

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6 定体積条件での湿潤砂の摩擦せん断試験)

関西大学工学部 正会員 山肩邦男 伊藤淳志
 備ジオトップ 同 小椋仁志
 備鴻池組 同 O加藤史彦

1. はじめに 筆者らは、鉛直荷重を受ける杭の摩擦抵抗機構を解明する目的で、中型単純せん断試験機を用いて各種の摩擦せん断試験(その1~その5)^{1)~5)}を実施してきた。その1では、気乾砂の定圧摩擦せん断試験について、その2およびその3では、気乾砂の定体積摩擦せん断試験についてそれぞれ報告した。また、より実状に近い地盤を想定して、その4では、湿潤砂の定圧摩擦せん断試験について報告した。今回、その系統として、定体積条件のもとで、湿潤砂についての摩擦せん断試験を行った。本報告では、この結果について述べ、鋼板の表面粗さ、砂の含水比および初期拘束圧の影響について検討を行う。

2. 実験概要 試験機の概略を図1に示す。試験機は一連の研究^{1)~5)}に用いたもの同一であって、多段式の単純せん断試験機に改良を加えたものである。鋼板の表面粗さは、最大高さ R_{max} (基準長さ $L=8.0mm$)で定義し、表1に示す4種類とした。なお、同表には、 R_{max} の実測平均値をも示しておいた。使用した砂は淀川砂(粒径 $75\mu m \sim 1.2mm$)であって、その諸元を表2に示す。この淀川砂に所定量の水を加えて湿潤砂を作製する。湿潤砂の含水比 w は0(気乾状態)、3および6%の3通りとした。供試体は、加圧後の相対密度 $D_r=75\%$ となるように、タンピングにて作製した。実験終了後に

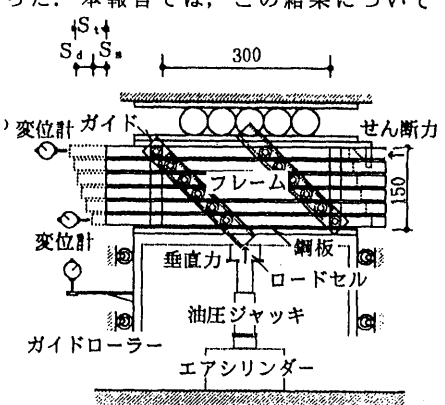


図1 実験装置 (単位:mm)

測定した w および D_r の平均値を表3に示す。初期垂直応力 σ_{n0} は、1.074, 2.074, 3.074および4.074

表1 鋼板の表面粗さ

最大高さ R_{max} (μm)($L=8.0mm$)				
呼称値	5	20	50	100
平均値	5.6	15.2	37.2	76.4

kgf/cm²の4通りとした。以上の R_{max} , w および σ_{n0} を組み合わせて、23種類の摩擦せん断試験を行った。実験は、 σ_{n0} で30分間圧

表3 w および D_r の平均値(%)

w の呼称値	0	3	6
w の平均値	0.06	3.03	6.06
D_r の平均値	72	72	69

密した後、せん断力を毎分1mmの変位速度で加える。せん断中の供試体が定体積条件を満足するように、エアシリンダーおよび油圧ジャッキにて垂直応力 σ_n を調整する。

3. 実験結果と検討 R_{max} をパラメータとして、摩擦せん断応力 τ , 垂直応力 σ_n -全変位量 S_t 関係を図2に示す。図中の▽印は、 τ のピーク値 τ_f 発生点である。同図より、 R_{max} が大きいく程、 τ_f は大きくなることわかる。特に、 $R_{max}=100\mu m$ での τ_f は、他の結果の5~10倍となっている。 τ_f 発生後の τ は、 $R_{max}=100\mu m$ の場合減少し、 $R_{max} \leq 50\mu m$ の場合ほぼ一定値である。 τ の残留値 τ_r ($S_t=50mm$ での値)は、 R_{max} が大きいく程、大きい。

表2 淀川砂諸元

土粒子の密度 ρ_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
2.64	0.985	0.596	0.53	2.30

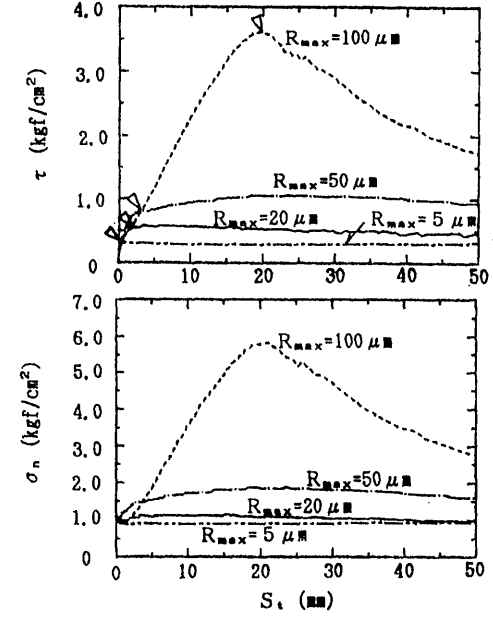


図2 $\tau, \sigma_n - S_t$ 関係 ($\sigma_{n0}=1.074kgf/cm^2, w=3\%$)

$\sigma_n - S_d$ 曲線において、 σ_n は初期に減少した後増加に転じる。また、増加に転じた後の $\sigma_n - S_d$ 曲線は $\tau - S_d$ 曲線とよく似た形状である。

図3には、図2の結果を摩擦せん断応力比 τ/σ_n - せん断変形量 S_d 関係、 τ/σ_n - すべり変位量 S_s 関係として示した。

なお、図中の ∇ 、 \blacktriangledown 印は、それ

ぞれ τ_f 、 $(\tau/\sigma_n)_f$ 発生点である。同図より、 R_{max} が大きい程、 $(\tau/\sigma_n)_f$ および τ_f/σ_n は大きくなること がわかる。 \blacktriangledown 印までの $\tau/\sigma_n - S_d$ 曲線および $\tau/\sigma_n - S_s$ 曲線は、 R_{max} に関係なく一致しており、以後それぞれの R_{max} に応じて順次離脱する。 $R_{max} = 5$ および $20 \mu m$ の場合、 $(\tau/\sigma_n)_f$ 発生点と τ_f 発生点は一致しており、 $(\tau/\sigma_n)_f$ および τ_f 発生後の S_d の増加はみられない。一方、 $R_{max} = 50$ および $100 \mu m$ の場合、 $(\tau/\sigma_n)_f$ 発生点と τ_f 発生点は一致せず、 $(\tau/\sigma_n)_f$ 発生後も S_d と S_s の増加がみられる。図2および図3について述べた傾向は、 σ_{n0} 、 w の相違

にかかわらずみられた。

w をパラメータとして、

τ 、 $\sigma_n - S_d$ 関係を図4に、

τ 、 $\sigma_n - S_s$ 関係を図5に

それぞれ示した。両図より

以下のことがわかる。 $w = 0$

および 6% での $\tau - S_d$

曲線の初期勾配は、 $w = 0$

に比べて大きくなる。また、 τ_f および τ_r は、 $w =$

0% に比べて $w = 3$ および 6% の場合が大きくなる。 $w = 3$ および 6% の場合、付着 - すべり現象⁵⁾ がみられる。この現象は、定圧条件での湿潤砂の場合⁵⁾ にもみられ、 σ_{n0} が大きい程、顕著となると報告されている。本実験においても、おおむね同じ結果を得た。

$w = 0$ および 3% の $\tau - \sigma_n$ 関係を図6に示す。各 $\tau - \sigma_n$ 曲線は、 τ_f に達するまでを描いたものであり、 τ_f 発生点を \bullet 、 \blacktriangle で記した。せん断初期の τ および σ_n は、 $w = 3\%$ に比べて $w = 0\%$ の方が小さいことがわかる。 σ_n が増加に転じる時の τ も、 $w = 0\%$ < $w = 3\%$ であった。 σ_n が増加に転じた後、 τ と σ_n は比例関係となり、 $\sigma_{n0} = 1.074$ および 2.074 kgf/cm^2 の場合、 $w = 3\%$ の $\tau - \sigma_n$ 関係が $w = 0\%$ の結果より上位にある。

謝辞 本実験の実施にあたり、多大なご協力を頂いた関西大学卒研生の青木秀幸、中谷豊、細川努の諸氏に感謝の意を表します。

参考文献 1) 山層, 小椋, 伊藤, 加藤: 中型単軸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), 3) 山層, 小椋, 伊藤, 加藤, 小森: 中型単軸せん断試験機を用いた砂~鋼板間の摩擦試験 (その2), (その3), 第26回土質工学研究発表会, 1991, 7 4), 5) 山層, 小椋, 伊藤, 加藤, 小森: 中型単軸せん断試験機を用いた砂~鋼板間の摩擦試験 (その4), (その5), 第27回土質工学研究発表会, 1992, 6 6) パウテン・テイバー著, 曾田範宗訳: 固体の摩擦と潤滑, 丸善

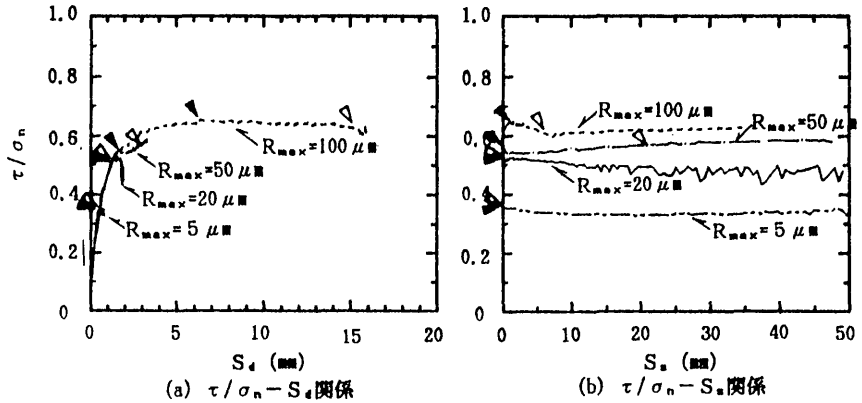


図3 $\tau/\sigma_n - S_d$, S_s 関係 ($\sigma_{n0} = 1.074 \text{ kgf/cm}^2, w = 3\%$)

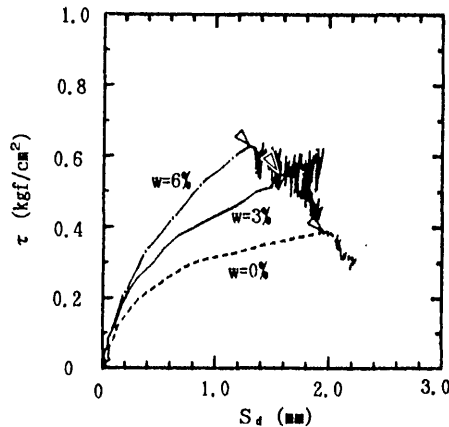


図4 $\tau - S_d$ 関係 ($\sigma_{n0} = 1.074 \text{ kgf/cm}^2, R_{max} = 20 \mu m$)

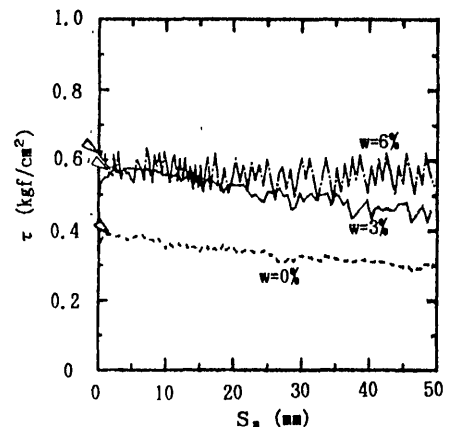


図5 $\tau - S_s$ 関係 ($\sigma_{n0} = 1.074 \text{ kgf/cm}^2, R_{max} = 20 \mu m$)

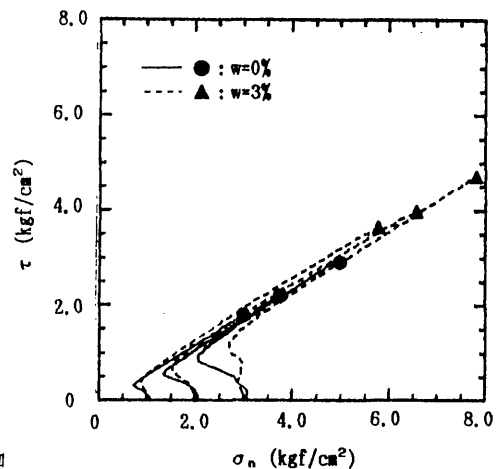


図6 $\tau - \sigma_n$ 関係 ($R_{max} = 100 \mu m$)