

Ⅲ - A 49

塑性の異なる超軟弱粘土のペーン強度

横浜国立大学工学部

正会員 ○田中 洋輔 学生員 黒木 俊平

日建設計中瀬土質研究所

正会員 片桐 雅明 正会員 西村 正人

1. はじめに

海底から浚渫された粘土で埋立てられた地盤は非常に軟弱である。特に表層部分の含水比は液性限界を大きく上回り、強度も低い。このような超軟弱地盤に対して表層処理を行う上で、作業車が搬入可能な強度を有するか否かを確認する必要がある。そのための手法として地盤の含水比分布から推定する方法は簡便であるが、粘土の塑性の違いを表現できず、同じ含水比でも塑性が異なれば、強度も異なる。粘土の種類によらず、強度と含水比から求めるパラメータの関係が一義的に定めることが出来れば実務の上で大いに有効になる。そこで本研究では、塑性の異なる種々の粘土を使用して沈降・堆積させ作製した模型粘土地盤に対して、異なる深度でペーン試験を行い、超軟弱地盤のペーン強度と含水比および有効土被り圧の関係を調べた。また、粘土の液性限界および液性指数がペーン強度に及ぼす影響について考察した。

2. 試料および実験方法

試料として塑性の異なる4種類の粘土を使用した。試料の物性は表1に示す通りである。

表1 実験で使用した試料の物性

試料名	土粒子密度 (g/cm^3)	液性限界 w_L (%)	塑性限界 w_P (%)	塑性指数 I_P	粘土分含有率 (%)
試料A	2.674	112.1	38.1	74.0	62.0
試料B	2.653	102.0	39.4	62.6	51.8
試料C	2.662	82.2	31.5	50.7	41.0
試料D	2.692	52.8	28.2	24.6	27.8

実験では含水比調整のために人工海水を使用した。また含水比の算定において塩分補正を行った。

初期含水比2000%に調整した4種類の試料を、内径20cm、高さ50cmのアクリル円筒に1日1層ずつ投入し沈降・堆積させて、8層からなる地盤を作製した。その後1ヶ月以上放置した。この時点で一次圧密はほぼ完了したものとみなした(図1参照)。なお、堆積した試料全体の層厚は粘土の種類により異なり5~12cm程度となった。これらの模型地盤に対してペーン試験を行った。

ペーン試験では、幅 $D=40\text{mm}$ 、高さ $H=20\text{mm}$ のペーンブレードを使用した。回転中のトルクは、シャフトからの腕長25mmの位置に設置した容量2kgfのロードセルで回転中のトルクを測定した。またペーンの測定位置は、地表面下1cmから地盤底面より上1cmの間の数点とした。ペーンの回転速度は $12^\circ/\text{min}$ とした。

各模型地盤とも、ペーン試験終了後に深度ごとの含水比分布測定を行い、ペーンの回転位置での試料の含水比および有効土被り圧を算定した。

3. 模型地盤の含水比分布

図2に試料A、B、C、Dの各地盤の含水比分布と地表面からの深度の関係を示す。図を見ると、すべての模型地盤において含水比はすべて液性限界の2倍

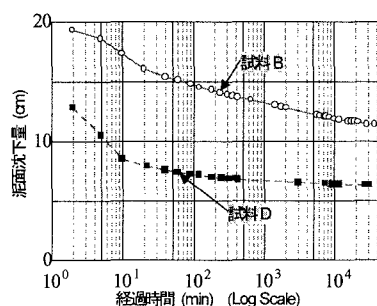


図1. 沈下量-時間関係(8層目終了後)

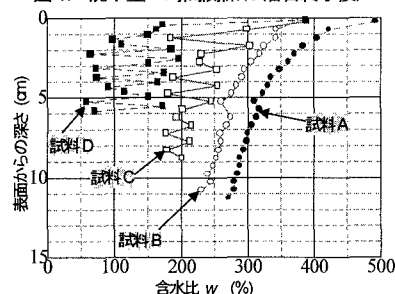


図2. 模型地盤の含水比分布

キーワード: ペーン強度、超軟弱粘土、液性限界、液性指数

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

以上となった。試料A、Bについては分級の影響が少なく、連続的な含水比分布となった。しかし、試料C、Dに関しては各層内での分級の影響が大きいため、不連続な含水比分布となった。また地盤全体の含水比分布を比較すると、試料A、Bの含水比が大きく、順に試料C、Dとなる。この結果は塑性の影響をよく表している。つまり塑性が大きいものは、粘土分を多く含んでいるため高含水比を有し、塑性の低い試料は、砂分やシルト分が多いため分級して、しかも全体的に含水比は小さくなっている。この含水比分布の結果を元に、ベーンの回転部分の平均含水比を算出し、これをベーン強度 τ_v に対する含水比 w とした。

4. ベーン強度

図3にベーン強度 τ_v とベーン回転位置の中心部の有効土被り圧 σ' の関係を示した。この図から、すべての模型地盤ともベーン強度が有効土被り圧 σ' に対して線形的に増加していることがわかる。また τ_v - σ' 関係の傾き τ_v/σ' の値はすべての模型地盤とも0.80前後となった。この値は一般的な正規圧密粘土よりも大きい値を示しているといえる。また、 τ_v - σ' 関係を $\sigma'=0$ 上に延長したときの切片 τ_0 の値が試料によって異なり、塑性が大きいものほど τ_0 が大きい。つまり粘土分含有率が高いほどみかけの粘着力が大きく、シルトや砂分が多く含有するとその粘着力がより小さいことを示している。

図4はベーン強度と含水比の関係を示したものである。すべての模型地盤とも、含水比の低下に従いベーン強度が増加している。しかし塑性の違いにより、同じ強度に対する含水比は大きく異なる。

そこで、ベーン強度に対する含水比 w をそれぞれの試料の液性限界 w_L で除して正規化を行った。その結果を図5に示す。この図を見ると、図4に見られるばらつきの幅が狭くなっていることがわかる。さらに、Atkinsonら¹⁾は液性指数 $I_L (= (w - w_p) / I_p)$ と非排水強度の関係が試料にかかわらずユニークに定まることを示している。彼らの方法と同様に液性指数をベーン強度との関係を図6にプロットした。図4、5と比較すると、試料によるばらつきが更に小さくなり、 τ_v - I_L 関係がユニークに定まると思われる。Atkinson¹⁾らは液性限界と塑性限界の間の含水比に対する強度と液性指数のユニークな関係であったが、今回の実験により、液性限界の2倍以上の領域でも、このユニークな関係が存在すると思われる。

5. まとめ

今回は塑性の異なる試料を多層沈降・堆積させた模型地盤に対してベーン試験を行い、試料の違いに関係なくベーン強度と有効土被り圧および液性指数に対してユニークな関係があることを確認した。今後は液性限界の2倍以下の領域でベーン試験を行い、広範囲の含水比に対するベーン強度との関連性を追求するつもりである。

《参考文献》

1) Atkinson, J.H. and P.L., Bransby (1982): "The Mechanics of Soils", McGRAW-HILL, pp336~342

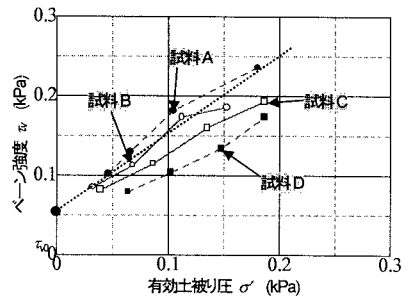


図3. ベーン強度と有効土被り圧の関係

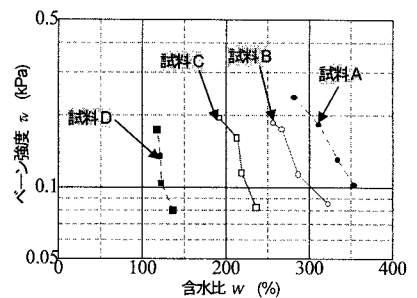


図4. ベーン強度と含水比の関係

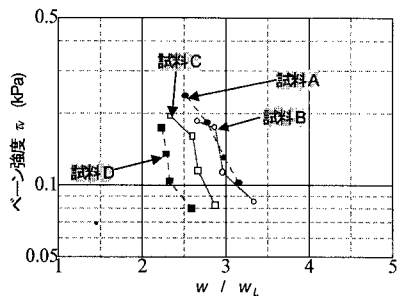


図5. ベーン強度と w/w_L の関係

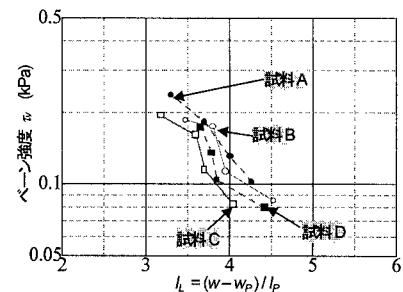


図6. ベーン強度と液性指数 I_L の関係