

薄層支持杭の先端支持メカニズムに及ぼす支持層のせん断特性の影響

大阪大学大学院 学生会員 ○武川 修平
 大阪大学大学院 正会員 小田 和広
 大阪大学大学院 学生会員 大段 恵司

1. はじめに

杭径に比して十分な厚さを有しておらずその下に軟弱層が存在するが、十分に強固な層に対する杭の支持力の問題は、薄層支持の問題と呼ばれる。筆者らは、この問題の実用設計法の提案を目指して取り組んでいる。本研究ではその一環として、支持層のせん断特性を変動させたパラメトリックスタディを行い、支持層のせん断特性が薄層支持メカニズムに及ぼす影響について検討する。

2. 解析概要

本研究では、大阪府高石市において行われた先端根固め中掘り鋼管杭の現場載荷試験¹⁾を解析対象として選んだ。解析手法には弾塑性軸対称有限要素法を用いた。図-1は解析モデルを示している。杭は杭径 1m、杭長 27.9m、厚さ 19mm の鋼管である。杭先端には、鋼管と同径の根固めコンクリートが鉛直下方に 1m 張り出し、支持層となる砂層上に築造されている。鋼管および根固めコンクリートは弾性体としてモデル化した。地盤については地表面を弾性体、砂および砂礫については破壊する前は *tij-sand model*²⁾、破壊後は *Drucker-Prager* の基準に基づく弾塑性体としてモデル化した。一方、粘性土については、限界状態前までは松井・阿部による弾塑性モデル³⁾、限界状態到達後は *von Mises* の基準に基づく弾塑性体としてモデル化した。また、杭と地盤との不連続性を表現するため、その境界にジョイント要素を配置した。数値解析においては、既往の研究^{4),5)}と同様の解析モデルを用いているため、モデルの妥当性・解析結果の信頼性が確認されている。

表-1 は解析ケースを示している。解析では、*tij-sand model* における 2 つのパラメータ、すなわち破壊時における主応力比 R_f とダイレイタンスに関するパラメータ D_f を変化させた。ここで P40 は、現場載荷試験の再現解析における解析ケースである。P35a では、P40 に対し R_f のみを変化させた。P35b は、P40 に対し R_f と D_f の両方を変化させた。ところで応力比とダイレイタンスの間には関係があることが知られている。P40 と P35b では、龍岡ら⁶⁾によって示された関係に基づき D_f を R_f から決定している。つまり、P35b は P40 より強度も低く、ダイレイタンスも弱い。

3. 解析結果

図-2 は支持層厚が杭径の 1.5 倍の時ににおける杭先端抵抗力と杭先端沈下量の関係を表している。P40 においては、杭先端抵抗力が約 2.7MN に達すると杭先端沈下量に対する先端抵抗力の増加率が急激に減少しており、明確な降伏が見られる。

一方、P35a および P35b では、P40 に比べれば降伏が明瞭ではなく、またその時の沈下量も増加している。さらに、P40 と P35a および P35b を比較すると、P40 においては先端抵抗力の降伏が見られる前までは同一沈下量に対する杭先端抵抗力が他ケースと比べて大きくなるが、それ以降は P35a および P35b における杭先端抵抗力のほうが大きくなる。

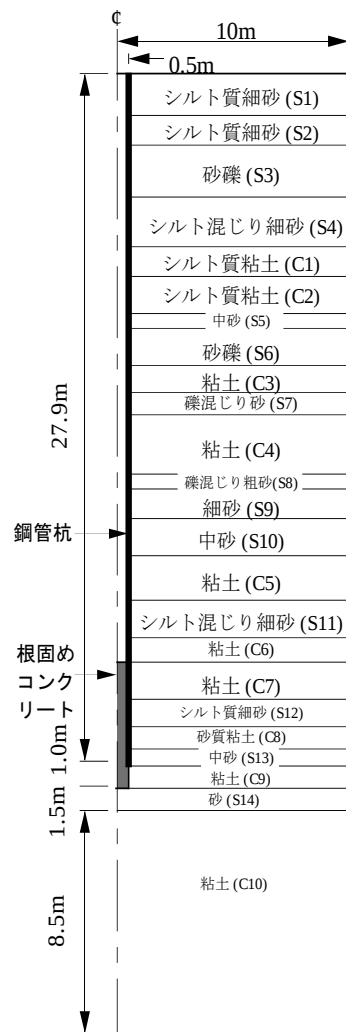


図-1 解析モデル

表-1 解析ケース

内部摩擦角	R_f	D_f	ケース名
40°	4.60	-0.446	P40
35°	3.69	-0.446	P35a
35°	3.69	-0.285	P35b

キーワード 鋼管杭 薄層支持 先端支持力 有限要素法 せん断特性

連絡先 〒565-0871 大阪大学大学院工学研究科 大阪府吹田市山田丘 2-1 E-mail; stakegawa@civil.eng.osaka-u.ac.jp

図-3 は P40 および P35a における杭先端地盤の破壊域の進展を表している。破壊域はそれぞれ図-2 に示す地点の破壊を表しており、破壊している部分を赤色で示している。P40 では、根固めコンクリート先端から鉛直下方へと発生する破壊、および支持層となる砂層と粘土層の境界から発生する破壊が進展していることが確認できる。B 地点においては、両者の破壊がほぼ繋がっており、既往の研究^{4),5)}同様パンチングせん断破壊が発生しているといえる。一方、P35a では、根固めコンクリート先端から鉛直下方へと延びる破壊および層の境界から支持層内に広がる破壊の進展が小さく、B 地点においてもパンチングせん断破壊が発生していない事が確認できる。

図-4 は P35a および P35b における杭先端地盤の破壊域の進展を表している。P35b では、C 地点において根固めコンクリート先端から鉛直下方へと延びる破壊、および層の境界から発生する破壊が支持層内において繋がっていることが分かる。また、P35a に比べて支持層内の破壊が大きく進展している事も確認できる。すなわち、ダイレイタンシー特性が支持層内の支持メカニズムに大きな影響を及ぼすことが分かる。

4. まとめ

本研究では、一連の数値解析によって薄層支持杭の先端支持メカニズムに及ぼすせん断特性の影響について検討した。本研究における主な知見を以下に示す。

- ・内部摩擦角が小さくなると、杭先端抵抗力と杭先端沈下量の関係における降伏が不明瞭になる。また、パンチングせん断破壊の発生が遅くなる。
- ・ダイレイタンシー特性は、支持層内の支持メカニズムに大きな影響を及ぼす。

今後も、支持層内のせん断特性が薄層支持特性に及ぼす影響について系統的に検討を続けていきたい。

参考文献

- 1)古池 他(1991) 大径・中掘り・薄層支持鋼管杭の载荷試験, 土木学会第 46 回年次学術講演会講演概要集第Ⅲ部, pp.828-829
- 2)Nakai, T.(1989) An isotropic hardening elastoplastic model for sand considering the stress path dependency in three-dimensional stresses, *S&F*, 29, 1, pp.119-137
- 3)Matsui, T. et.al.(1981) Multi-dimensional elasto-plastic consolidation analysis by finite element method, *S&F*, 21,1, pp.79-95
- 4)小田 他(1993) 先端根固め中掘り鋼管杭の薄層支持特性に関する解析的研究, 第 28 回土質工学研究発表会, pp.1735-1738
- 5)Oda, K. et.al.(1994) End bearing characteristics of bored steel pipe piles with on a thin bearing layer, *Proc.3rd ICDP*, pp.185-190
- 6)龍岡文夫 他(1993) 土の強さと地盤の破壊入門, (社)土質工学会

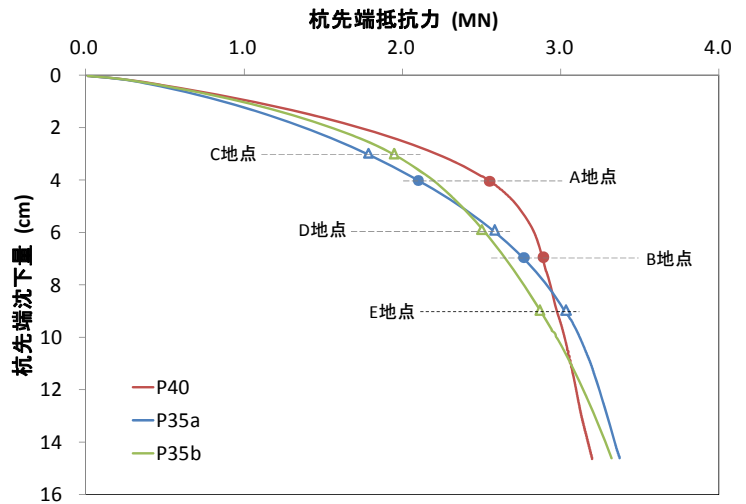


図-2 杭先端抵抗力と杭先端沈下量の関係

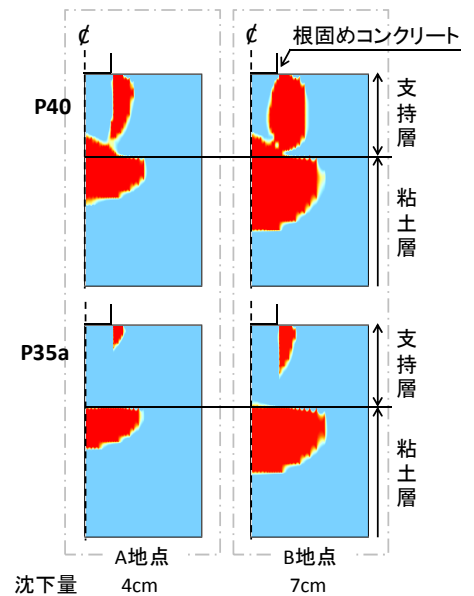


図-3 P40 および P35a における杭先端の地盤の破壊域の進展

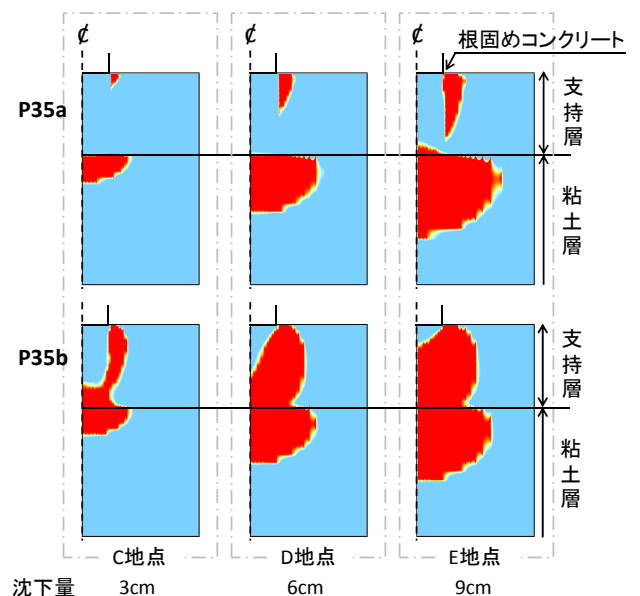


図-4 P35a および P35b における杭先端の地盤の破壊域の進展