

超高強度材料を用いた RC ばりの曲げ挙動
に関する解析的研究

東北大学 学生員 ○山下 大介
東北大学 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、伸びが小さく、降伏比が高いのが現状であり、このような鉄筋の 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把握しておく必要がある。そこで、本研究では、超高強度材料を用いた RC ばりに関して、引張鉄筋の材料特性（降伏比、伸び、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した。

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。荷重方法は加力点に変位増分を与える変位制御とした。ここで、コンクリートには 8 節点ソリッド要素を、鉄筋には 2 節点トラス要素を用いた。

コンクリートの σ - ϵ 関係は CEB の提案式¹⁾ を適用した。コンクリートの圧縮強度を 120 (MPa)、引張強度を 5.8 (MPa)、最大応力時の圧縮ひずみを 3000 (μ)、終局圧縮ひずみを 3300 (μ) とし、本解析においてはコンクリートの各パラメータを一定とした（図-2）。

鉄筋の σ - ϵ 関係はトリリニア曲線（図-3）とし、解析パラメータの一覧を表-1 に示す。

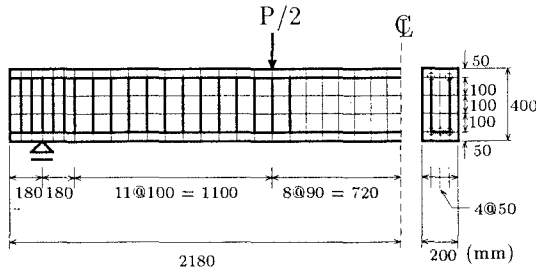


図-1 試験体のモデル化

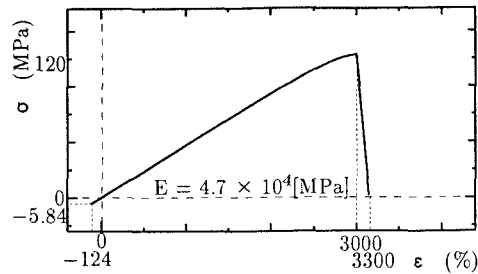


図-2 コンクリートの材料特性

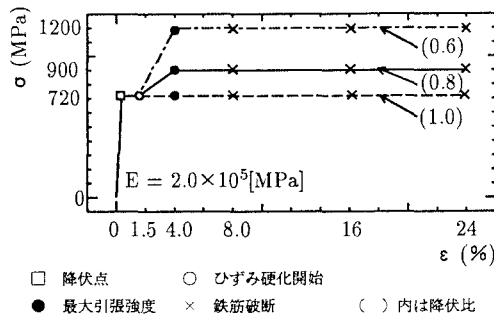


図-3 鉄筋の材料特性

表-1 解析パラメーター一覧	
コンクリート圧縮強度 f'_{ck} (MPa)	120
引張鉄筋	降伏強度 f_y (MPa)
	降伏比 r
	破断時伸び e (%)
	鉄筋比 p (%)
せん断区間	降伏強度 f_{wy} (MPa)
補強筋	鉄筋比 p_w (%)

3. 解析結果

(1) 伸びおよび引張鉄筋比の影響

図-4 は、引張鉄筋の伸びおよび引張鉄筋比を変化させたときの RC 部材の荷重-たわみ関係（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。図中の□○●は、図-3 における□○●に対応して

おり、引張鉄筋のひずみを表している。また、×は鉄筋破断あるいはコンクリート圧壊によるRC部材の終局を表しており、部材終局時の引張鉄筋の鉄筋のひずみを()内に示した。

この図より、曲げ耐力は引張鉄筋比が大きくなるほど大きくなり、逆に、靱性率は引張鉄筋比が小さくなるほど大きくなるのが分かる。

引張鉄筋比が 2.17%、1.23% のときは部材終局時の鉄筋のひずみは、それぞれ 1.8%、3% 程度であり、伸びを 8%、16%、24% と変えても、部材の荷重-たわみ関係には影響が現れなかった。

引張鉄筋比が 0.54% の場合には、部材終局時の鉄筋のひずみが 11% と大きいと、伸びが 16%、24% と比較的大きい場合には部材の荷重-たわみ関係に影響が現れなかったが、伸びが 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てしまっている。

伸びが十分に大きい場合には、引張鉄筋比を大きくし、靱性を確保することが可能であるが、伸びが小さい場合には引張鉄筋比を小さくすると鉄筋の破断が先行し、急激な耐力低下が起こる可能性がある。

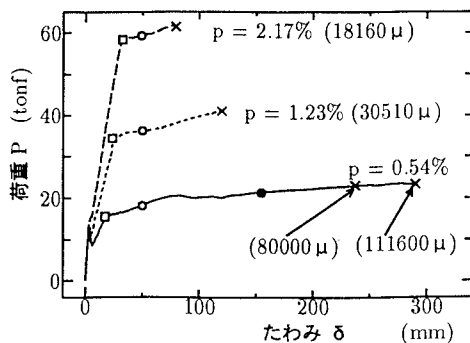
(2) 降伏比の影響

図-5、6 に引張鉄筋の降伏比 r を変化させたときの RC 部材の荷重-たわみ関係を示した。図-5 より、引張鉄筋比が 0.54% と小さい場合には降伏比が曲げ耐力に及ぼす影響が顕著に現れた。しかし、この影響は引張鉄筋比が大きくなるに従い小さくなり、引張鉄筋比が 2.17% のときにはほとんど影響が現れない(図-6)。これは、部材終局時の鉄筋のひずみ度が 2% 程度しか生じず、鉄筋がひずみ硬化を起こしてまもなくコンクリート圧壊により部材が終局を迎えているためである。

4. まとめ

本研究より次のような結論を得た。

1. 引張鉄筋比が小さい場合、靱性率は大きくなるが、鉄筋の伸びが十分に大きくないとコンクリートが破壊する前に鉄筋が破断してしまい、急激な耐力低下が起こる可能性がある。
2. 鉄筋の降伏比が曲げ耐力に及ぼす影響は引張鉄筋比が小さいほど顕著に現れるが、引張鉄筋比が大きい場合にはほとんど現れない。



() 内は部材降伏時の鉄筋のひずみ

図-4 伸びおよび引張鉄筋比の影響

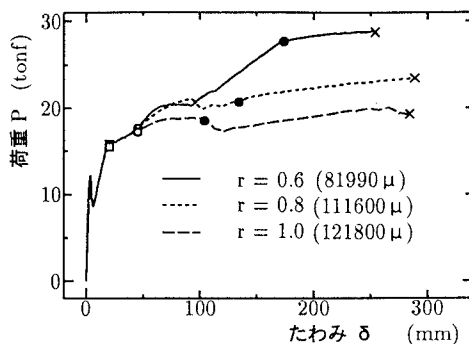


図-5 降伏比の影響 ($p = 0.54\%$)

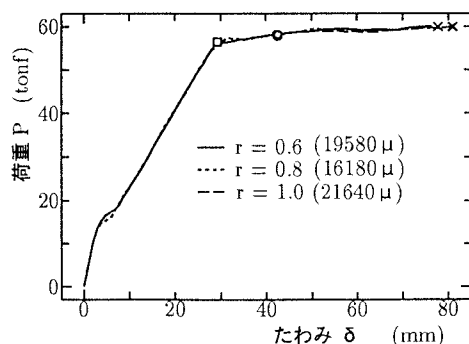


図-6 降伏比の影響 ($p = 2.17\%$)

参考文献

- 1) CEB : High Performance Concrete (Recommended Extensions to the Model Code 90), July, 1995