

無線遠隔操縦式水陸両用ブルドーザの活用状況

三村 充・猪原 幸司

水陸両用ブルドーザは、浅水域を作業領域とする無線操縦式水中機械である。その登場は、1969年（昭和44年）に行われた「富山大橋橋脚沈下 応急災害工事」まで遡ることができる。

水陸両用ブルドーザは、漁港、漁場の整備を始め、護岸工事や人工リーフ、人工ビーチの整備あるいは河川災害の復旧整備などで幅広く使われてきた。これまでの工事実績は1,000件を超えているが、その活躍はあまり知られていない。

本稿では、水陸両用ブルドーザの開発の歴史、特徴、実施工事を紹介するとともに、今後の発展性、課題について述べる。

キーワード：水陸両用機械、無人化施工、安全性の向上、情報化施工

1. 水陸両用ブルドーザの概要

(1) 水陸両用ブルドーザの開発の歴史

水陸両用ブルドーザの開発は、建設省（現国土交通省）の指導のもとで㈱小松製作所によって進められた。世界最初の水陸両用ブルドーザは、1968年（昭和43年）に開発されたD125-18B（作業可能水深3m、写真—1）である。現場デビューとなった常願寺川河口部の掘削押土作業は、「建設機械の遠隔操作」という点で、無人化施工の最初の工事とも言われている。



写真—1 D125-18B型水陸両用ブルドーザ

1971年（昭和46年）に、作業可能水深を7mに機能アップしたD125W-2型が登場し、同じ年にさらに大型化したD155W-1（写真—2）が販売された。1976年（昭和51年）に過去データをフィードバックした改良型が登場し、現在に至っている。

これまで販売された水陸両用ブルドーザは、36台（うち海外14台）あり、現在5台の水陸両用ブルドーザが全国各地で作業を行っている。



写真—2 D155W-1型水陸両用ブルドーザ

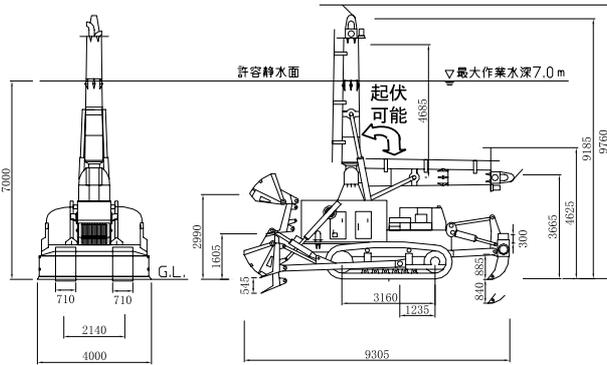
(2) 水陸両用ブルドーザの主な特徴

水陸両用ブルドーザは、陸上ブルドーザを単に水密化したものではない。水中作業に適応するために各種の安全センサーと警告装置、水圧に応じた内圧調整等様々な項目の工夫がなされている。外形図を図—1に示し、施工面の特徴的な機能を紹介する。

(a) ダクト（排気筒）

給排気用のダクトは、エンジンによる駆動方式により、欠かせないものであるが、その高さは走行底面から約9.8m（アンテナを含む）にも及ぶ。高い機械高は、河川工事などでは支障となる場合も多い。ダクト

は油圧による起伏が可能で、橋桁等に近接する場合は、ダクトを倒し走行する（写真—3）。



図—1 水陸両用ブルドーザ外形図

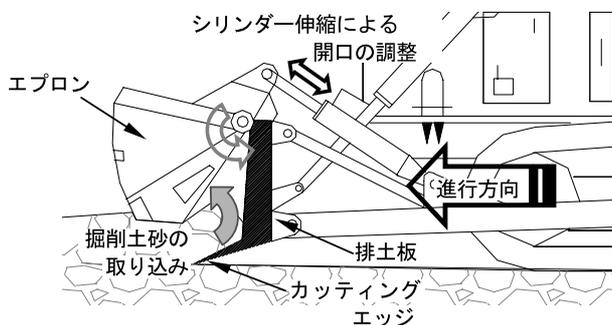


写真—3 橋梁下部の走行状況

(b) 排土板

排土板には、エプロンと呼ばれる装置が装着されている。このエプロンは油圧で開閉できるようになっており、押土のとき土砂が水中に逃げないように土砂をかかえ込むことができる。

掘削押土作業では、カッティングエッジで切削した土砂を、エプロン装置を閉じながらスクレーパーの要領で、エプロン装置に貯め込み運搬する方法がとられる（図—2、写真—4）。



図—2 掘削押土の作業方法



写真—4 掘削押土状況

(c) 遠隔操縦

近年、エレクトロニクス技術の進歩により、様々な機器、装置で遠隔操作化が進められている。建設機械の遠隔操縦は、1993年（平成5年）、雲仙普賢岳の試験フィード制度として無人化施工が実施されたことにより広く認知されるようになった。

水陸両用ブルドーザは、開発当初より遠隔操縦方式を採用している。これは、水中作業時の水中走路視認問題や潮流、波浪のある海洋工事でのオペレータの危険を回避する目的によるものである。

(d) リッパ

水陸両用ブルドーザは、リッパ装置が具備されており、地山弾性波速度 2,100 m/sec 位 (2,400 m/sec の実績あり) の岩盤までリッピング作業が可能である（写真—5）。また、余砕厚が $t = 20 \text{ cm}$ と薄く、他工法に較べ出来形精度も高く、経済的で環境に優しい施工が可能なのも特徴の一つである。



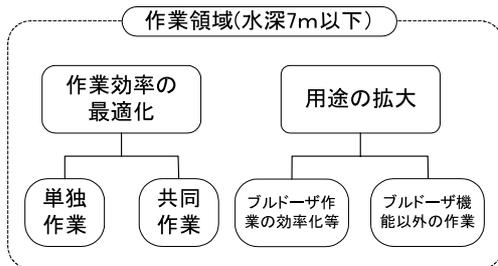
写真—5 水中リッピング状況

2. 水陸両用ブルドーザの実績作業の概説

水陸両用ブルドーザは、陸上機械、作業船のいずれを使用しても効率的な作業が望めない浅水域（0～7m）を施工領域としている。

実績作業を大別すれば、ブルドーザの基本作業（掘削押土、砕岩、運搬等）を最大限に活用し、効率的な施工を行ったものと、アタッチメント等の付加措置を取付け、機能向上を図ったものに分けられる（図—3）。

付加装置を使った作業では、特定した作業に着目し効率化を図ったものと、ブルドーザ以外の作業を行うものがある。



図—3 水陸両用ブルドーザ適用範囲

(1) 作業効率の最適化

(a) 単独作業

作業水深 3 m 以下の作業は、水陸両用ブルドーザの機能が最も生かされる。岩手県洋野町種市地区で行われたウニの増殖場の造成工事では、潮間帯にリッピングによる増殖溝を掘削した（写真—6）。

(b) バックホウ台船、グラブ台船との共同作業

岩盤浚渫作業などでは、それぞれの機械が得意な作



写真—6 ウニの大規模増殖場造成工事



写真—7 台船との共同作業

業を分担し、作業効率を向上させることができる。

水陸両用ブルドーザが掘削・集積を受け持ち、バックホウ台船（または、グラブ台船）が土運船への積込を担当する（写真—7）と効率的な作業が行える。

(c) 他の水陸両用機械との組合せ

近年、バックホウ（写真—8）、クローラダンプ（写真—9）などの水陸両用機械が現れた。

都市河川工事では、仮設工事を軽減する目的で水陸両用機械を組合せて施工を行う事例（写真—10）も増えてきている。この共同作業は、仮締切りの作業手間を軽減するだけでなく河積阻害率の最小化を図ることができる。

主な仕様	
作業可能水深	1.5m
バケット容量	平積 0.6m ³
車体質量	約 20,000kg



写真—8 水陸両用バックホウ（遠隔操作仕様）



主な仕様	
作業可能水深	1.8m
最大積載質量	18,000kg

写真—9 水陸両用クローラダンプ



写真—10 水陸両用重機を組合せた作業

(2) 施工の展開

水陸両用ブルドーザの付加装置名称を表—1に示し、以下に概要を紹介する。

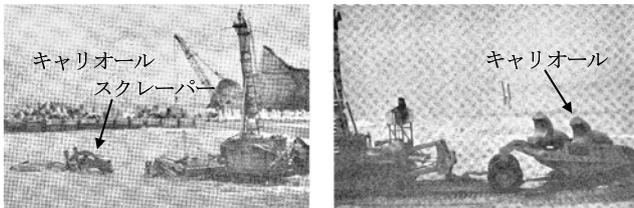
(a) ブルドーザの作業効率の向上

現在では使われていないが、掘削運搬作業に着目し牽引式の装置を取付けた施工が行われた。

キャリアオールスクレーパには、水中牽引による水流

表一 水陸両用ブルドーザに搭載可能な装置

区分	装置名称	作業内容
ブルドーザ作業	キャリオールスクレーパー	掘削押土
	キャリオール捨石運搬アタッチメント	消波ブロックの運搬 人工リーフの捨石運搬
	クレーン	消波ブロックの設置、 鋼矢板打設
ブルドーザ機能以外の作業	圧砕機 (ハイパワーアーム)	ケーソン撤去工事



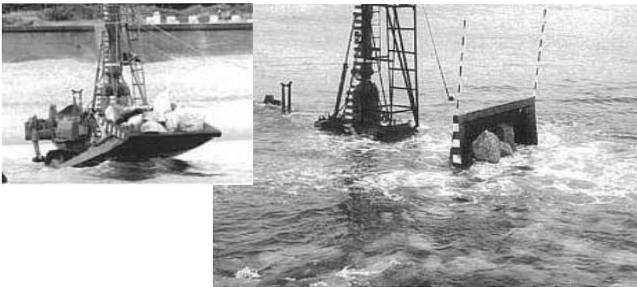
写真一 11 牽引装置を接続した作業

(過流) によるボウルからの土砂流出を防止するための整流板が取付られている (写真一 11)。

人工リーフの造成工事では、運搬敷設用アタッチメントを取付け大割石の運搬敷設を行った (写真一 12)。その他にも、リッパを改良し地形の凹凸に合わせ砕岩を取り除く装置、ブロックの形状に合わせた運搬装置など様々な改良が図られてきた (写真一 13)。

(b) ブルドーザ機能以外の作業

クレーンを装着し、揚重機としての施工例も多い。クレーンの操作は安全法規等の関係から遠隔操縦化ができなかったため運転席が設けられた。



写真一 12 捨石運搬敷設状況



写真一 13 装置の改良例

この作業では、水陸両用ブルドーザ本体部は移動装置やウェイトの役割を果たしている (写真一 14)。

また、バックホウの作業機を取付ける改造では、油圧ユニットを別途搭載し作業油圧を補った。写真一 15 は、作業機に圧砕機を取付け橋脚ケーソンの撤去を行っている状況である。



写真一 14 クレーン装置を使った杭打ち状況



写真一 15 圧砕機による取り壊し状況

3. 施工事例

(1) 潜水士作業の無人化施工事例

本事例は、海岸工事の機械化、無人化施工による省力化、安全施工の観点から、潜水士作業を水陸両用ブルドーザで試みられたものである。

(a) 工事概要

工事名 : 人工リーフ R29・R30 拡幅工事

施工場所: 新潟海岸 (新潟市五十嵐一の町地先)

工期: 平成 14 年 3 月~平成 14 年 10 月

作業概要: 暫定断面の人工リーフ沖側を 50 m 拡幅するため、マウンド (捨石工 200 ~ 500 kg/個) の天端 1,015 m² (約 6,600 m² の一部) を水陸両用ブルドーザによって荒均しを行った (図一 4 ~ 6)。

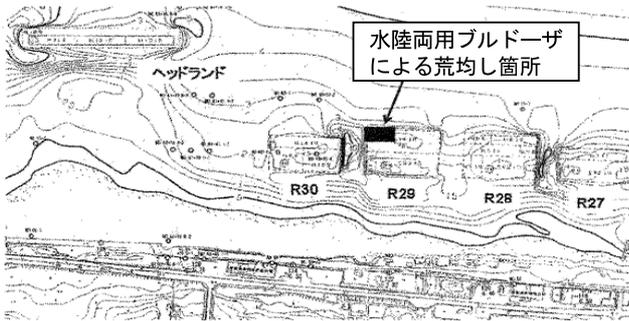


図-4 施工位置図

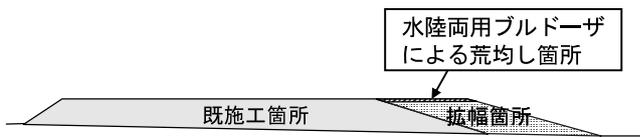


図-5 施工断面図

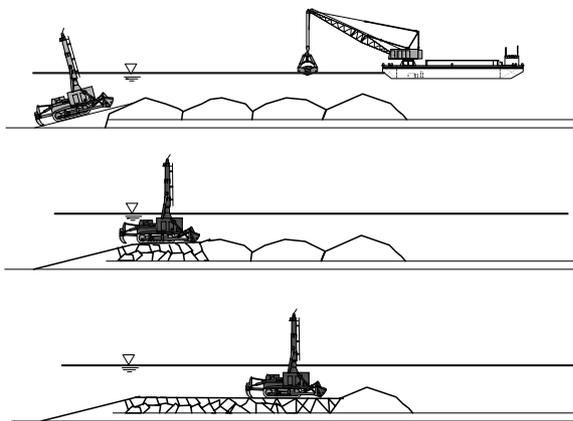


図-6 水陸両用ブルドーザの荒均し状況

(b) 作業手順

- ①吸出防止シート及び砕石工 (C-40) の施工後、台船による石材 (200 ~ 500 kg/個) の投入を行う。
- ②水陸両用ブルドーザによる掘削押土作業を行い、管理基準 (± 30 cm) に仕上げる (無人化施工)。
- ③出来形規格値を満足しない箇所を潜水士で仕上げる。

(c) 施工結果のまとめ

規格値 30 cm の荒均し作業では潜水士による修正が必要としたが、作業日数を 1/3 短縮し施工を完了した (表-2)。

この、潜水士作業の無人化施工 (機械化) は、潜水士不足、高齢化対策として有効であり、浅水域施工の工期短縮、施工量の拡大 (荒天時の施工) と多くの可能性を含むものである。

表-2 水陸両用ブルドーザ作業結果

工法	従来工法 (潜水士による人力施工)	水陸両用ブルドーザによる機械施工	差
コスト (1m ² あたり)	5,100 円	4,600 円	- 500 円
施工工期 (1,015 m ²)	9.4 日	6.2 日*	- 3.2 日

※水陸両用ブルドーザの施工には、潜水士の修正作業を含む

4. おわりに

水陸両用ブルドーザの 40 年近くにわたる歴史の一部を紹介したが、最後に、水陸両用機械の今後の課題を整理する。

(1) これからの水陸両用機械のありかた

(a) 浅水域での機械化

大水深や大規模な港湾工事等と比較し、浅水域は潜水士の有人作業も多く、さらなる機械化 (無人化施工) を図る余地があるものと考えられる。

無人化施工 (陸上施工) や水中バックホウなどでは、様々な遠隔操縦のための補助システムの研究が進められておりこれらの技術に追従し、先進することが必要である。

浅水域の機械化では、大規模な土工事、港湾工事と比較するとイニシャルコスト面での制約が多いことを踏まえ、コスト縮減と対応工種の拡大による稼働率の向上などが望まれる。

(b) 無人化施工 (災害における対応)

緊急を要する災害復旧工事等では危険地帯の施工を無人化施工で行うことも多い。水陸両用ブルドーザは、浅水域の施工に順応する数少ない遠隔操縦機械であり、この部分で期待される作業も多い。

予測のつかない災害への準備では、緊急時に備えた管理 (所在地・使用状況の連絡) 体制や要請があれば迅速に現地へ機械を搬送し工事着手できる体制が必要である。

(2) 望まれる技術

水陸両用機械の遠隔操縦は、不足する操縦情報 (重機姿勢、負荷のかり具合等) をオペレータの経験に基づく感性に頼り行われている。また、起伏の大きい場所や軟弱箇所が混在する現場施工では、オペレータの負担が多くなり作業効率も落ちる課題が残されている。

これらのことから、①オペレータ技量を補完するマンマシンインターフェイスの開発、②「TS・GPSを用いた盛土の締固め情報化施工管理要領 (案)」に準

扱った施工管理などの情報化技術の活用, ③水陸両用機械の拡充と効果的な組合せ施工の整備, ④緊急対応機械としての体制構築などが急務と考える。

水陸両用ブルドーザがこれほど長い間存在し続けたのは, 施工領域, 特定作業に対しコストパフォーマンスが優れていたからに他ならない。これからも, この水陸両用機械の利点を生かし, 存在感のある重機としてあり続けられるよう, 改良, 改善に努めていきたい。

JICMA

《参考文献》

- 1) 建設の施工企画 平成 18 年 11 月
- 2) 建設機械 平成 17 年 3 月号
- 3) 建設機械 平成 15 年 3 月号
- 4) 建設機械 平成 14 年 1 月号
- 5) 建設の機械化 平成 13 年 11 月号
- 6) 建設機械 平成 12 年 6 月号

【筆者紹介】

三村 充 (みむら みつる)
青木あすなろ建設(株)
技術営業本部
企画エンジニアリング第二部
部長



猪原 幸司 (いはら こうじ)
青木あすなろ建設(株)
技術営業本部
技術部
担当課長



建設の施工企画 2006 年バックナンバー 平成 18 年 1 月号 (第 671 号) ~平成 18 年 12 月号 (第 682 号)

1 月号 (第 671 号)
夢特集

5 月号 (第 675 号)
施工現場の安全特集

10 月号 (第 680 号)
情報化施工と IT 特集

2 月号 (第 672 号)
環境特集 温暖化防止に向けて
(大気汚染防止・軽減) 特集

6 月号 (第 676 号)
リサイクル特集

11 月号 (第 681 号)
ロボット・無人化施工特集

3 月号 (第 673 号)
環境特集 環境改善 (水質浄
化・土壌浄化)

7 月号 (第 677 号)
防災特集

12 月号 (第 682 号)
基礎工事特集

4 月号 (第 674 号)
特集 品確法 公共工事の品質
確保

8 月号 (第 678 号)
標準化特集

■体裁 A4 判
■定価 各 1 部 840 円
(本体 800 円)

9 月号 (第 679 号)
維持管理・延命化・長寿命化特集

■送料 100 円

社団法人 日本建設機械化協会

〒105-0011 東京都港区芝公園 3-5-8 (機械振興会館)

Tel. 03 (3433) 1501 Fax. 03 (3432) 0289 <http://www.jcmanet.or.jp>