

I-B223

横拘束されたコンクリート柱の応力度～ひずみ関係に及ぼす
帯鉄筋間隔の影響および応力度下降域のモデル化東京工業大学大学院 学生員 堀 淳一 東京工業大学工学部 F 会員 川島一彦
(日本学術振興会 特別研究員)

東京工業大学大学院 学生員 宇根 寛 東京工業大学大学院 学生員 米田慶太

1. まえがき

コンクリートの応力度～ひずみ関係では、帯鉄筋比 ρ_s が同じでも帯鉄筋間隔 s は小さいほうが拘束効果は大きいことが指摘されている¹⁾。そこで本研究では、帯鉄筋比 ρ_s が同じで帯鉄筋間隔 s が異なる場合のコンクリート柱の拘束効果を検討した。また、あわせて2～3%の大きなひずみまで表すことができる応力度下降域のモデル化を試みたので、その結果を報告する。

2. 実験に用いた供試体と載荷方法

供試体は、直径 200mm、高さ 600mm の円柱とし、 ρ_s は 0.57%、1.14%、1.71% の 3 種類とした。そのうえで、表-1、図-1 に示すように s を 120mm、60mm、40mm としてその間隔ごとに帯鉄筋を 1 本ずつ配筋した S シリーズ 3 体と、 s を S シリーズの 2 倍としその間隔ごとに帯鉄筋を 2 本ずつ配筋した D シリーズ 3 体の計 6 体作製した。コンクリートの圧縮強度は 29.8MPa であり、軸方向鉄筋および帯鉄筋には SD295、直径 6mm の異形棒鋼を用いた。載荷は変位制御による単調一軸圧縮とし、ひずみは変位計で測定した供試体上下間の変位を供試体の初期高さで割って、また応力度は作用荷重を初期断面積で割って、それぞれ算出した。

3. コンクリート柱の応力度～ひずみ関係と帯鉄筋間隔 s の影響

図-2 にコンクリート柱の応力度～ひずみ関係を示す。いずれの供試体も、最大圧縮応力度 σ_{cc} に達するまでは外観上は健全であり、応力度下降域に入った段階で表面コンクリートにひび割れが生じ、さらにひずみを増加させていくと表面コンクリートが剥落した。図-2 によれば、帯鉄筋比 ρ_s が同じであればその最大圧縮応力度 σ_{cc} および最大圧縮応力度時のひずみ ϵ_{cc} は s によらず概ね一致することができる。 ρ_s が同じということは帯鉄筋による拘束力が同じであると考えられ、コンクリートが健全であればその拘束力が帯鉄筋間にも一様に伝わるためと考えられる。一方、応力度下降域では、いずれの ρ_s の場合でもひずみの増加とともに応力度の低下は緩やかになるが、 ρ_s が同じでも s が小さいほうが下降勾配 E_{des} は緩やかである。例えば図中に示した $4\epsilon_{cc}$ に達したときの応力度を比較してみると s が小さいほうが応力度は4～5MPa 大きくなる。

これは、写真-1 に示すように帯鉄筋間隔が広いほど、コンクリートの損傷は内部まで達し、コアコンクリートが剥落しており、そのために荷重を受け持つことのできる断面積が減少していくためと考えられる。ここで、 $4\epsilon_{cc}$ に達するとこれ以上ひずみが増加しても応力度はそれほど低下しないことから、本研究では $4\epsilon_{cc}$ に達したときの応力度を安定応力度 σ_{st} と呼ぶこととする。図-3 は、 s と σ_{st}/σ_{cc} との関係を示したものであり、これによれば、この両者はほぼ線形の関係にあることが分かる。ただし、 $s=120\text{mm}$ と同じでも S1 のほうが D2 よりも σ_{st}/σ_{cc} は 0.15 小さく、 s 以外のパラメーターも σ_{st}/σ_{cc} に影響をおよぼす可能性があると考えられる。

4. コンクリート柱の応力度～ひずみ関係の応力度低下域のモデル化

上述したように応力度低下域ではひずみの増加とともに応力度の低下は緩やかになり、 $4\epsilon_{cc}$ に達すると概ね一

表-1 実験供試体の帯鉄筋の配筋

		間隔 s (mm)	1段のD6 の本数	体積比 ρ_s (%)
S	S1	120	1 本	0.57
	S2	60		1.14
	S3	40		1.71
D	D1	240	2 本	0.57
	D2	120		1.14
	D3	80		1.71

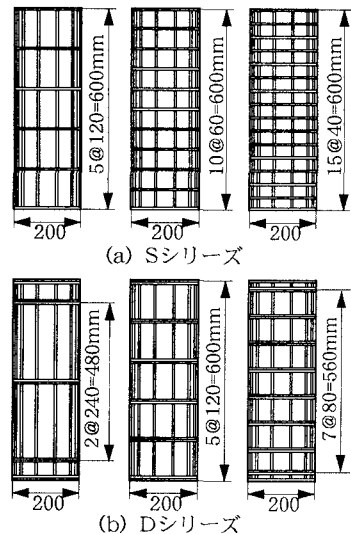


図-1 実験に用いた供試体

キーワード：コンクリート柱、応力度～ひずみ関係、拘束効果、帯鉄筋間隔、応力度下降域

〒152-8552 目黒区大岡山 2-12-1 東京工業大学工学部土木工学科 TEL: 03-5734-2922 FAX: 03-5734-3810

定値に収束していく。したがって、ここでは次の4つの境界条件を満たす3次関数で応力度下降域を表すこととした。

(1) $\varepsilon_c = \varepsilon_{cc}$ で $\sigma_c = \sigma_{cc}$. (2) $\varepsilon_c = \varepsilon_{cc}$ で $d\sigma_c/d\varepsilon_c = 0$. (3) $\varepsilon_c = 4\varepsilon_{cc}$ で $\sigma_c = \sigma_{st}$. (4) $\varepsilon_c = 4\varepsilon_{cc}$ で $d\sigma_c/d\varepsilon_c = 0$. これより未定定数を求めると、次式ようになる。

$$\sigma_c = \frac{\alpha \sigma_{cc}}{2 \left(\frac{\varepsilon_c}{\varepsilon_{cc}} \right)^3 - 15 \left(\frac{\varepsilon_c}{\varepsilon_{cc}} \right)^2 + 24 \left(\frac{\varepsilon_c}{\varepsilon_{cc}} \right) + \beta} \quad (1)$$

ここで、 $\alpha = -\frac{27 \left(\frac{\sigma_{st}}{\sigma_{cc}} \right)}{1 - \left(\frac{\sigma_{st}}{\sigma_{cc}} \right)}$, $\beta = -\frac{11 + 16 \left(\frac{\sigma_{st}}{\sigma_{cc}} \right)}{1 - \left(\frac{\sigma_{st}}{\sigma_{cc}} \right)}$ である。

図-4 は、実験値と式(1)による提案値を比較した結果である。ここで提案値は応力度低下域のみを示し、 σ_{cc} , ε_{cc} および σ_{st} には、図-3 の関係ではなく実験結果を用いている。これは現段階では σ_{st} を定量化するにはいたっていないためである。これより、式(1)による提案値は実験結果の傾向をよく表していることが分かる。

5. 結論

(1) 最大圧縮応力度 σ_{cc} までは、帯鉄筋間隔 s の影響は小さいが、応力度下降域においてはその影響は顕著に現れ、 s が小さいほど応力度の低下は抑えられる。(2) 応力度下降域は式(1)で表される3次の分数関数でよく近似できる。

(3) 今後は安定応力度 σ_{st} を定量化していく必要がある。

参考文献

1) Hoshikuma, J. et al: Stress-Strain Model for Confined Reinforced Concrete in Bridge Piers, J. Struct. Engrg, ASCE, Vol. 123, No. 5, pp. 624-633, 1997



(a) S1 ($s=120\text{mm}$) (b) D1 ($s=240\text{mm}$)

写真-1 コアコンクリートの損傷の様子 ($\rho_s=0.57\%$)

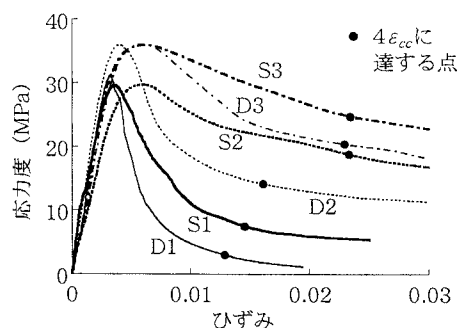


図-2 応力度～ひずみ関係

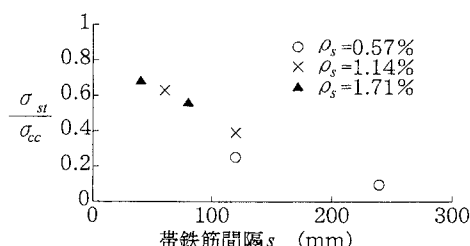
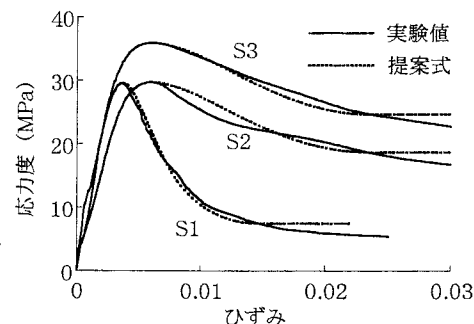
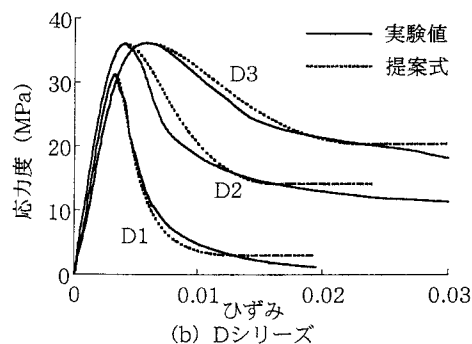


図-3 $s \sim \sigma_{st}/\sigma_{cc}$ の関係



(a) Sシリーズ



(b) Dシリーズ

図-4 提案式による応力度～ひずみ関係と実験結果の比較