

大阪大学工学部

学生員

○橋本 祥太

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

垂井 敬寛

1. 目的

橋梁用高降伏点鋼板(SBHS)が JIS に規定された. SBHS は高い降伏点, 高い施工性等を持ち, 既往の研究¹⁾では, SBHS を適用することによる鋼橋の建設コスト縮減の可能性について検討も行われている. 他方, 鋼構造物の耐震性を評価するためには, 地震による繰り返し外力によって繰り返し塑性履歴を生じる場合の強度や変形能を明らかにすることが重要である. 構造物の挙動を明らかにする手法の一つとして有限要素法などの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. SM490 等の一般的な鋼材の構成式については著者らにより, 塑性履歴特性を精度よく再現できる構成式が提案されている^{2),3)}. しかし SBHS700 の繰り返し塑性履歴特性は明らかになっておらず, また既往の構成式で SBHS700 の繰り返し塑性履歴を表現できるかどうかは分かっていない.

そこで本稿では SBHS700 の繰り返し塑性履歴特性を把握し, 既往の構成式の SBHS700 への適用性を確認する.

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.

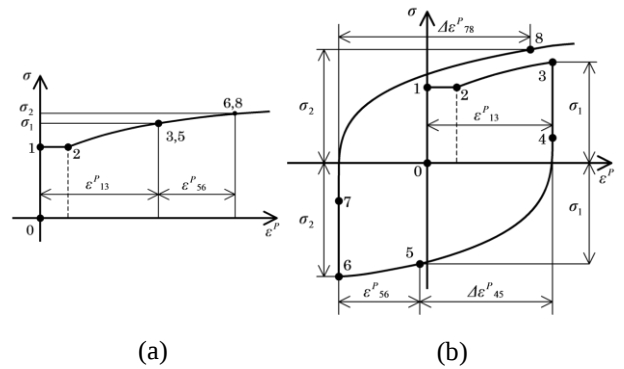


図 - 1 構成式の概要

・単調載荷曲線を表す構成式:

$$\sigma = \frac{E^P}{b} e^{a\epsilon^{P*}_{mon}} \ln(1 + b\epsilon^{P*}_{mon}) + \sigma_Y \quad (a \geq 0) \quad (1)$$

・弾性遷移領域を表す構成式:

$$\frac{\kappa}{\kappa_0} = \frac{1 - c}{(\epsilon^{P*}_{mon} + 1)^n} + c \quad (2)$$

・非線形遷移領域を表す構成式:

$$E^P = \frac{dy}{dx} = E^P_0 + (1 + m)^2 \left(E^P_0 - \frac{\Delta\sigma}{\Delta\epsilon^P} \right) \left(\frac{x}{\Delta\epsilon^P} \right)^m \ln \left(\frac{x}{\Delta\epsilon^P} \right) \quad (3)$$

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

ここで

E^P_{st} : ひずみ硬化勾配

$\Delta\epsilon^P$: 遷移領域の塑性ひずみの大きさ

κ : 弾性域の大きさ

κ_0 : 初期の弾性域の大きさ($=2\sigma_Y$)

ϵ^{P*}_{mon} : 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

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、単調載荷実験(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。SBHS700 の繰り返し載荷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 にそれぞれ単調載荷曲線を表す式(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。表 - 1 に決定した構成則の定数を示す。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載荷実験結果と比較した(図 - 8)。図 - 8 より、決定した構成則で SBHS700 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。

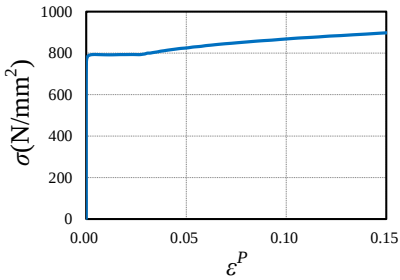


図 - 2 単調載荷実験

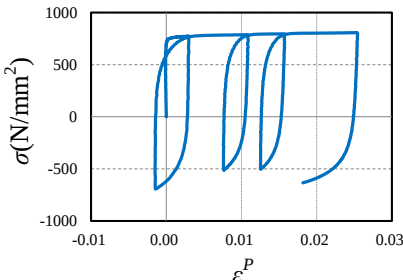


図 - 3 弾性域の大きさの減少を調べる実験

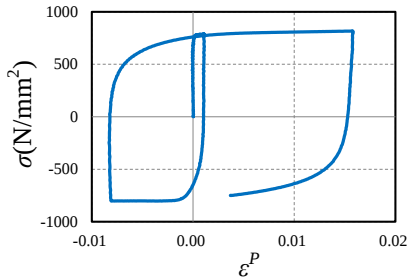


図 - 4 両振り実験

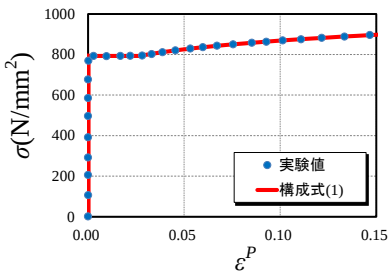


図 - 5 単調載荷曲線

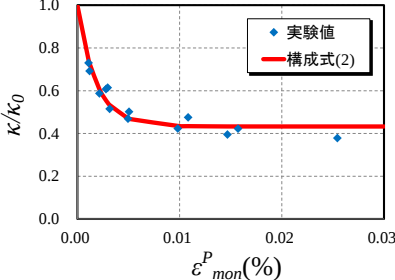


図 - 6 弾性域の大きさ(κ)の減少

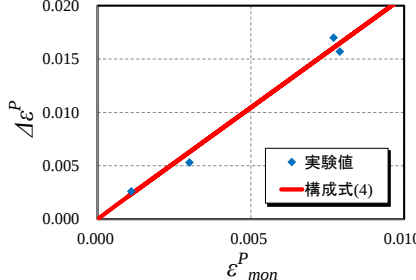


図 - 7 $\epsilon^P_{mon} - \Delta\epsilon^P$ 関係

表 - 1 実験から求めた構成則の定数

	σ_y MPa	ϵ^P_{st}	E^P_{st} MPa	a	b	c	n	d	e	f	g
SBHS700	793	0.024	1775	0.576	26.37	0.424	5.86	0.0027	0.0056	0.0111	-2.56

4. まとめ

本研究では、SBHS700 の繰り返し載荷実験を行い、SBHS700 の繰り返し塑性履歴特性の把握を行った。また著者らが既往の研究で提案している構成式で SBHS700 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となった。

5. 謝辞

本研究は、基盤研究(C) (課題番号：22560476)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)土木学会 新しい高性能鋼と利用技術調査研究小委員会：新しい高性能鋼と利用技術調査研究報告書～ SBHS500(W)，SBHS700(W)の設計・製作ガイドライン（案）～，2009. 2)西村宜男，小野潔，池内智行：単調載荷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)鈴木雄大，小野潔，池内智行，岡田誠司，西村宜男，高橋実：実用的な構成式の開発，第6回地震時保有耐力法に基づく橋梁等構造の耐震設計に関するシンポジウム講演論文集，pp.351-358，2003年1月。

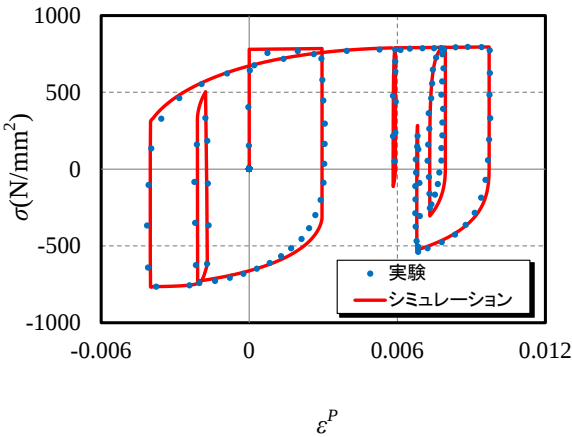


図 - 8 実験結果と解析結果の比較