

I - 9

傾斜地盤上の剛体基礎に関する支持力の解析

 東北大学工学部 ○学生員 大友 俊
 東北大学大学院工学研究科 正 員 岩熊 哲夫

1. まえがき

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を予測する研究などは少ない。本研究では、傾斜地盤モデルを対象とし、斜面傾斜角と基礎前面余裕幅などの载荷条件を変化させ有限要素解析を行うことによって、傾斜地盤の近傍における局所変形の進展を検討する。

2. 構成モデル

構成モデルは文献¹⁾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 d_{ij}^e と Cauchy 応力の Jaumann 率 $\dot{\sigma}_{ij}$ との間に Hooke の法則が成り立つとし、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、

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

のように塑性ひずみ増分が表される。係数の定義などの詳細については文献¹⁾を参照のこと。

3. 解析対象と载荷方法

解析対象領域は、図-1のように地盤幅 $W = 200\text{mm}$ 、深さ $D \cong 100\text{mm}$ をとった。また、载荷板幅を $B = 12\text{mm}$ とした。斜面傾斜角 β が 15° と 25° のそれぞれの場合において、斜面の肩からの距離を表す基礎前面余裕幅 αB の係数 α を 0.5, 1, 2 と変化させ载荷を行った。これは文献²⁾の対象領域と比較のために合わせたものである。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 $\Delta S_t = 5 \times 10^{-3}\text{mm}$ 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。また、载荷板の材料定数としてのせん断弾性係数は地盤のその 10^3 倍にして変形しにくいものとした。境界条件は、左右端は水平方向固定、鉛直方向自由、底面は水平方向と鉛直方向ともに固定とした。

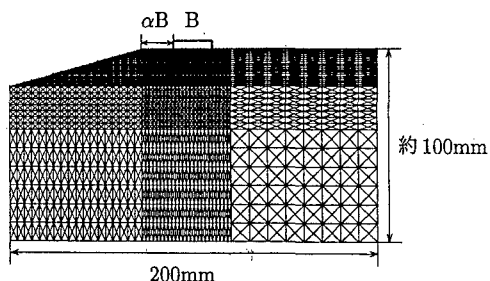


図-1 有限要素メッシュ図

4. 载荷条件の相違が局所変形の進展に及ぼす影響

斜面傾斜角 β が 15° で基礎前面余裕幅 αB の係数 α が 0.5, 1, 2 の場合をそれぞれ「パターン1, 2, 3」と呼ぶ。また、 β が 25° の場合も同様に、「パターン4, 5, 6」と呼ぶ。

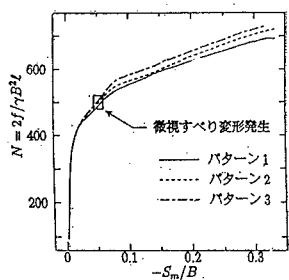
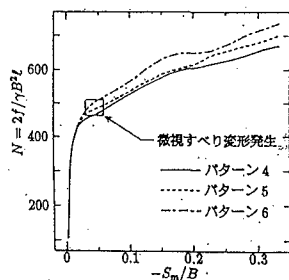
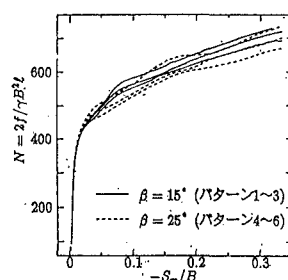

 図-2 $\beta = 15^\circ$ の荷重沈下曲線

 図-3 $\beta = 25^\circ$ の荷重沈下曲線


図-4 対称载荷荷重-沈下量曲線

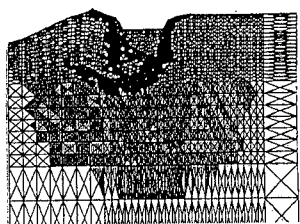


図-5 パターン1 最終状態変形図

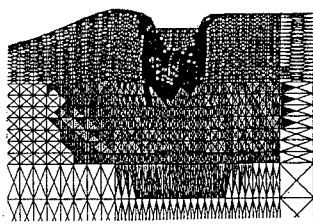


図-6 パターン2 最終状態変形図

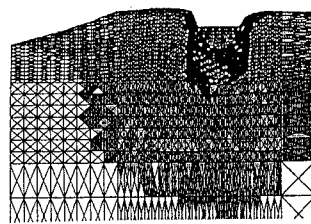


図-7 パターン3 最終状態変形図

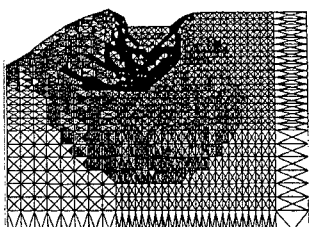


図-8 パターン4 最終状態変形図

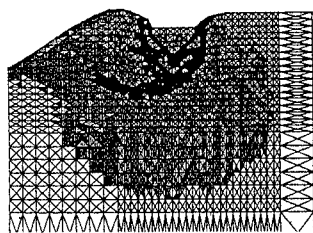


図-9 パターン5 最終状態変形図

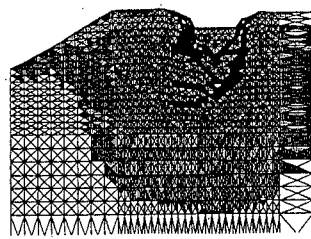


図-10 パターン6 最終状態変形図

(1) 斜面傾斜角の相違による地盤の影響

「パターン1」では、沈下量が $-S_m/B \cong 0.0500$ で微視すべり変形が載荷板左端直下に初めて現われた。このすべり線はその後右側へ発達し、遅れて載荷板右側から発生し斜面側へ発達した。 $\beta = 15^\circ$ では、微視すべり発生後は載荷板両側からすべり線は厚みを増しながら発達し、繋がってからは載荷板左端直下から発生したすべり線はゆっくりと厚みを増して進み、一方載荷板右端直下から発生したすべり線は斜面側へ厚みを増しながら進展した。図-5, 6, 7に $-S_m/B \cong 0.330$ の変形図を示した。黒い部分が式(1)の第3項の微視すべりが生じて大きく変形している部分である。図-5では斜面に近い円弧すべりが見え、非対称な変形が進展している。図-7はその影響が小さい。 $\beta = 25^\circ$ の場合には、微視すべり変形発生後、両側から発生したすべり線は早い段階で繋がり、載荷板右端直下から発生したすべり線は左側からのそれを卓越し、円弧すべり線のような挙動で斜面側へ進展した。図-8～10にその変形図を示したが、斜面が急なために、 $\alpha = 2$ であっても非対称で円弧すべり面の発生が見られる。さらに図-4から分かるように、 β が急になるほど、載荷板に対する地盤の支持力が低下している。また、図-2と図-3より、基礎前面余裕幅の違いによる地盤の反力の値の変化も $\beta = 15^\circ$ より $\beta = 25^\circ$ の場合の方が大きくなっている。つまり、図-5～6に示した比較から明らかなように、 β 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だと考えられる。

(2) 基礎前面余裕幅の相違による地盤の影響

また、図-5～10で見られるように、 α を大きくするとすべり線が斜面側へ進展しにくくなり載荷板に対する地盤の支持力が大きくなった。これは、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るためであり、図-5～10からも明らかである。相対的に斜面側の地盤の拘束圧が大きくなっている。

5. まとめ

斜面傾斜角を大きくすると載荷板に対する地盤の支持力が低下し、基礎前面余裕幅の影響を受けやすくなるという定性的な予測はできた。実験²⁾でも、 β が大きくなると α の減少による沈下量の変化は大きくなっている。また、基礎前面余裕幅が小さくなるにつれ、斜面の影響を受けやすく地盤の支持力が低下することが分かった。

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) 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.