

～伊良原ダム建設工事における実証～

福岡県伊良原ダム建設事務所 正会員 横町 信也

本開発に先立ち億首ダム（沖縄県台形 CSG 工法 2012.3 竣工）では、振動ローラ転圧による締固めをするダムの内部コンクリート（CSG）打設に対して、「ダム ICT 総合管理システム 4D-DIS（4 Dimensions - Dam Information Service）」を開発し運用した。このシステムは、データベースを中心に GNSS を搭載した建設機械により 3 次元位置や時間情報を把握し、CSG の締固めに関する施工データをエレメント（一辺 500 mm の立方体）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たものである。

[illegible]

2. システム概要

ダム堤体の主材料であるコンクリートの練上りから締固め完了までの時間と、GNSS を搭載した運搬用の 10t 級ダンプトラックと締固め用の大径バイブレータ 4 本搭載の 0.45m³ 級バックホウ（バイバック）による 3 次元位置情報を、堤体周囲に配した無線 LAN ネットワークにより収集・統合して 4 次元（X, Y, Z, T）で管理する。収集データと管理項目（出力情報）は以下のとおりである。

●収集データ

- ① 練上り時間：混合設備の練上り時刻(バッチデータ付)
- ② 打設時間：ダンプトラックの投下時刻
- ③ 施工位置：ダンプトラック・バイバックの GNSS 情報
- ④ 締固め制限時間：①+2.0Hr(1.0, 1.5Hr で警報)
- ⑤ 締固め開始時間：各エレメント部起振・転圧開始時刻
- ⑥ 締固め完了時間：各エレメント離脱時刻(15 秒で着色)

●管理項目

- ① コンクリートの締固め経過時間
- ② コンクリート締固めまでの制限時間
- ③ コンクリート打設経過管理
- ④ コンクリート材料情報(バッチデータ)

連絡先 〒245-0051 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 TEL045-814-7229

3. 開発内容

(1) バイブレータバックホウによる締固め

バイブレータバックホウ（バイバック）によるコンクリートの締固め状況を写真-1、図-2 に示す。コンクリートの締固め時間は、1.0mリフトを2層で打設するため、50 cm/層のバイブレータの締固め試験結果より挿入と引抜きを含め15秒以上とした。バイバックに搭載されたモニタには、40 cm×240 cmの範囲（人力施工の場合は40 cm×40 cm）に対し、各エレメントでの累計施工時間1～14秒で黄緑色、15秒以上で桃色の着色明示をする。バイブレータの重機のオペレータは、締固めの施工不足や未施工の無いようにモニタで締固め経過時間を確認して施工していく。



写真-1 バイブレータ締固め状況

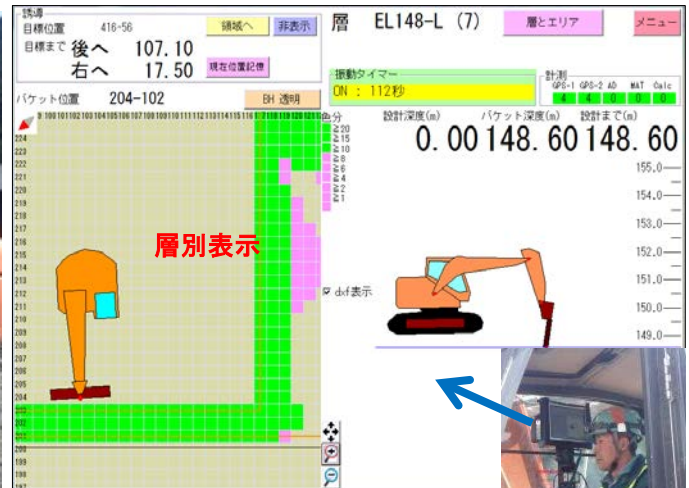


図-2 バイバックモニタイメージ

(2) 人力施工による締固め管理の試行（ITバイブレータ）

① 人力によるバイブレータとして、写真-2 のような機器が使われている。これらの位置計測には写真-3 のように屋外であればGNSS(GPS)を使い、屋内であれば（電波または超音波）測位装置などを使用。締固め時間はバイブレータへの通電電流を検出する事で把握できる。

② 高周波フレキタイプ（写真-2 の右）の場合には作業員が持っている場所と実際の振動部の距離が不明であるため、振動部と手で把持している位置との距離を自動的に測定する方法として、ホースに先端からの位置を示すRFID タグを内蔵させ、読取器で位置を認識する事を考えた。設計検討の結果、ホースにシールタイプのRFID タグを2.5cmピッチで螺旋状に貼付る事により連続的な読取が可能と判断されたため既存のバイブレータホース上に貼り付けて、全体を防水・防護する事とした。ホースに内蔵したRFID タグはφ38mmのシールタイプで周波数は13.56MHzのものを使用した。また、タグを貼ったホースを防水・防護するために特殊な熱収縮型のゴムチューブを使用し、内部のタグを保護するようにした。この時、熱によるタグの破損が懸念されたが加工後に正常に動作する事が確認できた。



写真-2 ハンドバイブレータ



写真-3 人力施工と GNSS

③ 読取器について、手袋型、専用治具型の2種類を試作し動作を確認した。図-3 にシステムイメージを、写真-4 に試作した読取器、RFID タグを貼ったフレキシブルバイブレータを示す。

バイブレータへの通電と振動による読取への影響について調べたが、全く問題なく動作する事が確認できた。さらに、施工では流動状のコンクリートがホースの表面に付着した状態で読み取れる必要がある。そこで、読取器とホースの間に水が入った場合の読取への影響を調べた。

その結果、ホースと読取器の双方が完全に水没しなければ読み取れる事が確認できた。

図-4 に収集データと締固め管理の試行画面を、写真-5 に現場での検証状況を示す。読取器は手袋型も、専用治具型も USB→無線→パソコンの経路でデータを送出するようにした。

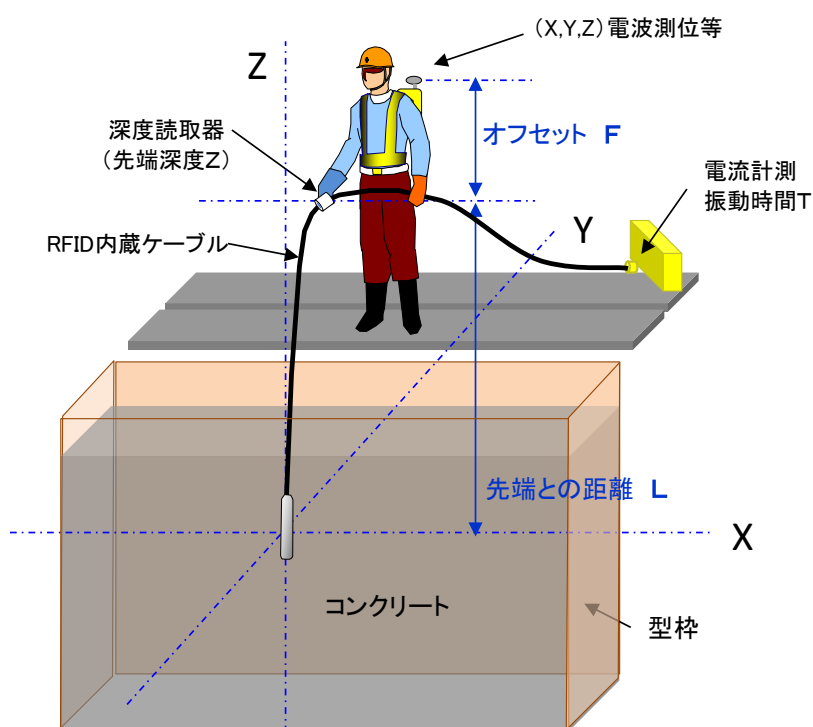


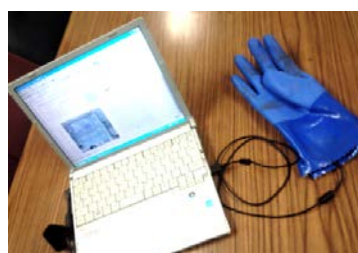
図-3 ITバイブレータの概念図



RFID内蔵ケーブル



治具型読取器



手袋型読取器

写真-4 試作した RFID タグ内蔵バイブレータと読取器

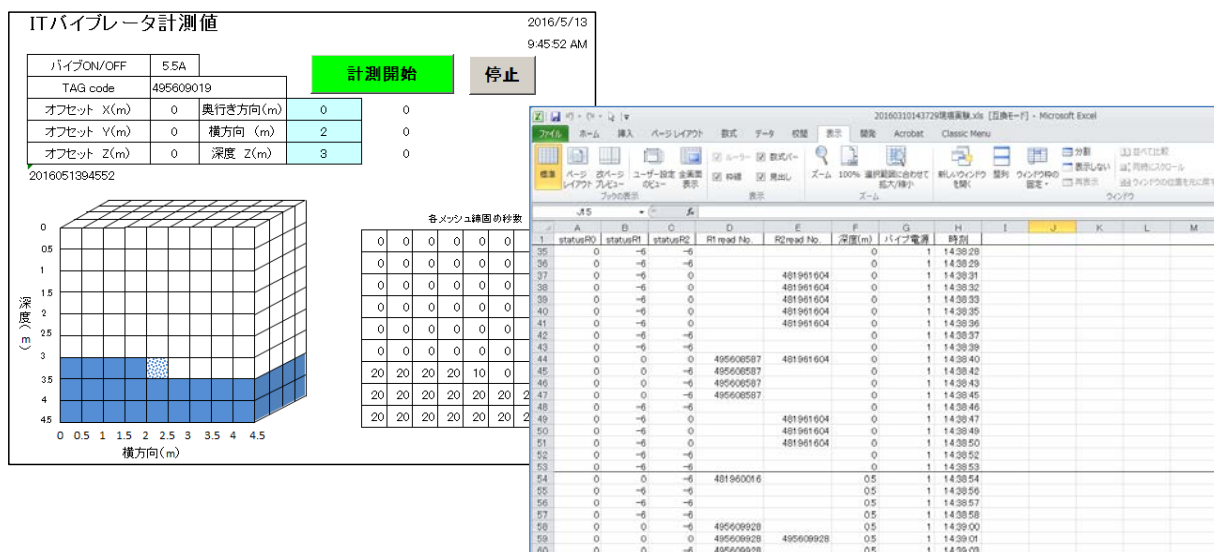


図-4 収集データと締固め管理の試行画面



写真-5 現場での性能検証

(3) トレーサビリティ管理

本開発の外部コンクリートと、既存システムの内部コンクリート(RCD)の施工情報を統合して、ダム堤体全体のトレーサビリティの一元管理を実現した。施工情報は、打設管理者のタブレットと現場事務所のパソコンでリアルタイムでの閲覧ができる。また現場事務所では、リフトの全施工履歴の動画再生も確認できる。図-5 に締固め経過時間(青)が反映されている状況と、締固めまでの制限時間(赤)の明示を示す。写真-6 に同時刻での作業状況 (WEB カメラ画像) を示す。

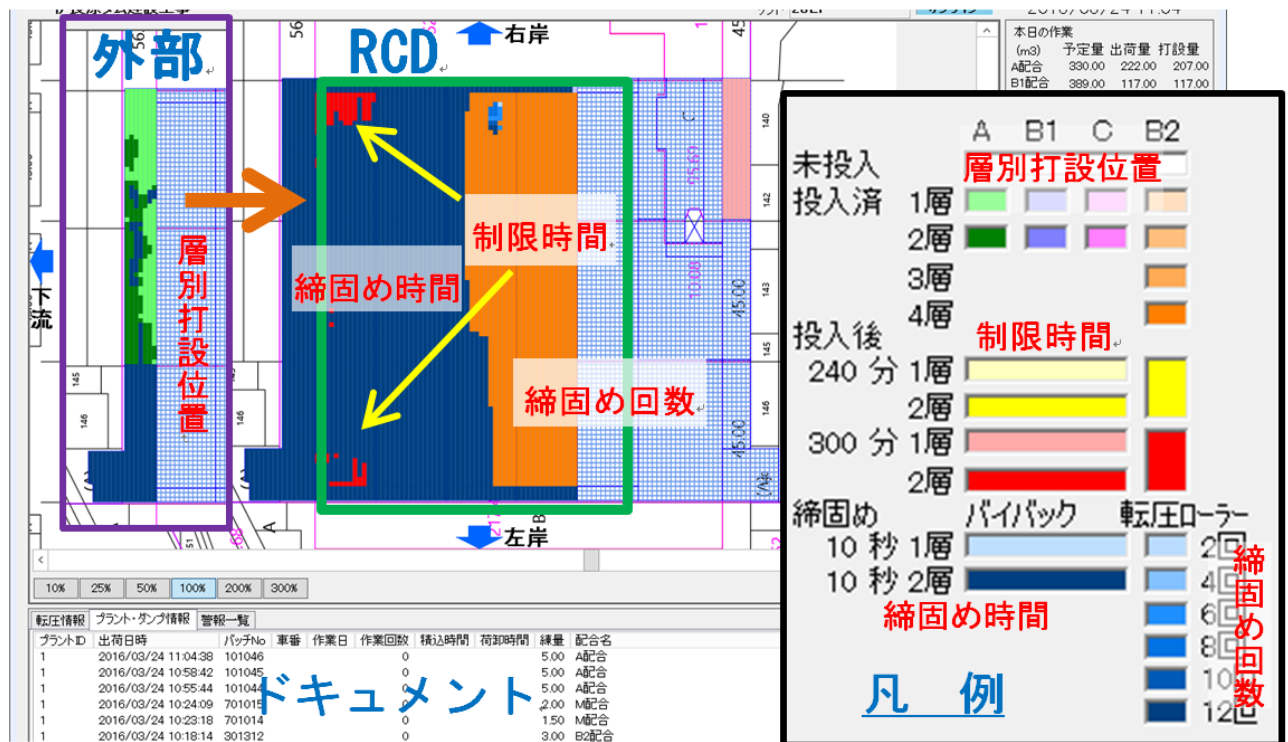


図-5 管理画面 (管理者PC)

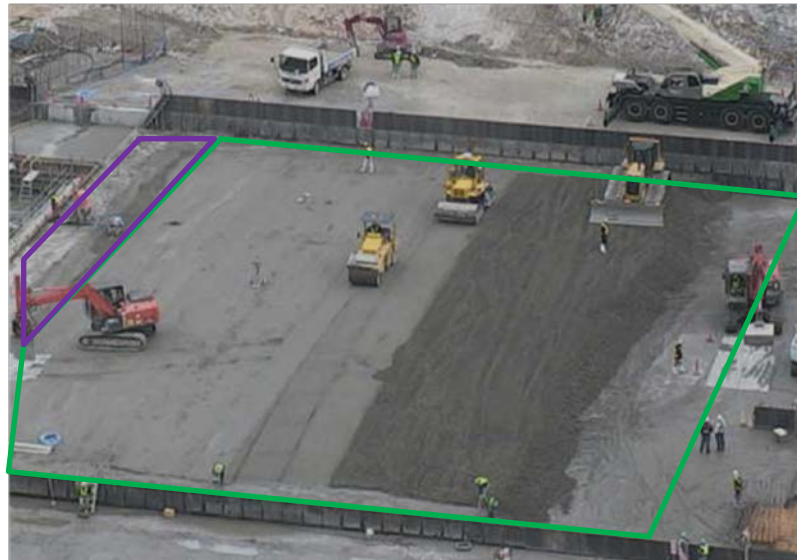


写真-6 締固め状況（管理画面とほぼ同一の時刻）

4. コンクリートトレースの実証結果

表-1 に実証結果を写真-7 に実証実験を行った伊良原ダム of 施工状況を示す。

表-1 実証結果

実証場所		試験項目および結果（管理 PC 確認）	
工事件名	伊良原ダム堤体建設工事(福岡県)	コンクリート施工位置確認（x, y, z）	結果整合
工事場所	福岡県京都郡みやこ町犀川横瀬	RCD 施工位置（x, y, z）	結果整合
実証位置	ダム堤体コンクリート	コンクリート：50 cm/層，RCD：25 cm/層共	結果整合
	RCD コンクリート施工リフト	バイブレータ締固め時間(累計時間)	結果適正
	EL150.00m～EL200.00m	RCD 転圧回数（累計）	結果整合

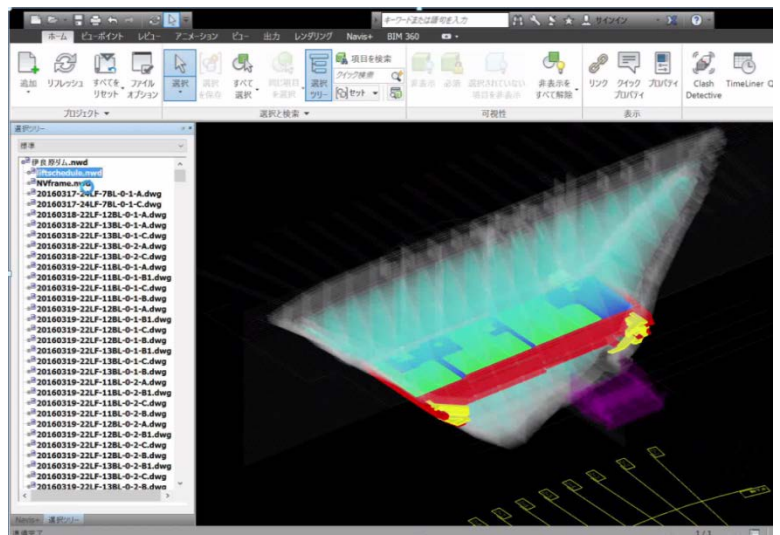


図-6 T-CIM/Dam とのデータ連携（伊良原ダム）

5. まとめ

本システムの開発により、ダム堤体コンクリート全体のトレーサビリティの一元化を実現した。これにより従来の人力計測のみによる任意点管理から、自動計測データによる全点管理が可能となり、高度な品質保証と無駄な施工の削減を達成した。また、近年国土交通省が主導する「CIM」に対する当社の取組みである「T-CIM/Dam」のサブシステムとして、高精度な属性情報の収集に役立てている。今後は次なるステップとして、IT バイブレータの施工情報を組合せ、多様な構築物のコンクリート打設管理へ適用して行く予定である。

謝 辞 最後に、このシステムの適用にご協力頂いた福岡県に対し、心より感謝を申し上げます。