

立命館大学大学院 学生員 ○神應 昌嗣
富士車輛 (株) 正会員 鈴木 正典
富士車輛 (株) 正会員 上平 哲
立命館大学理工学部 正会員 伊藤 満

1.まえがき

AASHTO の LRFD (荷重抵抗係数設計) ¹⁾の中で厚肉断面 (コンパクト断面) に対してのみ認められている非弾性設計法は、有効塑性モーメント (Mpe) という新しい概念を取り入れている。さらに、非弾性設計法では、設計された鋼桁断面に対して、有効塑性モーメント時に少なくとも 0.063rads の塑性回転容量が要求される ²⁾。また、この設計法は、比較的延性に富んだ降伏強度 345MPa (SM490Y 相当) クラスの鋼材までを設計の対象とし、それ以上の高強度鋼に対しては、現在のところ適用が認められていない。

一方、近年、製鋼技術の発展と共に種々な機械的特性を有する鋼材が開発され、建築構造物に対しては早くからその応用が考えられている。とりわけ、低降伏比鋼材は比較的靱性に富み、耐震性能にも優れた鋼材として注目を集めている ³⁾。

本研究は、高張力鋼である SM570Q 材と、低降伏比鋼 SA440 材をそれぞれ全断面に使用し、AASHTO LRFD 法 ¹⁾で設計した H 型断面供試体を製作し、静的曲げ実験を行い、曲げモーメント・塑性変形能力を比較することで、SM570Q 鋼と低降伏比鋼の塑性変形能力の検討を行った。そして、これらの鋼材の AASHTO LRFD 法の非弾性設計法への適用性について考察を加えたものである。

2.実験概要

SA440 材とは、Fig.1 に示すように、高張力鋼である SM570Q 材の引張強度を保ち、厳密な熱処理制御で降伏強度を降下させた鋼材である。一般に、H 形断面ばりの最大強度と塑性回転容量に影響を与える要因として、主に鋼材特性、断面寸法、曲げモーメント勾配、横補剛間隔等があげられる。これらの要因が種々組み合わせられることにより、曲げモーメント・塑性回転角曲線は影響を受ける。実験供試体は使用鋼材を SM570Q 材とする H シリーズ、SA440 材とする L シリーズとし、ウェブの幅厚比によって Table-1 に示すように H-80,H-70,H-60,および L-80,L-70,L-60 の計 6 供試体を製作した。実験は、単純梁中央集中荷重の形式で行い、試験桁の回転角 θ の測定は供試体両端部にそれぞれ 2 体のダイヤルゲージを配置し、その変位差により求めた。横補剛間隔については、AASHTO Spec.制限値 ¹⁾に対する実間隔比を同一幅厚比供試体でに対して同じにした。また、せん断力による影響を考慮するため、通常の荷重抵抗係数設計された連続ばりの中間支点上に作用するとされるせん断力の大きさを $V/V_p \approx 0.4 \sim 0.5$ ($V_p = \sigma_{yw} \cdot A_w / \sqrt{3}$, σ_{yw} : ウェブ使用鋼材

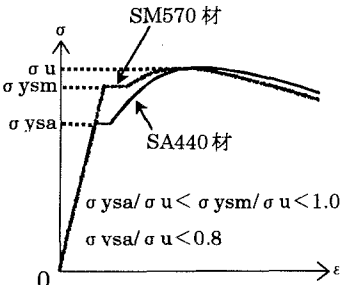


Fig.1 低降伏比鋼 SA440 材の概要図

Table-1 供試体実測寸法

	b (mm)	tf (mm)	D (mm)	tw (mm)	L (mm)	$\frac{b}{2tf} \sqrt{\frac{Fyf}{50}}$	$\frac{D}{tw} \sqrt{\frac{Fyf}{50}}$
H-80	116	11.1	366	6.1	1366	6.9	78
H-70	117	11.1	320	6.2	1328	6.9	68
H-60	117	11.1	275	6.2	1275	6.9	58
L-80	170	13.7	418	6.1	1766	7.4	84
L-70	170	13.9	364	6.0	1718	7.1	70
L-60	170	14.0	313	6.1	1681	7.0	59

Fyf: 圧縮フランジ使用鋼材の降伏応力度
の降伏応力度、Aw: ウェブ横断面積) に、各供試体とも統一した。モーメント勾配の影響を考慮して、スパン長桁高さ比 (L/D) (L: 片スパン長、D: 桁高さ) をできるだけ差のない範囲で 3.74~5.38 に設定した。

Masashi KAN'O, Tetsu KAMIHIRA, Yoshihide KOMURO, Mitsuru ITO

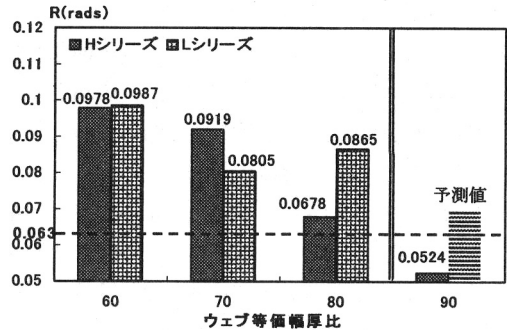
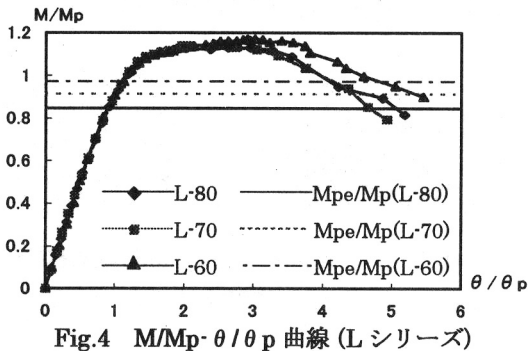
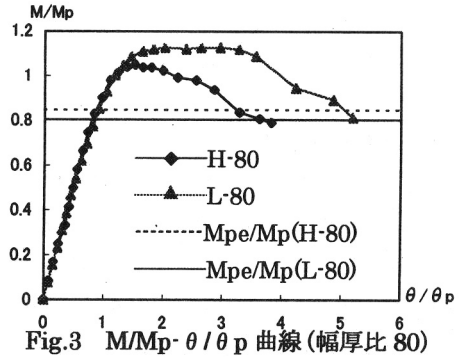
3.実験結果と考察

Fig.2 に供試体 L-60 の載荷試験後の状況を示す。Fig.3 は、縦軸に実験桁の作用曲げモーメント M を、横軸に回転角 θ を、それぞれ塑性モーメント M_p およびその時の回転角 θ_p で無次元化して示したモーメント・回転角曲線である。図から、H シリーズ桁は最大モーメント到達後、耐力が急に低下しているが、L シリーズ桁は最大モーメント到達後も、耐力を一定維持しているのがわかる。塑性変形能力という点からみると、今回の実験においては、H シリーズに比べて L シリーズ桁の方が有利な結果が得られた。L シリーズ桁の方が全体的に塑性変形能力が大きくなった原因として、L シリーズに用いた低降伏比鋼材 SA440 が比較的早期に降伏し、その後、塑性域を拡大したため、その結果、最大荷重後も靱性のある挙動を示したものと考えられる。

次に、L シリーズ桁のウェブ幅厚比の違いによる回転容量を検討するため、Fig.4 に示す曲げモーメント・回転角曲線を作成した。この図より求められた有効塑性モーメント時の塑性回転角 R を Fig.5 に示す。これらの図から、すべての供試体が LRFD¹⁾によって規定されている必要塑性回転容量(0.063rads)を満たした。当研究室で 2000 年に行われた SM570Q 材を使用したウェブ等価幅厚比が 90 である供試体の実験結果を同図に示すが、規定値には達しておらず、また、ウェブ幅厚比が 80 でも、なお十分な塑性変形能力を見せた L シリーズ桁の傾向を考慮すると、幅厚比がより大きい断面に使用される場合、SA440 材の方がより非弾性設計に有利な鋼材であると思われる。



Fig.2 崩壊後の状況 (L-60)



4.あとがき

本研究は、高張力鋼材と低降伏比鋼材を使用した H 形断面ばりを製作し、静的曲げ試験を行い、その塑性変形能力について考察を加えた。今後は、この結果を基に FEM 解析を行い、より大きなウェブ等価幅厚比を持つ供試体の塑性変形能力を考察し、AASHTO LRFD 法への適用性について検討していくつもりである。

<参考文献>

- 1) AASHTO : LRFD Bridge Design Specifications.(1998).
- 2) M.A Grubb, and P.S. Carskaddon, "Autostress Design of Highway Bridges, Phase3 : Initial Moment-Rotation Tests." AISC Project 188, Am. Iron and Steel Ins. (April 18.1979).
- 3) 加藤 勉 : 建築用鋼材の降伏比について、鉄と鋼、1988 年、第 6 号