

III-249

組合せ荷重を受ける浅い基礎の支持力特性

京都大学工学部（正） 小林俊一， 関口秀雄
Delft Geotechnics J.A.M. Teunissen

1.はじめに 組合せ荷重を受ける水平地盤上、あるいは捨石マウンド上の浅い基礎の支持力を適切に評価することは、水平方向の荷重が卓越する重力式海洋構造物の安定性を検討する上で特に重要である(図-1)。組合せ荷重を受ける基礎の支持力は鉛直成分 V 、水平成分 H 、モーメント成分 M からなる荷重空間にマクロな降伏曲面を描く。その降伏曲面を実験的に求める方法としては、 $Tan[1]$ の方法が注目される。すなわち、彼は変位制御によりほぼ最大鉛直支持力が発揮されるまで鉛直変位のみを載荷板に与え、その後、鉛直変位を拘束した状態で水平変位を与えることにより、その応答としての荷重経路($V \sim H$)を荷重空間内に求めた。本報告では Tan の方法に準拠し、組合せ荷重を受ける浅い基礎のマクロな降伏曲面を有限要素解析によって同定する。さらに、マウンド上の浅い基礎の降伏曲面の特徴についても考察を加える。

2.解析方法 構成モデルとしては、摩擦角 $\phi = 30^\circ$ 、ダイレイタンシー角 $\psi = 0^\circ$ の非関連弾-完全塑性Mohr-Coulomb材料を用いた。基礎幅は $B = 8[m]$ とした。斜面は1/2の勾配を有し、法肩から基礎端までの距離が $W = B$ となる場合を想定した。地盤の幾何形状は、水平地盤(A)、対称なマウンド地盤(B)、非対称なマウンド地盤(C)を考慮した。解析にはTeunissenの開発した有限要素法プログラムPLUTOを使用した。

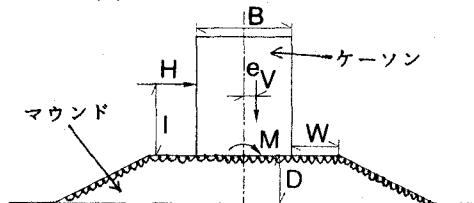


図-1 重力式構造物に作用する外力

表-1 解析ケース一覧

CASE	地盤形状	$\delta h : \delta v$	CASE	地盤形状	$\delta h : \delta v$
0	A	0:1	6	C	0:1 → 1:0
1	A	0:1 → 1:0	7	C	1:10
2	A	0:1 → 10:1	8	C	1:4
3	A	0:1 → 5:1	9	C	1:2
4	B	0:1	10	C	1:1
5	C	0:1	11	C	2:1

3.解析結果と考察 解析は変位制御方式で計12例について行った(表-1参照)。ここに、 $\delta h : \delta v$ は変位制御における水平変位増分 δh と鉛直変位増分 δv の比を表す。

予備的な解析として、水平地盤(A)に鉛直変位のみを与えた解析を行った(CASE0)。その結果、最大鉛直支持力 $V_M = 10[MN]$ 、支持力係数 $N_\gamma = 16.5$ を得た。この結果はDavis & Booker[2]の特性曲線法による計算結果とよい対応を示している。

Tan の方法に準拠し、水平地盤(A)上の浅い基礎に対するマクロな降伏曲面を求めるために、CASE1,2の解析を行った。得られた荷重経路を図-2に示す。これらによくフィットする解析的表現を求めると次のようになる。

$$\frac{H}{V_M} = \mu \frac{V}{V_M} \left\{ 1 - \left(\frac{V}{V_M} \right)^{1/4} \right\}; \mu = dH/dV|_{V=0} \quad (1)$$

ここで $\mu = 1.2$ とくと、解析結果をうまく表現できる。なお $\mu = 1.0$ とくと、Hansen[3]の実験式に帰着する。

降伏曲面式(1)の妥当性を確認するため、 V_M の60%に達するまで鉛直変位のみを与え、その後は $\delta h/\delta v = 5$ となる変位経路を与えたCASE3の解析を行った。その結果、降伏曲面を少し越えた点A(図-2)で降伏した。したがって、式(1)の適用範囲はかなり広いと考えられる。

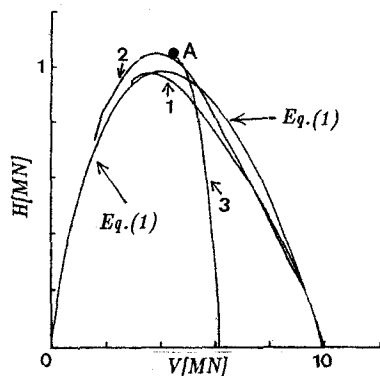


図-2 水平地盤(A)上の浅い基礎の降伏曲面

CASE4では、対称なマウンド(B)上の浅い基礎を対象として、鉛直変位のみを与える解析を行った(図-3a参照)。その結果、 $V_M = 6.8[\text{KN}]$ を得た。この値は、CASE0の場合における V_M の68%となっている。

次に、非対称なマウンド(C)上の浅い基礎に、各種の組合せ変位を与え、それらの応答としての荷重径路を求めた(CASE5~11)。その結果を図-4に示す。同図中には水平地盤上の降伏曲面式(1)と、従来から滑動安定性の照査に用いられる式： $H = \tan \phi \cdot V$ もあわせて示している。CASE5は鉛直変位のみを与えた例で、斜面側への流動が拘束されるため、基礎底面に一方向に卓越したせん断応力が発生している(図-3b参照)。また荷重径路は、水平地盤の降伏曲面式(1)に達する付近で大きく屈曲する(図-4)。ここでは、この屈曲点を降伏点とした。このときの鉛直支持力は $V \approx 0.80V_M$ であり、Shields et al.[4]の大型模型実験と良い対応を示す。CASE6~11でも同様に、荷重径路の屈曲点を降伏点であると考えた。

これらの降伏点を結びと、非対称なマウンド地盤(C)上の浅い基礎に対するマクロな降伏曲面を得ることができる(図-5)。

4.まとめ

浅い基礎のマクロな降伏曲面を有限要素法によって導出し、以下の知見を得た。

- Tanの方法に準拠して求めた水平地盤上の浅い基礎の降伏曲面は式(1)によって表現できる。
- マウンド上の浅い基礎の降伏曲面として、図-5中の曲線BCDを得た。

参考文献

- 1 Tan, F. S. C., "Centrifuge and Theoretical Modelling of Conical Footings on Sand," Ph.D Thesis, Cambridge University, 1990.
- 2 Davis, E. H. and Booker, J. R., Proc. 1st Australia-New Zealand Conf. on Geomech., Vol.1, pp. 276-282, 1971.
- 3 Hansen, J. B., Danish Geotechnical Institute Bulletin, 1961.
- 4 Shields, D. H. et al., Proc. 9th Int. Conf. Soil Mech. Fdn. Engng., Vol.1, pp.715-720, 1977.

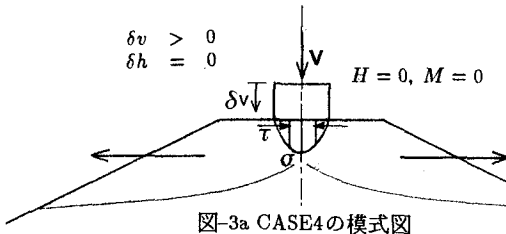


図-3a CASE4の模式図

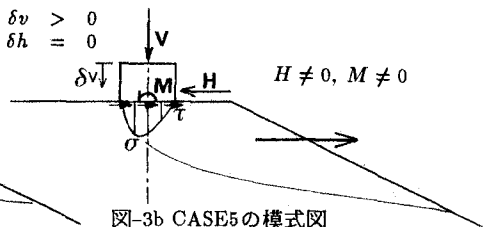


図-3b CASE5の模式図

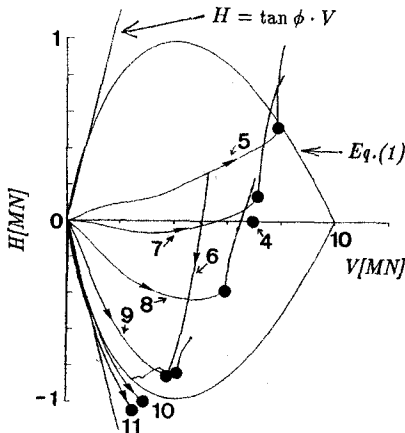


図-4 マウンド(C)上の浅い基礎に
組合せ変位を与えたときの荷重径路

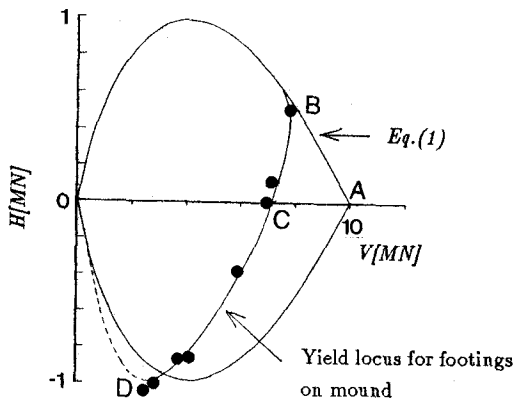


図-5 マウンド(C)上の浅い基礎に対する降伏曲面