

I-39 押し込み問題における拘束の影響について

東北大学工学部

○学生員 山賀 陽子

東北大学大学院工学研究科

正員 岩熊 哲夫

1. はじめに

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、特に斜面のようなものがある。ここではそういった斜面の存在と自重の関係について検討する。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¹⁾と比較し考察する。

2. 構成則

本論文では文献²⁾で提案されている構成モデルを用いる。変形速度テンソルの弾性部分は、Hook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、

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

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、本解析では硬化係数は $H=10^{-2}$ とした。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速度成分 d^m を加えた。総速度 d は

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

となる。ここで、添え字の e は弾性的変形速度成分である。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。本研究では内部摩擦角 $\phi = 30^\circ$ に相当する $\alpha = 0.16$ を用いた。また、 k は粘着力に相当する。

3. 解析例

解析の対象となる斜面の形状は、図-1に示すように、高さ D mm、勾配 β 、載荷幅 B mmの斜面である。実験¹⁾を参考に表-3.のような解析パターンを設定し、 D/B 、 B 、 β を変化させて実験結果との比較を行う。本解析では自重を考慮するために、まず解析モデルの全節点に自重を節点力として与え、それを初期状態として載荷する。また、載荷なしに自重のみによって生じる斜

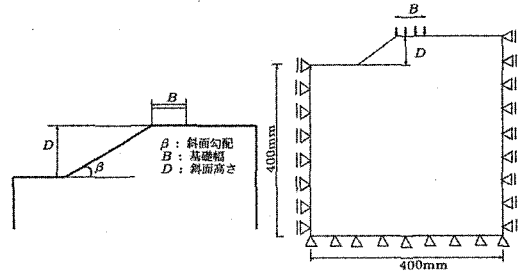


図-1 傾斜斜面形状と載荷幅

図-2 解析対象領域と境界条件

表-1 解析モデルケース

斜面条件	Case1	Case2	Case3
斜面勾配	30°	30°	45°
D/B	1	4	4
斜面高さ (D)	20	80	80
載荷幅 (B)	20	20	20

面地盤内部のひずみ状態も追跡する。自重のみの載荷の場合は、自重の大きさを単純に大きくすることで荷重とした。一方、Case 1～3では自重と等価な節点外力を加えた後に、載荷位置の下方への強制増分ステップを Δv として与えて載荷を行った。用いた解析対象領域と境界条件は図-2に示す。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、左右の領域においては地盤が左右に連続しているものと考え、水平方向のみを固定した。解析に用いる材料定数と各パラメータの値は文献³⁾を参考に設定した。

4. 解析結果

(1) 載荷する場合

強制変位量が $v = 1.95$ mmになった時点の相当残留ひずみ分布を図-6～8に示す。一般的に知られている斜面破壊パターンを図-5に示す。斜面高さの異なる図-6、7を比較すると、斜面高さが高くなるほど変形集中域は、底部から斜面先へと移動している。この傾向は、実験¹⁾で観察された破壊形態と似ており一般的に知られている斜面破壊パターンである。また、図-6、7からは、斜面高さが小さいほど地盤内部の広範囲に大きな



図-3 底部破壊

図-4 斜面先破壊

図-5 斜面内破壊

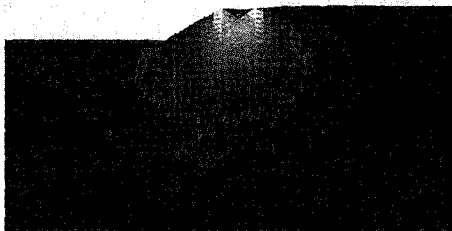


図-6 case1

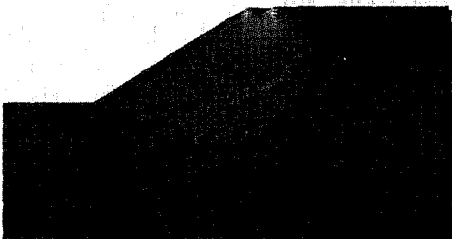


図-7 case2



図-8 case3

ひずみが分布していることがわかる。斜面勾配の異なる図-7, 8を比較すると、大きいひずみは斜面勾配が小さいときは変形領域がやや斜面側に来ているが、急な時は底部側に移動している。ここで実験¹⁾では、斜面内の変形域の形状は斜面勾配によらずほぼ一致としている。しかし、本解析で得られた結果では勾配の違いで変形領域の現れる位置に違いが見られるため、実験¹⁾で得られた結果とは異なる傾向である。

(2) 自重のみの場合

斜面の安定計算として、一般的に地盤の破壊形状として円弧すべり線が用いられる。この円弧すべり線を、実際に解析を行うことで再現できるか確かめるため、傾斜地盤に自重を極限值まで載荷した時に現れるすべり線と比較した。図-9に、自重を極限まで載荷した場合のひずみ分布を示す。ひずみが局所化している部分は斜面先から出現し、斜面内を経て地盤上部まで達する。図-9から、これは円弧すべりの形状である。よって本解析において自重のみを極限まで載荷した場合、斜面の安定計算で仮定されている円弧すべりを再現できることがわかった。

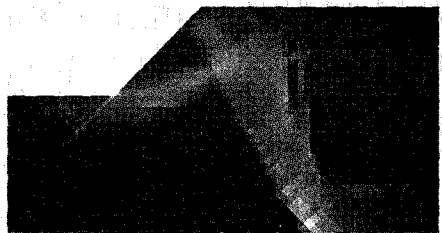


図-9 case4 自重のみの場合

5. 終わりに

本概要では自重を考慮した斜面内部の挙動について解析を行った。実験¹⁾と比較するとすべり線の発達は明確ではない。高さや勾配などの斜面形状の違いによる地盤内部のひずみの分布は実験¹⁾と異なる結果得られた。また載荷を行わずに自重を極限值まで載荷させて変形をさせた場合は、解析対象とする地盤の拘束や領域により地盤内部の応力の分布に大きな影響が生じると考えられる。

参考文献

- 1) 藤 毅, 望月秋利, 上野勝利, 劉 通剣: 斜面上の支持力実験—斜面高さと勾配の影響, 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.
- 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への応用, 土木学会論文集, No.598/I-44, pp.257-268, 1998.
- 3) 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.