

材料強度の変化に伴う面内曲げ圧縮負荷を受ける周辺単純支持板の強度特性

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
 大阪大学大学院 正会員 奈良 敬

1. はじめに

土木鋼構造物に用いられる鋼材は、JIS 等で規定された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。著者ら^{2), 3)}は、材料の応力ひずみ関係の変化が周辺単純支持板の圧縮強度特性および曲げ強度特性に及ぼす影響を明らかにしてきた。本研究では、材料強度の変化が面内曲げ圧縮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により明らかにする。

2. 数値計算法

本研究で対象とする材料は、SM400 および SUS304 相当の材料強度を有するものと仮定する。図 1 は、数値計算に用いる材料の応力ひずみ関係を示す。図中のモデル名は、YP が降伏棚を有する材料、RH がラウンドハウス型を示す材料を意味している。続く記号は、はじめの記号が降伏応力または 0.2% 耐力を、次の記号が 10% 塑性ひずみ時の応力を示し、それぞれの記号の L が下限値、M が平均値、U が上限値を表している。

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 1.0 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 0.2 刻みで変化させる。

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

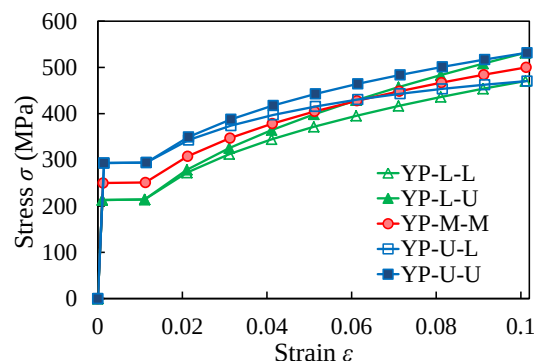
ここで、 t は板厚、 ν はポアソン比、 k は式(2)に示す座屈係数を意味する。式(2)中の φ は式(3)に示す応力勾配であり、応力 σ_1 および σ_2 については圧縮を正とする。

$$k = \frac{8.4}{2.1 - \varphi} \quad (0 \leq \varphi \leq 1) \quad (2)$$

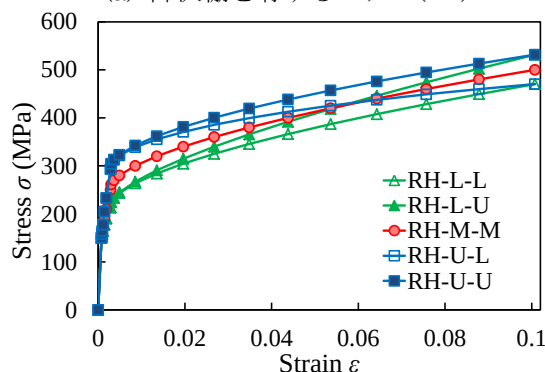
$$= 10\varphi^2 - 13.73\varphi + 11.36 \quad (1 \leq \varphi \leq 2)$$

$$\varphi = (\sigma_1 - \sigma_2) / \sigma_1 \quad (3)$$

対象とする板の初期不整は、文献 2) と同様にして与える。以上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 節点アイソパラメトリックシェル要素により有限要素離散化を行う。数値計算での境界条件は、 $X=a/2$ の辺を剛な梁要素として、 $X=a/2$ 、 $Y=Z=0$ の節点にて、 X 軸方向の圧縮荷重および Z 軸回りの曲げ負荷を与える。そして、非線形問題の求解は、弧長増分法を用いて行う。この数値計算には、汎用非線形有限要素解析プログラム MARC⁴⁾を用いる。



(a) 降伏棚を有するモデル(YP)



(b) ラウンドハウス型モデル(RH)

図 1 材料モデルの応力ひずみ関係

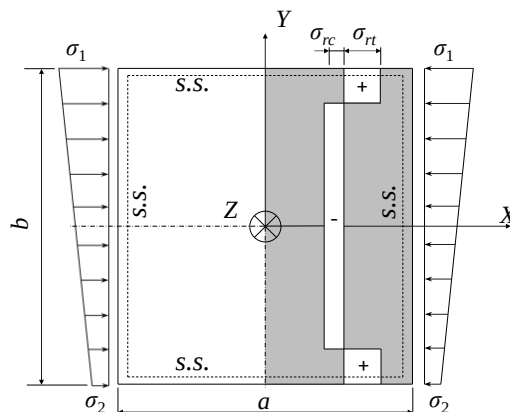


図 2 負荷を受ける周辺単純支持板

キーワード 材料強度, 降伏棚, 周辺単純支持板, 曲げ圧縮強度, 強度相関

連絡先〒940-8532 新潟県長岡市西片貝町 888 TEL0258-34-9439

3. 曲げ圧縮負荷を受ける周辺単純支持板の強度特性

図3は、終局強度 K_u と幅厚比パラメータ $\bar{\lambda}_p$ の関係を示す。同図の縦軸は、式(4)で表す終局強度 K_u を示している。

$$K_u = \frac{N_u}{N_y} + \frac{M_u}{M_y} \quad (4)$$

ここで、 N_u および M_u は終局圧縮荷重および終局曲げモーメントを、 N_y および M_y は降伏圧縮荷重および降伏曲げモーメントを意味する。同図より、 ϕ が 2.0 かつ $\bar{\lambda}_p$ が 0.3 の場合、終局強度のばらつきは、YP モデルで 6%、RH モデルで 11% となることがわかる。また、 ϕ が 0.0 かつ $\bar{\lambda}_p$ が 0.3 の場合、終局強度のばらつきは、YP モデルで 5%、RH モデルで 10% となることがわかる。これらの結果より、材料強度の変化が純曲げ負荷を受ける板の終局強度に及ぼす影響は、純圧縮を受ける板の終局強度に及ぼす影響に比べて大きくなることがわかる。これは、曲げ負荷の場合、引張応力が発生する領域が存在するためである。

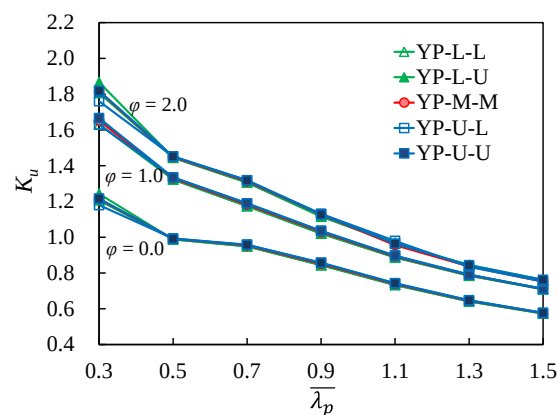
図4は、 $\bar{\lambda}_p$ が 0.3 の板における曲げ圧縮負荷時の強度相関を示す。同図の縦軸 N_u/N_{u0} は、曲げ圧縮時の終局圧縮強度 N_u/N_y を純圧縮時の終局圧縮強度 N_{u0}/N_y で無次元化した値を、横軸 M_u/M_{u0} は、曲げ圧縮時の終局曲げ強度 M_u/M_y を純曲げ時の終局曲げ強度 M_{u0}/M_y で無次元化した値を示す。同図より、破線に対する直交方向への破線からのずれ量をばらつきとした場合、YP モデルのばらつきは最大約 27% 発生し、RH モデルのばらつきは最大約 18% 発生することがわかる。また、YP および RH モデルの数値計算結果($\phi=1.0$)は、U-L モデルが最外側に、L-U モデルが最内側にあることがわかる。これは、図3で示したように、 $\bar{\lambda}_p$ が 0.3 かつ ϕ が 0.0 および 2.0 の場合、L-U モデルは、U-L モデルに比べて、 $N_{u0}/N_y(K_u)$ および $M_{u0}/M_y(K_u)$ の値が大きくなるためである。また、図4より、 ϕ が 1.0 の場合、YP モデルの強度相関のばらつきは、RH モデルに比べて、大きくなることがわかる。これは、図3で示したように、 $\bar{\lambda}_p$ が 0.3 かつ ϕ が 1.0 の場合、YP モデルの終局強度のばらつきは RH モデルよりも小さく、 ϕ が 0.0 および 2.0 のモデルと同様な終局強度のばらつきを有する RH モデルの方が、無次元化の影響により強度相関のばらつきが小さくなるためである。

4. おわりに

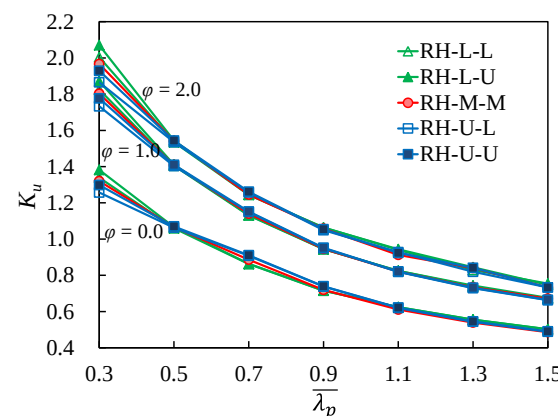
本研究で得られた結果は、次の通りである。(1)材料強度の変化が純曲げ負荷を受ける板の終局強度に及ぼす影響は、純圧縮負荷を受ける板の終局強度に及ぼす影響に比べて大きくなる。(2)周辺単純支持板の曲げ圧縮強度相関において、純圧縮および純曲げ時の板の終局強度 N_{u0} および M_{u0} は、曲げ圧縮負荷時の板の強度相関に大きく影響を及ぼす。

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)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. 3)高橋寛成, 宮寄靖大, 奈良敬:材料の応力ひずみ関係の変化が板の面内曲げ強度特性に及ぼす影響, 鋼構造年次論文報告集, 第24巻, pp.111-118, 2016. 4)MSC. Software Co. Marc User's Guide, MSC. Software Corporation, 2013.



(a) 降伏棚を有するモデル(YP モデル)



(b) ラウンドハウス型モデル(RH モデル)

図3 終局強度と幅厚比パラメータの関係

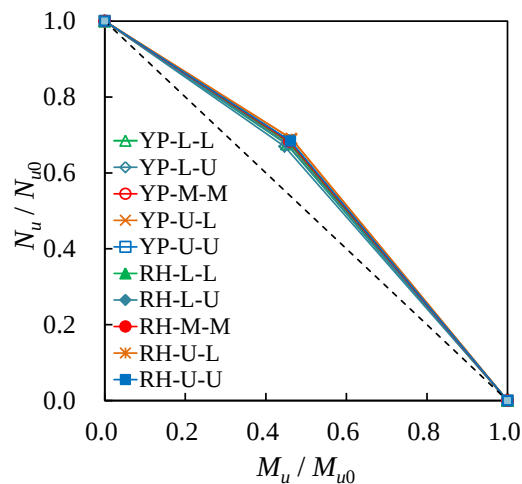


図4 曲げ圧縮負荷を受ける周辺単純支持板の強度相関($\bar{\lambda}_p=0.3$)