

土砂災害リアルタイムハザードシステムの活用に向けた取り組み
 —有馬層群における崩壊形態の特徴と再現性の検討—

(一財) 建設工学研究所	沖村 孝	神戸市立工業高等専門学校	鳥居 宣之
兵庫県県土整備部土木局砂防課	高谷 和彦	(株)ダイヤコンサルタント	鏡原 聖史
国際航業(株)	原口 勝則	応用地質(株)	中川 渉
応用地質(株)	○伊藤 正美	応用地質(株)	山内 政也
応用地質(株)	中尾 直美	応用地質(株)	北田 憲嗣

1. はじめに

兵庫県では、表六甲山系を対象としてリアルタイム型のハザードマップシステム（箇所別土砂災害危険度予測システム、図-1）¹⁾を構築した。本システムは、平成24年4月より運用を開始しており、その後も実績降雨をもとに解析モデルの継続的な改良を実施している²⁾³⁾。本ハザードマップシステムでは対象領域を10m格子でメッシュ化し、①地下水位算定モデルおよび②斜面安定解析モデルの2つの解析モデルから斜面の安定性を評価している。これまでの検討から、地形地質条件ごとにモデルパラメータの標準値を設定している。

本報告では、表六甲山系の対象範囲を拡大し、兵庫県西宮市全域、芦屋市全域及び宝塚市の一部において、本システムを活用するため、写真判読や現地調査による地質調査から解析モデルの改良を検討した事例について述べる。

2. 対象地域の地形地質概要

対象地域は、兵庫県西宮市及び芦屋市、宝塚市の一部である。対象地域の地質区分図を図-2に示す。

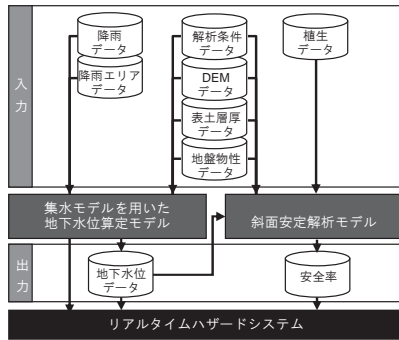


図-1 ハザードマップシステムの構成

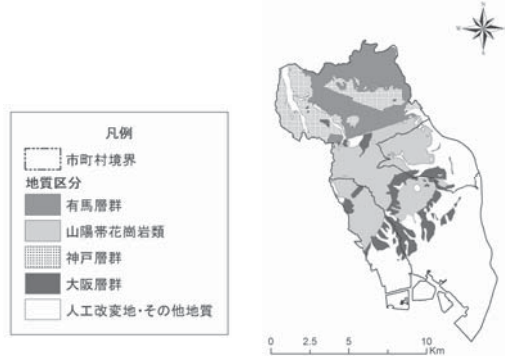


図-2 対象地の地質区分図

対象地域の南部は沖積層や埋立地から成る低地である。中部は大起伏山地（標高900~600m）の六甲山地が分布しており、主に山陽帯花崗岩類よりなる。斜面裾部には大阪層群や段丘層が分布している。北部は標高300m程度の小起伏山地に分類され、有馬層群（主に流紋岩質熔結凝灰岩）やそれを覆う古第三紀の神戸層群よりなる。

3. 対象地域における土砂災害特性

対象地域における土砂災害特性を検討するため、過去に発生した土砂災害を対象に、空中写真判読および現地調査を行った。対象とする災害は、1967年7月豪雨災害および2014年8月豪雨災害とした。

災害発生当時の降雨状況を図-3に、写真判読による地質区分毎の崩壊箇所数を図-4に示す。両災害ともに有馬層群や花崗岩類分布域で多く崩壊が発生している。崩壊発生前の10mDEMから算出した崩壊地の傾斜角分布を図-5に示す。最も崩壊箇所数が多かったのは、有馬層群で傾斜角が30~35°、花崗岩分布域では傾斜角が35~40°の斜面であった。

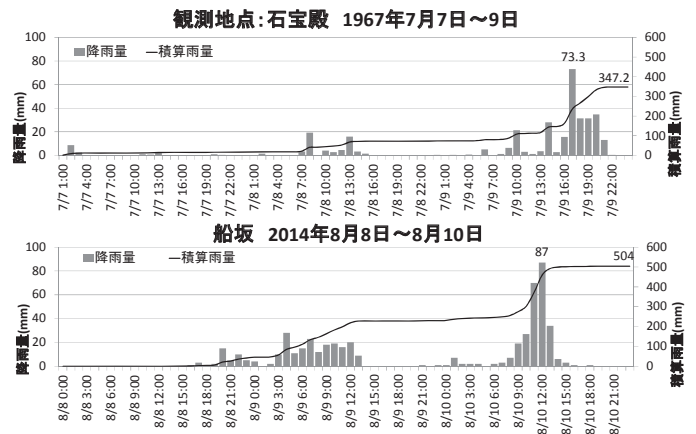


図-3 既往災害時の降雨状況

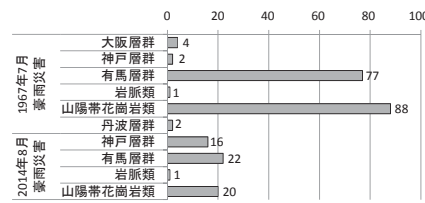


図-4 地質区分毎の崩壊箇所数

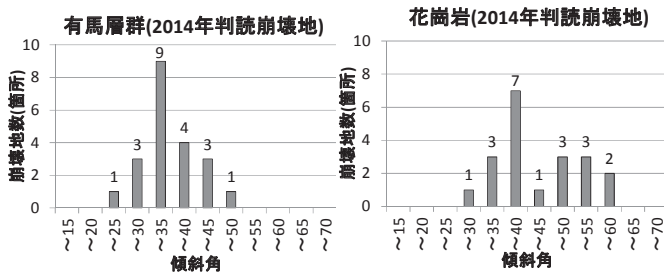


図-5 崩壊地の傾斜角頻度分布

地形地質条件ごとにモデルパラメータの標準値の設定を行って感度解析を行ったところ、花崗岩分布域に比べ有馬層群分布域では崩壊の捕捉率が低かった。そこで、解析モデルで再現できなかった崩壊地(見逃し箇所)を中心に空中写真判読の見直しや現地調査を実施した。調査結果から、花崗岩分布域では集水地形に崩壊が多く分布しているのに対し、有馬層群分布域の中でも特に見逃し箇所は、集水面積の小さい尾根周辺に分布しており、以下の2つのタイプに分けられることが明らかになった(図-6)。

【タイプ①】起伏量大きい急崖地形の遷急線付近における崩壊：対象地域西縁部を流れる武庫川沿いには、頂部小起伏面の東側の縁をなす起伏量大きい急崖地形がみられる。急崖の遷急線の水平幅40m程度に過去の崩壊地が集中しており、急崖の遷急線付近で風化の進行により斜面強度が低下していると考えられた。

【タイプ②】小起伏面の尾根付近の崩壊：有馬層群分布域には、斜面長や尾根幅が10~20m前後の小起伏面が形成されている。小起伏面内では、遷急線と遷緩線に挟まれた幅20m程度の急斜面内に崩壊跡地が連なるように分布し、背後には段差地形が認められた。崩壊面に出現する地質は、有馬層群の強風化層であり、現地の土層厚がモデルよりも厚く、パイピング孔などを伴っていた。これらから、小起伏面における急崖部の下方で発生した崩壊をきっかけとし、後退性の崩壊が追従することで遷急線を越えて傾斜の緩い尾根付近まで崩壊し、一連の崩壊となっていると考えられた。このため、崩壊地の傾斜角の頻度分布が花崗岩と比べ有馬層群の方が緩斜面で発生していると考えられた。

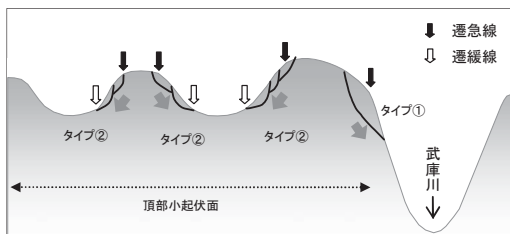


図-6 遷急線周辺における崩壊イメージ

4. 解析モデルの構築

4.1 急崖地形肩部の不安定斜面の設定

現地調査および空中写真より、武庫川沿いの遷急線を判読し、遷急線水平幅40mのエリアを不安定斜面として抽出した。現地状況から遷急線付近の斜面の不安

定性の評価として、モデル物性値の粘着力 c を標準値から 1kN/m^2 低減することとした。

4.2 頂部小起伏面の不安定斜面の設定

現地調査および空中写真より、遷急線および遷緩線を判読し、遷急線および遷緩線に挟まれる範囲や、遷緩線が明瞭でない場合は遷急線沿い幅20mの範囲を不安定斜面として抽出した。現地状況から強風化層の評価として、モデル物性値の粘着力 c を標準値から 2kN/m^2 低減し、内部摩擦角 $\phi=35^\circ$ とすることとした。

また、現地調査結果より、緩斜面ではモデル設定値より土層厚が厚い傾向が確認されたため、現地データを基に、有馬層群全体の層厚を変更した。

5. 解析モデルの精度検証

1967年7月豪雨災害および2014年8月豪雨災害を対象として、精度検証を行った。再現対象である実際の崩壊の発生位置とモデルの安全率が1.0未満となり崩壊判定が出た計算セルの位置を比較し、捕捉率といった指標からその精度を検証した(表-1)。捕捉率をみると、1967年7月豪雨災害では81.2%→89.7%、2014年8月豪雨災害では23.4%→70.8%となり、モデル改良による精度の向上が確認された。

表-1 対象地域の有馬層群分布域の精度計算結果

検証対象		適中率	捕捉率	空振率	見逃率
モデル 改良前	1967年7月豪雨災害	94.5%	81.2%	5.4%	18.8%
	2014年8月豪雨災害	97.3%	23.4%	2.6%	76.6%
モデル 改良後	1967年7月豪雨災害	94.0%	89.7%	6.0%	10.3%
	2014年8月豪雨災害	96.8%	70.8%	3.2%	29.2%

$$\text{適中率} = (A+D) / (A+B+C+D)$$

$$\text{捕捉率} = (A) / (A+B)$$

$$\text{空振率} = (C) / (C+D)$$

$$\text{見逃率} = (B) / (A+B)$$

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

6. おわりに

写真判読や現地調査から把握された地質特有の崩壊特性を考慮した入力データを用いることにより、モデルの精度を向上することが可能となった。現地調査では、断層による局所的な崩壊要因が確認されている。今後はこのような局所的な崩壊要因について、崩壊要因を抽出する方法やそのモデルへの設定方法についても検討を進めていく予定である。

参考文献：

- 1) 沖村ら, 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, 平成22年度砂防学会研究発表会概要集, 2010.
- 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試験運用, 平成23年度砂防学会研究発表会概要集, 2011.
- 3) 沖村ら, 土砂災害リアルタイムハザードシステムの活用に向けた取り組みー平成26年度に発生した土砂災害による検証ー, 平成27年度砂防学会研究発表会概要集, 2015.