

## 傾斜震度法モデルによる小段付き斜面の地震時破壊挙動に関する研究

神戸市立工業高等専門学校 正会員 山下典彦  
 神戸市立工業高等専門学校専攻科 学生員 田中博文

## 1. はじめに

単純斜面の安定問題に対して、円弧滑り分割法や有限要素法を中心とした安定解析、あるいは種々の実験が頻繁に行われており、その破壊形状は概ね円弧で近似できることが知られている。一方で、複雑な形状をした斜面の安定評価は一般には行われず、その破壊形状はあまり知られていない。本研究では、小段を有した斜面の破壊挙動を解明するため、単純斜面および小段付き斜面を用いて遠心模型実験を実施し、その結果を円弧滑り分割法による安定解析結果と比較する。その際、我が国では欠かすことのできない地震時の安定評価を行うために、設計指針に導入されている震度法による検討<sup>1)</sup>を行う。

## 2. 傾斜震度法モデルによる遠心模型実験

遠心模型実験において水平震度  $k_H$  を想定した図-1(a)に示す通常の震度法の力学モデルを再現することは不可能である。そこで、図-1(b)に示すように斜面を傾斜させ、さらに自重を  $(1+k_H^2)$  倍することにより通常震度法を適用したものと等価な状態となるモデルを用いた。その傾斜角  $\theta$  は、次式で表される。

$$\theta = \tan^{-1} k_H \quad (1)$$

供試体に用いた模型地盤材料は、実際の地盤を模して、若干の粘着力を持たせるために豊浦砂にカオリン粘土を乾燥重量比 9:1 の割合で混合した。この試料に加水し、含水比  $w=6\%$ 、湿潤単位体積重量  $\gamma=15.5kN/m^3$  を目標に締固めて模型地盤を作成した。模型地盤の強度定数は一面せん断試験より、 $c=3.7kN/m^2$ 、 $\phi=27.3^\circ$  と得られた。

実験は有効半径 300mm、試料容器寸法 B120×H100×T40mm の小型の遠心模型実験装置と計測システムからなる実験装置を用いて行った。装置が小型であることから実物と多少異なる挙動を示す恐れがあるが、多くの供試体について簡易に実験を行うことができることから、それらの崩壊メカニズムを確認し、結果を統

計的に分析することで実験精度の確保を目指した。

実験は、模型斜面が破壊に至るまで遠心力を徐々に増加させていき、破壊時のデジタルカウンターの読みを求めた。その読みより、重力加速度の倍数  $n$  を算定し、模型斜面の拡大倍数  $n$  とした。破壊形状については、実験の前後にデジタルカメラを用いて供試体を撮影し、両者を比較することにより観察した。

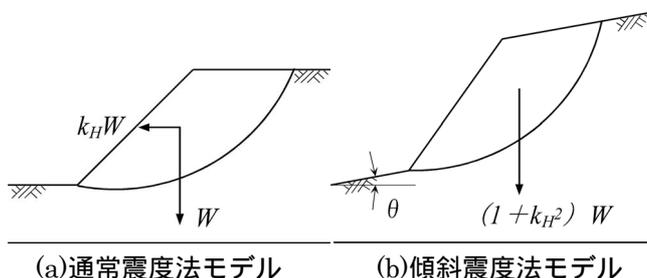


図-1 震度法

## 3. 実験結果と円弧滑り分割法による比較

実験に用いた模型斜面は、図-2(a)に示す斜面勾配 1:1.0 の単純斜面モデル(TYPE )、図-2(b)に示す斜面勾配 1:1.2 の単純斜面モデル(TYPE )、図-2(c)に示す斜面勾配 1:1.0、高さ  $H$  の斜面の中腹  $H/2$  の位置に幅  $H/5$  の小段を設けた小段付き斜面モデル(TYPE )である。各モデル共に模型斜面高さ  $H_m$  は 5cm であり、水平震度  $k_H=0.15$  を想定し斜面を  $\phi=8.5^\circ$  傾斜させた。

各モデル 30 体の供試体について実験を実施し、その結果を円弧滑り分割法を用いて解析し比較した。表-1 に、実験結果の統計分析指標を示す。両モデルにおいて、湿潤単位体積重量  $\gamma$  および含水比  $w$  の変動係数  $Var$  がほぼ同値となったことから一定の精度で実験が行われていたことがわかる。また、重力加速度の倍数  $n$  に模型斜面高さ  $H_m$  を乗じて算出した実物換算高さ  $H_p$  の平均値は単純斜面モデルがそれぞれ 4.65m と 8.23m、小段付き斜面モデルが 7.20m と得られた。安全率  $F_p$  の平均値は単純斜面モデルがそれぞれ 0.86 と 0.77、小段付き斜面モデルが 0.83 と得られほぼ同値となったが、各モデル共 1.0 を大きく下回った。図-3 には、各モデルの

キーワード 小段付き斜面，斜面安定，遠心模型実験，傾斜震度法，円弧滑り分割法

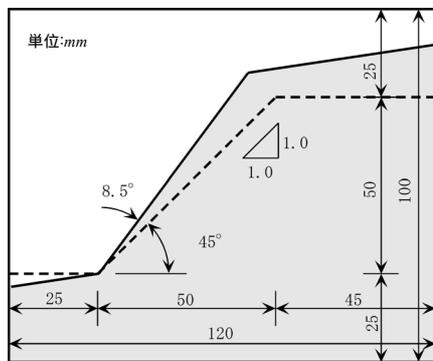
連絡先 〒651-2194 兵庫県神戸市西区学園東町 8 丁目 3 番・TEL078-795-3311・FAX078-795-3314

破壊形状の一例と平均値より求めた臨界円を重ねて表示したものを示す。ここで、破線が実験による破壊面であり、実線が臨界円である。破壊形状は供試体間で若干の差は見受けられたが、ほぼ一定しており、各モデル共に円弧滑り分割法による臨界円の方が深くなる傾向にある。単純斜面モデルでは、両モデル共に一つの土塊が一瞬で破壊し円弧に近い破壊形状となり、臨界円と比較的一致した。一方小段付き斜面モデルでは、下段が破壊した後に上段が破壊するという2段階の破壊形式となり、その破壊形状も円弧では近似できない複雑なものとなった。30体の供試体中、下段が破壊するとほぼ同時に上段が破壊した供試体が16、下段が破壊した後しばらくしてから上段が破壊した供試体が14とほぼ1/2の確率で2種類の破壊形式が生じた。

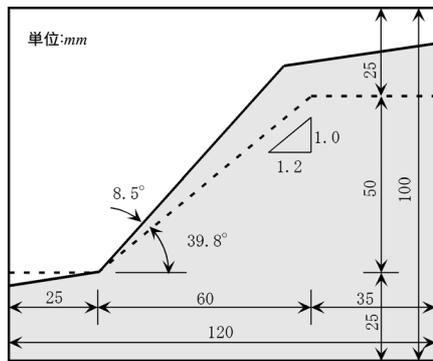
4.まとめ

地震時の安定評価のために傾斜震度法モデルを用い、小段付き斜面の破壊挙動を解明するため遠心模型実験を実施した。その結果、安全率は単純斜面とほぼ同値となり安定評価は円弧滑り分割法で行えることがわかった。しかし、破壊形式は下段が破壊した後に上段が破壊するという複雑なものとなり、その破壊形状までは正確に推定できないことがわかった。また、両モデルにおいて安全率は1.0を大きく下回った点については検討が必要である。

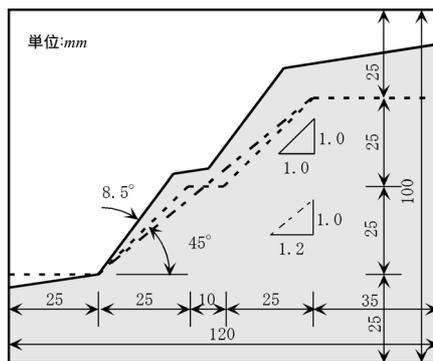
参考文献 1) 森洋, 草野郁, 新井曜子: 遠心場準静的傾斜土槽実験による盛土斜面の耐震性評価, 第11回日本地震工学シンポジウム論文集, pp.919-924, 2002.



(a)TYPE



(b)TYPE



(c)TYPE

図-2 斜面モデル

表-1 実験結果の統計的指標

(a)TYPE

	w (%)	$\gamma_t$ ( $kN/m^3$ )	$H_p$ (m)	$F_p$
Avg	6.15	15.48	4.65	0.86
Var	0.017	0.0069	0.079	0.034
Max	6.32	15.73	5.32	0.93
Min	5.95	15.24	3.82	0.74

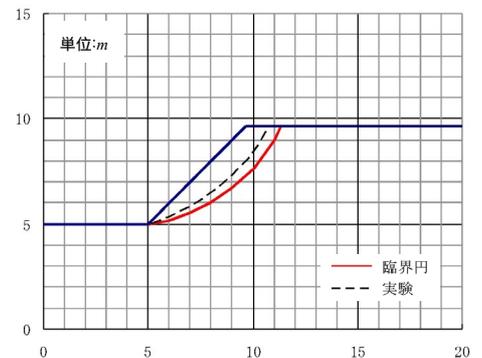
(b)TYPE

	w (%)	$\gamma_t$ ( $kN/m^3$ )	$H_p$ (m)	$F_p$
Avg	6.07	15.46	8.23	0.77
Var	0.014	0.0060	0.080	0.024
Max	6.28	15.64	10.04	0.80
Min	5.95	15.29	7.24	0.72

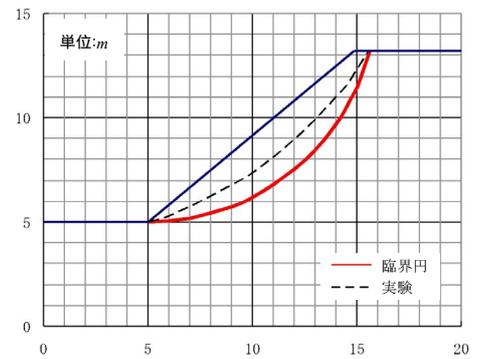
(c)TYPE

	w (%)	$\gamma_t$ ( $kN/m^3$ )	$H_p$ (m)	$F_p$
Avg	6.07	15.49	7.20	0.83
Var	0.014	0.0079	0.102	0.030
Max	6.31	15.79	9.18	0.90
Min	5.94	15.30	6.30	0.77

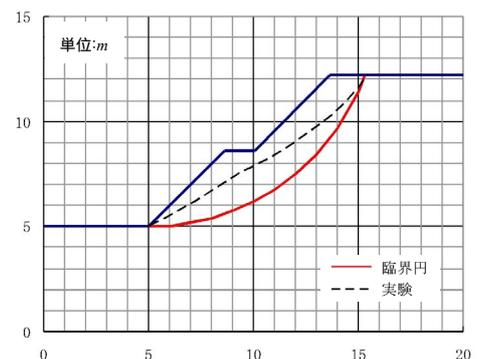
変動係数(Var) = 標準偏差 / 平均値



(a)TYPE



(b)TYPE



(c)TYPE

図-3 臨界円と破壊形状の一例