

豪雨時における土砂災害を対象としたリアルタイムハザードシステムの改良(その2)

(財) 建設工学研究所
兵庫県
国際航業(株)

沖村 孝
松本正利
原口勝則

神戸市立工業高等専門学校 鳥居宣之
応用地質(株) 中川 渉
応用地質(株) ○安武由貴

1 はじめに

兵庫県では六甲山系を対象としてリアルタイム型のハザードシステム（六甲山系土砂災害危険度予測システム）¹⁾を構築して、試験運用している。これにより、地域の降雨情報が時間とともに更新され、よりきめ細かな情報提供が可能となる。これまでに、本システムの精度向上を目的として、昭和42年の災害データを基に改良を行ってきた。平成23年度は、試験運用時の実降雨やモデル降雨による再現計算および検証にもとづいた改良を行なうことで、更に精度向上を行なった。本報告は、平成23年度のモデル改良の検討結果について述べる。

2 モデルの改良

別報⁴⁾による試験運用等によって得られた課題と改良方法を表-1に示す。（「警戒」(赤)判定：安全率1未満の土砂災害警戒区域、「警戒」(赤)判定メッシュ：安全率1未満の10m格子計算メッシュ）

表-1 平成23年度の課題と改良方法

降雨ケース		課 題	改良方法	節
実降雨	台風12・15号(H23)	急勾配斜面で「警戒」(赤)判定メッシュが実際の崩壊地以外で発生	現地確認による層厚見直し	2.1 (1)
		0次谷で「警戒」(赤)判定メッシュが実際の崩壊地以外で発生	現地確認による層厚見直し	2.1 (2)
モデル降雨	表土層満水条件	平野部の土砂災害警戒区域（急傾斜地）の一部で判定が十分でない	人工改変地内に自然斜面を一部含む。地形区分を見直す	2.2 (1)
		「警戒」(赤)判定にならない土砂災害警戒区域（急傾斜地）が存在	地下水位低下速度による崩壊危険箇所抽出と、層厚見直し	2.2 (2)
	連続雨量100mm	少雨で「警戒」(赤)判定となる土砂災害警戒区域（急傾斜地）が存在	経験的に斜面崩壊しない降雨であるため、層厚見直し	2.3
	連続雨量200mm	降雨終了後、「警戒」(赤)判定が長引く土砂災害警戒区域（急傾）が存在	「警戒」(赤)判定が異常に長引くメッシュの層厚見直し	

2.1 台風12号・15号による検討

平成23年9月3日に発生した台風12号、平成23年9月19日に発生した台風15号により、表六甲山系において崩壊が数か所で発生しており、現地調査の結果、システムが崩壊予測した箇所で斜面崩壊が確認された（図-1）。一方で、非崩壊斜面で「警戒」(赤)判定メッシュ（以下、「空振り」と呼ぶ）も確認された。現地調査の結果、空振りの集中しているエリアは、地表勾配の急な斜面や集水性の高い0次谷であることが分かった。このため、以下に各箇所の改良結果を示す。



図-1 現地調査で確認した表層崩壊

(1) 急勾配斜面における空振りについて

現地調査によると、空振りが集中する急勾配斜面は平成22年度モデル²⁾の層厚式に比べて、実際の斜面は層厚がより薄いことが判った。しかし、減厚量は一部のエリアだけで判断できないため、空振りのメッシュについて、安全率が1を切るときの層厚を無限長斜面安定式により求め、それを包括するよう谷壁斜面の層厚を減じた。その結果を図-2に示す。

この際、安全側を考慮して、土砂災害警戒区域（急傾斜地）の判定に影響が無いものとするため、「警戒」(赤)判定となった区域内の最小の「警戒」(赤)判定メッシュの統計をとることで、影響がない勾配の下限值をもとめた。その結果、改良対象を勾配40°以上とすることが適当であると整理される。図-2の実線で示す層厚式を採用することで、空振りが減少した。

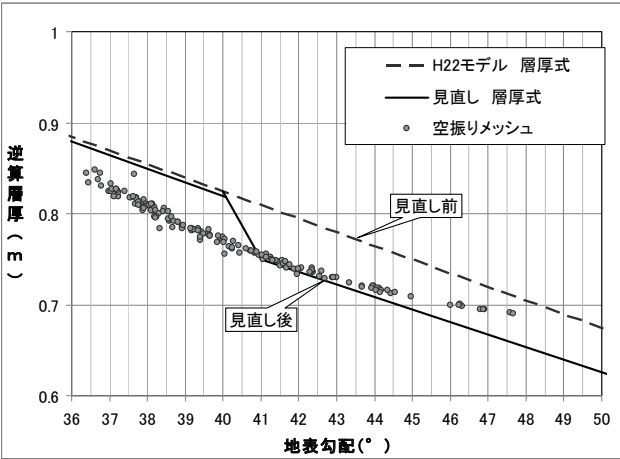


図-2 急勾配斜面における空振りメッシュの層厚見直し

(2) 0次谷における空振りについて

現地調査によると、空振りが集中する0次谷は平成22年度モデル²⁾の0次谷層厚式に比べて、実際の斜面は層厚がより薄いことが判った。そこで、0次谷における空振りメッシュを抽出し、台風12・15号の降雨で、安全率が1を切るときの層厚を無限長斜面安定式により求めた（図-3）。その結果、現地状況をより再現する層厚式は、平成22年度モデルの0次谷の層厚式に比べて、-5cm減じる実線で示す式であると求められ、0次谷の空振りを減少させることができた。

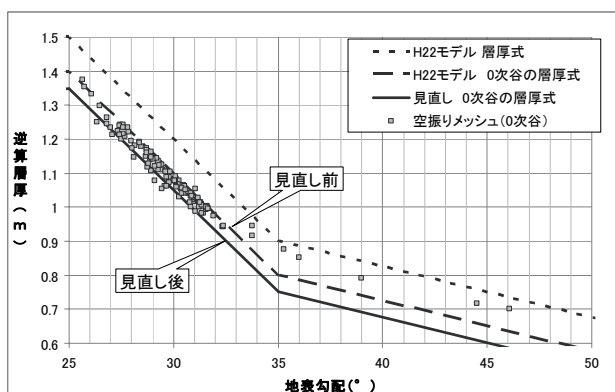


図-3 0次谷における空振りメッシュの層厚見直し

2.2 満水条件での検証

モデル降雨による検証で、表土層を満水条件にしても「警戒」(赤)判定にならない土砂災害警戒区域は 423/926 区域である。この原因は以下が挙げられる。

- ・DEM 上の傾斜角が、実際の傾斜角よりも緩い。
- ・本システムで崩壊予測の対象としていない、人工斜面のみの土砂災害警戒区域がある。

上記の原因は本システムでは対応困難であるが、これ以外の原因は、以下の通り検討・改良した。

(1) 平野部の判定精度の向上について

宅地などの人工改変地に囲まれた比較的小規模な自然斜面は、山地からの水の供給が遮断されることから、平成 22 年度モデルは、崩壊予測の対象としていなかった。しかし、安全側をみた判定を行なうことが適当と判断し、空中写真により自然斜面を抽出して崩壊予測の対象として地形区分した。

(2) 斜面崩壊の危険性がある区域について

満水条件で「警戒」(赤)判定にならない土砂災害警戒区域のうち、区域内に斜面崩壊の危険性が高い地形を有するものは見直し対象とすることとした。そこで、斜面崩壊の危険性が高い地形は、集水地形で高い地下水が維持される傾向があるものであり、地下水低下速度 (閾値 $\geq h$ (地下水位)/H(層厚) $=0.8$ (満水から 2 時間後; 地形毎の統計処理で求めた)以上となる地形・メッシュであるかと絞り込んだ。そのうち、対象メッシュが人工改変地に掛かる、幅広い道路等により上流側の表流水が遮断され当該区域に流入しない、等の地形条件は例外として除外した。

満水条件で「警戒」(赤)判定にならない区域(自然斜面, 30°以上)のうち、地下水低下速度等を考慮した結果、崩壊の危険性があるものは約 3 分の 1 と判断した。この箇所について、無限長斜面安定式による安全率が 1 となるときの層厚を図-4 に示す。その結果、平成 22 年度モデルの層厚式に比べて、

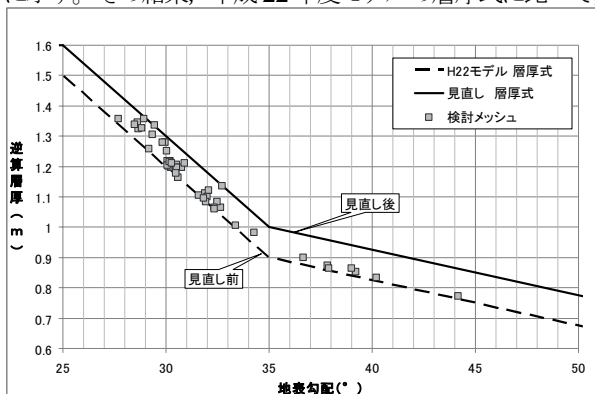


図-4 満水で「警戒」(赤)判定にならない区域のうち、崩壊危険斜面を含むメッシュの層厚の見直し

+10cm の実線で示す式とすることが適当であることが分かった。よって斜面崩壊の危険性がある土砂災害警戒区域については、危険度の高いメッシュの層厚式を見直すことで、より適切な判定となるように改良できた。

2.3 少雨モデル降雨による検討

上記までの調整した地形モデルに対し、連続雨量 100mm, 200mm のモデル降雨を与えて判定状況を検証した。その結果、連続雨量 100mm で「警戒」(赤)判定となるメッシュが 13 メッシュ、連続雨量 200mm で「警戒」(赤)判定となり、降雨終了後 24 時間以上判定が継続するメッシュが 5 メッシュあった (述べ 16 メッシュ)。これらのメッシュについて、無限長斜面安定式により表土層厚を 10cm 減じる処理を採用した。

3 改良の効果

急斜面や 0 次谷で層厚を見直すことにより、台風 12 号・15 号の再現計算では、空振りが減少し、災害実績に近づいた。また、満水条件での土砂災害警戒区域 (急傾斜地の崩壊) の判定結果の内訳を表-1 に示す。これによると 21 の警戒区域が、満水条件で「警戒」(赤)判定へと改善された。

表-2 満水の土砂災害警戒区域 (急傾斜地) の判定結果

分類	急傾斜地警戒区域個数 (H22モデル)	急傾斜地警戒区域個数 (見直しモデル)
満水条件で赤判定となる区域	503	524
満水条件で赤判定とならない区域		
斜面勾配 30° 未満	266	265
斜面勾配 30° 以上	114	104
人工改変地のみ	43	33
計	926	926

また、連続雨量 100mm で「警戒」(赤)判定メッシュが解消され、200mm で「警戒」(赤)判定メッシュの降雨終了後 24 時間以上判定が継続するメッシュは皆無となり、判定の長引きも解消された。更に、改良の効果は昭和 42 災害の再現計算でも確認することができた(表-3)。また、「警戒」(赤)判定となったメッシュの周囲 50m エリアまでを「警戒」(赤)と置き換える処理を行なうことで捕捉率が 87.6%に高まることも確認された。このように解像度を粗くする処理により、さらに信頼感のある情報化が可能と考えられた。

表-3 崩壊予測モデル改良の計算結果 (S42 災害)

	H22 試験運用当初	H22 改良モデル	H23 (本報告) 改良モデル
適中率 $= (A+D)/(A+B+C+D)$	94.9	96.3	95.9%
捕捉率 $= (A)/(A+B)$	63.9	58.3	71.1%
空振率 $= (C)/(C+D)$	4.3	2.8	3.4%
見逃率 $= (B)/(A+B)$	36.1	41.7	28.9%

実績	予測	発生予測	非発生予測
崩壊発生	A	B	
崩壊非発生	C	D	

4 むすび

試験運用の実降雨やモデル降雨による検証、現地調査を反映した見直し改良をおこなうことで、リアルタイム型のハザードシステムの精度向上を果たすことができた。今後も、実降雨を用いて検証し、メンテナンスを行なっていく。

参考文献：

- 1) 沖村ら、豪雨による土砂災害を対象としたリアルタイムハザードシステムの構築、新砂防、63 (6)、4-12、2011。
- 2) 沖村ら、豪雨時における土砂災害を対象としたリアルタイムハザードシステムの改良、平成 23 年度砂防学会研究発表会概要集、2011。
- 3) 沖村ら、豪雨時における土砂災害を対象としたリアルタイムハザードシステムの試験運用、平成 23 年度砂防学会研究発表会概要集、2011。
- 4) 沖村ら、豪雨時における土砂災害を対象としたリアルタイムハザードシステムの試験運用 (その 2)、平成 24 年度砂防学会研究発表会概要集、2012。