

V-437 高強度鋼材の応力－歪み特性に関する研究

横浜国立大学大学院 学生会員 藤井理隆
横浜国立大学工学部 正会員 山口隆裕

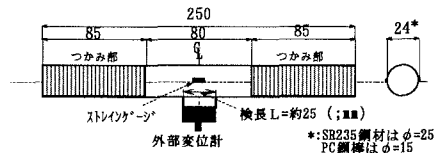
学生会員 林 和彦
フェロー会員 池田尚治

1. はじめに

本報告は、コンクリート部材の非線形解析を行う際に必要となる鋼材自体の応力－歪み特性を把握することを目的として行った一連の実験的研究のうち¹⁾、高強度鋼材を取り上げ、その応力－歪み特性について述べるものである。

2. 実験概要

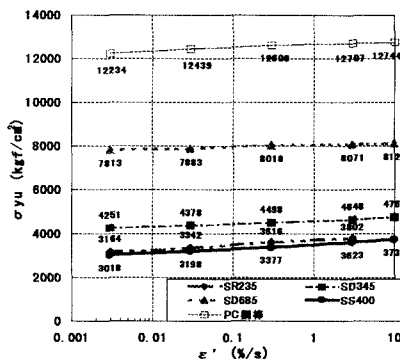
供試材は、高強度鋼材である鉄筋コンクリート用棒鋼SD685（高強度鉄筋）、PC鋼棒C種1号（SBPR1080/1230）の2種類と通常の強度の鉄筋コンクリート用棒鋼SR235、SD345、構造用鋼材SS400の3種類の計5種類とした。図－1に供試材を示す。供試材の直径は、SR235鋼材が $\phi=25\text{mm}$ （ ϕ ：直径）、SD345、SD685、SS400の各鋼材が $\phi=24\text{mm}$ 、PC鋼棒が $\phi=15\text{mm}$ である。供試材の全長は250mmとし、両端部から85mmの部分を試験機に挟み固定した。荷重は油圧式疲労試験機を用いて歪み制御により行った。歪み制御は、供試材中央における軸方向変位を外部変位計（検長 $L\approx 25\text{mm}$ ）により検出し、その値を試験機にフィードバックして行った。なお、本論文で示される歪み値はすべてこの外部変位計で得られたデータを用いて計算した値である。荷重方法としては、引張（正載荷）または圧縮（負載荷）方向への単調載荷、正負繰返し載荷及び正又は負歪み側のみの繰返し載荷とした。単調載荷試験では、歪み速度の影響をみるために制御歪み速度の値を、0.003%/s、0.03%/s、0.3%/s、3%/s、10%/sの5段階とした。各繰返し載荷試験においては、制御歪み速度を0.03%/sに統一した。試験により得られた荷重、変位、外部変位計、歪みゲージの値は、デジタルデータレコーダーにより記録した。



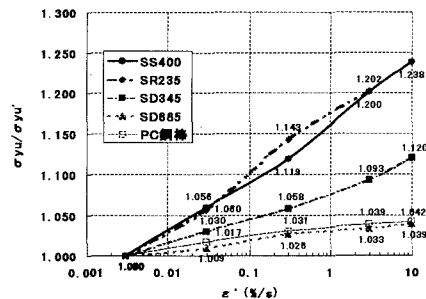
図－1. 供試材

3. 実験結果及び考察

歪み速度をパラメータとした単純引張試験の結果から、各鋼材では歪み速度が大きくなるにつれて上降伏点（以下、 σ_{yu} ）、降伏棚（以下、 σ_{yl} ）、引張強度（以下、 σ_u ）、歪み硬化開始点（以下、 ϵ_{sh} ）の値が増加することが示された。弾性係数については、歪み速度の影響をほとんど受けないことも確認され、これらのことは既往の研究の成果と一致するものであった²⁾。図－2に各鋼材の上降伏点（ σ_{yu} ）－歪み速度（ $\dot{\epsilon}$ ）関係を、図－3には、上降伏点の上昇率



図－2. 上降伏点－歪み速度関係



図－3. 上降伏点の上昇率－歪み速度関係

注) σ_{yu}' ：歪み速度0.003%/sの上降伏点

キーワード：高強度鋼材、応力－歪み関係

〒240-8501 横浜市保土ヶ谷区常盤台 79-5 TEL:045-339-4045 FAX:045-331-1707

$(\sigma_{yu}/\sigma_{yu'}) - \dot{\epsilon}$ 関係を示す。上降伏点の応力は、歪み速度の対数値にほぼ比例することが示されているが、高強度鋼材になるほど、歪み速度の影響は小さく、SD685 とC種PC鋼棒ではほとんど影響を受けていないことが明らかとなった。単純圧縮試験においても、引張試験の場合と同様な結果となり、上降伏点は、歪み速度の対数値に比例して上昇し、高強度のものほど歪み速度による影響が小さいことが明確に示された。

図-4 に単純引張試験の降伏棚の応力及び降伏歪みで除し無次元化した SD685 と SS400 鋼材の正負繰返し载荷試験の結果を示す。通常の強度と高強度では履歴ループの形状は異なっており、普通強度の方が、除荷時、再载荷時の剛性は大きく、それに伴いハウシinger効果によるカーブの曲率も大きい。高強度に向かうほど紡錘形の履歴ループを描いた。

図-5 には、SD685 鋼材の正負繰返し载荷試験と単純引張・圧縮試験の比較を示す。高強度鋼材においても普通強度鋼材の場合と同様に¹⁾、正負繰返し载荷により、歪み硬化開始点が早期に現れ降伏棚の長さが短くなった。しかしながら、その程度はより小さなものであることが示された。

SD345 鋼材における正歪み側繰返し载荷試験(0%まで歪みを戻し、繰返す)と単純引張試験の比較を図-6 に示す。正歪み側繰返し载荷の結果は単純引張試験の結果とほぼ対応しており、正負繰返し载荷の実験の結果のように硬化域での急激な応力の上昇はみられず、歪み硬化開始点の早期化や硬化域での応力の上昇もわずかであった。この傾向は、負歪み側繰返し载荷試験においても同様にみられた。一方、高強度の SD685 では SD345 の場合と比べて、より一層、単純引張・圧縮試験の結果と一致した曲線を示した。以上の正負繰返し、正又は負歪み側のみの繰返し载荷試験の結果により繰返し载荷の影響もまた、高強度のものほど小さいことが明らかとなった。

4. まとめ

本実験により得られた結果をまとめると以下の通りとなる。

- (1) 引張試験と圧縮試験の両方において、歪み速度が大きくなるにつれて各鋼材の上降伏点、降伏棚、引張強度と歪み硬化開始点の値が増加するが、高強度鋼材になるほどその増加率が小さくなり、SD685 やC種PC鋼棒においては歪み速度の影響をほとんど受けないことが示された。
- (2) 正負繰返し载荷試験の結果、普通強度と高強度鋼材では得られる履歴ループ形状が異なり、高強度鋼材ほど紡錘形の履歴ループを描くことが確認された。
- (3) 正又は負歪み側のみの繰返し载荷試験より得られるスケルトンカーブの形状は一方向単純载荷より得られる結果と若干差がある程度で、正負繰返し载荷の場合のような歪み硬化開始点の早期化や歪み硬化域における急激な応力の上昇などの顕著な影響は示されなかった。また、その差も高強度鋼材ほど小さくなることが明らかとなった。

謝辞: 本研究に対し、新日本製鐵(株)と(社)鋼材倶楽部に助成を賜った。ここに厚く御礼申し上げます。また、実験においては、森下豊技官(横浜国立大学)及び葛野教院生(横浜国立大学大学院)に多大な協力を得た。ここに深く感謝します。

参考文献:

- 1) 葛野, 他; 構造用鋼材の応力-歪み特性に関する研究, 土木学会第 53 回年次学術講演会/V, pp.188, 189
- 2) 小谷; 鉄筋コンクリートにおける载荷速度の影響, コンクリート工学, Vol.21, No.11, pp.23~34, 1983.11.

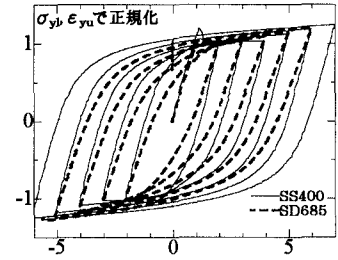


図-4. 正負繰返し载荷試験の比較

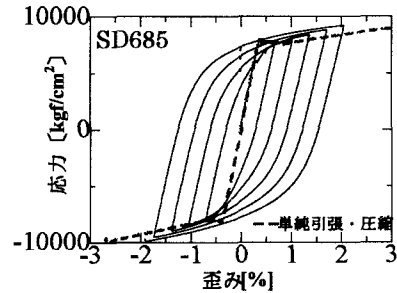


図-5. 正負繰返し载荷試験

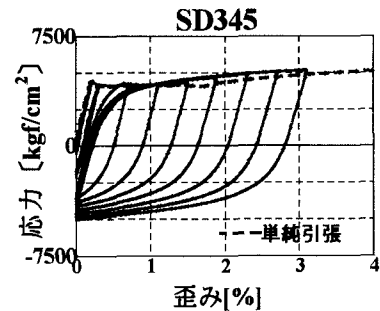


図-6. 正歪み側繰返し载荷試験