

고강도 철근 및 고강도 콘크리트를 사용한 보-기둥 접합부의 연성거동

Ductile Behavior of High Strength Reinforced Concrete Beam-Column Joint

이 정 한* 유 영 찬** 이 원 호*** 정 현 수****
Lee, Jung Han You, Young Chan Yi, Waon Ho Chung, Heon Soo

ABSTRACT

The primary objective of this study is to make a contribution to the construction of 40~60 story R/C high rise building by developing the reinforcing details which can improve the seismic performance of high-strength ($f'_c=700\text{kg/cm}^2$, $f_y=4000, 8000\text{kg/cm}^2$) R/C beam-column joints. And the purpose of this study is to investigate experimentally the effect of load history on the total energy dissipation capacity of reinforced concrete flexural members. The reinforcing details which can make beam plastic hinging zones moved and spreaded from the column face is proposed to insure the ductile behavior of high-strength RC beam-column joints. The intermediate reinforcement which is horizontally anchored by interlinking each intermediate reinforcements is proposed and tested to examine the mechanical performance of proposed details. Main variables are the shape of the intermediate reinforcements and yield strength of rebars.

From the test results, the newly proposed intermediate reinforcement details can move and spread the beam plastic hinging zone about $1.0d$ from the column face.

1. 서론

최근 선진국에서는 건축물의 경량화, 고층화를 목적으로 고강도 재료를 사용한 새로운 철근콘크리트 조 건축물에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. 50층 이상의 초고층 철근콘크리트 구조물을 실현하기 위해서는 고강도 재료의 사용은 필수적이라 할 수 있으며, 또한 초고층 구조물의 내진성능을 확보하기 위해서는 접합부에서의 변형능력을 확보할 수 있도록 구조물을 설계하여야 한다.

본 연구에서는 소성힌지의 이동 및 확산개념을 고강도 콘크리트 ($f'_c=700\text{kg/cm}^2$) 및 고강도 철근 (SD40, SD80)을 사용한 철근콘크리트 구조부재의 설계에 도입하여, 구조체의 내진성능 향상 및 접합부의 변형능력을 확보할 수 있는 배근상세를 제시하고 또한 비슷한 단면성능을 지닌 보 부재에 대해 다른 초기 하중 및 변위의 제어에 따른 거동차이 등을 실험을 통하여 비교하고자 한다.

- * 정회원, 광운대학교 대학원
- ** 정회원, 한국건설기술연구원 건축연구부 선임연구원, 공학박사
- *** 정회원, 광운대학교 건축공학과 교수, 공학박사
- **** 정회원, 중앙대학교 건축공학과 교수, 공학박사

2. 실험

2.1 일반사항

부재의 모델링은 중층(약 50층 정도) 규모의 철근콘크리트 모멘트 연성골조의 전형적인 외부접합부로 강진시 가장 손상을 입기 쉬운 저층부를 선택하여 보와 기둥의 반곡점 위치에서 잘라낸 평면 T자형으로 실제 건물의 부재크기를 약 1/2의 축척으로 줄여서 제작하였다.

2.2 실험체 설계 및 제작

실험체는 보 주근으로 SD40 ($f_y=4000\text{kg/cm}^2$)과 SD80 ($f_y=8000\text{kg/cm}^2$)의 철근을 사용하여 일반 실험체 (40CM-STAN, 80CM-STAN) 및 혹크형 중간철근을 보강한 실험체 (40IH-1.0D10, 40IH-1.0D13, 80IH-1.0D10, 80IH-1.0D13)를 각각 제작하였다. 중간철근은 각각 D10, D13(주근에 대한 중간철근 단면적비(A_i/A_s) = 0.18, 0.32)으로 하여 접합면과 소성힌지부의 적정 휨 내력차를 도출하고자 하였고, 일반적인 파괴모드인 휨·전단 파괴모드를 유도하기 위하여 공통적으로 보의 전단스팬비(a/d)를 4로 선택하였다. 다음의 표 1에 실험체 설계 및 제작에 관한 사항을 나타내었다.

표 1 실험체 설계 일람표

실험체	단면 $b \times D(\text{cm})$	상·하부철근		휨보강근비 ρ (%)	중간철근				스터립
		A_s (cm^2)	f_y (kg/cm^2)		사용철근	앵커형태	보강길이	A_i/A_s	
40CM-STAN	20×35	4HD16	4000	1.06	-	-	-	-	Φ6-@55
40IH-1.0 D10	20×35	4HD16	4000	1.06	2D10	수평앵커	1.0d	0.18	Φ6-@55
40IH-1.0 D13	20×35	4HD16	4000	1.06	2D10	수평앵커	1.0d	0.32	Φ6-@55
80CM-STAN	20×35	2HD16	8000	0.53	-	-	-	-	Φ6-@55
80IH-1.0 D10	20×35	2HD16	8000	0.53	2D10	수평앵커	1.0d	0.18	Φ6-@55
80IH-1.0 D13	20×35	2HD16	8000	0.53	2D10	수평앵커	1.0d	0.32	Φ6-@55

· f_{ys} = 전단보강근 항복강도 (4000 kg/cm^2)
 · f_{ys} = 중간 철근 항복강도 (4000 kg/cm^2)
 · f_c = 콘크리트 압축강도 (700 kg/cm^2)
 · 기둥단면 : 40×40 (cm), 기둥길이 : 260 (cm)

2.3 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 같다.

표 2 철근의 인장강도 시험결과

종류	구분	탄성계수 (t/cm^2)	항복응력도 (t/cm^2)	항복변형도 ($\times 10^{-3}$)	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
HD13(SD40)		2007	3.98	1983	5.88	20.7
HD10(SD40)		1965	3.87	1969	5.75	21.4
HD6 (SD40)		1821	4.35	2800	5.70	14.3

표 3 콘크리트의 압축강도 시험결과

종류	구분	압축강도 (kg/cm^2)			높이 (cm)	단면적 (cm^2)	탄성 계수 (t/cm^2)	슬럼프 (cm)
		3일	7일	28일				
$f'_c = 700$ (kg/cm^2)		429	549	696	20.2	78.6	410	21.4

2.4 실험방법

실험체 설치 상황은 다음의 그림 2에서 보는바와 같고, 그림 3의 하중이력 곡선과 같이 일정·점중 변위법을 병행하여 가력하여 각 사이클에서의 최대하중이 실험체 항복하중의 75%이하로 떨어졌을 때 실험을 종료하였다.

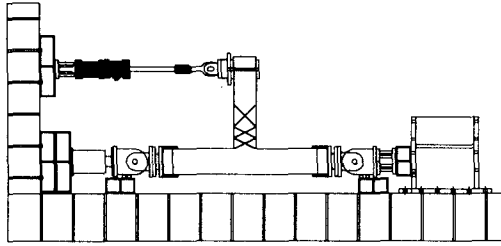


그림 2 실험체 설치

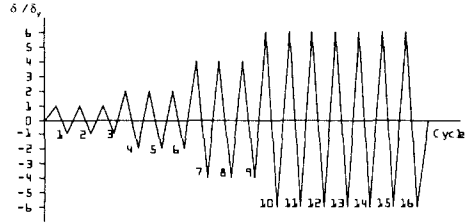


그림 3 하중 이력

3. 실험결과 및 분석

3.1 하중-변위 곡선 및 에너지 분산능력

각 실험체에 대한 하중-변위 곡선은 다음의 그림 4와 같고, 각 사이클에서의 부재의 에너지 분산능력을 비교하면 다음의 표 4와 같다.

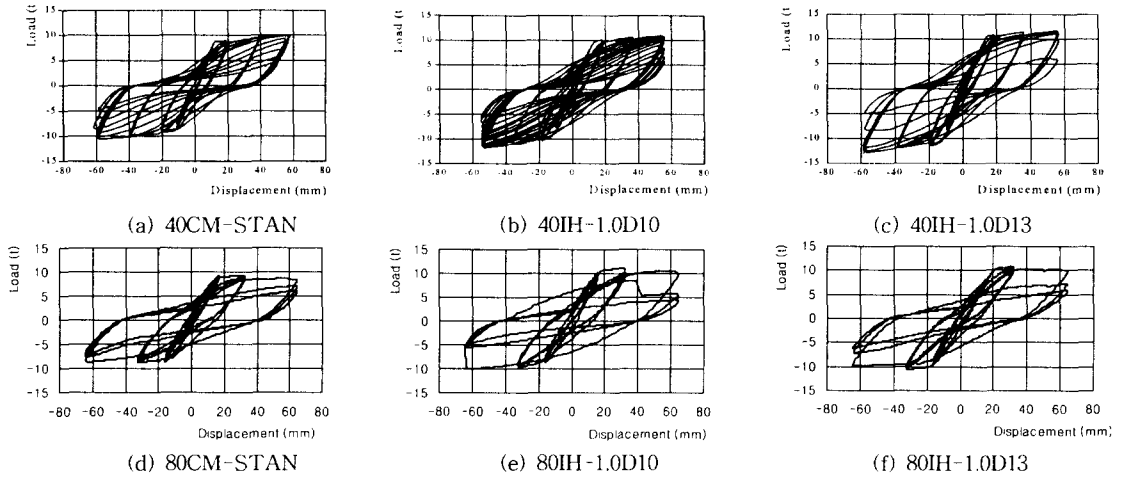


그림 4 실험체별 하중-변위 곡선

표 4 에너지 분산능력 일람표

실험체	항복하중 P_y (t)		최대하중 P_m (t)		항복변위 δ_y (cm)		최대변위 δ_m (cm)		사이클 수 (n)			분산 에너지 (t · cm)
	+	-	+	-	+	-	+	-	$P_n > 0.75P_y$		실험 종료	
									+	-		
40CM-STAN	7.33	8.30	10.07	10.45	0.99	1.09	5.80	6.14	14	13	15	565.5
40IH-1.0D10	7.53	7.08	10.95	11.55	0.98	0.98	5.59	5.49	20	20	21	954.1
40IH-1.0D13	8.37	7.95	11.25	10.92	0.95	1.21	5.62	5.59	13	12	13	613.0
80CM-STAN	9.21	8.60	9.22	8.72	1.67	1.62	6.44	6.42	8	9	10	267.7
80IH-1.0D10	10.21	8.62	11.02	9.79	1.62	1.62	6.45	6.44	8	7	10	298.8
80IH-1.0D13	8.31	9.32	10.88	10.62	1.61	1.61	6.42	6.42	8	8	10	254.1

3.2 사이클별 최대 전단변형도의 변화

사이클별 각 실험체의 최대 전단변형도는 다음의 그림 6과 같다.

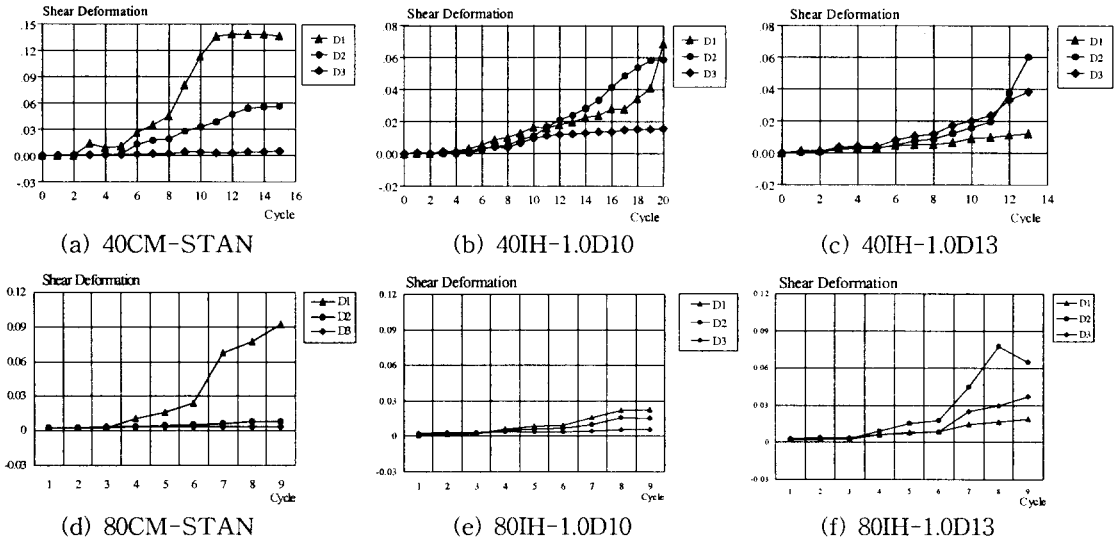


그림 6 사이클별 전단변형도의 변화

4. 결론

이상의 실험결과를 분석하여 얻은 결론을 기술하면 다음과 같다.

- 1) 보 단부의 1.0d 부분을 휨보강근량에 대한 중간철근의 비(A_i/A_s)를 20%정도로 수평형 중간철근으로 보강하면 소성힌지를 보 단부의 1.0d 부분까지 이동 및 확산시킬 수 있다.
- 2) 중간철근을 수평으로 앵커하면 에너지 분산능력이 SD40의 철근을 보 주근으로 사용한 경우 관례적인 보강방법에 따라 설계된 실험체보다 약 1.6배, SD80주근의 경우 약 1.12배 증가되었다.
- 3) D13의 중간철근의 보강은 보-기둥 접합면의 과다보강으로 인하여 이동된 소성힌지에서 국부적인 취성과파괴를 나타내므로 기준실험체에 비하여 변형능력이 오히려 저하된다고 판단된다.
- 4) 보 주근의 고강도화에 따른 제안한 배근상세는 관례적 보강방법에 비해 변형능력이 우수하였지만, 고강도 철근의 사용에 있어서 신율 등의 재료적성능의 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.