

模型杭を用いた「杭頭縁切り工法」における摩擦材の繰返し摩擦実験

杭 摩擦 室内実験

関西大学 学生会員 遠藤哲也 国際会員 伊藤淳志
 ジャパンパイル 正会員 石川一真 国際会員 小椋仁志
 エービーシー建材研究所 野瀬貴弘

1. はじめに

杭基礎の耐震性向上のため、図 1 のように杭頭と基礎スラブとを結合せず、杭頭部に摩擦材を設置し、基礎スラブとの間に砂や砂利などを介在させる方式を、筆者等は「杭頭縁切り工法」と呼んでいる。この工法では、介在させる土質材料や摩擦材の材質を調整することによって、杭に伝達される水平力を比較的簡便に制御することが出来るものとする。本工法の開発を目的として、これまで床材料を主体とした種々の摩擦材について、砂との摩擦せん断実験を行い、耐久性や施工性をも含めて本工法に適した摩擦材の選定のための検討を行ってきた^{1)~5)}。今回は、前報⁵⁾で使用した杭基礎を模擬した実験装置を改良し、摩擦材として表面を未処理の鋼板を追加するとともに、杭頭と基礎スラブとの間に土質材料を介在させない場合を想定した摩擦材同士の摩擦実験をも含めて、一連の繰返し摩擦実験を行ったので、その結果について報告する。

2. 実験概要

砂を介在させない摩擦材同士の摩擦実験の装置を図 2 に示す。杭と基礎スラブとの上下関係は逆にしてあり、基礎スラブ(H鋼台)上に、厚さ 12mm の摩擦材を設置し、その上に予め摩擦材(223mm 角)を取り付けた 250mm 角の杭を設置している。砂を介在させる場合は H 鋼台のかわりに鉄筋コンクリートの台を設置し、その上に厚さ 30mm の砂を一様に敷きつめた⁵⁾。使用した砂は粒径 $75\mu\text{m} \sim 1.2\text{mm}$ に調整した気乾状態の淀川砂であり、その諸元を表 1 に示す。摩擦材は FRP を下地として、変性ビニルエステル樹脂を塗布し表面を UV 硬化させたもの(以下 FRP 板と称す)と、一般構造用圧延鋼材(SS400、表面は未処理、以下鋼板と称す)を使用した。

今回行った実験の種類を表 2 に示す。表中の摩擦材の組合せの表記は、先頭のものが杭側に取り付けた摩擦材を表している。杭の軸力に相当する拘束圧は $10\text{N}/\text{mm}^2$ を基本としたが、砂を介在させた実験では $5\text{N}/\text{mm}^2$ についても実施した。これらの拘束圧は、N 値が 30 未満の地盤に摩擦杭で支持された中層 RC 建物の荷重を参考にしたものである。摩擦実験は、杭に所定の軸力を与えた後、静的に水平方向へ加力し、変位量が $\pm 15\text{mm}$ までの正負交番繰返し加力を 3 サイクルを目標として実施した。

3. 実験結果

せん断応力比 f と水平変位 S との関係の例を図 3 および図 4 に示す。また、1 サイクル目の $f - S$ 関係の比較図を図 5 および図 6 に示した。これらの図から次のことがわかる。砂を介在した実験では、明確な降伏点が現れておらず、繰返しに伴い f が 0.8 程度まで増大している。摩擦材

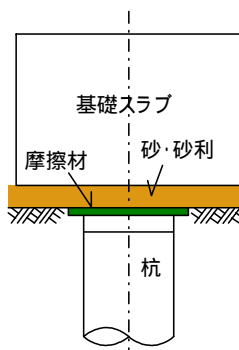


表 1 使用砂の諸元

土粒子の密度 ρ_s	2.615 g/cm ³
平均粒径 D_{50}	0.59 mm
均等係数 U_c	1.85
最小密度 ρ_{min}	1.352 g/cm ³
最大密度 ρ_{max}	1.611 g/cm ³

図 1 杭頭縁切り工法概念図

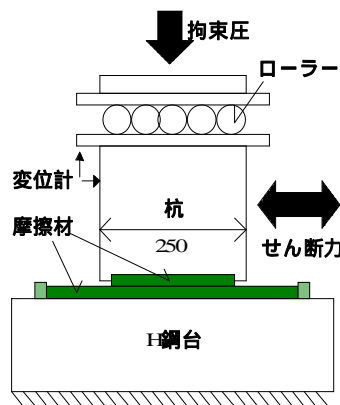


図 2 実験装置 (単位:mm)

表 2 実験種類

摩擦材の組合せ	拘束圧 (N/mm ²)	実験記号
FRP板 砂 コンクリート	5	F - 砂 - 5
	10	F - 砂 - 10
鋼板 砂 コンクリート	5	鋼 - 砂 - 5
	10	鋼 - 砂 - 10
FRP板 FRP板	10	F - F
鋼板 鋼板	10	鋼 - 鋼
FRP板 鋼板	10	F - 鋼

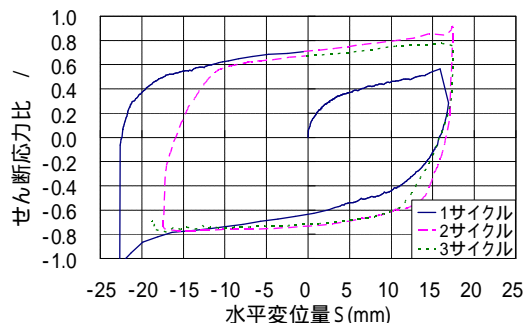


図 3 $f - S$ 関係 (F-砂-5)

同土の実験では、剛塑性的な摩擦挙動を示しており、繰り返しに伴って μ はわずかに増大するが、最大で0.4程度となっている。

砂を介在させた実験では、せん断後の砂は非常に固く締まっていたが、ほぐすと非常に細かい粒子となっていた。また、FRP板は表面に傷が付くとともに、硬化剤が剥がれている部分も見られた。鋼板も同様に傷が生じていた。前報⁵⁾で考察したごとく、摩擦材の表面粗さの増大と砂の粒径の減少との相対的な関係によって、繰り返しに伴い砂の内部でせん断されるようになり、 μ が増大するものと考えられる。

一方、摩擦材同士の実験では、FRP板、鋼板のいずれの組み合わせについても比較的 μ が小さいものの、杭側の摩擦材の端部がH鋼台側の摩擦材に食い込みながら相対変位するような挙動を起こす場合があり、変位の速度が不安定であった。

$\mu - S$ 関係における $S = 0, 15, -15$ mm時のせん断応力比の値をピーク値 μ_p として、その推移を図7および図8に示した。図7の砂を介在させた実験では、摩擦材および拘束圧にかかわらず最終的に μ がほぼ0.75に収束している。これは上述したごとく、砂の内部でせん断が起こったためと考えられる。図8の摩擦材同士の実験では、材質により値が異なり、収束する傾向が認められない。

4. まとめ

実験の結果として、せん断応力比の値だけを比較すれば、砂を介さないFRP板-FRP板の組み合わせが耐震性の観点から最も有効と考えられる。しかし、摩擦材同士の実験ではせん断中に引っ掛かりを起こして摩擦材表面が損傷する場合があり、変位に対して不安定であった。砂を介在させた場合は、比較的せん断応力比が大きいが、加力を繰り返すにつれ、FRP板、鋼板ともにせん断応力比がほぼ一定になり、加力中の変位も滑らかで安定していた。

以上より、施工性および経済性なども含めてFRPの摩擦材が有効であることが確認されたが、今後さらに耐久性の向上や、土質材料を介在させる場合の材料の選定などについて検討を行う必要があるものと考ええる。

最後に今回の実験を行うにあたり多大のご協力をいただいた関西大学卒業研究生の横山千草氏に謝意を表す。

参考文献

- 1) 伊藤淳志・小林恒一・小椋仁志・野瀬貴弘:「杭頭縁切り工法」における杭頭部鋼板と砂との摩擦性状に関する基礎実験, 第40回地盤工学研究発表会, pp.1667~1668, 2005.7
- 2) 方田公章・伊藤淳志・小林恒一・小椋仁志・野瀬貴弘:「杭頭縁切り工法」における杭頭部摩擦材と砂との摩擦せん断実験, 第41回地盤工学研究発表会, pp.1435~1436, 2006.7
- 3) 方田公章・伊藤淳志・小林恒一・小椋仁志・野瀬貴弘:「杭頭縁切り工法」における杭頭部摩擦材と砂との摩擦性状に関する実験, 第42回地盤工学研究発表会, pp.1317~1318, 2007.7
- 4) 伊藤淳志・小林恒一・小椋仁志・野瀬貴弘:「杭頭縁切り工法」における摩擦材と砂との繰返し摩擦実験, 日本建築学会大会講演梗概集, pp.615~616, 2008.9
- 5) 石川一真・小椋仁志・伊藤淳志・野瀬貴弘: 模型杭を用いた「杭頭縁切り工法」における摩擦材と砂の繰返し摩擦実験, 第44回地盤工学研究発表会, pp.1171~1172, 2009.8

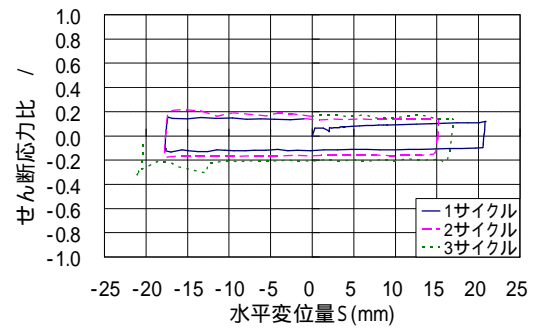


図4 $\mu - S$ 関係 (F-F)

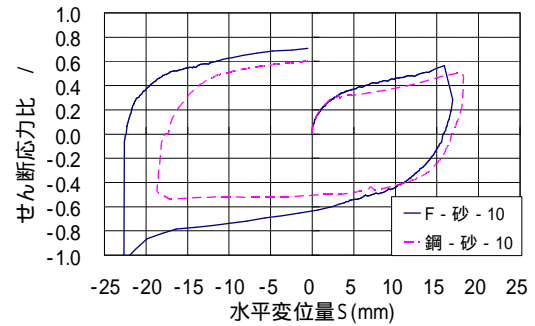


図5 $\mu - S$ 関係比較 (砂介在)

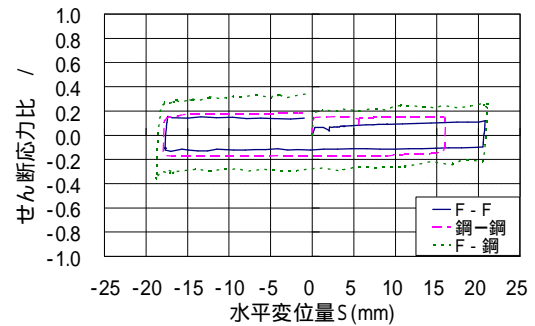


図6 $\mu - S$ 関係比較 (摩擦材同士)

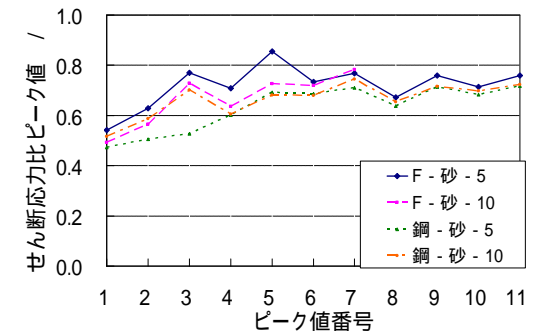


図7 μ_p の推移 (砂介在)

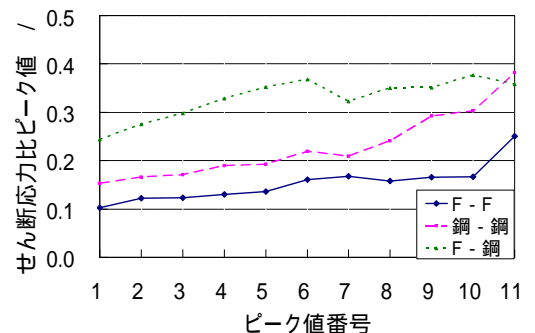


図8 μ_p の推移 (摩擦材同士)