

# 탄소 FRP를 이용한 철근콘크리트 보-기둥 접합부의 내진 성능 보강 실험

## An Experimental Study on Seismic Retrofitting of RC Beam-Column Connections with Carbon FRP

김민\*            이기학\*\*            이재홍\*\*\*            우성우\*\*\*\*            이정원\*\*\*\*\*  
Kim, Min        Lee, Kihak        Lee, Jae-Hong        Woo, Sung-Woo        Lee, Jung-Weon

### ABSTRACT

Many RC structures built without seismic provisions have exhibited brittle shear failures in the beam-column joint area, and resulted in large permanent deformations and structural collapse. This paper presents the results of an experimental investigation pertaining to the use of carbon fiber-reinforced polymer(FRP) for strengthening of RC beam-column connections. The selective upgrade is obtained by choosing different combinations and locations of carbon FRP sheets to determine the effective way to improve the structural performance of joints. Experimental results demonstrate significant improvement of flexural capacity and ductility of beam-column connections originally built without seismic details.

### 1. 서론

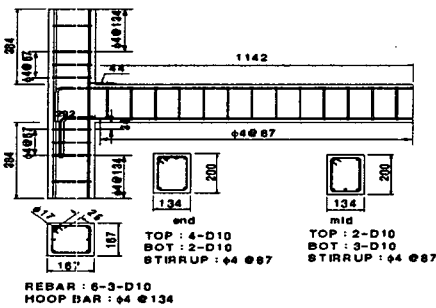
최근 전세계에 기록된 지진운동은 현존하는 철근콘크리트 보-기둥 접합부가 적절한 내진상세가 부여되지 않을 때 지진 운동에 취약함을 보여 주었다. 골조 구조물에서 중요한 역할을 하는 접합부는 충분한 전단강도와 횡 철근이 설계되어 있지 않을 때 지진하중으로부터 취성적 전단 파괴를 가져오며 전체 구조물에 영구적인 변형과 붕괴에 이르기까지 한다. 또한 표준 갈고리 상세로 고정되어 있지 않은 철근은 접합부에서 정착파괴가 발생하게 된다(Paulay and Priestly, 1992). 보-기둥 접합부의 보강은

\* 세종대학교 건축공학과 석사과정 \*\* 세종대학교 건축공학과 조교수 \*\*\*세종대학교 건축공학과 부교수 \*\*\*\*고려대학교 연구교수 \*\*\*\*\*삼성중공업 기술연구소 과장

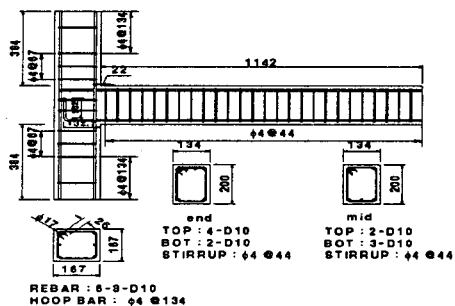
여러 현실적인 문제를 해결해야 하는 점에 따라 기술자가 현장에서 만나게 되는 어려운 문제이다. 많은 연구자들이 보-기둥 접합부를 보강하기 위해 다양한 시도를 하였는데 그 중 하나는 철근 콘크리트 또는 스틸 재킷을 이용한 보강 방법이다. 이는 구조물에 추가적인 하중 부담, 부식으로부터 고려 및 정밀한 상세가 필요한 설계 등으로 기술자에게 어려운 작업을 요구하고 있다. 1995년 이후로는 FRP(Fiber Reinforced Polymer) 슈트를 통한 구조물의 보수, 보강 방법이 활발하게 진행 되었다. FRP슈트는 여러 가지 장점을 가지고 있는데 이는 부식에 대한 저항, 매우 큰 강도, 시공의 간편함, 현장에서 구조물의 보강 시 형태의 자유로움이다. 본 연구에서는 비내진 상세를 가진 철근콘크리트 건물에서 외부 접합부를 탄소 FRP로 보강하고 반복 횡가력 실험을 통해 접합부의 보강 성능을 파악하였다. 이는 우리나라에서 비내진 상세로 건설되어진 기존 건물골조에 보강을 하기 위한 자료로 쓰일 수 있다.

## 2. 실험체 설계 및 제작

실험 모델의 제작에 있어서 총 9개의 실험체가 설계, 제작되었다. 내진 상세, 비내진 상세 그리고 비내진 상세에 FRP를 부착하여 보강한 경우가 고려되었다. 그림 1은 외부 보-기둥 접합부의 내진 상세와 비내진 상세를 보여주고 있다. 실험 모델은 실물 크기의 1/3로 축소하여 제작하였다. 비내진 상세의 실험체에 보-기둥 접합부의 내진 성능을 보강을 목적으로 총 6개의 실험체에 탄소 FRP 슈트가 부착되었다. 탄소 FRP 슈트의 접착에는 접착방향, 접착단부의 구속여부, 접착면의 두께 등이 변수로 고려되었다. 탄소 FRP의 시공은 1. 바탕면 처리, 2. 프라이머 도포, 3. 요철조정, 4. 함침용수지 도포 (1차), 5. 탄소 FRP 부착 및 탈포, 6. 함침용수지 도포 (2차), 7. 양생, 8. 마감도장 순으로 시공되었다. 지진하중을 받는 구조물의 연성을 파악하기 위해 ATC-24 (1992)에서 정의하는 변위 제어를 통하여 하중을 조정하였다. 횡 하중 적용은 500kN의 유압식 액츄에이터를 사용하여 기둥의 상단부에 적용하였다. 그림 2는 비내진 상세를 가진 보-기둥 접합부에 부착한 탄소 FRP의 형태를 보여주고 있다.

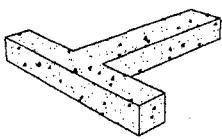


(a). 비내진 상세

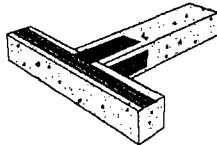


(b). 내진 상세

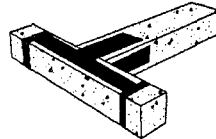
그림 1 보-기둥의 비내진 상세와 내진 상세



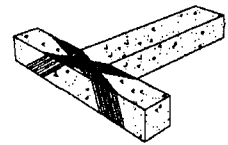
(a). 비내진, 내진 실험체



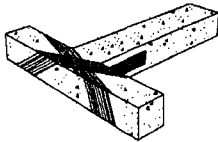
(b), RNS-1 실험체



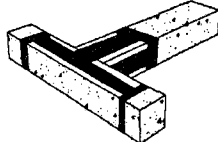
(c). RNS-2 실험체



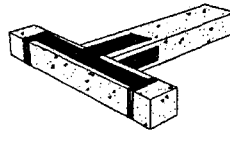
(d). RNS-3 실험체



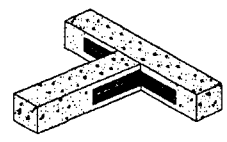
(e). RNS-4 실험체



(f). RNS-5 실험체



(g). RNS-6 실험체 ( 2층의 Layer)



※ 실험체 (b), (c), (e), (f), (g)에 L형 보강

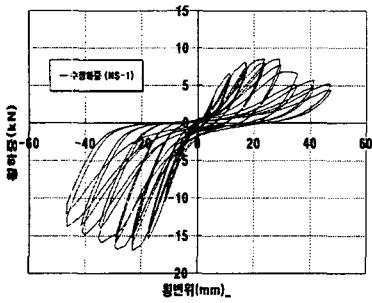
그림 2 원형 실험체와 탄소 FRP 슈트로 보강된 실험체

### 3. 전체 이력 거동의 비교

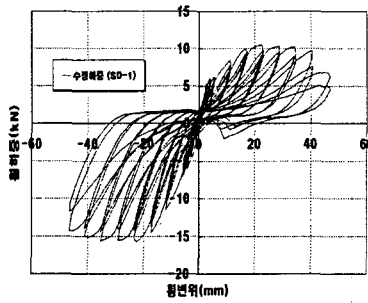
그림 3에서는 기둥의 상부 힙변위와 횡하중을 바탕으로 그려진 이력 곡선을 보여 주고 있다. 지면의 제약상 총 6개의 실험체의 이력 곡선만 보여 주고 있다. 그림 3의 (a)와 (b)를 비교함으로써 비내진 상세와 내진 상세를 가진 보-기둥 접합부의 거동을 비교할 수 있다. 접합부에 횡 철근이 배근된 내진 접합부는 비내진 접합부보다 높은 초기 강성을 보여 주며 힙변위가 증가함에 따라 정 및 부 모멘트에서 강도가 조금씩 감소하는 연성적 거동을 보여 주고 있다. 탄소 FRP 슈트로 보강을 한 비내진 접합부는 일반적으로 초기 강성이 크게 증가하고 최대 강도가 또한 증가되는 것을 알 수 있다. 특히 힙 변위가 증가함에 따라 급격하게 강도가 감소한 비내진 접합부에 비해 점차적인 강도의 감소로 나타나는 연성 거동의 특징을 보여 주고 있다. 특히 탄소 FRP 슈트로 기둥의 접착면을 추가 보강한 RNS-2와 X자 형태로 보강을 한 RNS-3, -4의 실험체에서 비내진 실험체에 대한 보강 효과가 두드러지게 나타나졌다.

### 감사의 글

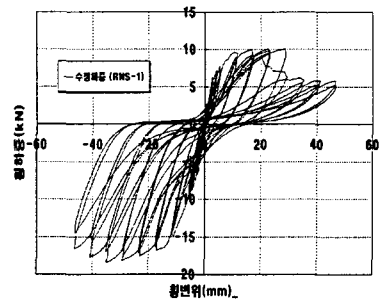
본 연구는 (주)삼성중공업 연구 개발 사업의 지원에 의해 이루어진 것입니다. 이에 감사드립니다.



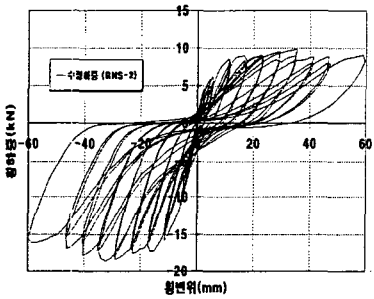
(a). NS-1



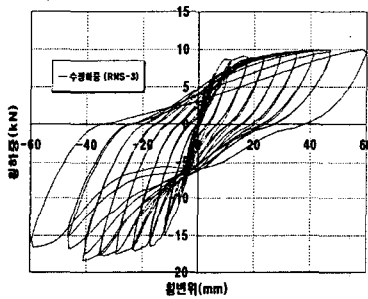
(b). SD-1



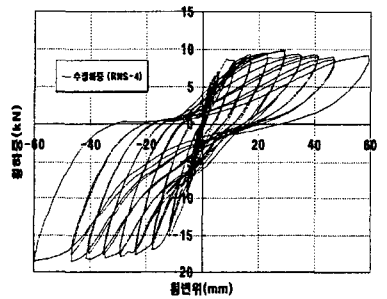
(c). RNS-1



(d). RNS-2



(e). RNS-3



(f). RNS-4

그림 3 보-기둥 실험체의 하중-변위 이력 곡선 비교

참고문헌

1. Paulay, T., and Priestley, M.J.N., *Seismic Design of Reinforced Concrete and Masonry Buildings*, Wiley, New York, 1992.
2. ATC-24, *Guidelines for Seismic Testing of Components of Steel Structures*, Applied Technology Council, Redwood City, CA, 1992.