



高强度 콘크리트 합성구조의 스티드 쉬어콘넥터耐力에 관한 研究

A Study on the Strength of Stud Shear Connectors
in High Strength Concrete Composite Structures.

朴 福 萬*
Park, Bok Man

abstract

This study summarizes the results of tests on 18 two-slab push out specimens. The main purpose of the survey was to evaluate the capacity and behavior of stud shear connectors embedded in high strength normal concrete ($F_c=260\sim390\text{kg/cm}^2$).

The normal concrete was made with crushed stones and natural sand near the Han River.

Two different diameters ($\phi 19\text{mm}$, $\phi 16\text{mm}$) of stud shear connectors were used for push out specimens.

The following conclusions were drawn from this study.

- 1) The shear strength of stud connectors embedded in high strength concrete ($F_c=260\sim390\text{kg/cm}^2$) was influenced by tensile stress of the stud shear connectors.

The following empirical function described the test results:

$$q_u = 0.5A_s \sqrt{F_c E_c} \leq 0.7A_u F_u$$

- 2) The maximum load in this study was reached at slips varying from 2.5~6mm.

I. 序 論

Stud Shear Connector를 설계할 때 취하는 수평 전단력은 일반적으로 ① $0.85F_c A_c$, ② $A_s' F_u$, ③ ΣQ_n 에서 가장 적은 값에 Shear Connector 1본의 내력을 나누어서 그 소요 분수를 구하게 되어 있다.

콘크리트 강도($F_c=180\sim270\text{kg/cm}^2$)에 대한

Stud Shear Connector 전단내력을 실험한 사례가 많고 여러 나라 표준에서 실용표로서 규정하고 있다.

그러나 비교적 긴 스패의 합성보에서는 철골보 단면이 커지게 되므로 중립축이 철골보 중심 쪽으로 이동하게 되므로 압축축 웨브의 좌굴에 대한 폭 두께비의 구조제한을 감안하여야 할 것이다.

따라서 콘크리트 슬래브의 강도를 증가시켜

* 建築技術士, 明知大副教授, 工博

중립축이 보다 슬래브 밑면에 접근시키게 하는 것이 바람직하게 된다.

현재까지 비교적 고강도 콘크리트를 사용한 합성보의 Stud Shear Connector 내력에 대한 제안들을 대략 분류하면

- (1) 일본등에서의 실험에서는 대략 $\sqrt{F_c E_c}$ 는 $9t/cm^2$ 에서의 최대 내력을 취한다는 것과,
- (2) John B. Menzies가 BSCP에 제안하였던 실험에서는 Stud Shear Connector의 종류(적경과 길이)에 따라 콘크리트 입방체 강도가 $51.7N/mm^2$ 까지 증가함에 따라 Stud Shear Connector 전단내력이 직선적으로 증가한다는 제안식과,
- (3) ECCS에서는 Stud Shear Connector내력의 상한선을 그 인장강도의 70%로 취하여야 한다고 하였다.

본 논문에서는 비교적 고강도 콘크리트($F_c=260\sim390kg/cm^2$)로 Push out 시험체를 제작하여 국산 Stud Shear Connector의 전단내력을 Push out 실험을 통해 그 내력식을 산정하여 제안코자 함에 있다.

II. 實 驗

2-1. 試驗體 製作

Push out 시험체를 제작하기 위하여 과거에 연구한 실험자들의 시험체를 참고하여 주로 BS CP: Part 1 시험체로 삼았으며, 배근과 콘크리트 주입에 용이하도록 Slab 두께를 20cm로 하여 그림 1과 같이 제작토록 하였다.

또 Load-slip을 측정하기 위하여 그림 2와 같이 4개소에 Dial gauge를 부착하고 또 X-Y plotter에 Load-slip 곡선을 직접 작도할 수 있도록 계획하였다.

콘크리트에 매입할 철근은 D10(SBD 24)이고 그 간격은 BSCP: Part 1에 따라 수직방향 22.5cm(9"), 수평방향 20cm로 부배근하였다. 사용 철골재는 H-260×150×6×9로서 Stud 규격에 적합한 Flange 두께를 확보토록 하였다.

철근 및 철골재는 인천제철 제품으로 계획하였다.

실험에 사용할 Stud Shear Connector는 삼미

금속 제품이고, 사용규격은 $\phi 16mm$, $\phi 19mm$ 로 길이는 105mm로 Stud Shear Connector적경의 4배 이상 확보토록 하였다. Stud Shear Connector의 용접은 현재 여의도에 신축 중인 럭키개발쌍둥이건물 현장의 용접기로 사용하며 arc. Shield는 천왕동에 있는 광일 Ceramic 제품을 사용한다.

시험체의 종류로서 콘크리트 예상강도 $300kg/cm^2$, $350kg/cm^2$, $400kg/cm^2$ 마다 $\phi 16mm$ Stud Shear Connector로 용접한 시험체 3개씩 계 9개와 $\phi 19mm$ Stud Shear Connector로 용접한 시험체 3개씩 계 9개, 총 18개를 사진 1과 같이 제작하였다.

시험체의 시편을 다음과 같이 표시하였다.

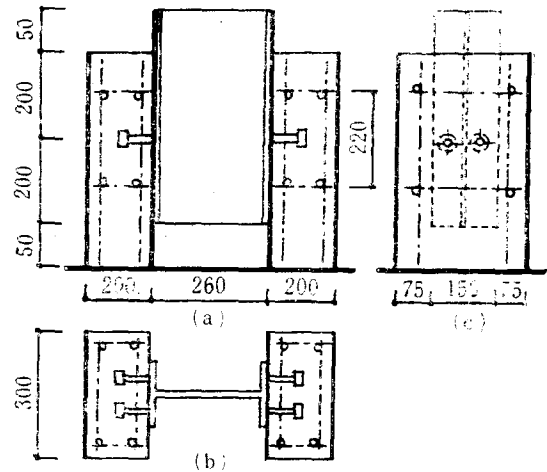
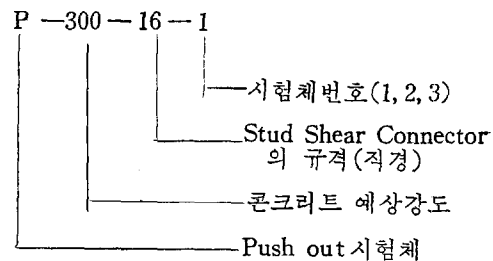


그림 1 본 실험용 Push out 시험체

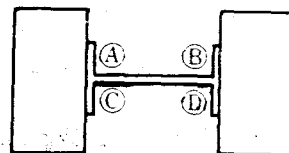


그림 2 Dial Gauge 설치장소

Stud Shear Connector의 표준시편을 ASTM A370 표준시편에 따라 인장강도 시험결과로 표 1을 작성하였다. 본 시험결과의 기계적 성능은 ASTM A370에 충분히 합격하였다.

H형강에 용접된 Stud Shear Connector의 용

접부를 검사하기 위하여 6개의 시편을 망치로 15°를 굽혀 목측하였으나, 손괴된 부분을 발견할 수 없었으며, 45° 이상 90°까지 굽힌후에도 용접부에 틈이 생기지 않았다. 따라서 용접부에 대한 내력은 신뢰할만 하였다.

표 1 Stud Shear Connector의 인장시험 결과

시 험 소	시 편 번 호	항 복 점 (kg/cm ²)	인 장 강 도 (kg/cm ²)	신 율 (%)	단 면 감 소 율 (%)	비 고
중 앙 대 구 조 실 험 실 (본 실 험)	3/4"(4)	(4.601)	(5.282)			50t.U.T.M 1985.8.30 시험
	3/4"(5)	(4.762)	(5.467)			
	3/4"(6)	(4.835)	(5.551)			
	평 균	(4.733)	(5.433)			

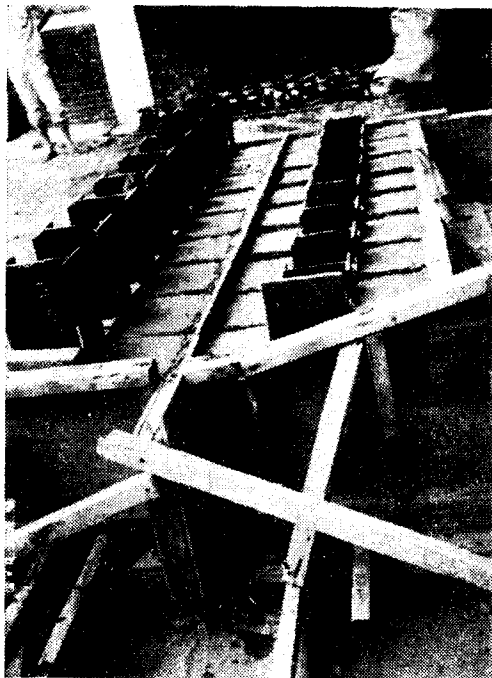


사진 1. Push out 시험체

2-3. 實驗方法

철골보와 콘크리트 슬래브 사이의 Stud Shear Connector의 耐力와 slip을 측정하기 위하여 중앙대학교 구조실험실에 있는 100 ton strong frame에 설치하였다.

Push out 시험체는 콘크리트 양생기간 24일 경과 후에 시험에 임하였다. 본 실험에 앞서 18개의 콘크리트 시린다 강도시험을 하고 바로 18개의 Push out 시험체에 4개소의 Dial gauge

를 설치하고 X-Y plotter에 Load-slip을 측정하였다. Load cell의 중심에 맞추어 가급적 편심하중이 일어나지 않도록 고정하였다. 총 18개의 시험체 중 9개의 철골보는 당초 매 슬라브당 4개의 Stud Share Connector를 용접하려하였으나 실험기구의 용량을 고려하여 2개의 Stud Shear Connector를 용접하였던 까닭으로 H형강이 기준시험체보다 20cm 더 높게 제작되었다.

加力은 매 5 ton마다 4개소의 dial gauge(1/

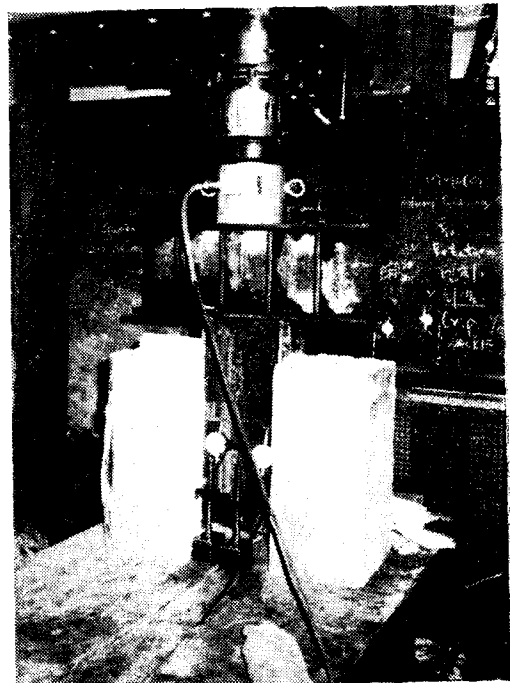


사진 2. Push out 실험장치

100mm)에서 목적하여 Slip의 크기와 콘크리트 및 콘크리트의 파괴부분을 검토 기재하였으며, X-Y plotter로부터 Load-slip을 작도하여 실험의 오차를 줄이게 하였다. 荷重은 Push out 시험체에 최대하중까지 작용시켰으며, 클랙 발생 시에는 dial gauge 목적자로 하여금 클랙위치에 표시케 하였다. 荷重은 대략 slip이 10mm까지 가력하여 Load-slip을 작도하고 계속하여 철골보가 바닥에 닿을 때까지 작동시켜 Stud부위의 파괴 성상을 살펴 보았다.

Push out 시험체의 실험장치를 사진 2에 보여 준다

Ⅲ. 實驗結果 및 考察

3-1. 試驗體의 實驗結果

18개의 Push out 시험체를 실험에 앞서 행한 콘크리트 시린다 강도시험결과와 함께 Stud Shear Connector의 단위면적당 내력실험결과를 표 2에 기재하였다.

전반적으로 Stud의 전단파괴는 용접부 부근에서 일어났으며 중구 하중까지 작용시켰을 때 Stud의 휨 상태가 사진 3과 같이 45°~70°정도로 다양하게 나타났다.

표 2 Push out 실험결과

시험체명	콘크리트 특성				PUSH OUT 실험값			파괴 현상
	시린다 파괴하중(t)	F_c (kg/cm ²)	$E_c(\times 10^3)$ (t/cm ²)	$\sqrt{F_c E_c}$ (t/cm ²)	최대하중 (t)	최대하중 /1본(t)	최대하중 /A _s (t/cm ²)	
P-300-16-1	24.0	305.6	2.66	9.016	34.0	8.5	4.228	콘크리트 파괴 Stud 2본 파괴 Stud 2본 파괴
P-300-16-2	20.5	261.0	2.46	8.012	28.0	7.9	3.482	
P-300-16-3	23.6	300.5	2.68	8.974	31.0	7.75	3.855	
평균	22.7	289.0	2.60	8.668	31.0	7.75	3.855	
P-300-19-1	20.5	261.0	2.49	8.061	47.0	11.75	4.144	Stud 1본 파괴 Stud 2본 파괴 Stud 1본 파괴
P-300-19-2	22.6	287.8	2.60	8.650	46.5	11.63	4.102	
P-300-19-3	20.4	259.4	2.42	7.923	40.5	10.13	3.573	
평균	21.2	270.0	2.50	8.215	44.7	11.18	3.943	
P-350-16-1	24.8	315.8	2.69	9.216	36.0	9.0	4.476	콘크리트 파괴 Stud 1본 파괴 Stud 1본 파괴
P-350-16-2	23.8	303.0	2.62	8.909	31.0	7.75	3.855	
P-350-16-3	21.1	268.7	2.51	8.212	37.3	9.33	4.640	
평균	23.2	295.4	2.61	8.780	34.8	8.7	4.327	
P-350-19-1	23.2	295.4	2.54	8.662	37.0	9.25	3.262	Stud 2본 파괴 콘크리트 파괴 Stud 1본 파괴
P-350-19-2	26.0	331.0	2.81	9.644	44.8	11.2	3.950	
P-350-19-3	27.8	354.0	2.89	10.114	43.0	10.75	3.792	
평균	25.7	327.2	2.75	9.485	41.6	10.4	3.668	
P-400-16-1	30.3	385.8	3.01	10.776	40.5	10.13	5.038	Stud 2본 파괴 Stud 1본 파괴 Stud 1본 파괴
P-400-16-2	29.4	374.3	2.97	10.543	40.5	10.13	5.038	
P-400-16-3	29.3	373.1	2.94	10.473	27.5	6.88	3.422	
평균	29.7	378.2	2.97	10.598	36.2	9.05	4.501	
P-400-19-1	28.6	364.1	2.91	10.293	44.6	11.15	3.933	콘크리트 파괴 콘크리트 파괴 Stud 1본 파괴
P-400-19-2	28.8	366.7	2.96	10.418	42.0	10.5	3.703	
P-400-19-3	30.7	390.9	3.07	10.954	42.0	10.5	3.703	
평균	29.4	374.3	2.98	10.561	42.9	10.73	3.784	



사진 3. Push out 실험후 콘크리트의 침상태

3-2. 荷重—슬립關係

18 개의 Push out 시험체 중 P-300-16-3, P-350-19-1, P-400-16-3, P-300-19-3 의 4 개의 시험체에서 용접블량 1 개, 3 개의 Stud Shear Connector 의 전반적인 전단파괴로 내력이 급격히 떨어졌으며, 나머지 시험체는 비교적 slip 이 10mm 까지 서서히 耐力이 감소되는 경향을 보여 주었다. 콘크리트 강도와 사용 Stud 규격별로 3 개씩 Push out 시험체에 대한 q/A_s -slip 관계곡선을 그림 3, 4 에 작도하였다.

$\phi 16$ mm Stud Shear Connector 를 사용한 시험체는 slip 이 3~6mm 이 범위에서 최대강도를 나타냈으며, $\phi 19$ mm Stud Shear Connector 는 slip 이 2.5~4.5mm 범위에서 최대강도가 나타났다.

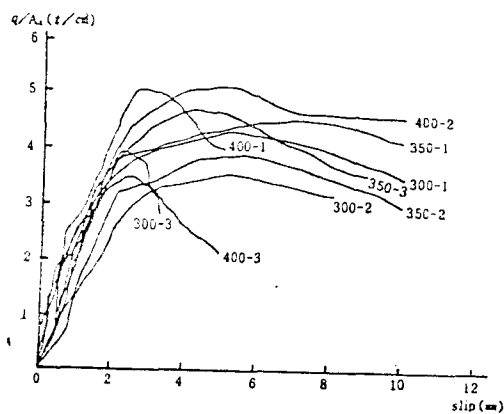


그림 3 $\phi 16$ mm Stud Shear Connector 의 q/A_s -Slip 곡선

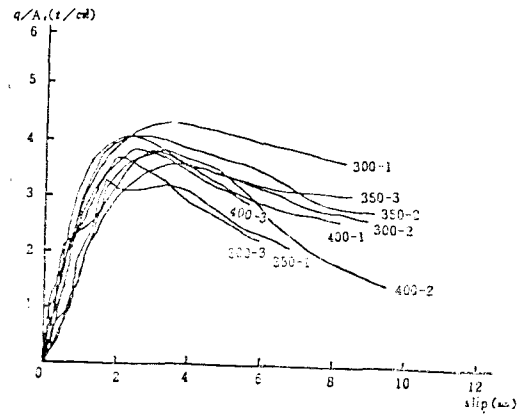


그림 4 $\phi 19$ mm Stud Shear Connector 의 q/A_s -Slip 곡선

Fisher 는 콘크리트 압축강도 188~357kg/cm² 범위의 Push out 실험에서 최대강도가 0.23~0.42inch(5.8~10.6mm)의 slip 범위에서 일어났으며, 본 실험결과 보다 최대강도가 큰 slip 범위에 나타났다.

3-3. 實驗 結果의 分析

이제 본 실험결과를 다음에 기술한 여러 실험자의 실험결과들과 비교검토하고자 한다.

- ① Fisher 의 실험(1971) : 현행 AISC
- ② 일본에서의 실험(1961~1974) : 현행 일본 기준설정의 참고자료
- ③ 김규석 박사의 실험(1983)
- ④ Slutter 의 보 및 Push out 실험
- ⑤ John B. Menzies 의 실험(1971) : BSCP 에 제안
- ⑥ ECCS 의 제안식(1981)

(1) Fisher 실험결과와의 비교

본 실험결과는 비교적 高强度의 콘크리트에서 즉 $8t/cm^2 \leq \sqrt{F_c E_c} \leq 11t/cm^2$ 에서 Stud Shear Connector 의 耐力이 Fisher 의 제안식 $q_u = 0.5A_s \sqrt{F_c E_c}$ 에 전반적으로 미치지 못하였다. 그러나 $\phi 16$ mm Stud Shear Connector 에서는 1 개의 용접블량시험체를 제외하고는 거의 FISHER 의 실험식에 접근하였다.

$\phi 19$ mm Stud Shear Connector 의 耐力은 Fisher 의 제안식보다 훨씬 밀들게 나타났다.

(2) 일본에서의 실험과 비교

일본에서의 콘크리트 강도가 큰 부분의 $\phi 19$ mm Stud Shear Connector의 전단내력은 상하게 걸쳐 산만하게 분포되어 있는 반면에 본 실험결과에서는 좌·우에 걸쳐 분포되어 있다.

(3) 김규석 박사의 실험과 비교

보통 콘크리트를 사용한 김규석 교수의 Push out 耐力 제안식에 비하여 본 실험결과는 밀들게 나타났다.

그러나 $\sqrt{F_c E_c} < 8.8t/cm^2$ 범위에서는 $\sqrt{F_c E_c}$ 의 증가에 따라 $\phi 19$, $\phi 16$ Stud Shear Connector의 耐力은 김박사의 실험결과와 비슷한 증가현상을 나타냈지만 김박사의 $\phi 13$ Stud를 포함한 제안식의 기술기에는 미치지 못하고 있다.

(4) Slutter의 보 및 Push out 실험결과와 비교

Slutter의 실험결과의 제안식 $q_u = 930d_s^2 \sqrt{f_c}$ 에는 상당히 밀들게 나타났다.

Slutter의 제안식은 주로 보 실험에 따른 식으로 본 Push out 실험에서 얻은 결과와는 상당히 차이가 있는 것으로 사려된다.

(5) John B. Menzies의 실험결과 제안식과 비교

Menzies는 콘크리트 입방체 강도 $51.7N/mm^2$ 까지 Stud의 규격(직경과 길이)에 따라 콘크리트 강도에 따라 작기 증가하는 구배를 갖는 제안식을 BSCP에 제안하였다.

$\phi 16$ mm인 경우는 Menzies의 제안식에 비슷하게 접근하였으나 $\phi 19$ mm인 경우는 $0.7 A_s F_u$

에 접근되어 수평에 분포되었다.

(6) ECCS의 제안식과 비교

$\phi 19$ mm에서는 콘크리트 시린다 강도 $260kg/cm^2$ 이상에서 Stud의 인장강도의 70%에 본 실험결과와 거의 접근함을 볼 수 있다(99%). 그러나 $\phi 16$ mm Stud Shear Connector에서는 그 인장강도의 80% 정도에 분포되어 있다.

표 3로부터 $\phi 16$ mm Stud Shear Connector의 단위면적당 평균내력은 $4.228t/cm^2$ 로 Stud 인장강도의 80% 정도였으며, 표 4에서는 $\phi 19$ mm Stud Shear Connector의 단위면적당 평균내력은 $3.798t/cm^2$ 로 Stud 인장강도의 70%로 나타났다. 그러므로 $\phi 16$ mm Stud의 단위면적당 평균전단내력은 $\phi 19$ mm Stud인 경우보다 다소 큰 것을 알 수 있다.

또 표 5에서 $\phi 16$, $\phi 19$ mm Stud Shear Connector의 평균한 단위면적당 내력은 콘크리트 전시험체에 걸쳐서 Stud Shear Connector 인장강도의 75%에 접근하였으며, 그 편차는 $-4.3 \sim +1.7\%$ 였으며, 평균편차는 -1.5% 로 나타났다.

또 본 Push out 시험체의 실험범위가 $8t/cm^2 \leq \sqrt{F_c E_c} \leq 11t/cm^2$ 로, Fisher식의 $q_u/A_s = 0.5 \sqrt{F_c E_c}$ 에서 $\sqrt{F_c E_c} = 8t/cm^2$ 인 경우 $q_u/A_s = 4t/cm^2$ 이고 본 시험체에서는 $q_u/A_s = 3.9T/cm^2$ 로 거의 같게 나타났다.

따라서 고강도를 사용한 합성구조의 Stud Shear Connector 耐力을 그림 5와 같이 $q_u = 0.5 A_s \sqrt{F_c E_c} \leq 0.75 A_s F_u$ 로 제안한다.

표 3 $\phi 16$ mm Stud Shear Connector의 Push out 耐力과 Fisher 및 ECCS 제안식과 비교

시험체명	콘크리트특성			본 Push out 값			FISHER	ECCS	제안식	비교
	F_c (kg/cm ²)	$E_c \times 10^2$ (t/cm ²)	$\sqrt{F_c E_c}$ (t/cm ²)	최대하중 (t)	최소하중 /本(t)	q_u/A_s (t/cm ²)	본실험/ FISHER	본실험/ ECCS	본실험/ 0.75Fu	
P-300-16	289.0	2.60	8.668	31.0	7.75	3.855	0.889	1.014	0.946	ECCS 제안식 0.7Fu
P-350-16	295.4	2.61	8.780	34.8	8.70	4.327	0.993	1.138	1.062	
P-400-16	378.2	2.97	10.598	36.2	9.05	4.501	0.990	1.184	1.105	
평균				34.0	8.50	4.228		1.112	1.038	

표 4 $\phi 19\text{mm}$ Stud Shear Connector의 Push out 耐力과 Fisher 및 ECCS 제안식과 비교

시험체명	콘크리트 특성			본 Push out 값			FISHER ECCS 제본제안식 비교			비고
	F_c (kg/cm ²)	$E_c \times 10^2$ (t/cm ²)	$\sqrt{F_c E_c}$ (t/cm ²)	최대하중 (t)	최대하중 /本 (t)	q_u/A_s (t/cm ²)	본실험/ FISHER	본실험/ ECCS	본실험/ 0.75Fu	
P-300-19	270.0	2.50	8.215	44.7	11.18	3.943	0.960	1.037	0.968	
P-350-19	327.2	2.75	9.485	41.6	10.40	3.668	0.817	0.965	0.900	
P-400-19	374.3	2.98	10.561	42.9	10.73	3.784	0.830	0.995	0.929	
평균				43.1	10.77	3.798		0.999	0.932	

표 5 $\phi 16\text{mm}$, $\phi 19\text{mm}$ Stud Shear Connector의 Push out 耐力과 Fisher 및 ECCS 제안식과 비교

시험체명	콘크리트 특성			본 Push out 값			FISHER ECCS 제본제안식 비교			비고
	F_c (kg/cm ²)	$E_c \times 10^2$ (t/cm ²)	$\sqrt{F_c E_c}$ (t/cm ²)	최대하중 (t)	최대하중 /本 (t)	q_u/A_s (t/cm ²)	본실험/ FISHER	본실험/ ECCS	본실험/ 0.75Fu	
P-300-16	279.5	2.55	8.442	37.9	9.47	3.899	0.925	1.025	0.957	
P-350-16	311.3	2.68	9.133	38.2	9.55	3.998	0.905	1.051	0.981	
P-400-16	376.3	2.98	10.579	39.6	9.89	4.148	0.920	1.089	1.017	
평균								1.055	0.985	

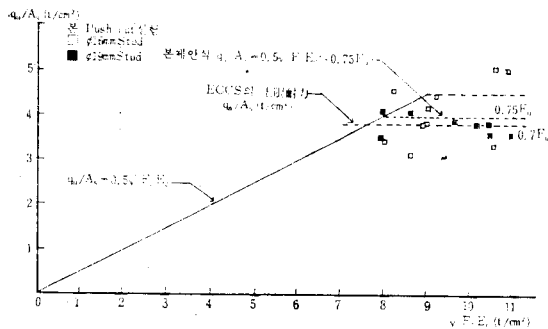


그림 5 본 실험의 Stud 단위 면적당 극한내력 제안식

<記號>

- A_c : Slab 유효폭과 Slab 두께를 곱한 콘크리트 유효 단면적
- A_s : 철근 및 Shear Connector의 단면적
- A'_s : 철골보 단면적
- d : Shear Connector 직경
- D : Shear Connector의 Head 직경
- E_c : 콘크리트 영 계수
- F_c : 콘크리트 압축강도(시린다강도, kg/cm²)
- f'_c : 콘크리트 압축강도(시린다강도, Psi)

- f_{ck} : 콘크리트 압축강도(입방체강도를 시린다강도로 환산한 강도)
- F_y : 철골, 철근 또는 Stud Shear Connector의 항복응력
- F_u : Stud Shear Connector의 인장응력
- n : Shear Connector의 본수
- P_d : Shear Connector의 설계강도
- ΣQ_n : 최대 正 Moment와 Zero Moment 사이에 산출된 전단력
- q_{all} : Shear Connector의 허용내력
- q_s : Shear Connector의 설계용 내력(ASSTO)
- q_u : Shear Connector의 극한내력

IV. 結 論

비교적 高強度 콘크리트 合成構造의 스테드 쉬어 콘넥터 耐力을 주로 BSCP : Part 1 표준시험체에 따라 제작하여 Push out 실험으로 구하였다.

본 시험체에 사용한 콘크리트는 보통 콘크리트로 $F_u=260\sim 390\text{kg/cm}^2$ 범위를 택하였고, 鐵骨材와 콘크리트에 삽입된 스테드 쉬어 콘넥터

는 국산 $\phi 19\sim 105\text{mm}$ 와 $\phi 16\sim 104\text{mm}$ 두가지를 선택하였다.

$\phi 19\sim 105\text{mm}$ 스티드 쉬어 콘넥터를 그 단면적으로 나눈 값은 Push out 실험체에 걸쳐 표 4에서 나타난 것과 같이 스티드 쉬어 콘넥터 인장강도의 70%로 나타났다.

$\phi 16\sim 104\text{mm}$ 인 경우는 $\sqrt{F_c E_c}$ 증가에 따라 그耐力도 다소 증가현상을 보였고, Menzies의 BSCP에 제안한 식과 비슷한 증가추세를 보여 주었다. 그러나 그 평균耐力은 표 3과 같이 스티드 쉬어 콘넥터 인장강도의 80% 정도로 나타났으며, 다음과 같은 결론을 얻었다.

- (1) 국산자재로 사용한 스티드 쉬어 콘넥터耐力을 단면적으로 나눈 값은 $q_u/A_s=0.5\sqrt{F_y E_y}\leq 0.75F_u$ 로 제한한다(단, F_u : 스티드 쉬어 콘넥터 인장강도).
- (2) 스티드 쉬어 콘넥터의 【최대내력은 2.5~6mm slip 범위에서 일어났다.
- (3) $\phi 16\sim 104\text{mm}$ 스티드 쉬어 콘넥터를 사용한 그 단위면적당耐力이 $\phi 19\sim 105\text{mm}$ 스티드 쉬어 콘넥터를 사용한 것보다 다소 높게 나타났다.
- (4) 콘크리트 강도가 증가함에 따라 스티드 쉬어 콘넥터와 콘크리트 파괴거동은 명확히 구별되지 않았다.

參 考 文 獻

1. 김규석, 박상철, 김필중/“Stud-Connector의 내력에 관한 실험적 연구(1)”/대한건축학회지 113호, 1983. 8.
2. 김덕재/“합성보에 사용되는 Shear Connector에 관하여”/대한건축학회지 37호, 1970. 9.
3. 유승곤/“합성보의 Stud Shear Connector耐力에 관한 연구”/明知大 석사논문, 1985. 2.
4. 선병택, 송현수/“이형철근을 이용한 합성보의 Shear Connector 내력에 관한 연구”/대한건축학회지 101호, 1981. 8.
5. 일본건축학회/“합성보의 구조설계 시공지침, 동

해설”/소화 50년 11월(1975)

6. 土方勝一郎/“합성보 구조에 관한 실험적 연구”/동경대학원, 1981. 2.
7. I.M. Viest, “Review of research on composite steel-concrete beams”/ASCE Journal, June 1960.
8. Bruns Thurlimann, “Fatigue and static strength of stud shear connectors”/ACI Journal, June 1959.
9. R.G. Slutter & G.C. Driscoll, Jr., “Flexural strength of Steel-concrete composite beams”/ASCE Journal, April 1965.
10. Ben Kato & Le-Wu Lu “Developments in composite mixed construction”/Proceedings of the U.S.-A. Japan seminar on composite structures and structural systems. Fritz Engineering Laboratory, Lehigh University, 1980.
11. J.G. Ollgaard, R.G. Slutter & J.W. Fisher “Shear Strength of stud connectors in lightweight and normal-weight concrete”/AISC Engineering Journal, Vol. 8, No. 2, pp.55~64 April 1971.
12. J.B. Menzies, “Connectors in steel-concrete composite beams made with normal-density or lightweight concrete”/The Structural Engineer. March 1971. No. 3, Vol. 49.
13. Progress Report of the joint ASCE-ACI Committee on Composite Construction, “Tentative Recommendations for the Design and Construction of Composite Beams and Girders for Buildings”/ASCE Journal, Dec. 1960.
14. Vist, I.M. (chairman), “Composite Steel-Concrete Construction” Report/of the Subcommittee on the State-of-the Art Survey of the Task Committee on Metals of the Structural Division, ASCE, Vol.100, No. ST5, May 1974, pp.1058~1139.
15. AISC, “Load and Resistance Factor Design Specification for Structural Steel Buildings”/The New National Engineering Conference. March 1984.