

I-10 直接基礎の局所変形に及ぼす接触条件の影響

東北大学工学部

○学生員 佐藤 友亮

東北大学大学院工学研究科

正員 岩熊 哲夫

1. はじめに

基礎の支持力問題に対し、最近大型のものも含め様々な実験が行われているが、そのすべり線あるいは変形の局所化の発達を数値的に予測した成果はあまり多くない。文献¹⁾でも試行されているが、境界条件が現実的でなかったり引張に対する抵抗が大きい等の難点もある。そこで、ここでは載荷板直下の接触条件の違いに着目し、すべり線の発達に及ぼす影響について考察する。

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であり、ここに概説する。弾性部分は一般化した Hooke の法則に従うとし、塑性成分は J_2 流れ則を拡張し、非共軸項とすべりメカニズムを付加したものである。つまり

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

のように3つのメカニズムで塑性ひずみ増分が表される。係数の定義等の詳細は、文献¹⁾を参照のこと。

3. 載荷条件の設定

文献²⁾と同様に載荷板は十分に剛な材料とし、図-1のフーチングのような要素を設置した。この研究で着目したいのは、載荷板と地盤との接触条件であり、ここでは図-1にあるような境界面要素を導入し、そのせん断剛性を変化することによって接触条件を変化させた。また、載荷方法はすべて変位制御で行い、対称・非対称の荷重を図-1に示すように与えた。なお、解析対称領域は図-2のように載荷板の大きさに対し十分広く設定してある。

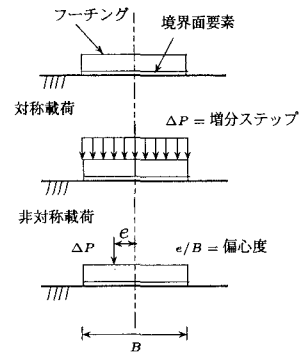


図-1 載荷条件

4. 解析例

(1) 対称載荷

地盤のせん断剛性 μ_0 に対する接触面要素のせん断剛性 μ の比 μ/μ_0 を 1/10 及び 1/143 のそれぞれに設定した時と境界面を設定しない時の荷重変位曲線を図-3に示した。また、図-6には載荷板下の境界面が無い場合における $-S_m/B = 0.15$ 時の変形図と相当応力分布図を示した。変形図の黒い部分では式(1)の第3項のすべりメカニズムによる大変形が生じている。図-7にはそれに対し $\mu/\mu_0 = 1/143$ で $-S_m/B = 0.15$ の時における同様の図を示した。図-6及び図-7を比較すると、特に変形図において境界面の無い場合の方が鉛直方向のすべり線が卓越している。相当応力図を比較しても図-6の場合は鉛直方向に応力が集中している。即ち載荷板と基礎地盤間の摩擦を大きくすると鉛直方向に荷重が集中すると予想される。

荷重変位曲線はそれぞれ2つの場合でほとんど定性的に同じであるにも関わらず、変形の局所化パターンには顕著な違いが現れており興味深い。

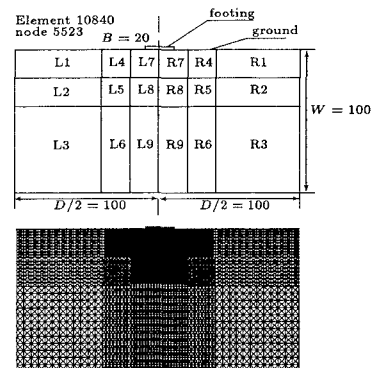


図-2 解析対称領域

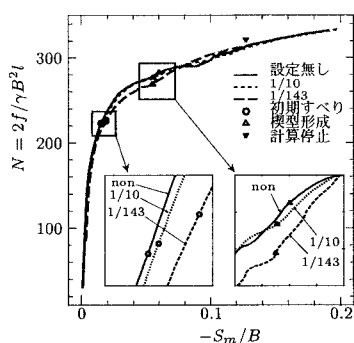


図-3 荷重変位曲線 (対称)

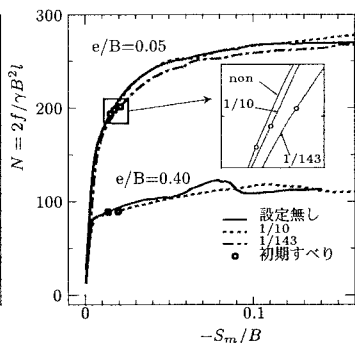


図-4 荷重変位曲線 (非対称)

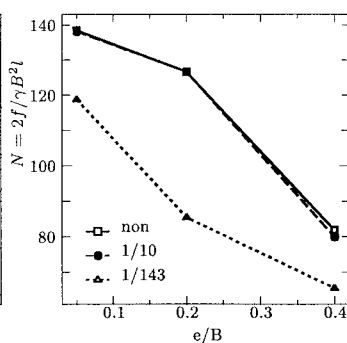


図-5 偏心率 - 支持力関係

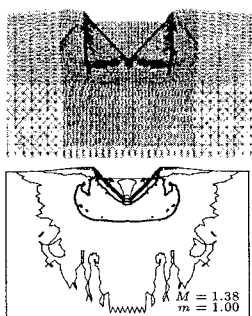


図-6 対称, 境界面無し

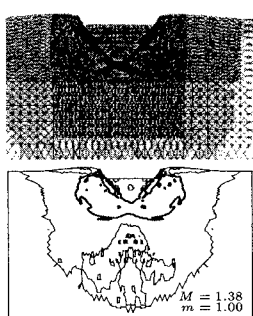


図-7 対称, 1/143

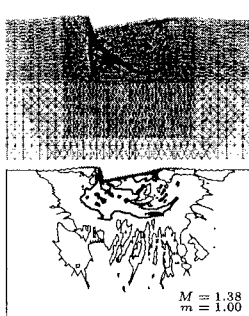


図-8 非対称, 境界面無し

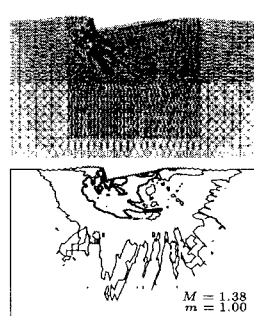


図-9 非対称, 1/100

(2) 非対称載荷

非対称載荷において偏心率 e/B を 0.05, 0.40 として得られた荷重変位曲線を図-4 に示す。載荷部の摩擦を小さくすると支持力は若干低下し、偏心率を大きくすると著しく低下している様子がわかる。図-5 は偏心載荷における偏心率と沈下量 $-S_m/B = 0.08$ の時の支持力との関係を示している。また、図-8 及び図-9 は $e/B = 0.05$, $-S_m/B = 0.19$ における境界面無しの場合と $\mu/\mu_0 = 1/100$ の場合の変形図と相当応力分布図である。図-6 のようにこれも荷重変位曲線は定性的に同じ形状であるが、変形の局所化パターンには大きな相違がある。図-8 のすべり線は載荷板左端から始まる鉛直方向と円弧すべり方向の 2 本に大別できるが、図-9 のすべり線は鉛直方向に発達せず複数の円弧すべりが発生している。これは載荷板と基礎地盤間の摩擦が軽減されたことで水平方向の変位が許容されたためと考えられる。図-8 と図-9 の相当応力分布図を比べると、図-9 の方が載荷板と水平方向に応力が集中している様子がわかる。

5. おわりに

接触面における摩擦を小さくすることによって、荷重変位関係はあまり変わらないが地盤の挙動に違いが生じることが確認された。境界面での摩擦を小さくすることにより、荷重が載荷方向から分散されて支持力が低下すると考えられる。文献³⁾による実験結果と今回の解析結果は整合しており、既存のモデルに対し比較的簡単なモデルで載荷板下面の条件に対する挙動の差異を追跡することができた。

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变形問題への適用, 土木学会論文集, No.598/I-44, pp.257-268, 1998.
- 2) 千葉尚, 白戸真大, 岩熊哲夫, 後藤文彦: 圧縮試験における局所変形の発達, 応用力学論文集 Vol3, pp323-334, 2000.
- 3) 磯部雄作, 中井照夫, 鈴木一定: 載荷板・載荷板位置・荷重載荷方向を変えた浅い基礎の支持力試験と解析, 土木学会第 53 回年次学術講演会概要集, pp554-555, 1998.