

# 既設基礎の耐震補強に関する検討（その9） —パイルベント耐震補強SSP工法の曲げ載荷試験結果解析—

(株) 白石 天野 明    正会員 青柳 守    正会員○星野英明  
土木研究所    正会員 福井次郎    正会員 西谷雅弘

## 1. はじめに

パイルベント橋脚は、数本の杭を1列に打ち込み、杭頭をつなぎ梁で連結することにより一体化し、上部工からの荷重を杭のみで支持する基礎構造である。このことから、橋軸方向は、杭本体の剛性に依存しており、大規模地震時には過大な変形や杭体の耐力不足が懸念されている。そこで、杭体を直接補強し耐震性を高めることを目的としてパイルベント橋脚の耐震補強工法(SSP工法)の開発を行っている。

本工法の施工方法は、パイルベント橋脚の杭体に一回り大きな径の補強鋼管を巻立て、地中部は圧入装置にて耐力が不足している位置まで圧入を行う。その後、既設杭と補強鋼板の間に無収縮不分離のモルタルを充填することで、既設鋼管との一体化をはかるものである。昨年度は、本工法の施工的な実証実験結果を報告したが、今年度は補強鋼管の力学的挙動を確認するため、実規模の供試体を用いて曲げ載荷試験を実施した結果について報告する。

## 2. 実験概要

供試体は、SSP工法により補強された補強杭を想定して、2重鋼管の隙間にモルタル（水中不分離型無収縮モルタル）を打設した複合構造物とする。供試体の構造は、全長6.0m、補強鋼管の外径φ700mm、鋼管厚t=12mm、既設鋼管の外径φ500mm、鋼管厚t=12mmとした。鋼管の材質はSS400を使用し、材料試験結果については、表-1に示すとおりである。試験方法は、2点載荷で一方向に荷重制御で行った。

計測機器として、荷重計を荷重点に1ヶ所、鉛直変位計を供試体の中心に2ヶ所（中立軸，下部）、荷重点と支承点の4ヶ所（中立軸）に設置した。ひずみゲージは、圧縮側，引張側それぞれに、鋼管の外側と内側，およびモルタル注入部の1断面に各6ヶ所設置した。

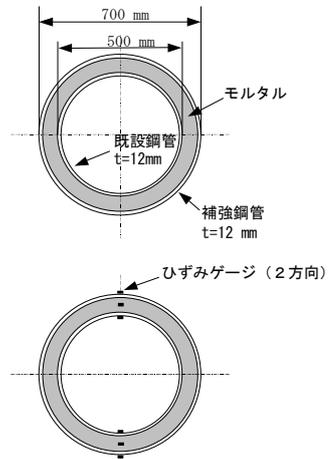
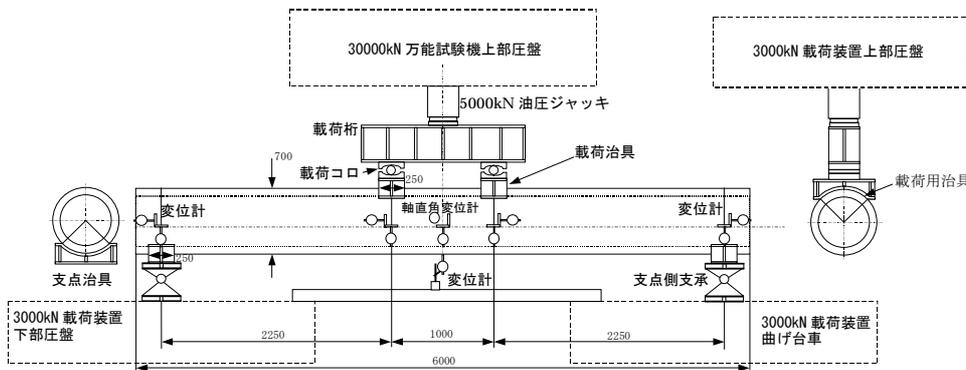


表-1 材料試験結果

試験体	降伏応力 $\sigma_y$ (N/mm <sup>2</sup> )	ヤング係数E (N/mm <sup>2</sup> )
補強鋼管	287	200000
既設鋼管	334	200000
充填モルタル	60	22000

## 3. 実験結果

### 3.1 補強前・後の挙動比較

図-2は、供試体中央下部に設置された変位計を用いて、荷重P～変位 $\delta$ 曲線を示し、補強効果を比較するため、単管（既設鋼管）で同様の試験を行った結果を並べて示している。

図-1 実験装置

キーワード 耐震補強 パイルベント 鋼管巻立て 曲げ載荷実験

〒101-0032 東京都千代田区神田岩本町1-1-4 TEL:03-5687-8325 FAX:03-5687-6493

試験体の耐力を比較した結果、降伏時で3.33倍、終局時で3.59倍とそれぞれ増加しており、補強効果を確認することができた。ここで、実験値における降伏耐力  $P_y$  は両対数グラフ上において変位の急増する点とした。

3.2 計算値との比較

図-3 は、実験より得られた荷重  $P$ ～変位  $\delta$  曲線と計算値とを比較したものである。計算値は、補強杭の非線形性を考慮した梁モデルにより挙動を推定した。ここで、補強杭の  $M$ ～ $\phi$  は、以下の方法により設定した。

ケース1(モルタル考慮)

既設鋼管および補強鋼管を鉄筋に見立て、降伏状態は補強鋼管の引張最外縁が降伏ひずみ  $\epsilon_{sy}$  となる状態、終局状態はモルタルの圧縮最外縁がタイプIIに対応する終局ひずみ  $\epsilon_{cu}$  となる状態としてRC理論により算出した  $M$ ～ $\phi$  を用いた場合 ( $\rho_s$  (横拘束筋の体積比) = 0.018)。

ケース2(モルタル無視)

既設鋼管と補強鋼管の間のモルタルの強度を無視し、平面保持した2重鋼管と考え、道路橋示方書IV編 (以後道示IV) に基づいて算出した  $M$ ～ $\phi$  を用いた場合。

ケース3(拘束効果考慮)

コンクリートを充填した鋼製橋脚に準じて、降伏状態は補強鋼管の引張最外縁が降伏ひずみ  $\epsilon_{sy}$  となる状態、終局状態は、道示Vに準じ、コンクリート・鋼材の応力～ひずみ関係を用いて補強鋼管の圧縮最外縁のひずみ  $\epsilon_{su}$  が 0.05 となる状態と考えて算出した  $M$ ～ $\phi$  を用いた場合。

上記の推定方法で算出した降伏耐力は、いずれも同様な数値で推定されたことから、降伏耐力を算出する際には鋼管の効果が支配的であることが分かる。実験値の降伏耐力は計算値よりも若干大きい値を示しているが、これは、計算値の降伏状態は、引張最外縁が降伏ひずみ  $\epsilon_{sy}$  に達した場合と考えているからである。実験では、補強鋼管の降伏範囲がある程度進行してから変位が急増していると考えられるので、計算結果と差が生じているように思われる。また、実験値の降伏以降の挙動は、ケース1およびケース2より大きな終局変位を示していることから、補強鋼管による塑性域でのエネルギー吸収が期待できる挙動となっている。ただし、拘束効果を期待したケース3と終局変位を比較した場合、実験値の変位が計算値を下回っている。これは、鋼管が降伏をこえる状況下では、鋼管とモルタルとの付着切れなどの要因により平面保持が成り立たなくなっていることが推測されるが、実験値の塑性率は  $9.2 \delta_y$  となり道示Vに記載されている鋼製橋脚の塑性率  $5 \delta_y \cdot 6 \delta_y$  を上回っている。

4. まとめ

SSP 工法における補強鋼管の力学的挙動の把握を目的とした曲げ実験結果について報告した。その結果、補強後の鋼管の耐力向上が確認出来たことで、今後、パイルベント基礎の補強工法として、本工法的设计手法を確立していきたい。本報文は、土木研究所「既設基礎の耐震補強技術の開発」、平成12年度の活動報告を基に取りまとめたものである。

〈参考文献〉

- 1)秋山ほか：既設基礎の耐震補強に関する検討 (その6)，土木学会第55回年次学術講演会，平成12年9月
- 2)日本道路協会：道路橋示方書・同解説IV下部工編，V耐震設計編，平成8年12月

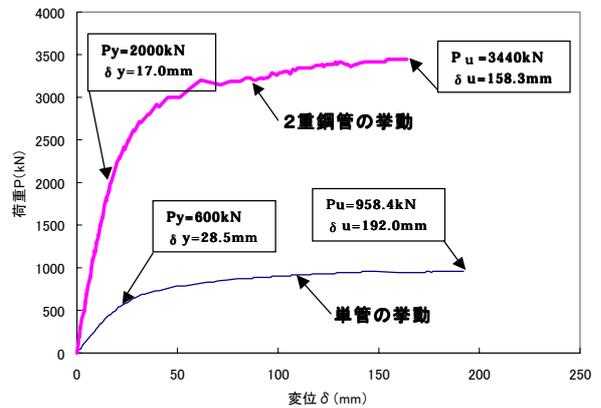


図-2 供試体の荷重  $P$ ～変位  $\delta$  曲線

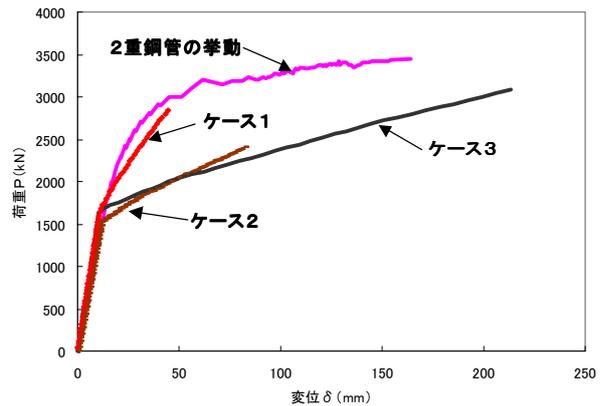


図-3 計算値との比較

表-2 各ケースの降伏・終局点

	降伏荷重 $P_y$ (kN)	降伏変位 $\delta_y$ (mm)	終局荷重 $P_u$ (kN)	終局変位 $\delta_u$ (mm)
ケース1	1633	10.9	2818	43.7
ケース2	1518	11.8	2344	77.1
ケース3	1653	11.2	3066	210.8
実験値	2000	17.0	3440	158.3