大阪大学大学院 学生員〇宮嵜 靖大 大阪大学大学院 正会員 奈良 敬 大阪大学大学院 正会員 小野 潔

## 1. まえがき

高強度鋼は軟鋼に比べて強度が高いため,橋梁部材に適用することで断面の縮小や軽量化が図られる.一 方,高強度鋼は軟鋼に比べて延性や靭性が劣るため,地震荷重のような巨大な外力を受けた場合に大きな塑 性変形を許容する設計法を導入すると,構造物の脆性的な破壊を伴う危険性が高くなる.そこで本研究では, 構造物への有効な高強度鋼の活用法を提案するため,高強度鋼として超鉄鋼を対象に,その材料特性を明確 にし,既往の構成式<sup>1)</sup>への適用性について検証したので,ここに報告する.

#### 2. 構成式の概要

本研究で扱う構成式は, 図-1(a),(b)に示すような真応力と塑性ひずみの関係により表現したものである. 図-1(b)に示す繰り返し載荷曲線は,単調載荷曲線に準ずる領域(点1~3,点5~6,点8以降),荷重反転時の 遷移領域を弾性遷移領域(点3~4,点6~7)と非線形遷移領域(点4~5,点7~8)に分けている. 点4,7を除 くこれらの点は,同図(a)に対応している.各領域における構成式は次の通りである.

単調載荷曲線に準ずる領域

*a,b*:鋼材によって決まる定数. <u>弾性遷移領域</u>

$$\frac{\kappa}{\kappa_0} = \frac{1-c}{\left(\varepsilon_{mon}^p + 1\right)^n} + c \tag{2}$$

ここに, κ:弾性域の大きさ, κ<sub>0</sub>:初期の弾性域 の大きさ(=2 σ<sub>y</sub>), *c*,*n*:鋼材によって決まる定数. 非線形遷移領域

$$\Delta \varepsilon^{P} = \frac{e}{d} \sqrt{\left(\varepsilon_{mon}^{P}\right)^{2} + 2d\varepsilon_{mon}^{P}} \tag{3}$$

$$m = \frac{f}{\varepsilon_{mon}^{P^*} + \{1 + \exp(g)\}f} - 1$$
 (4)

ここに、 $\Delta \varepsilon^{P}$ : 非線形遷移領域の塑性ひずみの大き さの範囲、 $\varepsilon_{mon}^{P}$ : 単調載荷曲線上の塑性ひずみ(%)、 d,e: 鋼材によって決まる定数、m: 非線形遷移領域の 形状を表すパラメータ(-1<m<0)、g,f: 鋼材によって 決まる定数.





キーワード	超鉄鋼,材料	構成式,	弾性遷移領域,	非線形過	遷移領域	
連絡先	$\mp 565$ -0871	大阪府雪	欠田市山田丘 2-1	TEL	06-6879-7600	
			250			



#### 3. 実験結果

本研究で対象とした超鉄鋼は,降伏比が約 0.98 のST材と降伏比が約 0.92 のJ材の 2 種類である.式(1)~ (4)に含まれる材料定数を決定するため,単調載荷試験,弾性域の大きさの減少を調べる繰り返し載荷試験, および繰り返し両振り試験を実施した<sup>2)</sup>.単調載荷試験から得られたデータに式(1)を回帰した結果を図-2 に 示す.また,弾性域の大きさに関する試験結果を図-3 に示す.さらに,繰り返し両振り試験から得られた遷 移領域の大きさと単調載荷曲線上での塑性ひずみの関係に式(3)を回帰したものを図-4 に,ひずみ硬化開始後 の各ループのひずみ硬化開始点からの塑性ひずみと非線形遷移領域の曲率の関係に式(4)を回帰したものを 図-5 に示す.以上により得られた構成式に含まれる材料定数を表-1 にまとめる.

図-2 において,点で示す実験値と実線で示す数値シミュレーションは,精度良く一致していることが確認できる.次に,図-3 に示す超鉄鋼の弾性域の大きさについても,構成式(2)は実験値を精度良く表現していることがわかる.最後に,非線形遷移領域の大きさと単調載荷曲線上におけるひずみ硬化開始点からの塑性ひずみの関係を表す図-4,および非線形遷移領域の形状を表す mとひずみ硬化開始点からの塑性ひずみを表す図-5 から,試験で得られたデータのばらつきが小さく,超鉄鋼はSM490と類似した傾向を示していることがわかる.以上より,超鉄鋼材料は,軟鋼を対象とした既往の構成式が適用できると考えられる.

## 4. 構成式とシミュレーションの比較

既往の構成式が超鉄鋼の塑性履歴特性を精度良く表現できるかを確認するため、3. で求めた材料定数を 用いて、荷重を変化させたランダム載荷試験を、図-6 に示すように実施した. 図より、J 材、ST 材ともに 数値シミュレーションと実験値は、非線形遷移領域において若干のずれはあるもののおおよその一致が確認 できる. このことから、本構成式を超鉄鋼を用いた部材の数値計算に活用しても問題無いと判断できる.

# 5. まとめ

本研究により、軟鋼を対象とした既往の材料構成式を超鉄鋼に適用しても、実験値と数値シミュレーションの適合性に問題ないことが確認された.このことから、超鉄鋼を活用した構造物の数値計算に利用できる 構成式を提示することができた.

### 参考文献

1)西村宣男,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則,土木学会論文 集,No.513,I-31, pp.27-38,1995.4.2)宮嵜靖大,奈良敬,小野潔:繰り返し荷重を受ける超鉄鋼の塑性履歴 特性,平成18年度土木学会関西支部年次学術講演会,2006.6.