

斜面計測監視ICTシステム「ハモニス」の開発

宇津木 慎司¹・山本 浩之¹・大沼 和弘¹

¹ハザマ土木事業本部技術統括部（〒105-8479東京都港区虎ノ門2-2-5）



地すべり地帯や軟弱な地盤などにおける切土のり面やトンネル坑口などの人工斜面を造成する工事では、多種の地表計測器および地中計測器を地質状況や地山の変位状況などに応じて配置することにより、経時的な地山の変位状況を確認することが重要となる。今回、多種の計測データを、リアルタイムに統合してWeb上に整理するとともに、総合的な地山の安定性評価を独自に考案した判定手法により、専門家の手を借りず瞬時に確認できるシステムを開発した。本報では、本システムの概要を述べるとともに、明かり造成現場およびトンネル現場への適用例についても示す。

キーワード 地すべり、斜面、掘削のり面、トンネル坑口、自動計測、Webシステム

1. はじめに

地すべり地帯や軟弱な地盤などにおける切土のり面やトンネル坑口などの人工斜面を造成する工事では、多種の地表計測器および地中計測器を地質状況や地山の変位状況などに応じて配置することにより、経時的な地山の変位状況を確認することが重要となる。そして、これらの計測データは、工事中の安全性の評価や対策工の検討などの基礎資料になるとともに、状況に応じて構造物供用後の安全管理としても利用される。

従来、これらの斜面の安定性評価は、計測器に管理基準を超えるようなデータが発生した場合に、多種多様な計測結果を平面図および断面図に整理し、総合的に危険度を評価していた。しかしながら、既往の管理システムでは、各種計測器のデータがそれぞれ独立して整理されていたため、総合的な安定性評価・判定に時間がかかっていた。

そこで、今回、既往システムで個別に管理していた地表計測器および地中計測器で得られた多種の計測データを、リアルタイムに統合してWeb上に整理するとともに、総合的な地山の安定性評価を独自に考案した判定手法¹により、専門家の手を借りず瞬時に確認できるシステムを開発した²（図-1参照）。本報では、本システムの概要を述べるとともに、明かり造成現場およびトンネル現場への適用例についても示す。

2. システムの概要

(1) システム構築の目的

システム構築の目的は、地山不良箇所が分布する施工現場において、発生が懸念される土砂災害を未然に予知

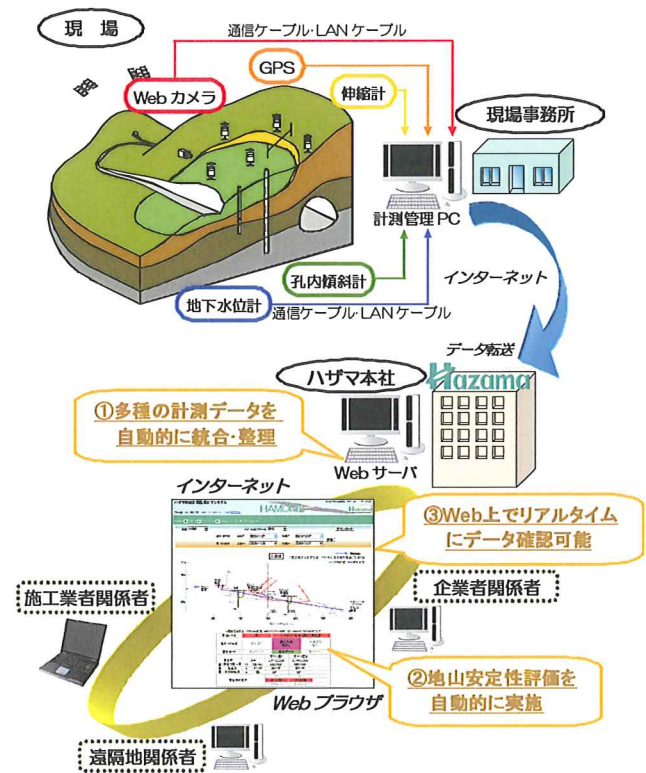


図-1 斜面計測監視 ICTシステムの概念図

することにより、工事の安全を確保することである。これに対しては、図-1のシステム概念図に示すように、①多種の計測データを自動的に統合・整理し、それらのデータをもとに②地山の安定性評価を自動的に実施するとともに、③これらのデータや評価結果をWeb上で確認できるようなシステムを構築した。これにより、企業者と施工業者が遠隔地の関係者も含めてリアルタイムに情報共有することが可能となるため、地山の変状が確認

された際に、速効性のある対処が可能となる。

(2) システムの構成

システムの構成は、a) 監視状況図、b) 経時変化グラフ、c) 全計測器による変位ベクトル平面図、d) 全計測器による変位ベクトル断面図および地すべり安定性評価結果からなる。以下に各内容について詳述する。

a) 監視状況図 (図-2参照)

システムで最初に明示される監視状況図では、対象とする地点の地表および地中における全計測箇所の平面的な位置を示すとともに、自動的にリアルタイムで算出される各計器の変位速度を管理基準値に照らすことにより、計測箇所の変位レベルが一目で確認できる。また、画面下部のメッセージ欄には、後述する地山安定性評価結果をリアルタイムで表示するようにした。



図-2 監視状況図の例

b) 経時変化グラフ (図-3参照)

各計測器の計測データは、自動的に一覧表として整理される。その結果は、計測器ごとに任意の期間における経時変化グラフとして、現地の雨量計データとともに表示されるようにした。

また、既往のシステムでは、各計器が個別のシステムで管理されていたが、本システムにおいては、図-3に示すように、任意の種類の変位計器を複数選択し上下に並べて表示することができるため、のり面の挙動の総合的な評価を速やかに実施することが可能となった。

c) 変位ベクトル平面図 (図-4参照)

多種の地表計測器 (GPS, 光波測距儀, 伸縮計など) による変位計測結果を、ベクトル平面図として自動的に

表示する。これにより、地表の変位箇所と変位量および方向が確認できる。

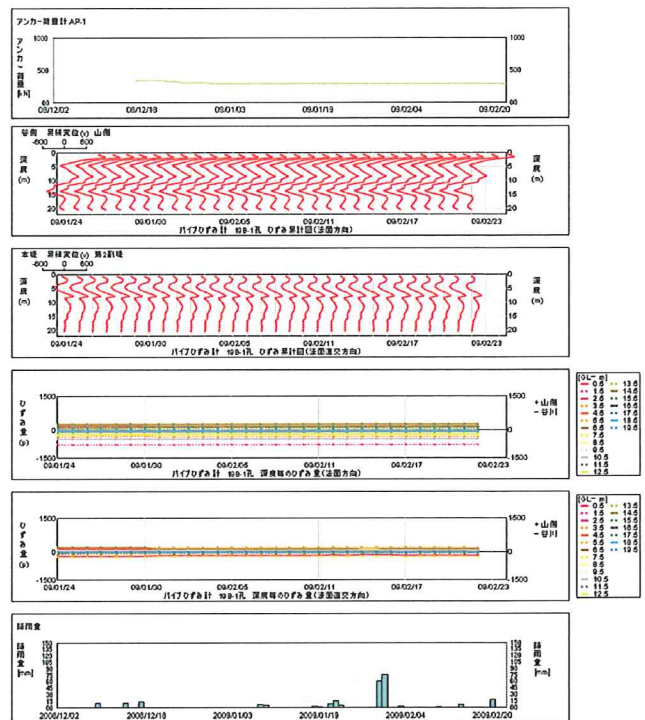


図-3 多種の計器の経時変化グラフの表示例

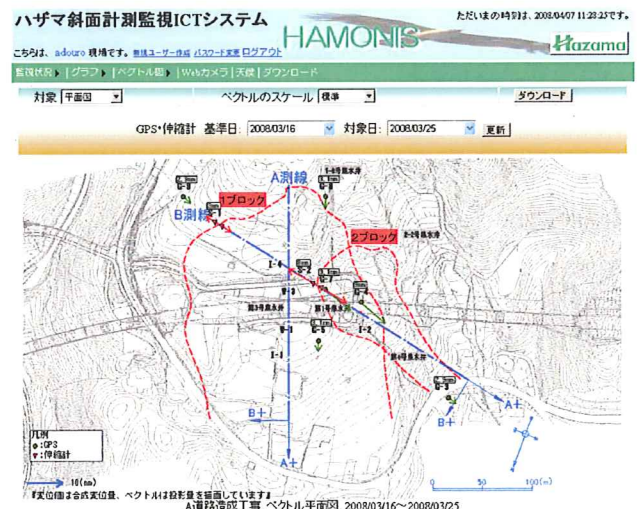


図-4 変位ベクトル平面図の例

d) 変位ベクトル断面図・安定性評価結果 (図-5参照)

地すべりの代表断面図などにおいて、多種の地表計測結果 (GPS, 光波測距儀, 伸縮計など) および地中計測結果 (孔内傾斜計, パイプひずみ計, 地下水位計など) を自動的に表示する。また、今回のシステム開発に際して独自に考案した「地すべり評価判定フロー」(特許公開)を用いることにより、リアルタイムで想定すべり形状の妥当性を評価するとともに、地下水位の変化に伴うすべり土塊の安全率の変化を自動計算できるようにした。これにより、斜面の危険度を定量的かつ迅速に判定することができる。

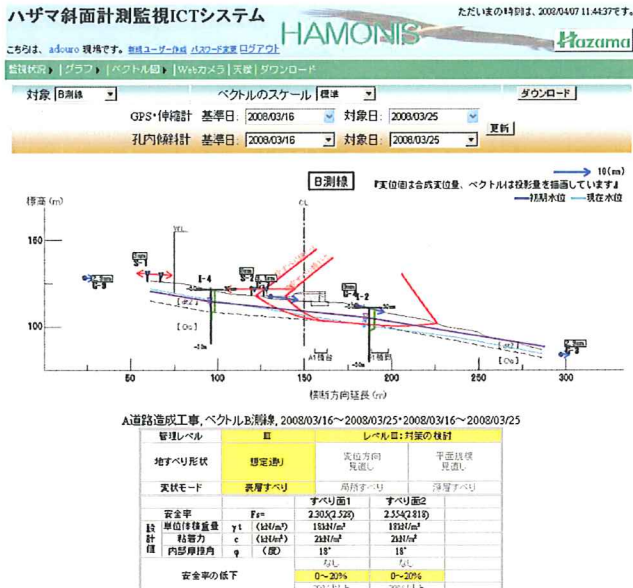


図-5 変位ベクトル断面図の例

上記した測定データや判定結果は、パスワードを供与された複数の関係者（企業者、施工業者、遠隔地関係者など）がリアルタイムに Web 上で確認できる。これにより、対象とする地すべりや斜面の安定状態や各種計測器による判定結果を直ちに情報共有することができるため、速効性のある対応が可能になる。また、従来は個別のシステムにより運用されていた Web カメラについても、本システム内に付加することにより、地山計測管理と現場監視を並行して実施できるようになった。

3. 現場への適用例

本システムの施工現場への適用に関しては、開発終了した平成 20 年 4 月から平成 21 年 8 月現在で、①掘削のり面の安定性が懸念される明かり造成工事現場、②沢部が分布する小土被り区間における地表面沈下、トンネル天端変状、河川水引水などが懸念されるトンネル掘削現場など、計 6 箇所の現場で運用している。このうち、(1) マサ土中に鏡肌状の低角度割れ目が確認され切土のり面の変状が懸念されたため池造成工事現場への適用例、(2) 小土被り区間における天端や鉄塔の沈下が懸念されたトンネル工事現場への適用例について詳述する。

(1) 明かり造成工事への適用例

宮川用水第二期農業水利事業・斎宮調整池建設工事は、既設の 2 つのため池を統合・拡張して、新たに有効貯水容量の 200 万 m³ の調整池を建設する工事である。当該地点の地質は、基盤部に新鮮・堅硬な花崗閃緑岩が分布するとともに、地表付近には層厚 20m 程度、この花崗閃緑岩が強風化したマサ土が分布していた。このような状況において、本堤左岸計画のり面の上部を掘削したところ、マサ土中に鏡肌状を呈する低角度割れ目が分布することが確認され、切土のり面の変状が懸念された。そ

こで、図-6 に示す想定される変状ブロックに対し、図中に示す 4 種類の計器を自動計測し、これらのデータを「ハモニス」により一元管理した。

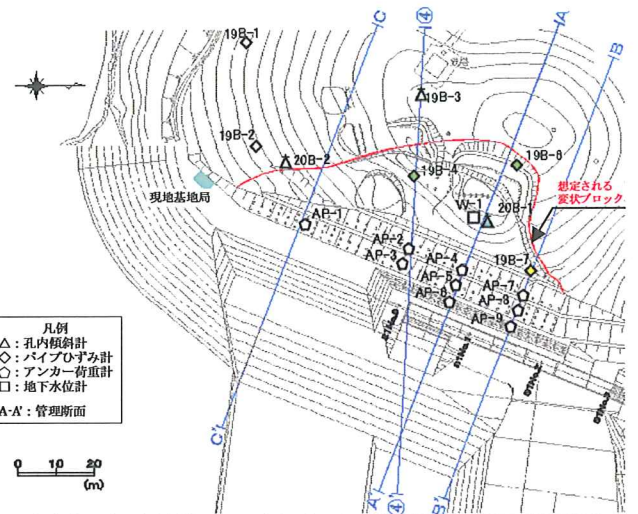


図-6 ため池造成工事における計測計器設置計画図

具体的には、図-7 に示すように、パイプひずみ計、孔内傾斜計および PC アンカー荷重計の測定結果を断面図上にリアルタイムで表示するとともに、地下水水位の変動に伴う安全率の低下を自動計算している。

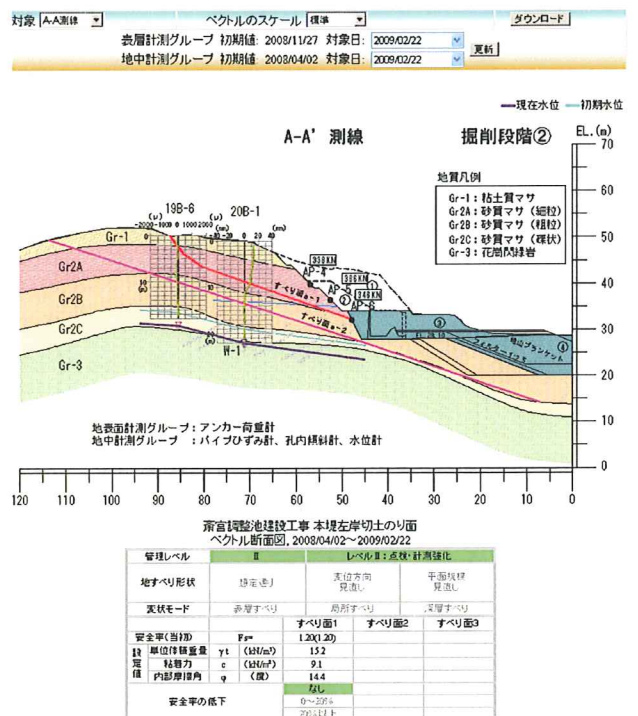


図-7 明かり掘削工事におけるベクトル断面図の例

また、経時変化グラフについても、図-3 に示すように、検討断面線上の任意の計器を複数選択し、雨量計データなどとともに同一画面に並べて表示することができる。これにより、多種の計測データをリアルタイムで図面上やグラフに整理できるとともに、のり面全体の総合的な安定性評価を瞬時に実施することが可能となった。

平成 21 年 8 月現在、当該施工箇所は、逆巻き施工による上部のり面の PC アンカー工とともに、のり尻部における洪水吐構造物の施工も無事完了した。今後、堤体の盛立てや湛水時においても、常時、「ハモニス」により地山全体の挙動の有無を確認するとともに、その情報を企業者と施工業者が共有し、現場の安全管理に利用する予定である

(2) トンネル現場への適用例

国道 23 号蒲郡バイパス坂野トンネル建設工事は、全長 490m、内空断面積 62.4m²の道路トンネル工事である。当該地点の地質は、基盤部に新鮮・堅硬な片麻岩が分布するものの、起点側坑口部では未固結の河床堆積物が層厚 10m 程度分布しており、この箇所を最小土被り 3m 程度で掘削する計画となっていた。このような状況において、トンネル掘削時の天端沈下とともに、土被り 20m 程度で偏地形を呈する箇所位置する鉄塔の沈下などが懸念されたため、図-8 に示す 4 種類の計器を自動計測し、これらのデータを「ハモニス」により一元管理した。



図-8 トンネル工事における計測計器配置計画図

具体的には、図-9 に示すように、地表の光波自動測距結果と地中のパイプひずみ計、地下水位計の測定結果を一つの断面図上にリアルタイムで表示させた。これにより、トンネル掘削に伴う地表および地中の変位状況や鉄塔の沈下変位などを速やかに確認することができた。また、従来は個別のシステムにより運用されていた Web カメラについても、図-10 に示すように本システム内に付加することにより、地山計測管理と現場監視を平行して実施できるようになった。

当該小土被り箇所のトンネル掘削時には、施工の進捗に伴う変位を確認しながら慎重に工事を進捗させ、当該箇所の掘削を無事完了した。実際の変位については、地表面の沈下量が最大 30mm 程度、鉄塔での沈下量が 3mm 程度であったが、その後の変位の伸張が認められないことを確認した上で、計測工を終了している。

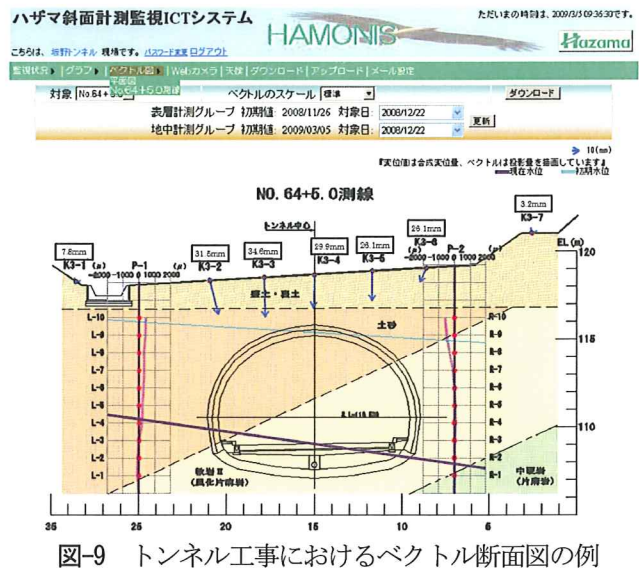


図-9 トンネル工事におけるベクトル断面図の例



図-10 Web カメラ画像の表示例

4. おわりに

地山の安定性が懸念される明かり造成工事およびトンネル工事において、本システムを適用することにより、施工の進捗に伴う総合的な地山の安定性評価を瞬時に実施し、安全に施工を完了することができた。

本システムの現時点での適用は、明かり掘削工事で1現場、トンネル工事で5現場、計6現場において稼働中である。今後は、このような山岳土木現場の実績を増やすとともに、近接施工管理などが要求される都市土木現場および建築現場への展開も計画している。

謝辞：報告にあたり、農林水産省東海農政局宮川用水第二期農業水利事業所および国土交通省中部地方整備局名四国道事務所に謝意を表します。

参考文献

- 1) 公開特許公報 2009-93594：防災監視システム及び防災監視方法
- 2) 宇津木慎司, 山本浩之, 猪狩哲夫：斜面計測監視 ICT システム「ハモニス」の開発および現場への適用, 第 63 回土木学会全国大会, 2008.9