

材料強度のばらつきが板の面内曲げ強度特性に及ぼす影響

長岡工業高等専門学校 学生会員 ○高橋 寛成
 長岡工業高等専門学校 正会員 宮寄 靖大
 長岡工業高等専門学校 学生会員 阿部 真之介
 大阪大学大学院 正会員 奈良 敬

1. はじめに

土木構造物に用いられる鋼材は、JIS 等で規定される強度を確保している。しかし、このような鋼材の材料特性は、ばらつき¹⁾を有する。また、ステンレス鋼のようなラウンドハウス型の応力ひずみ関係を示す材料は、明確な降伏点を示さない。そこで本研究では、鋼材の材料強度のばらつきが面内純曲げ負荷を受ける周辺単純支持板の強度特性に及ぼす影響を数値計算²⁾により明らかにする。

2. 数値計算法

2.1 応力ひずみ関係

本研究で対象とする材料は、SM400 相当の材料強度を有するものと仮定する³⁾。図1は、数値計算に用いる応力塑性ひずみ関係³⁾を示す。同図(a)は降伏棚を考慮するモデルを、同図(b)は降伏棚を考慮しないモデルを示す。これら図中のモデル名は、YP が降伏棚を考慮するモデル、RH が降伏棚を考慮しないモデルを意味している。そしてつぎの記号は、1つ目が降伏応力 σ_y を、2つ目が10%塑性ひずみ時の応力 σ_{10} を意味し、L、M、およびUは下限値、平均値、および上限値を表している。なお、末尾の数字はヤング率 $E(\text{GPa})$ を示している。

2.2 数値計算モデル

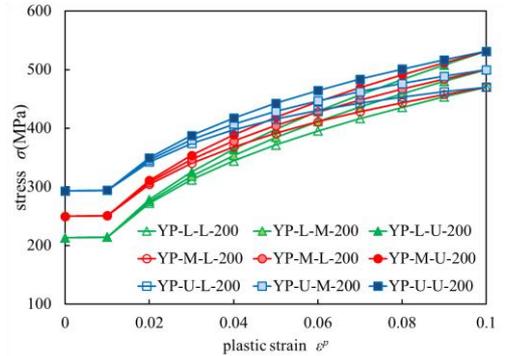
図2は、対象とする周辺単純支持板を示す。板の形状は縦横比 a/b を $2/3$ 、荷重辺長 b を 300mm とし、式(1)に示す幅厚比パラメータ $\bar{\lambda}_p$ を 0.3 から 1.5 まで 0.1 刻みで変化させる。

$$\bar{\lambda}_p = \frac{b}{t} \sqrt{\frac{\sigma_y}{E} \frac{12(1-\nu^2)}{\pi^2 k}} \quad (1)$$

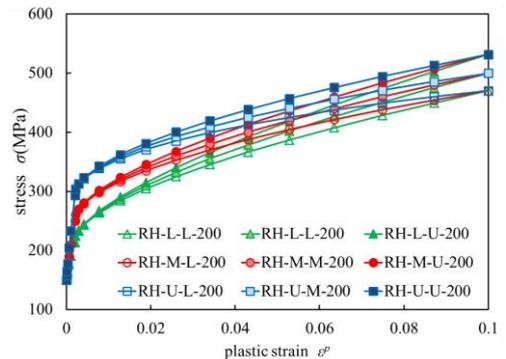
ここで t は板厚、 ν はポアソン比、 k は座屈係数(=23.9)を表す。対象とする板に与える初期不整は文献³⁾で示した残留応力および初期たわみを考慮する。ここで初期たわみの最大値は道路橋示方書で規定される設計許容値⁴⁾である(= $b/250$)とした。これらの周辺単純支持板は、変形の対称性を考慮し、図2に示す板の $1/2$ 部分を対象に、 13×26 分割とした8節点シェル要素により有限要素離散化を行う。また数値計算では図2に示すZ軸まわりの強制回転角 θ_z を与えて、汎用非線形有限要素解析プログラム

キーワード 材料強度、応力ひずみ関係、周辺単純支持板、降伏棚、曲げ強度

連絡先 〒940-8532 新潟県長岡市西片貝町 888 長岡工業高等専門学校 TEL0258-32-6435



(a)降伏棚を考慮するモデル



(b)降伏棚を考慮しないモデル

図1 材料の応力塑性ひずみ関係³⁾

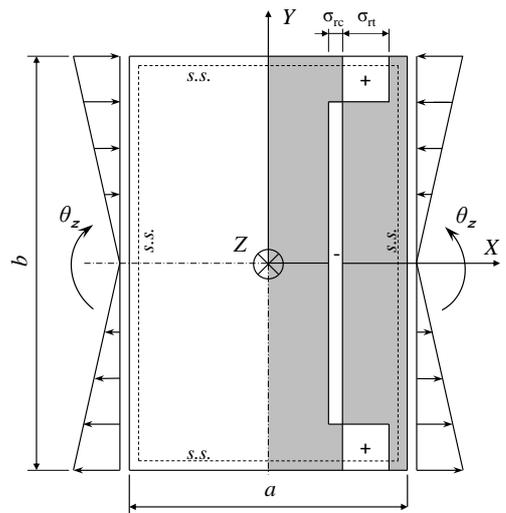


図2 面内純曲げ負荷を受ける周辺単純支持板

MARC²⁾により計算を行う。

3. 面内曲げ強度特性

図3は、終局曲げ強度時の回転角 θ_{zu}/θ_{zy} と幅厚比パラメータの関係を示す。同図の縦軸は、数値計算で与えた終局曲げ強度時の回転角 θ_{zu} を降伏回転角 θ_{zy} で無次元化した値を示す。同図(a)より $\bar{\lambda}_p$ が 0.3 の場合、YP-L-U-200 モデルの終局曲げ強度時の回転角は、YP-U-L-200 モデルに比べて最大で 37% 大きくなることわかる。つぎに、同図(b)より $\bar{\lambda}_p$ が 0.7 以上の場合、RH-L-U-200 モデルの終局曲げ強度時の回転角は、RH-U-L-200 モデルに比べて、平均で約 18% 大きくなることわかる。

図4は、終局曲げ強度 M_u/M_y と幅厚比パラメータの関係を示す。同図の縦軸は、数値計算で得られた終局曲げモーメント M_u を降伏曲げモーメント M_y で無次元化した値を示す。同図(a)より $\bar{\lambda}_p$ が 0.3 の場合、YP-L-U-200 モデルの終局曲げ強度は、YP-U-L-200 モデルに比べて最大で 5% 大きくなることわかる。また、 $\bar{\lambda}_p$ が 0.4 以上の場合、降伏応力を同じ値とした各3つのモデルの終局曲げ強度は、ほとんど変化しないことわかる。つぎに、同図(b)より $\bar{\lambda}_p$ が 0.3 の場合、RH-L-U-200 モデルの終局曲げ強度は RH-U-L-200 モデルに比べて最大で約 9% 大きくなることわかる。さらに、同図より、降伏棚を考慮するモデルは降伏棚を考慮しないモデルに比べて、 $\bar{\lambda}_p$ が 0.3 と 0.4 における終局曲げ強度の差が大きくなることわかる。これは、降伏棚を考慮するモデルで、 $\bar{\lambda}_p$ が 0.3 の場合、終局曲げ強度時にひずみ硬化域に達する領域が多く発生するためである。

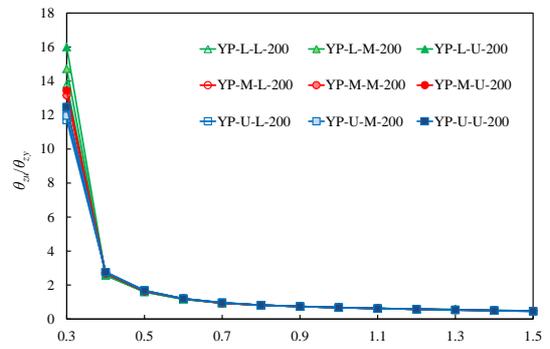
4. おわりに

本研究で得られた結果は、つぎの通りである。

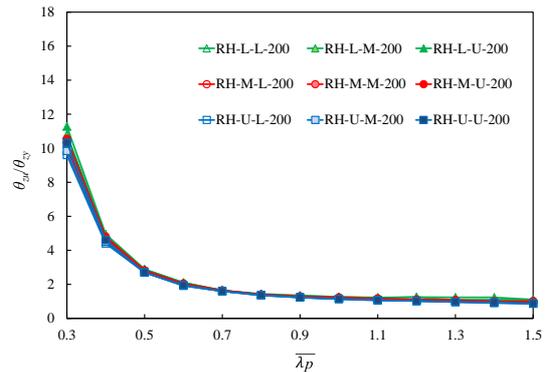
- (1) 降伏棚を考慮するモデルでは、 $\bar{\lambda}_p$ が 0.4 以上の周辺単純支持板の場合、材料強度のばらつきによる終局曲げ強度への影響は最大約 2% となった。
- (2) 本研究で対象とした降伏応力のばらつきを 37% および 10% 塑性ひずみ時の応力のばらつきを 13% とした材料モデルは、周辺単純支持板に及ぼす影響が終局曲げ強度時の回転角で最大約 37%、終局曲げ強度で最大約 9% となる。

参考文献

1) 奈良敬, 中村聖三, 安波博道, 川端文丸, 塩飽豊明: 橋梁向け構造用鋼板の板厚および強度に関する統計調査, 土木学会論文集 No.752/I-66, pp.299-310, 2004. 2) MSC. Software Co.: Marc User's Guide, MSC. Software Corporation, 2013. 3) 阿部真之介, 宮寄靖大, 奈良敬: 材料の応力ひずみ関係の変化が板の圧縮強度特性に及ぼす影響, 鋼構造年次論文報告集, 第22巻, pp.64-71, 2014. 4) 日本道路協会: 道路橋示方書(I 共通編・II 鋼橋編)・同解説, 1丸善, 2012.

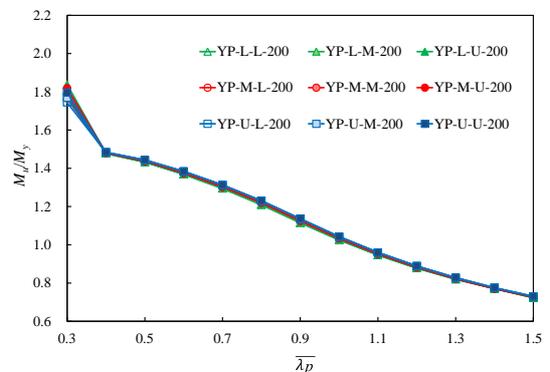


(a)降伏棚を考慮するモデル

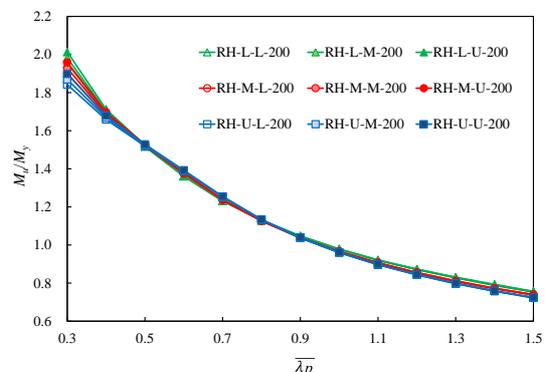


(b)降伏棚を考慮しないモデル

図3 終局曲げ強度時の回転角と幅厚比パラメータの関係



(a)降伏棚を考慮するモデル



(b)降伏棚を考慮しないモデル

図4 終局曲げ強度と幅厚比パラメータの関係