

# 더블 H형강 보 스트럿(DBS)을 이용한 지하 수평구조 보-기둥 접합부 구조거동에 대한 실험연구

## An Experimental Study on the Structural Behavior of Beam-Column Joint at Underground Horizontal Structure with Double H-shaped Beam Struts

최 광 호\*      이 인 혁\*\*      이 정 윤\*\*\*      김 상 식\*\*\*\*      정 하 선\*\*\*\*\*  
Choi, Kwang-Ho      Lee, In-Hyuk      Lee, Jung-Yun      Kim, Sang-Sik      Jung, Ha-Sun

### ABSTRACT

The purpose of this study is to verify structural performance of joint with # type beam - column at DBS system which has the advantages of wide construction area and use horizontal strut beams as the permanent member of structure. Test specimen have been tested with variables of number of stud, thickness and shape of shear plate and distance between column and # type girder.

The results shows that shear plate mainly affected at RC and RCST type specimen. The ultimate strength is higher as the distance of # type girder - column is shorter. All of test results show higher capacity than design calculation because of concrete confinement effect of steel beam.

### 1. 서론

건설회사에 있어서 지하공사는 공기단축과 공사비 절감 측면에서 매우 중요한 위치를 차지하기 때문에 구조적 안전성은 물론 시공성과 경제성이 확보되어야 한다. 또한, 지하공사는 일반적으로 기초공사나 골조공사 등과 병행하여 실시되는 경우가 많으므로 이들 공사와의 상호 긴밀한 협력관계를 유지하면서 진행되어야 한다. 이 연구에서는 기존의 지하공사에 많이 사용되어 온 수평 스트럿 공법의 시공성과 생산성을 향상시킬 목적으로 수평부재로서 더블 H형강 보를 사용하여 강성을 높이고 이를 연구 구조부재로 활용할 수 있는 시스템을 개발하고, 특별히 기둥부재와 더블 H형강 보 사이의 접합형태에 대한 구조성능을 실험을 통해 확인하였다.

### 2. DBS 시스템 개발

이 실험연구의 대상은 기존 스트럿 방식의 지하수평구조에서 횡방향 좌굴성능을 개선하기 위하여, 강축과 약축이 존재하는 H-형강을 이중으로 결합한 시스템(H shaped double beam strut system : DBS system)으로, 약축에 대한 강성이 보완되어, 큰 압축력이 작용하는 수평부재대의 좌굴성능을 개선하고, 좌굴방지용으로 사용되는 센터 파일의 수량을 대폭 줄일 수 있다. 시스템 개요 및 접합부 상세는 그림 1과 같다.

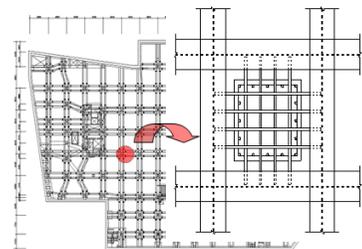


그림 1 DBS 시스템 및 접합부

\* 정희원, 남서울대학교 건축학과 부교수  
\*\* 정희원, 바로건설기술(주) 연구소  
\*\*\* 정희원, 성균관대학교 건축학부 부교수  
\*\*\*\* 정희원, 인하대학교 건축학부 교수  
\*\*\*\*\* 정희원, 한국콘크리트학회 공학연구소장

### 3. 구조실험

#### 3.1 실험체

실험실의 가력장치인 만능구조실험기(UTM)에서 설치가 가능하도록 실험체의 크기를 실제크기의 1/2로 축소하여 설계하였다. 시험 변수는 표 1과 같이 전단볼트 수, +자형 전단철판 두께 및 형상, 슬래브 유·무, 기둥과 #형 보의 이격 간격으로 하였으며 재료강도는 SS400,  $f_y = 240\text{MPa}$ ,  $f_{ck} = 21\text{MPa}$  이고, 요소별 크기로는 H-300×150×6.5×9, +자형 전단철판의 두께는 6t, 12t이고, 기둥크기는 H-100×100×6×8이며 스티드 볼트는  $\Phi 13$ ,  $h=70\text{mm}$ 을 사용하였다. 시험체 형상은 그림 2, 3과 같다. 시험체명에서 RC는 스티드볼트가 없는 +자형 전단접합관을, RCST는 스티드볼트가 있는 +자형 전단접합관을 의미한다. SRC 시험체는 H형 기둥면에 스티드볼트가 있으며 전단접합관이 없는 형상으로 되어있다.

#### 3.2 시험체 제작 및 가력 방법

시험체 제작 순서는 #형 H형강을 용접하고 여기에 +자형 전단접합관과 기둥을 만든후 콘크리트를 타설하는 것으로 하였으며 사진 1과 같다. 가력시 사용된 UTM의 내부 폭은 1m, 높이는 3m이며 최대 가력성능이 5000 kN이었다. 시험체 설치는 사진 2와같이 #형보의 하부 네 모서리를 시험체 설치용 프레임에 얹어놓아 단순지지형태가 되도록 하였다.

#### 3.3 실험결과 분석

##### 3.3.1 파괴양상

그림 2의 (a)와 같이 +자형 전단접합관이 없이 기둥에 스티드만 용접되어 있는 SRC계열 시험체의 파괴양상은 기둥과 #형 접합부를 연결하는 철관이 없어서 기둥과 #형보 주변을 따라서 파괴가 발생하였으며 사진 3과 같다. 그림 2의 (b),(c)와 같이 +자형 전단접합관이 있는 RC계열과 RCST계열 시

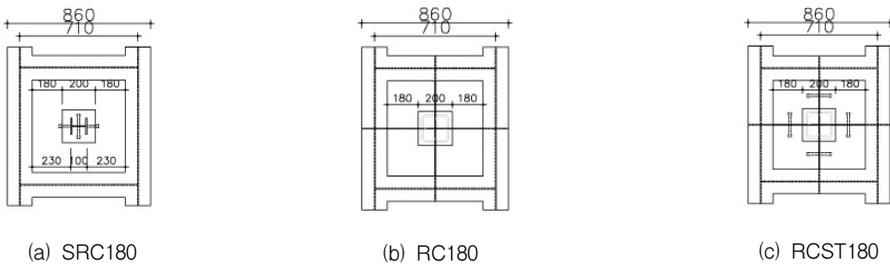


그림 2 +자형 시험체 평면

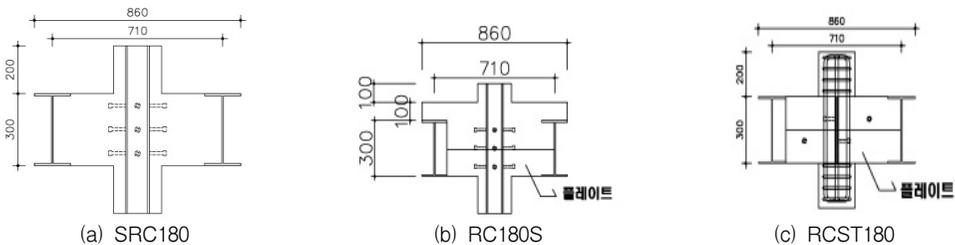


그림 3 +자형 시험체 입면

험체의 파괴양상은 SRC계열과 비슷하지만 전단전합판 위치에서 지압파괴가 병행하여 나타났다.

### 3.3.2 설계력과 실험결과비교

그림 4는 계열별 실험체의 하중-변위 곡선을 나타내고, 표 2-4에서는 계열별 설계내력과 실험결과를 비교하였다. SRC 계열의 경우 기둥 내부 스테드 볼트의 전단내력과 철골보와 콘크리트 사이 부착력의 합에 의한 내력에 의해 기둥 내력이 결정되며, RC 및 RCST계열의 경우 기둥주변의 미끌림 전단, 접합부 주변의 뚫림 전단, 그리고 전단전합판의 전단 내력중 최소값에 의해 결정되는 것으로 볼 수 있다.

SRC 계열의 경우 이격 간격이 큰 SRC180(126.651톤) 실험체가 SRC100(130.750톤) 실험체에 비해 3.1%감소되어 이격간격으로 인한 내력 감소 효과는 미미한 것으로 나타났는데, 이는 기둥 주변 콘크리트 사이의 미끌림 보다는 철골보와 콘크리트의 미끌림 또는 스테드 볼트의 전단 성능이 지배하여 나타나는 것이라고 판단된다.

RC 계열의 경우 이격간격이 상대적으로 큰 RC140(227.410톤), RC180(211.876톤) 실험체가 RC100(244.085톤) 실험체에 비해 6.8%, 13.2%씩 감소하여, 이격 간격에 의한 영향이 있는 것으로 판단되었으며, RCST 계열의 경우 이격간격이 상대적으로 큰 RCST180(206.975톤) 실험체가 RCST140(221.646톤)

표.1 시험변수

단위:톤

No	시험체명	스테드수	전단철관	슬래브(mm)	간격*
1	SRC100	12EA	-	0	100
2	SRC100S	12EA	-	100	100
3	SRC180	12EA	-	0	180
4	SRC180s	12EA	-	100	180
5	RC100	-	6.0T	0	100
6	RC140	-	6.0T	0	140
7	RC140-1	-	12.0T/0.5T	0	140
8	RC180	-	6.0T	0	180
9	RC180S	-	6.0T	100	180
10	RCST100	8EA	6.0T	0	100
11	RCST140	8EA	6.0T	0	140
12	RCST180	8EA	6.0T	0	180
13	RCST180S	8EA	6.0T	100	180

표2. SRC계열의 설계 내력과 시험결과와의 비교 단위:톤

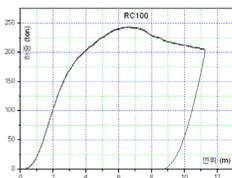
실험체	파괴강도	전단강도	부착강도	예상내력	강도비
	$P_{test}$	V1	V2	V1+V2	$\frac{P_{test}}{P_{etm}}$
SRC100	130.750	44.604	42.336	86.942	150.4%
SRC180	126.651	44.604	42.336	86.942	145.7%
SRC100S	145.545	44.604	56.448	101.054	144.0%
SRC180S	121.257	44.604	56.448	101.054	120.0%

표3 RC계열의 설계내력과 시험 결과와의 비교

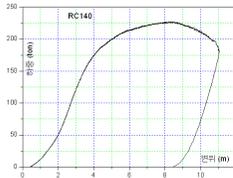
표4 RCST계열의 설계내력과 시험결과와의 비교

실험체	파괴 강도	미끌림 전단	뚫림 전단	철관 전단강도	예상 내력	강도비
	$P_{test}$	V1	V2	V3	$P_{etm}$	$\frac{P_{test}}{P_{e tm}}$
RC100	244.085	115.200	78.384	99.766	78.384	311.4 %
RC140	227.410	115.200	94.060	99.766	94.060	241.8 %
RC180	211.876	115.200	109.737	99.766	99.766	212.4 %
RC180S	203.153	153.600	146.316	99.766	99.766	203.6 %
RC140-1	180.876	115.200	94.060	49.883	49.883	362.6 %

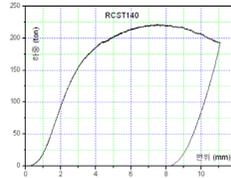
실험체	파괴 강도	미끌림 전단	뚫림 전단	철관전 단강도	예상 내력	강도 비율
	$P_{test}$	V1	V2	V3	$P_{etm}$	$\frac{P_{test}}{P_{etm}}$ (%)
RCST 100	166.110	144.936	78.384	99.766	78.384	211.9
RCST 140	221.646	144.936	94.060	99.766	94.060	235.6
RCST 180	206.975	144.936	109.737	99.766	99.766	207.5
RCST 180S	175.351	183.336	146.316	99.766	99.766	175.8



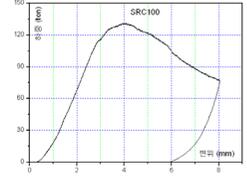
(a) RCST 시험체의 하중-변위 곡선



(b) RCST140 시험체의 하중-변위 곡선



(c) RC100 시험체의 하중-변위 곡선



(d) SRC100 시험체의 하중-변위 곡선

그림 4 #자형 접합부 전단저항 시험결과



(a) #형 철물제작



(b) 전단접합판 및 기둥 설치



사진 2 시험 전경



3 시험체 파괴양상 (SRC계열 파괴양상)

사진 1 시험체 제작과정

실험체에 비해 6.6% 감소하여, 이격간격에 의한 영향이 있는 것으로 판단된다. 전단접합판 내부에 스테드 볼트를 설치한 RCST계열과 스테드 볼트를 설치하지 않은 RC계열의 최대내력을 비교해 볼때, RC 140은 227.4t , RCST 140은 221.6t을 나타내었으며 RC180은 211.8t RCST 180의 최대 내력이 207t으로서 스테드 볼트의 영향은 미미한 것으로 판단된다.

#### 4. 결론

이 연구에서는 더블 H-형강 스트럿을 사용한 지하수평구조 시스템에서 기둥+#형보 접합부의 구조성능을 확인하고자 실험연구를 수행하였으며, 그 결과는 다음과 같다.

- 1) 전단접합판의 영향 : 전단접합판이 없이 H형강 기둥에 스테드가 있는 SRC100은 스테드 대신에 전단접합판이 있는 RC100 시험체에 비해 내력이 53% 낮게 나타났다.
- 2) 전단접합판에 용접된 스테드의 영향 : 스테드가 있는 +자형 전단접합판 시험체인 RCST140과 스테드가 없는 +자형 전단접합판 시험체인 RC140의 비교에서 최대 내력과 변위는 비슷하였으나 RCST140 시험체의 강성이 상대적으로 크게 나타났다.
- 3) 기둥과 #형 접합부 이격간격의 영향 : 이격간격이 100인 RC100이 140인 RC140시험체에 비하여 7% 정도 나타나 영향은 있지만 전단접합판의 영향에 비해 매우 작은 것을 확인하였다.

#### 감사의 글

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

#### 참고문헌

1. 김상식, 철근콘크리트 구조설계(3판), 문운당, 2005.
2. 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