

中型単純せん断試験機を用いた砂～鋼板間の摩擦試験
(その2 定体積条件での試験結果)

関西大学工学部 正会員 山肩邦男 伊藤淳志
(株)武智工務所 正会員 小椋仁志
(株)鴻池組 正会員 加藤史彦
関西大学大学院 学生会員 ○小森 崇

1. 序 著者らは、杭が鉛直荷重を受けた場合の杭周面摩擦抵抗および周辺地盤の変形機構を解明するため、これまで砂～鋼板間の摩擦せん断試験¹⁾²⁾を定圧条件で行ってきた。今回、これまであまり行われておらず不明瞭な点が多い定体積条件のもとで、同様な試験を実施した。本報告では、この結果について述べ、鋼板の表面粗さおよび砂の相対密度が摩擦せん断応力～変位特性に及ぼす影響について考察する。

2. 実験概要 試験機 概要を図1に示す。文献¹⁾²⁾で用いたものと同じであるので、ここでは概要のみを示す。せん断箱は鋼製フレーム(内法300mm×200mm、厚さ20mm)を6段積み重ねたものである。各フレーム間には5mmの隙間を設けて、圧密時の圧縮量に対処している。従って圧密終了後の供試体の高さは約145mmとなる。摩擦板 400mm×240mm、厚さ10mmの鋼板(SS41)を用いる。鋼板の表面粗さは、最大高さ R_{max} (基準長さ $L=8mm$)で評価し、表1に示す5種類とした。試料砂 気乾状態の淀川砂(粒径: $75\mu m \sim 1.2mm$)であって、その諸元を表2に示す。供試体は、圧密後の相対密度 D_r が約60, 80, 100%となるように、多重ふるい付きサンドレイナーを用いて作製した。なお、実際の D_r の平均は、それぞれ53.4, 75.6, 101.6%であった。

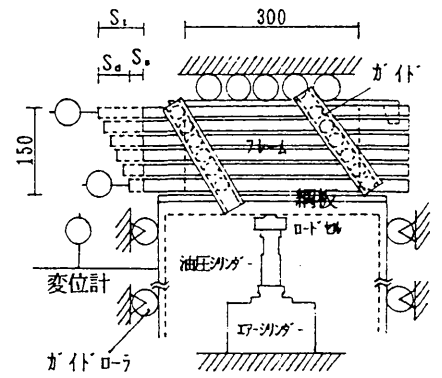


図1 実験装置(単位:mm)

表1 摩擦面表面粗さ

	最大高さ R_{max} (μm) (基準長さ $L=8mm$)				
呼称値	5	20	55	110	180
実測値平均	3.8	19.4	54.6	114.0	182.7

初期垂直圧 σ_v 0.5, 1.0, 2.0, 3.0 kgf/cm^2 の4通りとした。なお、供試体にはローラーなどの荷重0.074 kgf/cm^2 がさらに加わる。実験種類

表2 淀川砂諸元

土粒子の密度 $\rho_s(g/cm^3)$	最大間隙比 e_{max}	最小間隙比 e_{min}	平均粒径 $D_{50}(mm)$	均等係数 U_c
2.62	0.977	0.591	0.51	2.23

以上の R_{max} , D_r , σ_v を組み合わせる36種類の摩擦せん断試験を行った。また、6種類の単純せん断試験も合わせて行った。実験方法 σ_v を30分間加えた後、供試体が

定体積状態を保つようエアースリンダーと油圧ジャッキで垂直圧 σ_v を調整しながら、毎分1mmの変位速度でせん断力を加えた。供試体の高さの変化量は $\pm 0.15mm$ 以内に収まっていた。これは垂直ひずみ $\pm 0.1\%$ にあたり高田らの報告³⁾を参考にすると定体積条件をほぼ満足できたと考える。

3. 表面粗さの影響 図2に摩擦せん断応力比 τ/σ_v ～全変位量 S_t 関係の一例を、 R_{max} をパラメータとして示す。同図より次のことが分かる。

- ① τ/σ_v には $R_{max}=20\mu m$ を除いてピーク値 $(\tau/\sigma_v)_p$ が見られる。その値は R_{max} が大きいほど大きい。ただし、 $R_{max}=110\mu m$ と $180\mu m$ の場合は、ほとんど差がない。
- ② τ/σ_v の残留値($S_t=50mm$ での値)も、 R_{max} が大きくなるほど大きい。しかし、 $R_{max} \geq 55\mu m$ の場合はほぼ一致している。
- ③ $\tau/\sigma_v \sim S_t$ 曲線の初期勾配は R_{max} の値にかかわらず、ほぼ一致している。

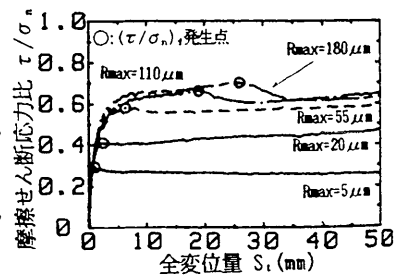


図2 $\tau/\sigma_v \sim S_t$ 関係
[$D_r=80\%$, $\sigma_v=1.0kgf/cm^2$]

図3は S_t をせん断変形量 S_d とすべり変位量 S_s に分けた時の S_t と S_d の相関図の一例である。同図から τ/σ_v が $(\tau/\sigma_v)_p$ に至るまでは変位量の大部分を S_d が占め、その後 S_s が増大することが分かる。この現象は定圧条件の試験でも見られたことである。

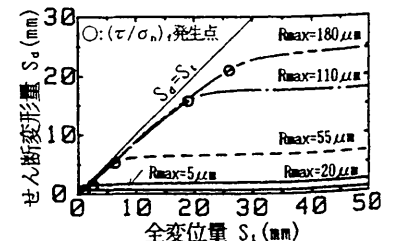


図3 $S_d \sim S_t$ 関係
[$D_r=80\%$, $\sigma_v=1.0kgf/cm^2$]

Frictional Test between Sand and Steel on Simple Shear Apparatus (Part2) : K.Yamagata, A.Ito, T.Komori(Kansai Univ.) and H.Ogura(Takechi Engineering, Co., Ltd.) and F.Kato(Konoike, Co., Ltd.)

図4(a)は τ/σ_v と S_v 、同図(b)は σ_v と S_v との関係である。これらの図の横軸にはせん断ひずみ γ も合わせて示した。さらに単純せん断試験の結果も併記した。 S_v と τ/σ_v および σ_v との関係を、図5(a)(b)にそれぞれ示す。以上の図から次のことが分かる。

- ① $\tau/\sigma_v \sim S_v$ 関係は、いずれの R_{max} でもほぼ一致している。 τ/σ_v が $(\tau/\sigma_v)_c$ に達する、すなわち砂と鋼板間にすべりが生じると、 R_{max} に応じて順次離脱していく。
- ② τ/σ_v が $(\tau/\sigma_v)_c$ に達する時の S_v は、 R_{max} が大きいほど大きい。
- ③ いずれの R_{max} の場合にも、 S_v は τ/σ_v が $(\tau/\sigma_v)_c$ に達した後はほとんど増加しない。
- ④ $\sigma_v \sim S_v$ および $\sigma_v \sim S_v$ 曲線において、 $R_{max} \leq 20 \mu\text{m}$ の場合、 σ_v は初期に減少したあと、ほぼ一定値となっている。これに対し、 $R_{max} \geq 55 \mu\text{m}$ の場合、 σ_v は初期に減少したあと、正のダイレイタンスの影響を受けて増加に転じる。しかし砂と鋼板間ですべりが生じると再び減少する。

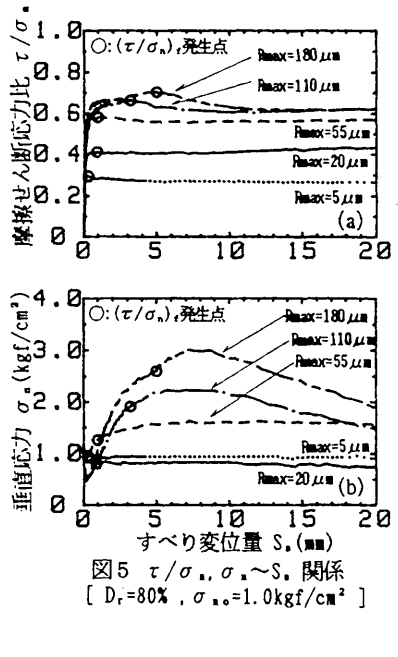
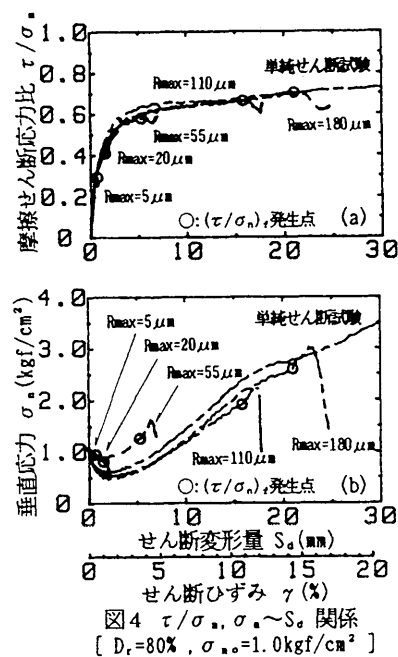


図4 $\tau/\sigma_v, \sigma_v \sim S_v$ 関係
[$D_r=80\%$, $\sigma_{vo}=1.0 \text{ kgf/cm}^2$]

図5 $\tau/\sigma_v, \sigma_v \sim S_v$ 関係
[$D_r=80\%$, $\sigma_{vo}=1.0 \text{ kgf/cm}^2$]

4. 砂の密度の影響 D_r をパラメータとして、図6に $\tau/\sigma_v \sim S_v$ 関係を、図7に $\tau/\sigma_v \sim S_v$ 関係を、そして図8に $\tau \sim \sigma_v$ 関係を示す。これらの図より以下のことが分かる。

- ① $\tau/\sigma_v \sim S_v$ 曲線において、 D_r が大きいほど初期勾配は大きくなる。
- ② 砂と鋼板間にすべりが発生する時の砂のせん断変形量は、 D_r が大きいほど小さい。
- ③ $\tau/\sigma_v \sim S_v$ 曲線においても、 D_r が大きいほど初期勾配は大きい。
- ④ $\tau \sim \sigma_v$ 関係において、 σ_v が増加に転じてからはほぼ直線状となり、その傾きは D_r の違いによらずほぼ等しい。
- ⑤ $\tau \sim \sigma_v$ 関係における σ_v のピーク値は、 D_r が大きいほど大きくなる。これは D_r が大きいほど正のダイレイタンスの影響が大きいためである。

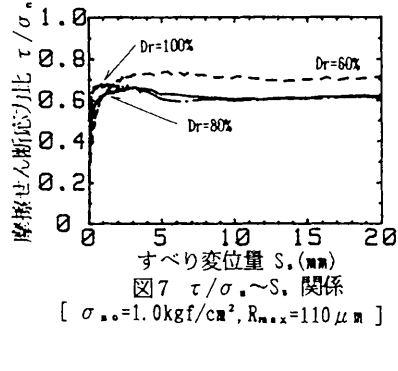
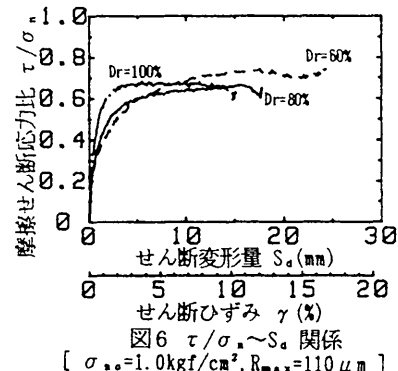


図6 $\tau/\sigma_v \sim S_v$ 関係
[$\sigma_{vo}=1.0 \text{ kgf/cm}^2, R_{max}=110 \mu\text{m}$]

図7 $\tau/\sigma_v \sim S_v$ 関係
[$\sigma_{vo}=1.0 \text{ kgf/cm}^2, R_{max}=110 \mu\text{m}$]

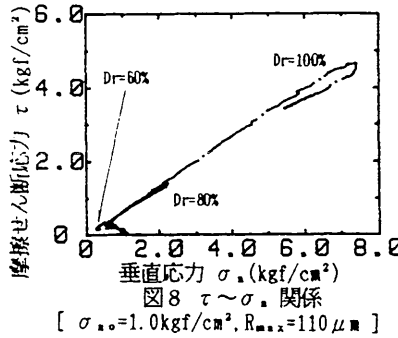


図8 $\tau \sim \sigma_v$ 関係
[$\sigma_{vo}=1.0 \text{ kgf/cm}^2, R_{max}=110 \mu\text{m}$]

5. まとめ 砂～鋼板間の摩擦せん断試験を定体積条件で行った結果、次のことが分かった。

- ① D_r および σ_{vo} が同じ場合、 $\tau/\sigma_v \sim S_v$ 曲線の初期立ち上がりはほぼ一致する。ピーク値は R_{max} が大きくなるほど大きい。
- ② τ/σ_v がピーク値に至るまではせん断変形が卓越し、ピーク以降はすべり量が大きくなる。
- ③ σ_{vo} および R_{max} が同じ場合、 D_r が大きいほど $\tau/\sigma_v \sim S_v$ 曲線の初期勾配は大きくなる。

①②③の傾向は、定圧条件の試験でも見られたことである。

- ④ $\tau \sim \sigma_v$ 関係の直線の勾配は、 D_r の違いによらず大きな差はない。

謝辞 本実験を行うにあたり、多大なご協力を頂いた関西大学卒業研究生の有本浩治、蘇鉄盛史、戸田充の諸氏に感謝の意を表します。

参考文献 1) 山肩, 伊藤, 小椋, 加藤: 中型単純せん断試験機を用いた砂～鋼板間の摩擦試験(その1), 第25回土質工学研究発表会, 1990. 6.
2) 山肩, 伊藤, 小椋, 加藤: 砂～鋼板間の摩擦せん断試験結果に関する一検討, 日本建築学会大会学術講演概要集, 1990. 10.
3) 高田, 大島, 岡本: 一面せん断定体積試験の自動化, 土木学会第45回年次学術講演会, 1990. 9.