

大阪大学工学部 学生員 ○山東 寛司 大阪大学大学院工学研究科 正会員 小野 潔  
 大阪市立工業研究所 非会員 山田 信司 大阪大学大学院工学研究科 学生員 橋本 祥太  
 長岡技術科学大学 正会員 宮下 剛 長岡工業高等専門学校 正会員 宮寄 靖大

1. 目的

SBHS (橋梁用高降伏点鋼版) は 2008 年に JIS に規定され、従来鋼と比べて、高い降伏点、高い施工性等を持っている。また 2011 年には SBHS400, SBHS400W が JIS に追加された<sup>1)</sup>。SBHS400 は近年 JIS 化されたということもあり、SBHS400 の材料特性や SBHS400 を使用した鋼構造物の耐力等に関する情報については従来の鋼材だけではなく、SBHS700, SBHS500 と比較しても不足しているため、それら情報の収集を行うことが必要である。他方、既往の研究により、数値解析を用いる場合、繰り返し塑性履歴を受ける鋼材の応力-ひずみ関係を定義する構成式が必要である<sup>2),3)</sup>。しかしながら SBHS400 の繰り返し塑性履歴特性に関する情報はまだなく、したがって SBHS400 の塑性履歴特性を精度よく表現できる構成則もまだ提案されていない。

そこで本稿では SBHS400 の繰り返し材料試験を行い、既往の構成式の SBHS400 への適用性について検討を行った。

2. 構成式の概要

構成式の概要を以下に示す。図 - 1(b)の点 0~8 は図 - 1(a)の点 0~8 に対応している(点 4, 7 を除く)。図 - 1(b)において、一軸状態における塑性履歴曲線の真応力 - 塑性ひずみの関係を 0-1 の初期弾性域、1-3, 5-6, 8 以降の単調載荷曲線に準ずる領域、3-5, 6-8 の遷移領域に分け、さらに単調載荷曲線に準ずる領域を 1-2 の降伏棚、2-3, 5-6, 8 以降のひずみ硬化開始後の領域に、遷移領域を 3-4, 6-7 の弾性域、4-5, 7-8 の非線形遷移領域に分けて表現している。以下に各領域における構成式と定数を表現する式を示す。詳細は文献 2)および文献 3)を参照されたい

- ・ 単調載荷曲線を表す式：
$$\sigma = \frac{E_{st}^P}{b} e^{ae_{mon}^{P*}} \ln(1 + b\epsilon_{mon}^{P*}) + \sigma_y$$
- ・ 弾性遷移領域を表す式：
$$\frac{\kappa}{\kappa_0} = \frac{1-c}{(\epsilon_{mon}^{P*} + 1)^n} + c$$
- ・ 非線形遷移領域を表す式：
$$E^P = \frac{dy}{dx} = E_0^P + (1+m)^2 \left( E_0^P - \frac{\Delta\sigma}{\Delta\epsilon^P} \right) \left( \frac{x}{\Delta\epsilon^P} \right)^m \ln \left( \frac{x}{\Delta\epsilon^P} \right) \quad (3)$$

$$\Delta\epsilon^P = \frac{e}{d} \sqrt{(\epsilon_{mon}^{P*})^2 + 2d\epsilon_{mon}^{P*}} \quad (4) \quad , \quad m = \frac{f}{\epsilon_{mon}^{P*} + \{1 + \exp(g)\}f} - 1 \quad (5)$$

ここで

$E_{st}^P$  : ひずみ硬化勾配,  $\Delta\epsilon^P$  : 遷移領域の塑性ひずみの大きさ,  $\kappa_0$  : 初期の弾性域の大きさ (=2 $\sigma_y$ )  
 $\kappa$  : 弾性域の大きさ,  $\epsilon_{mon}^{P*}$  : ひずみ硬化開始点を原点としたときの単調載荷曲線上の塑性ひずみ  
 $a, b, c, n, d, e, f, g$  : 鋼材によって決定する定数

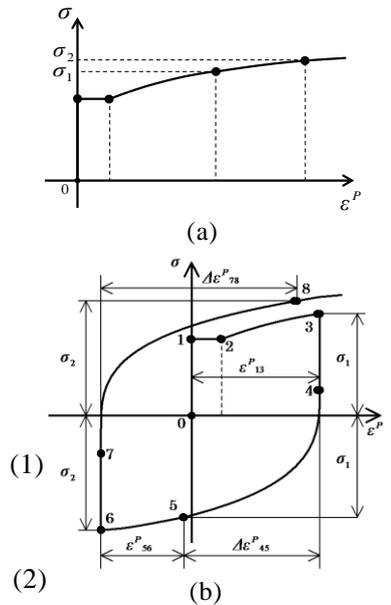


図-1 構成式の概要

### 3. 構成式に含まれる定数の決定

構成式に含まれる定数決定のため、単調荷重実験(図-2)、弾性域の大きさの減少を調べる実験(図-3)、両振り実験(図-4)の3種類の実験を行った。SBHS400の繰り返し荷重実験については大阪市立工業研究所のデジタル油圧サーボ式材料試験機(インストロン8801型)で行った。図-5、図-6、図-7にそれぞれ単調荷重曲線を表す式(1)と実験値の比較、弾性域の大きさの減少に関する式(2)と実験値の比較、非線形遷移領域を表す式(4)と実験値の比較を示す。求めた構成則の妥当性を検証するため、構成式による数値シミュレーション結果をランダム荷重実験結果と比較した(図-8)。図-8より、決定した構成則でSBHS400の繰り返し塑性履歴を精度よく表現できることが確認できる。

### 4. まとめ

本研究では、SBHS400の繰り返し材料試験を行い、著者らが既往の研究で提案している構成式でSBHS400の繰り返し塑性履歴特性を精度よく再現できることが明らかになった。

### 5. 謝辞

本研究の一部「日本鉄鋼連盟 鋼構造研究・教育助成事業(一般テーマ研究)」により実施したものです。ここに記して謝意を表します。

### 参考文献

- 1) 日本工業規格 JIS G 3140: 橋梁用高降伏点鋼板, 2011.
- 2) 西村宣男, 小野潔, 池内智行: 単調荷重曲線を基にした繰り返し塑性履歴を受ける鋼材の構成式, 土木学会論文集, No513/I-31, pp.27-38, 1995.4.
- 3) AN EXPERIMENTAL STUDY ON MECHANICAL PROPERTIES AND CONSTITUTIVE EQUATION OF SBHS500, S. HASHIMOTO, K. ONO and S. OKADA, Proceedings of the 13th East Asia-Pacific Conference on Structural Engineering and Construction (EASEC-13), 2013.9.

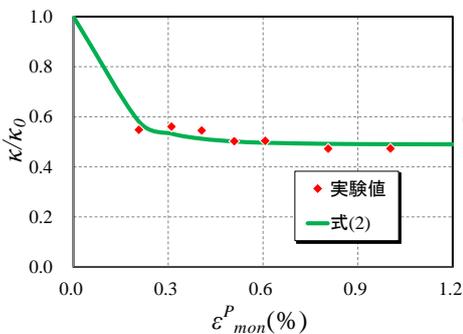


図-6  $\kappa/\kappa_0 - \varepsilon_{mon}^P$  関係と式(2)との比較

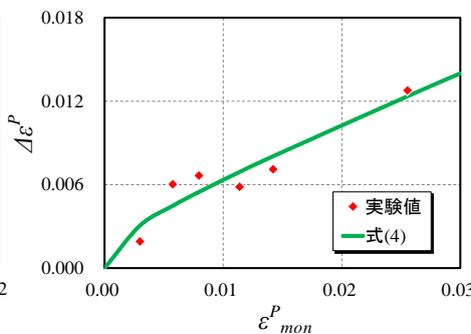


図-7  $\Delta\varepsilon^P - \varepsilon_{mon}^P$  関係と式(4)との比較

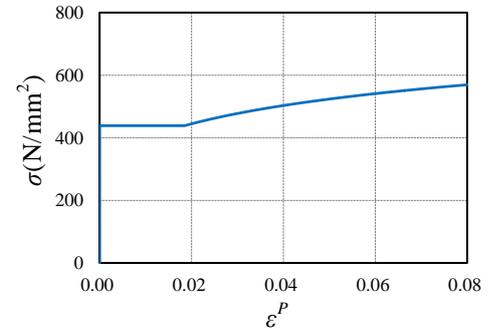


図-2 単調荷重実験

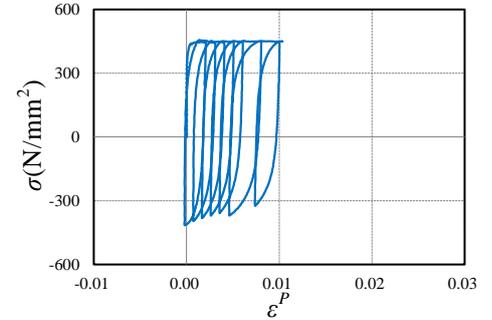


図-3 弾性域の減少を調べる実験

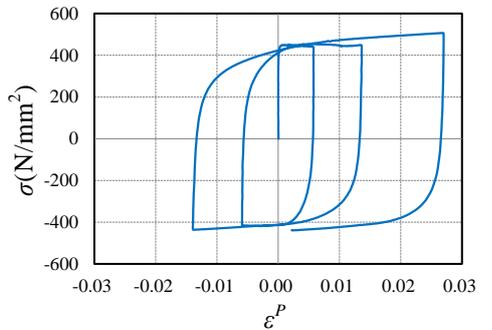


図-4 両振り実験

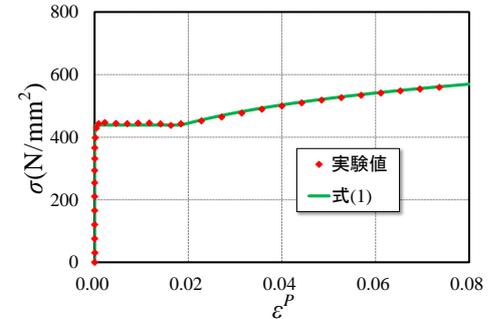


図-5 実験結果と式(1)との比較

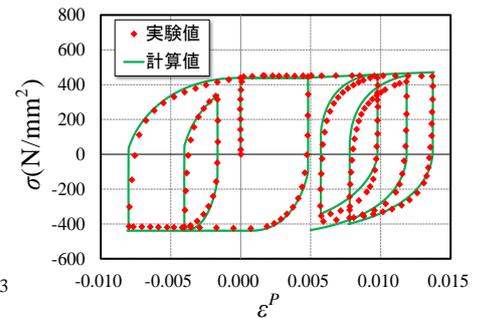


図-8 実験結果と解析結果の比較