

—国土交通省 関東地方整備局 関東技術事務所—

[シリーズ No.6]

DX・i-Construction
建設技術展示館

港湾工事の ICT ブロック据付技術 「水中ジャイロ」「水中遠隔玉外し装置」

若築建設株式会社 建設事業部門 技術部 機械課 いな の べ 稲野辺 しん べい 晋平

1. はじめに

近年、建設業界では長時間労働や慢性的な人手不足などが大きな問題となっている。

2024 年 4 月から罰則付きの時間外労働の上限規制が適用され、長時間労働の解決に向けた動きが加速しているが、根本的な解決には至っていないのが現状である。

また全産業と比較しても建設業では高齢化が著しく 2025 年以降、就労者が大きく減少する見込みである。

海洋土木の分野に注目すると、特に潜水士の不足が深刻化している。潜水士は潜水具を身に着け溶接、捨石均し、玉外しといった海洋土木工事に欠かすことのできない作業全般を行う。水中での作業は陸上と比べ視界が悪く、潮流や波浪の影響を受けること、クレーンオペレータおよび船上から安全確認を行うことが難しいため危険性が高い作業といえる。

現在、国土交通省では施工性向上、人手不足解消、安全性向上などを目的として建設業に ICT（情報通信技術）を導入することを推し進めている。

当社でも ICT を活用した施工技術の開発を行っており、本稿では関東技術事務所 建設技術展示館で現在展示している「水中ジャイロ」、「水中遠隔玉外し装置」を組み合わせて行う ICT 水中

ブロック据付技術について紹介する。

2. 「水中ジャイロ」について

水中ジャイロ（写真－1）はジャイロ効果（回転する物体がその回転軸に対して安定性を持つ現象）を利用して、クレーン作業における吊荷の向きを制御する装置である。装置内部にフライホイールがあり、それを高速回転させることでジャイロ効果を発生させている。



写真－1 水中ジャイロ

水中ジャイロ本体は水深 20 m までの耐水性を有する。本体下部に吊ピースが 4 点あり、1 点につき 25 t まで吊ることができ、合計の最大吊荷重は 100 t である。

別途、2点吊治具を使用することで、消波ブロックの据付けにも対応することができる。

気中において慣性モーメント $325 \text{ t} \cdot \text{m}^2$ の吊荷を、20 秒以内に 90° 回転させる能力がある。

表－1 に水中ジャイロの諸元をまとめた。

表－1 水中ジャイロ諸元表

項目	数値
全高	2.5 m
幅	2.1 m
質量	10 t
本体耐水深	20 m
最大吊り荷重	100 t
回転制御能力	$325 \text{ t} \cdot \text{m}^2$

装置内部に高精度の方位計である光ファイバジャイロコンパスを搭載しているため、外部の環境にかかわらず装置の向いている方位角度をリアルタイムで把握、吊荷の方向を調整、保持することができる。

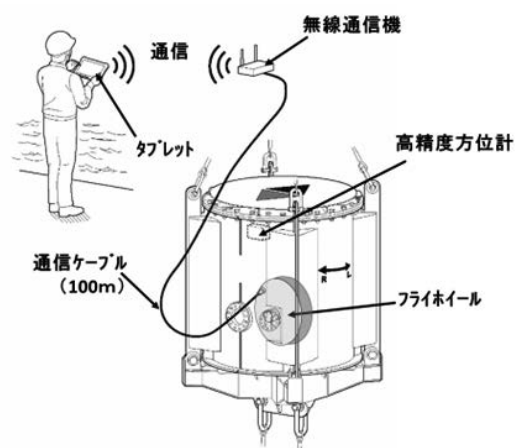
水中ジャイロと無線通信装置は 100 m の通信ケーブルでつながっており、船上の作業員がタブレット PC（写真－2）で遠隔操作を行う。



写真－2 操作用タブレット PC

タブレット PC の画面ではフライホイールの回転数、ジンバル（フライホイールを傾ける仕組みを持つ台）の角度、バッテリー残量、光ファイバジャイロコンパスより得た水中ジャイロの方位角度などを確認することができる。

図－1 は装置全体図である。水中ジャイロ上部



図－1 装置全体図

の矢印の向きとタブレット PC 画面上の矢印の向きは一致している。

本装置を使用することで、潜水士が水中で介錯をする必要がなくなり、安全性の向上、作業効率の向上が期待できる。

また、本装置は水中部のみならず、気中部の作業も行することができる。気中部のみの作業時はタブレットを使わないリモコンでの無線通信によって目視しながら吊荷の向きを制御することもできる。

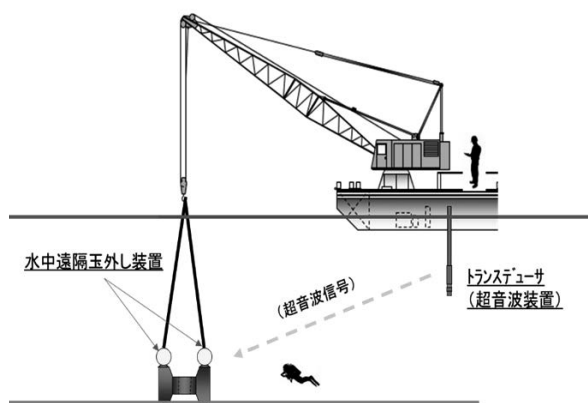
3. 水中遠隔玉外し装置

水中遠隔玉外し装置は、ブロックの水中据付け時の玉外し作業において、遠隔からの超音波信号を受信するとロックされたラッチがアクチュエータにより解除され、フックに取り付けられた浮力体の浮力によりフックが開くことで玉外しを行う装置である。耐水深は 100 m、水中での信号の最大送受信距離は 300 m である。

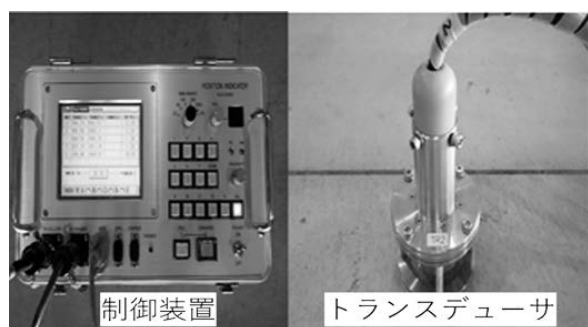
図－2 は水中遠隔玉外し装置を使用して施工を行った場合のイメージ図を示す。

本装置は、船上からロックを解除する信号を送信する「船上機部」（図－3）と、水中で信号を受信しロックを解除し玉外しを行う「フック部」（図－4）に大別される。

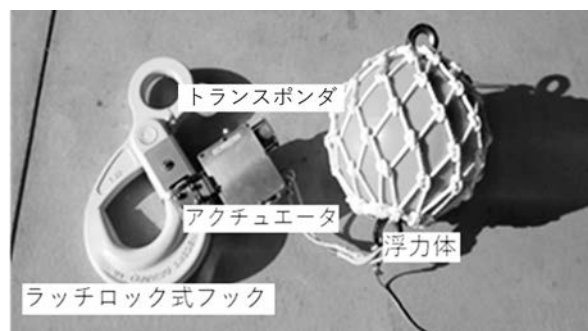
船上機部は、アクチュエータの状態を監視、制御する「制御装置」と、フックのラッチロックを



図－２ 施工イメージ図



図－３ 船上機部



図－４ フック部

解除する信号を送信する「トランスデューサ」で構成される。

制御装置にはフックのラッチについてロックの状態を表示する画面があり、船上でロックの状態を確認することができる。

フック部は、ラッチロック式の「フック本体」と、フックのロックを解除する信号を受信する「トランスポンダ」、信号を受けラッチロックを解除する「アクチュエータ」、フックを持ち上げる「浮力体」で構成される。

使用しているフックの最大吊能力は 20t であ

り 5 台まで同時にロックを解除することができるため、5 点で吊れば、最大 100t まで対応が可能である。

本装置を使用すると、潜水士自身が玉外しをする必要がなくなるため、ブロックとの距離が確保でき、水中作業における挟まれや激突事故などの発生を抑制できる。また一度に全てのフックを外せるため、作業の効率化を図ることができる。

写真－３ は当社の技術研究所にある実験水槽で実験を行った際の写真である。吊荷の荷重が抜けた後ロックを解除、浮力体の浮力によりフックが持ち上がり、玉外しが完了した状態を示している。



写真－３ 実験水槽での動作確認

4. 装置の組合せ施工

水中ジャイロと水中遠隔玉外し装置を組み合わせ使用した施工事例を紹介する前に、従来の水中ブロック施工方法について説明したい。

- ① 船上での玉掛完了後、台船上のクレーンで吊り上げたブロックを海中へと運搬する。
- ② 潜水士が監視し、有線の水中電話などで台船と連絡を取りながら据付け場所への誘導を行う。この時ブロックの向きは潜水士がロープで介錯し調整している。
- ③ 所定の位置に据え付けた後は潜水士が直接玉外しをする。

特に玉外し作業は潜水士がブロックやワイヤなどに近付くため、挟まれや激突の危険性が最も高くなる施工段階である。

前記のような危険性を排除し、効率化を図るため水中ジャイロと水中遠隔玉外し装置を組み合わせた施工方法を考案した。

次に施工手順を示す。

- ① 船上での玉掛完了後、台船上のクレーンで吊り上げたブロックを海中へと運搬する。
- ② 潜水士の指示により船上の作業員が、遠隔操作のタブレットモニタ画面を確認しながら水中ジャイロを遠隔操作することで、吊荷の向きを調整する。
- ③ 設置場所へ着底後、潜水士の指示により水中遠隔玉外し装置の制御装置から超音波受信機に信号を送ることで玉外しを行う。

潜水士は吊荷を監視、音声による誘導をするだけでなく、吊荷に直接触れることなく施工を行うことができたため安全性が向上したといえる。

また従来の施工方法の場合、玉外し作業に1～2分程度かかっていたが、一度に全てのフックを解除することが可能のため約30秒に短縮し、施工性の向上も確認できた。

写真－4は水中ジャイロ、水中遠隔玉外し装置を使用して20tの被覆ブロックを吊っている状況である。



写真－4 施工状況

5. 今後の展望

水中ジャイロと水中遠隔玉外し装置の組合せによる施工で、水中ブロック据付けの際に離隔距離を確保できること、一度に全てのフックの玉外しができることから、安全性、施工性の向上を確認することはできたが、依然として潜水士が水中で監視、誘導などを行う必要がある。

さらに安全性、施工性を向上させるため、当社開発の潜水士位置監視機能搭載ブロック据付施工管理システム「WIT-B・Fix」などのICTによる情報を用いた水中部での可視化技術と組み合わせた施工方法を開発したいと考えている。

6. おわりに

本稿では「水中ジャイロ」、「水中遠隔玉外し装置」についての紹介と二つの装置を組み合わせて使用した場合の水中ブロック据付工事を紹介した。

今後もさらにICTを活用することで、安全性、施工性の向上といった直接的な効果だけではなく、3K（きつい、汚い、危険）の代表格といわれている建設業のイメージを覆し、新規入職者増加へつなげていければと考えている。

若築建設ホームページ

<https://www.wakachiku.co.jp/>



「水中ジャイロ」「水中遠隔玉外し装置」説明動画

<https://youtu.be/gahHLZqMWl0?si=FzFwi-azAjAeUaIf>

