

「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

正会員 伊藤 淳志\* 同 小林 恒一\*\*  
同 小椋 仁志\*\* 野瀬 貴弘\*\*\*

杭頭, 水平力, 室内実験  
繰返し加力, 摩擦応力, すべり変位量

1. はじめに

杭基礎の耐震性を向上させるため、図1のように杭頭と基礎スラブとを結合せず、間に砂や砂利、捨てコンクリートなどを介在させる方式を、筆者らは「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などや、杭頭部端板の摩擦材を調整することによって、比較的簡便に杭に伝達される水平力を制御することができると考えられる。本工法を開発するための基礎実験として、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ってきた<sup>1-3)</sup>。今回は、それらの結果として選定されたFRPを下地とした摩擦材について、相対密度および含水比を変化させた砂との高拘束圧下での静的繰返し摩擦実験を行ったので、その結果を報告する。

2. 実験概要

実験には既報<sup>3)</sup>の中型単純せん断試験機のせん断箱を、高拘束圧に対応できるように改良したものを使用した。図2にせん断箱周辺部を示す。せん断箱は、内法幅60×長さ100×高さ60mmの鋼製容器で、砂供試体作製時にスポンジを介して摩擦板の上に設置されており、拘束圧負荷時およびせん断中の圧縮に対処できる。砂は、粒径75 $\mu$ m~1.2mmに調整した淀川砂であって、その諸元を表1に示す。供試体は所定の含水比にした後、設定相対密度および拘束圧に応じてタンピングの層数や打撃回数を変えてせん断箱内に作製した。摩擦板には既報の実験の結果として、摩擦係数、耐久性、施工性などの点で良好であった、厚さ11mmのFRP板に変性ビニルエステル樹脂を塗布し表面をUV硬化させたものを採用した。

摩擦実験は、供試体に設定拘束圧を加えた後、定圧状態で毎分1mmの変位速度とし、変位量が $\pm 10$ mmまでの繰返し加力を3サイクル実施した。実験種類は、表2に示したごとく砂の含水比 $w$ 、拘束圧負荷後の相対密度 $D_r$ および拘束圧をパラメータとした計16種類である。なお、拘束圧は表2の値に供試体に先行してかかる装置の重量74.9kN/m<sup>2</sup>が加わっている。

3. 実験結果

実験結果の一例として、 $w = 0\%$ ,  $D_r = 90\%$ ,  $\sigma_v = 500$  kN/m<sup>2</sup>の場合のせん断応力比  $\tau/\sigma_v$  および砂供試体の垂直ひずみと変位量  $S$  との関係を図3に示した。同図において、第1サイクルの初期の  $\tau/\sigma_v - S$  関係は、 $S = 1.5$

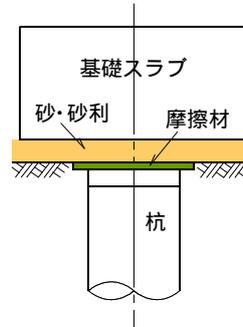


図1 杭頭縁切り工法概念図

表1 使用砂の諸元

土粒子の密度 $\rho_s$	2.63 g/cm <sup>3</sup>
平均粒径 $D_{50}$	0.54 mm
均等係数 $U_c$	2.08
最小間隙比 $e_{min}$	0.641
最大間隙比 $e_{max}$	0.957

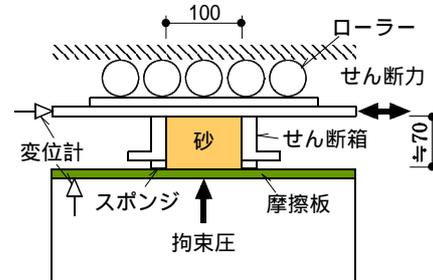


図2 実験装置 (単位: mm)

表2 実験の種類

摩擦材	FRP下地変性ビニルエステル樹脂塗布
砂の含水比 $w$	0 (気乾状態) および 6 %
砂の相対密度 $D_r$	70 および 90 %
拘束圧	500, 1000, 3000 および 5000 kN/m <sup>2</sup>

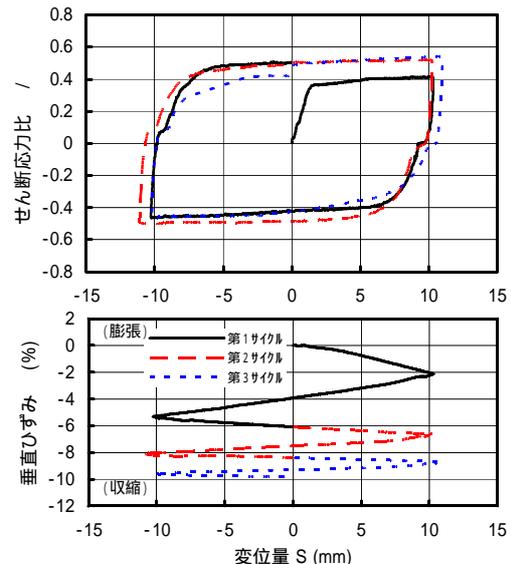


図3  $\tau/\sigma_v - S$  関係  
( $w=0\%$ ,  $D_r=90\%$ ,  $\sigma_v=500$  kN/m<sup>2</sup>)

mm付近で  $\mu = 0.36$ 程度の降伏値を示しており、前報<sup>3)</sup>の同一条件での単調載荷の結果とほぼ同様となっている。ただし、 $\mu$ は前報より大きくなっており、せん断箱を小さくしたことにより、スポンジ部分での砂のはらみ出しの影響が大きく現れたものと推測される。また、 $\mu$ は2・3サイクル目に増大する傾向があるが、加力の方向によりある程度の差が見られる。

図4は、図3と同じ $w$ および $D_r$ で  $\sigma_v = 5000\text{kN/m}^2$ の場合の  $\mu - S$  関係を示したものである。同図では、第1サイクル初期の曲線の立ち上がりが緩やかで、明確な降伏値が現れていないこと、第1サイクルの  $\mu$ が図3の  $\sigma_v = 500\text{kN/m}^2$ の場合よりも大きく、サイクル数に伴って減少していることなどが認められる。図5には、 $w = 6\%$ 、 $D_r = 90\%$ 、 $\sigma_v = 500\text{kN/m}^2$ の場合の  $\mu - S$  関係を示した。図3と比較すると、第1サイクル初期の降伏値が不明瞭であるが、その他は図3とほぼ同様であり、含水比の違いによる顕著な差は見られない。図は省略するが、以上の実験結果は $D_r = 70\%$ の場合もほぼ同等であり、有意な差は認められなかった。

含水比、拘束圧およびサイクル数の違いによる  $\mu$ の値を比較するため、実験の各サイクルにおける  $S = \pm 10\text{mm}$ 時を降伏点(No.1~6)として、そのときの  $\mu$ の値をプロットしたのが図6および図7である。いずれの図においてもばらつきはあるものの、全体的な傾向として、 $\mu$ は概ね0.3~0.6の範囲にある、比較的低拘束圧 ( $\sigma_v = 500$ および $1000\text{kN/m}^2$ )の場合、サイクル数に伴って  $\mu$ が増大する、高拘束圧 ( $\sigma_v = 3000$ および $5000\text{kN/m}^2$ )の場合、サイクル数に伴って  $\mu$ が減少する、などが指摘できる。については、実験終了時に摩擦材と砂との接触面に細かい砂粒子の付着が確認されており、砂の粒子破碎によって  $\mu$ が低下したことが考えられる。

#### 4. おわりに

今回の摩擦実験の結果より、杭頭縁切り工法で使用が可能と考えられる摩擦材は、高拘束圧においてもその有効性及び耐久性が確認された。また、砂を介在させた場合、繰返し加力による砂の粒子破碎によって摩擦係数が減少することから、大地震時の杭の耐震性能の向上が計られるものとする。

謝辞 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大学院修了生の方田公章、卒業研究生の奥田和也、野登原浩二、野長兄一の諸氏に謝意を表す。

[参考文献] 1)伊藤, 小林, 小椋, 野瀬:「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, 2005.7 2)方田, 伊藤, 小林, 小椋, 野瀬:

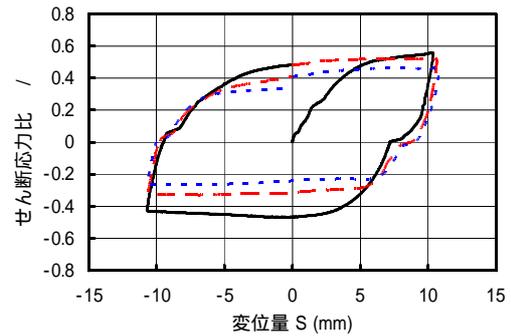


図4  $\mu - S$  関係  
( $w=0\%$ ,  $D_r=90\%$ ,  $\sigma_v=5000\text{kN/m}^2$ )

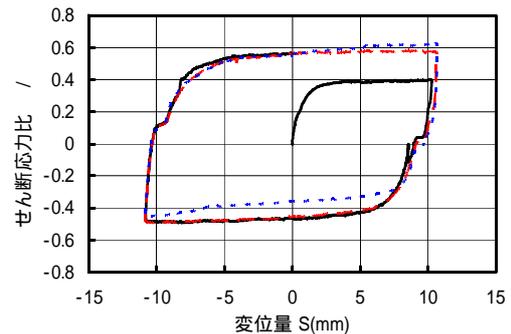


図5  $\mu - S$  関係  
( $w=6\%$ ,  $D_r=90\%$ ,  $\sigma_v=500\text{kN/m}^2$ )

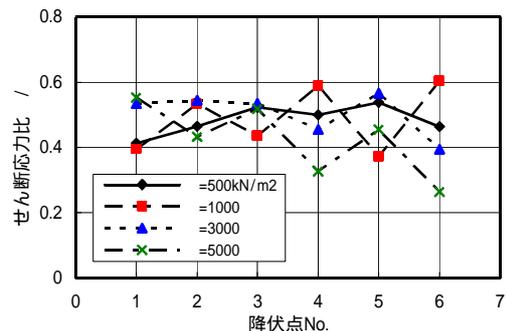


図6  $\mu$  の変化 ( $w=0\%$ ,  $D_r=90\%$ )

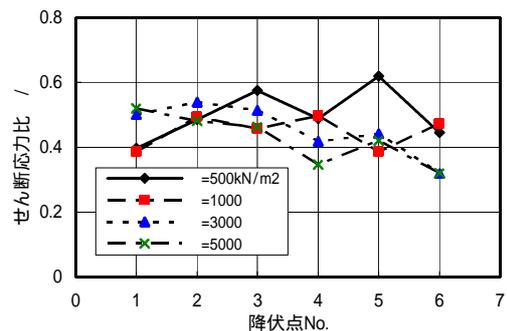


図7  $\mu$  の変化 ( $w=6\%$ ,  $D_r=90\%$ )

「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, 2006.7 3)方田, 伊藤, 小林, 小椋, 野瀬:「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, 2007.7

\* 関西大学 准教授・工博

\*\* ジャパンパイル(株)・工博

\*\*\* (株)エービーシー建材研究所

Assoc. Prof., Kansai Univ., Dr.Eng.

JAPAN PILE CORPORATION, Dr.Eng.

ABC Research Laboratory for Building Materials Co., Ltd.