

細長比パラメータが大きい電縫鋼管の正負交番载荷実験

JFEシビル(株) 正会員 ○尾添 仁志 国立研究開発法人 土木研究所 正会員 飯島 翔一
 国立研究開発法人 土木研究所 正会員 河野 哲也 国立研究開発法人 土木研究所 非会員 七澤 利明
 (株) オリエンタルコンサルタンツ 正会員 大森 貴行 早稲田大学創造理工学科 正会員 小野 潔

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橋形式の道路構造物では、橋脚として SKK400 及び SKK490 の鋼管杭が用いられる。電縫鋼管が適用される場合があるほか、細長比パラメータ λ は一般の橋脚より大きく、その耐震性能は既往の研究において十分に明らかにされているとは言い難い。本報では、当該橋脚の弾塑性挙動を明らかにすべく実施し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

実験供試体は表-1 に示す 3 体とし、鋼管は JIS 規格の SKK490 の電縫鋼管とした。なお、 $t=6\text{mm}$ の供試体は、同一鋼番の鋼管により製作した。鋼管軸方向から採取した試験片による引張試験の結果は図-1 に示す通りで、いずれも公称値での降伏比と比べて大きく、板厚が厚いほど顕著であった。

供試体 1-1 の寸法諸元は、実験の指標とするため道示 V 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ように設定した。1-1 に対して、2-1 は適用条件外で λ が大きく、2-2 はさらに R_t が小さくなるように設定した。

2.2 载荷方法

载荷方法は、既往の研究と同様に図-2 に示す通り一定軸力を保持した状態で水平力は正負交番繰り返し载荷とした。一定軸力は設計で想定する最大値とし、1-1 は公称降伏軸力の 20%、 λ が大きい供試体では 15% に相当する荷重とした。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 の整数倍を片振幅として、 $\pm 1\delta, \pm 2\delta, \dots$ の要領で漸増させた。

3. 実験結果

λ が大きい 2-1 の水平荷重-水平変位関係の実験結果は図-3 に示す。最大水平荷重点付近の供試体の基部近傍には面外変形を確認した。その後、局部座屈の進展に伴って水平荷重が低下した。座屈モードとしては、鋼管の全周方向にわたり外側にはらみ出す提灯座屈であり、水平载荷方向に配置した電気抵抗溶接部も一般部と同様であった。この挙動はすべての供試体に共通して認められた。

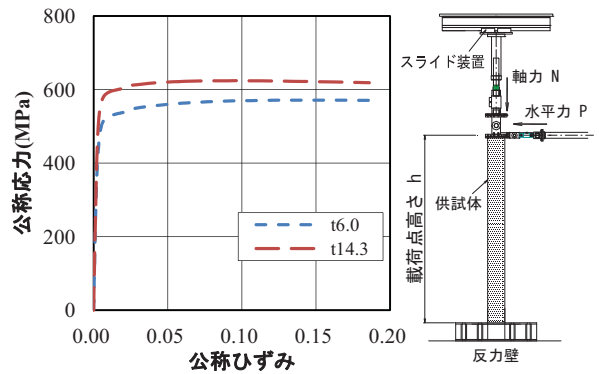


図-1 引張試験結果 図-2 実験状況

表-1 供試体諸元

供試体	1-1	2-1	2-2
直径 D (mm)	318.5		318.5
板厚 t (mm)	6.0		14.3
载荷点高さ h (cm)	157.0	348.0	348.0
鋼種	SKK490		SKK490
降伏応力 σ_{yM} (Mpa)	487		553
引張応力 σ_{tM} (Mpa)	570		623
径厚比パラメータ R_{tN}	0.068		0.028
R_{tM}	0.105		0.049
細長比パラメータ λ_N	0.357	0.792	0.814
λ_M	0.444	0.985	1.079
軸力比 N/N_{yN}	0.20	0.15	0.15

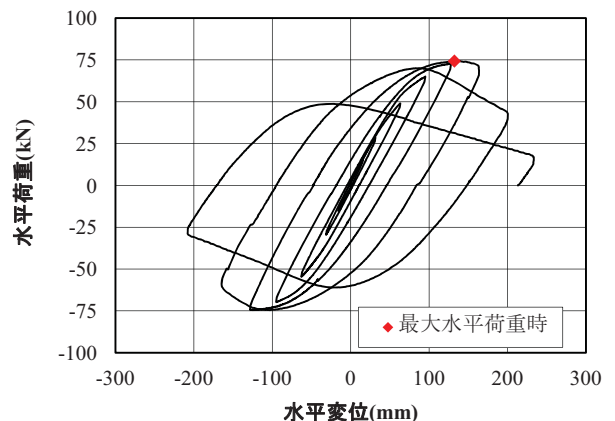


図-3 水平荷重-水平変位関係(供試体 2-1)

キーワード：細長比パラメータ, 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

水平荷重-水平変位関係の正側載荷の結果を降伏水平力 P_{yM} 、降伏水平変位 δ_{yTM} で除して無次元化した包絡線は図-4 に示す。なお、 P_{yM} および δ_{yTM} は材料降伏応力度 σ_{yM} を用いて算定した。また 2-2 の包絡線は、最大水平荷重点を確認後、軸力ジャッキのスライド装置の可動限界の都合により、局部座屈が進展し耐荷力が大きく劣化するループまでは載荷していない。水平荷重 $0.2 \sim 0.4P_{yM}$ の範囲で比較した実験初期剛性は、指標とする 1-1 と比較して 2-1 および 2-2 は良く一致しており線形である。それ以降は $\bar{\lambda}$ の影響を受けて 1-1 より早い段階で非線形性が現れる。

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 を対象とした以下の式¹⁾による予測曲線と実験結果を比較したものは、それぞれ図-5 および図-6 に示す。

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

ここに、 $0.04 \leq R_t \leq 0.12$, $0.285 \leq \bar{\lambda} \leq 0.503$, $0.10 \leq N/N_y \leq 0.30$

予測式の適用条件を満足する 1-1 の耐荷力および変形性能は、予測曲線と良い一致が見られる。一方、 $\bar{\lambda}$ が大きい 2-1 は 1-1 と比較して耐荷力および変形性能は低下している。また R_t が小さい 2-2 は 2-1 と比較して耐荷力および変形性能は同程度である。一般に SM490 の鋼板を用いたベンディングロール鋼管の場合は、 R_t を小さくすると耐荷力および変形性能が向上するが、当該供試体は図-1 に示した通り降伏比が高いことが実験結果に影響していると考えられる。なお、一般に電縫鋼管は造管時の塑性加工の影響により降伏比が高くなる傾向はあるが、当該供試体の鋼管は特に値が高かった。

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²⁾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/ϵ_y と材料降伏応力度 σ_{yM} を用いて計算した径厚比パラメータ R_{tM} との関係は図-7 に示す通りである。図中には道示 V で規定される算定式も併記しており、1-1 の ϵ_a はその延長線上付近にプロットされる。一方、2-1 の ϵ_a は 1-1 と比べると $\bar{\lambda}$ の影響により僅かに低下している。2-2 の ϵ_a は耐荷力および変形性能の結果と同様に、降伏比の影響により 2-1 の試算値と同程度となった。

5. 結論

円形断面のコンクリートを充填しない鋼製橋脚において、 $\bar{\lambda}$ を大きくすると耐荷力および変形性能が低下することを確認した。今後、実験結果について詳細に検討を行うとともに、降伏比の異なる電縫鋼管の耐荷力および変形性能について検討を行う予定である。

【参考文献】 1)後藤芳顯, 江坤生, 小畑誠: 2 方向繰り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. 2)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, 2001.9.

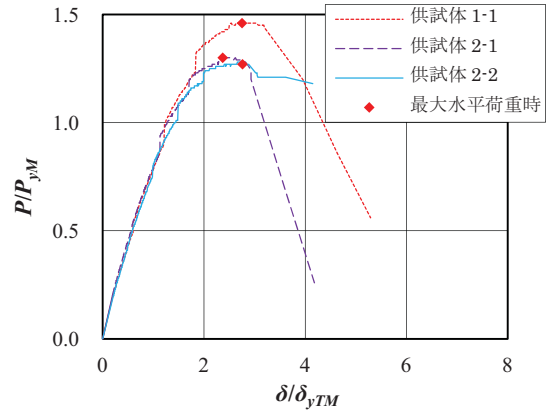


図-4 包絡線の比較

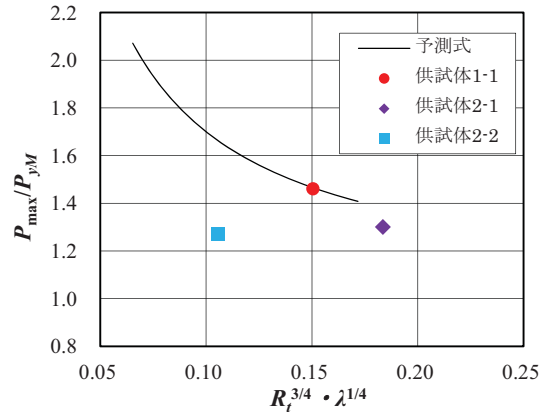


図-5 最大水平荷重の比較

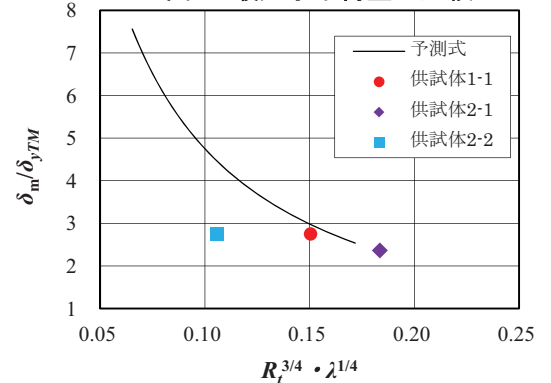


図-6 最大水平荷重時変位の比較

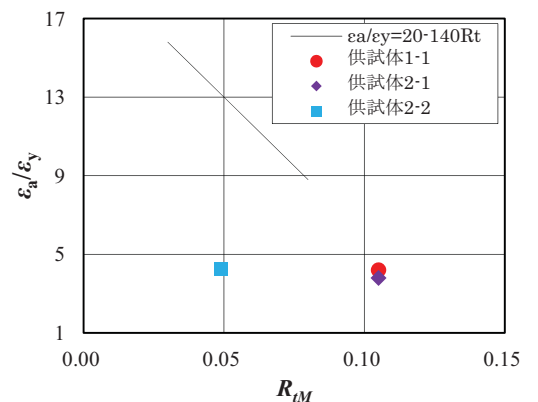


図-7 ϵ_a の試算結果