

膨張性泥岩層における土留工の変状と対策工について（その3）

― 葉山層群森戸泥岩の土質特性 ―

鹿島建設(株)技術研究所 正会員 ○山田岳峰 吉迫和生
神奈川県横須賀土木事務所 小山 滋 根岸 隆

1. まえがき

新第三紀前期中新世の葉山層群泥岩層が堆積する三浦半島の中中部地帯周辺は、房総半島から連続する峰岡―葉山隆起帯と呼ばれる隆起の激しい箇所にあたり断層や褶曲構造が認められ地すべり地帯をなすとともに、当該泥岩層はスレーキングしやすい地盤であることから、応力解放を伴う隧道、開削工事等において、設計・施工上細心の注意が求められる地域である。前報に示す新沢隧道新設工事において、施工段階で表層付近に分布する破碎・風化の進んだ葉山層群森戸泥岩の地山強度が低下した可能性が懸念されたため、当該森戸泥岩の土質特性を把握した。本報では、その概要を紹介する。

2. 葉山層群森戸泥岩層の概要

表-1 三浦半島の新第三紀地盤

新沢隧道新設工事坑口開削部付近の地盤構成を図-1に示す。また、三浦半島の新第三紀地盤の層序を表-1に示す。図-1に示すように、当地区の地質は、表土(粘土)下、約10mにわたりN値が10~30程度と破碎・風化が進んだ森戸泥岩層が分布する(表-1中(Hwm)層に対応)。今回は、当該層から不攪乱試料を採取し、以下に示す土質試験を実施した。

時代	地層名	記号	地質名	特徴
新第三紀	後中新世 三浦群 凝結シルト岩層	—	—	—
	前期中新世 葉山層群 凝結泥岩・砂岩互層	—	—	—
	森戸泥岩層 (粘土部)	(Hwm)	泥岩	一般に破碎されており粘土化し、水分の吸収とともに急激に劣化する。
	森戸泥岩層 (砂部)	Hwm	硬質砂岩	(Hwm)に属する。一般に角礫状を呈する。

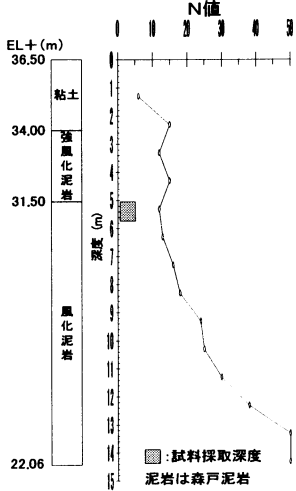


図-1 調査箇所近傍の地盤構成

3. 土質試験結果

試料は、掘削段階で、EL+31.5m 付近の地山を含水比が変化しないように注意しブロックサンプリングにて採取した。試験は、別途記載以外、地盤工学会基準に準じて、試験結果(表-2)に示す各試験及び以下に述べる三軸試験を実施した。ここで、不攪乱試料土の圧密試験、吸水膨張率・膨張圧試験、一軸・三軸圧縮試験の各試験の供試体は、当該層がところどころに硬質泥岩を角礫状に含んだ不均質な地盤であったことから、直径を100mmとし、高さはそれぞれ33,33,200mmの中型供試体とした。

(1) 基本特性

表-2 から、当該森戸泥岩層は、過圧密状態(圧密降伏応力 2,148kN/m²)にあり、密実(湿潤密度 2.36g/cm³)な固結土であるが、強度は小さく(平均一軸圧縮強度 174kN/m²)、スレーキングしやすい地山(スレーキング指数 3)であることが分かる。ただし、顕著な膨張性は認められなかった(陽イオン交換容量(CEC)、吸水膨張率はそれぞれ 13.5

表-2 土質試験結果一覧

試験名				結 果				
土粒子の粒径試験 ρ_s (g/cm ³)				2.724				
含水比試験 W_n (%)				8.4				
粒度試験		スラリー化した試料		最大粒径 (mm)		4.75		
				礫分 (%)		6.6		
				砂分 (%)		49.4		
				シルト分 (%)		20.6		
				粘土分 (%)		23.4		
液塑性 限界 試験	液性限界 W_L (%)		27.8					
	塑性限界 W_p (%)		11.0					
	塑性指数 I_p		16.8					
X線回折試験				膨張性粘土鉱物の確認されない				
陽イオン交換容量試験 (meq/100g-dry)				13.5				
スレーキング試験		土木学会		スレーキング指数		3 (周辺がめり崩れる)		
		道路公団標準		スレーキング率 (%)		軟質	99.6	
						硬質	97.4	
吸水膨張率試験				荷重 (kN/m ²)		膨張率 (%)		
				0		5.45		
				9.81		4.41		
				24.5		0.44		
				49.1		-0.02		
				196		-0.50		
吸水膨張圧試験				21.8 (kN/m ²)				
圧密試験		不攪乱		圧密降伏応力 P_c		2148 (kN/m ²)		
Ko三軸試験	スラリー試料土		Ko		0→2148kN/m ² 荷重時		0.39	
					2148→160kN/m ² 降重時		0.86	
一軸圧縮試験	一軸圧縮強さ q_u (kN/m ²)		175.2	208.1	187.6	126.0	平均	174.2
	破壊ひずみ ϵ_f (%)		3.8	2.6	2.6	2.7	平均	2.9
	変形係数 E_{50} (MN/m ²)		10.2	10.6	20.4	9.4	平均	12.7
	湿潤密度 ρ_t (g/cm ³)		2.375	2.374	2.349	2.331	平均	2.357

キーワード：新第三紀泥岩、森戸泥岩、完全軟化、クリープ
連絡先：〒182-0036 東京都調布市飛田給 2-19-1 Tel(0424)89-7067 FAX(0424)89-7034

meq/100g・dry, 21.8kN/m²程度(図-2 参照)と小さく、膨張性粘土鉱物は確認されない)。なお、深度が深く風化の進んでいない泥岩層に関しては膨張性粘土鉱物のスメクタイトが検出され CEC=100 meq/100g・dry と膨張性を呈す地山も確認されており、膨張性は風化の程度と関連し、風化の進んだ今回の試料土に関しては顕著な膨張性が認められなかったものと思われる。

(2) 強度特性

不攪乱試料土の三軸圧縮(CD)試験(通常試験の載荷速度範囲での試験:以下通常試験)を図-3 に示す。不攪乱試料の強度定数は、低い圧密圧力下(概ね 196kN/m²以下)では、 $c_d=152\text{kN/m}^2$ 、 $\phi_d=0^\circ$ 、一般的には $c_d=0\text{kN/m}^2$ 、 $\phi_d=29.6^\circ$ を示す。併せて、せん断時の吸水劣化を考慮した完全軟化状態とみなされる強度(以下完全軟化強度と称す)をスラリー試料土の緩速載荷三軸圧縮(CD)試験で確認した¹⁾。その結果を図-3 に併記する。強度定数は $c_d=0\text{kN/m}^2$ 、 $\phi_d=19.7^\circ$ となり、完全軟化強度は、不攪乱試料土の通常試験強度より小さくなることを確認できる。

次に、スラリー試料土の K_0 圧密排水三軸圧縮試験にて、堆積過程を模擬して、 K_0 状態で $P_c=2148\text{kN/m}^2$ まで載荷した後、現土被り圧(160kN/m²:深度 7m 相当)まで除荷した場合の側圧係数を確認すると $K_0=0.86$ となり、これを原地盤の初期の応力状態と考え、不攪乱試料土に当該圧力を載荷した後、開削時の土留め壁背後の応力状態を模擬して、側圧除荷の三軸クリープ試験を排水(吸水)条件で実施した(図-4(a)参照)。その結果を、対比のため同様な条件で実施した側圧除荷の緩速載荷三軸圧縮(CD)試験結果(以下、単調載荷試験)とともに図-4(b)に示す。これより、クリープ試験では、クリープ変形が進行するとともに、強度は、単調載荷試験強度より小さく、同強度の 50~75%の範囲にあることが分かる。

以上、今回試験を実施した破碎・風化した森戸泥岩では、完全軟化強度が不攪乱試料土の三軸圧縮(CD)試験強度より小さくなることを確認できた。また、当該森戸泥岩では、クリープ試験強度(ここでは、排水(または吸水)条件下でのせん断速度の遅い長期的なせん断強度)は、前記傾向と同様に、単調載荷試験強度より小さくなる傾向が見受けられた。

4. あとがき

三浦半島に分布する新第三紀葉山層群で破碎・風化の進んだ森戸泥岩の土質特性を確認した。その結果、顕著な膨張性岩の特性は確認されなかったが、当該地盤は、完全軟化強度が小さく、また長期的なせん断荷重条件下で強度が低下する傾向が見受けられることから、設計・施工上細心の注意が必要と考えられる。

参考文献

1)仲野良紀:軟岩をめぐる諸問題ー泥岩の力学特性ー,Vol.28,No.7,土と基礎,1980.

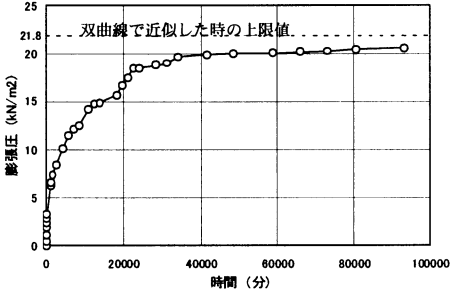
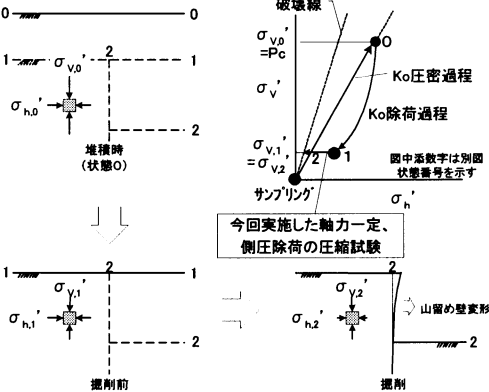


図-2 吸水膨張試験結果



(a)土留め壁背後地盤を想定した載荷経路の模式図

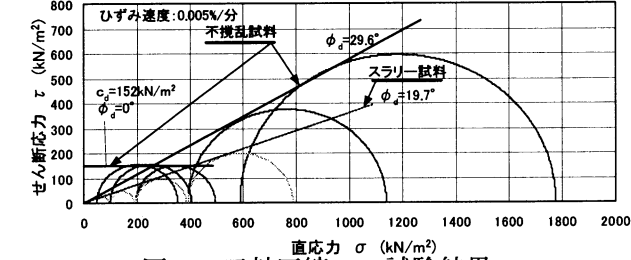
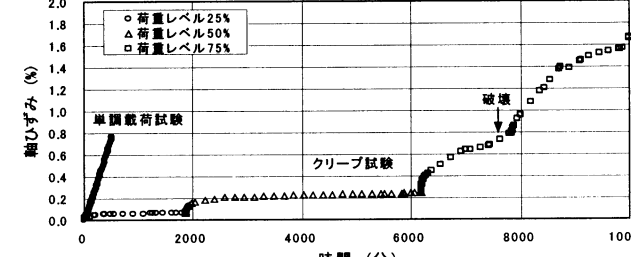
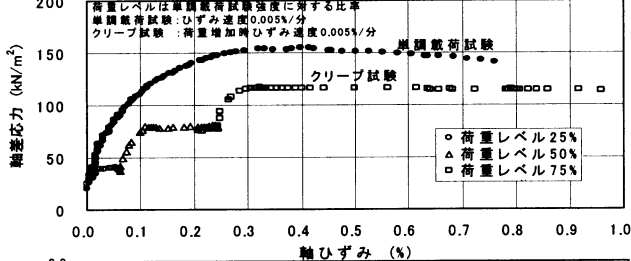


図-3 三軸圧縮(CD)試験結果



(b) 試験結果

図-4 実挙動を模擬した三軸クリープ(CD)試験結果