

## 締固め土の支持力特性に及ぼす締固め度の影響

山口大学大学院 学生会員 島村いづみ 喬 弁  
 山口大学大学院 正 会 員 中田幸男 兵動正幸  
 山口大学大学院 学生会員 金本淳史 岡本賢一

**1. はじめに** 著書ら<sup>1),2)</sup>はこれまで、種々の地盤に対して重力場における浅い基礎の支持力試験を行ってきた。その結果、地盤の破壊メカニズムは密度の影響をうけるだけでなく、土の種類によっても異なることがわかった。近年、盛土に対する崩壊が多発し、盛土に対する安定の評価に関心が高まっているにも関わらず、締固め地盤の支持力特性に対する検討は多いとはいえない。そこで本研究では、盛土斜面地盤に対して支持力試験を行い、法肩上の基礎に対する盛土の支持力特性に及ぼす締固め度の影響を検討した。

**2. 試験概要** 本研究で用いた試料は、山口県宇部市で採取した宇部まさ土 ( $w_{opt} = 13.56\%$ ,  $d_{max} = 1.810\text{g/cm}^3$ ) である。図1は支持力試験装置の概要である。模型土槽の寸法は幅 1200mm、高さ 400mm、奥行き 200mm である。模型斜面は締固め度  $D_c = 90\%$ ,  $92.5\%$ ,  $95\%$  を目標に締固め法で作製された。作製は、地盤を 8 層にわけ、最適含水比に含水比を固定し水を加え、各層に対して突固めて行われた。作製された模型斜面の斜面角度は  $30^\circ$ 、斜面高さは 260mm である。本研究では、締固め度を変化させるために突固め回数を変えることで、異なる締固め度の斜面が作製された。また、比較対象として水平地盤の実験も行った。载荷装置を土槽に載せ、幅 80mm のフーチングは  $0.1\text{mm/min}$  の速さで鉛直下向きに载荷された。载荷によって生じるフーチングの沈下量  $S$  は変位計で計測され、载荷荷重  $W$  は荷重計で計測された。試料と土槽の亚克力板壁面との摩擦をできる限り除去するため、壁面にグリスを塗って、透明なシリコンフィルムを亚克力板に内張りした。実験中に地盤の変形挙動を理解するためにデジタル画像が撮影されるが、このためのデジタルカメラは土槽から 1m の位置に設置された。このデジタルカメラの解像度は約 500 万画素である。画像は 1 分間隔で撮影が行われ、照度を一定に保つためにカメラの左右から 2 台の 500W のハロゲンライドを用いて左右から均等に照射された。

**3. 基礎に対する締固めたまさ土地盤の支持力特性** 図2は、载荷圧  $q$  と正規化沈下量  $S/B$  の関係である。図(a)は斜面、図(b)は水平地盤における結果である。ここで、 $q$  は载荷荷重をフーチングの断面積で割ったもので、 $B$  はフーチングの幅である。 $S/B = 0 \sim 0.1$  の载荷初期における荷重沈下曲線の傾きは締固め度の増加とともに大きくなることがわかる。水平地盤と斜面地盤は同様に締固め度の増加につれて载荷圧が増加する。斜面地盤では、いずれの締固め度地盤についても  $S/B = 0.175$  の時に明確なピークが現れ、極限支持力状態となっている。その後、軟化過程を経て残留状態に至っており、全

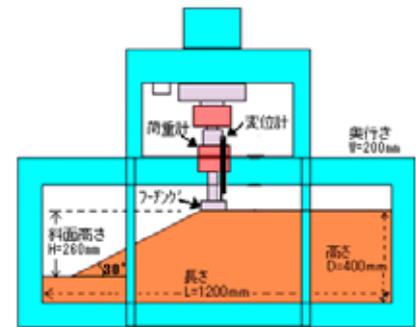


図1 支持力模型実験装置

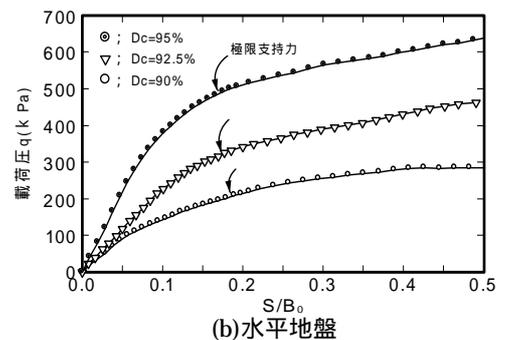
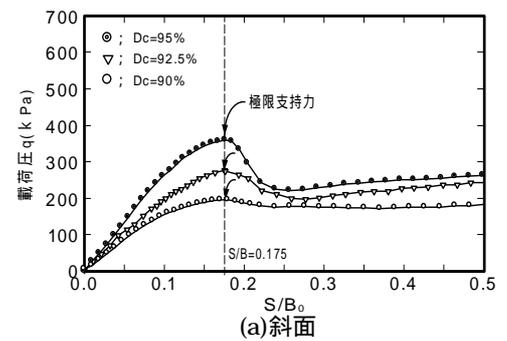


図2 载荷圧と正規化沈下量の関係

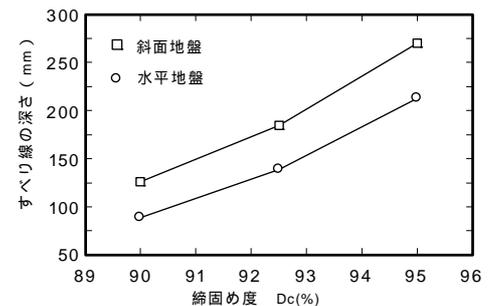


図3 締固め度と極限支持力の関係

般せん断破壊と考えられる。一方、水平地盤では、荷重強度は沈下に伴って増加し続け、正規化沈下量 0.5 となるまでピークが現れなかった。このことから、局所せん断破壊形態を呈していると考えられる。図 3 は、極限支持力  $q_u$  と締固め度  $D_c$  の関係を示したものである。図 2(b)の水平地盤では、ピークを持たないので、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。斜面、水平地盤ともに締固め度の増加につれて極限支持力は増加することがわかる。締固め度が 90% から 95% まで増加する間に、斜面地盤の極限支持力は 1.7 倍になり、水平地盤では 2.5 倍になることがわかる。

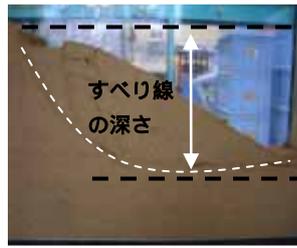


写真 1  $D_c=95\%, S/B = 0.5$  時のすべり線の深さ

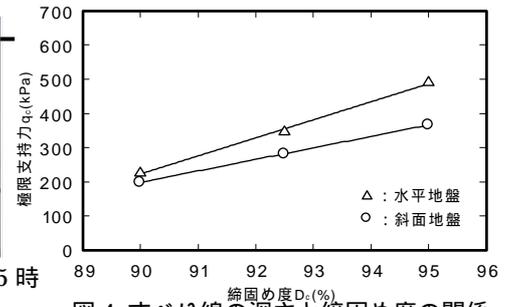


図 4 すべり線の深さと締固め度の関係

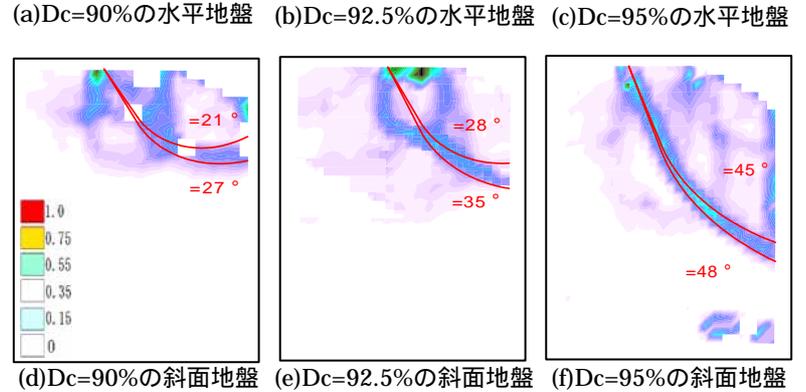
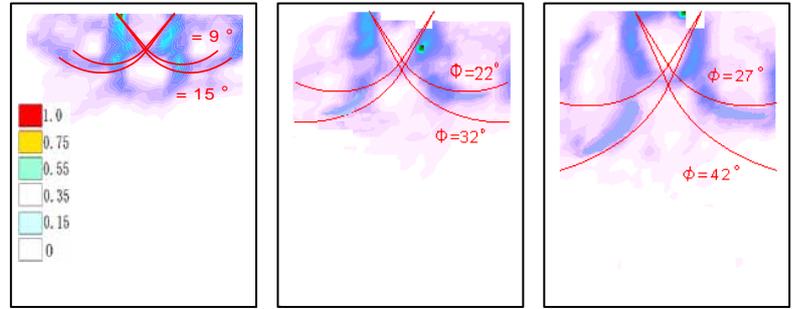


図 5 極限支持力時の最大せん断ひずみ分布

**4. 支持力地盤に観察されるすべり線** 写真 1 は、 $D_c=95\%, S/B = 0.5$  時のすべり線の様子を示している。このすべり線の深さについて、締固め度との関係を示したものが図 4 である。水平地盤、斜面ともに、すべり線の到達深さは締固め度の増加とともに深くなり破壊範囲が広がる事がわかる。また、斜面のすべり線の深さは水平地盤よりも深いことがわかる。図 5 は、極限支持力時のひずみ分布図を示す。このひずみ分布は、地盤の変形挙動を観察するために導入した PIV 手法<sup>2)</sup>から求められる変位ベクトルから求められる。デジタルカメラで撮影した画像は、歪みを修正した後に、画像解析が行われた。対象とした画像のサイズは  $840 \times 1080$  pixel ( $294.8 \times 379.1$  mm)、画像倍率は  $0.351$  mm/pixel である。既往の研究より、応力ひずみ関係のピークは最大せん断ひずみが 0.15 であることがわかっている。そこで最大せん断ひずみが 0.15 に達した要素は破壊に至っていると考えた。図中には古典支持力理論のすべり線を実線で示している。斜面地盤では、締固め度 90% のとき、 $21^\circ \sim 27^\circ$  のすべり線の間で破壊要素が分布している。また 92.5% のとき  $28^\circ \sim 35^\circ$ 、95% のとき、 $45^\circ \sim 48^\circ$  の範囲が分布している。一方、水平地盤では  $9^\circ \sim 15^\circ$ 、 $22^\circ \sim 32^\circ$ 、 $27^\circ \sim 42^\circ$  の破壊範囲が分布している。このことから、水平地盤と斜面地盤では同じ締固め度の地盤であっても同じすべり線が表現できないことがわかる。

**5. まとめ** 水平地盤、斜面ともに締固め度が増加するにつれて極限支持力は大きくなる。破壊モードは水平地盤と斜面でそれぞれ、局部せん断破壊、全般せん断破壊であった。古典支持力理論ですべり線を表現しようとすると、水平地盤と斜面では異なるすべり線を用いる必要がある。

**参考文献**

1) Qiaohui, 吉川直孝, 長坂一宏, 中田幸男, 兵動正幸, 吉本憲正: PIV による種々の砂における浅い基礎の支持力特性と進行性破壊, 土木学会中国支部第 58 回研究発表会, pp.267-268, 2006.

2) 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, E-03, pp.1361-1362, 2007