

# 보강상세에 따른 RC 전단벽과 강재 보 전단접합부의 비탄성 거동

## Inelastic behavior of RC shear wall and steel girder shear connection on reinforcement details

송한범\*      이정한\*      양원직\*      강대언\*      이경훈\*\*      이원호\*\*\*

Song, Han-Beom Lee, Jung-Han Yang, Won-Jik Kang, Dae-Eon Lee, Kyung-Hwun Yi, Waon-Ho

### ABSTRACT

Shear wall-frame system is one of the most, if not the most, popular system for resisting lateral loads. The core is the primary lateral load-resisting systems, the perimeter frame is designed for gravity loads, and the connection between perimeter frame and core is generally a shear connection. Specially, single plate shear connection have gained considerable popularity in recent years due to their ease of fabrication and erection. Single plate shear connection should be designed to satisfy the dual criteria of shear strength and rotational ductility. An experimental program was undertaken to evaluate seismic behavior of single plate shear connection. The main test variable is the reinforcing detail of connection. Through the experimental program, the cyclic behavior of typical and reinforcing single plate shear connection was established.

### 1. 서론

복합 벽체구조시스템의 하나인 전단벽 구조시스템은 아파트나 호텔같이 주로 공간이 일정한 면적으로 분할되는 형태의 건축물에 사용되는 구조방식이다. 그러나 이동 칸막이벽에 의해 재분배 될 수 있을 정도로 넓은 개방공간을 요하는 상업용 건물에서는 최대한의 유동성을 필요로 한다. 이에 대한 해결책은 건물의 크기와 기능에 따라 수직 교통시스템과 에너지 공급시스템을 집중시켜 한개 또는 여러 개의 코어를 형성하는 것이다. 이렇게 형성된 코어는 건물의 수평안정을 위한 전단벽 구조로도 이용되며 코어의 위치나 형태는 제한을 받지 않는다. 이러한 외부골조 중에서 강구조의 모멘트 프레임과 코어벽체의 연결방법으로는 표준적인 접합상세는 없으나 일반적으로 싱글 플레이트 전단접합부(single plate shear connection)의 사용이 증가하고 있다.

전단접합부에 대한 성능기준(performance criteria)에 의하면 전단접합부는 단부 전단반력을 전달할 수 있는 충분한 전단강도와 단순보의 단부 회전능력을 만족하는 충분한 회전연성을 가져야 한다. 그러므로 싱글 플레이트 전단접합부는 전단 강도와 회전연성 두 가지를 만족시키도록 설계되어야 한다. 특히, 이러한 접합부는 현저한 모멘트가 발생하지 않도록 충분한 회전 능력을 가져야 하며, 그렇지 않으면 전단접합부로서 고려될 수 없다<sup>2)</sup>.

\* 정회원, 광운대학교 에센스 구조연구센터 연구교수, 공학박사

\*\* 정회원, 광운대학교 대학원 석사과정

\*\*\* 정회원, 광운대학교 건축공학과 교수, 공학박사

이에 본 연구에서는 중·고층 건축물의 주요한 횡하중 저항요소로 널리 활용되고 있는 철근콘크리트 코어벽체 형태의 전단벽과 강구조의 모멘트 프레임을 연결하는데 많이 사용되는 싱글 플레이트 전단접합부의 비선형 거동특성을 평가하기 위하여 하중점거리와 자유단거리를 주요변수로 하여 실험연구를 진행하고, 싱글 플레이트 전단접합부의 비탄성 거동 특성을 규명하고자 한다.

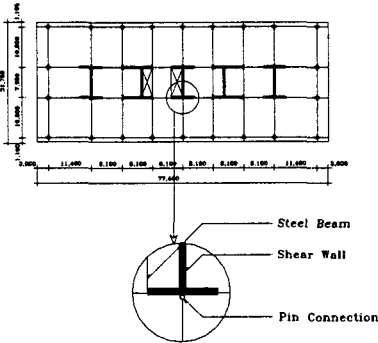


그림 1. 대상건물 평면 (단위 : mm)

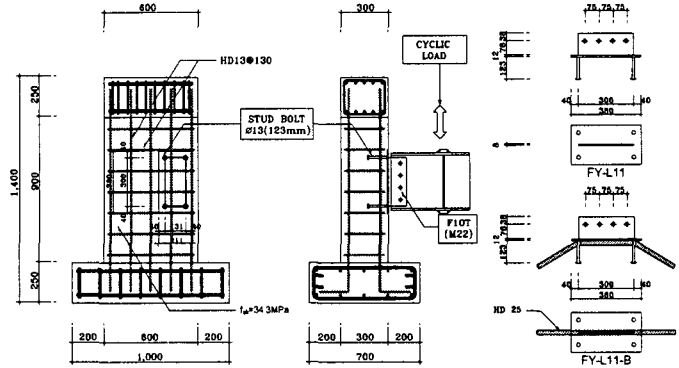


그림 2. 시험체 형상 (단위 : mm)

## 2. 실험

본 연구대상 건물은 그림 1과 같이 5개의 철근콘크리트 전단벽으로 구성된 내부 중심코어와 외부 철골구조로 구성된 이중 골조 방식의 50층 규모 사무실 용도의 건물이다. 연구 대상건물의 층고는 3m로 전 층에서 일정하다고 가정한다. 실험 대상부위는 응력해석결과 전단벽과 강재 보의 접합부에 임계응력이 작용된 37층 부위를 2/3 축소 모델링하여 시험체를 계획하고 제작한다.

### 2.1 시험체 계획

시험체 계획시 고려된 변수는 싱글 플레이트 전단접합부의 보강상세이다. 싱글 플레이트 전단접합부에 대한 이전의 연구에서<sup>3)</sup> 싱글 플레이트 전단접합부가 성능기준에서 요구하는 충분한 회전연성능력을 확보하지 못하는 중요 요인이었던 스테드볼트와 매립플레이트의 용접부에서 발생한 최종파괴를 방지하기 위한 접합부 보강상세인 Backing Detail을 평가하기 위하여 추가의 보강상세를 보강하지 않은 시험체와 추가의 보강상세를 보강한 시험체를 포함하여 2개의 시험체를 제작하였다. 이상과 같은 변수를 적용하여 표 1과 같이 총 2개의 시험체를 그림 2와 같이 제작하였다.

표 1. 시험체 일람표

시험체명	볼트(F10T)		스테드볼트			접합부 보강상세 및 실험방법		
	n	직경	개수	직경 (mm)	길이 (mm)	Backing Details	하중점 거리	가력 방법
FY-L11	4	M22	4	13	123	No	350	반복 가력
FY-L11-B		M22				Yes		

벽체단면 : 60×30 (cm)      철골 보 : H-350×175×7×11 (SS41)  
 전단벽 : 300×114×8      매립플레이트 : 380×131(211)×12  
 하중점거리 : 고력볼트 접합면에서 하중점까지의 거리 (mm)

### 2.2 재료시험

본 실험에 사용된 철근, 강재 및 콘크리트의 재료시험은 KS B 0801의 라호 규정 및 KS F 2404에 따라 시험편을 제작하여 KS B 0802 및 KS F 2404 규정에 따라 실시하였으며 그 결과는 표 2와 같다.

표 2. 재료시험 결과

콘크리트	압축강도 (MPa)	탄성계수 (kN/mm <sup>2</sup> )	슬럼프 (mm)
$f_{ck}=34.3$ MPa	34.1	27.4	125
철근 및 강재	항복강도 (MPa)	항복변형도 ( $\times 10^{-6}$ )	인장강도 (MPa)
HD 13	398.2	2.325	565.8
Flange	225.6	1.682	295.2
Web	219.7	1.827	274.6
Embed Plate	283.4	1.895	354.0
Shear Tab	235.4	2.098	357.0

### 2.3 실험방법 및 하중이력

실험은 1961 kN 반력 프레임에 시험체를 설치하였고, 벽체에 축하중을 가력하기 위한 981 kN 용량의 오일잭, 강재 보에 반복하중을 가력하기 위한 490 kN 용량의 복동식 오일잭을 이용하여 가력하였으며, 도입된 하중의 측정은 각각 981 kN 및 490 kN 용량의 로드셀을 이용하여 측정하였다. 실험 진행은 벽체에 축하중을 먼저 가력한 후에 강재 보에 반복하중을 가력하였으며, 접합부에 작용하는 하중과 변위의 관계를 파악하기 위하여 강재 보 단부의 가력점에서 15 cm 떨어진 위치에 설치한 변위계로 도입된 하중별 변위를 측정하면서 각 사이클별로 의도된 변위 이력에 따라 가력하였다. 시험체 설치상황은 그림 3과 같고 변위 이력은 그림 4와 같다.

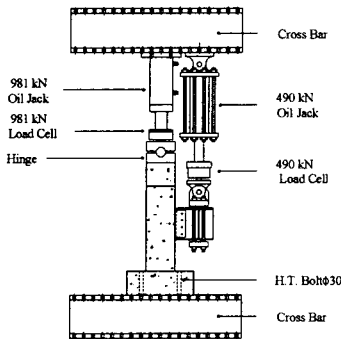


그림 3. 시험체 설치상황

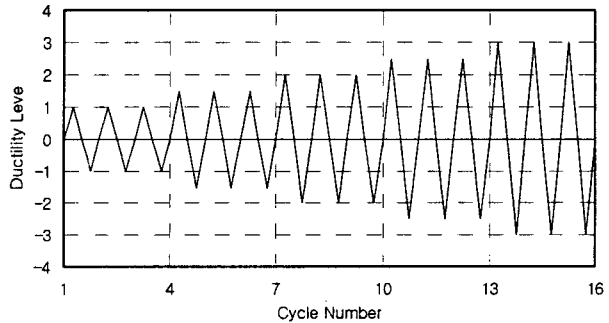


그림 4. 변위 이력

### 3. 하중-변위 관계 및 파괴상황

그림 5는 고력볼트 접합면으로부터 하중점까지의 거리가 350 mm 떨어진 위치에 작용하는 하중( $V$ )과 강재 보 단부까지의 거리가 500 mm 떨어진 위치에서 측정된 강재 보 하부면의 수직 변위( $\delta$ )의 관계를 비교하여 나타낸 것이다.

그림 5(a)는 FY-L11 시험체의 하중-변위곡선으로서, 이전 연구<sup>3)</sup>에서 설명한 바와 같이 다음과 같은 세 구간의 특징을 보이는 거동을 보였다. 첫 번째 구간에서는 탄성거동을 하며 싱글 플레이트 전단 접합부의 고력볼트 체결부에서 발생하는 마찰력에 의해 도입된 하중에 저항하며, 두 번째 구간에서는 고력볼트 체결부의 마찰력이 임계점이 도달한 이후로 구분할 수 있다. 이 구간에서 볼트 접합부의 슬립현상을 확인할 수 있는 소음이 크게 발생하였으며, 이러한 슬립현상에 의해 하중의 증가 없이 변위만 증가하는 소성 구간을 형성한다. 마지막으로 세 번째 구간은 소성구간 이후에 내력이 다시 증가하는 구간으로서 슬립현상이 고력볼트와 볼트구멍의 유격만큼 발생한 이후에 고력볼트와 플레이트 사이의 지압에 의해 하중이 다시 증가하는 구간이다.

그림 5(b)의 FY-L11-B 시험체에서도 이러한 현상이 동일하게 나타났다. 그러나 접합부에 보강한

Backing detail에 의해 매립 플레이트의 강도가 증가하여 FY-L11 시험체와 비교하여 큰 차이를 보이고 있다. 즉, FY-L11 시험체는 고력볼트 체결부의 슬립이 볼트구멍과의 유격에 도달하여 고력볼트와 플레이트의 지압이 발생하여 소성구간이 발생하는 구간에서 매립된 스티드볼트와 매립플레이트의 용접부위에서 인장파괴가 발생하는 결과가 나타났지만, FY-L11-B 시험체는 Backing detail에 의해 증가한 매립부 강도로 인하여 고력볼트 체결부의 슬립에 의한 소성구간이 크게 증가하면서 하중이 크게 증가하는 경향을 보이면서 회전각이 0.04 rad.까지 증가하였으며, 이후에 Backing detail과 매립플레이트의 용접부위에서 최종파괴가 발생하였다.

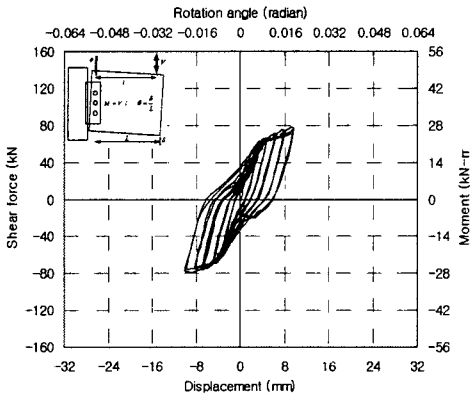


그림 (a) FY-L11 시험체

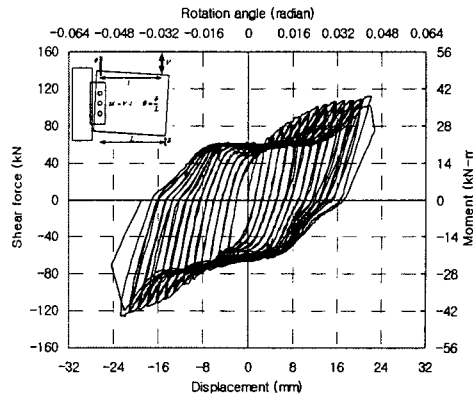


그림 (b) FY-L11-B 시험체

그림 5. 시험체별 하중-변위 관계

#### 4. 결론

철근 콘크리트 전단벽과 강구조의 모멘트 프레임의 접합방법의 하나인 싱글 플레이트 전단접합부의 이력특성은 고력볼트 체결부의 마찰저항, 고력볼트 체결부의 슬립에 의한 소성구간 및 고력볼트와 볼트구멍사이의 지압에 의해 내력이 다시 증가하는 특징을 보인다. 관례적으로 설계하여 제작한 FY-L11 시험체는 고력볼트 체결부의 마찰저항이 임계점이 도달한 이후의 소성구간이 짧게 발생하면서 접합부에 파괴가 발생하였다. 이에 대한 보강방안으로 제시한 Backing detail을 보강한 FY-L11-B 시험체는 Backing detail에 의해 증가한 접합부의 내력증가로 인하여 고력볼트 체결부의 마찰저항이 임계점에 도달한 이후에 충분한 소성구간 및 강도를 보이는 것으로 나타났다. 따라서 본 연구에서 제안한 Backing detail은 싱글 플레이트 전단접합부의 내진성능을 향상시키는 적절한 보강상세로 판단된다. 그러나 제시한 Backing detail에 대한 설계식 및 거동규명이 부족한 이유로 이에 대한 연구가 필요한 것으로 판단된다.

#### 참고문헌

1. Bungale S. Taranath, "Steel, concrete, & composite design of tall buildings 2nd Edition," McGraw-Hill, Chap. 5, Lateral Bracing Systems for Concrete Buildings.
2. Ivan M. Viest, Joseph P. Colaco, Richard W. Furlong, Lawrence G. Griffis, Roberto T. Leon, Loring A. Wyllie, Jr., "Composite construction design for buildings," McGraw-Hill, ASCE, 1997.
3. 이원호, 송한범, "철근 콘크리트 전단벽과 강재 보 전단접합부의 비탄성 거동," 대한건축학회논문집 구조계, 12권 10호, 통권 204호, 2005년, 10월, pp. 63~70.