

小口径回転圧入鋼管杭を用いた盛土上の斜組杭の水平支持力特性

西日本旅客鉄道(株) 正会員 ○清水 隆弘, 近藤 政弘
 大鉄工業(株) 正会員 春名 哲弥
 新日鉄住金エンジニアリング(株) 正会員 澤石 正道
 (公財)鉄道総合技術研究所 正会員 西岡 英俊

1. はじめに

鉄道盛土上の防音壁・防風壁の施工は、鉄道営業線に近接した狭隘な場所となる等、施工条件の厳しい環境下での作業となる。この対応として、筆者らは図1に示す小口径杭の組杭基礎構造を検討¹⁾している。本構造は重機を用いずに打設可能な小口径杭を採用し、構造物が受ける水平力を杭の軸方向の抵抗力として負担するように斜杭と直杭の組杭として配置するものである。この水平支持力特性を把握するため水平載荷試験を行い、再現解析を実施した。本稿では、これらの結果および考察を報告する。

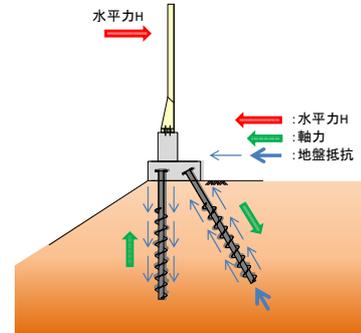


図1. 小口径杭 組杭基礎(イメージ)

2. 水平載荷試験

水平載荷試験の概要を図3に示す。斜杭と直杭の組杭基礎が盛土の法肩に設置されていることを模擬して、試験を行った。

2.1 概要

試験箇所の土質は、N値3.9(動的コーン貫入試験から換算)の礫混じりの砂質土であった。使用した小口径杭回転圧入鋼管杭の諸元を図2に示す。鉛直方向に1本と斜角方向30°に1本を電動トルクトレンチにより回転圧入して施工した。杭離隔は中心間で400mm、地盤から160mm杭頭を出し、フーチング内に配置した。フーチング寸法は幅800mm、奥行300mm、高さ300mmで杭とフーチングが剛結とみなせるようにコンクリート・鉄筋を配置した。試験体の高さ1.55mの位置に荷重装置(センターホールジャッキ)を設置し、反力体は既存の重力式擁壁を用いた。地盤とフーチング下端に隙間を設け、荷重試験時にフーチングが回転し、フーチング底盤が地盤反力を受けないように配慮した。水平載荷方法は一方向多サイクルとした。

| 項目 | 記号 | 寸法 |
|-------------|-----|---------|
| 鋼管外径 | Dp | 76.3mm |
| 鋼管板厚 | tp | 4.2mm |
| 羽根外径 | Dw | 176mm |
| 羽根板厚 (SPHC) | twi | 4.5mm |
| | two | 2.2mm |
| 羽根幅 | B | 50mm |
| 羽根ピッチ | P | 176mm |
| 羽根部長さ | Lw | 1,408mm |
| 製品長さ | L | 2,000mm |
| 羽根巻数 | n | 8 |
| 杭本数 | set | 4 |

図2. 小口径回転圧入鋼管杭 諸元

2.2 試験結果

ここでは、盛土外側への作用結果について述べる。フーチングの荷重と変位(以下 P-δ)の関係とモーメントと回転角(以下 M-θ)の関係を図4に示す。P-δの関係では、荷重6kNから変位が増加、20kNから急激に変位

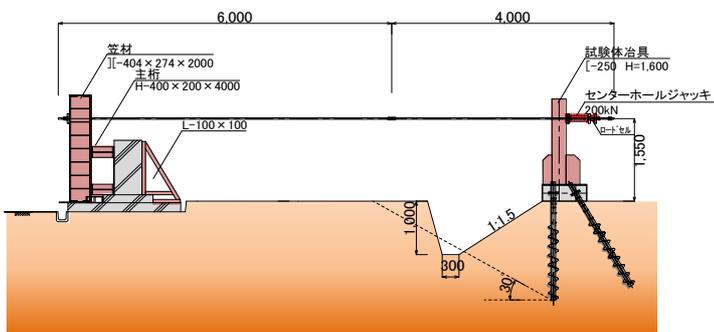


図3. 水平載荷試験 概要図(盛土外側作用時)

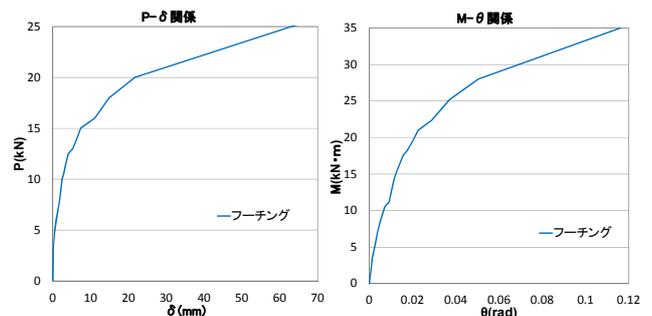


図4. P-δ, M-θの関係

キーワード 斜杭 回転圧入杭 水平支持力 盛土

連絡先 〒532-0011 大阪市淀川区西中島5-4-20 西日本旅客鉄道(株) 構造技術室 TEL06-6305-6957

が進んで行き、最終 29.2 kN までの载荷となった。M-θ の関係も同様の結果が見られた。

3. 再現解析

水平载荷試験の試験結果のうち P-δ, M-θ の関係に着目し、影響の大きい非線形要素を特定するため、非線形解析を行った。

3. 1 解析条件

解析モデルを図5に示す。杭に地盤ばねを考慮し、壁体とフーチングは剛体のモデルとした。斜杭の軸方向に作用する地盤ばねは水平と鉛直成分に分け、モデル化した。地盤ばね、最大支持力等は文献²³⁾に示される設計値を基本とし、これを割増・低減して試験結果にフィッティングさせた。各地盤ばねは上限値を有するトリリニア型の非線形ばねで評価し、解析方法は漸増荷重载荷によるプッシュオーバー解析を実施した。

3. 2 解析結果

再現解析上、設計値より設定した地盤ばねの水平成分よりも、鉛直成分を調整すると精度よく再現することができた。再現結果で一致した鉛直方向の地盤ばね値を表1に示す。水平地盤ばねは設計値通りとし、鉛直方向の地盤ばねを P-δ の関係に着目し概ね整合させ、M-θ の関係で再度調整を行った。地盤ばねの鉛直成分は第1勾配で設計値の30倍、第2勾配で3倍、第3勾配で0.09倍に設定した結果がよく一致した。なお、杭へ生じる曲げモーメント分布も概ね一致していることを確認している。

3. 3 考察

解析結果を図6に示す。① P=6.3kN(M=8.8kN・m)において、直杭・斜杭ともに鉛直方向の地盤ばねが全て第2勾配へ達し、② P=8.7kN (M=12.2kN・m) において斜杭の杭長上部 1/3 の杭前面地盤が塑性化し、③ P=14 kN(M=19.6kN・m)から斜杭の鉛直方向地盤ばねが第3勾配へ移行し始めた。なお、④鋼管部材が終局曲げモーメントに達したのは斜杭側の杭頭部で P=17.6kN (M=24.6kN・m) の作用時であった。水平地盤反力が少なくなると周面摩擦への負担が大きくなり、斜杭、直杭の順で降伏していくと考えられる。

4. おわりに

盛土上の斜杭と直杭の組杭基礎の水平支持力特性を把握するために水平载荷試験と再現解析を行った。これらの結果を踏まえ、今後、最適な組杭配置を考察していきたい。

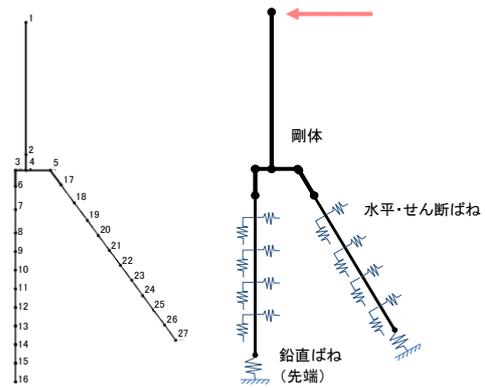


図5. 解析モデル

表1. 再現解析での地盤ばね(直杭 軸方向)

| 節点番号 | 設計 | | 第1勾配 | |
|------|---|------------------------|------|------------|
| | 初期勾配 | 上限値 | 勾配 | 勾配変更点(上限値) |
| | 先端鉛直ばね定数(kN/m) 周面せん断ばね定数(kN/m ²) | 先端支持力(kN) 周面支持力(kN) | 倍率 | 倍率 |
| 8 | 111.1 | 1.9 | 30.0 | 0.1 |
| 9 | 222.3 | 3.8 | 30.0 | 0.1 |
| 10 | 222.3 | 3.8 | 30.0 | 0.1 |
| 11 | 222.3 | 3.8 | 30.0 | 0.4 |
| 12 | 222.3 | 3.8 | 30.0 | 0.4 |
| 13 | 222.3 | 3.8 | 30.0 | 0.4 |
| 14 | 222.3 | 3.8 | 30.0 | 0.4 |
| 15 | 222.3 | 3.8 | 30.0 | 0.4 |
| 16 | 2237.8 | 9.6 | 30.0 | 0.4 |

| 節点番号 | 第2勾配 | | 第3勾配 |
|------|------|-------|------|
| | 勾配 | 勾配変更点 | 勾配 |
| | 倍率 | 倍率 | 倍率 |
| 8 | - | - | - |
| 9 | - | - | - |
| 10 | - | - | - |
| 11 | 3.0 | 1.2 | 0.09 |
| 12 | 3.0 | 1.2 | 0.09 |
| 13 | 3.0 | 1.2 | 0.09 |
| 14 | 3.0 | 1.2 | 0.09 |
| 15 | 3.0 | 1.2 | 0.09 |
| 16 | 3.0 | 1.2 | 0.09 |

※接点8~10: 第1勾配で上限値に達するバイリニア型

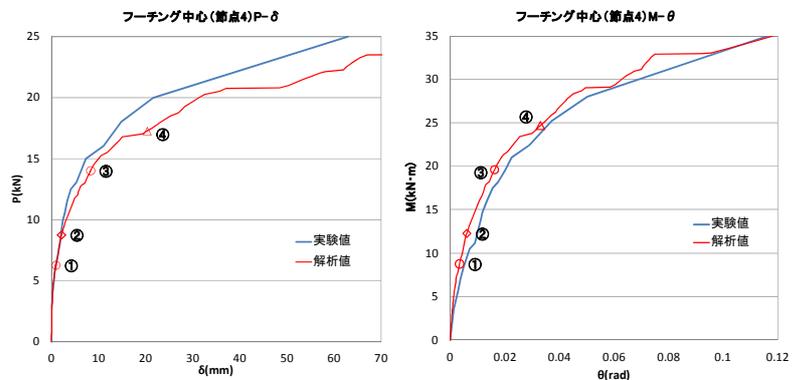


図6. 試験値と解析値の比較

参考文献

- 1) 清水, 近藤, 春名, 澤石, 西岡: 盛土上における小口径斜杭組杭の水平载荷試験 第51回地盤工学研究発表会 pp.1377-1378, 2016.9
- 2) 鉄道構造物等設計標準・基礎構造物 平成12年6月
- 3) 回転圧入鋼管杭(NS エコスパイラル) の設計施工法に関する技術評価,平成25年5月