

小口径高張力鋼管を用いた組杭形式抑止杭に関する研究

—その2：設計手法—

飛島建設	正会員	○大野 孝二
東洋建設	正会員	岡 憲二郎
フジタ	正会員	村山 秀幸
先端建設技術センター	正会員	堀 孝夫

1. まえがき

斜杭と直杭を併用した組杭（以下、組杭形式抑止杭と記す）による遠心模型実験では、杭が降伏したと考えられる後も荷重に対して抑止効果あり、急激な変位の増加を防止できることがわかっている^{1), 2), 3), 4)}。これは、従来のような地すべり抑止杭に比べて小口径高張力鋼管（マイクロパイル）を用いた組杭形式抑止杭の優れた点のひとつと考えられるものの、現在用いられている抑止杭の設計方法は、一般的には弾性計算（許容応力度法）であるため、弾性域を超えた抑止杭の抑止効果を予測することは困難である。そこで、本研究では遠心模型実験結果をもとに、杭材および杭背面地盤の非線形性を考慮した梁～バネモデルによる非線形解析を行い、設計手法のひとつとしての計算モデルの評価を行った。

2. 解析条件

(1) 解析モデル 解析モデルは、図-1に示すように杭を非線形部材の梁要素、杭背面の地盤の抵抗を非線形線形地盤バネによってモデル化した梁～バネモデルを用いた。モデルの境界条件は、模型実験での杭の固定状況を考慮して、杭先端は変位および回転固定、杭頭は剛結合とした。モデルの寸法は、模型を実大換算（遠心力30G）した大ききとした。杭に作用させる荷重は、これまでの実験結果および解析結果等をもとに三角形分布形状とし、直杭と斜杭の荷重分担比率は直杭：斜杭=1：1.5とした。

(2) 杭の材料モデル 解析に用いた杭のM～φ曲線を図-2に示す。M～φ曲線は、模型杭の載荷試験結果をもとに導かれた降伏後の曲率φと曲げモーメントMの関係⁵⁾（図-2中の式）よりテトラリニア型として設定した。

(3) 地盤バネモデル 地盤バネの設定条件を図-3に示す。今回の検討では、地盤バネの分布形状は三角形分布と等分布を想定し、バネの非線形性はバイリニア型と仮定した。バネ値の低減率は実験における荷重～斜面水平変位の関係を参考に、 $k_2/k_1=0.05$ と仮定した。地盤反力の上限值は、杭背面の抵抗が大きい場合（以下、背面抵抗大）と小さい場合（以下、背面抵抗小）のそれぞれについて、日本道路公団「設計要領第二集」⁶⁾を参考に斜面上の杭における極限水平支持力として求めた値を用いた。

以上の解析条件をもとに、本研究では、背面抵抗が大と小に対して、地盤バネの分布形状が2ケースの合計4ケースについて解析を行った。

3. 解析結果

(1) 曲げモーメント 図-4に解析および実験より得られた背面抵抗大と小の曲げモーメントの深度分布を示す。今回の解析では、解析値と実験値を比較した結果、背面抵抗大、小ともに地盤バネを三角形分布としたほうが杭が降伏した時点の荷重に対する曲げモーメントの分布が実

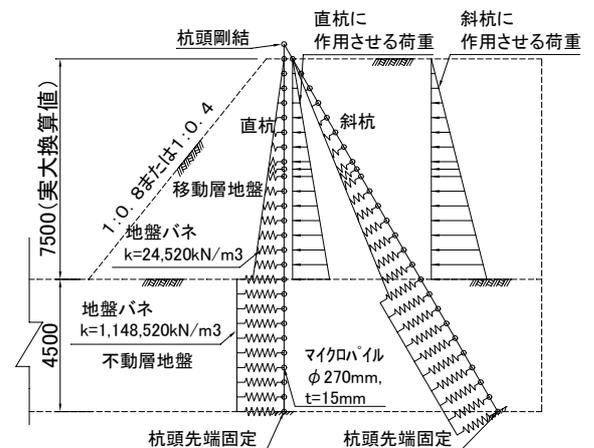


図-1 解析モデル

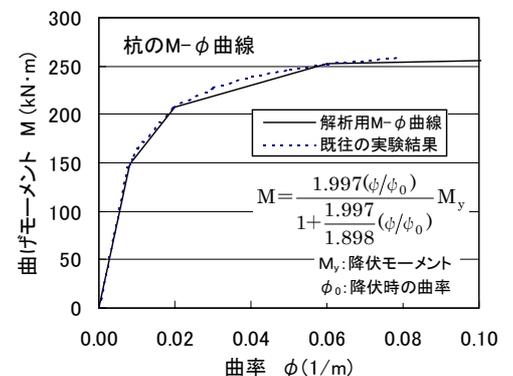


図-2 杭の材料特性

キーワード 抑止杭, マイクロパイル, 非線形骨組み解析

連絡先 〒102-8332 東京都千代田区三番町二番地 TEL: 03-3288-6515 FAX: 03-3288-5285

験値に近い結果が得られたことから、図-4には三角形分布バネの解析結果のみを示した。

杭降伏時の荷重における曲げモーメントは、背面抵抗大において斜杭および直杭の双方で、最大値が実験結果に対して80~85%程度の値であるものの、その部分を除いた移動層内における曲げモーメントの大きさ、分布形状は背面抵抗大、小ともに実験結果とほぼ同じであると評価できる。この時点において、図には示していないが、背面抵抗大では地表面からの深度が3~5mの範囲（移動層全体の約33%）の地盤反力が、背面抵抗小では1.5~7mの範囲（移動層全体の約83%）の地盤反力が上限値を超えている。この範囲は、斜杭と直杭ではほぼ同程度となっている。

荷重が杭降伏時より大きくなると、背面抵抗大、では実験結果と解析結果の差が大きくなるものの、背面抵抗小ではその差が小さいことから、背面抵抗大の地盤反力の上限値は、想定した値より大きいと考えられる。

(2) 変位 図-5に解析より得られた背面抵抗大と小の変位の深度分布を示す。図に示した変位は、杭降伏時の荷重が作用した場合の変位分布である。実験における載荷終了時の杭の変形が杭頭で最大となっていることと比較すると、実験とは若干異なる変位分布の結果となった。これは、本研究で行ったフレーム解析において、移動層全体が一体となつてすべるようなせん断変形を考慮していないためであると考えられる。

4. まとめ

今回用いた解析モデルでは、組杭形式抑止杭の非線形解析において、変位については、変位量および分布形状とも検討の必要があると考えられるものの、曲げモーメントについては概ね実験結果を再現できているため、非線形領域での断面力の予測に対しては有効であると考えられる。

あとがき

解析を行うにあたり、ジェーシー・ティ(株)の孫、趙の両氏には多大なご協力を頂いた。ここに記して感謝致します。なお、本研究は(財)先端建設技術センターおよび民間14社により実施している「小口径鋼管を用いた斜面補強システムに関する共同研究」によるものである。

【参考文献】

- 1) (財)先端建設技術センター：小口径鋼管を用いた斜面補強システムに関する共同研究報告書（その2），2002.7.
- 2) 仲田 宇史, 桑野 二郎, 高橋 章浩, 城戸 正行, 堀 孝夫, 竹内 友章: 小口径鋼管によるのり面抑止工に関する模型実験（その1）, 第37回地盤工学研究発表会, pp.2241-2242, 2002.7.
- 3) 仲田 宇史, 桑野 二郎, 高橋 章浩, 城戸 正行, 竹内 友章: 小口径鋼管によるのり面抑止に関する模型実験, 土木学会第57回年次学術講演会, pp.777-778, 2002.9.
- 4) 矢野 敦士, 仲田 宇史, 桑野 二郎, 高橋 章浩, 城戸 正行, 竹内 友章: 小口径高張力鋼管による組杭形式抑止杭に関する研究—その2: 遠心模型実験—, 第38回地盤工学研究発表会, 投稿中, 2003.7.
- 5) 神田 政幸: 砂地盤中の単杭の水平抵抗に関する研究, 東京工業大学学位論文, pp.43-49, 1999.
- 6) 日本道路公団: 設計要領第二集 橋梁・擁壁・カルバート, pp.4-70-4-72, 2000.1.

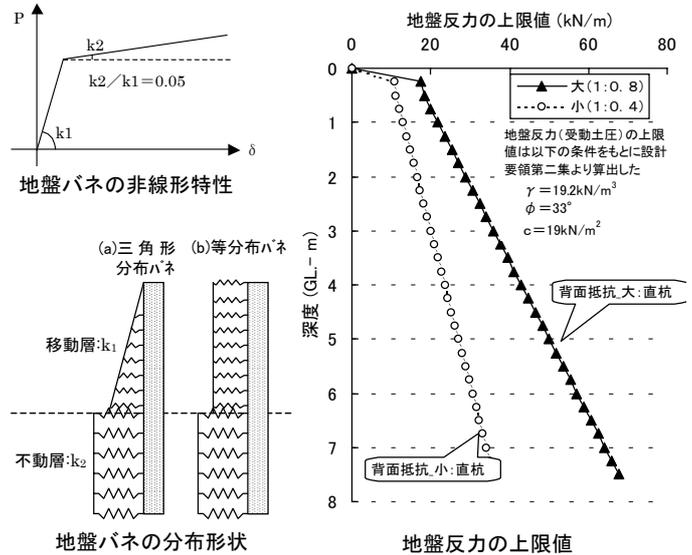


図-3 地盤バネの設定条件

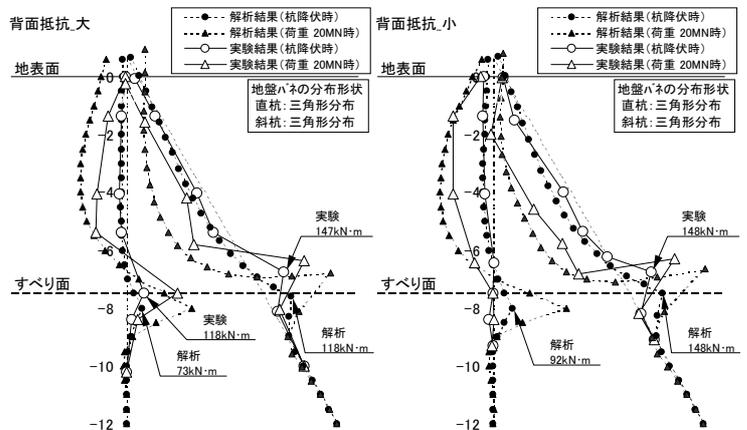


図-4 曲げモーメントの深度分布

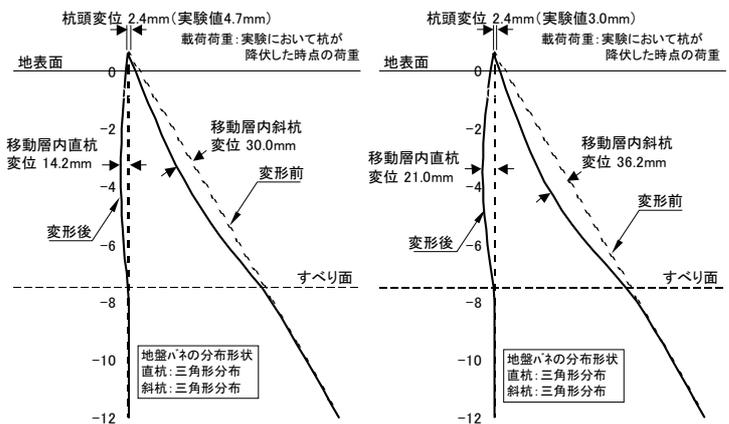


図-5 変位の深度分布