

L Y R 鋼の塑性挙動に関する基礎的研究

大阪大学 正 員 西村宜男

大阪大学 学生員 〇淵先弘一

1. まえがき

地震国である我が国では、構造物の靱性の確保が重要であるが従来の60キロ以上の高張力鋼は降伏比が高いため塑性回転能に乏しく塑性設計に適さないとされてきた。そこで、構造用高張力鋼として80%以下の低降伏比を有するL Y R 鋼が開発された。本稿は等曲げを受けるI型断面を塑性領域における局部座屈特性をひずみ硬化を考慮した弾塑性有限変位解析プログラム¹⁾を用いて解析し、L Y R 鋼と従来型高張力鋼の降伏限界幅厚比、塑性限界幅厚比および回転能を比較し、L Y R 鋼の高ダクティリティが要求される土木構造物への導入を検討するものである。

2. 鋼材特性

図-1に代表的な鋼材の応力-ひずみ関係を示す。解析に用いた鋼材は図-1のSteel AおよびSteel Bであり、Steel AがL Y R H T 60、Steel Bが従来型H T 60である。これらの鋼材を解析に導入する際にひずみ硬化領域を $(\sigma/\sigma_Y) = B (\varepsilon/\varepsilon_Y)^n$ で表される指数関数で与える。表-1にそれぞれの降伏点応力 σ_Y 、その時のひずみ ε_Y 、ひずみ硬化開始点のひずみ ε_H および係数B、nを示す。

表-1 鋼材特性と係数

鋼種	σ_Y (kgf/cm ²)	ε_Y	ε_H	B	n
Steel A	5080	2.419E-3	7.429E-3	0.8894	0.1203
Steel B	6906	3.289E-3	2.795E-2	0.8902	0.0599

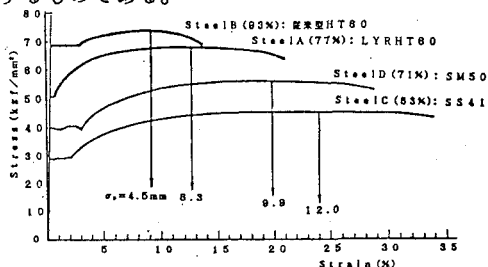


図-1 各種鋼材の応力-ひずみ関係

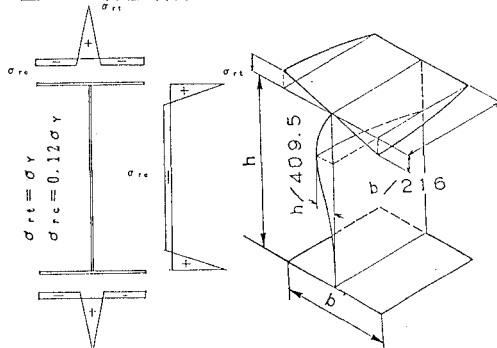


図-2 残留応力分布

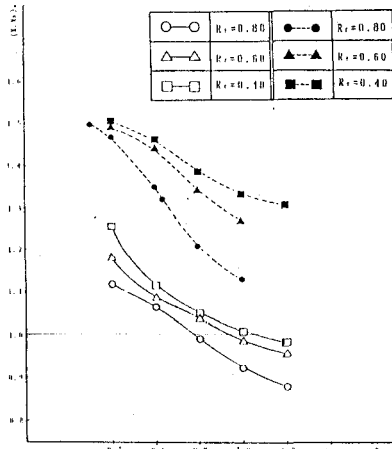
図-3 初期たわみ

3. 初期不整

本解析に用いた初期不整として、残留応力は図-2に示すように実測データの平均値²⁾の引張残留応力 $\sigma_{rt} = \sigma_Y$ 、圧縮残留応力 $\sigma_{rc} = 0.12\sigma_Y$ とした。また初期たわみもその大きさは実測データの平均値とし図-3の様に上フランジは直線形、下フランジは初期たわみなしとして、部材軸方向は正弦1/2波形とした。

4. 極限強度及び限界幅厚比

弾塑性有限変位解析プログラムで解析し、縦軸に極限強度 M_U/M_P 、横軸にウェブ幅厚比パラメータ R_w をとり3種類のフランジについてL Y R 鋼と従来型を比較したものが図-4である。また公称降伏点応力(L Y R 鋼、従来型ともに4600kgf/cm²)で表したのが図-5である。L Y R 鋼は実際の降伏点が従来型よりも25%程低く公称降伏点応力で比較すればあらゆる断面で極限強度は従来型よりも劣るが、それらの極限強度特性に板厚が厚くなるにつれて違いがみられるようになる。これはL Y R 鋼の応力-ひずみ関係特性による。そして上記の様な結果から縦軸にフランジ幅厚比パラメータ、横軸にウェブ幅厚比パラメータをとり降伏限界幅厚比および塑性限界幅厚比を示したのが図-6である。ここでも両者の応力-ひずみ関係から降伏限界幅厚比に違いが現れないが、


図-4 $(M_U/M_P)_n - R_w$ 関係

Nobuo NISHIMURA, Hirokazu FUCHISAKI

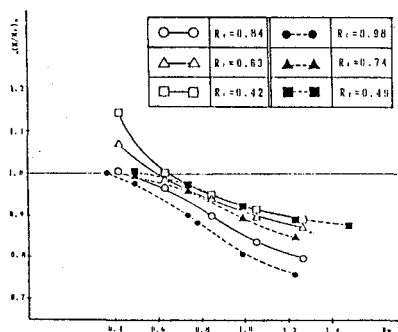


図-5 $M_u/M_p - R_w$ 関係

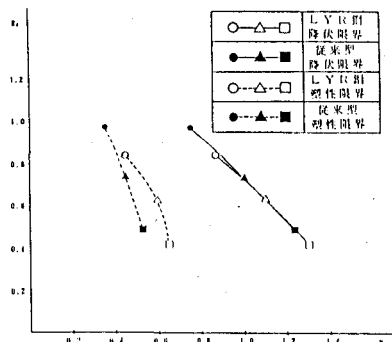


図-6 降伏限界幅厚比および塑性限界幅厚比

塑性限界幅厚比についてはL Y R鋼は従来型よりも高めに移行することが分かる。

4. 回転能

L Y R鋼は従来型に比べてひずみ硬化開始点が約 $1/3.5$ であるために回転能について両者に大きな違いが生ずると考えられる。そしてその解析結果を図-7、図-8および図-9において縦軸に全塑性モーメント M_p で除して無次元化した強度 M/M_p 、横軸には θ_p で無次元化した θ/θ_p をとって表した。3つの図はともにウェブ幅厚比パラメータ $R_r = 0.5$ と一定にしてフランジ幅厚比パラメータを $0.8, 0.6, 0.4$ と変化させて両者の関係を示す。ただしL Y R鋼と従来型の実際の降伏点応力は違うもののその公称値は $\sigma_y = 4600 \text{ kgf/cm}^2$ と同一でウェブおよびフランジ幅厚比パラメータはその公称値で算出した値である。L Y R鋼は $\theta/\theta_p = 3$ 付近からひずみ硬化域に入り始めるためにフランジ幅厚比パラメータが小さくなるにつれてそこから明確な違いが現れ始める。

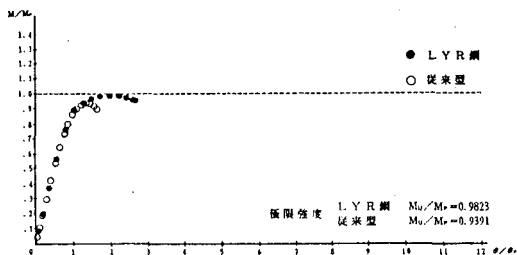


図-7 $M/M_p - \theta/\theta_p$ 関係 ($R_r = 0.5, R_w = 0.8$)

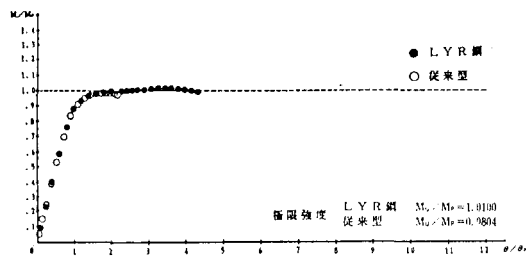


図-8 $M/M_p - \theta/\theta_p$ 関係 ($R_r = 0.5, R_w = 0.6$)

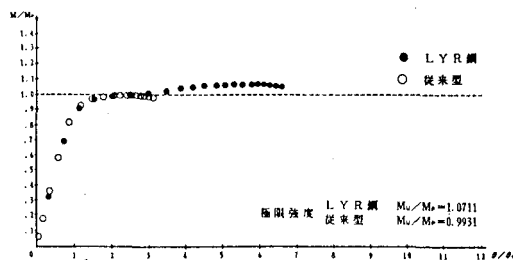


図-9 $M/M_p - \theta/\theta_p$ 関係 ($R_r = 0.5, R_w = 0.4$)

5. 結論

L Y R鋼は従来型の方が降伏点応力が30%程高いために強度的に劣るが、特に部材の板厚が厚くなるにつれて従来型よりはるかに高い回転能を有することが分かった。高ダクティリティの要求される土木構造物へのL Y R鋼の適用の可能性を多角的に検討する意義があるように思われる。

《参考文献》

- 1) 小松定夫, 北田俊行, 宮崎清司: 残留応力および初期たわみを有する圧縮板の弾塑性解析, 土木学会論文報告集, 第244号, pp.1~14, 1975
- 2) Alpsten, G. A.: Residual Stresses, Yield Stress, and Column Strength of Hot Rolled and Roller-Strengthened Steel Shapes, Proc. International Colloquium on Column Strength, Paris, 1972, pp.35~59