4각기둥의 단면형상 변형 후 CFS로 보강한 고강도 철근 콘크리트 기둥의 보강효과 및 파괴거동 연구

Study on Strengthening Effect and Failure Behavior of CFS Strengthened High Strength RC Columns after Cross-sectional Shape Modification

전경숙* 김장호** 박석균*** 김진근****

Kyung-Suk Jun* Jang-Ho Jay Kim** Seok-Kyun Park*** Jin-Keun Kim****

ABSTRACT

Numerous studies showed that safety and serviceability of many concrete infrastructures and buildings built in 1970's have capacity less than their design capacities and thereby require immediate retrofitting. Currently, these aged concrete structure are being repaired using many repair and strengthening methods developed in the past. Therefore, in this study, a repairing and strengthening method for retrofitting high strength concrete columns that can effectively improve the performance of high strength concrete columns is developed. The square high strength concrete column's cross-sectional shape is modified to octagonal shape by attaching precast members on the surface of the column. Then, the octagonal column surface is wrapped using Carbon Fiber Sheets (CFS). The method allowed the maximum usage of confinement effect of externally wrapped CFS, which resulted in improved strength and ductility of repaired high strength concrete columns.

1. 서 론

최근 기존 구조물의 재건축 및 증축이 활발히 진행되고 있는 가운데 1970년대 급속한 경제발전과 더불어 건설되었던 많은 철근콘크리트 구조물들이 장기간 진행된 노후화로 인하여 안전성의 문제가 대두되고 있는 추세이다. 본 연구에서는 단면이 변형된 기둥을 CFS로 보수·보강하여 실험함으로써 단

* 정회원, 세종대학교 토목환경공학과 박사과정
** 정회원, 세종대학교 토목환경공학과 조교수
*** 정회원, 대전대학교 토목공학과 부교수
**** 정회원, 한국과학기술원 토목공학과 교수

면 형상의 변형에 따른 효과를 알아보려고 한다.

2. CFS로 보강된 콘크리트 압축부재의 파괴실험

2.1 실험개요

본 실험은 단면형상을 변화시킨 콘크리트 부재를 CFS로 보강하여 그 변화에 따른 휨·압축 성능을 평가하기 위해 실시되었다. 휨·압축부재의 단면형상은 다음과 같이 설계하였다. (1) 무보강 사각형(Unrepaired Square Column : USC), (2) CFS로 보강한 사각형(Repaired Square Column : RSC), (3) 사각형 부재에 사다리꼴 프리케스트 부재를 부착시켜서 팔각형으로 변경한 후 CFS로 보강한 팔각형(Repaired Undamaged Octagonal Column : RUOC), (4) 파괴된 사각형 부재에 사다리꼴 프리케스트 부재를 부착시켜 팔각형으로 변경한 후 CFS로 보강한 팔각형(Repaired Damaged Octagonal Column : RDOC)으로 설계하였다. 실험은 시험체의 응력이 최대에 도달하기까지의 거동변화와 파괴양상을 파악하였다.

2.2 시험체 제작

2.2.1 배합설계

본 실험에 사용된 콘크리트는 국내에서 시판되는 1종 보통 포틀랜드 시멘트이며, 배합강도는 600kgf/cm^{2}인 고강도 콘크리트로 하였다. 굵은 골재는 최대치수가 20mm인 것을 사용하였고 모든 시험체는 상온에서 처음 7일간 수중양생 한 후 나머지 21일 동안 건기양생 하였다.

2.2.2 시험체의 CFS보강

CFS는 국내에서 시판되는 SK-N300 제품을 사용하였으며 에폭시 레진을 사용하여 콘크리트 표면을 [90/90] 적층방식으로 부착하였다. 보강작업은 먼저 섬유를 재단하고, 시험체 표면의 요철 및 파손부위를 수정하는 표면처리과정을 거쳐 프라이머를 도포하고, 함침접착수지인 에폭시수지를 도포하여 CFS를 부착한다. 그리고 함침제수지를 도포하여 함침상태를 확인하고 이를 양생하는 방식으로 단부에는 4겹을 중앙부에는 2겹을 반복하여 시공하였다.

3. 실험결과 및 거동분석

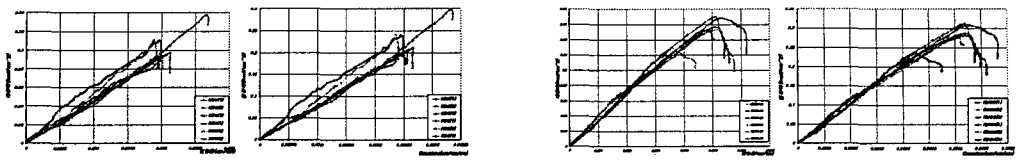
보강된 시험체는 전반적으로 하중이 증가함에 따라 처짐의 증가를 보이다가 보강재의 항복에 의하여 급격히 파괴되는 양상을 보였다. 급격한 파괴양상은 고강도 콘크리트 사용으로 인한 취성파괴로 판단된다. 표 1은 최대 처짐과 최대 하중, 실험결과로 계산한 최대 압축강도와 최대 휨강도를 나타내고 있다. 결과 값을 도출해 내기 위해 축응력과 휨응력은 각각 $\sigma_A = P/A$, $\sigma_M = \frac{M}{I}y$의 식을 이용하였으며 여기서 P는 하중, A는 RC 부재의 총 단면적이며 $M(=Pe)$은 휨모멘트, e는 하중의 편심거리, I는 단면2차 모멘트, y는 부재 단면 폭의 반값 $\frac{h}{2}$이다. 변형률은 $\epsilon = \frac{\Delta L}{L}$의 식을 이용하였으며 곡률은 편심을 이용하여 $\frac{\epsilon}{e}$로 계산하였다. 여기서 L은 단부를 제외한 88.6cm로 하였으며 편심 e=8cm이다.

표 1 실험결과

시험체 종류	최대처짐 (cm)	최대하중 (tonf)	최대강도 (tonf/cm^2)	휨강도 (tonf/cm^2)	비고 (파괴양상)
4각 무보강	0.17325	54.18	0.1104	0.2393	인장측
	0.17675	46.17	0.0941	0.2039	인장측
	0.18875	47.84	0.0975	0.2113	인장측
4각 보강	0.203935	45.5	0.0927	0.2010	인장측
	0.1865	54.325	0.1107	0.2399	인장측
	0.266	67.43	0.1374	0.2978	인장측, 낮은 하중
8각 보강	0.31625	105.49	0.1532	0.2798	인장측, 압축측
	0.453685	138.5525	0.1518	0.2774	인장측, 압축측
	0.453	127.33	0.1687	0.3082	인장측, 압축측
파괴된후 8각 보강	0.4695	124.52	0.1298	0.2371	인장측, 지압파괴
	0.474465	123.436	0.1704	0.3114	인장측, 지압파괴, 단부파괴
	0.4955	137.135	0.1566	0.2861	인장측, 지압파괴

3.1.1 결과에 따른 축응력-변형률 곡선과 휨응력-최적 곡률곡선

실험결과에서 얻어진 축응력-변형률 곡선과 휨응력-최적 곡률곡선의 그래프를 그림 1에 나타내었다.



(a) USC와 RSC의 축응력-변형률, 휨응력-곡률 곡선 (b) RUOC와 RDOC의 축응력-변형률, 휨응력-곡률 곡선

그림 1 시험체의 결과 곡선

4. 결 론

CFS로 보수·보강한 콘크리트 휨·압축부재의 실험을 통해 얻은 결과를 요약하면 다음과 같다.

(1) [90/90] CFS 적층방식으로 보강한 부재를 휨·압축 가압함으로써 휨 파괴로 거동하였고 무보강 사각단면과 CFS 보강 사각단면의 최대강도가 비슷한 값을 나타내었다. 따라서 사각단면의 CFS 보강은 큰 효과를 얻을 수 없는 것으로 판단된다.

(2) Non-structural member를 이용하여 단면형상을 사각형에서 팔각형으로 변경한 결과 휨응력이 두 배로 증가하였다. 기존 기둥 구조물의 보수·보강 시 팔각형으로 단면형상을 변화시키는 적용성을 판단해 볼 때 보강 효과가 우수할 것으로 파악된다.

(3) 파괴전의 사각형 단면과 파괴후의 사각형 단면을 같은 조건하에 팔각형 단면으로 보강한 결과 두 부재의 최대강도가 비슷한 값을 보였다. 따라서 팔각형 단면의 CFS 보강이 파괴된 시편의 저하된 성능을 회복할 수 있을 것으로 파악하였다.

(4) 휨·압축을 받는 부재의 단면형상은 부재단면 전체에 응력을 고루 분산 시킬 수 있는 팔각형, 사각형의 순서로 보강효과가 우수한 것으로 판단된다.

감사의 글

본 연구는 건교부가 지원하는 Hybrid FRP Rod를 활용한 콘크리트구조 모니터링시스템 개발 과제로 연구되었으며 이에 감사드립니다.

참고문헌

1. Popovics, S., "Numerical Approach to the Complete Stress-Strain Curves for Concrete", Cement and Concrete Research, Vol. 3, No. 5, 1973 pp. 582-599.