

# コンクリートブロックの据付支援システムの開発

研究予算：運営費交付金（一般勘定）

研究期間：平 23～平 26

担当チーム：寒地機械技術チーム  
寒地技術推進室

研究担当者：山口和哉、岸寛人、石川真大、  
平伴斉

## 【要旨】

北海道の港湾工事におけるコンクリートブロック据付作業は、波浪や海水温の低下などの影響により、施工できる期間が短い。

また、少子高齢化による、起重機船などの船員や潜水従事者不足、さらには、クレーン作業中における潜水士の事故が問題となっている。

このため、施工の効率化・省人化・安全性向上を目的に、コンクリートブロックの据付位置誘導や水中可視化が可能なコンクリートブロック据付支援システムを開発した。

キーワード：消波ブロック、据付支援システム、サイドスキャン、回転計測トランスデューサー、起重機船

## 1. はじめに

北海道の港湾工事におけるコンクリートブロック据付作業は、波浪や海水温の低下などの影響により、施工できる期間が短い。

また、少子高齢化による、起重機船などの船員や潜水従事者不足、さらには、クレーン作業中における潜水士の事故が問題となっている。

このため、施工の効率化・省人化・安全性向上を目的に、コンクリートブロックの据付位置誘導や水中可視化が可能なコンクリートブロック据付支援システムを開発した。

本稿では、システムの開発経緯、コンクリートブロックの誘導試験、コンクリートブロックの一種である消波ブロック据付作業の水中部可視化試験について報告する。

## 2. システムの開発

システムの検討にあたり、次のとおり、要件の整理およびセンサーの選定を行った。

### 2. 1 システムの要件

上記の課題の対応策を検討するため、消波ブロック据付作業を行っている潜水士、クレーンオペレータ、現場代理人を対象にヒアリングを行った。結果を以下に示す。

- ①直轄港湾・漁港工事の消波ブロック据付作業は、乱積みである。
- ②水面付近と法尻の位置合わせに時間がかかる。
- ③水中の視界が不良の場合には待機時間の発生もしくは作業中止となる。
- ④水中写真は撮影するが、透明度の低い海域では、施工状態の確認ができない。
- ⑤危険であるため、潜水士は大きなブロックに近づけない。

この結果をもとに、システム開発要件を以下のとおり整理した。

- 1) ①より、消波ブロック据付作業は乱積みであり、正積みのような高精度システムは必要ないため、簡易的なシステムを構築する。
- 2) ②より、マシンガイダンスによってブロックを誘導する機能が必要である。マシンガイダンスとは、GNSS などの計測技術を用いて、次に施工する位置情報や施工状況などの情報をオペレータに提供し、ブロック据付をサポートする技術である。
- 3) ③④⑤より、透明度の低い水中での施工状況確認のため、音響計測技術等を用いた水中の可視化が必要である。

以上より、ブロック据付位置をマシンガイダンスによって誘導し、水中部の施工状況を可視化できる

システムについて検討した。

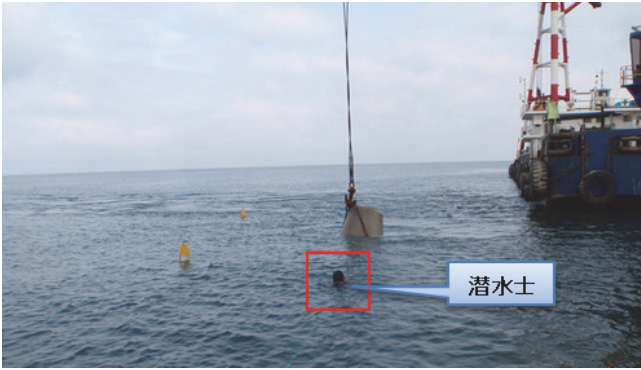


写真-1 消波ブロック据付

## 2.2 水中可視化センサーの検討

音響計測技術の各種センサーを評価した(表-1)。

マルチビーム音響測深器は水中の様子を後処理で鮮明に表示できる。しかし、扇状に超音波ビームを送受波するため、立体的に形状把握するためには回転機構が必要であり、定点での形状把握には不向きである。また、導入コストは2000万円以上と高価である。

音響カメラは、リアルタイムでコンクリートブロックの様子が把握できるが、横方向29度、縦方向14度と画角が狭いため、作業状況を把握するには上下左右に移動ができる機構が必要である。また、導入コストはマルチビーム音響測深機同様2000万程度と高価である。

魚群探知機+回転計測トランスデューサーは、多少のタイムラグがあるが、回転機構を有しているため、定点でのブロック形状認識が可能であり、イニシャルコストも70万円程度と安価である。

以上からシステムに必要なセンサーとして魚群探知機+回転計測トランスデューサーを採用することにした。

表-1 水中可視化センサーの検討結果

センサー名	魚群探知機本体+回転計測トランスデューサー	マルチビーム音響測深器	音響カメラ
イニシャルコスト	70万円	2000万円	2000万円
定点でのブロック形状認識	○	△ 要回転機構	△ 要上下左右移動機構
施工状況のリアルタイム可視化	○ 多少タイムラグ有	× 後処理が必要	○ 画角が狭い
評価	○	×	△

## 2.3 システムの概要

前述の要件を満たすため、システムを図-1に示す構成とした。

GNSS基準局を陸上基準点に設置し、ここからの補正信号を受けて、ブームトップに設置されたアンテナ位置の補正を行い、正確なクレーンブームトップの位置を決定するものとした。また、ブロックの高さ位置はワイヤーロープを巻き取るドラムなどに取り付けたポテンショメータの回転数によってワイヤー移動量を求めるものとした。

そのときのクレーンジブ角度は、起重機船のジブ角度が変動式のものもあることから、傾斜計を用いて自動入力も可能とした。

2.2から水中部可視化装置は、魚群探知機本体+回転計測トランスデューサーとした。半径45mまで水中の様子が可視化できる。

この水中部可視化装置の信号をビデオ信号として出力し、クレーンオペレータ室のPCに表示するものとした。

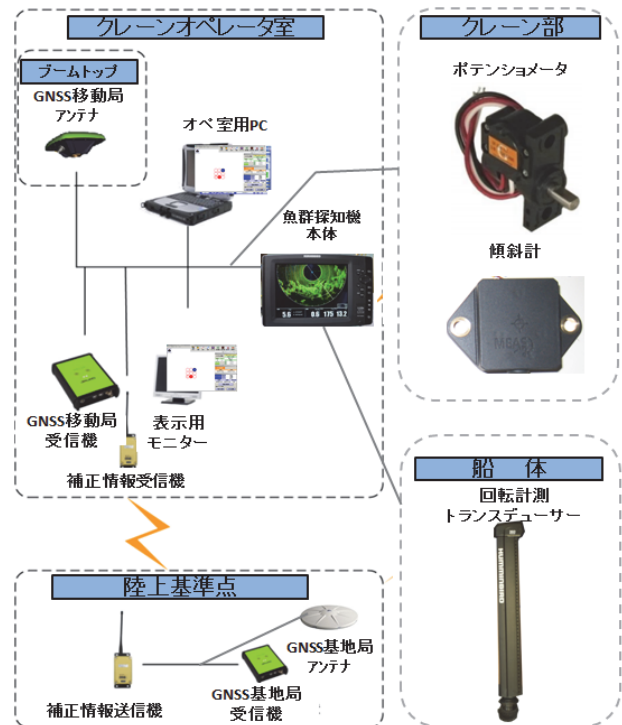


図-1 システム系統図

## 3. システムの機能

システムの主な機能は以下のとおりである。

### 3.1 コンクリートブロック規格登録機能

消波ブロックの縦幅、横幅、高さ、ブロックの名称などを入力する機能である。これにより、システム上の消波ブロックの大きさを登録できるものとし

た (図-2)。

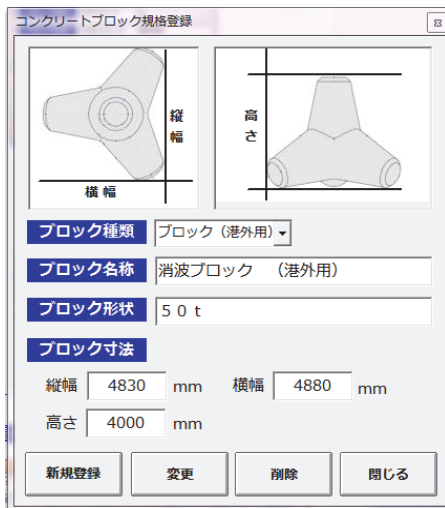


図-2 コンクリートブロックの規格登録画面

### 3.2 コンクリートブロック配置計画機能

コンクリートブロックの配置計画機能は、基点の座標より縦横に任意のブロック設置個数、ブロックの設置間隔、設置深度などを入力する機能である (図-3)。

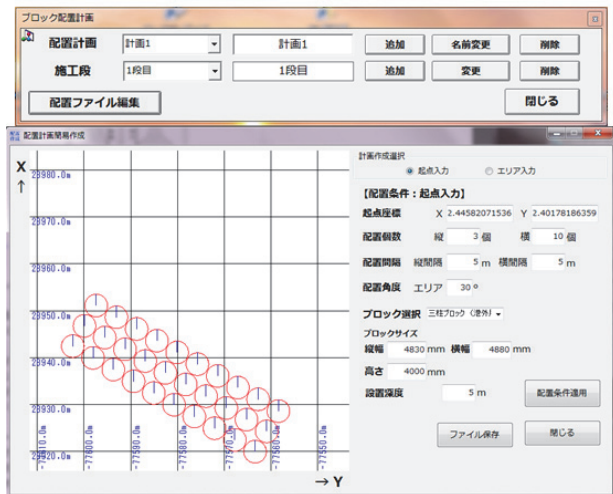


図-3 コンクリートブロック配置計画画面

### 3.3 コンクリートブロック誘導機能

コンクリートブロックの誘導機能は、ブロック配置計画で登録したデータを読み出し、据付誘導を行う機能である (図-4)。

図中央の赤い円が据付目標位置であり、青丸はクレーンブームトップの現在位置を表している。コンクリートブロック誘導の画面左下の「一覧から選択」ボタンまたは「マウス選択」ボタンを押して次の誘導ブロックを選択すると、画面左のシステム情報欄

にブームトップの現在位置から据付目標位置への移動方向、距離が表示される。

図の表示例ではブームトップ位置 (青丸) より  $\uparrow$   $\sim$ 1.05m、 $\leftarrow$   $\sim$ 2.42m移動した位置が、目標の据付位置であることを示している。また、現在の衛星捕捉数や測位状態も表示しており、位置データ精度を常時確認することができる。

画面右の鉛直表示機能は、ポテンショメータにより得られた信号を深度に換算し表示する。

さらに、コンクリートブロック誘導画面上に水中部可視化装置より送られてきた水中の画像を表示する (図-4中央下)。この画像は画面上の任意の位置に配置が可能で、必要に応じて拡大も出来る。

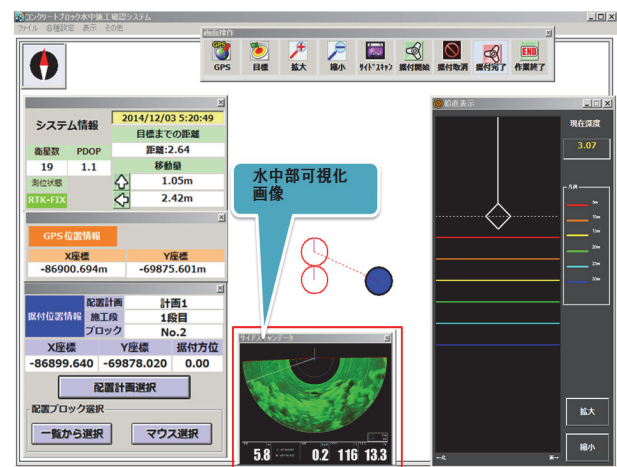


図-4 コンクリートブロック誘導画面

## 4. コンクリートブロックの誘導試験

### 4.1 試験概要

マシンガイダンスによる誘導機能を検証するため、陸上においてコンクリートブロック誘導試験を実施した。本試験では模擬クレーンとしてクレーン付きトラックを使用した。

コンクリートブロック (W1000×D1000×H200) を地上2mまで吊り上げ、任意の場所まで誘導後、地上0mまで降下させ、表示される深度 (鉛直方向位置) や水平方向位置を記録し、誤差を算出した。

センサーの設置方法は以下のとおりとした (写真-2)。

- ・クレーンブーム先端にGNSS移動局アンテナ、クレーン第一ブームにポテンショメータ、アウトリガーにオペレータに誘導画面を見せるためのモニターを設置した。
- ・GNSS基準局を設置し、RTK-GNSSにて計測した。
- ・クレーンブーム角度は30度固定とした。



写真-2 コンクリートブロック誘導試験

#### 4.2 鉛直方向精度

鉛直方向移動量は、ポテンショメータの電圧によって算出する。このポテンショメータにφ150のローラーをセットし、回転角度とローラー径からワイヤー移動量を算出する。例えば、2回転する場合のワイヤー移動量は942mmとなる。

図-5に鉛直方向表示結果例を示す。図中の現在深度は数値が大きいくほど深い（低い）位置にあることを表す。

図の例では地上2mにおける現在深度の表示が5.16m、地上0mへ降下したときの表示は12.94mとなっているが、これはクレーンフックのワイヤーロープが4条掛けとなっているため、ワイヤーの移動量が4倍となったものである。よって、現在深度差表示の1/4が実際の鉛直方向移動量となる。

計測の結果、鉛直方向移動量の誤差は3回の平均で0.05mとなった（図-6）。

なお、本試験後にシステム改良を行い、ワイヤーロープの掛数を考慮した表示を可能とした。

#### 4.3 水平方向精度

試験は画面上を北に固定し、任意の点にブロックを設置するときの目標位置と実際の設置位置のずれを計測した（表-2）。

東西方向の+は目標位置の中心より東方向、-は西を表し、南北方向の+は目標位置の中心より北、-は南を表す。3回の計測のうち、東西方向には平均で西に0.02m、南北方向には北に0.20mの誤差があることがわかった。

さらに、クレーンオペレータにヒアリングを行ったところ、大まかな移動は、ブロックを見ながら行っているが、最後の位置合わせはシステムの画面を見ながら行っていることがわかった。実際の消波ブ

ロック据付作業現場では、オペレータは目視によって大まかな位置までブロックを移動し、水中の位置合わせは誘導員または潜水士の指示に従って行っている。

これらのことから本システムの誘導機能が実際の据付作業における誘導作業を補完できると考える。

さらに、水中の施工状況をクレーンオペレータが画面上で確認できることにより、効率的な据付が期待される。

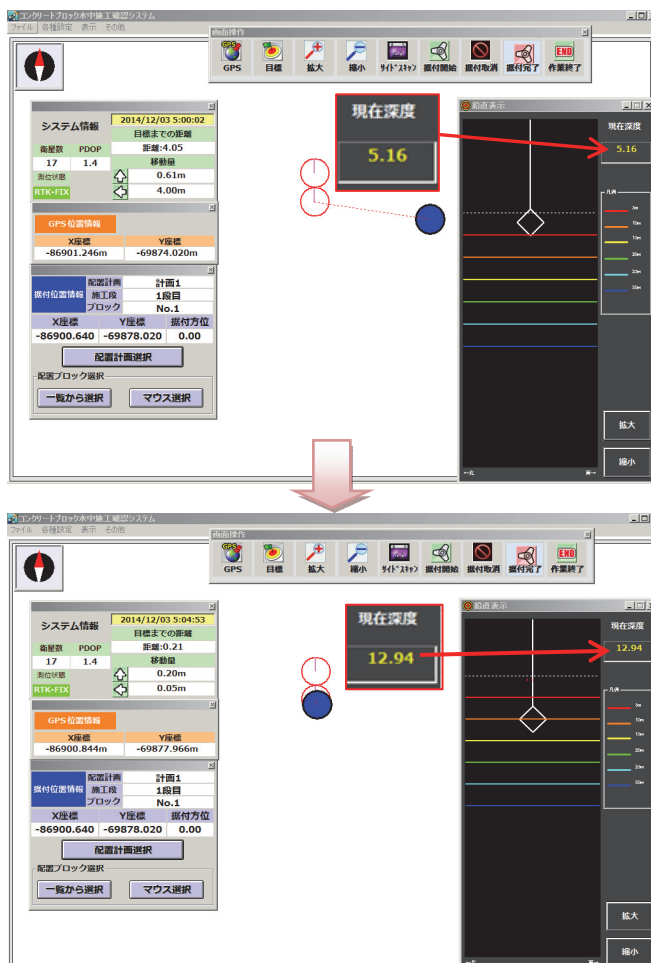


図-5 コンクリートブロック誘導画面例  
（上：ブロック位置地上2m、  
下：ブロック位置地上0m）

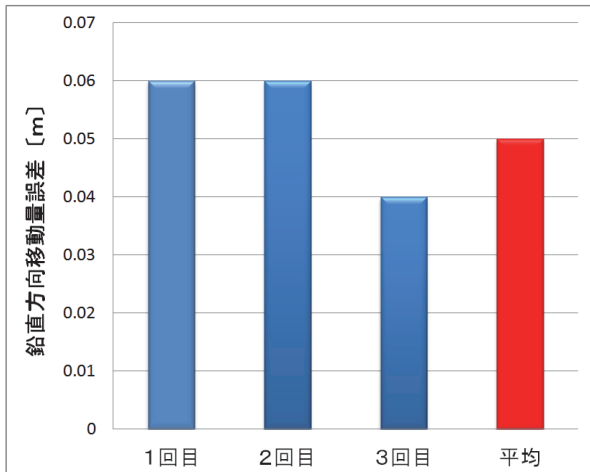


図-6 鉛直方向移動量計測誤差



写真-3 試験海域・使用船舶・据付作業

表-2 設置位置試験結果 (単位：m)

	東西方向	南北方向
1回目	-0.02	0.19
2回目	-0.06	0.19
3回目	0.02	0.21
平均	-0.02	0.20

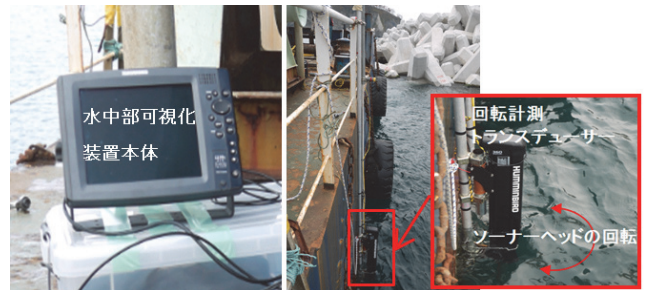


写真-4 水中部可視化装置

## 5. 水中部可視化試験

### 5.1 試験概要

水中部可視化装置による消波ブロック据付作業の水中部可視化状況を確認するため、実海域試験を行った。

試験は、北海道開発局小樽開発建設部小樽港湾事務所の協力により、美国漁港の消波ブロック据付現場にて実施した(写真-3)。

据付を行う消波ブロックは、50t型であり、乱積み施工である。

回転計測トランスデューサーを船側に架装し、船上にてモニタリングした(写真-4)。

回転計測トランスデューサーは、ソナーヘッドを中心として、最大で半径45mの円を描くように回転しながら、扇状に超音波ビームを放射し、反射波を受信する。その強弱を魚群探知機で明暗の画像として表示する。

計測範囲は任意の回転角度に変更することができる。

今回の試験では、起重機船より岸壁側のみ可視化するため、計測範囲を岸壁側の180度とした(図-7)。

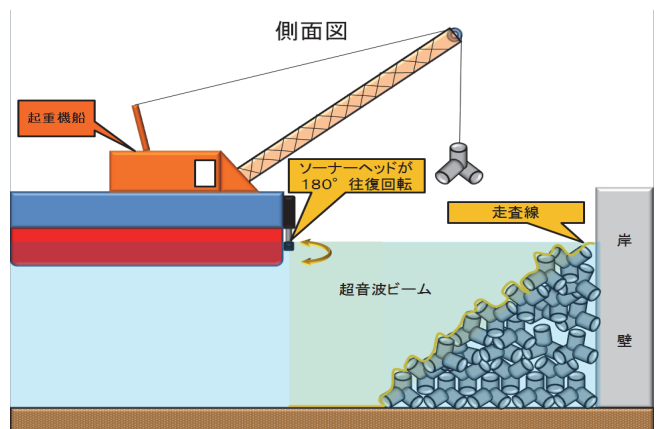


図-7 水中部可視化のイメージ

### 5.2 可視化試験結果

水中部可視化装置を用いて、消波ブロック据付作業中の状況を計測した結果を図-8に示す。

中央上部の ■ マークが回転計測トランスデューサーのソナーヘッド位置である。そこを中心に伸びている白い線が水中を走査している超音波ビームを表している。受信した超音波が強い部分は明るく、弱い部分は暗く表示される。

図-8上は消波ブロック据付前であり、赤枠の位置にブロックはないが、図-8下のブロック据付後ではブロックが確認できる。ただし、波浪や船体の荷重移動などによってソーナーが動揺したため、画像が若干引き延ばされて見える。

現状の誘導員による作業では、クレーンオペレータは、ブロックを水中に投下するまでしか確認できていないが、本システムを使用することにより水中の様子を確認できる。

以上より、画像の見方に慣れが必要ではあるが、水中部可視化装置を用いることにより水中部の施工状況確認が可能である。

今後、起重機船に架装し、作業効率などを検証する必要があるが、本システムを使用し、潜水士により行われている水中施工状況確認を補助あるいは代替することで、作業の負担軽減や安全性向上が図られる。

また、水中部の可視化データが保管できるようになることで、監督員が水中施工状況を確認するなど、水中施工状況の施工管理にも寄与できる。

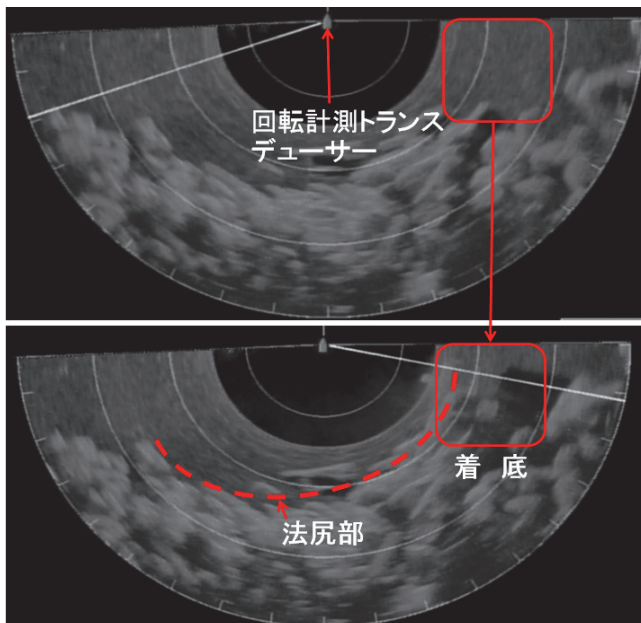


図-8 消波ブロックの可視化試験結果  
(上：消波ブロック据付前、  
下：消波ブロック据付後)

## 6. まとめ

据付位置の誘導及び水中部の可視化が可能なコンクリートブロック据付支援システムを開発し、試験を行った結果、以下のことがわかった。

- 1) 陸上におけるコンクリートブロック誘導試験において、本システムを用いた場合の設置目標地点と実際の設置位置のずれは、水平方向で平均 0.2m、鉛直方向で平均 0.05m であった。これは消波ブロック乱積み据付作業の誘導に使用可能な精度である。
- 2) 画像の見方に慣れが必要ではあるが、水中部可視化装置を用いることにより水中部の施工状況確認が可能である。

# DEVELOPMENT OF A SUPPORT SYSTEM FOR THE CONCRETE BLOCK PLACEMENT OPERATION

**Budget** : Grants for operating expenses General account

**Research Period** : FY2011-2014

**Research Team** : Machinery Technology Research Team  
Cold-Region Technology Promotion Division

**Authors** : YAMAGUCHI Kazuya  
KISHI Norihito  
ISHIKAWA Masahiro  
TAIRA Tomonari

## Abstract :

Periods when concrete block placement operation in port construction can be conducted in Hokkaido tend to be short because of the influence of waves and low water temperatures in the cold season.

There have been human-related problems, such as labor shortages of crane barge operators and divers because of demographic again in Japan. Accidents involving operators during crane operation have also been a problem.

To improve port construction work efficiency, save manpower and improve work safety, a support system for the concrete block placement operation was developed that includes a crane operation guide system using GNSS for placing concrete blocks and a device that enables underwater conditions to be visualized using a fish-finder with a side-scanning function.

**Key words** : wave dissipating concrete blocks, support system for block placement, side-scanning, rotating sonar transducer, crane barge