

軟弱地盤のプレローディング工法における土の繰返し負荷の影響

不動建設（株） 正会員 ○竹内秀克 森本 明
名古屋大学 正会員 浅岡 顕 野田利弘
東邦ガス（株） 正会員 高木健次

1．はじめに

浚渫土で埋立られた粘土地盤などの軟弱地盤の改良には、プレローディング工法がよく用いられる．この工法では、地盤にプレロード盛土載荷後、いつどれだけの荷重をどのように除去すれば、残留沈下の発生を小さく抑えられるかが最も重要な検討項目の一つ¹⁾である．また、プレロード盛土の撤去地盤に構造物を建造し、さらに地盤に再度載荷を行うような場合には、この荷重によって構造物の引込み沈下や基礎杭のネガティブフリクション等を生じさせうる地盤変形が発生すると考えられる．このため再載荷による繰返し負荷時の地盤変形に対する適切な事前予測も一層重要な検討項目となる．そこで本報告では、土の繰返し負荷（塑性）を表現する下負荷面²⁾カムクレイモデル³⁾を構成式に用いて、有限要素法による水～土連成有限変形計算³⁾を実施し、軟弱地盤のプレローディング工法における土の繰返し負荷の影響を調べた．

2．プレロード荷重撤去時の繰返し塑性の影響（意義）

はじめに、盛土の載荷・撤去を行うプレローディング工法では、地盤上に再載荷がされずとも、単に荷重の撤去を行うだけで、地盤の土要素の一部が繰返し負荷を受けることを、最も簡単な解析例で示す．

解析条件は一次元載荷条件とし、図-1 に示す有限要素メッシュと境界条件を与え、地表面で水圧をゼロとした．初期過圧密比を1とし（正規圧密地盤）、比体積は自重を考慮して分布させている．盛土荷重は、 237kN/m^2 まで瞬間（1日）載荷するものとする．盛土の撤去としては、この荷重の $1/3$, $2/3$, $3/3$ を、プレロードをしない場合の最終沈下量 p_f から決まる圧密度 $U=50\%$ 時点から瞬間（1日）除荷を行った．粘土の各材料定数（下負荷面カムクレイモデル）は表-1 に示す．

解析結果を図-2 と図-3 に示す．図-2 は圧密度 $U=50\%$ 時に荷重の $1/3$ を瞬間撤去した場合の過剰間隙水圧の等時曲線である．この地盤は、上載荷重の撤去前に通常の圧密の進捗を示すが、撤去を受けて排水端（上端）付近で負の過剰

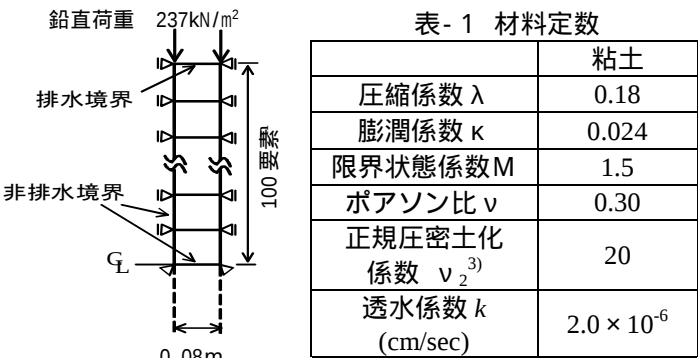


図-1 有限要素メッシュと境界条件

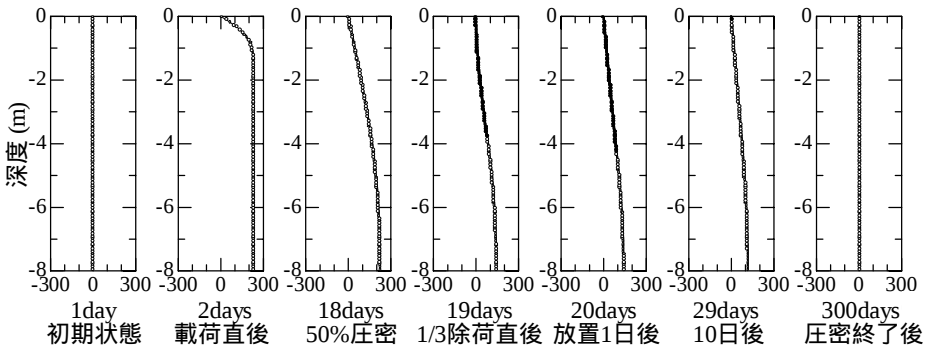


図-2 過剰間隙水圧の等時曲線(単位： kN/m^2 ，黒丸：除荷域)

水圧が発生する．このため、この領域は負荷から除荷に転じ過圧密状態になる．しかし撤去後、この領域の一部で吸水を伴いつつもいずれは正の過剰水圧に転じ、排水を伴う硬化（負荷）を生じる．すなわち、地表水～土連成解析、有限変形理論、下負荷面カムクレイモデル、プレローディング工法、繰返し負荷

面からは載荷・除荷（撤去）を受けるだけであるが、地盤内の水の移動に時間が必要なため、すぐに地盤が変形できず、負の過剰水圧の発生によって、負荷・除荷さらには負荷が伴う。図-3は、沈下 p ～時間 t 関係で、降伏曲面内では弾性変形しか生じないオリジナルカムクレイモデルによる計算結果と対比している。下負荷面カムクレイモデルを計算に用いた場合、繰り返し負荷の影響（正規降伏面に至るまでにも塑性変形を生じる）によって、少し大きめの沈下量が発生する。

3. 撤去量・撤去時期と繰り返し負荷の影響の関係と再載荷時における繰り返し負荷の影響

平面ひずみ条件で図-4に示す有限要素メッシュと境界条件を与え、プレローディング工法の撤去時期および再載荷時の挙動を調べる。材料定数は前述のものと同様である。撤去荷重は全荷重に対して1/3, 2/3, 3/3の3通りの場合を行う。

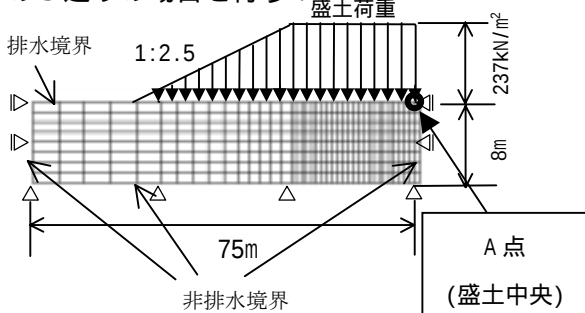


図-4 有限要素メッシュと境界条件

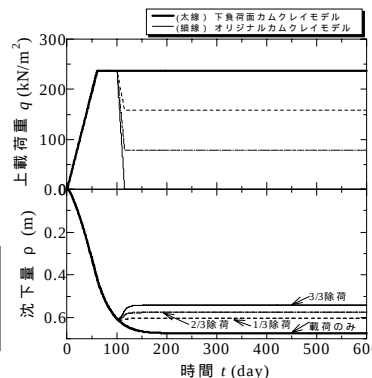


図-5 沈下 p ～時間 t 関係 (U=90%撤去時)

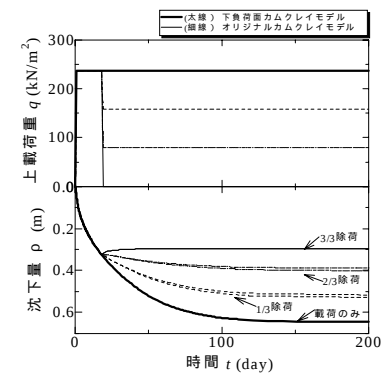


図-3 沈下 p ～時間 t 関係

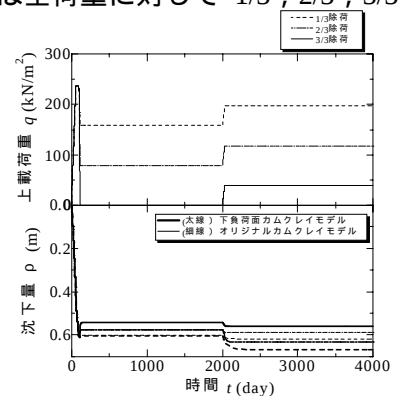


図-6 沈下 p ～時間 t 関係 (再載荷時)

図-5は、圧密度 $U=90\%$ で撤去した場合の各撤去荷重に対する、図-4中A点での沈下 p ～時間 t 関係である。U=90%時点であれば、残留沈下が生じず、また、繰り返し負荷の影響がなくなることが分かる。（なお図は省略するが、U=70%時点での撤去では、2.と同様、繰り返し負荷の影響が現れる。）このことから、U=90%時点以降の、十分圧密をさせた後のプレロード荷重撤去時には、繰り返し負荷を考慮しない構成式を用いても検討できるようにも考えられる。そこでつぎに、圧密度 $U=90\%$ 時点から荷重を撤去し、圧密を十分させた後に全荷重の1/6を再載荷する場合の地盤の変形挙動を調べる。図-6は沈下 p ～時間 t 関係である。この結果から、再載荷が行われる場合には、繰り返し負荷の影響が現れ、この影響を考慮しない場合よりも変形が大きく出ることが分かる。このことは、先述のように、プレローディング工の後に隣接あるいは近接施工を伴う場合に、重要な事前検討項目となることを示唆している。

4. おわりに

土の繰り返し負荷（塑性）を表現する下負荷面カムクレイモデルを用いて、プレローディング工法における、圧密度に基づく撤去時期・荷重に着目しながら、繰り返し負荷（下負荷面）の影響を調べた。これにより、全荷重撤去でも繰り返し負荷の影響がない撤去時期があること、また、プレロード荷重を撤去した過圧密地盤に荷重が再載荷されるときには、繰り返し負荷の影響が現れることを示した。微小な地中変形が危惧されるような施工を行う場合には、このような土の繰り返し負荷による影響をも考慮して設計を行うことが必要であると考えられる。

5. 参考文献

- 1)浅岡ら(1993): 観測的方法による透水係数の推定を組み込んだ..., 土木学会論文集 No.469, -23, pp.45-54
- 2)Hashiguchi(1989): Subloading surface model in..., Int. J. Solids Structures, Vol.25, No.8, pp.917-945.
- 3)Asaoka et al. (1997): Soil-water coupled behavior of heavily over consolidated clay ..., S & F, Vol.37, No.1, pp.13-28.