

まさ土の単粒子破碎特性に及ぼす水の影響

山口大学大学院 学生会員 ○芝尾朋子

山口大学工学部 正会員 中田幸男 兵動正幸

山口大学工学部 正会員 村田秀一 吉本憲正

山口大学大学院 学生会員 HAM TaeGew 石田修司

1. まえがき 石英に加え、長石、有色鉱物などの鉱物で構成されているまさ土は、圧縮性の顕著な土質である。その高い圧縮性は主として粒子の破碎が原因であり、その粒子破碎は水分量に影響されることが知られている¹⁾。しかし、現在にいたるまで、まさ土の詳細かつ微視的な粒子破碎特性や破碎に及ぼす水の影響についての研究が十分なされているとはいえない。そこで本研究では鉱物組成や風化度が異なる3種類のまさ土に対して単粒子破碎試験を行い、まさ土を構成する粒子個々の破碎性と水の影響の程度を明らかにすることを目的としている。

2. まさ土の一次的性質 本研究では、韓国の仁川（インチョン）のソンドで採取したソンドまさ土、山口県宇部市で採集した宇部まさ土、島根県松江市で採取したまさ土の2mmふるい通過分を試料として用いた。また、比較のために0.18~2.0mmに粒度調整した三河珪砂であるシリカ砂を用いた。以下3種類のまさ土の試料を“SD”、“UBE”、“MA”、三河珪砂を“Silica”と称する。表1にそれらの物性値を示している。用いたまさ土の風化の程度を評価するために強熱減量を測定した。表1にその結果を示す。今回用いた3種類のまさ土においてはSDの強熱減量の値が最も高く風化が最も進行していると考えられる。鉱物組成を調べるためにそれぞれの試料において平均粒径 D_{50} を取り出し、水洗いをした後、鉱物を石英、長石、有色鉱物の3種類に分類し、各鉱物の質量を求め、鉱物の割合を調べた。その結果を図1に示す。図よりSilicaは石英が96%を占め、ほとんどが石英で構成されていることがわかる。また、今回用いたまさ土の中ではSDが有色鉱物の割合が最も高いことがわかる。

表1 用いた試料の物性値

試料	Gs	D ₅₀	強熱減量(%)
SD	2.698	0.394	5.29
UBE	2.649	0.509	3.99
MA	2.690	0.600	1.76
Silica	2.650	0.736	1.18

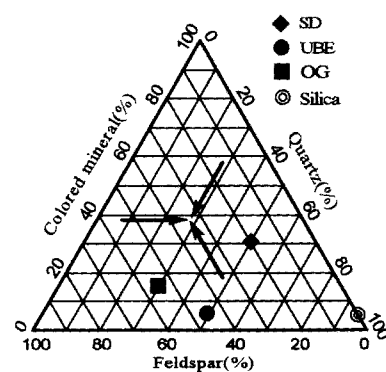
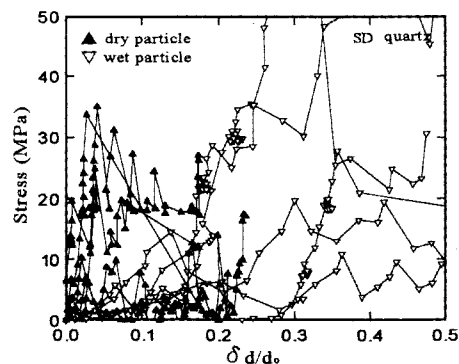


図1 鉱物の割合

3. 単粒子破碎強度²⁾ 本研究では、単粒子破碎強度に及ぼす水の影響を調べるために各試料に含まれる鉱物別に30個以上の粒子に対して気乾状態と浸水状態において単粒子破碎試験を行った。気乾状態とは、大気中において自然乾燥させた試料の状態、浸水状態は試料を水の中に1週間浸水させ試験中には単粒子の周りを水で満たした状態のものである。試験に用いた粒子は D_{50} を含むふるい目間のサイズのみである。図2は、SDの石英の単粒子破碎試験の結果を応力と $\delta d/d_0$ の関係で示している。ここで応力 σ は F/d_0^2 で与えられる。図より気乾状態においては、 $\delta d/d_0$ が0.1以下において最大のピーク強度が現れるのに対し、浸水状態においては $\delta d/d_0$ が0.4あるいは0.5あたりにおいて最大ピーク強度が現れる事がわかる。今回用いた他の試料においても同様の事が言えた。図3、4にSDの各鉱物の気乾・飽和状態において、 $\delta d/d_0$ が0.05、0.1、0.2、0.4における応力 σ の値を示している。図より気乾状態においては応力 σ の平均値は、石英、長石において $\delta d/d_0$ が0.1を超えたあたりから大きな違いが見られないが、浸水状態においてはいずれの鉱物についても増加し続ける傾向が見られる。ここでは、気乾と浸水状態の単粒子強度を比較するために $\delta d/d_0$ が0.1以内において現れる

図2 応力と $\delta d/d_0$ の関係

ピーク強度を最大破碎強度 $\sigma_{f(\delta d/d_0=0.1)}$ と定義する。

$$\sigma_{f(\delta d/d_0=0.1)} = \frac{F_{f(\delta d/d_0=0.1)}}{d_0^2} \quad (1)$$

ここで、 $F_{f(\delta d/d_0=0.1)}$ は $\delta d/d_0$ が 0.1 以内においての最大荷重、 d_0 は粒子の初期高さである。各試験は載荷速度 0.1mm/minで行った。

Weibull³⁾は単一ブロック要素の引張り試験から、ある応力 σ でブロックが破碎しない確率 P_s は次式で表されることを示している。

$$P_s = \exp\left\{-\left(\frac{\sigma}{\sigma_0}\right)^m\right\} \quad (2)$$

ここで、 σ_0 は $P_s=37\%$ の時の強度で基準強度、 m は強度の均一性を表す Weibull 係数でありその値が大きくなると単粒子強度のばらつきが小さいことを意味する。ここでは σ を $\sigma_{f(\delta d/d_0=0.1)}$ と σ_0 を $\sigma_{f(\delta d/d_0=0.1)}$ として Silica と SD において、ある強度における粒子が破碎しない確率 P_s との関係を示したものが図 5(a)、(b)である。 P_s は次式により求める。

$$P_s = 1 - \frac{i-0.3}{N+0.4} \quad (3)$$

ここで i は破碎強度 σ の昇順、 N は試験個数である。図 5(a)よりほとんどが石英で構成されている Silica は気乾状態において破碎強度が約 40MPa の時、粒子破碎を起こす粒子が全体の 5 割であり、浸水状態においてはおよそ 8 割である。SD は Silica と比べ、破碎強度が小さい有色鉱物から高い石英までの複数の鉱物により構成されている。これは他のまさ土でも同様であり、これがまさ土の単粒子破碎強度を複雑にしているといえる。また、図 5 より SD の気乾状態と浸水状態について比較してみるといずれの鉱物においても程度はやや異なるものの、気乾状態の曲線より浸水状態の曲線の方が左に移動している。さらに石英、長石においては、浸水される事により強度のばらつきが大きくなっている。このことは粒子が浸水されることにより単粒子破碎強度が低下し、より複雑にしていると考えられる。

4. 結論 本論文では、まさ土を用いて単粒子破碎特性に及ぼす水の影響の程度について調べた。その結果気乾状態においては $\delta d/d_0$ が 0.1 までにおいて、浸水状態においては $\delta d/d_0$ が 0.4~0.5 あたりにおいて最大のピーク強度が現れ、水の影響を受ける事により、粒子の破碎のされ方に違いがあることがわかった。また破碎強度は、浸水により低下することが明らかになった。まさ土の単粒子破碎強度が複雑な原因として単粒子破碎強度が小さい有色鉱物から高い石英までの複数の鉱物により構成されていることが考えられる。

《参考文献》1) 松尾新一郎・福本武明(1976):まさ土の破碎性に影響する諸要因, 土質工学会論文報告集, Vol.16, No.4, pp.85~92. 2) Nakata, Y., Kato, Y., Hyodo, M., Hyde, A. F. L., and Murata, H.. (2001): One dimensional compression behaviour of uniformly graded sand related to single particle crushing strength, Soils and Foundations, Vol. 41, No. 2, pp.39~51. 3) Weibull, W.(1951): A statistical distribution function of wide applicability, Journal of applied mechanics, 18, pp.293~297.

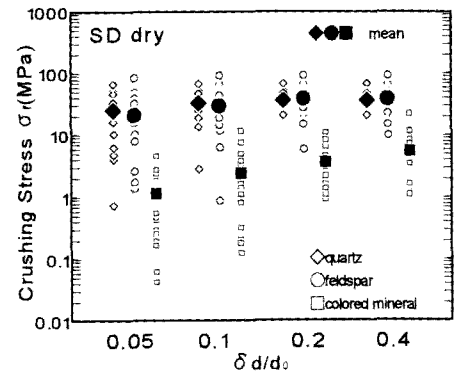


図 3 単粒子破碎強度 (気乾)

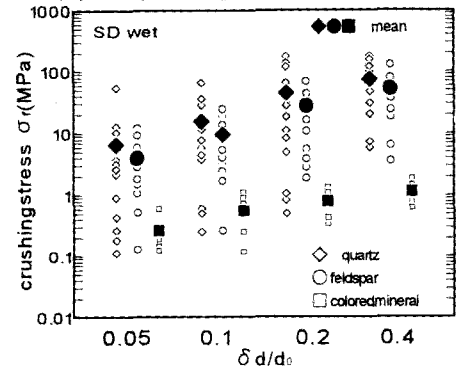


図 4 単粒子破碎強度 (飽和)

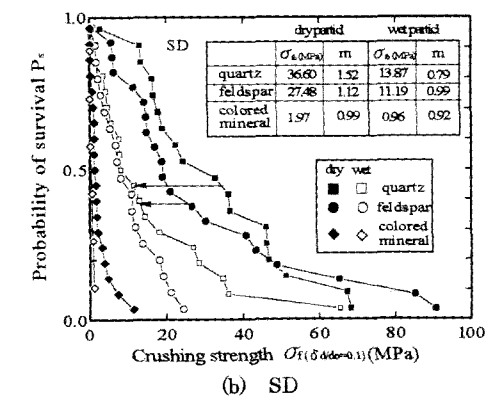
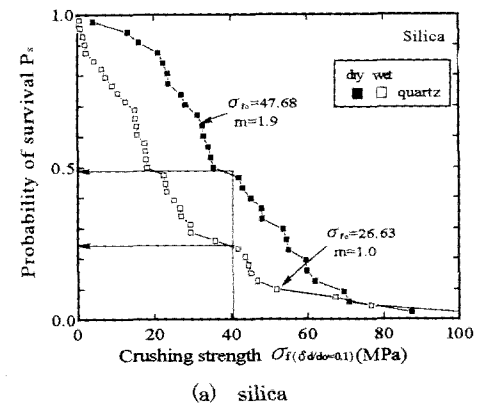


図 5 粒子が破碎しない確率と破碎強度の関係