

鉄筋コンクリートはりの変形能力に関する一検討について

愛知工業大学

張 恒 平

正員 青木 徹孝

正員 猪股 俊司

1 はじめに

鉄筋コンクリートはりの弾塑性曲げ挙動を調べるには、はり要素の曲げ-曲率 ($M-\phi$) 関係を知る必要がある。コンクリートの応力-ひずみ関係を得るために、円柱状試体による圧縮実験を行うと、同一練り混ぜのコンクリート材料であっても結果には大きなばらつきが生じる。本研究ではこの点に注目し、コンクリート材料強度のばらつきを鉄筋コンクリートはり要素の $M-\phi$ 関係に及ぼす影響をいくつかのパラメータを介して調べる。

2 曲げモーメント-曲率 ($M-\phi$) 関係の計算

(1) コンクリート及び鉄筋の応力-ひずみ関係

図1は鉄筋コンクリートはりの曲げ実験⁽¹⁾⁽²⁾に際して行った、コンクリート円柱状試体 (直径10 cm, 高さ20 cm, 封金28日) 14本の一軸圧縮実験結果である。これら1本ごとに図2(a)のような近似曲線を描く必要があり、最大強度 σ_y 及び図中の各ひずみの値の平均値 m 、標準偏差 s を求めると表1の結果が得られた。

同様に鉄筋D13 (公称断面積 1267 cm^2 、材質SD35 (公称降伏強度 350 kg/cm^2 以上) の引張り試験を12本行い、図2(b)に示す降伏応力 σ_y 、最大応力 σ_u および、これに対応する図に示したひずみ ϵ_y 、 ϵ_u 、 ϵ_{co} の平均値 m 、標準偏差 s を求めると表2の結果となった。コンクリート強度 σ_y の変動係数 $w = s/m$ は45%と鉄筋の σ_y の $w = 24\%$ に比べて2.7倍も大きい値である。

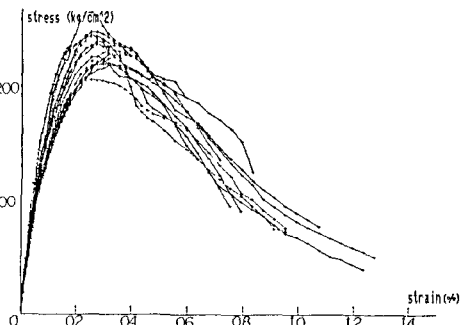
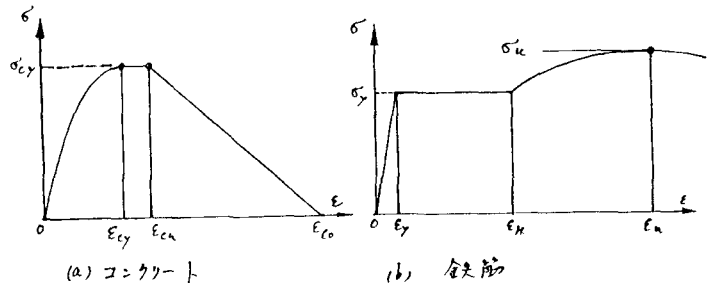


図1 コンクリート円柱状試体圧縮実験結果



(a) コンクリート

(b) 鉄筋

(2) RC はり断面

図2 応力-ひずみ近似

表1 コンクリートの材料強度変数 (変動係数)

	$\sigma_y \text{ (kg/cm}^2\text{)}$	$(\times 10^{-2})$		
		ϵ_y	ϵ_u	ϵ_{co}
(M)	230.0	2.32	3.06	13.8
(S)	15.0 (4.5%)	0.15	0.08	0.4

表2 鉄筋の材料強度変数 (変動係数)

	$\sigma_y \text{ (kg/cm}^2\text{)}$	$\sigma_u \text{ (kg/cm}^2\text{)}$	$(\times 10^{-3})$		
			ϵ_y	ϵ_{HD}	ϵ_u
(M)	39.57	53.42	1.89	18.5	66.3
(S)	9.8 (2.4%)	9.9 (1.0%)	0.05	0.0	0.0

計算用に用いたRCはり断面寸法を図3に示す。コンクリート断面積 $B \times H = 280 \text{ cm}^2$ である。図3(a)の上側鉄筋断面積は $AS_2 = 2.43 \text{ cm}^2$ 、下側鉄筋断面積は $AS_1 = 3.65 \text{ cm}^2$ である。図3(b)は上、下鉄筋断面積 AS_3 と同じ値、 $[AS_3 = (AS_1 + AS_2)/2]$ とした断面であり、図3(c)はこの断面の上側鉄筋を取替った単鉄筋はり断面である。図3(a),(b),(c)の断面形状をそれぞれ Type A, B, C とする。

(3) 計算方法

計算にはコンクリートの引張り応力は無視し、断面内で平面保持の仮定が成立つとした。はじめに曲率中を仮定し、次に圧縮縁のひずみ ϵ_c を仮定して軸方向合力 P を計算し、これが0となるような ϵ_c を試行的に求めた。

3 M- ϕ 関係計算結果

(1) 実験結果との比較

図3(a)に示す断面のRCはりに対するM- ϕ 曲線計算結果を図4に示す。图中、M及び $M \pm 2S$ は表1の材料強度 f - σ の平均値M及び標準偏差 S より、材料強度変動のM及び $M \pm 2S$ の値を求めて、それぞれのM- ϕ 計算を行った結果を表している。また、图中黒丸印はこのはりに対する2点載荷曲げ試験結果¹⁾を表わしている。両者の比較より実験結果は計算値の $M+2S$ 曲線にほぼ一致している。これは実験に用いたRCはりに7mm間隔でスターラー($\phi 6 \text{ mm}$)が配置されており、はり内部のコンクリート圧縮強度が増大したことによるものと思われる。

(2) 計算結果の比較 図5は^①コンクリート材料強度のみを $M+2S$ とした場合、^②鉄筋強度のみを $M+2S$ とした場合、^③両者を同時に変動させた場合の結果を示している。図より、このはりでは鉄筋強度変動の影響が大きいことがわかる。図6は図3(b),(c)の単鉄筋及び複鉄筋はりの σ_y を図4の計算値(M)の1.5倍及び0.5倍した場合の結果である。図より、単鉄筋はりでは、複鉄筋はりでは降伏開始付近のM値に大きな変化はないが、単鉄筋はりでは顕著に大きな変化が生じている。図7は単鉄筋はり及び複鉄筋はりのM- ϕ 関係に及ぼす材料強度変動の影響を調べたもので、コンクリート及び鉄筋ともM及び $M \pm 2S$ を与えた。この場合も図6と同様のことを言えるが、図7のほめは鉄筋強度の変動に支配されている。

参考文献 1) 加藤貞雄(RC連続はりの終局耐力に関する基礎的研究) 安2次工学論文 1985年3月

2) 加藤貞雄(RC連続はりの終局耐力実験) 財団法人建設研究発表会 1985年3月。

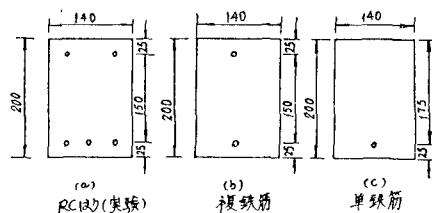


図3. RCはり断面(実験及び計算)

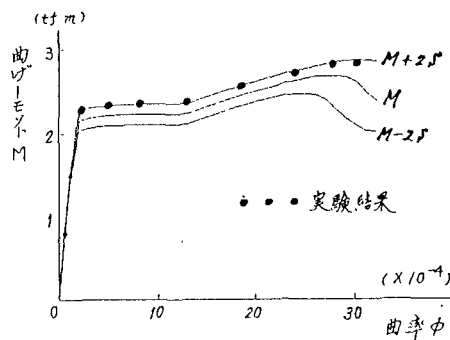


図4 M- ϕ 計算値と実験結果との比較

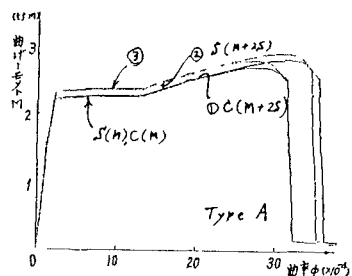


図5 材料強度変動によるM- ϕ 曲線の変動

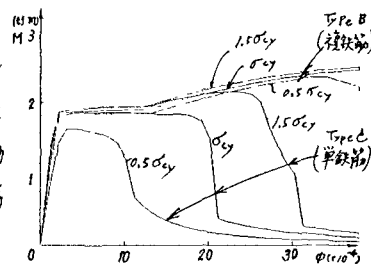


図6 コンクリート強度変動によるM- ϕ 曲線の変動

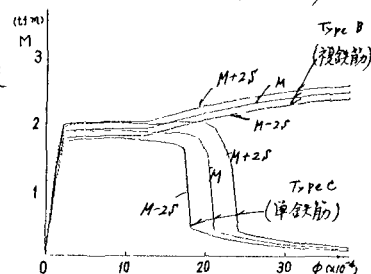


図7 材料強度変動によるM- ϕ 曲線の変動