

V-239 横拘束コンクリートの応力-ひずみ関係の 定量化とRC部材への適用に関する検討

大和ハウス工業（株） ○松本 利彦
京都大学工学部 井上 晋 宮川 豊章
小林 和夫 藤井 学

1. はじめに 横拘束筋によりコンクリートの圧縮靱性は著しく改善されるが、その効果に影響を及ぼす要因は数多く、横拘束コンクリートの応力-ひずみ関係を設計に適用するに際しては、それらの影響を定量的に把握することが必要である。本研究は種々の要因を考慮した横拘束コンクリートの応力-ひずみ関係を実験的に求めるとともに、同様の横拘束筋を用いたRCはりの載荷試験を実施し、曲げモーメント-曲率関係の理論解析を行うことにより、その適用について検討したものである。

2. 試験概要 本研究では、まず、種々の要因が横拘束コンクリートの基本特性に及ぼす影響を明らかにするため、図1に示すような円柱および角柱供試体に対し単調載荷試験を実施し、その結果から横拘束コンクリートの応力-ひずみ曲線のモデル化を行った。次に、同様の横拘束筋を用いたRCはりの単調載荷試験を実施し、その曲げモーメント-曲率関係を上述のモデル式を用いて計算したものと比較することによりその適用について検討した。

試験要因は、①横拘束筋体積比 ρ_s 、②横拘束筋降伏点 f_{syh} 、③横拘束筋配置間隔 s 、④コンクリート強度 f_c' の4種類であり、これらの詳細を表1に示す。なお、円柱・角柱供試体は軸方向鉄筋、かぶりは無しとし、横拘束筋には溶接したフープ筋を用いた。また、RCはり供試体（10cm×20cm×160cm、鉄筋比 $p=1.44\%$ ）もコンクリート圧縮部の横拘束筋のかぶりは無しとした（図1参照）。

3. 試験結果および考察 本研究ではモデル化に際して横拘束コンクリートの応力-ひずみ関係の特性を表す指標として、プレーンコンクリートに対する最大応力の増加率 f_c/f_c' 、最大応力時ひずみの増加率 $\epsilon_{co}/\epsilon_{co}'$ 、および応力降下域の降下勾配 θ を用いた。応力降下域の特性を表す指標としては圧縮限界ひずみ（文献1、2参照、例えば最大応力の80%まで降下する時のひずみ）が用いられることが多いが、部材の曲げモーメント-曲率関係の解析に際しては、さらに応力の減少した領域までの応力-ひずみ関係を必要とすることから、本研究では θ を用いることとした。また、横拘束筋による拘束効果を定量的に表す指標としては、最大応力に関する拘束係数 C_{cf} 、最大応力時ひずみに関する拘束係数 C_{cem} 、および応力降下勾配に

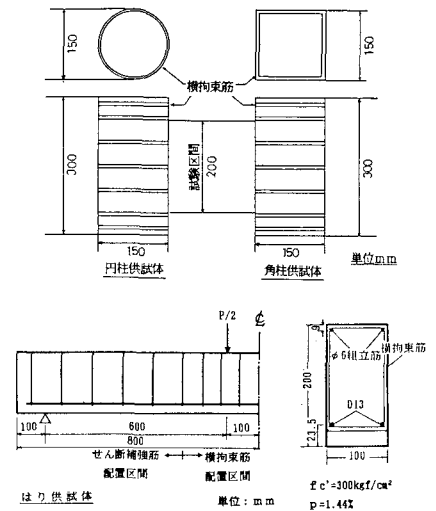


図1 供試体の形状・寸法

表1 試験要因

	コンクリート設計 基準強度 (kgf/cm^2)	横拘束筋 降伏点 (kgf/cm^2)	横拘束筋量 ρ_s (%)	横拘束筋径 (mm)	横拘束筋配置 間隔比 s/D D:断面最小寸法
円柱供試体	300, 500	3280~8630	0.62~4.02	3.5, 6.0	0.086~0.753
角柱供試体	300, 500	3280~8630	0.62~2.50	3.5, 6.0	0.180~0.753

表2 拘束係数

	円柱供試体	角柱供試体
C_{cf}	$\rho_s(1-s/K_1D)\sqrt{f_{syh}/f_c'}$	$\rho_s(1-s/D)$
C_{cem}	$\rho_s(1-s/K_2D)f_{syh}/(f_c')^2$	$\rho_s(1-s/D)\sqrt{f_{syh}/(f_c')^2}$
C_θ	$1/\rho_s(f_c')^2/f_{syh}$	$1/\rho_s(f_c')^2/f_{syh}$

表3 拘束係数と各指標の関係

	円柱供試体	角柱供試体
f_c/f_c'	$f_c/f_c'=1.75C_{cf}+1.02$	$f_c/f_c'=0.065C_{cf}+1.06$
$\epsilon_{co}/\epsilon_{co}'$	$\epsilon_{co}/\epsilon_{co}'=50.0C_{cem}+1.25$	$\epsilon_{co}/\epsilon_{co}'=702C_{cem}+1.23$
θ	$\theta=417C_\theta-574$	$\theta=1240C_\theta-2720$

関する拘束係数 C_θ を用い、文献 1, 2 の考え方を参考にして表 2 のように決定した。なお、 k_1, k_2 は S/D の値がそれ以上大きくなると拘束による効果が得られなくなる値を示し、本研究の場合 $k_1=0.51, k_2=0.95$ となった。

このようにして決定した拘束係数と各指標との間には表 3 に示すような線形関係が得られ、これらの関係をもとに本研究では図 2 に示すような応力-ひずみ関係のモデル化を行った。実験による応力-ひずみ曲線と本モデル曲線、藤井らのモデル曲線（文献 2）および修正 Kent&Park モデル曲線（文献 3）を比較したものの一例を図 3 に示す。これらより、修正 Kent&Park モデルは最大応力時ひずみを過小評価する傾向があり、一方、本研究によるモデル曲線は応力降下域を含めて実験値とよく一致していることがわかる。

図 4 に各はりの曲げモーメント-曲率関係の実験値と上述のモデルを用いて算出した計算値を、また、図 5 に荷重-たわみ曲線を示す。

図 4 より、RC はりの降伏耐力は計算値の方が若干大きくなる傾向があるものの、降伏以降の曲げモーメント-曲率関係はよく一致しており、本モデルを用いて計算することにより精度よく推定できることが示される。一方、図 5 より、RC はりのじん性は普通強度横拘束筋を $\rho_s=2.5\%$ で配置したものが最も優れており、 $\rho_s=1.27\%$ としたはり間では f_{syh} に関係なくほぼ同様の荷重-たわみ関係を示し、高強度横拘束筋を用いた効果が明確には現れていないことがわかる。これは、配置間隔が粗くなると高強度横拘束筋の強度が有効に発揮される前に横拘束筋間のコンクリートが剥落してしまうこと、矩形断面では円形断面ほど拘束効果が得にくいことによるものと思われる。

参考文献) 1. 六車 照ら; 第 5 回コンクリート工学年次講演会講演論文集, pp.317~320, 昭和 58 年
2. 藤井 学ら; セメント技術年報, 40 巻, pp.273~pp.276, 昭和 61 年
3. R. Park et al., Journal of the Structural Division, ASCE, Vol.108, No.ST-4, pp.929-950, April 1982

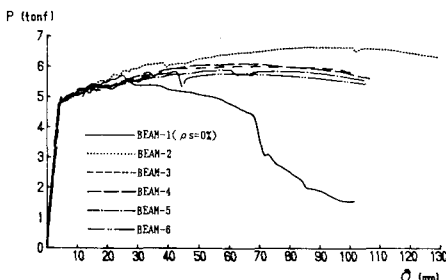


図 5 荷重-たわみ関係

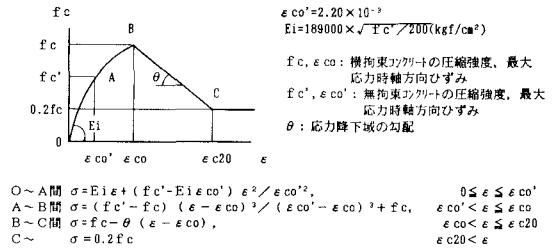


図 2 応力-ひずみモデル

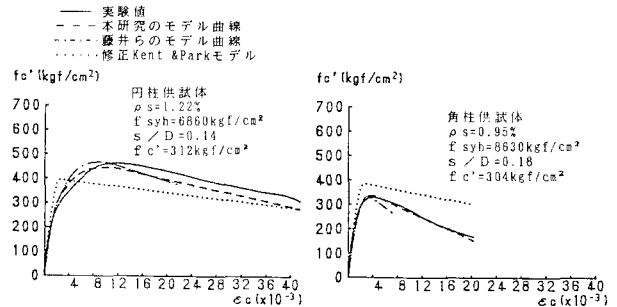


図 3 モデル曲線と実験値の比較

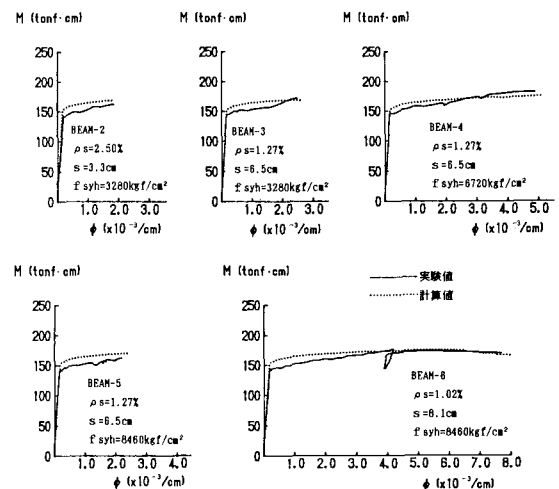


図 4 曲げモーメント-曲率関係