

技術名	締切り堤盛土工事における CIM の導入
番号	No. 4. 1-16
発注者	国土交通省九州地方整備局
施設名	大分川ダム
所在地	大分県大分市
工事名称	大分川ダム締切堤工事
施工期間	2013年8月～2014年6月
施工者	(株)フジタ
キーワード	CIM、3D-CAD、施工シミュレーション、CCV

(1) 概要

CIM 導入を行った現場は、ICT 施工として、TS 出来形管理、GNSS 締固めシステム(加速度計搭載)、GNSS 敷き均し管理システムを導入していた。これらのシステムが出力する ICT 施工の施工情報を CIM に取り込み、建設 ICT 施工の施工情報を CIM に取り込み、3次元 CAD を中心に施工計画、施工管理(出来形管理、盛立管理)、品質管理を一元管理することで施工の合理化を目指すことを目的として、大分川ダム締切り堤工事のロック材 43,000 m³の盛立工において、CIM の施行を行った。堤体掘削形状と盛立形状を、3D-CAD で作成してこれらを合成し、50cm のブロックに分割して盛立の 3D モデルとした。このモデルに工程・施工・品質の情報を、ICT 施工や品質管理試験から取り込むことで施工の合理化を目指した。

(2) 技術詳細

1) 技術の特徴

本技術は、TS 出来形管理、GNSS 敷き均し管理システム (図-1)、加速度計搭載 GNSS 締固めシステム (図-2) の個々の施工情報を CIM に取り込み、3次元 CAD を中心に施工計画、施工管理(出来形管理、盛立管理)、品質管理の活用を行う。この技術を現場に導入することにより、施工の状態を 3D モデルとして可視化することで手戻りを防ぐことや、実績工程情報から施工シミュレーションを行って残工程の施工方法の検討を行うことなどに役立てられる。



図-1 GNSS 敷均し管理システム



図-2 GNSS 締固めシステム

2) システムの構成

本システムは、(i) CIM ツールソフトを装備したノート PC、(ii) GNSS を用いた敷き均し管理システムと土の締固め管理システム（加速度計搭載）、および(iii) TS における出来形管理システムの3つにより構成されている（図-3）。このような構成により、CIM ツールによる盛り立ての出来形管理、工程管理、品質管理を一元化することができる。

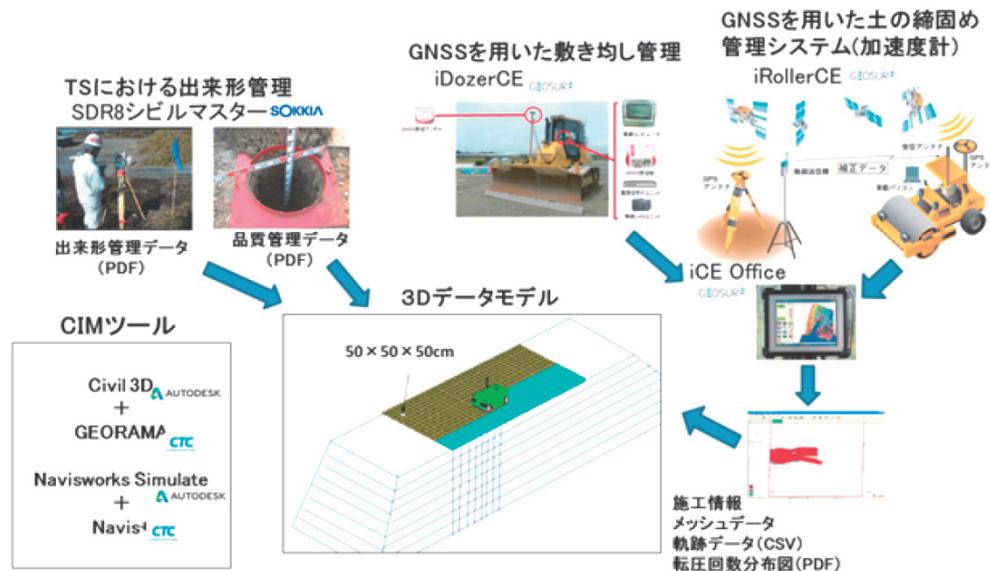


図-3 システム構成

3) システムの詳細

CIM の導入には、はじめに図-4 および図-5 に示すような施工管理用の 3D モデルを作成し、3D モデル上の個々の要素に基本属性を登録する。このモデルに、工事の進捗の都度、個々の要素の ICT 施工、出来形、品質情報の施工属性を登録していく。これらの入力情報をもとに、以下のような図や情報を出力する。

- ・敷均し管理の標高予実差色分け分布図
- ・締固め管理の走行軌跡図、転圧回数分布図、CCV 分布図
- ・品質管理と出来形管理の属性（水置換密度試験、現場透水試験、出来形管理票）

(3) 結果

1) 導入の効果

従来の締固め管理は、一層毎の管理図を用いて検証しているが、3D モデル表示を行うことで様々な角度で検証することが可能となった。例えば、任意の横断面で切断してモデルを表示することで、データの登録不足箇所を発見できるなど、施工管理の高精度化に有効であることが実証された。

2) 今後の課題

① 処理時間が長い（ハードとソフト両方の問題）

締固め管理要領で規定されているブロックサイズ 50×50cm で解析を行う場合、本検討ク

ラスの盛土量では対応できるが、数 10～100 万 m³クラスのダムへの対応は困難である。また、毎日の施工情報の更新に 15 分、敷均し管理と締固め管理を合わせると 30 分必要になる。

② ソフト開発が必要

本システムの構成では、敷均し属性と締固め属性の施工実績シミュレーションが同時にできず、また盛り立て計画のシミュレーションができなかった。これらに対応できるようにするには、さらなるソフトウェア開発が必要となる。

③ 工法が限定される

盛土先端を振動ローラーとは別の方法で行うと、本システムでは施工実績を登録することができない。そのため、本システムを導入する場合には締固め工法が限定されてしまう。

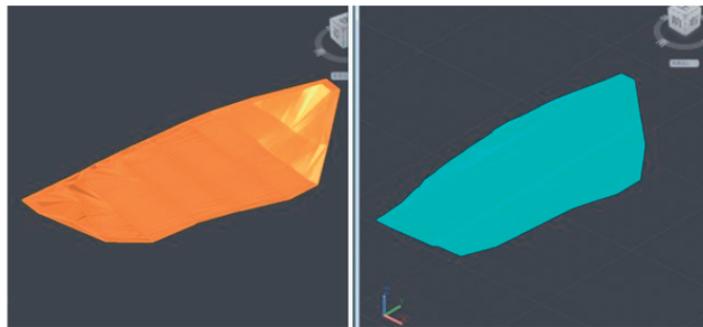


図-4 3D サーフェスモデル（左：掘削地盤、右：盛立計画）

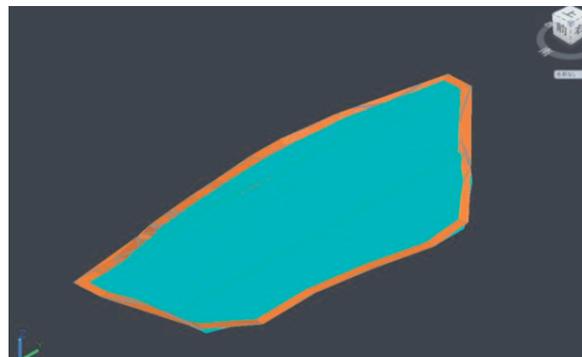


図-5 合成 3D サーフェスモデル

<p>参考文献</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・第 14 回建設ロボットシンポジウム講演集：(株)フジタ、pp85～92 ・電力土木：(株)フジタ 野末晃他 電力土木協議会、No. 378、pp86～88、2015. 7
<p>備考</p>	<p>—</p>

技術名	ダム ICT 施工総合管理システム「4D-DIS」
番号	No. 4. 1-17
発注者	沖縄総合事務局開発建設部
施設名	億首ダム
所在地	沖縄県国頭郡金武町
工事名称	億首ダム
施工期間	2009年3月～2013年6月
施工者	大成建設(株)
キーワード	4D-DIS、締固め管理、端部法面締固め管理、CSG材料トレースシステム

(1) 概要

ダム ICT 施工総合管理システム「4D-DIS(4Dimension-Dam Information Service)」は、品質保証や施工履歴の蓄積、情報の共有を目的としており、4D-DIS の中心となるデータベースシステム、及び CSG 材料の製造から打設までの時間管理を行う CSG トレースシステム等で構成される。

(2) 技術詳細

1) システムの概要

本システムは、図-1 に示すように、4D-DIS コア部（データベース）を中心に転圧管理システムや CSG 材料トレースシステムなどの各サブシステムで構成される。

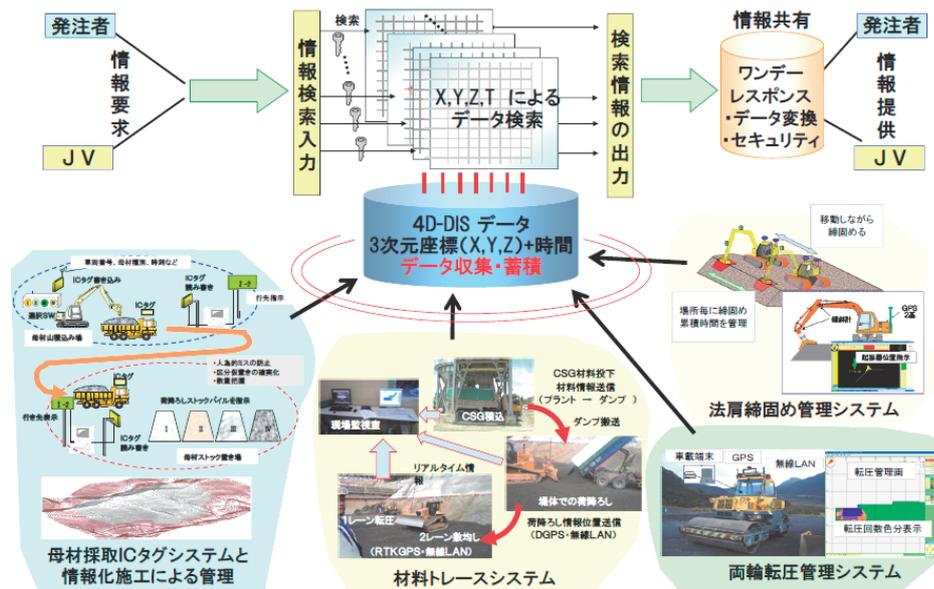


図-1 システム全体概要

2) 4D-DIS データベース (コア部)

4D-DIS コア部には、リレーショナルデータベースマネジメントシステム (RDBMS:MySQL) を採用した。本コア部の特徴は、蓄積データを座標と時間 (X、Y、Z、T) の4次元で管理する点にあり、**図-2**に示すように構造物の中を一定の領域=エレメント単位で扱うようになっている。エレメントを指定するとその部分の材料配合や製造日時、施工方法、施工結果などの関連する一連の情報が検索・抽出されるようになっている。**図-3**に示すように指定する項目としては、

- ・ 検索対象範囲 (サブシステムやデータを指定、すべてを対象とする事も可能)
- ・ 場所・範囲の指定 (X1~X2、Y1~Y2、Z1~Z2)
- ・ 日時・範囲の指定 (T1~T2)

などがあり、必要に応じて検索条件を追加する機能も持たせている。

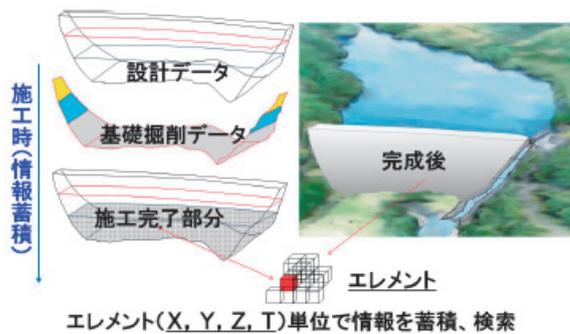


図-2 データの考え方

図-3 データ検索画面

3) 4D-DIS サブシステム

サブシステムとしては、ローラー転圧管理システム、端部法面締固め管理システム、CSG材料トレースシステムなどがあげられるが、データ蓄積の観点からはバッチャープラント、ウェザーステーションなどもサブシステムの一つとして捉えることができる。ここでは、代表的なサブシステムとして、

- ・ 締固め管理 (ローラー転圧、端部法面締固め)
- ・ CSG 材料トレースシステム

の概要、および億首ダムでの活用例を示す。

① 締固め管理 (ローラー転圧、端部法面締固め)

GPS や無線 LAN、車載パソコンを転圧ローラーに搭載する (**写真-1**) ことにより、施工場所のどこを何回転圧したかをあらかじめ決められたメッシュ単位でカウントし、記録するシステムである。メッシュ毎の転圧回数は運転席のモニタに色別で表示されるため、オペレータはこの情報に基づいて全メッシュが規定回数に達するまで走行操作をおこなう。なお、転圧ローラが複数台であっても各メッシュには累積転圧回数が表示されるため無駄のない施工が実施できる。**図-4**に転圧表示画面の例を示す。この画面は情報共有により発注者事務所でも表示・閲覧可能である。



写真-1 転圧ローラ

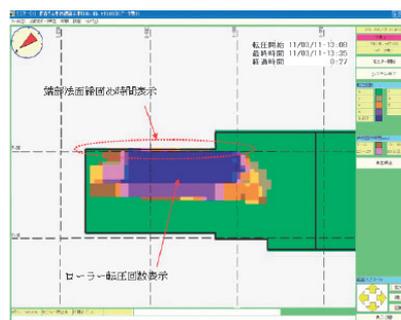


図-4 転圧・締固め表示画面

② 端部法面締固め管理システム

図-5 に端部法面での締固めイメージを示す。端部法面部は、起振器を装置した専用機械により締固めを行っている。ローラーによる転圧と異なり、締固め位置と締固め時間で管理しており、一カ所を連続的に締固めると段差等が生じるおそれがあるため、場所を移動させながら少しずつ締固めを行い、各位置の締固め累積時間が所定の締固め時間（30 秒等）になるように施工している。この端部法面締固めの状況は、ローラ転圧の画面と一緒に表示されるため、オペレータはこの表示と起振器の位置誘導画面（図-6）を見ながら締固め作業を行っている。

なお、図-4 の転圧・締固め表示画面は再生表示機能を持っており、施工状況を後日確認することが可能となっている。



図-5 端部法面締固めイメージ

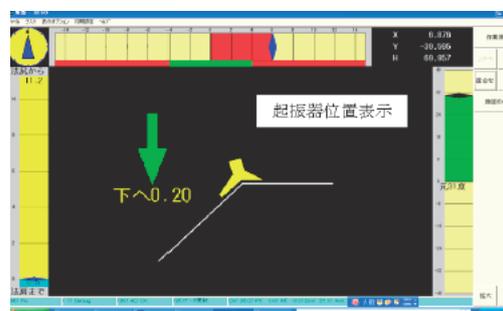


図-6 端部法面締固め位置誘導画面

③ CSG 材料トレースシステム

プラントでのCSG製造から材料搬送、敷均し、ローラー等による締固め開始（制限時間：CSG製造から6時間以内）・完了時間を管理するシステムであり、

- ・CSG プラントにおけるCSG製造情報の車両配信
- ・CSG 打設時の車両位置やバッチ情報の発信
- ・CSG 締固め開始・完了時間の表示

で構成される（図-7）。

まず、CSG 混合装置（プラント）で製造されたCSG材料をダンプトラックに投入する時に、材料のバッチ情報（バッチ番号、配合種別、製造時間など）もダンプに搭載したパソコンに

無線配信する。このダンプには、DGPS（ディファレンシャルGPS：精度50cm）を搭載しており、現場での荷卸ろし位置を計測することができるため、荷卸ろし位置とバッチ情報の両方を無線LANにより現場の監視室へ伝送する。

監視室では、このデータに基づいて、どの材料がどこへ打設されたかをリアルタイムに収集し、施工場所の各地点の材料が製造から何時間たっているかを画面上に色別に（図-8）表示することで、ローラー（端部法面も同様）のオペレータに優先して転圧する場所を指示するものである。なお、この監視画面も情報共有により発注者事務所で表示・閲覧可能となっている。

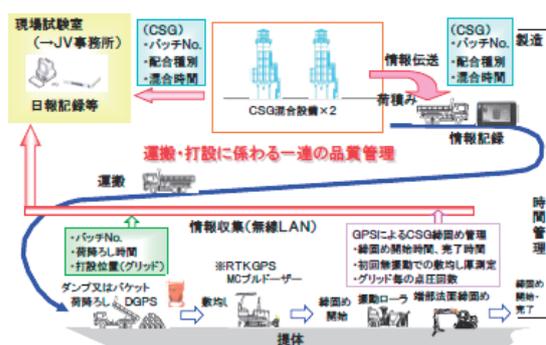


図-7 CSG材料トレースシステム

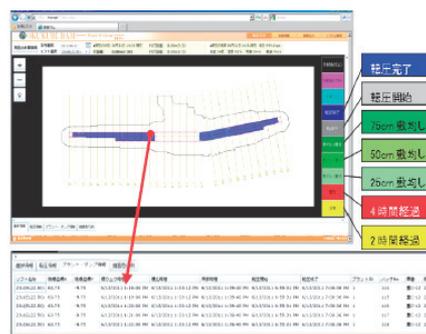


図-8 締固め時間管理図面

(3) 結果

本システム導入の効果として、本システムの開発により、施工状況のリアルタイムな監視や情報共有、施工履歴の蓄積が可能であり、施工後の保守管理にも応用すること可能である。

<p>参考文献</p>	<ul style="list-style-type: none"> 電力土木：大成建設(株) 松本三千緒他 電力土木技術協議会 No. 356、pp147-149、2011. 11 日経コンストラクション:2014 6. 23 号
<p>備考</p>	<ul style="list-style-type: none"> 特許第 5728396 号：コンクリートの締固め管理装置と管理方法 特許第 5512438 号：法肩締固管理装置 特許第 5519441 号：粒度分布測定システム及び拡散装置

技術名	斜面計測監視ICTシステム「ハモニス」
番号	No. 4. 1-18
発注者	東海農政局
施設名	宮川用水斎宮調整池
所在地	三重県多気郡明和町
工事名称	宮川用水斎宮調整池建設工事
施工期間	2006年3月～2010年3月
施工者	ハザマ・大日本土木・青木あすなる特定建設工事共同企業体
キーワード	斜面動態観測、地山安定性評価、Webシステム

(1) 概要

地すべり地帯や軟弱な地盤あるいは都市部の近接施工において人工斜面を造成する工事では、多種の地表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し、経時的な地山の変位状況を確認することが重要となる。多種の計測データを、Web上でリアルタイム表示するとともに、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確認できるシステムについて述べる。

(2) 技術詳細

1) システムの概要

多種多様な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 Automatic Monitoring System)を開発した(図-1)。

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である。

この目的に対し、図-1に示すように、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、地山の安定性評価を自動的に実施し、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。

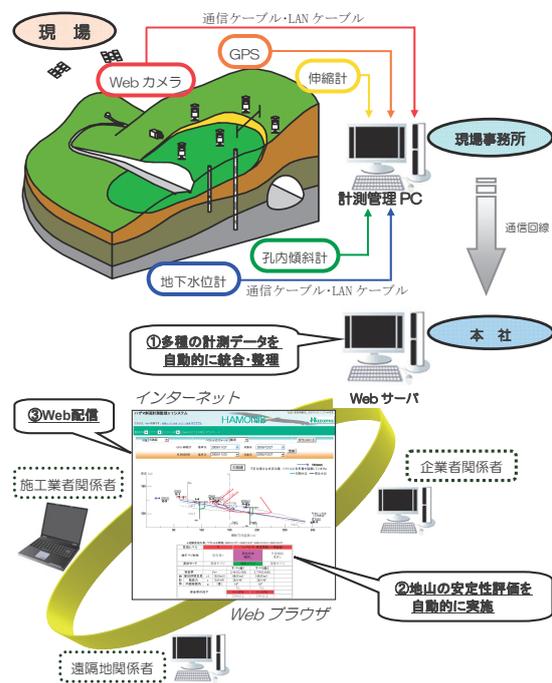


図-1 斜面計測監視ICTシステムの概念図

2) システム構成

① データの整理・統合

計測データは、a) 監視状況図 b) 経時変化グラフ c) 全計測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、により整理・統合した。

a) 監視状況図（図-2）

最初に表示される監視状況図では、対象とする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。また、自動算出される各計測器の変位速度を管理基準値に照らすことにより、計測箇所の管理レベルを5段階（Ⅰ～Ⅴ）の色表示により確認ができる。さらに、画面下部のメッセージ欄には、後述する地山の安定性評価結果を表示するようにした。

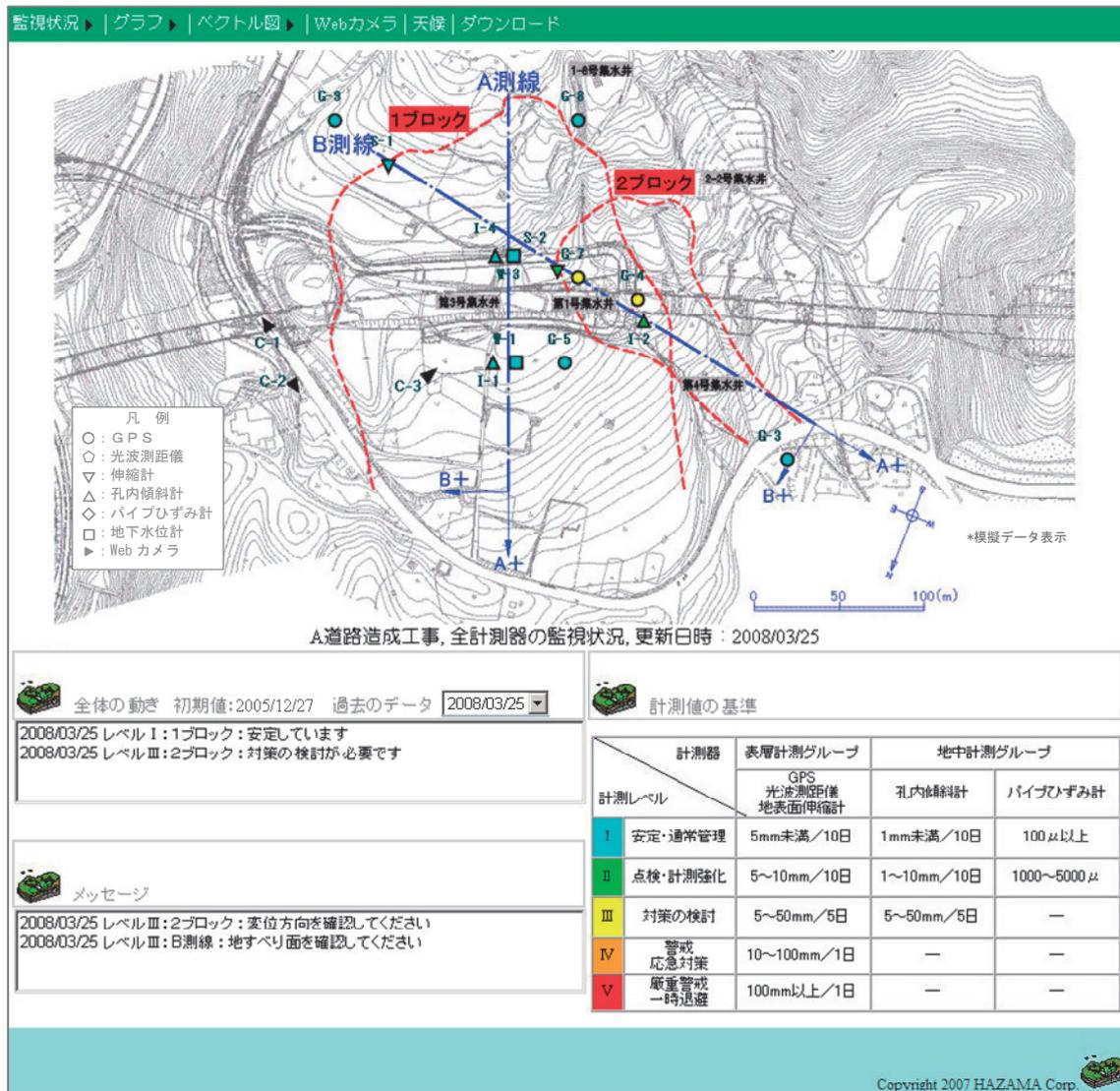


図-2 監視状況図の表示（模擬データ）

b) 経時変化グラフ（図-3）

各計測データは、自動的に一覧表として整理され、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、各計測器データが個別で管理されていたが、本システムでは、**図-3**に示すように、任意の種類の計測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、斜面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)

多種の地表面計測結果 (GPS、光波測距儀、伸縮計など) を、平面図にベクトル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。

d) 変位ベクトル断面図 (図-5)

多種の地表面計測結果 (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、代表断面図などにベクトルとして自動的に表示する。

② 地山の安定性評価 (図-6)

地山の安定性評価は、独自に考案した「地すべり評価判定フロー」により、想定する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し、変位ベクトル断面図と合わせて表示するようにした。想定するすべり形状は、実際の変位速度、変位ベクトル方向およびすべり面の深度より妥当性を自動判定し、評価結果を表示することにより、斜面の危険度を定量的かつ迅速に判定できるものとした。

③ データの Web 配信

計測データや地山の安定性の評価結果などは、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。

また、現地の Web カメラや気象情報もリンクしており、現場の斜面災害に関連する情報も提供できるようにした。

3) 整池造成工事への適用例

対象は、有効貯水容量 200 万 m³ 調節池を建設する工事である。当該地点の地質は、基盤部

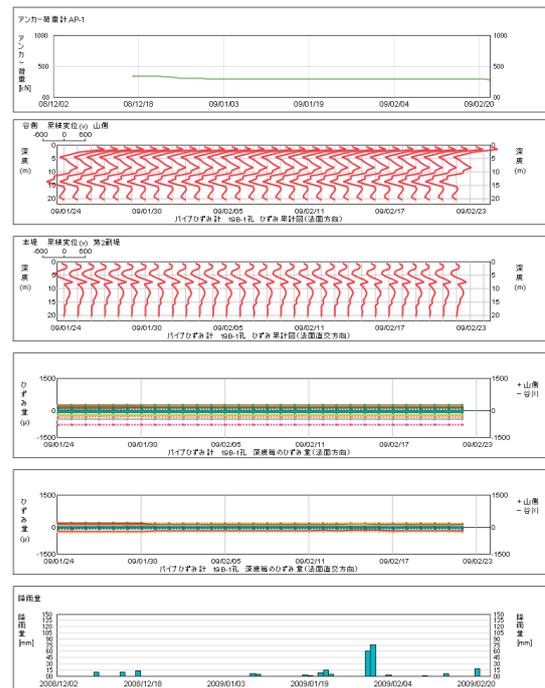


図-3 多計測器の経時変化グラフの表示



図-4 変位ベクトル平面図の表示

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 程度の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、計画のり面を掘削したところ、マサ土中に鏡肌状を呈する低角度割れ目が確認され、掘削のり面の変状が懸念された。

そこで、図-6 に示す想定する変状ブロックにおいて、4 種類の計測データを「ハモニス」で一元管理した。具体的には、図-3 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経時的に管理するとともに、図-5 に示す断面上で地下水位の変動に伴う安全率の低下を自動計算し表示させた。

これにより、掘削に伴う地山変位、現状安全率、荷重計の増減を把握することで、常時掘削のり面の安定性を確認することが可能となった。

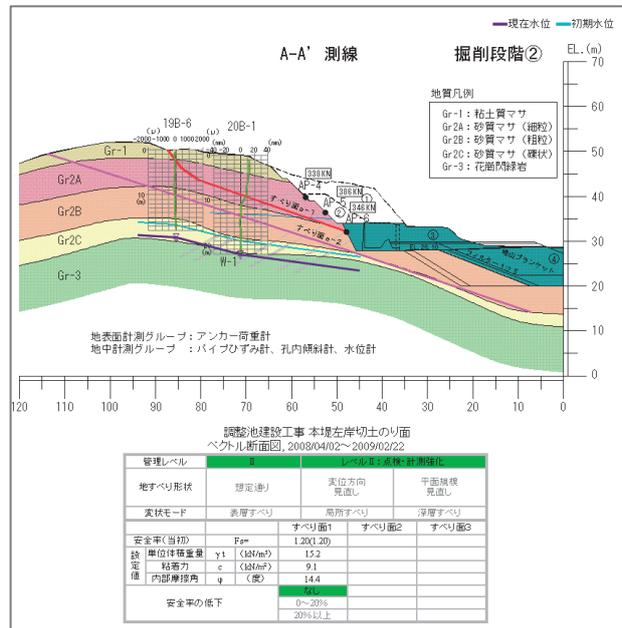


図-5 変位ベクトル断面図と地山安定性評価の表示

(3) 結果

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」、「管理レベル」、「地山の安定性評価」、「現地状況」を平面図や断面図に表示される全体変位状況と合わせてリアルタイムで確認することが可能となることから、防災・減災に役立つものとする。現在、本システムは表-1 に示す明かり造成工事、トンネル建設工事などで適用している。

表-1 主な「ハモニス」の適用事例

工種	適用事例
明かり工事 (1 現場)	調整池切土変状斜面の安定性確認
トンネル (5 現場)	沢地形・低土被り部の計測管理
	坑口部の切土変状斜面の安定性確認
	坑口周辺部の切土崩壊斜面の安定性確認
	坑口部の低土被り部、鉄塔の計測管理
	坑口部の斜面とトンネルA計測の計測管理

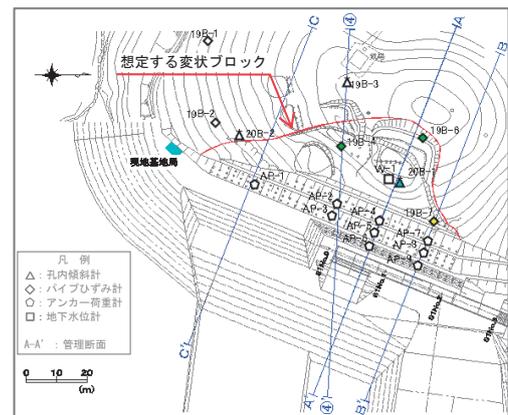


図-6 計測器配置図 (調整池工事例)

参考文献

電力土木：(株)間組 (現・(株)安藤・間) 山本浩之他 電力土木技術協議会、No. 346、pp74~78、2010. 3

備考

—