第Ⅰ部門　　断面の分割数に着目した二軸曲げを受けるRC柱のM－φ関係の算定について

大阪市立大学大学院（JIPテクノサイエンス㈱）　正会員　○佐藤　知明
大阪市立大学大学院工学研究科　正会員　小林　治俊
東洋技研コンサルタント㈱　正会員　島田　功

1. はじめに

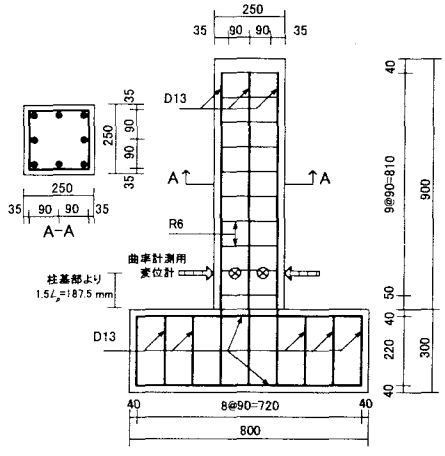
本研究では，ファイバーモデルを用いて，軸力と二軸曲げを受けるRC柱を有効に解析し得るために必要となる，最小限の断面分割数について検討することを目標としている．

そこで，まず，本文では，過去に実施した二軸曲げを受けるRC柱を対象とした実験結果[1]を用いて，実験時のフーチングの移動や回転等の不確定要素が排除されたものである曲げモーメントM－曲率φ関係に着目した解析を行い，実験結果との比較を行うこととした．

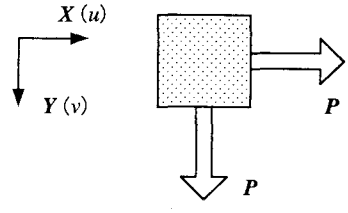
2. 二軸曲げ載荷実験

二軸曲げを受けるRC柱の載荷実験に用いた供試体を図－1に示す．RC柱断面は250×250 mmの正方形であり，柱の主筋にはD13を8本有するものである．柱の曲げ変形に伴う柱基部における曲率計測用の変位計は，柱各周面に2個ずつ計8個を用いた．また，道路橋示方書耐震設計編[2]（以下，道示耐震編と呼ぶ．）で示されている一方向曲げ設計時の塑性ヒンジ長L_pに対して，柱基部より1.5倍の高さ(1.5×125=187.5mm)に設置した．

本文では，二軸曲げを受ける柱に対するファイバーモデルの適用性を検討するために，二軸曲げ載荷実験のうち最も基本的な試験方式2を用いることとした．この試験方式は，図－2に示すように，XおよびY方向に対して同荷重を順次単調増加させるものである．なお，載荷点の高さは，フーチング上面から800mmである．



図－1　実験供試体　単位：mm



図－2　載荷方向概略

3. M－φ関係の算定

3.1 解析のモデル化

道示耐震編では，RC柱の保有水平耐力計算において，一方向曲げに対し断面を50分割するよう記述されている．この規定を二軸曲げを受けるRC柱に適用すると一断面あたり50×50=2500分割必要となる．さらに，ファイバー要素を用いて，橋梁全体を対象とした動的解析モデルを構築するような場合には，多大な自由度を有することとなる．

そこで，本文では，解析における正方形断面の分割数をXおよびY方向に対して各々5, 10, 15, 20, 25および30等分割とし，断面の分割数がどの程度必要となるのか，本実験結果を用いて検討を行うこととした．

なお，解析には，表－1に示す実験時におけるコンクリートおよび鉄筋の材料特性値を用いており，図－3に示すように，コンクリートの応力－ひずみ関係における骨格曲線は，道示耐震編に従うものとし，終局時以降の強度低下区間は応

表－1　材料特性値

	コンクリート (N/mm^2)	主鉄筋 (N/mm^2)
σ_c	30.2	365
E_c	2.6×10^4	1.9×10^5

Tomoaki SATO, Harutoshi KOBAYASHI, and Isao SHIMADA

力が0となるまで延長したものを用いた．また，鉄筋には，材料試験結果から，ひずみ硬化率を初期勾配の 0.95 %としたバイリニア型の応力－ひずみ関係を採用した．

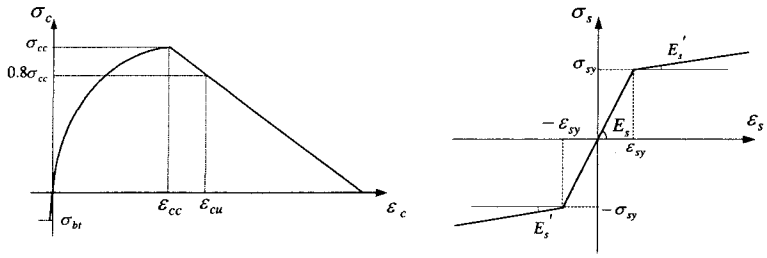
3.2 解析結果

解析ではXおよびY方向の曲率を 0.002 (1/m)ずつ増加させ，道示耐震編による一方向曲げ設計時の初降伏曲率ϕ_yの約 5 倍である 0.05 (1/m) まで解析した．なお，実験時に行った除荷および再載荷については考慮せずに，単調載荷として解析を実施している．

図－4 (a)に実験および解析結果より得られた，$X(Y)$方向に対する曲げモーメント M－曲率ϕ関係を示す．いずれの解析結果も，初期勾配ではよい一致を示したが，最大荷重発生前後から，実験値よりもやや低めの値が得られた．また，5 分割の結果は，他の分割では見られない急激な曲げモーメント値の低下が発生した．これは，最外縁にある微小要素が圧縮破壊することにより，断面内のつりあい位置が急激に反転したためであった．また，同図(b)は最大曲げモーメント発生以降の低下領域を拡大したものである．この図より，10 分割の結果において計算値が若干波打つ現象が確認された．また，15 分割以上の結果について差異は認められないことが分かった．

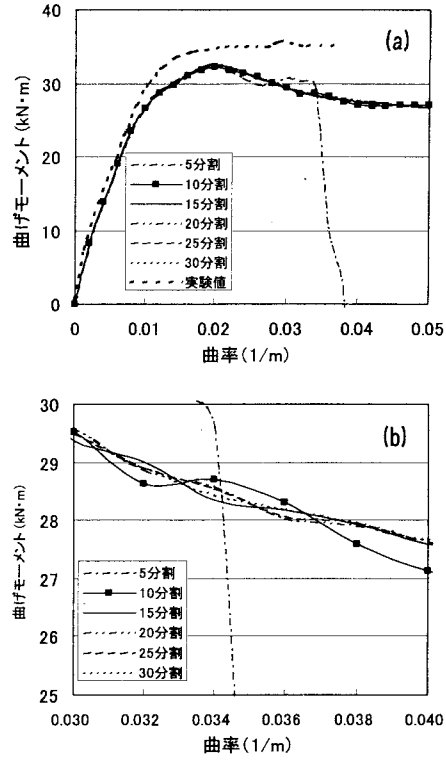
一方，表－2 に最大曲げモーメント値とのその曲率，および解析終了時(5ϕ_y)の曲げモーメント値を示した．また，括弧内の数値は 30 分割による結果に対する比率を示している．この表において，10 分割以上では，差異は見受けられなかった．

これらのことより，本検討で対象とした，二軸曲げを受ける正方形断面を有する RC 柱の解析を行うためには 15 分割以上とすることが望ましいことが分かった．



(a)コンクリート　　(b)鉄筋

図－3　応力－ひずみ関係



図－4　断面分割数の違いによるM－ϕ関係

表－2　最大および5ϕ_y時の曲げモーメント

分割数	最大曲げモーメント時		5ϕy時の曲げモーメント値 (kN・m)
	曲げモーメント値 (kN・m)	曲率 (1/m)	
5	32.55 (0.997)	0.020 (1.000)	-15.57 (-0.579)
10	32.35 (0.991)	0.020 (1.000)	27.07 (1.007)
15	32.58 (0.998)	0.020 (1.000)	26.64 (0.991)
20	32.66 (1.001)	0.020 (1.000)	26.82 (0.998)
25	32.67 (1.001)	0.020 (1.000)	26.87 (1.000)
30	32.64 (1.000)	0.020 (1.000)	26.87 (1.000)

※括弧内の数値は30分割に対する比を表す。

参考文献

[1] 佐藤知明，他:RC 柱の二軸曲げ交番載荷実験，土木学会関西支部年次学術講演会講演概要集，土木学会関西支部，pp. I-69-1 - I-69-2

[2] 日本道路協会：道路橋示方書・同解説　V耐震設計編，丸善，1996.12 および 2002.3