

V-461

超高強度材料を用いた RC ばりの曲げ挙動 に関する基礎的研究

静岡県庁¹ 正会員 山下 大介
東北大学¹ 正会員 鈴木 基行
東北大学 正会員 藤原 稔

1. まえがき

近年、超高強度コンクリートおよび超高強度鉄筋の研究・開発が行われ実用化されつつある。これら超高強度材料を用いた構造部材は破壊が脆性的になるため靱性確保が重要な問題になってくる。特に、超高強度鉄筋は、一般に使われている普通強度鉄筋に比べ、伸び能力が小さく、降伏比が高いのが現状であり、このような鉄筋を引張鉄筋として使用した場合には鉄筋が破断してしまう恐れがある。そのため、鉄筋の σ - ϵ 関係が RC 構造部材の力学的特性にどのような影響を与えるかを把握しておく必要がある。一方、超高強度 RC 部材の靱性確保に関しては近年の研究によりコンクリートを横補強筋により拘束するのが有効であると知られている。

そこで、本研究では、超高強度材料およびコンファインドコンクリートを用いた RC ばりに関して、引張鉄筋の材料特性（降伏比、伸び能力、引張鉄筋比）が曲げを受ける RC ばりの力学的特性へ及ぼす影響を有限要素法（FEM）を用いて解析的に調べ、曲げ耐力および靱性能の改善効果を検討することにより、今後、超高強度鉄筋として使用するに望ましい鉄筋を開発していくための基礎的な資料を得ることを目的としている。

2. 解析方法

本研究では、構造解析ソフト MARC を使い、3次元 FEM による解析を行った。モデル試験体は対称性を考慮して 1/2 モデルとし、各要素を図-1に示すように分割した。載荷方法は加力点に変位増分を与える変位制御とした。コンクリートの σ - ϵ 関係は CEB の提案式¹⁾を適用した。また、コンファインドコンクリートの σ - ϵ 関係は New RC 総プロの提案式²⁾を適用した。コンクリートは圧縮強度を 120N/mm^2 、引張強度を 8.1N/mm^2 、最大応力時の圧縮ひずみを 3000μ 、終局圧縮ひずみを 3300μ とし、コンファインドコンクリートの横補強筋は体積比 ρ_h を 0、1、3、6、8% と変化させた（図-2）。

鉄筋の σ - ϵ 関係は 4 直線（図-3）にモデル化した。鉄筋降伏強度は 720N/mm^2 で一定とし、伸び能力 ϵ を 8、16、24%、降伏比 r （=降伏強度/引張強度）を 0.6、0.8、1.0 に設定した。

3. 解析結果

(1) 伸び能力および引張鉄筋比の影響

図-4は、引張鉄筋比 ρ を変化させたときの RC 部材の荷重 P —たわみ δ 関係（荷重ははりに載荷された荷重 P 、たわみはスパン中央での値 δ ）を表したものである。

ここで、図中の記号は次の意味を持つ。

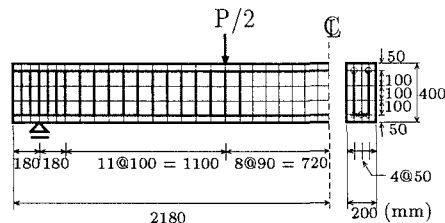


図-1 解析モデル

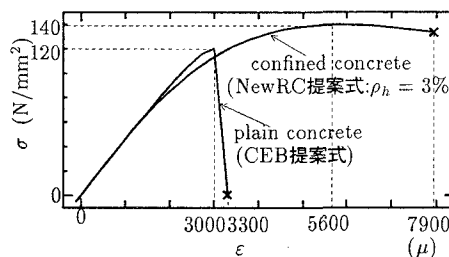


図-2 コンクリートの材料特性

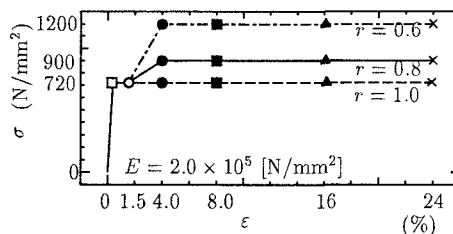


図-3 鉄筋の材料特性

Key Words: 超高強度コンクリート, 超高強度鉄筋, 降伏比, 伸び能力, コンファインドコンクリート

¹ 〒420 静岡県静岡市追手町9-6 TEL 054-221-2111

² 〒980-77 仙台市青葉区荒巻字青葉 東北大学工学部土木工学科構造設計学研究室 TEL 022-217-7449 FAX 022-217-7448

- : 初期ひびわれ点
- : 鉄筋降伏点 ($\epsilon = 3600\mu$)
- △ : 鉄筋ひずみ硬化開始点 ($\epsilon = 15000\mu$)
- : 鉄筋最大応力点 ($\epsilon = 40000\mu$)
- : 鉄筋ひずみ8%点 ($\epsilon = 80000\mu$)
- × : コンクリート圧壊点 ($\epsilon'_{cu} = 3300\mu$)
- () の値 : コンクリート圧壊による部材終局時の引張鉄筋のひずみ

この図より、曲げ耐力は ρ が大きくなるほど大きくなり、逆に、靱性率は ρ が小さくなるほど大きくなるのが分かる。 ρ が0.54%の場合には、部材終局時の鉄筋のひずみが11%と大きいので、伸び能力が16%、24%と比較的大きい場合には部材のP- δ 関係に影響が現れなかったが、伸び能力が8%と小さい場合には、コンクリートが圧壊する前に鉄筋が破断した。

(2) 降伏比の影響

図-5に引張鉄筋の降伏比 r を変化させたときのRC部材のP- δ 関係を示した。引張鉄筋比が大きいときにはそれほど降伏比の影響が現れなかったが、引張鉄筋比 ρ が0.54%と小さい場合には部材の変形が大きく降伏比が曲げ耐力に及ぼす影響が顕著に現れた。

(3) コンファインド効果

図-6より、横補強筋の体積比が1%のときはそれほど大きな靱性改善効果はみられないが、3%以上になると部材の靱性はかなり大きくなった。しかし、部材の変形が大きくなる分、鉄筋のひずみも大きく、最大で $2.2 \times 10^5 \mu$ まで達している。このため、鉄筋の伸び能力が小さい場合には鉄筋破断の危険性があることが分かった。

4. まとめ

本研究より次のような結論を得た。

1. 引張鉄筋比を小さくする場合、鉄筋の伸び能力が十分にあるときには部材の靱性が大きくなるが、鉄筋の伸び能力が小さい場合には、逆に、鉄筋の破断により急激な破壊をとまう可能性がある。
2. 降伏比が高い鉄筋を用いると、塑性変形後、鉄筋のひずみ硬化による曲げ耐力の向上がみられない。
3. コンクリートを高密度に拘束することにより、超高強度RC部材の靱性に関して、かなりの向上効果があるが、鉄筋の伸び能力も十分確保する必要がある。

参考文献

- 1) CEB : High Performance Concrete (Recommended Extensions to the Model Code 90), July, 1995
- 2) (財) 国土開発技術センター : 平成4年度 New RC 研究開発概要報告書, 1993.3

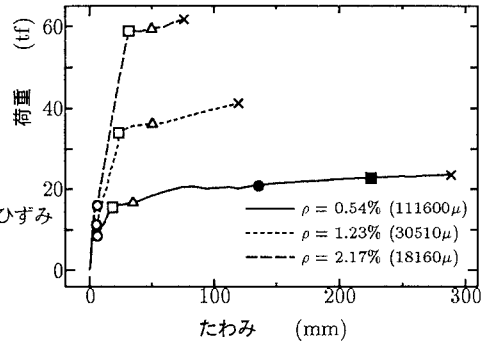


図-4 P- δ 関係（引張鉄筋比の影響 [$e = 24\%$, $r = 0.8$]

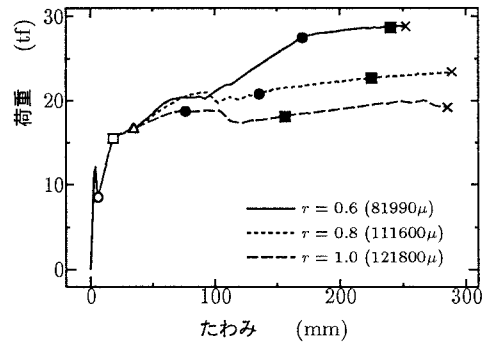


図-5 P- δ 関係（降伏比の影響 [$\rho = 0.54\%$]

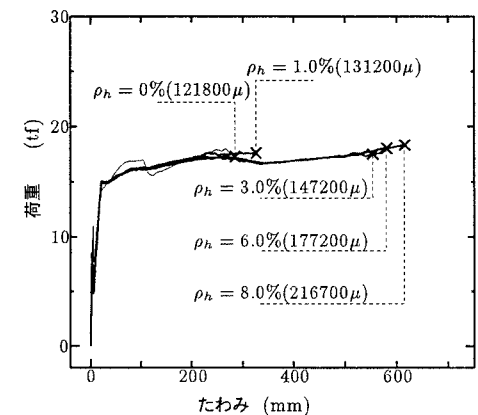


図-6 P- δ 関係（confined concrete [$e = 24\%$]