

中山間地集落を対象とした表層崩壊ハザードマップ作成についての検討

豊橋技術科学大学大学院	正会員	○河邑	眞
福井工業高等専門学校	正会員	辻子	裕二
福井工業高等専門学校	正会員	辻野	和彦
ジェイアール東海コンサルタンツ(株)		村林	雄太

1. はじめに

土砂災害の危険度評価手法は、「対象とする領域を数市にわたる広域全体を対象としたものであるか、数平方キロの中山間地の集落を対象としたものであるか」といった対象領域の大きさや、「防災対策の対象を法的に定めるためのものであるか、地区における避難施設を計画するためのものであるか」といった目的などによって、求められる手法の具体性、精度が異なってくる。

この検討では、中山間の集落などの地区について避難体制を検討するためのハザードマップの作成を考える。危険度評価手法としては、地区内の各斜面について、力学的モデルにもとづき斜面崩壊危険度を定量的に求める。また、この定量的評価に用いる力学定数などについては現地における調査結果にもとづき決定する。

ハザードマップは、避難路の選定や避難施設の適所についての検討の資料として用いられる。ハザードマップ作成の対象領域としては、愛知県東部の中山間地の集落とした。¹⁾

2. 表層崩壊危険度評価

表層崩壊の危険度評価では、簡易な力学モデルとして無限長斜面を考え、斜面の力学的安定性を表わす次式に示す安全率 F を用いて危険度を評価する。

$$F = \frac{c + (\gamma_t(h - h_s) + \gamma_{sub}h_s)\cos^2 I \tan \phi}{\{\gamma_t(h - h_s) + \gamma_{sat}h_s\}\sin I \cos I} \quad (1)$$

ここで、 c は粘着力、 ϕ は内部摩擦角、 γ_t は土の湿潤単位体積重量、 h は土層厚、 h_s は斜面内水位、 γ_{sat} は土の飽和単位体積重量、 γ_{sub} は土の水中単位体積重量、 I は斜面の傾斜角を示す。式 (1) における斜面内水位 h_s は、土木研究所より研究成果が示されている H-SLIDER 法を参照し²⁾、上流の集水面積と浸透能を考慮して 10m メッシュごとに算定する。

集水面積は標高データの窪地処理を行い、

D-infinity Flow Direction 法を用いて算出する。斜面内水位、透水係数、土層厚は、現地調査結果にもとづき設定する。なお、数値地形データとしては国土地理院で作成された 10m メッシュ DEM を使用する。この評価法では、斜面内水位と降雨量の関係を以下の関係式により表す。

$$h_s = \eta_s \frac{r \frac{A}{b}}{K_s \cos I \sin I} \quad (2)$$

ここで、 r は降雨強度(時間雨量)、 A は集水面積、 b は集水幅、 K_s は透水係数である。また、 η_s は斜面上に降った雨水の地盤内への浸透能を表すパラメータである。この危険度評価では、表層崩壊の崩壊危険度は、10m メッシュごとに算定される。

3. 現地調査、室内試験によるパラメータの決定

愛知県東部の中山間地集落における現地調査に当たっては、地形図の特徴から過去に崩壊が起きたと推定される地点の踏査を事前に行い、崩壊の痕跡があることを確認した。事前調査により崩壊を確認した地点のうち、立ち入り調査の許可を地権者から得ることができた 3 地点について現地調査を行い、採集した表層土の試料について室内試験を実施した。内容は以下のようである。

(現地調査)

- ・レーザー距離計を用いた簡易地形測量
- ・簡易貫入試験

(室内試験)

- ・物理試験(密度試験、含水比試験、粒度試験)
- ・力学試験(透水試験、三軸圧縮試験)

東三河の中山間地の集落において行った現地調査結果に基づき、表層斜面崩壊危険度評価に用いたパラメータを表 1 に示す。表層土層厚については、簡易貫入試験結果が 2 以下の表層の土層厚を考え、3 つの斜面における最大深の平均値 2.2m を用いた。

キーワード 土砂災害、中山間地集落、表層崩壊、ハザードマップ、力学モデル、現地調査、避難体制

連絡先 〒441-8580 愛知県豊橋市天伯町雲雀ヶ丘 1-1 豊橋技術科学大学 TEL 0532-47-0111

強度定数については、貫入試験結果 N_d から求めた値の平均値 $\phi=20.7^\circ$ 、およびこの値を用いて逆解析により求めた粘着力 $c=4.9 \text{ kN/m}^2$ を強度定数とした。透水係数については、室内透水試験結果およびクレージャー (Creager) の方法により 20% 粒径から推定された透水係数を参照して、 $k=3.32 \times 10^{-5} \text{ m/sec}$ を用いた。降雨強度としては、愛知県東三河地区で避難勧告の基準となる降雨強度、時間雨量 80mm を用いた。斜面の浸透能を表すパラメータ η_s については、降雨強度と表層地盤の飽和度の関係から 0.1 とした。

表 1 解析に用いたパラメータ

粘着力 c	4.9 kN/m ²	設定降雨強度 r (t)	80 mm/hr
内部摩擦角 ϕ	20.7 deg	飽和透水係数 K_s	$3.32 \times 10^{-5} \text{ m/sec}$
土層の γ_{sat}	20.0 kN/m ³	土層厚 h	2.20 m
土層の γ_t	16.0 kN/m ³	水の γ_t	9.81 kN/m ³
集水面積 A	個々に算出	斜面内水位 h_s	個々に算出
集水幅 b	メッシュ幅	斜面傾斜角 I	ポリゴン内平均

4. ハザードマップ作成事例

上述の解析パラメータを用いて、愛知県東部の中山間地の集落を対象として斜面崩壊危険度評価を行った結果を図 1 に示す。図中で、赤い領域は安全率 F が 1.2 以下で崩壊の危険性が高いところ、黄色の部分は F が 1.2 より大きくて 2.0 以下の部分で崩壊の危険性がやや高いところ、青色の部分は F が 2.0

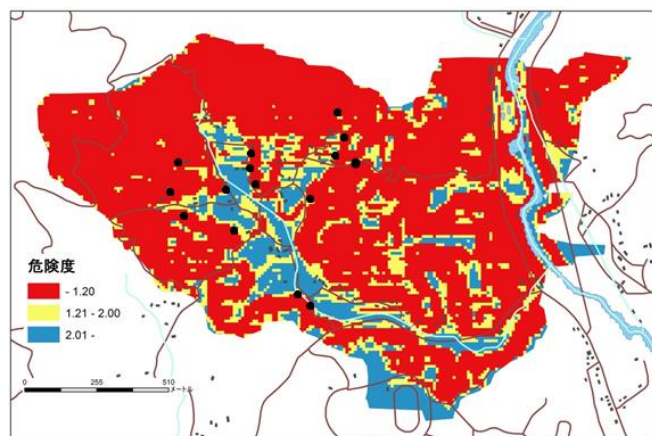


図 1 危険度予測結果(台風 15 号等による斜面崩壊発生個所を黒丸で表示)

より大きく、崩壊の危険性が低いところを表す。降雨強度が時間当たり 80mm に達すると斜面のほぼ全域で崩壊の危険性が高まっている。

この地区では、2011 年 9 月の 15 号台風による降雨により表層崩壊が発生している。2011 年 8 月および 2012 年 3 月の現地調査で確認された崩壊箇所を図中に黒丸で示した。いずれの点も危険度の高い赤の領域にあり、危険度の高いところで実際に表層崩壊が起きていることが確認された。

5. 避難所の適地に関する考察

降雨強度が時間当たり 80mm にも達する豪雨の場合には、対象区域内の急傾斜地のほぼ全域で斜面崩壊の危険度が高く、多くの斜面で崩壊が発生する可能性が高い。また、いくつかの沢で土石流が発生する可能性も高い。したがって、豪雨をもたらす前線や台風の通過が事前に予測される場合には、域外の高台にある避難施設に退避することが望まれる。

最近の気象特性から各地でゲリラ豪雨が発生する傾向がある。そのようなゲリラ豪雨のように、急に降雨が激しくなった場合には、自宅から低地の避難所に無理に避難しようとする、斜面を流下する流水や土石流により被災する可能性がある。したがって、このような場合を想定し、事前に近隣の住民で話し合いを行い、家屋の内、斜面から離れた家屋の 2 階を避難場所として取り決めておく方が安全である。本研究で検討したハザードマップはこのような避難体制の検討に対して有効と考えられる。

(謝辞)

本研究は、東三河地域防災研究協議会平成 23 年度受託研究の一部として行われたものである。研究の実施にあたっては、群馬大学片田先生にご助力いただいた。また、愛知県ならびに東三河地域各市関係機関のご協力を頂いた。現地調査にあたっては、調査対象地区の住民の方々、東邦地水(株)石川昌幹氏の協力を頂いた。ここに記して謝意を表します。

参考文献

- 1) 河邑眞, 片田敏孝: 土砂災害シミュレーション及び避難行動喚起手法についての検討, 平成 23 年度東三河地域防災研究協議会受託研究報告, 2012.
- 2) 土木研究所 土砂管理研究グループ 火山・土石流チーム: 表層崩壊に起因する土石流の発生 危険度評価マニュアル(案)、土木研究所資料、第 4129 号、2009