間隙水圧変動下における初生地すべりを模擬したリングせん断試験

信州大学工学部 正 梅崎健夫,正 河村 隆

三菱マテリアル資源開発(株) 正 辰谷明記

<u>1.はじめに</u> 間隙水圧の変化をせん断中の垂直応力の変化と等価であるとみなすことにより¹⁾,初期 せん断応力が作用したせん断破壊前の状態においてすべり面の粘土が間隙水圧の変化を受ける場合を模擬し たリングせん断試験を実施した.一連の試験結果に基づいて,間隙水圧変動下における初生地すべり粘土の せん断強度特性について考察する.

2.試料および試験方法試料は NSF(B)粘土(G_S =2.726, w_L =73.9%, I_P =40.8)である.試料に純水を加えて液性限界の約2倍の含水比で練り返し,所定の予圧密応力 σ_v =0.85 σ_c (σ_c : 圧密応力)で2日間一次元的に予圧密(3t 150min)した後,環状の供試体(外径100mm,内径60mm,高さ20mm)に成形した.供試体を試験装置に設置し, σ_c = σ_{N0} *(σ_{N0} *: 垂直応力の初期設定値)で60分間圧密(3t 2.2min)して正規圧密状態にした後,表-1に示す一連のリングせん断試験を実施した.せん断中の上下リングの隙間は0.1mm,せん断変位角速度は0.0025rad/min(せん断変位速度0.1mm/minに相当)である.なお,せん断中の垂直応力 σ_N は,供試体とリング周面の摩擦力を考慮したせん断面上の平均的な値として算定している.試験装置の詳細は文献1),2)を参照されたい.

表-1	試験ケ-	ース
-	H	-

Test	$\sigma_{\rm N}^*$ (kN/m ²)	
No.	$[\dot{\sigma}_{\rm N} * ({\rm kN/m^2/min})]$	
A-0 [#]	392 98 392	
	[-1.96] [+1.96]	
A-1##	392 (303) 98	
	[元=一定] [-1.96]	
A-2##	392 (297) 98 392	
	[t=一定] [-0.98] [+0.98]	
B-1##	294 (205)	
	[τ=一定]	
C-1##	294 98	
	[-1.96]	
C-2##	294 98 294	
	[-0.98] [+0.98]	
# 7457		

* :残留状態後(θ=10rad)においてσ_N*を変化
**: ピーク強度前の応力比η_iにおいてσ_N*を変化

A-0 は、 $\sigma_{N0}^*=392$ kN/m²で残留状態までせん断した後($\theta=10$ rad, θ : せん断変位角),設定垂直応力 σ_N^* まで 所定の垂直応力速度 σ_N^* で垂直応力を減少・増加させた試験ケースである.その他の試験ケースは、すべて ピーク強度前の応力比 $\eta_i = \tau_i / \sigma_N = 0.34(\tau_i: 初期せん断応力)$ において垂直応力を変化させた場合であり、A-1、 A-2 および B-1 は一定の初期せん断応力が作用したせん断破壊前の状態において間隙水圧の減少・増加を受 ける初生地すべりを模擬した試験である.ただし、せん断破壊(ピーク強度)までは $\tau_i = -$ 定となるように σ_N^* を制御できるが、その後は σ_N^* を制御できなくなる.A-1 および A-2 はピーク強度後にそれぞれ一定の $\dot{\sigma}_N^*$ で 垂直応力を減少または減少・増加させた試験ケースであり、B-1 はピーク強度後にその時の垂直応力 σ_N^* を一 定に保持したまません断を継続した試験ケースである.さらに、C-1 および C-2 は $\eta_i = 0.34$ から τ_i を一定に制 御することなくそれぞれ一定の $\dot{\sigma}_N^*$ で垂直応力を減少または減少・増加させた試験ケースである.

<u>3</u>. 試験結果および考察 図-1(a)~(c)および図-2(a)~(c)にせん断応力 τ , 垂直応力 σ_N および応力比 $\eta=\tau/\sigma_N$ ~せん断変位角0関係を示す.図-1(c)および図-2(c)に示すように,応力比 η のピーク値および η ~0関 係はそれぞれの試験ケースごとに異なるが,すべての試験ケースにおいてせん断変位が大きくなると η は一 定値に収れんする.すなわち,残留状態においては,それまでのせん断履歴に無関係に,同一の垂直応力 σ_N の場合には同一の残留強度が得られる(図-1(a), A-0 と A-2 参照).

図-3 および図-4 に応力径路を示す.図中に示された正規圧密状態のピーク強度線(c_d=0, φ_d=24.3°)およ び残留強度線(c_r=0, φ_r=12.7°)は,定圧リングせん断試験により別途求めたものである.τ_iを一定に制御 した A-1 と A-2 のピーク強度はいずれも正規圧密状態のピーク強度線よりも若干上方に位置する.しかし,

キーワード:粘土,地すべり,リングせん断試験,強度定数,残留強度,有効応力 連絡先:長野市若里 4-17-1,信州大学工学部社会開発工学科,TEL&FAX:026-269-5291



それほど大きな差はなく,間隙水圧変動下の初生地すべり粘土の破壊強度線としては正規圧密状態のピーク 強度線を用いる方が工学的な安全側の近似としても妥当であると考えられる.次いで,ピーク強度後の応力 径路は,垂直応力速度の違いにより異なるが(図-3,A-1とA-2参照),垂直応力の減少および増加に対して, その後のせん断変位の増加に伴って残留強度線に漸近するように移動する(図-3,A-2参照).また,図-4 に示すように,τ_iを一定に制御していない C-1と C-2の場合においても A-1と A-2の場合と同様の結果が得 られている.さらに,ピーク強度後にその時の垂直応力_{のN}*を一定に保持した B-1の場合においても残留強 度線に達するまでせん断強度は減少する(図-4,B-1参照).一方,残留状態においてせん断を一時停止させ た場合には,自然粘土において強度回復が生じることも別途報告している³⁾.

<u>4.まとめ</u> 得られた主な知見は以下のとおりである.(1)間隙水圧変動下の初生地すべり粘土の破壊強 度線としては正規圧密状態のピーク強度線を用いる方が工学的な安全側の近似としても妥当であると考えら れる.(2)ピーク強度後の間隙水圧の減少および増加に対して,せん断強度はその後のせん断変位の増加に伴 って残留強度線に漸近するように変化する.(3)残留状態に達した場合には,それまでのせん断履歴に無関係 に,残留強度はその時の垂直応力のみで決定される.

【参考文献】1) 鈴木,梅崎,川上,山本:直接型せん断試験における土の残留強度,土木学会論文集,No.645/ -50,pp.37-50,2000.2) 鈴木,梅崎,川上:リングせん断試験における粘土の残留強度とせん断変位の関 係,土木学会論文集,No.575/ -40,pp.141-158,1997.3) 辰谷,梅崎,河村:地下水排除工における地すべ り粘土の残留強度特性(その2),第37回地盤工学研究発表会,2002(投稿中).