

径厚比パラメータが小さい電縫鋼管の正負交番载荷実験

J F E シビル (株)
(国研) 土木研究所

正会員○尾添 仁志
非会員 七澤 利明

早稲田大学 創造理工学部
(国研) 土木研究所
(株) オリエンタルコンサルタンツ

正会員 小野 潔
正会員 河野 哲也
正会員 大森 貴行

1. はじめに

山岳地で施工条件の制約が大きい場合に採用されることのある栈道形式の道路構造物では、橋脚としてSKK400およびSKK490の鋼管杭が用いられる。材料として電縫鋼管が適用されることのほか細長比パラメータが一般の橋脚より大きく、その耐震性能は十分に明らかにされているとはいえない。また著者の既往の実験的研究¹⁾によれば降伏比が高い電縫鋼管では径厚比パラメータを小さくすることによる耐力および変形能の向上はみられなかった。本稿では径厚比パラメータを小さくすることによる耐震性能の向上の可能性を検討するため、降伏比を低減した電縫鋼管（以下、「低降伏比電縫管」という）を用いた正負交番载荷実験について報告する。

2. 実験の概要

2.1 供試体

供試体の諸元は表-1に示すとおりである。このうち供試体1-2および1.5-2は今回の実験供試体であり、供試体1-1と2-2は参考値として前回実験¹⁾の供試体を示す。供試体1-2は道示V²⁾で規定される円形断面のコンクリートを充填しない鋼製橋脚の適用条件を満足するものであり、供試体1.5-2は適用条件を超えて細長比パラメータ λ を大きくしたものである。

今回の供試体はSKK490のJIS規格を満足するとともに、管周方向にシーム位置を0°とした場合の90°位置における管軸方向の降伏比を85%以下とした。供試体1-2および1.5-2の2体の鋼管は同一鋼番で、引張試験の結果は図-1に示すとおりである。低降伏比電縫管の降伏比は79%であり、供試体2-2の89%と比べると10%低下している。

2.2 载荷方法

载荷方法は図-2に示すとおり、一定軸力を保持した状態で水平力は正負交番繰返し载荷とした。一定軸力 N は設計で想定する最大値とし、道示Vの適用条件を満足する供試体は公称降伏軸力 N_y の20%、 λ が大きい供試体は15%の荷重とした。水平力は変位制御で与えることとし、その大きさは基準とする水平変位 δ_y の整数倍を片振幅として、 $\pm 1\delta_y$ 、 $\pm 2\delta_y$ ・・・の要領で漸増させた。

3. 実験結果

供試体1-2および1.5-2の水平荷重—水平変位関係(P — δ 関係)の実験

キーワード：径厚比パラメータ、降伏比、電縫鋼管、正負交番载荷実験、耐震性能

連絡先：〒111-0051 東京都台東区蔵前 2-17-4 JFE シビル株式会社 社会基盤事業部 TEL 03-3864-7317

表-1 供試体諸元

供試体	本稿		文献1)	
	1-2	1.5-2	1-1	2-2
直径 D (mm)	323.9	323.9	318.5	318.5
板厚 t (mm)	14.3	14.3	6.0	14.3
鋼種	SKK490	SKK490	SKK490	SKK490
降伏応力 σ_{yM} (MPa)	431	431	487	553
引張応力 σ_{uM} (MPa)	544	544	570	623
降伏比 σ_{yM}/σ_{uM}	0.79	0.79	0.85	0.89
載荷点高さ h (cm)	157.0	217.0	157.0	348.0
径厚比 $\bar{R}_{tM}$	0.028	0.028	0.068	0.028
R_{tM}	0.039	0.039	0.105	0.049
細長比 $\bar{\lambda}_{tM}$	0.361	0.498	0.357	0.814
λ_{tM}	0.422	0.583	0.444	1.079
軸力比 N/N_{yN}	0.20	0.15	0.20	0.15

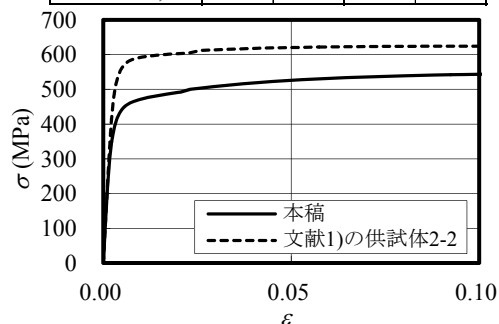


図-1 引張試験結果

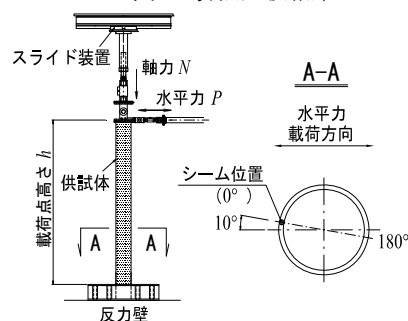


図-2 実験状況

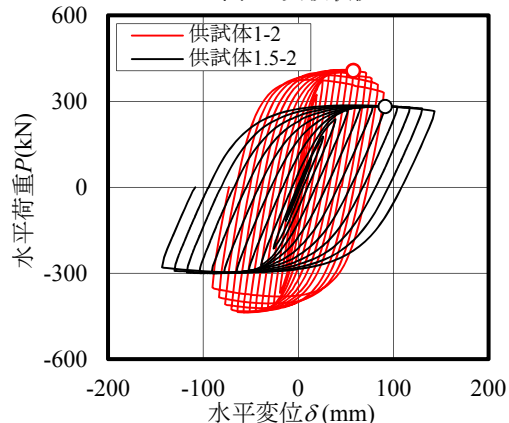


図-3 水平荷重—水平変位関係

結果は図-3 に示すとおりであり、図中○印は最大水平荷重点を示す。

$P-\delta$ 関係の正側載荷の包絡線について、材料降伏応力度 σ_{yM} を用いて算定した降伏水平力 P_{yM} と降伏水平変位 δ_{yM} で除して無次元化したものを図-4 に示す。供試体 1-2 は供試体 1-1 と比べて耐力および変形能は大きく、径厚比パラメータ R_t を小さくした効果が顕著である。供試体 1.5-2 は供試体 1-2 と比べて耐力および変形能が低下するが、これは細長比パラメータ λ の影響によると考えられる。 R_t が小さい供試体 3 体は、供試体 1-1 と比べて最大水平荷重点以降の耐力の低下が緩やかである。

最大水平荷重 P_{max} および最大水平荷重時変位 δ_m について、SM490の円形断面鋼製橋脚を対象とした下記の既往の予測式³⁾(1)および(2)による計算結果と実験結果を比較したものをそれぞれ図-5 (a) および (b) に示す。なお、供試体 2-2 の λ は予測式の適用範囲外である。

$$P_{max}/P_y = 0.07 \times \frac{I}{R_t^{3/4} \lambda^{1/4}} + 1.00 \quad (1), \quad \delta_m/\delta_y = 0.53 \times \frac{I}{R_t^{3/4} \lambda^{1/4}} - 0.55 \quad (2)$$

適用範囲： $0.04 \leq R_t \leq 0.12$, $0.285 \leq \lambda \leq 0.503$, $0.1 \leq N/N_y \leq 0.3$

予測式の適用範囲内である供試体 1-2 の P_{max}/P_{yM} および δ_m/δ_{yM} は予測値と比べて低下するものの、 λ が同等である供試体 1-1 と比べて特に δ_m/δ_{yM} は大きく向上した。このことから今回の実験では降伏比を低く制限すれば、供試体 1.5-2 の λ までの範囲において、 R_t を小さくすることによる耐力および変形能の向上の可能性があることが確認された。

4. 許容変位時に対応するひずみの試算

鋼製橋脚の正負交番載荷実験の結果に基づき、既往の $M-\phi$ モデル設定手法⁴⁾により許容変位 δ_a 時に対応するひずみ ε_a を試算した。 ε_a を降伏ひずみ ε_y で除した値と径厚比パラメータ R_t との関係を図-6 に示す。図中には道示Vで規定される算定式も併記しており、供試体 1-2 の値はその線上付近にプロットされる。供試体 1.5-2 の値は耐力および変形能の結果と同様に、 λ の影響により供試体 1-2 と比べて低下するが、供試体 2-2 と比べて大きく向上した。

5. 結論

橋脚として降伏比を低減した電縫鋼管を使用する場合、径厚比パラメータを小さくすることにより耐力および変形能の向上の可能性があることが明らかとなった。引き続き、材料特性について詳細に検討を行うとともに、耐力および変形能の評価法の検討を行う。

【参考文献】 1) 尾添仁志, 飯島翔一, 河野哲也, 七澤利明, 大森貴行, 小野潔: 細長比パラメータが大きい電縫鋼管の正負交番載荷実験, 土木学会第 70 回年次学術講演会概要集, I-258, 2015. 2) (社)日本道路協会: 道路橋示方書・同解説 V 耐震設計編, 2012.3. 3) 後藤芳顕, 江坤生, 小畑誠: 2 方向繰返し荷重を受ける薄肉円形断面鋼製橋脚柱の履歴特性, 土木学会論文集, No.780/I-70, pp181-198, 2005.1. 4) 小野潔, 西村宣男, 西川和廣, 高橋実, 中洲啓太: 円形断面鋼製橋脚の正負交番載荷実験結果に基づく $M-\phi$ モデル設定手法に関する検討, 鋼構造論文集, 第 8 巻第 31 号, pp97-105, 2001.9.

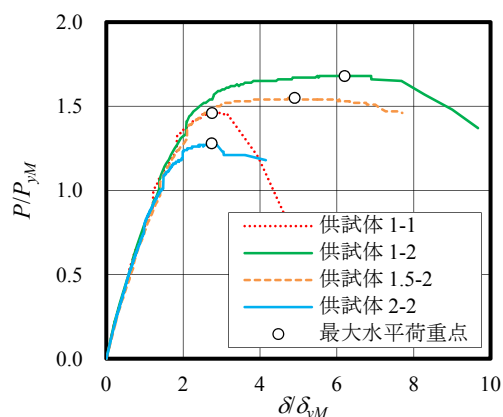
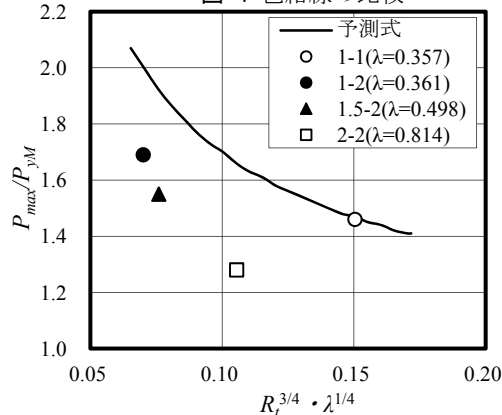
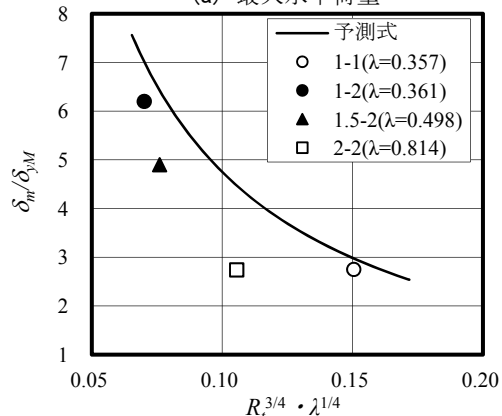


図-4 包絡線の比較



(a) 最大水平荷重



(b) 最大水平荷重時変位

図-5 予測曲線との比較

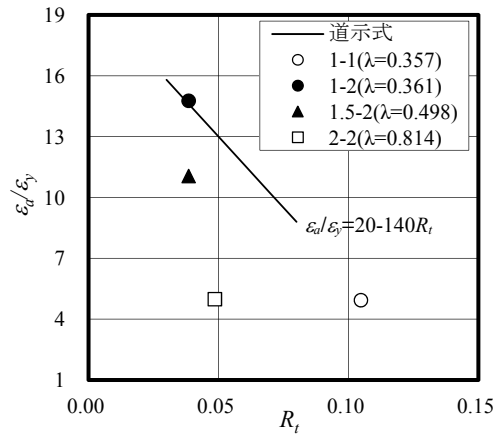


図-6 ε_a の試算結果