

排水ポンプ車のポンプ設置作業の 安全性向上に向けて

福万 敏行¹

¹ 中部地方整備局 中部技術事務所 防災・技術課(〒461-0047 名古屋市東区大幸 1-1-15)

国土交通省が保有する災害対策用機械の中で出勤回数が多いのが、河川や津波等の浸水時排水活動を行う排水ポンプ車である。排水作業は、雨天時や滑りやすい斜面等厳しい作業条件のもと、作業員が合わせて質量80kg程度の排水ポンプ、電源ケーブル、浮き輪等を人力で運搬し、浸水した河川に投入するため、負担が大きく危険を伴う作業となっている。そのような背景から、排水ポンプ等の浸水箇所への運搬・投入方法について安全性向上や負担軽減に向けた投入装置の開発検討や検証を行ったので、その結果について報告する。

キーワード 排水ポンプ車, ポンプ設置, 安全性向上

1. はじめに

排水ポンプ車に搭載されている排水ポンプは、従来100kg以上あり、その設置作業にはクレーン車が必要だったが、近年、小型軽量化によって本体質量が37kg、電源ケーブル21kg、浮き輪等、合計80kg程度となり、人力による運搬・設置が可能となった。排水ポンプの設置作業にクレーン等が不要となり、派遣場所に対する制約が減り利便性が向上した反面、堤防法面など足下の悪い傾斜地等悪条件下での排水ポンプ運搬・設置作業は、人力となるため大変な苦渋作業である。(写真-1)

また、降雨時など雑草が生い茂り、濡れて滑りやすくなった法面での設置作業は危険が伴う。

このような背景から、排水ポンプを設置する作業の安全性向上を目的として排水ポンプの運搬・投入方法について検討を行った。



写真-1 排水ポンプ車の資機材準備状況

2. 排水ポンプ等の投入方法の検討

(1) 既存の技術を使用した投入方法

傾斜地等悪条件下における運搬・設置のための既

存の技術を使用した排水ポンプの投入方法として、a)大型ドローンによる投入方法、また、b)パワーアシストスーツ(PAS)を装着しての投入方法について、作業の安全性や効率性、課題などについて検討を行った。

a) 大型ドローンによる投入方法

国内最大級の大型ドローンを利用し、排水ポンプ等一式(ポンプ本体、電源ケーブル、浮き輪、排水ホース等)の運搬から湛水池への運搬・設置作業の検討を行った。(写真-2)



写真-2 大型ドローンによる運搬状況

大型ドローンを利用した場合、人力作業では困難な遠方への排水ポンプの運搬・設置作業が実施可能となるが、災害現場での作業を想定した場合、以下の課題があげられる。

夜間はドローン本体と周囲状況の目視確認が困難であり、雨天や強風下は飛行不可となる。また、現状質量80kg程度を吊上げ運搬できる大型ドローンは、バッテリー消費量が多いため連続運転時間は10分程度と限られる。さらに、大型ドローンの機体数とその操縦者数が、重量物を吊上げ運搬するという特殊な作業により限定されるため、緊急時の機体や操縦者の早急な確保に課題がある。

b) パワーアシストスーツ (PAS) による投入方法

重量物の運搬・設置の投入方法として、一般に流通している電動補助付 5 種類、圧縮空気の人工筋肉 2 種類、サポータタイプ 6 種類の合計 13 種類の PAS について、装着から排水ポンプの運搬・設置作業による比較確認を行った。(写真-3)

排水ポンプ車の荷台高さ約 1m からの排水ポンプの上げ降ろしや、平坦地と傾斜地での持ち上げ運搬・設置を 2 人 1 組の人力作業で実施し、各 PAS の特徴や動作の補助機能、作業における効果や負担・疲労の軽減効果を確認した。

PAS を、腰部周辺の補助や肩や背中へのベルトでの吊り下げ、傾斜地での歩行補助、カップや空調服との組合せを確認した。排水ポンプの運搬・設置作業は、排水ポンプ車の荷台から排水ポンプ等の上げ降ろしや現場まで持ちながら運搬・設置作業することが大半で、主に腕力を必要とする作業が多く、腰部周辺の補助に使用される PAS は補助効果が限定的で、PAS による効果は小さいと判断した。



写真-3 PASの資機材準備状況

以上より、既存技術による投入方法は、傾斜地等悪条件下における運搬・設置には課題があると考えられる。

(2) 新規開発の排水ポンプ投入装置による投入方法

今回、傾斜地等悪条件下における運搬・設置のための排水ポンプの投入方法として、新規開発の技術を使用した以下三つの排水ポンプの投入装置を設計、試作し、傾斜地での作業性の確認を行った。

なお、投入装置として排水ポンプ、電源ケーブル、浮き輪等の運搬・設置時に利用する他、排水ポンプ車の荷台からの上げ降ろし、浸水した河川への投入、排水作業中及び回収時まで、排水ポンプ等を常時固定した状態での利用方法を開発の条件とした。

a) タイヤ台車

タイヤ台車の外形寸法は、排水ポンプ車の荷台にポンプの台数分積載可能な寸法として、長さ 750mm 程度×幅 400mm 程度とした。排水作業中でも常時固定可能な条件として、浮き輪の浮力(メーカ推奨 47kg)を考慮し、投入する台車の重量(取っ手を除く)を 6kg 程度とした。使用材料は、軽量アルミフレーム(断面 30mm × 30mm) 軽量ノーパンクタイ

ヤ(直径φ 250mm、プラスチックホイール)として容易に入手可能及び修繕可能な構造とした。(写真-4)



写真-4 タイヤ台車

b) ソリ台車

板材の滑りやすさ、摩耗、耐久性などを検討して、設計、試作した。

台車の外形寸法は、排水ポンプ車の荷台に積載可能な寸法として、長さ 750mm 程度×幅 400mm 程度とした。

使用材料は、軽量アルミフレーム(断面 30mm × 30mm) ステンレス製ソリ板材(長さ 750mm、幅 50 ~ 100mm) として容易に入手可能及び修繕可能な構造とした。(写真-5)



写真-5 ソリ台車

c) クローラ台車

クローラ構造の走行性能、作業性などを検討して、設計、試作した。

台車の外形寸法は、排水ポンプ車の荷台に積載可能な寸法として、長さ 1200mm 程度×幅 460mm 程度とした。

接地圧の低いクローラ構造(長さ 790mm × 幅 98mm × 2 列)で、プラスチック製とし、クローラは摩耗や損傷により部品交換が可能とした。排水ポンプと浮き輪の積載・固定に合わせて、台車の形状

を樹脂コーティングパイプで一体構造とした。
(写真-6)



写真-6 クローラ台車

(3) ブレーキ機能の検討

タイヤ台車及びクローラ台車については、傾斜地で転がりやすく台車の逸走や滑落の危険があるため、ブレーキ機能を台車に追加することで傾斜地での走行の不安定性を改善する検討を行った。

しかし、既存・類似技術の活用は、ブレーキ機能の追加により台車の質量が増加されるため今回は追加を見送っている。そのため、ブレーキ機能追加の代案として、台車に水に浮かぶロープ2本を取付けて、傾斜地での運搬時にロープの保持によって台車の転がりやすさを軽減する方法を採用した。

3. 新規開発の排水ポンプ投入装置の検証と結果

新規開発した排水ポンプの投入装置として、運搬

台車の試作機を3種類製作し、傾斜地による排水ポンプ投入の模擬動作を実施した結果、3種類とも排水ポンプ、電源ケーブル、浮き輪を組み合わせた状態で運搬可能なことが確認された。

また、雑草が生い茂った傾斜地でも同様に運搬可能な事が確認された。

その内、ソリ台車は、板材の摩擦が大きく滑らかな操作が困難であり、作業性の低下が認められたため、優位性が見られないことから不採用とした。

タイヤ台車とクローラ台車での作業性については、従来の人力作業と比較して、傾斜地での運搬にロープを利用した場合、作業者が不安定な傾斜地を歩行せず作業ができるため、滑落を回避した作業が可能であり、安全性の向上が期待できる。

タイヤ台車の水中への投入については、中部技術事務所内の試験水槽にてタイヤ台車に排水ポンプと排水ホース、浮き輪を組み合わせた状態で、水槽への投入作業と投入後の排水作業及び回収作業を確認した。

実際の河川堤防などの傾斜地とは異なるが、投入模擬作業は、試験水槽のスロープを利用して、また、投入と回収作業は全てロープを利用して実施した。

試験水槽への投入後排水作業を実施し目視で確認した結果、タイヤ台車による排水作業への影響は確認されず、また、ロープを吸入口に近づけても吸入されず、通常の排水作業が可能なる事が確認された。

クローラ台車の水中への投入については、台車の質量は15kgを超えるため、浸水した河川への投入は不可能である事がわかった。

上記のことから、ロープを利用したタイヤ台車での傾斜地での運搬・設置作業は、夜間や雨天時での足下が滑りやすく危険で苦渋な作業を改善し、安全性を向上して作業員の負担や疲労を軽減可能な利用方法として最適となった。(表-1)

表-1 排水ポンプ投入装置の評価

	タイヤ台車	ソリ台車	クローラ台車
試作機 外観			
特徴	<ul style="list-style-type: none"> ・小型軽量のフレームとタイヤ ・排水作業中も常時固定して使用可能 	<ul style="list-style-type: none"> ・排水ポンプ下面に滑走用板材を固定 	<ul style="list-style-type: none"> ・履帯構造による滑らかな走行性能
問題点 ・課題	<ul style="list-style-type: none"> ・タイヤは回転しやすいため、ブレーキ機能があると利便性が向上する 	<ul style="list-style-type: none"> ・タイヤ台車に比べて重量が増加するため投入不可 ・板材下面の摩擦が大きく運搬しにくい 	<ul style="list-style-type: none"> ・タイヤ台車に比べて重量は大幅に増加する
評価・ 判断	<ul style="list-style-type: none"> ◎ 排水ポンプ等の運搬・投入可能 安全性の改善と作業員の負担・疲労の軽減、作業の効率化が得られる 	<ul style="list-style-type: none"> × タイヤ台車に比べて重量増加、板材の摩擦による作業性の低下 →優位性がないため不採用 	<ul style="list-style-type: none"> △ 多少の凹凸や不整地でも滑らかに重量物を運搬可能であるが、タイヤ台車に比べて重量が増加し投入不可 →重量物の運搬台車として活用可能

ただし、水路等垂直に切り立った投入箇所では従来の方法と変わらない事も確認された。

4. 排水ポンプ等の投入方法の検討結果

排水ポンプの投入方法について、傾斜地等悪条件下での運搬・設置対策の観点から大型ドローンによる方法、また、重量物の運搬・設置対策の観点からPASを装着した方法を検討してきたが、大型ドローンによる方法は、現状バッテリー消費量が多いため連続飛行時間が10分程度と限られるほか、ドローン機体数とその操縦者が限定されるため緊急事の対応に懸念があることが確認された。また、PASの使用については、PASは腰部周辺の補助を目的

としており、主に腕力を必要とする排水ポンプ等の運搬・設置作業には効果が小さいと判断した。

新規開発技術の投入装置の投入方法について、タイヤ台車、ソリ台車及びクローラ台車の3種類の台車を製作し、動作確認を行った結果、タイヤ台車での使用が、排水ポンプ、電源ケーブル、浮き輪を組み合わせた状態で運搬や、湛水地への投入、回収作業が可能なる事が確認された。特に、傾斜地での運搬にロープを利用した上げ下げの作業は、作業員が不安定な傾斜地を歩行せず作業が可能であり安全性の向上が期待される。

上記のことから、排水ポンプ等の投入方法は、投入装置のタイヤ台車による投入方法が実用的で安全性の向上が確認された。(表-2)

表-2 排水ポンプ投入方法の検討結果

	投入方法	概要・特徴	性能・仕様	問題点・課題	評価・選定
新規開発技術	タイヤ台車 常時固定方式	・既存の4輪台車を参照し、 人力持ち上げ作業の負担・疲労軽減 ・浮き輪と排水ホースを組合せた投入、回収が可能	・4輪台車 ・積載100kg程度 ・自重6kg程度	・転がりやすさ、傾斜地でのブレーキ機能がない	・排水ポンプ等の運搬・投入可能 ・人力持ち上げ作業の負担、 疲労軽減、安全性の向上 ・単純・軽量で扱いやすい ◎
	ソリ板材 滑走方式	・タイヤ台車の変更案、 人力持ち上げ作業の負担・疲労軽減 ・平坦地と傾斜地の運搬に 簡易的な形状 で対応可能	・スキー等板材を参照 ・積載100kg程度 ・自重8kg程度	・板材の 摩擦が大きい ・重量の増加量	・重量が 重く、投入不可能 ・摩擦抵抗が 大きく、操作性が悪い ×
	クローラ台車 方式	・接地圧が 低く、不整地に有利な履帯構造 の製品を活用 ・ 人力持ち上げ作業の負担・疲労軽減 、浮き輪との組合せ可能	・小型の履帯構造 ・積載100kg程度 ・自重16kg程度	・重量の増加量	・重量物を 軽快に運搬可能 ・排水ポンプの運搬作業に 繰り返し利用 ・排水ポンプ等の 投入不可 △
既存技術	大型ドローン による投入	・吊り上げ能力は 最大80kg ・ 人力作業で困難な遠方へ投入可能	・最大荷重80kg ・1.0m程度の移動精度 ・最大荷重の飛行時間10分程度	・ 夜間・雨天・強風は飛行困難 ・ バッテリーの利用時間が短い ・ 機体数、操縦者数が少ない	・ 天気条件や飛行時間に課題があり現時点では活用が困難 ・ 将来の開発性能に期待 △
	パワーアシスト スーツの着用	・ 人力作業の動作補助、負担・疲労軽減 (軽減率10~20kg程度) ・ 電動・圧縮空気など補助、荷物吊り下げ・歩行アシスト機能あり	・ 腰部や背面の動作や前傾姿勢補助が主体 ・ カッパや空調服と併用可能	・着用と活用は 慣れが必要 ・ 着席姿勢や他作業に支障 ・ 電動式は非常に高額	・ 作業全体に対する効果が小さい △

5. まとめ

排水ポンプの投入方法について検討してきたが、評価の高い投入装置である、タイヤ台車についても、ブレーキ機能がないことや、重量増加等の問題や課題が見受けられる。

今後は、排水ポンプ車を所有している各事務所において、排水ポンプを利用した訓練で、投入装置を実際に傾斜地等で使用してもらい、使い勝手や改良点の把握を行い、投入装置の改良を検討し、排水作業の更なる安全性の向上を図っていきたい。