

大阪大学工学部 学生員 ○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 学生員 池藤 八起

1. はじめに

近年、土木構造物の大型化および耐震性の向上に伴い、杭基礎の大口径化が進んでいる。一般的に、杭基礎には杭先端に伝達される構造物の荷重を支えるために杭径に対して十分な厚さの支持層が必要である。しかし、杭の大口径化により十分な支持層厚が得られない場合が見受けられるようになってきている。支持層厚が薄い、いわゆる薄層支持について筆者らは以前から研究を進めてきた。現在、鋼管杭の一種である先端根固め中掘り鋼管杭の薄層支持特性について研究を進めている。本研究では、杭先端の根固めコンクリートの強度特性が薄層支持機構に及ぼす影響について明らかにすることを目的とする。

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<sup>1)</sup>を解析対象として選んだ。解析手法には弾塑性軸対象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張り出して、支持層となる砂層上に築造されている。鋼管は弾性体、根固めコンクリートは von Mises の基準に基づく弾塑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、砂および砂礫は破壊する前は *tij-sand model*<sup>2)</sup>、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<sup>3)</sup>、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。根固めコンクリートのモデル以外については既往の研究と同様のものを用いているため、モデルの妥当性、解析結果の信頼性が確認されている<sup>4)5)</sup>。本研究では、根固めコンクリートの一軸圧縮強度（以下、根固め強度）を5MPaおよび10MPaの2ケースの解析を実施した。なお、支持層厚は杭径の2倍の2.0mとした。

3. 解析結果

図-2は先端抵抗力と杭先端沈下量の関係を示している。先端抵抗力が約2.5MNに達するまで両ケースの先端抵抗力と杭先端沈下量の関係はほぼ一致している。しかし、それ以降では、根固め強度5MPaのケースの杭先端沈下量に対する先端抵抗力の増加率は根固め強度10MPaのそれよりも小さくなっている。特に、先端抵抗力が約3.4MN以降では急減している。両ケースともに図中の●の地点において先端抵抗力の増加率が減少しており、先端抵抗が降伏していることが確認できる。図-3および図-4は、それぞれ根固め強度10MPaおよび5MPaの杭先端根固めコンクリートと地盤の破壊域の進展を示している。それぞれの図におい

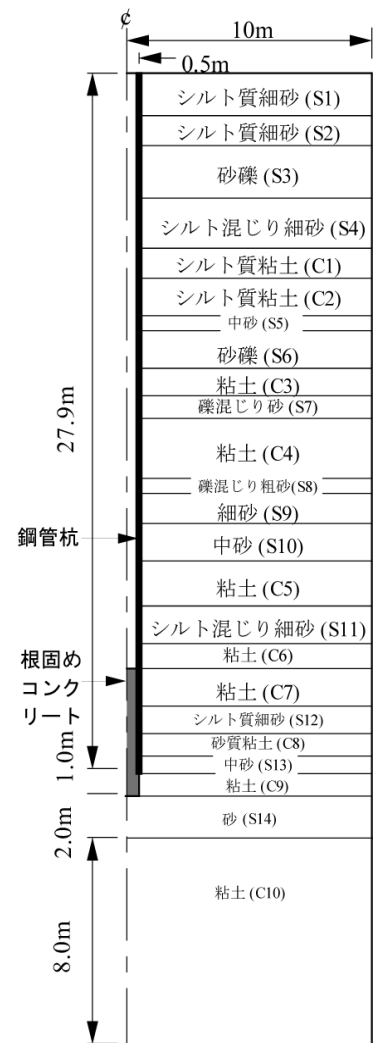


図-1 解析モデル

て上図は根固めコンクリートの破壊域を黒色で、下図は地盤の破壊域を赤色で表している。根固め強度 10MPa について、まず根固めコンクリート底面縁端部から鉛直下方に、また、支持層とその下の粘土層との境界から破壊域が拡大している。そして降伏が起こる●の地点において、これらの破壊がつながっていることが確認できる。一方、根固めコンクリートについてはその縁端部だけに微小な破壊域がみられる。よって、根固め強度 10MPa のケースについては地盤の破壊、すなわち根固め底面直下の部分が支持層を押し抜くパンチングせん断破壊が支配的な支持機構となっている。これは、

既往の研究と同様の支持機構である<sup>4)5)</sup>。根固め強度 5MPa について、先端抵抗力が約 3.27MN に達するまでは根固め強度が 10MPa のケースと同様の破壊が支持地盤中に生じている。ただし、降伏に達する●の地点では根固めコンクリート底面縁端部から鉛直下方に向かう破壊域と砂層と粘土層の境界から拡大するそれが完全にはつながっていない。一方、根固めコンクリートについては先端抵抗力が約 2.93MN においてその縁端部及び鋼管直下において破壊が確認できる。先端抵抗力が約 3.34MN においてこれら両者の破壊がつながっていることに加え、破壊域が急拡大している。よって、このケースについては地盤のパンチングせん断破壊ではなく、根固めコンクリートの破壊が支配的な支持メカニズムとなっていると考えられる。

#### 4. まとめ

以上の結果により、先端根固め中掘り鋼管杭の根固めコンクリートの強度特性が支持力および支持機構に影響を及ぼしていることが確認できた。すなわち、先端抵抗力と杭先端沈下量の関係において、根固め強度が 5MPa であるケースの方が根固め強度 10MPa であるケースよりも降伏時の先端抵抗力が小さい。また、根固め強度が 10MPa のケースでは根固めコンクリートにはほとんど破壊が生じないが、根固め強度が 5MPa のケースでは根固めコンクリートのかなりの部分において破壊が生じる。さらに、根固め強度が 10MPa のケースでは地盤のパンチングせん断破壊が支配的な支持機構である。一方、根固め強度が 5MPa のケースでは根固めコンクリートの破壊が支配的な支持機構であることが分かった。本研究は鉄構造研究・教育助成事業の助成によって行われたので謝意を表す。

参考文献：1)古池 他(1991) 大径・中掘り・薄層支持鋼管杭の載荷試験, 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 ICDFP, pp.185-190

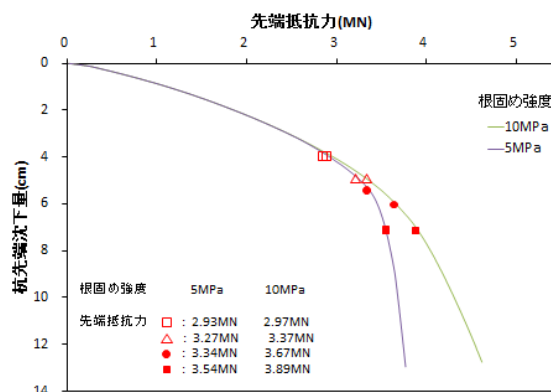


図-2 先端抵抗力と杭先端沈下量の関係

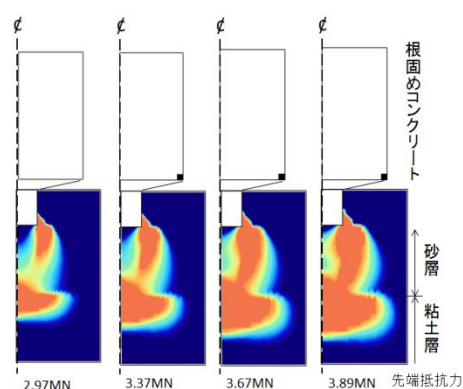


図-3 根固め強度 10MPa における杭先端周辺の破壊域の進展

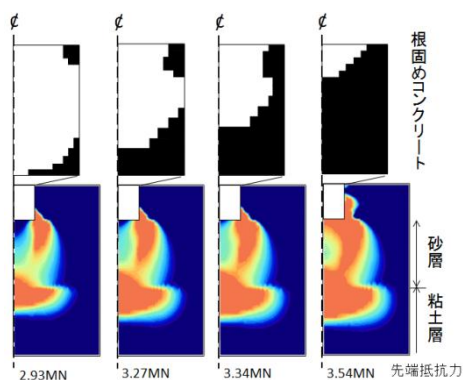


図-4 根固め強度 5MPa における杭先端周辺の破壊域の進展