

강섬유 보강 고강도 철근 콘크리트 보-기둥 접합부의 이력 거동에 관한 연구

A study on the Hysteretic Behavior of High Strength Steel Fiber Reinforced Concrete Beam-Column Joint

오 경 남* 이 정 한** 유 영 찬*** 이 원 호**** 정 현 수*****

Oh Kyoung Nam Lee, Jung Han You Young Chan Yi, Waon Ho Chung, Hoen Soo

Abstract

The primary purpose of this study is to investigate experimentally the effect of steel fiber reinforcement on the total energy dissipation capacity of R/C flexural members and to make a contribution to the construction of 40~60 story R/C high rise building by developing the new materials and reinforcing details which can improve the seismic performance of high-strength R/C beam-column joints. Experimental research was carried out on 4 type specimen under cyclic loading. Main variables are steel fiber reinforcement, intermediate reinforcements and yield strength of rebars.

From the test results, steel fiber reinforcement can improve the ductility of R/C flexural members.

1. 서론

최근 건축물의 경량화, 장스팬화 및 고층화를 위하여 고강도 재료 및 합성재료를 사용한 구조물에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. 합성재료 중 특히 강섬유 보강 콘크리트는 횡보강에 대한 철근 콘크리트 구조물의 구조적, 경제적 측면에서의 효과적인 재료로 인식되고 있고, 강섬유를 2차적인 보강 수단으로서 도입함으로써 구조체의 연성확보 등의 내진성능 향상을 기대할 수 있다.

따라서 본 연구에서는 고층 철근 콘크리트 건물에서 내진 성능의 향상을 위한 소성 힌지 이동 및 확산개념의 배근상세 및 강섬유 보강을 고강도 콘크리트($f'_c=700\text{kg/cm}^2$) 및 고강도 철근(SD40, SD80)을 사용한 철근콘크리트 구조부재의 설계에 도입하여, 구조체의 내진 성능 향상 및 접합부의 변형능력을 비교하고자 하였다.

*광운대학교 건축공학과 석사과정

**광운대학교 건축공학과 석사과정

***한국건설기술 연구원 건축연구부 선임 연구원, 공학박사

****광운대학교 건축공학과 교수, 공학박사

*****중앙대학교 건축공학과 교수, 공학박사

2. 실험

2.1 실험 계획

부재 모델링은 약 50층 정도의 철근 콘크리트 건물을 대상으로 저층부의 보-기둥 외부 접합부를 보와 기둥의 반곡점에서 잘라낸 T자형, 1/2 축척으로 강섬유의 보강 여부, 주근의 강도차이, 소성 힌지의 확산을 위한 중간 철근의 보강에 따른 부재의 거동에 대한 비교 평가를 위하여 4개의 시험체를 표 1과 같이 제작하였다.

표 1 실험체 설계 일람표

시험체	단면 b×D(cm)	상·하부철근		휨보강근비 ρ (%)	강섬유 혼입율(%)	중간철근				스터립
		A _s (cm ²)	f _y (kg/cm ²)			사용 철근	앵커 형태	보강 길이	A _v /A _s	
40CM-STAN	20×35	4HD16	4000	1.06	-	-	-	-	-	Φ6-@55
40CM-STAN-SF	20×35	4HD16	4000	1.06	1	-	-	-	-	Φ6-@55
80IV-1.0D10	20×35	2HD16	8000	0.53	-	2D10	수직	1.0d	0.18	Φ6-@55
80IV-1.0D10-SF	20×35	2HD16	8000	0.53	1	2D10	수직	1.0d	0.18	Φ6-@55

· f_{ys} = 진단보강근 항복강도 (4000 kg/cm²)
 · f_{ys} = 중간 철근 항복강도 (4000 kg/cm²)
 · f_c = 콘크리트 압축강도 (700 kg/cm²)
 · 기둥단면 : 40×40 (cm), 기둥길이 : 260 (cm)

2.2 재료 시험

본 실험에 사용된 철근 및 콘크리트의 재료시험은 KS B 0801의 라호 규정에 따라 시험편을 제작하여 KS B 0802 및 KS F 2404 규정에 따라 실시였으며 그 결과는 각각 표 2, 표 3과 같고, 강섬유의 형상, 치수, 및 물리적 성질은 그림 1 및 표 4와 같으며 강섬유의 혼입률은 1%를 사용하였다

표 1 철근의 인장강도 시험결과

종류	구분	탄성계수 (t/cm ²)	항복응력도 (t/cm ²)	항복변형도 (× 10 ⁶)	인장강도 (t/cm ²)	신율 (%)
HD19(SD40)		2117	4.12	1946	6.70	21.0
HD16(SD40)		1987	4.09	2058	6.45	19.8
HD16(SD80)		1886	9.189	4872	10.443	11.3
HD10(SD40)		1965	3.87	1969	5.75	21.4
HD6 (SD40)		1821	4.35	2800	5.70	14.3

표 2 콘크리트의 압축강도 시험결과

종류	구분	압축강도 (kg/cm ²)			높이 (cm)	단면적 (cm ²)	탄성 계수 (t/cm ²)
		3일	7일	28일			
고강도 콘크리트		429	549	696	20.2	78.6	410
강섬유 보강 콘크리트		-	-	810	20.2	78.6	440

표 3 강섬유의 물리적 특성

형태	길이 (mm)	직경 (mm)	형상비 (L/D)
hooked type	35	0.65	53.8

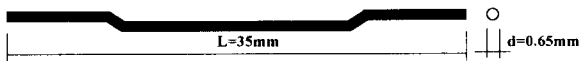


그림 1 강섬유의 형상 및 치수

2.3 실험 방법

실험체는 그림 2와 같이 설치하였고, 다음의 그림 3과 같이 일정·점중 변위법을 병행하여 가력하여 각 싸이클에서의 최대하중이 실험체 항복하중의 75%이하로 떨어졌을 때 실험을 종료하였다.

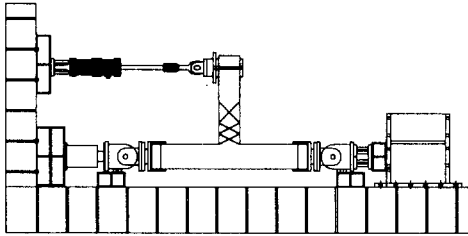


그림 2 실험체 설치 및 가력 방법

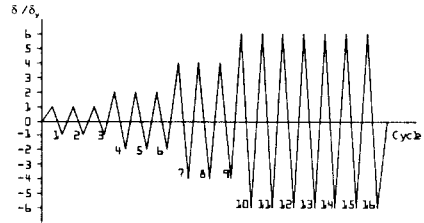
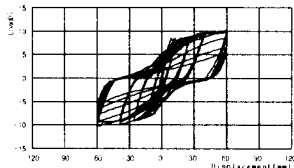


그림 3 변위이력 (Loading history)

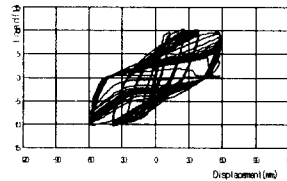
3. 실험 결과

3.1 하중-변위 곡선 및 에너지 분산능력

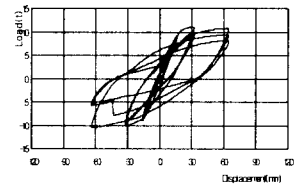
각 실험체에 대한 하중-변위 곡선은 그림 4와 같고, 실험체별 에너지분산능력 표 4와 같다.



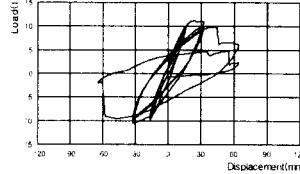
(a) 40CM-STAN



(b) 40CM-STAN-SF



(c) 80IV1.0-D10



(d) 80IV1.0-D10-SF

그림 4 실험체 별 하중-변위 곡선

표 4 에너지분산능력 일람표

실험체	Py (t)		Pm (t)		δ_y (cm)		δ_m (cm)		싸이클 수 (n)			분산 에너지 (t · cm)
	+	-	+	-	+	-	+	-	Pn > 0.75Py		실험 종료	
40CM-STAN	7.05	7.29	10.13	10.16	0.63	0.64	6.10	5.99	20	21	21	840.4
40CM-STAN-SF	7.92	6.54	10.35	10.25	0.64	0.64	5.85	5.80	25	27	27	1259.2
80IV-1.0D10	9.16	9.05	11.05	10.43	1.60	1.60	6.42	6.42	10	8	10	297.0
80IV-1.0D10-SF	10.09	9.72	11.23	10.55	1.61	1.61	6.41	6.43	7	7	7	223.3

Py : 항복하중 (t) Pm : 최대하중 (t)
 δ_y : 항복변위 (cm) δ_m : 최대변위 (cm)

3.2 실험체별 전단 변형도

각 실험체별 전단 변형도를 나타내면 그림 5와 같다.

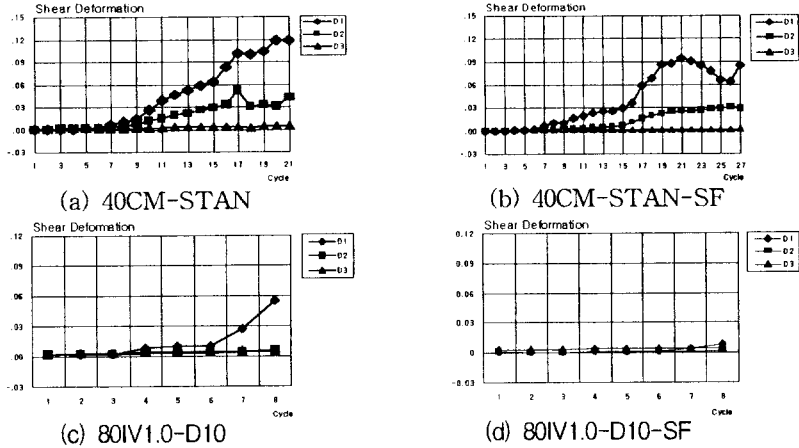


그림 5 실험체 별 전단 변형도의 변화

4. 결론

이상의 실험으로부터 얻은 결과를 요약하면 다음과 같다.

- 1) SD40의 철근을 주근으로 사용하였을 경우 강섬유로 보강하면 뿔힘 저항 능력, 부착력의 증대 및 콘크리트의 구속효과로 인해 관례적인 보강방법에 따라 설계된 실험체보다 에너지 분산능력이 약 1.5배 증가되었다.
- 2) 고강도 철근을 사용한 실험체의 경우 강섬유로 보강을 했을 때 콘크리트 구속 효과로 인해 주근에 응력이 집중되어 낮은 신율과 균열제어로 인한 주근의 변형제한으로 인해 보-기둥 접합면의 주근이 파단됨으로써 급격한 취성 파괴가 발생되며, 이로 인하여 에너지 분산능력이 기준 실험체에 비하여 약 15% 정도 저감되었다. 따라서 고강도 철근의 사용에 있어서는 신율 등의 재료적 성능의 향상이 따라야 한다고 사료된다.

참 고 문 헌

1. Abdel-Fattah, B.A. and J.K. Wight (1987). Study of Moving Beam Plastic Hinging Zones for Earthquake Resisting Design of R/C Buildings. ACI Structural Journal, 84, Jan-Feb., 31~39.
2. Al-Haddad, M.S. and J.K. Wight (1988). Relocating Beam Plastic Hinging Zones for Earthquake Resisting Design of Reinforced Concrete Buildings. ACI Structural Journal, 86, March-April, 123~133.
3. Hwang, T.H. and C.F. Scribner (1984). R/C Member Cyclic Response During Various Loadings. Journal of Structural Engineering, ASCE, 110, No. 3, Mar., 477~489

감사의 글

본 연구는 과학재단 핵심전문연구 및 1999년도 광운대학교 교내 학술연구비 지원으로 수행되었음.