

スカート・サクシヨン基礎貫入後の周面摩擦抵抗の回復（その1：1 g場模型実験）

（株）大林組 正 ○伊藤 政人

北海道大学 フェロー 三田地 利之

（株）大林組 正 増井 直樹 フェロー 上野 孝之

1. はじめに

スカート・サクシヨン基礎は、下部が開口した中空円筒形（スカート）の基礎を、スカート内部の水圧低下させる（サクシヨン）ことによって海底地盤に貫入し、安定性を確保する基礎構造物である。粘土地盤におけるスカート貫入時の周面摩擦抵抗は、スカート先端の地盤が周面に排土されながら貫入されるため、その乱れにより元の地盤のせん断強度よりも低減する¹⁾。しかし、貫入後の時間の経過とともに、貫入時の過剰間隙水圧の逸散やシキソトロピーにより、周面摩擦抵抗は貫入時よりも回復する²⁾。この周面摩擦抵抗の回復程度と経過時間の関係を把握することは、粘土地盤に設置されたスカート・サクシヨン基礎の鉛直支持力や引抜き抵抗を設計する上で非常に重要となる。そこで、粘土地盤における貫入後の周面摩擦抵抗の回復と経過時間の関係を把握することを目的とした模型実験を行った。本報では、貫入後の放置時間をパラメータとした実験を通常重力場にて行い、貫入後の周面摩擦抵抗の回復程度と経過時間の関係について検証したのでここに報告する。

2. 実験概要

図-1に実験装置を示す。φ800mmの円筒形土槽に、上下を砂層に挟まれた粘土層を作成し、土槽上部に取り付けられた電動ジャッキにより試験体（アクリル板：100^B×300^L×5^T(mm)）を貫入させた。実験に使用した粘土は、大阪南港地区から採取した海成沖積粘土であり、主な物理特性を表-1に示す。粘土層は、初期含水比を液性限界の1.5倍に調整した練返し粘土試料を土槽内の下部砂層上に投入した後、上部砂層および剛板を介してエアジャッキにより32kPaで再圧密し作成した。貫入・放置などのすべての実験プロセスは粘土層に32kPaの拘束圧を作用させた状態で行った。そのため、剛板および上部砂層には巾8mmのスリットを放射状に4箇所設け、その中に試験体を貫入させた。

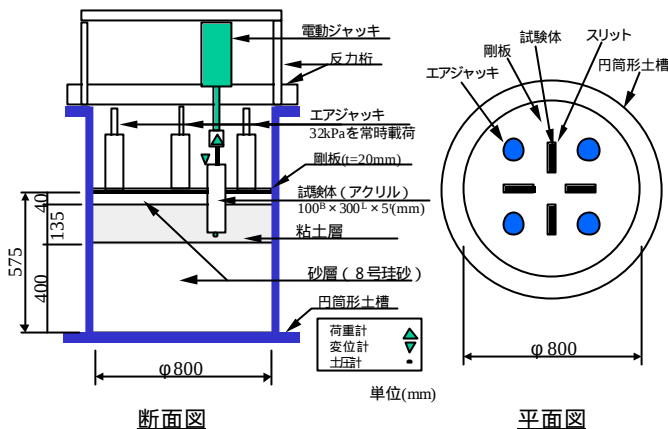


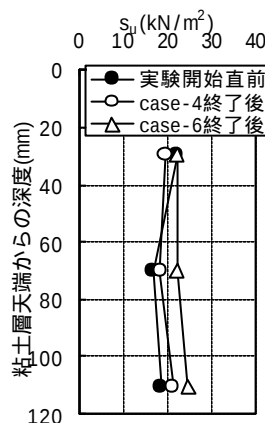
図-1 実験装置

表-1 粘土の物理特性

液性限界 W_L	64%
塑性限界 W_P	29%
塑性指数 I_p	35%
土粒子密度	2.64g/cm ³

表-2 実験ケース

case no.	放置時間 (day)
case-1	0
case-2	1
case-3	7
case-4	15
case-5	45
case-6	70



実験は、初期貫入、持上げ(5mm)、放置、再貫入(10mm)、の順に行った。放置前に試験体を一旦持上げているのは、初期貫入時と再貫入時の比較において貫入深度を同一とするためである。表-2に各実験ケースにおける持上げ後再貫入までの放置時間を示す。case-5およびcase-6は、case-1～4が終了した後に剛板およびエアジャッキの位置を平面的に45°回転して行った。計測項目は、貫入荷重および貫入量および先端地盤反力（case-5,6のみ）である。

図-2にポータブルペーン試験による粘土層の非排水せん断強度分布を示す。実験は、粘土層の圧密が十分終了した後（圧密開始10週間後）に開始したものの、試験開始前からすべての試験終了までの間に、18kN/m²から22kN/m²まで強度増加していた。

キーワード 基礎、スカート、周面摩擦抵抗、模型実験

連絡先 〒204-8558 東京都清瀬市下清戸 4-640 (株)大林組技術研究所土木基礎・耐震研究室 TEL: 0424-95-0936

3. 実験結果と考察

図-3 に case-1 (0day 放置) および case-5 (45day 放置) の貫入抵抗と貫入量の関係を示す。case-1 の持上げ後再貫入時の貫入抵抗 (降伏荷重 = 図中矢印) は、初期貫入時に比べ小さく、持上げ抵抗とほぼ同じ大きさとなっている。一方 case-5 の再貫入時の貫入抵抗は、初期貫入時の貫入抵抗および持上げ抵抗よりも大きな値となっており、放置により貫入抵抗が増加したことがわかる。

図-4 に case-5 の貫入抵抗を先端土圧計の計測値により先端抵抗と周面抵抗に分離した実験値を示す。同図には、(1)および(2)式により求められる粘性土の貫入抵抗の計算値も示してある。

$$Q_{tip} = (N_c \cdot s_u + P_o) \times A_t \quad (1)$$

$$Q_f = \alpha \times s_u \times A_s \quad (2)$$

ここに、 Q_{tip} : 先端抵抗、 Q_f : 周面抵抗、 N_c : 支持力係数、 s_u : 非排水せん断強度、 P_o : 先端における有効応力、 α : 周面摩擦の乱れを表す低減係数、 A_t : 先端断面積、 A_s : 地盤中の周面積、である。

初期貫入時の先端抵抗は、 $s_u=18\text{kN/m}^2$ (図-2 より)、 $N_c=8.28$ (Meyerhof の支持力係数) としたときの計算値にほぼ一致する。また持上げ時の先端抵抗はほぼ0であり、再貫入時の先端抵抗も沈下が生じ始めるまではほぼ0である。周面抵抗は、初期貫入時では周面摩擦の乱れを表す低減係数 α を 0.3 とした計算値 ($s_u=18\text{kN/m}^2$ として計算) に一致し、再貫入時での沈下が生じ始めるピーク抵抗は、 $\alpha=0.7$ とした計算値 ($s_u=22\text{kN/m}^2$ として計算) に一致する。つまり 45day の放置によって周面抵抗は 2.5 倍に増加したこととなり、貫入抵抗の増加はこの周面抵抗の増加によるものであることがわかる。

表-3 には、各ケースの放置後の沈下が生じ始める時点での周面抵抗 (case-1 ~ 4 は先端抵抗を 0 と見なしで算出) とこれにより(2)式から逆算した α の値を示し、求められた α と放置時間の関係を図-5 に示す。なお α の逆算にあたっては、時間経過による粘土自身の強度増加の影響を排除するため、case-1 ~ 4 では $s_u=18\text{kN/m}^2$ 、case-5,6 では $s_u=22\text{kN/m}^2$ とした。貫入時に 0.3 であった α は放置時間とともに増加し、70 日後に 0.77 となった。試験体に用いたアクリル板の表面はなめらかであるため、単位面積あたりの周面摩擦抵抗は粘土のせん断強度よりも小さくなるものと考えられ、さらに時間が経過してもこれ以上の回復はほとんど見込めないものと予想される。

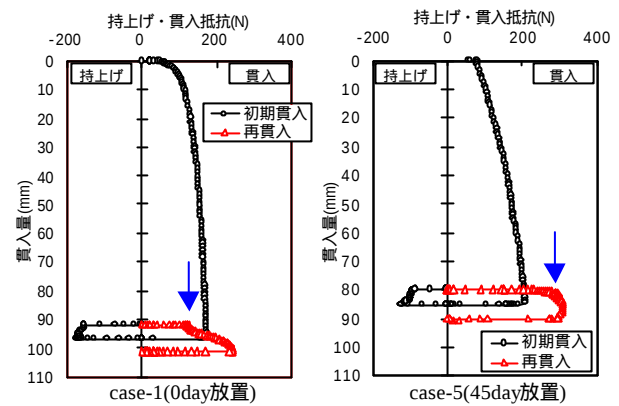


図-3 貫入抵抗 - 貫入量

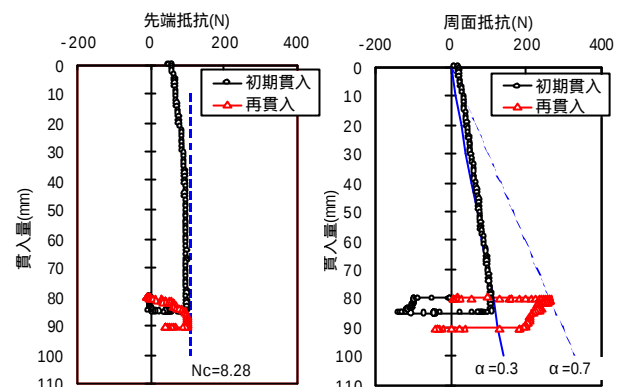


図-4 先端抵抗および周面抵抗 (case-5)

表-3 実験結果一覧

case no.	放置日数 day	再貫入時周面抵抗 N	s_u kN/m^2	α
1	0	109	18	0.31
2	1	121	18	0.35
3	7	134	18	0.39
4	15	151	18	0.44
5	45	265	22	0.72
6	70	324	22	0.77

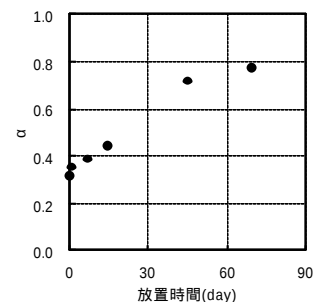


図-5 α の経時変化

シキソトロピーによる強度回復に関する要素実験²⁾では、塑性指数 $I_p=30 \sim 50$ の粘土は、60 ~ 100 日後に 1.5 ~ 2.5 倍の強度増加がみられており、今回の実験結果は既往の要素実験結果ともほぼ符合している。

4. おわりに

貫入後の放置時間をパラメータとした模型実験を行い、貫入後の周面摩擦抵抗の回復程度と経過時間の関係について検証した。今後もスカート貫入後の周面摩擦抵抗の回復実験や要素実験により、データの蓄積を行っていきたいと考えている。

【参考文献】1) Knut H.Andersen, Hans Petter Jostad : Foundation Design of Skirted Foundations and Anchors in Clay, Offshore Technology Conference, OTC 10824, pp383-392,1999. 2)Knut H.Andersen, Hans Petter Jostad : Shear Strength Along Outside Wall of Suction Anchors in Clay after Installation, Proceedings of the 12th International Offshore and Polar Engineer Conference, pp785-794,2002.