

## 4. 排水ポンプ設置支援装置の開発

(独) 土木研究所寒地土木研究所技術開発調整監付寒地機械技術チーム ○ 牧野 正敏  
(独) 土木研究所寒地土木研究所技術開発調整監付寒地機械技術チーム 堀田 歩  
(独) 土木研究所寒地土木研究所技術開発調整監付寒地機械技術チーム 高松 茂

### 1. まえがき

近年、北海道では冬期でも降雨があり、周囲の雪を融かすため、雨量以上の洪水被害となる場合がある。特に低温積雪条件下では、凍結により排水機場などの施設が使用出来ない場合は、排水ポンプ車での対応に頼らざるを得ないが、冬期間は除雪の必要性や現場状況の悪化等、作業を遅延する要因が増える。



写真-1 平成 19 年 1 月十勝太での排水作業

また、北海道は広域分散型の地域構造であるため、それぞれの地域で着実に災害対策を行わなければならない。

本開発は、平成 19 年 1 月の爆弾低気圧の影響による浦幌町十勝太での内水排除等、多様化する現場の状況(写真-1 参照)を踏まえて、既存の排水ポンプを利用し、汎用性を持たせた設置支援装置を開発することで、柔軟な現場対応と共に、排水ポンプの安全且つ効率的な設置・回収を図ることを目的とする。

### 2. 検討概要

排水ポンプ設置支援装置の開発については、道内で最も多く排水ポンプ車を保有している北海道開発局において、車両に搭載されている排水ポンプ 121 基中 76 基と全体数の約 6 割を占め、最も保有台数が多い規格である

7.5m<sup>3</sup>/min 排水ポンプを対象とした。(図-1 参照)

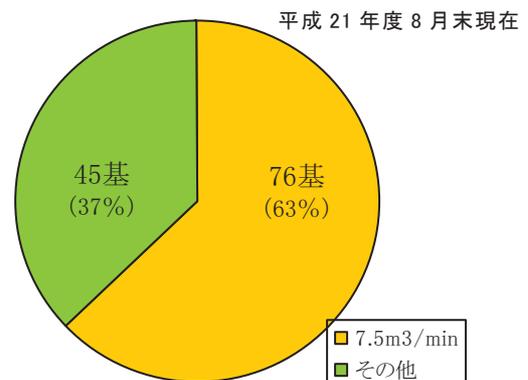


図-1 排水ポンプ保有台数

道内で最も多く導入されている規格の排水ポンプを対象とすることにより、ポンプ本体の開発、改造を新たに必要とせず、装置自体に汎用性を持たせることにより、広域的且つ効率的な運用を図り、購入台数の低減、開発コストの縮減を図ることが可能である。

### 3. 排水ポンプの仕様

本開発において主対象とする排水ポンプの仕様について下記に示す。(写真-2、表-1 参照)



写真-2 7.5m<sup>3</sup>/min 排水ポンプ

表-1 排水ポンプ諸元

型式	水中モーター駆動ポンプ
口径	250mm
全長	1,062mm
全高	370mm
排水量	7.5m <sup>3</sup> /min
電動機	
形式	乾式水中三相誘導電動機
出力	15kW
電圧	440V
周波数	60Hz
軸封装置	ダブルメカニカルシール
電源キャブタイヤケーブル	50m/台
質量 (ポンプ及びフロート重量)	120kg/台
主要材料	
ケーシング、モーターフレーム	アルミニウム合金鋳物
主軸、羽根車	ステンレス鋼

#### 4. 設置支援装置の検討

排水ポンプ車の過去の災害出動実績、排水作業訓練視察及び聞き取り調査より、排水ポンプ車の運用実態を調査し、それらを踏まえて、排水ポンプ設置支援装置の検討を行った。

##### 4.1 自走による排水ポンプ設置の検討

現在の排水ポンプ車運用実態を調査した結果から、クレーン装置の届く範囲内であれば、排水ポンプの設置・回収は比較的スムーズに行われている。そのため、検討するのはクレーンの届かない範囲、もしくは不整地や積雪時に排水ポンプ車が作業場所まで入っていけない状況などを対象とする。

現状、災害時に排水ポンプ車が進入出来ない場所は少ないが、新潟県中越地震に代表される大規模災害の発生時や冬期間の未除雪現場など、悪条件下でも排水作業を可能とするにはポンプ設置支援装置が必要である。

よって、悪条件下で排水ポンプを設置地点まで搬送し、設置する手段として、自走式の設置支援装置は有効であると考えられる。

##### 4.2 基本条件

災害現場では迅速且つ確実な作業が求められるため、設置に時間をかけることはできない。また、故障等による時間のロスを減らすため、複雑な機構などを用いないシンプルな構造が望ましい。現在、北海道開発局では15m<sup>3</sup>/min級のポンプ自走装置(写真-3、表-2参照)を所有しているが、本体が大型であるため使用状況が限られている。そこで走行性能が同等で、排水ポンプの着脱を容易且つ小型な構造にすることにより、各地に配置されている排水ポンプ車に転用ができ、より多く

の状況で災害支援を可能とするための検討を行った。

##### 4.3 基本性能・開発目標の設定

自走式の設置支援装置(以下、自走装置という。)の仕様については、既存のポンプ自走装置と同等程度の能力を発揮すること、各種コストを抑えることを踏まえ、前述の排水ポンプを使用する事を前提とし検討を行った。

開発目標は以下のとおりとする。

- 汎用の排水ポンプ(7.5m<sup>3</sup>/min)を搭載して使用する装置であること。
- 車載クレーンを使用せずに排水ポンプを設置・回収出来る装置であること。
- 設置支援装置へのポンプの搭載は現地での作業性を考慮して、単純且つ簡潔な構造とすること。
- 設置支援装置は車両に積載して運搬し、現場で車両から降ろして使用することを前提としているため、積み降ろし、運搬が容易な構造であること。
- 夏期、冬期、及び路面状況を問わず可能な限り走破性を高めること。
- 装置本体の寸法は可能な限り、小型・軽量化を考慮すること。



写真-3 ポンプ自走装置

表-2 ポンプ自走装置諸元

排水量	15m <sup>3</sup> /min
最大登坂角度	30° (tan θ=0.58)
全長	3,500mm
全幅	1,800mm
全高	2,400mm
総質量	3,200kg (水中ポンプ含む)

##### 4.4 概略構想によるイメージ

前述の開発目標を踏まえたうえで、自走装置の各構成の概略構想を以下にまとめる。

- a) 走行装置はクローラ駆動とし、可能な限り汎用品を使用する。
- b) 排水ポンプの着脱は特殊な工具を必要としない構造とする。
- c) 搭載する排水ポンプは2台とし、重量バランスから自走装置中央の可能な限り低い位置に搭載する。
- d) 自走装置の最低地上高は悪路走破性を考慮し、150mm程度確保する。
- e) 駆動装置は可能な限り自走装置全体がコンパクトな形状にまとまるよう配慮する。
- f) フロートは前後分割式とし、現場での脱着が容易な構造とする。
- g) スライドベースの底面は網状の部材を使用し、排水作業時の支障とならない構造とする。

上記をまとめた概略構想のイメージを図-2に、示す。

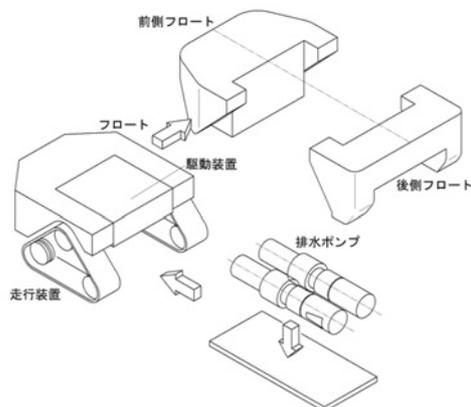


図-2 開発装置概略

前述のとおり、排水ポンプを搭載するスペースを装置本体の下部に確保するため、上部にモーター等を配置し、減速機を介して動力

をクローラ側に出力する構造とした。駆動装置は、設計の自由度と構造の簡潔さを優先し、クラッチ機構等を設けず、駆動用モーター1基に対して減速機を1基とし、それを左右に一組ずつという構造を採用した。



図-3 駆動装置及び排水ポンプ配置

#### 4.5 試作機の製作及び試験

これまでの検討結果をもとに平成20年度に開発機械の試作機を製作した。製作した試作機の仕様を表-3、全景を写真-4～5に示す。



写真-4 試作機

排水ポンプの搭載、ホースの接続時には後部のフロートを外す必要があるが、フロート

表-3 試作機主要諸元

基本性能		駆動装置 (電動機)	
(1) 走行速度	8km/h	(1) 定格出力	7.5kW
(2) 最大登坂角	30° (Tan θ=0.58)	(2) 電圧	440V
(3) 接地圧	19.6kPa (0.2kgf/cm <sup>2</sup> )	(3) 周波数	60Hz
主要諸元		(4) 回転数	1500rpm
(1) 全長	2,360mm	(5) 相数・極数	3相・4P
(2) 全幅	1,780mm	走行装置	
(3) 全高	980mm	(1) 全長	1,265mm
(4) 総質量 (ポンプ搭載時)	1,160kg	(2) 全高	760mm
(5) 総質量 (ポンプ未搭載)	920kg	(3) 幅	300mm
フロート部		(4) 材質	ゴム (NBR)
(1) 構造	前後2分割式	(5) 駆動輪	φ370mm
(2) 材質	内部/発泡スチロール 外面/FRP	(6) 転輪	4個 φ220mm

は左右 2 本のロングピンで固定する構造のため、現場での脱着は容易である。



写真-5 試作機（フロート無し）

排水ポンプは縦 660mm×横 1,000mm のスライドベースに搭載する。ポンプの種類に合わせた台座に取り替える事により多様なポンプへの対応が可能である。スライドベースの中央部には仕切り板を設けて、排水時に 2 台のポンプが干渉しない構造とした。



写真-6 ポンプ搭載用スライドベース

本体下部のポンプ搭載スペース(図-3 参照)は幅約 950mm、高さ約 400mm であり、この寸法に収まる排水ポンプであれば搭載が可能である。

平成 20 年度は試作機の冬期における走行試験を実施した。積雪深 30cm 程度の新雪、凍結路面等の条件において走行速度、制動距離、登坂能力等の測定と検証を行った。

結果、前後の重量バランス、フロート形状の一部改良が必要であると判断されたが積雪条件下においても良好な走行性能を発揮した。



写真-7 冬期走行試験

平成 21 年度は夏期における排水試験及び走行試験を実施した。



写真-8 試作機進水状況



写真-9 試作機排水状況

水深が 1m 程度で完全に本体が浮いた状態となる。浮いた状態では推進力は無く、排水時にホースが伸びる力で僅かに動く程度であり、設置位置を細かく調整する場合はロープを渡しておく必要がある。

ただ、本体が浮くほどの水深があれば十分に排水が可能であるため、ある程度水位が下がり、クローラが接地したら深い場所へと移動し、再度排水をするという運用が基本となる。

排水試験においても良好な結果を得る事が出来た。水深 1m 程度から排水を始め、排水可能な最低水深の調査を行った。60cm 程度の水深で排水可能であったが、最低水深は余裕をみて、70cm 程度とする。既存のポンプ自走装置は 1.4m 程度の水深が必要なので、試作機は、より低水深対応が可能である。



写真-10 異物吸い込み状況

草などの漂流物の吸い込みについては、ポンプ位置の調整及び、フレームの隙間に網を設置する事で大方の異物は防ぐ事が出来たが、僅かではあるがフレーム等に引っかかるケースが確認できた。しかし、排水性能を妨げる程ではなく問題はないものとする。



写真-11 試作機登坂状況

登坂走行については、排水ポンプを搭載していない状態では重心位置が高く不安定な場面が見られたが、排水ポンプを搭載した状態では重心位置も下がり、接地圧も向上する為、概ね 20～25 度の勾配であれば乾燥した草地、濡れた状態の草地のどちらでも問題なく登坂、降坂ができる事が確認できた。但し、路面状況によって安定した走行が可能な角度は変化するので運用時には注意が必要である。

## 5. 改良検討

冬期及び夏期の試験で分かった今後の主な改良点については以下のとおりである。

### 5.1 フロート及び重量バランスの見直し

試験の結果から法面等を登坂、降坂する際に、前側フロートの下方が地面に接触してしまう事による挙動の不安定さが見受けられた。また進水時に前側フロートの浮力が大きすぎた為、水平姿勢を維持出来なかった。

これらの問題点はフロート形状の変更で改善出来るものと判断した。それにより挙動等は更に安定するものと思われる。



写真-12 前側フロート接触部

### 5.2 電動機の仕様変更

現在の仕様では走行速度は時速 8km/h 程度となっているが、全速力で走行する必要性は少なく、特に登坂時などは定格出力の半分(時速 4km/h) 以下である。その事を踏まえ、最高速度を落とし、減速比を大きくする事で現在の電動機よりも出力の小さな物を選定する事が可能となる。電動機を小さくする事で全体の軽量化、重量物を中心に寄せる事による挙動の安定化を図る事が出来る。

また、それに伴い電源ケーブルを細くする事もでき、取り回しを更に軽快に行う事が可能となる。

### 5.3 電源ケーブル等の統一

試作機は傾斜地などで装置が勝手に進んでいかないように電気式のブレーキ装置を採用している。

現在は各ブレーキ機構を個別に制御しているが、一括制御方式に変更することにより、制御用の心線数が減らせる為、2本のケーブルを1本にまとめることができ、ケーブルの取り回し作業の時間短縮が可能となる。

## 6. 導入効果

開発機械を導入運用した場合の経済効果について、既存の排水ポンプ設置方法との比較検討を行った。

①開発機械の購入費、開発機械の維持管理費(点検費等の固定的な管理費、及び変動的な修理費等)

②開発機械の組み合わせによる出動経費(機械経費、及びオペレータ人件費等)

## 6.1 購入費・維持管理費

購入費については、試作機の価格であり、実用機として導入する際には、詳細な市場調査による実勢価格について、再度検討する必要がある。購入費、維持管理費について耐用年数（10年）で総合的に比較した結果を、図-5に示す。

なお、管理費は【購入費×3%×耐用年数（10年）】と仮定し、修理費は【購入費×10%】と仮定して算出した。今回の比較では購入費の面でコストが下がるため、関連して維持管理費についても若干ではあるがコスト縮減が見込まれる。この結果、耐用年数期間内においては約21%の縮減効果が期待できる。（既存機械は北海道開発局保有のポンプ自走装置とし、購入費は排水ポンプの価格を除いたものとする。）

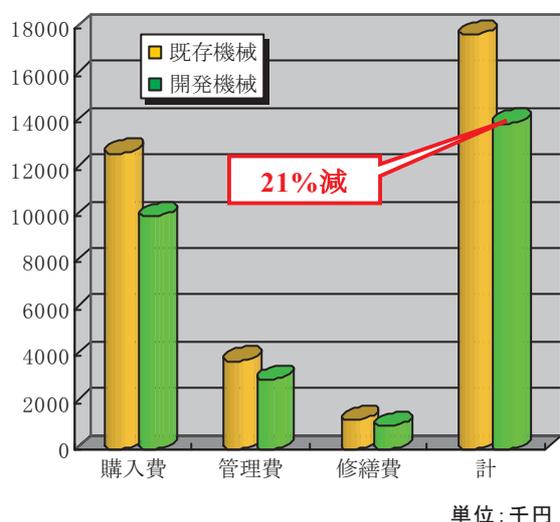


図-5 購入費・維持管理費

## 6.2 出動経費

出動経費について、出動を年1回、現場までの距離を片道50km程度と仮定して、既存機械はラフタークレーンを貸借して排水ポンプを設置する場合の輸送時の運転経費、開発機械はクレーン付トラックで自走装置を輸送する場合で比較した。既存機械の出動経費はラフタークレーンの貸借費（人件費込み）が大きな割合を占めているが、開発機械はその経費が削減されることから、大幅なコスト縮減が期待できる。また、今回はクレーン付トラックで自走装置を輸送する事を想定したが、排水ポンプ車搭載のクレーンを使用できる場合、輸送は普通トラックで可能となり、コスト縮減率も増加する。出動経費を図-6に示す。

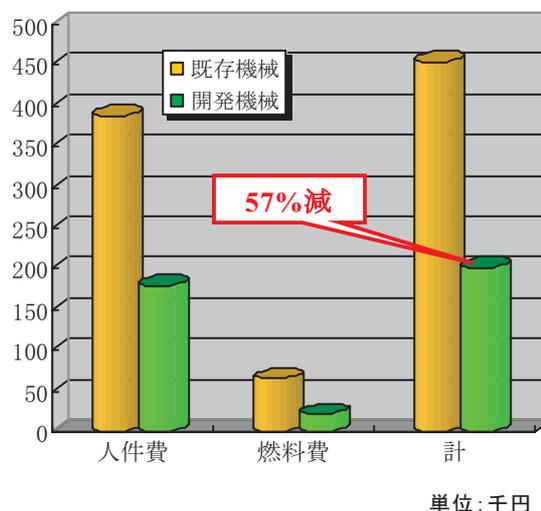


図-6 出動経費

## 7. まとめ

試作機による走行試験及び排水試験の結果、概ね良好な結果が得られた。

今後は試験フィールドだけではなく、実際の現場で試験及びデータ収集を実施し、適応性及び改良点の調査を行うことを予定している。その結果を踏まえ、試作機の改良、運用方法の検討を行い、災害対応の迅速化、及び効率化に貢献していきたい。