

V-480

矩形断面コンクリート柱の応力-ひずみ特性に及ぼす帯鉄筋の影響

建設省土木研究所 正員 川島 一彦
 建設省土木研究所 正員 〇星隈 順一
 建設省土木研究所 正員 長屋 和宏

1. はじめに

都市域で多く建設されるコンクリート断面を絞った鉄筋コンクリート橋脚では、帯鉄筋の拘束効果により橋脚のじん性能を確保するため、耐震設計ではこの影響を適切に評価することが重要である。著者らは、拘束効果を考慮したコンクリートの応力-ひずみモデルを鉄筋コンクリート橋脚の耐震設計用として提案するために、これまでに一連の実験的検討を行ってきた¹⁾。本文では、矩形及び幅広長方形断面のコンクリート柱を対象として、帯鉄筋による拘束効果について検討したので、その結果を報告する。

2. 拘束コンクリート柱の圧縮載荷実験

実験に用いた供試体の諸元を図-1及び表-1に示す。供試体は、小型模型(Sシリーズ)と大型模型(Lシリーズ)及び幅広長方形断面の模型(Wシリーズ)の3種類であり、帯鉄筋比や断面形状の影響を定量的に評価できるように実験ケースを設定した。載荷は、変位制御による単調一軸圧縮載荷とし、軸方向ひずみは供試体上下間の変形を変位計で計測し、これを高さで割って算出した。

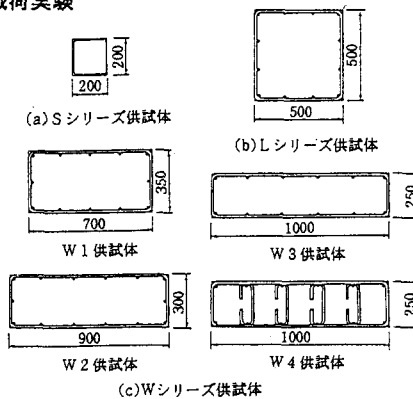


図-1 供試体断面

3. 拘束効果の定量化

円形断面の拘束コンクリート柱に対するこれまでの実験結果より、応力-ひずみ関係に支配的な特性値は、最大圧縮応力 f_{cc} 、最大圧縮応力時のひずみ ε_{cc} 、最大応力後の下降勾配 E_{dca} であることが明らかになっている。そこで、拘束効果の因子を帯鉄筋比 ρ_s 、帯鉄筋の降伏強度 f_{yh} 、プレーンコンクリート強度 f_{co} とし、これらと各特性値との関係について実験結果を基に検討した。ここで、下降勾配はひずみ変形が $\varepsilon_{cc} \sim 2\varepsilon_{cc}$ の区間の応力-ひずみ曲線を最小自乗法により直線近似し、その傾きとして定義した。

図-2～4は、S及びLシリーズの供試体を対象として、拘束度と実験で得られた特性値との関係を示したものである。これより、 (f_{cc}/f_{co}) 及び (ε_{cc}) は、 $(\rho_s f_{yh}/f_{co})$ と比例関係にあること、また、 (E_{dca}) は $(\rho_s f_{yh}/f_{co}^2)$ と反比例関係にあることがわかる。そこで、実験データの回帰分析を行い、各特性値の評価式を以下のように導いた。

$$f_{cc} = 1 + 0.73 \rho_s f_{yh} \quad (1)$$

$$\varepsilon_{cc} = 0.002 + 0.0135 \rho_s f_{yh} / f_{co} \quad (2)$$

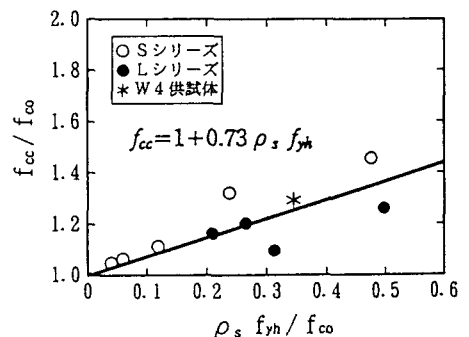
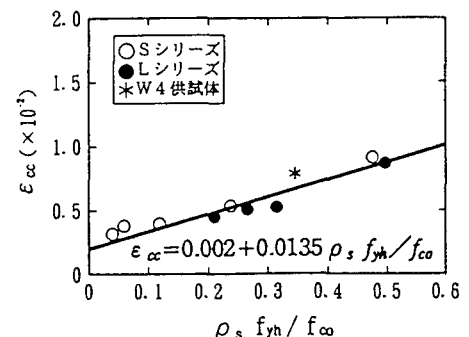
$$E_{dca} = 11.2 f_{co}^2 / \rho_s f_{yh} \quad (3)$$

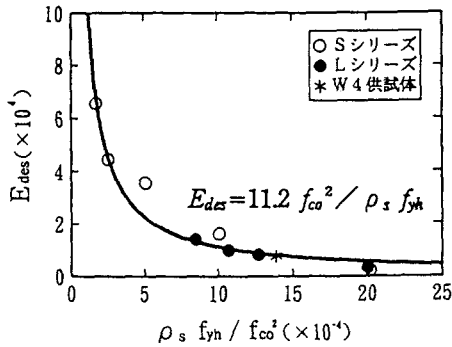
4. 応力-ひずみ曲線の定量化

図-5は、式(1)～(3)を用いて定量化される応力-ひずみ関係を実験結果と比較して示したものである。ここで、応力-ひ

表-1 供試体諸元

	断面形状 (cm)	帯鉄筋			
		径	間隔cm	帯鉄筋比%	
S	20×20	φ6	15.0	0.39	
			10.0	0.58	
			5.0	1.17	
			2.5	2.33	
			1.25	4.66	
L	50×50	D13	プレーンコンクリート		0
			6.0	1.73	
			7.5	2.19	
			4.0	2.60	
			4.0	4.10	
W	35×70	D13	6.5	1.72	
	30×90		6.7	1.74	
	25×100		7.5	1.77	
				中間帯	

図-2 拘束効果と f_{cc} の関係図-3 拘束効果と ε_{cc} の関係


図-4 拘束効果と E_{des} の関係

ずみ曲線モデルは、コンクリートの初期弾性勾配 E_c を考慮した式(4),(5)を適用した。

$$\cdot \text{応力上昇域} \quad f_c = E_c \varepsilon_c \left\{ 1 - \frac{1}{n} \left(\frac{\varepsilon_c}{\varepsilon_{cc}} \right)^{n-1} \right\} \quad (4)$$

$$\text{ただし} \quad n = \frac{E_c \varepsilon_{cc}}{E_c \varepsilon_{cc} - f_{cc}}$$

$$\cdot \text{応力下降域} \quad f_c = f_{cc} - E_{des} (\varepsilon_c - \varepsilon_{cc}) \quad (5)$$

これから、本モデルにより実験結果の傾向をよく推定できていることがわかる。

5. 幅広長方形の拘束効果

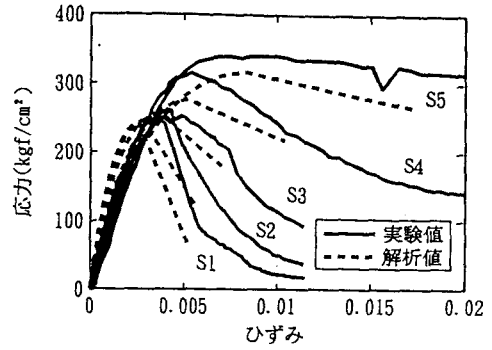
図-6は、帯鉄筋比をおよそ1.75%で一定として、断面の縦横比が応力-ひずみ関係に及ぼす影響を示したものである。これより、等価な帯鉄筋比を有していても、断面が正方形から幅広長方形になるにつれて耐力や変形性能が劣ってくることがわかる。そして、縦横比が1/4のW3供試体では、応力-ひずみ特性はプレーンコンクリート(L1供試体)とほぼ同様となり、有意な拘束効果はもはや期待できないと言える。一方、縦横比が1/4で中間帯を4本配筋したW4供試体では、強度や変形性能が著しく改善されている。そこで、図-7に示すように、断面を中間帯の箇所まで分割し、主鉄筋で囲まれた正方形の断面要素が並列したモデルを仮定する。この場合に、1つの要素を正方形断面の柱とみなして算定される拘束効果と実験で得られた f_{cc} , ε_{cc} , E_{des} との関係を図-2～4中にプロットした。これより、実験結果は式(1)～(3)による推定値とよく一致することがわかる。したがって、幅広長方形であっても拘束形状が正方形になるように中間帯を配筋すれば、これを正方形断面とみなして拘束効果が評価できるものと考えられる。

6. まとめ

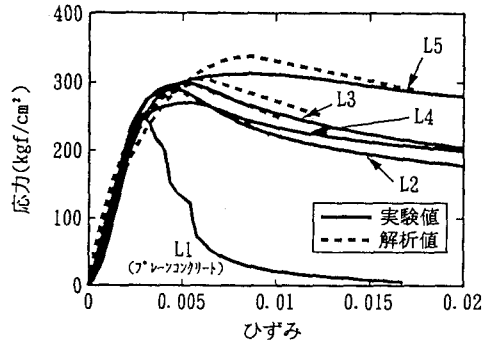
正方形断面のコンクリート柱に対する帯鉄筋の拘束効果の評価手法を、大型の模型供試体を用いた圧縮載荷実験の結果をもとに式(1)～(3)で提案した。また、幅広断面のコンクリート柱でも、中間帯を配筋して拘束断面を正形状にすれば、正方形断面の場合と同等に拘束効果を評価できた。

【参考文献】

1)川島,星隈,長屋:円形断面コンクリート柱の変形性能に及ぼす横拘束の影響、土木学会第48回年次学術講演会、平成5年9月



(a)Sシリーズ



(b)Lシリーズ

図-5 応力-ひずみ曲線

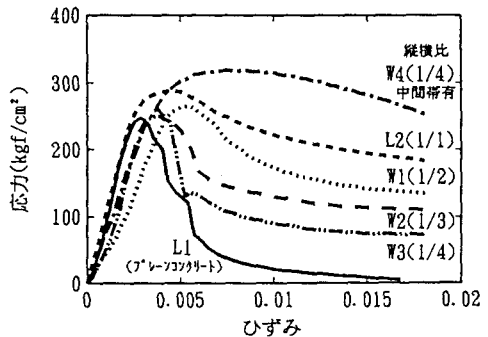


図-6 断面形状の影響

等価な拘束断面



図-7 中間帯のある場合の拘束効果