

スパイラル鋼管母材から採取した試験片による材料試験

東京工業大学大学院理工学研究科	正会員	小野 潔
芝浦工業大学工学部	正会員	穴見健吾

1. はじめに

疲労損傷が発見された鋼橋等の鋼構造物については、疲労損傷の原因究明、補修・補強法の検討のため、その材料特性を把握することが重要となる。そこで、鋼材の材料特性をより正確に把握するため、損傷が発見された鋼構造物から直接、試験片・サンプル等を採取して試験・観察等が行われることがある¹⁾。また、鋼管では冷間曲げ加工の影響により、その材料特性が変化することが知られている。よって、鋼管の機械的性質をより正確に把握するためには、曲げ加工前の鋼板等からではなく、鋼管母材から切り出した試験片により材料試験を行う必要がある。特に、スパイラル鋼管の材料特性については、電縫鋼管等の他の鋼管と比べて研究例が少ないものとなっている。そこで、本稿では、スパイラル鋼管を対象に、スパイラル鋼管母材から切り出して製作した試験片により材料試験を行い、スパイラル鋼管の塑性履歴特性を含む材料特性の調査を行った。さらに、既往の研究で提案されている鋼材の構成則^{2),3)}によりスパイラル鋼管の塑性履歴特性の評価が可能かどうかについて検討を行ったので報告する。

2. スパイラル鋼管母材から切り出した試験片

本稿では、直径 D (外径) が 400mm、板厚 t が 7mm のスパイラル鋼管を対象とした。そして、そのスパイラル鋼管母材の軸方向から、引張り試験片および写真-1 に示す繰返し試験片を切り出して製作した。ところで、繰返し載荷試験では試験片の平行部の長さが断面寸法(辺長)と比較して長すぎると座屈しやすく、逆に短すぎると一軸状態が乱されひずみ分布が一様でなくなる可能性がある²⁾。さらに、サーボパルサーの治具に試験片をねじ込んで繰返し載荷試験を行うが、試験片のねじの谷部の面積と平行部の面積の比率が適切でなければ、ねじ部が塑性化し、実験終了後、試験片が外せなくなる危険性がある。そこで、上述の事項に配慮して写真-1 の繰返し試験片の平行部、ねじ部等の寸法を決定した。



写真-1 繰返し試験片

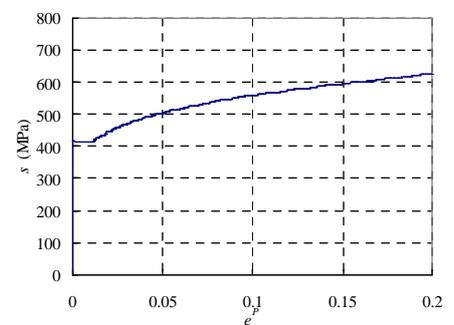


図-1 引張り試験結果

3. 材料試験結果

スパイラル鋼管の塑性履歴特性を含む材料特性を調べるとともに、既往の研究で提案されている鋼材の構成則^{2),3)}でスパイラル鋼管の塑性履歴特性が評価可能かどうかについて検討を行うため、引張り試験(図-1)、弾性域の大きさの減少を調べる試験、両振り載荷試験(図-2)、ランダム載荷試験を行った。なお、図-1 および図-2 は真応力-塑性ひずみ関係で整理されている。表-1 に引張り試験から得られるスパイラル鋼管の主な材料特性(公称応力ベース)を示す。鋼管では曲げ加工の影響で明確な降伏棚

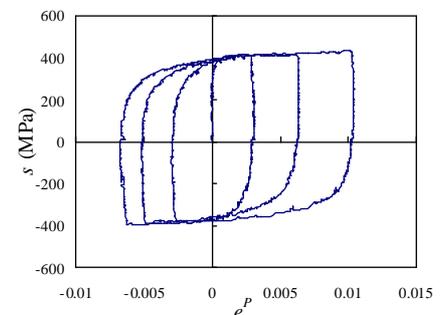


図-2 両振り試験結果

キーワード：スパイラル鋼管，材料特性，材料試験，構成則

〒152-8552 目黒区大岡山 2-12-1 東京工業大学大学院理工学研究科土木工学専攻 TEL: 03-5734-2596

が現れないことも報告されている⁴⁾が、本稿で対象としたスパイラル鋼管では図-1 に示すように明確な降伏棚が現れている。

4. 構成則の概要およびスパイラル鋼管への適用性の検討

本研究で対象とした構成式^{2),3)}の概要を以下に示す。図-3(a), (b) は、それぞれ単調載荷、繰返し載荷時の1軸状態での鋼材の塑性履歴曲線を真応力-塑性ひずみ関係で表現したものである。この構成式では、図-3 (b) に示す繰返し載荷曲線を、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)に分けて表現しており、図-3(b)中の点 4, 7を除くこれらの点は図-3(a)の同じ番号の点に対応している。詳細は文献 2)及び 3)を参照されたい。図-4 に、真応力-塑性ひずみ関係で整理した、ランダム載荷試験結果と構成式による数値シミュレーション結果を比較したものを示す。図-4 に示すように、実験結果とシミュレーション結果は精度良く一致していることが確認できる。よって、既往の研究で提案される構成則でスパイラル鋼管の繰返し塑性履歴特性が評価可能であることがわかる。

5. おわりに

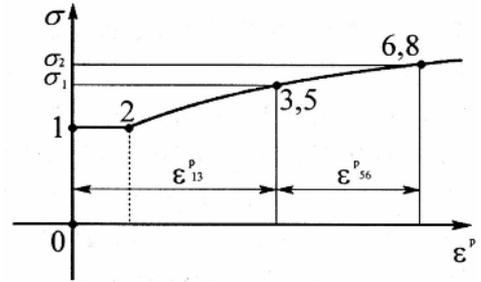
本稿では、スパイラル鋼管母材の軸方向から切り出した試験片により材料試験を行い、その材料特性の把握を行うとともに、既往の研究で提案されている鋼材の構成則によりその塑性履歴特性の評価が可能であることを示した。今後は、母材から切り出した試験片を使用して破壊靱性等の材料特性に関する検討を行う予定である。

謝辞：本研究は、基盤研究(S)「重度の疲労損傷を受けた鋼橋の機能回復・機能向上を目的とする橋梁再生工学の確立」(研究代表者：東京工業大学 三木千壽教授)の一環として行われました。ここに感謝致します。

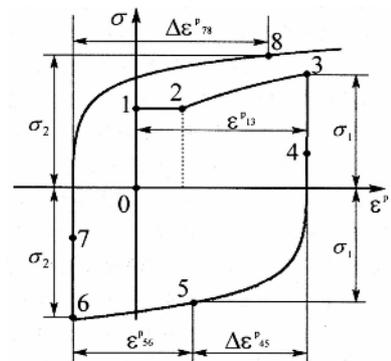
【参考文献】1)三木千壽, 富永知徳, 柳沼安俊, 下里哲弘: 既設鋼橋脚の補修におけるラメラティアの発生の可能性の検討, 土木学会論文集, Vol.759, 1/67, pp.79-98, 2004年. 2) 西村宣男, 小野潔, 池内智行: 単調載荷曲線を基にした繰返し塑性履歴を受ける鋼材の構成式, 土木学会論文集, No.513/ -31, pp.27-38, 1995年. 3)鈴木雄大, 小野潔, 池内智行, 岡田誠司, 西村宣男, 高橋実: 実用的な鋼材の構成式の開発, 第6回地震時保有耐力法に基づく橋梁等構造の耐震設計に関するシンポジウム講演論文集, pp.351-358, 2003年. 4)木村祥裕, 小河利行, 佐伯英一郎: 製造方法の異なる冷間成形鋼管の局部座屈挙動, 構造工学論文集, Vol.8, No.29, 2001年.

表-1 材料特性値

降伏応力 σ_y (MPa)	引張強度 σ_B (MPa)	一様伸び (%)	降伏比 (%)
409	518	19.7	79



(a) 単調載荷曲線



(b) 繰返し載荷曲線

図-3 構成式の概要

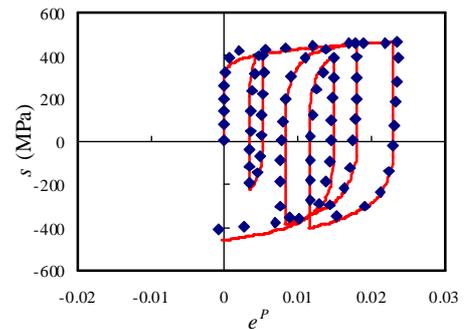


図-4 実験とシミュレーションの比較