

複合地盤の変形解析 — 強制置換効果の評価 —

京都大学防災研究所 正会員 関口秀雄
同 正会員 八嶋 厚
京都大学大学院 学生会員 ○ 松岡孝哉

1. はじめに 締固め砂杭工法 (SCP工法) は軟弱地盤の代表的な改良工法の一つであるが、近年では防波堤や岸壁などの沿岸構造物の建設に際し、高置換率 ($\alpha_s = 50\% \sim 70\%$) の複合地盤を造成するために用いられることが多い。その際、特に留意する必要があると考えられることは、上述のような高置換率の複合地盤においては、締固め砂杭工法の元々の特徴である強制置換効果 (たとえば、図-1に示すような在来地盤の盛り¹⁾) が、より一層如実に表われることである。しかしながら現在のところ、強制置換効果の全貌を統一的かつ定量的に評価しうる手法は、未だ確立されていないようにみうけられる。

そこで本研究では、砂杭の強制圧入時とその後の放置期間中に生じる地盤内の初期応力変化に着目し、複合地盤の支持力・変形挙動に及ぼす土圧係数 $K (= \sigma_h' / \sigma_v')$ の影響の解明をまず試みてみたい。

2. 砂杭の打設にともなう初期応力変化

砂杭の打設とその後の放置期間中に、砂杭周辺の粘土要素中に生じるであろう有効応力変化を模式的に示すと、図-2の応力経路 $\overline{A} \rightarrow \overline{B} \rightarrow \overline{C}$ のようになる。ここに点Aは静止状態を表わしているが、この例では鉛直有効応力 $\sigma_v' = 4 \text{ tf/m}^2$ 及び静止土圧係数 $K_0^{(nc)} = 0.5$ になっている。応力経路 $\overline{A} \rightarrow \overline{B}$ は、粘土要素が砂杭の急速打設にともなって非排水伸張条件のもとで破壊状態にまで至ることを示している。

その後の放置期間中には、鉛直全応力 $\sigma_v =$ 一定などの単純化された条件のもとで圧密が進行するものとする。粘土要素の有効応力状態は最終的には点Cの平衡状態 (この例では、 $\sigma_v' = 4.0 \text{ tf/m}^2$, $\sigma_h' = 5.2 \text{ tf/m}^2$; $K = \frac{\sigma_h'}{\sigma_v'} = 1.3$) に至る。したがって、上部構造物の構築過程に着目すると、図-2中の点Cの状態が改めて初期応力状態として働いてくることになる。

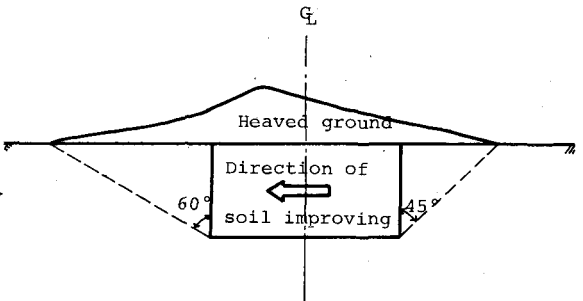


図-1 砂杭打設による影響範囲¹⁾

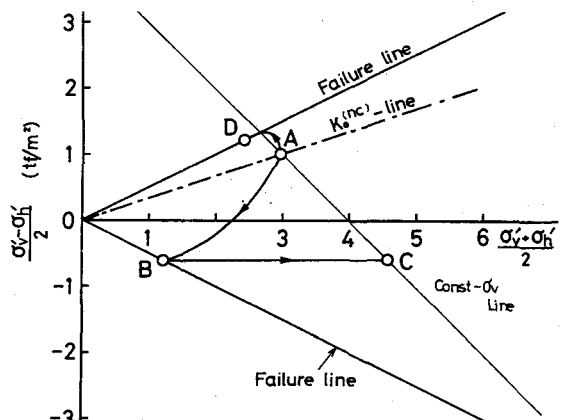


図-2 砂杭打設にともなう有効応力変化

以下、土圧係数 K の値の違いによって、後続の載荷過程における複合地盤の応答がどのように変化するかを、弾・粘塑性有限要素解析手法によって調べてみよう。なお、古典的な安定解析手法では初期応力を考慮する必要がないため、初期土圧係数の影響を陽な形で取り込めないことに留意しておこう。

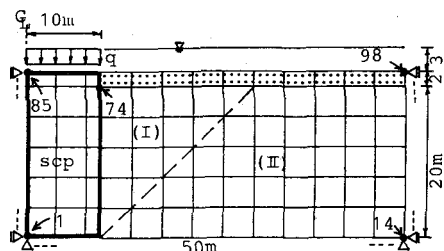


図-3 複合地盤の有限要素モデル

3. 複合地盤の変形解析

3.1 解析法の概要 本解析の対象とした、急速帯状荷重の載荷を受ける(仮想)複合地盤の諸元と、それに対する有限要素メッシュを図-3に示す。

解析にあたって採用した土圧係数 K の水平方向の分布を模式的に図-4に示す。同図中の記号 $(K)_{scp}$ は改良区間における土圧係数を示すもので、ケース(A), (B), (C)の三ケースにおいて、それぞれ図中に示すような値を用いている。

なお、帯荷重の載荷に先立つ地盤内の鉛直有効応力 σ_v' の値は、次式： $\sigma_v' = \gamma' \cdot z$ ($\gamma' = 0.5 \text{ tf/m}^3$)によって定めている。

構成モデルとしては簡単化のため、全域にわたって弾・粘塑性モデル²⁾を用いた。ただし、改良区間では、沈下低減係数 μ を用いて、圧縮性を規定する土質定数 λ , K , α の値をつぎのように低減した。

$$\lambda \rightarrow \mu \cdot \lambda, \quad K \rightarrow \mu \cdot K, \quad \alpha \rightarrow \mu \cdot \alpha$$

ここに、採用した μ の値は0.4である。

3.2 解析結果と考察 載荷圧 q と地表面沈下量 ρ (節点85)の関係をまとめて図-5に示す。同図より、土圧係数 K の値が大きくなるほど沈下の度合が抑えられる傾向がよくわかる。

図-6は、載荷端下部の側方変位 δ (節点74)を地表面沈下量 ρ (節点85)に対してプロットしたものである。同図より、土圧係数 K の値の増加とともに、側方変位 δ の発達の抑えられる様子が明らかに認められる。

参考文献

- 1) 平尾(1985), 昭和59年度施工技術報告会。
- 2) Sekiguchi and Ohta (1977), Proc. 9th ICSMFE, 分科会9。

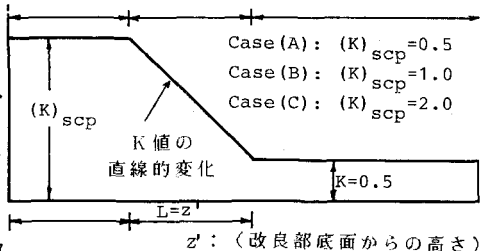


図-4 解析に用いた土圧係数 K 値の空間的分布(水平方向の分布)

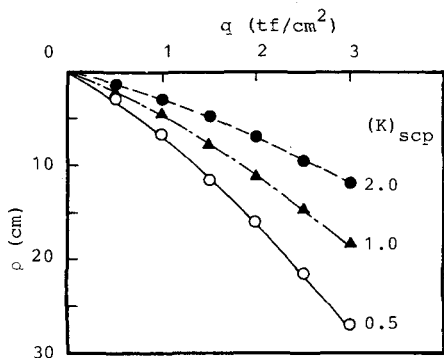


図-5 載荷圧～沈下関係に及ぼす K 値の影響

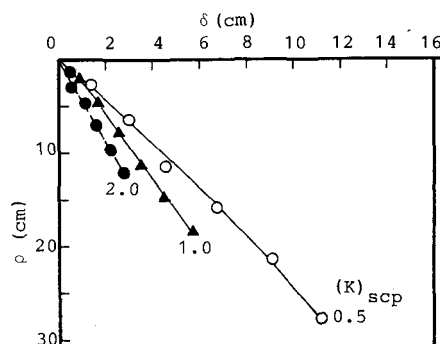


図-6 側方変位～沈下関係に及ぼす K 値の影響