

超軟弱粘土の破壊基準の検討

横浜国立大学工学部 正会員 ○田中 洋輔
 横浜国立大学工学部 学生員 菅谷 豊
 日建設計中瀬土質研究所 正会員 片桐 雅明

1. はじめに

海底から浚渫された粘土で埋め立てられた地盤は、液性限界以上の含水比を有し、非常に軟弱である。このような超軟弱粘土の強度特性を調べるため、筆者らはペーンせん断試験を実施し、幅広い含水比域の様々な圧密状態に対する強度特性を調べてきた¹⁾²⁾³⁾。土田・湯は、海底地盤の高含水比を有する粘土の強度増加率 s_u/p_0 が、一般的な正規圧密粘土と比較して高い値を有することを報告している⁴⁾。そこで、今まで実施してきた様々な圧密方法によって作製した超軟弱粘土のペーン試験の結果をもとに、超軟弱粘土の破壊基準について検討した。その結果、ある含水比以下であれば通常の応力レベルと同程度の強度増加率となることがわかったので報告する。

2. 検討に用いた各実験の概要

今回の検討では、海成粘土（土粒子密度 2.64g/cm^3 、液性限界 83%、塑性指数 52）に関する実験結果を用いた。また、一次圧密が終了し、有効土被り圧 s_v' が計算可能な実験に限定して、検討を行った。今回は、以下の 4 種類の方法で圧密した模型地盤にペーンせん断試験を実施した結果を用いた。各圧密方法の条件を表 1 に示す。また、各実験方法の詳細は参考文献を参照。

表 1 各圧密方法とその条件

	圧密方法	初期含水比	圧密中の垂直応力 s_v'	含水比分布の範囲	参考文献
A	自重圧密	$3.0w_L$	0 ~ 1kPa	~ $2.0w_L$	文献 2)
B	遠心自重圧密	$3.0w_L$	0 ~ 5kPa	~ $1.5w_L$	文献 3)
C	浸透圧密	$3.0w_L$	0 ~ 50kPa	~ $1.0w_L$	文献 2)
D	一定圧載荷圧密	$3.0w_L$	5、30kPa	~ $1.0w_L$	文献 1)

以上の実験から、ペーンせん断強度 t_v 、含水比 w 、有効土被り圧 s_v' を以下のようにして算出し、この 3 つのパラメータを用いて検討を行った。

ペーンせん断強度 t_v ：各模型地盤に対して、異なる深度に対してペーンせん断試験を実施した。その中で測定されたペーン抵抗のピーク値をペーンせん断強度とした。

含水比 w ：ペーン試験終了後に、深度方向の含水比分布を測定し、ペーン回転位置での含水比を求めた。

有効土被り圧 s_v' ：測定した含水比分布から、過剰間隙水圧が消散しているものと仮定して、有効土被り圧を算出した。ただし、遠心自重圧密の場合は遠心圧密時の s_v' に換算した。

3. 検討方法

以下の方法で検討を行った。

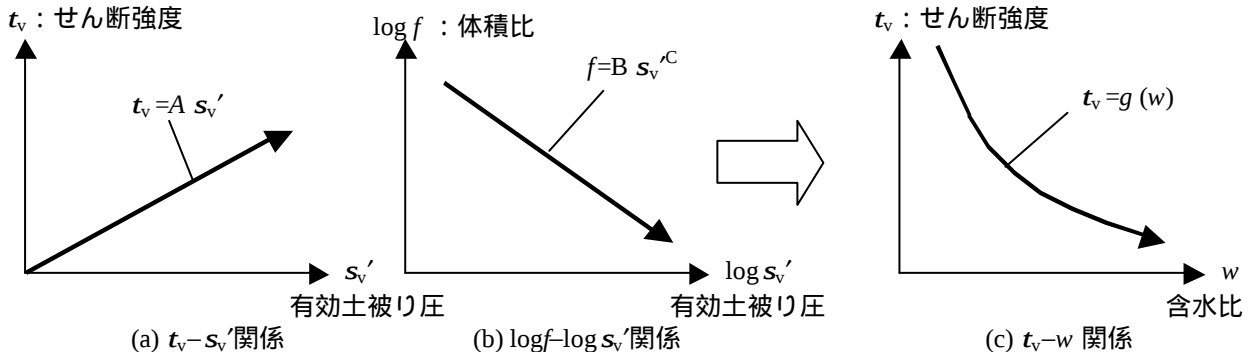


図 1. 検討方法の概念図

- (1) $t_v - s_v'$ 関係の定式化・・・実験結果より、最小二乗法を用いて $t_v = A s_v'$ の近似式を求めた。ここでは、正規圧密粘土と同等として扱ったため、粘着力 $c' = 0$ とした。なお、浸透圧密試験の結果に関しては、間隙水圧を実測していないので、近似曲線の算出には用いなかった。

キーワード：ペーンせん断試験、超軟弱粘土、せん断強度、液性限界

〒240-8501 横浜市保土ヶ谷区常盤台 79-5、Tel 045-339-4038、Fax 045-331-1707

(2) $\log f - \log s_v'$ の関係の定式化・・・応力レベルが非常に小さいので、 f と s_v' の両対数に対して線形関係と仮定して、最小二乗法により累乗関数 $f = B s_v'^C$ で近似曲線を求めた。なお近似曲線の算出において、標準圧密試験の結果も利用した。

(3) $t_v - w$ 関係の算出・・・(1)、(2)の関係式から、含水比 w とベーン強度 t_v の関係を推定し、実測値との比較を行った。

注・・・文中の A、B、C は定数である。

4. 検討結果

図 2 は実験結果から得られた t_v と s_v' の関係をプロットしたものである。これらのプロットより、近似式 $t_v = 0.345 s_v'$ を得た。この傾きは、一般的な正規圧密粘土のものと同様な結果となった。なお、浸透圧密試験の結果を併せて示した。浸透圧密試験の s_v' は地盤内の間隙水圧分布を放物線と仮定して求めた。

図 3 は実験結果から得られた $\log f - \log s_v'$ 関係をプロットしたものである。この結果から、近似式 $f = 4.63 s_v'^{-0.124}$ の近似式を得た。なお、浸透圧密試験の結果を図 2 と同様に s_v' を求めた上で、図上に示した。

図 2 および図 3 から得られた関係式を組み合わせることで、 w と t_v の関係を求めた。この計算結果を実測値と重ね合わせたものを図 4 に示す。図を見ると、液性限界 w_L 付近の含水比に関しては、計算値と一致している。ここで、 $w_L \sim 2w_L$ の含水比を詳細に見るため、 t_v の目盛を対数でプロットしたものを図 5 に示す。図 5 を見ると、 $1.5w_L$ 以上の含水比域で、計算値から外れていることが分かる。この原因を考えるため、図 2 の $t_v - s_v'$ 関係の $s_v' < 2 \text{ kPa}$ 以下の部分に拡大したものを図 6 に示す。図を見ると、低応力域で t_v の値が計算値より大きくなっている。これは、この領域では有効応力による強度増加よりも、シキソトロピーなどの時間効果による強度増加が卓越する領域であると考えられる。つまり、この含水比の範囲では一般の正規圧密粘土の破壊基準が適用出来ないといえる。

5. まとめ

今回は、液性限界以上の含水比を有する超軟弱粘土のベーン試験の結果をもとに、一般の正規圧密粘土の破壊基準が適用可能な含水比の限界を推定した。その結果、 $1.5w_L$ 以上の含水比に対する応力までは通常の応力レベルの破壊基準で表現できることがわかった。これは 1 種類の粘土に関する考察であり、今後多種の粘土に対しても検討が必要と考えている。

《参考文献》1) 岸、田中、片桐、斎藤(2000): 「広範囲の含水比域における超軟弱粘土のベーン強度」、第 35 回地盤工学研究発表会、pp.565-566。

2) 菅谷、田中、片桐、斎藤(2001): 「浸透圧密した超軟弱粘土のベーンせん断強度」、第 36 回地盤工学研究発表会(投稿中)。

3) 田中、菅谷、片桐(2001): 「超軟弱粘土のベーン強度に圧密度が及ぼす影響」、第 36 回地盤工学研究発表会(投稿中)。

4) 土田、湯(1999): 「粘性土のセメンテーションによる強度発現メカニズム」、港湾技術研究所報告 No38, Vol.2, pp.99-128

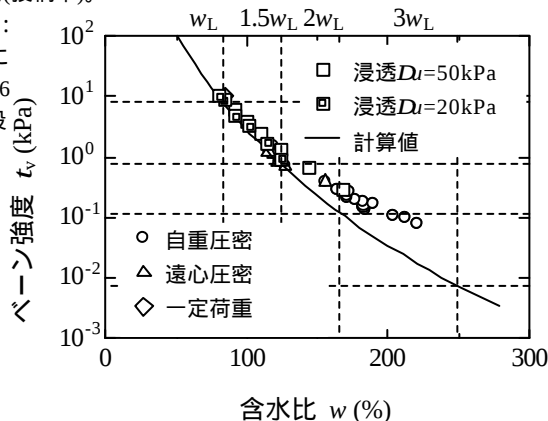


図 5. $t_v - w$ 関係 (片対数目盛)

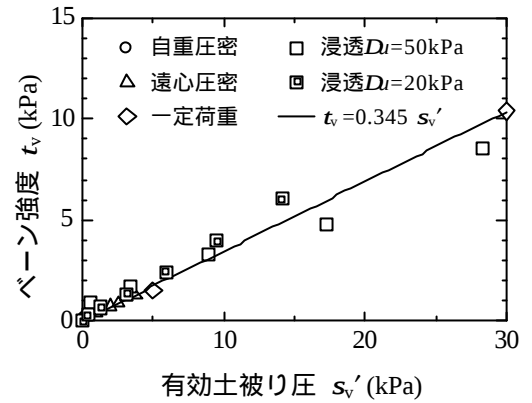


図 2. $t_v - s_v'$ 関係

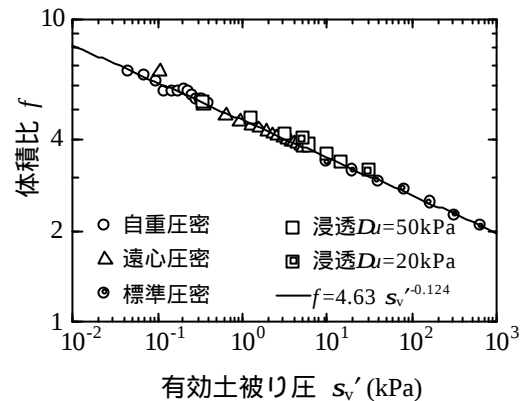


図 3. $\log f - \log s_v'$ 関係

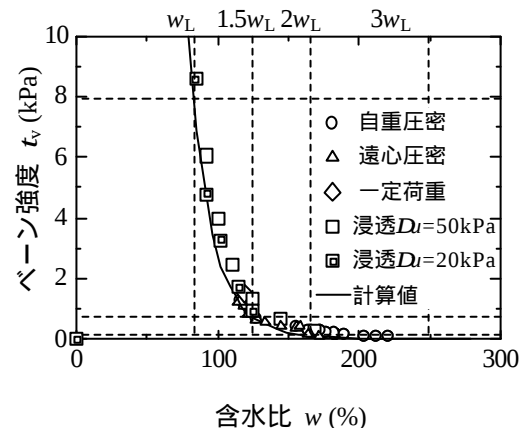


図 4. $t_v - w$ 関係 (算術目盛)

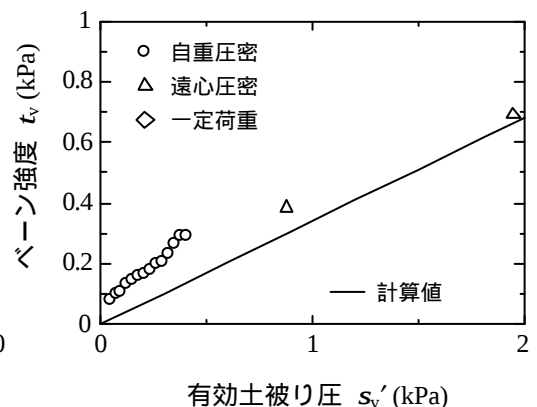


図 2. $t_v - s_v'$ 関係 ($s_v' < 2 \text{ kPa}$)