

薄層支持地盤を選択した鋼管ソイルセメント杭の沈下に関する考察

(株)大林組 正会員 ○玉井 礼子
(株)大林組 正会員 斎藤 隆

1. はじめに

鋼管ソイルセメント杭は、施工時の急な杭長変化への対応が難しい既製杭であるため、事前に支持層位置を正確に把握しておくことが重要である。一方、昨今コストダウンの要請を受けて薄層支持で計画されている事例が多数見られる。このような薄層支持の場合、支持層への根入れや根入れ後の残存層厚が適切でないと設計で想定した支持性能が発揮できず、杭の沈下が生じる可能性がある。薄層支持の設計を実施する際は、先端支持力と圧密沈下についての影響検討が不可欠であるが、弾性沈下については一般的に影響が少ないとされ、検討が省略されることが多い。しかし薄層支持の場合、下層の影響について不明な点が多く、これを無視することが適当か、疑問が残る。本稿では、薄層支持の鋼管ソイルセメント杭の弾性沈下量について試計算を実施し、その影響について検証する。

2. 検討条件

検討対象とする薄層支持基礎の概要を図-1 に示す。また、想定した地盤構成を図-2 に示す。支持層は砂質土Ds1-3で、厚さ4.1mのうち杭の根入れ長が1.3m、有効層厚（残存層厚）が2.8mとした。支持層の直下には層厚9.0m、平均N値12の粘性土層Dc2-1があるものとし、それ以深は堅固な砂礫層が存在すると仮定した。

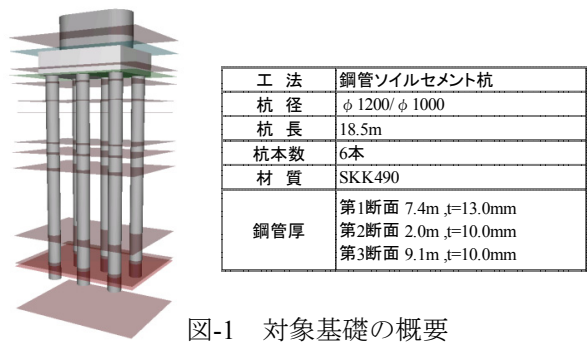


図-1 対象基礎の概要

3. 薄層支持基礎の沈下に関する検討

3-1 弾性沈下量の算出方法

薄層支持基礎の弾性沈下量は、想定する上部工、下部工重量を勘案して、以下に示す2通りの鉛直バネの

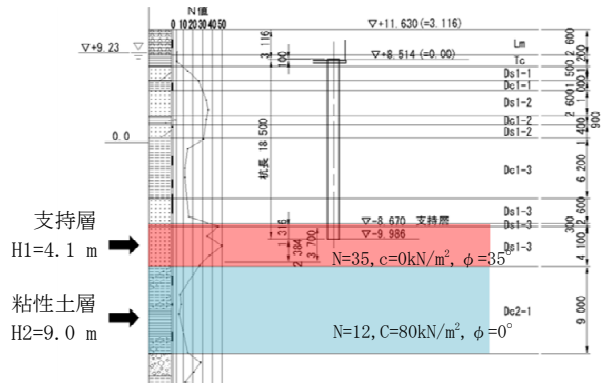


図-2 地盤構成

変位として算出するものとした。
方法①：既往の載荷試験に基づく推定式で算定した杭のバネと下位地盤バネを直列合成したバネ定数
方法②：杭を弾性体と仮定し、周面および先端に地盤のバネを考慮した杭の軸方向バネ定数
方法①によるバネ定数は、道路橋示方書・同解説¹⁾に示される杭の軸方向バネ定数 K_{v1} と、粘性土の地盤バネ定数 K_{v2} を直列に繋いで合成バネ定数 K_v とした（図-3）。なお、支持層下位の粘性土の地盤バネ定数 K_{v2} は、支持層下端までの荷重分散を考慮した基礎換算載荷幅 B_v を用いて算出した。
一方、方法②は土木研究所資料²⁾に基づき N 値とバネ係数の関係式から算定した周面バネと、杭先端の下位地盤の鉛直バネを考慮した杭の軸方向バネ定数 K_v を求めるものとした。方法①、②とも薄層支持地盤の変形係数は、下位の粘性土による影響を考慮した換算変形係数 E_0 を用いることとした。

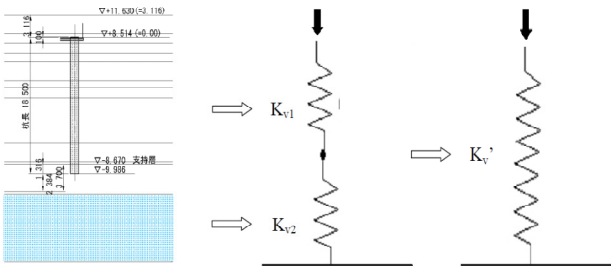


図-3 方法①によるバネの設定

キーワード：薄層支持、弾性沈下、鋼管ソイルセメント杭

連絡先：(株)大林組 東京都港区港南 2-15-2 品川インターシティ B 棟 TEL：03-5769-1306 FAX：03-5769-1979

3-2 弾性沈下量の算出結果と考察

方法①および②により算出した杭の軸方向バネ定数 K_v および常時設計荷重を載荷した時の杭の沈下量 δ を表-1 に示す。

表-1 バネ定数 K_v と沈下量 δ

荷重ケース	薄層支持および下位の粘性土層の影響		
	考慮しない場合		考慮する場合
	方法①		方法②
杭の軸方向バネ定数 K_v (kN/m)	330,752	293,272	592,349
基礎の沈下量 δ (mm)	9.5	10.7	5.3

上表より、方法①では薄層支持および下位の粘性土の影響を考慮すると、基礎の沈下量は若干増えたものの大きな変化は見られなかった。沈下量 10.7mm は、ソイルセメント径 D_{sc} の 1.0%以下であり、軸ひずみの増加量も 0.06%程度であったことから、設計に与える影響は無視できるレベルにあると評価できる。沈下量に顕著な変化が見られなかった理由は、対象事例では下位粘性土層の N 値が 12 程度とさほど小さくなかったことが挙げられる。

方法②では薄層支持および下位粘性土の影響を考慮する場合の沈下量が、方法①での考慮しない場合と比較して小さくなる結果となった。方法②では杭周面のすべり係数 C_s を算定する際の周辺地盤の N 値が比較的大きく、周面摩擦を正確に反映することで杭の鉛直バネ値が大きくなったことによるものと思われる。また同時に、この周面バネが杭先端バネに対して支配的であるため、薄層支持および下位粘性土の影響を検証する手法としては不適當であった。方法②による算定方法は、一般的に用いられる方法①の推定式による軸方向バネ定数より安全側となりやすいものと考えられる。

3-3 試算より得られた知見

方法①の考え方にに基づき、有効層厚と合成バネ定数の関係について着目すると、今回の事例では有効層厚が 3D の時に、杭+薄層地盤のバネ定数に粘性土層のバネ定数が最も近づいた(表-2)。このような観点からも、下位層の地盤のバネ値に応じて、弾性沈下量が設計値を下回らない有効層厚が簡単に算定できることが確認できた。

表-2 有効層厚と合成バネ定数の関係

有効層厚 (m)	杭と薄層地盤の バネ定数(kN/m)	粘性土層 バネ定数(kN/m)	合成バネ定数 (kN/m)
2.0	330,768	228,459	291,009
2.8	330,774	279,957	313,852
3.6(=3D)	330,780	333,430	331,542

次に、粘性土層の N 値を 4 程度と仮定し、有効層厚および下位粘性土層厚を変化させた時のバネ値を算定して沈下量の変化を検証した結果を表-3 に示す。粘性土層の N 値が小さい場合は、当然沈下量が大きくなるが、有効層厚または粘土層厚の変化に対する沈下量の変化も、 N 値 12 の場合と比較して大きくなった。このことから、下位粘性土層の N 値が小さい場合には有効層厚に対する注意が必要であると言える。

表-3 N 値および層厚と沈下量 δ の関係

有効層厚 (m)	粘土層厚 (m)	沈下量 δ (mm)	
		$N=4$	$N=12$
2.0	9.0	19.8	10.8
2.8	9.0	19.4	10.7
3.6(=3D)	9.0	19.0	10.6
2.0	15.0	20.2	10.9
2.8	15.0	19.7	10.8
3.6(=3D)	15.0	19.4	10.7

4. まとめ

本検討から、支持層の推定精度が低く、想定した支持層厚や支持層位置に相違があった場合には、設計値以上の弾性沈下を生じる恐れがあることが確認できた。ただし、対象事例では下位の粘性土が比較的硬い層であったため、有効層厚が減少しても構造物の安定性に影響を及ぼすほどの沈下量の変化は見られなかった。

また、下位層の N 値が相対的に小さい場合や層厚が大きい場合は、弾性沈下量の算出結果に対する感度が高くなることも確認できた。

以上のことから、薄層支持基礎を採用する際に、支持層について正確な地盤情報が得られない場合には、簡単なチェックを行い、必要であれば事前の詳細検討や施工時計測等により弾性沈下量の検討を実施することが適当であると考えられる。

本試算で得られた知見が、今後の薄層支持基礎の設計または施工における品質の確保に活かされれば幸いである。

[参考文献]

- 1) 社団法人日本道路協会「道路橋示方書・同解説 IV 下部構造編」, 平成 14 年 3 月
- 2) 建設省土木研究所「土木研究所資料第 963 号くいの支持力と変形特性に関する調査」, 昭和 49 年 8 月
- 3) 財団法人国土技術研究センター「建設技術審査証明事業報告書 ガンテツパイル(鋼管ソイルセメント杭工法)」, 平成 18 年 1 月