

まさ土の単純せん断挙動におけるせん断変位と粒子破碎の関係

名城大学理工学部 ○学生員 原田 亮 学生員 大脇忠雄
学生員 安藤中雄 正会員 板橋一雄

1. はじめに 筆者らは、破碎性の高い土質材料であるまさ土を用いて単純せん断試験を実施し、その単純せん断挙動と粒子破碎特性を明らかにしてきた^{1) 2)}。その際の試験条件は、1.6～25.6kgf/cm²の間の6種類の鉛直圧力を一定とし、10～12mmまでのせん断変位を加えていた。そして、その後の粒子破碎量を鉛直圧力との関係で評価してきた。しかし、粒子破碎量の多少は、応力状態のみに関係するのではなく、加えられるせん断変位量にも依存することが考えられる。そこで、単純せん断時に加えるせん断変位量を種々変化させ、その際の粒子破碎量との関係を明らかにしたので、ここに報告する。

2. 試料および試験方法 試料、供試体の作成方法と粒度試験については文献³⁾を参照されたい。単純せん断前の圧縮段階では、各荷重段階の荷重時間を30分とし、一次元圧縮状態で段階的に6.4kgf/cm²あるいは12.8kgf/cm²まで鉛直圧力を増加させた。その後、鉛直圧力を一定に保ち、一定のせん断速度(0.25mm/min)で、0.25～10mmの間の9種類の水平変位を加えた。その水平変位は、せん断応力が急激に増加する初期部分、せん断応力の増加が低減する部分とせん断応力の変化が無い残留応力状態を採用した。

3. 粒子破碎評価法 本報告では、粒子破碎量を定量的に評価するために、次に示す3つの方法を採用した。①50%径(D₅₀径)による評価法……この評価法は粒度加積曲線上の一点の粒径(50%径)を用いて粒子破碎量を評価する方法である。②Leslie系の評価法(1mm通過率)……この評価法は、粒度加積曲線上の一点の加積通過率を用いる方法である。ある粒径以下の加積通過率(%)として、初期粒径の1/2(1mm)の加積通過率の変化で評価した。③負の二項分布のパラメータ(r, m)による評価法⁴⁾……福本は、単位時間ごとに等比級数的に分解するモデルを作り、それを粒度式と呼んでおり、粒径番号nの残留率q_n(r, m)を次式で表現している。

$$q_n(r, m) = \left[\frac{n+m-1}{n} \right] (1-r)^m \cdot r^n \quad n=0,1,2,\dots, m=1,2,\dots \quad (1)$$

ここに、mは分解回数に対応するパラメータ、rは粒子が分解するとき相隣り合う粒径の残留率の比を示している。ただし、mが増加してもrは一定と仮定している。

4. 試験結果および考察 試験の結果から、せん断応力ならびに鉛直変位と水平変位の関係を図-1に示す。水平変位が9種類の試験結果を重ねて示してあるが、ほぼ同様なせん断応力の変化、鉛直変位の変化を示しており、この試験の再現性の高いことがわかる。せん断応力は、せん断初期に急激な増加を示し、その後ほぼ一定値を保つ傾向を示している。また、せん断過程全体で大きな体積変化は示していない。なお、鉛

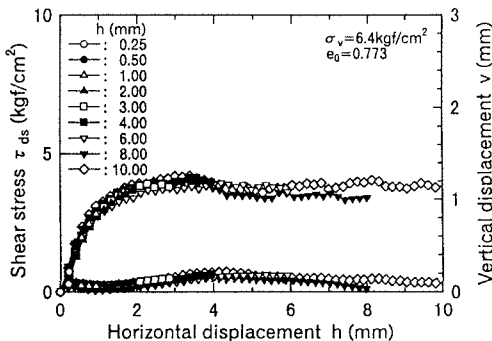


図-1 せん断応力、鉛直応力～水平変位の関係

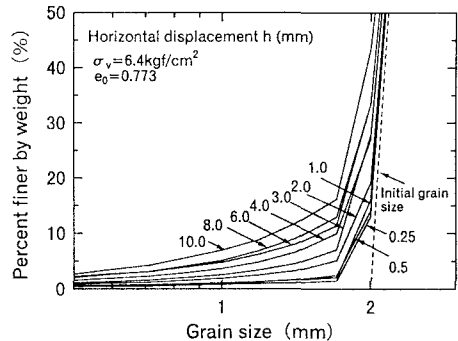


図-2 粒径加積曲線

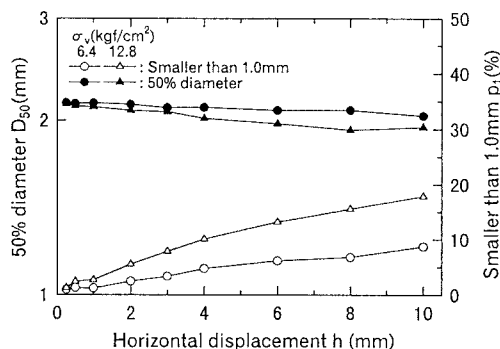


図-3 50%径、1.0mm通過率～水平変位の関係

直応力が 12.8 kgf/cm^2 の場合には、せん断応力が大きくなり、わずかに体積圧縮を示す傾向になっている。

図-2には、種々のせん断変位を受けた後の供試体の粒度変化を示している。いずれの供試体も初期粒径から左側に移動し、細粒化の生じていることが確認できる。また、せん断変位量の増加とともに細粒化の進行している状況も明らかである。水平変位 $2 \sim 3 \text{ mm}$ 程度までは、せん断応力の増加に伴う粒子破碎の進行と考えられる。しかし、せん断応力がピークを示した後でも粒度変化の進んでいるところを見ると、粒子破碎には、せん断応力のみではなくせん断変位量も関係するものと解釈できる。

こうした粒子破碎の状況を定量的に評価するために、50%径(D_{50})、1mm通過率(p_1)、負の二項分布のパラメータ(r 、 m)と加えた水平変位との関係を図-3、4に示した。

図-3から、 D_{50} は、水平変位の増加とともにわずかに減少傾向を示すが、その変化量が少ないためか、水平変位の初期には鉛直圧力による違いはさほど大きくはない。しかし、ピークせん断応力が作用する 4 mm 程度の水平変位からは、鉛直圧力の大きな供試体の方が D_{50} の低下量は大きくなっている。一方、 p_1 は、水平変位の増加とともに明確な増加傾向を示している。また、鉛直圧力の大きな供試体の方が p_1 の増加傾向は高くなっている。これらのことから、せん断変位の増加に伴い、粒子は大きくは割れず、粒子表面の凹凸部分のかみ合わせのために、その部分が削られ細粒分が増加するものと想像できる。

図-4から、水平変位が進んでも、わずかにばらつきは認められるが、パラメータ r はほぼ一定値を示し、鉛直圧力による違いは認められない。一方、水平変位とともにパラメータ m は大きく増加し、鉛直圧力が大きいほど大きな値となっている。

5. まとめ 本報告で得られた結果は以下になる。 ①粒子破碎現象には、せん断応力の大きさだけではなくせん断変位量も関係することが明らかになった。 ②50%径、1mm通過率ならびにパラメータ r 、 m の変化によって、粒子破碎が定量的に把握できた。 ③実験に使用したまき土粒子では、表面の凹凸部分が削られるような粒子破碎が進行しているものと想像できた。

参考文献 1) 岩田賢、大脇忠雄、板橋一雄：均一粒度まき土の単純せん断挙動と粒子破碎特性、第31回地盤工学研究発表会、pp.899-900, 1996. 2) 板橋一雄、牧岳志、高木聖崇、久原善光：破碎性土質材料の一次元圧縮ならびに単純せん断挙動と粒子破碎特性、第9回地盤工学シンポジウム論文集、地盤工学会中部支部、pp.33-38, 1997. 3) 安藤中雄、牧岳志、沢田敏人、板橋一雄：まき土の直接せん断挙動に対するせん断面数の影響、土木学会中部支部研究発表会、1998. 4) Fukumoto, T: A Grading Equation for Decomposed Granite Soil, S&F, Vol.30, No.1, pp.27-34, 1990.

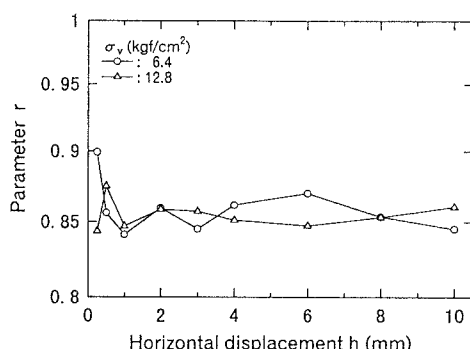


図-4(a) パラメータ r ～水平変位の関係

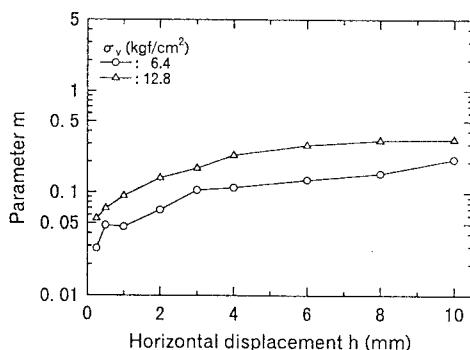


図-4(b) パラメータ m ～水平変位の関係