大阪大学大学院 正会員〇三好 崇夫 大阪大学大学院 正会員 奈良 敬 大阪大学大学院 学生員 宮嵜 靖大

大阪大学大学院 学生員 森 省吾

### 1. まえがき

高い耐食性を有するステンレス鋼は、既に構造用部材として幅広く活用されている.しかし、土木構造物 へのステンレス鋼の適用に関する設計基準が設けられていない我が国では、高い耐食性を活かした被覆材と しての活用例はあるものの主部材としての活用例はほとんどないのが現状である.そこで本研究では、ステ ンレス鋼の持つ優れた耐食性や高延性、高靱性等の特性を構造部材として有効に活用するため、基本となる 材料の塑性履歴特性を明確にし、構成式の適用性について確認したので報告する.

#### 2. 構成式の概要

本研究で扱う構成式<sup>1)</sup>は,真応力と塑性ひずみの関係により表現したものである.単調載荷曲線の模式図 を図-1に,繰り返し載荷経路の模式図を図-2に示す.図-2の点0~8は図-1の点0~8に対応している.図 -2において,一軸状態における塑性履歴曲線の0-1を初期弾性域,1-3,5-6,8以降を単調載荷曲線に準ず る領域,3-5,6-8を遷移領域とし,さらに遷移領域を3-4,6-7の弾性遷移領域と4-5,7-8の非線形遷移領 域に分けている.以下に各領域での構成式を,式(1)~(4)に示す.

(1)単調載荷曲線に準ずる領域

$$\sigma = \frac{E_{st}^{P}}{b} \exp\left(a\varepsilon_{mon}^{P^{*}}\right) \ln\left(1 + b\varepsilon_{mon}^{P^{*}}\right) + \sigma_{y} \quad (a \ge 0) \quad (1)$$

ここに,  $\mathcal{E}_{mon}^{P^*}$ : ひずみ硬化開始点を原点と したときの単調載荷曲線上での塑性ひずみ,  $E_{st}^{P}$ : ひずみ硬化勾配,  $\sigma_{y}$ : 弾性限に対す る応力, a,b: 鋼材によって決まる定数. (2)弾性遷移領域

$$\frac{\kappa}{\kappa_0} = c \tag{2}$$

ここに, $\kappa$ :弾性域の大きさ, $\kappa_0$ :初期の 弾性域の大きさ(=2 $\sigma_y$ ),c:鋼材によって 決まる定数.

(3)非線形遷移領域

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

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

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、 $\varepsilon^{P}_{mon}$ :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



表−1 材料定数



	SUS304	SUS304N2	SM490
$\sigma_{y}$	232	326	360
$E^{p}_{st}$	18587	37457	5935
$\varepsilon_{st}^{p}$	0.0000	0.0000	0.0144
а	2.5273	3.4321	0.0037
b	295.60	500.52	31.31
С	0.62	0.50	0.52
d	10.69	38.06	0.25
е	1.27	2.99	0.21
f	87.03	30.62	3.67
g	-1.07	-0.83	-1.24

# キーワード SUS304, SUS304N2, 構成式, 塑性履歴特性

連絡先 〒565-0871 大阪府吹田市山田丘 2-1 TEL 06-6879-7600

パラメータ(-1<m<0), g,f: 鋼材によって決まる定数.

#### 3. 材料定数

式(1)~(4)に含まれる材料定数を決定するために,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,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-3に示す.また,弾性域の大きさに関する試験 結果を図-4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-5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-6に示す.以上により得られた定数を表 -1に示す.

図-3の単調載荷曲線では、点で表す試験結果と実線で表すシミ ュレーション結果は両ステンレス鋼材ともよく一致していること がわかる.次に、図-4よりステンレス鋼はSM490材に見られる ようなある塑性ひずみレベルに到達すると弾性域の大きさが一定 値に収束するような現象は現れないことがわかる.このため、ス テンレス鋼については, SM490 材のように塑性ひずみが 0.5%に 達した後に弾性域の大きさを一定とする手法を改め、初期状態か ら弾性域の大きさは一定と仮定することとした.一定値は、本試 験で測定した最大の塑性ひずみ 4%付近の弾性域の大きさを用い ることとした.非線形遷移領域については,SM490に比べ両ステ ンレス鋼の非線形遷移領域の範囲は小さいことが図-5 から読み 取れる.これは、式(3)の eldの値が SM490 に比べ 1/7~1/11 と 小さいためである.このため、より少ない塑性ひずみの変化量で 非線形遷移領域の範囲を示す応力に達し、塑性ひずみの増加に伴 う応力の増加が大きくなる.図-6からわかるように、両ステンレ ス鋼の実験値のばらつきは、SM490材に比べて大きい.このこと から、ステンレス鋼に関する非線形遷移領域の形状は SM490 材 に比べてその変化が大きいことがわかる.

## 4. 数値シミュレーションとの比較

3. で得られたステンレス鋼に関する材料定数を用いて,構成 式による数値シミュレーションが精度良く再現できることを確認 するため,図-7に示すような載荷パターンを変化させた試験を行 った. この図より,両ステンレス鋼ともに数値シミュレーション は実験値とほぼ一致しており,構成式の適用性が確認できる.

#### 5. まとめ

本研究により, SUS304,SUS304N2 に対する従来の構成式の適 用性が確認された.

用1注が14度 pto C 4 07 c. 参考文献 1)鈴木雄大,小野潔,池内智行,岡田誠司,西村宣男,高橋 実:実用的な鋼材の構成式の開発,第6回地震時保木平耐力法に基づ 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, 2003.1.2)森省吾,奈良敬,宮嵜靖大,三好崇夫:ステンレス鋼 (SUS304,SUS304N2)の繰り返し載荷時における材料特性,平成 18 年度土木学会関西支部年次学術講演会,2006.6.

