

III-199

粘土と鋼材の摩擦特性に及ぼす接触面粗さの影響

九州大学工学部 学○三倉義教 正 落合英俊
正 大嶺 聖 正 塚本良道

1. まえがき

軟弱地盤上の載荷に伴う周辺地盤の変状防止対策には矢板工が用いられることが多いが、そこでは粘土と鋼材の摩擦特性の把握が重要となる。著者らは、粘土と鋼材の接触面上の摩擦挙動は、接触面ですべりが生じる場合と鋼材に接触する粘土がせん断破壊を起こす場合に大別され、それらは粘土と鋼材の材料特性および応力条件に支配されることを示してきた。本文は、鋼材の表面粗さが摩擦挙動に及ぼす影響を実験的に検討したものである。

2. 粘土と鋼材の摩擦の考え方

粘土と鋼材の接触している状態を図-1の様に捉え、このときの応力状態を σ' - τ 平面上で図-2の様に考える。図中 ϕ' -線は粘土の破壊基準線、 δ' -線は接触面ですべる場合の接触面応力の基準線である（ ϕ' ：鋼材に接する粘土の内部摩擦角、

δ' ：接触面摩擦角）。モールの応力円は粘土の応力状態を、点Bは接触面上の応力状態を表す。

粘土がせん断破壊をする場合と接触面ですべる場合の2つの挙動のうちで、粘土が破壊する場合には点Bが δ' -線に達するよりも先にモールの応力円が ϕ' -線に達し、接触面ですべる場合にはモールの応力円が ϕ' -線に達する前に点Bが δ' -線に達する。 ϕ' -線は粘土の種類によって決り、 δ' は鋼材表面の粗さだけでなく粘土の特性（粒度分布など）によっても影響を受けると考えられる。^{1) 2)}

3. 実験の概要

摩擦試験には、間隙水圧を正確に測定することができ、他の直接せん断型摩擦試験装置に比べて粘土内の応力がはっきりしているスライスせん断型摩擦試験装置²⁾を用いた（図-3参照）。粘土と鋼材の接触面と、軸方向と直行する面とのすべり角は $\beta=60^\circ$ とした。また、装置には、鋼材と粘土とのすべりを測定するためにクリップゲージを取り付けた。鋼材には鋼構造用鋼材SS41を用い、表面粗さは $R_{\max}$ (JIS B 0601) = 0.2, 0.5, 1, 3, 5, 20, 90 μm に調整した。粘土試料は2mmのふるいを通過させた有明粘土 ($G_s=2.66$, $W_L=68.8\%$, $I_p=29.3$) を圧密圧力0.5 kgf/cm^2 で予圧密したものを用いた。また、粘土試料の粒径加積曲線は図-4のとおりである。尚、試験方法の詳細については参考文献²⁾と同様である。

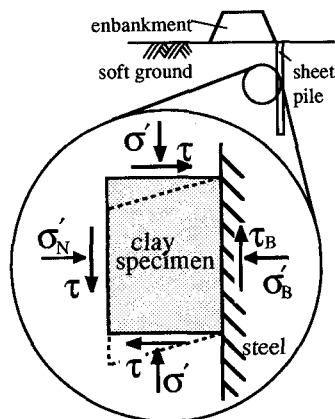


図-1 鋼材に接する粘土要素に働く力

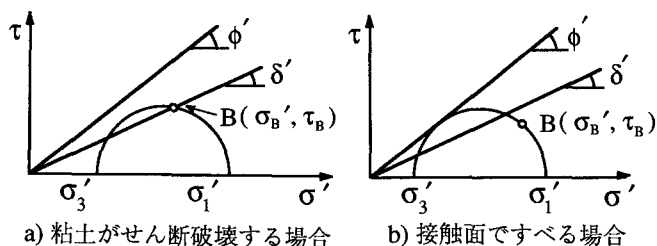


図-2 粘土要素の応力とすべりの基準線

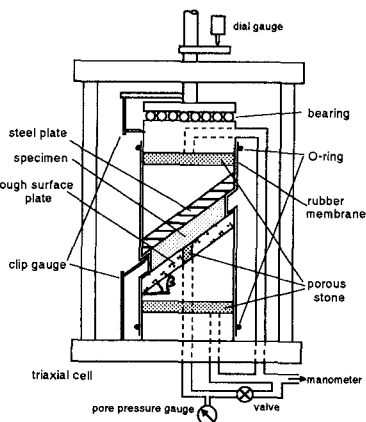


図-3 試験装置の概要

4. 試験の結果と考察

$R_{max}=0.2$ および $5\mu m$ とした試験における接触面上の応力の経路を図-5に示す。応力経路上で接触面上の応力比が最大になった点を結ぶと原点を通る直線となりこの直線の傾きから接触面摩擦角 δ' が求められる。図-6は各試験から求められた接触面摩擦角と鋼材表面粗さ R_{max} との関係を示している。図中右端の点はスライスせん断試験から求めた粘土の内部摩擦角 ϕ' である¹⁾。 δ' は表面粗さの増加に伴い増加し、次第に粘土の内部摩擦角 ϕ' に近づいていく。このときの δ' の値は上限と下限があると判断できるが、上限については、 $R_{max} \geq 90\mu m$ で $\delta' = \phi'$ とみなされる。また、実際に $R_{max} < 90\mu m$ 以下では接触面ですべりが生じ、 $R_{max} \geq 90\mu m$ では接触面ですべらずに粘土がせん断破壊を起こすことが測定により確認された。このことから、約 $R_{max}=90\mu m$ 以上になると接触面ですべらずに粘土のせん断だけが起こるために、 $\delta' = \phi'$ が上限となると判断できる。一方 $R_{max}=0.5\mu m$ と $0.2\mu m$ の場合にはいずれも $\delta'=29^\circ$ となっていることから、接触面がある程度滑らかになると下限を示すと考えられる。

δ' が上限となる $R_{max}=90\mu m$ の粗さを図-4の粒度加積曲線で比べてみると通過質量百分率88%に相当している。即ち、粒度分布において大部分を占める通過質量百分率90%程度の粒径に相当する表面粗さで δ' は上限を示す。

5. まとめ

○接触面摩擦角 δ' は、粘土粒子と鋼材表面粗さの相対的な関係が影響を受けるが、その値には上限と下限が存在し、上限は粘土の内部摩擦角に一致する。○有明粘土と鋼材の接触面摩擦角 δ' が上限となる表面粗さは、約 $R_{max}=90\mu m$ であり、これは粒度分布における通過百分率90%の粒径に相当する。

参考文献

1) 内田ら、粘土と鋼材の相互作用を規定する応力状態、土木工学会第47回年次学術講演会（1992）PP.872-873、2) 内田ら、粘土と鋼材の相互作用特性、第27回土質工学研究発表会（1992）PP.773-776、

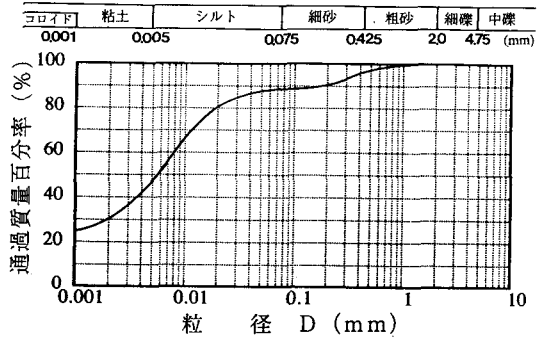


図-4 粘土試料（有明粘土）の粒度組成分布

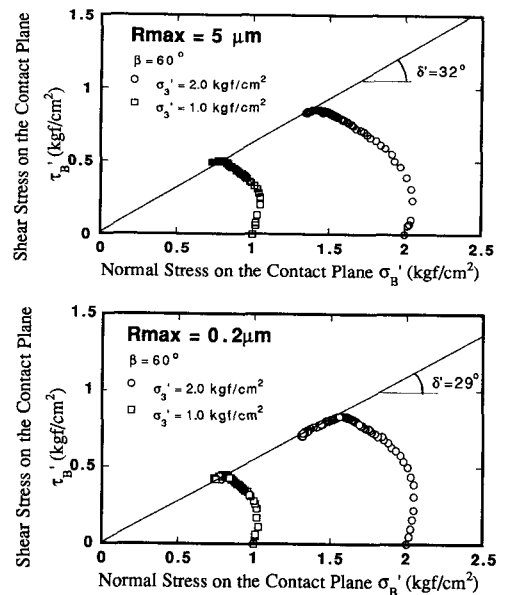


図-5 摩擦試験での接触面上の応力経路

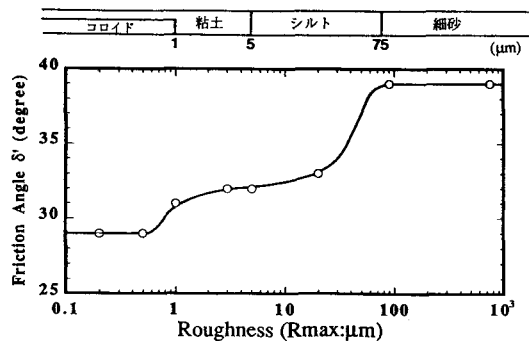


図-6 鋼材表面粗さ (R_{max}) と接触面摩擦角 (δ') の関係