

消雪井戸の 維持管理点検ロボットの開発

No. 142

(前)国土交通省北陸地方整備局北陸技術事務所長

国土交通省北陸地方整備局道路部機械課長
(前北陸技術事務所副所長)

国土交通省北陸地方整備局北陸技術事務所機械課長

よしだ こういち

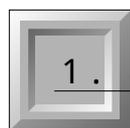
吉田 紘一

あおき てつろう

青木 鉄朗

しばさわ かずよし

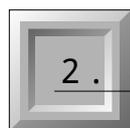
柴澤 一嘉



1. はじめに

消雪パイプに代表される消融雪施設は、冬期交通確保に重要な役割を果たしている。この熱源となる消雪井戸の信頼性向上と維持管理コスト縮減を目的に小型水中カメラと修繕ロボットを開発したので報告する。消雪井戸の揚水能力が低下した場合、内部の状態を把握するため、水中カメラで異常を確認しているが、現在の水中カメラでの点検は水中ポンプ引き上げ作業が伴い、費用が高価である。

また、その修繕方法はケーシング等の部分腐食でも二重ケーシング工法や掘替え等の大規模な修繕が必要となる。そこで、水中ポンプを引き上げなくても井戸内部の点検ができる小型水中カメラと簡易な修繕ができる修繕ロボットの開発を行ったものである。



2. 消雪井戸の異常実態

揚水能力低下等の異常がある消雪井戸を調査した結果、図 2 に示すように約 6 割が写真 1 のような部分腐食であった。また、異常のあった井戸深度分布は図 3 に示すように 100m 以上の深

表 1 北陸地方整備局道路除雪延長

道路除雪延長 (km)	10,009.7
ロードヒーティング延長 (km)	1.1
消雪パイプ延長 (km)	86.5

平成12年度道路除雪報告書より

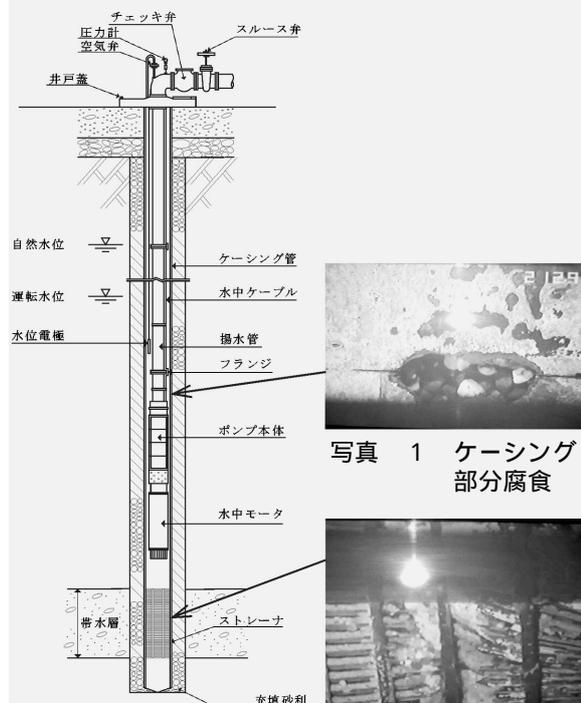


図 1 消雪井戸標準構造図

写真 2 ストレーナ全周腐食

度では腐食等の異常は発見されなかった。このことから水深100mの使用に耐えるものを開発する

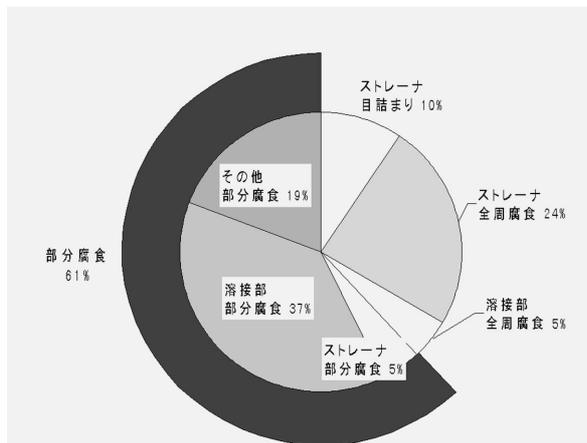


図 2 消雪井戸の内部異常分類

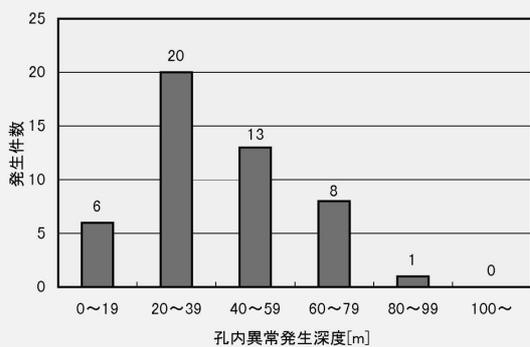


図 3 異常発生深度分布

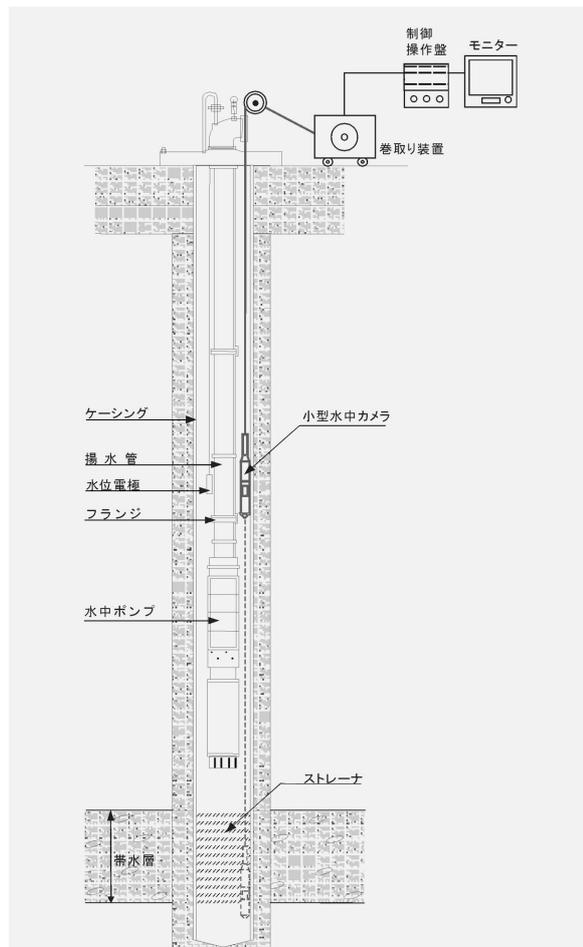
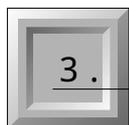


図 4 小型水中カメラ挿入イメージ

ものとした。



3. 小型水中カメラの概要

井戸ケーシングとポンプの隙間に挿入でき（図 4）、水深100mの使用に耐えるものが市場調査の結果ないことが判明したため小型水中カメラ（写真 3～5、表 2）を開発した。特徴は下記のとおりである。

表 2 小型水中カメラ仕様

	側視型	直視型
カメラ長さ	340mm	340mm
カメラ外径	φ23mm	
ケーブル	φ6mm × 100m	
防水性	100m 防水	
撮影素子	1/3インチ CCD	
有効画素数	約38万画素	
視野回転	360°回転	
照明	白色 LED 12個	白色 LED 6個

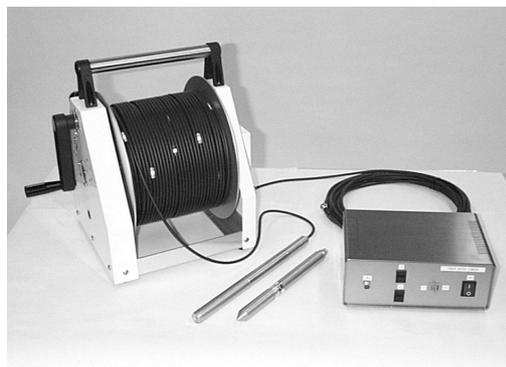


写真 3 小型水中カメラ

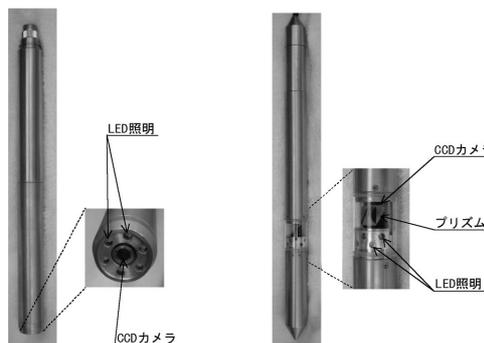
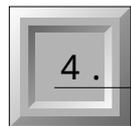


写真 4 直視型カメラ 写真 5 側視型カメラ

- ① カメラ外径 23mm と小型のため、ケーシングとポンプの隙間に挿入することで、ポンプを引き上げずに点検が可能。
- ② 井戸深度100m まで使用可能
- ③ 側視型カメラは側部視野360°
- ④ 直視型カメラで大まかに点検、側視型カメラで詳細撮影



4. 修繕ロボットの概要

修繕ロボット(写真 6~8, 表 3)は、設置実態から消雪井戸ケーシング内径204.7mm(200A), 254.2mm(250A), 304.7mm(300A)に対応できるものとし、修繕方法は、腐食部分に板を当てて塞ぐ当て板方式とした。補修材(当て板)は帯状のパネ鋼を使用し、井戸径より小さく縮めて修繕位置まで持っていき、位置決め後、装着(解放)する方式とした。装着方法としては補修材を縮めた状態で両端をワイヤーで連結し、そ

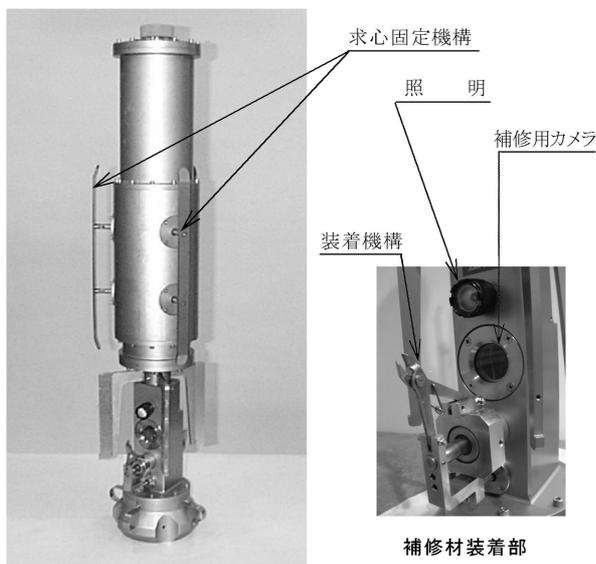


写真 6 修繕ロボット本体



写真 7 制御装置

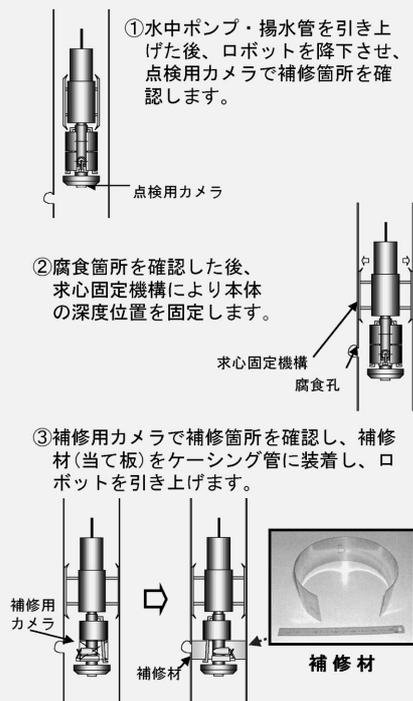


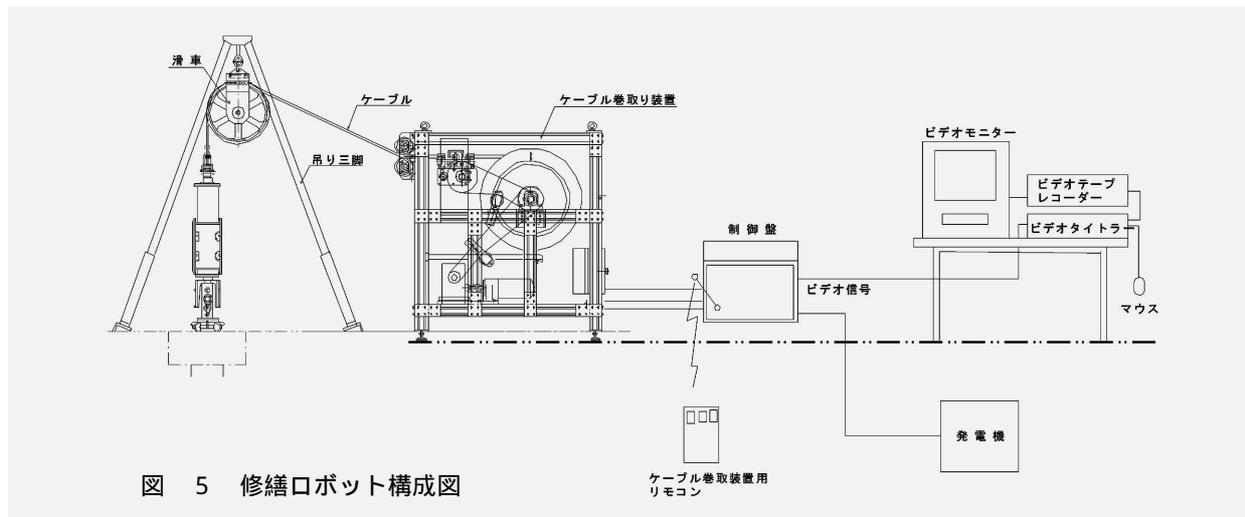
写真 8 ケーブル巻取装置

表 3 修繕ロボット仕様

ロボット部	主要材料 重量 寸法 耐圧 適用ケーシング径 主電源 補修方法 カメラ 照明 構造	アルミ合金 A5052および SUS304 30kg(当て板搭載時) φ184×989mm 水中1.0MPa(水深100m) 200A, 250A, 300A DC24V 当て板解放式 1/2インチ CCD 撮像素子 12V 20W(側視部 1 灯, 直視部 2 灯) 求心固定機構付き
制御部	外装ケース 重量 外形寸法 主電源 機能	アルミトランク 10.8kg W480×D344×H215mm AC100V 50Hz 10A 深度表示, 旋回角度表示, ドラム回転速度調整
巻取り装置	主要材質 巻上能力 巻上速度 寸法 重量 ケーブル長さ ケーブル引張り強度 ケーブル重量 巻き取り最高速度	アルミ合金および SUS304 定格178kg 最大7.0m/min(可変) W650×D1,330×H1,432mm 約250kg(ケーブル含む) 100m 750kg 29kg/100m 6.5m/min

◇作業手順





のワイヤーを切断することで装着できるものであり、補修材はバネの力で張り付くものとなっている。

修繕ロボットの特徴は下記のとおり。

- ① 部分補修が可能である。
- ② 井戸深度100m まで修繕可能
- ③ 本体外径 200mm 以下であることからケーシング径204.7mm (200A) から適用可能
- ④ 本体重量30kg 以下のため人力2名で運搬可能
- ⑤ 異常部分を確認しながら修繕できる。
- ⑥ 求心固定機構により位置決めが容易



写真 9 動作確認試験状況



写真 10 補修材装着状況

5. 動作確認試験結果

(1) 小型点検カメラ

ケーシングとポンプの隙間に挿入するため、視野が広くとれないものの井戸内部の状況は把握できることが確認できた。

(2) 修繕ロボット

消雪井戸深度17m 付近に修繕ロボットで補修材(当て板)を装着し状況を確認した(写真9)。

水中での動作および装着状況は良好であった。

補修材の傾きおよびずり落ち現象もなかった。

当て板装着状況を写真 10に示す。

6. あとがき

小型点検カメラはポンプを引き上げなくても点検可能であることが確認できた。

修繕ロボットの動作確認結果は良好であり、開発目標は達成できたと考えている。

試算の結果、小型点検カメラでの1カ所当たりの点検費用は、従来の30%程度になる。

また、10年で掘替えした井戸をケースに修繕ロボットで修繕した場合のライフサイクルコストを試算した結果、耐用年数の延長により10%程度縮減できる見込みである。

今後は実際の点検および修繕に活用し効果の検証、データの蓄積を行って行きたい。