

(III-25) 地盤内応力経路に着目した静的締固め砂杭工法の密度増加機構に関する一考察

東京理科大学大学院 学生会員 佐藤 政文

東京理科大学 正会員 石原 研而 塚本 良道

不動建設(株) 正会員 原田 健二 矢部 浩史

積水化学工業(株) 雨宮 正明

1.はじめに

静的締固め砂杭工法におけるケーシング貫入と砂杭造成時の地盤内応力経路を図1のように、半無限弾性地盤内に杭先端の単一集中荷重が地盤に対し水平および鉛直にかかり、それぞれが深さ方向に移動したものを仮定し、両者の地盤内応力経路を中空ねじりせん断試験装置を用いて再現する実験を行い密度増加機構に関する考察を行ったので報告する。

2.実験概要

今回の実験には、大型中空ねじりせん断試験装置を用いて、応力制御による非排水せん断試験を繰り返し行った。試料には豊浦砂を用い、寸法が内径15cm、外径25cm、高さ15cmの中空円筒供試体を空中落下法によって作成し、通水飽和させた後拘束圧98kPaで等方圧密を行い、圧密終了後 σ_v 一定による中空ねじりせん断試験を行った。

また図1のように、地表面から単位深さで、単位荷重の進行軸から水平方向に $R (=0.2)$ と設定離れた位置に存在する土要素Xにかかる地盤内応力経路をMindlinの弾性解によって求めた。

その結果を図2に示す。なお水平荷重は貫入軸拡大によって発生する荷重の移動(以下これをケース1とする)、鉛直荷重はケーシングの押し込み力の移動(以下これをケース2とする)を想定している。この二つの応力経路について、載荷・除荷・排水を1サイクルとして、正方形配置に打設した砂杭の対角線交点上の単位深さに土要素Xがある場合を想定し、それに見合う回数(杭の本数分で4回、ケーシング貫入・砂杭造成で2回の、計8回)繰り返した。また、せん断試験終了後、供試体含水比から試験終了時の間隙比を逆算して密度変化を求めた。

3.実験結果

3・1 最大過剰間隙水圧比と最大せん断ひずみの相関性に関する考察

図3にケース1とケース2をそれぞれ想定した有効応力経路を示す。これより応力経路の違いによって過剰間隙水圧の発生挙動に違いがみられ、ケース1では繰り返し回数の増加にともない過剰間隙水圧の発生量が減り膨張的挙動を示しているのに対し、ケース2では繰り返し回数に関わらず収縮的挙動と膨張的挙動の両方を示した。

地盤内応力経路 静的締固め砂杭工法 中空ねじりせん断試験 最大せん断ひずみ 最大過剰間隙水圧比

〒278-8510 野田市山崎2641 東京理科大学 TEL0471-24-1501(内線4056) FAX0471-23-9766

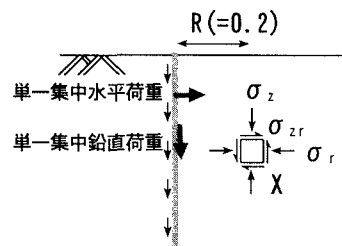


図1 地盤内の応力状態

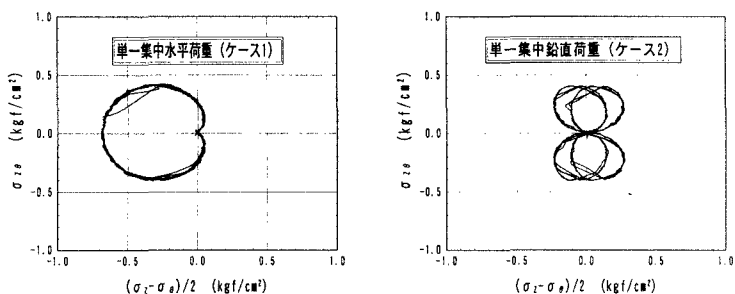


図2 地盤内応力経路図

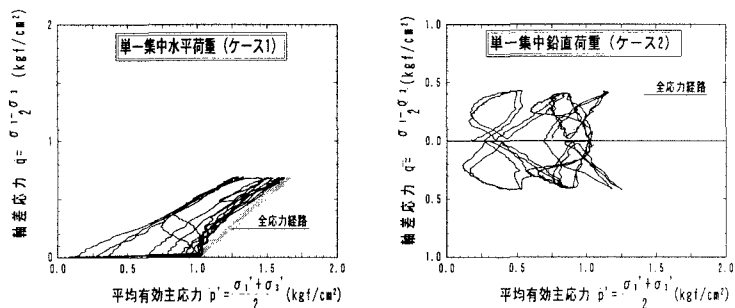


図3 有効応力経路図

ここで、最大過剰間隙水圧比と最大せん断ひずみの相関性を調べるために、図4に両者の最大過剰間隙水圧比 $(u/p_c)_{max}$ と繰返し回数 N の関係を、また図5に両者の最大せん断ひずみ γ_{max} と繰返し回数 N の関係を示す。図4より最大過剰間隙水圧比と繰返し回数の関係は、水平荷重を想定した方においては繰返し回数が増すごとに減少していくのに対し、鉛直荷重を想定した方では貫入過程で大きな値を、また造成過程で小さな値といったように交互に変動していく傾向が見られた。また図5の最大せん断ひずみと繰返し回数の関係については、図4の最大過剰間隙水圧比の発生挙動と同様な傾向を示していた。これより、繰返し回数に対する最大せん断ひずみと過剰間隙水圧比の間には相関性があるという傾向が見られた。

3・2 ケース1とケース2の比較に関する考察

同一初期相対密度・最大せん断応力条件に対し、ケース1とケース2について比較すると、後者の方が大きな密度増加を示した。この理由としては、図2に示した応力経路に関して水平荷重を想定した方ではほとんどが伸張側のループをたどるのに対し鉛直荷重を想定した方では圧縮側と伸張側の両方のループをたどっていることからこの圧縮・伸張の応力変化が過剰間隙水圧の発生挙動に影響を及ぼしたものと推定される。また相対密度と最大過剰間隙水圧比の関係を表した図6から明らかなように、繰返し回数が少ない段階ではケース1の方が大きな密度増加を示しているが、最終的な密度増加量に関してはケース2の方が大きな密度増加量を示している。以上より、密度増加にはより大きな過剰間隙水圧の発生が必要で、そのためには、より大きなせん断ひずみレベルまで荷重を加える必要があり、今回の実験結果と、現場の密度増加に関する評価からは、鉛直荷重の方が卓越していることが分かった。

4.まとめ

地盤内応力経路に着目した静的締固め砂杭工法の密度増加機構について考察した結果、繰返し回数に対する最大過剰間隙水圧比および最大せん断ひずみは同様の発生挙動を示し相関性がみられた。

また同一初期相対密度・最大せん断応力で載荷した、単一集中荷重が鉛直と水平の二つの応力経路に対して、密度増加に関する考察としては単一集中鉛直荷重を想定した応力経路の方でより大きな密度増加量を示した。

また、今回は簡単なモデル化から、水平荷重と鉛直荷重についてそれぞれ考察を試みたが、実際の要素に加わる荷重は両者が複雑に組み合わせられたものと推定される。このことに関してはFEMを用いた解析を進めているところで今後の課題にしたいと思う。

＜参考文献＞1)矢部・石原・塚本・原田・雨宮・佐藤：中空ねじりせん断試験機による静的締固め砂杭工法の密度増加特性とその評価、第33回地盤工学研究発表会，pp.2157-2158, 1998.

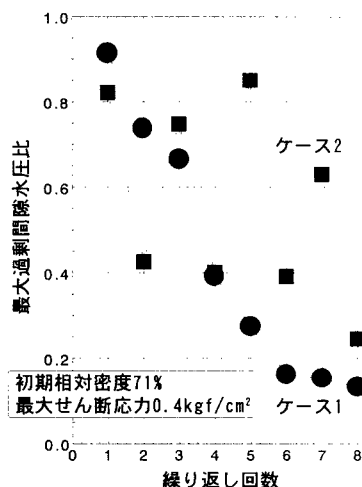


図4 最大過剰間隙水圧比と繰返し回数の関係

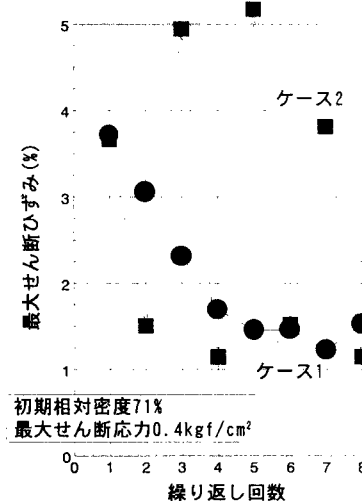


図5 最大せん断ひずみと繰返し回数の関係

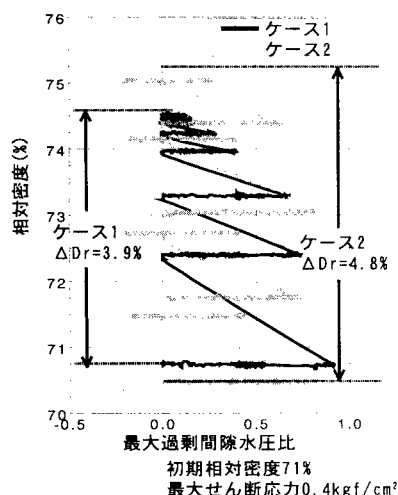


図6 相対密度と最大過剰間隙水圧比の関係