

上総層群砂質土層 (K_s層) の採取と室内試験結果

首都高速道路(株)東京建設局 正会員 北島 基彦
 同 上 正会員 並川 賢治
 同 上 正会員 波津久毅彦
 清水建設(株)土木東京支店 正会員 永峯 崇二
 同 上 土木技術本部 正会員 川崎 廣貴

1. はじめに

シールドトンネルの設計では、従来の慣用設計法又は修正慣用法による設計に代わり、セグメントリングや地盤バネをモデル化し、より現実に近づけた解析が行われている。しかし、設計値と現場計測値を比較した場合には、値は必ずしも一致しない。これは、設計時に物性値の明確でない部分を、安全側に仮定していることが原因の一つとして考えられる。

首都高速中央環状新宿線では、併設シールド間を掘削し、鋼殻セグメントを撤去することでシールド間を接合する「切開き工法」により、大深度かつ大規模な地下構造物が構築される。この切開き部の設計を、現場計測値に基づき検証する中で、切開き部の地盤特性を詳細に把握することにより、設計施工の更なる合理化が可能と考えられる。しかし、これまで大深度域の地盤を採取し、その特性を評価した事例は少ない。

ここで筆者らは、上総層群砂質土層 (K_s層) の乱れの影響が少ない試料を、新宿線の開削トンネル部の現場で採取した。本稿では、その力学特性の把握を目的として、三軸圧縮試験等を実施し、既存調査結果と比較検討を行った結果を報告する。

2. 高品質試料採取

近年、砂礫質土層などを対象とした凍結サンプリングに替わる手法として、高品質試料採取法 (GPサンプリング) が開発されている¹⁾。ここでは、この手法を用い、写真-1に示す乱れの極めて少ない試料をコア径 150mm にて採取した。

3. 上総層群砂質土層 (K_s層) の地盤特性

(1) 物理試験

表-1に基本的な物理特性について、既存データとの比較結果を示す。密度・含水比・粒度分布等から、高品質試料の物理特性は、既存試料の試験結果とほぼ同一であることが確認された。

(2) 三軸圧縮試験

4種類の拘束圧 ($\sigma_3 = 49.1, 98.1, 196.2, 392.4 \text{ kN/m}^2$) で等方圧密排水三軸圧縮試験 (CD) をひずみ速度 0.1%/min のもとで実施した。供試体には局所変位計 (LDT) を1対設置し、

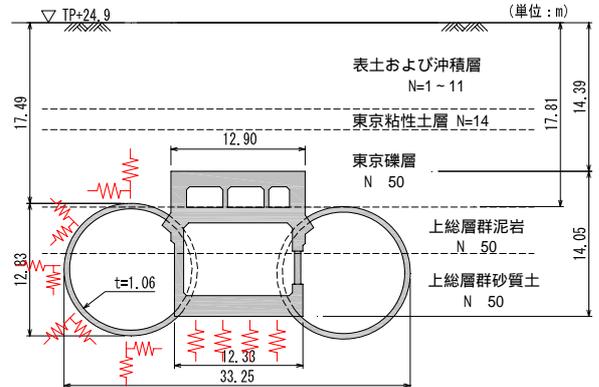


表-1 地盤条件のデータ比較

			高品質試料	既存データ	
			GPサンプリング	トリプルユープ	新宿線
採取方法			GPサンプリング	C-2-7	新宿線
試料番号			G-1	C-2-7	新宿線
採取深度			TP-4.0m	TP-7.0m	平均
一般	湿潤密度 ρ_t	g/cm ³	1.764	1.880	1.878
	乾燥密度 ρ_d	g/cm ³	1.308	1.424	
	土粒子密度 ρ_s	g/cm ³	2.672	2.706	2.709
	自然含水比 W_n	%	33.5	32.0	31.4
	間隙比 e		1.043	0.900	0.887
	飽和度 S_r	%	85.8	96.3	
粒度	礫分 (75~2mm)	%	0.0	0.0	1.9
	砂分 (2mm~75 μ m)	%	66.3	83.2	72.1
	シルト分 (75~5 μ m)	%	31.3	14.5	19.0
	粘土分 (<5 μ m)	%	2.4	2.3	7.2
		50%粒径 D_{50}	mm	0.0911	0.1469
透水	透水係数 k	cm/s	1.87×10^{-4}		1.27×10^{-3}
三軸 CD (飽和)	粘着力 c	kN/m ²	175.9	202.4	90.0
	内部摩擦角	°	32.6	31.6	37.2

注) 試料番号 G-1 と C-2-7 の平面離隔は、5.0m 程度である。

キーワード : 強度変形特性 高品質 試料採取 三軸圧縮試験
 連絡先 : 〒160-0023 東京都新宿区西新宿 6-6-2 首都高速道路(株)東京建設局設計第1G TEL: 03-5320-1665

外部変位その他、端面変形誤差のない変位を測定した。図 - 2 に軸ひずみによる応力 - ひずみ関係を示す。全体的にひずみ軟化傾向を示している。更にせん断初期段階では、下凸挙動が現れており、これは、過去の圧密荷重履歴からの応力解放による膨潤と、本試験時の再負荷による影響によるものと想定される。また、LDT と外部変位から得られた応力 - ひずみ関係の差異は明確であり、せん断初期の傾き(剛性)は外部変位が LDT に比較して小さい。通常は外部変位から弾性係数を求めていることが多いため、剛性を過小評価しているものと考えられる。

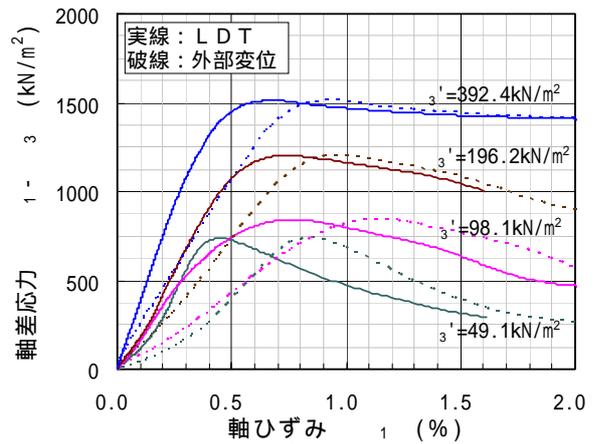


図 - 2 応力 - ひずみ (LDT・外部変位)

図 - 3 に LDT から求めた割線弾性係数 - 軸ひずみ関係を示す。割線弾性係数は、 10^{-6} レベルのデータが十分な精度で得られていることがわかる。また、ひずみ 0.01~0.2% 範囲の割線弾性係数は、せん断初期段階の下凸挙動の影響を受けて、部分的に小さくなる傾向を示している。

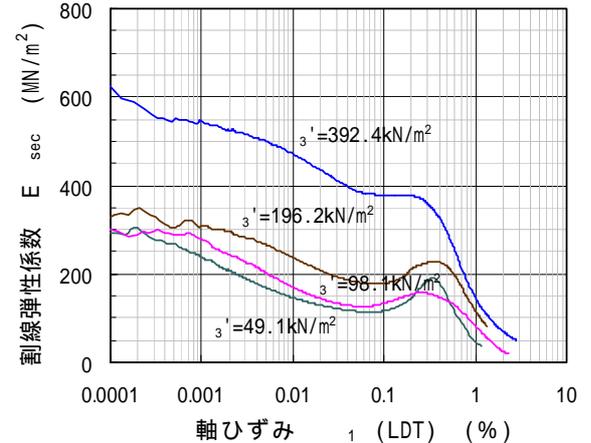


図 - 3 割線弾性係数 - ひずみ (LDT)

(3) せん断強さ

図 - 4 は、せん断破壊時の応力でモール円を描き、破壊時のせん断応力状態を表したものである。今回の試料と既存データは、同図中に示したせん断破壊規準により統一的に表すことができる。このことから、試料採取法の相違によるせん断強度の相違は生じにくいと考えられる。

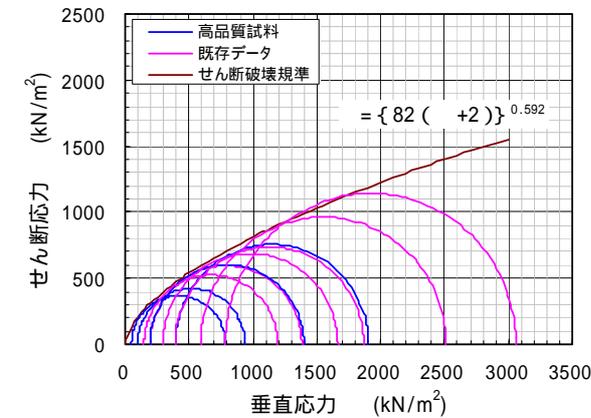


図 - 4 せん断強さの比較

(4) 変形係数

図 - 5 に変形係数の比較を示す。高品質試料の変形係数は、既存データよりも 50% 程度大きく評価できると言える。また、LDT 結果は既存データに対して 2 倍程度大きいことから、試料採取による乱れは、変形係数の値に影響するものと考えられる。

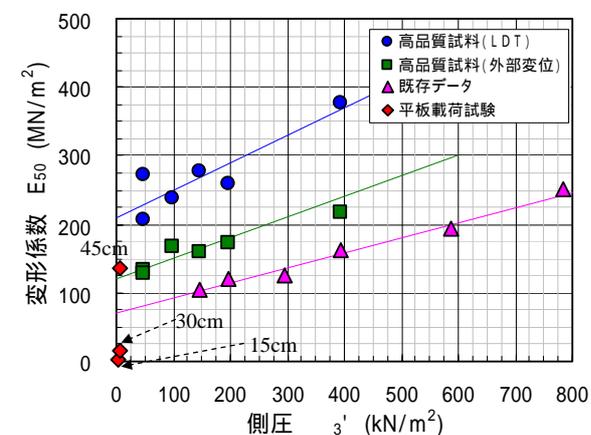


図 - 5 変形係数の比較

なお、同図中に、試料採取地盤面から、それぞれ 15、30、45cm の深度で実施した平板載荷試験による変形係数を併せて示している。結果から、平板載荷試験による変形係数は、応力解放の緩みによりばらつきが生じやすいと考えられる。

4. おわりに

高品質の試料採取により Ks 層の三軸圧縮試験 (CD) を実施した結果、せん断強さは既存データとほぼ同じ結果である一方、変形係数は乱れの影響により大きく相違することが明らかとなった。

今後は、異方圧密排水三軸伸張試験や三軸ねじりせん断試験等により、応力解放時の地盤の弾性係数やせん断弾性係数を求める。更に今回の試験結果や既存データと比較し、大深度域の地盤特性を詳細に把握したい。

【参考文献】

1) 酒井ほか：高品質砂礫試料の採取 (GP サンプリング)、基礎工、2006 年 9 月号