

FEM地震応答解析を用いた地震後の崩壊危険箇所の抽出手法に関する研究

林野庁 木下篤彦

林野庁東北森林管理局宮城北部森林管理所 加藤正治

国土防災技術株式会社 ○ 丹羽諭, 柴崎達也, 大野亮一, 山崎勉, 山崎孝成

1 はじめに

2004 年 新潟県中越地震と 2008 年 岩手・宮城内陸地震等では多くの山地災害が発生した。地震による崩壊発生機構の解明と崩壊箇所の予測方法の確立は地震後の治山対策を考える上で重要である。本研究は地震後の崩壊箇所の推定手法の開発を目的として、岩手・宮城内陸地震で崩壊が多発した三迫川上流の耕英地区を例に、3 次元地質モデルを作成し広域の再現計算を実施した。同視点の試みとして新潟県中越地震の再現計算が行われた事例¹⁾²⁾がある。

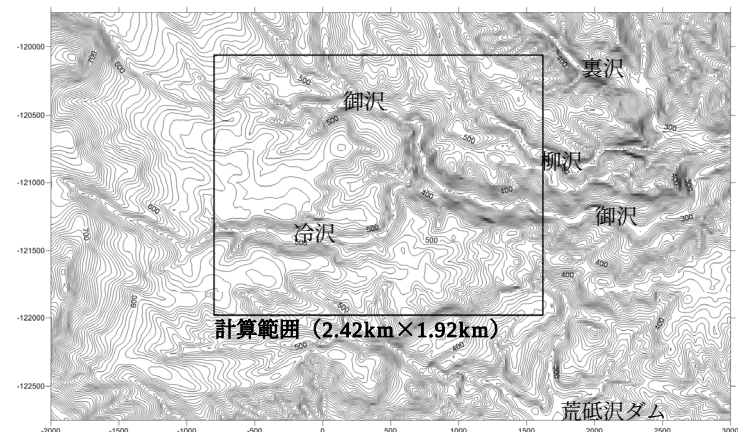


図 1 計算範囲

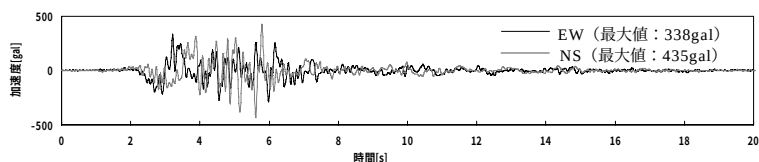


図 2 基盤入力波

2 耕英地区における地震応答解析について

2.1 計算の対象領域

対象範囲は御沢の崩壊群を含む 4km² 以上の領域である。図 3 に地質図を示す。当該地区の下流域に剛性の小さい軽石質凝灰岩と剛性の大きい石英安山岩質熔結凝灰岩、同じく上流域に凝灰岩と安山岩質熔結凝灰岩からなるキャップロック構造が特徴的である。地表面は地震発生前の 1/25000 地形図による。崩壊発生箇所は主に軽石質凝灰岩と凝灰岩で構成されている。

2.2 FEM 地震応答解析の概要

節点の配置は XY 平面で 20m グリッドとし領域全体 (2.42km×1.92km) で約 30 万の節点を設けた。計算手法は修正 R-O モデルによる応力-ひずみ関係を用いた逐次積分法を採用した。各地層の物性値を求めるため現地で PS 検層・密度検層を行った。図 2 に示す基盤入力波は荒砥沢ダム堤体で観測された波形を弾性波理論により計算基盤位置に引き戻すことで作成した。

2.3 崩壊危険度を評価する指標

地表面の履歴最大応答値のうち崩壊現象に強く関係すると思われるせん断ひずみ・せん断応力・引張応力の 3 つに着目する。後者の 2 つはせん断破壊と引張破壊に対応し、せん断強度、引張強度を設定することで主応力場における破壊安全率として評価が可能である。

2.4 計算結果の概要

図 4, 図 5, 図 6 に最大せん断ひずみ、せん断破壊安全率、引張破壊安全率を示す。ひずみが卓越する箇所は崩壊発生箇所と良く一致し地震応答解析の妥当性を示している。ひずみの発生はせん断剛性の低下を意味し、その値は塑性化の度合を表す指標といえる。最大せん断応力は溪流に沿って強く発生し、それに対するせん断破壊安全率も崩壊発生箇所と一致する傾向を示した。引張応力と引張破壊安全率は一部の崩壊発生箇所の頭部・斜面で卓越し、他の応答値と比較してランダムな特性を示した。いずれも崩壊発生に寄与した応答値として考察される。以上の結果を表 2 にまとめる。崩壊発生箇所以外に応答値が卓越する箇所は、崩壊に至らなかったが地震による影響を強く受けた可能性があり崩壊危険斜面と考えることができる。

表 1 現地調査による各層の物性値

地層名	記号	ポアソン比 [-]	単位体積重量 [kN/m ³]	ヤング率 [kN/m ²]	せん断弾性係数 [kN/m ²]
含安山岩礫凝灰岩-火砕流	Tf2	0.45	17.5	1,711,000	590,000
安山岩質凝灰角礫岩	Atb2	0.44	18.0	2,160,000	750,000
安山岩質熔結凝灰岩	Aw1	0.41	21.0	3,327,600	1,180,000
凝灰岩	Tf1	0.45	17.0	1,218,000	420,000
安山岩質凝灰岩-泥流堆積物	Atb1	0.44	18.0	2,160,000	750,000
石英安山岩質熔結凝灰岩	Dwt	0.44	19.0	4,377,600	1,520,000
軽石質凝灰岩	Pt	0.45	16.5	1,479,000	510,000
砂岩シルト岩互層	Ss	0.42	17.5	1,988,000	700,000
凝灰岩	Tf0	0.39	22.5	7,339,200	2,640,000

3 おわりに

広域の FEM 地震応答解析により耕英地区を対象に岩手・宮城内陸地震の再現計算を行った。これにより崩壊発生箇所に卓越した応答値が計算され、崩壊危険度を評価できる内容であることを示した。崩壊するか否かの判断は難しいものの、地震による斜面崩壊の危険度を評価すること、崩壊に至らなかったが危険箇所となった斜面を予測することが可能であり、治山事業の優先順位を決定する項目として活用できる。

表 2 斜面崩壊危険度を評価する最大応答値

	最大せん断ひずみ	最大せん断応力	引張応力
再現計算 応答傾向	剛性の小さい軽石質凝灰岩と凝灰岩で卓越	溪流沿いに強く発生 軽石質凝灰岩と凝灰岩で安全率が低下	卓越した応力と安全率の低下箇所が一部の崩壊発生箇所の頭部・斜面に発生 ランダムな傾向を示す
崩壊発生との関係	地盤要素の塑性化	崩壊時のすべり抵抗力を低減させる要因	崩壊地滑落崖の形成に関与

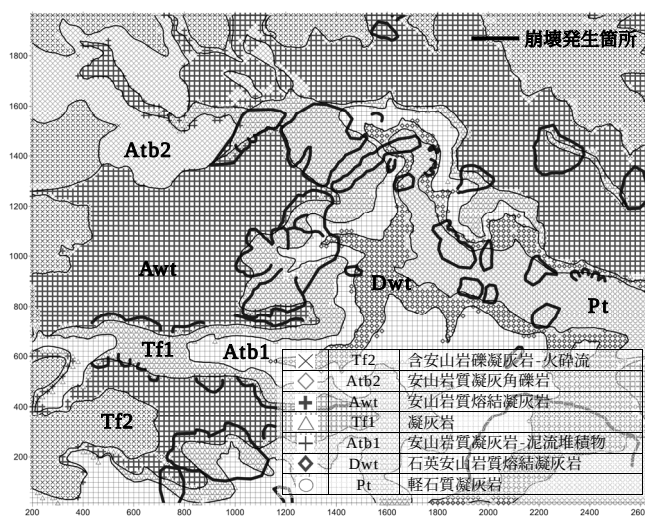


図 3 地質図

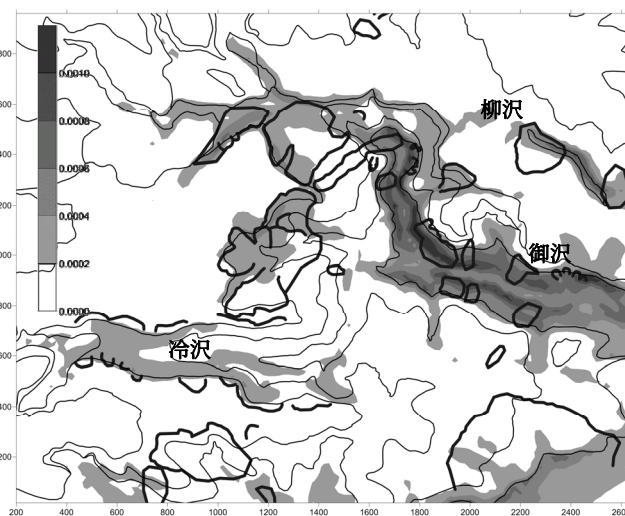


図 4 最大せん断ひずみ

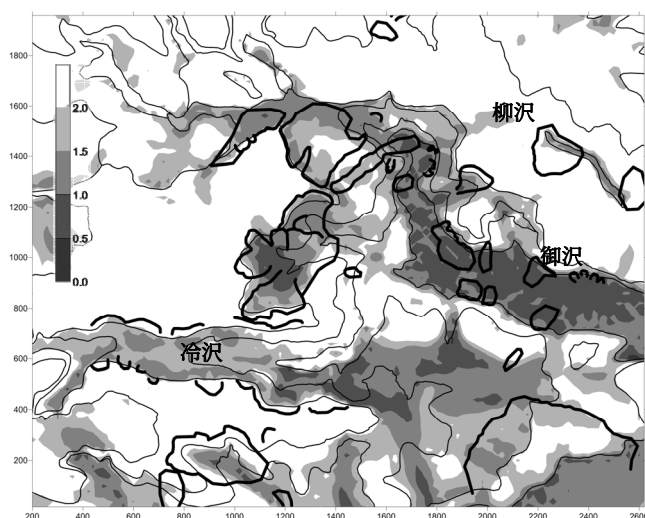


図 5 せん断破壊安全率

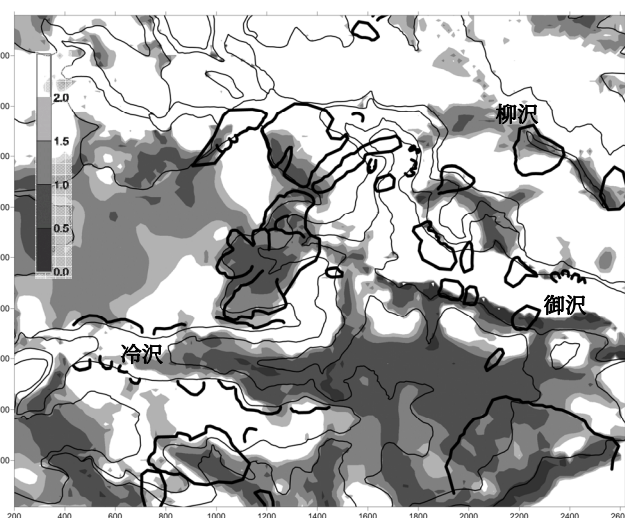


図 6 引張破壊安全率

参考文献

- 1) 浅野志穂・落合博貴・黒川潮・岡田康彦 (2006)：山地における地震動の地形効果と斜面崩壊への影響，日本地すべり学会誌，Vol.42, No.6, pp.1-10.
- 2) 若井明彦・田中頼博・阿部真郎・吉松弘行・山邊康晴・渡邊泰介 (2008)：中山間地の地震時斜面崩壊リスクを評価するための有限要素法に基づく広域被害予測システム，日本地すべり学会誌，Vol.45, No.3, pp.21-32.