

押し込み問題で自重等の拘束が変形の局所化に及ぼす影響

Effects of constraint on localized deformation in indentation problems

山賀 陽子*

yoko yamaga

*構造強度学研究室 (指導教員: 岩熊哲夫 教授)

水平地盤や斜面における地盤の支持力についてはさまざまな実験や数値解析が行われている。土構造の場合、降伏の状態が挙動に及ぼす影響は大きく、特に斜面のような場合には複雑な挙動が発生する。ここでは局所変形からその後のすべり発生までの一連の発達パターンを、そういった斜面の存在と自重に関連させて検討する。用いる材料モデルは、非共軸な塑性メカニズムを含んだものである。得られた結果は、斜面における押し込み問題を扱った模型実験の結果と比較し考察する

Key Words : localization of deformation, stress concentration, constraint

1. はじめに

本研究では、傾斜斜面における局所変形からその後のすべり発生までの一連の発達パターンを、傾斜などの拘束の影響に関連させて検討する。材料は文献¹⁾で提案した、非共軸項を含む 2 メカニズム塑性モデルである。

さらに文献²⁾で考慮した内部摩擦係数 α_ϕ を含んだ拘束条件を用いる。

特に自重パターンのみでの荷重による局所変形の発達を、円弧すべり法の仮定と関連付けて検討する。実際に再現できるか確認する。

2. 構成則

変形テンソルの弾性部分は、Hooke の法則に従い、塑性部分は J_2 流れ則を拡張し、いわゆる非共軸性を加え、

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

とする。ここで、 A は非共軸性を代表する材料パラメータ、 H は硬化係数であり、さらにこの材料が Hill の局所不連続面の発生条件を満たした後、二重すべりメカニズムが発生するとする。すべりによって発生する変形テンソル成分 d^m を加えた。総 d は

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

となる。ここで、添え字の e は弾性的変形成分である。また、降伏関数は平均応力の項を考慮し、

$$f \equiv \bar{\sigma} + \alpha_\phi I_1 - k(\Delta^p, \bar{\epsilon}^p) \quad (3)$$

と定義した。ここに α_ϕ は内部摩擦角に関するパラメータである。また、 k は粘着力に相当する。

3. 解析モデル

解析の対象となる斜面の形状は、勾配 β 、載荷幅 B cm、地盤幅 W cm、地盤深さ D cm 前面基礎余裕幅 a cm 地盤左領域 T cm の斜面である。内部摩擦係数 α_ϕ については、0.16 とする。

自重は、全節点に節点力として所定の値に達するまで段階的に与え、それを初期状態として、斜面天端に荷重する。また、荷重なしで自重のみによって生じる、斜面地盤内部のひずみ状態も追跡する。斜面天端の押し込みは、荷重位置の下方への強制増分ステップを Δv として与えて荷重を行った。境界条件は、地盤底面は十分な摩擦が生じると考え、鉛直水平の両方向を固定し、左右の辺は水平方向のみを固定した。

4. 各材料の材料定数と各パラメータの設定

地盤材料については、文献²⁾において変形の局所化が比較的良く予測できていることから、参考にしてパラメータを設定した。対象とする地盤は、単位体積重量が $\gamma = 19.6 \text{ N/mm}^3$ である豊浦砂をモデルとしている。弾性係数 $E = 100 \text{ MN/m}^2$ 、ポアソン比 $\nu = 0.3$ 、硬化係数 $H/\mu_0 = 1 \times 10^{-5}$ 、非共軸パラメータ $A = 0.003$

5. 解析結果

(1) 自重を考慮し斜面天端に荷重をする場合の影響

$\alpha_\phi = 0.16$ の時に、勾配 50.2° の斜面で、自重を含めない押し込みの場合の勾配 $\beta = 30.9^\circ, 50.2^\circ$ の荷重変位曲線を、図-1,2 に示す。黒は自重を加えた場合で、白丸は自重を加えなかった場合である。ここで $v(\text{cm})$ は変位、 $f(\text{N/m}^2)$ は支持力である。

図-5. は自重を考慮した場合であり、図-5. は自重を無視した場合である。自重を考慮した場合には領域下方に、平板を押し込んだ場合に見られる V 字型の局所帯が発生する。

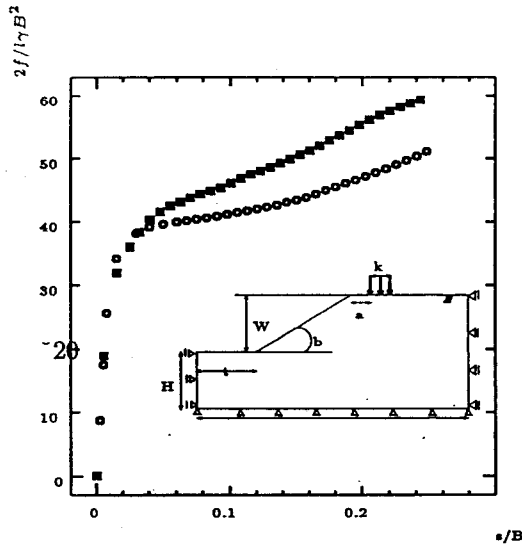


図-1

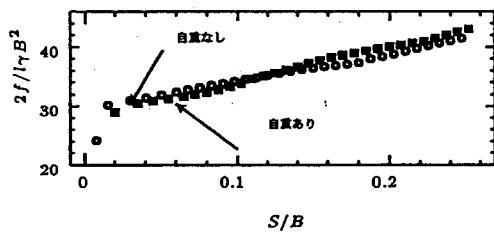


図-2 自重を考慮することによる支持力への影響

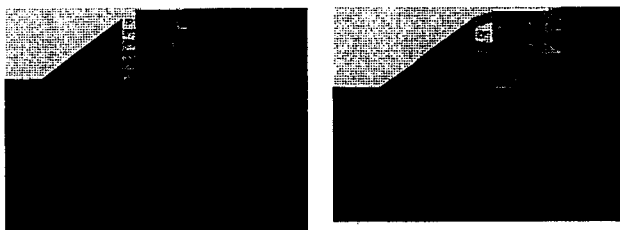


図-3 傾斜角 β の違いによる局所化の様子上: $\beta = 26.6^\circ$, 中: $\beta = 45^\circ$, 下: $\beta = 90^\circ$

一方で、自重をかけなかった場合には、円弧状のすべり線が見られるため、すぐに剛性の低下が見られる。しかし、自重を含めることによって地盤全体が平均的に早い荷重段階で深い所から降伏するため、平面を押した時のようなV字のせん断帯が先行することにより、剛な挙動になっている。

(2) 自重のみを載荷重する場合のひずみの挙動

円弧すべり論を念頭に置き、材料を弱く設定した上で自重を実際の値の77倍載せて、局所変形の現れ方を調べた。3通りの斜面角、26.6度、45度、90度の場合を図-3に示す。

領域の右端に現れる局所帯は、右と下の境界の影響で発生しているので、それ以外を比較すると、26.6度、45度では、ほぼ円弧状のすべりが斜面先から延びている。

これに対し90度の場合は、斜め右上への直線状の局所帯になり、荷重変位曲線は軟化を示す。

6. まとめ

本研究では、 H/B を変化させたときに、実験³⁾で見られる結果とほぼ一致した局所帯の変化を表せた。

傾斜地盤の自重のみを載荷重することで、円弧状の局所帯を生じることがわかった。

初期条件としての自重の有無で、形成される局所帯のパターンは異なり、円弧状の場合は剛性の低下が顕著である。

参考文献

- 1) 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.
- 2) 佐藤 友亮, 大友 俊, 岩熊哲夫: 直接基礎直接基礎の支持力特性に境界条件が及ぼす影響, 応用力学論文集, 土木学会, Vol.6, pp.343-353, 2003.
- 3) 藤 毅, 望月秋利, 上野勝利, 劉 逸劍: 斜面上の支持力実験 - 斜面高さ勾配の影響, 平成17年度土木学会四国支部第11回技術研究発表会講演概要集, pp.194-195, 2005.

(2006年2月14日 提出)