

神戸市立工業高等専門学校専攻科 学生員 ○田中 博文
 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 寺見 孝二

1. はじめに

地震時盛土の安定評価法として Newmark 法や動的有限要素解析等が近年盛んに研究され、それらの設計への導入が検討されている。その一方で、実務においては複雑な解析よりも、簡易でなおかつある程度の精度がある手法が要求されており、現状の設計指針においても、震度法による円弧滑り分割法という静的な手法が採用されている。そこで本研究では、震度法による円弧滑り分割法の地震時盛土の安定計算の妥当性を検討するため、単純斜面および小段付き斜面について傾斜震度法モデル¹⁾を用いて遠心模型実験を行った。その際、従来の遠心模型実験では、豊浦砂のみの模型地盤が多く用いられていたが、より実地盤に模した実験を行うためにカオリン粘土を加え、粘着力を加味した模型地盤を用いた。

2. 遠心模型実験概要

盛土の変形および破壊の主要因は土の自重であり、土中の応力は土の自重による影響が非常に大きいことから、単に縮小しただけの模型では、実際の変形や破壊挙動を正確に知ることは不可能である。そこで、実物の $1/n$ スケールの模型を用いて重力加速度の n 倍の遠心力場において実験を行い、実物と同様の応力状態を再現するために、Table 1 に示す仕様を有する Fig.1 の遠心模型実験装置を用いた。この装置において震度法の力学モデルを再現するために、傾斜震度法モデルを用いる。傾斜震度法モデルとは、模型斜面を傾斜させることにより合力として水平力を発生させるものであり、水平震度 k_H とすると傾斜角 θ は式(1)で表される。

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

模型地盤は実際の地盤を想定し若干の粘着力を有した砂質土地盤とするため、豊浦砂にカオリン粘土を乾燥重量比 9:1 で混合した土粒子比重 $\rho_s = 2.63$ の試料を用いた。その混合試料を含水比 $w = 6.0\%$ 、湿潤単位体積重量 $\gamma_t = 15.5 \text{ kN/m}^3$ を目標に締固めて模型地盤を作成し、模型地盤の強度定数は一面せん断試験により求め、 $c = 3.7 \text{ kN/m}^2$ 、 $\phi = 27.3^\circ$ と得られた。この模型地盤に専用のガイドを用いて切り出しにより模型斜面を形成し、破壊形状を観察するために色砂によるマーカーを用いて供試体を作成した。供試体側面の摩擦については、シリコンオイルを塗布することにより低減した。

実験は供試体が破壊するまで遠心力を漸増し、破壊したときの遠心力より重力加速度の倍数 n を求めた。また、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で破壊形状を観察した。

Table 1 装置の仕様

有効回転半径	300mm
最大公称加速度	560G
最大回転数	1300rpm
供試体寸法	B120×H100×T40mm

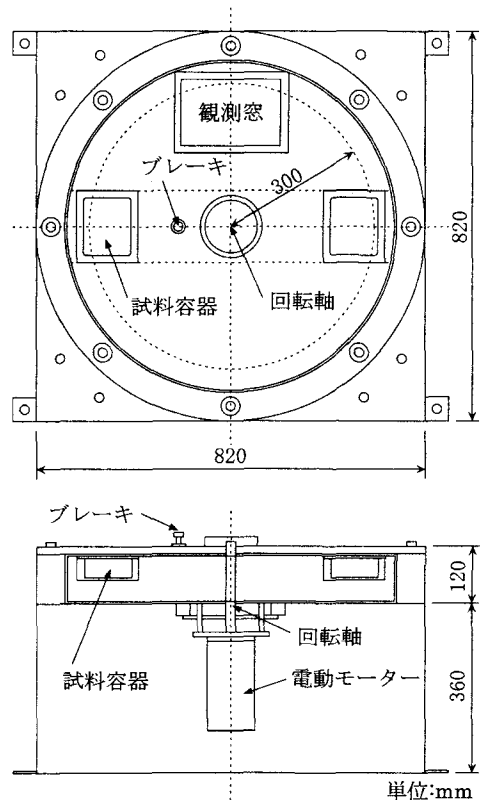


Fig.1 遠心模型実験装置

3. 実験結果

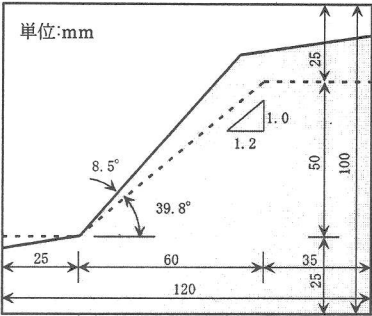
Fig.2(a)、(b)に示す実験モデルを用いて各々30 ケースの供試体について実験を行った。単純斜面モデルは勾配 1:1.2 で、小段付き斜面モデルは勾配 1:1.0 であり、法肩と法尻を結ぶと 1:1.2 の勾配になるように小段を配置した。両モデルの斜面高さは $H_m = 5\text{cm}$ で、水平震度 $k_H = 0.15$ を想定し $\theta = 8.5^\circ$ 傾斜させた。

供試体の含水比 w 、湿潤単位体積重量 γ_t 、重力加速度の倍数 n にモデル斜面高さ H_m を乗じた実物換算高さ H_p 、震度法による円弧滑り分割法の安全率 F_p それぞれについて、平均値 *Avg*、変動係数 *Var*、最大値 *Max* および最小値 *Min* を求め Table 2 に示す。両モデル共に、含水比 w および湿潤単位体積重量 γ_t のばらつきはほぼ同様であり、一定した精度で実験が行われていることが分かる。また、両モデル共に模型地盤の含水比 w および湿潤単位体積重量 γ_t に比べて、実物換算高さ H_p および安全率 F_p のばらつきが大きくなっていることが分かる。Fig.3 は、模型盛土の破壊形状の一例を示している。単純斜面モデルでは、一つの土塊が一瞬で破壊し、滑り面は円弧に近い形状となった。一方で、小段付き斜面モデルでは、下段が破壊した後上段が破壊する 2 段階の破壊形式であったため、滑り面は複雑な形状となった。このとき、小段付き斜面モデルにおいては、下段が破壊した後ほぼ同時に上段が破壊したケースが 16、下段が破壊した後しばらくしてから上段が破壊したケースが 14 とほぼ 1/2 の確率で 2 種類の破壊形式が生じた。この様に両モデルでの破壊形式は異なったが、安全率は単純斜面モデルでは 0.77、小段付き斜面モデルでは 0.79 となりほぼ同値となった。

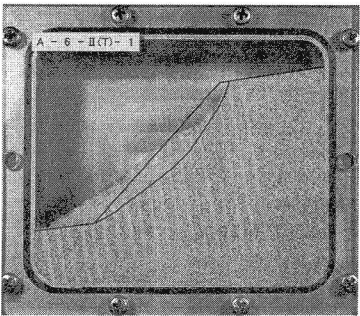
4. まとめ

傾斜震度法モデルを用いた遠心模型実験を実施し、地震時盛土の安定性について検討を行った。小段付き斜面モデルでは、滑り面は単一の円弧とはならず複雑な形状となったが、円弧滑り分割法による安全率は単純斜面モデルとほぼ同じ値が得られた。これより、複雑な盛土形状の場合でも安全率を用いた安定評価に関しては震度法で十分であるが、その破壊形状までは推定できないことが分かった。しかしながら、震度法はあくまで静的解析法であるので、今後は動的解析法を用いて同様の検討を行い、円弧滑り分割法の妥当性を把握する必要がある。

【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。



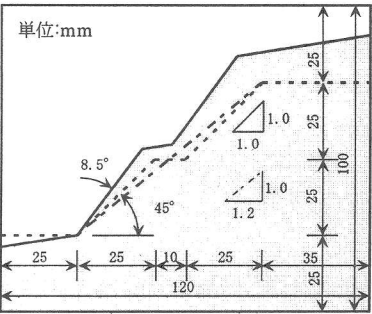
(a)単純斜面モデル



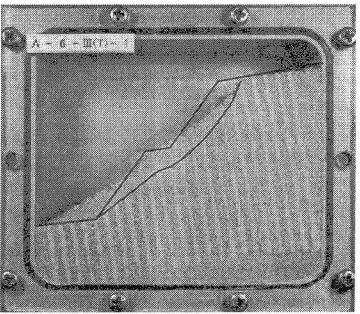
(a)単純斜面モデル

Table 2 実験結果
(a)単純斜面モデル

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



(b)小段付き斜面モデル



(b)小段付き斜面モデル

	w (%)	γ_t (kN/m^3)	H_p (m)	F_p
<i>Avg</i>	6.07	15.49	7.20	0.79
<i>Var</i>	0.014	0.0079	0.102	0.031
<i>Max</i>	6.31	15.79	9.18	0.83
<i>Min</i>	5.94	15.30	6.30	0.73

Fig.2 実験モデル

Fig.3 破壊形状