

Ⅲ-420 砂上の帯基礎の古典支持力解の仮定と模型実験における地盤変形

東京大学生産技術研究所 正員 龍岡 文夫
 東急建設 後藤 正司
 基礎地盤コンサルタンツ 鴻嶋 広美
 鹿島建設技術研究所 吉田 輝

はじめに：これは、砂地盤上の帯基礎の支持力の古典理論では、等方で完全塑性（ピーク後の応力低下が無い）と厚さのない破壊面を仮定しているため、破壊の進行性を無視して、寸法効果（＝圧力レベル効果＋粒子径効果）を説明できない¹⁾。実際、これまで行った豊浦砂の模型実験で、堆積面と σ_1 方向が直行している平面ひずみ圧縮試験（ $\delta = 90^\circ$ ）から得た内部摩擦角を古典解に代入して得られる支持力は、実測値を大きく上回る¹⁾。一方、古典解では基礎直下に明確な楔が形成され、すべり面が基礎幅の左右に進展する破壊メカニズムを前提としている。しかし、平均粒径（ D_{50} ）／基礎幅 B_0 の比がある程度大きくなるとこの破壊メカニズムが形成されず、上記の場合とはむしろ逆に、古典解による支持力が実測値を上回るようになる²⁾。

この二つの現象は、何れもせん断層がある固有の量のせん断変形することによりピーク応力状態から残留状態に到ること（図1）と、せん断層には固有の厚さがあることと関連している。後者の理由で、せん断層が自由に発生しせん断層内部で厚さ方向にせん断ひずみが一樣な場合よりも、非一樣せん断変形が強制されてせん断層が明確に形成されない場合の方が、せん断強度が増加し地盤の支持力が増加することを示唆している。

以上の論点を、空中落下法で作成した模型地盤上の帯基礎の傾斜の無い中心载荷の模型実験²⁾で観察した模型地盤の変形に基づいて議論する。

実験結果：図2は、 $B_0 = 10$ cm、1 g、SLB 砂地盤で、分割ロードセルで測定した基礎底面での直応力とせん断応力である。基礎両端に近いほど、小さい基礎沈下量 S でピークに到っていて、地盤が進行的に破壊していることが分かる。図3は、ピーク時と残留時の σ_z 面での地盤変形の写真である。写真に見える格子は、砂層と透明のアクリル板の間に挟んだメンブレン上に印刷しておいたものであり、ほぼ砂層と同一の動きをしている。メンブレンとアクリル板の間にはグリース膜がある。目視では、ピーク状態でせん断層は観察できないが、残留状態（ $S = 1.88$ mm）では、ハッキリ認識できる。せん断層の幅は、6 mm 程度である。図4 a は、谷³⁾がほぼ同一の実験条件で行った豊浦砂の模型実験で、模型地盤を湿潤して切り出して求めた残留状態でのせん断層の厚さである。SLB砂地盤の場合

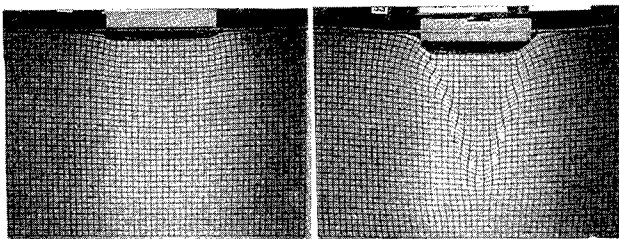


図3 ピーク時と残留時の σ_z 面での地盤変形（Test MSB-D）

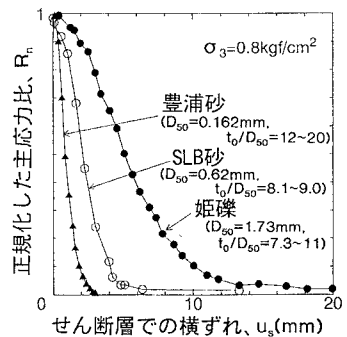


図1 せん断層のせん断変形特性： $R_n = 1.0$ はピーク応力状態、 $R_n = 0.0$ は残留状態を意味する、 t_0 = 残留状態開始時のせん断層厚さ（吉田輝，1995）

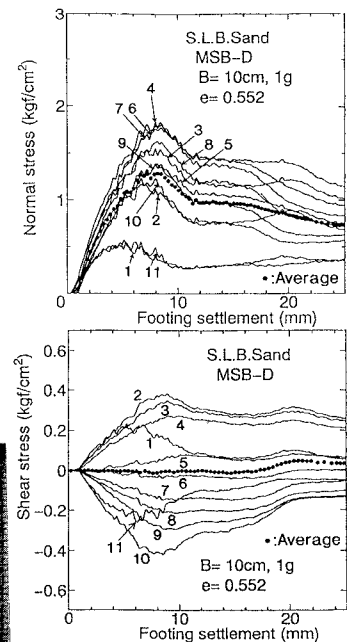


図2 分割ロードセルで測定した直応力とせん断応力（Test MSB-D）（基礎両端が No.1 と No.11）

より、せん断層は総じて薄い（注：せん断層が大きくせん断変形している箇所の厚さは正確ではない）。図4bは、ピーク状態でのせん断層の厚さの深さ方向分布であり、この場

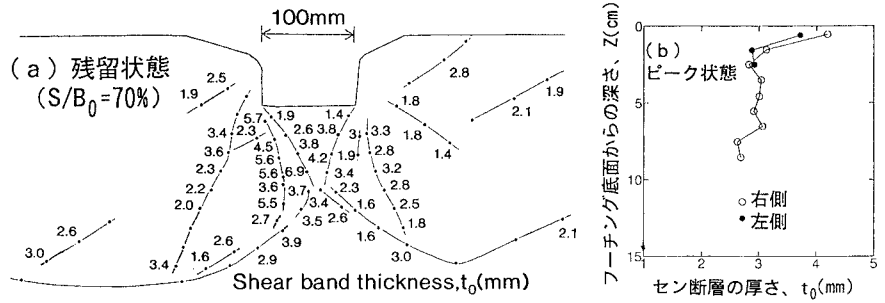


図4 $B_0 = 10$ cm、1 g、豊浦砂地盤でのせん断層の厚さ

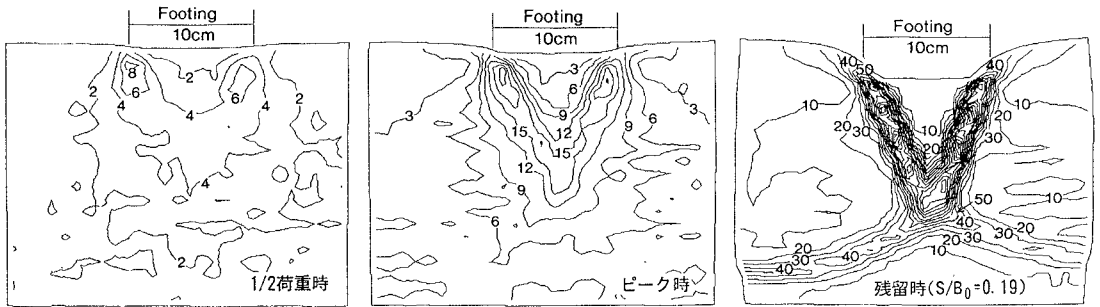


図5 $B_0 = 10$ cm、1 g、SLB砂地盤での $1\text{ cm} \times 1\text{ cm}$ 要素内での平均せん断ひずみの分布(%) (Test MSB-D)
合は厚さが約 3 mm であり、平面ひずみ圧縮試験での測定結果と一致している。

図5は、SLB砂地盤の模型地盤内のせん断ひずみの分布である。ひずみの局所化は、1/2荷重時には明確でないが、ピーク時には認識でき、残留時には非常に明確になる。平面ひずみ圧縮試験の結果によると、 $1\text{ cm} \times 1\text{ cm}$ の要素に対してピーク時と残留時開始時のせん断ひずみは $\gamma_f = 7.4\%$ 、 57% である。この値を用いて、地盤内の状態をピーク前、ピーク残留間、残留時と区別できる。

一方、 $B_0 = 5\text{ cm}$ 、1 g の実験では、SLB砂地盤ではひずみの局所化がかなり不明確になり（図6）、姫礫地盤では残留時でもせん断層は観察されなかった（図7）。後者の模型実験では、平面ひずみ圧縮試験（ $\delta = 90^\circ$ ）での ϕ を古典解に代入して得られた N_γ は、実測値よりも大きくなっている²⁾。これは、上記のように古典解で想定している地盤の破壊メカニズムが生じていなかった影響が、 ϕ (PSC, $\delta = 90^\circ$) を用いた影響を覆いでいるためであろう。

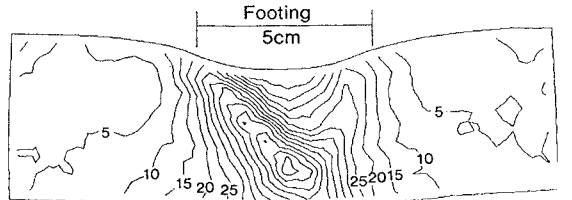


図6 $B_0 = 5\text{ cm}$ 、1 g、SLB砂地盤で残留時 ($S/B_0 = 0.3$) の $0.5\text{ cm} \times 0.5\text{ cm}$ 要素内平均せん断ひずみの分布(%) (Test SSB-M3)

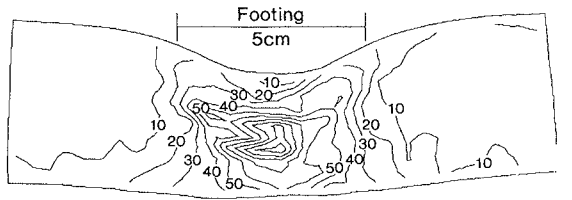


図7 $B_0 = 5\text{ cm}$ 、1 g、姫礫地盤で残留時 ($S/B_0 = 0.3$) の $0.5\text{ cm} \times 0.5\text{ cm}$ 要素内平均せん断ひずみの分布(%) (Test HSA2)

結論： SLB 砂を用いた模型実験でも、豊浦砂を用いた実験¹⁾と同様に地盤の破壊は進行的であった。一方、基礎直下に楔が形成されないほど粒子が基礎幅と比較して大きい場合は、古典解は安全側になりうる。

参考文献： 1) 龍岡文夫・田中忠次・岡原美知夫・Siddiquee, M. S. A. (1992)：模型実験・材料実験・数値解析による砂地盤上の帯基礎の支持力の研究、土と基礎、40-5, 11-16頁 2) 後藤正司他(1995)：砂地盤上の浅い基礎における粒子径効果の研究、土木学会第50回年次学術講演会講演概要集 3) 谷和夫(1986)：砂地盤上の浅い基礎の支持力機構、東京大学修士論文