 구속하지 않은 경우를 주요 변수로 하였다. 전단보강철물은 시험체의 하부에만 배근하거나 상·하부 모두 배근하였다. 시험체 상세는 그림 1~3과 같다.

표 1 시험체의 제원

시험체명	콘크리트 기둥	철골 보	구속조건	전단보강철물	
				종류	배근
JA-0	400×400 (mm) (8-D22)	SS400 H-390×300×10×16	비구속	없음	
JB-0			구속	없음	
JA-H16			비구속	2-D16	하부
JB-H16			구속	2-D16	하부
JA-V16			비구속	4-D16	상·하부
JA-H19			비구속	2-D19	하부
JA-V19			비구속	4-D19	상·하부
JA-L			비구속	2L-50×50×6	하부

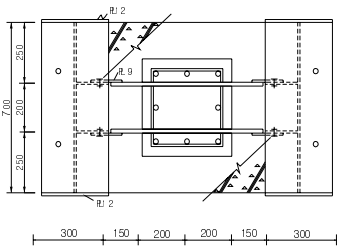


그림 1 JA-H16, 19 시험체 상세

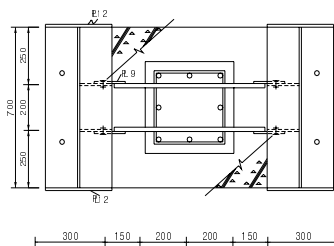


그림 2 JA-V16, 19 시험체 상세

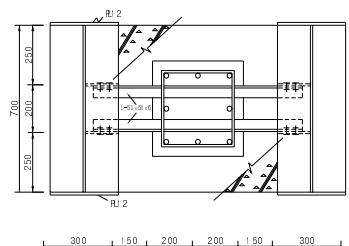


그림 3 JA-L 시험체 상세

2.2 실험 방법

시험체는 2,000 kN용량의 UTM을 사용하여 시험체의 기둥 중심부에 1점 집중하중으로 단조 가력 하였으며, 가력 속도는 분당 5kN으로 하였다. 시험체의 지점 중심간 거리는 두 개의 H형강의 웨브 중심간 거리로써, 본 시험체의 경우는 1,000 mm이다. 시험체의 가력 상세는 그림 4와 같다.

전단보강철물이 있는 시험체는 그림 5와 같이 H형강에서 150mm떨어진 곳의 전단보강철물 하부에 스트레인 게이지를 부착하여 하중 재하 시 전단보강철물의 변형률을 측정하였으며, 두 개의 H형강 사이에 위치한 콘크리트의 상, 하부에 스트레인 게이지를 부착하여 하중 재하시의 콘크리트 변형률을 측정하였다. 구속된 시험체의 경우에는 구속 평판의 상, 하부 중심에 스트레인 게이지를 부착하여 평판의 변형률을 측정하였다. 또한, 시험체의 수직 변위를 측정하기 위하여 기둥 네 모퉁이에 자동변위계를 그림 6과 같이 설치하였다.

3. 실험 결과 및 분석

3.1 균열 및 파괴 양상

비구속 시험체가 구속 시험체 보다 초기 균열 하중이 더 작은 것으로 관찰되었다. 시험체의 균열 양상은 모두 비슷한 형태를 보이고 있으며, 초기 균열은 콘크리트 보의 하부에서 발생하여, 점차 보-기둥 접합부와 상부로 진행을 하였다. 시험체의 균열은 전단 균열의 형태를 보이고 있으며, JA-0 및 JA-H16와 같이 비구속이면서 전단보강철물이 하부에만 되어 있는 시험체는 취성적인 전단 파괴가 발생하였다. 구속 시험체의 경우 비구속 시험체에 비해 균열이 더 적게 진행된 것을 관찰할 수 있었으며, 시험체의 균열 모습은 사진 1에 나타나 있다.

표 3에는 각 시험체의 항복하중 및 파괴하중, 최대하중이 나타나 있으며, 구속 시험체의 경우에는 파괴가 발생하지 않아 #형 접합부는 하중전달을 위한 충분한 구조성능 가지고 있는 것으로 나타났다. 비구속 시험체의 경우에는 전단보강철물의 양이 증가함에 따라 파괴하중이 증가하는 것으로 측정되었으며, 전단보강철물의 양이 가장 많은 JA-V19 시험체보다 전단보강철물이 없으면서 구속인 JB-0 시험체가 더 안전한 것으로 관찰되어 구속여부가 #형 접합부의 구조성능에 중요한 역할을 하고 있는 것으로 나타났다.

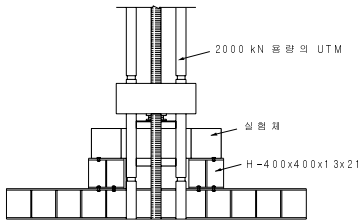


그림 4 시험체 가력 상세

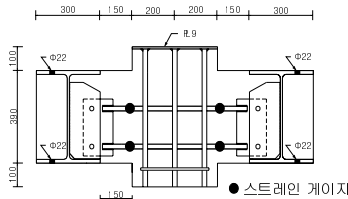


그림 5 스트레인 게이지 위치

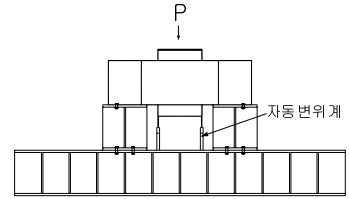


그림 6 자동변위계 설치 위치

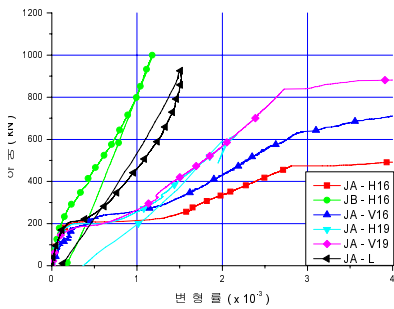


그림 7 전단보강철물의 하중 - 변형률 곡선(하부 배근)

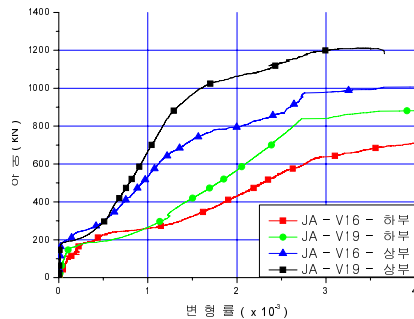
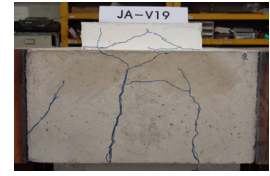


그림 8 전단보강철물의 하중 - 변형률 곡선(상부 배근)

표 3 시험체의 파괴하중 비교

시험체명	전단보강철물의 항복하중(kN)		파괴하중 (kN)	최대하중 (kN)	파괴하중 비 ¹⁾ (JA-0 비교)
	하부근	상부근			
JA-0	-		295	295	1.0
JB-0	-		-	1,500	-
JA-H16	462		462	570	1.57
JB-H16	-		-	1,800	-
JA-V16	599	973	973	1,010	3.30
JA-H19	620		620	620	2.10
JA-V19	759	1,137	1,137	1,200	3.85
JA-L	855		855	930	2.90

주) 1) JA-0 시험체의 파괴하중을 기준으로 각 시험체의 파괴하중 비



a) 앞면



b) 보-기둥 접합부

사진 1 JA - V19 시험체 균열 모습

3.2 하중-변형률 곡선

각 시험체의 하중과 시험체 하부에 배근된 전단보강철물의 하중과 변형률 관계는 그림 7과 같다. 비구속 시험체의 경우에는 시험체에 균열이 발생하였을 때 철근의 변형률이 급속도로 커지는 것으로 나타났다. 구속 시험체인 JB-H16 시험체는 1,800 kN의 높은 하중 상태에서도 철근이 항복하지 않았다. 그 외의 시험체는 모두 전단보강철물이 항복한 것으로 나타났다. 시험체의 상부에 전단보강철물이 배근된 JA-V16 및 JA-V19의 하중-철근 변형률 곡선은 그림 8과 같이 나타났다.

4. 결론

DBS공법의 주요 구성요소인 #자형 보-기둥 접합부의 구조 성능을 검토하기 위하여 보의 구속과 비구속, 전단보강철물의 종류 및 배근 위치를 변수로 하여 총 8개의 시험체를 제작하여 구조 실험을 수행하였으며, 실험 결과는 다음과 같다.

- 1) 구속 시험체인 JB-0, JB-H16은 각각 1,500 kN, 1,800 kN까지 가력을 하여도 시험체가 파괴되지 않았으며, 전단보강철물을 가장 많이 배근한 JA-V19 시험체의 파괴하중보다 1.32~1.58 배 높은 하중 상태에서도 안전한 것으로 나타나 구속 시험체의 안전성이 높은 것이 확인되었다.
- 2) 비구속 시험체는 전단보강철물의 양이 증가함에 따라 전단보강철물이 없는 시험체에 비해 파괴하중이 1.57~3.85 배까지 증가한 것으로 나타났다.
- 3) 시험체의 초기 균열 하중은 비구속 시험체가 구속 시험체 보다 더 작은 것으로 관찰되었으며, 시험체의 균열 양상은 모든 시험체가 전단 균열 형태를 보이는 것으로 나타났다. 초기 균열은 콘크리트 보의 하부에서 발생하였으며, 하중이 증가함에 따라 보-기둥 접합부와 상부로 진행을 하였다.

감사의 글

이 논문은 한국건설기술평가원에서 시행한 2005년도 건설기술혁신사업(05건설핵심D02-01) 연구 결과의 일부이며, 이에 감사드립니다.

참고문헌

1. 김상식, 철근콘크리트 구조설계(3판), 문운당, 2005.
2. 한국콘크리트학회, “콘크리트 구조설계기준·해설”, 한국콘크리트학회, 2003
3. J. S. Kuang and C.T. Morley “Punching Shear Behavior of Restrained Reinforced Concrete Slabs”, ACI Structural Journal V.89, No.1 Jan.-Feb. 1992, pp.13-19
4. 최경규, 박홍근 “플랫플레이트-기둥 접합부의 뚫림전단강도“ 콘크리트학회 Vol.16 No.2, pp.163-174, 2004