

地震後の斜面崩壊ポテンシャルマップ作成に関する検討

日本大学工学部 学生会員 ○牧野 啄也・正会員 梅村 順

1. はじめに

平成 7 年兵庫県南部地震では、地震後の降雨で斜面崩壊が拡大した¹⁾。平成 23 年東北地方太平洋沖地震でも福島県内では、3 月 27 日の日雨量 20mm 程度の降雨や、9 月の台風 15 号時に斜面崩壊が拡大した²⁾。これら斜面崩壊の拡大は、地震時に崩壊に至らなかったものの、地震で損傷を受けた状態で留まっていた斜面が降雨を引き金に生じたと考えられる。著者は、地震で損傷を受けた斜面を抽出ができれば、これら斜面崩壊拡大への対応上、有意義であると考えた。そこで本文では、本研究室での提案³⁾した最大加速度ベクトルマップ等に基づき、それらを高密度化して整理し直し、地震後の斜面保全を目的とした崩壊ポテンシャルマップとして損傷を受けた斜面抽出への利用を検討することを目的に進めた。

2. マップ作成対象地域

対象地域は東北地方太平洋沖地震で多くの斜面崩壊が発生した白河市北部とした。その範囲を図-1, 2 に示す。

3. マップの作成方法

傾斜角区分図, 最大加速度ベクトル区分図, Arias Intensity 区分図をそれぞれ分けてレイヤーで作成した。

a) 傾斜角区分図の作成方法

地形図データには、国土地理院 5mDEM を用いた。

図-3 に示すように、5m メッシュの角 4 点 A, B, C, D について対角線ベクトル $\overrightarrow{AC}$ および $\overrightarrow{BD}$ を取る。このメッシュ内の地形が平面とすると、その法線ベクトル $\vec{n}$ は、 $\overrightarrow{AC}$ と $\overrightarrow{BD}$ の右回り外積

$$\vec{n} = (a, b, c) = \overrightarrow{BD} \times \overrightarrow{AC}$$

で与えられる。それ故

$$a = -5(z_A - z_B - z_C + z_D)$$

$$b = -5(z_A + z_B - z_C - z_D)$$

$$c = -50$$

これらから、 $\vec{n}$ の北からの方向 φ と傾斜角 θ は、

$$\varphi = \tan^{-1} \frac{b}{a}, \quad \theta = 90^\circ - \tan^{-1} \frac{10}{\sqrt{a^2 + b^2}}$$

で求められる。傾斜方向は、N 方向を 0 度とし時計回りに正を取って $-180^\circ < \varphi \leq 180^\circ$ の範囲で表し、傾斜は水平面となす角度とした。

b) 最大加速度ベクトル区分図の作成方法

地震波形データには地盤の増幅の影響を考慮して、図-4 に示す対象地域と同地質内にある KiK-NET「西郷」観測点の東



図-1 マップ作成対象地域
(国土地理院数値地形図に加筆)



図-2 マップ作成対象地域と地震時崩壊箇所
(国土地理院数値地形図に加筆)

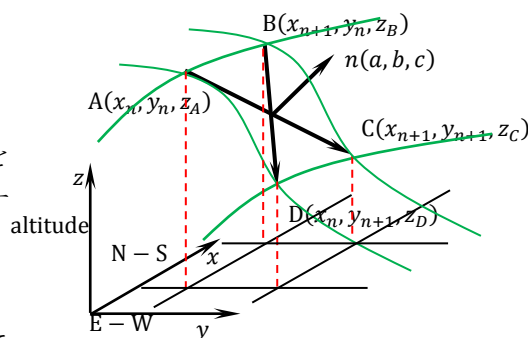


図-3 マップ作成方法説明図(傾斜区分)

キーワード GIS, 斜面崩壊ポテンシャル, 地震, 降雨

連絡先 〒963-8642 福島県郡山市田村町徳定字中河原 1 番地 日本大学工学部 TEL 024-956-8709

北地方太平洋沖地震時地中地震計データを使用した。

これらのデータから先ず、 ϕ 方向の水平方向合成加速度ベクトルを求め、それを傾斜方向成分と法線方向成分に分解した。これらから、斜面が地震加速度に伴うせん断応力の作用で崩壊することを考慮して、地形面の単位体積あたりに作用する応力比を求めた。すなわち、

$$\left(\frac{\tau}{\sigma}\right)_t = \frac{\vec{a}_{\phi dip}(t)}{\vec{a}_{\phi norm}(t)}$$

最大加速度ベクトル区分図では、この応力比で図化した。

c) Arias Intensity 区分図の作成方法

Arias Intensity は Arias⁴⁾が提案した震度で、地震動の力積和に相当する。その定義は、

$$I = \begin{vmatrix} I_{NS} & I_{NSEW} & I_{NSUD} \\ I_{EWNS} & I_{EW} & I_{EWUD} \\ I_{UDNS} & I_{UDEW} & I_{UD} \end{vmatrix}$$

$$\text{ここで、} I_{comp} = \frac{\pi}{2g} \int_{t_0}^t a_{comp}(t)^2 dt$$

である。図-4 に示す西郷観測点の記録から東北地方太平洋沖地震時の Intensity を求めると、

$$I = \begin{vmatrix} 83.61 & -15.89 & -1.22 \\ -15.86 & 54.51 & 1.90 \\ -1.22 & 1.90 & 41.04 \end{vmatrix} = 176372(cm/sec)$$

である。

この式に基づき、斜面崩壊が斜面傾斜方向に受けた力積和が最も大きな影響を及ぼすと考え、地形の傾斜方向成分について次式で Intensity の傾斜方向成分を求め、Arias Intensity 区分図ではこの大きさを図化した。

4. マップ作成結果と崩壊発生箇所との対応

対象地域内は、5m メッシュで 324816 区画あり、コンピュータの性能上全てを表示できなかったため、作成結果の一部の例を図-5、6 にそれぞれ示した。

図-5 では、地形図との対応がよく、妥当に評価できた。

また、図-6 の Arias Intensity では、斜面内にその高い部分と低い部分とが区分された。しかし、地震時との崩壊箇所との対応では、明確な関係は認められなかった。これは、閾値の設定に問題が残されているため、その点の検討がさらに必要であろう。

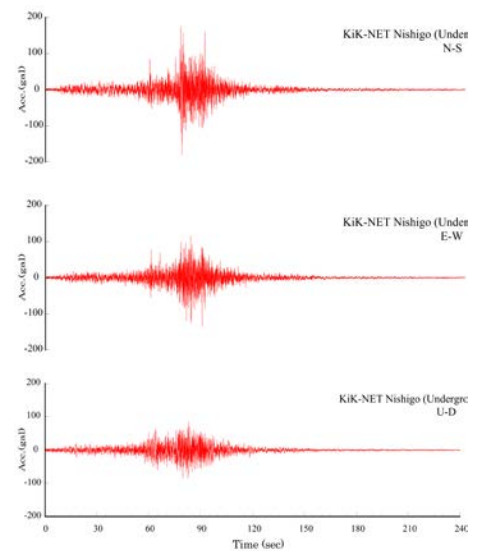


図-4 Kik-NET「西郷」観測点
地中地震計加速度波形

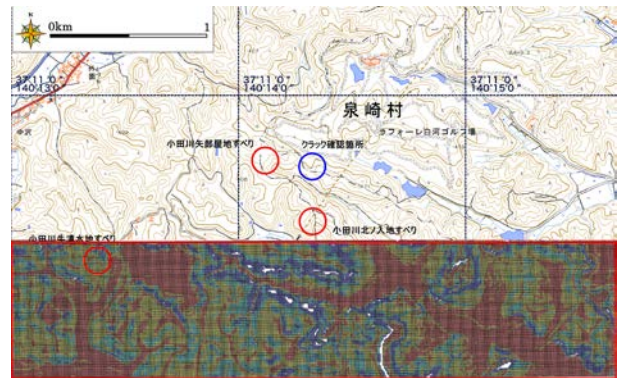


図-5 傾斜角区分図の作成例

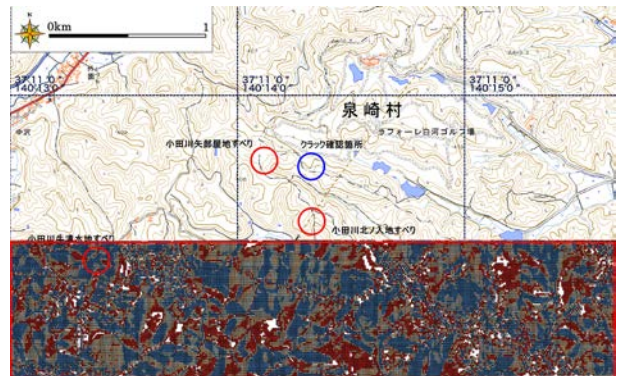


図-6 Arias Intensity 区分図の作成例

参考文献 1) 田結庄良昭・藤田智子(1996)：兵庫県南部地震とその後の降雨による斜面崩壊,応用地質,第 37 巻,第 3 号, pp.174-178. 2) 福島県土木部(2011)：台風 15 号災害による土木部関連公共施設等の被害について, <http://www.pref.fukushima.lg.jp/sec/41025a/doboku23hisaijyoukyou.html>(閲覧日：2015 年 12 月 3 日) 3) 梅村 順(2013)：地震誘因地すべり危険度評価への利用を背景とした地震動評価マップの作成, (公社)日本地すべり学会第 52 回研究発表会. 4) Arias, A. (1970):A measure of earthquake intensity, Seismic Design for Nuclear Power Plants(Hansen, R. J. ed.), pp.438-483. 5) 防災科学技術研究所 KiK-NET 地中地震計データ <http://www.k-net.bosai.go.jp/k-net/>(閲覧日：2015 年 12 月 3 日)