

549

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4 湿潤砂の単調摩擦せん断試験)

関西大学工学部 正会員 山肩邦男 伊藤淳志  
(株)ジオトップ 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. はじめに 筆者らは、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、これまで乾燥砂～鋼板間の摩擦せん断試験を行ってきた<sup>1)・2)</sup>。今回、実状により近い地盤を考慮して含水比を変化させた湿潤砂について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、摩擦せん断応力～変位特性に影響を及ぼす要因について考察する。

2. 実験概要 試験機は文献<sup>1)・2)</sup>で用いたものと同じであって、概要を図1に示す。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。摩擦板は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、 $R_{max}$ がおおよそ5, 20, 55, 110および180 $\mu m$ の5種類とした。試料砂は淀川砂(粒径: 75 $\mu m \sim 1.2mm$ )であって、その諸元を表1に示す。湿潤砂は、含水比から逆算した質の水を乾燥砂に加え丁寧に混ぜ合わせることによって作成した。含水比 $w$ は0(気乾状態)、3および6%の3種類とした。供試体の圧密後の相対密度 $D_r$ が約80%となるように、タンピングによって作成した。なお、実際の $D_r$ の平均は80.7%であった。拘束圧 $\sigma_v$ は1.0, 2.0, 3.0 $kgf/cm^2$ の3通りとした。(ただし、上載の鋼板などの自重が加わるため実情としては $(\sigma_v + 0.074)kgf/cm^2$ となる。)

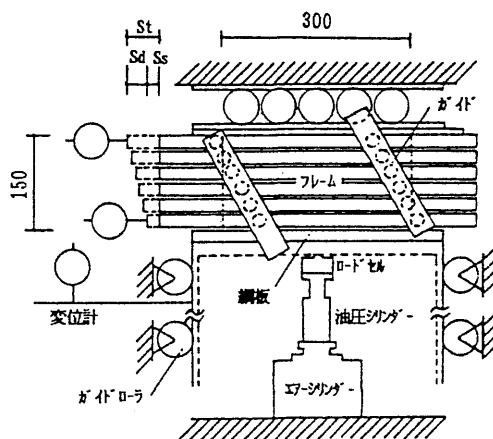


図1 実験装置 (単位:mm)

表1 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 $U_c$
2.64	0.979	0.602	0.52	2.16

以上の $R_{max}$ 、 $\sigma_v$ 、 $w$ を組み合わせ、29種類の摩擦せん断試験を行った。実験は $\sigma_v$ を30分間加えた後、供試体が定圧状態を保つようエアシリンダーで拘束圧を調整しながら、毎分1mmの変位速度でせん断力を加え、全変位量 $S_t$ (せん断変形量 $S_s$ +すべり変位量 $S_p$ )が、50mmに達したところで実験を終了する。

3. 表面粗さの影響 図2に、摩擦せん断応力 $\tau$ および垂直ひずみ $\epsilon_v \sim S_t$ 、関係および $S_s \sim S_t$ 、関係の一例を、 $R_{max}$ をパラメータとして示した。これらの図より次のことが分かる。① $\tau$ のピーク値 $\tau_p$ (図中の▽印)および残留値( $S_t=50mm$ での値)は、いずれも $R_{max}$ が大きいほど大きい。② $\tau$ および $\epsilon_v \sim S_t$ 、関係は、いずれの $R_{max}$ においてもほぼ一致し、その後 $R_{max}$ に応じて順次離脱する。③ $\tau$ が $\tau_p$ に至るまでは、変位量の大部分を $S_s$ が占め、その後 $S_p$ が増大する。これら①～③の傾向は、文献<sup>1)・2)</sup>でも見られた。④ $R_{max} \leq 20\mu m$ の場合、 $\tau \sim S_t$ 、関係に付着-すべり現象<sup>3)</sup>が見られる。また、その時の $\tau$ の振幅は $R_{max}=5\mu m$ のほうが大きい。

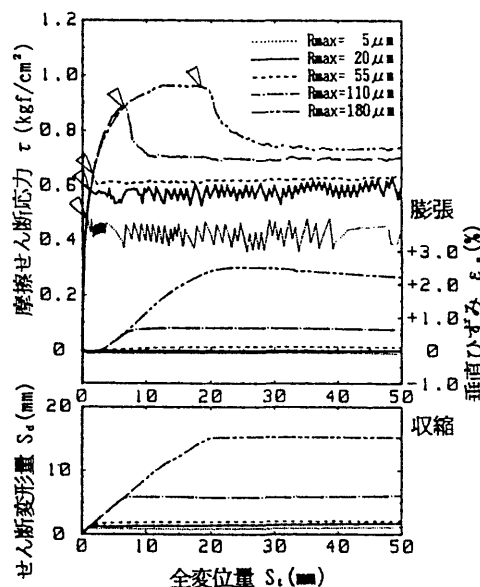


図2  $\tau$ 、 $\epsilon_v$ 、 $S_s \sim S_t$  関係  
[ $D_r=80\%$ ,  $\sigma_v=1.0kgf/cm^2$ ,  $w=3\%$ ]

#### 4. 砂の含水比の影響

図3に $\tau$ および $\varepsilon_s \sim S_s$ 関係を、図4に $\tau$ および $\varepsilon_s \sim S_s$ 関係を、それぞれ $w$ をパラメータとして示した。以上の図から次のことが分かる。① $w=0\%$ にくらべて、 $w=3$ および $6\%$ に対する $\tau \sim S_s$ 曲線の初期勾配は大きく、 $\tau_r$ の値も大きい。また、 $w=3$ および $6\%$ の場合付着-すべり現象が見られる。

② $S_s$ は、 $\tau$ が $\tau_r$ に達した後は、ほとんど増加しない。  
③ $\tau$ の残留値は、 $w=0\%$ にくらべて、 $w=3$ および $6\%$ の方が約25%大きい。

#### 5. 初期拘束圧の影響

$\sigma_s$ をパラメータとして、図5に $\tau$ および $\varepsilon_s \sim S_s$ 関係を、図6に $\tau$ および $\varepsilon_s \sim S_s$ 関係を示した。同図から以下のことが分かる。① $\sigma_s$ が大きいほど、 $\tau \sim S_s$ 関係の初期勾配は大きく、 $\tau$ がピークに達する時の変形量が大きい。② $\tau$ がピークに達し、すべりに転じた後、付着-すべり現象が発生しており、その時の $\tau$ の振幅は、 $\sigma_s$ が大きいほど大きい。③ $\varepsilon_s$ は、 $\sigma_s$ が大きいほど収縮傾向が大きく、 $\sigma_s=3.0 \text{ kgf/cm}^2$ の場合わずかに付着-すべり現象の影響が見られる。

#### 6. $\tau$ のピーク値について

図7は $\tau_r$ と $\sigma_s$ との関係である。なお回帰直線を実線で示しておいた。同図から、 $R_{max}$ が大きいほど傾斜角が大きいこと、湿潤砂の $\tau_r \sim \sigma_s$ 関係に正の $\tau_r$ 切片が現れる傾向があることなどが分かる。図8は $\tau_r$ と $\sigma_s$ の比 $\tau_r/\sigma_s$ と $R_{max}$ との関係を両対数目盛りに描いたものである。この図より、 $\log(\tau_r/\sigma_s) \sim \log(R_{max})$ 関係はほぼ直線上にのること、 $R_{max}=55 \mu\text{m}$ の場合を除いて、 $w=3$ および $6\%$ における $\tau_r/\sigma_s$ の値は $w=0\%$ のものに比べて10~30%大きい値となっていることが分かる。

**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服部晃児、種鉄智之、池田直樹の諸氏に感謝の意を表します。

**参考文献** 1)山岡, 伊藤, 小椋, 加藤: 中型単純せん断試験機を用いた砂~銅板間の摩擦試験(その1), 第25回土質工学研究発表会, 1990. 6. 2)山岡, 伊藤, 小椋, 加藤, 小森: 中型単純せん断試験機を用いた砂~銅板間の摩擦試験(その2), 第26回土質工学研究発表会, 1991. 7. 3)パウデン, テイバー [著] 曾田範宗 [訳]: 固体の摩擦と潤滑, 丸善

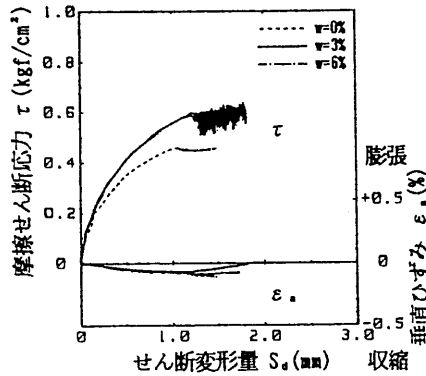


図3  $\tau, \varepsilon_s \sim S_s$  関係  
[ $D_r=80\%$ ,  $\sigma_s=1.0 \text{ kgf/cm}^2$ ,  $R_{max}=20 \mu\text{m}$ ]

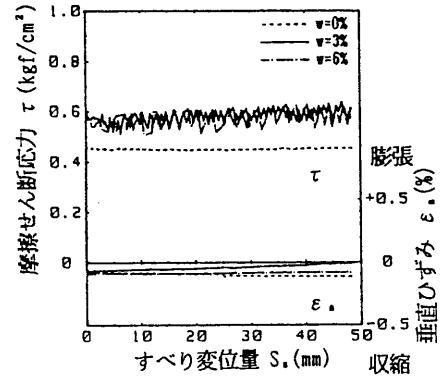


図4  $\tau, \varepsilon_s \sim S_s$  関係  
[ $D_r=80\%$ ,  $\sigma_s=1.0 \text{ kgf/cm}^2$ ,  $R_{max}=20 \mu\text{m}$ ]

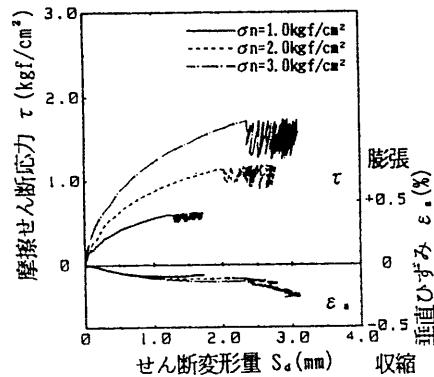


図5  $\tau, \varepsilon_s \sim S_s$  関係  
[ $D_r=80\%$ ,  $w=6\%$ ,  $R_{max}=20 \mu\text{m}$ ]

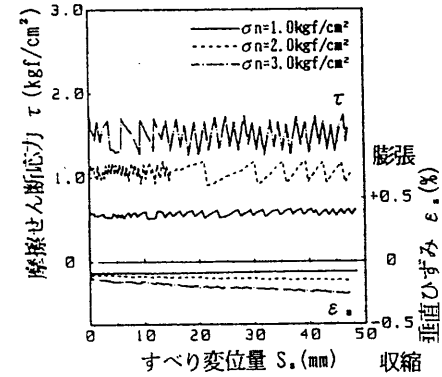


図6  $\tau, \varepsilon_s \sim S_s$  関係  
[ $D_r=80\%$ ,  $w=6\%$ ,  $R_{max}=20 \mu\text{m}$ ]

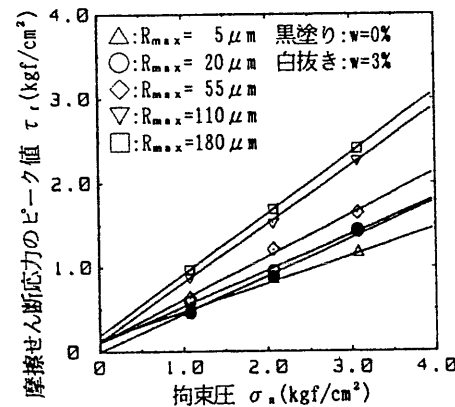


図7  $\tau_r \sim \sigma_s$  関係  
[ $D_r=80\%$ ]

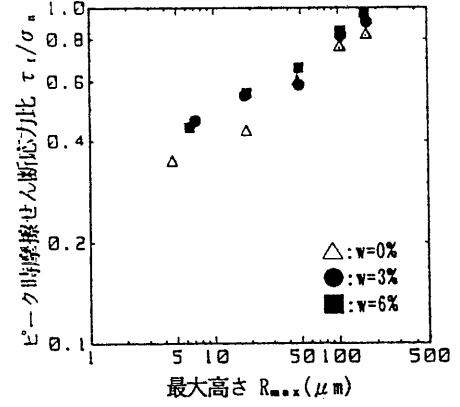


図8  $\tau_r/\sigma_s \sim R_{max}$  関係  
[ $D_r=80\%$ ,  $\sigma_s=1.0 \text{ kgf/cm}^2$ ]