

Ⅲ - A39

礫質土の三軸圧縮試験法に関する研究

大成建設 正会員 宮上正男
熊本大学工学部 正会員 北園芳人

1. まえがき

粗礫、岩砕等を含む土質材料の締固め密度、せん断強度を簡易に推定する方法については、これまでに種々研究されてきている。既往の研究¹⁾では、「礫混入率 $\beta \leq 30\%$ の範囲では Walker-Holtz の補正法が適用可能であるが、それ以上になるとその適用性が悪くなる」と言われている。またロック材料等の礫材料に対しては有効間隙比法という考え方²⁾もあるが、細粒分を含んだ材料にはその適用が難しくなる。ことから分かるように、 $\beta > 30\%$ の礫質土材料をどのように取り扱うかという点は、課題として残されたままである。

そこで本研究では、礫質土に対して β の高い範囲までを包括した形の簡易なせん断強度推定法の提案を目的として、試験粒度に着目した三軸圧縮試験を行った。

2. 試験方法

土の物理的・力学的性質は、礫分を含むことによって当然変化することが予想される。そこで今回は、 $\beta \leq 30\%$ の土質材料を取り扱う場合と同様に、 $\beta > 30\%$ についても Walker-Holtz 法を適用することを基本として、試験粒度に着目し供試体中に原粒度の礫分を考慮することにした。三軸圧縮試験には、標準三軸圧縮試験機を用いた。また試験粒度区分は、標準三軸圧縮試験に供することができる最大粒径 $D_{\max}$ を9.5mmと設定し、Walker-Holtz 法の適用に際して、粒径2.0～9.5mmは礫分、2.0mm未満は細粒分とした。原粒度の礫混入率 β が50%、70%で、均等係数 U_c が大(約500)、小(約33)という粒度分布を有する材料を仮定し、試料を① $D_{\max}=9.5\text{mm}$ の相似粒度状態、② $D_{\max}=9.5\text{mm}$ のせん頭粒度状態、③ $D_{\max}=2.0\text{mm}$ のせん頭粒度状態に調整した。表-1は、調整試料の種類とそれらの主な物理的性質を示したもので、図-1には、代表例としてNO.3、NO.4試料の $\beta=50\%$ 状態の粒径加積曲線を示す。①の相似粒度の供試体作製に際しては、試料を任意の含水比に

調整し、それを標準の締固めエネルギーを超えないエネルギーで締固め、得られた乾燥密度 ρ_d に Walker-Holtz の補正式を適用し、②③のせん頭粒度状態の供試体乾燥密度を算出した。

キーワード：礫質土、三軸試験、粒度

〒160 東京都新宿区西新宿 1-25-1, TEL. 03-3348-1111

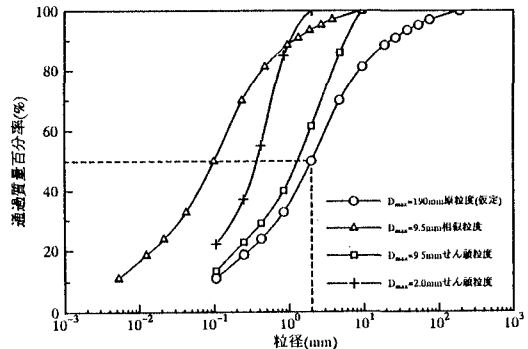
〒860 熊本市黒髪 2-39-1, TEL. 096-342-3540, FAX. 096-342-3507

表-1 試料の種類と物理的性質

試料名	原粒度 $\beta(\%)$	調整試料 $\beta(\%)$	ρ_s ^{*)1} Q ^{*)2}	土粒子密度 $\rho_s(\text{g/cm}^3)$	均等係数 U_c	塑性指数 I_p	土の分類
NO.1	50	粗 似 ^{*)3}	2.762. 5.0	2.677	546.7	12.0	SM
		せん頭9.5 ^{*)4}		2.717	380.0	16.6	SM
		せん頭2.0 ^{*)5}		2.688	134.5	17.5	SM
	70	粗 似		2.711	451.9	12.0	SM
		せん頭9.5		2.717	380.0	16.6	SM
		せん頭2.0		2.688	134.5	17.5	SM
NO.2	50	粗 似	2.648. 9.6	2.670	546.7	12.0	SM
		せん頭9.5		2.672	380.0	16.6	SM
		せん頭2.0		2.688	134.5	17.5	SM
	70	粗 似		2.674	451.9	12.0	SM
		せん頭9.5		2.672	380.0	16.6	SM
		せん頭2.0		2.688	134.5	17.5	SM
NO.3	50	粗 似	2.762. 5.0	2.676	31.6	13.7	SW
		せん頭9.5		2.723	26.8	13.4	SP-SM
		せん頭2.0		2.696	14.0	13.4	SM
	70	粗 似		2.700	33.3	13.4	SM
		せん頭9.5		2.734	16.6	14.0	SP
		せん頭2.0		2.707	7.0	12.7	SP-SM
NO.4	50	粗 似	2.648. 9.6	2.669	31.6	13.7	SW
		せん頭9.5		2.679	26.8	13.4	SP-SM
		せん頭2.0		2.696	14.0	13.4	SM
	70	粗 似		2.679	33.3	13.4	SM
		せん頭9.5		2.679	16.6	14.0	SP
		せん頭2.0		2.707	7.0	12.7	SP-SM

*)1 礫の密度(g/cm^3)

*)2 礫の吸水率(%)

)3 $D_{\max}=9.5\text{mm}$ の相似粒度)4 $D_{\max}=9.5\text{mm}$ のせん頭粒度*)5 $D_{\max}=2.0\text{mm}$ のせん頭粒度図-1 粒径加積曲線(NO.3、NO.4 試料、 $\beta=50\%$)

3. 試験結果

礫混入率 β ごとの試験結果(No. 1 試料)を有効応力で表示したものが図-2 ($\beta=50\%$)と図-3 ($\beta=70\%$)である。相似粒度(実線)と $D_{\max}=9.5\text{mm}$ のせん頭粒度(破線)の切片は少し異なるが、傾きはほぼ同一とみなすことができる。一方、 $D_{\max}=2.0\text{mm}$ のせん頭粒度(一点鎖線)は両者とは異なっている。粗粒度の材料の試験には一般に相似粒度を用いた試験が行われる³⁾ので、相似粒度状態の強度特性が、原粒度の強度特性を示しているものとして、両せん頭粒度試料の結果と相似粒度試料の結果を比較してみる。ここでは、 c' が小さいので ϕ' だけに着目した精度検証を行った。表-2 ($\beta=50\%$)と表-3 ($\beta=70\%$)にその結果を示す。試料種類によって多少のばらつきも見られるが平均値で整理すると、 $\beta=50\%$ の場合では $D_{\max}=9.5\text{mm}$ で96.7%、 $D_{\max}=2.0\text{mm}$ で76.1%、 $\beta=70\%$ の場合では $D_{\max}=9.5\text{mm}$ で97.1%、 $D_{\max}=2.0\text{mm}$ で76.1%という結果を得た。以上の結果を見ると、せん頭粒度材料に対して同じようにWalker-Holtz法を適用する場合にも、その最大粒径を変えることで結果も異なっていることが分かる。すなわち、 $D_{\max}=9.5\text{mm}$ のせん頭粒度試料を用いると極限的な土のせん断強さだけを取り扱う場合にはWalker-Holtz法による補正法を $\beta=70\%$ にまで拡張できることが判明した。

4. まとめ

礫質土の強度定数を推定する方法として、標準三軸試験機で許容される礫分を加えた $D_{\max}=9.5\text{mm}$ のせん頭粒度試料を用いると、礫混入率70%までWalker-Holtz法の適用できる可能性があるといえる。さらに、試料の調整法としても、 $D_{\max}=9.5\text{mm}$ のせん頭粒度試料は比較的簡易な方法

である。今後は、できるだけ原粒度に近い試料との比較や試料の種類を増やして検証する必要がある。

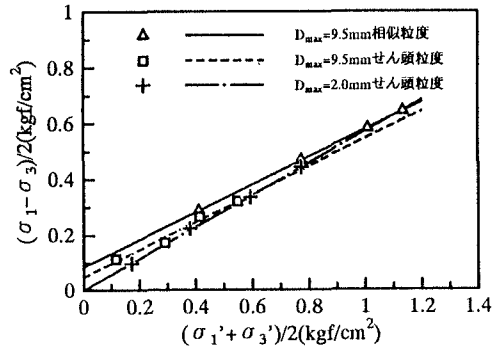


図-2 破壊点と破壊線(No. 1 試料, $\beta=50\%$)

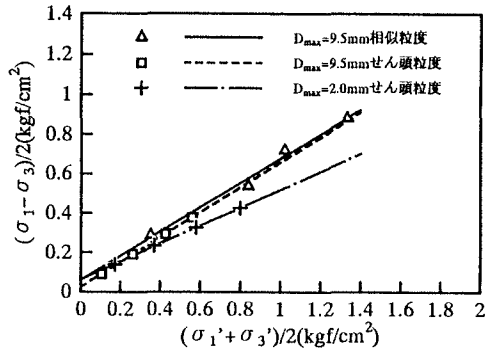


図-3 破壊点と破壊線(No. 1 試料, $\beta=70\%$)

表-2 精度検証結果($\beta=50\%$)

試料名	相似 ^{*6}	せん頭9.5 ^{*7}	せん頭2.0 ^{*8}	精度 (%)		平均精度 (%)	
	$\tan \phi'$	$\tan \phi'$	$\tan \phi'$	せん頭9.5 ^{*7}	せん頭2.0 ^{*8}	せん頭9.5 ^{*7}	せん頭2.0 ^{*8}
NO. 1	0.568	0.575	0.695	98.8	77.6	96.7	76.1
NO. 2	0.632	0.667	0.618	94.5	97.8		
NO. 3	0.649	0.642	0.735	98.9	86.7		
NO. 4	0.545	0.575	0.860	94.5	42.2		

表-3 精度検証結果($\beta=70\%$)

試料名	相似 ^{*6}	せん頭9.5 ^{*7}	せん頭2.0 ^{*8}	精度 (%)		平均精度 (%)	
	$\tan \phi'$	$\tan \phi'$	$\tan \phi'$	せん頭9.5 ^{*7}	せん頭2.0 ^{*8}	せん頭9.5 ^{*7}	せん頭2.0 ^{*8}
NO. 1	0.787	0.818	0.514	96.1	65.3	97.1	76.1
NO. 2	0.979	0.920	0.695	94.0	71.0		
NO. 3	0.735	0.727	0.566	98.9	77.0		
NO. 4	0.759	0.754	0.827	99.3	91.0		

^{*6} $D_{\max}=9.5\text{mm}$ の相似粒度 ^{*7} $D_{\max}=9.5\text{mm}$ のせん頭粒度 ^{*8} $D_{\max}=2.0\text{mm}$ のせん頭粒度

参考文献

- 1)伊藤他:礫分を混入する締固め土の先行圧縮応力と強度の推定, 土木学会論文集, No. 439, pp. 27-36, 1991
- 2)赤司他:ロック材料の間ガキ比に関する一考察, 第14回土質工学研究発表会講演集, pp. 333-336, 1979
- 3)土質工学会:土質基礎工学ライブラリー32 設計における強度定数-c、 ϕ 、N値一, p. 171, 1990