

一方向繰返し载荷による砂～鋼板間の摩擦せん断試験

正会員 山肩邦男^{・1}
同 伊藤淳志^{・2}
同 小椋仁志^{・3}
同 加藤史彦^{・4}
同 ○ 小森 崇^{・5}

1. はじめに 筆者らは、杭が鉛直荷重を受けた場合の摩擦抵抗を評価する目的で、中型単純せん断試験機を用いて、定圧および定体積状態での単調载荷による摩擦せん断試験を実施してきた^{1)~3)}。今回は、杭の载荷試験や地震時のロッキング現象で問題となる繰返し荷重を想定して、定圧状態の一方向繰返し载荷による摩擦せん断試験を行った。本報では、その結果について報告し、単調载荷の場合との比較検討を行う。

2. 実験概要 試験機の概要を図1に示す。文献^{1)~3)}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、
表1 摩擦面表面粗さ

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

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 $L=8\text{mm}$)で評価し、表1に示す5種類とした。試料砂は、気乾状態の淀川砂(粒径: $75\mu\text{m}\sim 1.2\text{mm}$)であって、その諸元を表2に示す。

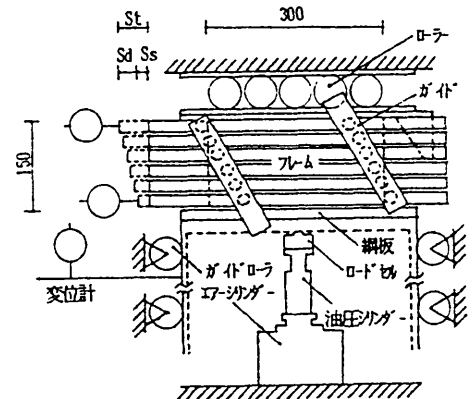


図1 実験装置(単位:mm)

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
2.62	0.977	0.591	0.51	2.23

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 は、それぞれ52.4, 79.1(平均), 104.0%であった。拘束圧 σ_v は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。以上の R_{max} , D_r , σ_v を組み合わせて10種類の一方向繰返し摩擦せん断試験を行った。実験は σ_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 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、全変位量 S_t (せん断変形量 S_d +すべり変位量 S_s)が所定の変位に達するとせん断力を除荷した。以上の操作を繰り返すことにより実験を行った。

3. 鋼板の表面粗さの影響 図2に摩擦せん断応力比 $\tau/\sigma_v \sim S_t$ 関係および垂直ひずみ $\epsilon_v \sim S_t$ 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。(a)図において、① R_{max} が大きいほど、 τ/σ_v のピーク値(図中▽印)は大きい。② R_{max} に関係なく除荷・再载荷を除く曲線の骨格(以下、骨格曲線と称す)は一致し、その後 R_{max} に応じて順次離脱する。これら①②の傾向は文献^{2)~4)}でも見られた。(b)図において、③除荷・再载荷時にみられる ϵ_v の増減は、 R_{max} が大きいほど大きい。

4. 砂の密度の影響 図3に τ/σ_v および $\epsilon_v \sim S_t$ 関係を、図4に τ/σ_v および $\epsilon_v \sim S_t$ 関係を、それぞれ D_r をパラメータとして示

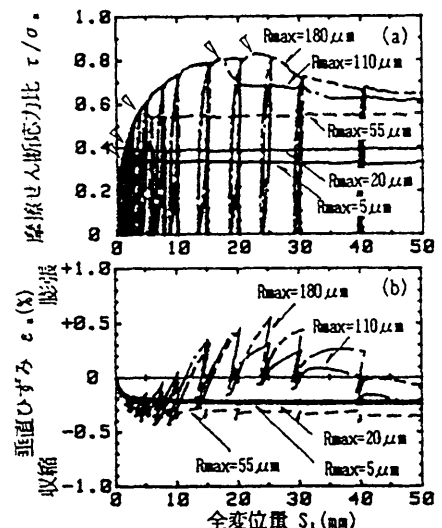
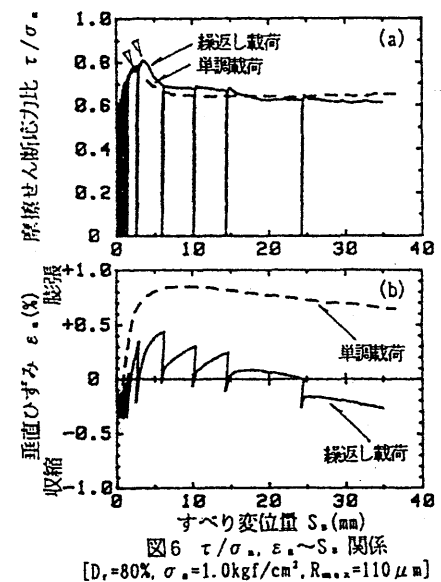
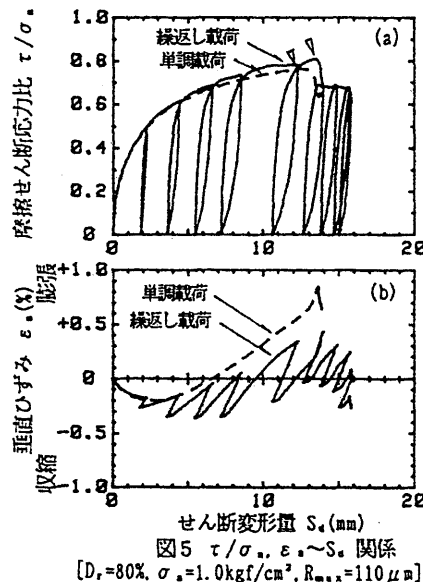
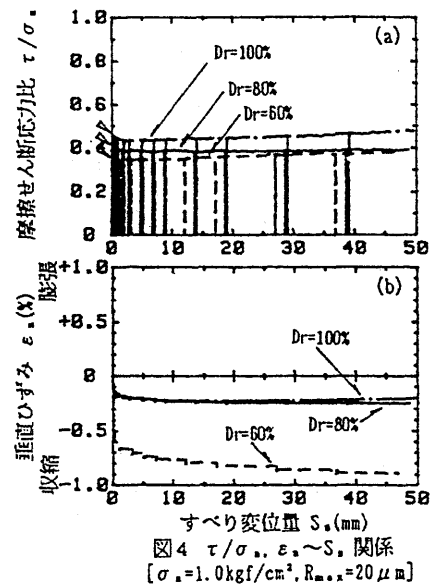
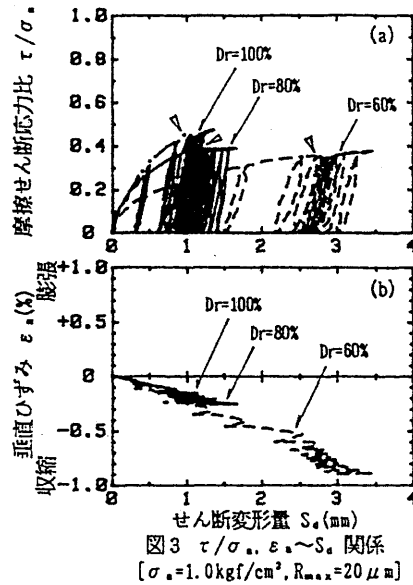


図2 τ/σ_v , $\epsilon_v \sim S_t$ 関係
($D_r=80\%$, $\sigma_v=1.0\text{kgf}/\text{cm}^2$)

Friction tests between sand and steel under cyclic load

した。両図より次のことが分かる。各(a)図より、① τ/σ_0 のピーク値は D_r が大きいほど大きい。②ピーク値以前の変位は S_0 が、ピーク値以後の変位は S_1 がそれぞれ支配的となる。③骨格曲線の立ちあがりには D_r が大きいほど急となるが、図4でのその差は非常に小さい。④図3では、除荷時の弾性戻り量がみられ、その量は D_r が小さいほど大きくなる。一方、図4における弾性戻り量は図3と比較して剛塑性的である。各(b)図において、⑤せん断初期に ε_s の変化がみられ、ピーク後の ε_s の変化は小さい。⑥ピーク時の ε_s は $D_r = 60\%$ の場合が最も収縮側にあり、 $D_r = 80\%$ および 100% の場合は同程度である。以上の事柄のうち①、②、③、⑤および⑥については単調載荷の場合と同一あるいはそれに準じる結果となった。



5. 単調載荷と繰返し載荷

との比較 単調載荷での試験結果と繰返し載荷での試験結果とを比較したものの一例として、 τ/σ_0 および ε_s と S_0 との関係を図5に、 τ/σ_0 および ε_s と S_1 との関係を図6に示す。これらの図より以下のことが分かる。①両図(a)において、骨格曲線は単調載荷と繰返し載荷とではほぼ同一形状となる。②図5(a)において、弾性的な戻り量がみられ、その絶対量はピーク前ではサイクルを重ねるごとに増大し、ピーク後では減少していく。③図6(a)において、各サイクルの再載荷後、 S_1 が増大するときに小さなピークがみられる。④両図(b)において繰返し載荷の曲線は、サイクルを重ねるごとに単調載荷と比較して収縮側へ移ることなどが分かる。

謝辞 本実験を行うにあたり、関西大学卒業研究生 有本浩治、種鉄盛史、戸田 充の諸氏に多大なご協力を頂いた。ここに記して謝意を表します。

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-モルタル板間の摩擦試験, 日本建築学会大会学術講演梗概集, 1989. 10. 2) 山岡, 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. 3) 山岡, 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梗概集, 1990. 10. 4) 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-鋼板間の摩擦試験(その2), 第25回土質工学研究発表会, 1991. 7. 5) 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-鋼板間の摩擦試験(その3), 第25回土質工学研究発表会, 1991. 7.

・1 関西大学教授・工博 ・2 関西大学助手・工修 ・3 ㈱ 武智工務所・工博 ・4 ㈱ 鴻池組技術研究所・工修 ・5 関西大学大学院生