

1. はじめに

低コストで施工できる既存の基礎形式としては、直接基礎が挙げられるが、その適用範囲は浅い位置に良好な支持層（砂質土でN値 30 以上）が現れる地盤条件に限られている。一方、杭基礎は厚い軟弱層が堆積する地盤条件では最も適用性が高いが、一般的に施工機械規模が大きく、小規模の基礎工事、狭隘区間等には不向きである。狭隘な箇所においても十分な「施工性」および「低コスト」が望め、高い耐震性を有し、中間支持地盤にも適用できる合理的な基礎形式として、シートパイル基礎を提案する。

シートパイル基礎は、直接基礎とその仮土留めに用いるシートパイル（鋼矢板）を組み合わせた基礎形式であり、図-1 に示すように型枠工や仮土留めの撤去工が不要になり、中間支持地盤において、直接基礎では基礎直下地盤の降伏による沈下、傾斜が問題となるが、シートパイル基礎は地盤の拘束効果やひずみの局所化の抑制効果によりそれらを防ぐ特長を有する。当基礎工法は、種々の実験による支持性能の検証、実験結果に対するシミュレーション解析、および設計法の確立により今後の展開が期待される。

2. 実大規模実験

試験体は鉄道高架橋（単線）を想定し、幅・奥行き 3.6m、高さ 6m の供試体を用いて実大規模の静的・一方向水平載荷実験を行った（写真-1）。図-2 に試験体の形状および配置を示す。直接基礎は、シートパイル基礎の支持力特性を比較する目的と、その載荷試験を行った後に、グラウンドアンカー2本で補強し、シートパイル基礎の反力体として使用する目的で製作した。また、地震時の高架橋においては、上部工位置で慣性力が発生し、基礎底面に水平変位と回転変位が生じる。

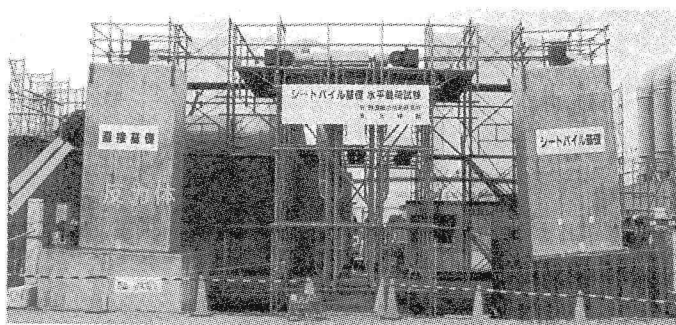


写真-1 実験状況

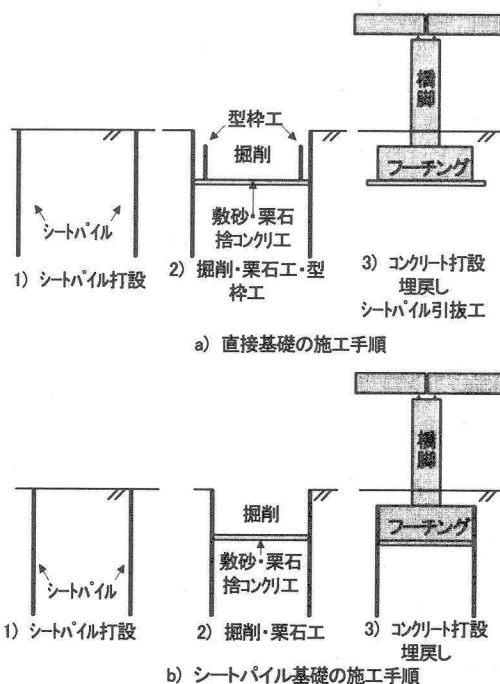


図-1 直接基礎とシートパイル基礎の施工手順

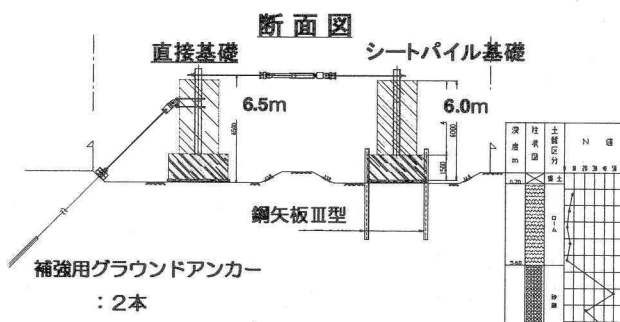


図-2 実大試験体の形状および配置

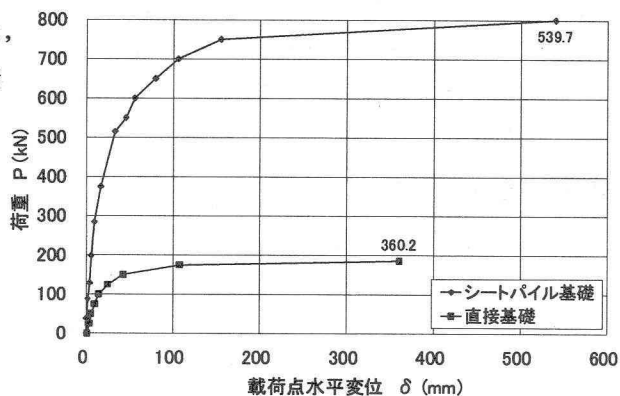


図-3 P-δ 曲線

その挙動を再現するため、載荷装置（油圧ジャッキ）は地上 6.5m の位置に設置した。実験場所の土質構成は、表層 0.7m までは埋戻し土、その下に約 6m の関東ローム層、更に下層には砂混じりの締まった礫層がある。シートパイル基礎の鋼矢板先端は、上層の関東ローム層内に留めている。図-3 に水平荷重と水平変位関係（ $P-\delta$ 曲線）を示す。直接基礎は載荷荷重 187kN で、シートパイル基礎は載荷荷重 800kN で終局状態に至った。また、その際の載荷点位置における最大水平変位量は、直接基礎が 360mm、シートパイル基礎は 540mm であった。

3. 設計手法（シミュレーション）の概要

当基礎の設計に用いる解析モデルとして、図-4 のようなバリエニア型の非線形地盤ばねを用いた二次元骨組みモデルを既に提案してきている。

各種バネの算定には、鉄道構造物等設計標準の杭の水平地盤反力係数などの算定式から求められる。ここでは、今回の載荷試験条件（関東ローム地盤、一方向載荷）に特有と考えられるシートパイルと地盤の剥離及びそれに伴う背面側シートパイルの軸力低下を反映した修正モデルを用いてシミュレーション解析を行った。シートパイルと地盤の剥離は、背面シートパイル外側及び前面シートパイル内側の鉛直せん断ばねを考慮しないことで表現した。また、載荷荷重 800kN で終局状態に至り背面シートパイルの軸力がゼロとなったことから、背面シートパイル内側の鉛直せん断ばねの上限値をゼロとした。シートパイルのばね特性はいずれもシートパイル 1 枚を基準に決定した。載荷点の荷重－変位関係は、図-5 に示すように、初期剛性、終局荷重とも解析値と実測値がよく一致していることがわかる。初期剛性は主にシートパイルの鉛直せん断ばねと水平ばねの設定に影響を受けると考えられ、今回の載荷試験に対する設定方法は概ね適切であると判断される。

一方、終局荷重はシートパイルと地盤の剥離を考慮することによって表現できている。以上、二次元骨組モデルが実大規模の水平載荷実験の実測値に対して十分適用性があり、解析モデル（設計手法）として有効であることが確認された。

4. 適用例

某鉄道橋の橋脚補強工事に本工法を適用した事例について報告する。橋脚は直接基礎からなり、河川内に位置する。将来の河川改修に備えて支持力確保と、耐震性を増す目的で実施されたものである。補強実施前後の支持力特性を比較すると次のようになる。鉛直支持力 補強後/現状=6.0
耐震性 補強後/現状=5.0 となっている。

5. まとめ

実大規模の載荷試験と種々の室内実験の結果、シートパイル基礎は高い水平支持力特性を保有していることが実証されてきている。さらに、室内実験のシミュレーション結果と鉄道標準を基本にした設計手法を用いた事前解析を用いると今回の実大試験結果を推定できたことから、提案した設計モデルはほぼ妥当であると判断できる。今後も検討を加え、より合理的でコストダウン可能な基礎工法の確立に努めたいと考えている。

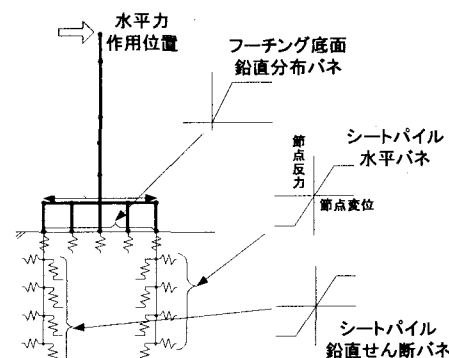


図-4 骨組み解析モデル

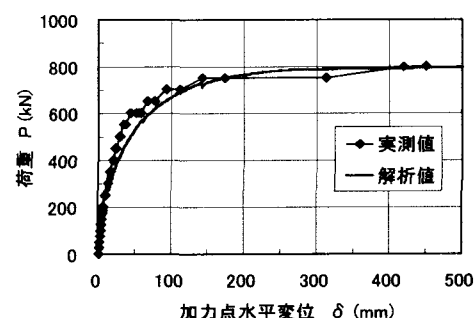


図-5 荷重変位関係

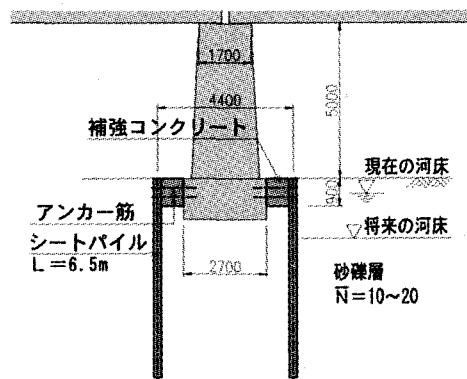


図-6 補強概要図