

大阪市立大学工学部 正員 高田直俊
同 大学院 学生員 大島昭彦

1. まえがき 軟弱な粘土地盤上に盛土を施工する際には、地盤が破壊しないように圧密による粘土の強度増加を待つて段階的になされる。この場合の粘土の強度増加は、圧密による有効応力の増分と圧密非排水(CU)試験による q/p とから推定される。しかし、この場合の q/p 値は室内試験によって十分圧密した供試体のせん断試験から求められるものであるから、これを圧密途中の粘土にそのまま適用していいかどうかは十分には確かめられていない。高山¹⁾は圧密中の粘土の非排水強度が有効応力の増加よりも遅れることをすでに報告している。また一次圧密終了後の圧密時間を長くすると非排水強度が大きくなることから考えても圧密中の非排水強度が通常のCU試験によるものと同じかどうかには疑問がある。

今回の発表は、平均圧密度の異なる数個の粘土ブロックを用いて、一面せん断で圧密圧力方向の非排水せん断強度の分布(等時線)を求め、これを理論的に求めた有効応力の等時線と対比して圧密途中の q/p 値を調べた。

2. 実験方法 試料粘土は大阪南港の埋立粘土(0.3 mm以下の通過分、 $w_L = 95.0\%$ 、 $w_P = 32.0\%$)で、供試体の大きさを3通りに変えた圧密試験から図-1の $f - \log p$ 、 $f - \log C_u$ 関係を得た。図中の○印は次に述べる本実験の一次圧密終了供試体によるものである。供試体の作成方法は、粘土に海水を加え $w_o = 130\%$ のスラリーにして、内径15 cmのステンレス円筒容器に厚さ23 cmに入れ、 $P_o = 7.6 \text{ tf/m}^2$ で予圧密した。予圧密の時間は、時間-圧下曲線の最急こう配部を直線延長した線を3倍時間だけ時間軸方向にずらした直線と圧下曲線が交わる時間、すなわち3倍法²⁾によった。

圧密終了後、供試体の上下面を切り取って供試体の層厚を10 cmに整形し、排水条件を片面排水に変えて、再び $P_o = 7.6 \text{ tf/m}^2$ の荷重を24時間載荷して着着させたのち、 $P_f = 35 \text{ tf/m}^2$ の荷重で圧密に入った。供試体は6個作り、それぞれ平均圧密度 $U = 0$ ($P_o = 7.6 \text{ tf/m}^2$ 圧密終了)、20, 40, 60, 80, 100% (一次圧密終了) に達したときに除荷し、深さ方向に含水比分布を測定するとともに、厚さ1 cmの一面せん断供試体を深さ方向に切り出して、非圧密非排水(UU)試験³⁾によってせん断強度を測定した。

一面UUせん断試験は、せん断試験中に排水しないように上下加圧板のポーラスストーンに加熱パラフィンで浸み込ませて不透水にし、変位速度 7 mm/min の急速せん断方式によった。試験の手順は供試体をせん断箱にセットしたのち、せん断試験供試体の中央部の推定有効応力 p の $1/4$ の垂直荷重を5分かけて着着させたのち、垂直荷重を $1.5 p$ に上げると同時にせん断した。

3. 圧密理論計算 圧密過程の理論計算には、圧密中の層厚の減少と C_v の増加を考慮した次の三つの圧密方程式によった。

$$\frac{\partial \delta}{\partial t} = \psi^2 \left\{ C_v \frac{\partial^2 \delta}{\partial z^2} + \frac{dC_v}{d\delta} \left(\frac{\partial \delta}{\partial z} \right)^2 \right\} \quad (1)$$

ここに、 ψ は圧密比、 z_o は原始座標である。

圧密特性は図-1に見られるように、 $f - \log p$ 関係については試験条件によらずほぼ一定であるが、 C_u はかなり異なる。したがって、圧密理論計算には $f - \log p$ 、 $f - \log C_u$ 関係とともに、本実験で得られた図-1の○印による値を直接を用いた。なお C_u の変化は○印を通り $15 \times 20 \text{ cm}$ 供試体の変化に平行させた。

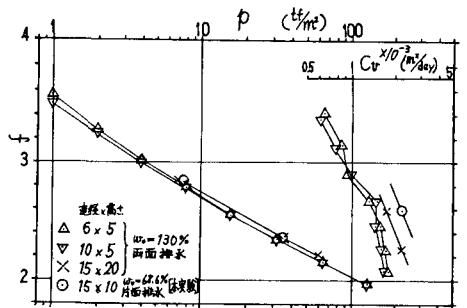


図-1 $f - \log p$, $f - \log C_v$

4. 結果と考察

図-2は時間-沈下曲線である。100%圧密の試料以外は圧密中止した時点の時間と沈下量の σ を示したが、いずれの時間-沈下曲線も理論曲線とほとんど重なった。図-3の上半分には、6個の供試体の各圧密段階における含水比分布から計算した U_p の圧密度 U_e の深さ方向の分布を理論等時線と共に示し、下半分には非排水強度と計算で求めた有効応力の分布をそれぞれ圧密度 U_e , U_p で示した。図の縦軸の深さは圧密前の座標、すなわち原始座標で表わしている。 U_e の分布は理論値とよく一致しているの、計算に用いた σ - $\log p$ 関係は、圧密過程を通じて変化しなかったものと考えられる。

この事から有効応力の理論等時線は、実際に近いものであることが推察される。次に圧密中の σ/p が一定なら、 $U_e = U_p$ となるが、 U_e の分布形は非排水面付近で U_p に近いが、排水面付近では U_p よりも遅れた形をとっている。すなわち圧密中の σ/p は一定ではなく、排水面に近くなると小さい値となっている。なお非排水面にごく近い部分で U_e の進み方が少し遅いのが認められる。この現象は以前の同様な実験⁴⁾でも認められたが、この原因は不明である。

図-4は一連の実験で得られた σ/p の範囲を示した σ - U 関係図である。圧密過程におけるものは $p (=U)$ を理論計算値にとっている。圧密前と圧密後($U = 0, 100\%$)の強度はそれぞれ全供試体強度の平均値で示したが、同時に行なった通常のCU試験による $\sigma/p = 0.331$ に一致している。この図から σ/p 値が小さいのは排水面に近いこと、他に圧密度が低い段階にあることも要因であることが読みとれる。非排水面に近い場合や圧密度が高い場合には σ/p 値は、CU試験で得た値に近い。調べた範囲での σ/p の最小値は0.24で、これはCU試験によるものの73%に当る。

5. まとめ

圧密中の粘土の非排水せん断強度が排水面に近い所で、また圧密度が低いときに通常のCU試験による強度よりも低い事が見出された。しかしこの結果が現場の実物粘土層にそのまま当てはまるかどうかは不明である。すなわち実物の粘土層の圧密に比較して大きな圧密ひずみ速度と短時間に終る圧密という、むしろ特殊な条件下に現われる現象なのかも知れない。この点は室内実験結果を現場に外挿する場合の一般的な重要問題であり、この結果はこの問題に対する問題提起と考えている。従って今後層厚の異なる粘土層を用いた同様の実験を行なって、スケール効果を調べていきたい。

この稿をまとめるに当って助言いただいた大阪市立大学三笠教授に謝意を表します。

<文献>

- 1) 高山他(1975) 圧密途中における粘土の強度増加について 水田土質学会
- 2) 土質試験法(改訂版) PP446
- 3) 三笠他(1978) 一面せん断 U 試験による圧密粘土の強度変化 水田土質学会
- 4) 高田他(1977) 層状粘土地盤の圧密過程について 水田土質学会

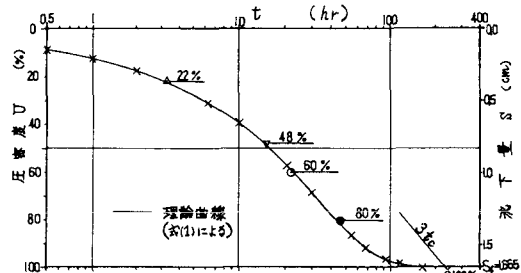


図-2 時間-沈下曲線

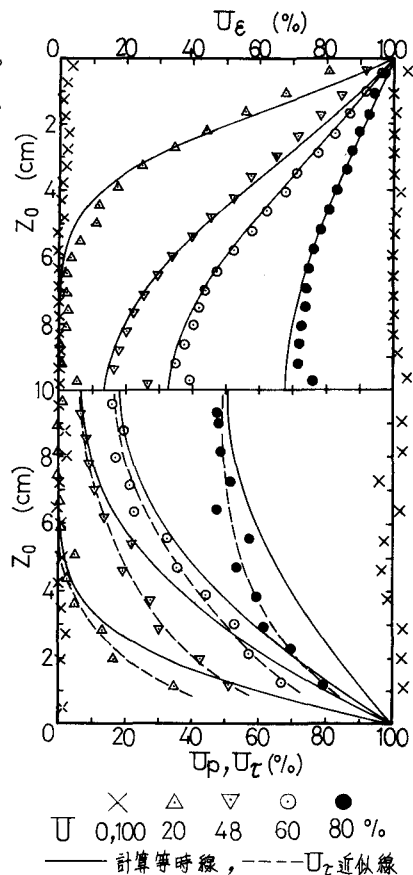


図-3 U_e, U_p, U_t の深さ分布

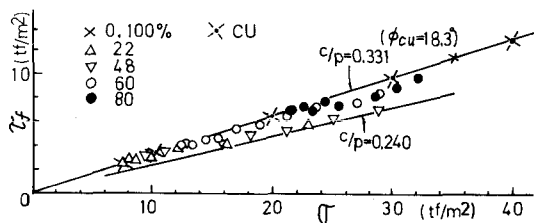


図-4 σ - U 関係