

破砕性が異なる粗粒材料の強度・変形特性の比較

徳島大学工学部 正 会 員 山上拓男
仁田ソイロツク(株) 正 会 員 安芸浩資
(株)四電技術コンサルタント 正 会 員 〇斎藤 和
徳島大学大学院 学生会員 北川聡美・神田幸正

1. はじめに 筆者らの研究目的は、相似粒度・せん頭粒度の概念を用いて原位置の強度特性のみならず変形特性をも推定し得る方法を確立することである。本報告では、その一段階として、相似粒度に調整された粗粒材料に対して三軸圧縮試験を実施し、試験結果から最大粒径の違いが強度・変形特性に及ぼす影響を検討する。試料として、粒子破砕がほとんど生じない河床砂礫と、破砕性に富むまさ土の2種類を用いた。また、これら両試料の主な違いである粒子破砕の程度の差が試験結果に及ぼす影響についても言及する。

2. 試料および供試体作製方法 本研究で用いた試料のうち、河床砂礫は徳島県阿南市那賀川河口右岸において、まさ土は香川県大川郡白鳥町にて採取した。これらを粒径22.4mmから0.212mmまでの計18粒度階にふるい分け、最大粒径 $D_{max}=22.4\text{mm}$ 、19.1mm、13.2mmおよび9.52mmの相似粒度になるように配合した。それらの粒径加積曲線を図-1に、物理特性を表-1に示す。供試体作製においては、試料を二つ割りモールド内に3層に分けて投入し、設定した密度になるように、重りによる静置を行った。目標密度は、河床砂礫では有効間隙比¹⁾が0.36、まさ土では0.60とした。これらの密度はともに相対的に密な状態である。

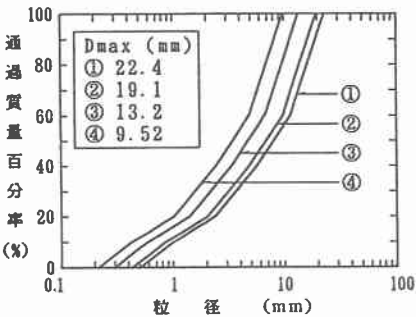


図-1 粒径加積曲線

表-1 物理特性

シリーズ名	①	②	③	④
最大粒径 D_{max} (mm)	22.4	19.1	13.2	9.52
均等係数	11.3	11.3	11.3	11.3
曲率係数	1.19	1.19	1.19	1.19
合成比重	河床砂礫	2.628	2.631	2.641
	まさ土	2.508	2.527	2.552

3. 試験方法²⁾ 供試体の直径 d と高さ D_{max} の比を各粒度間で統一させるために、直径 d を12cm、10cm、7cmおよび5cmの4種類とした。また、供試体を一様に変形させるための方策として、摩擦軽減層（テフロンシート1枚とシリコングリスを塗布したゴム膜2枚を重ねたもの）を上下端面に設置し、さらに供試体の直径 d と高さ h の比を1.05とした。ところで、粗粒材料の三軸試験における測定上の問題として、ゴムスリーブの貫入による体積変化の測定誤差とベディングエラー³⁾が考えられる。本研究では、前者に対してはレーザ式変位計を、後者に対しては後藤らが開発したLD T³⁾をそれぞれ用いることにより対処した。なお、載荷ピストンの移動量による軸ひずみの測定も行っている。試験条件は飽和圧密排水で、せん断速度は0.1%/minである。有効拘束圧は、河床砂礫では1.0、2.0および3.0kgf/cm²であり、まさ土では0.5、1.0、1.5、2.0および2.5kgf/cm²である。

4. 軸ひずみの補正 LD Tによる軸ひずみの測定範囲には限界（本試験では軸ひずみ約3%）があるため、それ以降の軸ひずみは外部軸ひずみ（載荷ピストンの移動量から得られるもの）を補正した値を用いることとした。本実験では、LD Tから得られた軸ひずみ ϵ_1 と外部軸ひずみ ϵ_1' との差 $(\epsilon_1' - \epsilon_1)$ はベディングエラーによるものと考えられる。そこで、まず、 $(\epsilon_1' - \epsilon_1)$ と $(\sigma_1 - \sigma_3)$ の関係を求めた。その一例を図-2に示す。図中、点線で表されるのが実験値である。これら実測値に対して直線近似をすることにより、実験から得られなかった高い応力レベルでの $(\epsilon_1' - \epsilon_1) \sim (\sigma_1 - \sigma_3)$ 関係を推定した。そして、この関係から大きいひずみレベルまでの応力-ひずみ関係を各試験ごとに求めた。

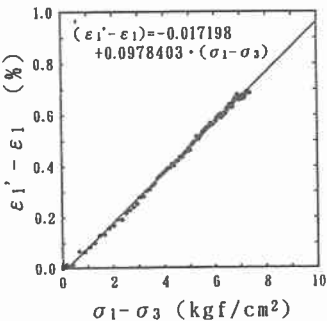
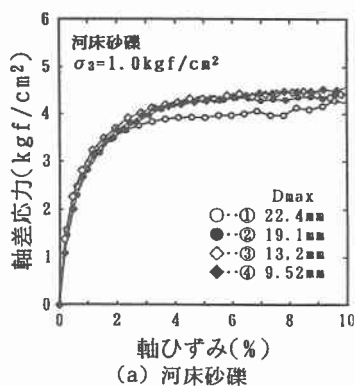
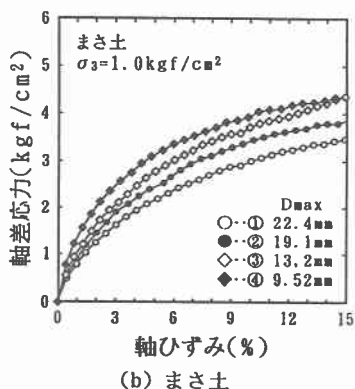


図-2 $(\epsilon_1' - \epsilon_1) \sim (\sigma_1 - \sigma_3)$ 関係

5. 試験結果の検討 応力一ひずみ関係 ($\sigma_3=1.0\text{kgf/cm}^2$) を図-3(a), (b) に示す。河床砂礫の場合、最大粒径の違いによる応力一ひずみ曲線の差異はほとんど見られない。一方、まさ土では、最大粒径が大きくなるにつれて、強度が小さくなっていることがわかる。また、図-4(a), (b)は ϕ_0 と最大粒径の関係である。河床砂礫の ϕ_0 は最大粒径によらず、ほぼ等しいが、まさ土では最大粒径が大きくなるにつれて ϕ_0 は低下する傾向を示している。これらの試験結果の違いは、粒子破碎の程度の差によるものと考えられる。そこで、三軸試験終了後に粒度試験を行い、Marsalの修正破碎率 B_M^* を求めた。河床砂礫では三軸試験前後で粒度曲線にほとんど違いが見られなかったの、まさ土に対してのみ粒子破碎が試験結果に及ぼす影響を検討した。図-5に $\phi_0 \sim B_M^*$ 関係を、図-6に $B_M^* \sim$ 最大粒径関係を示す。両図より、 B_M^* の増加に伴って ϕ_0 は低下すること、また、最大粒径が大きくなるにつれて B_M^* は顕著に増加することが明らかである。

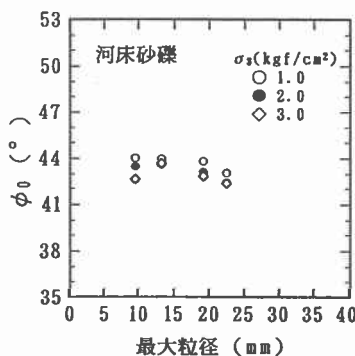


(a) 河床砂礫

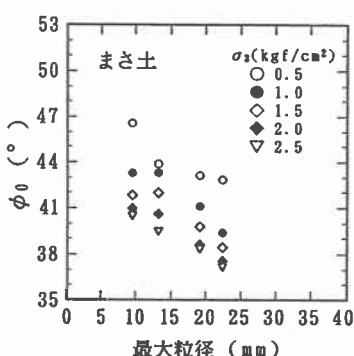


(b) まさ土

図-3 応力一ひずみ関係



(a) 河床砂礫



(b) まさ土

図-4 $\phi_0 \sim$ 最大粒径関係

6. おわりに 本報告では、三軸圧縮試験の結果から、最大粒径の違いが強度・変形特性に及ぼす影響を検討した。そして、粒子破碎の程度の差により試験結果が異なることがわかった。今後はより大きい最大粒径に対して試験を行っていきたいと考えている。

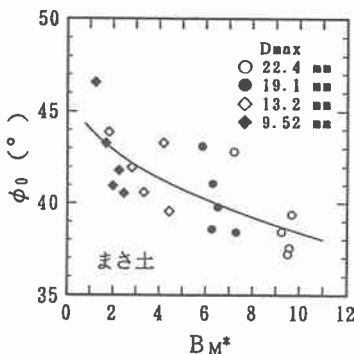


図-5 $\phi_0 \sim B_M^*$ 関係

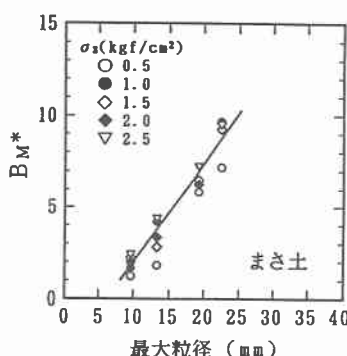


図-6 $B_M^* \sim$ 最大粒径関係

【参考文献】

- 1) 赤司 六哉：ロック材料の密度管理と強度確認試験，土と基礎，Vol. 33, No. 6, pp. 19-24, 1985.
- 2) 土橋他：相似粒度に調整された粗粒材料の強度・変形特性の比較，土木学会第50回年次学術講演会概要集，pp. 292-293, 1995.
- 3) S.Goto, F.Tatsuoka, S.Shibuya, Y.-S.Kim and T.Sato: A simple gauge for local small strain measurements in the laboratory, Soils and Foundations, Vol. 31, No. 1, pp. 169-180, 1991