

一次しらすの強度および摩擦特性

中央開発(株) 正会員○荒井靖仁, 北村良介, 高田誠, 王寺秀介
鹿島建設(株) 正会員 永谷英基, 久保田光太郎

1. はじめに

シールドマシンにおける胴締めや、ボーリング、杭打ちにおけるジャーミングは周辺地盤の拘束により、掘進や掘削が不能となる現象^{1) 2)}である。例えば、鹿児島市のしらす地盤に代表され、このような現象が顕著に発生することが知られている。そこで、鹿児島市内で一次しらすを採取し、その強度特性とともに強度発現のメカニズムを解明する基礎的なデータ取得のため、掘削ツールに見立てた金属板やプラスチック板の摩擦特性に着目した一面せん断試験装置による試験を実施した。

2. 試験概要

対象としている一次しらすは、火山ガラスを主体とする溶結組織による固結効果が認められ、堆積している地山では自立性が高い。一方、火山ガラスは発泡状で多孔質であることから土粒子の密度も小さく、粒子は鋭角な形状である(写真-1)。このため、乱された状態ではその自立性が乏しくなり、流水などによって浸食されやすい性質を持っている。

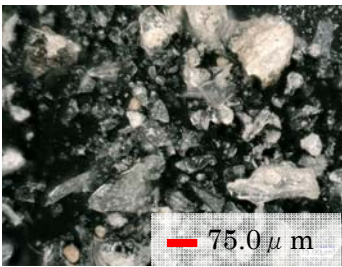


写真-1 一次しらす粒子 (×200)

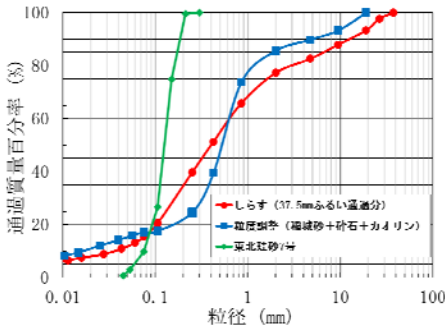


図-1 試験試料の粒度組成

2-1. 試料および摩擦対象物

試料は摩擦特性を比較するため、一次しらす、東北硅砂7号、粒度調整材(碎石+稲城砂+カオリン粘土の調整：しらすを疑似)の3種類(以下しらす、硅砂、粒調材)を用いた。使用した材料の粒度組成を図-1に示すが、試験時には9.5mm以下の試料を用いて実施した。本研究は、掘進ツールに負荷が掛かる周面摩擦を模擬するため、金属、プラスチック、金属(傷有※鏝でせん断方向に傷付)の3種を用いた(写真-2)。プラスチック

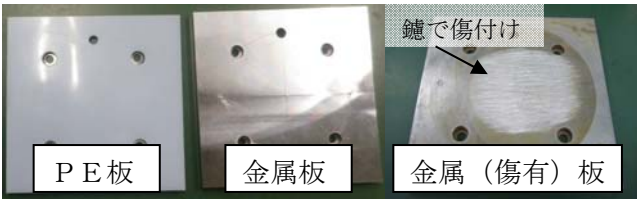


写真-2 摩擦対象物

表-1 摩擦対象物の硬度および粗度係数

測定項目	プラスチック板	金属板	金属板(傷有)
ショア硬度	54	23	(23)
(ビッカース硬さ HV) ※換算値	(392)	(159)	(159)
表面粗さ Ra μm	0.175	0.663	2.357

※参考例 ビッカース硬さ 強化ガラス:640

クは超高分子量ポリエチレン(UHMW-PE:以下PE板)で、耐摩耗性に優れた素材である。摩擦対象物の硬度と粗度を表-1に示す。

2-2. 試験方法および条件

一面せん断試験装置の下箱に摩擦対象物が設置できるように改良した(写真-3:しらすと金属板)装置を用い、表-2に示す条件で試験が行われ、摩擦抵抗が測定された。各々の供試体作製時の密度

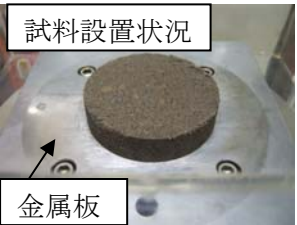


写真-3 試料設置状況

や含水比は、締固め試験および最小最大密度試験の最大乾燥密度をもとにDc=100%を目安にしたが、硅砂および粒調材においては、各試験ともDcが100%以下の供試体しか作製出来なかった。要因として、試験装置内での湿潤締固め(打撃)による作製が可能な範囲(装置への影響)を考慮したことや粒度組成の違いや試験供試体が小さいことなどが考えられる。しかし、摩擦面と試料の測定においてはあまり

表-2 試験条件

試料種	一次しらす	東北硅砂7号	粒度調整材
供試体作製密度			
ρ_d g/cm ³	1.197	1.444	1.970
ρ_{dmax} g/cm ³	1.197	1.597	2.038
目標密度 %	(Dc100%)	(Dc90%)	(Dc97%)
せん断条件	定圧	定圧	定圧
摩擦対象	金属・PE・金属(傷有)		
寸法	$\phi=70$ 、H=15 試料のみ時30)mm		
圧密垂直応力	50、100、200 kN/m ²		
せん断速度	0.2 mm/min (8.2mmまでせん断)		

キーワード しらす, 摩擦抵抗, 一面せん断,

連絡先 〒332-0035 埼玉県川口市西青木 3-4-2 中央開発(株) 地盤物性研究室 TEL 048-250-1414

影響が無いものと考え、この設定密度で実施した。

3. 試験結果

図-2 は得られたせん断応力 τ_f ～せん断変位の関係の中から抽出した垂直応力 $\sigma = 200 \text{ kN/m}^2$ の図を示している。なお、比較するために試料のみの結果（黒線）も併記している。この結果より、ピーク強度もしくはほぼピーク強度に達するせん断変位は 1mm 前後であった。また、試料のみにについては、しらすおよび珪砂では密詰の状態を反映して顕著なピークが現れている。一方で、摩擦対象物との条件においては、ピーク後のせん断変位 1mm 以降のせん断応力は、ほぼ一定を保つ傾向があった。これらの挙動は摩擦対象物と試料において、静止摩擦状況にあった釣り合いから動摩擦状況に移行したものと推察できる。

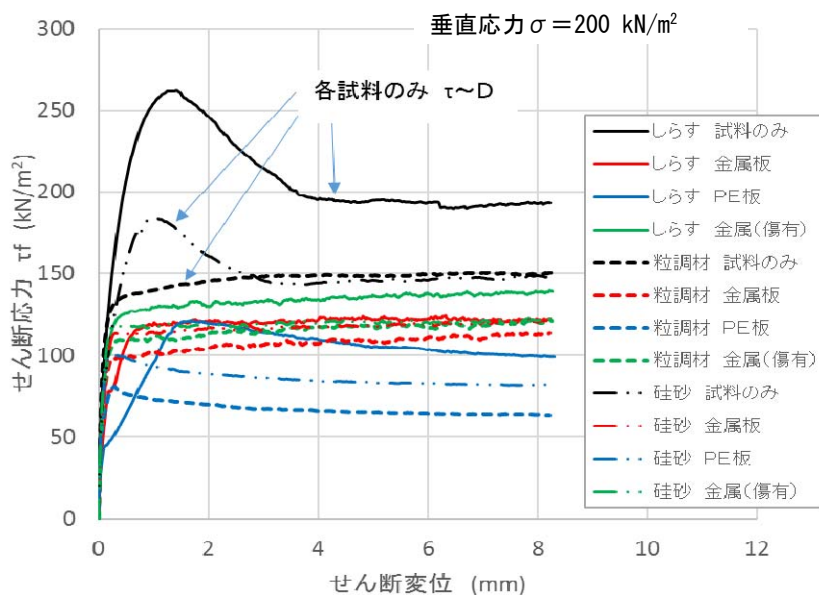


図-2 せん断応力～せん断変位

図-3 はピーク時のせん断応力 τ_f ～垂直応力 σ の関係であり、表-3 はその時の強度パラメータ (c , ϕ) である。試料のみを除いた、せん断抵抗角は $\phi = 21.7^\circ \sim 33.9^\circ$ の範囲であった。摩擦対象物の観点からみると、ピーク時のせん断応力 τ_f は試料の違いに因らず、PE板 < 金属板 < 金属（傷有）の傾向であった。この結果は、表-1 に示した摩擦対象物の硬度や粗度の数値傾向と一致しており、硬度が大きく粗度が小さいほどピーク時のせん断応力 τ_f が小さくなる結果となっている。また、金属板はあまり試料に依存性しない傾向が得られた。一方で、PE板および金属（傷有）においては、若干ではあるが粒調材 < 珪砂 < しらすの傾向が見てとれ、しらすの抵抗値が大きかったことが分かった。これらのことより、摩擦対象物の摩擦特性にはしらすの粒子形状などが影響しており、粒度組成にはあまり依存しないことではないかと推察される。

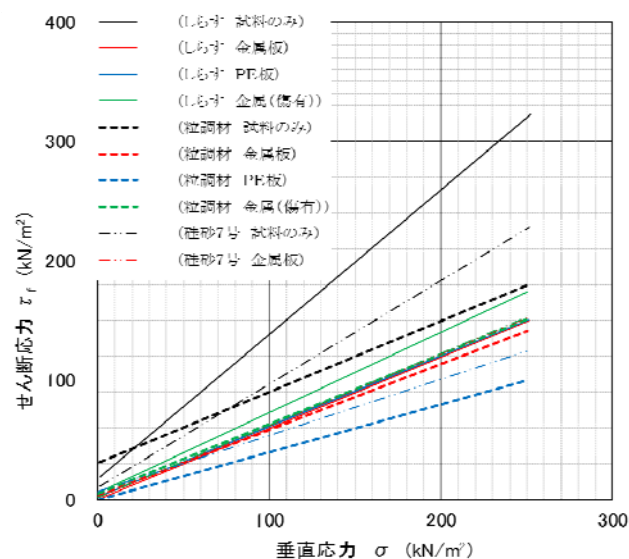


図-3 せん断応力～垂直応力

表-3 強度パラメータ

4. まとめ

しらすを中心に比較試験を行い、以下のことが分かった。

- ・摩擦試験におけるせん断抵抗角は $\phi = 21.7^\circ \sim 33.9^\circ$ の範囲であり、摩擦対象物のせん断応力 τ_f は試料の違いに因らず、PE板 < 金属板 < 金属（傷有）の傾向であった。
- ・試料種別では摩擦対象物の硬度や粗度に依存して、しらす抵抗が最大であり、その粒子形状が影響していると推察される。

今後は、摩擦に着目して加泥剤や低減剤（ポリマー剤など）を使用した試験の実施や、金属板及びプラスチック板の硬度や粗度を変えた試験（施工ツールに合わせた）の実施が必要と考えている。

参考文献

- 1) 永谷英基ら：しらす地盤における胴締め発生メカニズム，土木学会第 73 回年次学術講演会，2018 年
- 2) 永谷英基ら：地盤材料の違いが胴締めまたはジャミングに及ぼす影響，土木学会第 74 回年次学術講演会，2019 年（投稿中）