

Ⅲ - 146

相似粒度に調整された粗粒材料の強度・変形特性の比較

(株) 大林組 正会員 ○土橋孝一郎
徳島大学工学部 正会員 山上 拓男
仁田ワイロック(株) 正会員 安芸 浩資
徳島大学大学院 学生会員 斎藤 和・北川 聡美

1. はじめに 著者らの研究目的は、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。その第一段階として、細粒分を含まず粒子破碎のほとんど生じない材料を相似粒度に調整し、三軸圧縮試験を実施した。本報告では、これらの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について検討する。

2. 試料および供試体作製方法 試料は徳島県阿南市的那賀川河口から採取された砂礫である。これを粒径22.4mmから0.212mmまでの18粒度階にふるい分け、最大粒径 $D_{max}=22.4\text{mm}$ 、19.1mm、13.2mm及び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、また物理特性を表-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重り（接地圧 58.9gf/cm^2 ）による静置を行った。設定密度は、有効間隙比 $e_0=0.36$ （密詰め）と 0.41 （緩詰め）の2種類である。なお、供試体上下端面を同じ状態にするため別途調整した各供試体での最小粒度階の試料を上下端面に敷き均している。

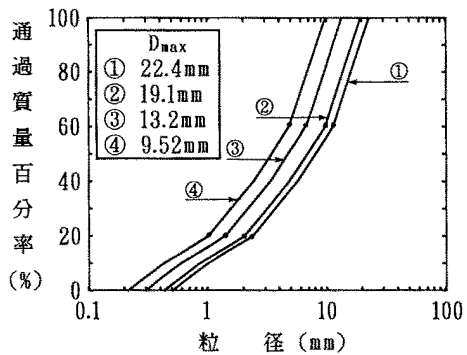


図-1 粒径加積曲線

3. 試験方法 供試体の直径 d と最大粒径 D_{max} の比を各粒度間で統一するため、直径 d を12cm、10cm、7cm及び5cmの4種類とした。ところで、変形特性を知るには、供試体が一様に変形することが望まれる。そのための工夫として、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

表-1 物理特性

シリーズ名	①	②	③	④
最大粒径 $D_{max}(\text{mm})$	22.4	19.1	13.2	9.52
平均粒径 $D_{50}(\text{mm})$	7.90	6.73	4.65	3.36
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	2.628	2.631	2.641	2.651

2枚を重ねたものを上下端面に設置した。さらに、供試体の高さ h と直径 d の比 h/d を1.05とした。ゴムスリーブ貫入による体積変化の測定誤差を避ける目的で、レーザ式変位計により直接側方変位を計測した。レーザ式変位計の計測では、供試体上部（キャップから軸長の1/4の位置）及び下部（ペダスタルから軸長の1/4の位置）で、円周方向に 120° 間隔の3箇所合計6点で行った。これら6点での平均値を側方変位量としている。また、ベディングエラーに対処するため、軸ひずみの計測には後藤ら²⁾が開発したLDTを導入した。そして、軸対称に設置した2台のLDTの計測値を平均し、軸ひずみとした。なお、載荷ピストンの移動量から軸方向変位を計測している。試験条件は飽和圧密排水で、せん断速度は $0.1/\text{min}$ である。有効拘束圧 σ_3 は密詰めの場合1.0、2.0及び 3.0kgf/cm^2 であり、緩詰めの場合 2.0kgf/cm^2 のみである。

4. 軸ひずみの補正 LDTによる軸ひずみの測定範囲に限界（本試験では約3%）があるため、それ以降の軸ひずみには外部軸ひずみ（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。ここで、供試体変形の一様性は試験中の目視による観察から確認されている。このような供試体においては、中央付近のひずみ分布も、やはり一様であると言える。したがってLDTから得られる供試体中央付近の軸ひずみと外部軸ひずみとの間に差があるとすれば、それはベディングエラーによるものと見てよいであろう。そこで、LDTにより得られた軸ひずみを ε_a 、外部軸ひずみを ε_a' とし、 $(\varepsilon_a' - \varepsilon_a) \sim \varepsilon_a'$ 関係

を求めた。仮に、ベディングエラーの増分がなくなれば、 $\varepsilon a'$ が増加しても $(\varepsilon a' - \varepsilon a)$ は増加しないはずである。実験で求めた $(\varepsilon a' - \varepsilon a) \sim \varepsilon a'$ 関係は、図-2に示す2つのパターン（図中太線部分）に分類できた。すなわち、ベディングエラーの増分がせん断途中でなくなるCASE Aの場合と途中でなくなるCASE Bの場合である。CASE Aにおいては、ベディングエラーの増分がなくなったときの $(\varepsilon a' - \varepsilon a)$ 値をそのまま用いることで、またCASE Bにおいては、実測値（図中太線部分）に対して双曲線近似を行うことで、それぞれ未知である約3%以降での $(\varepsilon a' - \varepsilon a) \sim \varepsilon a'$ 関係を外挿した。各外挿結果を図-2に細線で示す。例えば、 $\varepsilon a' = 7\%$ 時の $(\varepsilon a' - \varepsilon a)$ は、CASE Aで0.73%、CASE Bで1.23%である。これらをそれぞれ7%から減ずることで、補正後の軸ひずみを求めるわけである。

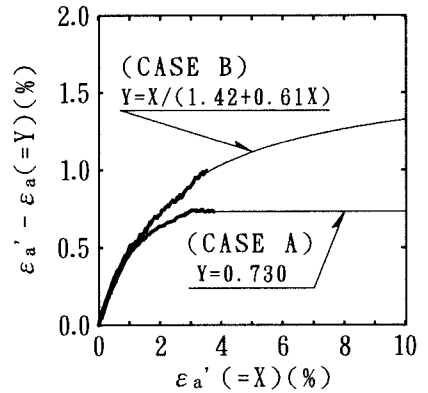
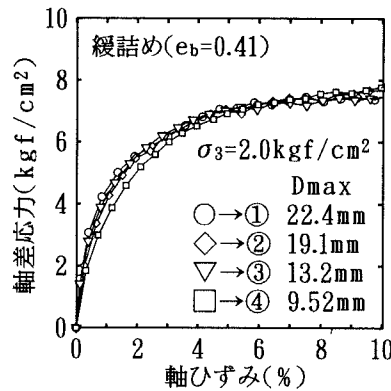


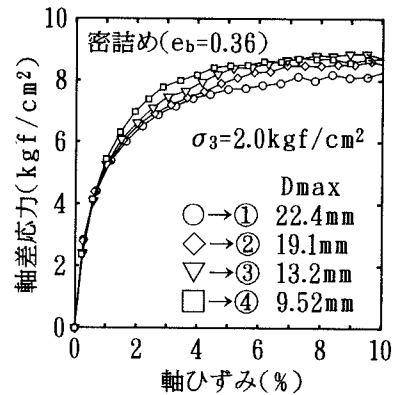
図-2 $(\varepsilon a' - \varepsilon a) \sim \varepsilon a'$ 関係

5. 三軸試験結果 応力

・ひずみ曲線 ($\sigma_3 = 2.0 \text{ kgf/cm}^2$) を図-3(a), (b)に示す。図-3(a)の緩詰め供試体では、応力・ひずみ曲線の全般にわたって最大粒径の違いによる差異はほとんど見られない。しかし、密詰め（図-3(b)）においては、応力・ひずみ曲線の初期部分はほぼ一致しているものの、軸ひずみ約2%以



(a) 緩詰めの場合



(b) 密詰めの場合

図-3 応力・ひずみ曲線

降では若干の差異が生じていることがわかる。図-4で、 ϕ_0 と最大粒径の関係を比較する。緩詰めの場合、 ϕ_0 は最大粒径によらずほぼ等しくなっているが、密詰めの場合にはどの拘束圧についても、最大粒径が大きくなるにつれて ϕ_0 が僅かに低下する傾向を示している。この傾向は、試料に細粒分が含まれないこと、そして緩詰めの場合、 ϕ_0 が最大粒径の違いによらずほぼ一定であることを考慮すると、極めて僅かな粒子破碎（あるいは粒子表面の摩耗）の差によるものと推察される。したがって、細粒分を含まず粒子破碎がない材料において、最大粒径の違いが強度・変形特性に及ぼす影響はほとんど無いと言える。

6. おわりに 本報告では、第一段階として、細粒分を含まず粒子破碎のほとんど生じない材料を用いた。しかし、このような材料は一般的なものではない。多くは、細粒分を有し礫分も本試料のような非常に硬いものばかりでなく破碎性を有している。今後は、こういった一般的な材料で研究を進めていく予定である。

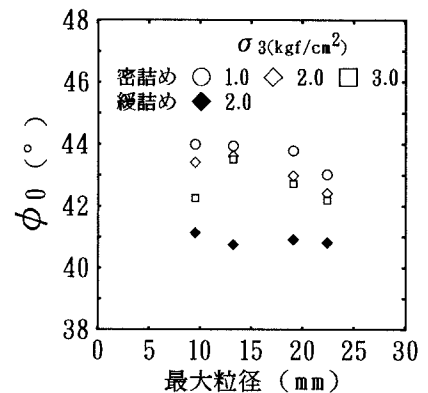


図-4 $\phi_0 \sim$ 最大粒径関係

【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) Goto, S., Tatsuoka, F., Shibuya, S., Kim, Y.-S. and Sato, T.: A simple gauge for local strain measurements in the laboratory, Soils and Foundations, Vol.31, No.1, pp.169-180, 1991.