

「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

杭, 摩擦, 室内実験

関西大学 正会員○伊藤淳志  
ジオトップ 正会員 小林恒一 小椋仁志  
エービーシー建材研究所 野瀬貴弘

1. はじめに

現行の杭基礎の設計においては、杭頭部と基礎フーチングとを剛接合あるいはそれに近い接合とすることが一般的となっている。しかし、地震時の被害事例などから、杭基礎の耐震性を向上するために、ピンやローラーにするなどの非固定型の接合工法の開発が行われるようになった。さらに推し進めれば、図1のように杭とフーチングとの間に砂や捨てコンクリートなどを介在し、杭には頭部の摩擦材によって水平力を伝達させる方式が考えられる。この場合、中小地震では滑動を許さず杭が水平力を負担し、大地震ではある程度までの水平力を杭が負担して滑動を許容すると、合理的な設計になろう。筆者らはこの方式を「杭頭縁切り方式」と読んでおり、文献<sup>1)</sup>においてモデル建物の解析結果について報告した。今回、この方式についての基礎実験として、杭頭部に装着する摩擦材を塗布した鋼板と砂との摩擦性状を調査する単純せん断実験を行ったので、以下に報告する。

2. 実験概要

実験には文献<sup>2)</sup>で報告したものと同一中型単純せん断試験機を使用した。図2にせん断箱周辺部を示す。せん断箱は、内法300×200mm、厚さ20mmの鋼製フレームを6段積み重ねたものであって、供試体作製時に各フレーム間に厚さ4mmのスペーサーを仮設し、供試体作製後に取り除くことによって、拘束圧負荷時およびせん断中の圧縮に対処できる。この結果拘束圧負荷後の供試体高さは約140mmとなっている。せん断箱の内周面にはグリスを塗布した上でビニールシートを貼り付け、すきまからの砂漏れを防いだ。試料砂は、粒径74 $\mu$ m~1.2mmに調整した気乾状態の淀川砂であって、その諸元を表1に示す。供試体はせん断箱内に6層に分けて砂をタンピングして作製した。結果として、相対密度Drは約71%となる。

表1 淀川砂の諸元

土粒子の密度 $\rho_s$	2.64 g/cm <sup>3</sup>
平均粒径 $D_{50}$	0.53 mm
均等係数 $U_c$	2.01
初期間隙比 $e$	0.720
相対密度 $D_r$	71 %

摩擦板は、400×240mm、厚さ12mmの鋼板に、表2に示す4種類の床仕上げ材料を塗布したものと鋼板のみの計5種類とした。

同表の表面粗さは、実験前に測定した最大高さR<sub>max</sub> (基準長さ8mm)を表す。床材料を採用したのは、入手しやすいこと、ある程度の強度があること、鋼板への塗布が容易であること、鋼板の腐食に対する保護となることなどを考慮したためである。拘束圧 $\sigma$ は、供試体に先行してかかる装置の重量11.8kN/m<sup>2</sup>のほか、50, 100, 300および500kN/m<sup>2</sup>の4通りを加えた。試験では、供試体に設定拘束圧を加えた後、定圧せん断方式(変位速度毎分1mm)によって全変位量が40mm以上となるまで加力した。

3. 実験結果

実験結果の一例として、摩擦材Aを用い拘束圧 $\sigma = 300\text{kN/m}^2$ の場合

表2 摩擦材

記号	使用材料	厚さ (mm)	表面粗さ ( $\mu$ m)	圧縮強度 (N/mm <sup>2</sup> )
A	半硬質ウレタン樹脂系	1.0	72	18
B	無溶剤エポキシ樹脂系	1.2	98	60
C	ビニルエステル樹脂系	1.2	68	120
D	無機(セメント)系	5.0	108	80
S	鋼板のみ	—	45	400

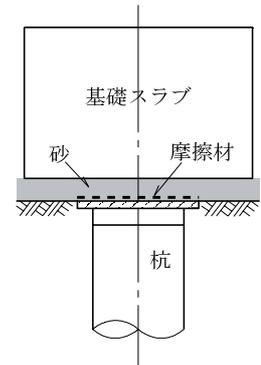


図1 杭頭縁切り工法概念図

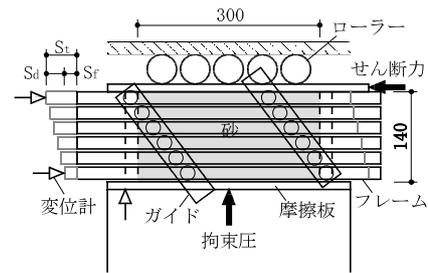


図2 実験装置 (単位: mm)

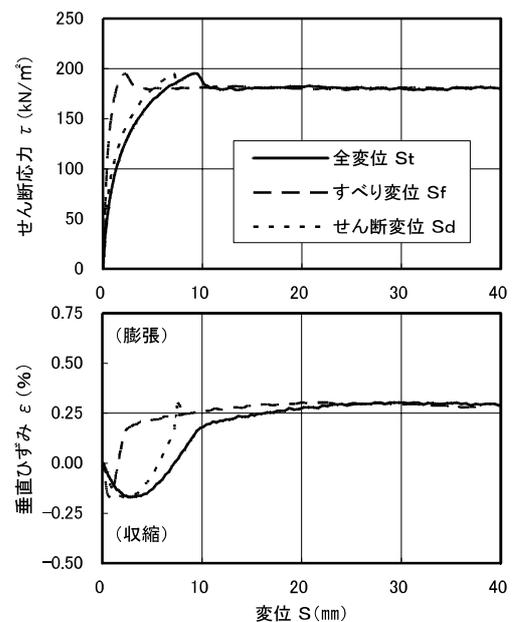


図3  $\tau, \epsilon - S$ 関係 (摩擦材A,  $\sigma = 300\text{kN/m}^2$ )

Frictional Tests on Pile Head Joint with Sliding Mechanism

ITO Atsushi (Kansai Univ.), KOBAYASHI Koichi, OGURA Hitoshi (GEOTOP Corp.),  
NOSE Takahiro (ABC Research Laboratory for Building Materials Co., Ltd.)

合のせん断応力  $\tau$  および供試体の垂直ひずみ  $\varepsilon$  と変位  $S$  との関係を図3に示した。ここに、変位は図2に示した全変位  $S_t$ 、すべり変位  $S_f$  およびせん断変位  $S_d$  の3種類について描いてある。同図より、せん断の初期では全変位の大部分をせん断変形が占め、 $\tau$  がピークに達した後はすべり変位が支配的となっていることが分かる。また、垂直ひずみは初期において収縮を示すが、その後膨張に転じ、 $\tau$  のピーク後の変化量は少ない。これらの傾向は他の拘束圧および他の摩擦材の場合も同様であった。

図4は、摩擦材Aの各拘束圧におけるせん断応力比  $\tau/\sigma - S_t$  関係を示したものである。 $\tau/\sigma$  のピーク値および終局値は  $\sigma$  にかかわらずほぼ一定であるが、ピーク値の変位は  $\sigma$  の増加に伴って増大している。図5は、各摩擦材の  $\sigma = 50 \text{ kN/m}^2$  の場合の  $\tau/\sigma - S_t$  関係を比較して示したものであるが、材料によって曲線に多少の違いが見られる。

全実験について、 $\tau/\sigma$  のピークにおける供試体のせん断ひずみ  $\gamma_y$ 、すべり変位  $S_{fy}$  およびせん断応力  $\tau_y$  について、 $\sigma$  との関係を図6～図8に示した。ただし、鋼板のみ（記号S）については計測不良のため除いてある。また図8には、摩擦板と最下段のフレームとを固定して行った単純せん断試験での値を参考として付記しておいた。図6および図7において、 $\gamma_y$  および  $S_{fy}$  の値にはばらつきがあるが、概ね  $\sigma$  の増加に伴って増大し、 $S_{fy}$  は1～5mmの範囲となっている。図8においては、 $\tau_y/\sigma$  は0.4～0.7の範囲にあり、材料の違いによる顕著な差は見られないが、摩擦材Aの値が比較的大きく、摩擦材Cの値が比較的小さい（図5も参照）。表2から分かるように、両者の表面粗さにはあまり差がない

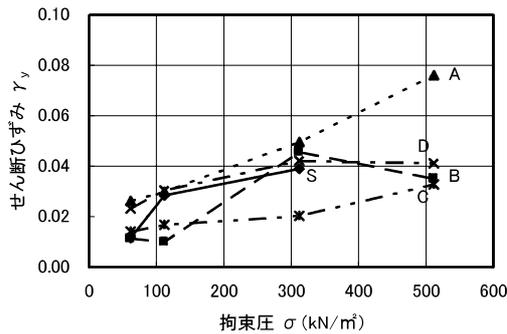


図6  $\gamma_y - \sigma$  関係

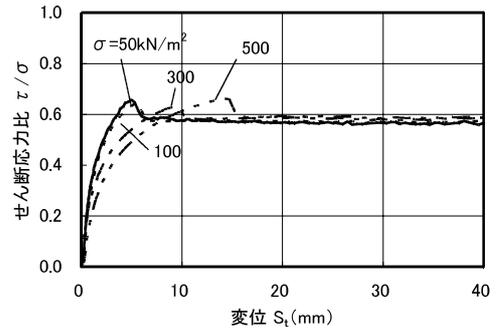


図4  $\tau/\sigma - S_t$  関係 (摩擦材A)

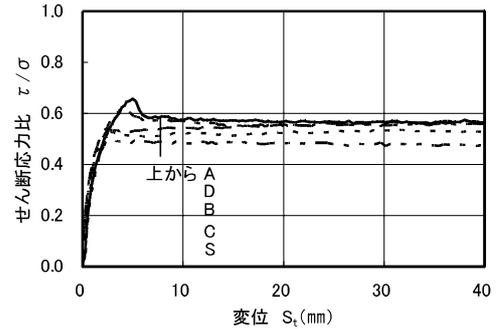


図5  $\tau/\sigma - S_t$  関係 ( $\sigma = 50 \text{ kN/m}^2$ )

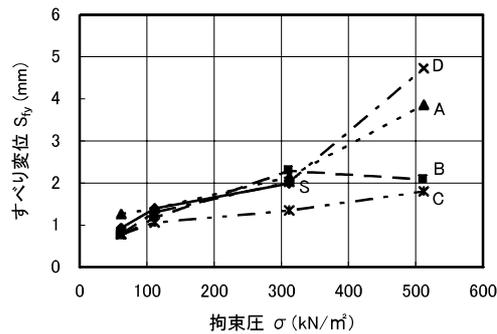


図7  $S_{fy} - \sigma$  関係

が、材料の圧縮強度はAが最も小さく、Sを除けばCが最も大きい。今回採用した床材料は、その強度（あるいは硬度）によってはある程度砂が摩擦材にくい込むことが予想され、その程度の違いが摩擦特性の違いとなって現れているものと推察される。

#### 4. まとめ

以上、杭頭縁切り工法に関する研究の一環として、杭頭部鋼板と砂との摩擦せん断実験を行った。今回はその手始めとして、摩擦材に床材料を採用した。材料の違いによる顕著な違いは認められなかったが、材料の強度あるいは硬度が摩擦特性に影響するものと考えられた。今後は、繰り返し加力による耐久性や地下水の影響なども含めて摩擦材の検討を行う予定である。

**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卒業研究生の下畠田裕二、中川大輔、西仲良平の諸氏に謝意を表す。

**【参考文献】** 1) 小林恒一, 小椋仁志, 和田 章: 杭頭と基礎フーチング間のすべりを考慮した「杭頭縁切り工法」について (その1 設計法とモデル解析), 日本建築学会大会B-1, pp. 457~458, 2004. 8 2) 山肩邦男, 伊藤淳志, 小椋仁志, 加藤史彦: 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 砂の密度と表面粗さの影響), 第25回土質工学研究発表会, pp. 709~710, 1990. 6 他

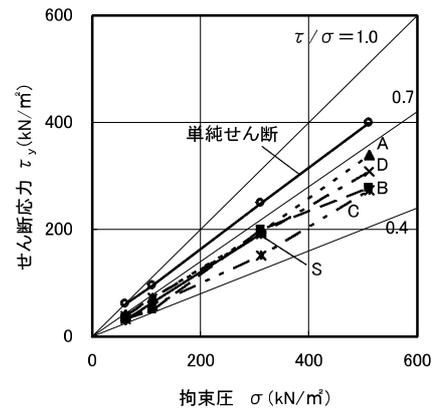


図8  $\tau_y - \sigma$  関係