

アクリル円板粒子の一面せん断に伴う内部構造の変化

名城大学大学院 学生会員 ○中村太意
 名城大学 正会員 小高猛司・板橋一雄
 中央開発(株) 正会員 岩田 賢

1. はじめに

土のせん断特性に間隙率が大きく影響することは周知であるが、特に礫材料の場合には、充填特性や壁効果などの影響が顕著に現れる。本研究では、礫粒子をアクリル円板で模擬して一面せん断試験を実施することにより、せん断中の粒子の回転や粒子接点角の変化などを観察し、微視的に初期充填構造の効果や壁効果などの礫材料特有の問題の解明を試みる。具体的には、粒径 10 および 30mm の均一粒径アクリル円板ならびに細粒分含有率 5.26% の二種混合粒径アクリル円板での実験結果を示し、微視的特性な観察を通して粒子の内部構造の変化がせん断特性に与える影響を考察する。

2. 実験概要

実験材料には粒径 10 および 30mm の 2 種類の均一アクリル円板粒子を用いた。垂直応力 50kN/m^2 の条件のもとせん断試験を行った。なお、均一円板と二種混合円板の一面せん断試験¹⁾の結果を図 1 に示す。均一円板では粒子観察を行うせん断変位 δ をせん断前、最大せん断応力 $\tau_{\max}$ 発揮時、せん断中間部分、せん断終了時とした。そのため、粒径 10mm では $\delta=0, 2(\tau_{\max}), 5, 10\text{mm}$ の 4 種類、粒径 30mm では $\delta=0, 2(\tau_{\max}), 15, 29\text{mm}$ の 4 種類である。なお、粒径 30mm の $\delta=30\text{mm}$ ではせん断面で粒子の移動が拘束されるため、 $\delta=29\text{mm}$ とした。二種混合円板では混合比 1 (粒径 10mm) : 2 (粒径 30mm) の割合で面積比から計算される細粒分含有率を 5.26% とした。粒子観察を行うせん断変位は $\tau_{\max}$ を示した時の充填構造を明らかにするために、せん断前と図 1 に示すように $\tau_{\max}$ の周辺部分とした。そのため、 $\delta=0, 20, 22, 23(\tau_{\max}), 25, 26\text{mm}$ の 6 種類である。粒子観察の方法はせん断試験中の供試体をデジタルカメラで撮影し、その画像から各粒子の接点座標および中心座標を読み取り、写真 1 に示すように供試体の任意領域を 9 等分したうえで、せん断による各領域の間隙率、接点数、接点角度、粒子の回転の変化を計算した。

3. 実験結果

図 2 にせん断による各粒子の中心座標の移動を示す。均一円板(粒径 30mm)の結果を(a)、二種混合円板(細粒分含有率 5.26%)の結果を(b)を示す。図 2(a)より、せん断下部はせん断変位が大きくなっても粒子は移動せず、せん断面にある粒子のみが右方向に膨張していることがわかる。そして、せん断面より上部の粒子はせん断面の粒子の膨張分だけ移動している。斜方配列を形成している均一円板では、せん断面以外の粒子の充填構造は乱されないことがわかる。図 2(b)より、図 2(a)と同様にせん断面を中心に右方向に膨張しているが、すべての粒子が膨張しているのではなく、せん断面の下側では下に移動している粒子もみられる。これが図 1 でみられるような局所的な体積収縮の原因であると考えられる。図 3 に領域 4, 5 および 6 の初期間隙率

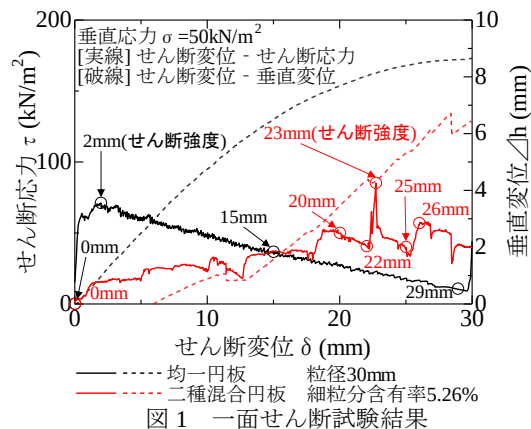


図 1 一面せん断試験結果

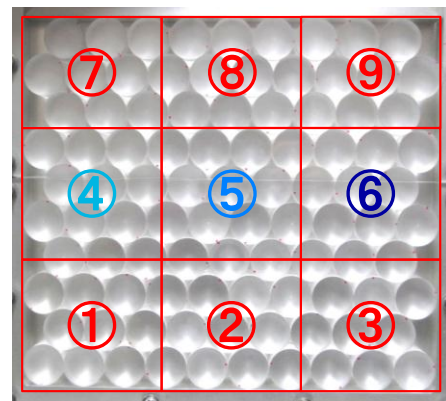


写真 1 セン断前の解析領域分け

キーワード：礫粒子 アクリル円板粒子 一面せん断試験 内部構造

連絡先：〒468-8502 名古屋市天白区塩釜口 1-501 名城大学理工学部建設システム工学科 (052-832-2347)

からの変化量とせん断変位の関係を示す。均一円板ではせん断変位とともに間隙率が大きくなり、せん断後半部分では間隙率の増加が緩やかになる。図1より、せん断初期にせん断応力が大きくなることから、粒子が密な充填構造を形成したときに $\tau_{\max}$ を示すことがわかる。一方、二種混合円板では領域5と領域6では $\tau_{\max}$ を示す直前の $\delta=22\text{mm}$ では間隙率が小さくなり、 $\tau_{\max}$ を示した $\delta=23\text{mm}$ では間隙率が大きくなる。これより、粒子が密な充填構造を形成しているときにせん断応力が大きくなるという均一円板と同様な傾向がみられる。しかし、最密状態であるせん断初期ではなく、せん断後半部分で $\tau_{\max}$ を示した。その要因として、容器端部で粗粒分が拘束されたことが考えられる。その粒子の拘束力により、粗粒分が多いとみかけの粘着力が大きくなることが示唆される。図4に領域5の接点角度の頻度を示す。なお、頻度は領域内の総接点数に対する所定の接点角度を有する接点数の割合である。接点角度はせん断方向に対して乗り上がる向きを正、真上で 0° 、下がる向きを負とする。図4(a)より、 $\delta=0\text{mm}$ の初期接点角度は -30° 、 30° 、 90° 、 -90° の頻度が高くなっており、斜方配列を形成していることがわかる。また、せん断変位が大きくなると 30° の接点の割合が少なくなり、せん断終了時には 0° がみられた。図1より、せん断応力は $\tau_{\max}$ を過ぎると減少していき、せん断終了時に最小となることから、接点角度が 0° に近づくほど抵抗しにくい角度になることがわかる。図4(b)より、 $\delta=0\text{mm}$ の初期接点角度にばらつきがみられることから斜方配列を形成していないことがわかる。図1からせん断応力が大きくなるせん断変位 $22\sim 23\text{mm}$ と $25\sim 26\text{mm}$ をみると、 90° 、 -90° 付近の割合が多くなっている。これより、粒子が水平方向に並ぶと接点を通してより多くの力が伝わり、せん断応力が大きくなることがわかる。

4. まとめ

本試験より、均一円板ではせん断面にある粒子が膨張傾向を示すが、二種混合円板では総じて膨張傾向を示すものの、下に移動する粒子もみられた。また、均一円板では密な充填構造を形成するとせん断応力が大きくなるが、二種混合円板では粗粒分が多いと容器端部で粒子が拘束されるため、みかけの粘着力が大きくなることが示唆された。また、接点角度の変化がせん断応力に与える影響が大きいことが示唆された。なお、試験の実施にあたり、元大学院生の春日井真氏、古谷祐樹氏に多大なお世話になった。記して謝意を表す。

参考文献: 1) 板橋一雄・小高猛司・中村太意・岩田賢: 二次元アクリル円板粒子を用いた一面せん断試験, 第47回地盤工学研究発表会, 2012.

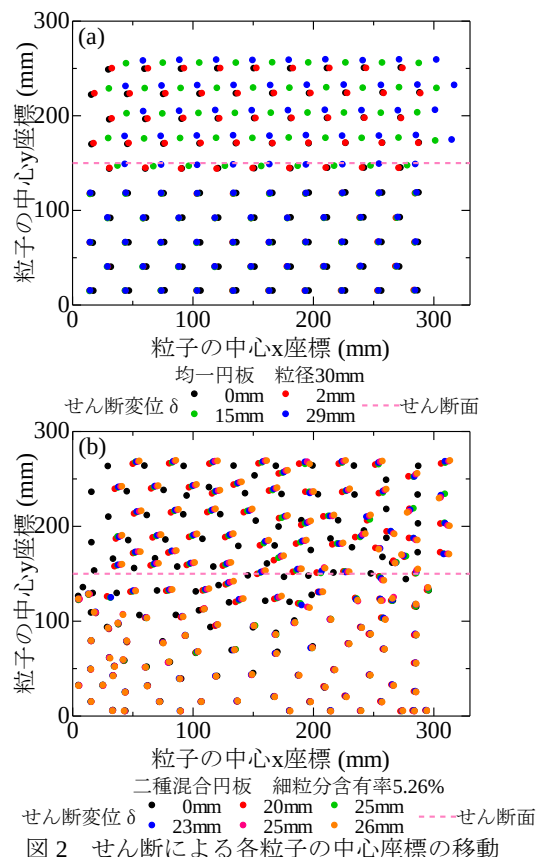


図2 せん断による各粒子の中心座標の移動

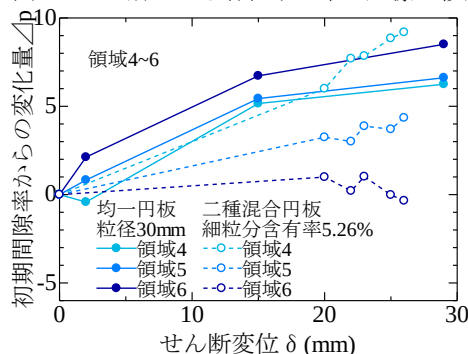


図3 $\Delta p - \delta$ 関係

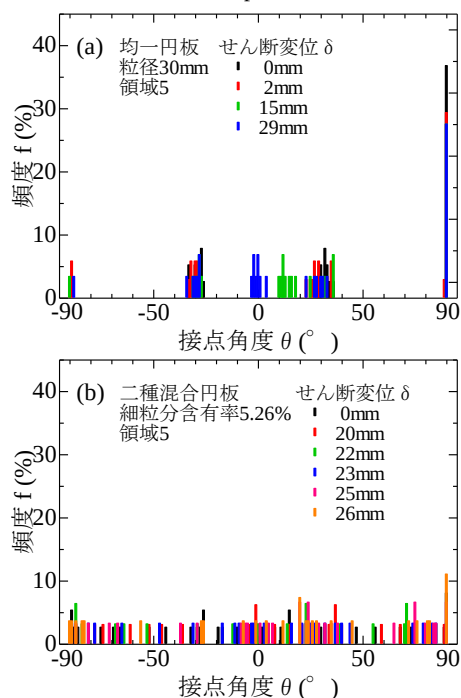


図4 頻度と接点角度の関係