

過圧密粘土と鋼材の摩擦特性

九州大学工学部 学○内田浩平 正 落合英俊
正 林 重徳 正 梅崎健夫
学 三倉義教

1. まえがき

粘土と鋼材の摩擦挙動には、応力状態により粘土と鋼材の接触面ですべりが生じる場合と接触面近傍の粘土要素内部ですべりが生じる場合があると考えられる。したがって、摩擦特性は、粘土と鋼材の接触面のみでなく接触面近傍の粘土要素も含めて捉えることが必要である。これまで、正規圧密粘土と鋼材の摩擦特性について、粘土の内部摩擦角と粘土と鋼材の接触面摩擦角を用いた評価法を提案し、三軸スライスせん断型装置による摩擦試験を行いその妥当性を検証してきた^{1)・2)・3)}。本文は、過圧密比の異なる粘土と鋼材の摩擦試験を行い、その摩擦特性について検討したものである。

2. 試験概要

摩擦試験には、粘土と鋼材の接触面上の摩擦挙動と接触面近傍の粘土要素の応力・変形挙動の両方を捉えることのできる三軸スライスせん断型の試験装置^{1)・3)}を用いた。図-1のように粘土と鋼材を設置し、等方圧 σ_v のもとで軸圧縮力 P を加えると、最大主応力面と角度 β をなす粘土と鋼材の接触面上に垂直応力 σ'_n 、せん断応力 τ が作用する。また、間隙水圧、粘土供試体のせん断変位および粘土と鋼材の接触面のすべり変位を測定することができる。試料には有明粘土($G_s=2.66$, $W_L=68.8\%$, $I_p=29.3$)を用いた。鋼材は構造用鋼材SS41を用い、表面を最大高さ $R_{max}=0.5\mu m$ 、基準長さ $L=0.25mm$ に仕上げた。

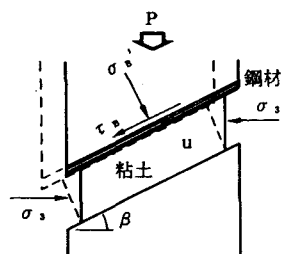


図-1 供試体の応力・変形状態

試験は、バックプレッシャー 2.0kgf/cm^2 を負荷した状態で行った。厚さ 1cm の粘土供試体を 3.0kgf/cm^2 で24時間等方圧密した後、所定の過圧密比($OCR=3, 5, 10, 20$)になるように除荷し24時間膨潤させ、軸圧縮速度 0.0099mm/min で非排水せん断した。

また、アクリル板に最大粒径 $750\mu m$ の豊浦標準砂を張付けることにより表面を極端に粗くした粗度板を鋼材のかわりに用いた試験も同様に行った。この試験では、粘土と粗度板の接触面ですべりが生じず、せん断ひずみが15%を超える試験終了時まで粘土要素のせん断変形のみが生じる。この場合の強度定数を粘土要素の強度定数と見なした。

3. 過圧密粘土と鋼材の摩擦角

正規圧密粘土と鋼材($R_{max}=0.5\mu m$)の試験について、図-2に接触面上の応力経路、図-3に接触面のすべり変位と接触面上のせん断応力の関係を示す。図-2中の ϕ' は正規圧密粘土の内部摩擦角であり、粘着力 $c'=0$ である。最大主応力面と接触面のなす角 β によらず接触面上の応力は原点を通る直線上に達し、このとき図-3に示すように接触面ですべりが生じる。したがって、この直線は正規圧密粘土と鋼材の接触面の応力の規準線であり、傾き $\delta'=29^\circ$ が正規圧密粘土と鋼材の接触面摩擦角である。

同一の圧密圧力(3.0kgf/cm^2)で過圧密比の異なる粘土と鋼材($R_{max}=0.5\mu m$)の試験について、図-4に接触面上の応力経路、図-5に接触面のすべり変位と接触面上のせん断応力の関係を示す。図-4中の c'_1 、 ϕ'_1 は圧密圧力 3.0kgf/cm^2 の過圧密粘土の内部摩擦角および粘着力である。過圧密比が大きくなると接触面上の応力は正規圧密粘土と鋼材の場合の δ' -線をわずかに越える傾向があり、図-5に示すように接触面上のせん断応力が最大になる点で接触面ですべりが生じる。この点を結ぶ直線が過圧密粘土と鋼材の接触面の応力の規準線であり、原点を通らない。

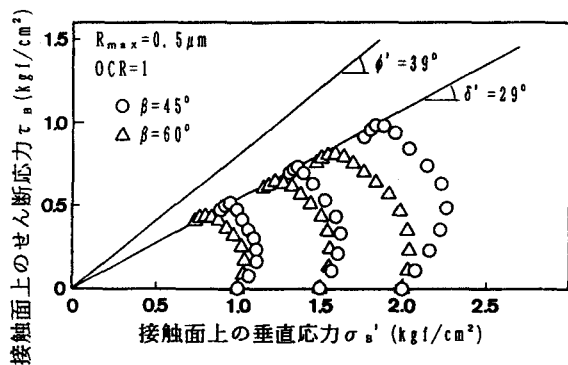


図-2 接触面上の応力経路（正規圧密）

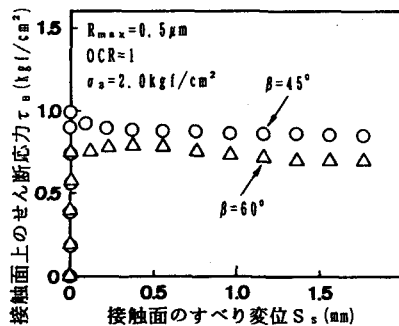


図-3 接触面のすべり変位とせん断応力の関係（正規圧密）

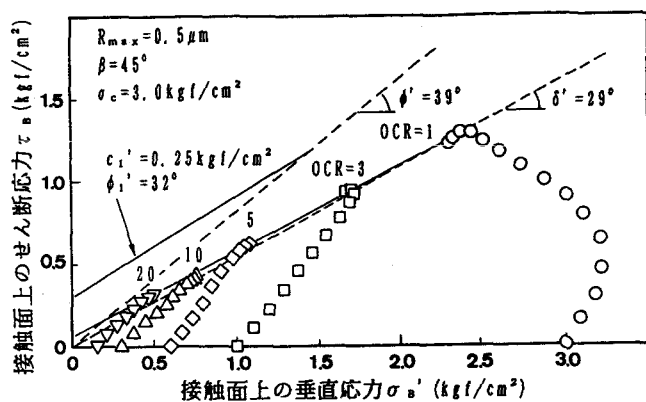


図-4 接触面上の応力経路（過圧密）

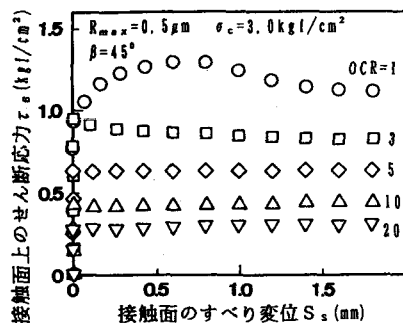


図-5 接触面のすべり変位とせん断応力の関係（過圧密）

粘土と鋼材の接触面摩擦角は、鋼材の表面が粗くなるほど大きくなり粘土要素の内部摩擦角が上限となる。これは、接触面ですべりが生じると同時に鋼材表面の凹凸により付近の粘土がせん断され、表面が粗くなるほど粘土の強度特性の影響が大きくなるためであると思われる。したがって、 $c' = 0$ である正規圧密粘土と鋼材の接触面の規準線は粘着成分をもたず原点を通る直線となるが、見かけの粘着力をもつ過圧密粘土と鋼材の場合には粘着成分が存在する。ただし、今回用いた鋼材（ $R_{max} = 0.5 \mu m$ ）は表面が滑らかであるため、粘着成分は非常に小さい。

4. まとめ

粘土と鋼材の接触面の応力が規準線に達すると接触面ですべりが生じる。正規圧密粘土と鋼材の規準線は粘着成分をもたず摩擦角 δ' のみで表されるが、過圧密粘土と鋼材の場合には粘着成分が存在する。ただし、本試験で用いた粘土と鋼材（ $R_{max} = 0.5 \mu m$ ）では粘着成分は非常に小さい。

【参考文献】1)内田ら(1992):粘土と鋼材の相互作用特性,第27回土質工学研究発表会, pp773-776.

2)内田ら(1992):粘土と鋼材の相互作用を規定する応力状態,土木学会第47回年次学術講演会,Ⅲ, pp872-873.

3)梅崎ら(1992):粘土と鋼矢板の接触面における摩擦特性,九州大学工学集報,第65巻,第6号, pp. 565-572.