

## Lecture

## 現場で役に立つ地すべり工学 第9回 Key points in field work for landslide engineers No.9

## 4. 監視と予測

## Monitoring of landslide movement and forecasting of slope failure occurrence

木村隆俊／(株)アイエスター

Takatoshi KIMURA／Institute of Slope Technology Co., Ltd.

横山 昇／(株)アイエスター

Noboru YOKOYAMA／Institute of Slope Technology Co., Ltd.

## 4.3 警戒避難基準

## 4.3.1 警戒避難基準値の設定方法

土砂災害全般についてのリスクマネジメントについては、亀田ら（2002）が現状と今後の課題について検討を加えており、斜面崩壊のリスク評価に関しては降雨強度と斜面崩壊の発生確率について検討し、リスクマネジメントが行われている。一方、地すべりについては、降雨に連動するものとそうでないものがあり、一概に降雨強度でリスク評価を行うことはできない。また、地すべりの運動特性は、緩慢な動きの中で運動速度の増減を繰り返しながら進行していくことが多く、崩壊等の他の土砂災害に比べて保全対象への影響が長期に及ぶ代わりに、計器による監視が十分に行えて、地すべり崩壊が発生する場合の予知・予測が行える場合がある。

地すべりの警戒避難については、地すべりがおおきく変動し最後に地すべり崩壊が発生する兆候を把握し、崩壊が発生する前に避難を実施することを目的とする。このためには、次の3段階の手順を踏むことが必要である。

- ①地すべりが発生した後、適切な位置に設置した計器でモニタリングを実施すること。
- ②モニタリングで地すべりの通常時の状況を分析把握すること。
- ③地すべりが定常状況から逸脱した場合に、迅速にその状況を把握・分析し、地すべりが今後どのような挙動をとるかを確に予測すること。

また、これらの手順を踏んで警戒避難体制を確立するためには、管理基準に段階を設けて、その基準値をあらかじめ設定しておき、モニタリングによって得られたデータに基づいて各管理段階に応じた体制をとるようにする必要がある。したがって、警戒避難基準と警戒避難体制は、一組のものとして確立しておく必要がある。

警戒避難体制については、今回の講座で詳細に述べるので、今回の講座では管理基準値とその設定事例について述べる。

道路土工 のり面工・斜面安定工指針（1999）によると

「かなり活発な地すべり運動が発生していると判断するための変動量の目安として、

- (a) 伸縮計で1 mm/日以上が10日間連続

- (b) 伸縮計で1 cm/日以上が2日以上連続

- (c) 地盤傾斜計で1週間の累積傾斜量（継続累積）100秒以上

- (d) 地盤傾斜計で1週間の平均傾斜変動量が30秒/日」が記載されている。

「また地すべり地内への立ち入り制限を行う目安として

- (e) 伸縮計で2 mm/時以上が2時間以上継続

- (f) 地盤傾斜計で傾斜量の累積が認められ、かつ1日の最大傾斜量が100秒以上」

としている。

以上のように、伸縮計と地盤傾斜計を地すべり変動監視の計器として用いているが、最近発生した地すべりでは、伸縮計、GPS（global positioning system）、光波測距儀（total station system, etc）などの移動量を直接測定する計器での監視が多くなってきている。これは、計器の測定精度と信頼性が向上したためであり、地盤傾斜計は、地面の傾斜変化を計測する計器では、直射日光や降雨の影響により局部的に地面が傾斜変化を生ずる場合があり、誤報を生じることがあって、信頼性が低いと考えられる。

過去に発生した地すべり崩壊事例や、前講座の4.2で記述した地すべりの崩壊予測の方法も参考にすることが肝要である。

地すべりに対する管理基準は、多くは次の3段階に区分されている。

- ①注意体制：注意体制は、地すべりが変動し始めたり定常状態から逸脱しそうになったときにとる体制で、通常よりもモニタリングの頻度を上げたり計器の数を増やして地すべりの挙動監視を強化する。
- ②警戒体制（避難準備体制）：地すべりの移動速度が増加し、崩壊が発生する可能性が高くなった段階で、専門家によるモニタリングデータの吟味を厳密に実施し、危険度の判定を行う。
- ③避難体制：地すべりの移動速度が大きくなり、地すべり崩壊が予測されるようになって、住民の避難や、地すべり地内への立ち入りも禁止、道路の通行止め、並びに2次被害についても対応をとる。

これらの管理基準値を設定するために、過去の事例で、

崩落した地すべりの移動量から求めた移動速度等を一覧表にして表-4.3.1に示す。この表によると、変動が認識されてから計測が行われた地すべりでは以下の通りである。

- ①定常移動速度（変位が一定速度で推移している状態）：0.04mm/hから1.65mm/h程度。これより大きな値を示している地附山地すべりは、計測は最終段階で行われているため、またくろしお鉄道はいきなり3次クリープに入ったためと思われる。
- ②3次クリープの始まり（速度が増加し始めた時のひずみ速度）：1.5mm/hから7mm/h程度。
- ③3次クリープから崩壊発生までの残り時間（避難基準の2mm/hを超えたところから地すべり崩壊が発生するまでの残り時間）：20時間から1000時間

一般的にいわれている、警戒避難基準の2mm/hまたは、4mm/hと3次クリープの始まりとほぼ一致しておりこの基準は、妥当な基準として考えることができる。

また、一般的な傾向として、大規模な地すべりでは崩壊までの残り時間が長く、小規模な地すべりほど残り時間は短い傾向がある。

しかしながら、地すべりは表-4.3.1に示すように崩壊までには様々な変動速度を示し、地すべり崩壊が発生するまでの時間は、地すべりの斜面勾配、地すべりの規模、すべり面の形状、地質状況や、地下水状況の影響を受け、長くなったり、短くなったりすることがあるので、管理基準値は地すべりの特性をよく検討し、有識者による現地踏査結果を踏まえた意見を取り入れて決定する必要がある。

#### 4.3.2 警戒避難基準値の設定事例

地すべり災害警戒避難の対象は、住民、道路通行、鉄道運行、ダム試験湛水、地すべり対策工事施工中（調査観測含む）の安全管理などがある。また、地すべり変動の監視についても地盤伸縮計、地盤傾斜計、地中伸縮計、孔内傾斜計などの様々な変位測定や地下水位、降雨量が用いられている。ダムの試験湛水時の監視の場合を除くと、これらの計器の内、地盤伸縮計、GPS、光波測距儀等の変位量（変位速度）を測定する計器と降雨量で地すべりを監視している場合が多く、さらに移動量は時間あたりの移動量（移動速度）として監視されており、降雨量は、時間あたりの降雨量（降雨強度）と連続降雨量で監視されている。

警戒避難基準は、住民、道路通行を対象とした場合には、①注意体制、②警戒体制（避難準備）、③避難の3段階に区分して設定されている場合が多い。公表されている資料から、それぞれの地すべりについて、警戒避難基準値を一覧表にして、表-4.3.2に示す。この一覧表では、ダムの試験湛水の場合を除くと、管理基準値は伸縮計と雨量計（大雨注意報・警報を含む）で設定されており、伸縮計の場合、2mm/hで注意体制、2～4mm/hで警戒体制（避難準備）、2～10mm/hで避難となっている。仙山峠では、道路の通行止めの措置のみであるので、40mm/hとなっている。

また、計器による観測では、計器異常や測定異常により大きく変動したように見える場合があるが、これらの異常があるか否か現地の確認を必ず行い、斜面の変状であることを確認した後それぞれの体制をとる必要がある

表-4.3.1 崩壊した地すべりの挙動一覧

| 地区名                | 定常移動速度<br>(mm/h) | 2mm/hを超えてから崩壊するまでの残り時間(時間) | 4mm/hを超えてから崩壊するまでの残り時間(時間) | 移動速度が加速を始めたときの速度<br>(mm/h) | 崩壊した時に計測されていた移動速度<br>(mm/h) | 文献                                 |
|--------------------|------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|-----------------------------|------------------------------------|
| 大塔村字井              | 0.04             | 45.36                      | 19.20                      | 1.48                       | 17.35                       | 藤澤ら<br>(2004)                      |
| 地附山                | 5.08             | 187.37                     | 180.17                     | 18.03                      | 89.75                       | 川上<br>(1986)                       |
| くろしお鉄道             | 2.71             | 36.70                      | 23.36                      | 4.60                       | 54.1                        | 高柳・細川<br>(2004)                    |
| バイオントダム            | 0.04             | 168.72                     | 31.44                      | 2.01                       | 6.28                        | D.Sornette<br>et.al<br>(2003)      |
| 柳谷地すべり             | 1.74             | 166.32                     | 73.68                      | 3.44                       | 88.80                       | 関ら<br>(1980)                       |
| La Clapière        | 0.54             | 1094.40                    | 537.60                     | 1.76                       | 7.57                        | D.Sornette<br>et.al<br>(2003)      |
| Chuquicamata<br>鉱山 | 1.02             | 794.64                     | 571.68                     | 7.10                       | 15.78                       | B.Voight,<br>B.A.Kennedy<br>(1984) |
| 高場山                | 1.65             | 182.15                     | 65.71                      | 7.29                       | 30.21                       | 山田ら<br>(1971)                      |
| 大井川擁壁              | 0.58             | 21.85                      | 17.31                      | 5.88                       | 13.76                       | 土屋・大村<br>(1989)                    |

表－4.3.2 地すべりの警戒避難基準の例

| 発生年      | 地区名       | 場所（発生当時）        | 崩壊発生 | 管理基準値                                                                                                                                           |                                                                                |                                         | 文献           |
|----------|-----------|-----------------|------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------|--------------|
|          |           |                 |      | 注意体制                                                                                                                                            | 警戒体制（避難準備）                                                                     | 避難                                      |              |
| 2004     | 大塔村宇井     | 奈良県吉野郡大塔村宇井     | 有り   |                                                                                                                                                 | S: 2mm/h, 2 時間                                                                 |                                         | 藤澤 (2004)    |
| 2004     | 市瀬        | 鳥取県八頭郡智頭町       | 有り   | S:2mm/h<br>S:50mm/day<br>R:10mm/h<br>R:35mm/day<br>大雨洪水注意報<br>WL:2m(河川水位)                                                                       | S:2mm/h<br>S:75mm/day<br>WL:3m(河川水位)                                           | S:10mm/h<br>S:100mm/day<br>WL:4m(河川水位)  | 西土井ら (2005)  |
| 2004     | 大呂        | 鳥取県八頭郡智頭町       | 無し   |                                                                                                                                                 | S:5mm/day<br>S:1mm/h<br>大雨洪水警報                                                 | S:10mm/day<br>S:2mm/h<br>R:20mm/h       | 丸毛・井筒 (2006) |
| 2004     | 上松        | 長野県長野市          | 無し   | R:10～15mm/h<br>R:累計 50mm<br>大雨注意報・警報                                                                                                            | S:4mm/h<br>R:16～25mm/h<br>R:累計 70mm                                            | S:4mm/h 2 回<br>R:16～25mm/h<br>R:累計 70mm | 原・藤井 (2005)  |
| 2003     | 錦ヶ浦       | 静岡県熱海市熱海        | 無し   | S:2mm/h                                                                                                                                         | S:2mm/h 2 回<br>R:15mm/h<br>R:60mm                                              |                                         | 藤澤ら (2004)   |
| 2003     | くろしお鉄道中村線 | 高知県窪川郡佐賀町       | 有り   | S:2mm/h 以下 3 時間                                                                                                                                 | S:2mm/h                                                                        |                                         | 高柳・細川 (2004) |
| 2003     | 仙山峠       | 島根県太田市・多伎町仙山峠   | 無し   | S:2mm/h<br>R:30mm/day<br>R:連続 100mm                                                                                                             | S:10mm/h                                                                       | S:40mm/h<br>(通行止めの基準)                   | 山根 (2004)    |
| 2002     | 横平        | 富山県上新川郡大沢町寺津    | 無し   |                                                                                                                                                 | S:10mm/day                                                                     | S:4mm/h<br>IC:10mm/h                    | 石橋 (2004)    |
| 1999     | 下石川       | 長野県 長野市         | 無し   | S:1～4mm/h<br>R:10～20mm/h                                                                                                                        | S:4mm/h<br>R:20mm/h<br>R:連続 80mm                                               | S:10mm/h<br>R:30mm/h<br>R:連続 130mm      | 土屋・白石 (2004) |
| 1993     | 落シ        | 富山県 東砺波郡 庄川町    | 無し   | S:変動発生<br>R:20mm/h<br>R:30mm/3h<br>R:50mm/day<br>R:連続 80mm                                                                                      | S:4mm/h<br>S:2mm/h, 3 時間<br>R:30mm/h<br>R:60mm/3h<br>R:100mm/day<br>R:連続 200mm |                                         | 富山県 (1997)   |
| 1990     | 松尾        | 福岡県八女郡立花町       | 無し   | S:1cm/day                                                                                                                                       | S:2mm/h                                                                        | S:4mm/h<br>R:連続 100mm                   | 福岡県 (1992)   |
| 1987     | 山際        | 大分県日田郡大山町       | 無し   |                                                                                                                                                 | S:4mm/h<br>S:20mm/day<br>R:20mm/h<br>R:50mm/3h<br>R:連続 80mm                    |                                         | 大分県 (1990)   |
| 1979     | 柳谷        | 愛媛県上浮穴郡柳谷村      | 有り   |                                                                                                                                                 | S:20mm/day<br>S:2mm/h<br>R:連続 50mm                                             | S:4mm/h<br>R:連続 100mm                   | 堀ら (1986)    |
| 2003     | 大滝ダム白屋    | 奈良県吉野郡川上村白屋     | 無し   |                                                                                                                                                 | S:10mm/day<br>気象警報                                                             | S:2mm/h, 2 時間                           | 大滝ダム (2003)  |
| 2000 (※) | 宇奈月ダム     | 富山県下新川郡宇奈月町     | 無し   | K:10 秒/day 以上 or 5 秒/day 3 日連続同一方向<br>IC:0.5mm/day or 0.2mm/day 3 日連続同一方向<br>LC:明瞭な荷重増加<br>SS:明瞭なひずみ増加 and 累積変動<br>VS:K 計, IC 計とともに明瞭な引張り変動が生じる |                                                                                |                                         | 長谷川ら (2003)  |
| 1989 (※) | 寒河江ダム     | 山形県寒河江市・西村山郡西川町 | 無し   | K:3 日連続 5 秒/day 一定方向へ累積<br>K:1 日だけでも 10 秒/day(累積が必要)<br>VS:3 日連続 1mm/day(引張り累積)                                                                 |                                                                                |                                         | 中村 (1989)    |

S:地盤伸縮計,R:雨量計,WL:河川水位,K:地盤傾斜計,IC:孔内傾斜計,LC:アンカー荷重計,SS:鋼管杭歪み計,VS:垂直伸縮計  
(※) 試験湛水の年

(図－4.3.1)。

通常地すべりが発生した後、変動状況に応じ、かつ各々の現場状態を踏まえて、警戒避難基準は設定されている場合は多いがそれぞれの体制の解除について設定されている場合は少ない。地すべりの場合、変動機構により何らかの要因で変動速度の増加に、息をつくような場合も時々見られることがあるので、それぞれの体制の解除は慎重に行う必要がある。出来れば、有識者による現地確認調査結果を踏まえ、応急対策の進捗状況も考慮し

て解除措置を執ることが望ましい。

現在の技術では、計測は自動で実施できるようになっており、データをリアルタイムで把握できるようになっているので、地域住民に対して地すべりの状況をインターネットで開示することも可能である。また、情報公開の観点から出来るだけデータを開示して、管理者と住民がともに同一データで地すべりに対して適切な対応がとれるようにすることが望ましいと考えられる。

以下、表－4.3.2に記載した各地区の特徴や、管理基

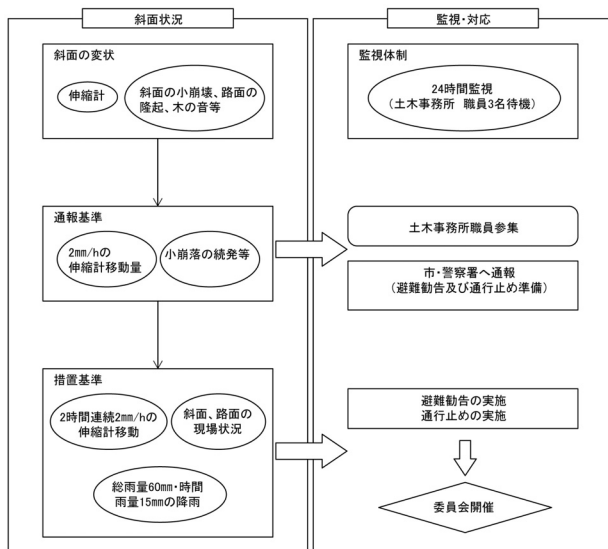


図-4.3.1 地すべり監視体制の例

準値の特性について述べる。

#### 1) 奈良県大塔村宇井地区

大塔村宇井地区の地すべりは、国道168号と山林の斜面で発生した地すべりで、近くに人家が無く、地すべりが発生しても直接人家に影響がなかった。このため、地すべりが大きく変動しそうな場合、国道を通行止めにするれば、人的被害が発生しないと判断し管理基準値を、通行止めにする基準として設定したため、警戒態勢のみの設定となっている。

#### 2) 市瀬地区

市瀬地区は、地すべりの末端部に千代川が流れており尚かつ狭窄部になっている。最初に発生した地すべりでは、崩壊土砂が千代川の狭窄部に達して、天然ダムを形成し、上流部の地区（人家、道路、鉄道等）が浸水する被害を生じた。このため、管理基準値として、地すべりの移動量を計測する、地盤伸縮計とGPS以外に、河川水位についても設定している。この地区では、地すべり地内に人家は存在しないが、地すべりの崩落により再び天然ダムが形成される可能性があったため、これらのことから、管理基準値には、伸縮計の変動量（変位速度）だけでなく、降雨による基準も取り込まれている。また、計測データはリアルタイムで処理し、インターネット上で誰でも、どこからでもアクセスできるシステムが導入されて、地域住民の安心が得られるようになっている。

#### 3) 大呂地区

大呂地区では、斜面最下部に北股川と、これと平行して主要県道津山智頭八東線が通っている。地すべりは、河床から約360m上方の尾根筋に位置し、尾根を跨いで高さ2～3mの滑落崖が発生している。また、地すべりが滑落した場合には、北股川天然ダムが形成され、その決壊により下流域に氾濫被害が発生することも考えられた。これらのことから、管理基準値には、伸縮計の変動量（変位速度）だけでなく、降雨による基準も取り込ま

れている。これらの状況から、地すべりの自動監視・観測システムが導入され、主要箇所には携帯電話による音声通報と、計測データのインターネット配信を実施して、データは何処でも、誰でも閲覧できるようにしている。

#### 4) 上松地区

上松地すべりは、地すべり末端部に一級河川浅川が流れており、地すべり頭部には民家が存在している。地すべりが崩壊した場合には、浅川の河道閉塞が発生し、その越流決壊により下流域に土石流被害が生ずることも想定された。このため、管理基準値には、伸縮計の変位量（変位速度）以外に、降雨量も取り込んでいる。

#### 5) 錦ヶ浦地区

錦ヶ浦地区は、熱海海岸沿いの熱海市内に位置し、伊豆半島に向かう唯一の国道135号（交通量：昼間12時間で15,000台）が通り観光旅館やリゾートマンションが林立している。

この地区での管理基準値は、表-4.3.2に示すとおりであるが、避難・通行止めの基準に達すると専門家による委員会を実施して、地すべりの状況を判定することになっていた。幸いにもこの地すべりは、応急対策として地下水排除工と押え盛土が実施され、当初20～30mm/日の変動量であったものが、3～5mm/日の変動速度に押さえられ、その後グラウンドアンカー工による恒久対策で地すべりは安定化した。

#### 6) くろしお鉄道中村線土佐佐賀地区

トンネル坑口付近で発生したこの地すべりは、斜面勾配は約45°で、極めて急峻であるため、亀裂発見からわずか7日間で崩壊してしまった。この地区は、幸いにも鉄道路線であったため、8日朝から通行止めの措置が執られており、人的被害はなかった。

この地すべりのすべり面深度は8mで崩壊土量は約5,000m<sup>3</sup>であり、地すべりとしては規模が小さかった。このような小規模の地すべりで、すべり面勾配が急なものは、崩壊までの時間が短く、警戒・避難に対して注意が必要である。

#### 7) 仙山峠地区

仙山峠地区は、鳥根県太田市と多伎町の境界に位置し、国道9号の切り土斜面に発生した地すべりである。この地すべりにより、国道9号は片側交互通行規制の規制を実施し、隣接民家の住民が避難する事態となった。地すべりの規模は、幅約50m、奥行き約50m、移動層の層厚は5～6mですべり面の勾配は約10°と緩やかであった。この地区では、2mm/hのほぼ一定の変位速度であったこと、主要な国道で常時監視が出来ることから、注意体制を2mm/hとし、警戒体制を10mm/h、通行止めを40mm/hと比較的大きな値としている。またここでは、通行止めを解除する基準も設定しており、4mm/h以下になると注意体制に移行するように監視基準を設定している。

## 8) 横平地区

富山県の横平地区は、神通川に面した急峻な斜面とその上部に緩やかあるいは、平坦な稜線部から形成されており、尾根末端部の幅170m、長さ180mの規模の地すべりである。地質は、中生代の手取層群の砂岩、泥岩、礫岩の互層が分布している。この地すべりでは、地すべり対策工施工中の安全管理のために表-4.3.2に示すような管理基準値を設定している。この地区では、工事の安全管理を主眼としているので、注意体制の基準値は設定されていない。ただ、工事時の異常把握のために対岸に超高感度カメラを設置して既設の光ケーブルを介して関係する機関にリアルタイムの映像を配信して監視することを併用していた。

## 9) 下石川地区

長野市の下石川地区は、傾斜15°程度のリング畑に発生した地すべりで、その規模は、幅100m、長さ180mであった。この地すべりでは、地すべり地内に通走路があり、地すべりの上部斜面には特別養護老人ホームがあることから、注意体制は1～4mmに設定されており、1日3回の定時パトロールを実施することとなっていた。警戒体制では、2時間おきのパトロールを実施し、同時に避難準備をすることとした。

この地区では、通走路を通り生徒や、老人ホームの住人など災害弱者が近くにいたため、細かな体制が設定され、安全管理が実施された。

## 10) その他の地区

表-4.3.2に記載しているその他の地区は、主に地すべり対策工を実施するための基準として警戒避難基準が設定されていて、移動速度や降雨量について基準を設けている。

## 11) ダム関連の地すべり

ダム関連の地すべりは、試験湛水時や、初期の運用時の管理基準として設定している。特に水上昇時や、下降時に地すべりの兆候があるか否かを早く把握する必要がある。このため、地すべりの監視に対しては様々な計器を配置し、地すべりの兆候が認められた場合には、ダム水位を一定に保持するようにしている。したがって、管理基準値は注意もしくは警戒体制のみ設定されている。

### 4.3.3 まとめ

前回と今回の講座で、地すべりに対する監視と予測について述べてきたが、モニタリングについて、適切な場所で計測が実施されている場合には、地すべりの崩壊予測はかなりの精度で行うことが出来、また管理値を適切に設定すれば、崩壊前に警戒・避難を行えることを示した。

また、最近になって技術の進歩とともに、インターネットによるデータの配信が可能となり、情報公開により管理者と地域住民がデータを共有することにより、共同し

て地すべりに対して取り組むことがふさわしい。また、現実に数例の情報公開を行っているところもある。

今後ともこのような例が増えることを祈りつつ、今回の講座を終える。

## 参考文献

- Barry Voight, B. A. Kennedy (1984) : Rockslides and Avalanches, 2, Chapter 17, Slope failure of 1967-1969, Chuquibambilla Mine, Chile.
- D. Sornette, A. Helmstetter, J. V. Andersen, S. Gluzman, J. R. Grasso, V. Pisarenko (2003) : Towards Landslide Predictions : Two Case Studies, arXiv : physics/0305067 Vol. 16, pp. 1-30.
- 藤澤和範・武田晴夫・原田敏雄 (2004) : 地すべりの監視と応急対策, 基礎工, Vol. 32-9, pp. 19-23.
- 藤澤和範 (2004) : 近年の地すべり災害の特徴とその対応, 土木研究所資料, 第3947号, 2004. 10
- 福岡県 (1992) : 松尾地すべり, 福岡県八女土木事務所, pp. 502-510.
- 原義文・藤井隆男 (2005) : 長野県における平成16年災害と警戒避難, 2005年地すべり学会シンポジウム
- 長谷川隆・小野慎吾・松本敏・細谷健介 (2003) : 宇奈月ダム貯水池周辺斜面における計測管理の問題点と今後の展望, ダム技術, No. 202, pp. 34-43
- 堀伸三郎・成田賢・関信雄 (1986) : 一般国道33号柳谷地区斜面崩壊の予測, 地質学論集, Vol. 28, pp. 259-272.
- 石橋克彦 (2004) : 横平地区地すべり対策事業-大規模岩盤地すべりの対策と監視体制-, 土木技術, Vol. 59, No. 9, pp. 49-55.
- 亀田雄二・低引洋隆・小橋澄治・水山高久 (2002) : 土砂災害におけるリスクマネジメント, 平成14年度砂防学会研究発表会概要集, pp. 164-165.
- 川上浩 (1986) : 1985年長野市地附山地すべりの災害調査研究, 信州大学工学部土木科, pp. 1-158.
- 丸毛裕治・井筒宏明 (2006) : 大呂地すべりに関する検討, 第45回日本地すべり学会研究発表会講演集, pp. 13-16
- 中村昌 (1989) : 寒河江ダム地すべりモニタリング計画, ダム技術, No. 31, pp. 39-48.
- 日本道路協会 (1999) : 道路土工 のり面工・斜面安定工指針, pp. 417-418.
- 西土井一宏・渡邊哲二・牧野裕至 (2005) : 千代川水系市瀬地区地すべり (発生機構・警戒避難・その対策), 砂防と治水, Vol. 164.
- 大分県 (1990) : 山際地すべり, 大分県日田土木事務所, pp. 84-85.
- 大滝ダム (2003) : 白屋地区亀裂現象対策検討委員会第1回委員会資料
- 高柳朝一・細川光 (2004) : 鉄道沿い斜面での崩壊予測と危機管理, 第43回地すべり学会研究発表会講演集, pp. 267-270.
- 富山県 (1997) : 落シ地すべり, 富山県福野土木事務所, pp. 26-27.
- 土屋智・大村寛 (1989) : 斜面崩壊時刻の予測法と適用結果について, 地すべり, Vol. 26, No. 1, pp. 1-8.
- 土屋好幸・白石秀一 (2004) : 長野市下石川地区で発生した地すべりの監視と広報, 地すべり学会誌, Vol. 40, No. 5, pp. 59-63.
- 山田剛二・小橋澄治・草野国重・久保村圭助 (1970) : 飯山線高場山トンネルの地すべりによる崩壊, 鉄道技術研究報告, No. 706 (施設編第304号), pp. 1-51.
- 山根裕市 (2004) : 仙山峠地すべり災害における監視体制について, 平成16年度国土交通省技術研究会報告  
(原稿受付2006年9月22日, 原稿受理2006年9月27日)