

### 堆積廃棄物のせん断強度特性へ及ぼす堆積方向の影響

九州大学大学院 学○宮本慎太郎 正 安福規之 正 石蔵良平  
長崎大学大学院 正 大嶺聖 産業廃棄物処理事業振興財団 非 山脇敦

#### 1. はじめに

廃棄物が急勾配で堆積し、崩壊の恐れのある不法投棄現場が多数存在する。土質力学における斜面安定計算法を援用することで対応しているのが現状となるが、堆積廃棄物の力学挙動に関する知見が乏しいためにその妥当性は明らかとなっていない。これより筆者らは、堆積廃棄物の力学挙動に焦点を当てた研究を行っている。本文では、堆積廃棄物の堆積方向がせん断強度特性に及ぼす影響を実験的に調べた。堆積廃棄物はプラスチック等の紐状廃棄物を多く含むため、構造に異方性が存在する。この堆積廃棄物固有の異方構造によるせん断強度特性への影響を適切に評価することは、堆積廃棄物の斜面安定性を考える上で非常に重要となる。

#### 2. 試験方法と使用する堆積廃棄物の概要

図-1 に堆積廃棄物により形成された斜面をプラスチック類に着目して描いた。本研究では図-1 に示すような潜在すべり面上のせん断強度を測定することを想定し、堆積方向とせん断面の角度 $\theta$ を変化させた定圧一面せん断試験を行うこととした<sup>1)</sup>。せん断箱は、幅 30cm、奥行 30cm、高さ 15cm のものを使用し、上載圧はエアシリンダーにより载荷する。せん断スピードは

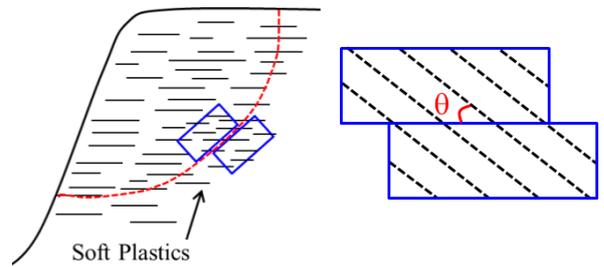


図-1 廃棄物の堆積状況と試験方法

1 mm/min の定速とした。堆積方向とせん断面の角度 $\theta$  を 0, 30, 45, 60, 90° と変化させることで試験を行い、せん断強度に及ぼす堆積方向の影響を調べた。

試験に使用した堆積廃棄物を図-2 に示す。今回試験対象とした堆積廃棄物は実際の不法投棄現場より採取したものであり、図-2 の各材料名に付随する ( ) 内は質量比を表す。堆積方向を変化させた供試体を作製するためにせん断箱と同じ大きさのモールドと角度の変化が可能な台座を用意し、台座の上にモールドを設置する。その中で供試体を三層に分けて作製し、一層作製するごとに上載圧 $\sigma = 20 \text{ kN/m}^2$  を 1 分間载荷した。角度 $\theta$  の値によらず密度はほぼ一定となり、含水比  $w = 20 \%$ 、湿潤密度 $\rho_t = 0.95 \text{ g/cm}^3$  程度とした。供試体の湿潤密度は廃棄物を採取した現場の現場湿潤密度を参考として決定した。



図-2 使用する廃棄物の内訳

#### 3. 試験結果と考察

図-3 に上載圧 $\sigma = 25 \text{ kN/m}^2$  における、せん断応力とせん断変位の関係を示す。図-3 より、角度 $\theta = 0^\circ$  の場合ではせん断応力にピーク値はみられないものなだらかに増加する傾向を示す。しかし角度 $\theta$  を変化させた他の試験ケースでは、初期剛性が角度 $\theta = 0^\circ$  の場合と比べて減少する傾向を示し、せん断応力の増加に線形性がみられた。さらに、せん断変位が増加すると、せん断応力は $\theta = 0^\circ$  の時より大きな値を示す。これは、堆積方向の変化により廃棄物に含まれるプラスチック等の紐状廃棄物がせん断面を横断する形で堆積することで、補強効果が顕著に表れるためだと思われる。本研究により行った現場一面せん断試験結果においてもプラスチックによる補強効果が確認されている<sup>2)</sup>。さらに図-4 に、垂

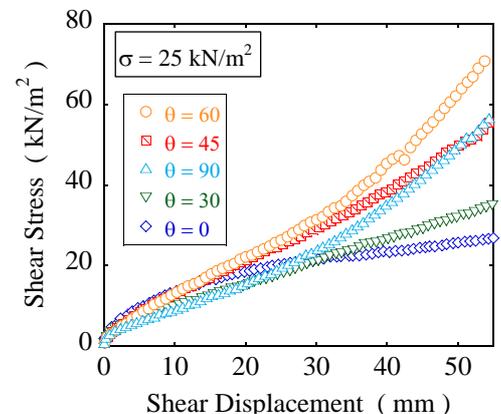


図-3 せん断応力 - せん断変位関係

キーワード：異方性、せん断強度、一面せん断試験、堆積廃棄物

連絡先：819-0395 福岡市西区元岡 744WEST2 号館 1101-2 地盤工学研究室, TEL : 092-802-3378, FAX:092-803-3378

直変位とせん断変位の関係を示す。垂直変位とせん断変位の関係では角度 $\theta$  の変化による明確な差はみられず、すべての試験ケースにおいて収縮傾向を示した。せん断時の体積変化については堆積方向の影響は少なく、密度が同程度であれば同等の傾向を示すものと思われる。図-5 に、せん断変位 35 mm と 55 mm でのせん断応力の値と角度 $\theta$  の関係を示す。図-5 では角度 $\theta = 0^\circ$  のせん断応力で、他の角度 $\theta$  のせん断応力を除いた値を比較した。図-5 より、せん断応力は角度 $\theta = 60^\circ$  で最も大きな値を示し、せん断変位 55 mm のせん断応力では $\theta = 0^\circ$  のせん断応力の約 2.7 倍も大きくなる。ここでせん断変位 35 mm と 55 mm での値を比較すると、55 mm でのせん断応力の方が明らかに大きな値を示し、堆積方向の影響が強く表れている。堆積廃棄物に含まれる紐状廃棄物により堆積方向とすべり面の角度 $\theta$  の違いによるせん断強度特性への影響は非常に大きく無視できないものと考えられる。さらに、せん断変形の増加に伴いその傾向が顕著に表れることが明らかとなった。

さらに角度 $\theta = 0, 90^\circ$  の試験ケースについて上載圧を変化させた試験を行い、堆積方向の違いによるせん断強度定数への影響を調べた。図-6 に試験結果を示す。ここで、図-6 の横軸はせん断強度を定義したせん断変位を示し、それより算出される強度定数を想定粘着力 $c^*$ と想定内部摩擦角 $\phi^*$ と定義した。例えば横軸 30 mm でのプロット点はせん断変位 30 mm でのせん断応力をせん断強度と定義して算出した想定粘着力 $c^*$ と想定内部摩擦角 $\phi^*$ を表している。図-6 より、想定粘着力 $c^*$ は両者において大きく異なり、 $\theta = 90^\circ$  の結果ではせん断強度を定義するせん断変位の増加に伴い急激に増加する傾向を示し、 $\theta = 0^\circ$  の結果より大幅に大きな値を有する。逆に想定内部摩擦角 $\phi^*$ では、両者による差はほとんど存在せず、ほぼ同程度の値を示している。つまり、堆積方向の違いによるせん断強度特性への影響は粘着力の違いとして顕著に表れる。

今後の研究において、プラスチック含有率を変化させて本試験を実施し、プラスチック含有率と堆積方向がせん断強度特性に与える影響との関係性を明らかにしていく。これによりプラスチック含有率から堆積廃棄物のせん断強度を推測できる方法を構築していく予定である。

4. まとめ

廃棄物の堆積方向がせん断強度特性に与える影響を、供試体の堆積角度を変化させた一面せん断試験により調べた。本試験より、堆積方向とすべり面の角度の変化に伴うせん断強度特性への影響が確認された。堆積角度の変化に伴いせん断挙動が変化し、紐状廃棄物の補強効果が伺えた。さらに $\theta = 60^\circ$  で最も大きなせん断強度を有することが明らかとなった。せん断強度定数への影響としては、堆積方向の違いによるせん断強度特性への影響は粘着力の違いとして表れることが明らかとなった。

(参考文献) 1) 宮本慎太郎ら: プラスチック類の補強効果を考慮した堆積廃棄物の強度評価法の提案, 第 57 回地盤工学シンポジウム, pp.111-116, 2012. 2) 宮本慎太郎ら: 原位置一面せん断試験を用いた堆積廃棄物のせん断強度特性, 第 9 回地盤環境シンポジウム, pp.319-322, 2011. [謝辞] 平成 23 年度「循環型社会形成推進科学研究費補助金」(課題番号 K22033)の支援を得た。

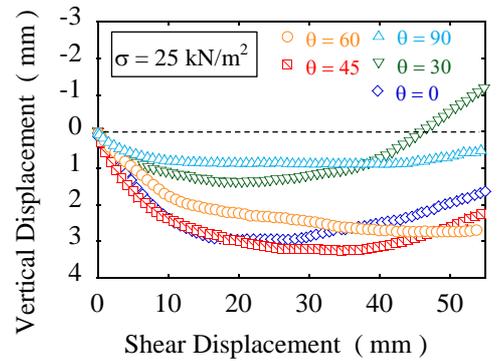


図-4 垂直変位 - せん断変位関係

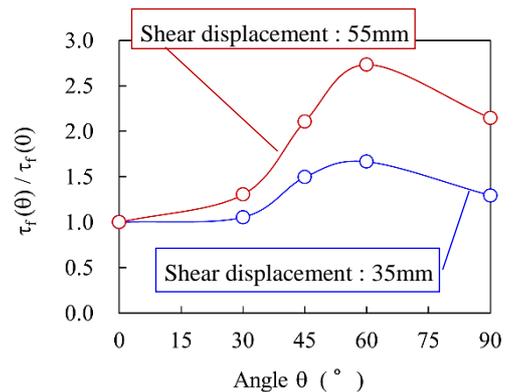
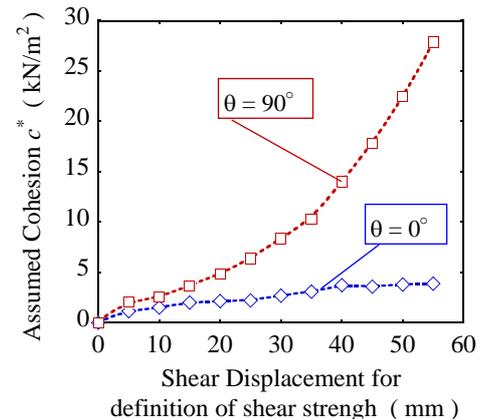
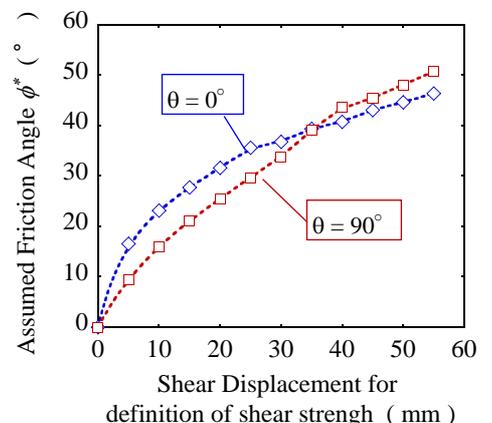


図-5 せん断応力 - 角度 $\theta$  関係



(a) 想定粘着力



(b) 想定内部摩擦角

図-6 せん断強度定数の異方性