

杭頭縁切り工法における杭頭部の挙動に関する繰返しせん断実験 (その2)

模型杭 せん断 室内実験

関西大学

学生会員○遠藤哲也

学生会員 永井 雅

国際会員 伊藤淳志

ジャパンパイル

石川一真

国際会員 小椋仁志

エーピーシ建材研究所

野瀬貴弘

1. はじめに

杭基礎の耐震性を向上させるために、図1のごとく杭頭と基礎スラブとを結合せず、間に摩擦材を設置し、さら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で、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、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)~3)}。今回、前報⁴⁾で使用した杭頭部に曲げ変形を生じさせる実験装置を用い、さらに杭頭にクロロブレンゴム(以下、ゴムと略称)を設置した場合の挙動を検討するため、一連の繰返しせん断実験を行ったので、以下に報告する。

2. 実験概要

実験装置を図2に示す。杭と基礎スラブとの上下関係は逆にしており、基礎スラブ(H鋼ベース)の上に厚さ12mmの摩擦材を固定してある。杭は直径φ48.8mm、長さ250mmの機械構造用炭素鋼(S50C)を用いた。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)の2種類を使用した。ゴムは免震工法の積層ゴムで使われるクロロブレンゴムを採用した。砂を介在させる場合は、粒径75μm~1.2mmに調整した気乾状態の淀川砂を使用した。その諸元を表1に示す。今回行った実験種類を表2に示す。表中の使用材料の組合せは、先頭のもの杭側に設置した材料としている。実験は、H鋼ベース上の摩擦材の他にゴム(幅70×奥行70×厚さ12mm)のみを設置する場合を基本とし、ゴムと摩擦材の間に小型の摩擦材(幅80×奥行80×厚さ12mm)を挟む場合、砂(厚さ35mm)を敷設する場合の3通りの組合せとした。せん断実験は、杭に5または10N/mm²の軸応力を与えた後、静的にH鋼ベースに水平加力し、変位量が±15mmまでの正負交番繰返し加力を3サイクル(毎分1mmの変位速度を目標)実施した。

3. 実験結果

杭頭およびH鋼ベースの水平変位量をそれぞれ S_p 、 S_b とする。摩擦材がFRP板の場合のせん断応力比 τ/σ と S_p および相対変位量(S_b-S_p)との関係を図3~図5に示す。

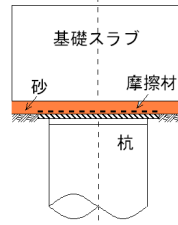


表1 使用砂の諸元

土粒子の密度 ρ_s	2.62 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

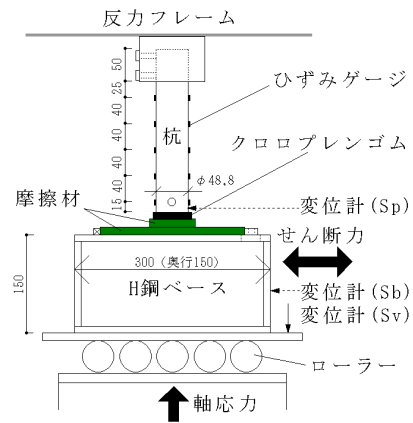


図2 実験装置 (単位:mm)

表2 実験種類

実験記号	使用材料の組合せ	軸応力 σ (N/mm ²)
ゴム-F	ゴム-FRP板	5
ゴム-F-10	ゴム-FRP板	10
ゴム-鋼	ゴム-鋼板	5
ゴム-鋼-10	ゴム-鋼板	10
ゴム-F-F	ゴム-FRP板-FRP板	5
ゴム-鋼-鋼	ゴム-鋼板-鋼板	5
ゴム-砂-F	ゴム-砂-FRP板	5
ゴム-砂-鋼	ゴム-砂-鋼板	5

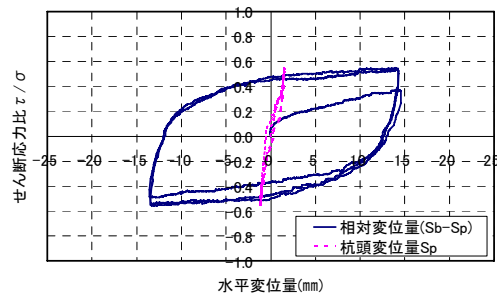


図3 $\tau/\sigma - S_p, (S_b-S_p)$ 関係 (ゴム-F)

ここで、せん断応力 τ は、H 鋼ベースに作用するせん断力を杭の断面積で除した値を採用した。また、摩擦材が鋼板の場合の 1 サイクル目の $\tau/\sigma - (S_b - S_p)$ 関係をまとめて図 6 に示す。これらの図より、以下のことがわかる。
 ① S_p は、 S_b よりかなり小さく、ほぼ弾性的な挙動となっている。
 ② ゴム - F の場合における 2 サイクル目と 3 サイクル目の τ/σ は、1 サイクル目の値より大きく、2 サイクル目と 3 サイクル目は似たような値で推移し、約 0.5 まで増大している。
 ③ ゴム - F - F の場合も同様の傾向であるが、 τ/σ は最大約 0.7 になる。
 ④ 砂を介在させたゴム - 砂 - F の実験では、繰返しに伴う τ/σ の変化は比較的小さく、最大で約 0.6 の値となった。
 ⑤ 鋼板の場合、1 サイクル目の正方向最大変位時の τ/σ は、ゴム - 砂 - 鋼 > ゴム - 鋼 - 鋼 > ゴム - 鋼 の順に大きくなっており、2、3 サイクル目の τ/σ は、FRP 板の場合とほぼ同様な挙動を示していた。

$\tau/\sigma - (S_b - S_p)$ 関係における $S=10, 0, -10$ mm 時のせん断応力比をピーク値 τ_y/σ として、その推移を図 7 および図 8 に示した。両図より、摩擦材による明確な違いは認められないが、軸応力が大きくなると τ_y/σ は小さくなる傾向がある。また、砂を介在させた場合の τ_y/σ は、1 サイクル目までは砂を介在させない場合より大きくなっているが、2 サイクル目負方向加力以降は小さくなる。これは、繰返し水平加力により砂の粒子破砕が進み摩擦係数が小さくなったためと考えられる。

ここで、図 2 に示す杭頭に貼り付けたひずみゲージの測定値から曲げモーメントを求め、杭頭を完全固定とした場合の理論上の曲げモーメントに対する比を杭頭固定度として算出した。全実験の 1 サイクル目の正側 $S=10$ mm 時の杭頭固定度は、0.01~0.10 となっており、ほぼ 0 に近いため、この工法はピン支承に近いものと考えられることができる。

4. おわりに

今回、杭頭にクロロプレンゴムを設置した繰返しせん断実験について報告した。その結果、前報⁴⁾で報告したゴムを設置しない場合の実験より、せん断応力比が小さく安定した滑りをする事が分かった。今後、ゴムの耐久性や設置方法などについてさらに検討していく予定である。

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川田祐介氏、田端泰成氏に謝意を表す。

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 2) 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 3) 遠藤哲也・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」における摩擦材の繰返し摩擦実験，第 45 回地盤工学研究発表会，pp.1207~1208，2010.8 4) 遠藤哲也・石川一真・小椋仁志・伊藤淳志・野瀬貴弘：杭頭縁切り工法における杭頭部の挙動に関する繰返しせん断実験，第 46 回地盤工学研究発表会，pp.1297~1298，2011.5

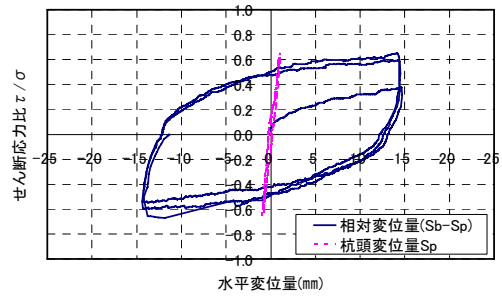


図 4 $\tau/\sigma - S_p, (S_b - S_p)$ 関係 (ゴム - F - F)

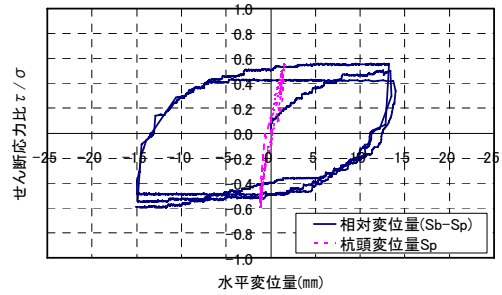


図 5 $\tau/\sigma - S_p, (S_b - S_p)$ 関係 (ゴム - 砂 - F)

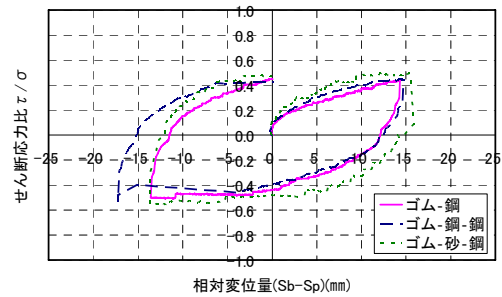


図 6 1 サイクル目の $\tau/\sigma - (S_b - S_p)$ 関係 (鋼板)

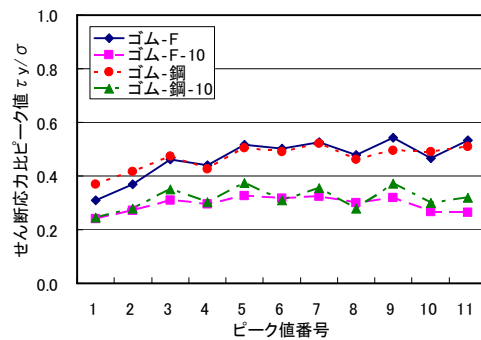


図 7 τ_y/σ の推移 (その 1)

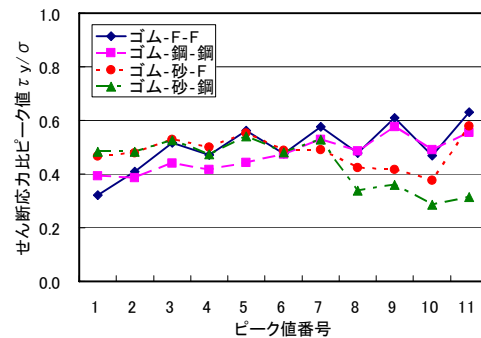


図 8 τ_y/σ の推移 (その 2)