

大阪大学工学部 学生員 市川 尚樹
 (独) 土木研究所 非会員 七澤 利明
 JFE シビル (株) 正会員 尾添 仁志

大阪大学大学院工学研究科 正会員 小野 潔
 (独) 土木研究所 正会員 飯島 翔一
 大阪大学大学院工学研究科 学生員 安積 恭子

1. 研究の目的

切土や盛土が困難な山間部の急傾斜地の道路拡幅工事で使用されることのある多柱式ラーメン構造¹⁾では、橋脚として SKK である電縫鋼管が用いられる場合がある。しかし、電縫鋼管を用いた鋼製橋脚の耐震性能については、十分に明らかにされているとはいいがたい。よって、電縫鋼管を用いた鋼製橋脚のより合理的な耐震設計を行うには、その弾塑性挙動を明らかにする必要がある。鋼製橋脚の挙動を明らかにする場合、実験だけでなく、幅広く弾塑性挙動に関する情報を収集するため弾塑性有限変位解析が行われることが多い。ところで、既往の研究^{2),3)}によれば、鋼材の塑性履歴特性を精度よく表現することができる構成則を用いた弾塑性有限変位解析により鋼製橋脚の弾塑性挙動を精度よく再現できることが明らかになっている。

そこで本稿では、土木研究所等の共同研究で行われた電縫鋼管の材料試験、正負交番载荷実験の結果を基に、電縫鋼管の構成則に関する検討、その構成則を使用した弾塑性有限変位解析の解析結果と実験結果との比較による解析手法に関する検討を行った。

2. 構成則の決定

電縫鋼管素材の引張試験および繰り返し材料試験の結果を基に、既往の研究で提案される構成則の材料定数を決定した。引張試験の結果を図-1 に示す。なお、構成則の含まれる材料定数のうち、繰り返し载荷に関する材料定数については、十分な実験データが得られなかったため、今後、実施される材料試験結果を基に再検討する予定である。

3. 実験の概要

3.1 実験供試体

表-1 に実験供試体諸元および主な座屈パラメータを、写真-1 に実験状況を示す。実験供試体で用いた電縫鋼管は SKK490 であり、表-1 に示す座屈パラメータは降伏応力として公称降伏応力を用いて計算したものである。

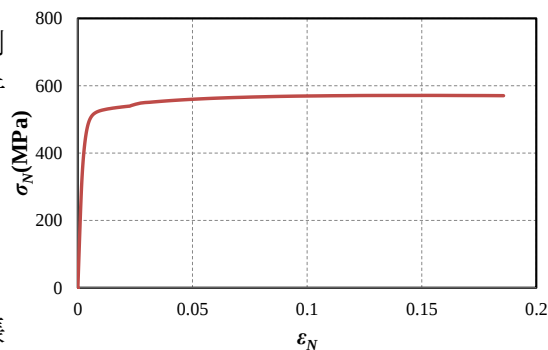


図-1 引張試験結果

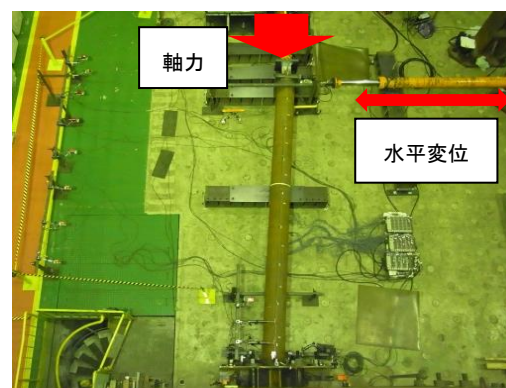


写真-1 実験状況

表-1 実験供試体諸元

鋼種	外径 D (mm)	板厚 t (mm)	载荷点高さ h (mm)	径厚比パラメータ	細長比パラメータ
SKK490	318.5	6	1570	0.068	0.357

3.2 載荷方法

実験は、写真-1 に示すように、供試体に降伏軸力の 20% に相当する一定軸力を与えた状態で、正負交番の水平変位を与えて行った。水平変位の載荷パターンは、既往の研究と同様、図-2 に示すようにベルヌーイ・オイラーの梁理論より求まる降伏水平変位 δ_{yN} の整数倍を片振幅として、 $\pm 1\delta_{yN}$, $\pm 2\delta_{yN}$ ・・・と、水平変位を漸増させたものである。

4. 解析概要

解析は、弾塑性有限変位解析プログラム CYNAS³⁾を用いて行った。作成した解析モデルを図-3 に示す。柱頂部の中心に鉛直荷重 N と水平方向の強制変位 δ を与えて解析を行った。また、柱断面に平均して荷重が作用するように、柱の上部には剛性の大きい要素を配置し、変形の大きい橋脚基部を細かく分割した。水平変位の載荷パターンについては実験と同じとした。

5. 実験結果と解析結果との比較

実験結果と解析結果の P - δ 曲線を比較したものを図-4 に示す。最大水平荷重 P_{max} 、最大水平荷重時変位 δ_m を比較すると、実験値と解析値で差は 10% 程度であり、また、最大水平荷重点程度までの P - δ 関係については、若干の差はあるものの解析結果は実験結果を比較的精度良く再現できていることが分かる。

6. まとめ

本稿では、土木研究所等の共同研究で実施された電縫鋼管の材料試験、正負交番載荷実験結果を基に、電縫鋼管素材の構成則に関する検討、その構成則を使用した弾塑性有限変位解析と正負交番載荷実験との比較を行った。構成則については繰り返しに関する材料定数について今後詳細に検討する必要があるものの、本稿で使用した解析手法で電縫鋼管を使用した鋼製橋脚の最大水平荷重点程度までの弾塑性挙動を適切に評価できる可能性があることが分かった。

謝辞：本稿で紹介させて頂いた電縫鋼管の材料試験結果および正負交番載荷実験結果は、（独）土木研究所、（株）オリエンタルコンサルタンツおよび JFE シビル（株）の共同研究（共同研究名：フーチングを有しない多柱式ラーメン構造の性能検証法）で行われたものです。実験データを提供いただきました関係各位に感謝の意を表します。

参考文献

- 1)例えば、(株)JFE シビル株式会社：メタルロード工法，<http://www.jfe-civil.com/doboku/metalroad/>。
- 2) 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式，土木学会論文集，No.513/1-31, pp.27-38, 1995.3.
- 3) AN EXPERIMENTAL STUDY ON MECHANICAL PROPERTIES AND CONSTITUTIVE EQUATION OF SBHS500, S.HASHIMOTO, K.ONO and S.OKADA, Proceedings of the 13th East Asia-Pacific Conference on Structural Engineering and Construction(EASEC-13), 2013.9.

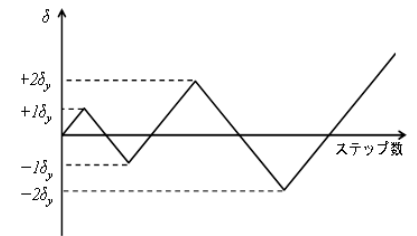


図-2 載荷パターン

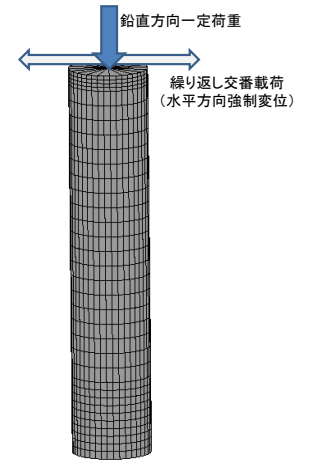


図-3 解析モデル

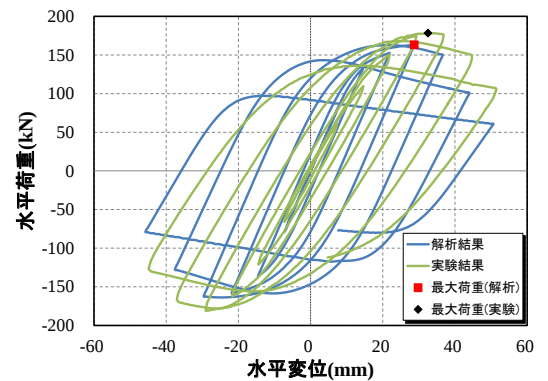


図-4 実験結果と解析結果の比較