Steel-Plate 매입형 합성 연결보의 접합부 상세에 따른 내진거동

Seismic Behavior by Beams-Wall Connections depending upon Joint Details of Embedded Steel-Plate Composite Coupling Beams

주재형* 채승윤** 김선규** 김우재*** 전호민**** 박효선*****
Joo, Jae-Hyung Chea, Seong-Yun Kim, Seon-Gyu Kim, Woo-Jae Jun, Ho-Min Park Hyo Seon

ABSTRACT

Owing to Higher story tendency and ceiling hight restriction of recent times, even though the depth of Coupling Beam decreases the demand efficiency is coming to be high rather so it is the difficult to satisfy a demand efficiency with the actual existing RC/Steel condition.

It has been researched a lot of methods as an alternative plan about these but designer cannot apply them for the reason ; the structure standard and theory background are not taking a triangular position. As accomplishing the test research about the beams-wall connections department of steel-plate composite coupling beams from the research in the study it examines closely the beams-wall connections conduct quality and tries to provide the fundamental data for *reasonable and optimum connection department designs*

It knows that connection fixation degree and composite conduct degree of member part together become the important variable showing an energy dissipation ability in Test result.

Key words : Steel-Plate, Composite Coupling Beams, Connection, Energy dissipation

1. 서 론

최근 초고층 건물의 신축이 점차 증가되고 있으며, 그에 따라 건축구조물의 안전도와 사용성에 대한 관심이 증대되고 있다. 이러한 초고층 건물의 주된 횡력저항 시스템으로 코어를 구성하는 전단벽 시스템이 많이 사용되고 있다. 초고층 건물의 코어를 구성하는 전단벽은 개구부에 의해 분리되어 독립적으로 거동하거나, Coupling Beam에 의해 연결되어 Coupled Shear Wall로 거동하게 된다. 독립된 벽체를 Coupling Beam을 통해 연결한 Coupled shear Wall은 바람이나 지진 등의 횡하중으로 부터 유발된 전도 모멘트의 상당부분을 Coupling 효과에 의한 골조 작용을 통하여 효율적으로 저항할 수 있게 한다.[1] 또한 코어 벽체의 강성 증가로 횡변위와 구조체 물량을 줄일 수 있는 잇점이 있다. 이러한 이유로 초고층 건물에서는 Coupling Beam을 적용한 Core Shear wall System이 주 횡력저항 구조 System으로 많이 사용되고 있다.

Coupling Beam은 일반적으로 RC System, Steel/SRC 등이 사용되고 있으며, 슬래브의 Coupling 효과를 이용한 구조방식이 일부 적용되고 있다. RC Coupling Beam(Paulay 1971)은 탄성영역에서의 강도와

* 정회원, 연세대학교 건축도시공학부 석사과정, E-mail: hyung00@empal.com
** 정회원, MIDAS IT 건축구조팀
*** 정회원, (주)포스코 건설 건축기술 연구소 과장
**** 정회원, 초당대학교 건축학과 교수
***** 정회원, 연세대학교 건축도시공학부 부교수

강성은 우수하지만, 지진하중에 의한 비탄성영역에서의 연성능력과 에너지소산 능력에는 취약함을 나타내었다. 이후에 이런 취약점을 보완하기 위해 대각 보강된 RC Coupling Beam(Paulay and Binney 1974)과 Steel Coupling Beam(Harries et al. 1993)등이 제안되었다. 최근의 고층화와 층고제약 등으로 Coupling Beam의 춤은 줄어들고, 요구성능은 오히려 높아지고 있어서, 기존의 RC/Steel로써는 요구성능을 만족시키기 어려운 실정이다. 이에 대한 대안으로 여러 가지 방법들이 연구되어지고 있으나, 구조기준과 이론적인 배경이 정립되어 있지 못하여 설계자가 적용하기에는 많은 어려움이 있다. 본 연구에서는 RC Coupling Beam에 Steel-Plate를 매입하여 전단성능을 향상시킨 합성연결보의 벽체 접합부 설계방법에 따른 내진성능을 규명하고, 내진성능의 개선을 위한 접합부 상세 개발의 기초자료로 활용하고자 한다.

2. 실험계획 및 방법

2.1 실험체 계획

본 연구에서 계획한 Coupling Beam 실험체(이하 SP 실험체)는 RC 커플링보에 전단보강으로 Steel-Plate를 추가하여 커플링보의 전단내력을 증진시킨 연결보이다. 모든 실험체의 부재부는 동일하게 적용하였으며, 벽체 접합부는 매입부 플레이트에 스터드를 부착하여 부재부 작용력을 벽체부로 전달할 수 있도록 하였다. 접합부에 사용된 스터드 개수 및 매입길이는 접합부 설계방법에 따라 구분하여 계획하였다. SP1실험체는 Steel-Plate의 전단내력에 해당하는 스터드 개수를 산정하여 접합부에 적용하였고, SP2실험체는 Steel-Plate의 전단력과 그에 따른 편심에 대한 모멘트를 고려하여 스터드 개수를 산정하였다. SP3 실험체는 Steel-Plate에 작용하는 전단력과 모멘트에 대하여 스터드의 전단내력과 Steel-Plate의 지압내력이 작용력 이상이 되도록 스터드 개수, 매입길이, 간격 등을 계획하였다.

표 1 Steel-Plate 실험체 일람표 (Coupling Beam Size : 300x400)

실험체	철골단면	콘크리트 배근	접합부 STUD	접합부 설계방법	
		주근	스터럽		
SP1	PL-200(h)X8(t)	10-HD16	HD10@150	8-Φ13	$Q_a \geq V_s$
SP2				12-Φ16	$Q_a = V_s + e\,V_s$
SP3				16-Φ16	$M_{up} = M_p - \frac{V_u^2}{2w}$

Q_a : 스터드 전단내력, V_s : Steel-Plate 전단내력, e : 편심거리, M_{up} : Steel-Plate 설계모멘트,
w : 스터드 전단내력을 등분포 응력으로 환산한 내력

2.2 가력 및 측정방법

커플링보 형식별로 반복가력이 가능한 100톤 용량의 Actuator를 통해 횡력을 재현하였으며 100톤 오일잭 2개를 이용하여 벽체 상부 축력을 재현하였다. 반복 가력시 각각의 cycle에 대하여 하중 및 변위이력을 일정한 간격으로 자동 기록/저장하였으며, 변위계 측정위치는 벽체경계면에서 400mm 떨어진 부재부에서 측정하였다. 실험체의 하중 가력 방법은 항복시의 변위를 예측하여 항복하중의 1/2까지는 하중제어로 하고, 이후에는 예측한 항복시의 변위를 기준으로 변위제어 하였다.

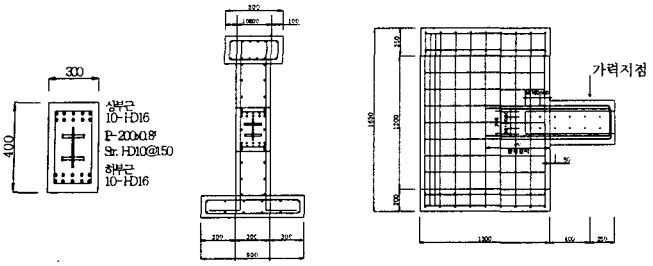


그림 1 부재 및 벽체 단면 형상(공통)

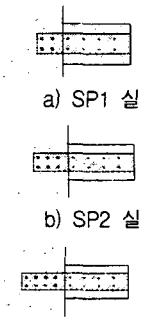


그림 2 실험체별 접합부 상세

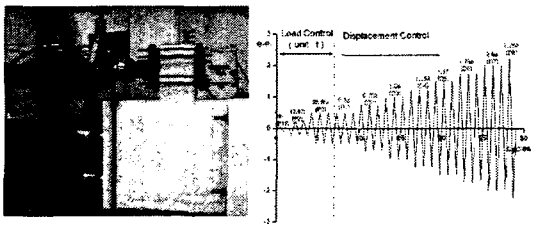
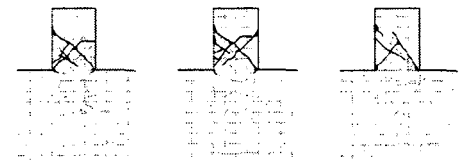


그림 3 실험체 셋팅상황

그림 4 하중 이력



a) SP1 실험체 b) SP2 실험체 c) SP3 실험체

그림 5 파괴 양상

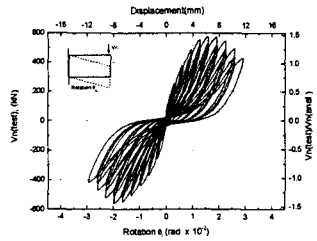
3. 실험결과 및 분석

3.1 하중 - 변위관계

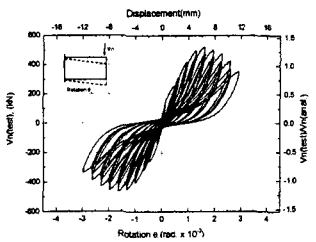
그림 6과 그림7은 각각 실험체의 하중-변위(회전각) 관계곡선과 회전각에 따른 포락선 분포를 나타낸 것이다. 모든 실험체에서 최대내력 이후의 내력 감소 양상은 뚜렷한 구분없이 거의 비슷한 결과를 보였다. SP1, SP2 및 SP3실험체의 정가력시 회전각 0.0158, 0.0159, 0.0163에 대응하는 최대내력은 각각 576.24, 520.38, 634.06kN으로 나타났다. 이것은 누가강도법에 의한 이론적인 전단항복 강도(508.52kN)의 각각 1.13, 1.02, 1.25배에 해당하는 것으로 이전 실험 연구자료[2]에서 변형경화를 고려한 추가보유내력 1.37배에 다소 못 미치는 것으로 나타났다. SP1실험체의 최대내력이 접합부 고정도가 더 우수할 것으로 예상되는 SP2 실험체보다 오히려 더 크게 나타났다. 이러한 결과의 원인은 SP2실험체의 부재부 전단철근 항복이 SP1실험체보다 더 일찍 발생하여 합성 전단내력의 감소가 조기에 나타났기 때문으로 사료된다. 실제로 계측된 플레이트 전단변형률을 그림8에서 살펴보면, 파괴시까지 매입 플레이트의 전단변형률은 0.0005이하로 전단항복변형률에 크게 못 미치는 것으로 나타났으며, 이러한 이유에서 부재부의 작용력에 대해 콘크리트와 플레이트가 완전 일체 거동하지 않은 것으로 판단된다.

3.2 에너지 소산능력 비교

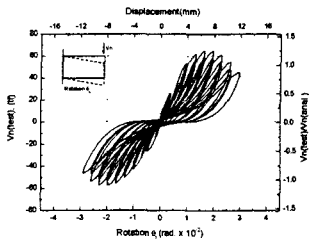
그림 9는 회전각에 따른 누적에너지 소산면적을 나타낸 것이다. 회전각 0.029rad.까지 SP1,SP2 및 SP3실험체에 누적된 총에너지 소산면적은 각각 10466, 9976, 11113kN-mm로 크게 차이가 나타나지 않았지만, 0.3% offset 방법에 의한 항복 時 부재각에서의 누적에너지 소산면적과 비교해 보면 8.9배, 6.36배 및 14.18배로 SP3실험체가 가장 우수한 에너지 소산능력을 갖는 것으로 나타났다.



a) SP1 실험체



b) SP2 실험체



c) SP3 실험체

그림 6 하중-변위(회전각) 이력곡선

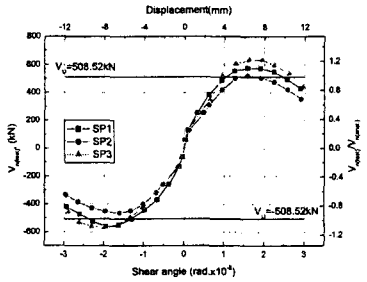


그림 7 회전각에 따른 포락선 분포

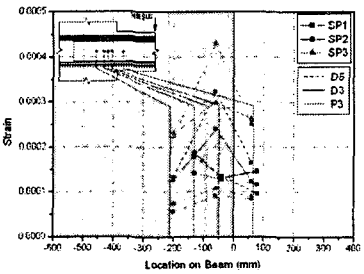


그림 8 플레이트 전단 변형률

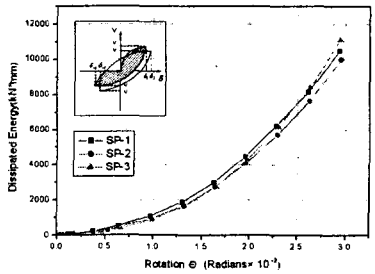


그림 9 누적 에너지 소산 면적

4. 결 론

본 연구에서 Steel Plate커플링보의 접합부 설계방법에 따라 고정도를 다르게 계획하여 실험적 연구를 수행한 결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

1) 매입부 스터드량에 따라 접합부 고정도가 달라지며, 접합부 고정도가 커플링보의 에너지 소산능력 등을 결정짓는 중요한 변수가 됨을 알 수 있었다.
2) 접합부 고정도가 다른 실험체보다 우수한 SP3실험체의 에너지 소산능력이 상대적으로 우수한 것으로 나타났다.
3) 플레이트 전단변형률과 벽체 균열양상 등으로 미루어 볼 때, 접합부 고정도가 우수한 실험체 순서대로 전단변형률이 크게 나타났다. 따라서, 전단변형률이 크게 나타난 실험체가 접합부 고정도가 우수하여 부재내력 및 에너지 소산능력이 크게 나타날 것으로 예상하였지만, SP1실험체와 SP2실험체는 예상과 달리 최대내력과 에너지 소산능력 등에서 SP1실험체가 더 우수하게 나타났다. 이러한 결과의 원인은 부재부에서 콘크리트와 Steel plate의 불완전 합성거동에 따른 것으로 사료되며, 접합부 고정도와 반복하중에 따른 부재 합성정도를 함께 고려한 추가적인 검증이 필요하리라 판단된다.

감사의 글

이 연구는 과학기술부 특정 연구 개발사업 국가지정연구실(2005-01504) 사업의 연구비 지원과 포스코 건설의 초고층 Core Coupling Beam 최적시스템 개발에 관한 연구비 지원으로 수행 되었으며 이에 감사드립니다.

참고 문헌

1. 윤현도, 박완신, 접합부/철골 커플링보 강도비에 따른 복합 병렬전단벽의 내진거동, 대한건축학회 논문집, 21권 1호, 2005.1
2. Wai-Yin Lam, Ray Kai-Leung Su, Hoat-Joen Pam, M.ASCE, Experimental Study on Embedded Steel Plate Composite Coupling Beams, Journal of Structural Engineering, 2005.8