

콘크리트 충전 각형 강관기둥의 부착응력에 있어 shear-connector의 영향에 관한 실험적 연구

A Experimental study about an effect of shear-connector at a bond stress in concrete filled rectangular tubular column

박 성 무*	김 성 수**	김 원 호***
Park, Sung Moo	Kim, Sung Su	Kim, Won Ho
이 형 석****	이 경 섭*****	송 준 근*****
Lee, Hyung Seok	Lee, Kyung Seub	Song, Joon Guen

ABSTRACT

Load at steel beam column joints transferred by beam depend on bond strength between concrete and steel tube. But it is different to transmit a load efficiently in the established concrete filled steel tubular column. Therefore, shear-connector is demanded for transferring loads efficiently. An ascent of bond stress and a transmission of load after debonding are expected by a reinforcement of shear-connector.

1. 서론

콘크리트 충전 강관(CFT) 기둥-철골보 접합부에서는 철골보에 가해지는 외력이 기둥에 전달될 때 기둥의 요소인 콘크리트와 강관에 동시에 전달되는 것이 아니라 그 형태적 요인에 의해 강관에만 전달된다. 모멘트 저항 보-기둥 접합부가 갖추어야 할 기본 요건은 기둥이 연결된 보 부재의 전 소성 모멘트를 받을 수 있도록 충분한 강도를 확보해야한다는 것이다. 또한 모멘트 재분배를 허용할 수 있는 연성 및 변형능력을 지녀야 하며 건물진동에 걸친 모든 구조부재의 강성을 유지하기 위하여 적절한 탄성 강성을 확보해야한다. 그러나, 기존의 연구를 살펴보면 충전강관 기둥과 보 접합부, 그리고 충전강관의 기둥압축실험쪽으로 치중된 경향이 있다. 특히 강관과 콘크리트 core와의 두 이질재료의 상호 작용에 대한 연구는 거의 없는 실정이다.

-
- * 정회원, 영남대학교 건축공학과 교수
 - ** 정회원, 청주대학교 건축공학과 교수
 - *** 정회원, 영남대학교 건축공학과 박사수료, SNS구조사무소 대표이사
 - **** 정회원, 영남대학교 건축공학과 박사수료
 - ***** 정회원, 청주대학교 건축공학과 석사과정
 - ***** 정회원, 영남대학교 건축공학과 석사과정

이에 본 연구는 콘크리트 충전 원형 강관기둥에서 콘크리트와 강관이 동시에 보에서 전달되어 오는 하중을 부담할 수 있도록 하는 방안을 강구하기 위한 연구로서 콘크리트 충전강관에 shear-connector를 설치하여 shear-connector가 부착응력에 미치는 영향과 성능을 파악하고자 한다.

2. 실험

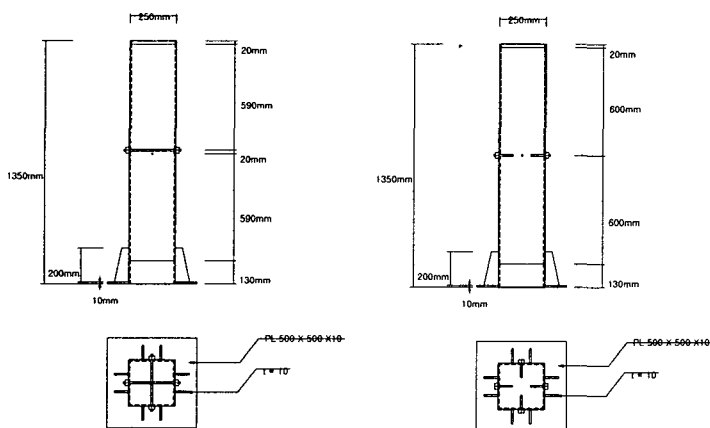
2.1 실험체 제작

시험체는 각형강관 SS41의 □-250×250을 사용하였다. 축력을 받는 콘크리트 충전 각형 강관기둥의 부착응력에 shear-connector가 미치는 영향을 평가하기 위하여 기준실험체(RS-B, RC-B)를 두고 실험 변수를 shear-connector의 위치, 지름으로 두고 실험체를 제작하였다. 그리고 shear-connector의 형상에 따라 2개군의 실험체를 제작하였고, 각각 관통형(RC계열)과 단속형(RC계열)이며, 실험체의 일람은 [표 1]과 같다. 그리고 [그림 1]은 시험체의 기본형인(RS-B, RC-B)를 나타내었다.

그리고 shear-connector로는 실제 현장에서의 적용성을 고려하여 볼트를 사용하였다.

[표 1] 실험체 일람표

실험체명	강관 치수	CON'C 강도	shear-connector				실험체명	강관 치수	CON'C 강도	shear-connector			
			유무	위치	개수	지름				유무	위치	개수	지름
R-O	□ 250 × 250	240	無	-	-	-	R-O	□ 250 × 250	240	無	-	-	-
RS-B			有	중앙	4	10	RC-B			有	중앙		
RS-L1				상			RC-L1				상		
RS-L2				하			RC-L2				하		
RS-N1				중앙			2				RC-N1	중앙	2
RS-N2			8	RC-N2	4								



(a)RS-B시험체

(b)RC-B시험체

[그림 1] 기준실험체

[그림 2] 실험체 설치상황

2.2 실험방법

실험의 가력개념은 [그림 2]와 같이 Push-Out Test로서 기둥의 상부에 가력판을 두고 수직재하하여 강관 내부에 충전된 콘크리트가 허용된 Air-Gap에서 60mm에서 최대120mm의 슬립(slip)이 발생할 때까지 가력한다. 실험체의 설치는 기둥에 일정한 축력을 가하기 위해 200ton의 만능시험기(UTM)의 중앙에 설치하였다. 강관 내부에 충전된 콘크리트의 수직변위를 측정하기 위하여 [그림 2]에서 보는 바와 같이 LVDT를 설치하였고, 강관의 수직 및 수평변형률을 알아보기 위해 각 시험체마다 9개의 Strain Gauge를 부착하였다.

2.3 재료 시험

실험체 제작시 사용된 콘크리트의 압축강도 시험결과는 다음 [표 2]와 같다.

[표 2] 콘크리트의 압축강도 시험결과

설계 기준강도 (kgf/cm ²)	실제 압축강도 (kgf/cm ²)	슬립프 (cm)	굵은골재 (mm)
240	258	15	25

3. 실험결과 및 분석

축력을 받는 콘크리트 충전 각형 강관기둥의 부착응력에 shear-connector가 미치는 영향을 파악하기 위한 실험의 결과에서 각 실험체의 최대부착응력과 최대부착응력비를 [표 3]에 나타내었다.

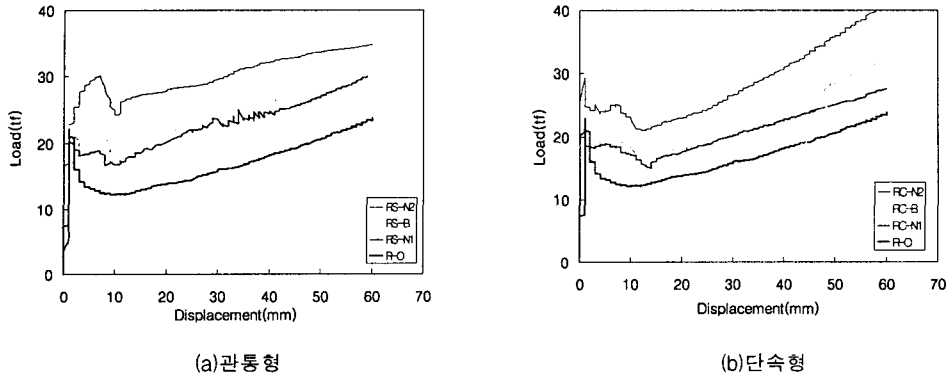
[표 3] 실험결과

실험체명	최대 부착응력 (kgf/cm ²)	기준실험체와의 최대응력비	실험체명	최대 부착응력 (kgf/cm ²)	기준실험체와의 최대응력비
R-O	1.89	0.969	R-O	1.89	0.955
RS-B	1.95	1	RC-B	1.98	1
RS-N1	1.94	0.995	RC-N1	1.96	0.99
RS-N2	2.58	1.323	RC-N2	2.61	1.318
RS-L1	2.2	1.128	RC-L1	2.38	1.192
RS-L2	1.9	0.974	RC-L2	1.93	0.975

3.1 Shear-connector의 개수에 따른 영향

Shear-connector의 개수가 증가함에 따라 부착강도가 증가함을 알 수 있었다. 아래의 [그림 3]에서 보는 것과 같이 Shear-connector가 8개 있는 경우는 다른 시험체와 달리 매우 큰 부착응력을 보여주지만, 그 개수의 증가만큼 부착력이 증가하지 않는 것을 볼 수 있다. 이러한 Shear-connector의 증가에

따른 부착력의 증가는 Shear-connector의 자체적인 전단저항력 증가와 강관구속효과의 증가가 복합적으로 작용한 결과로 판단된다.

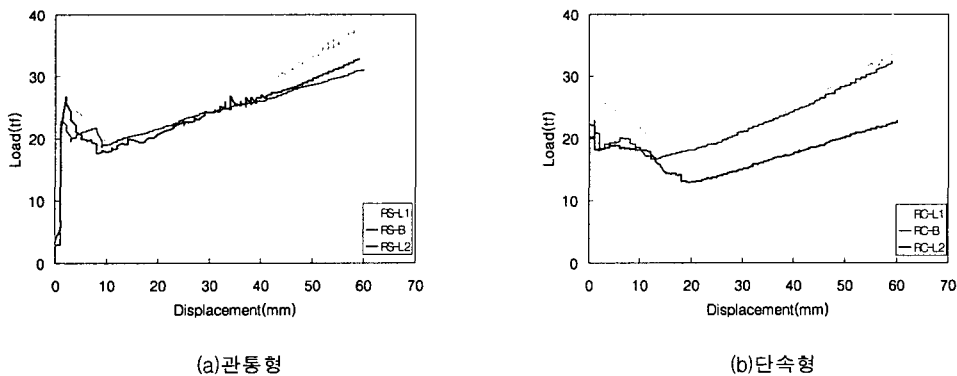


[그림 3] Shear-connector의 개수에 따른 하중-변위 곡선

3.2 Shear-connector의 위치에 따른 영향

[그림 4]에서 보는 것과 같이 상부에 Shear-connector를 둔 경우가 하부에 Shear-connector를 둔 경우보다 강도상에서는 큰 차이가 없으나, 같은 양의 슬립에 대하여 보다 큰 힘을 받을 수 있음을 알 수 있었다.

단순한 수치상의 큰 차이는 볼 수 없으나, 위치가 상부에 놓일수록 보다 연성적인 거동을 함을 알 수 있었다.



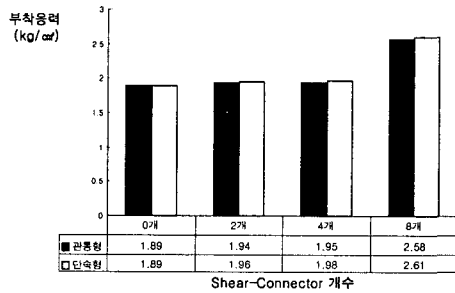
[그림 4] Shear-connector의 위치에 따른 하중-변위 곡선

3.3 Shear-connector의 형상에 따른 영향

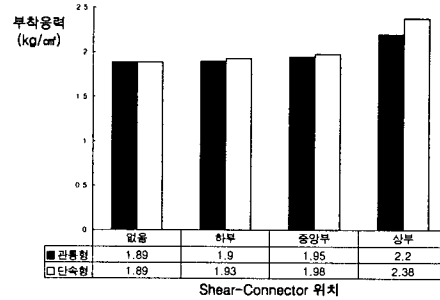
Shear-connector의 개수와 위치의 경우에서 부착응력은 단속형이 관통형보다 크게 나타내고 있다. 하지만, Shear-connector 자체의 전단저항력은 관통형이 높은 하중에 견디지만 Shear-connector의 파괴에 이르면 슬립에 대한 저항이 단속형의 경우가 보다 연성적이 거동을 하여 같은 슬립양에 대해 보다 큰 하중을 견딜 수 있음을 알 수 있다.

이러한 양상을 나타내는 이유로는 먼저, 슬립발생이후 Shear-connector의 거동에서 단속형인 경우

관통형보다 큰 변형능력을 가짐으로 인해 강관내의 콘크리트의 슬립에 대한 저항력을 가지지만 관통형인 경우에는 Shear-connector는 어느정도의 변형이후 Shear-connector의 단부 파괴로 인해 하중 부담능력이 약해지는 것으로 판단된다.



(a) Shear-connector 개수



(a) Shear-connector 개수

[그림 5] 관통형과 단속형의 부착응력값 비교

4. 결론

축력을 받는 콘크리트충진각형강관 기둥의 부착응력에 shear-connector가 미치는 영향에 관한 실험적 연구를 통하여 다음과 같은 결과를 얻을 수 있었다.

- 1) Shear-connector의 개수가 증가함에 따라 부착응력 및 슬립발생후의 전단저항능력이 증가하지만 비례적으로 증가하지는 않는 것을 알 수 있다.
- 2) Shear-Connector를 상부에 두는 것이 하부나 중앙부에 두는 것보다 훨씬 효과적임을 알 수 있었다.
- 3) Shear-connector의 형상인 관통형과 단속형의 경우 단속형이 보다 큰 부착응력을 가지고 있음을 알 수 있었다. 하지만 관통형의 경우에는 단순부착에 Shear-connector의 전단력이 더해져서 더 큰 하중을 부담하는 것으로 나타났다. 그러나 관통형의 Shear-connector 단부파괴 이후 하중부담은 단속형이 더 크게 나오는 것을 알 수 있다.
- 4) 현재 콘크리트 충전 각형 강관기둥의 부착응력에 있어 Shear-connector의 영향을 연구함에 있어 콘크리트 강도, 강관의 D/T비, Shear-connector배치, 접합형태, 강도, 지름, 내민길이등을 변수로 실험을 수행중에 있다.

5. 감사의 글

본 연구는 한양대학교 초대형구조시스템연구센터의 연구비 지원하에 이루어진 연구의 일부로 이에 감사를 드립니다.

6. 참고문헌

1. H.Shakir-Khalil, "Resistance of Concrete filled steel tubes to pushout-force" The Structural Engineer Volumn 71, No 13, 1993
2. H.Shakir-Khalil, "Pushout strength of concrete filled steel hollow tubes" The Structural Engineer Volumn 71, No 13, 1993
3. Kilpatrick and Rangan " Influence of interfacial shear transfer on behavior of concrete filled steel tubular columns" ACI Journal 1999
4. Roeder의 2명, " Composite action in concrete filled tubes" Journal of Structural Engineering 1999
5. 장윤희, "콘크리트 충전 각형강관의 부착응력에 관한 실험적 연구", 영남대학교 석사학위논문, 2000