

Ⅲ-A9

土の付着・摩擦特性に関するモデル試験

立命館大学理工学部 正員 深川良一

立命館大学大学院 学生員 小林泰三

1. はじめに

軟弱地盤中を自律走行する作業機械の開発を最終的なテーマとし、そのための基礎的研究として、粘土と金属・高分子材料間の付着・摩擦現象の特性に関するモデル試験を行った。具体的には、ある荷重で圧密されたモデル粘土地盤中をステンレスおよびテフロンより成る棒状物体を細いワイヤーでけん引し、結果の定量的・定性的評価を試みるものである。

土の付着・摩擦特性の解明は建設機械のみならず農業機械やその他オフロード車両の分野における土の付着を低減させる技術開発の基礎的研究としても重要である。

2. 付着・摩擦抵抗に影響を及ぼす因子

境界面もしくは境界面近傍における付着・摩擦機構のメカニズムは、以下にあげる数多くの要素因子が複雑に関わりながら影響を及ぼしているものと予想される。

- ①粘土そのものの化学的および物理的性質
- ②貫入物の表面材料特性
- ③貫入物の形状
- ④貫入・引っ張り速度
- ⑤温度 その他

3. モデル試験

(1) 土質試料：本試験では、表1に示した性質を有するカオリンを使用している。

土粒子の密度 ρ_s	2.64
含水比 ω_s (%)	46.7
30%粒径 D_{30} (mm)	0.0013
60%粒径 D_{60} (mm)	0.0043
液性限界 ω_L (%)	53.4
塑性限界 ω_P (%)	30.9

表1 粘土試料の物理的性質

(2) 金属・高分子材料：本試験では、付着の対象となる材料にステンレス鋼 SUS303 および、フッ素系樹脂テフロンを準備した。

(3) 実験装置

飽和粘性土モデル地盤を作成するにあたり図1に示す圧密箱を作成した。この圧密箱の側面に $\Phi 15\text{mm}$ の円形、一辺15mmの四角形の貫入口をそれぞれ開けて貫入を可能にしている。また、この圧密箱1つで長さの異なった貫入棒を3種類用意し、それぞれの貫入口に対応させている。

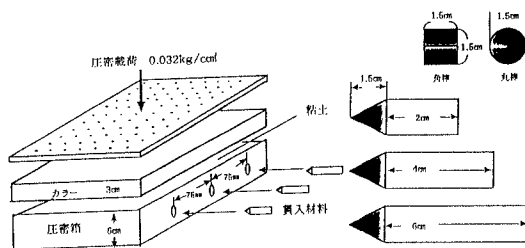


図1 圧密箱

図2 貫入材料の形状

(4) 試験方法

- a) 飽和粘性土のモデル地盤作成：粉体粘土試料（カオリン）と水を約 10 : 7 の割合でまんべんなく攪拌し圧密箱内にセットする。そして定められた圧密荷重（後述する）でおよそ 1 週間水中にて圧密する。
- b) 粘土供試体の作成：一次圧密が終了した圧密箱を水浸容器から取り出し、慎重に上蓋及びカラーを取り外す。さらにワイヤー等を使って余分な粘土を取り去り、高さ 6 cm の粘土供試体を作成する。その後再び供試体上端面にろ紙を敷き同量の圧密荷重を行った。
- c) 貫入・引っ張り試験：荷重をした状態のまま圧密箱の側壁にある貫入口から注意深く図2に示した金属棒もしくはテフロン棒を貫入させる。貫入および引っ張り速度は全ての試験について 250mm/min に統一した。この時の引っ張り力すなわちけん引抵抗力を 0.002 秒間隔で計 40 秒間測定しデータを採取した。この作業を1つの圧密箱に対して長さの異なる引っ張り棒で3回実施する。

キーワード：付着、摩擦、ステンレス、テフロン、形状および表面特性、モデル試験

連絡先：立命館大学院 建設施工システム研究室 〒525-77 草津市野路町 1916 Tel:077-561-2875

4. 試験結果および考察

(1) 貫入材料の形状による影響

a) 貫入材料の先端部に発生する抵抗力：本試験では角棒、丸棒それぞれ長さが異なっても先端部の形状を同一のものとしているため、そこで発生する抵抗力は一定量のものとして考えることができるが、胴部分での抵抗も同時に働いているため、本試験結果からだけではこの抵抗力のみを分離することは困難である。ただし、図3のように接触面積と抵抗力の間に線形的な関係がみられる場合、接触面積＝0に対応するものとして先端部の抵抗力を決定することができるかもしれない。

b) 胴部分に発生する抵抗力：本試験では、図2に示したとおり胴部分の長さを2, 4, 6cmと変化させると同時にそれぞれの長さで断面形状が円形、すなわち丸棒と正方形（角棒）となる2種類を用意した。図4から判断して角棒の場合、接触面積と抵抗力との間に明瞭な比例関係などがみられない。これは、角棒がモデル地盤内で回転等の複雑な挙動をすることによるものと予想される。これに比べ丸棒の場合その影響が小さくなることはその形状から納得できる結果である。また、一概には言えないが、テフロンの場合、接触面積の変化に伴うけん引抵抗力の増減の割合はステンレスに比べ、80%程度小さくなっている。これは、テフロンは長さによる影響を受けにくいことを意味する。また、ある長さ以上になるとさらに抵抗力の増加の割合が減少することが図6からも予想される。これは、テフロンと粘土の境界面で滑りが発生するためと思われる。

(2) 貫入材料の材料特性による影響

本試験では、材料特性の影響を検討するうえで、親水性・疎水性材料を代表して、ステンレスおよびテフロンを用意した。角棒の場合、ステンレスは、テフロンに比して抵抗力が約50～70%減少する。しかし、丸棒の場合、同様な現象はみられず、逆に顕著な増加の傾向を示す。さらに角棒テフロン試験では接触面積の増加に対して抵抗力の低下がみられる。現段階ではこのような結果を生じさせる原因がはっきりしないため今後引き続き検討する予定である。

また、ステンレスの場合、けん引距離と抵抗力に比例的な関係がみられるが（図3参照）、これは、親水性材料では、境界面でステンレスと粘土が付着し近傍で粘土の粘性による流動を開始し、はっきりとしたせん断面を発生しないままけん引されていく過程を想像することができる。

ん断面を発生しないままけん引されていく過程を想像することができる。

5. 結論

- ・親水性材料と疎水性材料ではせん断面の発生機構が異なっていることが示唆できる。
- ・テフロンの摩擦力は、接触面積の違いによる影響が比較的小さいといえる。
- ・材料形状が角棒の場合、テフロンは、ステンレスよりも50～70%程度抵抗力が低減される。

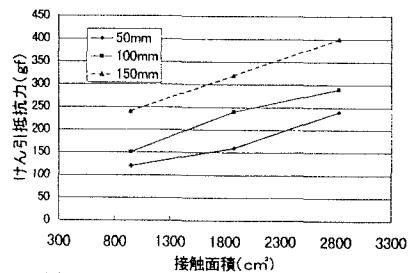


図3 丸棒ステンレス試験における接触面積と抵抗力の比較図

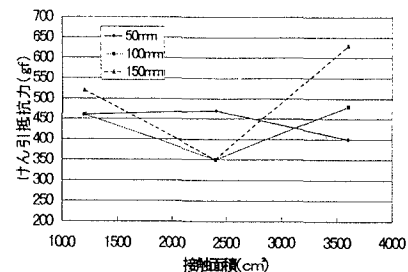


図4 角棒ステンレス試験における接触面積と抵抗力の比較図

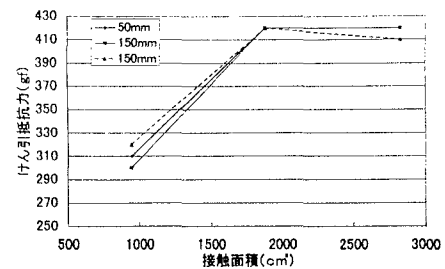


図5 丸棒テフロン試験における接触面積と抵抗力の比較図

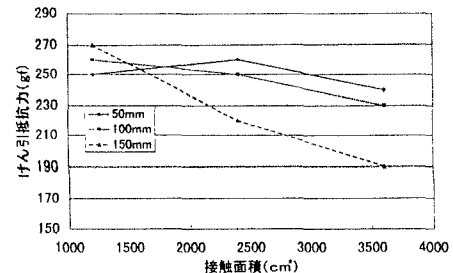


図6 角棒テフロン試験における接触面積と抵抗力の比較図