

京都大学 正 矢 村 繁
 中部工業大学 正 平 沢 征夫
 京都大学 正 岡 田 清

1. はじめに

従来から脆性材料と考えられているコンクリートを使用したコンクリート構造物では外力が作用し最大耐力に達した後さらに変形が増加すると急激に耐力が減少していくことが予測される。このような場合とくに不特定構造では従来からの完全弾塑性体に基く終局強度計算法によると危険側の終局強度を算定する可能性はある。したがって鉄筋コンクリート構造物の設計において塑性設計法を適用する上で部材の塑性変形挙動を十分に把握しておくことは非常に重要である。

本研究はこのような観点から鉄筋比、コンクリート強度、モーメントスパン長等を変化させた鉄筋コンクリートはりについて載荷実験を行ない、主として曲げモーメントを受ける鉄筋コンクリートはりの最大耐力到達以後さらに変形が増加していく領域、すなわちモーリングブランチ領域についての挙動を明らかにしていくことを目的としたものである。

2. 実験概要

表-1の実験計画表に示すように本実験で採用した要因はコンクリート強度3種類、引張鉄筋比4種類、モーメントスパン長2種類である。これらの要因を組み合わせて合計24本のはりについて載荷実験を行なった。使用材料としてコンクリートには普通ポルトランドセメント、碎石(最大骨材寸法20mm)、川砂を用い、引張鉄筋は各径ともSD35異形棒鋼を使用した。はり供試体はすべて断面 10×20 cmの単筋矩形はりとし、せん断スパンには普通丸鋼製スターラップ($\phi 6$ mm)をせん断破壊をしない程度の間隔で配置した。コンクリート打設後は24時間で脱型し、実験室内で1週間程度ぬれた布でおおっておき以後試験開始(コンクリート打ち28日)まで実験室内に放置しておいた。載荷は降伏点近傍までは一様漸増載荷で行ない以後中央たわみを増加させていき各段階での曲率、荷重等の測定を行なった。曲率の測定はモーメントスパン内のはり上端と下端近傍に設置したダイヤルゲージで変形を測り(横長:モーメントスパン長30 cm, 20 cmでそれぞれ25 cm, 15 cm), その間の曲率が一定であるという仮定のもとに算定を行なった。モーメントスパン長が30 cmの供試体について供試体寸法および載荷装置の概略を図-1に示す。

3. 実験結果

実験結果をまとめて表-2に示す。表中の M_y は降伏モーメント、 M_m は最大モーメントであり、 ϕ_y , ϕ_m , ϕ_{y2} , $\phi_{0.5g}$ は図-2に示す値である。また各供試体のモーメント-曲率の関係はコンクリートの配合別に図-3に示す。

表-1 実験計画表

供試体名	コンクリートの配合	引張鉄筋比(使用鉄筋) %	モーメントスパン長 cm
D10-250-30	I $\phi_c = 231 \text{ kg/cm}^2$	0.84 (D10x2)	30
D13-250-30		1.49 (D13x2)	
D16-250-30		2.34 (D16x2)	
D19-250-30		3.37 (D19x2)	
D10-350-30	II $\phi_c = 365 \text{ kg/cm}^2$	0.84 (D10x2)	
D13-350-30		1.49 (D13x2)	
D16-350-30		2.34 (D16x2)	
D19-350-30		3.37 (D19x2)	
D10-450-30	III $\phi_c = 414 \text{ kg/cm}^2$	0.84 (D10x2)	
D13-450-30		1.49 (D13x2)	
D16-450-30		2.34 (D16x2)	
D19-450-30		3.37 (D19x2)	
D10-250-20	I $\phi_c = 231 \text{ kg/cm}^2$	0.84 (D10x2)	20
D13-250-20		1.49 (D13x2)	
D16-250-20		2.34 (D16x2)	
D19-250-20		3.37 (D19x2)	
D10-350-20	II $\phi_c = 365 \text{ kg/cm}^2$	0.84 (D10x2)	
D13-350-20		1.49 (D13x2)	
D16-350-20		2.34 (D16x2)	
D19-350-20		3.37 (D19x2)	
D10-450-20	III $\phi_c = 414 \text{ kg/cm}^2$	0.84 (D10x2)	
D13-450-20		1.49 (D13x2)	
D16-450-20		2.34 (D16x2)	
D19-450-20		3.37 (D19x2)	

図-1 供試体寸法、載荷装置

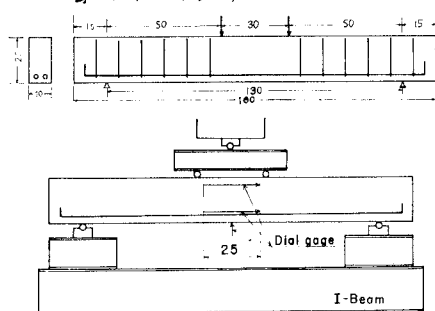
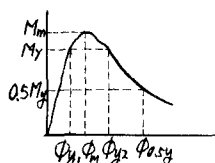


表-2 実験結果

供試体名	M_y $\times 10^4 \text{ kg} \cdot \text{cm}$	M_m $\times 10^4 \text{ kg} \cdot \text{cm}$	ϕ_{y1} $\times 10^{-4} \text{ cm}^{-1}$	ϕ_m $\times 10^{-4} \text{ cm}^{-1}$	ϕ_{y2} $\times 10^{-4} \text{ cm}^{-1}$	$\phi_{0.5y}$ $\times 10^{-4} \text{ cm}^{-1}$
D10-250-30	10.3	12.4	1.8	25.0	45.6	—
D13-250-30	17.5	18.3	2.0	8.4	15.5	37.4
D16-250-30	22.8	25.6	1.8	3.4	5.7	18.8
D19-250-30	26.0	33.1	1.6	4.0	6.5	12.9
D10-350-30	10.7	12.1	—	—	—	—
D13-350-30	17.5	18.8	1.5	6.8	15.6	*
D16-350-30	24.0	26.1	1.2	4.2	5.6	*
D19-350-30	33.8	38.0	1.1	4.3	5.0	21.7
D10-450-30	11.0	12.5	2.0	16.0	26.0	*
D13-450-30	17.0	18.2	1.7	4.0	13.0	50.5
D16-450-30	23.8	25.1	1.2	1.8	5.3	33.9
D19-450-30	28.8	33.4	1.9	3.2	6.5	22.3
D10-250-20	10.6	12.3	1.9	29.0	43.1	*
D13-250-20	17.5	18.6	1.6	2.4	14.0	48.9
D16-250-20	24.0	25.5	1.0	2.0	4.5	25.2
D19-250-20	25.0	29.1	2.0	3.5	8.0	23.4
D10-350-20	10.6	12.9	1.8	21.2	72.0	*
D13-350-20	17.5	18.8	1.2	2.4	9.5	46.0
D16-350-20	23.1	24.5	1.4	2.0	2.5	*
D19-350-20	30.0	34.0	1.5	3.0	5.2	30.5
D10-450-20	11.8	12.8	1.5	3.5	58.0	*
D13-450-20	16.9	18.0	1.2	3.5	22.2	57.0
D16-450-20	24.0	25.6	1.0	4.0	15.0	53.8
D19-450-20	27.6	32.6	1.6	2.8	9.7	16.8



(図-2)

す。これらの図からま
ず鉄筋比が増加するに
ついて曲率の増加に伴
なうモーメントの減少
が急であることがわか
る。さらにわずかな
あるがコンクリート強
度が低くなるにつれて
曲率の増加につれてモ
ーメントの減少が急になる傾向がうかがえる。

そこで本研究ではコンクリート強度 σ_c 、鉄筋比 P 、鉄筋の降伏点強度 σ_y を合わせた鉄筋指数 $(P \cdot \sigma_y / \sigma_c)$ をパラメータとした。またはりの塑性回転の限界すなわち塑性回転能を示すパラメータとして ϕ_{y2} / ϕ_{y1} を考えた。これらの値を各供試体の実験結果から計算してプロットしたのが図-4である。この図からかなりバラツキも大きい鉄筋指数が増加するにつれて塑性回転能が減少していく傾向がはっきりわかる。とくに鉄筋指数が0.4程度までは急激でありそれ以後鉄筋指数が増加しても ϕ_{y2} / ϕ_{y1} の値の減少はあまりみとめられない。また本実験に関する限り、モーメントスパン長30cmと20cmとの間での実験結果の差はとくに認められなかった。

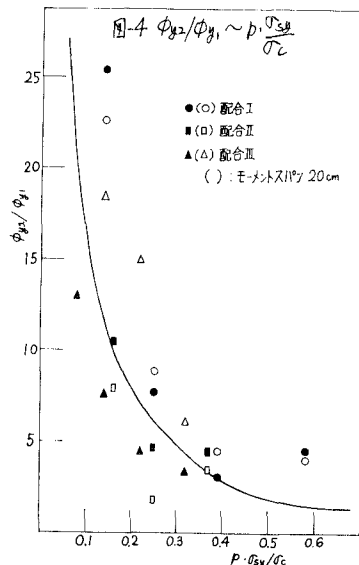


図-4 $\phi_{y2} / \phi_{y1} \sim P \cdot \sigma_y / \sigma_c$

() : モーメントスパン長 20 cm

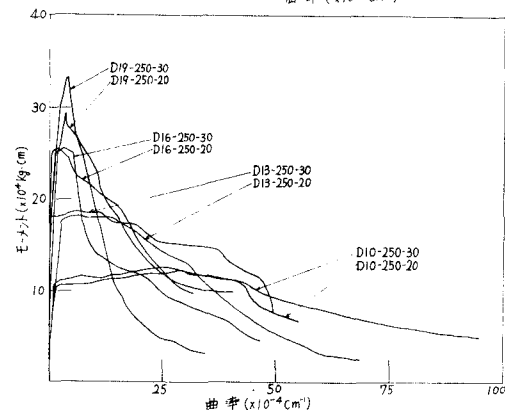
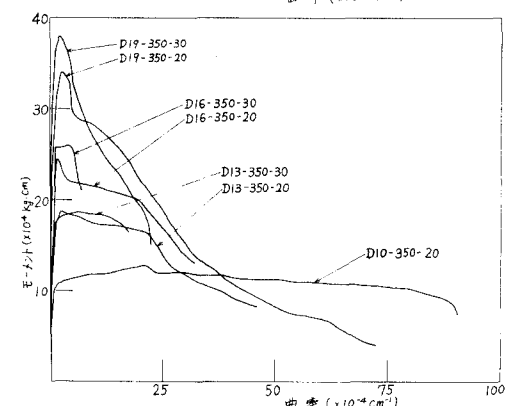
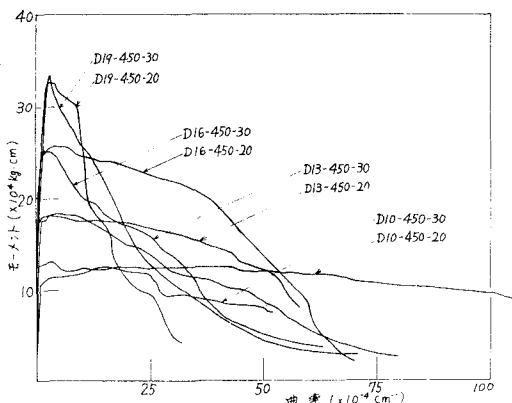


図-3 モーメントへ曲率の関係