

砂杭によって改良された複合地盤の非排水支持力

— 舞鶴港現地破壊実験の解析例 —

○名古屋大学大学院 学生会員 小高 猛司
名古屋大学 正会員 浅岡 顕

1 はじめに

従来、砂杭によって改良された複合地盤の支持力を論じる場合、「砂杭は排水状態」「周囲の粘土は非排水状態」と仮定されることが多い。本論文では、複合地盤中の砂杭は周囲の粘土からはほとんど水が供給されないため、非排(吸)水状態にあると考え、そのために複合地盤の大きな支持力は、密な砂の非排水せん断強度によって発揮されると考えて、どのような結果になるか考察する。そのために、運輸省第3港湾建設局が昭和61年度～昭和63年度の3か年にわたって舞鶴港で行った、低置換SCP工法による改良地盤の現地破壊実験(岡田・柳生・幸田, 1989)を参考にして、砂・粘土ともに非排水および砂のみ排水とする2条件で連成極限つり合い解析を行ない、複合地盤の非排水支持力の妥当性について考察する。

2 舞鶴港における現地破壊実験の解析例

2.1 実験の概要

実験は運輸省第三港湾建設局が、低置換SCP(サンドコンパクションパイル)工法による改良地盤の特徴を解明するために、昭和61年度～昭和63年度の3か年にわたって舞鶴港で行ったものである。図1(a)に実験地盤および荷重体の概要を示す。対象とする現場を $A_s=25\%$ で改良した後、背面すべり防止のために隣接する

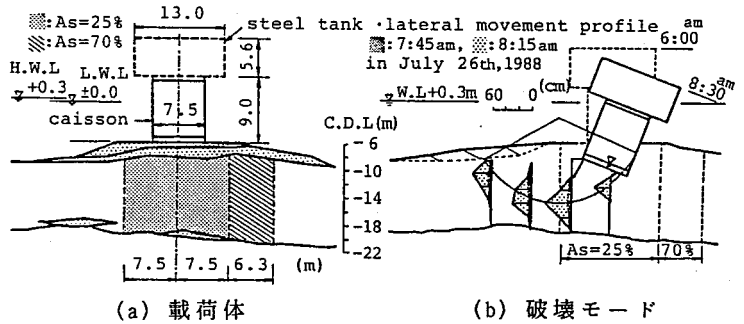


図1 現地破壊実験の概要

範囲を $A_s=70\%$ で改良した。図1(b)は実際に観測された破壊モードである。荷重は次の2段階で行なわれた。(1)地盤改良後、コンクリート製床板、ケーソンを設置し、中詰め注水を行った。この荷重状態(29.4kN/m²)で10カ月間放置し、地盤の圧密強度増加を待った。なお、荷重は降雨によって10カ月間で30.3kN/m²まで増加した。(2)第2段階荷重としてケーソン内に中詰め砂を投入し、ケーソン上に設置した鋼製水槽に注水を行い、改良地盤の破壊実験を行った。なお、現場破壊荷重は図2から70.6kN/m²とした(岡田ら, 1989)。

2.2 解析条件

図3に荷重工程を示す。解析方法としては第1段階荷重段階は弾塑性圧密変形解析の対象としたが、第2段階荷重は9日間で行なわれ、さらに荷重の43%は最後の2時間半で行なわれているために、非排水仮定が十分適用できると考え、連成極限つり合い解析の対象とした。表1は解析に用いた土質パラメータであり、図4に現地盤を2次元

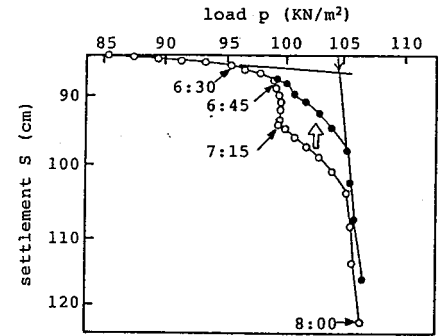


図2 破壊荷重の決定(岡田ら, 1989)

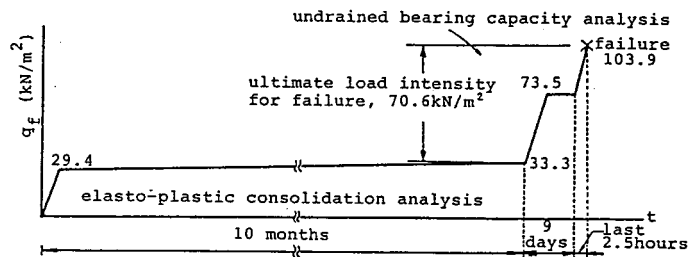


図3 荷重工程

Undrained bearing capacity of composite ground improved by sand piles: Takeshi Kodaka and Akira Asaoka(Nagoya University)

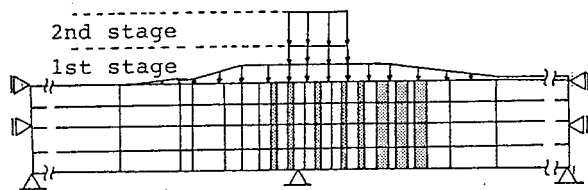


図4 有限要素メッシュ図

平面ひずみ条件でモデル化した有限要素メッシュを示す。

図5(岡田ら, 1989)は第1段载荷による10カ月の圧密前後の改良地盤の土質性状である。連成極限解析には第2段载荷直前の地盤内の有効応力状態が必要であるが、これを決定する方法により2種類の解析を実施した。CASE1は図5の圧密後のデータから直接第2段载荷直前の有効応力状態を決定するものであり、CASE2は圧密前の有効応力状態を用いて、第1段载荷を弾塑性圧密変形解析よりシュミレーションし、第2段载荷直前の有効応力状態を求めるというものである。

2.3 解析結果およびその考察

表2に解析結果を示す。表中に用いられているOCRは、締まった砂を過圧密土と見立てた場合の過圧密比であり、OCRが大きいほどその砂杭はよく締まっていることを表わす。解析結果はいずれのCASEにおいても、OCR=20~30で非排水支持力は約68kN/m²ではぼ解析の上限値を示している。これは砂杭中に発生する負の過剰間隙水圧に、ある下限値(-68.6kN/m²)を設定して、解析条件に加えたためである。一方、砂杭を排水条件として得られる支持力は非排水支持力よりもかなり小さい値となっている。図2を見る限り、実際の支持力は70.6kN/m²よりもう少し小さいものであると考えられるが、従来の常識で砂杭を排水条件と仮定しては、この支持力は説明できない。しかし、砂杭中は非排水であったと仮定する非排水支持力で考えれば、地盤がOCR20以上の締まった地盤であったとすれば、非常によく現地破壊荷重を説明できる。図6は破壊時塑性流れ図(CASE1, OCR=30)である。図1(b)の破壊モードとかなり近い破壊形態を示す。

3 おわりに

砂杭は非排水状態であると仮定する方が、砂杭は排水状態であるとするよりも、複合地盤で発揮される大きな支持力をよく説明できる。実際に舞鶴港で行なわれた低置換改良地盤の急速载荷による現場破壊実験に適用すると、解析値は現場破壊荷重をよく説明し、複合地盤の非排水仮定の妥当性が証明できる。

参考文献

- 1) Asaoka, A., Matuo, M. and Kodaka, T.: Undrained bearing capacity of clay with sand piles, Proc. 9th ARCSMFE, Bangkok, 1991.
- 2) 岡田靖夫・柳生忠彦・幸田勇二:低置換サンドコンパクションパイル工法による改良地盤の現地破壊実験, 土と基礎, Vol.37, No8, pp57-62, 1989.

表1 土質パラメータ

	λ	κ	M	K_0
clay(top)	0.362	0.048	1.20	0.5
clay(middle)	0.359	0.039	1.27	0.5
clay(bottom)	0.195	0.025	1.33	0.5
sand	0.030	0.003	1.20	1.0

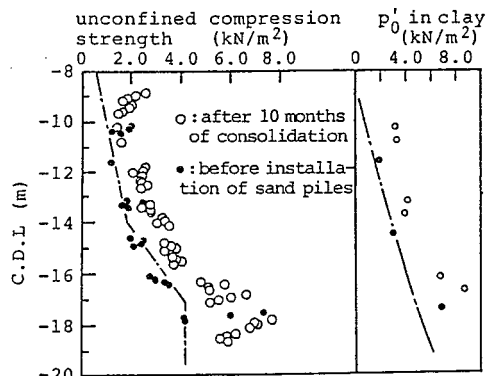


図5 第1段载荷による土質性状の変化

(岡田ら, 1989)

表2 解析結果

	OCR	CASE1	CASE2
undrained analysis for sand	30	67.6	68.0
drained analysis for sand	20	64.2	68.0
	10	56.5	63.8
		45.9	42.5 (kN/m ²)

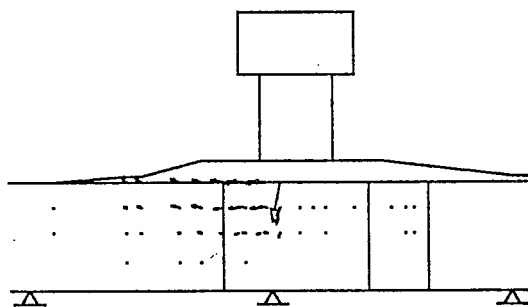


図6 破壊時塑性流れ図