

砂地盤における杭貫入に伴う経時的側方応力緩和特性

九州大学大学院 学○金川博幸 F 落合英俊 正 安福規之
正 大嶺 聖 正 中島通夫

1はじめに

杭の支持力に関して多くの研究が行われている。杭周面摩擦力を算定するためには、杭貫入における地盤内の側方応力を知ることがきわめて重要なことである。また、杭貫入時には地盤内の側方応力が経時的に変化し、杭先端部で側方応力は大きくなることが知られている¹⁾。本研究では、砂地盤において材質の違う杭と土圧計を用い、杭の貫入に伴う側方応力の増加とその後の周辺地盤の緩みや応力緩和について検討する。

2.実験装置と実験手順

図-1 に模型杭載荷試験装置の概要を示す。図-2 には今回使用した径が 6.5mm の小型土圧計(PDA-500KPA, Tokyo Sokki Co., Ltd.)を示している。装置内には杭中心から水平方向に 60mm($r=4r_0$, r_0 (杭半径)=15mm)、杭先端から鉛直方向に 10mm の位置に土圧計を設置し、定圧条件($\sigma_{h0}=100\text{kPa}$, $\sigma_{v0}=100\text{kPa}$)の下で載荷試験(貫入速度 $v=0.18\text{mm/min}$)を行った。実験に使用した模型杭は、径が30mmの鉄製の表面が滑らかなもの(A 杭)と表面を粗くしたもの(B 杭: $R_{\text{max}}=150\mu\text{m}$ (レーザー測定による))の2種類、試料には豊浦砂を使用し、相対密度は、90%とした。

まず、杭を 15mm 貫入(杭半径)させたところでいったん貫入をやめ、その状態のまま 24 時間放置する。その後さらに杭を 15mm 貫入させ、貫入終了とする。この実験過程で、模型地盤内の経時的側方応力変化を地盤に設置した土圧計で測定し、杭先端深度と側方応力の関係を調べた。図-3 は、杭の貫入過程における杭先端と土圧計の位置関係を表したものである。杭先端は一回目の貫入後、土圧計の鉛直下方向に 5mm($\Delta h=1/3r_0$)、2 回目の貫入後は 20mm($\Delta h=4/3r_0$)に位置する。

3.実験結果と考察

図-4 は、地盤内側方応力と正規化した杭先端深度を表している。図において $\Delta h/D$ が負の場合、土圧計は杭先端より下方(図-3 参照)にあり、 $\Delta h/D=0$ の場合には土圧計と杭先端位置は一致し、 $\Delta h/D$ が正の場合には土圧計は杭先端の上方にある。このことに注意して結果を見ると、杭貫入時には地盤内側方応力が杭先端部でかなり大きくなることを示しており、杭先端が土圧計位置に近づくにつれ、 σ_h は増加し、その位置を通過後には、だんだんと σ_h が減少していく様子が見られる。また、貫入一時停止後には σ_h は応力緩和によって、さらに減少を始めるが、再貫入開始後やや増加傾向を見せる。しかし、次第に減少をはじめ、表面が滑らかな A 杭の場合、再貫入終了後には初期側方応力(100kPa)を下回るという結果を示した。図-5 は、杭貫入時の周面摩擦力を示す。貫入開始からまもなく周面摩擦力はピークを迎え、表面の粗い B 杭の周面摩擦力は A 杭のそれより約 20kPa 大きくなるが、周面摩擦力の減少とともに杭種の違いによる効果も減少する傾向が見

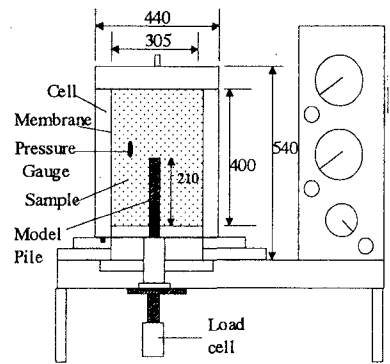


図-1 模型杭載荷試験装置

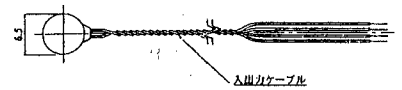


図-2 土圧計

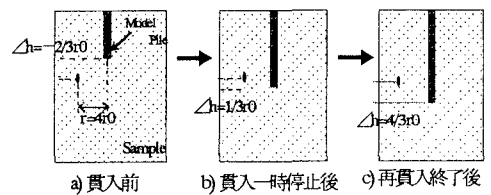


図-3 杭先端と土圧計の位置関係

られる。

また、この図から分かるように貫入一時停止時には周面摩擦力は徐々に低下しており、再貫入時にはやや増加するもののその後は減少に向かう。貫入終了時には、杭の表面粗さによる効果はほとんどなくなっている。図-6は、実験過程での経時的な側方応力の変化を示す。杭貫入開始から杭貫入途中の約 0.9 時間後にそれぞれ A 杭は $\sigma_{hmax}=162\text{kPa}$, B 杭は $\sigma_{hmax}=172\text{kPa}$ に到達(土圧計位置)し、その後は杭貫入とともに σ_h は減少傾向にある。また、この図から貫入一時停止(A 杭・ $\sigma_h=152\text{kPa}$, B 杭・ $\sigma_h=164\text{kPa}$)から再貫入まで側方応力は経時的に緩和しながらもある一定値(A 杭・ $\sigma_h=120\text{kPa}$, B 杭・ $\sigma_h=140\text{kPa}$)に収束するように見受けられる。これを詳しく示したものが図-7, 図-8 である。図-7, 8 ではそれぞれ一回目の貫入後と 2 回目の貫入後の応力緩和挙動を示している。 σ_{h1max} , σ_{h2max} は一回目, 2 回目貫入直後の側方応力であり、 $\Delta\sigma_{h1}$, $\Delta\sigma_{h2}$ は、一回目, 2 回目貫入後の経時的な側方応力である。したがって、 $\Delta\sigma_h/\sigma_{hmax}$ は、応力緩和率を表しており、一回目の貫入後(図-7), 側方応力は A 杭では 6 割が緩和して 4 割が残り、B 杭では 3 割が緩和して 7 割残っている。この結果より、表面粗度の違いから B 杭の方が A 杭よりも杭周辺地盤の応力緩和が抑えられるものと考えられる。2 回目の貫入後(図-8)の側方応力緩和については、A 杭, B 杭ともに顕著には見られなかった。

4.まとめ

本研究の主要な結果は以下のようである。

- 1). 杭貫入過程における側方応力 σ_h は、杭先端と土圧計の位置によって変化することを示した。
- 2). 杭貫入停止後の側方応力 σ_h は時間とともに減少し、ある値に収束する結果となった。
- 3). この収束値から、表面を粗くした杭のほうが杭周辺地盤の側方応力緩和 $\Delta\sigma_h$ が抑えられることが分かった。

[参考文献]

- 1). 岡, 江口ら:同時埋設合成鋼管杭(ガンテツパイル)施工時の周辺地盤挙動(その 1, その 2, その 3), 第 33 回地盤工学研究発表会, p. 1389~1394, 1998.7

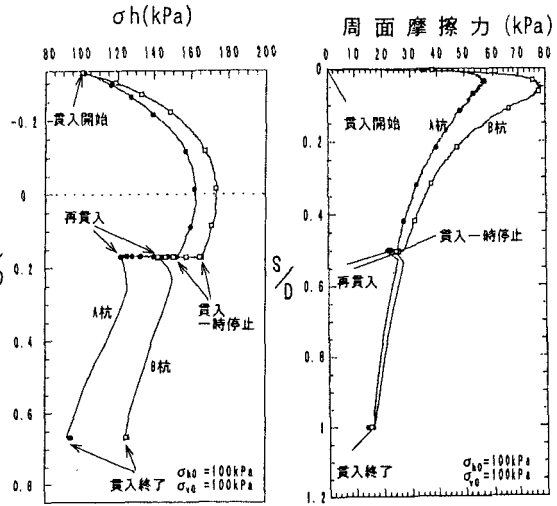


図-4 σ_h -杭先端深度

図-5 周面摩擦力-S/D

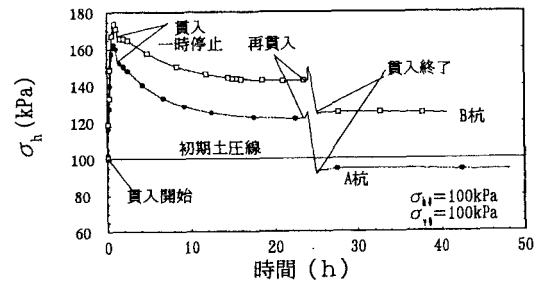


図-6 σ_h - 時間関係

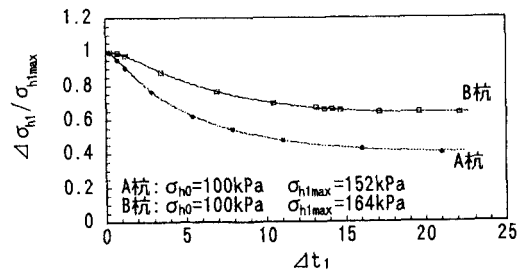


図-7 応力緩和 I

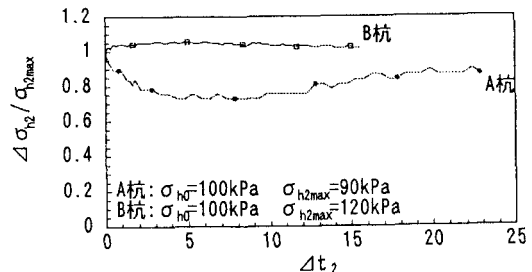


図-8 応力緩和 II