

# 台形スリット大型ケーソン(重量約16,000t)

## 技術的背景

防波堤の構造としては、捨石マウンド上に矩形(くけい)のケーソンを設置し、波力等に対してケーソンの重量で抵抗する混成堤形式が多く用いられている。このような混成堤では、ケーソンは波力等による滑動及び転倒に対して所要の安全率を確保するとともに、偏心傾斜荷重に対する地盤の支持力の検討から安定となるように堤体幅を設計する必要がある。しかしながら、釜石港湾口防波堤のような大水深での防波堤は、ケーソン設置水深を深くする必要があることが求められた。

## 技術的克服

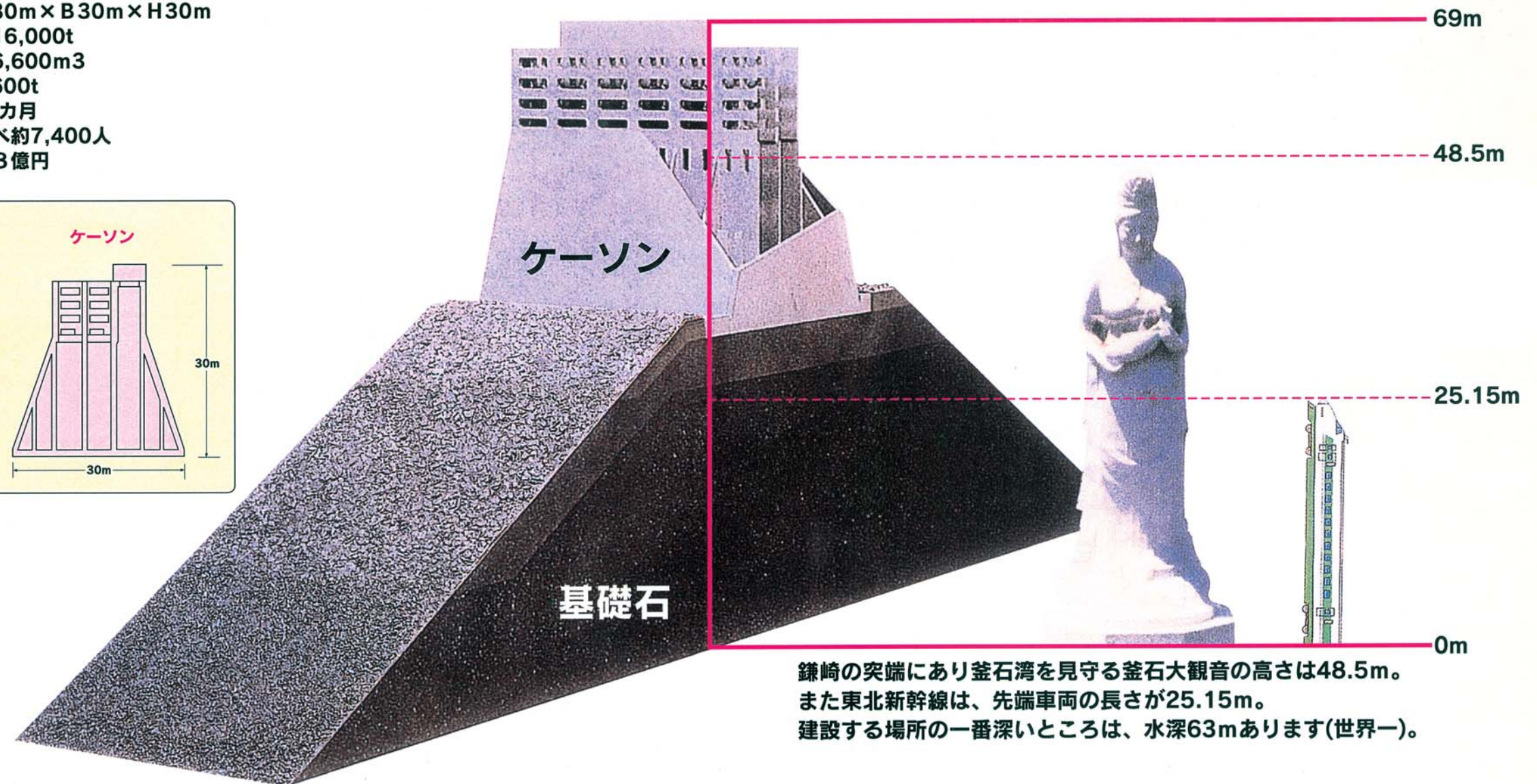
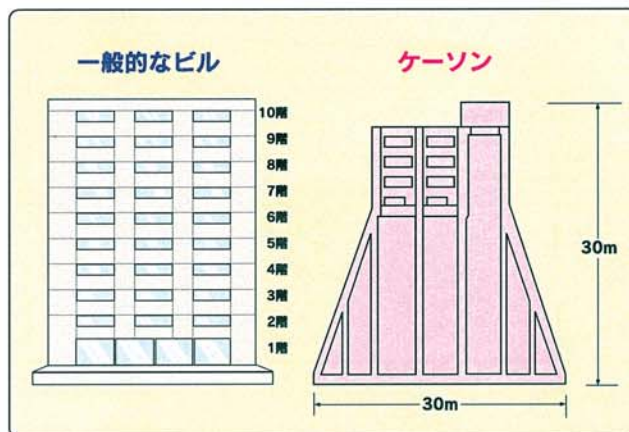
湾口防波堤の深部ではケーソンを台形とすることとした。台形ケーソンの特性として、以下のことが挙げられる。

1. 斜面壁に作用する波力の鉛直成分が加わるため、ケーソンの滑動抵抗が増大するとともに、捨石マウンドの端趾圧を軽減できる。
2. 防波堤前面が漁業操業区になっていることから反射波を抑える必要があり、このためケーソン上部には斜め入斜波の反射も、低減できる新しいタイプの二重横スリットからなる遊水室を設けている。
3. 防波堤としては初めて本格的な耐震設計を行っている。

## 釜石港湾口防波堤

### ケーソン(一函当たり)

形状寸法: L30m×B30m×H30m  
完成重量: 約16,000t  
コンクリート量: 約6,600m<sup>3</sup>  
使用鉄筋量: 約600t  
製作期間: 16カ月  
就労人員: 延べ約7,400人  
製作費用: 約8億円



鎌崎の突端にあり釜石湾を見守る釜石大観音の高さは48.5m。  
また東北新幹線は、先端車両の長さが25.15m。  
建設する場所の一番深いところは、水深63mあります(世界一)。

## イメージ図



# 開口部への「ハイブリットケーソン」の採用

## 技術的背景

中央部（開口部）300mの施工は、航路の閉鎖期間を短縮する必要性と、地域性による使用可能な起重機船能力の制約条件があることから、ケーソン1函当たりの重量を水中重量で500t程度に抑えた上で、長さを極力長大化でき製作工程の短縮が図られる構造が必要であった。

## 技術的克服

これらの要求される部材特性に対し、個々の部材のみでは発揮できない性能を、2種類以上の部材を組み合わせることで達成するもので、部材の基本形は鋼材と鉄筋コンクリートを力学的に合成した部材を採用した。

## ハイブリットケーソンの特徴

- ①鉄筋コンクリート部材と比較して、板厚が薄くても所定の耐荷力や靱性が得られる。
- ②一時的な荷重によりコンクリートにひび割れが生じても、鋼板で水密性が確保できる。
- ③作業員を削減でき、工期の短縮が可能となる。
- ④部材費は比較的高くなるが、工期の短縮や省力化が図られる。
- ⑤ケーソン寸法：長さ(L)20m×高さ(H)13m×幅(B)13m

## ハイブリットケーソン製作状況

## 製作状況 写真



①工場製作された、鋼鉄性ケーソンの陸揚げ作業



②鉄筋組み立て作業



③型枠組み立て作業



④コンクリートポンプ車による打設作業



⑤完 成



⑥全 景



# 被覆ブロック梱包据付

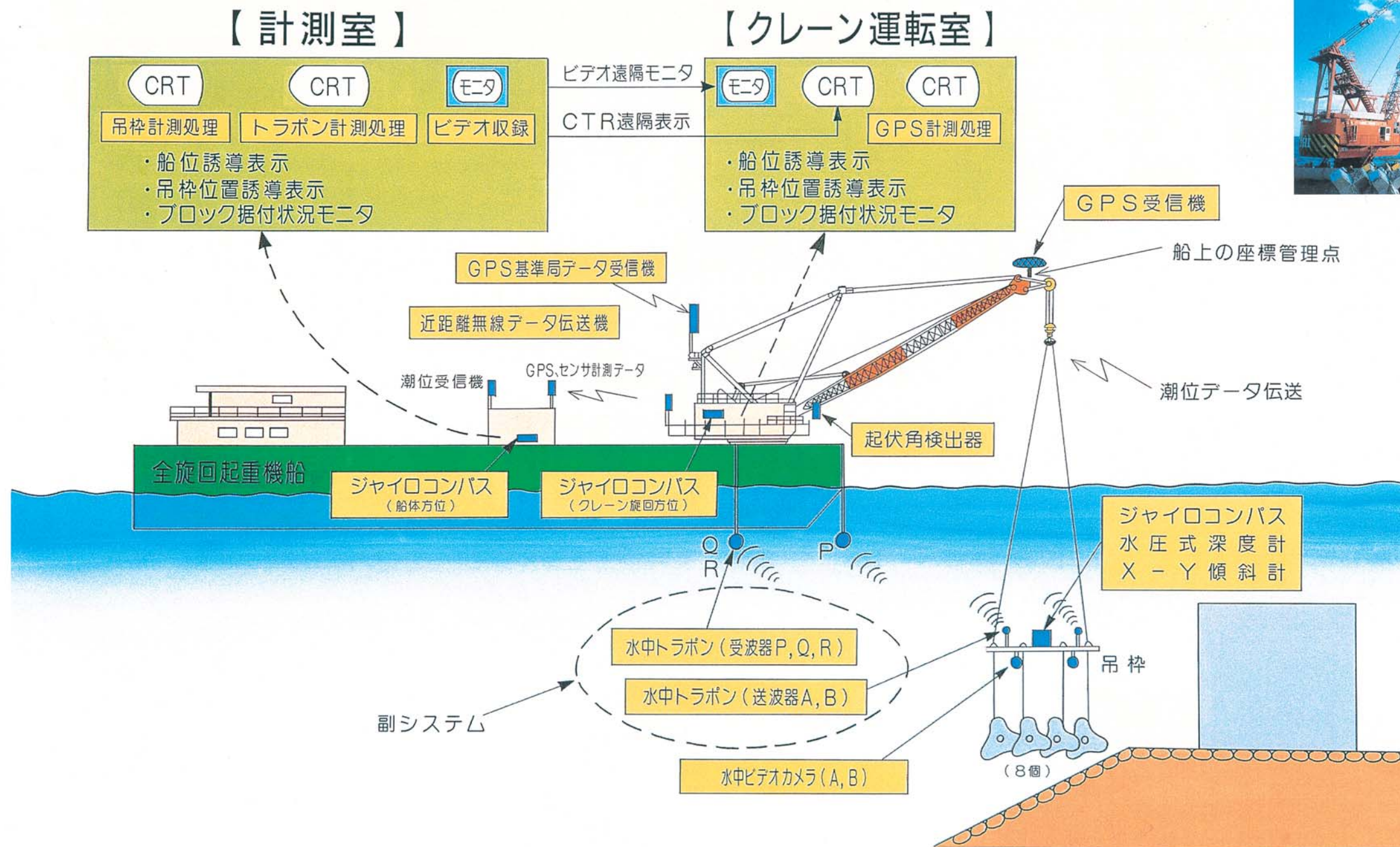
## 技術的背景

湾口防波堤は、北堤、開口部、南堤で構成されており、開口部への約7,200個の被覆ブロック据付(六脚ブロック、シェークブロック、クリンガー、テトラポッド)を、航路切替のため2ヶ年で完了させる必要があった。開口部の被覆ブロック据付は大水深での工事となることから作業の安全性、効率性を追求した施工法が必要とされた。

## 技術的克服

作業の安全性、効率性を考慮し、通常ブロック据付に必要な潜水士作業を行わない工法を採用した。この工法は、水中ビデオカメラ・GPS・水中自動切離装置等を使用して複数個のブロックを同時に据え付ける方法で、水中作業の無人化を図ることが可能になった。

## イメージ図



被覆ブロック梱包据付作業



# 捨石投入船「たちがね」

## 技術的背景

釜石湾口防波堤築造工事は我が国でも有数の大水深、大規模の港湾工事であり設計から施工、管理に至るすべての分野にわたって新しい技術の開発と新工法の導入が必要とされた。捨石投入船もそのひとつである。本防波堤は延長1,960mのうち水深50m以上になる区間が1,500mもあり、築造に要する捨石量は700万 $m^3$ のうち実に600万 $m^3$ がこの区間の築造に必要である。この大規模工事をいかにして経済的に建設するかが最大の課題であり、捨石(基礎石)マウンド形成技術を開発することが要請された。

## 技術的克服

湾口防波堤築造に要する建設費に占めるマウンド造成費のウエイトは大きく、効率的な施工法の成果如何が本防波堤建設工事遂行におけるキーポイントである。マウンド形成に有効な捨石投入工法として捨石投入船「たちがね」が建造され、昭和58年度より導入された。捨石投入船「たちがね」は、ホッパー容量300 $m^3$ 、開度は4段階に設定可能であり、10段階の開速度を選択することができる。また、投入点へ正確に投入するため、指定ポイントから半径2m以内で船位を維持できるよう誘導装置やCAT表示装置、その他航行管理機器が設置された押船「栗駒丸」とにより運行される。

### 特徴

- 任意の形状のマウンドを形成できるようホッパーの開扉速度・開扉巾を任意に変換できるようにしている。
- 計画投入点に船団を誘導するため、押船「栗駒丸」に投入点への誘導装置(電波船位測定装置及び船位表示装置)を搭載している。
- 投石中の船位を保持するためバウスラスターを装備している。
- 本船団は我が国では初めての航路管制式の捨石投入船団である。

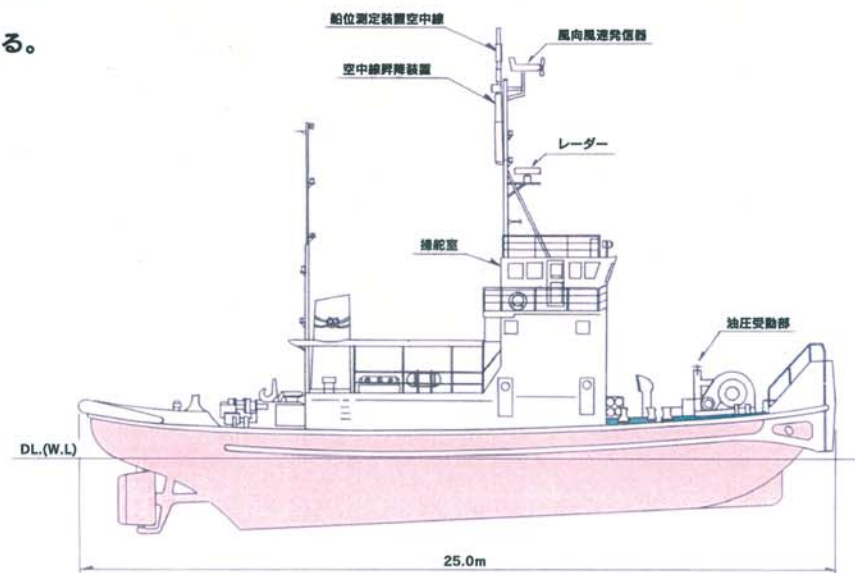
### 主要目

	押船「栗駒丸」	捨石投入船「たちがね」
全長	25.00m	43.50m
垂線間長	24.00m	43.50m
全巾	7.00m	11.00m
深さ	3.39m	3.80m
吃水	2.38m	(軽荷)約1.0m
航行速度	押航状態 7ノット	
主機最大出力	400PS×2基	
総噸数	92t	(排水噸数…軽荷)約360t
ホッパー寸法		L 23.00m×B 8.00m
ホッパー開度		(可変4段階)1.0・1.5・2.0・3.0m
ホッパー開速度		(段階的に可変)1~10メモリ
連結方式	ワイヤラッシング方式	

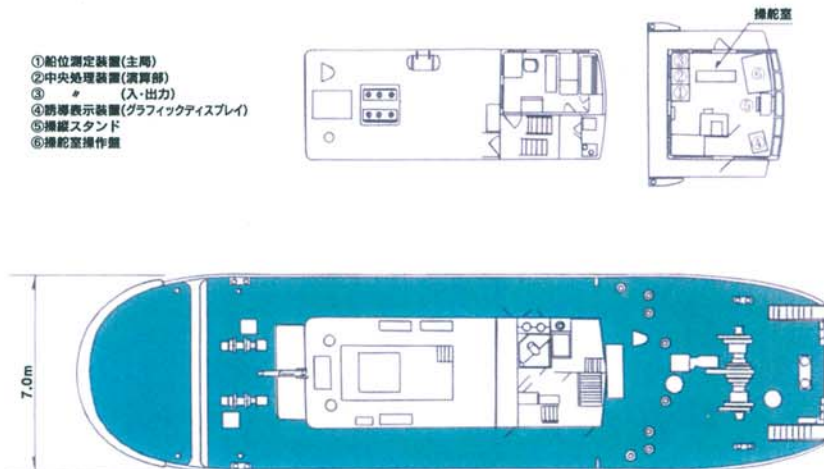


捨石投入船「たちがね」と押船「栗駒丸」

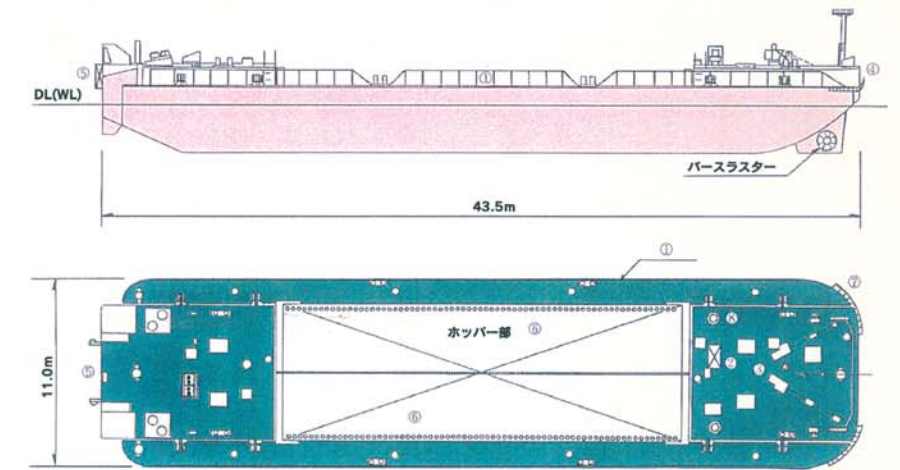
### 押船「栗駒丸」一般配置図



- ① 船位測定装置(主局)
- ② 中央処理装置(測距部)
- ③ (入・出力)
- ④ 誘導表示装置(グラフィックディスプレイ)
- ⑤ 操縦スタンド
- ⑥ 操縦室操作盤

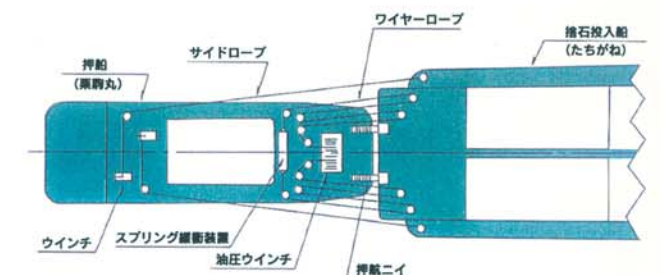


### 捨石投入船「たちがね」一般配置図



- ① ハンドレール
- ② スカイライト
- ③ 電動式ラインドラス
- ④ ストックアンカー
- ⑤ 押航安定材
- ⑥ 木製防衝材
- ⑦ 木製防衝材
- ⑧ 電動ファン

### 「栗駒丸」「たちがね」連結図



## 内容説明



# 捨石（基礎石）均し装置の導入

## 技術的背景

気象・海象条件の厳しい海域における釜石港湾口防波堤の建設では、大量の捨石（基礎石）工事をすみやかに施工することが要求される。しかし、水深の増大や作業条件の悪化に伴う作業効率・安全性の低下、潜水士の減少などにより従来までの潜水士に依存する工法では工事要請に十分応えることが難しくなっていた。このような状況下において、マウンド造成の機械化施工を実現する必要がある、マウンド面の捨石均し機械化施工技術を開発することが要請された。

## 技術的克服

基礎マウンド天端面均しの機械化施工システムを平成元年度に第二港湾建設局（※現国土交通省東北地方整備局及び同省関東地方整備局）において製作した。

捨石均しシステムは、捨石捨込みと均し作業を同時に行える捨込み均しシュート方式であり、誘導システムにより捨石均し装置を所定の位置に誘導し、捨石供給シュートより均し石の供給を行い、捨込み均しシュートを駆動し均しを行う。また、均し作業と同時に均し面の計測も行うシステムとなっている。

## 写真とイメージ



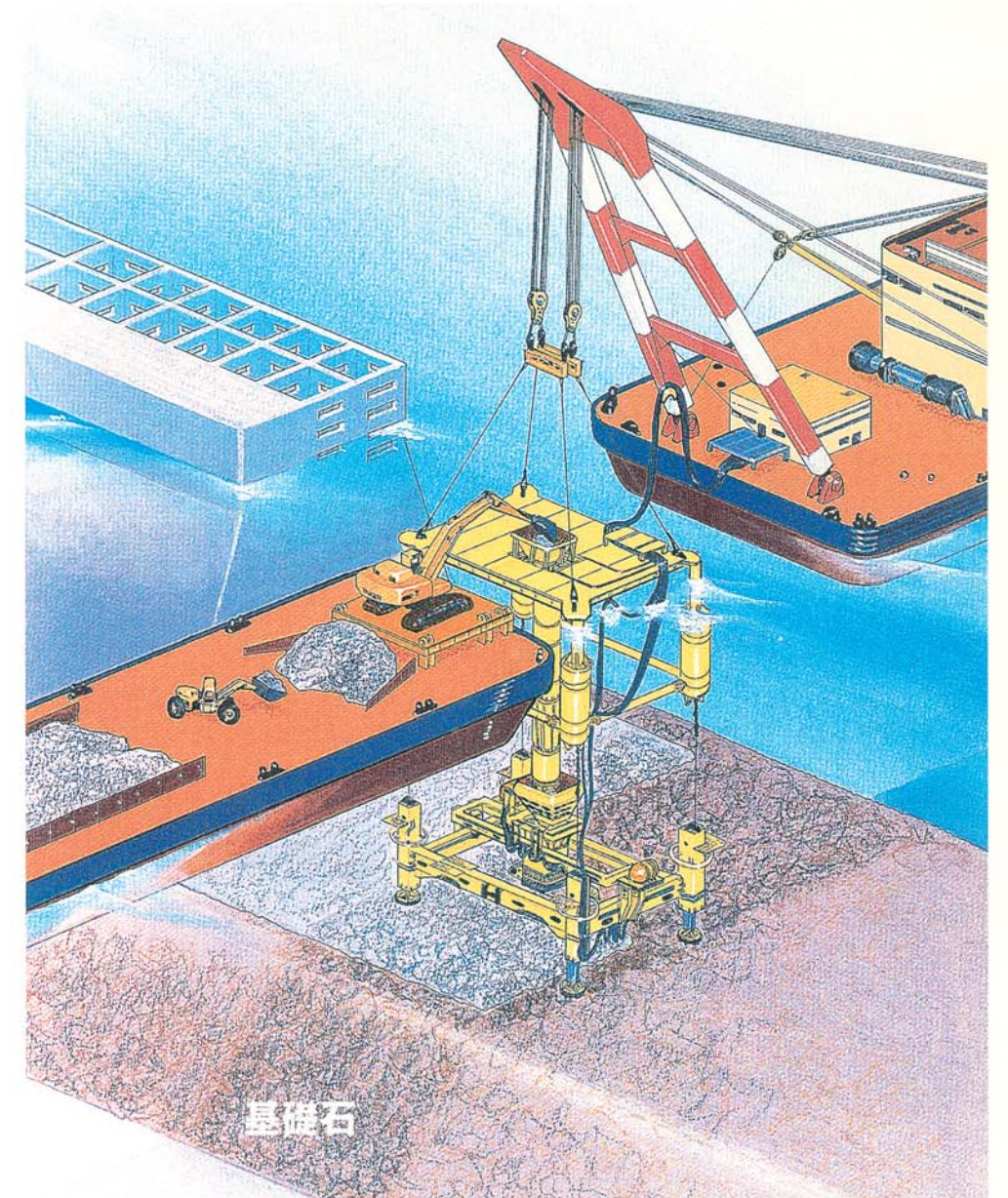
起重機船により作業場所まで運ばれる捨石均し機



捨石供給装置



捨石均し装置



供給装置と均し装置を上下に組み合わせた方式。海底での均し作業イメージ図。



# 高精度測量システムの導入

## 開発の背景

気象・海象条件の厳しい海域における釜石港湾口防波堤の建設では、大量の捨石(基礎石)工事をすみやかに施工することが要求される。しかし、水深の増大や作業条件の悪化に伴う作業効率・安全性の低下、潜水士の減少などにより従来までの潜水士に依存する工法では工事要請に十分応えることが難しくなっていた。このような状況下において、マウンド造成の機械化施工を実現する必要がある、マウンド面の計測技術を開発することが要請された。

## 技術的克服

船体動揺(ロール、ピッチ)の揺れ角を検出し、電子的に送受波を制御して常に直下の情報が得られる様にした。さらに船体上下量の加速度を検出し、上下方向の変位(ヒーブ)を補正することができるようにした。また、超音波ビームの送受波に凹面配置クロスアレイを用いて、水平方向、鉛直方向の精度及び分解能力を向上させた。

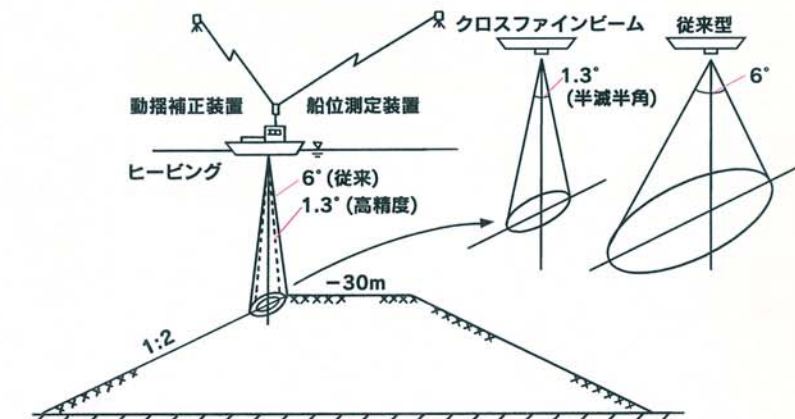
本システムは、船位測定装置、方位測定装置、動揺測定装置、深度測定装置、監視卓、操船援助装置、データ収録装置で構成され、昭和60年に湾口防波堤の投石管理測量のため、監督測量「みずなぎ」に搭載され、導入がはかられた。

## イメージ

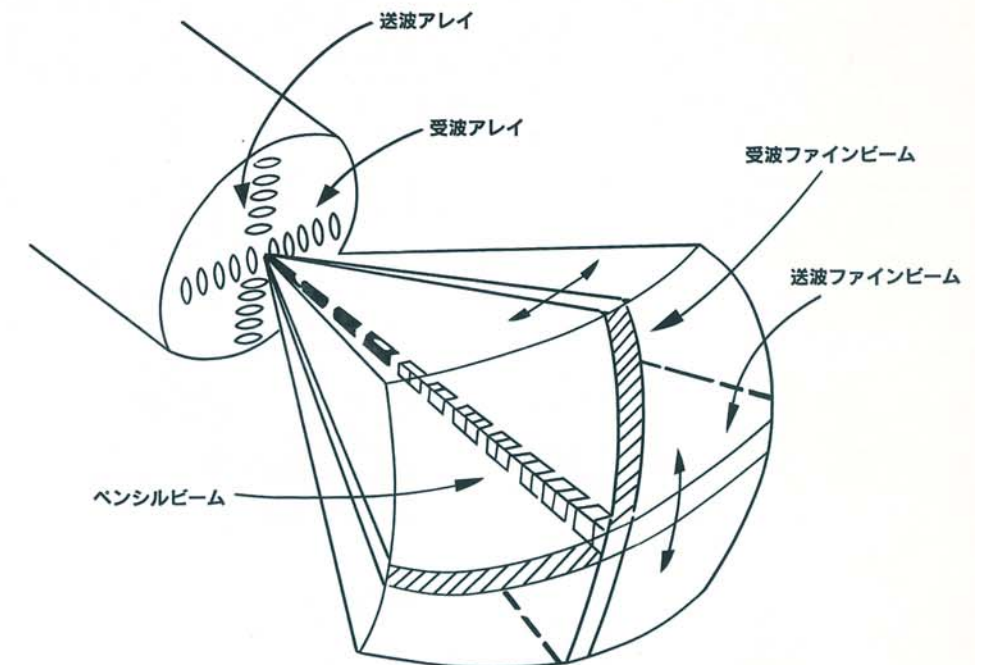


高精度測量システムを搭載した監督測量船「みずなぎ」

大水深測量における誤差要因の概念図



クロスファインビーム概念図





# 海底着座式地質調査機(MAS-78)

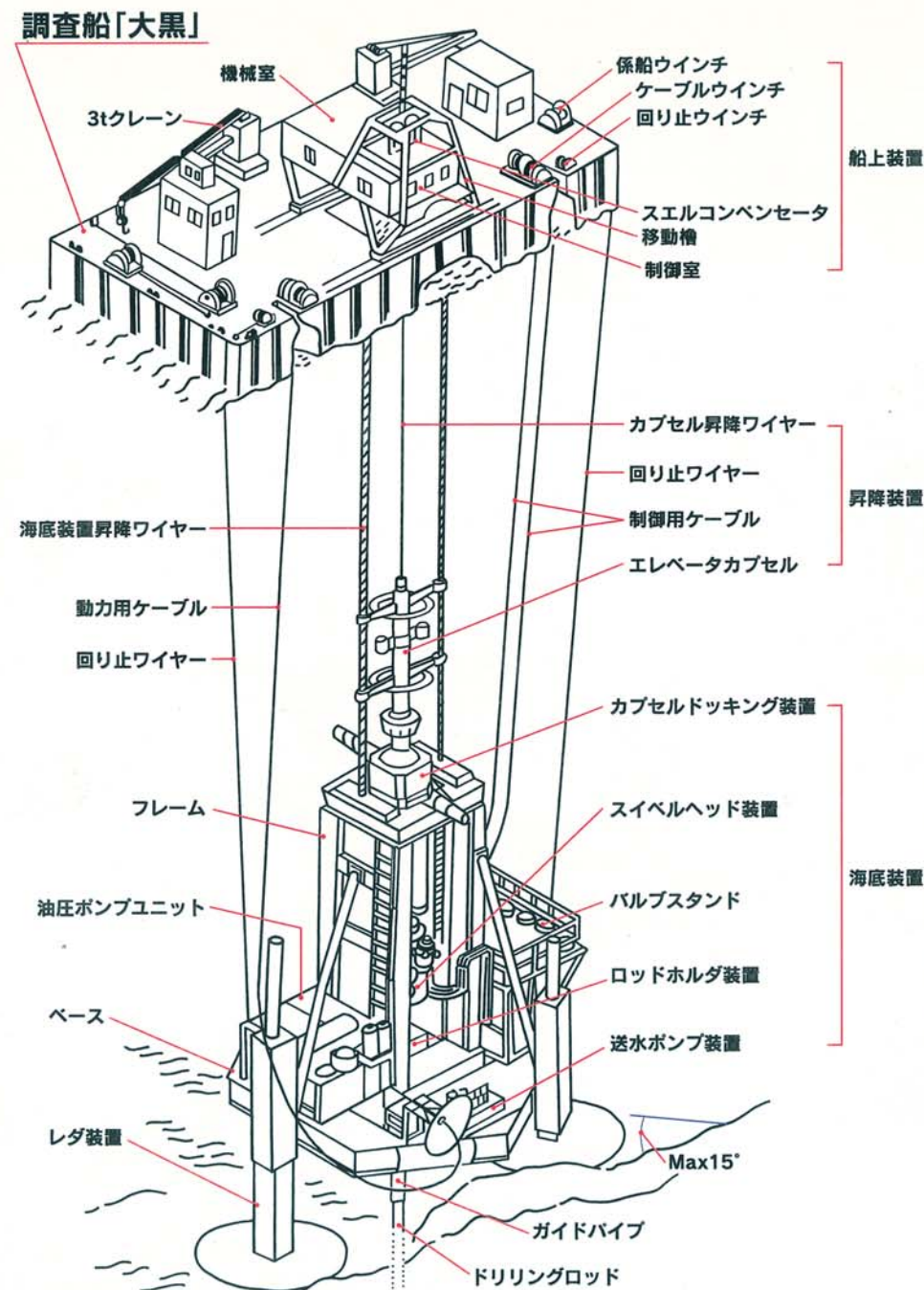
## 開発の背景

海底土質調査は、従来から足場檣や自動昇降式プラットフォーム(Sep)を海上足場として、その上に調査機を設置して実施してきた。釜石港湾口防波堤の建設地点は、-50mを超える水深が1,500mにも及ぶ大水深防波堤となる。大水深における構造物を安全かつ経済的に建設するためには、質の良い土質情報の入手が必要とされた。

## 技術的克服

既に、運輸省港湾技術研究所(現、国土交通省国土技術政策総合研究所)で研究開発されていた海底着座不攪乱試料自動採取装置(Marin Auto Samprer)の成果を基にして、本格的な実用機として、海底着座地質調査機(MAS-78)を不攪乱試料採取および水中N値試験を行うことができ、大水深下の海底土質を自然堆積状態に最も近い状態で採取することができた。

## イメージ



土質調査船「大黒」