

P.C 수직접합부의 전단내력에 대한 실험연구

Experimental Study On Shear Capacity of P.C Vertical Joints

김 원종*, 김 상식**, 지 호청***

Kim, Won Jong, Kim, Sang SiK, Jee, Ho Chung

ABSTRACT

In Precast Concrete Structure, safety of structure depends on strength of joint. As a result, there exists a necessity to review the effects of elements consisting joints, since these elements are important factors for evaluation of joint strength. However, these elements are different for construction methods and may be changed even during construction. Obviously, the change of elements can cause the change of joint strength; yet, the effects of the variables are not clearly defined. The behavior of the joints are complicated and evaluated only through experiments. Consequently, the main objective of this paper is to review effects of components consisting Precast Joints, in order to keep higher joint strength than specified in the design code.

1. 서 론

조립식주택에서는 철근콘크리트 구조와는 달리, 접합부의 내력이 구조안정성에 큰 영향을 미치게 된다. 특히, 접합부는 전단력으로써 횡력에 저항하게 되어 있으나, 여러가지 공법이 사용되고 있음에 따라 내력에 대한 평가방법의 정립이 매우 어려운 실정이다. 또한, 현장시공시에 접합부의 내력에 영향을 미칠 수 있는 변수가 변화함으로써 접합부의 내력평가를 더욱 어렵게 만들고 있다. 즉, 전단키의 갯수나 크기 및 루프근의 위치, 갯수 등을 달리한다든가, 루프근 대용으로 스트랜드 와이어를 사용하는 시공방법등은 접합부의 성능에 영향을 미칠 수도 있는 요소이나, 이에 대한 내력평가방법은 아직 정립되어 있지 않다. 이와같이 조립식주택의 접합부

는 공장에서 기 제작된 콘크리트와 후타설 그라우팅재로 구성되어 있기 때문에 여러 변수가 복합적으로 작용하고 있고 구조해석을 통해 접합부 거동을 예측한다는 것은 대단히 어렵기 때문에 접합부의 내력평가는 실험에 의존할 수 밖에 없었다.

국내에서도 이미 접합부에 대하여 상당한 실험이 진행되어 왔으나, 시험체 갯수 및 형태가 한정되어 있어 접합부의 다양한 설계를 반영하기에는 상당한 제약이 따른다. 따라서, 본 논문에서는 이러한 변수들을 변화시켜 실험을 수행하여 접합부의 역학적거동을 분석함으로써, 접합부의 강도 및 강성을 평가하는데 그 목적을 두었다.

2. 시험체 설계 및 실험변수

본 시험체의 제작 및 실험은 인하대 산업과학기술연구소에서 수행하였으며, 시험체의 개수는 45개로 실험변수는 표 1과 같다. 실험방법은 직접전단실험이 가능하도

* 대한주택공사 주택연구소 선임연구원

** 인하대학교 건축공학과 교수

*** 대한주택공사 주택연구소 연구원

표 1. 실험변수

번호	시험체 명칭	전단키 수	루프근 수	루프근 간격	실계기중량도 벽체	실계기중량도 접합부	시험 형태	접합부 (cm)	비고						
1	A63-LM	6	3	3cm	240	240	단조	11							
2	A63-LC						단조	11							
3	A63-IM						단조	11							
4	A63-HC						반복	11							
5	A63-M						단조	11							
6	A63-C						반복	11	와이어로프사용						
7	A63S-C						반복	11							
8	A62-M						단조	11							
9	A62-C						반복	11							
10	A62E-M						단조	11							
11	A62E-C						반복	11							
12	A62S-C						반복	11	와이어로프사용						
13	A62C-C	반복	11												
14	A42-M	4	2	3cm	240	240	단조	11							
15	A42-C						반복	11							
16	A22-M						단조	11							
17	A22-C						반복	11							
18	A03-M	0	3	3cm	240	240	단조	11	전단키 없음						
19	A03-C						반복	11	전단키 없음						
20	a32-M						단조	11	전단키크기증가						
21	a32-C	3	2	3cm	240	240	반복	11	전단키크기증가						
22	a22-M						단조	11	전단키크기증가						
23	a22-C	반복	11	전단키크기증가											
24	BA1-1	5	0	-	240	270	단조	11	C:S = 1:2						
25	BA1-2						반복	11	C:S = 1:2						
26	BA1-3						반복	11	C:S = 1:2						
27	BA2-1						단조	11	C:S = 1:2						
28	BA2-2						반복	11	C:S = 1:2						
29	BA2-3						반복	11	C:S = 1:2						
30	BE1						2	1cm	-	240	270	11	무보강		
31	BE2											11	수직루프나선		
32	BE3											11	수직근 없음		
33	BE5											4	1cm	11	와이어로프
34	BE6											5	1cm	11	와이어로프
35	BE7											0	-	11	슬래브 보강
36	BE8	11	슬래브 보강												
37	BE9	11	슬래브 보강												
38	BC2	11	240	270	단조										
39	BC3	11	3cm	11											
40	BC4	11	7cm	11											
41	BD2-1	2	18cm	-	240	270	11								
42	BD2-2						21								
43	BE2						11								
44	BE3						11								
45	BE4						11								

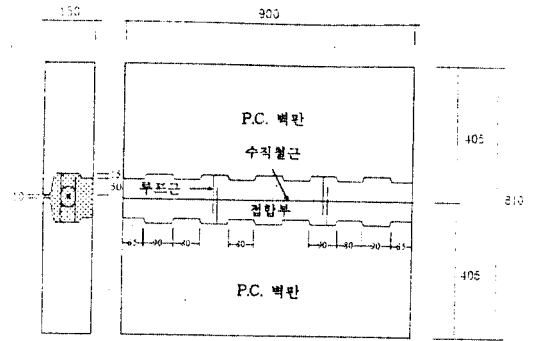


그림 1. 시험체의 형태

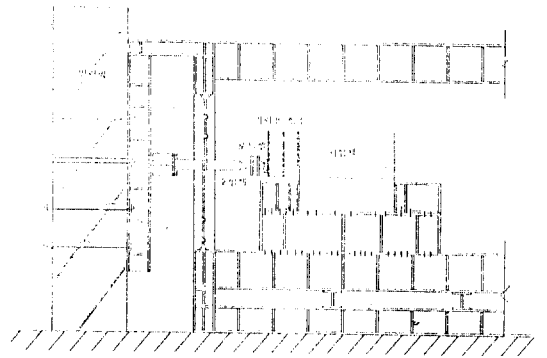


그림 2. 시험체의 가력장치

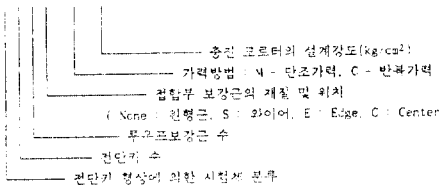
록 가력장치를 설치하였으며(그림 2), 공시체는 5cm×5cm×5cm의 입방체로 제작되었다. P.C 부재의 28일 압축강도는 22개의 공시체를 평균한 결과 301 kg/cm²로 나타났으며, 충전용 모르터의 배합 및 압축강도는 표 2에 나타나 있다. 본 실험에 사용된 루프근의 인장강도는 실험결과 항복강도가 3.8t/cm²로 나타났으며, 스트랜드와이어의 절단하중은 6.68톤(지름φ12mm)로 나타났다. 본 논문에서 관찰하고자 하는 변수를 정리하면 다음과 같다.

표 2. 충전용 모르터의 배합비 및 압축강도 실험결과

시험체의 설계강도	동시멘트비 (W/C)	혼합비(kg/m ³)		평균과리 하중(ton)	평균압축강도 (kg/cm ²)	
		모	스래 시멘트			
170 kg/cm ²	55 %	374	1360	680	6.46	258.5
150 kg/cm ²	65 %	320	1590	590	9.35	374.2

(시험체명 분류)

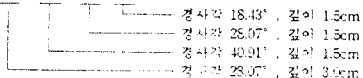
예) A 6 3 S - M - 180



■ 루프근의 형태: B1 · B2 · B3



■ 전단키의 형태: E1 · E2 · E3 · E4



2.1 전단키

전단키의 크기 및 깊이, 경사각 및 갯수를 변화시켜 실험을 수행하였다. 전단키의 갯수는 1차년도에 6개, 2차년도에는 5개를 기본으로 정하고 갯수가 2개, 4개 및 전단키가 없는 시험체와 비교하였다.

2.2 루프근

루프근의 갯수, 루프근의 위치 및 루프근의 상호간격을 변화시켜 실험하였으며, 루프근 대응으로 스트랜드 와이어를 사용하는 방법과 루프근 대응으로 수평철근을 사용하는 방법도 검토대상에 포함시켰다.

2.3 가력방법

단조하중과 반복하중에 의한 내력의 차이를 비교하였다.

2.4 접합부의 폭

기존 조립식주택의 접합부 폭에 비하여 접합부 폭을 넓힐 경우의 내력을 비교하였다.

3. 실험결과

각 변수별로 실험 결과를 정리하면 그림 3~12와 같으며, 이를 주요변수별로 정리하면 다음과 같다.

3.1 전단키(그림 3 ~ 6 참조)

1) 동일한 전단키 면적에서는 전단키의 크기가 큰 접합부가 작은 경우보다 단순 증가하중에서는 균열하중과 최대하중이 모두 커나, 반복하중에는 정반대의 현상을 보였다.

2) 전단키의 이루는 각도의 영향은 큰 차이는 없지만 18.43° 에서 28.07° , 40.91° 로 커질수록 최대전단내력은 대체로 감소하는 경향이 있으며, 전단키의 각도가 동일할 경우 전단키의 깊이가 1.5cm에서 3.0cm로 커짐에 따라 전단키의 맞물림작용이 크게 작용하여 최대전단내력은 11% 증가하였다.

3.2 루프근(그림 7 ~ 9 참조)

1) 루프근이 접합부의 중앙에 몰려있거나 단부에 치우쳐 있는 시험체에 비해 A62 시험체가 각각 11 ~ 20%의 최대내력 증가를 보여 루프근을 단부나 중앙에 편중되지 않게 하고 압축응력을 균등히 분포시킬 수 있도록 배치하는 것이 유리한 것으로 나타났다.

2) 와이어를 루프(Loop)근으로 대체하여 사용할 경우에는 봉강을 루프근으로 사용한 경우보다 균열하중 및 최대하중이 감소하나, 최대하중 이후의 하중이 완만히 감소하므로 연성효과를 기대할 수 있다. 아울러 스트랜드 와이어의 갯수를 2개에서 계속 갯수를 증가시키더라도 내력의 증진 효과는 미미한 것으로 나타났다. 이는 스트랜드와이어가 접합부의 전단내력을 증가시켜 주는 것이 아니라 접합부가 완전히 파괴된 후 스트랜드와이어의 미끄러짐에 의해 전단저항하는 것으로 판단된다.

3) 루프근을 접합부내에 배치하지 않고, 수평철근을 상하벽체 사이에 배치한 경우에는 수평철근이 전단키와 같은 역할을 수행하게되나, 상하벽체 사이의 접합부에 응력이 집중되는 것으로 나타났다. 이는 수평철근과 루프근을 같이 배치하더라도 응력은 상하벽체 사이에 집중하게되므로, 루프근의 효과는 거의 나타나지 않는 것으로 보여진다.

4) 루프근 갯수가 증가하면 균열하중과 최대하중은 비례하여 증가한다.

3.3 가력방법(그림 10 참조)

균열하중과 최대하중은 가력방법에는 거의 영향을 받지 않는다.

3.4 접합부의 폭(그림 11 참조)

접합부의 폭이 큰 경우(21cm)에는 접합부내에서 파괴가 일어나는 각도의 크기가 변화하게 되어 기존의 접합부(11cm)내력에 비하여 전단내력이 저하되는 것으로 밝혀졌다.

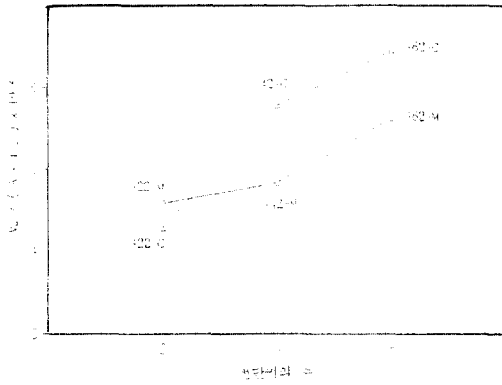


그림 3. 전단키수에 따른 전단내력 비교(A형, Loop근 2개)

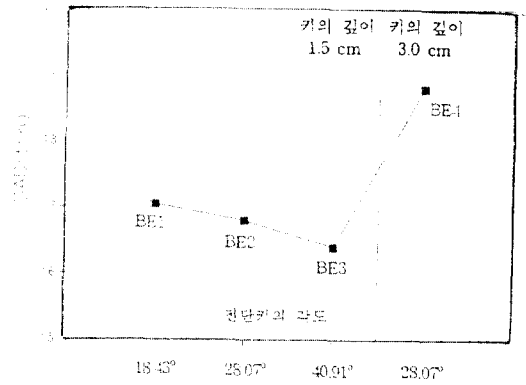


그림 6. 전단키의 깊이 및 경사각에 따른 전단내력 비교

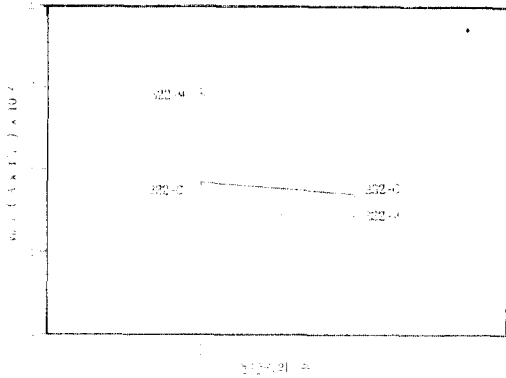


그림 4. 전단키수에 따른 전단내력 비교(B형, Loop근 2개)

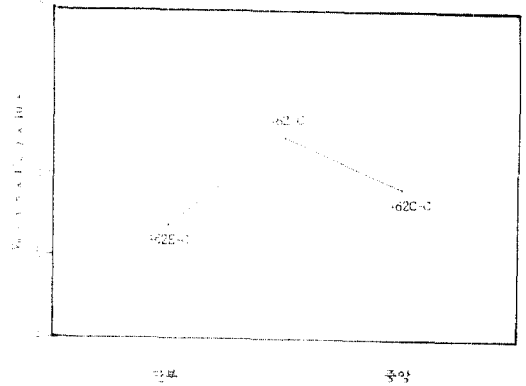


그림 7. 루프근의 위치에 따른 전단내력 비교

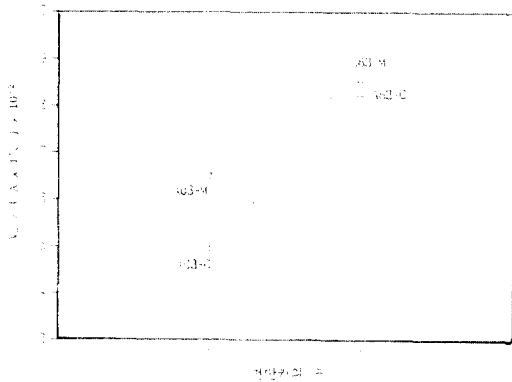


그림 5. 전단키수에 따른 전단내력 비교(A형, Loop근 3개)

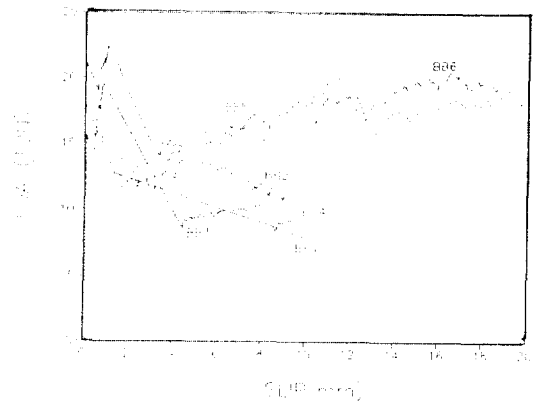


그림 8. 접합부내 보강근의 보강방법에 따른 상대비교

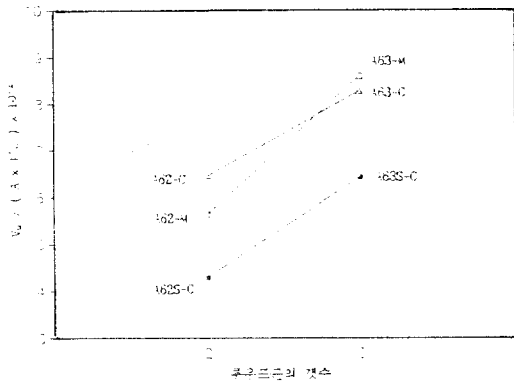


그림 9. 루프근의 갯수에 따른 전단내력 비교

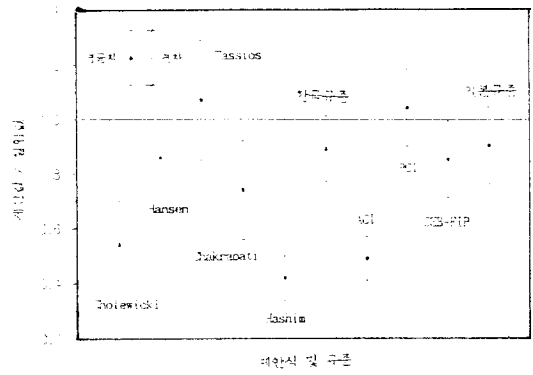


그림 12. 제안식 및 기준식의 실험치와의 비교

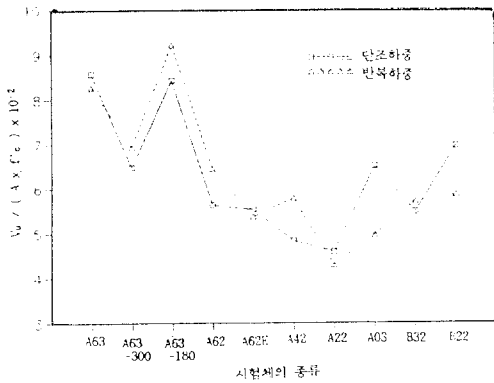


그림 10. 하중가력방법에 따른 전단내력 비교

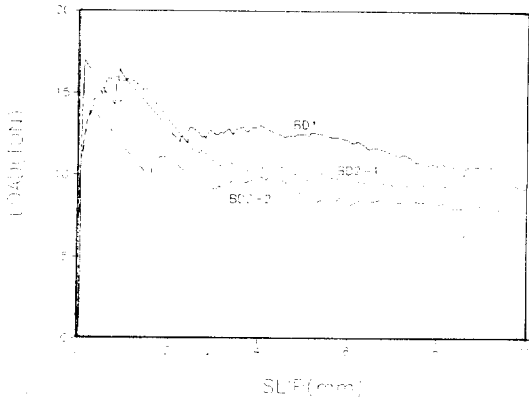


그림 11. 접합부폭에 따른 상대비교

4. 결론

국내에서 사용되고 있는 조립식 공법을 중심으로 시험체를 만들어 실험한 결과, 루프근의 갯수가 많을수록 전단내력이 뛰어난 것으로 밝혀져, 전단키의 갯수를 증가시키고 균등히 분포시키는 것이 유리하나, 현장 시공의 측면에서는 루프근 대응으로 상하 수평철근을 사용하는 방법도 고려될 수 있다고 보여진다. 다만, 루프근을 사용한 시험체와 루프근 없이 수평철근만으로 시공된 시험체는 파괴양상이 달라, 상하 벽체의 연결 부위에 대한 양질의 시공이 필요할 것으로 보여진다. 또한, 와이어 로프의 루프근 대응사용은 시공성 향상을 기대할 수는 있으나, 전단력에 대한 내력중대효과는 떨어지게 된다. 그러나, 루프근만 균등히 배치될 경우에는 루프근의 상호 간격에 관계없이 내력의 크기는 비교적 같은 것으로 밝혀졌으며, 실험결과를 Chakrabarti가 제안한 Modified Mohr-Coulomb 파괴형상과 같은 양상을 나타내었다.

참고 문헌

1. Keyed Shear Joints (SBI Report 97), Danish Building Research Institute,

1976.

2. Design and Construction of Large-Panel Concrete Structures Supplement Report C (Seismic Tests of Horizontal Joints), Portland Cement Association, 1979
3. S.C. Chakrabarti, G. C. Nayak and D.K. Paul, " Shear Characteristics of Cast-in-Place Vertical Joints in Story-High Precast Wall Assembly ", ACI Structural Journal , Jan. - Feb, 1988.
4. 壁式プレキャスト構造の鉛直接合部の挙動と設計法, 일본건축학회, 1989.
5. 고층아파트 대형 콘크리트 판넬구조의 접합부에 관한 연구, 한양대 산업과학연구소, 1990.
6. P.C 구조시스템의 설계기법(제7회 전산 구조공학 기술강습회), 한국전산 구조공학회, 1993.
7. P.C 접합부 설계방식 개발을 위한 실험 연구(I), 대한주택공사, 1992.
8. P.C 접합부 설계방식 개발을 위한 실험 연구(II), 대한주택공사, 1993.