

神戸大学大学院 学生員 ○飯田 光
 鹿島建設㈱ 正会員 秋田 伸
 JR九州 藤原 直紀
 神戸大学工学部 正会員 軽部 大蔵

【はじめに】ロックフィルダムなど粗粒材料を用いた土木構造物が数多く建設されており、その用途に応じて様々な粒度に配合されている。これまで大小2種類の相似粒度試料を用いたCD三軸試験より粗粒材料の強度特性について検討を行ってきた^{1), 2)}。その結果、母岩および初期相対密度が同一の相似粒度間に生じる強度差は、粒子形状の及ぼす影響が他の要因と比較して大きいことが明らかになっている。本報告では粒径間の粒子形状が同一で、粒度分布形の異なる試料を用いてCD三軸試験を行い、粒度組成と相対密度が強度特性に及ぼす影響について検討した。

【試料および試験方法】試料は花崗岩質のクラッシャーランで、4種類の粒度分布形を目標に粒度調整を行った。その一つは豊浦砂の相似粒度で、最大・最小粒径(mm)が(13.2, 4.75)・(4.75, 1.70)の試料をそれぞれ大粒径・小粒径試料とし、その相似比は1:3である。図1に試料の粒度曲線を、表1に粒度特性を示す。試料の粒子形状を評価するにあたり、巨視的に粒子の立体的な形状を表すZinggの分類を用い、その定量化方法は無作為に抽出した粒子100個の扁平率・伸張率の平均値で代表させた。表2は大・小粒径試料の粒子形状についてまとめたものである。この結果、花崗岩質試料において大小粒径間に形状差は見られなかった。よって今回用いた粒度分布間での試料粒子の形状はほぼ同じとみなす。

CD三軸試験の供試体寸法は直径100mm・高さ200mmである。供試体はその初期条件の違いより、相対密度一定および間隙比一定の各条件で作製した。相対密度一定では試料ごとに相対密度90%を目標とし、間隙比一定では大粒径試料(D_{50} :7.50mm・ U_c :1.4・ U_c' :1.0)の相対密度90%時の間隙比を目標に各試料で供試体を作製した。軸圧縮過程はひずみ制御による側圧一定の両面排水条件で行い、ひずみ速度は0.2%/minとした。試験中の粒子破砕量を評価するため、三軸試験後粒度試験を行った。

【結果および考察】相対密度一定での試験結果として、図2(a)に最大粒径が同一の試料の破壊時側圧～せん断抵抗角 ϕ_d およびダイレイタンシー補正されたせん断抵抗角 ϕ_r の関係を、図2(b)に破壊時側圧～ダイレイタンシー係数 D_f の関係を示す。図2(a)で黒塗り記号が ϕ_d 、白抜き記号が ϕ_r である。図2(a)より、低側圧域においては各粒度間で ϕ_d に差が見受けられるが、側圧の増加とともに ϕ_d は接近し、294kPaにおいてほぼ同一の値を示した。また、 ϕ_r は試料の初期粒度分布形によらず任意の側圧に対して同じ傾向を示している。図2(b)より D_f は分布形によって異なり、側圧に対する D_f の傾向は ϕ_d とほぼ同じであるから、粒度分布間の強度差は D_f の差として表れている。

Hiroshi IIDA, Shin AKITA, Naoki FUJIWARA, Daizo KARUBE

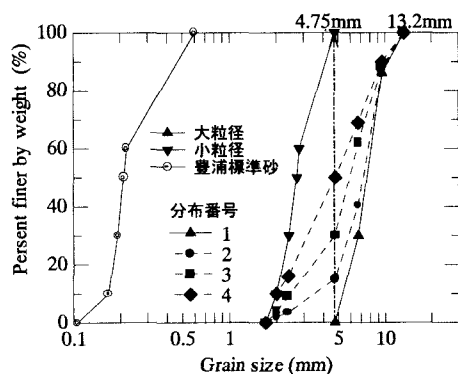


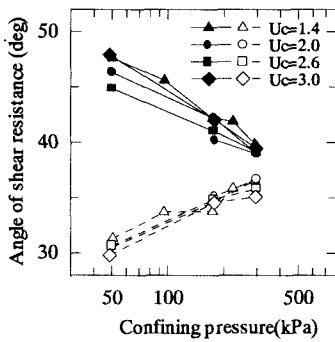
図1 試料の粒度曲線

表1 試料の粒度特性

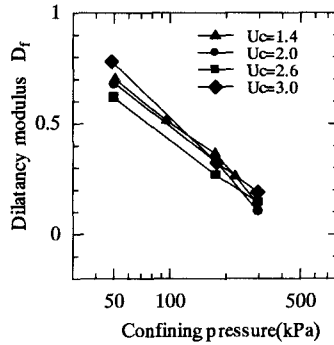
分布番号	D_{50} (mm)	U_c	U_c'
1	2.70	1.4	1.0
	7.50	1.4	1.0
2	7.24	2.0	1.2
3	5.97	2.6	1.4
4	4.75	3.0	1.0

表2 U_c :1.4 試料粒子の形状

試料	扁平率	伸張率
大粒径試料	0.7997	0.7879
小粒径試料	0.8104	0.8075



(a) $\sigma_3 \sim \phi_d, \phi_r$



(b) $\sigma_3 \sim D_f$

図2 最大粒径同一試料の強度成分
(相対密度一定試験)

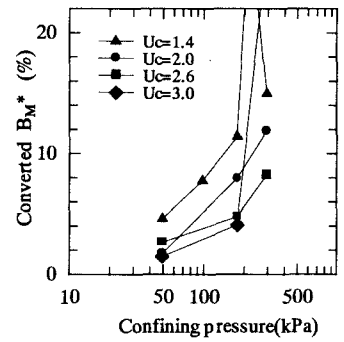


図3 側圧～換算 B_{M^*} の関係
(相対密度一定試験)

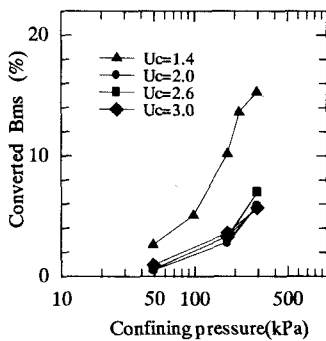


図4 側圧～換算 B_{ms} の関係
(相対密度一定試験)

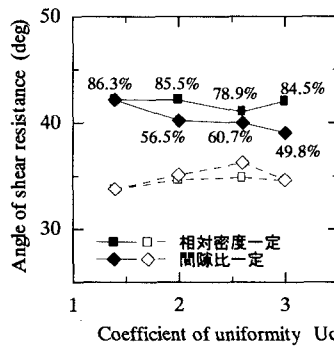
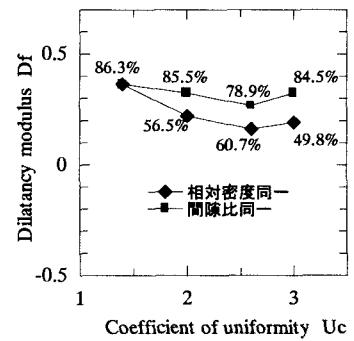


図5 最大粒径同一試料の均等係数 U_c ～強度定数の関係
(側圧は 176.4kPa で統一)



粒子破碎特性について、定量化には石井の提案した $B_M^{*3)}$ と最小ふるい通過率を用いた。図3に相対密度一定での試験時側圧～軸ひずみ20%時換算修正破碎率 $B_M^{*1)}$ 、図4に試験時側圧～軸ひずみ20%時換算最小ふるい通過率 $B_{ms}^{1)}$ の関係を示す。図3・4より、 U_c が小さい試料ほど破碎量が多いことが確認できる。つまり、粒度間で粒子破碎率が異なるにもかかわらず側圧に対する ϕ_r は同じ傾向を示していることから、今回の側圧の範囲内において、母岩および初期相対密度が同一であれば破壊時強度より得られる ϕ_r は粒度組成や粒子破碎の影響を受けないと考えられる。

間隙比一定での試験結果として、図5(a)に最大粒径同一試料の均等係数 $U_c \sim \phi_d, \phi_r$ の関係を、図5(b)に $U_c \sim D_f$ の関係を示す。図中の数字は各供試体の初期相対密度を表す。なお間隙比一定試験では、側圧による影響を除去するため、側圧を176.4kPaに統一して行った。図5より、 ϕ_d と D_f は相対密度と概ね良い相関性を示していることが分かる。 ϕ_r は相対密度によらずほぼ一定の値を示した。以上より、 ϕ_r は粒度分布や粒子破碎の影響以外にも、相対密度の影響も受けない材料固有の強度成分であることが確認された。したがって、任意の側圧で生じる同一材料間の強度差はダイレイタンス特性として表れるものと考えられる。

【参考文献】1) 鶴ヶ崎他: 粗粒材料のせん断強度に及ぼす供試体形状の影響と粒子破碎特性について, 土木学会第50回年次学術講演概要集, 第3部(A), pp.336-337, 1995. 2) 軽部・野並他: 相似粒度に調整した粗粒材料の強度特性に及ぼす粒子形状と粒子破碎の影響, 土木学会論文集, No.617, III-46, pp.201-211, 1999. 3) 石井: 粗粒材料の粒子破碎と強度特性, 粗粒材料の変形・強度特性とその試験法に関するシンポジウム発表論文集, 土質工学会, pp.141-148, 1985.