

단속배치된 캡 형상의 전단연결재의 전단내력에 관한 실험 연구

Experimental Study on the Shear Capacity of Cap-Type Shear Connectors With Constant Intervals

오 명 호*
Oh, Myoung Ho

이 민 석**
Lee, Min Seok

김 영 호***
Kim, Young Ho

김 명 한****
Kim, Myeong Han

Abstract

The push-out tests have been conducted on the specimens which consist of the steel beam with U-shape section and the cap-type shear connectors with constant intervals. Existing equations for the evaluation of shear connector strength have been investigated on the basis of test results. The reinforcing bars for longitudinal reinforcement and the penetrative bars for transverse reinforcement didn't have much effect on the shear capacity of the cap-type shear connector. The larger the width of cap-type shear connector was profiled, the greater the shear strength turned. The shear capacities of cap-type shear connectors with constant intervals were evaluated on the basis of push-out test results, and those were possible to be determined with proper safety margin using the Eurocode 4. The slip capacity of cap-type shear connector was shown to exceed the limit value of 6mm for sufficiently ductile behavior.

Keywords : Steel plate-concrete composite beam, Shear connector of cap-type, Push-out test, Shear strength

1. 서론

일반적으로 합성보는 바닥판 내에 철골보를 삽입하여 시공하거나 철골보와 슬래브의 합성 효과를 이용하여 동일한 스펙에서 부재의 휨 강성이 증가하기 때문에 적재 하중에 의한 처짐이 적고 진동이나 충격을 받는 보에 특히 유리하다. 이와 같은 장점으로 국내외에서 합성보에 대한 연구를 지속적으로 수행하고 있으며, 다양한 형태의 합성보를 개발하고 있다¹⁻³⁾.

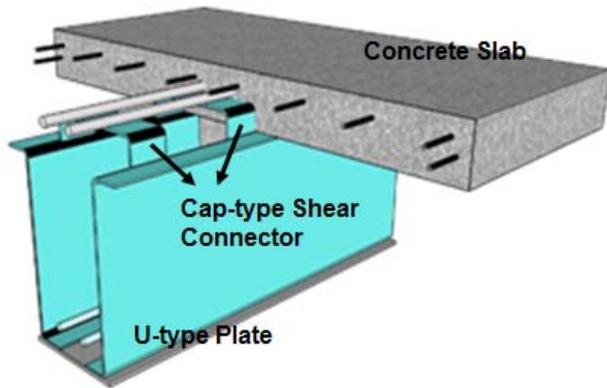
합성보는 강재와 콘크리트 슬래브의 경계면에 발생하는 수평 전단력에 의한 미끄러짐(Slip)이 발생한다. 미끄러짐이 발생하면 각각의 요소는 개별적으로

거동하며, 합성 단면의 휨 강도 저하의 원인이 된다. 반대로 미끄러짐이 구속되면 일체화 된 합성 단면으로 거동하며, 합성 단면이 가진 소성 강도를 발휘할 것이다.

슬래브와 강재보 사이의 연결은 주로 길이 방향으로 작용하는 수평 전단력에 저항하기 위해 전단 연결재를 사용하며, 이러한 전단연결재의 파괴거동에 따라 2가지로 구분할 수 있다. 연성연결재는 극한 변형 능력이 6mm 이상인 경우(Eurocode-4, 1994)이며, 일반적으로 스테드(Headed stud)가 사용되고 있다. 또한 강성연결재는 전단강도가 높고 콘크리트의 파괴에 의해 거동이 결정되며, 변형 능력은 상대적으로 작다⁴⁾.

기존의 강판-콘크리트 합성보는 전단연결재로 스테드를 사용하며, 상부가 개방된 형상이기 때문에 폭 고정용 앵글, 작업자용 발판과 같은 부속 철물들이 다수 사용되어 시공이 복잡하다. 이러한 단점을 개선하고자 <Fig. 1>과 같이 강판을 절곡한 캡(Cap)형 전단연결재를 개발하였다^{5,6)}.

* 정희원, 국립목포대학교 건축공학과 교수
Dept. of Architectural Engineering, Mokpo National Univ.
** 정희원, 연세대학교 건축공학과, 박사수료
Dept. of Architectural Engineering, Yonsei University
*** 정희원, 엔테이지 대표
NTAGE
**** 교신저자, 정희원, 국립목포대학교 건축공학과 부교수
Dept. of Architectural Engineering, Mokpo National Univ.
Tel: 061-450-2456 Fax: 061-450-6454
Email: mhk314@mkpo.ac.kr



<Fig. 1> Cap-type shear connector

이러한 캡형 전단연결재는 현장에서 작업자의 발판으로 활용이 가능하며, 운송 중이나 시공 시 발생 가능한 강재보의 변형을 방지할 수 있다. 또한 콘크리트에 매립된 캡을 통해 강재보 플랜지와 콘크리트 사이의 경계면에서 발생하는 수평 전단력에 저항하는 전단연결재로서의 역할을 기대할 수 있다.

전단연결재의 성능을 주로 Push-out 실험 방법으로 평가하는데, 이는 콘크리트 슬래브와 철골보 사이의 전단력을 직접적으로 평가할 수 있을 뿐만 아니라 실험 방법도 편리하기 때문이다^{7),8)}. 따라서 국내외적으로 Push-out 실험을 통해 다양한 전단연결재의 성능을 평가하고 있으나 강재 캡의 전단연결재에 대해서는 아직까지 많은 실험을 수행하지 못하였다.

따라서 본 연구에서는 U형 단면 강재 보에 단속

배치된 캡 형상의 전단연결재가 용접 접합된 실험체를 대상으로 Push-out 실험을 실시하고 그 결과를 바탕으로 하여 기존의 내력식과 비교를 통해 단속 캡 전단연결재의 전단내력을 평가하고자 한다.

2. 실험 계획

2.1 실험체 계획

단속배치된 캡 형상의 전단연결재의 전단성능을 평가하기 위해 총 9개의 실험체가 계획되었다. Push-out 실험체의 기본 형상은 <Fig. 2>와 같다.

합성보의 철골 단면은 U형(PL-10t)이며 철골보의 너비는 300mm, 높이는 215mm이다. 슬래브는 두께 150mm, 너비는 600mm, 높이는 650mm로 계획하였고, 슬래브의 성능 확보를 위해서 수직 철근은 6-HD13, 수평 철근은 5-HD10으로 배근하여 보강하였다.

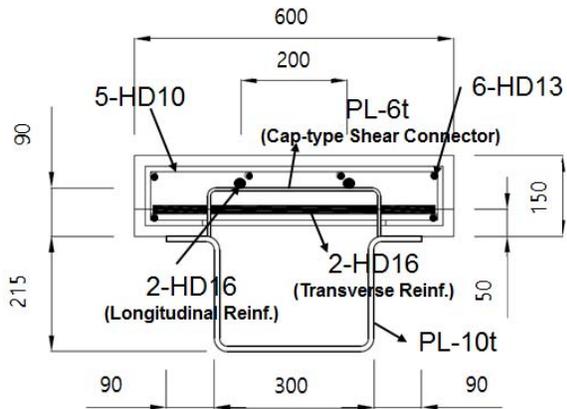
또한 전단연결재는 6mm 강판을 사용하였고 폭(Width)은 60mm, 80mm, 100mm이고, 높이(Height)는 80mm, 90mm, 100mm로 하였다. 또한 전단연결재의 간격(Pitch)은 300mm로 하여 실험을 수행하였다. 또한 기존의 전단연결재인 스티드와의 전단성능을 비교하기 위해 직경 19mm, 높이 100mm인 스티드를 2열 배치하여 제작하였다.

또한 단속배치된 캡의 전단성능을 보강하기 위해 고안된 보강 철근(Longitudinal reinforcement, 2-HD16) 및 관통 철근(Transverse reinforcement,

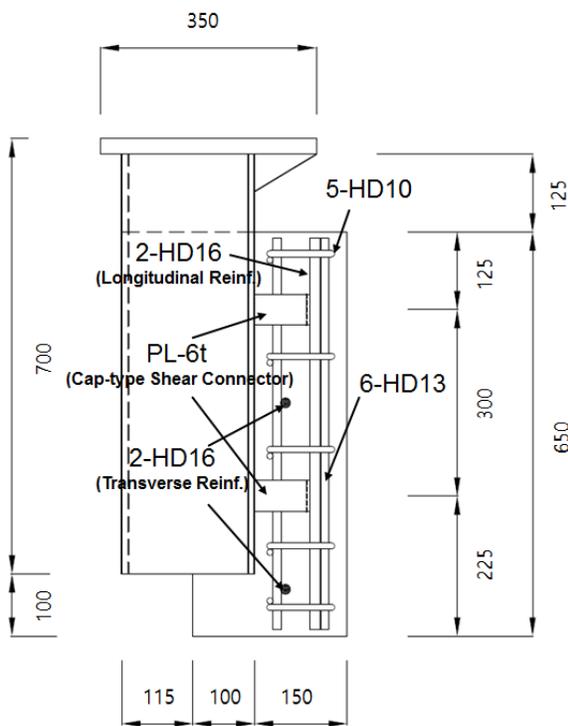
<Table 1> Test specimens

Specimens ID	Shear connector	Height of connector (mm)	Diameter or thickness (mm)	Width of cap (mm)	Longitudinal Reinf.	Transverse Reinf.	Pitch (mm)
1 S-100-19-250	Stud	100	19	-	-	-	250
2 C-H80-W60-L-T	Cap-type	80	6	60	2-HD16	HD16	300
3 C-H90-W60-X-X	Cap-type	90	6	60	×	×	300
4 C-H90-W60-L-X	Cap-type	90	6	60	2-HD16	×	300
5 C-H90-W60-L-T	Cap-type	90	6	60	2-HD16	HD16	300
6 C-H90-W60-L-T2	Cap-type	90	6	60	2-HD16	2-HD16	300
7 C-H90-W80-L-T	Cap-type	90	6	80	2-HD16	HD16	300
8 C-H90-W100-L-T	Cap-type	90	6	100	2-HD16	HD16	300
9 C-H100-W60-L-T	Cap-type	100	6	60	2-HD16	HD16	300

HD16)의 효과를 분석하기 위해 배근 유무를 실험 변수로 하여 계획하였다. 따라서 <Fig. 2>에 나타난 상세는 C-H90-W60-L-T2에 해당된다.



(a) Section



(a) Side view

<Fig. 2> Push-out test specimen

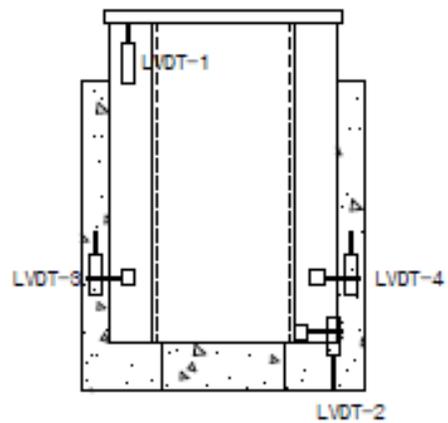
2.2 가력 방법 및 측정 방법

실험체는 <Fig. 3>과 같이 설치되었으며, 실험체 앞뒤로 브라켓과 스크류 잭을 설치하여 실험체와 콘크리트 슬래브의 벌어짐을 최소화 하였다.

가력 시 순수 실험체의 처짐을 확인하기 위해 변위계 1, 2를 설치하였으며, 콘크리트 슬래브와 실험체의 슬립량을 측정하기 위해 변위계 3, 4를 설치하였다. 또한 가력 시 콘크리트 슬래브의 회전 및 실험체와의 벌어짐을 측정하기 위해 슬래브 중앙 단부에서 상하로 각각 50mm 이격된 거리에 변위계 5, 6을 설치하여 이를 측정하였다. 변위계의 상세 위치 및 설치 현황은 <Fig. 4>와 같다.



<Fig. 3> Push-out test setup



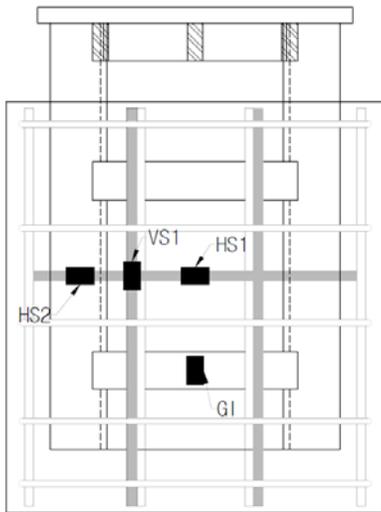
<Fig. 4> Location of LVDT

실험체 내부에 매립된 스트레인 게이지는 <Fig. 5>와 같이 부착되었다. 단속 캡에 부착된 G1의 경우 모든 실험체에 공통으로 설치되어 있으며, 각 변수 별 보강 철근에는 게이지 VS1, 관통 철근에는 게이지 HS1, HS2가 부착되어 가력 시 각 부재의 변형률을 측정하였다.

2.3 실험 방법

실험체의 가력 위치는 상부 350mm 플레이트의 중심에서 콘크리트 슬래브 방향으로 20mm 이격된 거리에서 실시하였다.

초기에 하중이 안정적으로 도입되기 전 5mm까지는 0.01mm/s 속도로 가력을 진행하였고, 이후 0.02mm/s의 속도로 진행하였으며, 액츄에이터의 변위가 35mm를 초과하거나 실험체의 하중이 최대 하중의 80% 이상 감소하였을 때 실험을 종료하였다.



<Fig. 5> Location of strain gauge

3. 실험 결과 및 분석

3.1 재료 시험

3.1.1 콘크리트

실험체 제작에 사용된 콘크리트는 설계 기준 강도(f_{ck}) 24MPa로 계획하였으며 KS F 2405에 따라 제작한 공시체 3개의 평균 탄성 계수는 21,566.6MPa이고, 평균압축강도는 27.5MPa로 측정되었다.

3.1.2 강재

실험체에 사용된 강재의 재료 성능을 확인하기 위해 인장 시험을 실시하였다. 실험체에 사용된 강재는 단속 캡에 사용된 PL-6t(SM490A), 하부 U형 강판에 사용된 PL-10t(SM490A)이며, 보강 철근 및

관통 철근에 사용된 HD16, 슬래브 철근에 사용된 HD13 및 HD10이다.

시험편은 KS B 0801을 준용하여 각각 3개씩 제작하였고, KS B 0802에 따른 인장 시험 결과의 평균 값을 <Table 2>에 나타내었다.

<Table 2> Material test results

Specimens		F_y (MPa)	F_u (MPa)
PL-6t	SM490A	403.1	548.9
PL-10t	SM490A	394.9	542.5
D10	HD400	493.6	632.9
D13	HD400	441.6	576.8
D16	HD400	460.8	655.1

3.2 하중-변위 곡선 분석

3.2.1 스티드 실험체

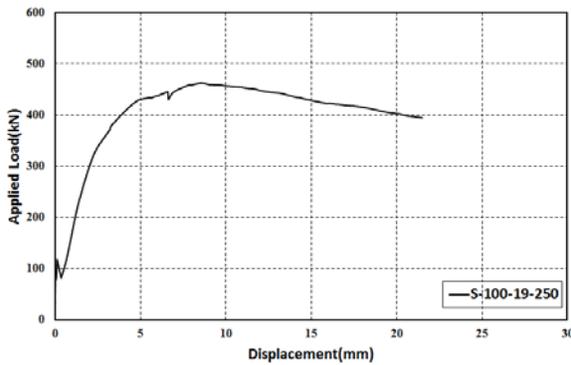
<Table 1>에서 1번 실험체인 S-100-19-250 실험체는 기존의 스티드 커넥터를 사용하여 U형 강판 상부에 전단연결재로 사용한 실험체이다. 이 실험체의 하중-변위 곡선을 <Fig. 6 (a)>에 나타내었다.

이 실험체의 경우, 약 113kN에서 콘크리트 슬래브와 U형 강판 사이에 균열이 발생하며 하중이 80kN까지 감소하였고, 이후 하중은 지속적으로 증가하는 양상을 보였다. 최대 하중(462.4kN) 이후 하중이 일정하게 감소하여 실험을 종료하였다. 약 174kN에서 정면 우측 중앙부부터 좌측 하부 방향으로의 대각 균열이 발생되었으며, 동시에 좌우 측면에 수평 균열이 발생되었다.

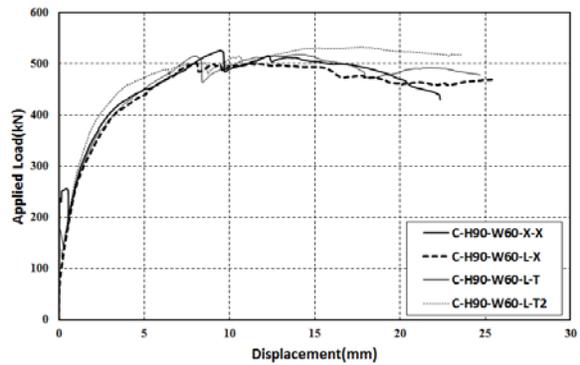
3.2.2 보강 철근 및 관통 철근의 영향

<Table 1>에서 3, 4, 5 및 6번 실험체인 C-H90-W60-X-X, C-H90-W60-L-X, C-H90-W60-L-T 및 C-H90-W60-L-T2 실험체는 각각 보강 철근 및 관통 철근의 유무에 따른 단속배치된 캡형 전단연결재의 전단내력을 평가하기 위한 실험체이다. 이 실험체들의 하중-변위 곡선을 <Fig. 6 (b)>에 나타내었다.

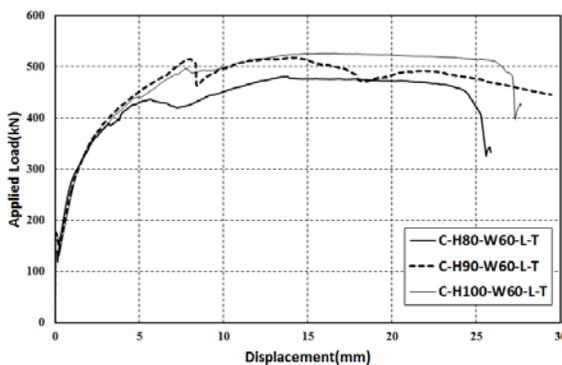
이 실험체들의 경우 초기 하중이 안정적으로 가력되기 시작한 이후 콘크리트 슬래브와 U형 강판 사이에 균열이 발생됨과 동시에 소음이 발생되었다.



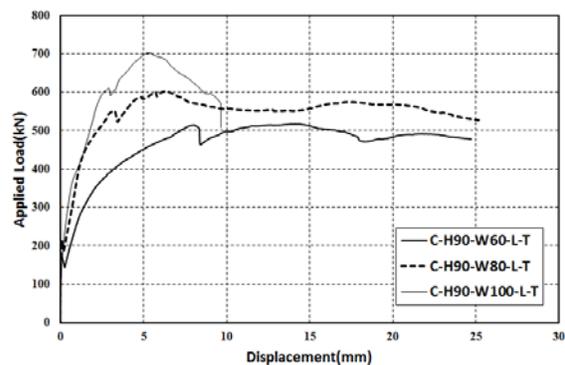
(a) Stud specimen



(b) Effect of longitudinal and transverse reinforcement



(c) Effect of height



(d) Effect of width

(Fig. 6) The load-displacement curve of specimens

이 때 하중이 감소하였으며 이후 실험체가 자리를 잡으면서 하중은 다시 증가되었다.

실험체에 균열이 발생된 이후, 실험체의 강성 변화를 확인할 수 있었으며 최대 하중에 도달한 이후에도 하중이 급격히 감소하지 않았다.

<Fig. 6 (b)>에서 보는 바와 같이 보강 철근 및 관통 철근이 배근됨에 따라 최대 하중 및 최대 하중 시 변위에는 큰 차이를 나타내지 않았다. 즉 보강 철근과 관통 철근은 캡의 전단내력에 큰 영향을 미치지 않는 것으로 분석되었다.

3.2.3 전단연결재의 높이에 대한 영향

<Table 1>에서 2, 5 및 9번 실험체인 C-H80-W60-L-T, C-H90-W60-L-T 및 C-H100-W60-L-T 실험체는 모든 조건이 동일하고, 단속배치된 캡의 높이가 각각 80mm, 90mm 및 100mm인 실험체이다. 이 실험체들의 하중-변위 곡선을 <Fig. 6 (c)>에 나타내었다.

이 실험체들도 초기 하중에서 콘크리트 슬래브와

U형 강관이 미끄러짐이 발생한 이후, 하중이 감소하였다가 콘크리트 슬래브 면에 균열이 발생하면서 최대 하중에 도달하였다. 최대 하중에 도달한 이후에도 하중이 급격하게 떨어지지 않았다.

<Fig. 6 (c)>에서 보는 바와 같이 캡의 전단연결재의 높이가 클수록 최대 하중이 더 커짐을 알 수 있으나 그 차이는 그리 크지 않았다. 그러나 전단연결재의 높이가 클수록 최대 하중이 발현되는 변위는 커서 전단연결재가 연성적으로 거동함을 알 수 있다.

3.2.4 전단연결재의 폭에 대한 영향

<Table 1>에서 5, 7 및 8번 실험체인 C-H90-W60-L-T, C-H90-W80-L-T 및 C-H90-W100-L-T 실험체는 모든 조건이 동일하고, 단속배치된 캡의 폭이 각각 60mm, 80mm 및 100mm인 실험체이다. 캡의 폭이 증가하면서 두께는 동일하므로 전단연결재의 단면적이 증가하는 경우이다. 이 실험체들의 하중-변위곡선을 <Fig. 6 (d)>에 나타내었다.

폭이 60mm 및 80mm인 실험체는 앞선 실험체들과 마찬가지로 초기 하중에서 콘크리트 슬래브와 U형 강관이 미끄러짐이 발생한 이후, 하중이 일시적으로 감소하였다. 이후 하중을 안정적으로 지지하다가 콘크리트 슬래브 면에 균열이 발생하면서 최대 하중에 도달하였다. 최대 하중에 도달한 이후에도 하중이 급격하게 감소하지 않았다. 그러나 폭이 100mm인 실험체는 최대 하중에 도달한 이후 다른 실험체와는 달리 급격하게 하중이 감소하였다.

<Fig. 6 (d)>에서 보는 바와 같이, 캡의 폭이 커지면 커질수록 최대 하중은 상당한 양으로 증가하는 결과를 얻었다. 이는 전단연결재의 단면적이 커질수록 전단연결재의 전단내력이 증가함을 의미한다.

3.3 전단내력 평가

국내설계기준(KBC 2016)⁹⁾에서는 스테드 전단연결재의 강도를 평가함에 있어서 미국의 하중저항계수설계법(LRFD)에 근거하여 콘크리트 슬래브 또는 합성슬래브에 매입된 스테드 전단연결재 1개의 공칭 강도는 다음과 같이 산정하도록 규정되어 있다.

$$Q_n = 0.5 A_{sc} \sqrt{f_{ck} E_c} \leq R_g R_p A_{sc} F_u \quad (1)$$

여기서,

A_{sc} : 스테드 전단연결재의 단면적(mm²)

E_c : 콘크리트의 탄성 계수(MPa)

F_u : 스테드 전단연결재의 인장 강도(MPa)

f_{ck} : 콘크리트의 압축 강도(MPa)

R_g, R_p : 데크 방향과 스테드 개수에 따른 계수

로 골데크를 사용하지 않을 경우, $R_g = 1.0$, $R_p = 0.75$

또한 Eurocode 4⁴⁾에서는 스테드 전단연결재에 대해 설계전단강도를 다음과 같이 평가하고 있다.

$$P_{Rd} = \min \left\{ \frac{0.8 f_u \pi d^2 / 4}{\gamma_v}, \frac{0.29 \alpha d^2 \sqrt{f_{ck} E_{cm}}}{\gamma_v} \right\} \quad (2)$$

$$\alpha = 0.2 \left(\frac{h_{sc}}{d} + 1 \right) \quad \text{for } 3 \leq h_{sc}/d \leq 4$$

$$\alpha = 1 \quad \text{for } h_{sc}/d > 4$$

여기서,

γ_v : 부분 안전 계수(=1.25)

E_{cm} : 콘크리트의 탄성 계수(MPa)

f_u : 스테드 전단연결재의 인장 강도(≤ 500 MPa)

f_{ck} : 콘크리트의 압축 강도(MPa)

d : 스테드의 직경(mm)

h_{sc} : 스테드의 길이(mm)

<Table 3>에 본 연구에서 수행한 실험 결과와 식 (1) 및 식 (2)에 의한 공칭 강도 결과를 비교하여 나타내었다. <Table 3>에서의 실험값(Q_T)는 각 실험체별로 최대 하중을 스테드 전단연결재의 개수(6개)와 단속 캡 전단연결재의 개수(4개)로 나누어 산정하였다.

또한 식 (1)에서의 스테드 전단연결재의 단면적(A_{sc})을 단속 캡 전단연결재의 단면적(PL-6x60, PL-6x80, PL-6x100)으로 치환하여 평가하였다. 또한

<Table 3> Test results

Specimens ID	TEST		Eq.(1)	Eq.(2)	Comparison	
	Q_T (kN)	δ_u (mm)	Q_n (kN)	P_{Rd} (kN)	Q_T/Q_n	Q_T/P_{Rd}
1 S-100-19-250	77.1	17.7	85.0	80.6	0.91	0.96
2 C-H80-W60-L-T	120.1	24.7	138.6	102.4	0.87	1.17
3 C-H90-W60-X-X	131.4	19.8	138.6	102.4	0.95	1.28
4 C-H90-W60-L-X	125.2	28.3	138.6	102.4	0.90	1.22
5 C-H90-W60-L-T	129.3	26.5	138.6	102.4	0.93	1.26
6 C-H90-W60-L-T2	132.9	26.3	138.6	102.4	0.96	1.30
7 C-H90-W80-L-T	150.7	23.5	184.8	136.5	0.82	1.10
8 C-H90-W100-L-T	175.5	7.81	231.0	170.6	0.76	1.03
9 C-H100-W60-L-T	131.4	27.1	138.6	102.4	0.95	1.28

식 (2)에서는 부분 안전 계수(γ_s)는 고려하지 않았고, 스티드 직경(d)은 전단연결재의 단면적(A_{sc})의 함수로 치환하여 평가하였고, 각 재료의 성능은 실험값을 적용하였다.

<Table 3>에서 보는 바와 같이, 실험값(Q_T)은 단속 캡 전단연결재를 사용한 것이 스티드를 사용한 실험체보다 전단성능이 훨씬 뛰어난 것을 알 수 있다. 단속 캡 전단연결재는 개방형 단면에 바닥판과의 일체화 거동을 목적으로 개발한 것으로 기존 스티드를 대신할 수 있는 전단연결재의 성능을 만족하고 있으며 특히 개방형 단면 구조에 적용하였을 경우 충분한 전단내력을 발휘하고 있음을 실험 결과 확인하였다. 또한 스티드 전단연결재의 전단내력은 Eurocode 4의 식 (2)가 국내설계기준의 식 (1)에 비해 안전측으로 평가하는 것으로 분석되었다.

스티드 전단연결재를 사용한 실험체 S-100-19-250의 경우에는 실험값/공칭 강도식의 0.91 및 0.96에 도달하는 것으로 분석되었다. 이는 U형 강판과 같은 개방형 단면을 쓰는 합성보에서는 스티드 앵커의 중심에서 가장자리까지의 거리를 충분히 확보하여야 함을 알 수 있다.

국내 기준에서는 스티드 앵커의 중심에서 전단력 방향에 있는 가장자리까지의 거리는 보통 콘크리트에서는 200mm 이상, 경량 콘크리트에서는 250mm 이상으로 규정되어 있다⁸⁾.

<Table 3>에서 보는 바와 같이, 단속 캡을 가진 전단연결재의 경우에는 KBC 2016에 의한 식 (1)과의 비교에서는 0.76~0.96에 도달하는 것으로 분석되었고, Eurocode 4에 의한 식 (2)와의 비교에서는 1.03~1.28에 도달하는 것으로 분석되었다. 즉, 단속 캡을 가진 전단연결재의 경우에는 Eurocode에 의한 식 (2)를 사용하면 안전측으로 평가할 수 있다.

현행 강구조설계기준(KBC 2016)의 토대가 되는 강재 앵커인 스티드 평가식은 J. W. Fisher 연구의 결과로, 스티드 직경 19mm를 중심으로 실험 결과를 회귀 분석하여 설계식이 수립된 것이다. 그러나 본 연구에서는 단속 캡의 용접된 강판의 단면적을 스티드 원형 단면으로 환산하였을 경우, 실험체별 직경은 각각 21.4mm(PL-6x60), 24.7mm(PL-6x80) 및 27.6mm(PL-6x100)로 스티드 직경 19mm에 비해 크

다. 이러한 이유로 <Table 3>에서 보는 바와 같이 단속 캡의 단면적이 클수록 강구조설계기준식(KBC 2016)과의 오차가 커지는 결과를 얻었다. 따라서 개방형 단면 구조에 벌어짐이나 U형 단면의 폐합을 기대로 고안된 단속 캡의 평가식은 기존 스티드 전단연결재의 평가식과 다른 강판과 콘크리트 강성 및 탄성 특성을 고려한 평가가 필요하다.

3.4 연성 능력의 평가

전단연결재의 가장 중요한 역할은 콘크리트와 강재 사이의 전단력을 충분히 저항하여 일체화 하는 것이며, 또 다른 요구되는 역할 중의 하나가 연성적인 거동을 해야 하는 것이다⁸⁾.

Eurocode 4에서는 전단연결재의 특정 슬립 성능(Characteristic slip capacity, δ_u)이 6mm 이상이면 연성적인 연결재로 평가하고 있다. Eurocode 4에서는 특정 슬립 성능(δ_u)은 파괴 하중의 90%에 해당하는 특정 저항 내력(Characteristic resistance, P_{Rk})에 상응하는 변위로 평가한다⁴⁾.

<Table 3>에 연성 능력을 나타내는 δ_u 를 나타내었는데 모든 실험체들은 Eurocode 4에서 제시하는 연성 능력 기준인 6mm를 상회하는 것으로 나타났다. 따라서 단속 캡을 가진 전단연결재는 충분한 연성 능력을 확보하고 있음을 알 수 있다.

4. 결론

이 연구에서는 U형 단면 강재보에 스티드 또는 단속 캡을 가진 전단연결재가 용접 접합된 실험체에 대해 Push out 실험을 실시하였고, 이에 대해서 각 전단연결재의 전단내력을 평가하고자 기존의 내력식과 비교하였다. 이러한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 1) 단속 캡 전단연결재에 추가로 설치된 보강 철근 및 관통 철근은 단속 캡의 전단내력에 큰 영향을 미치지 않지만, 전단연결재의 폭이 증가할수록 동일한 두께에서 단면적이 증가하므로 전단연결재의 전단내력에 큰 영향을 미친다.
- 2) 단속 캡을 가진 전단연결재의 전단내력은 스티

드 전단연결재의 전단내력보다 그 성능이 훨씬 뛰어남을 알 수 있다. 단속 캡 전단연결재는 개방형 단면에 바닥판과의 일체화 거동을 목적으로 개발한 것으로 기존 스티드를 대신할 수 있는 전단연결재의 성능을 만족하고 있으며, 특히 개방형 단면 구조에 적용하였을 경우 충분한 전단내력을 발휘하고 있음을 실험 결과 확인하였다.

3) 실험 결과와 기존의 전단내력 평가식을 비교 분석한 결과, 국내 기준(KBC 2016)에 의한 식보다는 Eurocode 4에 의한 식을 사용하는 것이 단속 캡 전단내력을 안전측으로 평가할 수 있으나 추가적인 실험 및 해석 연구를 통해 단속 캡 전단연결재의 전단내력식을 수립할 필요가 있다.

4) 단속 캡을 가진 전단연결재의 연성 능력을 평가한 결과, 모든 실험체에서 연성 능력 기준인 6mm를 상회하는 것으로 평가되어 충분한 연성 능력을 확보하고 있다.

감사의 글

본 논문은 2016년도 정부(교육부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업임(No.2016R1D1A1B03934316).

References

1. Chae, H. S., Ryoo, J. Y., Chung, K. S., Moon, Y. M., & Choi, S. M., "Experimental Study on Structural Performance of End-reinforced Steel-beam system(Eco-girder)", Journal of Korean Society of Steel Construction, Vol.22, No.6, pp.533~541, 2010
2. Heo, B. W., Bae, K. W., & Moon, T. S., "Flexural Capacity of the Encased(Slim Floor) Composite Beam with Deep Deck Plate", Journal of Korean Society of Steel Construction, Vol.16, No.2, pp.236~245, 2004
3. Park, K. S., Heo, B. W., Kwak, M. G., & Bae, K. W., "Experimental Study of the Flexural Behavior of Encased Composite Beams for Residential Buildings", Journal of the Architectural Institute of Korea Structure and Construction, Vol.24, No.12, pp.91~98, 2008
4. CEN prEN 1994-1-1:2004: Final Version of Editorial Group; Eurocode 4, "Design of composite steel and concrete structures. Part 1.1 : General rules and rules for buildings", Comite Europeen de Normalisation(CEN), Brussels, Belgium, 2004
5. Kim, D. B., Kim, Y. H., Oh, M. H., & Kim, M. H., "Experimental Study on the Flexural Capacity of the Concrete-Filled Composite Beam with Exposed Top Flange", Journal of the Korean Society of Hazard Mitigation, Vol.17, No.4, pp.1~9, 2017
6. Lee, M. H., Oh, M. H., Kim, Y. H., Jeong, S. C., & Kim, M. H., "Experimental Study on the Shear Capacity of Slim AU Composite Beam", Journal of Korean Association for Spatial Structures, Vol.17, No.3, pp.99~105, 2017
7. Kim, S. B., Hwangbo, C., Lee, T. K., Cho, H. S., & Kim, S. S., "The Shear Strength Evaluation of the New Shear Connector by Push-out Test", Journal of the Korean Society of Hazard Mitigation, Vol.14, No.1, pp.1~10, 2014
8. Kim, Y. J., Bae, J. H., Ahn, T. S., & Jang, D. W., "Push-out Test on Welded Angle Shear Connectors used in Composite Beams", Journal of Korean Society of Steel Construction, Vol.26, No.3, pp.155~167, 2014
9. MOLIT, "Korea Building Code", Ministry of Land, Infrastructure and Transport, 2016

■ Received : May 08, 2018

■ Revised : May 30, 2018

■ Accepted : June 04, 2018