

## 遠心力場における斜面崩壊実験の FEM 安定解析

東洋建設株式会社	正会員	平田 昌史
東洋建設株式会社	正会員	和田 眞郷
東洋建設株式会社	正会員	三宅 達夫

## 1. まえがき

近年、斜面の安定問題について弾塑性 FEM を用いて解明する試みが数多くなされているが、通常 FEM で計算される安全率は局所安全率であり、極限平衡法などで求められる全体安全率とは関係が明確ではない。ここでは、全体安全率を評価できる FEM 解析手法としてせん断強度低減法<sup>1)</sup>を用いることにした。このせん断強度低減法に対しては、極限平衡法との比較・検討<sup>2)</sup>が数多く行われており、その妥当性が確認されている。

本研究では、このせん断強度低減法を組み込んだ FEM 解析プログラムを作成し、遠心载荷装置を用いた一様な粘性土斜面の崩壊実験結果と解析結果の比較を行った。

## 2. 遠心载荷装置による斜面崩壊実験

遠心载荷装置を用いて、一様な粘性土斜面の崩壊実験を行った。用いた粘性土試料は、西宮市沖から床掘採取した沖積粘土（神戸粘土）である。

実験では、含水比 140% の練り返した神戸粘土を模型容器（内寸 550<sup>L</sup> × 400<sup>H</sup> × 150<sup>B</sup> mm）に投入し、圧密圧力 49kPa を载荷し水平地盤を作成する。その後、図-1 に示した斜面形状に切り出すことで模型斜面を作成した。模型斜面完成後には、容器前面の透明樹脂板を取り外し、破壊状況がわかりやすいように白いパウダーを縞状に塗布し、画像処理用のターゲット（頭部：φ=2mm、L=10mm）を図-1 に示す所定の位置に設置した。

斜面崩壊実験では、遠心加速度を 10G、20G、30G と段階的に 10G ずつ増加させ、斜面の変位量およびターゲットの写真計測を行った。実験の結果、遠心加速度を 80G まで負荷した段階で模型斜面が崩壊した。図-2 は変位計による沈下量と遠心加速度の関係である。遠心加速度 70G 付近から変位量が増加し、80G に達した時に変位量が急激に増え斜面が破壊しているのがわかる。図-3 は、遠心加速度 80G におけるターゲットの移動状況のベクトル図である。模型斜面は円弧状に崩壊していることがわかる。また、写真-1 は実験前と実験後の模型斜面状況であるが、この写真からも模型斜面が円弧状に崩壊していることがわかる。

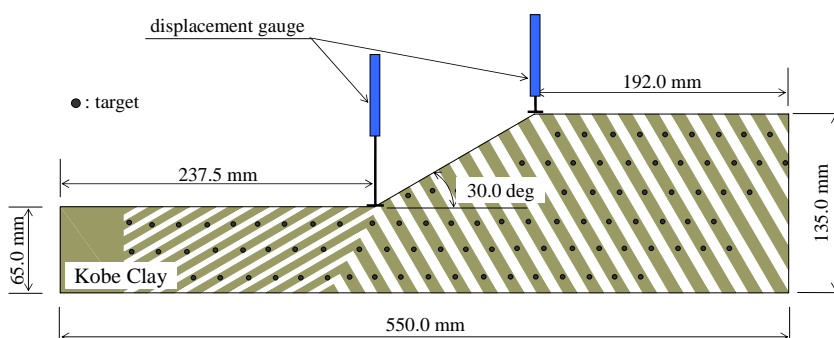


図-1 模型斜面の概略図

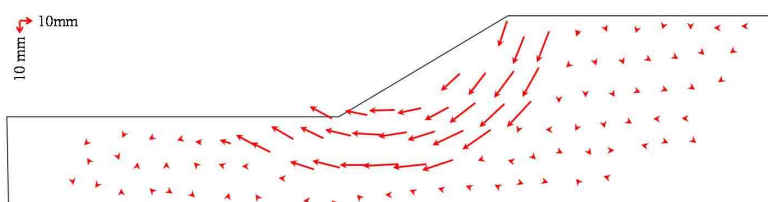


図-3 ターゲットの変位（80G）

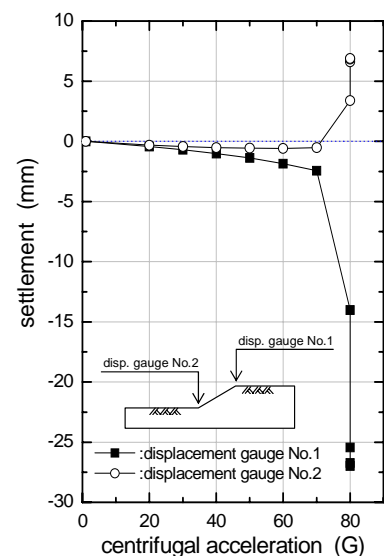


図-2 模型斜面の沈下量

キーワード せん断強度低減法、有限要素法、遠心模型実験、安定解析

連絡先 〒663-8142 西宮市鳴尾浜 1 丁目 25 番 1 東洋建設(株) 鳴尾研究所 Tel: (0798)43-5903 Fax: (0798)40-0694

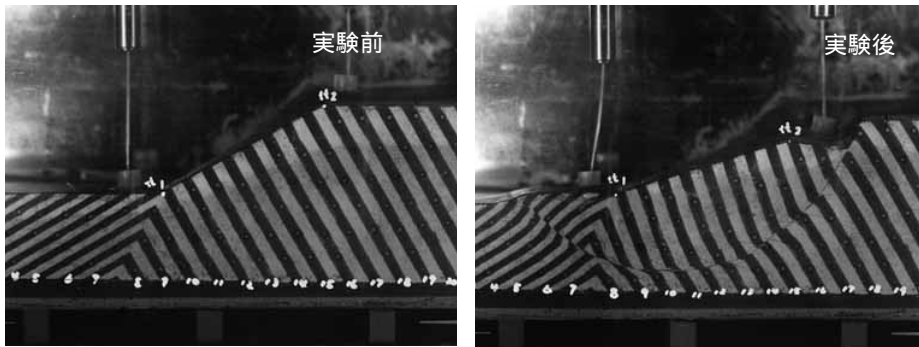


写真-1 模型斜面の崩壊状況（実験前、実験後）

表-1 神戸粘土の材料定数

friction angle $\phi_u$	0 degree
cohesion $c_u$	14.7 kN/m <sup>2</sup>
wet unit weight $\gamma_t$	15.4 kN/m <sup>3</sup>

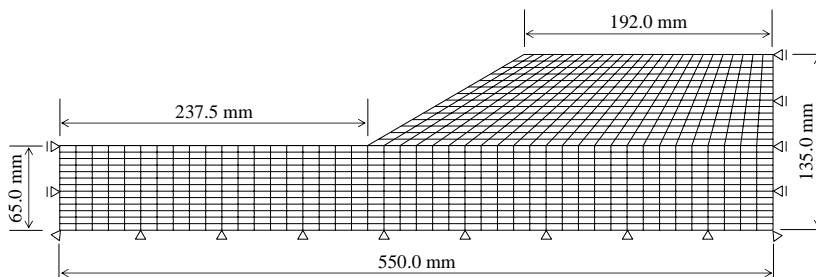


図-4 解析に用いたメッシュ図

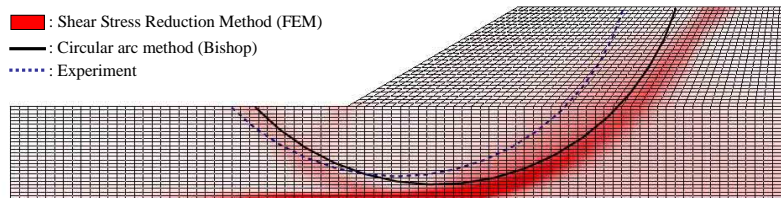


図-6 破壊直前の8面体せん断ひずみ分布（80G）

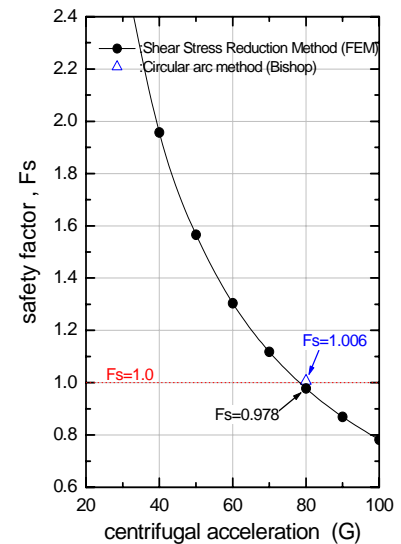


図-5 遠心加速度～安全率関係

### 3. FEM 安定解析

今回解析を行うにあたり、FEM 変形解析プログラムである DACSAR<sup>3)</sup>をベースとして、せん断強度低減法を組み込んだ FEM 安定解析プログラムを新たに作成した。このプログラムを用いて、遠心模型実験の解析を行った。

図-4 は、FEM 解析に用いたメッシュ図である。粘性土の材料定数は、実験開始前に行ったベーンせん断試験より求めた表-1 の値を用いた。解析では载荷する遠心加速度を、単位体積重量を増加させることで表現している。

図-5 は、遠心加速度～安全率関係の解析結果である。解析結果を見ると、遠心加速度 80G で安全率が 0.978 となり斜面が崩壊する結果が得られた。これは、遠心模型実験の結果と一致している。また、比較のため遠心加速度 80G における円弧すべり計算 (Bishop) も行った。この計算により得られた安全率は 1.006 であり、FEM 解析とほぼ一致した。図-6 は、破壊直前の 8 面体せん断ひずみ分布である。せん断ひずみが卓越する部分にすべり線が発生することになる。図中には、比較のため円弧すべりによる計算結果と実験結果も示している。解析の結果、断面の底部を通る円弧状にすべり線が発生しており、円弧すべり計算とほぼ一致する結果となった。

### 4. まとめ

本研究では、せん断強度低減法を用いた FEM 安定解析プログラムを作成し、遠心力場の斜面崩壊実験と解析結果との比較を行った。解析によると、80G 付近で安全率が 1.0 を下回る（斜面が崩壊する）結果となっており、遠心模型実験の結果と良く一致している。また、発生するすべり面は実験と同じように円弧状になり、円弧すべり計算結果ともほぼ一致していることから、今回行った FEM 安定解析の妥当性が伺える。

**参考文献** 1) 鷗飼恵三：弾塑性 FEM による斜面の全体安全率の計算法，土質工学会論文報告集，Vol.29, No.2, pp.190-195, 1989. 2) 蔡飛,鷗飼恵三,黄文峰：斜面安定性の評価 -極限平均法と弾塑性 FEM の比較, 地すべり, Vol.39, No.4, pp.9-16, 2003. 3) Iizuka, A. and Ohta, H. : A deformation procedure of input parameters in elasto-viscoplastic finite element analysis, Soil and Foundation, Vol.27, No.3, pp.71-87., 1987.