

一面せん断装置を用いた特殊土の強度及び摩擦特性

中央開発㈱ 〇遠藤雅弥、木内浩二、荒井靖仁
鹿島建設㈱ 永谷英基、久保田光太郎

1. はじめに

特殊土に位置付けられる一次しらすは、火山ガラスを主体とする溶結組織により固結状に堆積し、地山においては自立性が高いことが知られている。また、発泡状の多孔質であり、その粒子は鋭角な形状である。一方で、乱された状態ではその自立性が乏しくなったり、その状態で飽和化した場合には侵食や流動性が伴う。これらの特性から、例えば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ミングによって、掘削周辺地盤の拘束摩擦により掘進や掘削が不能となる現象が顕著に発生することが知られている。

本論文は一面せん断試験装置を利用し、一次しらすに対して掘削ツールに見立てた金属板とプラスチック板を下部せん断箱に設置・固定できるように改良することで一次しらすとの強度および摩擦特性を検証した結果を報告する。なお、本論文では一次しらすの他に東北珪砂7号およびしらすの粒度組成を模擬した粒度調整材を用いての比較検討を行った。

2. 摩擦特性を測定するための一面せん断試験装置の改良点

一般的に一面せん断試験装置は写真-1のように供試体(試料)を水平方向にせん断する機構で、その試料のせん断応力やせん断変位を計測する。本実験では摩擦対象物である金属板・プラスチック板と各試料との強度および摩擦特性を把握することが目的であるため、写真-2のように下部せん断箱の上に摩擦対象物を設置・固定できるように試験装置を改良し、試料を摩擦対象物の上ですべらすことで強度および摩擦を測定した。

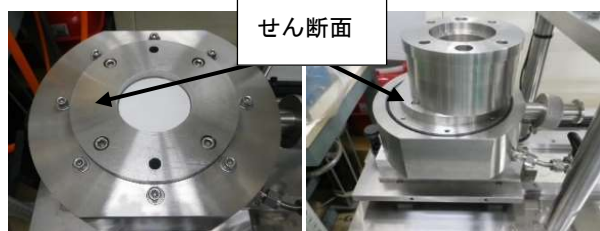


写真-1 一面せん断試験装置(せん断面)

せん断面に設置した摩擦対象物(金属板)

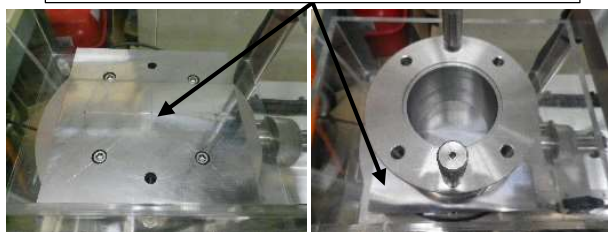


写真-2 改良した一面せん断試験装置(せん断面)

3. 試験概要

(1) 試験試料および摩擦対象物

試験試料は、しらす(作製密度2種類)、東北珪砂7号、粒度調整材(しらすを模擬：砕石、稲城砂、カオリン粘土を調整混合した試料)の計4種類を使用した。各試験試料の粒度組成を図-1に示す。また、摩擦対象物である金属板とプラスチック板(写真-3)の摩擦面(表面)における硬度と粗度を表-1に示す。プラスチック板は超高分子量ポリエチレンで耐摩耗性に優れた素材である。したがって、硬度および粗度の測定数値から金属板よりもプラスチック板の方が硬く、表面粗さも小さいことが分かる。

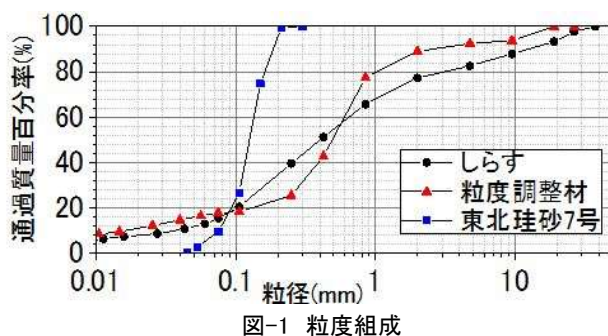


図-1 粒度組成



写真-3 金属板(左)とプラスチック板(右)

(2) 試験方法および条件

供試体作製方法および試験条件を表-2に示す。それぞれの供試体作製密度は、締固め試験における最大乾燥密度をもとにそれぞれの締固め度による密度設定とし、東北珪砂7号、粒度調整材は別途実施した模型実験との対比^{1), 2)}をするため、その試験密度に合わせて作製した。なお、しらす1としらす2と粒度調整材は供試体寸法を考慮して9.5mm以下の試料で作製した。

表-1 摩擦対象物の硬度と粗度

測定項目	金属板	プラスチック板
ショア硬度(HS)	23.4	54.9
ビッカース硬さ(HV)※換算値	(162)	(401)
表面粗さ(粗度)(Ra)	0.663	0.175

粗度は表面粗さ計(SJ210)により測定

4. 試験結果

図-2 は、各試験試料における試料のみのせん断応力 τ_f と垂直応力 σ の関係に基づく強度定数を示している。また、図-3 には摩擦対象物と各試験試料におけるせん断応力 τ_f と垂直応力 σ の関係に基づく強度定数を示す。なお、摩擦対象物を使用した試験の強度定数は原点より計算し求めた。

図-2 から、試料のみで実施した場合のせん断抵抗角 ϕ は、しらす 1>東北珪砂 7 号 \approx しらす 2>粒度調整材の順序となり、しらすについては作製密度に依存し ϕ も低下する結果が得られた。他の 2 試料については、1 つの設定密度のみの実施で比較はできないが、粒度調整材においては乾燥密度およびその締固め度が高くても、そのせん断抵抗角は小さい結果となった。

図-3 から、金属板と各試料の摩擦特性であるせん断抵抗角 ϕ は、東北珪砂 7 号 \approx しらす 1>粒度調整材>しらす 2 となる傾向がみられた。それに対してプラスチック板のせん断抵抗角 ϕ は、しらす 1 \approx しらす 2>東北珪砂 7 号>粒度調整材となり、両者は違う傾向を示す結果となった。特にしらすにおける金属板とプラスチック板の傾向と他 2 試料の傾向が僅かではあるが相反する結果となった。また、東北珪砂 7 号と粒度調整材では金属板よりもプラスチック板の ϕ が顕著に小さくなる傾向にあり、表-1 に示す表面粗さの違いが影響していると考えられる。一方で、全体の傾向を俯瞰してみれば、摩擦特性であるせん断抵抗角は概ね $\phi \approx 30^\circ$ 前後となっており、粒度調整材におけるプラスチック板を除けば大きな差は無い傾向と言える。

5. まとめ

本実験において、しらすを主体に他の試料との比較試験を行い、以下のことが分かった。

- ・しらすに着目すると試料のみでみられる作製密度に依存した結果が、摩擦試験では顕著な差は見られなかった。
- ・摩擦試験では一部を除き、概ね $\phi \approx 30^\circ$ 前後となる傾向であった。
- ・しらすでは金属板とプラスチック板における ϕ に大きな差が見られず、他の 2 試料と違う傾向を示した。これらは、しらすの粒子形状などが影響しているのではないと推察される。

今後は、施工ツールを模擬した摩擦対象物とその特性に着目して、加泥剤や低減剤(ポリマー剤など)を使用した試験、金属板及びプラスチック板の硬度や粗度を変えた試験が必要と考える。

表-2 供試体作製方法および条件

試料種類	しらす 1	しらす 2	東北珪砂 7 号	粒度調整材
目標作製密度 %	Dc=100	Dc=85	Dc=90	Dc=97
ρ_d g/cm ³	1.197	1.023	1.444	1.970
ρ_{dmax} g/cm ³	1.197	1.197	1.597	2.038
作成含水比 %	32.0	32.0	16.7	9.0
供試体寸法	試料のみ:直径 70mm 高さ 30mm 金属板・プラスチック板:直径 70mm 高さ 15mm			
せん断条件	飽和・定圧			
摩擦対象物	なし(試料のみ)・金属板・プラスチック板			
圧密応力	50kN/m ² ・100kN/m ² ・200kN/m ²			
せん断速度	0.2mm/min (8.2mm までせん断)			

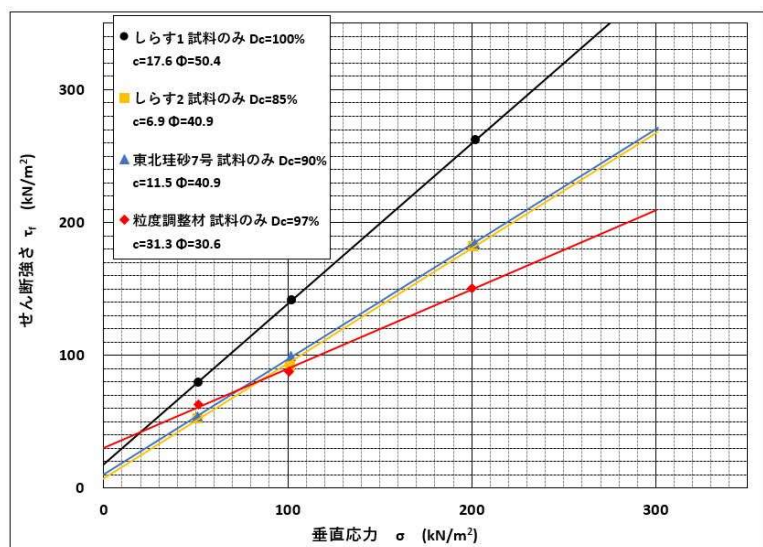


図-2 τ と σ の関係

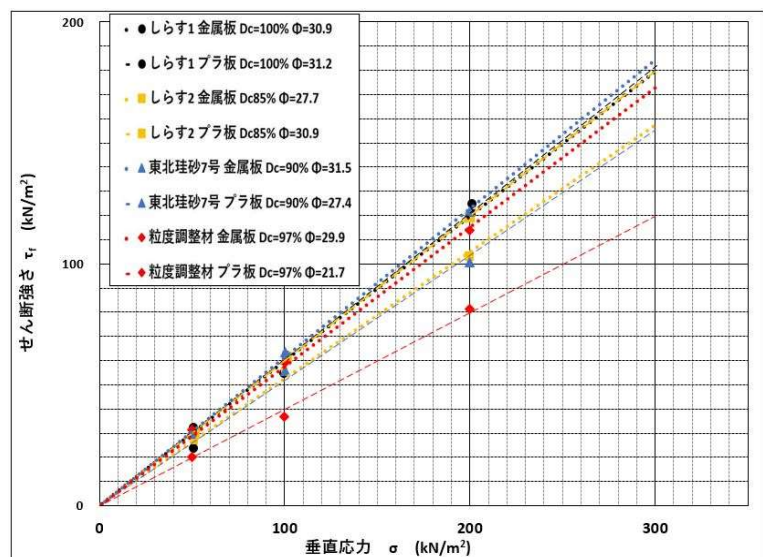


図-3 摩擦対象物と各試験試料の τ と σ の関係

《引用・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) 中島悠介ら：余掘りによるシールドマシンの胴締め圧力低減効果、土木学会第73回年次学術講演会、2018年