

# 遠隔操縦式水陸両用大型バックホウ開発と 工事事例報告

飯塚 尚史・馬欠場 真樹・小笠原 司

遠隔操縦式水陸両用大型バックホウは、浅水域を作業領域とする無線遠隔操縦式水陸両用機械である。当社は、東日本大震災により被災した海岸保全施設の災害復旧に、開発した本機と既に保有する遠隔操縦式水陸両用ブルドーザを駆使し復旧工事を行った（写真—1）。

本稿では、本機の開発過程と災害復旧工事事例を報告する。

キーワード：水陸両用機械，建設機械化施工，無人化施工，仮設備の低減，安全性の向上

## 1. はじめに

2011年（平成23年）3月11日、東北地方太平洋沖地震により発生した大津波は、東北から関東にかけての東日本一帯の太平洋沿岸部に多大な被害をもたらした。海岸保全施設である離岸堤や潜堤は、既設消波ブロックの飛散や沈下等、甚大な被害を受けた。

福島県南相馬市に位置する角部内地区海岸の離岸堤は、津波により消波ブロックは背面の海中に飛散し、地盤が沈下したため、消波機能を有し背後地を保全するための基準高さを満たさない状況であった。

このため機能を回復し保全するため、早急に消波ブロックを高上げする災害復旧が必要となった。

当該離岸堤の背面は、水深が平均0m～3m程度と浅く、飛散したブロックも点在し、また波浪等の海象状況も悪いため、作業船での施工は困難であり、原

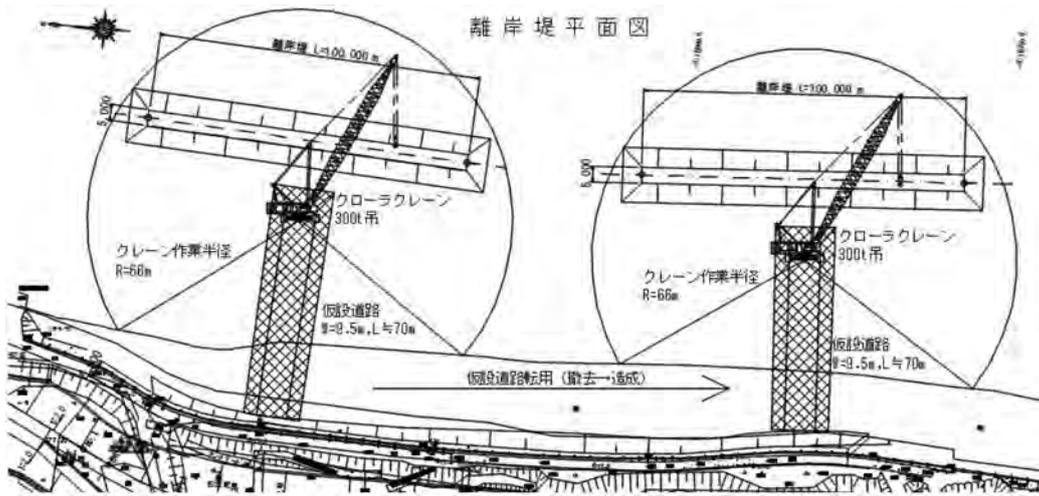
設計は陸上から大量の石材で巻出して仮設道路を造成し、大型のクローラクレーン（300t吊）で施工する設計であった（図—1）。

しかし、上記工法は、仮設道路に使用する大量の石材調達、購入費・最終的な処分費、仮設道路の転用（撤去・造成）問題、波浪等による仮設道路の維持管理・復旧費用、仮設道路上を走行するダンプトラックの安全性、被災地における大型クレーンの調達、また砂浜域生態系への影響等、様々な課題があった。

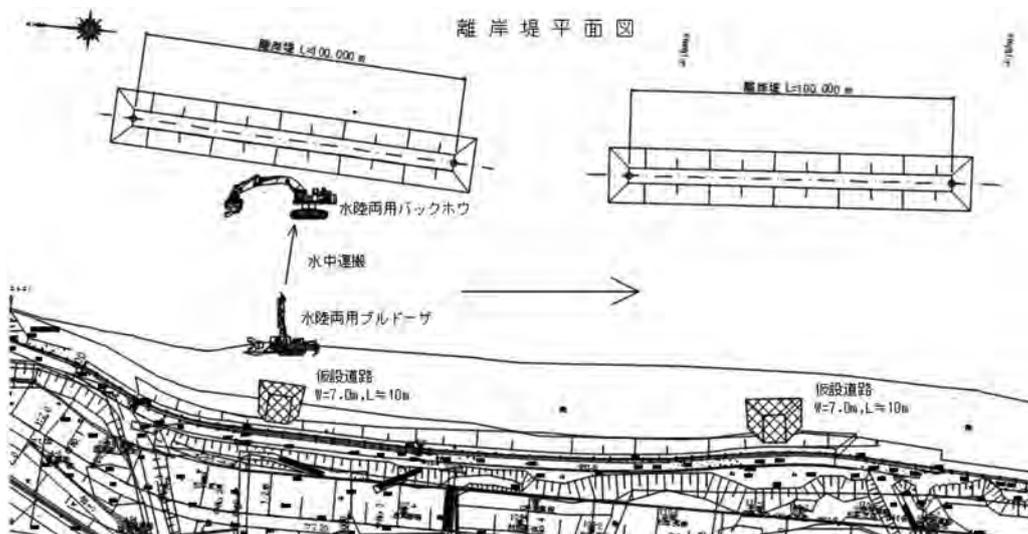
そこで、仮設道路を縮小して仮設が大幅に低減でき、従来必要となる潜水士による玉掛け作業を不要とし、点在した飛散ブロックを直接回収し再設置を可能とする水陸両用バックホウ3.1m<sup>3</sup>級およびブロック把持用特殊アタッチメントを開発し復旧工事を実施した（図—2）。



写真—1 遠隔操縦式水陸両用大型バックホウ，水陸両用ブルドーザ



図一 大型クローラークレーンによる施工方法



図二 水陸両用バックホウによる施工方法

## 2. 遠隔操縦式水陸両用大型バックホウおよび特殊アタッチメント開発

### (1) 開発条件

本機の仕様は、離岸堤復旧標準断面や現場状況から下記のとおりとした（図一3）。

- ①作業可能水深は2m
- ②最大作業半径は12m程度
- ③ブロック8t型を把持する特殊アタッチメントが装着可能
- ④特殊アタッチメントを作動する油圧配管と油圧ポンプ能力
- ⑤無線遠隔操縦装置が装備可能
- ⑥汎用性

### (2) 機械の選定

開発する水陸両用バックホウの母体となる機械は、

開発条件からバックホウ3.1m<sup>3</sup>級（PC800）とした。機械選定にあたっては、8tの重量物を操作できる作業半径が最も重要と考え、転倒計算と実証試験を実施した。

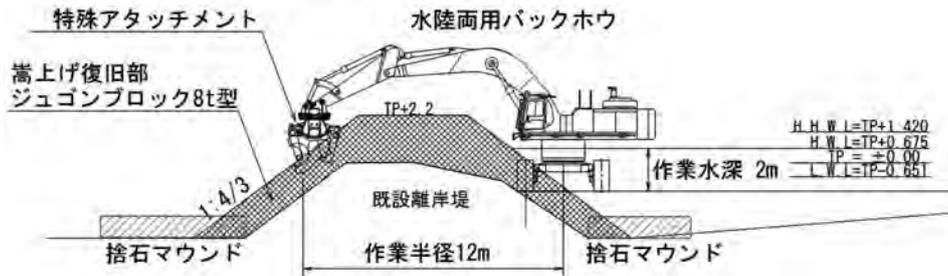
#### (a) 転倒計算

転倒計算は、機械が最も不安定な履帯の向きと最大作業半径12mで計算し安定度は1.02であった（図一4）。※適宜無人化施工

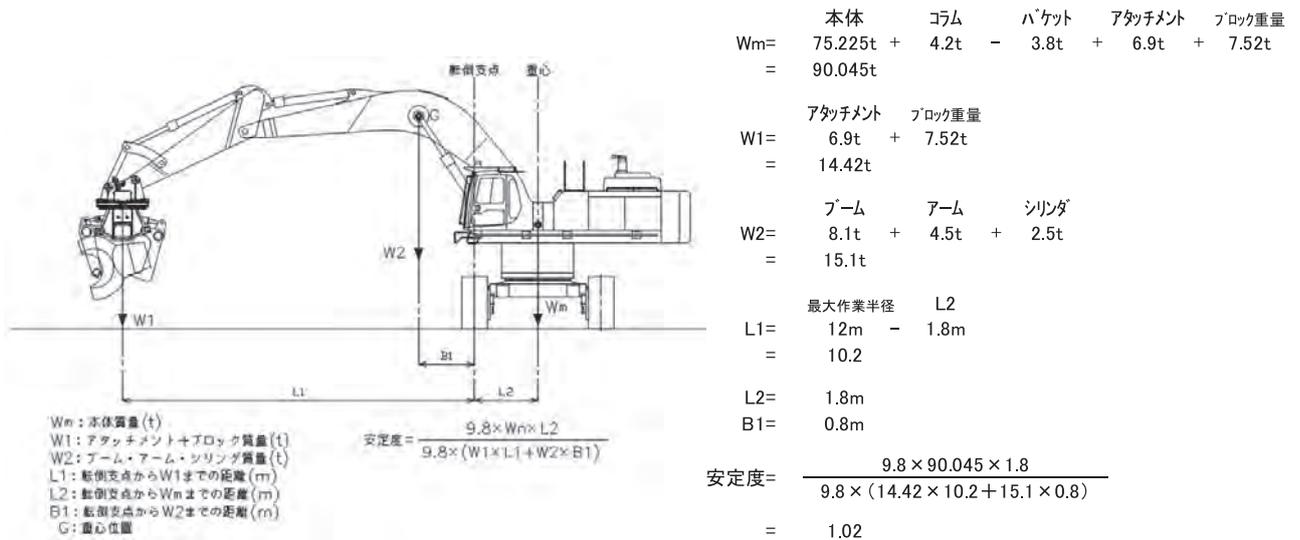
#### (b) 転倒に対する安定性検証

実証試験は、バケット（3.8t）の先端に水陸両用ブルドーザのカウンターウェイト1個（7.5t）、コンクリート塊2個（1.5t×2）を吊り、吊荷重を合計14.3tとし、徐々にアームを伸ばし、履帯が浮く寸までの距離を測定した。

結果、作業半径（旋回体の中心から吊荷までの距離）は、12mであり、目標としていた最大作業半径をクリアした（写真一2）。



図一三 離岸堤復旧標準断面図



図一四 転倒計算



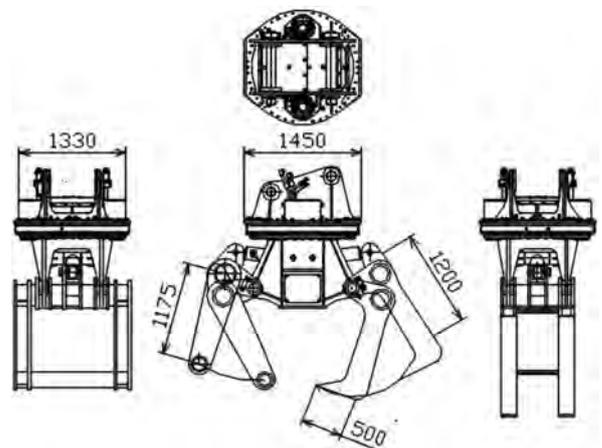
写真一 水陸両用バックホウ転倒実証試験状況

(3) 特殊アタッチメント

アタッチメントは、対象となるブロック（ジュゴンブロック 8t 型）が異形なため、専用の特殊アタッチメントを開発した（図一五、表一）。

通常、ブロックを把持するアタッチメントは、2本のアームでブロックを挟みこむ形状が一般的であるが、本ブロックは、U型を直角に背中合わせにした形状（図一六、写真一三）であるため、アームで挟むことができず、1本のアームでU型の凹部をすくい上げ、もう一方を枠型にして凸部を押えこむ形状とした（写真一四）。

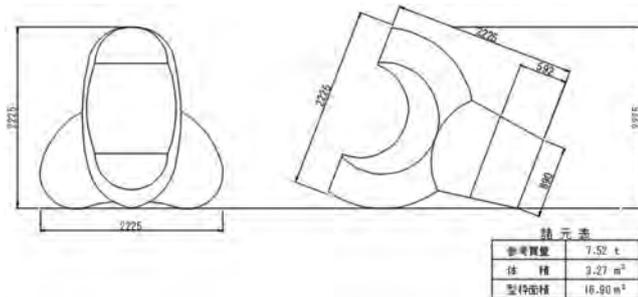
また、ブロック据付時や回収時に容易に作業できるよう 360 度回転できるようにした。



図一五 特殊アタッチメント

表一 特殊アタッチメント諸元

質量	6,190 kg
使用圧力 (閉閉)	29.4 MPa
使用圧力 (回転)	20.6 MPa
回転数	8 ~ 10 rpm (可変可)
シリンダー推力	455 kN
つかみ力 (すくい側)	62 kN
つかみ力 (押え側)	87 kN
旋回トルク	17 kN



図一 6 ジュゴンブロック 8t 型



写真一 3 ジュゴンブロック 8t 型

(4) 無線遠隔操縦装置

オペレータの安全確保, キャビンから目視できない場合 (海域作業における飛沫の影響等) の遠隔操縦, また今後の無人化施工現場への対応等から, 無線遠隔操縦装置を標準装備とした。

無線遠隔操縦装置は, 多数のデュアル軸ジョイスティック・トグルスイッチの操作性, テレコントロール無線 (429 MHz 帯) の適用, 建設機械への実績等から HETORONIC 社の無線遠隔操縦装置とした (写真一 5)。

(5) 嵩上げコラム

作業水深 2 m に対応するため, 下部走行体と上部旋回体の間に嵩上げるコラムを製作し取付けた (写真一 6, 実用新案出願済 (実願 2012-007745))。

使用した鋼材は, 自重, 吊荷重, 曲げモーメント・曲げ応力度, 機械本体の構造等から検討し, S50C (機械構造用炭素鋼) とし, ベース部 (フランジ)  $t = 80$  mm, 円柱部 (ウェブ)  $t = 50$  mm, 補強部 (リブ)  $t = 25$  mm とした。

(6) 遠隔操縦式水陸両用大型バックホウおよび特殊アタッチメント性能テスト

本機は, 陸上ヤードで各種性能テストを実施し, 油圧ポンプ, コントロールバルブの調整, 特殊アタッチ



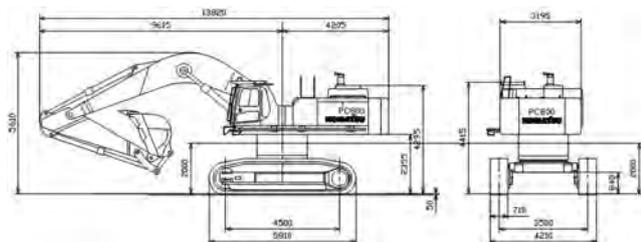
写真一 4 特殊アタッチメントブロック把持状況



写真一 5 HETORONIC 社 無線遠隔操縦装置



写真—6 嵩上げコラム



図—7 水陸両用バックホウ 3.1 m<sup>3</sup> 級外形図

表—2 諸元

本体	コマツ PC800-6
総重量 (バケット装着時)	79.5 t
バケット容量	3.1 m <sup>3</sup>
作業可能水深	2.0 m
テレコン無線	特定小電力無線 429 MHz 帯

メントの形状改良, 電気系統調整, 長時間連続稼働試験を経て, 計画も含め約 12 ヶ月で完成した (図—7, 表—2)。

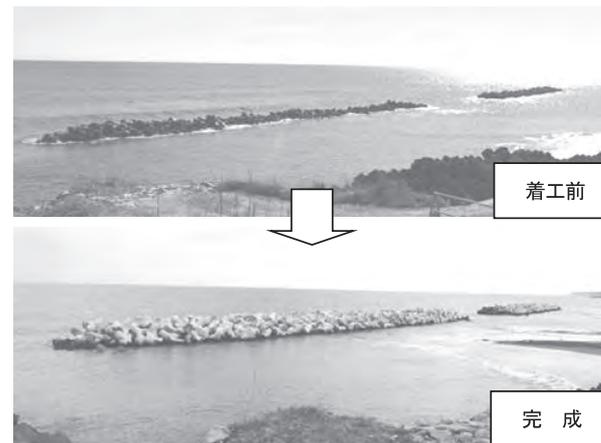
### 3. 工事例

#### (1) 福島県角部内地区海岸 (1 工区) 離岸堤復旧

2015 年 (平成 27 年) 10 月, 開発した本機を現場に搬入, 組立した。施工は, まず標準バケットを装着した水陸両用バックホウと水陸両用ブルドーザ 43.5 t 級で, 水深が 2 m 以上となる深い箇所 (H.W.L.TP+0.675 m から 2 m 下の TP-1.325 以深) に必要最小限の水中仮設走路を造成し, 消波ブロック基礎部の捨石マウンドを投入, 敷均し造成した。

飛散した消波ブロックを回収後, ブロック運搬用に改造した遠隔操縦式水陸両用ブルドーザ 43.5 t 級で, 嵩上げ用の消波ブロック (8 t 型) を運搬し, 本機で据付けた。

当初の計画では, ブロック据付作業量は, 実働日当り 20 個程度と想定していたが, 1 号離岸堤は 38.7 個/日, 2 号離岸堤は 27.1 個/日であった。



写真—7 離岸堤復旧完了

また仮設材 (石材) も大幅に低減でき, 工程を大幅に短縮し, 無事故・無災害で完成した (写真—7)。

施工場所: 福島県南相馬市小高区角部内

工 期: 2015 年 9 月 1 日~2016 年 3 月 31 日

工事内容 (離岸堤 1 号, 2 号合計)

離岸堤嵩上げ消波ブロック 8 t 型: 782 個

離岸堤嵩上げ消波ブロック 4 t 型: 117 個

洗掘防止工 (捨石マウンド): 2,061 m<sup>3</sup>

#### (2) 熊本地震災害復旧

2016 年 (平成 28 年) 4 月 14 日~16 日にかけて発生した熊本地震により, 当社が施工中であった立野ダム仮排水路工事現場も被災した。

被災現場は, 法面が大規模崩壊し, パイロット道路および仮設渡河橋が破壊され, 使用していたバックホウや資機材が河川内に取り残された。4 月下旬~5 月初旬にかけて, 当社および協力業者所有の遠隔操縦式機械 (バックホウ 3 台, 不整地運搬車 3 台, 水陸両用ブルドーザ 1 台, ブルドーザ 1 台) を搬入し, 5 月下旬には, 開発した遠隔操縦式大型バックホウを投入し, 復旧作業に功績を残した (写真—8)。



写真—8 熊本県立野ダム災害復旧状況

### (3) 福島県いわき市久ノ浜地区海岸災害復旧

現在、久ノ浜地区海岸の潜堤の高上げ工事に本機を投入して施工中である。

## 4. おわりに

この度、海岸保全施設の災害復旧工法として、省資源化・省力化をコンセプトに遠隔操縦式水陸両用バックホウ 3.1 m<sup>3</sup> 級および特殊アタッチメントを新たに開発し、災害復旧現場で施工し無事竣工した。当工法は海岸保全施設の復旧において、従来工法では必要となる仮設道路材の大幅な低減を図り、またブロック据付時に必要な潜水土を不要とし、作業効率、安全性においても従来工法を凌ぐ新工法と考える。

本機を使用した施工実績は、まだ少ないが、近年、全国各地域で発生している集中豪雨災害や、地震、火山活動等に伴う土砂災害、また今後想定される大規模な自然災害で、必ず必要とされる特殊な機械と考える。

また、建設業就業者の高齢化と熟練技能者不足、社

会資本の老朽化問題に対し、大型建設機械による機械化施工および無人化施工技術は、建設生産性の向上を図る一つの重要な役割を担っていると考える。

今後は、海岸保全施設に限らず、港湾・漁港・河川工事や砂防工事等にも積極的に取組み、社会インフラの整備に貢献していきたい。

## 謝 辞

最後に、角部内地区海岸復旧工事の事業主である福島県の関係者の皆様、バックホウ本体の水陸両用化・遠隔装置搭載を担当した(有)信和サービス様、特殊アタッチメント製作や本体油圧回路改造等に協力いただいた各メーカー様、関係各位には、ここに深謝の意を表します。

J C M A

### 【筆者紹介】

飯塚 尚史 (いづか なおし)  
青木あすなろ建設(株)  
土木技術本部 土木リニューアル事業部  
担当課長



馬欠場 真樹 (うまかけば まさき)  
青木あすなろ建設(株)  
土木技術本部  
副本部長兼土木リニューアル事業部長



小笠原 司 (おがさわら つかさ)  
青木あすなろ建設(株)  
土木技術本部 土木リニューアル事業部  
担当課長

