

## I-37 擬静的解析によるマウンド基礎構造の地震時支持力の実験的研究

苫小牧工業高等専門学校 正員 澤田知之  
 日本大学 生産工学部 正員 能町純雄

## 1. まえがき

いわゆる支持力理論とは基礎地盤が塑性的崩壊をきたすときの極限荷重を解析的に求める手法のことであるが<sup>1)2)</sup>、この極限支持力を理論的又は実験的に推定する問題に関しては、有限要素法および境界要素法が多用されるようになってきた<sup>3)4)</sup>。又、近年、剛体バネモデル<sup>5)</sup>も地盤の極限荷重の算定に用いられつつある。このように、現在では相当の精度で設計上の指針となり得る体系が整えられつつあると言えるが、解析に際しては、かなり煩瑣な計算を用い、演算量も大きなものとなると考えられ、その解析法がどのような場合に、実施するのか、また各手法での安全率をどのように決定するかについては、結論を得るには至っていないと考えられる。

著者等は、前回<sup>6)</sup>この種の構造における理論解析と実験を、砂に油を混合したモデル斜面によって行った結果を報告したが、この際モデル斜面を傾けることにより擬静的に水平方向慣性力を与えて実験を行った。今回は、実験モデル試料を自然土（シルトまじりの赤土）を用いてマウンド基礎構造モデルを作製し、起震機の上に設置して、実際に水平加速度を与え、斜面内に埋め込んだ加速度計により限界加速度を測定した結果について報告するものである。

## 2. 解析概要

図-1に示すように、マウンド基礎上の载荷重 ( $P_0$ ) と、载荷重の載っていない距離である余裕幅 ( $b$ ) を考慮し、 $P_0$  を斜面の形状を表わす角度  $\theta_0$ 、 $\theta_h$  が媒介変数となる関数解として表わし、これを極限解析の上界法により非線形最適化問題として取り扱うものである。

この際、地震時慣性力は擬静的な水平力  $K \cdot W$  として考慮され、すべり土塊が崩壊すべりを成す際の自重 ( $W$ ) および地震時慣性力 ( $K \cdot W$ ) による回転中心 ( $O$ ) に関するすべり仕事率、加えて基礎上に載せられる载荷重 ( $P$ ) とその慣性力 ( $\times K \cdot P$ ) による仕事率が、対数螺旋と仮定したすべり面に沿って生ずる粘着抵抗の総和である内部逸散エネルギー ( $E_i$ ) と等しいと置くことにより釣り合い式が導かれる。

上記  $K$  は地震の水平方向慣性力によりマウンド斜面が動き始める最小の地震加速度を重力加速度で除したもので限界地震加速度係数と定義する。

よって、整理すると、(1)式に示す  $E_i$  を基に上界の最小値として限界の载荷重すなわち支持力 ( $P_0$ ) を求めることができる。

尚、(2)式中の  $f_1 \sim f_6$  は  $\theta_0$ 、 $\theta_h$  で示される関数である。<sup>6)</sup>

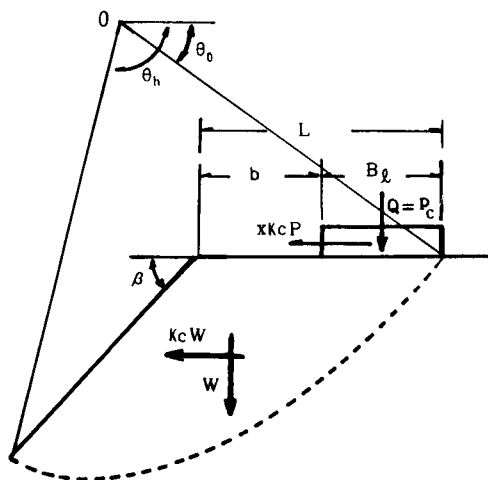


図-1 解析モデル図

$$\begin{aligned}\dot{E}_1 &= \int_s (c V_g) ds = c V_o r \int_{\theta_0}^{\theta_h} \exp [2(\theta - \theta_0) \tan \phi] d\theta \\ &= \frac{c r_0^2 \cdot (V_o / r_0)}{2 \tan \phi} \left\{ \exp [2(\theta - \theta_0) \tan \phi] - 1 \right\} = c r_0^2 \cdot \Omega f_c \quad (1)\end{aligned}$$

ここで

$\gamma$  : 土の単位体積重量 ( $\text{Kg/m}^3$ )     $\Omega = \frac{V_o}{r_0}$  : すべり土塊の点Oに対する回転速度 ( $\text{rad/s}$ )  
 $C$  : 土の粘着力 ( $\text{Pa}$ )     $V_s, V_0$  : すべり土塊のすべり面上のすべり速度、初速度

$$P(\theta_0, \theta_h) = \frac{c \cdot f_c - \gamma(f_1 - f_2 - f_3) - K_c \gamma(f_4 - f_5 - f_6)}{f_p + x K_c f_q} \quad (2)$$

### 3. 実験概要・結果及び考察

モデル供試体として、写真-1に示すように、アクリル板(400mm×400mm×800mm)による箱を作製し、その中に自然土(シルトまじりの赤土)8:オイル2の重量比で混ぜたものによってモデルマウンド構造を形成した。尚、すべり崩壊を見やすくするために石灰を厚さおよそ1.5cm間隔に敷き、載荷重による層の乱れから崩壊時の形を示し得るように試みた。また、試料の性質として、単位体積重量( $\gamma$ )は $2.65\text{g/m}^3$ 、粘着力( $C$ )は $0.16\text{Kg/m}^2$ 、内部摩擦角( $\phi$ )は $22.5^\circ$ 程となった。

このモデル供試体内に加速度変換器(SHINKOH BAL-50G)を埋め込み、起震機(ORIENTAL MOTOR 5G K-5K)により水平方向加速度を与えて、崩壊時加速度を測定したものである。(図-3, 4)

この時、マウンド斜面高さ及び斜面角( $\beta$ )は28.5cmおよび $46^\circ$ 程(写真-1)であり、各々の崩壊状態の一部は写真-2、写真-3に示す通りである。いずれも支持力は $8 \sim 12\text{Kg}$ ( $2 \cdot 10^{-2} \sim 3 \cdot 10^{-2} \text{Kg/cm}^2$ )であり、理論解析結果の $K_o = 0.48$ ,  $x = 0.15$ の場合の支持力 $1.97 \cdot 10^{-2} \text{Kg/cm}^2$ とほぼ一致する。これは、図-2に示すような1Gのキャビテーションを基に加速度記録(図-3)から求められる実験結果 $K_o = 0.53$ の場合とほぼ妥当な値を呈する。(図-2, 3参照)

写真-2, 3は各々、前述の斜面高さ28.5cm、斜面角 $46^\circ$ 程の場合の崩壊を示すものであるが、写真-2は図-3の場合⑦と対応し、写真-3は図-4の④と対応する。すなわち、⑦の状態で斜面の表面的崩壊が起こり、わずかに加速度が弱まりながら、また、斜面の

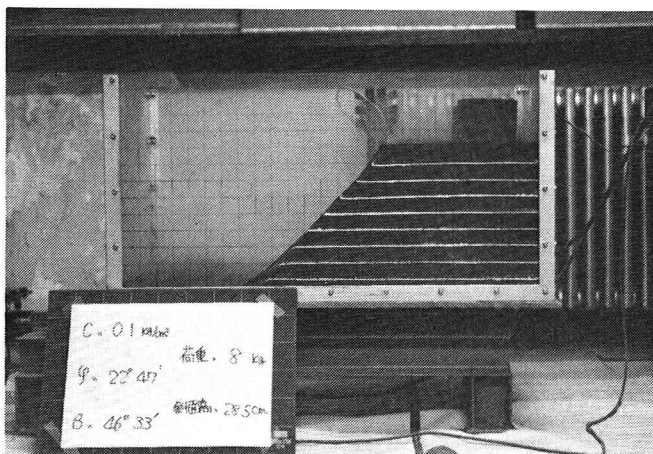


写真-1 モデル供試体

形状がくずれながら同程度の加速度で10数サイクル経過後に④に至って急激に完全崩壊となる状況が示され、理論計算では $x$ の変化に対応した $K$ で示された。(図-3, 4参照)

この載荷重と地盤との質量比 $x$ の値によって若干差異があるが、崩壊すべり面を対数螺旋と見なせるかどうかという点を含めて理論と実験は、ほぼ妥当な傾向を示すと言える。

而して、どれをもって斜面形状の実際の崩壊と評価するかは、さらに多くの実験と共に検討を必要とすると考えられるが地震時のマウンド基礎における支持力算定において土の構成方程式等を考慮せず、すべり面を対数螺旋とし、かつ、すべり土塊は完全塑性体で、モール・クーロンの破壊規準に従い、塑性ひずみ増分の主軸方向に一致し、塑性媒体の幾何学的変形は無視すると仮定して擬静的理論解析を行うマクロ的手法によってもある程度実験値を妥当な精度で満足できる値が得られると言うことができる。

尚、その他の結果については当日発表の予定である。

おわりに、本稿作成にあたりご協力いただいた苫小牧高専土木工学科柳谷豊技官に深く感謝の意を表します。

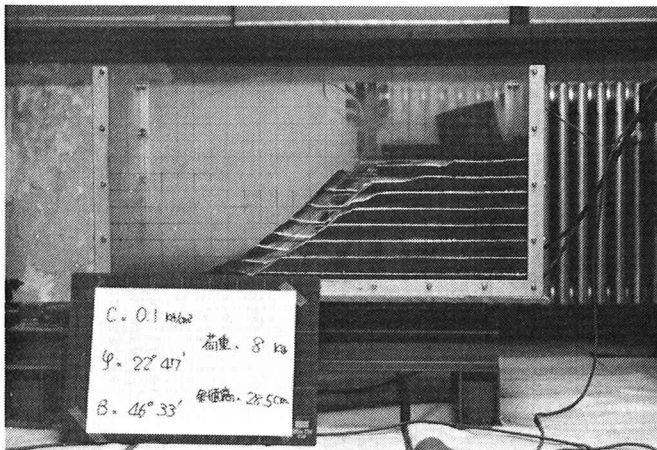


写真-2 崩壊図

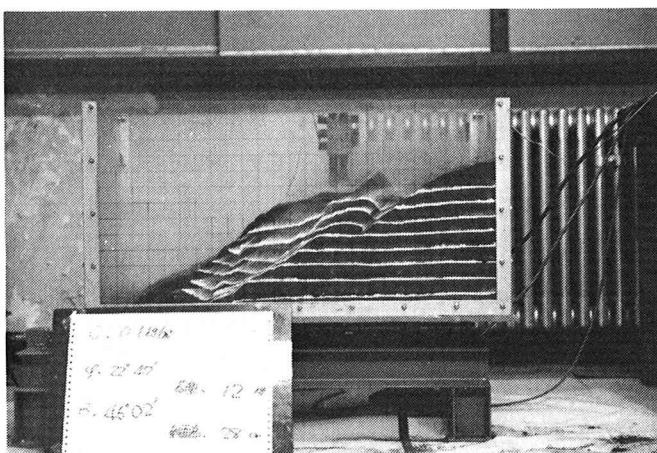


写真-3 崩壊図

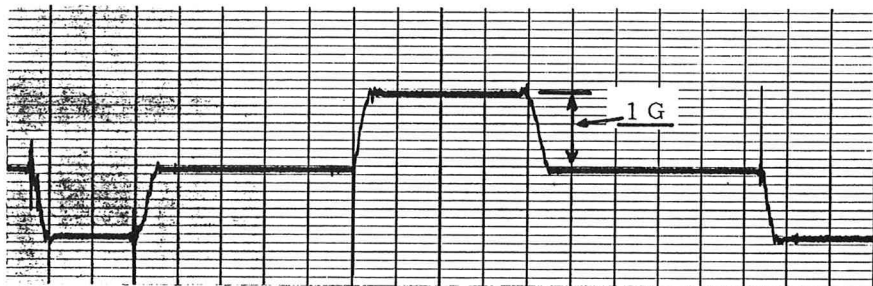


図-2 キャビテーション

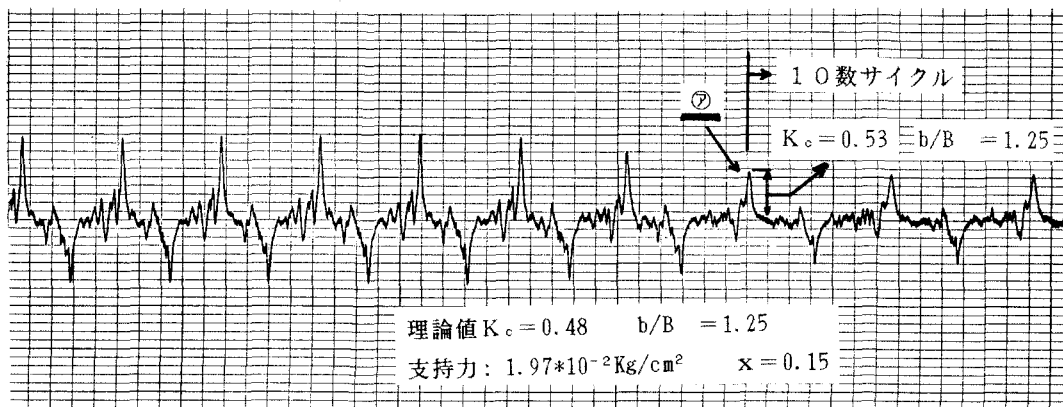


図-3 加速度記録図その1

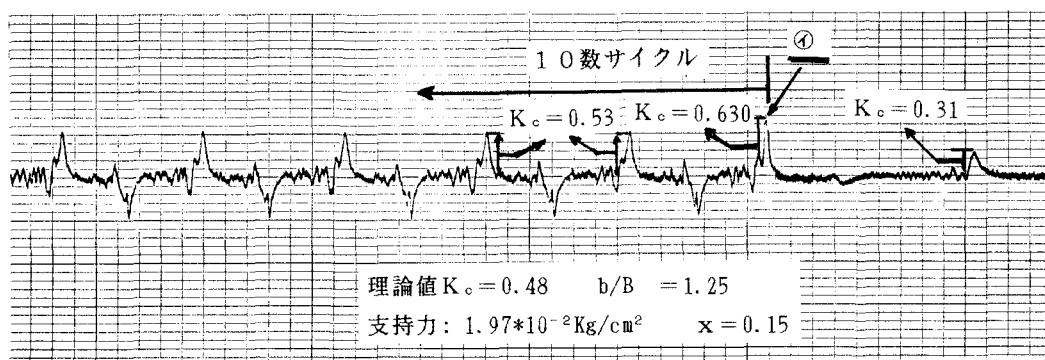


図-4 加速度記録図その2 (図-3の続き)

#### 参考文献

- 1) W. F. Chen and D. C. Drucker: Bearing Capacity of Concrete Blocks or Rock, Journal of Engineering Mechanics Division, ASCE, Vol. 95, No. EM4, PP. 955-978, 1969.
- 2) 最上武雄編著: 土質力学, 技報堂, 1982.
- 3) 川本・吉田・竹田: 岩盤斜面上の直接基礎の支持力について, 土木学会第33回年次学術講演会講演概要集, III-274, 1978.
- 4) 久保他(土木学会・本四連絡橋耐震、地盤に関する調査研究小委員会): 本州四国連絡橋の耐震地盤に関する調査研究報告書, PP. 62-84, 1984.
- 5) 川井忠彦編: 物理モデルによる連続体力学諸問題の解析(生研セミナーテキスト), 1978, 1979.
- 6) 澤田・能町: 地震時斜面上に置かれた基礎の安定における実験的研究-簡易支持力-, 土木学会北海道支部論文報告集, I-18, PP. 85-88, 1987.