

フジ工業(株)技術研究所

正 員 鎌田 正孝

〃

〃 石井 武美

〃

〃 ○ 藤原 東雄

1 はじめに

筆者らは、数年来大型三軸圧縮試験機(供試体径 $1.2M$ 、高さ $2.4M$ 、試料最大粒径 20ϕ)を用いて、各種の岩石類材料(以下、粗粒材と呼ぶ)および川砂を対象に実験してきた。その結果、粗粒材のせん断特性について、1、2の知見を得たので報告したい。

2. 大型三軸圧縮試験における供試体のせん断特性について

大型三軸圧縮試験(以下、大型と呼ぶ)による粗粒材の応力～ヒズミ曲線の特徴は、小型三軸圧縮試験(以下、小型と呼ぶ)の低側圧によるゆる詰めの砂や、高圧三軸圧縮試験の砂の応力～ヒズミ曲線に非常に類似している傾向にある。すなわち、大型の密な供試体であっても、軸差応力のピークが認められにくいことと同時に供試体の容積変化は収縮側にあり、膨張が起こりにくいことである。すなわち、モールの破壊包絡線は側圧の増加とともに接線の傾きは小さくなり、必ずしも原点を通らず、粘着力成分が認められる。

そこで、大型における供試体のせん断特性について考えてみる。高圧三軸圧縮試験において、せん断特性に影響を与える要因として粒子破碎が考えられるが、粗粒材の大型の場合には、低側圧であっても粒子破碎を無視する事はできないであろう。GRAFFITHによれば、粒子の径が大きくなれば、その粒子の中に含まれる潜在的なフラックの量が増加し、破碎しやすくなるとされている。すなわち、せん断中に応力集中などによって粒子の角がかけやすくなる事は、試験後の粒子の観察等によっても理解できる。表-1にMARSALEの定義による破碎率を載せてあるが、硬質砂岩のA、Bの結果(Aの方が粒径の大きいものが多く、初期の向ヶキ比は同一)は、これらの事を示していると考えられる。一方、粒子破碎だけでは説明できない現象もある。それは初期向ヶキ比が大体同一である大型と小型の砂の供試体の応力～ヒズミ～容積変化曲線の違いから判断できる。砂の実験のような側圧($2\sim 6\text{ kg/cm}^2$)では、砂の粒子破碎はほとんど無視できると考えられるが、それにもかかわらず、大型と小型の間のせん断特性に相違が認められる。そこでこの現象の説明として次のように考えてみる。応力～ヒズミ曲線における軸差応力のピークは、せん断領域における粒子の移動によって生じると言われている。大型において応力のピークが生じないという事は、粒子の移動が起こりにくいからではないだろうか。言い換えれば、大型の場合には、他の要因(例えば効果、端面摩擦、etc)によって、小型のようにせん断前面(小さい領域)で起こるのではなく、ある領域で進行的(連続的)に起こり、このため粒子の移動が容易となり、応力のピークが小さく、かつ容積の膨張が起こりにくくなるのではないだろうか、と考えている。

3. おわりに

各種粗粒材の実験を続けていくが、これまでの実験結果から次のことがわかった。すなわち、岩質によって異なるのは当然であるが、1)せん断中容積変化は収縮側にあり膨張が起こりにくい。2)応力～ヒズミ曲線において応力のピークが小さく、ヒズミの増加とともに応力も漸増する傾向にある。3)モールの破壊包絡線は原点を通らないで粘着成分が現われる傾向にある。4) $2\sim 6\text{ kg/cm}^2$ の側圧でも粒子破碎が起こり、その影響を無視することはできない。今後、数多くの材料および高側圧($10\sim 20\text{ kg/cm}^2$)で実験し、粗粒材のせん断特性を明確にし、実際の地盤中におけるせん断挙動を解析していくつもりである。

これらの実験および検討をするにあたり、当研究室の岩橋、酒見、宮地各位に御協力してもらい感謝します。

表-1 大型三軸壓縮試驗結果一覽表

材料	真比重	壓縮強度 (kg/cm^2)	均等係數 引張強度 最大粒徑	試驗條件	初期 荷重比	σ_3 (kg/cm^2)	ϵ_{af} (%)	ϵ_{vf} (%)	$(\sigma_1 - \sigma_3)_f$ (kg/cm^2)	ϕ_0	ϕ	C (kg/cm^2)	破砕率
密結 凝灰岩	2.61	$\sigma_c = 600 \sim 700$ $\sigma_t = 80 \sim 90$	25.0	UU (乾燥 非排氣)	0.621	2.0	7.5	-1.95	8.6	43°02'	34°54'	0.96	7.67
					0.621	4.0	10.0	-3.10	15.2	40°55'			8.03
					0.611	6.0	10.4	-4.35	19.3	38°04'			7.09
				UU (乾燥 非排氣)	0.434	2.0	6.5	-0.55	11.2	47°28'	37°34'	1.26	6.01
					0.466	4.0	7.0	-2.40	17.8	44°20'			11.31
					0.466	6.0	8.5	-3.15	23.7	41°36'			12.02
玄武岩	2.67	1600 ~3400 200~300	8.0 200 ^{mm}	CD	0.52	2.0	10.2	-2.10	6.30	37°43'	38°30'	0	
					0.53	4.0	11.5	-5.20	14.30	39°54'			12.3
					0.54	6.0	14.0	-6.40	18.20	37°01'			0.6
千石ト	2.66	800 ~1100 80~120	10.0	CU	0.396	2.0 (3.03)	9.1		11.77	48°45' (41°25')	35°34' (37°18')	1.65 (0.80)	9.5
					0.410	4.0 (4.96)	10.0		18.27	43°50' (40°24')			6.4
					0.383	6.0 (6.38)	12.4		22.59	40°42' (39°43')			12.9
			100 ^{mm}	CD	0.375	2.0	5.1	+1.05	13.26	52°26'	38°04'	1.80	6.2
					0.398	4.0	5.9	-0.36	20.40	45°51'			5.5
					0.346	6.0	5.8	-1.27	26.00	43°10'			12.9
安山岩質 火山碎屑物	2.67		75.0 60 ^{mm}	CD (乾燥 ・排氣)	0.792	2.0	8.9	-3.50	8.35	42°32'	37°20'	0.60	
					0.826	4.0	12.7	-5.57	13.12	38°24'			
					0.766	6.0	10.0	-5.27	20.46	39°04'			
硬質 砂岩	2.67	3100 ~3200 170~190	6.5 200 ^{mm}	CD	0.420	2.0	8.84	-0.04	12.40	49°07'	37°35'	1.48	18.6
					0.435	4.0	12.15	-3.02	18.20	44°02'			16.3
					0.405	6.0	14.36	-4.18	24.90	42°27'			22.6
			6.7 200 ^{mm}	CD	0.405	2.0	10.54	-0.55	10.90	47°03'	37°01'	1.31	9.3
					0.413	4.0	11.27	-1.95	18.21	44°02'			8.8
					0.420	6.0	11.73	-4.15	23.00	41°04'			6.9
			3.1 50 ^{mm}	CD	0.545	2.0	9.10	+2.90	9.71	45°04'	34°15'	1.30	
					0.517	4.0	14.33	-1.86	15.98	41°46'			
					0.534	6.0	15.06	-4.66	19.97	38°41'			
			6.7 200 ^{mm}	CD	0.355	2.0	6.10	+0.32	14.01	51°05'	39°09'	1.55	
					0.376	4.0	6.57	-0.77	18.87	44°35'			
					0.358	6.0	11.36	-1.49	27.68	44°16'			
砂	2.75		2.1 1.0 ^{mm}	CD (乾燥 ・排氣)	0.794	2.0	9.13	-0.28	7.54	40°47'	33°56'	0.58	
					0.796	4.0	10.49	-1.83	11.74	36°30'			
					0.793	6.0	12.98	-3.81	17.67	36°33'			