

山口大学大学院 学生会員 ○ Hui Qiao

戸田建設 正会員 金本淳史

山口大学 正会員 中田幸男 兵動正幸

1. まえがき

著者らは、水平地盤の支持力発現メカニズムを明らかにするために、PIV 手法を導入した模型実験を行い、支持力発現中に認められるせん断層の特徴を検討してきた¹⁾。国土の 75% が山岳地である日本では、構造物を斜面近傍に建造する場合も少なくないことから、斜面上の基礎の支持力を評価することも重要である。本研究は、締固め土斜面の支持力特性を把握するとともに、締固め土のせん断層の幅を把握することを目的としている。

2. 用いた試料および試験方法

本研究で用いた試料は、宇部まさ土と豊浦砂である。図 1 に示す模型実験装置の寸法は長さ 1200mm、高さ 500mm、奥行き 200mm である。土槽内に斜面高さ $H=260\text{mm}$ 、基盤高 $=140\text{mm}$ 、斜面角度 $\beta=25^\circ, 30^\circ, 35^\circ$ の 3 種類の斜面を作製し、実験を行った。宇部まさ土は締固め法によって、締固め度 90% を目標に 8 層に分け、試料にあらかじめ最適含水比となるように水を加え、各層に対して突き固めを行った。豊浦砂は空中落下法より相対密度 90% を目標に水平地盤を作製し、次に真空により試料を吸い上げ、斜面を作製した。フーチングは幅 $B_0=40\text{mm}, 80\text{mm}$ を用いた。フーチング底面には各試料を付着させ粗に近い状態とした。斜面肩に設置したフーチングを、載荷速度 0.1mm/min で沈下させた。載荷中、フーチングの沈下量 S 、載荷力、土槽中央から $2B_0$ の地表面の変位 S_g を測定した。側面のアクリル板壁面にはグリスを塗り、透明なシリコンフィルム（厚さ $100\mu\text{m}$ ）を内張りした。土槽から 1m の位置にデジタルカメラを設置し実験中の地盤の変形挙動を 1 分ごとに画像として取得した。

3. 支持力特性

図 2 は、締固めたまさ土で作製された載荷圧 q と正規化沈下量 S/B_0 の関係を示したものである。ここで、載荷圧は載荷重をフーチングの断面積で除したもので、 S は載荷による沈下量、 B_0 はフーチングの幅である。斜面と水平地盤の基礎幅 80mm の荷重沈下曲線はピークを持っていることから、全般せん断破壊となっていることが推察される。一方、水平地盤の基礎幅 40mm の結果はピークが見られないため、局所せん断破壊であったことが理解できる。

図 3 は、極限支持力 q_u と斜面角度 β の関係を示したものである。極限支持力は図 2 の荷重沈下曲線のピークの載荷圧である。また、ピークを持たない場合は、荷重沈下曲線の両対数プロットで折れ点をみだし、その点の載荷圧を極限支持力とした。極限支持力は斜面角度の増加とともに低下していることがわかる。図中には Meyerhof の支持力理論²⁾より求めた極限支持力を点線で示している。このことから、Meyerhof の支持力理論より求めた極限支持力は地盤条件によらず過大評価していることがわかる。この原因は、実際の土は等方・剛・完全塑性体、すなわち砂の内部摩擦角 ϕ は、地盤内の最大主応力に依存しないと仮定しているためと考えられる。

図 4 は、斜面角度 β が支持力に与える影響を水平地盤に対する支持力の低下率を支持力低下率として評価したものである。斜面角度 β が $25^\circ, 30^\circ, 35^\circ$ の斜面肩にある基礎の支持力は、豊浦砂において、それぞれ水平地盤の 40%、45%、51% に低下する。一方、宇部まさ土においては、それぞれ、水平地盤の 63%、70%、77% に低下する。斜面角度が大きく

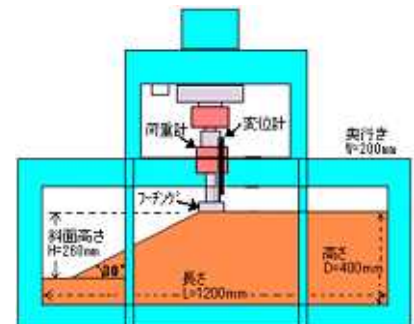


図 1 支持力模型実験装置

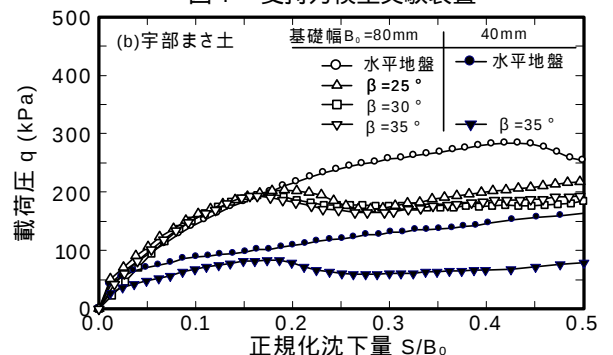


図 2 宇部まさ土載荷圧と正規化沈下量の関係

なるにつれて、水平地盤に対する支持力が低下するのは、斜面角度の増加とともに受働領域が小さくなることが原因と考えられる。

4. PIV 手法により観察されたせん断層

せん断層は、地盤材料がせん断変形を受けた後ですべり面を形成している状況において、ひずみが集中し変位が不連続な部分をさす。ここではフーチング直下の拡大画像(画像倍率: 0.0729mm/pixel)を用いて、载荷初期から 4 分おきに、すべり線に沿って同一位置における 240pixel × 240pixel の画像を切り取り、PIV 手法を用いて解析を行った。ここでは、受働領域でせん断層の取得を試みた。PIV 手法において現画像と 4 分後の画像の変位増分を求め、その 4 分間の速さ(pixel/4min)とした。既往の研究¹⁾より、速度ベクトルの大きさは载荷初期から载荷圧のピーク時までには緩やかに増加し、ピーク後から急激に増加することが分かっている。沈下量の増加とともに速度ベクトルの大きさが異なることがわかり、この速度ベクトルが不連続な部分をせん断層の幅とみなした。

図 5 は平均粒径に対するせん断層の幅と斜面角度の関係を示したものである。斜面角度の増加に伴い、せん断層の幅が厚くなっていることがわかる。また载荷の進行とともにせん断層の幅が厚くなっていくこともわかる。これは、斜面角度が大きくなるにつれて、受働領域の土塊の量が減り、圧力が小さくなるため、せん断層は斜面角度の増加とともに大きくなったと考えられる。既往の研究¹⁾では、主働領域において、粒子破碎によりせん断層が薄くなったことを確認しているが、これは基礎直下では高い圧力レベルに達するためと考えられる。

図 6 は平均粒径に対するせん断層の幅と正規化沈下量の関係を示したものである。斜面の場合は、沈下量の増加とともにせん断層の幅が大きくなったが、水平地盤の場合は、沈下量の増加に関らず大きな変化はなかった。斜面の場合は、土塊が拘束のない斜面方向に移動するため沈下とともにせん断層が大きくなると考えられる。

5. まとめ

本研究では、室内で一連の模型斜面に対する支持力試験を行い、締固め斜面の支持力特性とせん断層の幅を把握することを目的とした。得られた知見を以下に示す。(1) 支持力特性は斜面角度の増加とともに支持力が増加することがわかり、古典解析理論から求めた理論値は実験値を過大評価することが分かった。(2) 異なる斜面角度の支持力試験を行うことにより、斜面角度の増加とともにせん断層の幅が厚くなることが分かった。

参考文献

- 1) QiaoHui, 吉川直孝, 中田幸男, 兵動正幸: PIV 手法により観察される浅い基礎直下の砂質土地盤のせん断層, 第 42 回地盤工学会研究発表会, pp1361-1362, 2007. 7
- 2) Meyerhof, G.G.: Ultimate bearing capacity of foundations, Geotechnique 2, pp.301-332, 1955
- 3) 岡原美和夫, 高木章次, 木村嘉富ら: 剛体基礎の支持力に関する実験的研究, 土木技術資料, 第 3087 号, pp186
- 4) 斎藤邦夫, 新庄一優, 山口柏樹ら: 砂斜面上基礎の支持力に関する基礎的研究, 第 16 回土質工学研究発表会, pp861-864

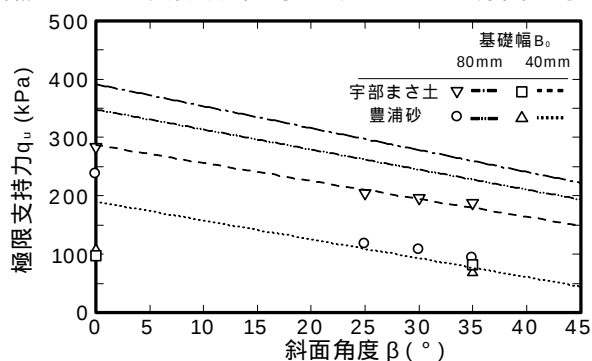


図 3 極限支持力と斜面角度の関係

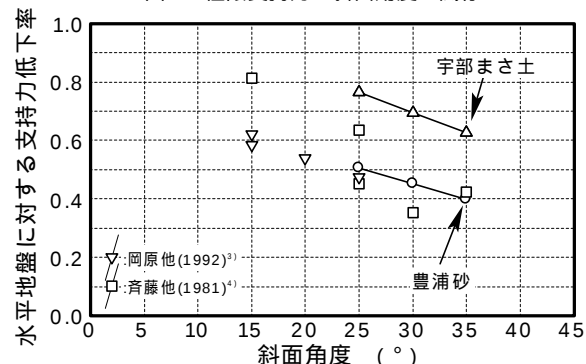


図 4 水平地盤に対する支持力低下率と斜面角度の関係

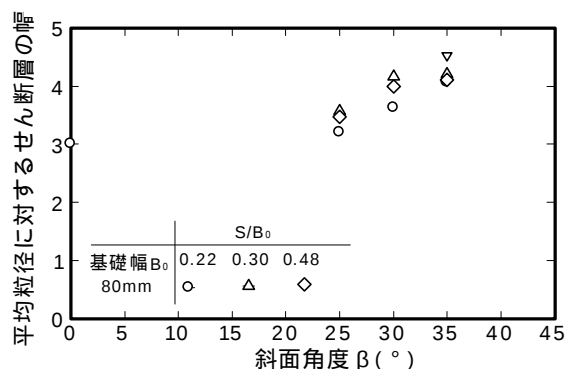


図 5 平均粒径に対するせん断層の幅と斜面角度の関係

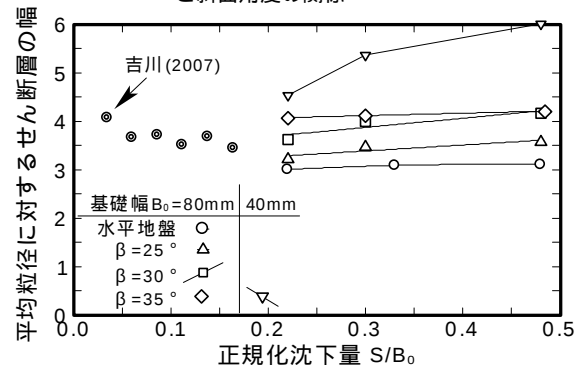


図 6 平均粒径に対するせん断層の幅と正規化沈下量の関係