

V-55 普通強度から高強度構成材料までを用いた RC 円柱の一軸圧縮実験

東北大学 学生会員 ○阿部論史 前田製管(株) 正会員 前田直己
 東北大学大学院 学生会員 崔松涛, 佐々木敏幸, 渡邊正俊
 東北大学大学院 正会員 秋山充良 東北大学大学院 フェロー 鈴木基行

1. はじめに

圧縮強度が 100N/mm^2 を超えたコンクリート，および降伏強度が 1000N/mm^2 以上の鉄筋を用いた RC 部材の土木分野での実用化を目指し，著者らは，コンクリート圧縮強度が約 $40\sim 130\text{N/mm}^2$ ，横拘束筋降伏強度が約 $300\sim 1450\text{N/mm}^2$ ，横拘束筋体積比が 2.2% までの範囲にある正方形断面を有する RC 柱(全 48 体)の一軸圧縮実験を行い，そのコンファインドコンクリートの平均化応力-ひずみ関係を提案した¹⁾。しかし，コンファインド効果や最大荷重後にひずみが局所化する破壊領域の長さなどに与える供試体寸法や断面形状の影響が評価できず，今後の課題とされてきた。

そこで，本研究では，コンクリート圧縮強度が $34.1\sim 121\text{N/mm}^2$ ，横拘束筋降伏強度が $404\sim 1413\text{N/mm}^2$ ，横拘束筋体積比が 2.05% までの範囲にある円形断面を有する RC 柱(全 33 体，形状(直径 $300\text{mm}\times$ 高さ 900mm))の一軸圧縮実験を行い，その破壊性状と各実験因子のコンファインド効果に及ぼす影響を考察する。

2. 実験概要

供試体諸元の一覧を表-1 に，また供試体配筋図の一例を図-1 に示す。供試体の破壊が柱脚部と試験機との拘束部付近に集中することを避けるため，供試体の上下端の約 $0.3D$ (D : 直径)の範囲($75\sim 100\text{mm}$)では横拘束筋を密に配筋した。実験因子は，コンクリート圧縮強度 σ'_c ，横拘束筋体積比 ρ_s ，横拘束筋降伏強度 f_{sy} および横拘束筋拘束形状である。また，最大荷重後にひずみが増加する破壊領域を測定するため，図-1 に示されるように， 5cm 毎にひずみゲージを貼付した異形角型アクリル棒²⁾を断面中央部に埋め込み，供試体高さ方向の局所ひずみ（部材軸方向 5cm 間の平均ひずみ）を測定した。なお，全ての局所ひずみを積分して得られる変位は，変位計により測定される供試体全長変位に概ね一致することを確認している。

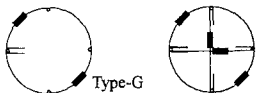
3. 実験結果

3.1 各実験因子がコンファインド効果に及ぼす影響

横拘束筋体積比が約 2.0% であり，コンクリート圧縮強度と横拘束筋降伏強度が異なる RC 柱の一軸圧縮実験の結果を図-2 に示す。拘束形状は全て表-1 に示す Type-G である。縦軸の軸応力は，軸方向鉄筋の荷重負担分を無視し，かぶりコンクリートは無拘束供試体の挙動に一致すると仮定して求めた圧縮荷重をコア断面積で除した値である。横軸は，供試体 4 側面の変位計から得られた供試体全長変位の平均値を供試体高さで除した平均ひずみである。図-2 より，横拘束筋を高強度化することで，圧縮強度，圧縮強度発現時のひずみ，および圧縮強度後の下降勾配の改善が確認される。他の実験結果も含め，横拘束筋体積比などが同じ値でも，RC 円柱は角柱に比べ高いコンファインド効果が得られた。しかし，RC 円柱では，

表-1 供試体諸元一覧(全 33 体)

σ'_c (N/mm^2)	ρ_s (%)	f_{sy} (N/mm^2)	拘束形状 ^{注1)}
34.1 65.3 121, 112	0.0	—	無拘束 ^{注2)}
	0.54~0.57	1413	Type-G, GH
	0.91~0.97	975	Type-G
		1413	Type-G, GH
	1.81~2.05	404	Type-G, GH
		975	Type-G
		1413	Type-G, GH

注1)  ひずみゲージ

注2) 横拘束筋を持たない無拘束供試体を圧縮強度毎に 2 体作製している。

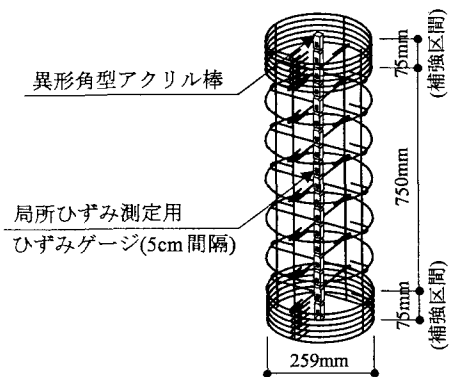


図-1 供試体配筋の一例

受動的な高い横拘束圧が作用する結果として、早期に横拘束筋の破断が生じ、一部の供試体で脆性的な破壊を呈した。この破断現象の解釈については、今後、詳細な検討が必要である。

図-3は、図-2と同様にして求めた平均化応力-ひずみ関係である。図-3は、横拘束筋体積比がほぼ等しく($\rho_s \approx 1.0\%, 2.0\%$), f_{gy} が全て 1413N/mm^2 の供試体の実験結果であり、横拘束筋拘束形状の違いが平均化応力-ひずみ関係に及ぼす影響を示している。RC角柱では、同じ横拘束筋体積比であっても、中間帯鉄筋が存在する供試体は、外周帯鉄筋のみを有する供試体よりも高いコンファインド効果が得られたのに対し、円柱の場合、中間帯鉄筋の影響は観察されず、横拘束筋体積比が同じであれば、ほぼ等しいコンファインド効果が発揮されることが確認される。

3.2 破壊領域長さ

本実験では、図-1の異型角型アクリル棒を用いて局所ひずみの計測を行っている。ここでは、無拘束供試体の圧縮強度発現時ひずみの3倍以上に局所ひずみが増加した領域を破壊領域と定義した。定義するにあたり以下の2点に配慮した。(i)破壊領域内で吸収される圧縮破壊エネルギー³⁾と、応力-全長変位関係から求められる圧縮破壊エネルギーの差を可能な限り小さくする、および(ii)破壊領域と実験時に観察される供試体の損傷領域との整合性を持たせる、ことである。破壊領域長さを算定した結果の一例を図-4に示す。コンクリート圧縮強度が小さく、横拘束筋体積比が大きいほど、破壊領域長さは大きくなる傾向が見られた。これは、図-3でコンクリート圧縮強度が小さく、横拘束筋体積比が大きいほど、コンファインド効果が大きくなる、という結果に対応している。すなわち、破壊領域長さが大きい供試体は、圧縮強度発現後の軟化勾配が緩やかになっているのに対し、破壊領域長さが小さい供試体は、局所的に破壊が進展し、脆性的に耐力を失っている。

4. まとめ

コンクリート圧縮強度 $34.1 \sim 121\text{N/mm}^2$ 、横拘束筋降伏強度 $404 \sim 1413\text{N/mm}^2$ の材料を使用し、横拘束筋体積比が $0.54 \sim 2.05\%$ で、円形断面を有するRC柱の一軸圧縮実験を行った。その結果、(i)横拘束筋体積比が大きい範囲において、横拘束筋の高強度化はコンファインド効果の改善につながる、(ii)横拘束筋体積比が同じ供試体では、中間帯鉄筋の存在の有無に関わらず、概ね等しい平均化応力-ひずみ関係が得られる、(iii)コンクリート圧縮強度が小さく、横拘束筋体積比が大きいほど、破壊領域長さは大きくなる、ことを確認した。これらの一軸圧縮実験の結果に基づき提案したコンファインドコンクリートの平均化応力-ひずみ関係は参考文献3)に示されている。

参考文献

- 1) 秋山充良, 洪起男, 鈴木将, 佐々木敏幸, 前田直己, 鈴木基行: 普通強度から高強度までの構成材料を用いたRC柱の一軸圧縮実験と圧縮破壊エネルギーを介したコンファインドコンクリートの平均化応力-ひずみ関係, 土木学会論文集, (2005年5月号掲載, 印刷中)。
- 2) Nakamura, H. and Higai, T.: Compressive Fracture Energy and Fracture Zone Length of Concrete, JCI-C51E, Vol.2, pp.259-272, 1999.
- 3) 崔松涛, 秋山充良, 前田直己, 鈴木基行: 圧縮破壊エネルギーを介したコンファインド高強度コンクリートの平均化応力-ひずみ関係, 土木学会東北支部技術研究発表会, 2005.

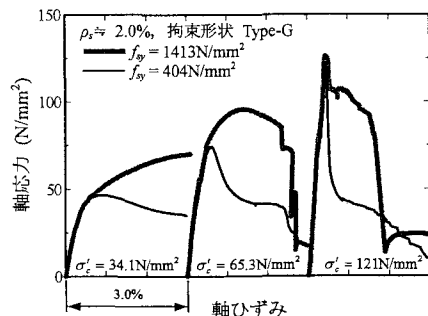


図-2 横拘束筋降伏強度の影響

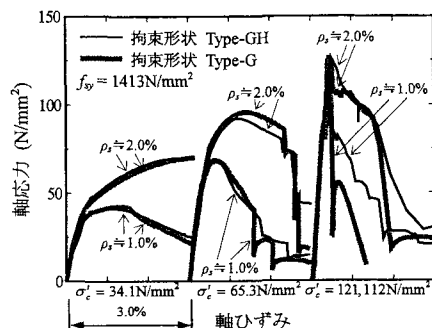


図-3 横拘束筋拘束形状の影響

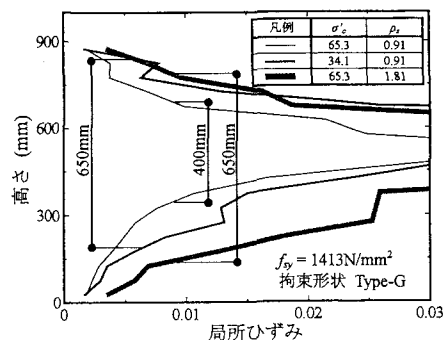


図-4 軸方向ひずみ分布の比較