

## 異形鋼棒 (SD345) の繰り返し弾塑性構成則に関する実験的研究

名古屋大学 学生会員 ○稲垣 冨城  
 名古屋大学 学生会員 杉浦 隆明  
 名古屋大学 正会員 葛西 昭

## 1. はじめに

RC 構造物の設計および維持管理において、鉄筋の繰り返し弾塑性変形挙動を把握しておくことは不可欠である。この弾塑性変形挙動を評価する上で、高い精度で鉄筋の繰り返し応力-ひずみ関係を表現できる力学モデルの開発が重要となる。鉄筋の優れた履歴モデルとして Menegott-Pinto モデル<sup>1)</sup>、加藤モデル<sup>2)</sup>などが挙げられる。これらのモデルは繰り返し荷重下の特徴であるバウシinger効果を表現できるが、降伏棚域での繰り返し変形特性が表現できない。そこで、本研究では地震力などによって生じる低ひずみ域での繰り返し変形挙動にも適用可能な、新たな構成モデルの作成を目標とする。モデル作成に関しては名古屋大学で開発・研究が行われてきた修正 2 曲面モデル<sup>3)</sup>を対象構成則とし、これに SD345 を適用するために数種類の繰り返し載荷実験を行い、材料パラメータを決定する。なお、使用する鋼棒は独立行政法人防災科学技術研究所兵庫耐震工学センターで実施される実大 RC 橋脚の震動台実験で用いられるものである。

## 2. 実験供試体

実験供試体は鉄筋コンクリート用異形鋼棒 SD345 を用いる。異形鋼棒はリブ付き断面を有しているが、荷重の偏心や初期不整による応力-ひずみ関係への影響を防ぐため、供試体の形状は平行部を有する中実丸棒とする。その形状と寸法を図-1 に示す。

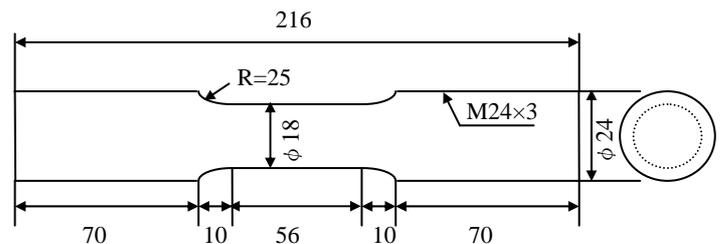


図-1 供試体の概要 (単位: mm)

## 3. 実験装置

実験装置は MTS 社製の疲労試験機 (容量 25tf) を用い、試験片を治具にねじ込む方法によって固定する。

測定データは、試験片に載荷される荷重とそれに伴って生じる軸方向変位である。荷重は実験装置に取り付けられているロードセルによって測定し、軸方向変位は、試験片の平行部 (標点間距離 50mm) に変位計装着器具を 3 方からねじで固定し、その両側に変位計 (CDP-25) を 2 つ取り付け測定する。また、ポアソン比を求めるために、ひずみゲージを試験片の平行部両側に取り付ける。実験装置の概要を図-2 に示す。

## 4. 実験方法

種々の繰り返し構成則を適用するのに必要な材料パラメータを決定するために表-1 に示すような種類の実験を行う。実験 1~4 は材料パラメータ決定のための実験、実験 5 は本提案モデルによる予測結果の検証のための実験である。また、この実験では 5% 以上の大ひずみを扱うため、大ひずみの概念を用いるのが一般的である。そのため実験結果として真応力  $\sigma$ 、真ひずみ  $\varepsilon$ 、塑性ひずみ  $\varepsilon^p$  を用いる。

## 5. 実験結果

単調引張実験結果を表-2 に示す。ここで、 $\varepsilon_{st}^p$  は単調載荷時のひずみ硬化開始時の相当塑性ひずみ、 $W_{st}^p$  は

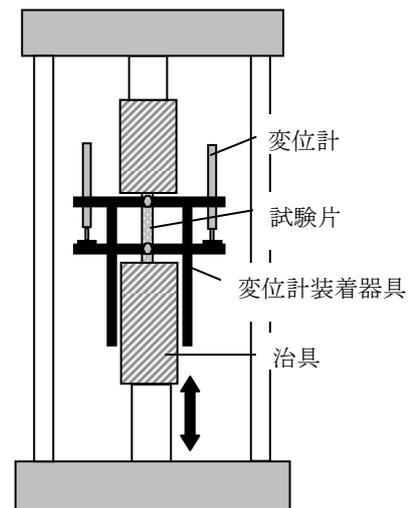


図-2 実験装置の概要

単調荷重により鋼材の硬化が始まるまでの塑性仕事量 ( $=\sigma_y \cdot \epsilon_{st}^p$ ) を示す。

実験 2 の降伏棚の減少を調べる実験の結果を応力-ひずみ関係にして図-3 に示す。1 例として修正 2 曲面モデルでは、降伏棚の減少及び消失を、降伏棚が消失する時点までの累積相当塑性ひずみ  $\bar{\epsilon}^p$  と塑性仕事量  $W^p (= \int \sigma d\epsilon^p)$  との関係で、次式のように表現している。

$$\frac{\bar{\epsilon}^p}{\epsilon_{st}^p} - 1 = M \cdot \left( \frac{W^p}{W_{st}^p} - 1 \right) \quad (1)$$

ここで、 $M$  は各種鋼材に固有なパラメータである。また、累積相当塑性ひずみ  $\bar{\epsilon}^p$  とは皆川ら<sup>4)</sup>の提案によるもので、塑性ひずみ履歴において引張・圧縮両側で過去最大の塑性ひずみを越えた塑性ひずみ増分  $d\epsilon^p$  を合計した量である。

縦軸に  $\bar{\epsilon}^p / \epsilon_{st}^p$  を横軸に  $W^p / W_{st}^p$  をとり、実験 2 の全結果をプロットした関係図を図-4 に示す。この図より SD345 に関しても式(1)で表される関係式が成り立っていることが分かる ( $M = -0.158$ , 相関係数  $r = -0.972$ )。

6. まとめ

本研究では、異形鋼棒 (SD345) の新たな構成モデルを作成することを目標に、5 種類の荷重実験を行った。このうちの降伏棚の減少に関しては、式(1)の相関関係が示された。なお、その他の実験結果については、当日発表することとする。これらの成果を元に材料パラメータの決定を目指す。本研究の提案するモデルは、地震作用時などの複雑な繰り返しが生じる解析を行う場合において、極めて有効な構成モデルとなることが期待される。

(参考文献)

- 1) Menegott, M. And Pinto, P.E. (1973): Method of analysis for cyclically loaded R.C. plane frames including change in geometry and non-elastic behavior of elements under combined normal force and bending, IABSE Reports Vol.13, Lisbon, pp.15-22.
- 2) KATO, B. (1979): Mechanical properties of steel under load cycles idealizing seismic action, Bulletin Dinformation, No.131, CEB, IABSE-CEB Symposium.
- 3) 水野英二, 沈 赤, 宇佐美勉 (1994): 鋼素材に対する修正二曲面モデルの一般定式化, 構造工学論文集, Vol.40A, pp.235-248.
- 4) 皆川勝, 西脇威夫, 増田陳紀 (1989): 塑性流れ域における構造用鋼の単軸繰り返し挙動の推定, 構造工学論文集, Vol.35A, pp.53-65.

表-1 実験の種類

番号	実験名称
1	単調引張 (圧縮) 実験
2	降伏棚の減少を調べる実験
3	弾性域の減少を調べる実験
4	境界線に関する実験
5	ランダム荷重実験

表-2 単調引張実験結果

$E$ (GPa)	$\sigma_y$ (MPa)	$\epsilon_y$ (%)	$E_{st}$ (GPa)	$\sigma_u$ (MPa)	$\nu$	$\epsilon_{st}^p$ (%)	$W_{st}^p$ (MPa)
202	373	0.186	5.45	671	0.30	1.33	5.06

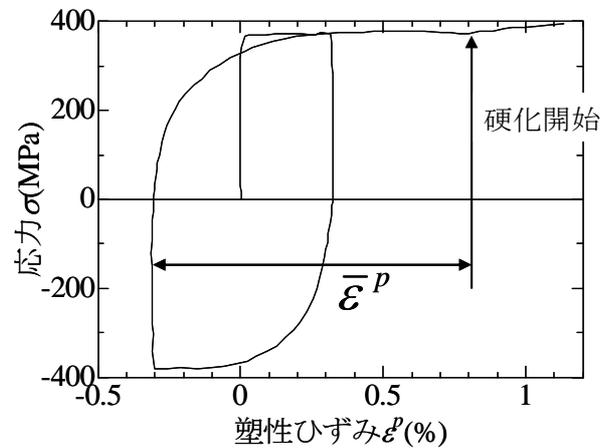


図-3 実験 2 の結果

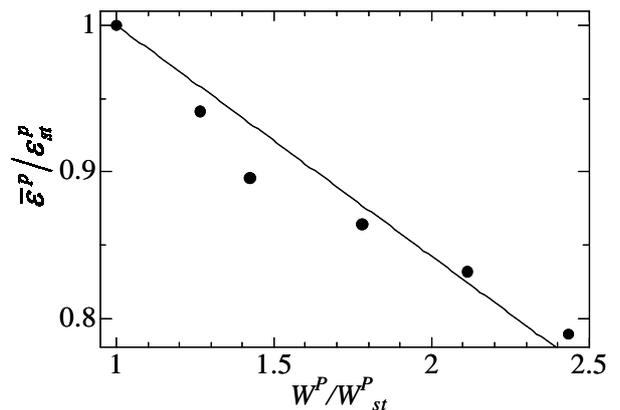


図-4 降伏棚の減少