

[論文No. 17]

地すべり災害において実施したリアルタイム監視によるリスク管理について

株式会社藤井基礎設計事務所

○藤井 勇、藤井俊逸、永田和之

1. 事例の概要

検討地は平成21年6月の降雨により道路が被災した箇所である。道路の下側は地滑り的な地形をしており、地滑り頭部にある道路が沈下した。道路の山側及び下側には民家があり地滑りの進行が懸念された。すべりは泥岩をすべり面として発生しており、滑りの進行とともにすべり面の泥岩が強度低下することで地滑り移動速度が加速することが考えられた。

以上の地質的な判断より、本地では伸縮計を基準として災害時の安全管理を行った。

伸縮計は通常の現地読み取り式ではなく、10分毎に観測した結果を通信技術を使いインターネットのwebに表示し関係者で情報を共有し、基準値を超える伸縮量の場合は関係者へメールで知らせるものとした。

このような観測方式は一般的には通常のものよりも高価ではあるが、関係者の安全管理にかかる労力を大きく減らすことになるとともに、工事の安全に寄与することができる。

すべりに対するリスク（地質判断から想定される安定度、周辺の環境）から考えると、通信技術を使ったセンサーは有効となるが、このような機器の選定に関するマネジメント手法というのはあまり整理されていないのが実態である。

そこで、次の3ケースについて比較することでリスクマネジメントの観点から有効性を証明した。その結果、ケース1の通信技術を使った伸縮計による安全管理が有効であることがわかった。

ケース1. 通信技術を使った伸縮計により安全管理をする方法

ケース2. 従来の伸縮計を使って、ケース1と同レベルの安全管理をする方法

ケース3. 従来の伸縮計を使って、従来通りの計測を行う方法

2. 事例分析のシナリオ

災害発生初期に伸縮計の計測結果から、①すべり面の拡大による家屋倒壊リスク、②道路変状による道路通行不能リスク、③測量・調査・応急対策時の作業員の安全に関するリスクが予測された。

災害発生初期のリスクについて、押さえ盛土及び横ボーリングにより①及び②のリスクを回避し、リアルタイム計測により③のリスクを回避した。

ここではリアルタイム計測に着目しリスクマネジメント費用を整理する。

費用1. 計測器の設置・観測にかかる費用

費用2. 計測結果の整理にかかる費用

費用3. 計測結果の関係者通知にかかる費用

費用4. 安全監視員にかかる費用

3. データ収集分析

(1) 地すべりの状況とセンサーの設置状況

対象地の平面図及び断面図を図1、図2に示す。

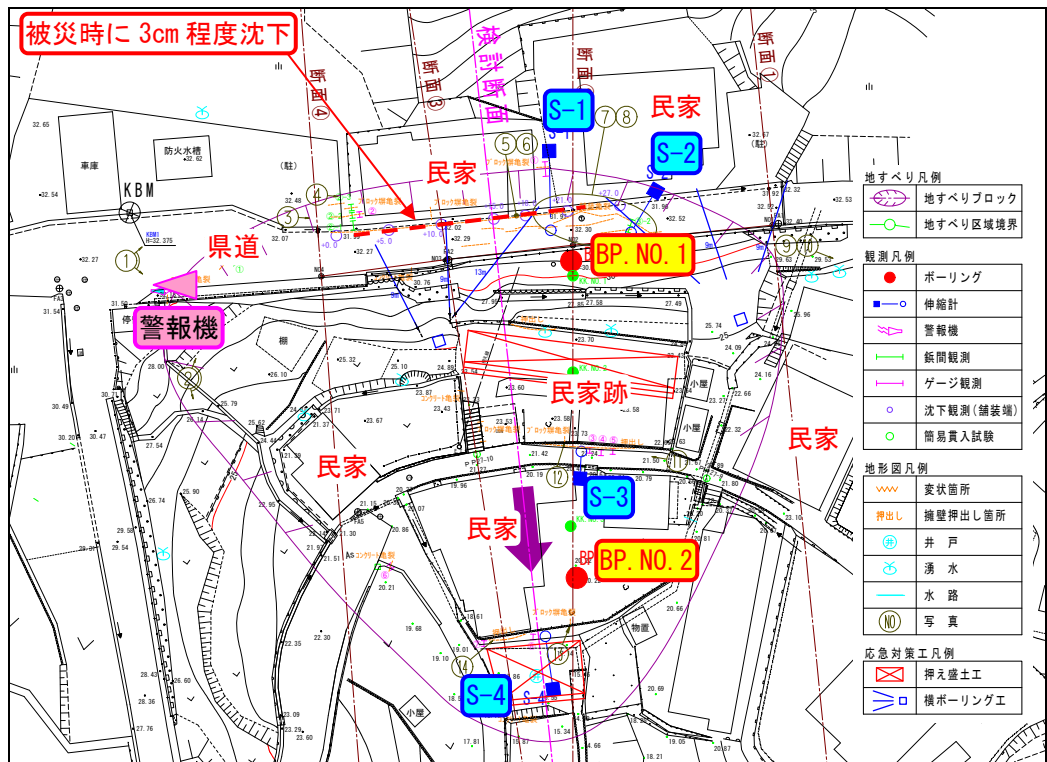


図1 平面図

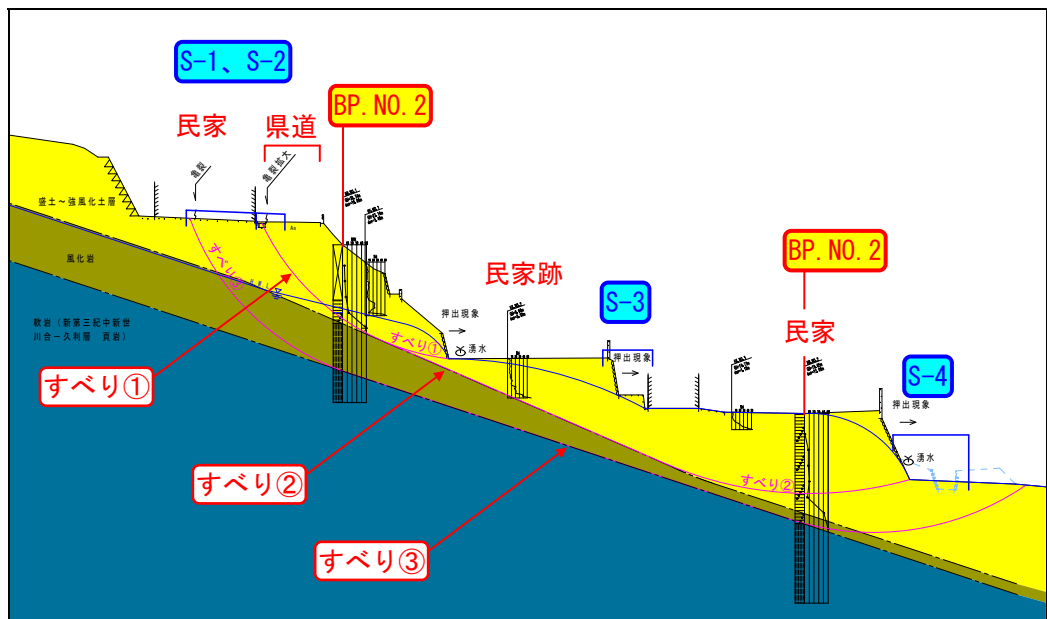


図2 断面図

(2) リアルタイム計測のシステム構成と各ケースにおける安全管理の特徴

リアルタイム計測のシステム構成を図3に、各ケースにおける安全管理の特徴を表1に示す。

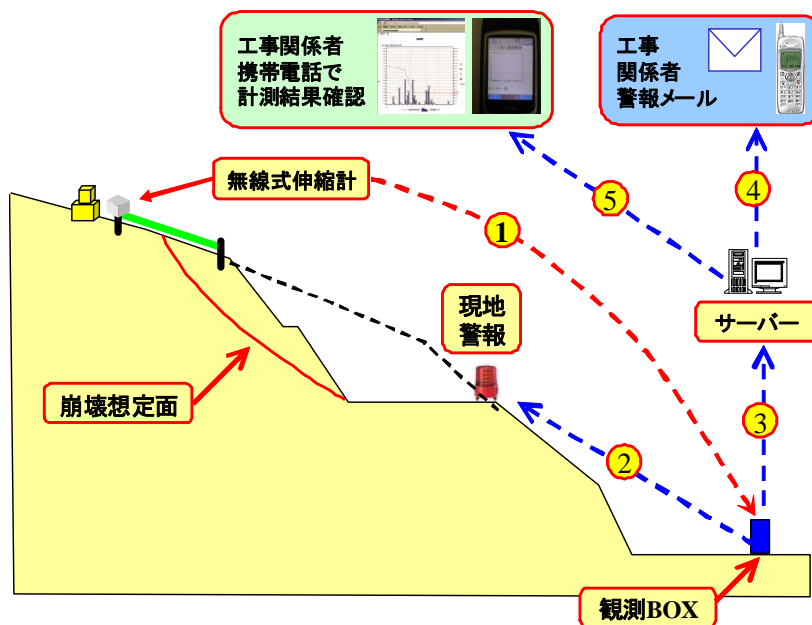


図3 リアルタイム計測のシステム構成

表1 各ケースにおける安全管理の特徴

| | ケース1 | ケース2 | ケース3 |
|----------------|---|--|---|
| 周辺民家及び作業員の安全性 | <ul style="list-style-type: none"> 伸縮計が基準の移動量に達すると携帯メールにて関係者へ通知。危険な現場に人が近づくことなく計測可能。 並びに現場周辺民家へ危険を知らせるためのサイレンがなる。 | <ul style="list-style-type: none"> 伸縮計移動量を現場で確認し関係者へ電話連絡。 現場で手動によりサイレン、または避難指示を行う。 | <ul style="list-style-type: none"> 1週間単位で伸縮量を確認する場合、豪雨等に連動した急激な移動量の把握はできない。また、観測時の伸縮量が不明であるため作業員の安全性が保証されない。 周辺民家の避難指示に支障がでることが予想される。 |
| データ取得の確実性 | <ul style="list-style-type: none"> 伸縮計の動きを確実に取得できる。 | <ul style="list-style-type: none"> 移動量が多い場合、危険なため避難しなければならずその後の動きは把握できない。 | <ul style="list-style-type: none"> 上記のとおり作業員の安全性が保証されない。 |
| 緊急対策工法選定に与える影響 | <ul style="list-style-type: none"> 継続的な観測データを確認し対策決定が行われる。 | <ul style="list-style-type: none"> 移動量が多い場合、観測データが不明なため作業員の安全性を考えると対策工を行うか否かの判断が困難。 | <ul style="list-style-type: none"> 作業員の安全性が保証されない上に対策工法決定に時間がかかる。 |

(4) 計測結果

本地の伸縮計移動量を図4、図5に示す。

図4は被災時のものであり、観測は7月1日昼の連絡を受けて設置作業を行い19時から開始した。設置後、雨量の減少とともに伸縮量の伸びが小さくなったことから押え土のうを設置した。応急対策により伸縮量は小さくすることができた。

図5は工事中のもので、工事中に押え土のうを撤去した際、降雨の影響を受けてすべりが進行した時のものである。リアルタイム観測の結果を受け早期に対処したことによりすべりの発生を抑止した。

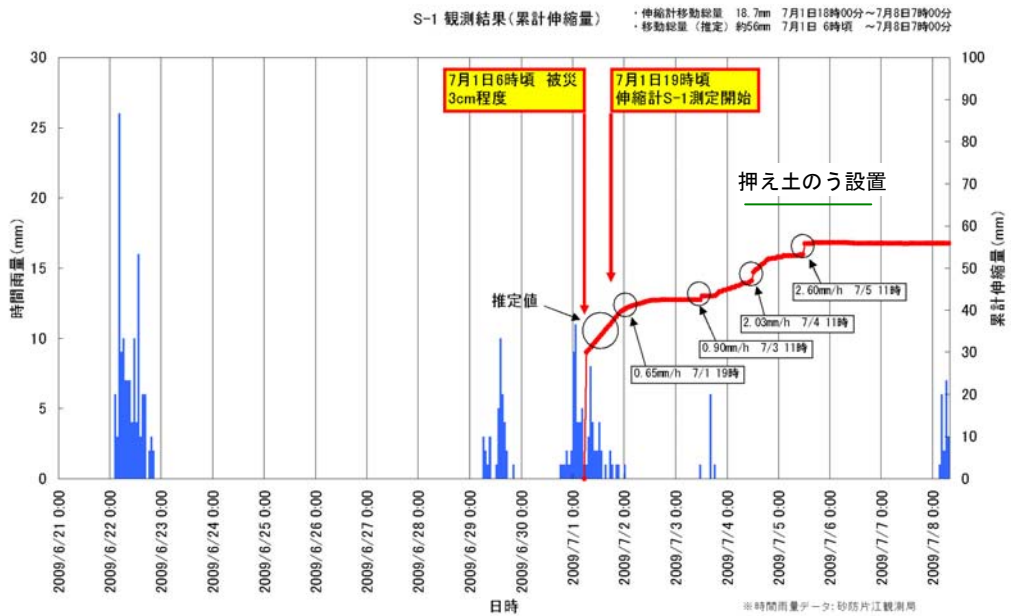


図4 伸縮計観測結果（被災時）

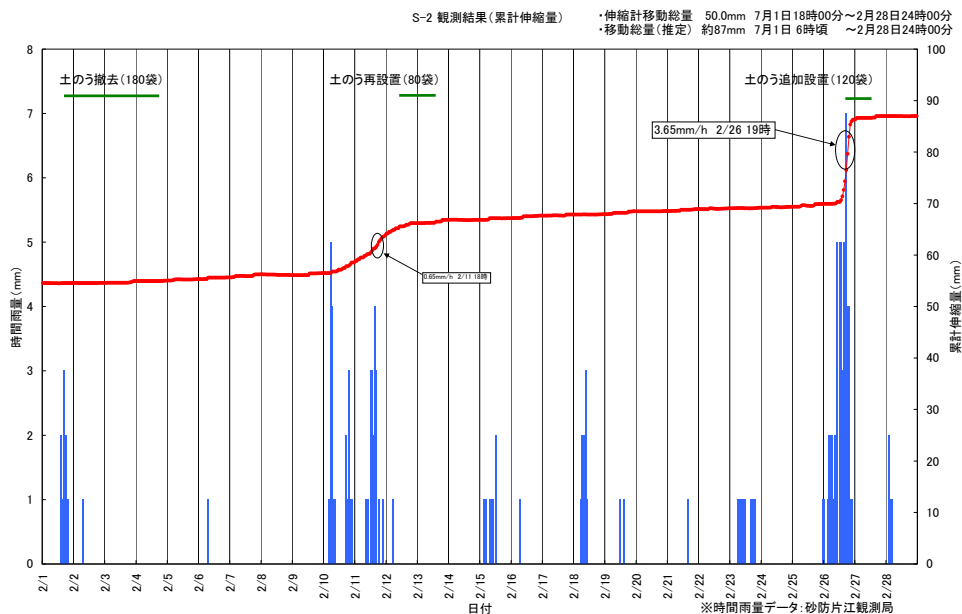


図5 伸縮計観測結果（押え土のう撤去時）

4. マネジメントの効果

リアルタイム計測と従来からの計測を実施した場合の考え方、コストを表2、表3に示す。

コスト比較では従来計測よりもリアルタイム計測が安くなる。また、サービス水準もケース2、ケース3と比較して以下の点で格段に優れている。

表2 各ケースのコストの考え方

| | ケース1 | ケース2 | ケース3 |
|------------|--------------------------------|--|---|
| ①計測器の設置 | 伸縮計4基、3ヵ月計測とする。 | | |
| ②計測結果の収集 | 10分毎に計測 | 1日毎に計測。最初の1週間は伸縮量を常時目視観測する。 | 1週間毎に計測 |
| ③計測結果のグラフ化 | 自動で行いwebに表示する。10分毎に更新。 | 通常は伸縮計のペーパーを持ち帰りグラフ化する。緊急時には電話により観測結果を報告し整理する。 | 伸縮計のペーパーを持ち帰りグラフ化する。 |
| ④現地安全管理コスト | 緊急時に避難指示を行う人員1名を配置する。 | 緊急時に避難指示を行う人員1名と目視観測を行う人員1名を配置する。 | 緊急時に避難指示を行う人員1名を配置する。 |
| ⑤家屋補償費 | 計測により危険を早期に把握。押さえ盛土を実施し被害を防いだ。 | 人が伸縮計を直接見て監視し危険を早期に把握。押さえ盛土を実施し被害を防いだ。 | 通常の1週間に1回の観測ピッチでは本地の急激な動きが確認できずに家屋が被災したものとして補償費を計上した。 |

表3 コスト比較

| | ケース1 | ケース2 | ケース3 |
|------------|-----------------|----------------------|-----------------|
| ①計測器の設置 | 277千円 | 277千円 | 277千円 |
| ②計測結果の収集 | 422千円 (10分毎) | 793千円 (1日毎) | 113千円 (1週間毎) |
| ③計測結果のグラフ化 | 105千円 | 160千円 | 53千円 |
| ④現地安全管理コスト | 485千円 (1人) | 2425千円 (1人+計測器1人) | 485千円 (1人) |
| ⑤家屋補償費 | 0千円 | 0千円 | 5000千円 |
| 合計金額 | 1,289千円 | 3,665千円 | 5,928千円 |

5. データ様式の提案

A. 地質リスクを回避した事例

| 大項目 | 小項目 | | データ |
|--------------|--------------|------|--|
| 対象工事 | 発注者 | | 島根県松江県土整備事務所 |
| | 工事名 | | S 地区 災害関連緊急地すべり対策工事 |
| | 工種 | | 応急対策 |
| | 工事概要 | | 大型土のうによる押え盛土 |
| | ①当初工事費 | | 計測を従来の方法で行っていた場合、地すべりの背後家屋への拡大を予知できずに、背後家屋に被害発生したものと、当初工事費を計上した。 5,298 千円(ケース3) |
| | 当初工期 | | --- |
| リスク回避事象 | 予測されたリスク発現時期 | | 災害発生時 |
| | 予測されたトラブル | | 背後家屋への 2 次災害 |
| | 回避した事象 | | 背後家屋への 2 次災害 |
| | 工事への影響 | | 背後家屋への被害を防いだことにより、背後家屋の撤去や、崩落土砂の処理などがなくなる。その結果、地すべり工事へすぐに入れる状態となった。 |
| リスク管理の実際 | 判断した時期 | | 伸縮計設置 1 日目(動きが活発) |
| | 判断した者 | | コンサルタント |
| | 判断の内容 | | 応急対策に緊急を要するという判断から、大型土のうを用いた押さえ盛土を実施 |
| | 判断に必要な情報 | | 通信技術を用いた伸縮計による安全管理システムからの警戒メール・及びインターネットで確認できる伸縮計グラフ |
| リスク対応の実際 | 内容 | 追加調査 | 通信技術を用いた伸縮計による安全管理システム |
| | | 修正設計 | 大型土のうを用いた押さえ盛土 |
| | | 対策工 | 大型土のうを用いた押さえ盛土 |
| | 費用 | 追加調査 | ケース1のコスト 1289 千円 |
| | | 修正設計 | 100 千円 |
| | | 対策工 | 押さえ盛土の工事費 1,000 千円 |
| | | ②合計 | 2,389 千円 |
| 変更工事の内容 | 工事変更の内容 | | 通信技術を用いた伸縮計による安全管理システム+押さえ盛土工事 |
| | ③変更工事費 | | ②にて計上済み |
| | 変更工期 | | 背後家屋が被災した場合は、3 ヶ月程度、その処理で要するので、3 ヶ月短縮として扱う。 |
| | 間接的な影響項目 | | 背後家屋が崩壊した場合、当然道路も閉鎖となるので、地域住民の利便性が低下する。また、背後家屋の住民が、行政に対する不信感をもたないで済んだ。 |
| | 受益者 | | 島根県 |
| リスクマネジメントの効果 | 費用(①-③-②) | | 5,928-(2,389)=3,539 千円 |
| | 工期 | | 3 ヶ月短縮 |
| | その他 | | --- |

