

風化度の異なる粗粒材料の破碎特性

飛島建設 正会員 ○大野 孝二
 飛島建設 正会員 沼田 淳紀

1. はじめに

これまでの研究¹⁾において、風化度の異なる粗粒材料を用いた三軸圧縮試験結果（3材料、3間隙比、5拘束圧）から、ある程度風化の進んだ材料でも、締固めることにより風化度の低い材料と同等、もしくはそれ以上のせん断強度をもつことがわかっている。しかし、ロックフィルダムに用いる透水性材料を選定するにあたっては、築堤後のクリープ沈下および透水性も重要な検討課題であることから、風化度の高い材料を用いるには注意を要する。そこで、本論文ではそれらの課題を検討する場合の指標となる材料の破碎特性に着目し、風化度およびせん断強度との関係について述べる。

2. 試験概要

表-1 に試験に用いた粗粒材料の物理的特性を示す。試料は、CH, CMH, CML の順に風化度が高い²⁾。三軸圧縮試験は、供試体寸法直径 30cm×高さ 60cm で、排気条件の変位制御による載荷を行った。供試体は、乾燥状態の試料を5層に分け目標の密度になるまで振動ランマーで締固めた。図-1 に供試体作製に用いた粒度分布を示す。なお、図には破碎率が最も大きい間隙比が $e=0.20$ 、拘束圧が $\sigma_c=588\text{kPa}$ のときの試験後の粒度曲線も併記した。試験前の粒度と比較して、試験後の粒度はいずれの材料も細粒側にはある。このように大きく粒度曲線が細粒側へ移行するのは、圧密とせん断による粒子の破碎とともに供試体作成時の破碎も多いことが起因しているものと考えられる。ただし、粒度曲線だけで評価した場合、材料ごとの破碎性に違いはほとんどないように見える。破碎率は、これらの材料を用いた三軸圧縮試験前後の供試体の粒度に対して Marsal の破碎率³⁾より求めた。ここで、試験後の粒度とは軸ひずみが 15%を越えた時の供試体の粒度とする。

表-1 材料の物理的特性

本論文での材料名	CH材	CM _H 材	CM _L 材	
電研式岩盤分類	CH~CM程度	CM程度	CM~CL程度	
風化度	低 ←————→ 高			
供試体合成絶対乾比重	G _b	2.572	2.541	2.525
供試体合成吸水率	Q (%)	1.9	2.1	2.6
最大間隙比	e _{max}	0.557	0.548	0.594
最小間隙比	e _{min}	0.131	0.134	0.136
変質鉱物含有率	(%)	11.9	22.7	20.4
粘土鉱物含有率	(%)	9.5	7.2	18.2

※鉱物分析は63.5mmの粒径の岩塊の結果

比が $e=0.20$ 、拘束圧が $\sigma_c=588\text{kPa}$ のときの試験後の粒度曲線も併記した。試験前の粒度と比較して、試験後の粒度はいずれの材料も細粒側にはある。このように大きく粒度曲線が細粒側へ移行するのは、圧密とせん断による粒子の破碎とともに供試体作成時の破碎も多いことが起因しているものと考えられる。ただし、粒度曲線だけで評価した場合、材料ごとの破碎性に違いはほとんどないように見える。破碎率は、これ

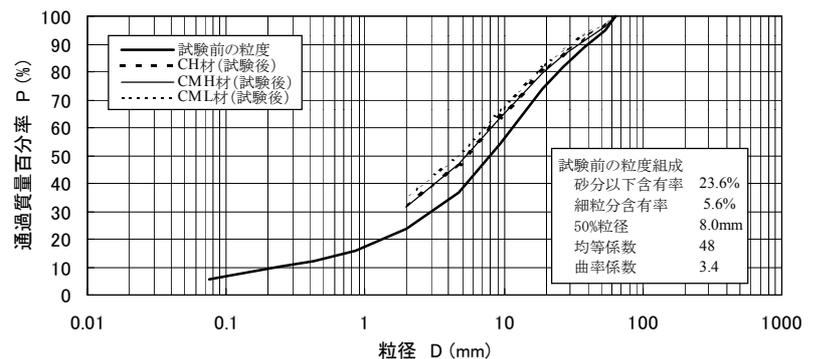


図-1 試験に用いた粒度曲線

らの材料を用いた三軸圧縮試験前後の供試体の粒度に対して Marsal の破碎率³⁾より求めた。ここで、試験後の粒度とは軸ひずみが 15%を越えた時の供試体の粒度とする。

3. 風化度と破碎率

図-2 に風化度と破碎率の関係を試験の拘束圧ごとに示す。図に示した間隙比は、供試体作製時において目標として設定した間隙比である。ここで求めた破碎率には、締固めからせん断までのすべての過程の影響を含んでいるため、どの過程での影響が最も大きいのかは確認できないものの、破碎率は間隙比が小さいほど、風化度の高い材料ほど大きくなる傾向にある。

4. 破碎率と ϕ_0 の関係

図-3 に破碎率と ϕ_0 ⁴⁾ の関係を示す。いずれの材料も拘束圧が大きくなると、破碎率は高くなり、 ϕ_0 は小さくなる傾向がある。破碎率が大きくなることによる ϕ_0 の低下の程度は、間隙比が小さいほど大きい。

風化度による比較では、CH材と CM_H材では破碎率が大きくなることによる ϕ_0 の低下の程度に顕著な差は見られないものの、 $e=0.20$ の CM_L材では破碎に伴う ϕ_0 の低下が他の材料と比較して大きく、破碎率 1%当たりの ϕ_0 の低下は CH, CM_H材で $2\sim 3^\circ$ であるのに対して CM_L材では 4.7° になる。しかし、CH, CM_H材および CM_L材粗粒材料、風化度、破碎率、三軸圧縮試験、せん断強度

の $e=0.25, 0.32$ では、三軸圧縮試験時の拘束圧を 49kPa から 588kPa まで大きくすることによる破碎率の増加が 5.5%程度であるのに対して、 $e=0.20$ の CM_L 材では 4.1%と小さい。

一般的に風化しやすい粗粒材料を盛土材として用いる場合、転圧破碎により施工後のクリープ沈下を抑制する工法がとられる⁵⁾。今回の試験では、締固めた CM_L 材は ϕ_0 の低下は大きいものの、低拘束圧から高拘束圧に変化させた場合の破碎率の増加は小さいことから、他の材料と比較した場合、相対的には安定した構造となっていることが想定される。また、 ϕ_0 の値も CH, CM_H 材と同程度であることから、施工方法およびゾーニングの考え方次第ではフィルダムの盛立材料として十分に有効利用が可能であると考えられる。

5. まとめ

- ① 今回の試験において、破碎率は、風化度が高いものほど、間隙比が小さいものほど大きくなることがわかった。
- ② 風化度の高い材料は、締固めることにより ϕ_0 の低下の度合いは大きくなるものの、破碎率の増加は他の材料と比較して小さくなる。
- ③ 風化度の高い材料は、締固めることにより破碎率の増加が小さくなることから、締固めの効果として、せん断強度の増加と盛立後のクリープ沈下に対する抑制効果も期待できる可能性がある。
- ④ 今後の課題として、風化度の高い材料は、締固めによる破碎性が高いと考えられることから、締固めた場合の透水性についても検討する必要がある。

参考文献

- 1) 地盤工学会: 礫質土の力学特性に関するシンポジウム 発表論文集, pp.223-230, 2001.11.
- 2) 土質工学会: 粗粒材料の変形と強度, pp.191~192, 1986.
- 2) 沼田 淳紀, 大野 孝二, 長谷川 昌弘, 小西 雄介: フィルダム粗粒材料の諸性質, 第 36 回地盤工学研究発表会, pp.1415-1416, 2001.6.
- 4) 大野 孝二, 沼田 淳紀, 長谷川 昌弘, 小西 雄介: フィルダム粗粒材料のせん断強度特性, 第 36 回地盤工学研究発表会, pp.1417-1418, 2001.6.
- 5) 土質工学会: 土質工学ハンドブック, p.811, 1990.1.

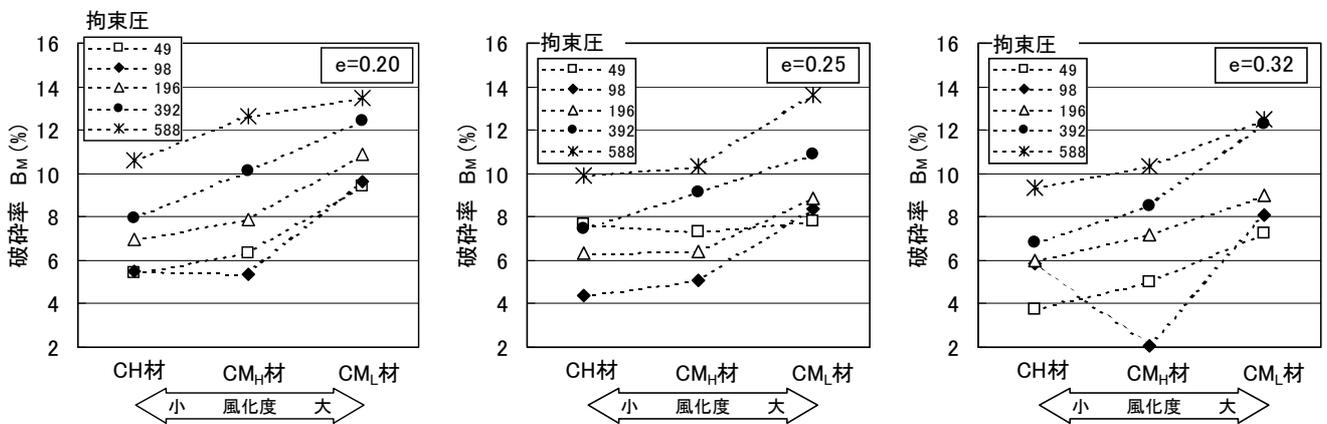


図-2 風化度と破碎率の関係

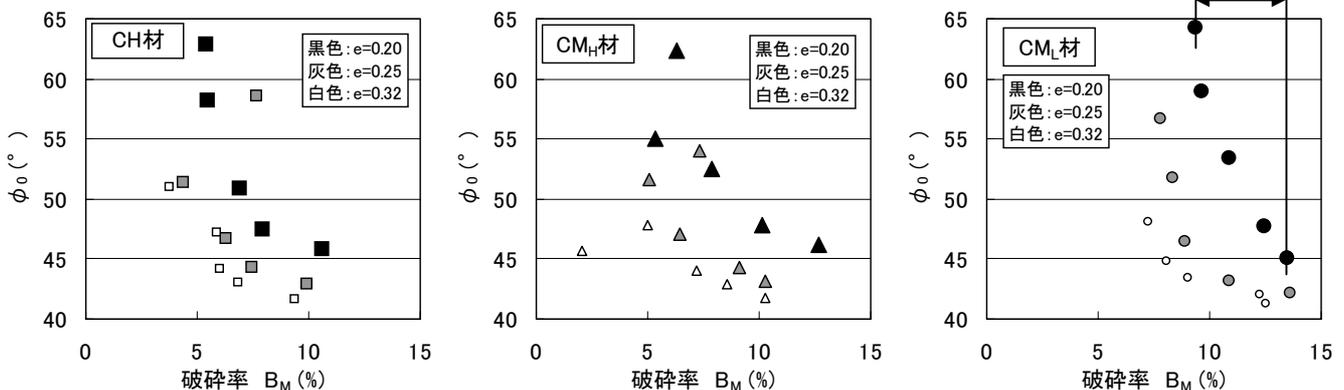


図-3 破碎率の ϕ_0 の関係