

Ⅲ-131

軟弱粘土の圧密曲線と圧縮曲線に対する一つの解釈(XⅡ)

広島工業大学 正会員 吉國 洋

1. まえがき

バーチカルドレーンによる粘土地盤の改良に関連して、つぎのような報告をしばしば耳にする。すなわち、地盤の強度は一次圧密過程の終期に増加する。またこの時期に粘土層の表面近くの粘土の強度増加は下部のそれに比べ異常に大きい。図-1および図-2はその一例である。両図はそれぞれ福山市入江大橋の取り付け盛り土部分をカードボードドレーン工法で地盤改良をしたときの圧密沈下曲線と強度増加状況である。第5次ボーリングが行われた1971年4月はほぼ一次圧密が完了した時点であり、その後の沈下は小さい。この時点で表面近くの強度は予定を大幅にこえて増加しているのに対し、下部層の強度増分は予定の70%程度に止まっている。しかし、13ヵ月後の1972年5月に行われた第6次ボーリングでは予定増分の180%にも達し、粘土層上部と下部の強度増加率の不均一性も解消されている。こうした現象を弾粘性圧密理論の立場で解釈を行った。

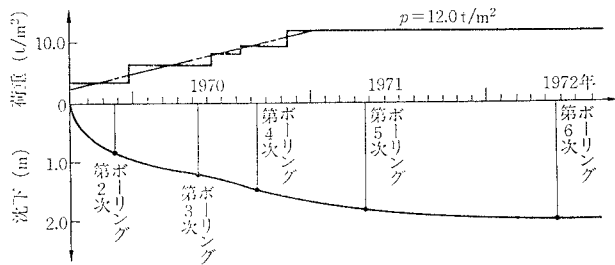


図-1 圧密沈下曲線

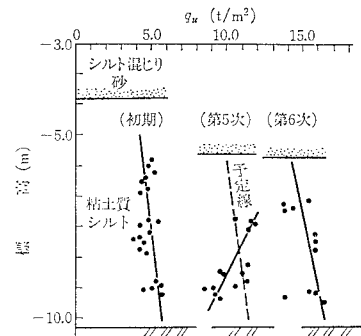


図-2 強度の増加状況

2. 弾粘性圧密理論による解析と考察

解析の条件と解析に用いた圧密定数をそれぞれ表-1に示した。解析理論は参考文献(1)に示した。図-3は圧密曲線である。図中の数値は要素番号で排水面側からつけられ、要素番号40が非排水面端要素である。また図中の点線は平均圧密曲線である。図-4は圧密過程における各要素の粘性係数 η の時間的変化である。図中の数値はやはり要素番号であり、点線は平均粘性係数である。図-5は圧密過程における各要素の応力経路である。同図中の細い実線は等クリープ速度線で、その傾き $C\beta$ はCRS試験の圧縮曲線の傾き Cc と同じ値である。また細い点線は等緩和時間($mv \cdot \eta$)線である。なお、等粘性係数線の傾き $C\eta$ は $C\eta = C\beta - C\alpha$ の関係にあり(2)、標準的沖積粘土では、 $C\beta \gg C\alpha$ なので、 $C\eta = C\beta = Cc$ とみなせる。

弾粘性圧密理論における粘土の固さ(consistency)の度合いは、主として粘性係数で計られ、塑性的考え方の破壊強さに相当する。この観点から図-4を見ると、粘土は圧密過程のある時期、一旦軟化した後硬化に転じる。軟化(η の減少)過程では応力経路の接線勾配が $C\beta$ より小さく、逆に硬化(η の増加)過程では接線勾配は $C\beta$ より大きい。そしてある初期等クリープ速度線の一点を出発した応力点は間隙比を減少させながら右下方に移動し粘性係数を減少させた後、反転して粘性係数を増加させながら、初期等クリープ速度線の方に回帰し、続

表-1 解析条件と圧密関連定数

粘土層の厚さ	2 cm
排水条件	片面排水
自重	無視
初期有効応力 σ_0	160 KPa
載荷重 Δp	160 KPa
初期歪み速度 e_0	0.001/min
初期間隙比 e_0	1.776
分割数	N=40
$C\alpha$	0.02
$C\beta$	1.0
$C\gamma$	0.1
$C\eta$	0.98
$\eta_1(\sigma_1, e_1)$	98,000 KPa·min
(σ_1, e_1)	(980 KPa, 1.0)
Ck	1.5
$k_1(e_1)$	6.7×10^{-8} cm/sec
e_1	1.5

いて同線を通過する。通過時点の粘性係数は、初期値に等しい。

そこで、図-3の平均圧密曲線から一次圧密の完了時間は70分前後と読み、図-4よりこの時期の平均粘性係数は初期値よりやや大きい程度と読める。また排水面に近い接点番号02の要素は圧密過程の極初期に激しく粘性係数を減少させ、一次圧密の完了時点には、初期値を大きく上回るほどに粘性係数を増加させている。一方、接点番号40番の非排水面要素は粘性係数の減少も小さいけれど、その回復も遅く、一次圧密終了時点では、未だ初期値にまで回復していない。しかし二次圧密過程に入った後は、出遅れた非排水面側要素の粘性係数の増加速度がより大きいので、徐々に一様化している。これらの議論の中の粘性係数を破壊強度に置き換えるならば、本節の議論は、第1節のまえがきで紹介した事柄と同一になる。

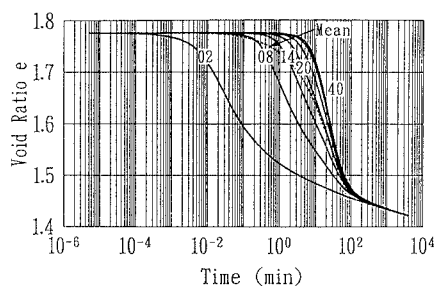


図-3 圧密曲線(H=2cm, 片面排水)

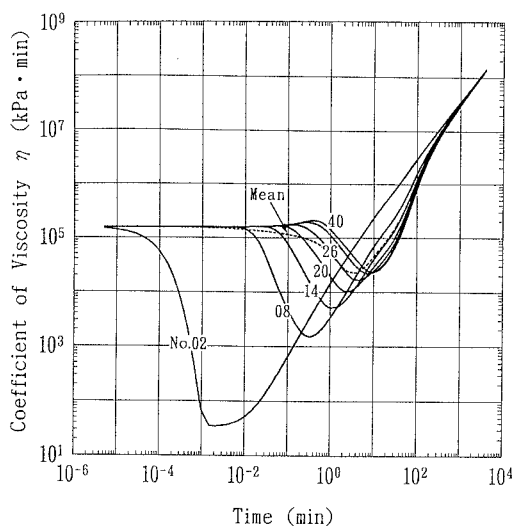


図-4 圧密過程における粘性係数

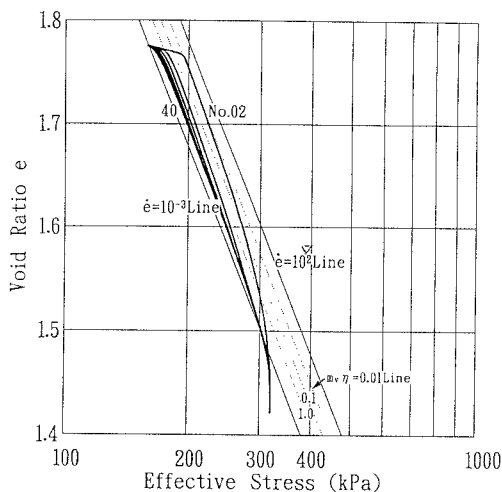


図-5 圧密過程における応力経路

3. あとがき

実際問題として、層厚が大きい、また荷重増加率が小さい場合、歪み速度が小さいので、粘性係数の減少（軟化）は小さく、その増加（硬化）の遅れも少ない。しかし、圧密試験や圧密模型実験、そして、現場では、バーチカドレーンによる圧密などでは、歪み速度が大きいので、強度に対する影響は小さい。

【参考文献】

- 1) 吉國洋, 平尾隆行(1993):弾粘性圧密方程式の数値解析, 土木学会第48回年次学術講演会概要, pp. 986-987
- 2) 吉國洋(1993):軟弱粘土の圧密曲線と圧縮曲線に対する一つの解釈(V), 第27回土質工学研究発表会, p335