

V-414

高強度鋼材を柱筋に用いたRC柱部材の破壊性状

鹿島技術研究所 正会員○増川 淳二、正会員 須田久美子
同 上 正会員 村山八洲雄、正会員 一宮 利通

1 はじめに

RC高橋脚部材などにおいては、施工の省力化を図るため、高強度コンクリート（設計基準強度800kgf/cm²級）と高強度鋼材（引張強度10000kgf/cm²級）を使用した高強度鉄筋コンクリート（以下高強度RCと略記）橋脚の有効利用が考えられる。高強度鋼材は、普通強度鉄筋と比べて鋼材の破断伸びが小さいこと、降伏比（＝降伏強度／引張強度）が高いこと、降伏棚の有るものと無いものがあることなどから、普通強度鉄筋を用いたときに見られるようなかぶりコンクリートの剥離に伴う柱筋の座屈だけではなく、鉄筋の破断で終局が決定されることも予想される。そこで、降伏棚の有無の影響を見るために、降伏比のほぼ等しい異形PC鋼棒に似た機械的性質を持つ鋼材を用いた高強度RCと高強度鉄筋を用いた高強度RCの試験体による交番載荷加力実験を実施し、また、降伏比の違いが破壊モードに及ぼす影響を検討するために解析を行う。

2 実験概要

実験では、柱筋にφ6インデント付き高強度鉄筋を用いたNo.1試験体（降伏比＝0.84）と、SD785D10高強度鉄筋を用いたNo.2試験体（降伏比＝0.83）の2体を使用した。それぞれの鋼材の応力－ひずみ関係と材料特性を図－1と表－1に、試験体の諸元を図－2に示す。コンクリートには高流動性モルタル（Gmax＝5mm、実験時圧縮強度No.1 603kgf/cm²、No.2 930kgf/cm²）を用いた。柱筋比は2.6%、帯筋には3mm異形鉄筋（ $\sigma_y=3,364\text{kgf/cm}^2$ 、 $\sigma_u=4,349\text{kgf/cm}^2$ ）を45mmピッチ（帯筋比0.16%）で配筋し、柱基部1d区間は帯筋量を2倍にした。

加力は6自由度加力装置を用いて行い、軸応力度20kgf/cm²、せん断スパン比5で、 ϕy （計算上の降伏曲げモーメント時の柱基部1.5d区間の平均曲率）の整数倍の変位制御で3回ずつ繰り返しながら交番載荷した。

3 実験結果・解析

図－3に各試験体のM－ ϕ 関係を示す。No.1試験体は、 $-3\phi y \sim -4\phi y$ （ $1\phi y=22 \times 10^{-6}/\text{mm}$ ）にかけて引張側の鉄筋が柱最下端で破断して終局（耐力が降伏荷重を下回った点を終局とした）に達した（靱性率4.8）のに対し、No.2試験体は、 $+6\phi y \sim +7\phi y$ （ $1\phi y=16 \times 10^{-6}/\text{mm}$ ）で圧縮側の鉄筋が座屈して終局に達し（靱性率7.0）、異なる破壊モードとなった。ただし、靱性率には差があるものの、No.1試験体は、鋼材の降伏点を0.2%残留ひずみ点としているため降伏ひずみがNo.2試験体の鋼材と比べて大きいことなどから、 $1\phi y$ の値がNo.1の方が大きく、曲率の絶対値で見ると両者に大きな差は見られない。引張鉄筋比としてはNo.2がNo.1の1.35倍あるために、部材耐力がNo.2の方が高くなっていることを考慮に入ると、吸収エネルギーの面でも大きな差はない。

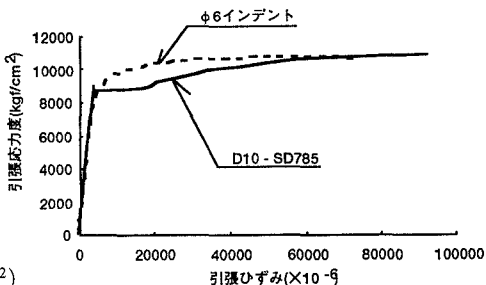


図-1 高強度鋼材の応力ひずみ関係

表-1 鋼材の材料特性

	降伏強度 (kgf/cm ²)	引張強度 (kgf/cm ²)	伸び
φ6 インデント	8600	10295	12%
SD785D10	8832	10696	14%

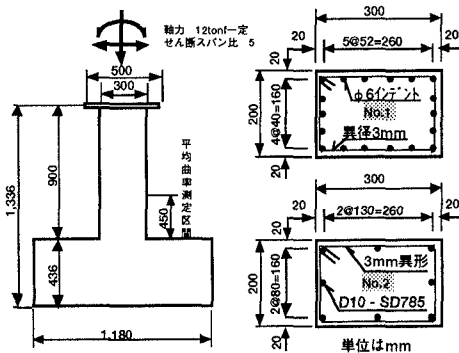


図-2 試験体の諸元

降伏比がほぼ同じで降伏棚の無い鋼材を用いたNo.1が鉄筋の破断で、降伏棚の有る鋼材を用いたNo.2が鉄筋の座屈で終局が決定されたが、これは図-1でNo.1の鋼材には降伏棚がないため、降伏後も 1000kgf/cm^2 まで引張応力度が急勾配で上昇し、その後の勾配が非常に緩やかとなるため、実質的には降伏比が高いことと同じになるからであると考えられる。

そこで、降伏比の違いが破壊モードに及ぼす影響を検討するために、降伏比を変化させて、柱基部1.5d区間の平均曲率と柱最下端の曲率の関係を解析した。

断面はNo.2試験体を対象にし、降伏強度を同一にして引張強度を変化させることにより、降伏比が0.75、0.83、0.9の鉄筋を想定してファイバーモデルにより単調載荷時の $M-\phi$ 関係を解析した。鉄筋の応力-ひずみ関係には加藤モデル^[1]を、コンクリートにはKent-Parkモデル^[2]を適用した。降伏比が0.83の時の $M-\phi$ 関係を図-4に示す。柱に作用するモーメントは柱最下端からの高さに比例し、図-4より各モーメントに対する曲率 ϕ がわかるので、柱基部1.5d区間の平均曲率が計算できる。柱最下端に作用するモーメントを変化させ、以上の方法により求めた柱基部1.5d区間の平均曲率と柱最下端の曲率の関係を図-5に示す。図-5より、降伏比が高いものほど同じ平均曲率での柱最下端部の曲率が大きく、その差は平均曲率が大きくなるにつれてますます大きくなっていくことがわかる。すなわち、降伏比が高くなるほど、平均曲率が大きくなるにつれて柱基部に変形が集中し、塑性ヒンジ部の長さが短くなるので、部材の終局が柱筋の座屈よりも先に柱筋の破断で決まる可能性が出てくると考えられる。

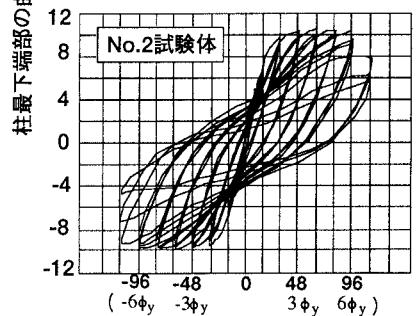
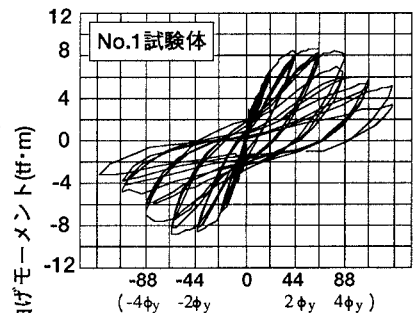
したがって、降伏比の高い鋼材を柱筋に用いたNo.1, No.2試験体は、両者とも柱基部に変形が集中する傾向があり、それに降伏棚の有無や鋼材の材質、伸びの違いなどが影響して破壊モードが異なつたと考えられる。

4 おわりに

高強度鋼材を柱筋に用いた際の部材の破壊モードを実験および解析により確認できた。しかし、柱筋の材料特性がRC部材の破壊モードに及ぼす影響は、対象とする部材の柱筋比や帯筋比等の違いによっても異なるので、適用構造物に応じて、どの程度の高強度鋼材を使用するのが最適であるかは、今後検討していく必要がある。

参考文献

- [1] Kato B., Akiyama H. & Yamanouchi Y. : Predictable Properties of Materials under Incremental Cyclic Loading, IABSE Reports Vol.13, Lisbon 1973, pp.119-124
- [2] D. C. Kent, R. Park : Cyclic Load Behaviour of Reinforcing Steel, Strain July 1973



柱基部1.5d区間の平均曲率($\times 10^{-6}/\text{mm}$)

図-3 各試験体の $M-\phi$ 関係

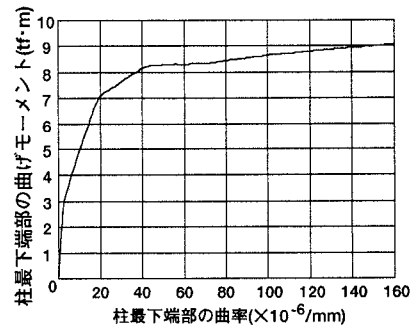


図-4 $M-\phi$ 計算結果（降伏率=0.83）

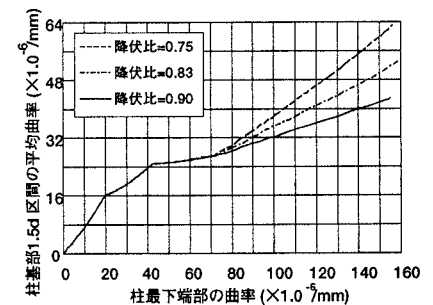


図-5 平均曲率と柱最下端部の曲率の関係