

重力式擁壁の地震時変位量 - 基礎地盤の支持力特性 -

独立行政法人土木研究所 正会員 斉藤 由紀子、岡村 未対、田村 敬一  
筑波大大学院 学生員 坪川 洋友

1.はじめに 筆者らのグループは重力式擁壁の地震時変位量を一連の遠心模型実験により調べるとともに、変位予測手法を提案した(中村ら,2001; Okamura and Matsuo, 2002)。その予測法は擁壁を支持する地盤の組合せ荷重下での支持力曲面を利用するものである。通常の擁壁は小さな根入れを有するが、根入れのある基礎の組合せ荷重下での支持力曲面については既往の実験結果が少なく不明な点が多いため、本研究では一連の支持力実験によってこれを調べた。

2.実験方法と実験条件 模型地盤は内寸 80cm(幅)×20cm(奥行)×30cm(深さ)の実験容器内に豊浦砂を空中落下させて作成した相対密度が84%の密な乾燥地盤である。層厚 20cm の砂地盤を作成後、幅  $B=4\text{cm}$  の模型帯基礎を地盤表面に設置し、さらに所定の根入れ深さ( $D$ )となるまで豊浦砂を投入した。その後、図1(a)のように基礎に固定した直径 3mm の球座に載荷棒を介して変位制御方式で載荷し、載荷重は垂直・せん断の2成分ロードセルによって測定した。球座の位置は基礎中心から 2mm 間隔で変えることができ、載荷棒の傾斜角は  $5^\circ$  間隔で設定できる。

実験は基礎の根入れ比  $D/B$  が 0, 0.17, 0.5 の基礎に対して荷重の傾斜角 ( $\theta$ )と偏心比( $e/B$ )を変化させ、表1に示す 52 ケースの実験を重力場にて行った。また、擁壁の裏込土による荷重が支持力特性に及ぼす影響を調べるため、図1(b)に示すように基礎の片側に根入れ比 2.4 に相当する上載圧を与えた実験も 3 ケース行った。

3 実験結果 実験から得られた荷重沈下曲線の一例を図2に示す。図中の曲線は荷重の偏心はなく傾斜角が  $0\sim 35^\circ$  のケースである。何れの傾斜角でも根入れが小さいと鉛直荷重も小さく、ピーク後の荷重の低下傾向は顕著となる。以後、荷重ピーク時を地盤の破壊点とし、そのときの鉛直、水平及びモーメント荷重を  $V_f$ ,  $H_f$ ,  $M_f$  とする。なおモーメントは基礎底面中心まわりのものである。

偏心のないケース( $e/B=0$ )の  $H_f$  と  $V_f$  の関係を図3に示す。ただし、これらの荷重は偏心、傾斜が共に無いケースの支持力  $V_{max}$  で無次元化してある。図中には放物線で最小自乗近似した曲線も描いてある。根入れのあるケースでは  $V_f=0$  で  $H_f$  受働土圧なる切片を有するが、本実験の範囲では受働土圧は  $V_{max}$  に比べて十分小さいので、何れの放物線も原点を通るもので近似した。また、図4は  $\theta=0$  のケースの  $M_f/B \cdot V_{max}$  と  $V_f/V_{max}$  の関係である。ここで次元を統一するためにモーメントは基礎幅  $B$  で除してある。根入れのない基礎に対する既往の支持力実験結果(例えば Batterfield and Gottardi,1994)によると、 $H-V$  面及び  $M/B-V$  面での支持力曲面は放物線で近似できることが示されており、本実験では根入れのある基礎についても放物線で近似

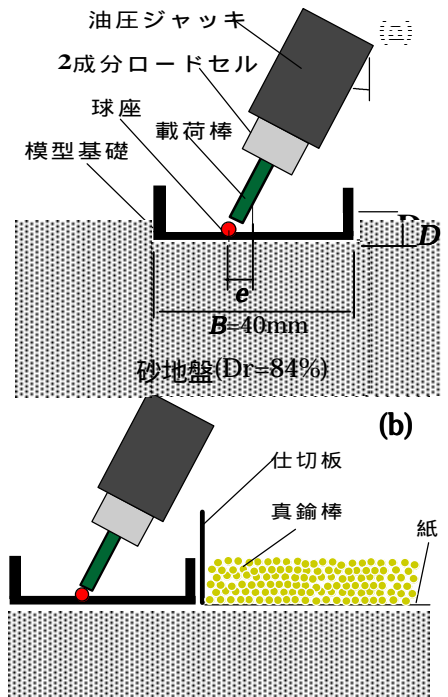


図1 実験装置概要

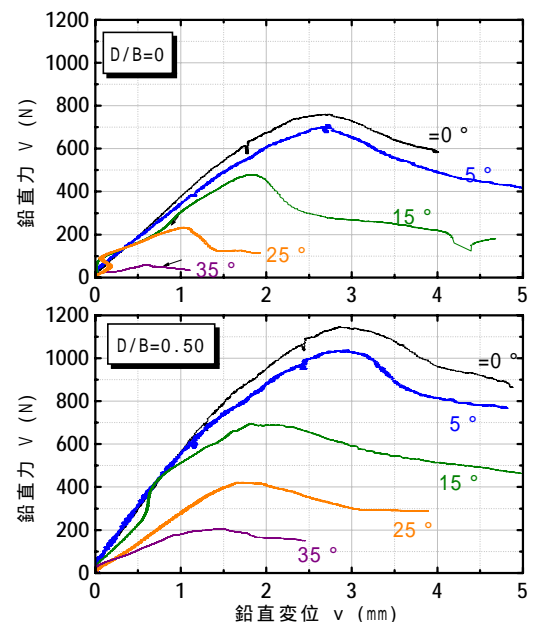


図2 荷重沈下曲線( $e/B=0$ )

表1 実験条件

根入れ比 $D/B$	偏心比 $e/B$	傾斜角 ( $^\circ$ )
0	0, 0.1, 0.15,	0, 5, 15, 25,
0.17	0.2, 0.3, 0.35	30, 35
0.5		

キーワード 支持力, 砂, 浅基礎, 組合せ荷重, 根入れ

連絡先 〒305-8516 茨城県つくば市南原1-6 (独)土木研究所耐震研究グループ TEL 0298-79-6771

できることがわかった。放物線の大きさを表すパラメータ  $\mu$  は根入れの増加と共に増大した。また、既往の実験結果によると  $H-M/B$  面での破壊曲面は原点を中心に だけ回転したとした楕円であり、 $V_f - H_f - M_f/B$  荷重空間での破壊曲面は式(1)で表される。

今回の実験では全てのケースで  $V_f$  の値が異なるので、 $H-M/B$  面での破壊曲面の形状を検討するために Butterfield and Gottardi に倣って  $H_f/V_{max} V_N$  を  $M_f/B$

$V_{max} V_N$  に対してプロットした(図 5)。ただし、 $V_N = (1 - V_f/V_{max})V_f/V_{max}$  である。図中には楕円で最小自乗近似した結果も示してある。この楕円は原点を中心に角度  $\psi$  だけ回転したものであり、縦軸及び横軸切片はそれぞれ  $\mu$  と  $\mu$  である。これより、根入れのある基礎でも  $H-M/B$  面での破壊曲面は楕円で良く近似できること、楕円の回転角はおよそ 25° 程度であり、根入れ深さによる違いは明確ではないことがわかる。図 5(b) 中には基礎の片側に真鍮棒でサーチャージ圧を付与した実験結果も示してある。この実験での破壊時の鉛直荷重比は  $V_f/V_{max} = 0.092$  であり、荷重比の小さいケースではサーチャージのないケースと同一の楕円上にプロットされている。これより、鉛直荷重比が小さい、すなわち荷重の偏心や傾斜が大きなケースでは、基礎片側のサーチャージ圧が支持力特性に及ぼす影響は小さいことがわかる。なお、 $V_f/V_{max} = 0.762$  のケースではサーチャージ圧の影響が明確に見られた。

$$\left(\frac{H_f}{\mu V_{max}}\right)^2 + \left(\frac{M_f}{\phi B V_{max}}\right)^2 - \frac{2CH_f M_f}{\mu \phi B} = \left(1 - \frac{V_f}{V_{max}}\right)^2 \left(\frac{V_f}{V_{max}}\right)^2 \quad (1)$$

ただし  $C = \tan 2\rho \frac{(\mu - \phi)(\mu + \phi)}{2\mu\phi}$

**4 . 支持力曲面のパラメータ** 支持力曲面を決める 3 つのパラメータ ( $\mu$ 、 $\phi$ 、 $\rho$ ) と根入れ比の関係を図 6 にまとめて示す。図中には遠心模型実験 (Okamura ら, 2002) によって得られた  $\mu$  の値も併せて示してある。には明確な基礎の寸法効果が見られるので、本研究で得られた  $\mu$  と  $\rho$  についても遠心実験等により寸法効果の影響を調べる必要がある。

**5 . まとめ** 本研究で行った根入れ比 0.5 までの浅い帯基礎の支持力実験により、根入れのある基礎の支持力曲面根入れのない基礎と同様の形状であること、 $V_{max}$  で無次元化した支持力曲面の大きさを表す  $\mu$  と  $\rho$  は根入れ比の増加と共に増加すること、 $M/B-H$  面での支持力曲面の回転角は根入れ比によらずおよそ 25° 程度であることがわかった。

**参考文献**

中村ら(2001): 重力式擁壁の地震時挙動とその予測法について (その 6), 土木学会第 56 回年次学術講演会, -A, 240-241  
 Butterfield and Gottardi (1994): A complete three-dimensional failure envelope for shallow footings on sand, Geotechnique 44(1), 181-184  
 Okamura and Matsuo (2002): A displacement prediction method for retaining walls under seismic loading, S&F 42(1), 131-138  
 Okamura et al.(2002): Effects of footing size and aspect ratio on the bearing capacity of sand subjected to eccentric loading, S&F 42 (in print)

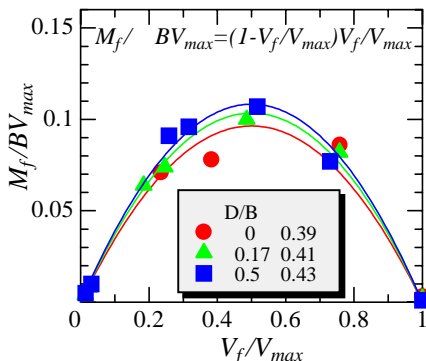


図 3 支持力曲面( $H_f=0$ )

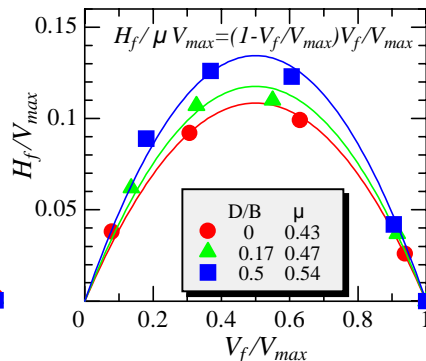


図 4 支持力曲面( $M_f=0$ )

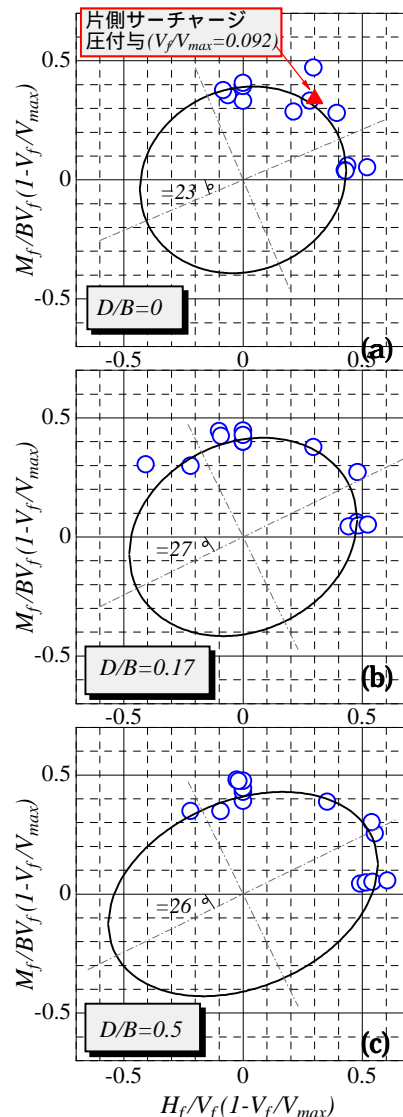


図 5 無次元化した  $M-H$  面

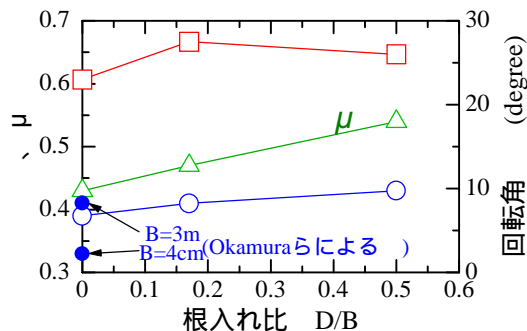


図 6 支持力曲面のパラメータと  $D/B$  の関係