

# III-66

## 砂地盤上の浅い基礎の支持力問題における進行性破壊について

東京大学大学院

東京大学生産技術研究所

成和機工（株）

谷 和夫

龍風 文夫

山口 順

### 1. はじめに

筆者等は図1に示すように(1)十分に側壁面摩擦を軽減、(2)剛性の高い砂槽を用いて2次元の模型支持力実験を行ってきた。そして砂地盤を剛完全塑性体と仮定し、地盤内にたるところで要素としての最大の内部摩擦角 $\phi_{max}$ （異方性、拘束圧依存性を考慮）が発揮されることとして特性曲線法を用いて計算した支持力と、実験によって得られた極限支持力を比較することにより模型地盤の破壊は極めて進行的である（内部摩擦角 $\phi_{max}$ が地盤内全域で同時に発揮されていない）ことを示してきた。今回は模型実験で変形に関する情報を元にして得られた知見を報告する。

### 2. ひずみ分布

地盤内の変形は側壁に用いたAcryl板を通して側壁面摩擦の軽減に用いたメンブレン上のマーカーの動きを、実験中各変形の段階において写真撮影することによって記録した。写真、ネガ上のマーカーの位置をデジタイザー、ステコメータで読み取ることにより各場所の移動量を算出し、有限要素法の手法を用いて地盤のひずみ分布を得ることができる。砂箱中央断面（図1B-B）の変形とメンブレン上で観察される変形がほぼ等しいことは確認した。図3は以上の手続きによって得られたフーチング底面が粗（Sand Paper, 上段）な場合、滑（grease & membraneの2層系lubrication, 下段）な場合の載荷前よりピーク直後（図2のO→D）に生じたひずみ

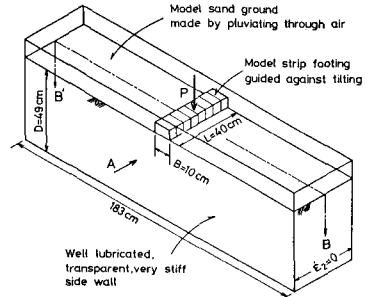


図1. 模型支持力実験（模式図）

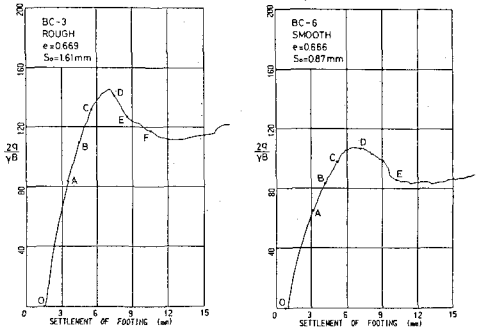


図2. 荷重～沈下曲線 左：粗，右：滑

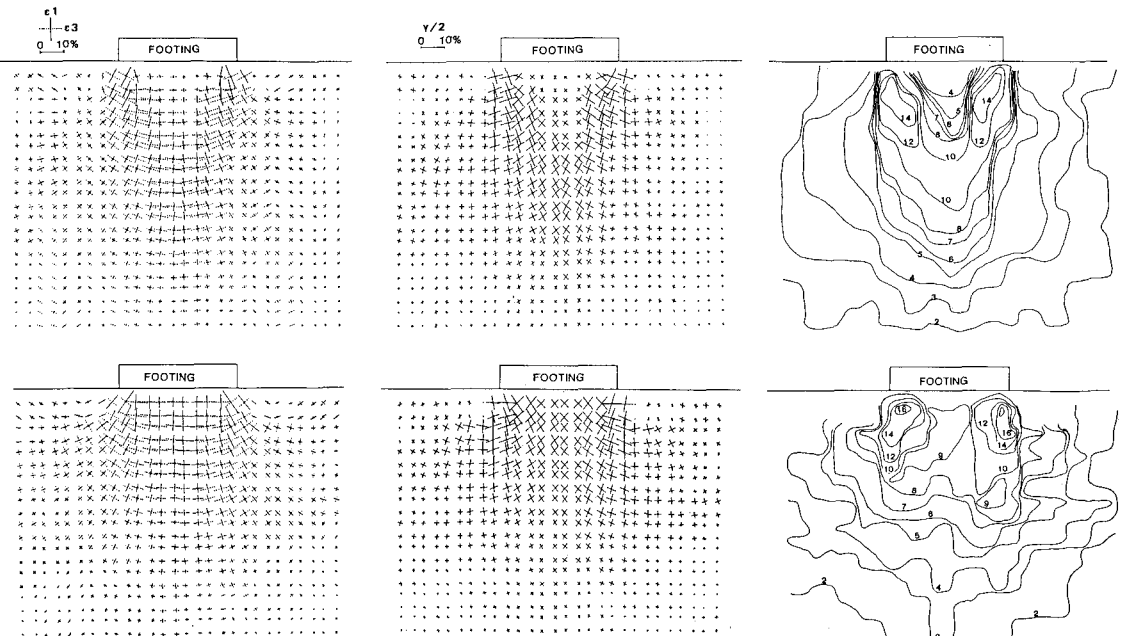


図3. 上段：粗，下段：滑，左：主ひずみ方向，中：Zero Extension方向，右：せん断ひずみ  $\varepsilon_1 - \varepsilon_3$  (%)

分布を示したものである。最終的な破壊モードは粗の場合 Prandtl 型、滑の場合 Hill 型になるにもかかわらずピークまでの段階では必ずみはフーチング直下に集中し(粗:主働くさびに沿って、滑:主働域全体)。general failure 的破壊は見られず変形の上からも破壊が進行的であることが窺われる。すなわちせん断ひずみ  $(\epsilon_1 - \epsilon_3)$  が十数%の部分と2%以下の部分が双方同時に  $\phi_{mob}$  を発揮しているとは想像し難いのである。また滑の場合フーチング直下の  $\epsilon_1$  方向が鉛直であることより、かなり底面の摩擦が軽減されていることも確認できる。

**3. 発揮されている摩擦角  $\phi_{mob}$  の分布の推定** 坂元<sup>(2)</sup>によって得られた信頼性のあける平面ひずみ圧縮試験の結果  $\sigma'_3/\sigma'_1 \sim (\epsilon_1 - \epsilon_3)$  を用いて、前述のピークまでの変形によるひずみ分布よりピーク時に実際に発揮されている摩擦角  $\phi_{mob}$  分布を推定することを試みた。 $\sigma'_3/\sigma'_1 \sim (\epsilon_1 - \epsilon_3)$  は異方性、拘束圧の影響を受けるため、地盤内の各要素の  $\epsilon_1$  方向と  $\sigma_1$  方向の一致を仮定してこれに対応する異方性、大体の拘束圧の条件の要素試験のデータを用意し、

(1)  $\sigma'_3/\sigma'_1 \sim (\epsilon_1 - \epsilon_3)_{average}$ , (2)  $\sigma'_3/\sigma'_1 \sim (\epsilon_1 - \epsilon_3)_{local}$  の2通りの関係を用いて地盤内の  $(\epsilon_1 - \epsilon_3)$  に対する  $\sigma'_3/\sigma'_1$  を求める。 $(\epsilon_1 - \epsilon_3)_{average}$  は供試体の上下端で変形を測定して求めた平均のせん断ひずみ<sup>(3)</sup>。要素試験でもピーク前より localization が進行しているため地盤を要素に分けて求めたひずみより  $\phi_{mob}$  を求めるには適切ではない。よって供試体も模型地盤と同じく要素に分けてひずみの集中している供試体を横切る断面に沿って平均した local なせん断ひずみ  $(\epsilon_1 - \epsilon_3)_{local}$  を用いて推定することも試みた。図4は  $(\epsilon_1 - \epsilon_3)_{average}$  を図5は  $(\epsilon_1 - \epsilon_3)_{local}$  を用いて推定した粗なフーチングの場合の  $\phi_{mob}$  分布である。この得られた  $\phi_{mob}$  分布を用いて特性曲線法を用いて支持力を逆算した。 $(\epsilon_1 - \epsilon_3)_{average}$  によるもの(図4)は  $N_{fg} = \frac{27}{f_B}$  が 99,  $(\epsilon_1 - \epsilon_3)_{local}$  によるもの(図5)は  $N_{fg} = 156$  となり、実験結果が  $N_{fg} = 145 \sim 160$  であるから  $(\epsilon_1 - \epsilon_3)_{local}$  の方が reality があることが確認できる。同様に  $\sigma'_3/\sigma'_1 \sim (\epsilon_1 - \epsilon_3)_{local}$  を

用いて滑なフーチングの場合を推定すると図6になる。図6の  $\phi_{mob}$  より支持力を逆算すると  $N_{fg} = 108$  となり実験値  $N_{fg} = 110 \sim 125$  より多少小さい。しかし実験では完全に滑なフーチングはなく、推定として問題は無いと思われる。図5, 6を見ると破壊の進行性の現象が如実に把握でき、粗の場合の方が滑より多少進行的であることが分かる。尚詳細

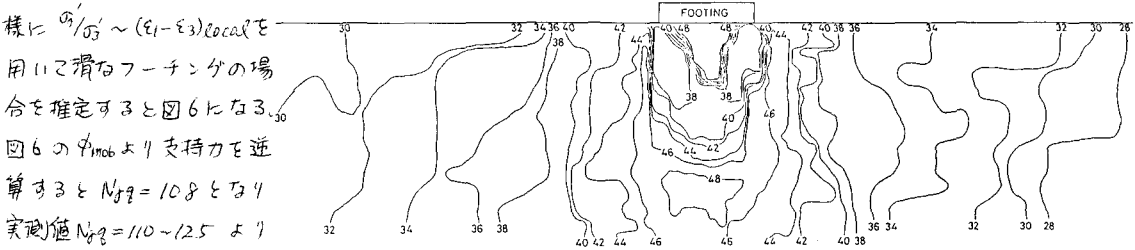


図4.  $\sigma'_3/\sigma'_1 \sim (\epsilon_1 - \epsilon_3)_{average}$  より推定した粗の場合の  $\phi_{mob}$  分布

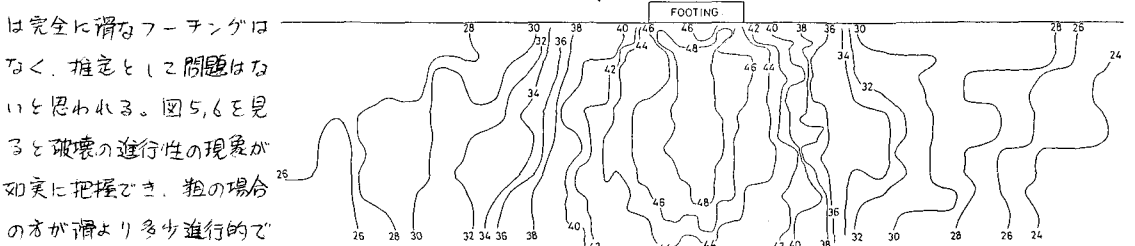


図5.  $\sigma'_3/\sigma'_1 \sim (\epsilon_1 - \epsilon_3)_{local}$  より推定した粗の場合の  $\phi_{mob}$  分布

については谷<sup>(3)</sup>(1986)を参照されたい。

<謝辞> 実験も共に行、た埼玉大学の佐藤亨君(現太都工業)、中山秀雄君(現埼玉大学院)、御指導いただいた埼玉大学の小田匡寛先生、山辺正先生、明治大学の田中忠次先生、御世話にな、た生研試作工場、村井研の方々にも筆ながら感謝の意を表します。

(1) 谷, 龍岡, 山口(1986) 第21回土質工学会研究発表会

(2) 坂元信(1985) 東京大学修士論文

(3) 谷和夫(1986) 東京大学修士論文

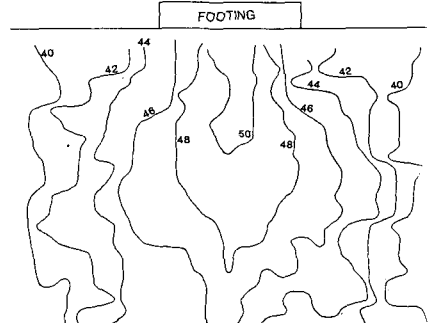


図6.  $\sigma'_3/\sigma'_1 \sim (\epsilon_1 - \epsilon_3)_{local}$  より推定した滑の場合の  $\phi_{mob}$  分布