# 基礎下面境界の条件が直接基礎支持力特性に及ぼす影響について

Effect of boundary condition of bottom foundation on properties of bearing capacity of spread foundation

#### 佐藤 友亮\*

### Yusuke SATO

### \*構造強度学研究室(指導教官: 岩熊哲夫 教授)

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.実際に数値解析を試行した例もある 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といった問題点もある、そこで本研究で は載荷板直下の粗滑に関する境界条件の違いに着目し,すべり線の及ぼす影響について考察する. Key Words : boundary-element, double-slip model, localization of deformation

#### 1. はじめに

地盤を比較的広く採掘し,フーチングまたは基礎板を 設置して地盤を直接支持基盤に伝える形式を直接基礎 という. 地盤材料の変形・強度特性は強い非線形性を有 しており,またその破壊形態は常に進行的である.この トピックに対し数多くの研究がなされている,例えば文 献<sup>1)</sup>では載荷面の摩擦の影響を調べており,境界条件が 地盤の挙動に強く影響していることが示されている.-方で数値解析的アプローチによって進行性破壊を追跡す る試みもなされており, 文献2)では関連流れ則に非共軸 項を加えた新しいモデルを提案し,すべり線の形成予測 に成果を挙げている.本論文ではこのモデルを用いた上 で載荷板直下の剛性に着目し,粗面と滑面の違いによる 変形パターンの差を求め,実験等との比較によって地盤 内部に生じている力学的挙動の推測を試みたい.

#### 2. 構成モデル

構成モデルは白戸・岩熊<sup>2)</sup>によって提案されているも のを用いる.弾性部分は一般化された Hooke の法則に 従うものとし, 塑性部分は J2 流れ則を拡張して非共軸 項とすべりメカニズムを付加している. つまり

$$d_{ij}^{\mathbf{p}} = \frac{1}{H} \frac{\sigma_{ij}}{2\bar{\sigma}} \frac{\sigma_{kl}}{2\bar{\sigma}} \sigma_{kl}^{\nabla} + A \left\{ \vec{\sigma}_{ij} - \frac{1}{2\bar{\sigma}^2} \sigma_{kl}' \vec{\sigma}_{kl} \sigma_{ij}' \right\} + d_{ij}^{\mathbf{m}}$$
(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<sup>2)</sup>を参照のこと.

#### 載荷条件の諸設定 3.

図-1のように,基礎地盤上に載荷板直下の一層分に あたる 4 × 20 = 80 要素で構成される載荷板を設定す る.本研究で着目したいのは載荷板と地盤との間の境界





図-2 載荷方法の模式図

条件であり,ここでは境界面要素を載荷面に設置し,そ の地盤に対するせん断剛性を 1/10,1/100,7/1000 と変化 させることによって境界条件を変化させた.また,載荷 方法は全て増分ステップ $\Delta S = 0.005 cm$ を与える変位 制御で行い,対称・非対称の載荷をそれぞれ図-2のよ うに与える.このとき載荷板は十分に剛とする,つまり 地盤に対するせん断剛性を $5 \times 10^4$ 倍とし初期降伏応力 は1000倍に設定した.

#### 4. 解析結果

## (1) 対称載荷

図-3は境界面要素を設けない場合とせん断剛性比  $\mu/\mu_0$ が1/10及び1/100の場合の荷重変位曲線である. ここで,丸印は最初に微視すべり領域が発生する位置を 示しており、三角印は載荷板両端から伸びたすべり線が くさび型を形成する位置を示している.微視すべりが発 生するときの平均沈下量はいずれも約 0.016 であり,く





図-4 対称, s=0.19の変形図,境界面無し(左)・1/10(右)

図-7 非対称, s=0.19 の変形図,境界面無し(左)・1/10(右)

図-5 対称, s=0.19の変形図, 1/100(左)・7/1000(右)

さびを形成するときの平均沈下量は 0.11 であった. いずれの場合もほとんど同じ値となっており曲線の挙動 も定性的に同様であるから,境界面要素が支持力特性に 与える影響は希薄であると考えられる.

次に,地盤内部における変形挙動を比較する.図-4 は境界面要素が無い場合とせん断剛性が1/10の場合 であり,図-5 はせん断剛性がそれぞれ1/100,7/1000 の変形図である.ここで,図中の黒い部分は微視すべり 領域を示しており,灰色の部分及び白い部分はそれぞれ 降伏域と除荷域である.境界面要素が無い場合の変形図 (図-4)は,載荷板の両端から鉛直下向きに微視すべり 領域が発達しているのに対し,せん断剛性が1/10の場 合の変形図では円弧すべり方向のすべり線が卓越してい る.せん断剛性を1/100に小さくすると,変形図は図-5 のようになり,載荷板端から複数の円弧すべりが発生 する現象が見られた.

### (2) 非対称載荷

偏心度 e/B = 0.05 のとき及び 0.2 の場合の荷重変位 曲線を図-6 に示す.図中の丸印は最初に微視すべりが 発生する位置を表しており,境界面要素の無い場合の沈 下量は 0.016,境界面要素のせん断剛性が 1/10 の場合 は 0.017,同じくせん断剛性が 1/100 の場合はそれぞれ 0.020 となり対称載荷のときよりも若干ばらつきが大き い.e/B = 0.2 ではさらに曲線の挙動が大きく異なり, 支持力特性に対する影響が増大している様子が確認でき る.

次に *e*/*B* = 0.05 における地盤内部の挙動を比較する.対称載荷と同様に図-7,図-8 にそれぞれの変形図

図-8 非対称, s=0.19の変形図, 1/100(左)・7/1000(右)

を示した.境界面要素が無い場合(図-7)では図-4と同様に載荷板端から鉛直下向きに微視すべりが卓越している.また,せん断剛性が小さい場合(図-8)では載荷板端から複数の円弧すべり線が卓越する傾向が見られた. これは載荷板の水平方向変位が許容されたことで段階的に円弧すべりが発生しているためと推測される.

## 5. おわりに

基礎の支持力問題に際し載荷板と基礎地盤との間に接 触面要素を導入したところ,以下の知見が得られた.

- 対称載荷に対しては支持力に与える影響は少ないが,地盤内の挙動には大きく影響しており,特に円弧すべり線の形状に違いが確認された.
- 非対称載荷の場合は支持力,地盤挙動ともに境界面 要素が影響していた.特に偏心度が大きい場合は載 荷板が水平方向に変位するため,その影響は顕著で あった.

## 参考文献

- 木村孟,藤井斉昭,斎藤邦夫,日下部治:砂中の浅基礎 の支持力に関する研究,土木学会論文報告集,No.319, pp.97-104, 1982.
- 2) 白戸真大、岩熊哲夫: 微視すべりを組み込んだ構成モデ ルその大変形問題への適用、土木学会論文集, No.598/I-44, pp.257-268,1998.
- 北詰昌樹,池田朋広:載荷試験における載荷点の拘束条件の影響, Soils and Foundations, Vol.33, No.3, pp.187-195, 1993.

(2003年2月13日提出)