

排水ポンプ設置支援装置の開発について

(独) 土木研究所寒地土木研究所 寒地機械技術チーム ○今滝 茂樹
片野 浩司
上野 仁士

近年、北海道では冬期でも降雨があり、これにより河川周辺の雪が融け出すため、雨量以上の洪水被害となる場合がある。また、低温積雪条件下での災害対応は、除雪の必要性や現場状況の悪化等、作業を遅延させる要因が増える。さらに、北海道は広域分散型の地域構造であるため、各地域による着実な災害対策が求められる。

そこで、当研究所では、このような冬期間の融雪など多様化する現場状況に対応可能な排水ポンプ設置支援装置を試作した。本報告では、前年度までの経緯と試験結果、ならびに本試作機の実用化に向け試験運用を行った結果について報告する。

キーワード：災害対策、排水作業、自走装置、排水ポンプ

1. 目的

近年、北海道では冬期でも降雨があり、河川周辺の雪を融かすため、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できない場合は、排水ポンプ車による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、作業を遅延させる要因が増える。

また、北海道は広域分散型の地域構造であるため、各地域による着実な災害対策が求められる。

本開発は、平成19年1月の爆弾低気圧の影響による十勝太での内水排除等、多様化する現場の状況(写真-1)を踏まえ、既存の排水ポンプが利用可能な、汎用性を持たせた設置支援装置を開発するものである。本開発により、柔軟な現場対応と共に水際での人力作業等を減少させ、排水ポンプの安全且つ効率的な設置・回収を図ることが可能となる。



写真-1 平成19年1月十勝太での排水作業

2. 検討概要

排水ポンプ設置支援装置の適応性検討にあたり、北海道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保有台数調査を行った。その結果、排水ポンプ車に搭載されている排水ポンプの規格は、 $7.5\text{m}^3/\text{min}$ が一番多く、平成22年4月現在では、124基中80基と全体数の65%を占めている(図-1)。

このことから、最も多く導入されている $7.5\text{m}^3/\text{min}$ 排水ポンプが使用可能な汎用装置を開発することにより、広域的かつ効率的な運用を実現し、また、購入台数を低減させることで導入コストの縮減を図ることが可能である。

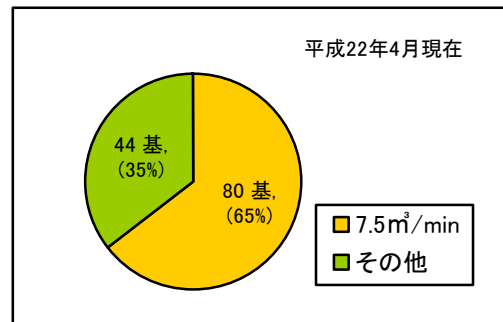


図-1 排水ポンプ保有台数

3. 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把握し、それらを踏まえ、排水ポンプ設置支援装置の検討を行った。

(1) 排水ポンプ設置手法の検討

現状、災害時に排水ポンプ車が進入できない状況は限られるが、新潟県中越地震に代表される大規模災害の発生時や積雪時における未除雪現場では、被災地への移動、作業ヤードの確保等が困難な場合がある。

そこで、排水ポンプ車の運用実態を調査した結果、排水ポンプ車による排水作業の効率を高める上で排水ピットとそれともなう作業ヤードが必要とされていることと、クレーン装置の届く範囲内では排水ポンプの設置・回収は比較的円滑に行われていることがわかった。そのため、検討範囲はクレーンの届かない箇所での作業、及び不整地や積雪で排水ポンプ車が作業場所まで入れられない状況などを対象とすることとした。

また、災害現場では迅速な対応が求められるため、排水ポンプの設置に時間をかけることはできない。

現在、北海道開発局では15m³/min級のポンプ自走装置を所有しており、災害時に有効に活用されているが、装置本体が大型であるため使用状況が限られている（写真-2、表-1）。



写真-2 既存ポンプ自走装置

表-1 既存ポンプ自走装置諸元

排水量	15m ³ /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 (排水ポンプ含む)
電源電圧	200V

このことから、悪条件下でも排水作業が可能となるよう、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。したがって、可能な限り小型構造としたうえで、排水能力及び走行性能を既存装置と同程度に保ち、さらに、排水ポンプの着脱を容易にすることで、排水ポンプ車への転用を可能とし、より多くの状況で災害対応支援が可能となる装置構造とすることを基本条件とした。

(2) 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程度の能力を発揮し、イニシャル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ことを前提に検討を行った。開発目標は以下のとおりとした。

- 排水ポンプ（7.5m³/min）を搭載可能な装置とする。
- 車載クレーンを使用せず、7.5m³/min 排水ポンプを設置し、排水作業が行える装置とする。
- 排水能力を既存装置と同等とするため、7.5m³/min 排水ポンプを2台搭載可能な構造とする。
- 自走装置へのポンプ搭載は現地での作業性を考慮して、単純かつ簡潔な構造とする。
- 作業現場までは運搬車両による移動を前提とするため、積み降ろしが容易な構造とする。
- 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。
- 装置本体の寸法は可能な限り、小型・軽量化を図る。

4. 試作機の仕様及び特徴

これまでの検討結果をもとに平成20年度に自走装置を試作した。試作機の全景、諸元及び概略図を以下に示す（写真-3~4、表-2、図-2）。



写真-3 自走装置（試作機）



写真-4 操作盤及びコントローラ

表-2 自走装置（試作機）主要諸元

基本性能	
走行速度	6.5km/h
最大登坂角	30° (tan θ = 0.58)
接地圧	19.6kPa (0.2kgf/cm ²)
主要諸元	
全長	2,400mm
全幅	1,800mm
全高	1,000mm
総質量 (ポンプ搭載時)	1,320kg (排水ポンプ 120kg × 2 台搭載時)
総質量 (ポンプ未搭載)	1,080kg
フロント部	
構造	前後2分割
材質	内部/発泡スチロール 外面/FRP
駆動装置 (電動機)	
定格出力	3.7kW
電圧	440V
周波数	60Hz
回転数	1,800rpm
相数・極数	3極・4相
走行装置 (クローラ部)	
全長	1,265mm
全高	760mm
履帯幅	300mm
材質	ニトリルゴム (NBR)
駆動輪	φ 370mm
転輪	4個 φ 220mm

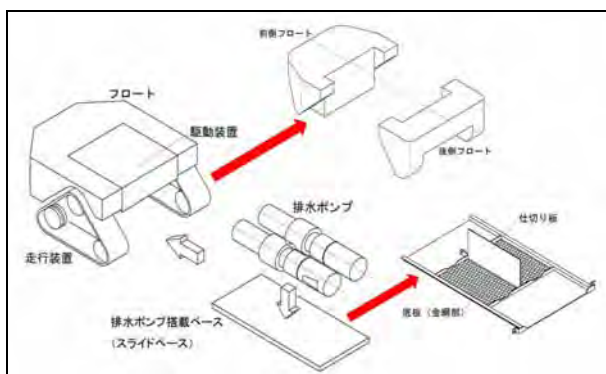


図-2 自走装置概略図

(1) 本体構造

作業現場までは運搬車両による移動を前提とするが、既設ポンプ自走装置は全長 3,500mm、重量 3,200kg あり、一般的な運搬車両の車載クレーンは 3t 未満がほとんどであるため、3t 以上の重量では、積み降ろし作業には大型クレーンが必要となる。

そこで、より小型・軽量化するために、各装置の配置を干渉しない構造とし、駆動装置を本体上部、排水ポンプを本体下部に配置している (図-3)。

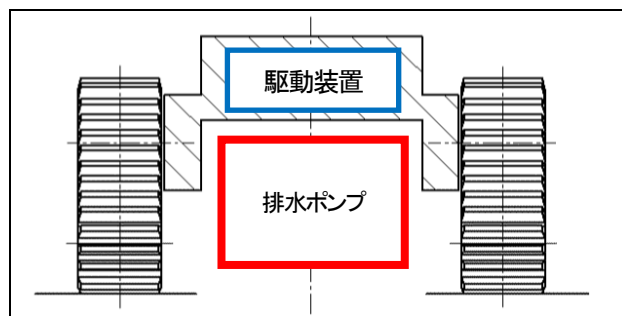


図-3 駆動装置及び排水ポンプ配置

(2) 駆動形式

自走可能な装置として一般的な駆動形式は、タイヤ駆動、もしくはクローラ駆動が考えられるが、タイヤ駆動では、サスペンション、減速機、ドライブシャフトなどがポンプ搭載スペースと干渉する可能性が高く、それを避けるために装置全体の大型化を招くことになる。

しかし、クローラ駆動は左右独立駆動とすることで、舵取りが行えるため、構造を簡素化することができ、不整地での走破性も高い。

このことから、駆動形式はクローラ駆動とした (写真-5)。



写真-5 駆動形式

(3) 半没水構造

自走装置に排水ポンプを搭載し、設置、排水、回収を一連の作業とするが、没水構造では、水中のゴミ、草、土砂等を吸い込む可能性が高く、排水ポンプの目詰まりが考えられる。また、自走装置の状況を目視で確認することが困難となる。このことから、自走装置は半没水構造を採用した(写真-6)。

ただし、水面の漂流物の影響も懸念されるため、本体フレームの隙間に吸い込み防護網を設置した。



写真-6 半没水状況

(4) フロート

自走装置を半没水構造とするため、装置本体にフロートを設置しているが、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。そのため、フロートは左右2本のロングピンで固定する構造とすることで、現場での脱着作業を容易に行えるものとした(写真-7)。



写真-7 フロート着脱状況

(5) 排水ポンプ部

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スライドベースに

取り替えることにより多様なポンプへの対応を可能とした。また、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。さらに、スライドベースの底面は網状の部材を使用し、排水の支障とならない構造とした。(写真-8)。

なお、本体下部のポンプ搭載スペース(図-3)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。



写真-8 排水ポンプ搭載状況

(6) 駆動装置

自走装置の汎用性を考慮し、動力源は既存排水ポンプ車に搭載されている発電機(AC400V)を活用可能な、電動モータを採用した(写真-9)。



写真-9 駆動装置

駆動装置は、クラッチ機構等を設けず駆動用モータ1基に対して減速機を1基とし、それを左右に1組ずつという簡素な構造を採用した。

また、走行操作時の安全性を考慮し、傾斜地等での停止を可能とするべく、電気式のブレーキ装置を採用し、操作レバーオフの状態では常にブレーキが掛かる構造とした。さらに、各ブレーキ機構を一括制御方式にするこ

とにより、制御用の心線数が減らせるため、ケーブルを1本にまとめることができ、ケーブル取り回し作業の効率を向上させている。

5. 性能試験

試作機の性能を検証するため、災害時に想定される実環境下において性能試験を行った。

(1) 走行試験

自走装置の走行速度、制動距離及び登坂能力等を計測し、走行性能について検証した。走行路面は、アスファルト、草地、積雪深 30cm 程度の新雪、凍結路面等にて行った。その結果、夏期及び積雪条件下においても、安定した走行が可能であり、良好な走行性能を発揮したと判断した（写真-10～11）。



写真-10 夏期走行試験状況



写真-11 冬期走行試験状況

登坂試験は、河川堤防において一般的な勾配である 30度を基準とし実施した。

排水ポンプを搭載し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、接地圧も向上するため、概ね 25～30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にも問題なく登坂、降坂ができることを確認した（写真-12）。

積雪条件下においては、約 30度の勾配では、法面に対して垂直に進入すると、自走装置の重量バランスによりクローラの接地圧が減少し、登坂不能場合が見受けられた。しかし、この場合でも進入角度を垂直から 30度傾ければ登坂可能であったので、積雪条件下においても走行可能である。



写真-12 登坂試験状況

(2) 排水試験

自走装置は半没水構造であり、水深約 100cm 以上では完全に本体が浮いた状態となる。推進能力が備わっていないため、排水作業により水深が下がり、自走装置のクローラが接地することで、再度深い水深へと移動して排水が可能となる（写真-13）。



写真-13 進水状況

最低水深の検証にあたり、水深 100cm 程度から排水を開始し、70cm 程度の水深まで排水可能であることを確認した。既存ポンプ自走装置の排水可能な最低水深は 140cm 程度のため、より低水深な災害現場への対応が可能となった。



写真-14 草の吸い込み状況

また、草などの漂流物の吸い込みについては、フレームの隙間に防護網を設置することで大方の異物は防ぐことができたが、僅かではあるがフレーム等に引っかかるケースを確認した。しかし、排水性能を妨げる程ではなく問題はないと考えられる（写真-14）。

6. 試験運用

北海道開発局旭川開発建設部及び網走開発建設部に協力依頼し、両建設部で行われている防災訓練において、自走装置を訓練装置として試用し、現場適応性、操作性、問題点等について、実際に災害対応を行っている業者 7 社を対象にアンケートを実施した。

(1) 操作盤及び電源接続

自走装置用に製作した操作盤について、既存排水ポンプ車との適応性の検証にあたり、各建設部所有の排水ポンプ車に操作盤及び電源接続を行った（写真-15）。



写真-15 操作盤接続作業状況

接続作業に関する問題等は特に見受けられなく、良好な結果であったが、接続ケーブル等の延長について余裕が欲しいとの意見があったため、実機の仕様とりまとめの段階で見直しを検討する。

(2) 自走装置への排水ポンプ搭載作業

排水ポンプ搭載作業を行い、作業の迅速性及び簡易性について検証した（写真-16）。

排水ポンプ搭載に関する問題等は特になく、短時間での組立・解体が可能であった。



写真-16 排水ポンプ搭載作業状況

(3) 走行性能及び操作性

作業ヤード内において、自走装置の走行性及び操作性について検証を行った（写真-17）。

その結果、走行性能に関する問題等は見受けられなかったが、操作には熟練が必要であるとの意見があった。

今後、実運用に向け、自走装置の試験運用を行い、運用手順及び操作方法等を広く周知したい。



写真-17 走行操作状況

7. おわりに

平成 20 年度に試作機を製作し、その後、夏期、冬期試験を実施し改良を行った。各性能試験及び試験運用では良好な結果が得られ、概ね実運用に向け耐えうる構造であることを確認した。

今後は、試験フィールドだけではなく、実際の災害現場での試験及びデータ収集を実施し、適応性及び改良点を調査することを予定している。その結果を踏まえ、最終仕様のとりまとめ、運用方法の検討を行い関係機関に提案することで、災害対応の迅速化及び効率化に貢献したい。

謝辞：試験運用の機会を与えていただいた国土交通省北海道開発局の関係各位には、ここに深く感謝の意を表します。