

シートパイル基礎の設計に用いる骨組み解析モデルの検証

(財) 鉄道総合技術研究所 正会員 ○西岡 英俊, 神田 政幸, 千葉 佳敬, 舘山 勝
(株) 大林組 正会員 喜多 直之, 平尾 淳一, 崎本 純治

1. はじめに

著者らは、施工性、経済性、環境調和性に優れた新しい基礎形式としてシートパイルと直接基礎を組み合わせたシートパイル基礎¹⁾を提案し、その設計手法としてフーチング底面とシートパイル周面に地盤ばねを考慮した骨組み解析モデル²⁾を提案している。本報では、実務設計が可能な設計手法として3次元的な挙動を考慮したより詳細な解析モデルを提案し、遠心場振動実験および実物大水平載荷実験のシミュレーションにより、その検証を行う。

2. 骨組み解析モデルの概要

シートパイル基礎の抵抗メカニズムとしては、主に図1に示す地盤抵抗要素が考えられる。従来提案していた解析モデル²⁾は、2次元平面ひずみ条件での模型実験に基づいて提案していたため、フーチング底面の鉛直地盤抵抗と前背面（載荷方向と直交する面）のシートパイルの鉛直せん断抵抗および水平抵抗のみを考慮した2次元解析モデルであった。しかしながら、その後実施した3次元模型での載荷試験により側面（載荷方向と平行な面）のシートパイルを介した地盤抵抗もある程度期待できることが明らかとなった。そこで本報では、実務設計に用いる詳細な解析モデルとして、側面シートパイルも骨組みとしてモデル化し、それぞれに地盤バネを取り付けた擬似3次元解析モデルを提案する。

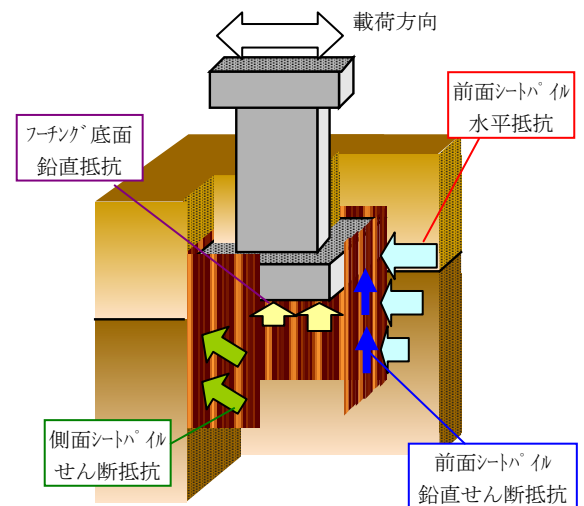


図1 シートパイル基礎の抵抗メカニズム

シートパイルは弾性範囲内となるように設計するため、骨組み解析においては線形部材として扱うが、継ぎ手の影響を考慮する必要がある。そこで前背面では継手効率を考慮して剛性を低減し、側面の継ぎ手ではせん断力は伝達しないものとして、1本ずつ分離してモデル化する。側面を含む各地盤抵抗を図2のようにモデル化し、それぞれの地盤ばねは、鉄道標準³⁾に準じて上限値を有するバイリニアばねとし、シートパイルの地盤ばねはH形鋼杭と同等としてモデル化する。なお、前背面シートパイルの鉛直せん断ばね k_5 は、地震時には内外面どちらか一方の地盤との接触が強まることから、1面分のみのせん断抵抗を考慮する。地震時の応答値算定方法は、鉄道構造物の耐震設計において多く用いられる非線形スペクトル法を適用し、その際に重要となる降伏点は「フーチング幅の1/4の範囲のシートパイル（図3）が支持降伏に至る状態」をシートパイル基礎の降伏点として定義する。

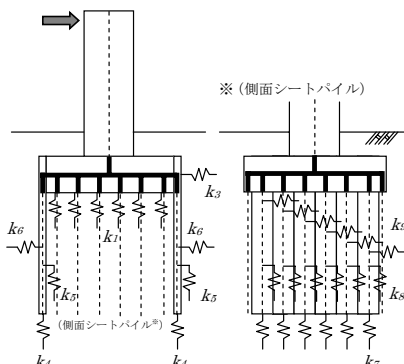


図2 提案する骨組み解析モデル

k_1	フーチング底面鉛直ばね
k_2	フーチング底面せん断ばね (考慮しない)
k_3	フーチング前面水平ばね
k_4	前背面シートパイル先端鉛直ばね
k_5	前背面シートパイル鉛直せん断ばね
k_6	前背面シートパイル水平ばね
k_7	側面シートパイル先端鉛直ばね
k_8	側面シートパイル鉛直せん断ばね
k_9	側面シートパイル水平せん断ばね

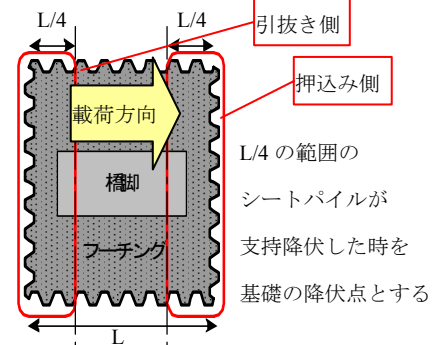


図3 降伏点の定義

キーワード シートパイル, 骨組み解析, 耐震設計

連絡先 〒185-8540 東京都国分寺市光町2-8-38 (財) 鉄道総合技術研究所 TEL:042-573-7261 e-mail:nishioka@rtri.or.jp

3. 遠心場振動実験のシミュレーション

遠心場振動実験⁴⁾は、乾燥7号珪砂を相対密度90%とした模型地盤上に1/25模型（図4）を設置して正弦波加振したもので、入力加速度を変化させることにより荷重変位関係が得られている。この実験結果に対する提案解析モデルによる解析結果を図5に示す。解析の地盤定数として、弾性係数は模型地盤の微振動結果から得られた弾性波速度 $V_s=200\text{m/s}$ から求め、内部摩擦角はN値30相当の $\phi=40^\circ$ とした。また、本実験の解析においてはシートパイルを鋼板を折り曲げてモデル化したため、解析上は側面シートパイル同士を結合して一体化している。図5より、解析結果は概ね実験結果を下回る荷重変位関係となっており、安全側の評価となっていることがわかる。

4. 実物大水平載荷実験のシミュレーション

実物大水平載荷実験⁵⁾は、図6に示すようなN値5程度の関東ローム上に実物大規模のシートパイル基礎を構築し、橋脚天端位置で水平に載荷した。載荷は一方方向4サイクルの多段階載荷である。ここでは比較検討のため、提案設計モデル（case①）の他、側面シートパイルの地盤抵抗（ k_7, k_8, k_9 ）を考慮しないモデル（case②）、および前背面のせん断地盤抵抗（ k_5 ）を内外面両側で考慮したモデル（case③）についても解析を行った。載荷試験結果と解析結果を図7に示す。また、提案モデルの定義による降伏点も図中に示した。case①が実験結果とほぼ同等の結果となり、特に載荷初期でよく一致している。側面の地盤抵抗を考慮し前背面のせん断地盤抵抗を片面のみ考慮した提案設計モデルの設定が妥当であるといえる。また降伏点の評価も実際に変位の増加が大きくなり始める点とよく一致しているといえる。

5. まとめ

本報で提案したシートパイル基礎の骨組み解析モデルは、動的な遠心場振動実験で実験結果より安全側、静的な実物大載荷試験で同等程度の評価となっていることから、静的抵抗を精度よく評価できているといえる。実際の地震時には動的抵抗も期待できるが、実務上の設計手法としては、本提案モデルにより安全側かつ合理的な評価が可能になると考えられる。

6. おわりに

本研究は（株）大林組と（財）鉄道総合技術研究所による共同研究「シートパイル基礎の支持力および変形性能に関する研究」の成果の一部をまとめたものである。また、提案した設計手法は、「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」⁶⁾として整備、公開しているので詳細はそちらを参照されたい。

参考文献

- 1) 神田, 村田, 西岡, Pongsakorn, 日下部: シートパイルとフーチングを組み合わせたシートパイル基礎の提案, 地盤工学会誌 土と基礎, Vol.51, No.11, pp.8~10, 2003.11
- 2) 西岡, 神田, 村田, 田中, 樋口: シートパイル基礎の設計に用いる解析モデルの提案, 第39回地盤工学研究発表会講演集, pp.1423~1424, 地盤工学会, 2004.7
- 3) 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, 丸善, 2000.6
- 4) 樋口, 松田, 田中, 神田, 西岡: 遠心模型実験によるシートパイル基礎の耐震性能に関する研究, 第39回地盤工学研究発表会講演集, pp.1815~1818, 地盤工学会, 2004.7
- 5) 辻, 平尾, 崎本, 神田, 西岡, 館山: シートパイル基礎の実大水平載荷試験, 第40回地盤工学研究発表会講演集, pp.1435~1438, 地盤工学会, 2005.7
- 6) 鉄道総合技術研究所編: 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, 研友社, 2006.

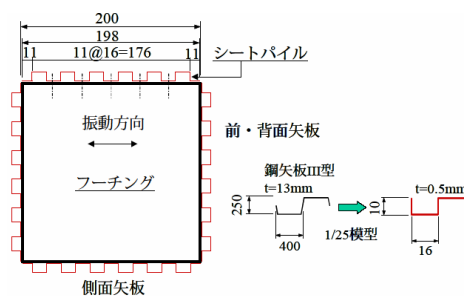


図4 遠心場振動実験用模型

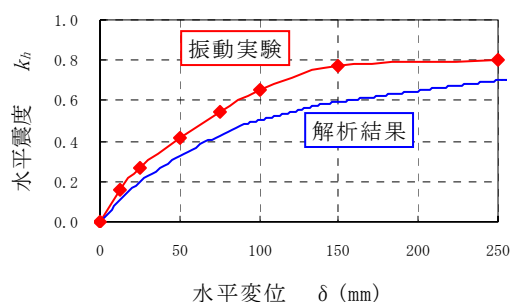


図5 遠心場振動実験解析結果

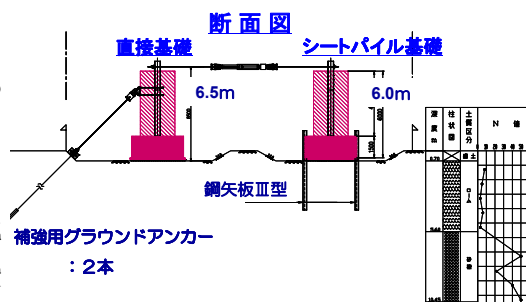


図6 実物大水平載荷実験概要

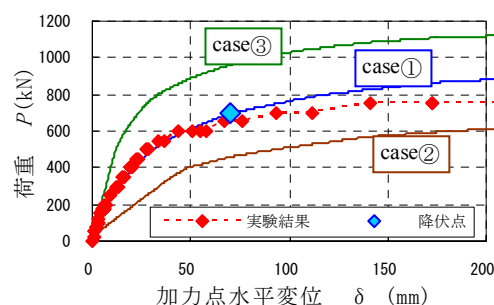


図7 実物大水平載荷実験解析結果