

鋼材特性を考慮したI形はり断面の極限強度および塑性変形能

東海旅客鉄道㈱	正員	安藤和幸
岐阜大学工学部	正員	奈良 敬
大阪産業大学工学部	正員	森脇良一

1. 研究目的 土木分野における鋼構造の部材設計法は、現行の許容応力度設計法から限界状態設計法へ移行する途上にある。降伏応力度に達するまで部材の座屈が生じないように設計する、すなわち材料の特性値としては降伏応力度しか考慮されていない許容応力度設計法に対して、限界状態設計法では、部材の終局限界状態にも着目するため、部材の極限強度のみならず材料の延性や靱性などが部材の塑性変形能力などに与える効果も考慮する必要がある。そこで、鋼材の塑性域の機械的性質が、極限強度や塑性変形能力に及ぼす影響について明確にする必要がある。

本研究は、断面寸法と鋼種を変化させた鋼部材の極限強度や変形能に、鋼材特性がどのような影響を与えるかを明らかにすることを目的として、限界状態設計法へ向けて、土木鋼構造物に適した鋼材特性とはいかなるものかについて考察を加えるものである。

2. 解析モデル 解析法は、1節点6自由度を有する立体弾塑性有限変位解析法¹⁾を、鋼材のひずみ硬化を考慮して極限状態における鋼構造物の弾塑性挙動を把握できるように拡張した、弾塑性有限変位解析法²⁾を用いた。解析対象モデルは、等曲げを受ける2軸対称なI形断面はりを取り上げた。断面パラメータには、圧縮フランジの幅厚比パラメータとウェブの幅厚比パラメータを選ぶ。図-1, 2にパラメータとして用いた鋼材の応力-ひずみ曲線を示す。SS400、SM490YおよびSM570については文献3)、SUS304については文献4)を参考にした。また、HY1およびH11は文献5)で想定された仮想の鋼材である。

3. 結果と考察 図-3～図-5に示す極限曲げモーメントの比較から、降伏棚をある程度もつ鋼材では、極限強度はフランジ、ウェブの幅厚比パラメータに関わらず、降伏応力度の大きさによって決まる。しかし、降伏棚がない鋼材や、降伏比が小さい鋼材になると、幅厚比パラメータの大きな断面では降伏応力度に依存し、幅厚比パラメータの小さな断面では、ひずみ硬化開始ひずみと、降伏比に依存する。そして、ウェブの幅厚比パラメータを変化させることによる極限強度の上昇率はひずみ硬化係数に依存する。図-6, 7に曲げ変形能の比較を示す。変形能を向上させるには、ひずみ硬化開始ひずみを小さくする方向で、降伏比は極端に小さくせず、むしろひずみ硬化係数を大きくした方がよい。しかし、幅厚比パラメータが大きな断面では、鋼材の塑性後の機械的性質の影響はあまり受けにくい。図-8, 9に吸収エネルギーの比較を示す。エネルギー吸収能は、すべての鋼種と幅厚比パラメータにおいて、変形能と同じ傾向を示す。つまり、極限強度より変形能を向上させることが、吸収エネルギーの確保につながる事がわかる。

図-10～図-12に、横軸にウェブの幅厚比パラメータ、縦軸にフランジの幅厚比パラメータを取って、降伏限界、塑性限界、そして塑性設計限界幅厚比パラメータを示す。鋼種によって、降伏限界幅厚比パラメータは、さほど変化しないが、塑性限界、および塑性設計限界幅厚比パラメータは、かなり異なることが明らかとなった。よって、それに伴い断面区分も鋼種によって、かなり変わってくる。鋼材の機械的性質による影響について見ると、塑性限界幅厚比パラメータについては、ひずみ硬化開始ひずみが、そして塑性設計限界幅厚比パラメータについては、ひずみ硬化係数がそれぞれ支配的パラメータであるといえる。

4. 結論 鋼材特性が、断面寸法と鋼種を変化させた鋼部材の極限強度や変形能ならびにエネルギー吸収能に、どのような影響を与えるかを明らかにし、さらに、限界状態設計法に向けて、断面区分を明確にするために、その限界値である、降伏限界、塑性限界、そして塑性設計限界幅厚比パラメータを算出した。その結果、「降伏比はあまり下げず、降伏応力度を上げる」、「ひずみ硬化

開始ひずみを小さくする」、そして「一様伸びを大きくする」と言った方向が、極限強度や変形能ならびにエネルギー吸収能の向上につながる事が分かった。

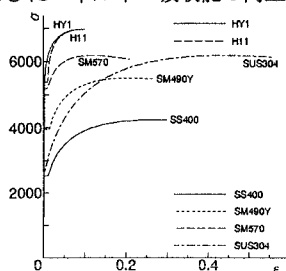


図-1.2 鋼材の応力-ひずみ曲線（公称値）

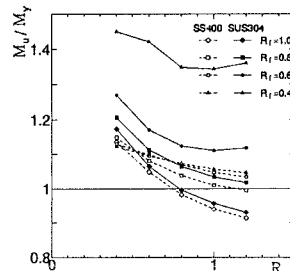
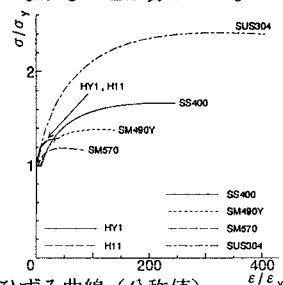


図-3 極限強度の比較

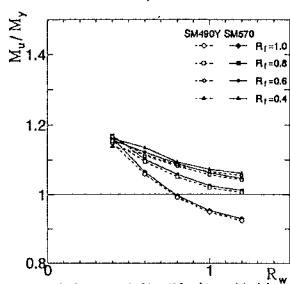


図-4 極限強度の比較

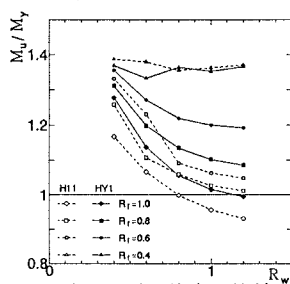


図-5 極限強度の比較

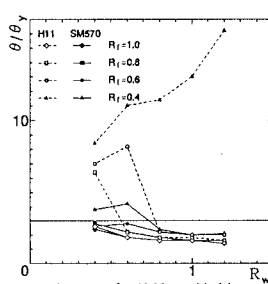


図-6 変形能の比較

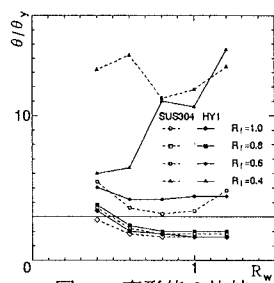


図-7 変形能の比較

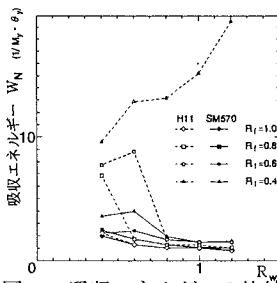


図-8 吸収エネルギーの比較

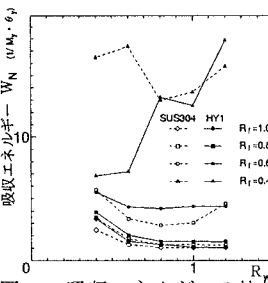


図-9 吸収エネルギーの比較

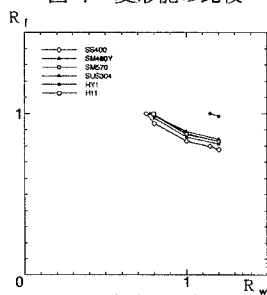


図-10 降伏限界幅厚比

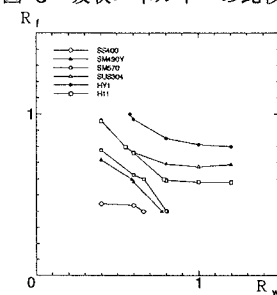


図-11 塑性限界幅厚比

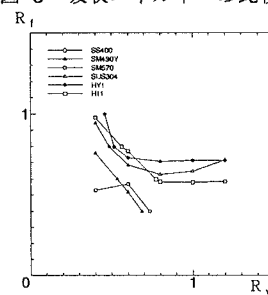


図-12 塑性設計限界幅厚比

- 参考文献** 1) 森脇良一・奈良 敬・岩木和洋：薄肉鋼板構造の立体弾塑性有限変位解析，平成3年度土木学会中部支部年次学術講演会概要集，1-6，1992年3月。2) 安藤和幸・森脇良一・奈良 敬：鋼材特性を考慮した鋼部材の弾塑性解析，平成5年度土木学会中部支部年次学術講演会概要集，1-15，1994年3月。3) 奈良 敬・出口恭司・小松定夫：ひずみ硬化を考慮した圧縮板の極限強度に関する研究，構造工学論文集，Vol. 33A，pp. 141～150，1987年3月。4) 井上哲朗：ステンレス鋼十字断面短柱の応力-歪特性，構造工学論文集，Vol. 39b，pp. 561～574，1993年3月。5) 森脇良一：鋼材の機械的性質が圧縮板の極限強度と変形性能に与える影響，鋼構造年次論文報告書，第1巻，pp. 563～570，1993年7月。