

立命館大学理工学部研究科 正 員 深川 良一
 立命館大学大学院理工学研究科 学生員 玉井 俊行
 立命館大学大学院理工学研究科 学生員 ○今西 健仁
 (株) 栗本鐵工所 松野 進

1. 研究目的

粘土に顕著に見られる土と金属間の付着の問題は、建設機械や農業機械の分野では特に解決困難な問題として知られており、現在でも有効な対策が樹立しているとは言いがたい。本研究の最終的な目標は、付着しにくい材料の開発など、土と固体表面間の付着を減少させるための対策を樹立することである。この目標のためには、土の付着メカニズムを解明することが重要である。本報告では、付着を減少させるための基礎研究としていくらかの室内実験を行い、実験結果に基づいて考察を行った。

2. 試験方法

土質試料（カオリン）と水を 10:7 の比で混合攪拌し、15.7kPa の圧密荷重で、およそ 1 週間水中で予備圧密を行った。

作成した粘土をカッターリングにより採取し、ワイヤーソーにより切り取るにより滑らかな供試体両端面を成型した。供試体の大きさは、直径 6cm、高さ 2cm である。この供試体を上部せん断箱に移し、一面せん断試験器にセットした。また、各固体材料の表面は汚れが付着している可能性があるため、ステンレス、銅、アルミニウムには、アセトンと蒸留水を使用し、PTFE（商品名テフロン）にはエタノールと蒸留水を使用して洗浄した。

供試体をセットした後、垂直測定用ダイヤルゲージを 0 点に合わせた。圧密荷重は 49, 98, 147kPa の 3 種類で行った。試験機を 3 台用意してそれぞれの圧密荷重に該当する分銅を分銅受けにのせ、供試体に衝撃を与えないように注意して圧密を開始した。本試験では供試体の応力条件、応力履歴を明瞭にするために一次圧密終了までの圧密を継続することにした。この圧密時間は、圧密試験で求めた圧密曲線より 30 分とした。

一次圧密が終了してすぐに用意した試験機にセットし、付着板の垂直方向引っ張り試験を実施した。引っ張り速度は一定値 0.314cm/sec に設定し、引っ張り荷重の最大値から付着板の重さを差し引いた値を付着力とした。引っ張り過程で使用した試験機を図 1 に示す。

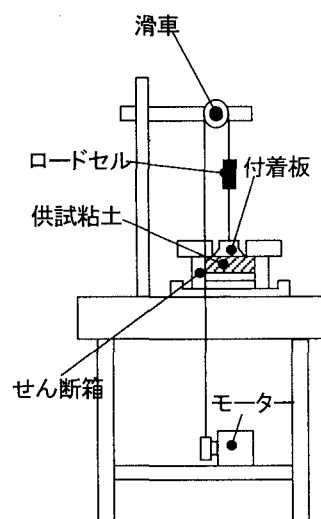


図 1. 付着力測定試験機

3. 結果と考察

付着応力と間隙比 e の関係を図 2 に示す。図 2 において、各材料ともばらつきが見られるので、それぞれの材料において近似直線を示し、その傾向について考察する。ステンレスは他の材料に比べて“付着力”が幾分か大きめに現れ、PTFE は、金属材料と比べて間隙比 e にあまり依存していないということが分かる。さらに、それぞれの材料において、付着力は間隙比 e が減少するにつれて増加している。これは、おそらく土粒子の固体表面への接触面積の増加が原因であると思われる。土中における粘土粒子は吸着水と呼ばれる水分子層で囲まれている。この水の粘性は、自由水の粘性より大きく、第 1 の水分子層では 100 倍ぐらいになっている¹⁾。よって吸着水の寄与が増加することによって、付着力も増加するものと考えられる。

図 3 は付着力と圧密応力の関係を示している。間隙比 e は、標準的に圧密された粘土において本来圧密 Ryoichi FUKAGAWA, Toshiyuki TAMAI, Kenji IMANISHI, Susumu MATSUNO

応力とユニークに関係付けられるものであると考えられるが図 2 と図 3 を比較したときに多少の違いが見られるのは試験の条件や実験者のミスによるものであろう。各供試材料に対する付着応力の大きさは、ほぼステンレス>銅>アルミニウム>PTFE の順番になっている。

図 4 は、固体表面の付着土の質量と間隙比 e の関係を示している。図 4 より、金属材料については間隙比 e に対してほぼ同じ傾向を示し、PTFE については間隙比 e に依存せず非常に少ない量であった。付着土の量は、粘土の付着力や引っ張り力に依存している。図 2 と図 5 の比較において、図 2 における PTFE の付着力は「真の付着力」であるが、金属材料の付着力はおそらく粘土の引っ張り強度、つまり凝集力である。

図 5 は、付着土の重さと付着応力の関係を示している。金属材料はほとんど同様の傾向を示しており、付着応力が大きくなるにつれて、付着土も増加している。しかし、PTFE は付着土がほぼゼロに等しい値であるにもかかわらず、付着応力は金属材料と同じぐらいの大きさがある。PTFE は疎水性材料であるので、付着応力はゼロに近い値になると予想していた。しかし、PTFE の付着応力は金属材料と比べてもあまり大きな違いは見られなかった。

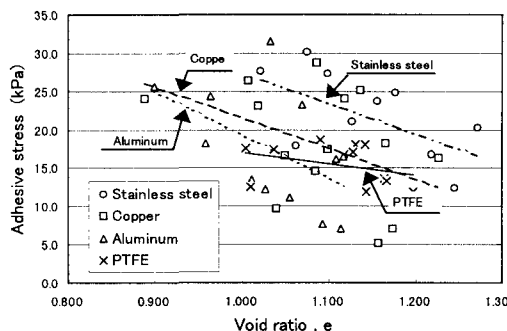


図 2. 付着力と間隙比の関係

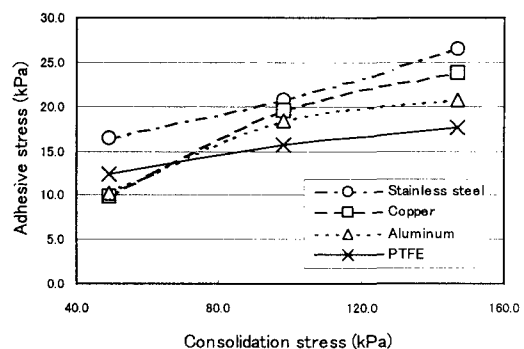


図 3. 付着力と圧密応力の関係

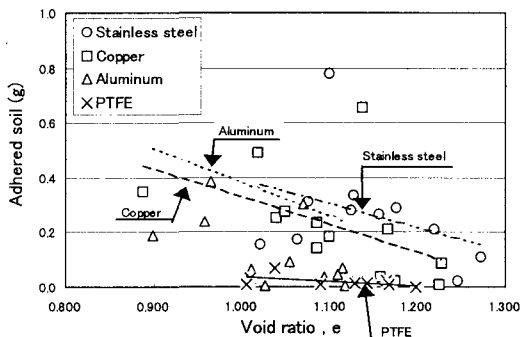


図 4. 付着土量と間隙比の関係

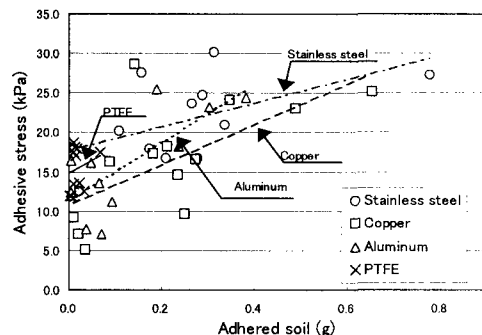


図 5. 付着力と付着土量の関係

4. 結論

付着力： 4つの固体材料とカオリンとの間の付着特性を調べた。ステンレスの付着力は、他の3つの材料に比べて大きく、PTFEの付着力は間隙比にあまり依存しないということが明らかになった。

付着土： ステンレス、銅、アルミニウムの3種類の金属材料に関する付着土の量は、ほとんど同様のものではあった。PTFEについては付着土はほとんど見られなかった。金属材料の付着応力と付着土との関係はほとんど同様の傾向を示した。PTFEの付着応力は、付着土の量から評価すると他の材料よりもかなり大きかった。

参考文献

- 1) Yong, R.N. and Warkentin, B.P.: 土質工学の基礎、鹿島出版会、pp. 22-26., 1978.