

直接基礎の局所変形に及ぼす荷重条件の影響

The effects of loading conditions on localized deformation of soils under spread foundations

得地 智信*

Tomonobu TOKUCHI

* 構造強度学研究室 (指導教官: 岩熊哲夫 教授)

直接基礎下の地盤の局所変形の発達に及ぼす荷重制御や変位制御での対称・非対称荷重の影響を追跡し、さらに対称荷重途中での一時的な偏心荷重の影響を検討した。非対称荷重の場合に生じる円弧すべり形態のすべり線は、くさび形すべりに比べて拘束が少ない分柔な挙動を示し、対称荷重より非対称荷重の方が抵抗が弱いことを定量的に示した。さらに対称荷重が期待された地盤に対する、偏心の影響を数値的に表した。

Key Words : spread foundation, localized deformation, loading condition

1. まえがき

直接基礎下の地盤では実物大実験が行われているにも拘らず、その数値解析は半解析による対称荷重の場合が主で、文献¹⁾のような偏載荷重の影響等の数値解が少ない。そこで本研究では、文献²⁾によって定式化されたモデルを用い直接基礎が地盤に及ぼす影響と荷重条件の違いによる地盤の局所変形の発達について解析したい。

2. 構成モデル

文献²⁾によって定式化された構成モデルでは、弾性部分は Hooke の法則に従い、塑性部分は J_2 流れ理論に拘束圧依存性や体積変化の塑性成分を考慮し、さらに非共軸性を加えて

$$d_{ij}^p = \frac{1}{H} \left(\frac{\sigma'_{ij}}{2\bar{\sigma}} + \frac{\beta}{3} \delta_{ij} \right) \left(\frac{\sigma'_{kl}}{2\bar{\sigma}} + \frac{\alpha}{3} \delta_{kl} \right) \bar{\sigma}_{kl} + A \left\{ \bar{\sigma}'_{ij} - \frac{1}{2\bar{\sigma}_{kl}} \sigma'_{kl} \bar{\sigma}'_{kl} \sigma'_{ij} \right\} \quad (1)$$

を基本メカニズムとしている。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. 解析領域と押し込み板の設定

解析対象領域は、その左半分を図-1 に示した。要素数は右半分も含め 10680、節点数は 5441 である。また、荷重や強制変位を与える押し込み板は、周りの地盤要素より材料定数を 10^3 倍とし降伏しないようにした領域で近似してある。境界条件は底辺固定、左右端の水平方向固定、鉛直方向自由とした。このときの押し込み板は基本的に水平方向は自由とした。

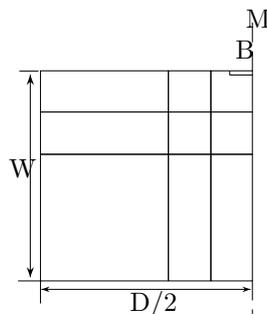


図-1 解析対象領域の左半分

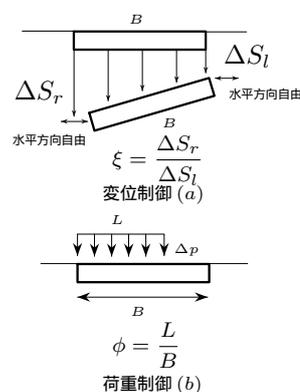


図-2 荷重方法

4. 解析例

荷重方法は「変位制御」のとき図-2 (a) のように設定し $\xi = 1$ のとき対称荷重、0.5, 0.2, 0 のとき非対称荷重とした。「荷重制御」では無次元化増分ステップ Δp を図-2 (b) のように荷重しており、この概要では $\phi = 0.5$ の「非対称荷重」を示す。

このときの荷重変位曲線を図-3 に示した。ここで図-3 の白丸点は、地盤中で初めて微視すべり変形を満たした点であり、四角点はグラフの勾配が最も小さい場所をプロットしており、局所化の集中による除荷要素が増加したことを示している。

「変位制御」下での、微視すべり線が発生する沈下量レベルは $\xi = 1, 0.5, 0.2, 0$ でそれぞれ $-S_m/B \cong 0.017, 0.0108, 0.0079, 0.0065$ であり、 ξ が小さくなるにつれて荷重板の左端により大きな荷重がかかるためにすべり線が発生することがわかる。これを定量的に表すために文献¹⁾と同様に、同じ沈下量レベルでの荷重と、荷重分布の重心位置で定義した偏心度 e/B との関係を図-

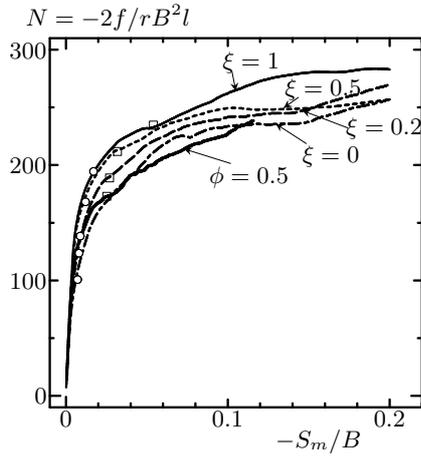


図-3 荷重制御と変位制御との比較

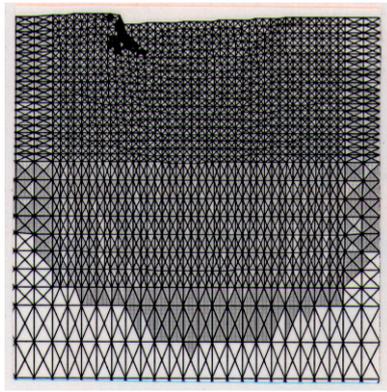


図-4 $\xi = 0.2, -S_m/B = 0.03$

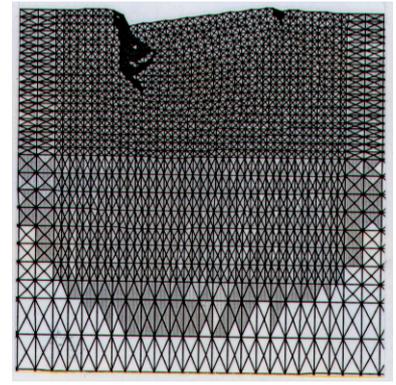


図-5 $\phi = 0.5, -S_m/B = 0.03$

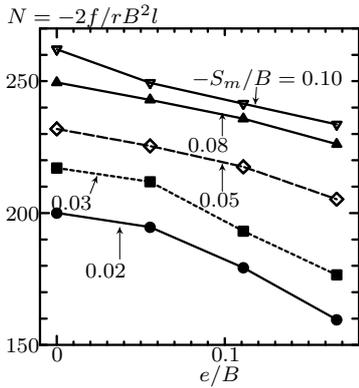


図-6 偏心率による強度の違い

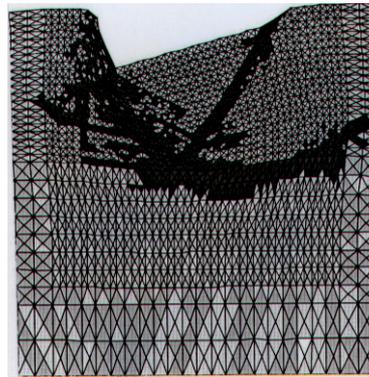


図-7 $\xi = 0.2, -S_m/B = 0.20$

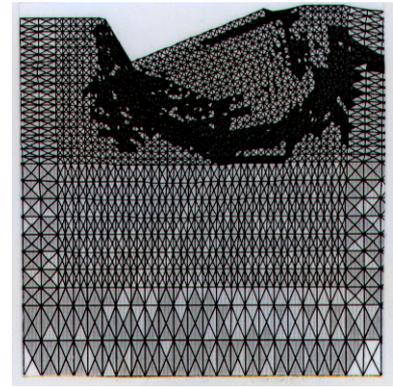


図-8 $\phi = 0.5, -S_m/B = 0.11$

6に示した．偏心率が大きくなると支持荷重が低下することが確かめられた．

荷重変位曲線図-3で「荷重制御」での「非対称載荷」 $\phi = 0.5$ では最初の微視すべり変形は沈下量レベルが $-S_m/B = 0.0084$ であり、 $\xi = 0.2$ の「変位制御」の場合とほぼ同じ沈下量レベルであった．しかし、その後「荷重制御」の曲線は傾きが緩む．沈下量レベル $-S_m/B = 0.03$ のときの「変位制御」 $\xi = 0.2$ と「荷重制御」 $\phi = 0.5$ の変形状態を図-4、図-5に示すが、ここで載荷板の右側の挙動に着目すると「荷重制御」では地盤からのふくれ上がりを許容しているため、それ程塑性変形が発達しないまますべり変形による局所変形が発達するのに対し、「変位制御」では、このふくれ上がりを強制的に抑えるために塑性硬化の影響が増大し剛になっている．したがって「荷重制御」では三角くさびが現れず円弧すべりの影響が大きく図-8の状態となって終局状態に至る．「非対称載荷 $\xi = 0.2$ 」の「変位制御」では図-7のように載荷板の左側から円弧すべりが右側から三角くさびが発達して沈下量レベル $-S_m/B = 0.02$ まで進んだ．このように非対称載荷の場合には、くさび形すべり線とは違う円弧すべり形態のすべり線が発生することが示され、さらに円弧すべりの抵抗はくさびのような拘束が少ないため弱くなっている．

材料定数 β の影響についても検討を行った．本研究では基本的に $\beta = 0$ で解析を行ったが、 $\beta = 0.01, 0.1$ と変化させると、 $\beta = 0.01$ の荷重変位曲線の挙動は基本とした $\beta = 0$ と初期すべり発生点も等しく沈下量レベル $-S_m/B = 0.1$ までは等しい挙動であり、その後若干不安定な性質を示す． $\beta = 0.1$ では、荷重変位曲線は $\beta = 0$ のときより全体的に勾配が高く安定な挙動を示す．

5. 結論

偏心率が大きくなると支持力が減少することが定量的に示された．「荷重制御」と「変位制御」での偏心載荷では、地盤への影響は異なる挙動をした．円弧すべり線とくさびのようなすべり線で異なる挙動を示し、円弧すべり線の方がくさびのような拘束が少なくなり抵抗が弱いのではないかと考えられる．

参考文献

- 1) 宮浦征宏, 飯田和弘, 川村志麻, 三浦清一, 木幡行宏: 載荷条件の相違による構造物・地盤系の支持力特性の変化, 地盤工学会技術報告集, 北海道支部 40号, pp227-236.
- 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.

(2002年2月13日提出)