Eディフェンスで実施した大型斜面模型に関連する振動台実験の個別要素法による再現解析

		東電設計	正会員	○中滩	頁 仁
(独)	原子力安全基	虚機構	正会員	中村	英孝
(独)	原子力安全基	虚機構	正会員	森	和成
(独)	原子力安全基	臺盤機構	正会員	村田	雅明
		日本大学	正会員	中柞	す 晋

## 1. 目的

斜面の耐震性能は他の構造物への影響を含めて議論されなければならない.そのため,地震によって斜面に 生じる変形を崩壊も含めて予測する手法が望まれる.現状,地震時の斜面の変形量の予測は,有限要素法によ

る動的解析結果を利用した Newmark 法が用いられる ことが多いが,崩壊に至るような大変形や崩壊後の予 測への適用性には疑問が残る.本研究では,地震によ る斜面崩壊が生じた場合において,その変形量の定量 的評価を目的として,個別要素法(DEM)の適用を試み た.

 2. 解析パラメータの設定 本検討で用いた要素間の接触モデルを図-1 に示す. 粘着力を表現するため, Cundall<sup>1)</sup>のモデルを引張に抵抗できるように改変し

た. このパラメータを引張限界力 Fu と称する. また,内部摩擦角を増強するため,転がり摩擦<sup>2)</sup>を用いた. 振動系パラ メータ\* バネ係数,減衰係数などの系の 振動特性を支配するパラメータについて は, Case 5 に対する FEM による固有値 解析結果を良好に再現するようパラメー タを定めた. 強度系パラメータ\*\* 図・2 左に示すような三軸試験のシミ

ュレーションを行って, 弱層部の 地盤材料の試験結果を良好に再 現するよう解析パラメータを定 めた.シミュレーション結果を図 -2の右に,決定した解析パラメー タを表-1に示す.

**3. 実験の再現解析**本研究では, 振動台実験<sup>3)</sup>の再現解析を行った. 本稿では, Case 5 および Case 8 の 二つのケースについて解析結果

キーワード 斜面, 耐震, 破壊

表-1 本検討で用いた DFM の解析パラメータ

項目	記号	単位	値	備考			
粒子半径(0.5×D50)	r	m	0.01	Uc=1.2			
粒子密度	ρ	kg/m3	3,055				
法線方向のバネ係数*	kn	N/m	$6.3 imes10^5$				
接線方向のバネ係数*	ks	N/m	kn 依存	ks=kn			
法線方向の減衰係数*	$\eta$ n	1	kn 依存	h=5%			
接線方向の減衰係数*	$\eta \ s$	1	η n 依存	$\eta s = \eta n$			
粒子間摩擦係数**	μ	1	$0.84(40^\circ$ )				
限界引張力**	Fu	Ν	6.5				
粒子間転がり摩擦係数**	$\mu \mathbf{r}$	-	0.25				







連絡先 〒110-0015 東京都台東区上野 3-3-3 東電設計(株) 土木本部耐震技術部 TEL 03-6372-5563

を示す.いずれのケースも、斜面中に弱層を設けることで滑り線が現れる位置を制御している.実験では、 100gal,200galと加振レベルを上げてゆき、Case 5は400galの時、表層が一気に滑り落ちる滑落型崩壊、Case 8は600galの時、加振中に徐々に表層が滑って行く進行的変形が生じた.また、Case 8では加振終了時には 表層は崩落していなかった.図-3に加振修了時の様子を示す.case5の再現解析では、図-4の法肩の加速度 波形に示すように、実験より3波程度遅れて、表層(DEMでは緑)の滑動が始まり、実験より2波余分に加振し なければ滑落しなかった.一方、case8の再現解析では、図-6の法肩の加速度波形に示すように、逆に滑動の 開始が実験より早く、また、接点における減衰を、振動のキャリブレーションで定めた値より大きくしなけれ

ば(減衰定数で50%)滑落をおさえることができ なかった.ただし,500gal 加振では全く変形 しなかった.

4. まとめ 設定法が曖昧であると言われて いる DEM の解析パラメータを,本検討では要 素試験等のシミュレーション検討から決定し, 対象とする模型試験のシミュレーションに用 いた. case5の再現解析では、実験より2波余 計に入力しなければ滑落には到らず, case8の 再現解析では,滑落を防ぐため逆に滑動を押さ える操作が必要であった.しかしながら、これ らの操作は、現象のばらつきに比較して、さほ ど大きな修正とは言えないのではないか. 少な くとも破壊を始める入力レベルについては実 験と対応している.シミュレーションのばら つきの範囲を把握するなどの検討を進め、本 手法を適用するにあたっての限界を整理すれ ば、十分実用に足る定量的評価が可能である と考える.本稿では割愛したが、表層の滑動 が始まる直前の大きなひずみの発生パターン は実験と対応しており,本解析が破壊メカニ ズムを再現したものと成っている点を指摘し 参考文献 1)Cundall et,al:A ておきたい. Computer Model for Simulating Progressive,

Large Scale Movement in Blocky Rocksystem, symp. ISRM, Nancy France. Proc., Vol2, pp. 129-136, 1971. 2) Sakaguchi et, al: Plugging of the Flow of Granular Materials during the Discharge from a Silo, Int. J. Mod. Phys. B, 7, 1949-1963, 1993. 3) 村田雅明他:岩盤 斜面模型の地震時 ひずみの発達過程に関 する検討,第46回地盤工学研究発表会, 2011.

