

異なる偏心量を有する高強度鋼材を用いた H 型断面柱の耐力に関する解析的研究

愛知工業大学 学生会員 ○小林 健哉 愛知工業大学 正会員 鈴木 森晶
 横河ブリッジ 正会員 川口 華穂 愛知工業大学 正会員 嶋口 儀之
 愛知工業大学 正会員 宗本 理

1. はじめに

橋梁の性能の向上を目的として、高強度鋼材 (SM570, SBHS 材等)が開発された。これらの鋼材は現在広く用いられている SM490 等と比較して強度が高いため、薄肉断面や細長い部材を用いても構造物に必要な強度が確保することが可能となる。また、薄肉断面や細長い部材を使用することで施工コストの削減、作業の効率化といったメリットもある。

しかし、SM570 や SBHS 材は、使用実績が少なく、最大荷重後の塑性域での挙動が不明確であるため、弾性設計しか許されていない。そのため高強度鋼材は限界状態 3 を考慮する耐震設計では主部材への使用は認められておらず、二次部材での使用のみ可能となっている。また、二次部材として使用する際にも高強度鋼材は普通鋼よりも厳しい制限が規定されており高強度鋼材が使用できる範囲は限定的となっているのが現状である^{1),2)}。

現在、対傾構のような二次部材の設計は地震荷重や座屈を考慮しない弾性設計が用いられているが、実構造の二次部材には微小な初期不整が少なからず存在し、部材端に曲げが発生する可能性がある。そのため、地震が発生した際に部材には軸力と曲げモーメントが同時に作用する状態となり、設計座屈荷重に達する前に座屈が生じる可能性があり、橋梁全体の耐力の急激な低下が懸念される。わが国では過去に発生した地震によって二次部材の座屈による損傷事例が報告されており、二次部材においても座屈を考慮した耐震設計が求められるようになった。

高強度鋼材を使用した既往の研究では、短柱や桁、普通鋼と組み合わせたハイブリッド構造を対象として行われてきたが、これらの研究は弾性域に着目したものがほとんどで、作用させる荷重も軸力のみま

たは曲げのみといった一軸載荷での研究となっている。そのため実物大の柱部材を対象に、最大荷重後の塑性域に着目した研究や軸力と曲げが同時に作用した二軸載荷時の研究は極めて少ない、従って高強度鋼材を耐震設計に用いるためのデータが不足しているのが現状である。

そこで本研究では、高強度鋼材の使用範囲の拡大を目的として、有限要素解析プログラム Abaqus を用いて実物大の柱部材を対象に、軸力と曲げモーメントが同時に作用する静的解析を行い、最大荷重後の挙動や耐力性能を調べ高強度鋼材が従来の設計基準に適用できるかどうかを検討する。

2. 解析対象

解析対象は、本研究室で実施した H 型断面柱の偏心圧縮実験に用いた供試体である。対象とした供試体の概要図を図-1 に示す。断面寸法は幅、高さ 200mm、フランジ厚 9mm、ウェブ厚 6mm とし、断面図の赤い線は荷重をかける箇所(軸)である。また、供試体の長さは実物大の柱を考慮し、細長比($=L/r$)が 40, 60, 80 となるように 2.0m, 3.0m, 4.0m となっている。

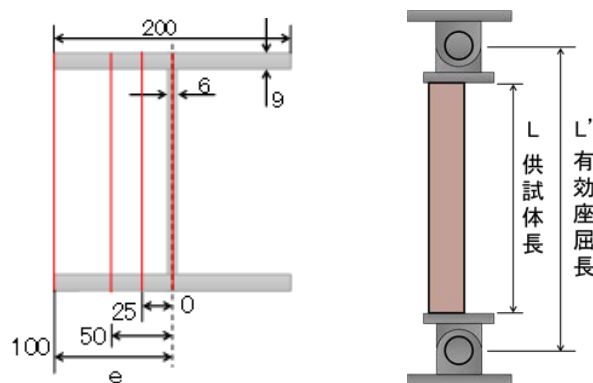


図-1 解析対象概要図

キーワード 高強度鋼材, 座屈, 限界状態 3, FEM, 境界条件, 耐震設計

連絡先 〒470-0392 愛知県豊田市八草町八千草 1247

愛知工業大学 TEL0565-48-0277

3. 解析概要

H 型断面柱のモデル化は等方硬化則を用いたシェル要素(S4R)を使用し, 座屈が発生したときに挙動が複雑になることを想定しフルモデルで作成した.

部材両端に参照点を設け, 参照点に強制変位 50mm を与え, 境界条件は弱軸周りの回転自由度以外を拘束した. 参照点とシェル要素の拘束には多点拘束の MPC 拘束を用いた.

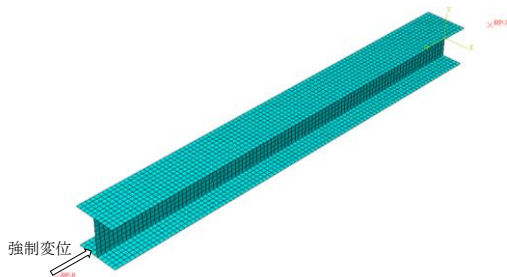


図-2 解析モデル

4. 解析結果

4.1 応力と細長比の関係

図-3 に応力-細長比関係を示す. 縦軸に最大応力 $\sigma_{\max}$ を降伏応力 σ_y で除して無次元化した値をとり, 横軸に細長比パラメータをとった. 中心軸圧縮での結果を見ると, いずれの鋼材でも基準耐力曲線を上回っており安全側であることが確認できた.

一方で曲げの影響を受けた場合では基準耐力曲線を下回った. これは, 基準耐力曲線が曲げの影響を考慮していないためである. しかし, 偏心量ごとのプロットを線で結ぶと基準耐力曲線と同じような傾向の曲線が引けることがわかる. また, 偏心量ごとの包絡線に着目すると材質に関係なく同じような勾配となっており, 曲げの影響が大きくなるほど勾配が緩やかになる傾向が見られた.

4.2 軸力と曲げモーメントの相関関係

図-4 に P-M 相関関係を示す. 縦軸に最大荷重 $P_{\max}$ を降伏荷重 P_y で除して無次元化した値をとり, 横軸に最大荷重時の曲げモーメント M を全塑性モーメント M_{pz} で除した値をとり, 丸は 4m, 四角は 3m, 三角は 2m を示している. 3m と 2m の中心軸圧縮では, いずれの材質も同じような値を示していることから, 高強度鋼材と SM490 は同等の性能を有していることがわかる. また, 偏心による曲げモーメントの影響が大きくなると解析結果は供試体の長さにかかわらず同等な値となった.

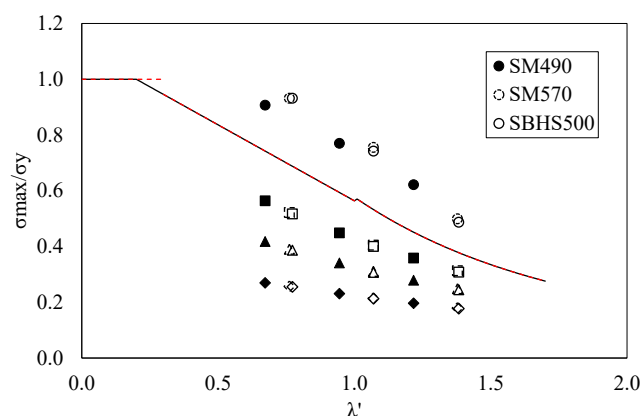


図-3 応力-細長比関係

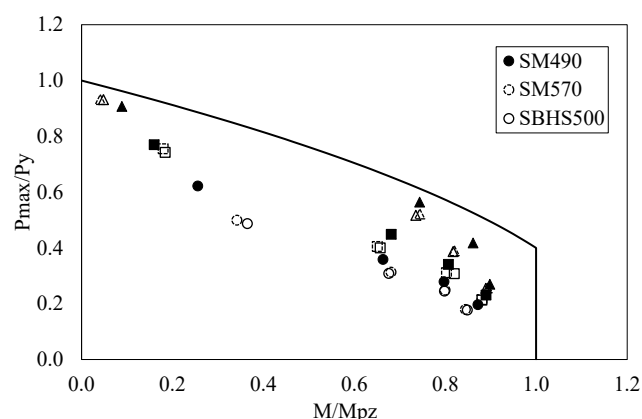


図-4 P-M 相関関係

5. おわりに

本研究では, 高強度鋼材を用いた柱部材に軸力と曲げモーメントを与え, 二軸の力が作用した際の柱部材の荷重値, 水平変位を測定し以下の結果を得た.

- 1) 中心軸圧縮の場合では, 現行の軸方向圧縮力を受ける部材に対する基準耐力曲線を上回っており, 安全側を示した.
- 2) 曲げモーメントの影響が大きくなると高強度鋼材は SM490 と同等の評価ができる.

参考文献

- 1) 公益社団法人 日本道路協会:道路橋示方書・同解説(V 耐震設計編), pp219-233, 2017
- 2) 公益社団法人 日本道路協会:道路橋示方書・同解説(II 鋼橋・鋼部材編), 2017