

Ⅲ-22 組合せ荷重を受ける砂地盤上の基礎の支持力・変形特性

(株) 豊和開発 正 ○堀 政理
愛媛大学工学部 正 岡村未対
愛媛大学大学院 学 菅野靖幸

1. はじめに

近年の基礎の設計では、塑性状態を許容するものとなっているが、塑性状態での地盤の変形特性には不明な点が多い。そこで、本研究は地盤の塑性状態に着目し、鉛直荷重、水平荷重、モーメント荷重の組み合わせ荷重による地盤の支持力特性および変形特性を明らかにするために模型実験を行った。

2. 実験概要

実験装置の概略図を図-1 に示す。模型地盤は、内寸で長さ 60cm×奥行き 33cm×高さ 25cm の土槽内に乾燥した豊浦砂($\rho_s=2.64$, $e_{max}=0.973$, $e_{min}=0.609$)を用い、相対密度 $Dr=85\%$ のとなるよう空中落下法により作成した。基礎は、幅 $B=4\text{cm}$ ×長さ $L=20\text{cm}$ で、基礎底面には豊浦砂を付着している。基礎上面には V 字の切り込みを入れ、丸棒を取り付けている。これにより、載荷点まわりの回転を抑えている。載荷装置は、ギアボックスにモーターを取り付けたものであり、載荷角度と位置を調節できるようにしている。載荷速度は、約 1mm/min. で実験を行った。載荷重の測定は、ギアボックスの先端につけたロードセル (2 方向成分の測定可)、変位は基礎の 4 隅と基礎の前面の計 5 か所で測定した。実験条件は $\alpha=0^\circ$ の時、 $e/B=0, -0.125, -0.25, -0.375$ の 4 通り、 $\alpha=15^\circ \cdot 30^\circ$ の時、 $e/B=0, \pm 0.125, \pm 0.25, \pm 0.375$ の 7 通りであり、荷重及び変位は基礎底面の中心を基準とした。

3. 実験結果と考察

実験より得られる荷重沈下曲線のピーク時を破壊点と見なし、その時の鉛直荷重 V 、水平荷重 H 、モーメント荷重 M を破壊時の組み合わせ荷重とする。図-2 に M と V の関係($H=0$)、図-3 に H と V の関係($M=0$) を示す。いずれも $\alpha=0$ 、 $e/B=0$ の条件の実験結果による鉛直荷重の最大値 V_{max} で正規化し、 M は V と次元を合わせるために基礎幅 B で除している。また、図中には近似線も示している。文献¹⁾からいずれの場合も放物線近似が可能であることが示されており、本研究においても同様に放物線近似が最もフィットした。放物線の大きさを表す係数 t_m 、 t_h は放物線の初期接線勾配に当たり、文献¹⁾²⁾と近い値を示した。図-4 に H と M の関係を示す。ここでは、 V_{max} で正規化したものをさらに放物線の式 $V'(1-V')$ で除している。ただし、 $V'=V/V_{max}$ である。また、本研究では $H \geq 0$ の場合のみ実験を行っているが、水平地盤であり荷重の対称性から原点に対称移動させた結果も示している。文献¹⁾では、図中に示すように時計回りに 12.7° 回転した楕円形状になると示されているが、本研究では図中に囲まれた部分が大きくばらついていることがわかる。これらは $V \ll V_{max}$ のデータであり、放物線近似で示した H - V 面、 M - V 面の支持力曲面では、 $V \ll V_{max}$

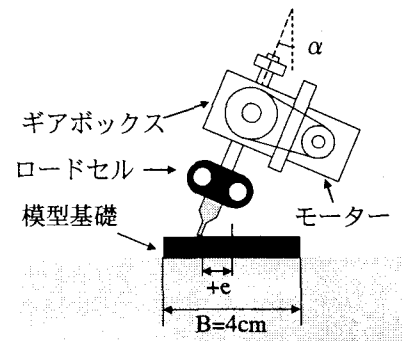


図-1 実験装置概略図

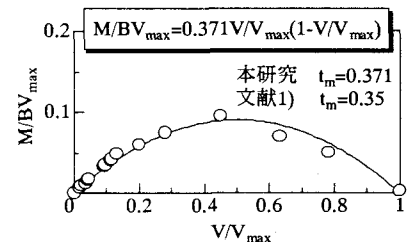


図-2 M/B - V 支持力曲面

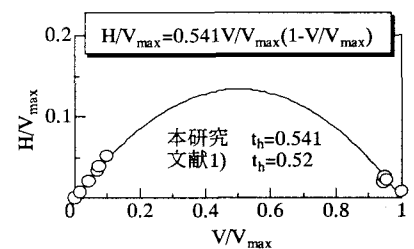


図-3 H - V 支持力曲面

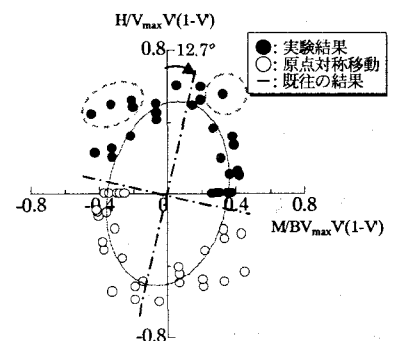


図-4 H - M/B 支持力曲面

の評価が適当ではないと考えられる。そこで、 $V \ll V_{max}$ における H - V 面の確認のため、基礎の引張り試験を行った。図-5 に示すように、 $V/V_{max} \leq 0.045$ までは H と V は比例関係にあり、直線の傾きは 0.6502 であった。 $V/V_{max} \leq 0.045$ を超えると徐々に初めに決定した支持力曲面に近づいていく。従って $V/V_{max} \leq 0.045$ を境に支持力曲面は変化すると考えられる。図-6 に領域分けした H - M 支持力曲面を示す。 $V/V_{max} < 0.045$ の時、軸比率 $t_h/t_m = 1.31$ 、 $V/V_{max} \geq 0.045$ の時、軸比率 $t_h/t_m = 1.40$ のいずれも時計回りに 17° 回転した楕円形状となる。以上から支持力曲面は次式で表すことができる。ただし、 $V' = V/V_{max}$ $H' = H/V_{max}$ $M' = M/BV_{max}$

$$0 \leq V' < 0.045 \text{ の時 } F = (H'/0.650)^2 + (M'/0.506)^2 - 1.11H'M' - [V'(1-V')]^2 = 0 \quad (1)$$

$$0.045 \leq V' \leq 1 \text{ の時 } F = (H'/0.541)^2 + (M'/0.371)^2 - 2.44H'M' - [V'(1-V')]^2 = 0 \quad (2)$$

上式から支持力曲面は図-7 の様な形状になる。図-8~10 に塑性ポテンシャルとピーク荷重付近での変位増分ベクトルを示す。図中の塑性ポテンシャルは最大の場合を示している。 M/B - V 面、 H - V 面は支持力曲面で決定した t_m 、 t_h を限界線とし、それ以下の領域で存在する。 H - M/B 面は支持力曲面と同様に楕円形状であり、反時計回りに 18° 回転している。いずれも変位増分ベクトルは図中の曲線にほぼ直交している。以上から塑性ポテンシャルは次式で表現できる。ただし、 $0 \leq k \leq 1$

$$Q = (H'/0.557)^2 + (M'/0.587\sqrt{kV'}) - 6.28H'M'/k^3 - [k^{2.5}\sqrt{V'}(1-V'^2)]^2 = 0 \quad (3)$$

上式から塑性ポテンシャルを図示すると、図-11 に示すような形状になる。

4. まとめ

以上から組み合わせ荷重作用時の支持力特性と変形特性を把握できるものと考えられる。

参考文献：1) Butterfield, R. and Gottardi, G. : Geotechnique 44, pp.181-184, 1994. 2) Okamura, M. et al. : Soils and Foundations Vol.42, pp.43-56, 2002.

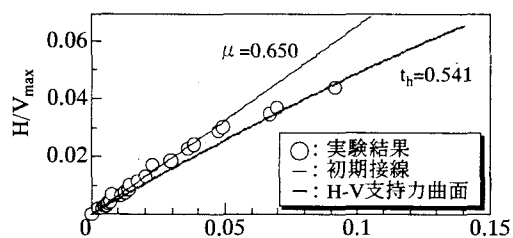


図-5 引張り試験結果

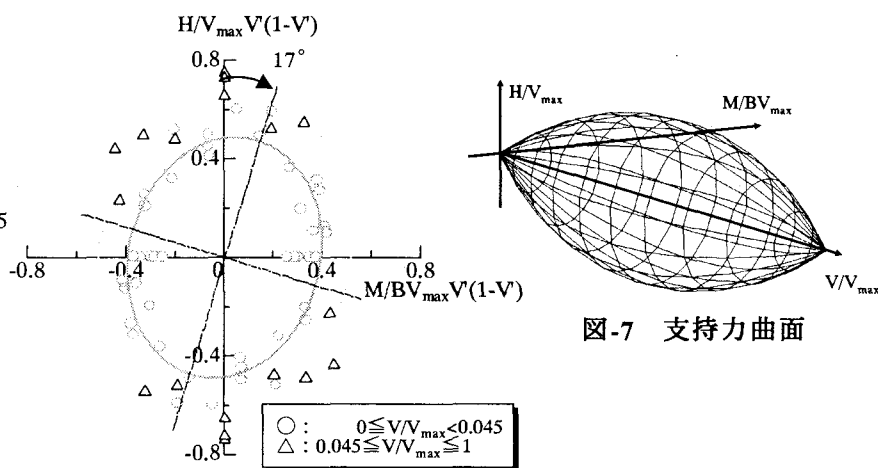


図-6 領域分けした H - M/B 支持力曲面

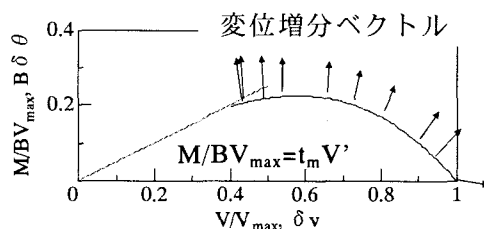


図-8 M/B - V 塑性ポテンシャル

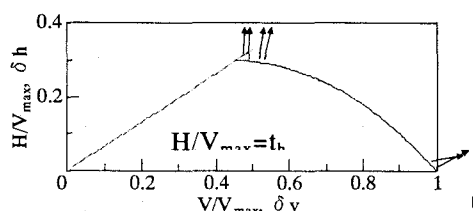


図-9 H - V 塑性ポテンシャル

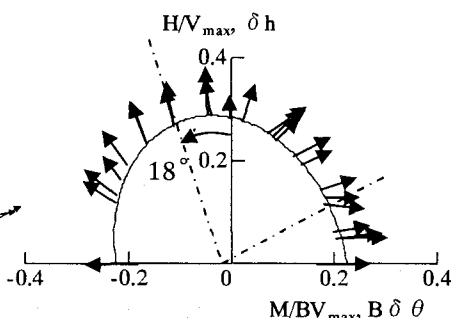


図-10 H - M/B 塑性ポテンシャル

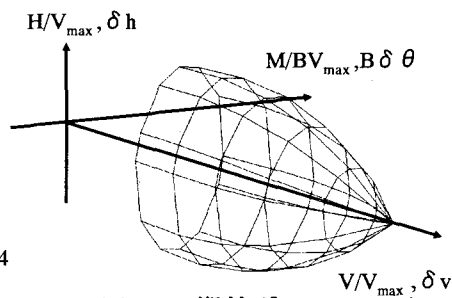


図-11 塑性ポテンシャル