

V-17 鉄筋による拘束を受けるコンクリートの応力-ひずみ挙動

北海道大学工学部 正 員 志村 和紀
北海道大学工学部 学生員○今野 貢
北海道大学工学部 正 員 佐伯 昇
北海道大学工学部 正 員 藤田 嘉夫

1. まえがき

鉄筋コンクリート部材の帯鉄筋およびスターラップなどは、圧縮部コンクリートを横拘束し、耐力および靱性に対して顕著な効果があることが知られている。この拘束コンクリートの応力-ひずみ曲線は、多くの研究者が提案しているが、これらはおもに柱を対象にしたものであり、軸力レベルが低く横拘束筋量の少ないはり部材においては異なった性状となることが考えられる¹⁾。また、現在のコンクリート標準示方書のはりの設計においては、横拘束による効果は考慮されていない。

そこで、本研究では曲げを受けるはりのスターラップによる横拘束の影響を評価するため、はりを想定した配筋の供試体を用いてコンクリートの応力-ひずみ曲線を求めることを目的とした。

2. 実験方法

実験に使用したコンクリートは早強ポルトランドセメントを用いたAEコンクリートとし、材令を14日、鉄筋は異形棒鋼とし、軸鉄筋はD10,D13,D16を、帯鉄筋としてはD6,D10を用いた。

供試体の形状および寸法は図-1(a)に示し、供試体諸元は表-1に示した。帯鉄筋の形状としては図-1(b)のType(A),(B)の2種類である。実験方法は、図-1(a)の供試体の上下15cmを補強し、その間30cmを測定領域とし、静的20t載荷装置によって軸方向荷重を作用させた。また、帯鉄筋のひずみはデジタルひずみ測定器(UCAM)によって記録し、供試体の軸方向変位は四面に変位計(TCL)を設置し測定した。

3. 実験結果と考察

コアコンクリートの応力は、軸鉄筋の受け持つ力とかぶりコンクリートの受け持つ力を荷重から引く事で求めることができる。そこで、軸鉄筋の力はTCLによる軸方向ひずみと鉄筋の圧縮試験による応力-ひずみ曲線(図-2)から求め、かぶりコンクリートの応力-ひずみ曲線はひずみが0.002の時に最大値を示す2次放物線とし、ひずみが0.0035 から応力を0とした。図-3に供試体NO.1の実験値

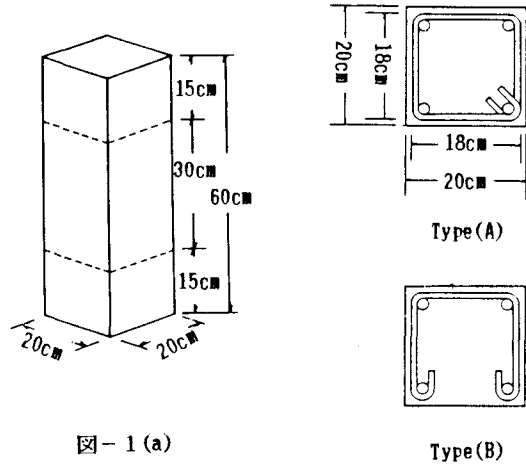


図-1(a)
供試体形状・寸法

表-1 供試体諸元

供試体 Specimen (TYPE)	軸鉄筋			鉄筋				$\frac{A_{core}}{A_g}$
	使用鉄筋	降伏点 (kgf/cm ²) (Npa)	鉄筋量 (%)	使用鉄筋	降伏点 (kgf/cm ²) (Npa)	体積鉄筋比 (%)	鉄筋間隔 (cm)	
NO.1(A)	D13	430.4 421.7	.0127	-	-	-	-	0.65
NO.2(A)	D13	430.4 421.7	.0127	D10	403.2 395.1	.0234	8	0.65
NO.3(A)	D13	430.4 421.7	.0127	D10	403.2 395.1	.0125	15	0.65
NO.4(A)	D16	413.9 405.6	.0199	D10	403.2 395.1	.0234	8	0.65
NO.5(A)	D10	378.7 371.1	.0071	D10	403.2 395.1	.0234	8	0.65
NO.6(A)	D13	430.4 421.7	.0127	D6	300.5 295.5	.0052	15	0.70
NO.7(B)	D13	430.4 421.7	.0127	D10	403.2 395.1	.0176	8	0.65
NO.8(B)	D13	430.4 421.7	.0127	D10	403.2 395.1	.0094	15	0.65

図-1(b)帯鉄筋形状

(Acore: コア断面)
(Ag: 全断面)

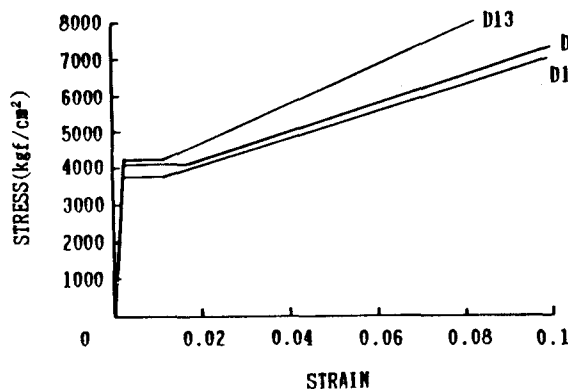


図-2 鉄筋の圧縮試験における
応力-ひずみ曲線

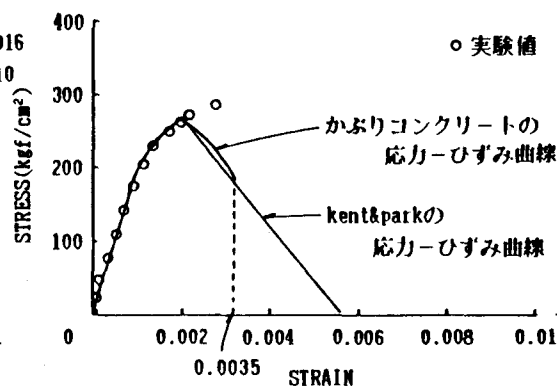


図-3 かぶりコンクリートの応力-ひずみ曲線
(NO.1より)

、かぶりコンクリートの応力-ひずみ曲線およびmodified Kent&Park²⁾の応力-ひずみ曲線を示した。帯鉄筋の拘束によってコアコンクリートの強度 $f'_{c,max}$ はコンクリートの圧縮強度 f'_c を上回る。この比を強度増加率 K_s とし、実験結果を整理したものを表-2に示す。

1) 帯鉄筋形状による拘束効果

表-2から、帯鉄筋形状Type(A)のNO.2,3,4,5において $K_s > 1$ となり、拘束効果が認められたがType(B)のNO.7,8は $K_s \approx 1$ であり、強度増加は認められなかった。図-4にType(B)の供試体NO.7とNO.8のコンクリートの応力-ひずみ関係を示したが、いずれも最大応力を示した直後、急激な応力の降下が見られ、靱性の改善は認められなかった。従って、帯鉄筋形状がU字のType(B)の場合には拘束効果は無いと考えられる。

表-2 帯鉄筋の拘束による強度増加率

供試体 Specimen (TYPE)	コンクリートの 圧縮強度 f'_c (kgf/cm ²) (Npa)	最大コアコン クリート応力 $f'_{c,max}$ (kgf/cm ²) (Npa)	最大応力の コンクリート ひずみ (%)	$\rho_s \cdot f_{yk}$ f'_c 鉄筋の降伏点	$K = 1 +$ $\rho_s \cdot f_{yk}$ f'_c	$K_s =$ $f'_{c,max}$ f'_c
NO.1(A)	266 26.0	287 28.1	0.276	0	1	1.081
NO.2(A)	266 26.0	322 31.6	0.235	0.352	1.352	1.214
NO.3(A)	250 24.5	278 27.2	0.493	0.201	1.201	1.109
NO.4(A)	271 26.6	353 34.6	0.362	0.348	1.348	1.304
NO.5(A)	271 26.6	378 37.0	0.390	0.348	1.348	1.384
NO.6(A)	318 31.3	288 28.2	0.223	0.048	1.048	0.907
NO.7(B)	283 27.7	247 24.2	0.173	0.251	1.251	0.873
NO.8(B)	283 27.7	256 25.1	0.186	0.134	1.134	0.904

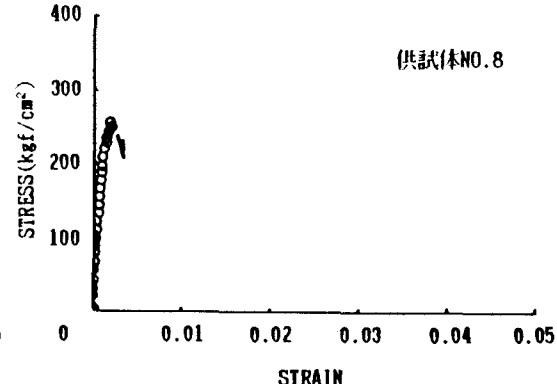
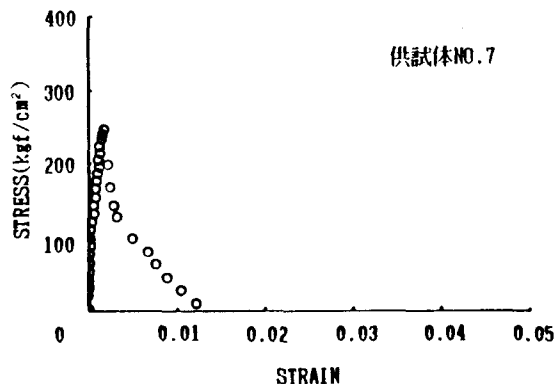


図-4 帯鉄筋形状Type(B)の応力-ひずみ曲線

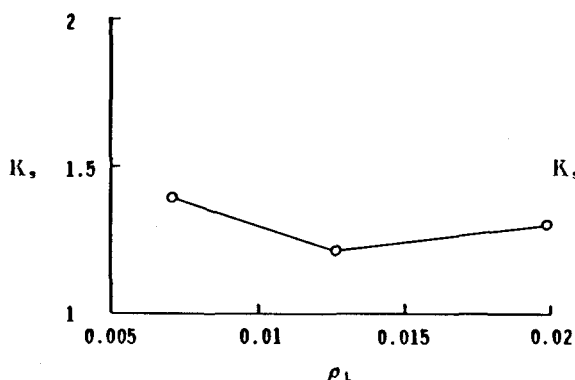


図-5 K_s と軸鉄筋量 ρ_L の関係

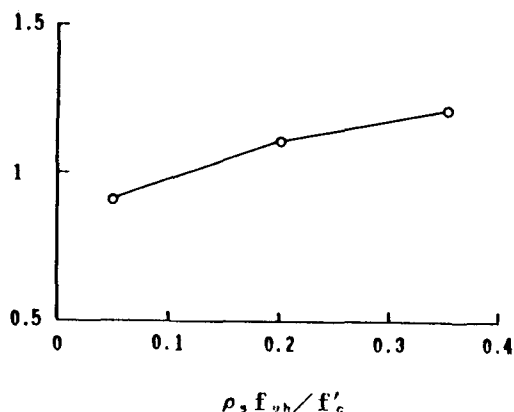


図-6 K_s と $\rho_s f_{vh}/f'_c$ の関係

2) 軸鉄筋量と帯鉄筋が K_s に及ぼす影響

図-5は K_s と軸鉄筋量 ρ_L の関係を示したものであるが、この図からは軸鉄筋量による拘束効果は、明確に表れなかった。

図-6に K_s と $\rho_s f_{vh}/f'_c$ の関係を示した。これによれば K_s と $\rho_s f_{vh}/f'_c$ の間には正の相関があり、

$$K_s = 1 + 0.6 (\rho_s f_{vh}/f'_c) \dots \dots \dots (1)$$

を得た。

これより、ascending branchの応力-ひずみ関係として、

$$\sigma_c = K_s f'_c \left[\frac{2 \varepsilon_c}{0.002 K_s} - \left(\frac{\varepsilon_c}{0.002 K_s} \right)^2 \right] \dots \dots \dots (2)$$

となる。

descending branchについては実験結果から ε の一次式と考え、応力が0になる終局ひずみ ε_{c0} を求める。図-7はこの終局ひずみ ε_{c0} に対する $\rho_s f_{vh}/f'_c$ の影響を示したものであり、

$$\varepsilon_{c0} = 0.088 (\rho_s f_{vh}/f'_c) \dots \dots \dots (3)$$

を得た。

図-8に、実験値と提案式による拘束コンクリートの応力-ひずみ曲線を示した。○印が実験値、破線がmodified Kent&Park式による曲線、実線が本研究における提案式によるものである。これによれば、modified Kent&Park式による拘束コンクリート強度 $K f'_c$ は実際のコアコンクリートの強度 $f'_{c,max}$ よりも大きな値を示し、descending branchにおいても同様に大きくなる傾向があり、本研究のように、帯鉄筋量が少ない場合の拘束効果は通常の柱部材に比べて小さいと考えられる。

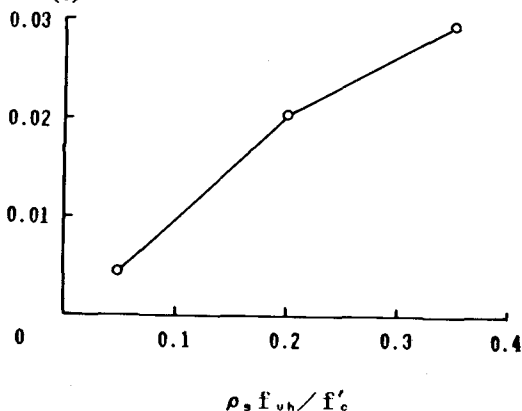
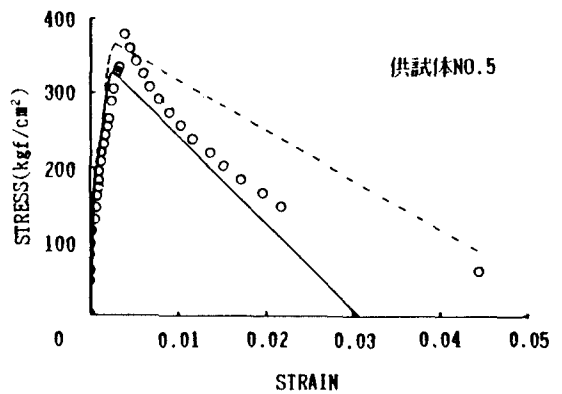
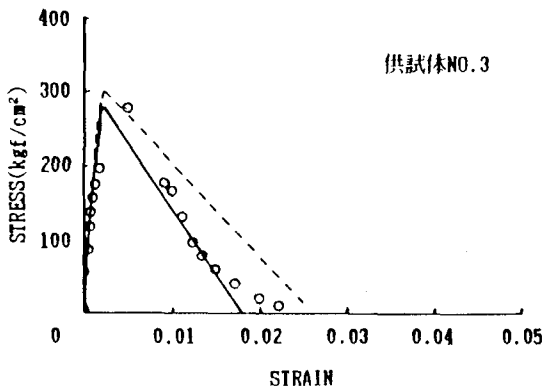
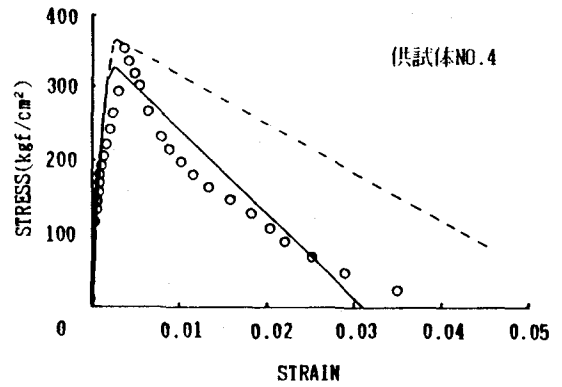
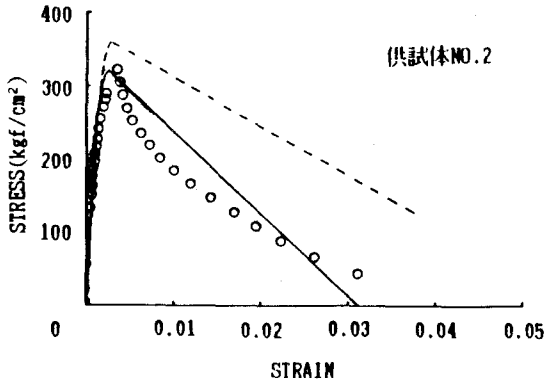


図-7 ε_{c0} と $\rho_s f_{vh}/f'_c$ の関係



4. まとめ

- 1) 軸鉄筋量による拘束効果については明らかな影響はみられない。
- 2) 軸力レベルが低く、拘束筋量が少ない場合、 $K_s = 1 + 0.6 (\rho_s f_{vh} / f'_c)$ により、強度を得ることができる。
- 3) 帯鉄筋形状による拘束効果について、形状がU字型の帯鉄筋においては拘束効果は無いものと考えられる。
- 4) descending branchは、拘束筋量が少ない場合、終局ひずみ $\epsilon_{cs} = 0.088 (\rho_s f_{vh} / f'_c)$ で与えられる。

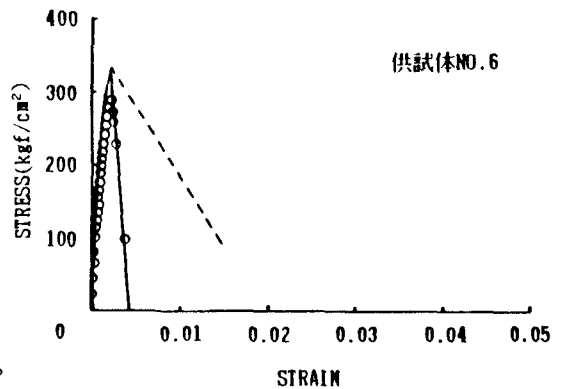


図-8 拘束コンクリートの応力-ひずみ曲線

参考文献

- 1) 志村、佐伯、藤田, "鉄筋コンクリート部材の非線形解析のためのモデル化について", 土木学会北海道支部論文報告集, 第43号, 1987
- 2) Park, R., Priestly, M.J.N., Gill, W.D., "DUCTILITY OF SQUARE-CONFINED CONCRETE COLUMNS", Journal of the structural Division, ASCE, Vol.108, No. ST4, April, 1982