

# 破碎帯地すべり地における地下水位の降雨応答解析

## Response analysis between precipitation and ground water level in a shear zone landslide area

○中里裕臣\*・海野寿康\*・井上敬資\*・高木圭介\*\*

Hiroomi NAKAZATO, Toshiyasu UNNO, Keisuke INOUE, and Keisuke TAKAGI

### 1. はじめに

我が国では年々豪雨，地震により中山間地域の農地やその背後の自然斜面における斜面災害が広範囲に発生しており，農業生産や生命財産に甚大な影響を及ぼしている．これらの農地災害による人的被害及び作物・生産施設等の被害を軽減するためには，災害発生予測と的確な防災情報の発信を可能にする農地災害ハザードマップの整備が必要である．このため，演者らはレーダアメダスによるリアルタイム解析雨量及び短時間予測雨量を基にして，農地地すべりの安定度の変化を予測するシステム開発を行っている．本報告ではこのシステムの中核となる降雨－地下水位応答について四国の破碎帯地すべり地域で検討した結果について述べる．

### 2. 農地地すべり危険度予測システムの概要

地すべりの安定度は，すべり面に作用するせん断応力とこれに対向するせん断抵抗力との釣り合いで記述される（式1）．式1は式2の様書き表せる．

$$\text{安全率 } F_s = \frac{\text{移動土塊のせん断抵抗力の合計}}{\text{移動土塊のせん断応力の合計}} \quad (\text{式1})$$

$$\text{安全率 } F_s = \frac{c'L + (W \cos \theta - uL) \tan \phi'}{W \sin \theta} \quad (\text{式2})$$

ここに  $W$ :移動土塊の重量(N/m)， $L$ :すべり面の長さ(m)， $\theta$ :すべり面の傾斜(°)， $c$ :すべり面粘土の有効粘着力(N/m<sup>2</sup>)， $\phi'$ :すべり面粘土の内部摩擦角(°)， $u$ :すべり面に作用する間隙水圧(N/m<sup>2</sup>)である．式2から，地すべり土塊形状およびすべり面の性質に変化がない場合，すべり面に作用する間隙水圧の変化がわかれば安全率の変化が評価できることがわかる．しかし，一般的な地すべり対策事業地区ではすべり面の間隙水圧そのものを対象とした観測が行われることは希で，多くの場合調査ボーリング孔をオールストレーナ加工した保孔管で仕上げた水位観測孔により孔内水位観測が行われている．このような観測孔では，地すべり土塊内の不透水層の影響により地下水が静水圧分布を示さないことから，孔内水位がすべり面に作用する間隙水圧を代表しないことが指摘されている（桧垣ら，1991 など）．さらに，重要な保全対象がある場合を除いて，これらの水位観測孔に自記水位計が設置され，その上オンライン観測が行われることは少ないため，間隙水圧や孔内水位データをリアルタイムに把握し，地すべりの安全率変化を直接的・リアルタイムに把握することは困難な状況にある．このため，ここでは1kmメッシュの解析雨量が公開され，よりきめ細かい雨量分布がリアルタイムで把握できるレーダアメダス情報を利用し，信頼性の高い自記水位データのある地点で降雨－水位応答を定式化し，降雨状況から周辺の地すべりの安定度の評価を行うシステム構築を考えた．その手順は以下の通りである．

- (1) 地下水位データ収集及び降雨応答解析
- (2) 模式断面における地下水位（間隙水圧）－安全率変化の検討
- (3) レーダアメダス解析雨量に基づく安全率変化予測

\* (独) 農研機構，農村工学研究所 National Institute for Rural Engineering,\*\*中国四国農政局 Chugoku- Shikoku Agricultural Administration Office, 地すべり，実効雨量，地下水位，ハザードマップ

### 3. 破碎帯地すべり地における検討

我が国の地すべりの多くを占める第三紀層地すべりでは泥質岩を基岩とすることが多く、桧垣ら(1991)も指摘しているように地すべり土塊中の地下水分布は複雑であることから、単純な降雨-水位応答モデルの成立が期待できない。一方、第三紀層地すべりに比べ地すべり土塊の透水性が高いと期待される破碎帯地すべりでは、移動量と地下水位が高い相関性を示す報告もあり(土江・河相, 2006)、降雨状況から地下水位を経由して地すべりの安定度を評価できる可能性が高い。また、降雨から地下水位変動を予測する手法については、松浦(2004)により実効雨量による手法、応答関数を利用する手法、タンクモデルを用いる手法、浸透流解析を用いる手法などがあげられているが、ここではまず最もパラメータの設定が簡単な実効雨量を用いる手法を採用した。

対象とした試験地は、地下水位の自記観測データが豊富な高知県大豊町の直轄地すべり対策事業高知三波川帯地区であり、総数 60 孔あまりの自記記録の内、降雨応答が認められた約 20 孔について以下の解析を行った。なおこれらの孔では地すべり斜面上部ほど水位変化幅が大きい傾向が見られた。

解析には 2004 年の豪雨を含む 2003.1.1 ~ 2006.1.1 の時間雨量データ及び毎時の地下水位自記データを用い、GSI 社製雨量データ解析システムにより、最大半減期 155 時間、最大遅れ時間 100 時間までの範囲で水位変化と高い相関の得られる実効雨量を求めた。

結果の 1 例を図 1 に示す。この結果では期間水位全体に対しては半減期 101 時間、遅れ時間 2 時間の実効雨量が最高の相関(0.89)を与える。しかし、最高水位を記録した降雨については予測地下水位は過小評価となっており、地すべりの安定解析上問題となる最高水位を与える降雨状況を必ずしも再現しないことが明らかになった。

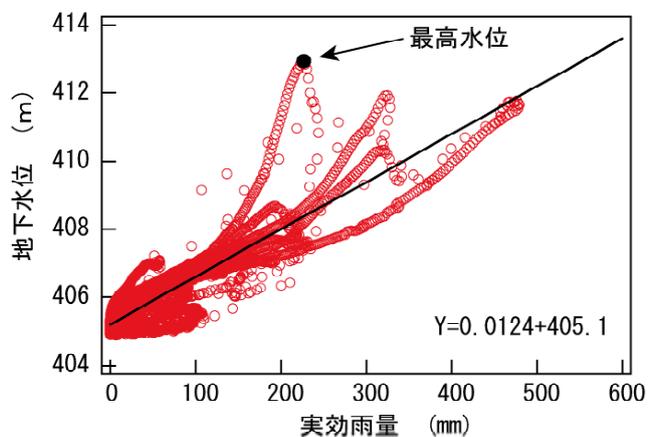


図 1 実効雨量-地下水位相関解析結果例

### 4. おわりに

今回は、2004 年豪雨を含む 3 年間の水位変動と最も相関の高い単一の実効雨量を求めたが、地下水位(孔内水位)変化には通常降雨に対する応答と、豪雨に対する応答の異なるモードが見受けられた。今後は、特に豪雨時の水位変化を説明できる実効雨量評価法を検討し、代表的断面における安定解析諸元と移動量データに基づき予測水位の妥当性を検証し、地下水位の実測データが少ない地域にも適用可能なレーダアメダス情報を利用する地すべり安定度のリアルタイム予測システムの実用化を図る。なお、本研究は「平成 18 年度先端技術を活用した農林水産研究高度化事業、ため池等の低コスト改修・高度防災情報による防災対策技術の開発」および「平成 18 年度高知三波川帯農地保全事業地すべり地土砂災害危険度評価検討委託業務」の一環として実施した。

#### 参考文献

- 桧垣大助・丸山清輝・吉田克美・吉松弘行(1991)地すべり地における間隙水圧変動の観測, 地すべり, 28(3),9-16.
- 松浦純生(2004)積雪地帯における降水の到達過程と地下水および地すべりの挙動(その 3), 地すべり技術, 30(3), 12-22.
- 土江博・河相泰信(2006)高瀬地区の観測システムについて, 第 61 回農土学会中四支部講演会講演要旨集, 139-141.