

論文

[2075] 二軸曲げせん断力と変動軸力を受ける高強度RC柱の強度性状

正会員 ○溝口光男(室蘭工大建設システム工学科)

正会員 荒川 卓(室蘭工大建設システム工学科)

正会員 荒井康幸(室蘭工大建設システム工学科)

1 はじめに

鉄筋コンクリート(RC)構造物の高層化と、使用材料の高強度化・高品質化とは密接に関連している。現在、建設省総合技術開発プロジェクトとして、“RC造建物の超軽量・超高層化技術の開発”いわゆる“New RC”の研究に代表されるように、RC構造物への高強度材料の有効利用に関する開発研究が、近年国内で活発に行われている。

高強度鉄筋・コンクリートのRC部材への利用上の問題点については、高木・但木・田中・狩野の研究¹⁾や、日本建築学会発行の解説書²⁾等に詳しいが、繰返し水平力を受ける高強度RC柱の、耐力性状に及ぼす変動軸力や二軸曲げ剪断力の影響については不明な点がある。

本報では、コンクリートの圧縮強度が3種($F_c = 300, 450, 600 \text{ kgf/cm}^2$)に変化するRC柱が、その予想剪断耐力(後述の(3)式)の約2/3に至るまでの正負繰返し中に、作用軸圧縮応力度が $\sigma_o = 150$ から -60 kgf/cm^2 の範囲で変動する場合の剪断と曲げ強度性状を、柱に作用する水平力の加力角度を2種(0° と 45°)に変化させて行った比較実験結果を報告する。

2. 実験概要

2.1 試験体

図-1に示すように、柱の上下端に加力用梁型スタブを有するI型の柱試験体12体よりなる。柱は、一辺が18cmの正方形断面で、内法高さは $h_o = 45 \text{ cm}$ 、主筋にはSD30級のD13を8本配置し($P_g = 3.14\%$)、8体の剪断実験には4φの帯鉄筋を、4体の曲げ実験には6φの帯鉄筋を、それぞれ3本を一組として4.5cm間隔に配置した。

柱断面は、高軸圧縮応力度 $\sigma_o = N/bD = 150 \text{ kgf/cm}^2$ の載荷が可能となるように、試験機の容量を考慮して定めたものである。試験体の種類は、表-1に示すように、柱断面の主軸に対する水平加力角度 θ を 0° (記号 0)と 45° (記号 4)の2種とし、コンクリートの設計用圧縮強度を3種($F_c = 300$ 記号 ℓ 、 $F_c = 450$ 記号 m 、 $F_c = 600$ 記号 h)とした。

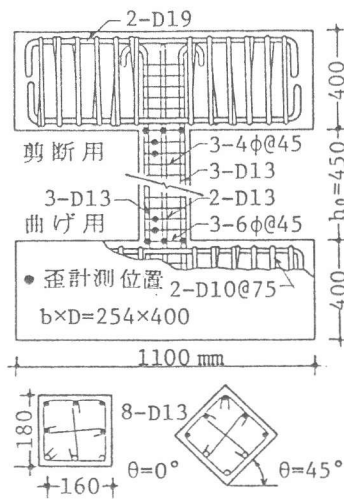


図-1 試験体詳細図

表-1 試験体の種類

F_c kgf/cm^2	η 2Q/3	剪断シリーズ I $\sigma_o = -60 \sim 45 \sim 150$		剪断シリーズ II $\sigma_o = -40 \sim 30 \sim 100$		曲げシリーズ $\sigma_o = -60 \sim 45 \sim 150$	
		$\theta = 0^\circ$	$\theta = 45^\circ$	$\theta = 0^\circ$	$\theta = 45^\circ$	$\theta = 0^\circ$	$\theta = 45^\circ$
300		-0.200~0.150~0.500 -3.0 t	10.0 t	-0.133~0.100~0.333 -3.0 t	9.0 t		
		0V25 ℓ 4V25 ℓ		0V13 ℓ 4V13 ℓ			
450		-0.133~0.100~0.333 -3.0 t	12.0 t			-0.133~0.100~0.333 -1.5 t	7.0 t
		0V13m 4V13m				0Vf13m 4Vf13m	
600		-0.100~0.075~0.250 -3.0 t	14.0 t			-0.100~0.075~0.250 -1.5 t	7.0 t
		0V12h 4V12h				0Vf12h 4Vf12h	

試験体名称の内、最初の記号 0及び4 は水平加力角度の略。
V は変動軸力、その次の数値 25, 13, 12 等は軸圧縮応力度係数 $\eta = \sigma_o / \sigma_b$ の値の変動幅を示す略号で、小数点の次の頭数値を示す。f は曲げを、 ℓ, m, h はコンクリートの圧縮強度の略号。

2.2 繰返し方法と変動軸力の作用方法

図-2 (a)に示すような変位制御による繰返しを行うが、繰返し各回における水平変位量 δ は正負共0.9mm(変形角で $R=2 \times 10^{-3}=1/500$ rad.)毎の漸増とし、繰返し数が12回で($\delta=10.8$ mm, $R=24 \times 10^{-3} \approx 1/40$ rad.)加力を終えることを原則とした。

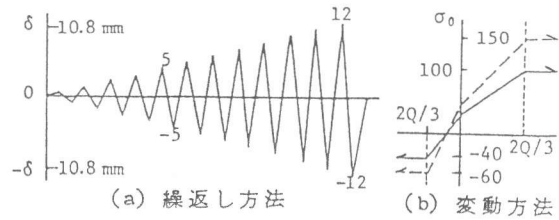


図-2 繰返しと軸力の変動方法

軸方向力の変動方法については、同図(b)

に示すように、軸圧縮応力度 $\sigma_c=45$ kgf/cm²を基準に、後述の(3)式による剪断耐力の約2/3に達するまでの間に、 σ_c が正側で150、負側で-60 となるように変化させて剪断で破壊する剪断シリーズI(6体)と、 $\sigma_c=30$ kgf/cm²を基準に、正側で100、負側で-40となるように変化させた剪断シリーズII(2体)の2種とした(M/QD=1.25)。

尚、曲げ破壊時の性状を調べるため、柱の内法高さや軸力の変動方法は剪断シリーズIと同じであるが、柱に作用する曲げモーメントが柱脚で最大、柱頭で零となるように M/QDが剪断破壊時の2倍の2.5となる加力方式とした曲げシリーズ(2種4体)を用意した。表-1には、 η の変動幅や(3)式による剪断耐力の2/3の値、並びに試験体名の一覧を併記した。

2.3 使用材料の性質と試験体の製作

表-2 には使用材料の性質を示した。試験体の製作には、ドラム型コンクリートミキサーを用いて混練し($F_c=300$ 以外には高強度減水剤をセメント量の1.3%使用)、メタルフォーム型枠内に平打ち込みとした。打設3日目に脱型して所要強度の約80%を発揮するまでビニールシートで密封養生を行い、以後実験室内に放置して、材令19~50日で実験を行った。

表-2 使用材料の性質

種別	断面積 (cm ²)	σ_y (kgf/cm ²)	E_s ($\times 10^6$) (kgf/cm ²)	コンクリート	F_c (kgf/cm ²)	w/c (%)	重量調合比 C : S : G	備考
鉄	4 ϕ	0.123	2070	1.974	300	60	1 : 2.86 : 3.73	ϕ 用
	6 ϕ	0.282	3770	2.050	450	44	1 : 2.24 : 3.58	
筋	D10	0.713	3870	—	450	42	1 : 2.88 : 3.76	OV13m, 4V13m
	D13	1.267	3500	1.840	600	31	1 : 2.88 : 3.76	OVf13m, 4Vf13m
	D19	2.865	3870	—	—	—	1 : 1.75 : 2.73	h用

2.4 加力装置

図-1の試験体を反力床・壁を用いた加力フレーム内にセットし、L型フレームを介して1台のアクチュエーターによって柱の水平力を、他の1台で軸方向力を加える。又、実験中に上下両スタップ間の平行度を保持できるように、L型フレームの回転制御用に別のアクチュエータ1台を用いた。

2.5 計測方法

柱に作用する水平力や軸方向力の検出には、それぞれの装置に組み込まれたロードセルを用いた。柱の水平変位の計測には、加力用梁の両側に固定した上下二対のゲージホルダーの先端に取り付けた4個のデジタルゲージを用いた。柱の軸方向変位は、水平加力時に引張・圧縮となる柱両側面に3個ずつ、合計6個の変位計を固定し計測した。又、図-1中に印しを付した鉄筋の表面位置には、検長2mmのワイヤーストレインゲージを貼付し、その歪度を計測した。これらの計測値は、パソコンを通じてフロッピーディスクに記録した。

3. 実験結果とその検討

3.1 破壊に至る経過

図-3 には、最大荷重時におけるひび割れ状況の代表例を正負両載荷別に、図-4 には、これら試験体の荷重-変位包絡線の代表例を示した。