

「みちびき」測位技術のダム工事への活用に向けた実証実験
ーケーブルクレーン自動運転制御への適用性検証ー

西松建設(株) 技術研究所 正会員 ○戸田 泰彰
西松建設(株) 機材部 井上 洸也
三菱電機(株) 鎌倉製作所 佐藤 一敏
三菱電機(株) 鎌倉製作所 島 嘉宏

1. はじめに

当社は、ダム工事における施工の効率化・高度化、さらに建設 DX による建設生産プロセスの変革を進めており、その中でケーブルクレーンによるコンクリート打設の自動化技術の開発に取り組んでいる。その一環として今回、開発した自動運転システムのさらなる高度化に向けて、準天頂衛星システム「みちびき」の高精度測位技術のダム現場での実証実験を行い、ケーブルクレーン自動運転制御への適用性について検証した。

2. CLAS（センチメートル級測位補強サービス）について

みちびきから送信される L6D 信号を用いて測位補強することで、センチメートルオーダーの測位を可能としている。L6D 信号は GPS/Galileo といった GNSS から配信されている信号ではなく、専用の受信機が必要となる。当社で開発したケーブルクレーン自動運転システムは、GNSS 信号と基準局からの補正情報により、相対位置を高精度で測位する RTK（リアルタイムキネマティック）測位を用いている。今回の実証で CLAS の適用性が確認できれば、従来の RTK から、基準局からの補正情報の常時受信が不要な CLAS への置き換えが可能となり、特に広大な現場の全域で、安定した通信環境の構築が難しいダム建設現場において、活用拡大が期待できる。

3. 実証実験

(1) 計測方法

ケーブルクレーンの材料運搬における、吊り荷（コンクリートバケット）の高精度測位を今回の実証のターゲットとした。吊り荷上部のフックブロックにアンテナと専用受信機を設置し[図-1]、CLASでの FIX 率と測位精度を計測した。今回の計測範囲では周囲地形により、河床付近では仰角が平均35度程度と衛星の可視性が制限されるため、評価は遮蔽の影響を考慮し、ダム天端（標高282m）を境として堤体上部／下部に分類して統計処理を実施した。

(2) 検証結果（FIX率）

ダム下部の河床近くにフックブロックを下した状態においても、CLASのFIX状況や測位精度が劣化することなく、FIX率が高い状態を維持できていることが確認できた。[図-2]の緑線がフックブロック（アンテナ位置）の軌跡を表示しており、緑色はFIX状態が継続されていることを示す。つまり上空でFIXしている状態であれば、下降して受信衛星数が減少してもFIXステータスが継続されることが確認できた。

表-1 実証実験

実施期間	2021年11月28日～2021年12月13日
実施場所	立野ダム建設工事現場
計測機器	AQLOC-V（CLAS：IS-QZSS-L6-004対応）
リファレンス	RTK測位：上記の受信機と近傍の電子基準点との間でRTK測位演算を実施
評価条件	リファレンス、CLAS共にFIX解が得られたデータを比較評価
実施主体	準天頂衛星システムサービス株式会社



図-1 受信機設置位置

キーワード ダム、ケーブルクレーン、自動運転技術、GNSS 測位技術、みちびき、CLAS

連絡先 〒105-0001 東京都港区虎ノ門 2-2-1 住友不動産虎ノ門タワー21 階 西松建設株式会社 技術研究所 TEL. 03-3502-0247

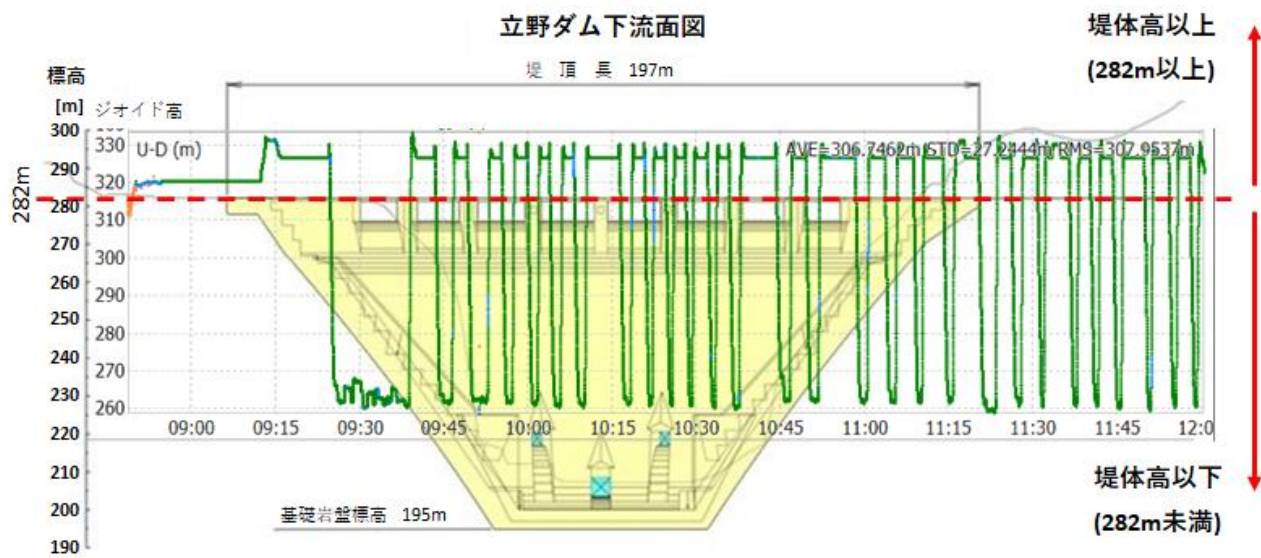


図-2 評価基準のイメージ

表-2 測定日毎の測位精度・FIX 率・衛星数の状態

	計測時間	全体				堤体高以上				堤体高以下			
		水平精度 95%,cm	垂直精度 95%,cm	FIX率 %	衛星数 機	水平精度 95%,cm	垂直精度 95%,cm	FIX率 %	衛星数 機	水平精度 95%,cm	垂直精度 95%,cm	FIX率 %	衛星数 機
11月29日	12:02:56 - 23:59:58	3.6	8.6	98.4	13.3	3.4	8.4	98.6	13.7	3.8	8.8	98.1	12.7
11月30日	13:35:34 - 20:09:18	3.0	8.8	99.1	13.5	2.8	8.6	99.6	13.8	3.3	9.2	98.1	12.8
12月1日	08:08:54 - 17:47:18	3.3	7.8	99.1	13.4	3.1	7.9	99.4	13.7	3.6	7.6	98.7	12.7
12月2日	09:57:56 - 22:31:43	3.5	8.5	98.7	13.3	3.1	7.8	99.4	14.1	3.9	9.6	97.8	12.3
12月3日	09:53:23 - 23:40:34	3.9	8.4	99.0	12.7	3.7	8.5	99.0	13.1	4.3	8.1	99.0	11.9
12月6日	10:20:53 - 16:09:11	4.3	11.0	98.7	11.7	3.7	8.8	99.0	12.0	5.2	13.5	98.3	11.2
12月7日	09:02:23 - 17:36:54	5.7	11.9	95.6	12.1	4.3	9.3	97.9	12.7	7.7	15.8	95.3	11.0
12月8日	13:18:23 - 23:58:58	3.9	8.2	98.7	13.4	3.6	7.6	99.0	14.2	4.1	8.6	98.4	12.7
12月9日	12:23:22 - 19:35:27	3.4	8.5	98.7	11.9	3.0	8.4	98.6	12.4	4.0	8.7	99.0	11.1
12月10日	14:48:17 - 21:34:12	3.6	8.0	99.0	12.8	3.3	7.8	99.0	13.3	3.9	8.4	98.8	11.8
12月11日	03:39:54 - 12:24:12	3.8	8.4	98.6	11.1	3.4	7.2	99.2	11.8	4.4	10.5	97.8	10.1
12月13日	13:33:23 - 20:02:16	4.4	8.6	97.6	13.0	4.5	7.7	98.5	13.3	4.2	10.2	96.1	12.3
		3.9	8.9	98.4	12.7	3.5	8.2	98.9	13.2	4.4	9.9	97.9	11.9

※測位精度については95%値を、FIX率、衛星数については、各作業日の平均値を示している。

(3) 検証結果（測位精度）

リファレンスとしたRTK測位との計測値の差を[表-2]に示しており、水平精度は約4cm、垂直精度は約9cm（FIX率は約98%）との結果が得られた。また、ダム天端を境として上下に分けても大きな差異は見られなかった。

4. まとめ

今回、当社JVが施工中の立野ダム（国土交通省九州地方整備局発注）にて実証を行い、CLASを用いた測位精度として10cm以内（水平：約4cm、垂直：約9cm）、さらに測位の安定性を示すFIX率は約98%の結果を得た。

これはケーブルクレーン自動運転制御における吊り荷の測位として十分な精度であり、従来のRTKからCLASへと置き換え可能と考えられる。CLAS活用に関しては、前述の基準局との常時通信が不要（測位安定性の向上）だけでなく、国産GNSSとして、サービス提供の継続性・安定性の点からもメリットがあると考えている。

5. 今後の展開

当社ではダム工事におけるCLAS活用として、具体的に各種クレーンの吊り荷の位置情報を利用した安全管理技術や、また重機の位置情報と稼働情報を利用した省燃費運転の支援技術について、技術開発を検討している。

参考文献

1) みちびき HP. “ユーザー環境性能評価：土木建設（QSS：ダム工事におけるCLAS精度検証）”. 内閣府宇宙開発戦略推進事務局. 2022-11-29. https://qzss.go.jp/technical/dod/clas/use-case_221129.html