

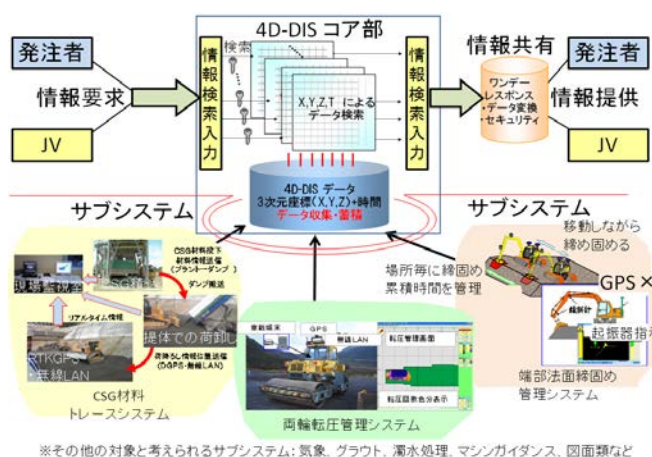
億首ダム本体建設工事における ダムICT施工総合管理システムの適用

大成建設(株) 技術センター ○江田 正敏
大成建設(株) 技術センター 松本 三千緒
大成建設(株) 技術センター 片山 三郎

1. はじめに

沖縄県において施工した世界初の本格的台形CSGダムである億首ダム（2013.11完成）では、ダムICT施工総合管理システムを開発し運用した。このシステムでは4D-DIS（4 Dimensions-Dam Information Service）と呼ぶデータベースを中心に、GPSを搭載したブルドーザや振動ローラ、バックホウ、ダンプなどの建設機械により3次元位置や時間情報を把握し、施工データをエレメント（一辺500mmの立方体など）単位で、4次元（X,Y,Z,T）管理することで、施工の効率化と品質保証を可能としている。

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。¹⁾



※その他の対象と考えられるサブシステム: 気象、グラウト、濁水処理、マシンガイダンス、図面類など

図-1 システム全体概要¹⁾

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。

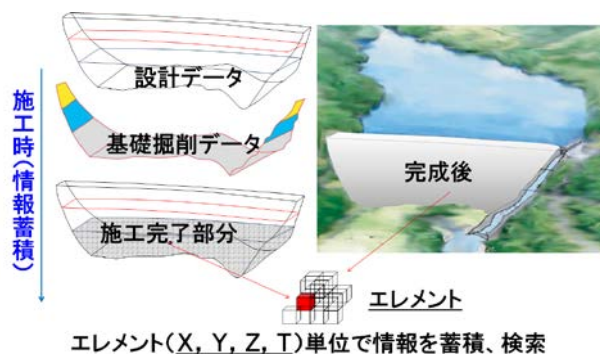


図-2 データ管理の考え方

エレメント（またはエレメント範囲）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。

キーワード 台形 CSG ダム、トレースシステム、締め固め累積時間、敷均し厚さ管理
連絡先 〒245-0051 神奈川県横浜市戸塚区名瀬町 344-1 大成建設(株) 技術センター
土木技術開発部 建設 ICT チーム TEL045-814-7219

大成建設株式会社 ダム管理システム 40-DBS

100 > テンプレート選択 > データ検索

データ検索 帳票形式の指定

テンプレート: ○○○資料

サブシステム: すべてを対象

X座標: ~

Y座標: ~

Z座標: ~

日時: ~

検索対象の指定

場所・範囲の指定

日時・範囲の指定

さらに条件を指定し、絞り込みたい場合は、以下を指定してください。

▼検索条件A 追加

検索条件A

大区分: 選択してください

中区分: 選択してください

小区分: 選択してください

項目: 選択してください

固定値検索: ~

数値範囲検索: ~

日時検索: ~

▼検索条件B 追加

▼検索条件C 追加

検索結果は当該テンプレートを使用し別ウィンドウにて出力します。
「追加資料ダウンロード」ボタンを押下すると、検索結果に該当する追加資料をダウンロードします。(検索結果は出力しません)

戻る 検索 追加資料ダウンロード

図-3 データ検索画面

3. 億首ダムに適用したサブシステム

本システムを適用した億首ダムは、

- ・型式：台形CSGダム
- ・ダム高：39.0m
- ・堤頂長：400m
- ・堤体積：339,000 m³
- ・総貯水容量：8,560,000m³
- ・湛水面積：0.61km²
- ・集水面積：14.6km²

であり、その概要を写真-1、表-1に示す。

表-1 億首ダムの用途

洪水調節	・億首ダムの建設される地点（ダム地点）において計画高水流量 300 m ³ /sのうち、190m ³ /sの洪水調節を行う。
流水の正常な機能の維持	・ダム地点下流の億首川沿川の既得用水の安定化と河川環境の保全等のための流量の確保（流水の正常な機能の維持）を図る。
水道用水	・沖縄県に対し、ダム地点で新たに10,300m ³ /日の水道用水の供給を行う。 ※約2万8千人分に相当。
かんがい用水	・億首川沿川の約70haの農地に対し、新たにかんがい用水の供給を行う。



写真-1 億首ダム施工状況

CSGの施工管理にあたっては、段階確認などの立会検査、目視による施工状況の把握によるほか、以下の項目についてICTによる定量的確認を実施している。

- ・敷均し厚（1層25cm×3層）
- ・締固め

一般部の転圧回数（無振動2回＋有振動6回）

端部法面部の締固め時間（30秒）

- ・CSG材施工時間管理

材料製造から転圧開始までの制限時間（6時間以内）

適用した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、締固め完了時間管理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（気象情報）などもサブシステムの一つとして捉えることができる。ここでは主要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）
- ・締固め完了時間管理（CSGトレースシステム）
- ・CSG材料敷均し厚さ管理

をとりあげ、現場での活用状況について報告する。

3.1 締固め管理（ローラ転圧、端部法面締固め）²⁾

GPSや無線LAN、車載パソコンを転圧ローラに搭載することにより、施工場所のどこを何回転圧したかをエレメント単位でカウントし、記録するシステム（写真-2）であり、発注者事務所・JV事務所にリアルタイムに情報共有をおこなった。

メッシュ毎の転圧回数は運転席のモニターに色別表示されるため、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、5に転圧表示画面の例を示す。



写真-2 転圧ローラ

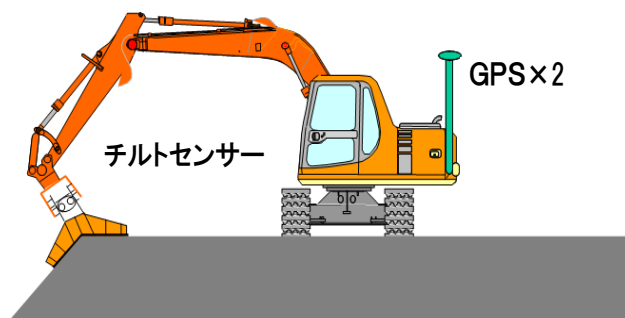


図-6 端部法面締固めイメージ (横断方向)

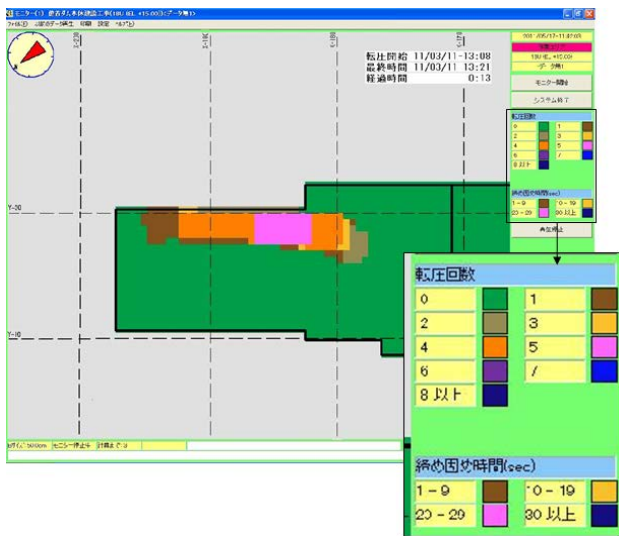


図-4 転圧表示情報共有画面例1

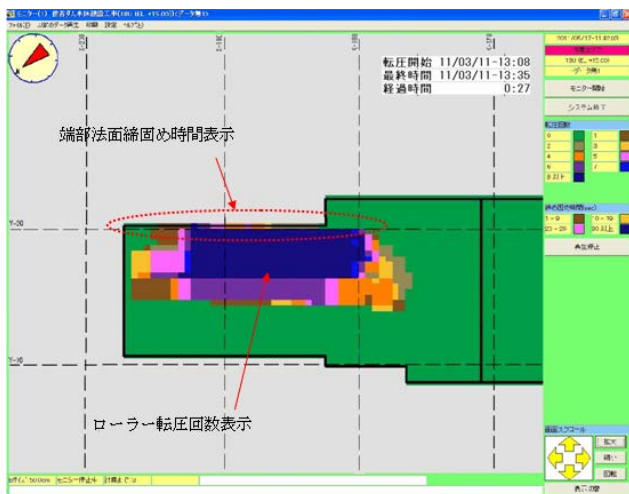


図-5 転圧表示情報共有画面例2

ローラによる転圧回数の表示画面では転圧していないエリアが緑色、1回転圧で茶、2回で薄茶、3回で黄色、4回で朱色、5回で桃色、6回で紫色、7回で青色、8回以上は紺色で表示している。オペレータはこの色を見ながら所定回数の転圧をおこなう。

次に、端部法面部での締固めイメージを図-6、



写真-3 端部法面締固め実施状況

写真-3に示す。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おこなっている。端部法面部では、ローラによる転圧とは異なり締固め位置と締固め時間により管理しており、ある位置に対しての締固め累積時間が所定の秒数（30秒等）になるまで締固めをおこなう。

その理由は、一ヶ所を連続的に締固めると端部法面部に段差等が生じる恐れがあるため、場所を移動させながら繰り返し締固めをおこなう方法をとっている。

そして、各位置の締固め累積時間が所定の時間（30秒等）になった事が分るような表示をおこなっている。この時間は、1～9秒で茶色、10～19秒で黄色、20～29秒で桃色、30秒以上は紺色で表示する。この端部法面締固めの状況は、ローラ転圧の画面（図-4,5）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-7）を見ながら締固め作業をおこなう。

両施工機械のオペレータは、この表示を運転席モニターで見ながら作業を行うため締固め不足を防止することが出来る。また、これらの情報は蓄積・保存されるため、過去に遡って連続再生表示することも可能になっており、発注者事務所・JV事務所の双方で活用した。

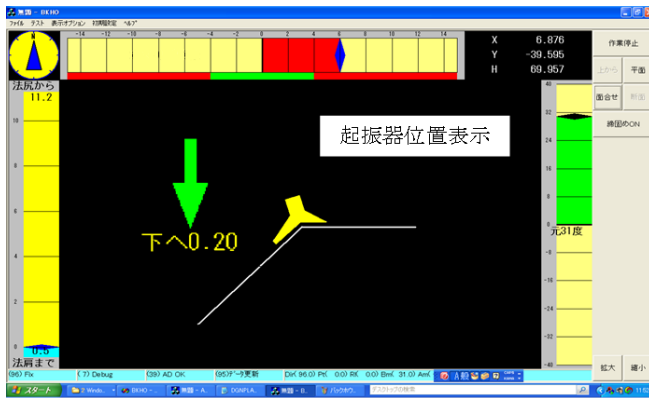


図-7 端部法面締固め画面

3.2 締固め完了時間管理（CSGトレースシステム）

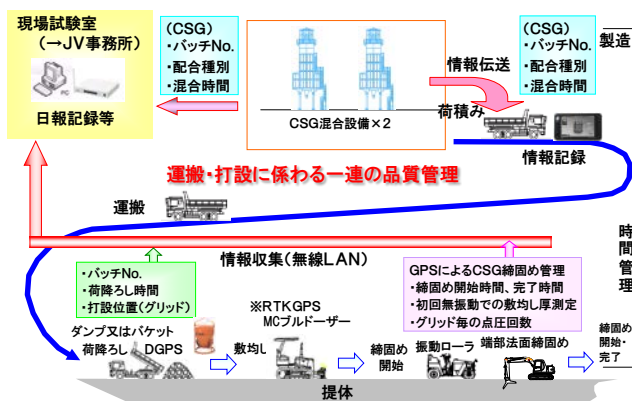


図-8 CSG材料トレースシステム³⁾

プラントでのCSG製造から材料搬送、敷き均し、ローラ等による転圧開始時間（CSG製造からの制限時間6時間）および転圧完了時間を管理するシステムであり、

- ・CSGプラントでのCSG製造情報車両伝送
 - ・車両での打設位置計測と情報伝送
 - ・CSG締固め開始・完了時間の表示
- で構成される（図-8）。これらも発注者事務所・JV事務所間で情報共有をおこなった。

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伝送する。このダンプにはDGPS（ディファレンシャルGPS：精度50cm）を搭載しているため、現場まで運搬し材料を荷降しした位置を知ることができる。

そこで、荷降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。³⁾ 次に、ブルドーザによる敷き均しがおこなわれ、ローラによる転圧（端部法面締固めを含む）がおこなわれる段階で、どの位置の材料が製造から何時間たっているか分るため、ローラ（端

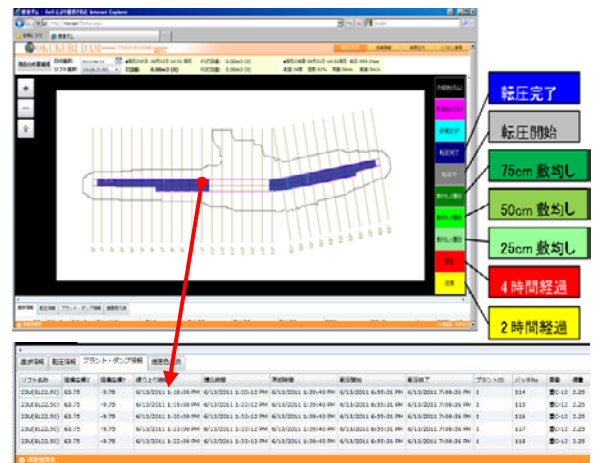


図-9 締固め時間管理情報共有画面

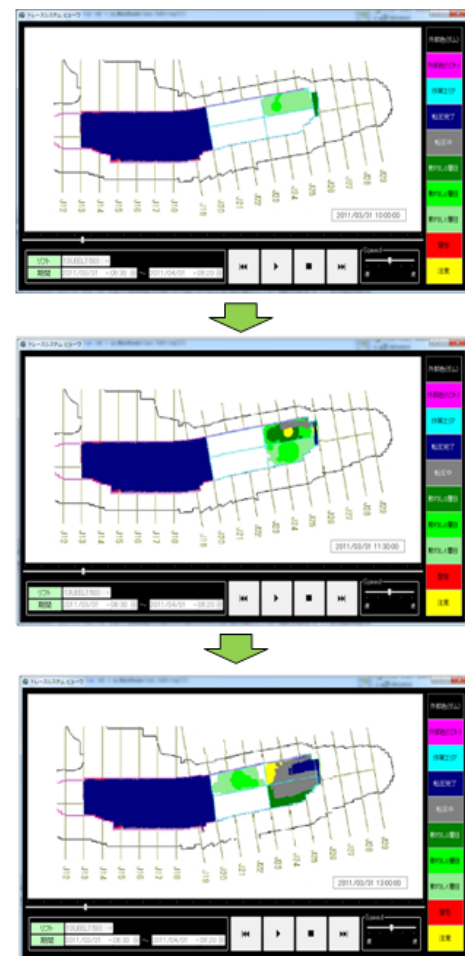


図-10 締固め時間管理再生画面例

部法面も同様）のオペレータは優先して転圧する場所を知ることができる。

また、打設場や発注者事務所・JV事務所では、任意点での作業状況を画面をクリックすることにより時系列データで確認出来るものとした。この時の時間管理画面を図-9に示す。

材料が製造から何時間経過しているかは、画面上に色別で表示される。この変化状況を図-10に示す。



図-11 トレースシステムの運用サイクル



図-12 MCブルドーザ

敷均しがおこなわれていない場所は白色で示されており、1層目の敷均し後は薄緑色、2層目は緑色、3層目は濃緑色で表示される。また、材料が製造から2時間を経過したものは黄色で表示され、4時間を経過すると赤色に変化する。そこで、転圧や端部法面締固めのオペレータはこの表示を見ながら優先すべきエリアを転圧・締固めする。転圧や締固めがおこなわれたエリアは灰色に変わり、転圧・締固め完了時には紺色で表示される。

なお、この締固め完了時間管理（CSG材料トレースシステム）もデータを蓄積・保存しているため、発注者事務所やJV事務所などで過去に遡って再生表示することが可能になっている。図-11にトレースシステムの運用サイクルを示す。

3.3 CSG材料敷均し厚さ管理

当初、敷均し厚さの管理は回転レーザーレベルによる方法を予定していたが、施工性および走行軌跡の記録を考慮し、マシンコントロール機能を搭載したブルドーザ（以下、MCブルドーザ）による施工方法を採用する事とした。

MCブルドーザはGPSを利用しブルドーザの排土板を自動制御をすることで、設計高さの敷均しを可能にするものである（図-12）。図-13は、敷均し作業時のMCブルドーザの排土板最下部の高さ軌跡を時系列に出力したものであり、施工レーンの一層毎に約25cmで敷均されていることを示したものである。

この時、施工時のGPSデータは内部メモリーに記憶されるため、施工後にその情報を電子データとして利用することが可能である。

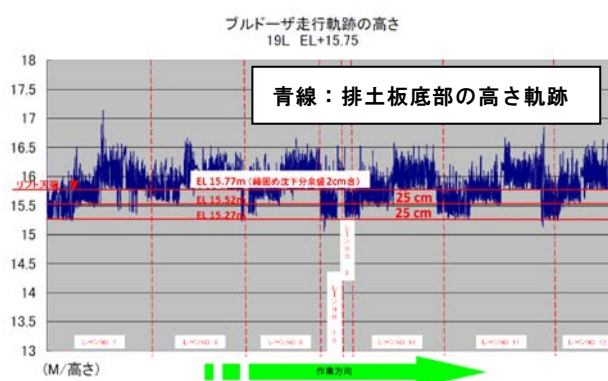


図-13 ブルドーザ排土板高さ軌跡の出力例

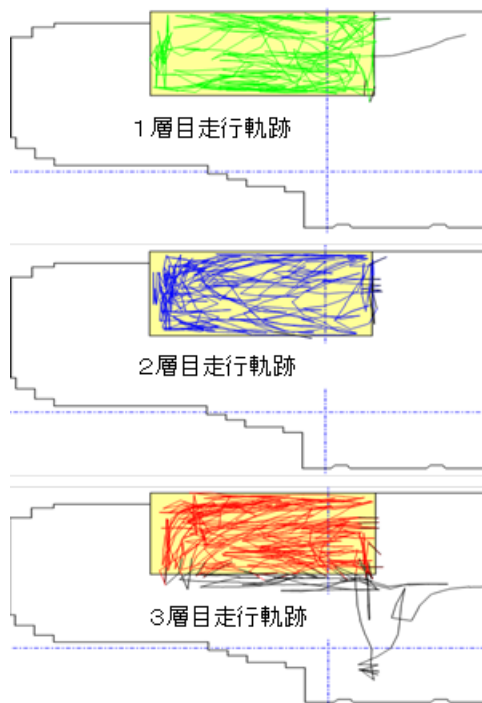
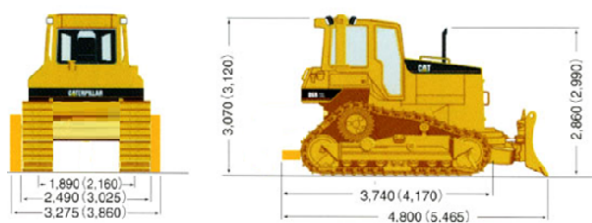


図-14 走行軌跡



1層目累積走行距離	1601 m	換算平均転圧回数	3.05 回
2層目累積走行距離	1566 m	換算平均転圧回数	2.98 回
3層目累積走行距離	1970 m	換算平均転圧回数	3.75 回

図-15 平均転圧回数への換算

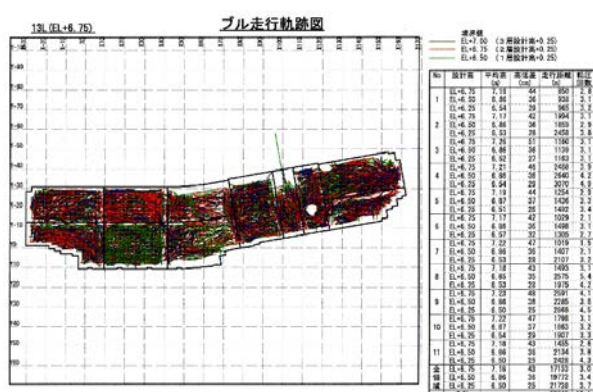


図-16 走行軌跡出力帳票の例

このデータを利用してMCブルドーザの各層における走行軌跡を表示させた例を図-14に示す。これは、枠内（レーン）での走行軌跡を表示したものであり、レーン外に出た部分は対象外としてカウントしていない。

また、キャタピラの幅を60cm（両側で1.2 m）とし、これにレーン内での各層での走行距離を掛ける事によりレーン内の平均転圧回数に換算する解析もおこなっている（図-15）。これらの走行軌跡出力帳票の例を図-16に示す。

4. おわりに

4 D-D I S データベース（コア部），I C タグによる母材運搬・仮置き管理，締固め管理（ローラー転圧，端部法面締固め），締固め完了時間管理（C S G材料トレースシステム），C S G材料敷均し厚さ管理の各システムを億首ダムに適用し，品質保証や施工履歴の蓄積，これらの情報の共有に活用することができた。

ダム I C T 施工総合管理システム「4 D-D I S」はC S G材料以外にも応用可能であるため，今後はこの技術を応用・発展させ，道路や造成工事などを対象に品質向上に役立てていく予定である。

謝辞

最後に，このシステムの適用にご協力頂いた内閣府沖縄総合事務局北部ダム事務所に対し，心より感謝を申し上げます。

参考文献

- 1) 岡田敏，鬼塚真，小林伸幸，小西史和：高速 ORDBMS Lite Object の設計と実装，情報処理学会 第 56 回全国大会 前期 (3)，pp.274-275，1998.3.17 .
- 2) 中島修：嘉瀬川ダム副ダムの C S G 工法，社団法人 九州地方計画協会，九州技報 第 46 号，2010.01.
- 3) 阪田史郎，山田曉飯，塚宏之，伊藤哲也：無線 L A N メッシュネットワークの技術動向，電子情報通信学会誌 Vol.92，No.10，pp.841-846，2009.10.