

III-231

プレローディング工法における撤去量の算定

近畿日本鉄道(株)

北室 充生

名古屋大学大学院 学生会員 中野 正樹

名古屋大学 正会員 浅岡 顕

1. はじめに

軟弱地盤の地盤改良工法として、サンドドレーン併用のプレローディング工法がある。この工法の主な目的は、供用開始後地盤の残留沈下を抑制することにある。そこでプレローディング工法の設計において重要となるのは、「残留沈下の生じない」地盤を造るためには、撤去量をどのくらいにすればよいかということである。ところが、サーチャージ荷重、撤去時期、さらには地盤の透水係数などの違いにより、撤去量はいろいろと変化する。本研究は、有限要素法を用いた弾塑性圧密変形解析を行って、残留沈下の生じないように制約をつけて決めた撤去量がサーチャージ荷重、撤去時期、地盤の透水係数等どのような関係にあるか調べることにある。そして撤去直前の地盤の過剰間隙水圧と撤去量との関係について論じる。

2. 残留沈下の生じないための撤去量に及ぼす影響

(1) 解析条件

解析は、有限要素法による弾塑性圧密変形解析で、その構成モデルは関口・太田モデルである。図2.1には、地盤を示す有限要素メッシュと解析に必要な境界条件が示されている。地盤層厚は25mで、地盤の上下端は両面排水条件としている。盛土形状は標準的な道路用盛土の形状で、平面ひずみ条件としている。図2.2には地盤の初期応力状態、表2.1には地盤の弾塑性パラメータが示されている。以上の条件より解析が行われるが、地盤全体を一つの透水係数で代表させている¹⁾。

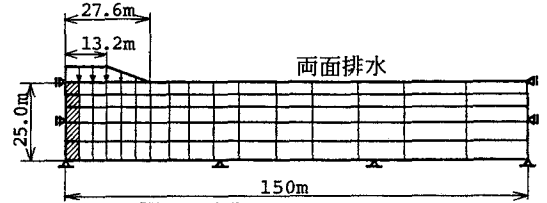


図2.1 有限要素メッシュ図

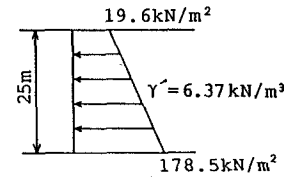


図2.2 地盤の初期応力状態

表2.1 弾塑性パラメータ

λ	0.25
κ	0.1304
M	1.2
D	0.03776
K_0	0.7
ν'	0.2
γ_t	16.2 (kN/m³)

(2) 解析方法

プレローディング工法の载荷履歴を図2.3に示す。载荷速度 $q=1.2$ (kN/m²/day)で一定とし、サーチャージ荷重を q_s 、撤去時期を T 、撤去量を Δq とする。またサーチャージ荷重盛立て終了時の沈下量を ρ_0 、撤去直前の沈下量を $\rho(T)$ 、最終沈下量を ρ_f とする。撤去後、地盤はリバウンドし、ピークを示すが、「残留沈下の生じない」ことを「ピーク後沈下が生じない」こととしている。サーチャージ荷重の大きさは地盤の非排水支持力 q_{ru} で正規化することにより、荷重安全率 $F_s(F_s=q_{ru}/q_s)$ で表わす。そしてサーチャージ荷重、撤去時期、地盤の透水係数、载荷速度および盛土形状を変えて、「残留沈下の生じない」撤去量を調べた。なお盛土形状は天端、敷幅をそれぞれ2倍にしてその影響を調べた。

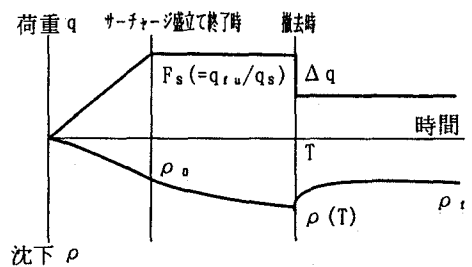


図2.3 プレローディング工法の载荷履歴

(3) 解析結果

解析した結果を表2.2に示す。サーチャージ荷重、撤去時期、地盤の透水係数そして撤去量は、それぞれ関連し合っている。つまりサーチャージ荷重のみを変化させると、荷重が大きいほど撤去量は多くなり、撤去時期だけを変化させると、撤去時期が遅いほど撤去量は少なくなる。また地盤の透水係数が大きいほど撤

去量は少なくなる。このように撤去量は地盤の圧密の進行程度によって変化すると考えられる。そこで盛土中央下の地盤の層ごとの過剰間隙水圧（図2.1の色をつけた部分）に注目する。すなわち撤去直前の盛土中央直下で地層中央の過剰間隙水圧を $u(T)$ (kN/m²)として、各条件下での撤去量との関係を示したものが図2.4である。サーチャージ荷重、撤去時期、地盤の透水係数などの変化によらず、撤去直前の地層中央の過剰間隙水圧 $u(T)$ と撤去量 Δq (kN/m²)とは、ほぼ線形関係になっていて、 $\Delta q = 0.9 \times u(T)$ で表わされる。これは地盤の過剰間隙水圧を測定すれば、「残留沈下の生じない」ための撤去量を求めることができることを示している。

表2.2 各種条件での最適撤去量と間隙水圧の関係

変更条件	k	F_s	$T(\text{day})$	$\dot{q}$	Δq	$u(T)$
T	1.0×10^{-6} (cm/sec)	1.0	200	1.2 (kN/m ² /day)	77.14	87.65
			300		66.67	75.76
$q_s(F_s)$ T	1.0×10^{-6}	1.0	191	1.2	79.72	88.58
		2.0	146		54.63	59.38
		3.0	161		40.94	44.50
k	1.0×10^{-5}	1.0	191	1.2	4.65	5.47
	3.16×10^{-6}				44.73	50.38
	1.0×10^{-6}				79.72	88.58
	3.16×10^{-5}				22.11	24.57
$\dot{q}$	1.0×10^{-6}	1.0	202	2.4	60.62	71.32
盛土形状	1.0×10^{-6}	1.0	300	1.2	105.6	124.2

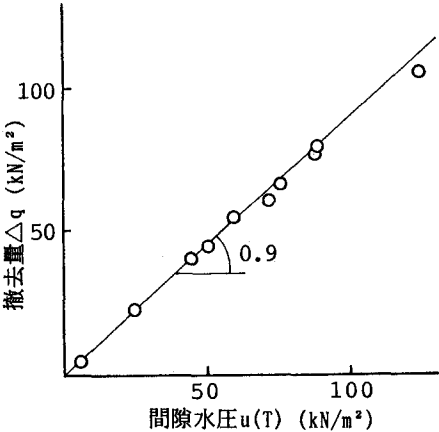


図2.4 $\Delta q \sim u(T)$ 関係

3. おわりに

図3.1に示すように、荷重の撤去によって地盤中央の過剰間隙水圧は正に、両端は負になる。そのため撤去後は地盤中央は排水し両端は吸水する。これらがうまく調和して「残留沈下の生じない」条件を満たすと思われる。しかし「残留沈下の生じない」地盤でも、長期にわたれば二次圧縮(delayed compression)が生じる。図3.2はBjerrum²⁾により示された周知のものが、3, 30, 300, 3000年の等時間線(constant-time line)がほぼ等間隔で平行になっている。つまり同じ荷重に対して、正規状態よりも過圧密状態のほうが、同じ二次圧縮量になるまで指数的に多大な時間を要することを示している。したがって本研究で得られた $\Delta q = 0.9 \times u(T)$ なる関係においても、長期的な沈下を考慮するなら、撤去量をこの関係式よりも多くしてもっと過圧密領域を増やすべきであると考えている。

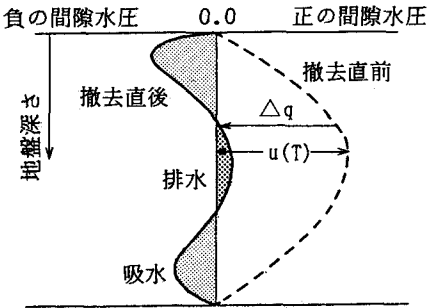


図3.1 地盤内の過剰間隙水圧分布

4. 参考文献 1)Asaoka, A., Nakano, M. & Matsuo, M.

(1992): Prediction of the partially drained behavior of soft clays under embankment

loading. S&F, Vol. 32, No. 1 2) Bjerrum, L. (1967): Engineering geology of Norwegian normally-consolidated marine clays as related to settlements of buildings. Geotechnique, 17, pp. 81-118

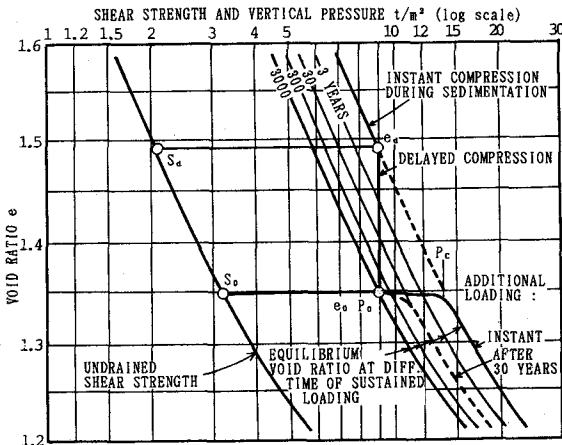


図3.2 等時間線と二次圧縮 (Bjerrum, 1967)