

CIMを活用した斜面計測監視3D-ICTシステムの開発および施工現場への適用

安藤ハザマ 土木事業本部土木設計部 正会員○中谷匡志 宇津木慎司

1. はじめに

軟弱な地盤地帯や地すべり地帯、あるいは都市部の近接施工のような難しい条件における建設工事では、斜面の変状や崩落に対して細心の注意を払う必要がある。そこで、地盤の安定評価や施工中の安全確保のため、多数の計測機器を設置し地盤の状況を確認しながら工事を進めることが多い。しかし、このような計測を行うにあたって、地表に設置もしくは地中に埋設する計測機器は、多種多様のメーカーや機器があることから、計測データを一元管理することが困難であった。さらに、降雨や地震などにより斜面の変状や崩落が発生した場合、状況判断をする上で計測データの包括的かつ迅速な処理が必要不可欠であるが、既往のシステムでは各種計測器のデータがそれぞれ独立した形で整理されているため、総合的な安定評価や判定に時間がかかるという問題があった。

そこで、これらの問題を解決するため、多種多様の計測機器に対応でき、得られた計測データを統合して、インターネットを利用してリアルタイムに関係者へ配信する斜面計測監視ICTシステム「ハモニス」(Hazama Ando Automatic Monitoring System)を開発した<sup>1)</sup>(図-1参照)。このシステムについては、掘削のり面の安定性やトンネル掘削による低土被り部の変位が懸念されている15箇所<sup>2)</sup>の施工現場で採用され、品質や安全性確保に寄与した。

このような状況の中、近年、図-2に示すようなCIM(Construction Information Modeling/Management)を活用した種々の検討が実施されている。具体的には、調査・設計段階において、想定された地質状況を3次元モデル上に表現し、それをもとに施工箇所と断層・地すべりなどの分布状況との関係を3次元的に把握し、種々の詳細な検討がなされる。また、施工段階においては、トンネル切羽や掘削のり面における地質観察結果などを3次元モデル内に取り込むことにより、施工実績整理の高度化や効率化を図るとともに、事前調査と実際の状況との差異の確認、その状況に応じた施工計画や設計の変更などの検討に用いられている。

これに対して、より詳細な計測データ整理や総合的な評価を実施できるシステムを構築することを目的として、既往のハモニスにCIM機能を追加し、3次元斜面計測監視ICTシステムを実現することを目的とした技術開発を実施した。本論文においては、具体的なシステムの内容とともに、施工現場での適用事例について述べる。

2. 当初開発したシステムの概要および運用時の課題

当初、システム開発の目的は、地山の不安定箇所が予測される建設工事において、発生を迅速に予知し必要に応じて対策を実施することにより、斜面災害を防止することであった。この目的に対し、図-1の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、こ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し、③計測データや評価結果をWeb配信する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で、掘削のり面などの変状が確認された際に速効性のある対応が可能になるものとした。また、計測データの表示方法についても、計測データの経時変位グラフを列挙するだけでなく、図-3に示す小土被り部のトンネルにおける例のように、地質縦断面図に変位ベクトルやボーリング孔内変

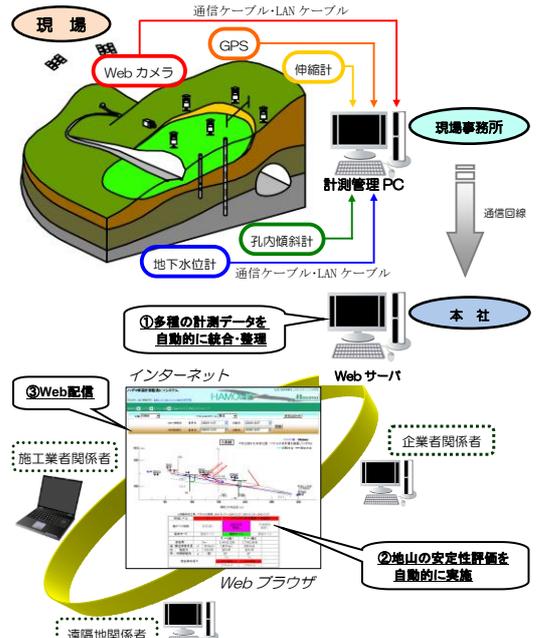


図-1 斜面計測監視 ICT システムの概念図

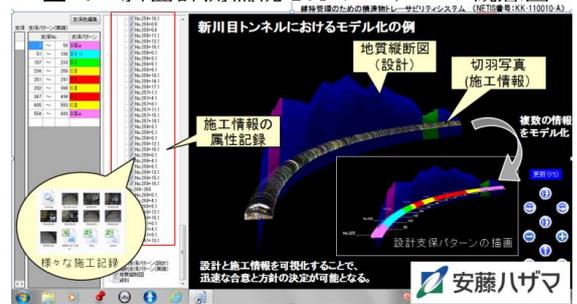


図-2 トンネル CIM システムの一例

キーワード：CIM, 計測管理, 情報化施工

連絡先：〒107-8658 東京都港区赤坂6-1-20 TEL：03-6234-3670, FAX：03-6234-3704

位を併記するなど、状況を直感的に把握できる工夫もした。

ただし、具体的な検討を実施していく中で、より詳細かつ確実な評価を実施するためには、**図-3**のような2次元図で実際の施工現場広範における変位状況を詳細かつ俯瞰的に把握できない課題に直面した。具体的には、明かり掘削のり面の場合、地すべり主測線においてのみ、2次元断面図において計測結果を表示している。この場合、断面直交方向の変位ベクトル量が表現できないとともに、断面上にない近接する計器の状況などを比較することが難しい。また、トンネルの地表面計測についても同様に、検討地点の最も土被りの小さな断面のみで**図-3**のような変位ベクトル表示をしているが、当該断面におけるトンネル軸方向の変位状況や隣接する大量の測定点における変位状況との比較、そしてこれらを用いた全体的な総合評価を実施することが困難となる。

このように、地質構造や地下水分布が素因として、トンネルやのり面掘削などの人工改変が誘因となり発生する地山の挙動を総合的かつ高精度に評価するためには、3次元モデル上での安定評価が必要であると考えられる。

### 3. 施工中の課題と対策

#### 3.1 明かり掘削工事における開発

弊社における明かり掘削工事に関するCIMの事例としては、ダム現場における堤体材料の賦存量管理を3次元地質モデルにより実施した事例がある<sup>2)</sup>。このような3次元モデルの構築により、掘削のり面における断層破碎帯や強風化部などの3次元的な分布状況を評価することが可能となるとともに、掘削体積の算定などが簡易かつ精度よく実施することが可能となった。ここで**図-4**に、CIM上で変位計測結果を3次元的に明示した事例を示す。これにより、2次元図における断面ベクトル表示に対して、変位状況を3次元的に確認することが可能になったこととともに、隣接する他の計測点の計測結果との比較、そしてのり面に分布する地質状況との関連把握などにより、総合的な評価がより詳細かつ簡易に実施することが可能となった。

#### 3.2 トンネル建設工事における開発

弊社のトンネル建設工事におけるCIMの適用事例においては、**図-2**に示すようなトンネル線形を3次元的に示したモデル上に切羽写真を所定の位置に並べることにより、地質状況を3次元的に俯瞰して総合的な評価が実施できるようにした。ここで**図-5**に、CIM上にトンネル上部の地表面変位計測結果を3次元的に明示した事例を示す。これにより、**図-3**に示した2次元断面図における断面ベクトル表示に対して、トンネル掘削の進捗に伴い切羽に向かって変位する状況、トンネルに近いほど変位が大きく離れるほど変位が小さい状況などが詳細に確認できる。

### 4. おわりに

本システムの開発により、斜面災害が懸念される建設工事において、Web上で計測データを3次元図に表示される全体変位状況をリアルタイムに確認することが可能となり、防災・減災に役立つものと考えられる。今後、このような山岳工事に加え、都市土木現場および建築現場への展開も計画しているとともに、建設工事が完了し構造物が供用された後に実施される、保守・安全管理を目的とした多種の計測管理にも展開していく予定である。

#### 参考文献

- 1) 山本浩之他：斜面計測監視 ICT システム「ハモニス」の開発と適用例，電力土木 No.346，pp.74-78，2010
- 2) 宇津木慎司他：ダム堤体材料の原石採取における賦存量CIM管理システムの構築，土木情報学年次講演会，2014

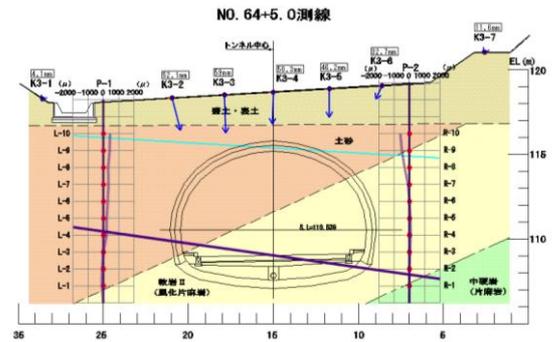


図-3 トンネル変位ベクトル断面図

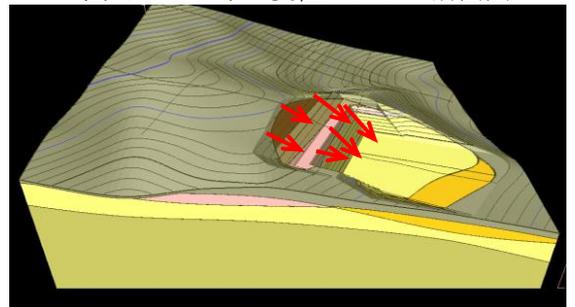


図-4 掘削のり面3次元変位表示例

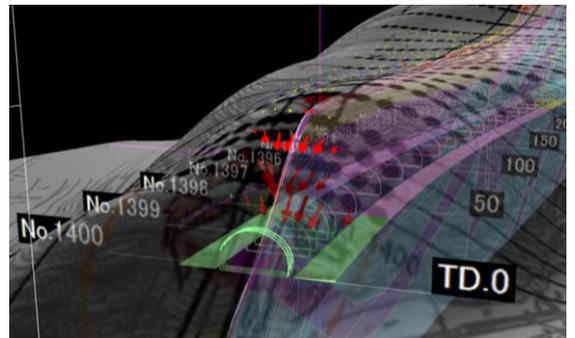


図-5 トンネル3次元変位表示例