

粗粒材のせん断特性に及ぼす粒子破碎および水分の影響について

佐賀大学 学 ○松村 謙三 佐賀大学 学 重岡 龍王
佐賀大学 正 三浦 哲彦

1. まえがき

砂質土や粗粒材のように、ぜい弱な土粒子あるいは粗大粒子からなる土質材料では、通常の大きさの拘束圧の下でせん断される場合に、無視できないほどの粒子破碎を生じる。また、水分的作用によって粒子破碎が促進され、その圧縮特性やせん断特性に大きな影響を及ぼすことがよく知られている。^{1)~3)} これまで、砂質土の粒子破碎量を数量的に示された例はあるが¹⁾²⁾、粗粒材についての検討はあまりなされていない。前報⁴⁾では、九州電力(株)「天山ダム」で用いられた粗粒材の湿潤試料について、粒子破碎に注目した三軸圧縮試験を行い、上記についての説明を行った。今回、気乾試料を用いて前報と同様の試験を行い、湿潤試料の結果と比較検討し粗粒材の粒子破碎に関する数量的検討の結果について報告する。

2. 実験方法

実験装置は、中型三軸圧縮試験装置(供試体直径10cm、高さ25cm)を用いた。供試体は、天山ダムロック材料の緑色片岩を均等粒度の粒径9.52~4.76mmおよび4.76~2.00mmに調整し、これを初期間隙比($e_0=0.840$)になるように締め固めて作製した。三軸圧縮試験は側圧 $\sigma_3=0.5, 2.0, 6.0 \text{ kgf/cm}^2$ で等方圧密し、拘束圧一定、排水条件で0.5%/minの軸ひずみ速度で行った。供試体の体積変化は、気乾試料の場合、拘束圧によるセル内の膨張を考慮して測定を行った。粒子破碎を調べるために公称ひずみ $\epsilon=2.5, 5, 10, 15\%$ の軸ひずみのとき、せん断を中止し、取り出した試料をロータップふるい振とう機にかけて20分間ふるい分けした。試料表面積 $S(\text{cm}^2/\text{cm}^3)$ は、ふるい分けした材料の各粒径ごとの平均粒径 $d_m = \frac{d_1 \times d_2}{d_1 + d_2}$ (d_1, d_2 は2つのふるいのひらき目寸法)から推定する。すなわち、各粒径は直径 d_m の球体であると仮定して1個の球体の比表面積を求め、この値に供試体の乾燥密度(g/cm^3)を乗じるという方法で推定できる。

3. 実験結果と考察

図-1、図-2に示した応力ひずみ曲線及びモールの破壊包絡線よりわかるように、気乾状態より湿潤状態の方が破壊強度が小さく、体積変化も湿潤状態の方がより収縮側に位置している。せん断中の表面積 S と供試体になされた塑性仕事 W との関係は図-3に示される $\epsilon_1 \sim W$ 、 $\epsilon_1 \sim S$ 関係から定めることができる。供試体の単位体積当たりの全塑性仕事 $W(\text{kgf} \cdot \text{cm}/\text{cm}^3)$ は三軸圧縮試験で得られた応力ひずみ曲線を整理して求めた。図-4より拘

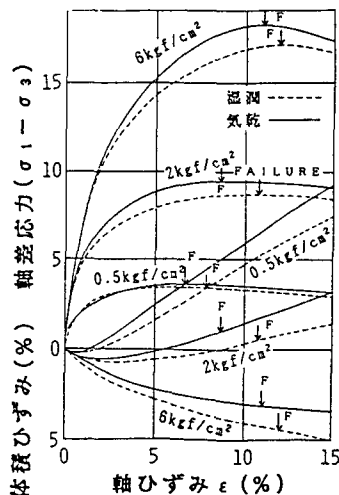


図-1 応力～ひずみ関係

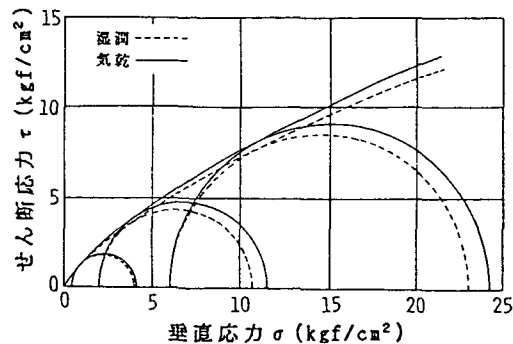


図-2 モールの破壊包絡線

東圧条件の異なる各供試体のS～W関係は湿潤、気乾状態ともほぼ一本の曲線に沿って変化する。このことから、三軸圧縮応力下における本試料の表面積は、等方圧縮及びせん断の両過程を通じて供試体になされた塑性仕事と密接な関係にあることが、湿潤及び気乾状態における粗粒材料についても示された。また、湿潤状態の方が粒子破砕量は大きいことも確認でき、粒子破砕量の尺度として表面積増加量を用いることの合理性を示すことができた。図-5、図-6に示したように粒子破砕率(ds/dw)_r

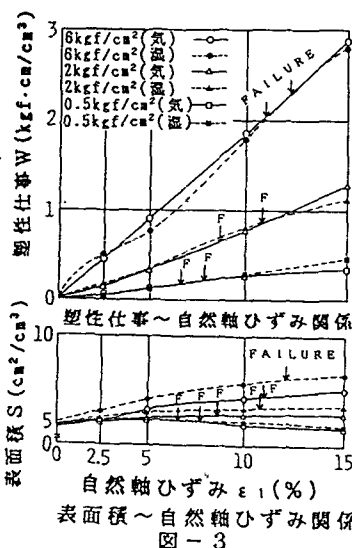


図-3

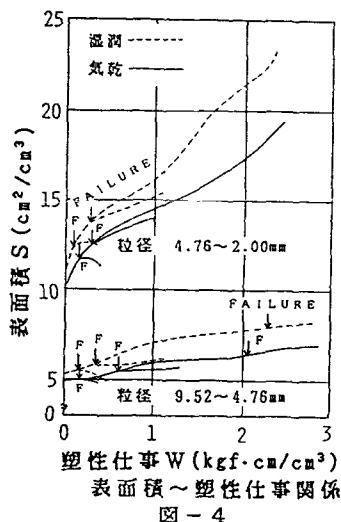


図-4

及び破壊時有効応力比(σ_1/σ_3)_rは体積変化率($dv/d\varepsilon_1$)_rと直線関係にあることが湿潤の場合すでにわかっているが⁴⁾ 気乾においても同様の結果が得られた。

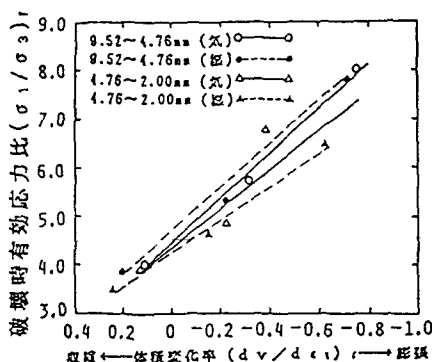


図-5 破壊時有効応力比～体積変化率関係

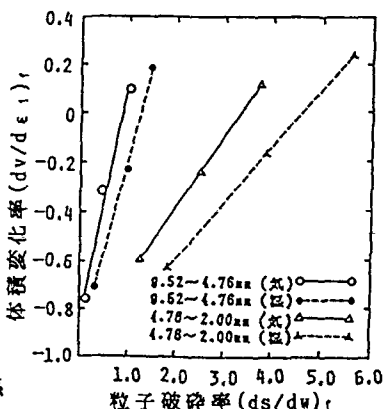


図-6 体積変化率～粒子破砕率関係

4. まとめ

粗粒材について、気乾試料よりも湿潤試料の方が破壊強度が小さく、体積変化はより収縮側に移行し、粒子破砕量は大きいことが確認できた。このことは、水分の作用による粒子間接点の摩擦抵抗の低下及び粒子内に生じた微細なクラックに侵入した水分子の作用による破砕抵抗(表面エネルギー)の低下によるものであり、その結果として粒子破砕は促進され、そのせん断強度及び変形特性に大きな影響を与えていることがわかる。また、供試体が破壊応力に達したときの粒子破砕率とダイレタンシーレイト及び破壊時有効応力比との間には直線関係があることが確かめられ、粒子破砕特性を表す指標として粒子破砕率を用いることで、粗粒材のせん断特性と粒子破砕との関係を明瞭に示すことができた。参考文献 1)三浦哲彦, 山内豊聡: 土木学会論文集, NO.260, pp.109, 118, 1977. 2)三浦哲彦, 村田秀一, 原田 敦: 土木学会論文集 pp.105, 112, 1983. 3)九州電力総合研究所土木研究室: 第9回材料試験に関する報告検討会資料(その1), (その2) (1978). 4)三浦哲彦, 重岡龍王: 土木学会西部支部研究発表会 pp.448, 449, (1988.3).