

斜杭を有する群杭基礎の水平抵抗に関する一考察

(株)復建エンジニアリング 正会員 池亀 真樹

鉄道総合技術研究所 正会員 松丸 貴樹

鉄道総合技術研究所

正会員 神田 政幸

1 はじめに

筆者らは、通常の鉛直杭基礎に斜杭などを組み合わせた複合基礎構造を各種提案し、模型実験により支持力特性に関する検討を行ってきた¹⁾。

本検討では、斜杭の水平抵抗特性に着目し、鉛直杭による群杭基礎に、どのような角度で斜杭を加えれば水平抵抗特性を効果的に向上できるのかについて、解析的アプローチによって確認することとした。

2 検討概要

解析は過去に実施した静的模型実験の試験体をモデルとした。解析モデルを図1に示す。

解析手法は地盤抵抗をばね要素に、杭体、柱体およびフーチングを梁要素でそれぞれモデル化した2次元の骨組解析とした。

解析は鉛直杭のみのケースを基本ケースとし、斜杭の角度を関数にしたパラメータ解析とした。解析ケースを表1に示す。

また、フーチングおよび柱は剛域に、杭頭接合部はヒンジでそれぞれモデル化を行った。

なお、解析コードはDina2E(CRC リュウ・ジョンズ)を用いた。

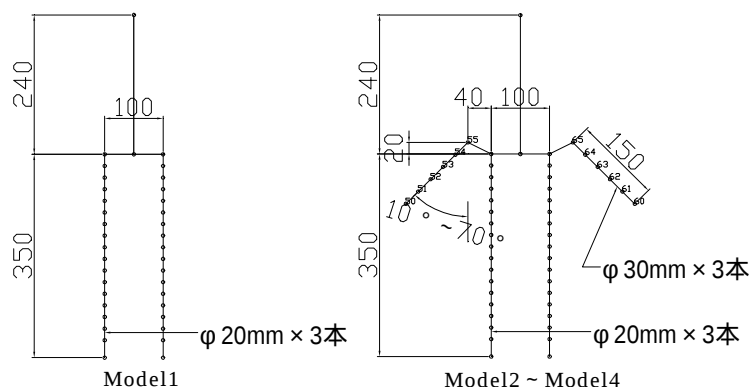


図1 解析モデル図

表1 解析ケース

Model	斜杭					鉛直杭			载荷試験実施の有無
	角度 (°)	径 (mm)	肉厚 (mm)	配列	配置間隔 (mm)	径 (mm)	肉厚 (mm)	配列	
Model 1	—	—	—	—	—	—	—	—	○
Model 2	10	30	1	2×3	200	20	1	2×3	×
Model 3	45	30	1	2×3	200	20	1	2×3	○
Model 4	70	30	1	2×3	200	20	1	2×3	×

3 斜杭の地盤抵抗のモデル化

斜杭の地盤抵抗は、「鉄道構造物等設計標準・同解説 基礎構造物・抗土圧構造物」²⁾における先端閉塞の打込み杭に準じて算定した。ばね値および杭軸方向のばねの上限値（地盤反力の上限値）については、斜杭の局所座標系で鉛直杭と同様に算定した後、全体座標系に分解した。

杭軸直角方向のばねの上限値については、以下に示すように水平方向と鉛直方向それぞれに上限値を設定し、その合力を斜杭の軸直角方向ばねの上限値とした（図2参照）。この際、杭の変位が生じる方向でそれぞれ水平・鉛直方向の上限値を検討することとする。

・側では水平方向の上限値は当該深さの有効抵抗土圧とする。この算定方法は鉛直杭の場合と同様である。一方、鉛直方向の上限値は当該深さでの土被り圧とする。

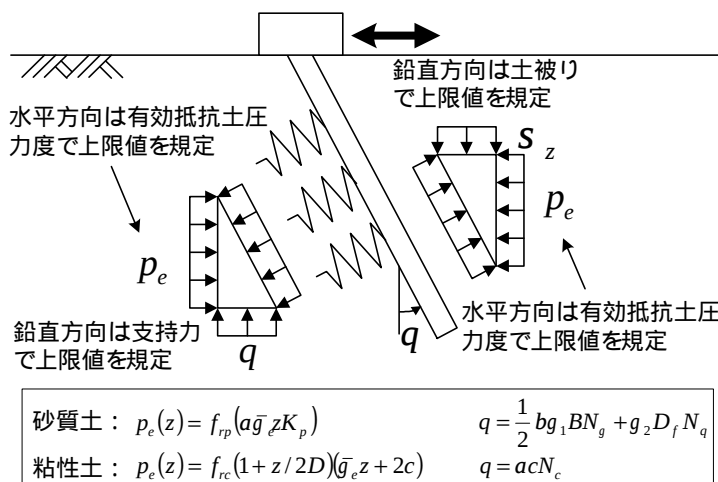


図2 杭軸直角方向の地盤ばねの上限値の設定

Key Words: 斜杭, 水平抵抗, 骨組解析, 群杭効果

連絡先: 〒103-0012 東京都中央区日本橋堀留町 1-11-12

TEL.03-5652-8557 FAX.03-3660-9373

・ 側では水平方向の上限値は 側同様に当該深さの有効抵抗土圧力度とするが、鉛直方向については支持力 q を上限値とする。

また、表2に地盤のモデル化に関する詳細条件を示す。なお、このモデル化の妥当性については、載荷試験および解析からそれぞれ得られる橋脚天端での荷重～変位曲線の比較により確認した。鉛直杭を図3に、斜杭を図4にそれぞれ示す。

表2 地盤のモデル化 詳細条件

解析条件	採用案	備考
Eの算定方法	N値換算	E = 2500N
群杭効果（ばね値）	考慮する	eg
群杭効果（上限値）	考慮する	η_m 、 η_n
1/β範囲のせん断ばね控除	考慮する	

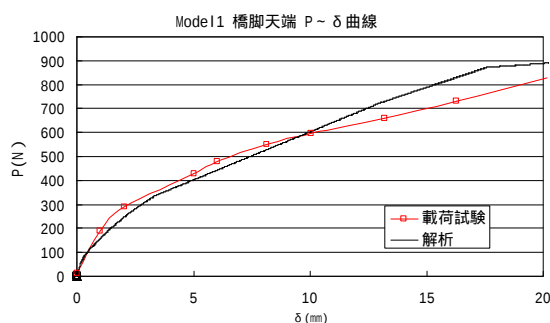


図3 載荷試験と解析結果の比較図（鉛直杭）

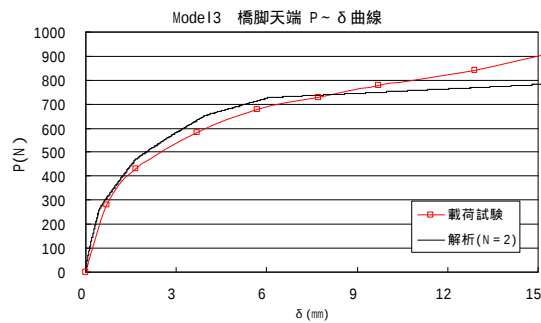


図4 載荷試験と解析結果の比較図（斜杭）

これらの図より、7～9mm以降の荷重に少し開きを確認されるものの、載荷試験結果を概ね再現しており、今回のモデル化によって、斜杭の水平抵抗特性を評価できることが確認できた。

4 解析結果

解析結果として、各解析ケースの構造物天端での荷重変位曲線を図5に示す。

同図より、model3 すなわち斜杭を45°で配置した場合が最も水平抵抗特性が向上した。

向上効果があまり確認できなかったのは斜杭を10°に配置した場合であり、鉛直杭基礎とほぼ同じ結果となった。

一方、斜角をより大きくした（水平に近づけた）model3は、45°のmodel2と比べて水平抵抗特性が若干低下している。このことから、本検討ケースのようなN値の小さな砂地盤における水平抵抗特性の効果的な向上は、斜杭の傾きを大きくするのではなく、45°もしくは45°付近にあると予想される最適角に配置することで実現できると考えられる。

5 まとめ

本検討では、現行の設計標準に準じて求まる地盤ばねに、斜杭の傾きによる影響を適切に考慮したモデルを用いた骨組解析により、斜杭による水平抵抗特性の向上を再現することができた。また、水平抵抗特性の向上に最適な傾きのあることを解析において確認することができた。

一方、課題としては、P～δ曲線上、大きな変形領域における載荷試験と解析の乖離、また、解析における杭頭の発生せん断力が、過去の多くの実験結果³⁾と異なっている点などが挙げられる。

今後、N値の大きな砂地盤や粘土地盤においても同様の検討を行い、地盤ごとに斜杭の最適角を検討する必要がある。また、水平抵抗のみならず鉛直抵抗特性についても把握する必要がある。

参考文献

- 1) 水野ら：複合基礎の水平抵抗特性に関する静的模型実験，地盤工学会第40回地盤工学研究発表会，2005。
- 2) 鉄道総合技術研究所：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。
- 3) 例えば 木村ら：斜杭を有する群杭基礎の水平抵抗に関する遠心模型実験，第33回地盤工学研究発表会，1998。

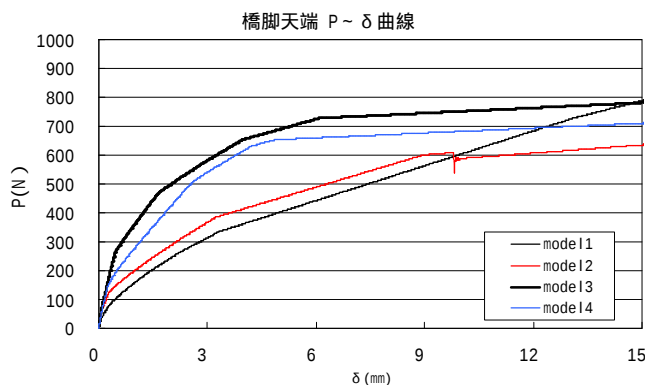


図5 P～δ曲線図