

降伏曲線の逆算による正規圧密粘土における載荷速度依存性の考察

鹿児島大学工学部 学○松崎 修 正 三隅浩二
同 上 正 佐藤 清 学 福本忠浩

1. はじめに 粘性土の時間依存性には1次圧密現象と2次圧密現象があり、前者は境界値問題として、後者は今のところエレメントのせん断の問題として構成式レベルで取り扱われてきている。本報告では、2つの時間効果を同時に発生させて議論することはせずに、1次圧密挙動(透水係数が効く)のみを研究対象にした時間効果の議論を行う。すなわち、漸増載荷と荷重放置を交互に繰り返す多段階載荷による部分排水三軸試験の数値シミュレーションを行い、漸増載荷時の載荷速度の違い(部分排水条件で生じる不均質性の影響)が逆算した降伏曲線の形とサイズにいかに関与されるのかを考察する。

2. 降伏曲線に及ぼす載荷速度効果の考察 多段階載荷による部分排水試験の数値シミュレーションの概要を述べる。図1に三軸円筒供試体の縦断面の4分の1を示した。直径は $2.499 \times 2\text{cm}$ 高さは $6.000 \times 2\text{cm}$ 、排水は上下端より行い、キャップやベDESTALによる端面拘束の影響は全くない条件とした。載荷段階は10回とし、平均主応力 p は 2.0kgf/cm^2 に保った。平均有効主応力一定試験では図1に示す破壊直前の供試体の寸法を見てわかるように、横ひずみがわずかしかなじないので、端面に側方拘束条件があったとしても逆解析結果への影響は比較的小さい。図2は載荷第1段階のタイムスケジュールを示している。漸増載荷に費やす時間が1分で終わるもの(黒丸)と100分で終わるもの(白丸)の2種類の部分排水試験の数値シミュレーションを行った。ただし、載荷期間と放置期間を合わせたトータルの試験期間は同じにした。有限要素解析にはDACSAR¹⁾を用いた。

図3に載荷第1段階における三軸供試体内の不均質な応力状態を示した。①は図1に記した供試体中央の有限要素についての有効応力状態と間隙水圧の発生模様を示している。1分載荷と100分載荷との間に有為な差異が見受けられない。①よりも排水端に近い場所にあるエレメントの有効応力 p と経路は斜線の領域に分布している。図中の→で示した荷重放置期間中の圧密は図4の差分図上のプロットとして表される。これは等時間間隔にならべられた体積変化のデータを差分間隔200分で ΔV_{i-1} と ΔV_{i-2} の2次元空間にプロットしたものである。プロットの描く曲線の後期に現れる直線の勾配は粘土の透水係数、変形係数および境界条件によって決まる圧密の第1固有値を表している。この図より1分載荷と100分載荷のギャップは荷重放置が始まった直後にわずかに生じているだけで、両者のプロットはほとんど同じライン上を動いていることがわかる。体積ひずみは図中に示すように、この直線を外挿して45度線と交わったところの最終体積変化量 $\Delta V_{f, \text{ass}}$ で計算される²⁾。体積ひずみが各段階で同様にして求められるので、その結果を用いて降伏曲線の形(図5)とサイズ(図6)を逆算することができる(文献3参照)。これらの図より降伏曲線の形にもサイズにも荷重漸増載荷時の載荷速度はほとんど影響しないことがわかる。文献3では排水せん断試験の試験期間の長短が降伏曲線の逆算結果に影響した。しかし、ここで解析した2例はトータルの試験期間が等しい。以上のことより、部分排水三軸試験はもともと排水試験に近い試験であるので、載荷段階での局所的な載荷速度効果は試験期間の長短を考えたときのグローバルな載荷速度の影響に比べてほとんど無視できるほど小さいと考えられる。これが本報告の結論である。どのような載荷速度をとってもよいことから試験者にとってはありがたい情報であると考ええる。

3. おわりに 平均主応力一定条件下で降伏曲線を決定することのメリットは①解析が簡単であることだが、この平均主応力一定条件と部分排水試験をドッキングすればさらに利点がふえる。②部分排水条件は現場を模擬している。③差分図による変形挙動の予測により排水試験よりもスピーディーに行える。④試験時間が短いので2次圧密の影響を回避した結果を得ることができるし、逆に、2次圧密を調べることもできる。⑤間隙水圧の不均質な発生による剛性の劣化と端面拘束による補強効果がキャンセルする。⑥拘束圧一定条件と違い部分排水の影響が各載荷段階でほぼ一様である。⑦圧密をはかるので透水係数も推定できる。

参考文献 1) H.Ohta, A.Iizuka: MANUAL OF DACSR F.E.M. PROGRAM, Kanazawa University, 1986

2) 浅岡, 三隅: 正規圧密粘土の部分排水三軸圧縮試験, 第21回土質工学研究発表会講演概要集, pp.433-436, 1986

3) 山下, 三隅, 福本, 佐藤: 降伏曲線の逆算による正規圧密粘土における2次圧密挙動の考察, 平成2年度土木学会西部支部研究発表会講演概要集, 1991

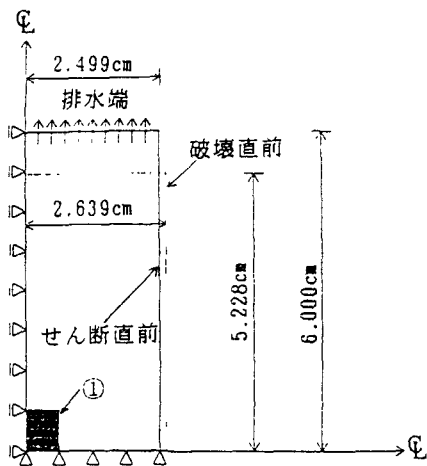


図1 三軸供試体の形状

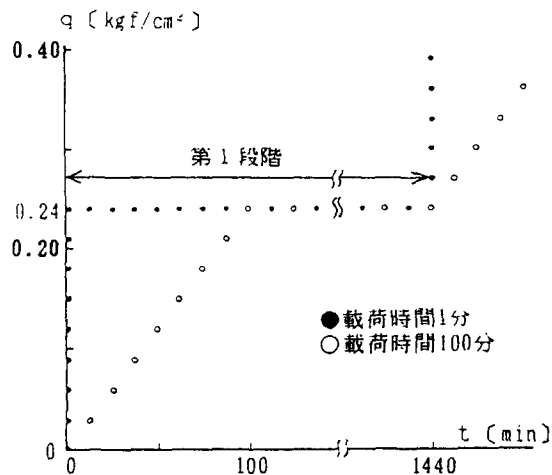


図2 タイムスケジュール

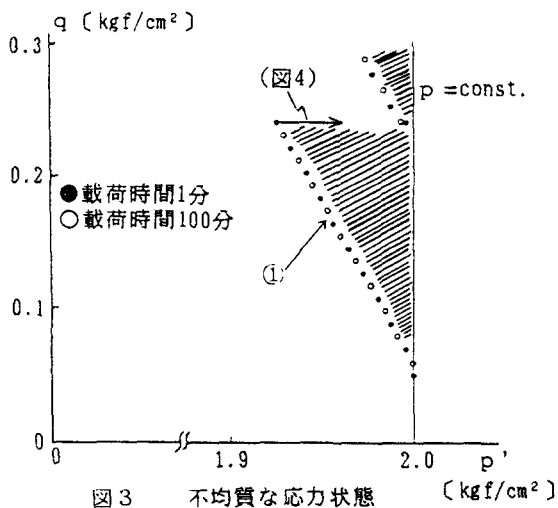


図3 不均質な応力状態

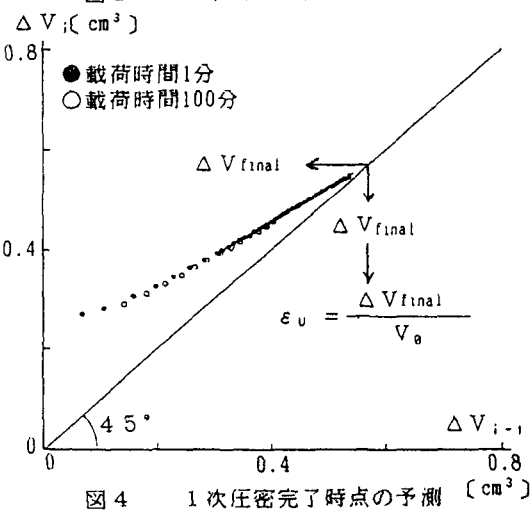


図4 1次圧密完了時点の予測

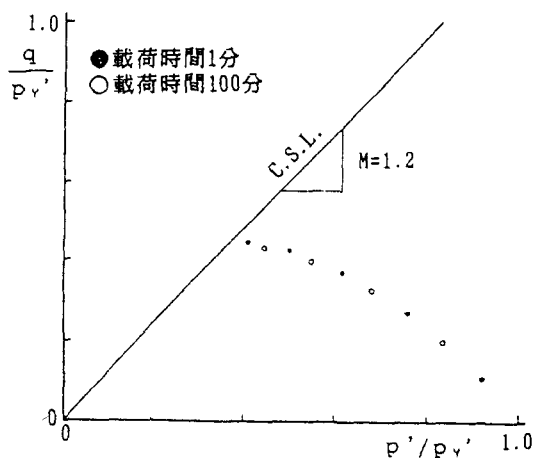


図5 降伏曲線の形

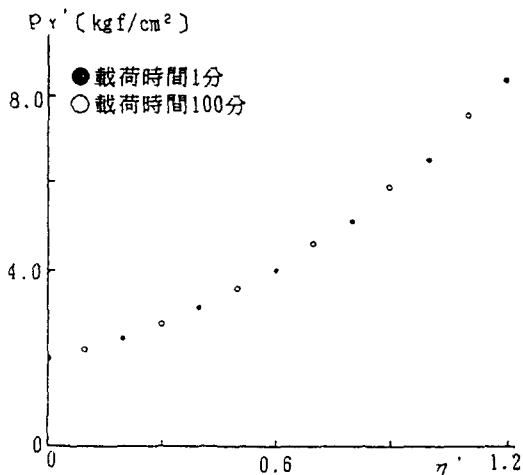


図6 降伏曲線のサイズ