

単調および繰り返し一面せん断試験による地山材料の強度評価

名城大学大学院 学生会員 ○湯貫 敬
 名城大学 正会員 小高 猛司
 中部土質試験協同組合 正会員 久保 裕一

1. はじめに

本報では、豪雨により崩落した切土法面を対象として、被災箇所にて採取した試料を用いて実施した一面せん断試験を通して、地山材料の力学特性を検討した結果を示す。被災箇所の地層は、下から砂礫層、シルト層、砂層の順で堆積し、緩勾配の流れ盤を形成しており、シルト層上部は砂層との境界部に滞留する地下水により軟質化していた。崩壊時には、軟質化シルト層と砂層の境界ですべり面を形成したと考えられているが、崩壊前には砂層内での小崩壊も確認されているため、本報では、砂、軟質化シルト、ならびに両者の境界のせん断特性について、一面せん断試験により繰返し載荷による大变位すべりも含めて検討する。

2. 試験条件

図1に一面せん断試験装置を示す。上部せん断箱を固定し、下部せん断箱を水平移動してせん断するが、せん断時には垂直載荷用メガトルクモーターで垂直変位を固定することによって、高精度の定体積せん断が可能となる。表1に試験条件を示す。シルトは現場の含水比に調整して繰返したものをを用いた。砂・シルトの供試体は、シルトの供試体を砂供試体の上に設置した。供試体作製後、供試体を水浸条件下で所定の垂直応力で圧密し、圧密終了後に定体積条件で単調載荷は変位速度 0.2mm/min、水平変位 6mm に達するまで、繰返し載荷の場合は、変位速度 0.5mm/min、片振幅 3mm、繰返し回数 5 回に達するまでせん断を行った。

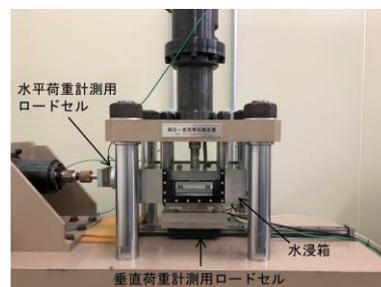


図1 一面せん断試験装置

表1 供試体ならびに試験条件

	直径(mm)	高さ(mm)	湿潤密度 (g/cm ³)	初期含水比 (%)	圧密時間	圧密応力 (kPa)	
砂の供試体	60	20	1.73	12.5	10分	50	
シルトの供試体			1.81	42		100	
砂・シルトの供試体		砂	10	1.73	12.5	24時間	150
		シルト	20	1.81	42		200

3. 試験結果

図2に砂の応力経路、せん断応力～水平変位関係を示す。いずれの圧密応力でも 1mm 以下の水平変位で変相し、塑性膨張を伴う硬化挙動を示した。図3にシルト供試体の試験結果を示す。全ての圧密応力においてせん断初期にはせん断応力が鉛直に立ち上がる弾性的な挙動を示し、せん断応力がピーク値に到達した後は塑性圧縮を伴う軟化挙動を示した。図4に砂・シルト供試体を境界層でせん断した試験結果を示す。50kPaを除いた3つの圧密応力では、ピーク値に到達後、塑性圧縮を伴う軟化挙動を示した。表2に、各試験から得られた強度定数を示す。有効応力に基づくせん断抵抗角 ϕ は、砂、砂・シルト、シルトの順に小さく、粘着力 c は砂の場合 0kPa、砂・シルト、シルトの順で大きい。ただし、シルトおよび砂・シルトの境界層でのせん断強度はいずれも低い値であり、またシルト層上部の軟質化領域の厚さは数 cm と薄いこともあり、すべり面は軟質化したシルト層あるいはそれと砂層との境界面のいずれでも発生した可能性はある。

図5に砂の繰返し一面せん断試験結果を示す。なお、せん断応力が正となる押し側のピーク値5点を用いて、破壊規準線を引いて強度定数を求めた。せん断抵抗角 ϕ は 34.1～35.0° と単調載荷試験の結果とほぼ同じ値となった。これは砂の繰返し載荷一面せん断試験によって、一つの供試体で通常の単調載荷一面せん断試験と同様の強度定数が得られることを示している。また、崩壊切土法面は1割5分（傾斜 34°）程度であ

表2 各試験で得られた強度定数

供試体	単調荷荷				繰返し荷荷		
	有効応力に基づく強度定数		全応力に基づくCU条件の強度定数		圧密応力 (kPa)	せん断抵抗角 ϕ (°)	粘着力 c(kPa)
せん断抵抗角 ϕ (°)	粘着力 c(kPa)	せん断抵抗角 ϕ (°)	粘着力 c(kPa)				
砂	36.2	0	30.0	0	50	35.0	0
					100	34.9	
					150	34.1	
シルト	14.7	20.9	9.7	20.3	100	22.9	13.0
砂・シルト	19.4	8.9	17.3	4.3		28.4	6.6

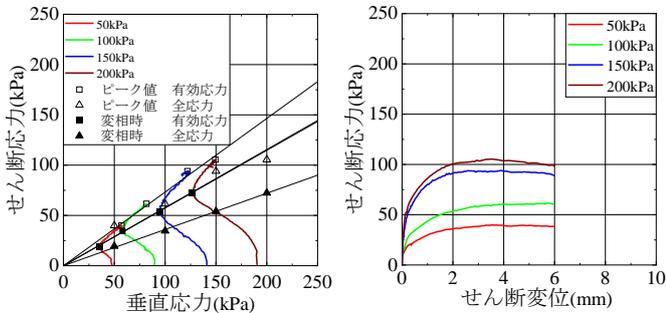


図2 砂供試体の単調荷荷一面せん断試験結果

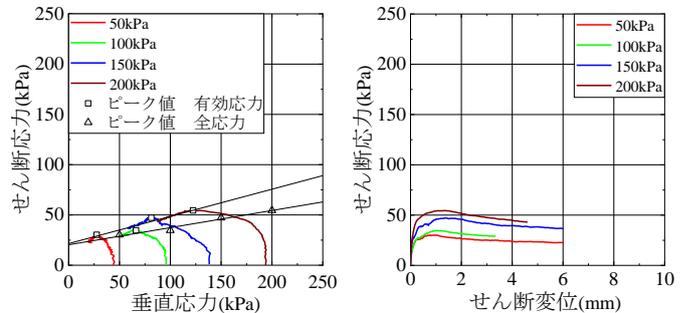


図3 シルト供試体の単調荷荷一面せん断試験結果

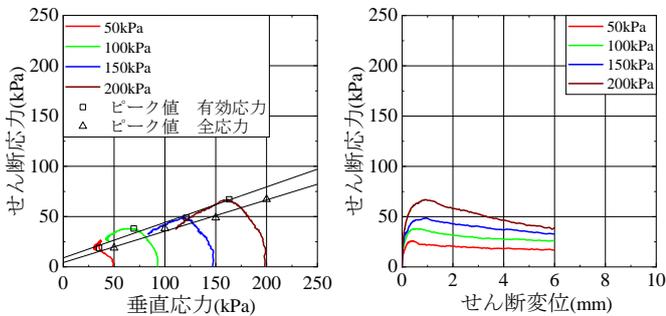


図4 砂・シルト供試体の単調荷荷一面せん断試験結果

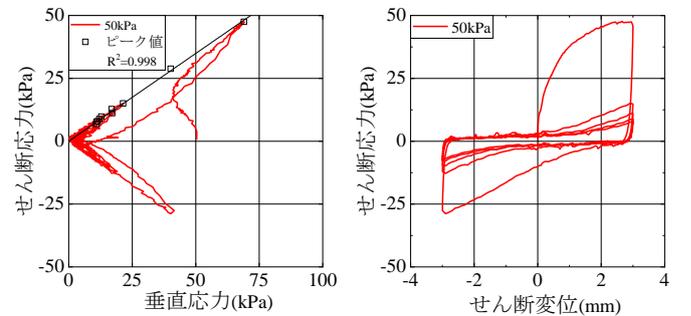


図5 砂供試体の繰返し荷荷一面せん断試験結果

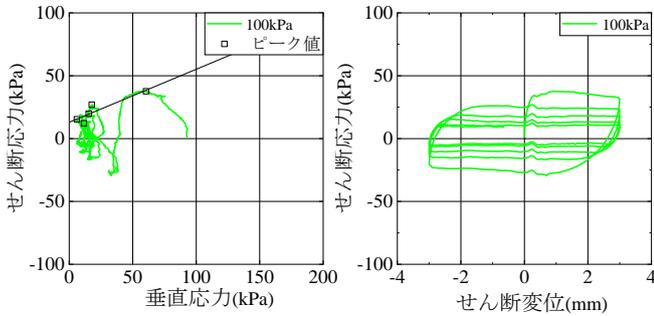


図6 シルト供試体の繰返し荷荷一面せん断試験結果

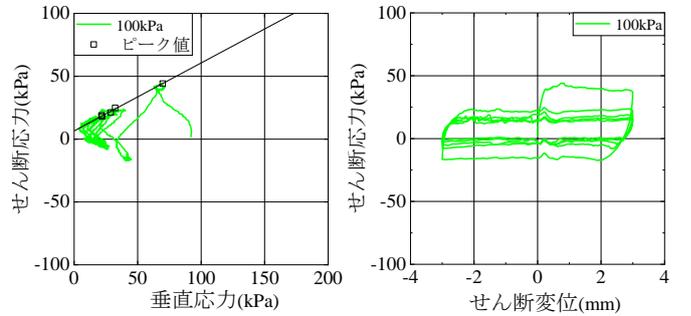


図7 砂・シルト供試体の繰返し荷荷一面せん断試験結果

ったことから、砂層の地下水位が上昇した場合には、砂層表層がまず変状した可能性も十分にある。図6および図7にそれぞれ、シルトおよび砂・シルト供試体の繰返し一面せん断試験結果を示す。有効応力で評価する強度定数に関しては、シルトならびに砂・シルト境界での強度定数は、単調荷荷試験と比べて、せん断抵抗角 ϕ は増加し、粘着力は低下している。これは、繰返しせん断履歴を受けることにより、シルトの特に過圧密性が顕著な低垂直応力領域でのせん断強度が低下したためと考えている。また、シルト層あるいはシルトと砂の境界部での地すべりが発生してからの強度低下に結びつく力学性質を表しているとも考えられる。ただし、試験誤差もあるので、試験数を増やしてさらなる検証を進めたい。

4. まとめ

被災箇所で採取した試料を用いて単調荷荷一面せん断試験を実施した結果、軟質化シルトあるいはそのシルトと砂との境界面がすべり面となった可能性が示された。また、繰返し荷荷試験では、シルト層の繰返しせん断履歴による強度低下が確認され、砂では一つの供試体で強度定数が求められることが示された。