

安定解析における中間土の強度評価について

千葉エンジニアリング(株) ○中山 雅、浅野 滋之

1. はじめに

安定解析においては、地盤を砂質土あるいは粘性土に分類し、砂質土は有効応力法により、粘性土は全応力法により解析がおこなわれることが多い。解析に用いる強度定数は、砂質土は標準貫入試験で得られるN値からの換算やCD試験によって ϕ_d を求め、粘性土は一軸圧縮試験やUU試験から得られる試験値から非排水せん断強さ c_u を求めるのが一般的である。砂質土地盤と粘性土地盤では強度定数の設定方法が大きく異なることから、地盤をどちらに分類するかが重要となる。しかし実際にはどちらにも分類しにくい、いわゆる中間土が存在する。港湾の施設の技術上の基準・同解説¹⁾では砂分含有率が50～80%の範囲にある土を中間土としており、透水係数と設計条件等から判断して砂質土あるいは粘性土としてせん断強さを算定するとしている。

筆者らは砂分80%以上、粘土分10%以上を含む沖積砂質土層のサンプリングを行い、一軸圧縮試験、UU試験、C_Ubar試験、CD試験を実施した。港湾の施設の技術上の基準・同解説に照らせば、試験試料は砂質土に分類されるものであるが、砂分は81.9%と80%をわずかに上回るものであった。サンプリングした試料は実際に触ると粘性が強く感じられるものであった。

本報告は、このような地盤の強度を適正に評価するために各力学試験結果を比較・検討したものである。

また、一般に細粒分の少ない試料は液状化判定によると液状化の判定が必要な土層となり得る。しかし、本試験試料のような粘土分含有量の多い砂質土地盤では粘着力の作用により液状化しにくいと考える。

このような粘土分含有量の多い砂質土地盤の液状化特性について知見を得るために繰返し非排水三軸試験をおこなった。

2. 試験試料・試験方法

試料は固定ピストン式シンウォールサンプリングにより採取した。写真-1に抜出した試験試料を示す。砂質土の多くはサンプリングにより負の間隙水圧が消散し、自立が難しい場合が多いが、本試験試料は写真に示すように自立するものである。

(1) 試験試料の物理特性

表-1に試験試料の物理特性を、図-1に粒径加積曲線を示す。細粒分18.1%の中でシルト分には粘土分が卓越する特徴を有する。また、間隙比が砂としてはやや大きいにもかかわらず、湿潤密度が大きいことも特徴としてあげられる。

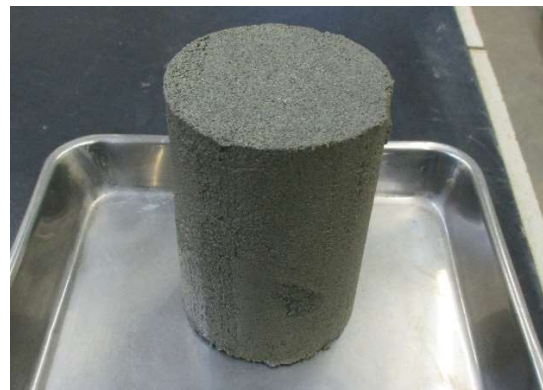


写真-1 抜出した試験試料

表-1 試験試料の物理特性

一般	土粒子密度 ρ_s (g/cm ³)	2.695
	自然含水比 w_n %	36.0
	間隙比 e	1.062
	飽和度 S_r %	96.5
	湿潤密度 ρ_t (g/cm ³)	1.804
コンシステンシー	液性限界 w_L %	37.4
	塑性限界 w_P %	18.4
	塑性指数 I_P	19.0

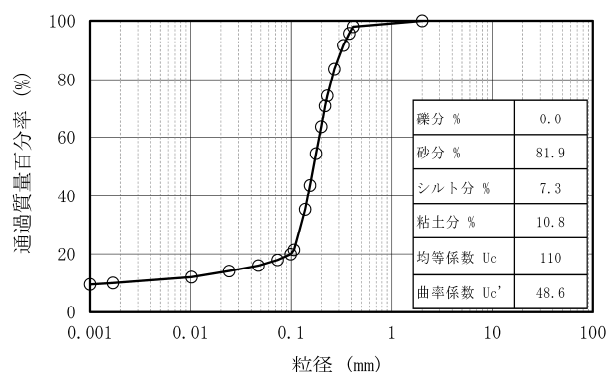


図-1 試験試料の粒径加積曲線

(2) 試験方法

表-2、表-3に各試験の試験条件を示す。

表-2 各力学試験の条件

試験条件	一軸	UU	C _U bar	CD
供試体寸法	$\phi 35\text{mm} \times \text{H}80\text{mm}$		$\phi 50\text{mm} \times \text{H}100\text{mm}$	
ひずみ速度	1.00 %/min		0.10 %/min	

表-3 繰返し非排水三軸試験の条件

試験条件	繰返し三軸
供試体寸法	$\phi 50\text{mm} \times \text{H}100\text{mm}$
圧密圧力	50 kN/m ²
載荷周波数	0.20 Hz

3. 力学特性

(1) 力学試験結果

図-2に実線で UU 試験結果を、破線で一軸圧縮試験結果を示す。一般的な砂質土と同様に、一軸圧縮試験結果では大きく過小評価となる結果を得た。

図-3、図-4に CUbar 試験結果を示す。間隙水圧最大時の主応力差を非排水せん断強さとした。試験結果は過圧密状態、正規圧密状態が一つの強度で表されるものであった。

図-5に CD 試験結果を示す。細粒分の含有により粘着力をもつ。

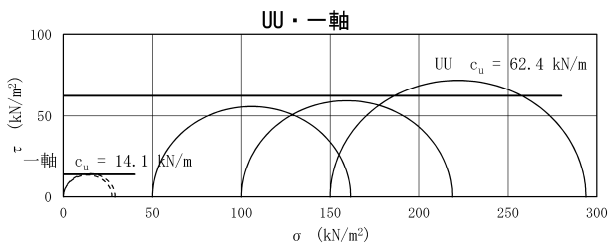


図-2 モールの応力円(UU・一軸)

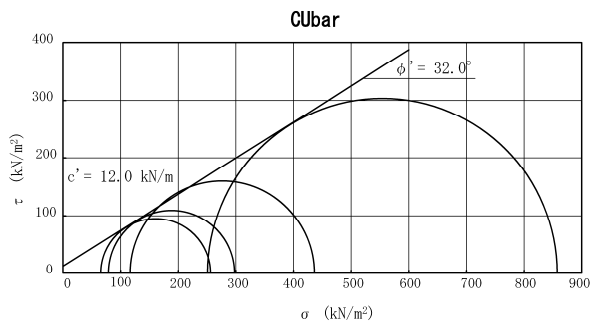


図-3 モールの応力円(CUbar)

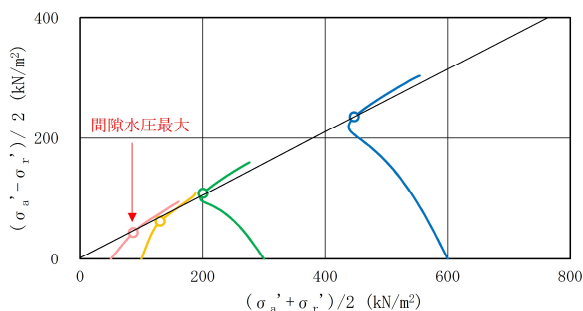


図-4 応力経路(CUbar)

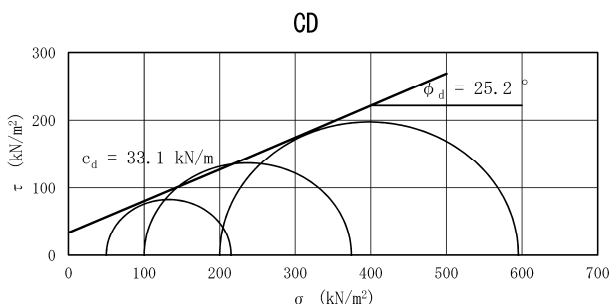


図-5 モールの応力円(CD)

(2) 考察

一般に CD 試験で得られる c_d 、 ϕ_d は CUbar 試験で得られる c' 、 ϕ' と同値になると考えられている。両試験結果を比べるとやや差異がある。本試験試料においては両試験共にひずみ速度 0.10%/min で実施している。本試験試料は粘土分がシルト分に比べやや優勢であり、供試体内の間隙水圧分布を一樣にするためには、より小さなひずみ速度での試験が必要であると考ええる。

安定解析における設計用土質定数としては CUbar 試験により得られる c' 、 ϕ' が妥当と考える。本試験試料は砂分が80%を超えるものであり、一般的には CD 試験結果が選択されるだろう。しかし、本 CD 試験結果では c_d が 33.1 kN/m と大きく、粘土分の影響で排水条件でのせん断では実現象と整合しないと考えた。

4. 液状化特性

(1) 繰返し非排水三軸試験結果

図-6に繰返し応力振幅比-繰返し载荷回数関係を示す。 $N_c=20$ 、 $DA=5\%$ より得られた繰返し三軸強度比は $R_L=0.335$ である。

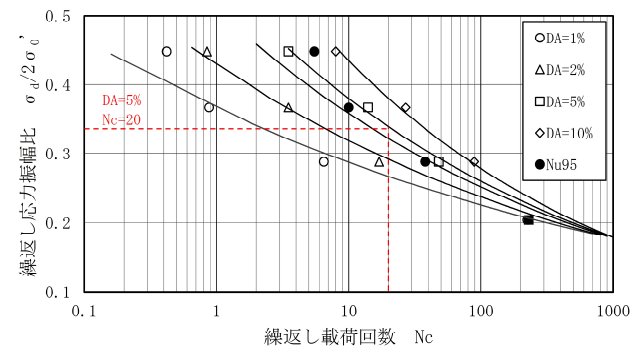


図-6 繰返し応力振幅比-繰返し载荷回数

(2) 液状化判定結果の比較・検討

軟弱地盤対策工指針²⁾により N 値から算定した当該地層の繰返し三軸強度比は $R_L=0.163$ であった。試験から得られた繰返し三軸強度比を K_0 補正 ($R_L=0.9 \cdot (1+2K_0)/3$; $K_0=0.5$) すると³⁾、 $R_L=0.201$ となり軟弱地盤対策工指針により算定した繰返し三軸強度比に比べ約 1.2 倍大きい。一般に、試験値から求めた繰返し三軸強度比の方が大きくなるのが知られており、本試験試料でも同様の結果を得た。今後、粘土分含有量と液状化特性の関係についてデータを蓄積し、知見を得たいと考える。

《引用・参考文献》

- 1) 日本港湾協会：港湾の施設の技術上の基準・同解説 (上), p. 333, 2018.
- 2) 日本道路協会：道路土工 軟弱地盤対策工指針 (平成 24 年度版), pp. 165~168, 2012.
- 3) 吉見吉昭：砂地盤の液状化, p. 82, 1991.