

콘크리트 충전원형강관기둥의 부착응력에 있어 shear-connector의 영향에 관한 실험적 연구

An experimental study about an effect of shear-connector at a bond stress in concrete filled circular steel tubular column

박 성 무^{*} 김 성 수^{**} 김 원 호^{***} 이 형 석^{****} 이 우 진^{*****} 김 경 모^{*****}
Park, Sung-Moo Kim, Sung-Su Kim, Won-Ho Lee, Hyung-Seok Lee, Woo-Jin Kim, Kyung-Mo

ABSTRACT

A transmission of load that is transmitted by beam in steel beam-column joint depends 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 a reinforcement about a transmission of load. 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. 이 때 콘크리트와 강관의 단순부착(화학적 부착, chemical bond)에 의해서는 그 외력이 충분히 콘크리트에 전달되지 못하고 콘크리트는 단순히 강관의 국부좌굴을 방지하는 역할만 하게 되어 단면의 효율성이 떨어지게 된다. 그러나 기존의 콘크리트 충전 강관 기둥-철골보 접합부의 연구를 살펴보면 기둥의 요소인 콘크리트와 강관이 동시에 하중을 전달하는 것을 기본적으로 가정하여 연구를 수행해왔다.

이에 본 연구는 콘크리트 충전원형강관기둥에서 콘크리트와 강관이 동시에 보에서 전달되어 오는 하중을 부담할 수 있도록 하는 방안을 강구하기 위한 연구로서, 콘크리트와 강관의 부착응력을 향상시

* 정회원, 영남대학교 건축공학과 교수

** 정회원, 청주대학교 건축공학과 교수

*** 정회원, 영남대학교 건축공학과 박사수료, SNS구조사무소 대표이사

**** 정회원, 영남대학교 건축공학과 박사수료

***** 정회원, 청주대학교 건축공학과 박사과정

***** 정회원, 영남대학교 건축공학과 석사과정

키기 위한 방안으로 shear-connector를 적용하여 shear-connector가 콘크리트와 강관의 부착응력에 미치는 영향과 그 성능을 파악하여 이를 통한 콘크리트 충전강관기둥-철골보 접합부의 연구에 대한 기초자료를 제시하고자 한다.

2. 실험

2.1 실험체 제작

축력을 받는 콘크리트 충전원형강관기둥의 부착응력에 shear-connector가 미치는 영향을 평가하기 위하여 기준실험체(CS-B, CC-B)를 중심으로 크게 shear-connector의 형상을 달리하는 2개 군의 실험체를 제작하여 여기서, shear-connector의 효율적 배치를 알아보기 위해 shear-connector의 위치를 변수로 한 4개의 실험체, shear-connector의 개수에 따른 4개의 실험체, shear-connector가 없는 1개의 실험체를 제작하였다. Shear-connector의 형상에 따른 2개군의 실험체는 각각 관통형(CS계열)과 단속형(CC계열)이며, 실험체의 일람은 [표 1]과 같다.

[표 1] 실험체 일람표

실험체명 (관통형)	강관 치수	CON'C 강도	shear-connector				실험체명 (단속형)	강관 치수	CON'C 강도	shear-connector			
			유무	위치	개수	지름				유무	위치	개수	지름
C-O	∅318.6 ×7	240	無	-	-	-	C-O	∅318.6 ×7	240	無	-	-	-
CS-B			有	중양	2	10	CC-B			有	중양		
CS-L1				상			CC-L1				상		
CS-L2				하			CC-L2				하		
CS-N1				중양			1				CC-N1	중양	1
CS-N2			3	CC-N2	3								

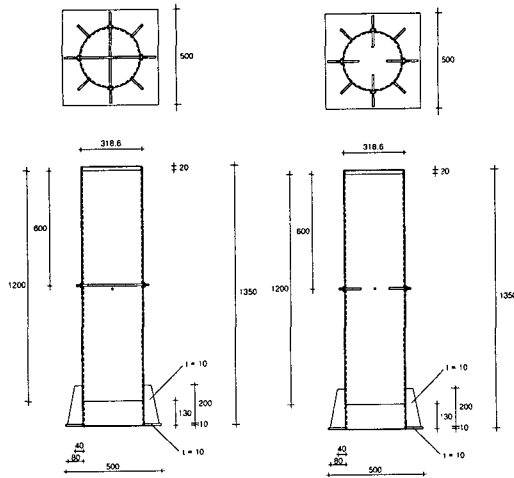
shear-connector로는 실제 현장에서의 적용성을 고려하여 볼트를 사용하였다. 그리고, Push-Out 실험을 수행하기 위해 강관 하부에 Air-Gap을 두어 콘크리트 core의 슬립(slip)을 허용하였고, Air-Gap으로 인한 강관 하부 자체의 국부좌굴을 방지하기 위해 Air-Gap을 둔 부분에 두께 10mm, 높이 200mm의 스티프너(stiffner)를 대어 용접하고 강관의 바닥면에 플레이트(500×500×10)를 용접하였다. 관통형 및 단속형 기준 실험체의 형상은 [그림 1]과 같다.

2.2 재료 시험

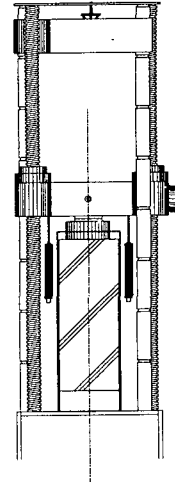
실험체 제작시 사용된 콘크리트의 압축강도 시험결과는 다음 [표 2]와 같다.

[표 2] 콘크리트의 압축강도 시험결과

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



(a) CS-B 실험체 (b) CC-B 실험체
[그림 1] 관통형 및 단속형 기준실험체



[그림 2] 실험체 설치상황

2.3 가력 및 측정방법

실험의 가력개념은 [그림 2]와 같이 Push-Out Test로서 기둥의 상부에 가력판을 두고 수직재하하여 강관 내부에 충전된 콘크리트가 허용된 Air-Gap에서 60mm~120mm의 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 수평 및 수직변형률을 알아보기 위해 각 시험체마다 9개의 Strain Gauge를 부착하였다.

[표 3] 실험결과

실험체명	최대 부작용력 (kgf/cm ²)	shear-connector 항복시 최대내력 (tf)	shear-connector 항복시 변위 (mm)	기준실험체와의 최대용력비	실험체명	최대 부작용력 (kgf/cm ²)	shear-connector 항복시 최대내력 (tf)	shear-connector 항복시 변위 (mm)	기준실험체와의 최대용력비
C-O	2.64	-	-	0.98	C-O	2.64	-	-	0.97
CS-B	2.7	32.61	8	1	CC-B	2.72	34.34	7	1
CS-N1	3.0	28.25	7	1.11	CC-N1	3.13	31.14	7	1.15
CS-N2	3.35	45.25	7	1.24	CC-N2	3.49	46.37	8	1.28
CS-L1	3.04	34.02	7	1.13	CC-L1	3.28	35.13	7	1.21
CS-L2	2.82	30.83	7	1.04	CC-L2	2.93	33.43	7	1.08

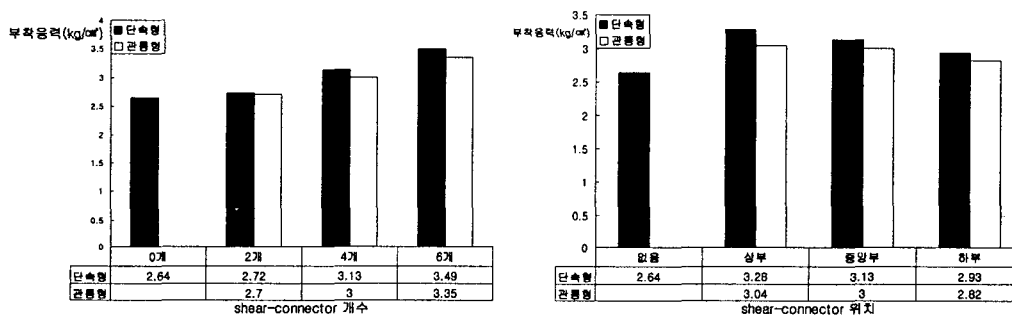
3. 실험결과 및 분석

축력을 받는 콘크리트 충전원형강관기둥의 부작용력에 shear-connector가 미치는 영향을 파악하기

위한 실험결과에서 각 실험체 마다의 최대부착응력과 shear-connector 항복시 내력 및 변위, 기준실험체와 최대부착응력비를 [표 3]에 나타내었다.

3.1 Shear-connector의 형상에 따른 영향

관통형 및 단속형 실험체의 하중-변위곡선은 각각 [그림 4], [그림 5]와 같다. 관통형과 단속형의 경우에 있어, shear-connector의 개수와 위치 각각의 경우에서 단속형이 관통형보다 큰 부착응력값을 나타내고 있다. 또한, shear-connector 자체의 전단저항력 또한 단속형이 관통형보다 높은 하중에 견딜 수 있는 것을 알 수 있다. 그리고, 슬립(slip)에 대한 저항 역시 단속형이 관통형보다 연성적인 거동을 보여 같은 슬립(slip)량에 대해 보다 큰 하중을 견딜 수 있음을 알 수 있다. 이러한 양상을 나타내는 이유로는 먼저, 슬립(slip)발생이후 shear-connector의 거동에서 단속형이 관통형보다 큰 변형능력을 가짐으로 인해 강관내부의 콘크리트의 슬립(slip)에 대한 저항력이 오래 갈 수 있고 관통형인 shear-connector는 어느정도의 변형 이후 shear-connector의 단부 파괴로 인해 하중부담능력이 약해진다고 판단된다. 두 번째로는 슬립(slip)발생이후 shear-connector의 변형이 생기면서 강관을 내부로 당기는 역할을 하게 되는데 이 때 앞서의 이유로 단속형의 큰 변형능력이 강관의 구속효과를 관통형의 경우보다 크게 만들어 부착응력상의 증가와 슬립(slip)에 대한 큰 저항력을 나타내는 것으로 판단된다.



(a) Shear-connector의 갯수

(b) Shear-connector의 위치

[그림 3] 관통형과 단속형의 부착응력값 비교

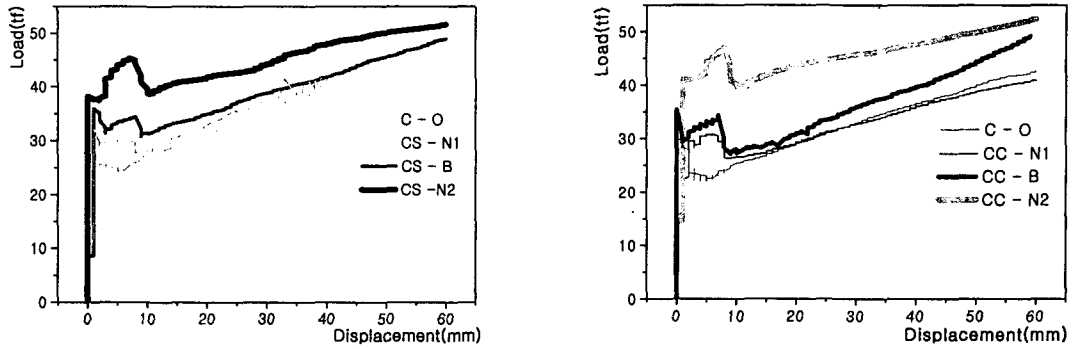
3.2 Shear-connector의 개수에 따른 영향

관통형과 단속형 모두 shear-connector의 개수가 증가함에 따라 부착강도가 증가함을 알 수 있다. 여기서, shear-connector가 6개 있는 경우는 다른 시험체와 달리 매우 큰 부착응력을 나타내었고, 부착력의 항복이후 shear-connector가 부담하게 되는 하중 또한 2개, 4개인 경우보다 매우 높게 나타났다. 이는 shear-connector의 자체적인 전단 저항력과 shear-connector의 매우 큰 강관구속효과가 복합적으로 작용한 결과로 판단된다. 개수를 변수로 한 실험체의 하중-변위 곡선은 [그림 4]와 같다.

3.3 쉬어커넥터의 위치에 따른 영향

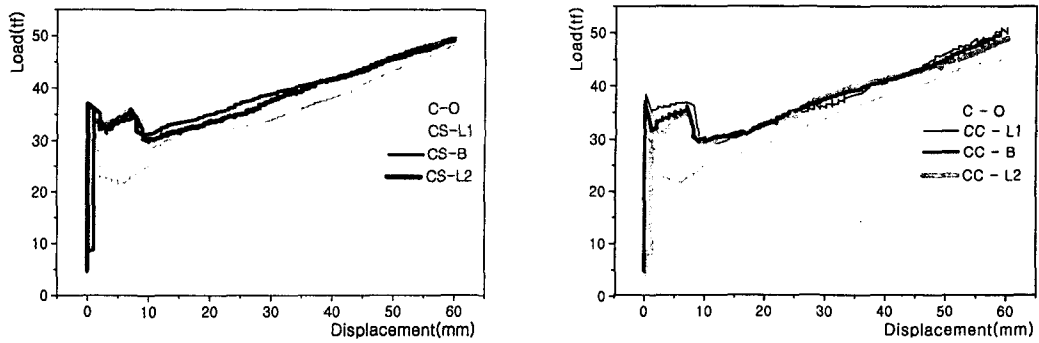
상부에 shear-connector를 둔 경우와 하부에 shear-connector를 둔 경우 강도상에서는 큰 차이가 없으나, 상부에 위치한 경우 하부보다 같은 양의 슬립(slip)에 대하여 보다 큰 하중을 저항할 수 있음을 [그림 5]를 통해 알 수 있다. 단순한 수치상의 큰 차이는 볼 수 없으나, 위치가 상부에 놓일수록 보다

연성적인 거동을 함을 알 수 있다. 위치를 변수로 한 실험체의 하중-변위 곡선은 [그림 5]와 같다.



(a) 관통형 (b) 단속형

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



(a) 관통형 (b) 단속형

[그림 5] Shear-connector의 위치에 따른 하중-변위 곡선

4. 결론

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

- 1) Shear-connector의 형상 즉, 관통형과 단속형의 경우 단속형이 보다 큰 하중 부담능력을 가지고 있음을 알 수 있었다. 이는 부착응력이 높고 또한 shear-connector가 단속형일 때 연성적인 거동을 하여 자체의 전단저항력이 관통형보다 뛰어남을 나타내는 것이다.
- 2) Shear-connector의 개수가 증가함에 따라 부착응력 및 슬립(slip)발생후의 전단저항능력이 증가하나 비례하지는 않음을 알 수 있었다. 이는 개수가 증가함에 따라 shear-connector의 강관구속효과 상승과 shear-connector 자체의 전단저항력 상승의 복합적 효과에 기인한 것으로 판단된다.

- 3) Shear-connector를 상부에 두는 것이 하부나 중앙부에 두는 것보다 효과적임을 알 수 있었다.
- 4) 현재 콘크리트 충전 원형강관기둥의 부착응력에 있어 shear-connector의 영향을 연구함에 있어 콘크리트 강도, 강관의 d/t비, shear-connector의 지름, 강도, 내민길이, 접합형태등을 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. Roeder외 2명, " Composite action in concrete filled tubes" Journal of Structural Engineering 1999
5. Cameron B, "Bond behavior in concrete filled tube composite columns" University of Washington 1997
6. 배인하, "콘크리트 충전 원형강관의 부착응력에 관한 실험적 연구", 영남대학교 석사학위논문, 2000