

# 傾斜地盤の近傍における局所変形の進展について

The developments of localized deformation of soils in the neighborhood of the slope

大友 俊\*  
Shun Otomo

\* 構造強度学研究室 (指導教官: 岩熊哲夫 教授)

傾斜地盤近傍における直接基礎下の地盤の局所変形の発達を追跡するため、斜面傾斜角や斜面肩からの距離を表す基礎前面余裕幅などの载荷条件を変化させた上で傾斜地盤をモデルとし有限要素解析を行った。斜面傾斜角や基礎前面余裕幅を変化させたことによる地盤の挙動の違いを定量的に示した。さらに、载荷初期の段階での载荷板の挙動についても示した。

**Key Words** : spread foundation, localized deformation, slope

## 1. まえがき

近年、山岳地域に建設される橋梁が増え、それに伴い橋梁基礎もその多くが斜面上に設置しなければならない状況にある。一方、傾斜地盤近傍の直接基礎では、非対称な挙動が起きやすい等、水平地盤と比べてその支持力が弱い可能性が知られている。しかし、数値的にその変形特性などを予測する研究は少ない。そこで、本研究では傾斜地盤上の地盤の挙動を調べた実験<sup>1)</sup>との比較のため、同様の傾斜地盤モデルを対象とし、斜面傾斜角  $\beta$  と斜面肩からの距離を表す基礎前面余裕幅  $\alpha B$  などの载荷条件を変化させた上で、傾斜地盤の近傍における局所変形の進展を数値的に追跡する。

## 2. 構成モデル

構成モデルは文献<sup>2)</sup>で提案されているものを用いる。変形増分テンソルの弾性部分は Hooke の法則に従い、塑性部分は  $J_2$  流れ理論を拡張して、非共軸項とすべりメカニズムを加えたものである。つまり、

$$d_{ij}^p = \frac{1}{H} \frac{\sigma'_{ij}}{2\bar{\sigma}} \frac{\sigma'_{kl}}{2\bar{\sigma}} \frac{\nabla}{\sigma_{kl}} + A \left\{ \frac{\nabla}{\sigma'_{ij}} - \frac{1}{2\bar{\sigma}^2} \sigma'_{kl} \frac{\nabla}{\sigma_{kl}} \sigma'_{ij} \right\} + d_{ij}^m \quad (1)$$

のように塑性ひずみ増分が表される。さらにこの材料が Hill の局所不連続面の発生条件を満足した後は二重すべりメカニズムを持つものとし、式 (1) にそのすべり機構によって発生する変形速度成分  $d^m$  を加え、総変形速度  $d$  は

$$d = d^e + d^p + d^m \quad (2)$$

で与えられるものとしている。

## 3. 解析領域と载荷方法

解析対象は文献<sup>1)</sup>と比較を容易にするために図-1 のように設定した。鉛直方向の拡がり  $D=100$  mm とし、幅  $W$  は  $200$  mm とした。また、载荷板幅  $B$  は  $B=12$  mm とし、斜面肩からの载荷板位置を図-1 のように  $\alpha B$  ととり、 $\alpha$  に対してはいくつか値を与えた。また、斜面

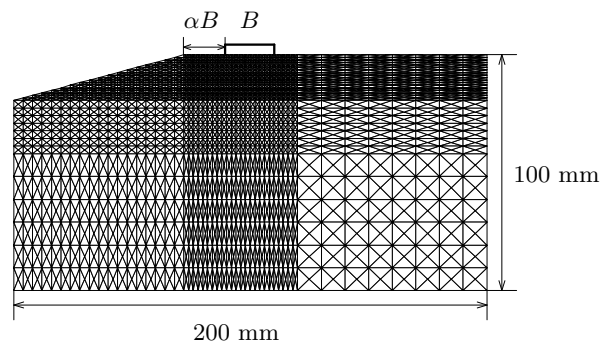


図-1 解析対象領域

の角度の影響を考察するために斜面傾斜角  $\beta$  を  $15$  度と  $25$  度の 2 種類設定した。ここで、载荷は対称変位制御で行い、一回の増分ステップを  $\Delta S_\ell = 5 \times 10^{-3}$  mm に固定し载荷板に一樣に鉛直下向きに強制変位を与えた。さらに、偏心载荷も行い、ここでは载荷板の中心線から  $e$  だけ離れた点に同様の増分ステップの強制変位を与えた。また、载荷板は周りの地盤より材料定数を  $10^3$  とし十分剛で変形し難くしてある。境界条件は底辺固定、左右端の水平方向固定、鉛直方向自由とし、载荷板は水平方向自由とした。

## 4. 数値解析結果

### (1) 载荷初期の微視すべりの進展

$\beta = 15$  度で斜面に最も近い  $\alpha = 0.5$  では、沈下量が  $-S_m/B \cong 0.05$  で微視すべりが载荷板左端に初めて現われ、図-2 のように载荷初期の段階では载荷板左側からのすべり線が先に発達している。図-3 では载荷板の沈下量を横軸に、その水平方向の変位を縦軸にとり、その载荷板の水平方向移動量の関係を示した。微視すべり発生少し前までは斜面反対方向に若干移動するだけでほとんど水平変位はないが、その後は次第に斜面方向へ

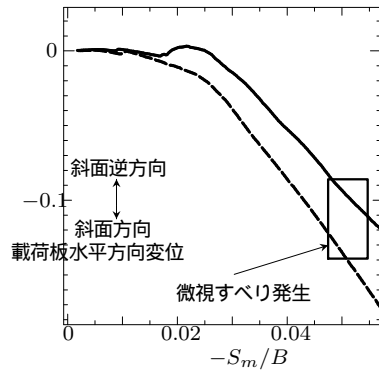


図-2  $\beta = 15^\circ$ ,  $\alpha = 0.5$  の荷重初期

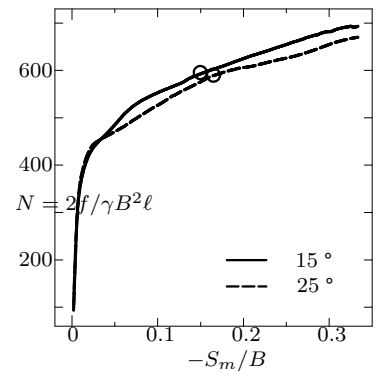


図-3 荷重板水平方向移動と沈下量の関係

図-4  $\alpha = 0.5$  での  $\beta$  の荷重沈下曲線の比較

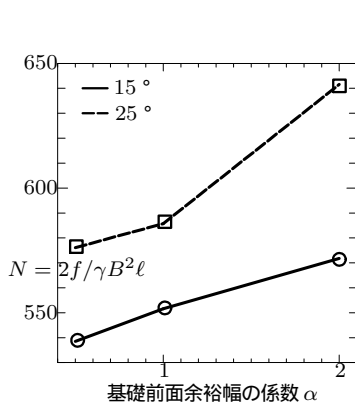


図-5 斜面傾斜角の違いによる  $\alpha$  の影響

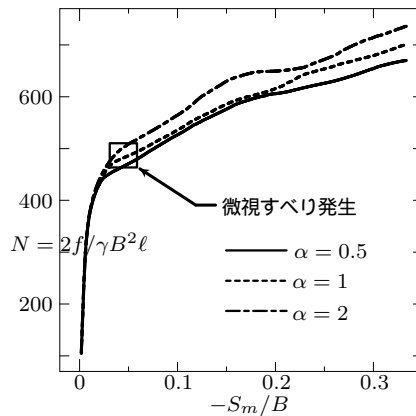


図-6 斜面の対称荷重の荷重沈下曲線 ( $\beta=25^\circ$ )

図-7  $\beta = 15^\circ$ ,  $\alpha = 0.5$  の最終状態

移動している．これは、荷重初期の段階では斜面側の拘束圧が小さいため荷重板は斜面と反対側に移動するが、微視すべり発生後の円弧すべり線の発達により荷重板はすべり線に沿って斜面方向に移動することによる影響だと考えられる． $\beta = 25$  度ではこの現象が見られなかった．文献<sup>1)</sup>の実験では荷重板の回転を許しており、ここでの数値解と水平変位挙動と整合している．

(2) 局所変形に及ぼす斜面傾斜角の影響

図-4 に示したように、 $\beta$  が大きくなるほど荷重板に対する地盤の支持力が低下している．図-4 の丸点が曲線の勾配が小さくなる点であり、他の  $\alpha$  についてもそれぞれその点を図-5 に示した．また図-5 より、基礎前面余裕幅の違いによる地盤の支持力の変化も  $\beta = 15$  度より  $\beta = 25$  度の場合の方が大きくなっている．特に  $\beta = 25$  度で  $\alpha = 2$  での値の変化が顕著に表れ、実験<sup>1)</sup>と整合している．つまり、 $\beta$  が大きくなるほど斜面の影響を受けやすく非対称挙動を起こしやすくなるからであろう．

(3) 局所変形に及ぼす基礎前面余裕幅の影響

図-5 と図-6 とから、 $\alpha$  を大きくするとすべり線が斜面側へ進展し難くなり荷重板に対する地盤の支持力が大きくなった．基礎前面余裕幅が大きくなるにつれ斜面の

影響を受けにくくなり、荷重板に対して斜面側の地盤の拘束圧が大きくなっている．また  $\beta = 15$  度において  $\alpha = 0.5$  では沈下量 4.0 に達した最終状態変形図-7 のような明確な円弧すべりが確認できたが、 $\alpha = 1$  で非対称挙動を起こしにくくなっており、斜面から最も遠い  $\alpha = 2$  ではもはや非対称挙動を示しておらず、実験<sup>1)</sup>の報告と同様に水平地盤に近い挙動を示した．

5. 結論

$\beta = 15$  度の場合、荷重板は微視すべり発生少し前までは斜面と反対方向へ、その後は斜面側へ水平移動しすべり線の挙動に関与していることが示せた．斜面が急になると基礎前面余裕幅の影響を受け易くなることが定量的に示せた．基礎前面余裕幅が大きくなると斜面の影響を受け難くなることが分かった．

参考文献

- 1) 岡原美知夫, 高木章次, 木村嘉富, 森浩樹, 浅井健一, 渡会正晃, 井上昭生, 龍田昌毅: 剛体基礎の支持力に関する実験的研究, 土木研究所資料第 3087 号, pp.96-128, 1992.
- 2) 白戸真大, 岩熊哲夫: 微視すべりを組み込んだ構成モデルとその大変形問題への応用, 土木学会論文集, No.598/I-44, pp.257-268, 1998.

(2003 年 2 月 13 日 提出)