

Ⅲ-A28

粗粒土の強度の側圧依存性に及ぼす粒子形状と粒子破碎の影響

神戸大学大学院 学 秋田 伸 応用地質(株) 正 野並 賢
 神戸大学工学部 正 加藤正司 神戸大学大学院 正 髙部大蔵

はじめに：これまでに、ロックフィルダムや海中ケーソンの基礎など、粗粒材料を用いた構造物が数多く建設されている。その材料特性の一つである強度の側圧依存性は、構造物の設計に考慮される必要性が指摘されている¹⁾。しかし、側圧依存性の影響因子については、未解明な部分が多いのが現状である。そこで本報告では4種類の試料を用いて任意の側圧下で三軸CD試験を行い、粒子形状と粒子破碎特性が側圧依存性に及ぼす影響を検討した。

試料および試験方法：試料は流紋岩質と花崗岩質の2種類の礫試料およびガラスビーズと六角ナットである。礫試料は大・小2種類の相似粒度試料で、大粒径試料は $D_{50}:7.5\text{mm} \cdot U_c:1.4 \cdot U_c':1.0$ 、小粒径試料は $D_{50}:2.7\text{mm} \cdot U_c:1.4 \cdot U_c':1.0$ である。面載荷試験による圧裂強度は流紋岩質試料の方が大きい。粒子形状は流紋岩質試料の方が角張っている。六角ナットは対角長 $2.5\text{mm} \cdot$ 厚さ 2.0mm の真鍮製であり、ガラスビーズの粒子形状はほぼ球形で粒径 1mm である。また、六角ナット・ガラスビーズ共に非常に堅いため、三軸CD試験後の粒子破碎は見られなかった。試料の粒子形状と強度特性を表1にまとめる。表1に示す4種類の試料の特徴を組み合わせ、粒子形状と粒子破碎特性の影響を検討する。

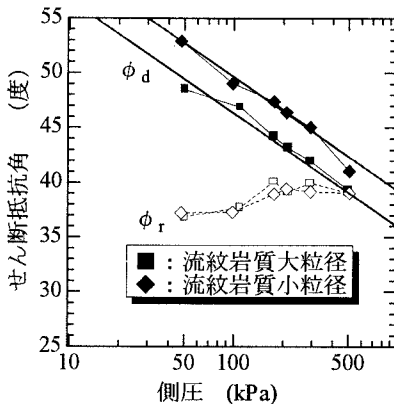
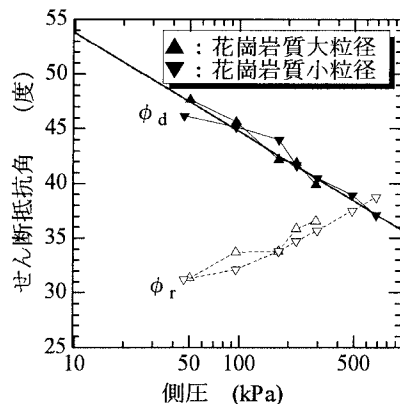
三軸試験について、礫試料およびガラスビーズ

は直径 $100\text{mm} \times$ 高さ 200mm の供試体を用い、六角ナットは直径 $50\text{mm} \times$ 高さ 100mm の供試体を用いた。全ての供試体で初期相対密度を90%程度に設定している。軸圧縮過程は $0.4\%/min$ のひずみ制御により、側圧一定の両面排水条件で行った。

表1 試料粒子の形状と強度

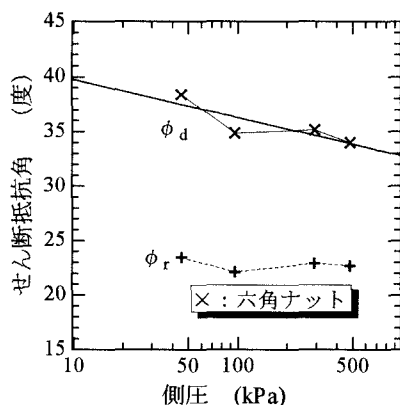
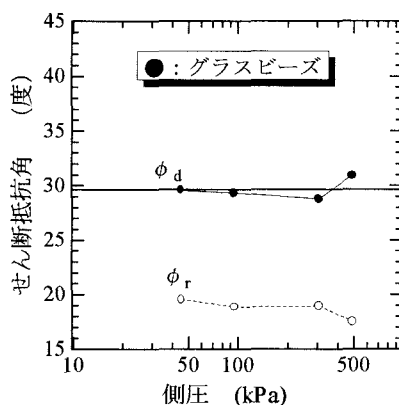
試料	粒子形状	圧裂強度	粒子破碎性
流紋岩質試料	角張っている	大	やや有り
花崗岩質試料	やや角張っている	小	有り
六角ナット	やや角張っている	破碎せず	無し
ガラスビーズ	ほぼ完全な球状	非常に大	無し

結果の整理および考察：図1から図4に、各試料の破壊時側圧～せん断抵抗角 ϕ_d およびダイレイタンス補正されたせん断抵抗角 ϕ_r の関係を示す。図中黒塗り記号は ϕ_d で、白抜き記号は ϕ_r である。また、図5に礫質大粒径試料の破壊時側圧～軸ひずみ20%時の換算最小ふり通過率²⁾の関係を、図6に流紋岩質試料の破壊時側圧～換算最小ふり通過率の関係を示す。図1から図4の各図中に示す実線は最小二乗法により決定された。これらの結果より、ガラスビーズ、六角ナット、花崗岩質試料、流紋岩質試料の順に実線の傾き

図1 流紋岩質試料の $\sigma_3 \sim \phi_d, \phi_r$ の関係図2 花崗岩質試料の $\sigma_3 \sim \phi_d, \phi_r$ の関係

キーワード：粗粒土、側圧、せん断強さ、粒子形状、粒子破碎

連絡先：〒657-8501 神戸市灘区六甲台町1-1、TEL：078-803-6281、FAX：078-843-6069

図3 六角ナットの $\sigma_3 \sim \phi_d, \phi_r$ の関係図4 グラスビーズの $\sigma_3 \sim \phi_d, \phi_r$ の関係

が大きくなっている。また、**図1**の流紋岩質試料で粒度の違いによる強度差が生じているが、その原因については別途検討している³⁾。まず、粒子形状の側圧依存性に対する影響について検討する。粒子形状のみに違いがあると考えられるガラスビーズ(**図4**)と六角ナット(**図3**)の側圧依

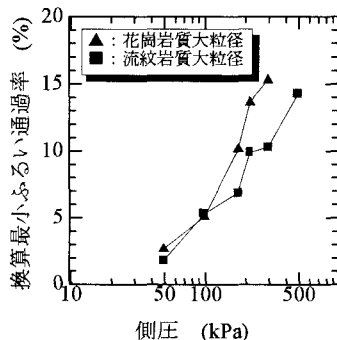


図5 礫質大粒径試料の側圧～破砕率の関係

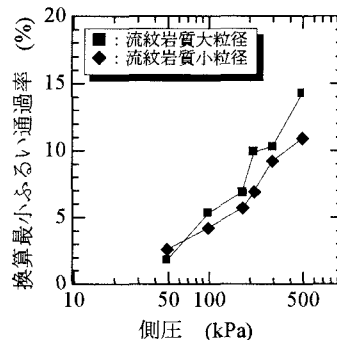


図6 流紋岩質試料の側圧～破砕率の関係

存性の程度を比較すると、ガラスビーズに側圧依存性は認められないが、六角ナットには礫試料(**図1,2**)と比べると僅かであるが側圧依存性が見られる。したがって、粒子形状は側圧依存性に影響を与えており、粒子が角張っているものほど影響が大きいことがわかる。

次に、粒子破碎の影響について検討する。粒子の角張り度合がほぼ同一な六角ナット(**図3**)と花崗岩質試料(**図2**)を比較すると、花崗岩質試料の方が側圧依存性の程度は大きくなっており、粒子破碎の影響をうかがわせる。ここで、粒子破碎が側圧依存性に影響を与えているのならば、粒子破碎量と側圧依存性の程度の間に正の相関性があると予想される。しかし、**図5**に示すように、花崗岩質試料の方が粒子破碎量は大きいにもかかわらず、側圧依存性は流紋岩質試料の方が大きい。これは、ダイレイタンシー補正されたせん断抵抗角 ϕ_r が粒子破碎に消費したエネルギーを含んでおり、粒子破碎の著しい花崗岩質試料は側圧が上がるにつれて ϕ_r が大きくなり、結果的に粒子破碎がせん断抵抗角 ϕ_d に与える影響は目立たなくなるため、および流紋岩質試料の方が角張っているための双方が考えられる。

また、**図1,2**より、大・小粒径試料間で ϕ_d と $\log \sigma_3$ の傾きはほぼ同一であることがわかる。したがって、相似粒度試料では**図6**に示すように粒度差に起因する粒子破碎率が異なっても、側圧依存性に影響を与えないことがわかる。この結果は、相似粒度試料を用いて実材料のせん断強度を推定する上で、有用であると考えられる。

参考文献：1) Charles J.A. and Soares, M.M. :Stability of compacted rockfill slopes, Geotechnique, Vol.34, No.1, pp.61-70, 1984
2) 鶴ヶ崎他：粗粒材料のせん断強度特性に及ぼす供試体形状の影響と粒子破碎特性について、第50回土木学会年次学術講演概要集、第3部(A), pp336～337, 1995. 3) 野並他：粗粒材料のせん断強度特性に及ぼす粒子破碎と粒子形状の影響、第33回地盤工学研究発表会講演概要集、pp37～38, 1998. 4) 粗粒材料の現場締め固め、地盤工学会、1990.