シートパイル補強工法の既設道路橋基礎への適用に関する検討

北武コンサルタント株式会社　正会員　○斉藤　聡彦，渡辺　忠朋，関根　悦夫
公益財団法人鉄道総合技術研究所　正会員　神田　政幸，西岡　英俊，松浦　光佑
株式会社大林組　正会員　喜多　直之
新日鐵住金株式会社　正会員　田中　隆太

１．目的

建設年代の古い構造物には，現行の耐震性能を満たさず，耐震補強の必要なものが存在し，耐震補強の必要性が指摘されている．例えば橋脚の場合，橋脚躯体のせん断補強が優先的に進められてきたが，基礎の耐震補強については，大規模な工事となるため，工事費だけでなく施工性からも実施が困難な場合が多い．効率的に基礎の耐震補強を進めるには，経済性および施工性に優れた基礎の耐震補強工法の確立が急務となっている．これまで，既設鉄道構造物基礎を補強する工法として「シートパイル補強工法」が開発[1)，2)]され，実務的な設計手法が提案[3)，4)]されている．近年，既設道路構造物基礎へのシートパイル補強工法の適用事例[5)]も徐々に増えつつあるが，その実務的な設計手法は十分に整理されていないのが現状である．そこで，シートパイル補強工法の既設道路構造物基礎へ適用する際の実務的な設計法を整理・構築することを目的に，実構造物を用いた検討を行った．

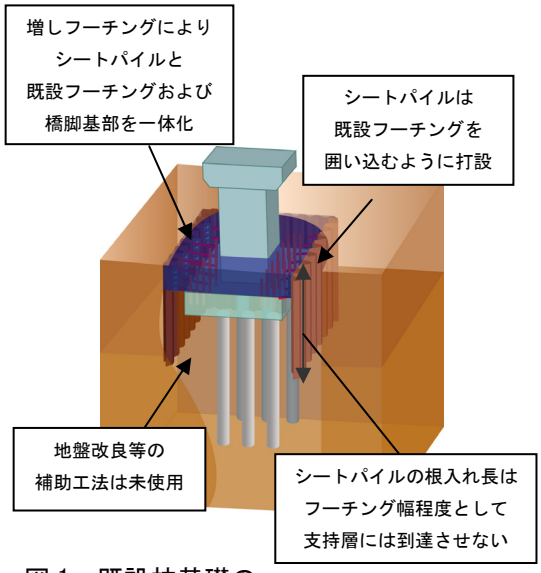

図１　既設杭基礎の
シートパイル補強工法の概要

２．シートパイル補強工法の概要

本工法は，橋梁等の比較的中小規模の既設杭基礎を補強対象として，図 1 に示すように既設フーチングを取り囲むようにフーチング幅程度の根入れのシートパイルを打設し，既設フーチング上面に増しフーチングを打設してシートパイルを既設橋脚と一体化する耐震補強工法である．本提案工法と既往の補強工法との主な相違点は，地盤改良を伴わず，シートパイルの根入れが比較的短く，既設杭の支持層には到達させないことである．その分大幅な改良効果は望めない（特に鉛直支持力は向上しない）ものの，経済性・施工性に優れており，費用対効果に優れた補強工法になり得ると考えられる．

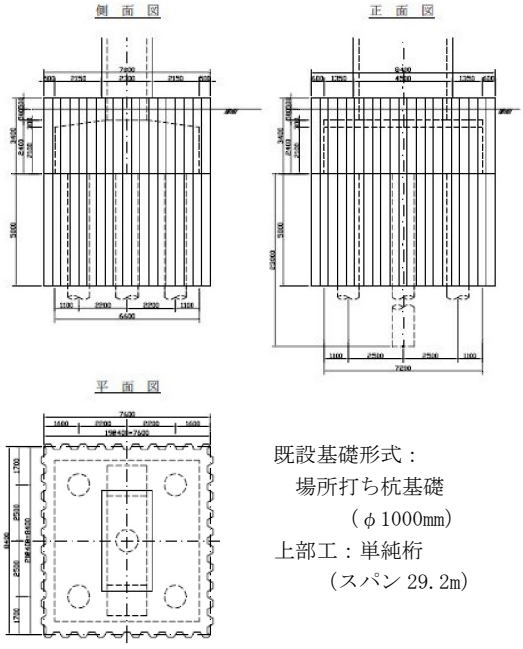

図２　シートパイル補強時の一般図

３．検討概要

３．１　検討対象構造物

本検討では，既設鉄道橋脚に対するシートパイル補強工法の試設計事例[6)]に示されるＲＣ橋脚（杭基礎）を対象とした．本橋脚は，柱の曲げ補強により橋軸直角方向において基礎が降伏に達してしまう．そのため既設杭の荷重低減を目的として，図 2 に示すようにシートパイルを用いて基礎の補強を行った．

３．２　検討方法

検討は，道路基準[7)]と鉄道基準[4)，8)，9)]によりシートパイル補強を設計した場合の補強効果の差異を確認する．補強効果は，補強前後での既設杭に生じる断面力（曲げモーメントおよびせん断力）を指標とした．また，道路基準[7)]と鉄道基準[4)，8)，9)]では照査に用いる制限値が異なることから，制限値の差異を確認する．

キーワード　耐震補強，シートパイル，既設道路構造物基礎
連絡先　〒062-0020　北海道札幌市豊平区月寒中央通 7 丁目 4 番 7 号　北武コンサルタント（株）　ＴＥＬ011-851-3181

３．３　解析モデル

解析モデルは，上部構造物と基礎を一体とする骨組みモデルとした．構造部材は，フーチング，既設杭およびシートパイルを線材でモデル化するものとし，フーチングおよびフーチングとシートパイルの接合部は剛域とする．また，橋脚く体は線形とした．地盤抵抗として，杭の水平・鉛直地盤抵抗，増しフーチング前面の水平地盤抵抗，シートパイルの水平・鉛直地盤抵抗を考慮する．既設杭の地盤抵抗モデルは，現行の道路基準[7]に準拠し，シートパイルの地盤抵抗モデルは，地盤反力係数を道路基準[7]の鋼管矢板基礎に準じて算定した．なお，シートパイルの鉛直方向地盤ばねについては，杭頭への集約は行わずに深さ方向に分散配置した．

３．４　解析結果

シートパイル補強前後の載荷震度と変位の関係を図 3 に示す．シートパイル補強前の最大震度時（Kh=0.48）における既設杭の応答曲げモーメントを図 4 に示す．これより，シートパイル補強により基礎の降伏震度は 1.6 倍程度増加し，最大応答曲げモーメントは，20%程度に減少する結果となった．これは，鉄道構造物のシートパイル補強工法を用いた補強設計時とほぼ同等な補強効果となった．図 5 に各基準における制限値の比較を示す．これより，道路基準の方がやや安全側の制限値となることが確認できた．

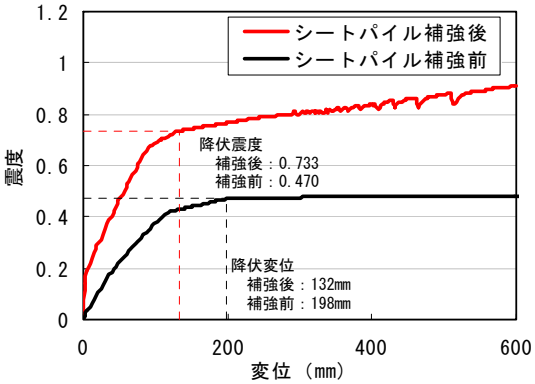

図 3　載荷震度と変位の関係

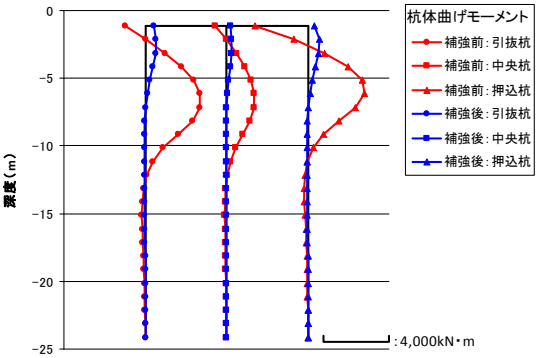

図 4　既設杭の曲げモーメント図（Kh=0.48）

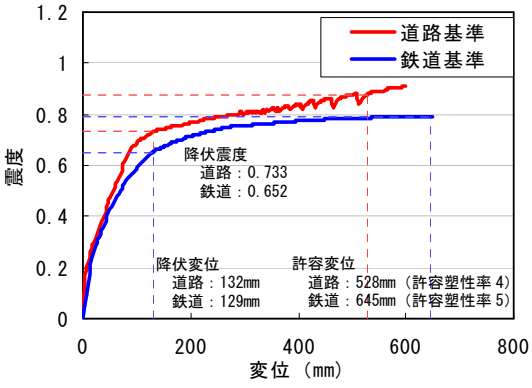

図 5　各基準による制限値の比較

４．まとめ

本検討では，シートパイル補強工法を既設道路構造基礎に対して適用する場合に，道路基準による設計モデルを整理した．そして，実構造物に対する補強計算を実施し，鉄道基準による補強計算と同程度の補強効果を評価できるモデル化であることが確認できた．また，既設道路構造物に対するシートパイル補強工法の実務的な設計手法等を詳細に整理し，シートパイル補強工法を用いた既設道路構造物の耐震補強マニュアルを整備する予定である．

参考文献

1) 鉄道総合技術研究所・大林組：鉄道構造物に適用するシートパイル基礎の設計・施工マニュアル（第 2 版），2006.
2) 西岡英俊，樋口俊一，西村昌宏，神田政幸，山本忠久，平尾淳一：シートパイルによる既設杭基礎の耐震補強効果に関する模型実験，第 54 回地盤工学ジャーナル，Vol5，2009.12.
3) 西岡英俊，西村昌宏，神田政幸，山本忠久，樋口俊一，杉江茂彦：鋼矢板とフーチングの一体化による既設杭基礎の耐震補強工法，鉄道総研報告，Vol23，2009.12.
4) 鉄道総合技術研究所・大林組：シートパイルを用いた既設鉄道構造物基礎の耐震補強設計マニュアル，2011.
5) 木村和之，坂村和俊，加藤剛，神田政幸，西岡英俊：シートパイル補強工法による道路橋基礎の保護対策，土木学会第 66 回年次学術講演会，I-447，2011.
6)松浦光佑，西岡英俊，平尾淳一，山本忠久：既設杭基礎鉄道橋脚に対するシートパイル補強工法の試設計事例，第 9 回地盤工学会関東支部発表会，2012.10.
7)社団法人日本道路協会：道路橋示方書・同解説（Ⅳ下部構造編，Ⅴ耐震設計編），2012.3.
8)運輸省鉄道局監修，鉄道総合技術研究所編：鉄道構造物等設計標準・同解説 基礎構造物・抗土圧構造物，2000.
9)運輸省鉄道局監修，鉄道総合技術研究所編：鉄道構造物等設計標準・同解説 耐震設計，1999.
10)斉藤聡彦，渡辺忠朋，関根悦夫，神田政幸，西岡英俊，松浦光佑：シートパイル補強工法を用いた既設道路構造物基礎の耐震補強に対する適用，土木学会第 66 回年次学術講演会，Ⅲ-168，2013.