層理面のモデル化に着目した流れ盤斜面の地震崩壊シミュレーション

群馬大学 正会員 ○若井明彦 鵜飼恵三 長岡工業高等専門学校 正会員 尾上篤生 (株)黒岩測量設計事務所 正会員 樋口邦弘 (独)農村工学研究所 正会員 黒田清一郎

著者らは新潟県中越地震による小千谷市横渡地区の流れ盤斜面の崩壊, すなわち層理面に沿った破壊現象を 動的弾塑性 FEM により再現することを試みている(若井他(2006))。ブロック採取した層理面の不撹乱試料の 室内繰返し載荷試験結果に基づいて層理のモデル化にさらなる検討を加え, 再度 FEM 解析を実施した。

1. 解析モデル

測量結果から抽出した二次元断面に着目して有限要素メッシュ(8節点要素)を作成した(図-1)。層理は 実際の幅(10mm 厚)を考慮して薄い要素を配置した。材料定数を表-1に示す。白岩層を弾性体,層理には ひずみ軟化を考慮できる弾塑性モデルを採用した。この弾塑性モデルは Wakai & Ugai (2004)の繰返し載荷モデ ルにおいて,骨格曲線(双曲線)の上限漸近値を規定する強度定数 c, ϕ を累積塑性ひずみの関数として漸減 させる(若井他(2005))ように拡張したものである。前回のモデル化(若井他(2006))からの変更点は,(1)強 度定数の低減に関連する塑性ひずみ値の累積を載荷初期から開始する,(2)強度定数の減少と比例的にせん断 弾性係数 G_0 を低減(τ_{d}/G_0 =一定)させる,(3)履歴ループの形状は骨格曲線の形状の変化にそのまま比例的に 追随させる,(4)地震中の G_0 の減少に応じて運動方程式の中に用いられる剛性マトリクス[K]および減衰マトリ クス[C](Rayleigh減衰を仮定;= $\alpha[M]+\beta[K]$)を更新する,の各点である。 $\alpha \ge \beta$ は振動周期 0.2~2.0s で約 3% 程度の減衰率相当値として α =0.171, β =0.00174 とした。このようなモデル化の変更によりモデルのパラメ ータは 3 つ減少し,より単純化され,パラメータ決定も容易になったと考えられる。



キーワード地震、斜面、有限要素法、層理面、流れ盤

連絡先 〒376-8515 群馬県桐生市天神町 1-5-1 群馬大学建設工学科 若井明彦 wakai@ce.gunma-u.ac.jp

3-196	
-------	--

	基本パラメータ(強度定数はピーク強度)								ひずみ軟化挙動		
	ヤンク	ポアソン比 ν	粘着力 c(kN/m ²)	内部摩擦 角 ϕ (deg)	ダイレイタンシー 角ψ(deg)	$b\gamma_{ m G0}$	п	単体重量 γ(kN/m ³)	残留強度比	Α	В
白岩層	100000	0.3	—	—	—	—	—	20.	—		
層 理	30000	0.3	24	30.9	0	5.0	1.5	18.	0	2.0	
砂礫層	30000	0.3	0	35	0	0.85	5.0	18.	_	_	

表-1 解析に用いた材料定数の一覧.











図-4 A 点の水平変位の時刻歴(各ケース).

図-5 層理面上のせん断応力-ひずみ履歴(平均値).

図-6 50 秒後の変形性状 (変位量は実スケール).

現場のブロック採取試料を用いて層理面部分の室内繰返し直接せん断試験(等体積)を実施している(写真-1)。初期拘束圧 40,80,120kN/m²それぞれの場合の室内試験の結果と,表-1に基づく本モデルの再現解析 (横軸はひずみとなっているが層理面厚さが約10mmであることを考慮すると,試験結果の横軸1mmが解析

結果の 0.10 に対応する)結果を図-2 に示す。本モデルは試験結果の全体的な傾向を良く再現しており,前回の結果(若井他(2006))に比較して一致度が向上している。

2. 解析結果とその考察

入力地震波(水平)には山古志村竹沢での強震観測記録(EW 成分:図-3)を用いた。地震動をそのまま 入力したケースと振幅を半分にしたケースをそれぞれ解析した。各ケースの解析で得られた A 点の水平変位 の時刻歴を図-4に示す。地震加速度が今回の地震の半分の場合は崩壊しないのに対して、今回の地震動を入 力すると大規模な崩壊が生じている。層理面上のせん断応カーせん断ひずみ(いずれも平均値)関係を図-5 に示す。層理面上の土塊自重の滑動成分を抑止するために必要なせん断強度が層理面上で発揮されなくなるこ とにより、層理面での滑動が開始する。地震動開始 50 秒後の残留変形性状を図-6 に示す。層理面に沿って 不連続的なすべり変位が生じ、上部岩塊が崩落している。室内試験結果に基づき層理面に沿って岩塊が崩落す る挙動を再現することができたことは、流れ盤斜面の地震時崩壊の力学機構の解明に有用であると考えられる。

参考文献

Akihiko Wakai and Keizo Ugai : A simple constitutive model for the seismic analysis of slopes and its applications, Soils and Foundations, Vol.44, No.4, pp.83-97 (2004).

若井明彦,釜井俊孝,鵜飼恵三:高町団地における盛土崩壊事例の有限要素シミュレーション,宅地地盤の安全性と性能評価に関するシンポジウム論文集,地盤工学会, pp.25-30,7月(2005).

若井明彦,鵜飼恵三,尾上篤生,樋口邦弘,黒田清一郎:層理面に沿った地震時斜面崩壊に関する有限要素シミュ レーション,第41回地盤工学研究発表会講演集 (2006) [印刷中].

本研究の一部は、科学技術振興調整費・緊急研究「平成 16 年(2004 年)新潟県中越地震に関する緊急研究」によって実施され ました。