

대형판 조립식 구조 수직·수평접합부의 전단강도에 미치는 보강방법의 영향

—수직접합부 및 슬래브-슬래브 수평접합부를 중심으로—

Effects of Reinforcing Method Influenced to the Shear Strength of Vertical and Horizontal Joints in Precast Concrete Large Panel Structures
—Focused on the Vertical Joints and Slab-Slab Type Horizontal Joints—

정 란* 박현수** 조승호***
Chung, Lan Park, Hyun Soo Cho, Seung Ho

요 약

PC 판넬 조립식 구조의 수직·수평접합부의 유용한 접합형태에 따라 접합부 전단내력을 상승시킬 수 있는 접합부 설계의 기본 형태를 제시하는데 연구의 목적이 있다.

시험체는 수직접합부의 경우 전단키의 갯수 및 보강철물의 종류에 변수를 주고 수평접합부의 경우에는 전단키의 갯수 및 가력방향에 변수를 주어 총 22개의 시험체를 제작하여 실험하였다.

결론적으로 수직접합부의 경우, 수평보강철물이 있는 시험체는 기존의 다른 실험결과와 마찬가지로 수평보강철물이 없는 시험체에 비하여 연성이 크게 나타났다. 또한 와이어로프와 원형철근 두 종류의 보강철물을 사용하여 실험한 결과 와이어 로프를 사용한 시험체는 원형철근을 사용한 시험체와 최대내력 및 전단강성 등 전체적인 구조거동이 거의 비슷하게 나타났다.

Abstract

A proposal of the basic form on the design of joint parts that can increase the shear strength by the useful joint shapes of each member is intended.

The vertical joint parameters are the number of shear key and a variety of reinforcement details and the horizontal joint parameters are the number of shear key and the direction of shear force. 10 PC panel vertical joint and 12 PC panel horizontal

* 정희원, 단국대학교 건축공학과 부교수, 공학박사
** 정희원, 신홍전문대 건축설계과 전임강사, 공학박사
*** 정희원, 단국대학교 건축공학과 석사과정

• 본 논문에 대한 토의를 1996년 10월 30일까지 학회로 보내주시면 1996년 12월호에 토의회답을 게재하겠습니다.

joint specimens were tested to investigate the effects of these parameters.

Test results show that :

1. The ductility of the test specimen that has the horizontal reinforcing steels is larger than that does not have.
2. The maximum resisting force of round bar specimen is similar to that of strand wire specimen under the condition of fixed horizontal displacement.

Keywords : precast concrete, vertical joint, horizontal joint, shear strength, number of shear key, a variety of reinforcement, the direction of shear force

1. 서 론

프리캐스트 콘크리트 조립식구조는 시공성과 경제성의 효율적인 특성에 비해 구조상 현장타설 콘크리트 구조에 비해 일체성이 결여되는 단점이 있다. 따라서 이러한 단점을 극소화하기 위한 방안으로서 수직접합부 벽체간의 집합에 전단키를 두어서 기존 벽체와 벽체간의 부착상실로 인한 전단내력 저하의 단점을 보완하며 전단키에 수평보강근을 배근하여 전단내력을 상승시키는 공법이 현재 일반적으로 사용되고 있다. 또한 실험을 통하여 한양대^[5], 인하대^[6], 단국대^[11] 등에서 연구 중에 있으나 수평보강근을 원형철근이나 이형철근으로 사용할 때 벽체운반과 조립에 어려움이 있어 이에 대한 대처 방안으로 와이어 로프를 수평보강근으로 사용하여 시공 및 운반을 간편하게 하고 있다. 와이어 로프는 재료 특성상 벽체의 운반과 조립상에 있어서 벽체의 파손이 적고 조립상 정밀한 작업을 수월하게 할 수 있는 장점 등이 있으나 와이어 로프를 수평보강근으로 사용할 때 정량적인 전단내력의 산출과 벽체간의 일체성의 여부에 대한 결과가 현재 부족한 실정이다.

이에 대형판 조립식구조의 수직·수평접합부의 면내 전단력에 대한 구조적인 거동을 파악하기 위하여 전단키의 갯수와 집합부 보강철근의 전단저항 성능, 에너지 흡수능력 등을 변수로 구조효율을 실험적으로 규명하고 이에 따라 전체 수직·수평접합부의 면내 전단내력(이하 전단내력이라 한다)에 관련된 구조성능을 평가하는데 이 연구의 목적이 있다.

2. 실험계획

2.1 시험체 계획

시험체의 크기와 맞댄형 수직접합부(이하 VI형이

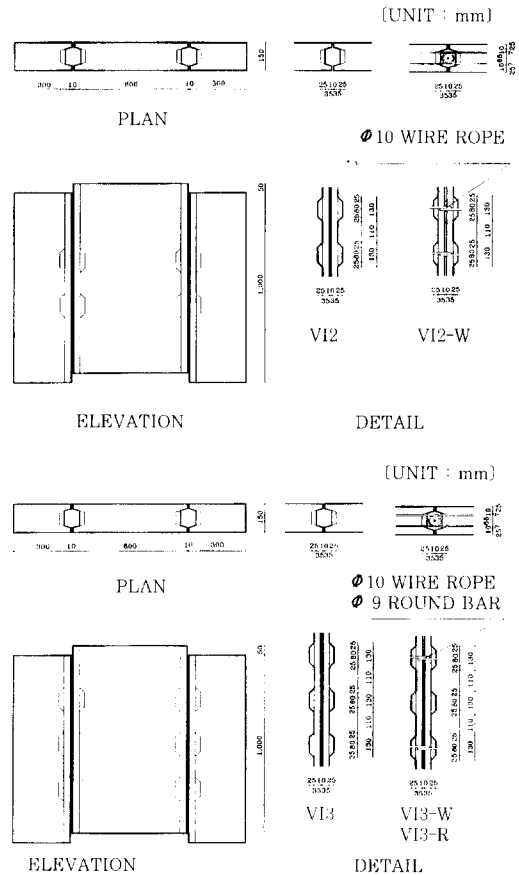


Fig. 1 Dimensions of VI type vertical joint specimens and shear key

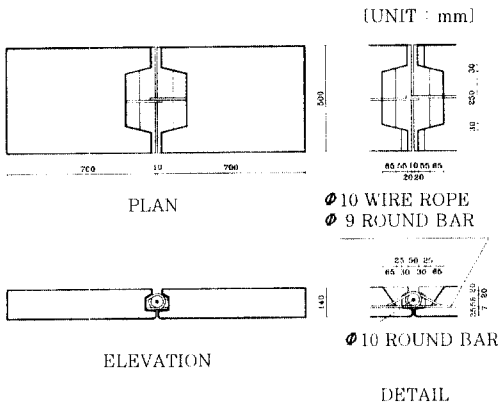


Fig. 2 Dimensions of slab-slab type horizontal joint specimens and shear key

라 한다) 및 슬래브-슬래브 수평접합부내 전단키의 치수는 Fig. 1과 Fig. 2에서 보는 바와 같이 실험실의 실험장비 용량에 알맞도록 설계하였다.

연구대상 시험체는 실제 아파트 건축물상에서 접합되는 인접 벽체를 대상으로 하였으며, 인접 벽체끼리의 접합은 두 벽체가 하나의 요소로 형성되도

Table 1 vertical joint specimen detail

Specimen	No. of shear key	Type of steel	No. of specimen
VI2	2	None	2
VI2-W	2	Strand wire	2
VI3	3	None	2
VI3-W	3	Strand wire	2
VI3-R	3	Round bar	2

VI2-W-1
 No. of specimen(1,2)
 Type of steel(W:Strand Wire, R:Round bar)
 No. of shear key(2,3)
 Vertical joint type(VI type)

Table 2 Horizontal joint specimen detail

Specimen	Loading direction	Type of steel	No. of specimen
SSHS-A	Horizontal shear	Strand wire	3
SSHS-B	Horizontal shear	Round bar	3
SSVS-A	Vertical shear	Strand wire	3
SSVS-B	Vertical shear	Round bar	3

SSHS-A-1
 No. of specimen(1,2,3)
 Type of steel(A:Strand Wire, B:Round bar)
 Loading direction(H:Horizontal shear, V:Vertical shear)
 Horizontal joint type(slab-slab type)

록 각 벽체마다 접합부 전 높이에 걸쳐 일정한 간격으로 전단키를 설치하였다.

VI형 수직접합부 실험에 있어서의 주요한 변수는 다음과 같다.

- ① 전단키의 갯수 : 2개, 3개
- ② 보강철물의 종류 : 원형철근, 와이어로프

또한 슬래브-슬래브 수평접합부 실험에 있어서의 주요한 변수로는 다음과 같다.

- ① 전단력의 방향 : 수평전단, 수직전단
- ② 보강철물의 종류 : 원형철근, 와이어로프

2.2 사용재료

2.2.1 콘크리트와 충전모르타

시험체에서 사용된 콘크리트와 접합부 충전모르타의 배합은 Table 3(a)와 Table 3(b)에서 보는 바와 같다.

2.2.2 수평보강철근

VI형 수직접합부 및 슬래브-슬래브 수평접합부 시험체의 수평보강근에 사용된 Ø9 원형철근, D10 이형철근, Ø10 와이어 로프의 재료성질은 다음 Table 4와 Table 5에서 보는 바와 같다.

Table 3(a) Mix proportions of concrete

W/C (%)	S/A (%)	Unit weight(kg/m ³)				Slump (cm)	Compressive strength (kg/cm ²)
		W	C	S	A		
50	37	167	334	692	1173	7	327

Note : Maximun aggregate size 20mm.

Table 3(b) Mix proportions of grouting mortar

Design strength (kg/cm ²)	W/C (%)	Unit weight(kg/m ³)				Compressive strength (kg/cm ²)
		W	C	S	AD	
270	50	308	617	1233	1.24	367

Note : Admixture MIGHTY 150-0.2%

3. 실험

VI형 수직접합부 시험체는 수평방향의 이동을 구속시킨 후 최대용량이 50ton인 유압잭을 이용하여 시험체의 중앙부분을 가력하였으며, 균열이 발생하기 전까지는 1ton씩 높여가며 가력하였고 최초 균

Table 4 Properties of reinforcement

Type & size	Yield strength (kg/cm ²)	Tensile strength (kg/cm ²)
φ9	3800	5200
D10	4350	6197

Table 5 Properties of strand wire(KS D 3514)

Type & size	Rod	Diameter(mm)	Cutting load(ton)
No.4 6×24	A kind of plating	φ10	4.64
Normal tangle	6		

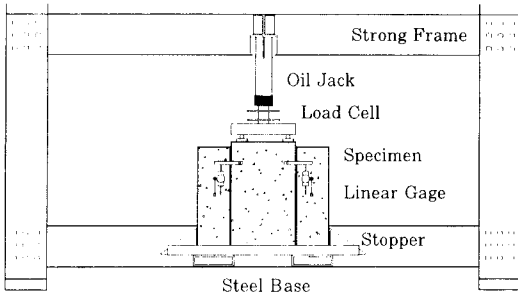


Fig. 3(a) Test set-up(VI type vertical joint)

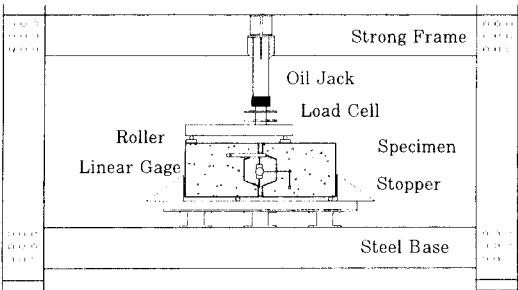


Fig. 3(b) Test set-up(horizontal shear test of slab-slab type horizontal joint)

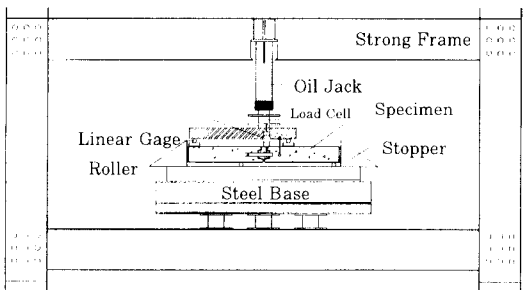


Fig. 3(c) Test set-up(vertical shear test of slab-slab type horizontal joint)

열발생 후에는 시험체 양 옆에 설치된 선형 변위 측정기(측정단위 1/100mm)의 값에 따라 변위조절방식으로 가력하였다. 4개의 선형 변위 측정기는 시험체의 벽판과 벽판 사이의 상대 변위를 측정할 수 있도록 접합부 좌우와 앞뒤로 설치하였다. 다만, 슬래브-슬래브 수평접합부 시험체는 2개의 선형 변위 측정기를 접합부 앞뒤로 설치하여 상대변위를 측정하였다.

시험체의 설치상황은 Fig. 3(a)~Fig. 3(c)와 같으며 실험 중 측정된 자료는 컴퓨터와 프린터를 이용하여 필요에 따라 plotting 하였다.

4. 실험결과

4.1 VI형 수직접합부

4.1.1 VI2 시험체

VI2 시험체는 전단키의 갯수가 2개이고 보강철물이 없는 시험체로 하중-변위 곡선은 Fig. 4와 같다. 초기균열하중은 평균 10.65ton이고 최대하중은 평균 22.1ton을 나타내고 있다.

VI2 시험체의 파괴 특징은 시험체 좌우의 전단키가 하중에 대하여 동시에 저항하다가 한쪽의 전단키에 균열이 발생되면 내력 저하 현상이 일시적으로 발생되지만 나머지 전단키와 골재 맞물림 작용에 의해 다시 내력 증가 현상이 나타났다.

최대하중에 도달한 후 하중의 증가없이 변위만 증가하여 실험이 종료되었다.

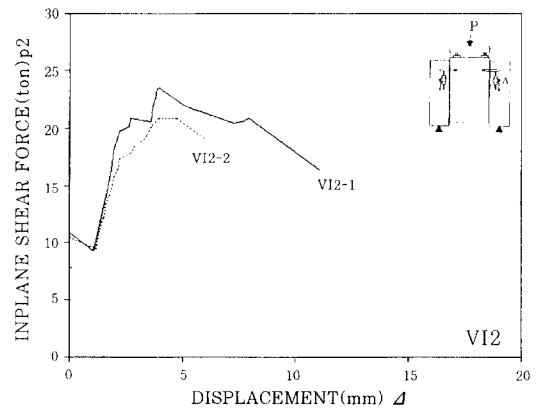


Fig. 4 Load-displacement curve(VI2 specimens)

4.1.2 VI2-W 시험체

VI2-W 시험체는 VI2 시험체에 와이어 로프를 사용하여 보강한 것으로 이 시험체의 하중-변위 곡선은 Fig. 5에서 보는 바와 같다. VI2-W-2 시험체의 초기균열하중은 17.7ton이고 최대하중은 23.4ton을 나타내고 있다. 초기균열이 발생되기 전까지 변

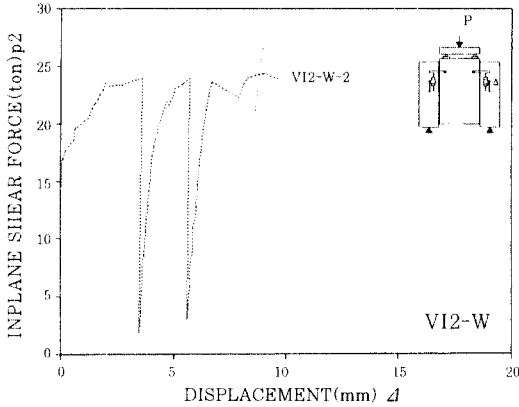


Fig. 5 Load-displacement curve(VI2-W specimens)

위의 증가없이 하중만 증가하다가 17ton 정도에서 초기균열발생 후 하중 증가에 따라 변위가 증가함을 알 수 있다.

실험종료 후 시험체를 해체하여 관찰한 결과 접합부의 파괴는 일어나지 않고 시험체의 상단부분이 파괴되었는데 이는 접합부의 그라우트 강도가 367kg/cm²로 예상 그라우트 강도 270kg/cm²보다 높아 전단키보다 시험체가 먼저 파괴된 것으로 판단된다.

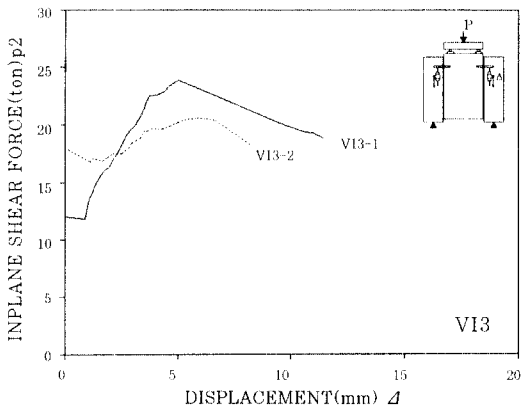


Fig. 6 Load-displacement curve(VI3 specimens)

VI2-W-1 시험체의 실험결과는 시험체 설치 잘못으로 인하여 실험결과 분석에 혼란을 줄 것으로 판단되어 분석에서 제외되었다.

4.1.3 VI3 시험체

전단키의 갯수가 3개이고 VI2 시험체와 마찬가지로 보강철물이 없는 VI3 시험체의 하중-변위 곡선은 Fig. 6에서 보는 바와 같다. VI3 시험체의 초기균열하중은 평균 14.7ton이고 최대하중은 평균 22.3ton을 나타내고 있다.

4.1.4 VI3-W 시험체

VI3 시험체에 와이어 로프를 보강시킨 VI3-W 시험체의 실험결과는 Fig. 7의 하중-변위 곡선에서 보는 바와 같고, 4~5회의 반복하중으로 가력하였다.

VI3-W 시험체의 평균 초기균열하중은 18.7ton이고 평균 최대하중은 24.6ton으로 나타났다.

4.1.5 VI3-R 시험체

VI3-R 시험체는 VI3-W 시험체에 보강철물을 와이어 로프 대신에 원형철근을 사용한 것으로 하중-변위 곡선은 Fig. 8에서 보는 바와 같다. VI3-R 시험체의 평균 초기균열하중은 19.8ton이고 평균 최대하중은 24.5ton을 나타내고 있다.

원형철근으로 보강된 VI3-R 시험체의 경우도 와이어 로프에 의해 보강된 VI3-W 시험체와 마찬가지로 높은 연성을 나타내고 있다.

VI형 수직접합부의 실험결과는 요약정리하면 Table 6에서 보는 바와 같이 초기균열하중은 VI2-

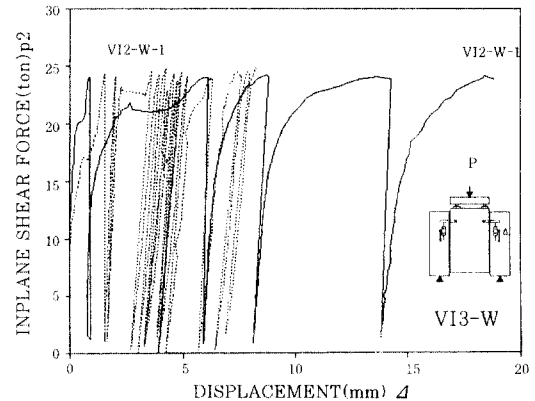


Fig. 7 Load-displacement curve(VI3-W specimens)

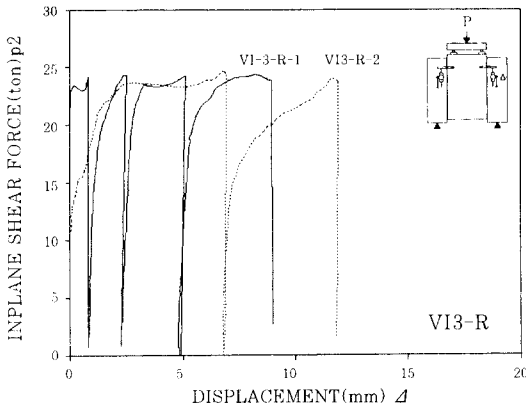


Fig. 8 Load-displacement curve(VI3-R specimens)

Table 6 Summary of test results(VI type vertical Joint specimens)

Specimen	Initial crack				Peak load			
	Displ. (mm)	Ave.	Load (ton)	Ave.	Displ. (mm)	Ave.	Load (ton)	Ave.
VI2-1	0.05	0.035	10.9	10.65	3.86	3.9	23.4	22.1
VI2-2	0.02		10.4		3.94		20.8	
VI2-W-1	-	0.207	-	17.7	-	8.975	-	23.4
VI2-W-2	0.207		17.7		8.975		23.4	
VI3-1	0.92	1.03	12.5	14.7	5.015	5.45	23.9	22.3
VI3-2	1.143		16.8		5.878		20.6	
VI3-W-1	0.565	0.58	20.3	18.7	8.735	8.48	24.2	24.6
VI3-W-2	0.59		17.1		8.22		24.9	
VI3-R-1	0.183	0.43	23.4	19.8	8.24	7.49	24.4	24.5
VI3-R-2	0.67		16.1		6.735		24.6	

W 시험체에서, 최대내력은 VI3-W 시험체에서 발생되었다.

4.2 슬래브-슬래브 수평접합부

4.2.1 SSHS-A 시험체

수평접합부 시험체의 수평전단력을 측정하기 위하여 Fig. 3(b)와 같이 시험체를 세워 가력하였다. 보강철물로 와이어 로프를 사용한 SSHS-A 시험체의 하중-변위 곡선은 Fig. 9에서 보는 바와 같다. 이 시험체의 평균 초기균열하중은 3.55ton이고 평균 최대하중은 7.62ton을 나타내고 있다.

초기균열 시 접합면에 사인장 균열이 진행되었고 하중의 감소없이 하중의 증가와 함께 변위도 증가되었다. 최대하중에 도달한 후에 접합면이 완전히

분리되어 실험이 종료되었다.

SSHS-A-1 시험체의 실험결과는 시험체 설치 잘못으로 인하여 분석에서 제외되었다.

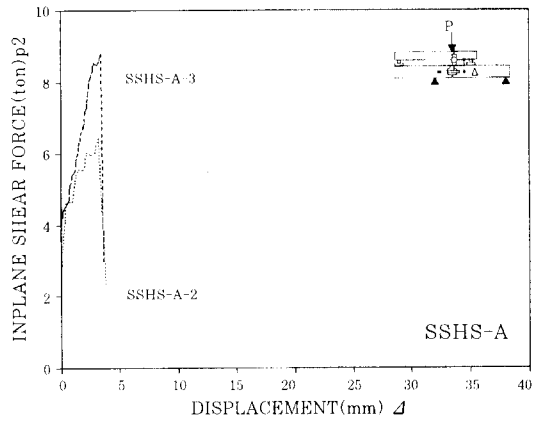


Fig. 9 Load-displacement curve(SSHS-A specimens)

4.2.2 SSHS-B 시험체

SSHS-A 시험체에 사용된 와이어 로프 대신에 원형철근을 사용한 SSHS-B 시험체의 하중-변위 곡선은 Fig. 10에서 보는 바와 같이 초기균열하중은 평균 2.32ton, 최대하중은 평균 6.32ton으로 나타났다.

3개의 시험체 모두 하중-변위 곡선에서 보는 바와 같이 거의 유사한 이력곡선을 나타내고 있다.

4.2.3 SSVS-A 시험체

SSVS-A 시험체는 SSHS-A 시험체와는 달리 수

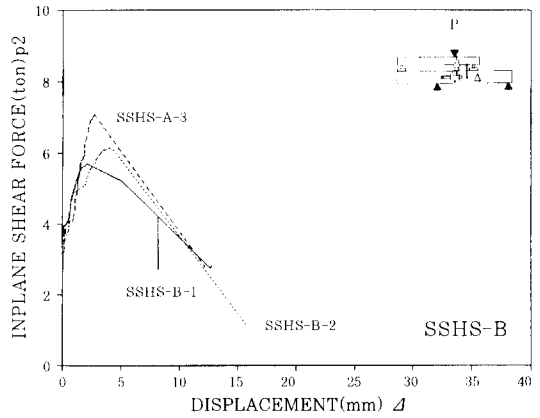


Fig. 10 Load-displacement curve(SSHS-B specimens)

평접합부 시험체의 수직전단력을 측정하기 위하여 시험체를 눕혀 놓고 가력하고 보강철물로는 SSSH-A 시험체와 같은 와이어 로프를 사용하였다.

이 시험체의 하중-변위 곡선은 Fig. 11에서 보는 바와 같고, 3개의 시험체 모두 초기균열하중 이후 큰 폭의 변위 증가를 보이다가 곧이어 약간의 하중 증가에서 2번째 균열하중을 나타내었다.

SSVS-A 시험체의 평균 초기균열하중은 1.37ton 이고 평균 최대하중은 3.27ton을 나타내었다.

4.2.4 SSVS-B 시험체

SSVS-B 시험체는 수직전단력을 측정하기 위하여 시험체를 눕혀 놓고 가력하고 보강철물로는 원형철근을 사용하였다.

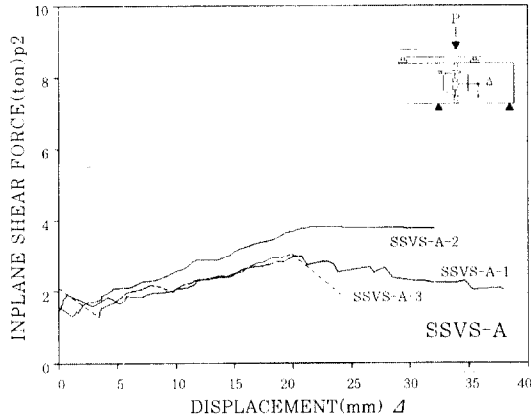


Fig. 11 Load-displacement curve(SSVS-A specimens)

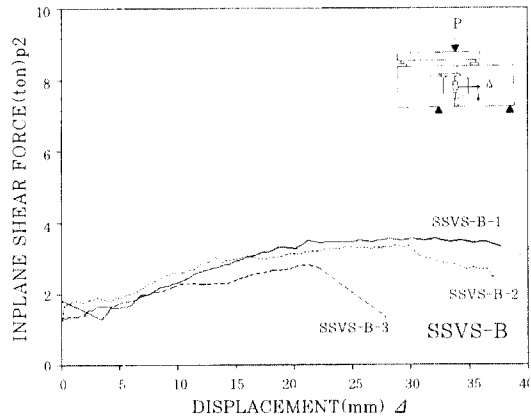


Fig. 12 Load-displacement curve(SSVS-B specimens)

Table 7 Summary of test results(slab-slab type horizontal joint specimens)

Specimen	Initial crack			Peak load				
	Displ. (mm)	Ave.	Load (ton)	Ave.	Displ. (mm)	Ave.	Load (ton)	Ave.
SSHS-A-1	-		-		-		-	
SSHS-A-2	0.105	0.14	2.87	3.55	3.2	3.33	6.43	7.62
SSHS-A-3	0.175		4.23		3.45		8.8	
SSHS-B-1	0.01		3.4		2.12		5.7	
SSHS-B-2	0.02	0.012	2.23	2.23	4.02	2.95	6.17	6.32
SSHS-B-3	0.005		1.33		2.72		7.1	
SSVS-A-1	0.02		0.83		20.36		2.97	
SSVS-A-2	0.02	0.035	1.13	1.35	21.55	20.62	3.8	3.27
SSVS-A-3	0.065		2.1		19.95		3.03	
SSVS-B-1	0.065		1.83		32.1		3.53	
SSVS-B-2	0.12	0.1	1.33	1.5	29.79	27.75	3.37	3.23
SSVS-B-3	0.12		1.33		21.36		2.8	

이 시험체의 하중-변위 곡선은 Fig. 12에서 보는 바와 같고, 평균 초기균열하중은 1.5ton이고 평균 최대하중은 3.23ton을 나타내었다.

슬래브-슬래브시험체의 실험결과를 요약정리하면 Table 7에서 보는 바와 같이 초기균열하중은 SSSH-A(수평전단)와 SSVS-B(수직전단)에서 크게 나타났고 최대내력은 서로 비슷한 값을 나타내었다.

5. 실험결과와 비교 및 분석

5.1 VI형 수직접합부 실험

5.1.1 전단키 갯수에 따른 영향

전단키 갯수에 따른 영향을 비교하면 전단키가 2개인 VI형 시험체의 최대내력은 22.1ton으로 전단키가 3개인 VI3 시험체의 최대내력 22.3ton과 거의 같은 내력값을 나타냈다(Fig. 13 참조). 설사 전단키가 하나 적더라도 수평방향 변형을 완전히 고정시키면 골재의 맞물림 작용에 의해 최대내력은 비슷하게 발현되는 것으로 판단된다.

5.1.2 보강철물 유·무에 따른 영향

Fig. 14에서 보는 바와 같이 보강철물을 사용한 VI2-W, VI3-R, VI3-W 시험체의 경우 단순히 전단키에 의해 하중을 지탱한 시험체(VI2, VI3)보다 전단내력은 더 높게 나타났다.

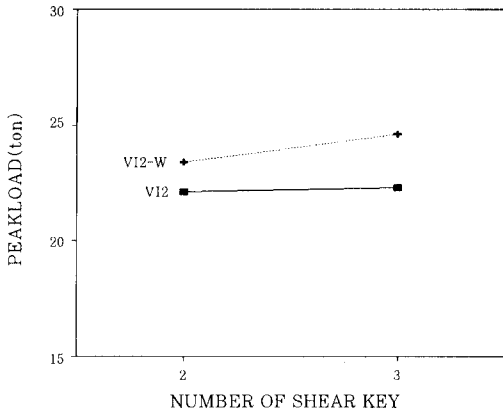


Fig. 13 Comparisons of peak load vs No. of shear key

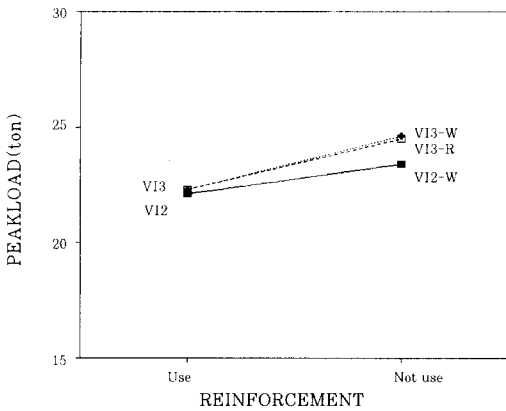


Fig. 14 comparisons of peak load vs existence of reinforcing steel

또한 VI2 시험체와 VI3 시험체의 경우 최대하중 값 이후 전단기가 파괴되면서 급격히 하중값은 저하되고 변위값이 증가하는 취성적인 파괴를 나타낸 반면, 보강철물을 사용한 시험체는 전단기가 파괴되어도 보강철물에 의해 급격한 하중감소현상이 나타나지 않고 연성이 매우 우수한 파괴모드를 보여주었다. 따라서 내력상 보강철물이 필요하지 않은 수직접합부라 하더라도 반드시 수평보강근은 설치되어야 할 것으로 판단된다.

5.1.3 보강철물 종류에 따른 영향

VI형 수직접합부에 사용된 보강철물로는 와이어 로프와 원형철근 두 종류의 보강철물을 사용하여 실험한 결과, Fig. 15에서 보는 바와 같이 거의 동

일한 최대내력으로 나타났고 전체적인 거동도 거의 서로 비슷한 모양을 보여주고 있다. 따라서 이 실험에서와 같이 벽체의 수평방향변형이 구속된 경우 와이어 로프의 사용이 구조적으로는 별 문제가 없을 것으로 보인다.

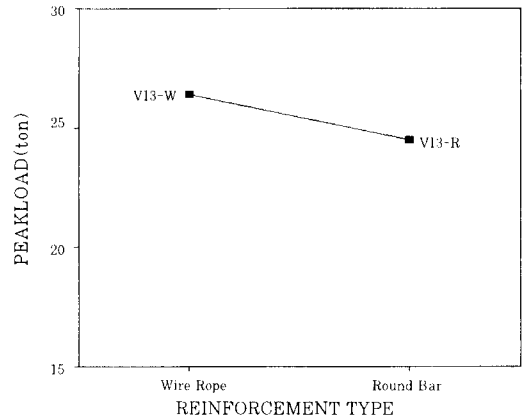


Fig. 15 Comparisons of peak load vs types of reinforcing steel

Table 8 Comparisons of Peak load and Korean Code(VI type vertical joint)

Specimen	Peak load (ton)	Code	Peak load	Note
			code	
VI2	22.1	5.07	4.36	
VI2-W	23.4	19.92	1.17	Strand wire
VI3	22.3	5.07	4.4	
VI3-W	24.6	19.92	1.23	Strand wire
VI3-R	24.5	14.8	1.66	Round bar

*① $\lambda \times v_c \times t \times L$

② $0.2 \times \lambda \times f_g \times A_v$ ①, ②, ③ 중 작은값 [참고문헌 1]

③ $0.85 \times f_g \times A_c$

5.2 슬래브-슬래브 수평접합부 실험

Fig. 16에서 와이어 로프와 원형철근 두 종류의 보강철물을 사용하여 실험한 결과를 비교하여 보면, 와이어 로프를 사용한 SSSS-A 시험체는 원형철근을 사용한 SSSS-B 시험체보다 최대내력이 1.2배 정도 높게 나타났다. 또한, SSSS-A 시험체와 SSSS-B 시험체의 결과를 비교하여 보면 전단력의 방향을 수직방향으로 가력하는 경우, 보강철물에 영향을 받지 않아 전단내력에 큰 차이가 없는

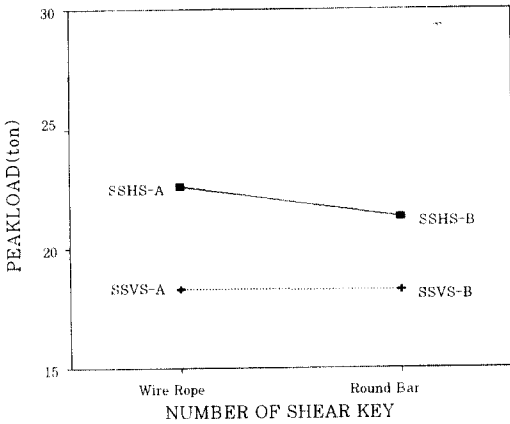


Fig. 16 Comparisons of peak load vs types of reinforcing steel

것으로 판단된다.

6. 결 론

- (1) 수평방향 변형이 완전 고정된 수직접합부는 전단키가 두개인 것과 세개인 것의 전단내력의 차가 그다지 뚜렷하지 않았다. 이것은 전단키가 하나 부족하더라도 수평방향 변위가 구속되면 골재 맞물림 작용력이 매우 커지기 때문으로 판단된다.
- (2) 루프철근(수평보강철물)이 있는 수직접합부 시험체는 기존의 다른 실험결과와 마찬가지로 루프철근이 없는 시험체에 비하여 연성이 상대적으로 크게 나타났다. 따라서 내력상 루프철근이 필요하지 않은 수직접합부라도 구조 안정성 확보라는 측면에서 수평보강근이 설치되어야 할 것으로 판단된다.
- (3) 이 실험연구에서와 같이 수평방향변위가 완전히 고정되면 수직접합부의 루프철근이 원형철근이 아니고 와이어 로프라 하더라도 전체적인 구조 거동에는 그다지 큰 차이점을 발견할 수 없었다. 따라서 이 연구에서와 같이 벽체나 슬래브의 수평방향변위가 완벽하게 고정되는 경우 와이어 로프를 루프철근으로 사용하여도 무방할 것으로 보이나 수평방향 변위가 완전히 고정되어 있지 않은 경우에는 보다 더 많은 연구가 이루어져야 할 것으로

판단된다.

- (4) 접합부를 원형철근으로 보강하는 경우 시험체의 전단내력은 우리나라 기준식을 상회하고 있으므로 우리 기준식은 안전측에 있는 것으로 판단된다.

감사의 글

이 논문은 (주)동아, (주)극동건설, (주)화성산업의 연구비 지원으로 연구되었으며 이에 감사를 드립니다.

참 고 문 헌

1. 건설부, "프리캐스트 콘크리트 조립식건축 구조설계 기준 및 해설", 1992. 4.
2. 노영숙, "프리캐스트 콘크리트 대형판 구조의 수직접합부 전단강도 특성에 관한 연구", 단국대학교 대학원, 석사학위논문, 1993. 8
3. 정란, 박현수, 노영숙, "대형 판넬 PC 구조물의 수직접합부 전단내력에 관한 연구", 대한건축학회 논문집, 제9권 2호, 1993. 2
4. 정란, "프리캐스트 콘크리트 구조 접합부 설계", 콘크리트학회지, 제6권 5호, 1994. 10
5. 김성수, "대형콘크리트판구조의 접합부 거동에 관한 연구", 한양대학교 대학원, 박사학위 논문, 1991. 6
6. 윤재환, "프리캐스트 콘크리트 대형 판넬구조의 연직 접합부에 관한 실험적 연구", 한양대학교 대학원, 석사학위 논문, 1979. 12
7. 이리형, 김성수, 이원호, "대형판넬 구조의 접합부에 관한 실험적 연구(I, II)", 대한건축학회 학술발표 논문집, 제1권 1집, 1981. 4
8. 이강근, 이리형, 김성수, 윤재진, "대형 콘크리트 판넬 구조의 수직접합부에 관한 실험적 연구", 대한건축학회 학술발표 논문집, 제6권 2호, 1986. 10
9. 이현호, 김성수, 조상규, 이리형, "대형 콘크리트 판넬 구조의 수직접합부 거동에 관한 연구", 대한건축학회 학술발표 논문집, 제10권 1호, 1990. 10
10. 대한주택공사, "PC 접합부 설계방식 개발을 위한 실험연구", 1992. 12
11. 삼성 종합 건설(주) 기술 연구소, "삼성 대형 PC 시스템의 구조성능 실험연구", 1993. 11

(접수일자 : 1996. 5. 2)