

日本大学理工学部 正員 ○柳沼善明  
 ≡ ≡ ≡ 北田勇輔

## 1. はじめに

近年、鉄筋コンクリートばり(以下RCばりと略)の変形能力に関する研究がさかんに行われている。変形能力の改善には各種補強筋を用いることが有効であり、特にスターラップと圧縮側鉄筋との併用は変形能力の向上に効果的である。本報告は、複鉄筋コンクリートばりにおける曲げモーメントMと曲率 $\phi$ との関係について破壊に至るまで非弾性解析を試み実験結果と解析結果との比較検討を行った。本解析にはコンクリートのひずみ軟化、鉄筋のひずみ硬化、圧縮側鉄筋の座屈を考慮した。

## 2. 実験方法

供試体は幅15 cm、有効高さ20 cm、スパン280 cmの長さ形断面を持つ複鉄筋ばりで、その種類を表-1に示した。RCばりは載荷点内の曲げ区間をスターラップで補強しないタイプAと補強したタイプBとに大別される。すべてのRCばりは載荷点と支点とのせん断区間をスターラップ(D10, 間隔10 cm)で補強した。荷重の載荷方法は二点載荷で静的に曲げ破壊させた。RCばりの破壊実験におけるコンクリートの圧縮強度はタイプA, Bとともに208 kgf/cm<sup>2</sup>であった。使用した鉄筋はすべて異形鉄筋で、材質はSD30であった。

## 3. 解析方法

RCばりのM- $\phi$ 関係の非弾性解析には、1) 平面保持、2) コンクリートの引張抵抗は無視、3) 圧縮を受けるコンクリートの応力とひずみとの関係にひずみ軟化を考慮、4) 鉄筋はひずみ硬化を考慮、5) 圧縮側鉄筋は座屈を考慮した。圧縮側鉄筋の座屈は両端滑節の長柱の限界荷重 $P_{sb}$ (=  $\pi^2 \cdot E \cdot I / s^2$ )<sup>1)</sup>を圧縮ひずみ $\varepsilon_{sb}'$ に換算して、圧縮側鉄筋が $\varepsilon_{sb}'$ に達すると座屈し、その後は圧縮力を受け持たないものとした。じん性率におよぼすスターラップ間隔Sと圧縮側鉄筋径Dとの比 $S/D$ の影響は<sup>2)</sup>、 $S/D \geq 15$ ではじん性率がほぼ一定であり、 $S/D < 15$ になるとスターラップの補強効果が表われ $S/D$ が減少すればじん性率が増大するところから、 $\varepsilon_{sb}'$ は $S/D$ により次式で求めた。

$$S/D \geq 15 \text{ のとき } \varepsilon_{sb}' = \frac{\pi^2}{16} \cdot \left(\frac{1}{15}\right)^2 \quad \dots \quad (1), \quad S/D < 15 \text{ のとき } \varepsilon_{sb}' = \frac{\pi}{4} \cdot \frac{A_s'}{S^2} \quad \dots \quad (2)$$

ここに、 $A_s'$ は圧縮側鉄筋1本の断面積である。

コンクリートの応力とひずみとの関係は図-1のように仮定した。さらに、コンクリートの応力とひずみとの関係の相違がRCばりのM- $\phi$ 関係におよぼす影響を調べるために、Kent-Parkモデル<sup>3)</sup>ならびにSolimanモデル<sup>4)</sup>により座屈を考慮した解析を行い、各モデルによる解析結果の相違を検討した。

## 4. 結 果

$A_s'/A_s = 1$ の場合におけるM- $\phi$ 関係の実験結果と解析結果を図-2, 3に示した。ここに、 $A_s'$ は圧縮側鉄筋量、 $A_s$ は主鉄筋量である。

表-1 供試体の種類

No.	主 鉄 筋		圧 縮 側 鉄 筋	
	p (%)	使用鉄筋	p' (%)	使用鉄筋
1	0.845	D13-2	0.845	D13-2
2	1.324	D16-2	0.845	D13-2
3	2.580	D22-2	0.845	D13-2
4	3.378	D25-2	0.845	D13-2
5	1.324	D16-2	1.324	D16-2
6	2.580	D22-2	2.580	D22-2
7	3.378	D25-2	3.378	D25-2

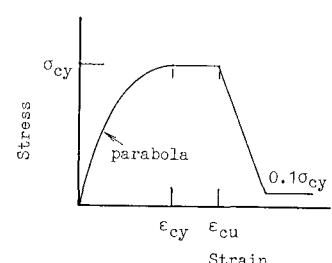


図-1 圧縮を受けるコンクリートの応力とひずみとの関係

図-2, 3による実験結果は、各RCばかりともはり上縁コンクリートの圧潰後Mが僅かに低下し、その後変形が増加するに伴いMも徐々に増加する傾向にあった。さらに変形が進むとMが最大となり、その後圧縮側鉄筋の座屈に伴いRCばかりが破壊した。タイプBの場合、スターラップの拘束効果によりじん性率( $\phi_{max}/\phi_y$ )はタイプAと比較して平均値で約1.60倍の増加となつた。次に、Kent-Parkモデルによる解析結果は実験結果と比較してタイプAでは中が小さく、タイプBでは中が大きく算出される傾向にあった。さらに、他のモデルの解析結果と比較して、タイプAでは小さく、タイプBでは大きく算出される傾向を示した。これは、スターラップで拘束したタイプBにおいては、コンクリートの軟化する勾配が他のモデルよりも緩やかであるため、タイプBの中の解析結果が他のモデルよりも大きく算出されたものと思われる。次に、Solimanモデルの解析結果はほぼ本解析結果と同様な傾向を示したが、本解析結果よりも中が小さく算出された。

表-2に実験結果と解析結果との比較を示した。表中の値は(解析結果)/(実験結果)の平均値と変動係数である。 $M_y$ ,  $M_{max}/M_y$ は各モデルとも極めて良く一致した。しかし、 $\phi_y$ ,  $\phi_{max}/\phi_y$ は各モデルともばらつきが大きかった。これは、 $\phi_y$ の実験結果の判定が困難で、また解析では主鉄筋の降伏ひずみに達する時として算出しているのが一因であると考えられる。ここに、添字yとmaxとはそれぞれRCばかりの降伏時と最大荷重時とを示す。

## 5. おわりに

圧縮側鉄筋の座屈を考慮した本解析は、各モデルともに実験結果の傾向を良く表示した。定量的には、曲げモーメントは良く一致したが、曲率はばらつきが大きかった。

- <参考文献> 1) S.Timoshenko & D.H.Young : 材料力学要論, コロナ社, 1969. 2) 柳沼, 関, 北田 : 第6回コンクリート工学年講, 1984. 3) D.C.Kent & R.Park : Proc. of ASCE, Vol.97, ST.7, 1971. 4) M.T.M.Soliman & C.W.Yu : Magazine of Concrete Research, Vol.19, 1967.

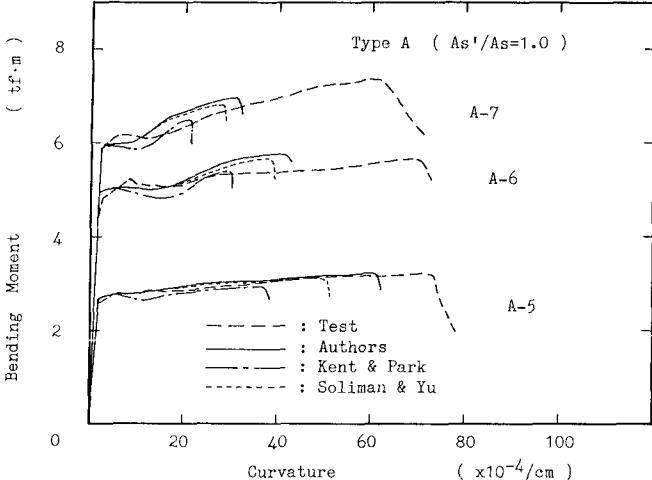


図-2 M-φ関係(実験結果と解析結果との比較)

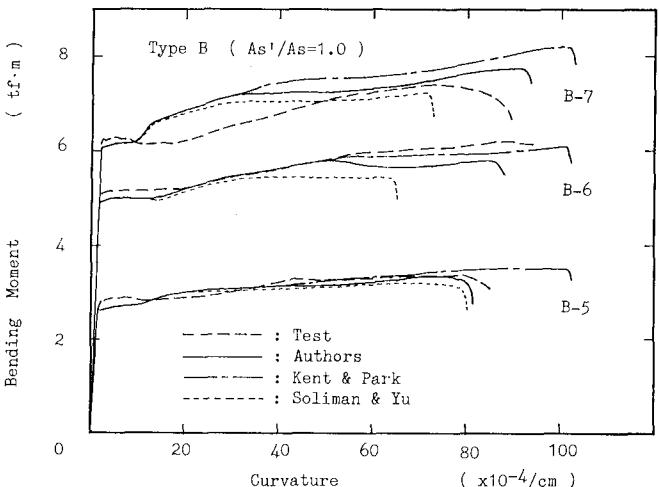


図-3 M-φ関係(実験結果と解析結果との比較)

表-2 実験結果と解析結果との比較

Item	Type	Authors		Kent & Park		Soliman	
		Ave.	C.V.	Ave.	C.V.	Ave.	C.V.
$M_y$	Type A	0.978	2.9	0.976	2.9	0.982	3.0
	Type B	0.942	4.7	0.941	4.7	0.947	4.4
$M_{max}$	Type A	1.011	2.7	0.946	4.3	0.982	3.2
	Type B	1.012	3.6	1.060	4.0	0.960	4.4
$\phi_y$	Type A	0.794	18.2	0.800	18.3	0.774	18.2
	Type B	0.825	17.6	0.829	17.6	0.803	17.7
$\phi_{max}$	Type A	1.096	20.5	0.845	37.7	1.205	40.3
	Type B*	1.189	36.6	1.352	29.6	0.847	29.5

\* B-3の結果を除いて算出