카본 시트 튜브로 구속된 콘크리트 외부 보-기둥 접합부의 균열 양상에 대한 연구

Study on the Crack Shape of Concrete Exterior Beam-Column Joints Confined by Carbon Sheet Tube

문영균* 박진영** 이경훈*** 홍원기**** 김희철*****
Moon, Young Gyun Park, Jin Young Lee, Kyung Hun Hong, Won Kee Kim, Hee Cheul

ABSTRACT

The purpose of this study is to experimentally investigate the structural performance of concrete exterior beam-column joints confined by carbon sheet tube.

Four specimens were produced with different numbers of carbon sheet and the other specimen was produced with reinforced concrete. A hydraulic dynamic actuator with 30tonf capacity was used to cyclic lateral loading test.

The experimental results represent that the numbers of carbon sheet have an influence the load and displacement capacity. However, the bond length of carbon sheets for connecting beam and column has to be considered to improve the capacity of joint.

1. 서론

철근콘크리트 구조물은 1900년대 초 복합구조 형식으로 개발된 이후 현재에는 건설 산업의 발전과 더불어 강재 구조물과 함께 건축·토목 구조물의 주요 재료로 사용되고 있다. 최근 철근 콘크리트 구조물의 대형화, 고층화에 의하여 부재의 단면에 비해 철근의 양의 많아지게 되었다. 특히 지진하중을 받을 때에는 다른 부재 요소들보다 접합부가 취약한 부분으로 밝혀지고 있다. 또한 철근콘크리트 구조물의 접합부는 작은 공간에 비하여 요구되는 철근의 양이 많고, 배근은 복잡하

* 학생회원, 경희대학교 건축공학과 석사과정
** 학생회원, 경희대학교 건축공학과 박사수료
*** 학생회원, 경희대학교 건축공학과 박사수료
**** 정회원, 경희대학교 건축공학과 조교수
***** 정회원, 경희대학교 건축공학과 부교수

여 부실시공의 원인을 제공하기도 한다. 따라서 본 연구에서는 접합부 철근을 카본 시트 튜브로 대신한 카본-콘크리트 보-기둥 접합부에 대한 실험을 수행하고자 한다. 단, 지진구역에서 필수적으로 요구되는 전단전이 철근만을 배근하여 접합부 시험체를 제작하였다.

본 연구의 목적은 카본 시트 튜브를 적용한 접합부의 구조성능을 평가하기 위하여 실험을 수행하고 내력과 연성 능력을 평가하는 것이다.

2. 실험 계획

2.1 시험체 계획

본 연구에 사용된 시험체는 실제 크기의 시험체를 제작하였으며 시험체 기둥의 양단에는 힌지로 지지하고 보단은 자유단으로 계획하였다. 카본 시트 튜브로 구속된 외부 접합부 4개와 1개의 RC 외부 접합부를 제작하였다. 접합부에 배근되는 전단전이 철근은 카본이 전단력을 지지하지 않는 것으로 가정하고 작용하는 하중에 대하여 설계를 하였다. 접합부에서의 전단전이 철근량을 산출한 결과를 이용하여 다음과 같은 크기의 접합부 시험체를 제작하였다. 접합부 튜브의 제작은 카본 시트를 적층하여 원형튜브를 제작한 후, 접합부 형상에 맞게 카본 시트를 에폭시로 부착하여 접합부 튜브를 제작하였다. 시험체의 보 단면은 지름 30cm이고 길이는 1000cm, 기둥의 단면은 지름 30cm이고 높이 1300cm로 제작하였다. 카본 시트 튜브 시험체는 전단전이 철근4-D22를 사용하였으며 보 부분은 콘크리트와 카본 시트 튜브의 슬립을 방지하기 위하여 corrugation를 설치하였다. RC 시험체는 기둥의 경우 주근은 최소 철근량으로써 6-D13, 띠철근은 Ø10를 100mm간격으로 배근하였고, 보의 경우 주근은 6-D22, 스터럽은 Ø13를 120mm간격으로 배근하였다.

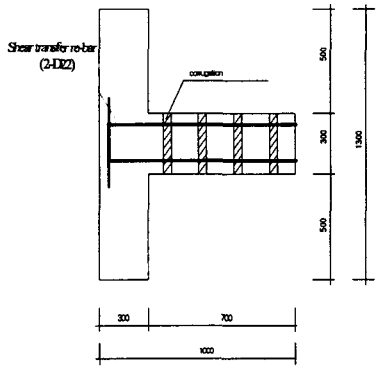

그림 1 카본튜브 시험체

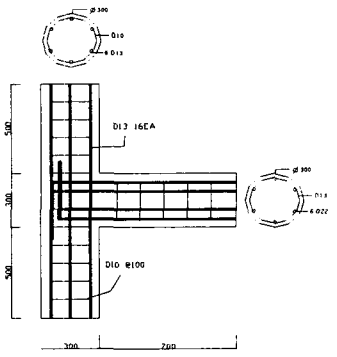

그림 2 RC 시험체

2.2 가력방법 및 측정방법

시험체에 재하된 횡하중은 30tonf 용량의 Dynamic Actuator를 이용하였고. 가력패턴은 그림 5과 같은 형태로 변위제어 방식으로 가력하였다. 게이지는 그림 3,4와 같이 설치하여 측정하였으며 보 가력 위치에 Wire LVDT를 설치하여 상대적인 변위를 측정하였다. 그리고 기둥의 두 곳에 LVDT를 설치하여 기둥의 상대적인 변위를 측정하였다. 시험체 셋팅은 프레임의 옆면에 반력 프레임을 설치한 후 그림 6과 같이 시험체를 눕혀서 세팅하였다. 기둥의 양단은 힌지로 지지하고 보

단을 자유단으로 계획하여 반복 횡하중을 재하하였다

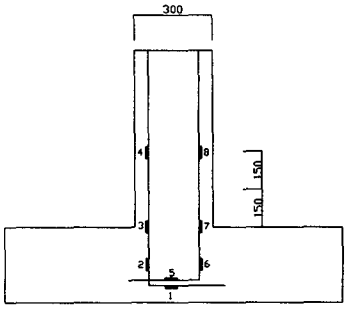

그림 3 시험체 내부 게이지

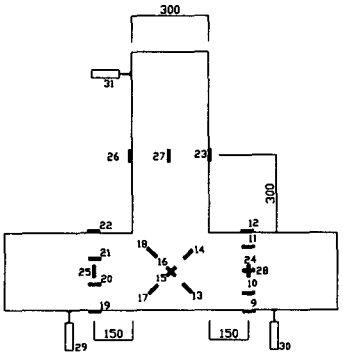

그림 4 시험체 외부 게이지

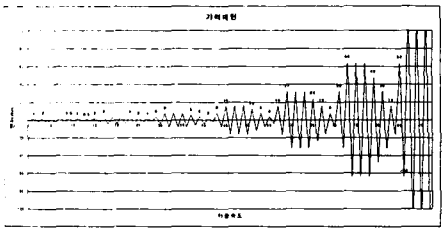

그림 5 가력패턴

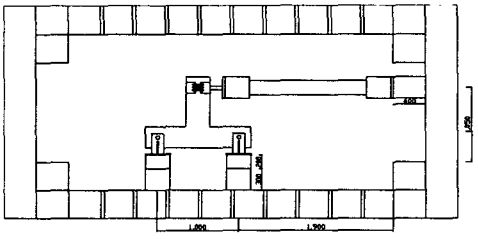

그림 6 시험체 셋팅

3. 실험결과

3.1 파괴 형상

접합부의 연결부분은 각각 보와 기둥에 사용한 카본 시트보다 2장씩 시트의 수를 추가하여 부착하였다. 파괴 형상은 보-기둥 연결부에서 작은 파괴음을 동반하면서 크랙이 발생하기 시작하였으며 기둥의 양단에서 미세한 크랙이 발생하였다. 항복 변위에 다다르면 인장측에서 큰 파괴음이 발생하면서 접합부 연결 카본 시트에서 섬유방향으로 크랙이 발생하였고 인장측에서 debonding이 관찰되었다. 또한, 기둥 양단에서 콘크리트와 튜브와의 부착력 저하에 의한 튜브의 탈락이 발생하였다.

3.1.1 RC -T

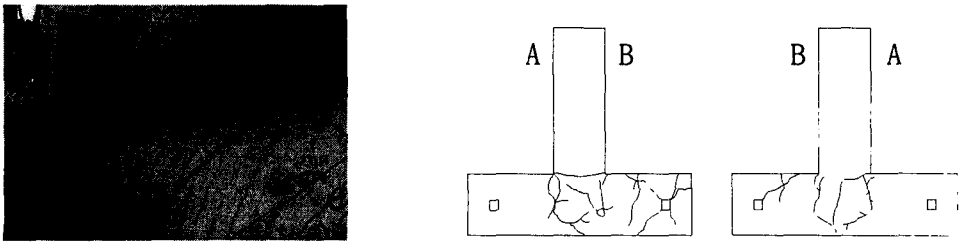

그림 7. RC-T 파괴 형상

RC-T형은 3.44mm 변위에서 첫 번째 미세한 크랙이 발생하였다. 크랙의 형태는 접합부에서 기둥의 전단력과 보 철근의 인장력에 의하여 발생하는 콘크리트 전단 파괴로 나타났다. 16mm 변위까지 접합부에서 발생하는 크랙이 서서히 진행하였고 8mm 변위부터 보와 접합부의 연결 부위에서 인장면의 콘크리트 크랙이 발생하였다. 32mm 변위 제어를 진행하는 도중에 23mm에서 보의 단부 지지점에서 전단 파괴가 급작스럽게 발생하였다.

3.1.2 TJ-1.5T

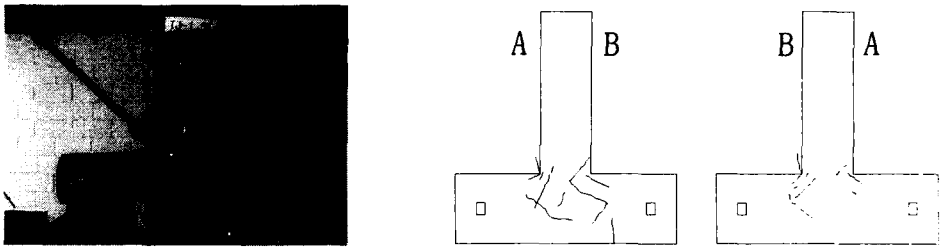

그림 8. TJ-1.5T 파괴 형상

TJ-1.5T형은 16mm 변위에서부터 보-기둥 연결부에서 2~3회의 작은 파괴음과 함께 크랙이 발생하였으며 기둥의 양단에서도 미세한 크랙이 발생하였다. 32mm변위 가력시 인장측에서 큰 파괴음이 발생하면서 접합부 연결 카본 시트에서 섬유방향으로 크랙이 발생하였고 debonding이 관찰되었다. 50mm 가력시 36mm 변위에서 큰 소음과 함께 연결부의 순간적인 파괴가 발생하였다.

3.1.3 TJ-2.0T

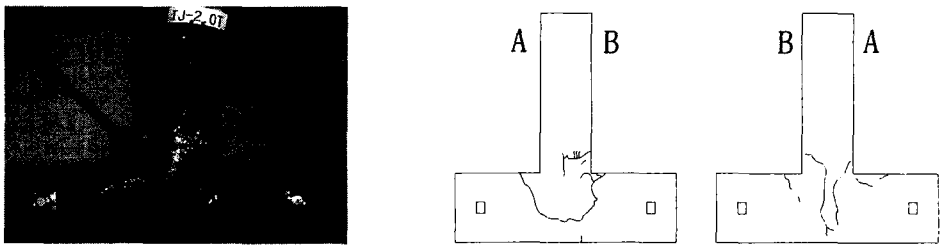

그림 9. TJ-2.0T 파괴 형상

TJ-2.0T형은 16mm 가력시 기둥의 양단에서 미세한 크랙이 발생하였고 32mm 변위로 가력 중 기둥 양단의 콘크리트와 튜브의 탈락이 관찰되었으며 인장측 파괴음이 발생하면서 접합부 연결 카본 시트에서 섬유방향으로 크랙과 접합부에서 카본 시트의 debonding이 발생하였다. 50mm 변위 가력 중 42mm 변위에서 큰 소음과 함께 연결부의 순간적인 파괴와 함께 부착된 카본 시트의 완전한 탈락이 발생하였다.

3.1.4 TJ-2.5T

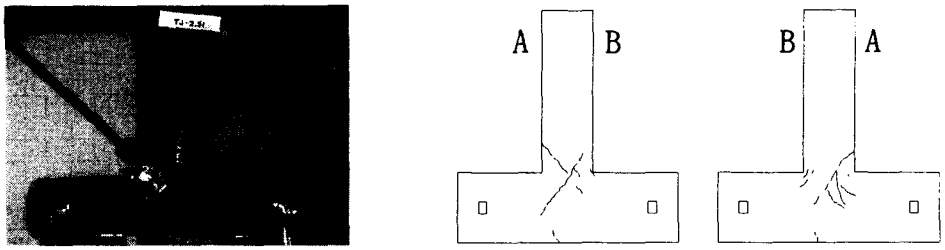

그림 10. TJ-2.5T 파괴 형상

TJ-2.5T형은 8mm 가력시 미세한 크랙이 발생하였으며 16mm가력시 소음과 함께 인장측에서 크랙이 발생하였다. 32mm 가력시 큰 파괴음과 함께 인장측에서 debonding이 발생하였으며 접합부에 부착된 카본 시트에서 다수의 크랙이 발생하였다.

3.1.5 TJ-3.0T

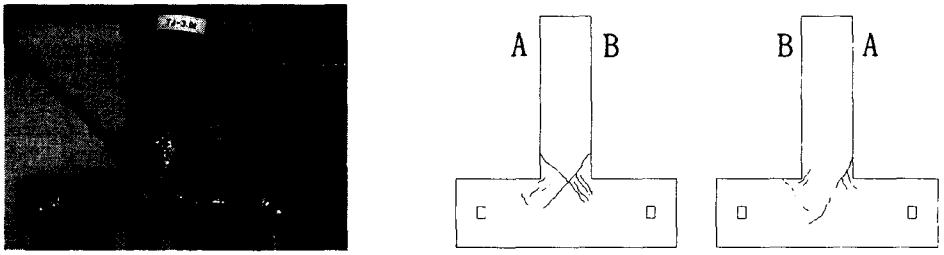

그림 11. TJ-3.0T 파괴 형상

TJ-3.0T형은 16mm 가력시 기둥 양 단부에 콘크리트 탈락현상이 일어났으며 접합부에 부착된 카본 시트에서 크랙이 발생했다. 변위가 증가될수록 크랙수가 증가하였으며 32mm 변위제어 중 인장측에서 debonding 현상이 일어나면서 항복하였다.

3.2 실험결과

시험체 TJ-1.5T는 6.14톤의 최대 횡하중을 받았으며 TJ-2.0T는 7.34톤의 횡하중 받았다. 그리고 시험체 TJ-2.5T는 7.17톤의 횡하중을 받았으며 TJ-3.0T는 6.76톤의 횡하중을 받았다. 실험 결과에서 알 수 있듯이 T형 카본 접합부는 2.0T까지는 내력이 향상되나 그 이상의 두께를 가질 경우 내력 향상이 없다. 이는 접합부를 연결할 때의 방법 문제로 시험체가 최대 내력을 받기 전에 기둥과 보를 연결하기 위해 접합부에 부착된 카본 시트의 인장측에서 debonding이 일어나기 때문인 것으로 사료된다.

4. 결론

본 연구에서 카본 시트 튜브로 구속된 외부 보-기둥 접합부의 거동에 대해 알아보기 위하여 카본 시트의 장수를 변수로 하여 실험하였다. 보 단부에 횡력을 가하여 나타나는 시험체의 거동에 대한 실험 결과 다음과 같은 결론을 도출하였다.

(1) 시험체 TJ-1.5T에 비하여 시험체 TJ-2.0T는 16.35%의 내력 증가가 나타나고 있으나 TJ-2.5T 와 TJ-3.0T 시험체는 그 이상의 내력 향상을 보이지 않는다.

(2) 카본 시트 튜브 접합부는 보-기둥을 연결하는 카본 시트의 부착면 debonding이 주요 파괴 원인이다. 따라서, 성능향상을 위해서는 접합부를 연결하는 카본 시트 부착 길이와 부착 형태의 영향이 고려되어야 한다.

참고문헌

1. 이동화, 이상호, "反復 荷重을 받는 鐵筋콘크리트 外部 보-기둥 接合符의 剪斷特性에 관한 實驗的 硏究", 대한건축학회 학술발표논문집, 제20권 2호, 2000, pp.237-240
2. Carbon Shell System을 이용한 무근콘크리트 시스템(보, 기둥 및 보-기둥 및 보-기둥 접합부)의 개발, 2002년 8월, 1차년도 연차보고서, 건설교통부, 한국건설기술연구원.
3. 윤석한, "축하중 및 횡하중에 의한 콘크리트 충전 탄소섬유튜브 기둥의 거동", 경희대학교 건축공학과, 2003, 박사학위 논문, pp,14-126.
4. 하기주, 신종학, 최민권, 조효식, 주정준, "강섬유보강 철근콘크리트 보-기둥 접합부의 구조 성능 평가", 대한건축학회 할술 발표논문집, 제 19권 2호, 1999, pp.422-427.
5. James G. MacGregor, "Reinforced Concrete Mechanics and Design", Prentice Hall, 1999, pp. 937-949.
6. Paulay.T, .Priestley.M.J.N, "Seismic Design of Reinforced Concrete and Masonry Buildings," John Wiley & Sons, INC, 2003, pp.250-303.
7. Robert E. Englekirk "seismic design of reinforced and precast concrete buildings", John Wiley & Sons, INC, 2003, pp.296-348.