

4. 消雪井戸の維持管理点検ロボットの開発

国土交通省 北陸技術事務所：柴澤 一嘉、前田 光昭、

*長谷川 学

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大規模な修繕が必要となる。そこで、消雪井戸の信頼性向上と維持管理コスト削減を目的に、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部分腐食が修繕可能な修繕ロボットの開発を行ったので、その概要と試験用井戸での動作確認試験結果について報告するものである。

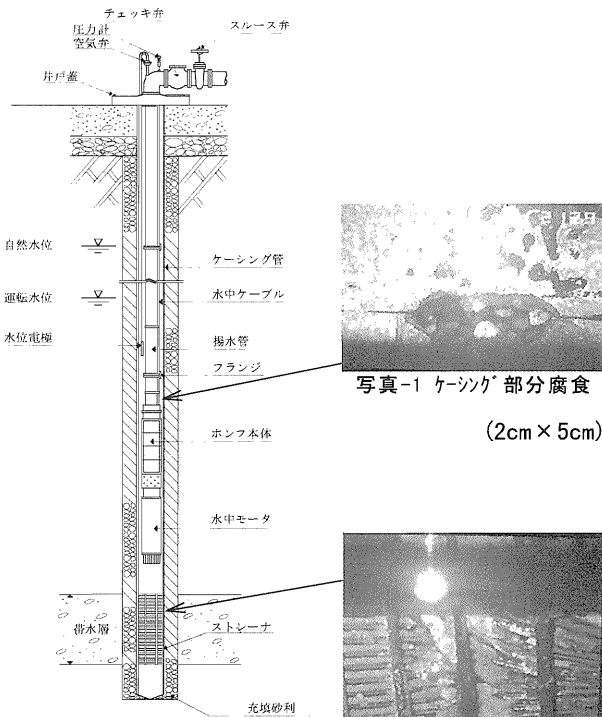


図-1 消雪井戸標準構造図

写真-2 ストレーナ全周腐食

2. 消雪井戸の異常実態

北陸地方整備局管内で直轄管理している消雪井戸は約300本ある。その深度及びケーシング径別の設置数を表-1に示す。そのうちの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。

表-1 北陸地整管内における消雪井戸の深度及びケーシング径別設置数(本)

井戸深度別内訳	0~100m	101~200m	201~300m	301m以上	計
	本数	110	160	22	4
割合	37.2%	54.1%	7.4%	1.4%	100.0%
ケーシング径別内訳	200A	250A	300A	350A	0
	本数	14	150	103	29
割合	4.7%	50.7%	34.8%	9.8%	100.0%

なお、部分腐食とはケーシング管等に比較的狭い範囲で、部分的に”穴”が開いたように腐食しているものを定義した。

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こととした。

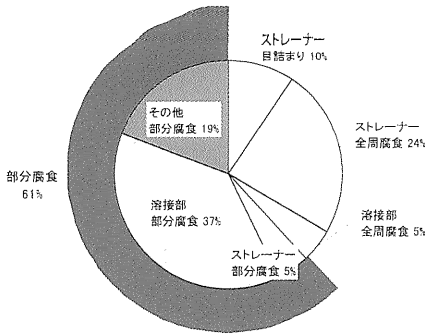


図-2 消雪井戸異常分類

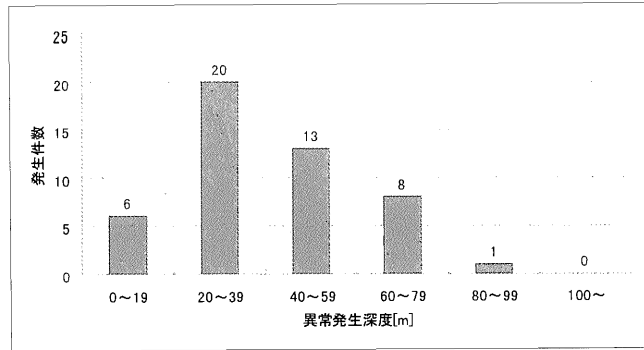


図-3 異常発生深度分布

3. 小型水中カメラの開発

井戸ケーシングとポンプの隙間に挿入でき（図-4）、水深100mの使用に耐えるのが市場調査の結果無いことが判明したため小型水中カメラ（写真-3）を開発した。

特徴は下記のとおりである。

- ①カメラ外径φ23mm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. 修繕ロボットの開発

修繕ロボット（写真-4）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）は帯状のバネ鋼を使用し、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。

（図-5）

修繕ロボットの特徴は下記のとおり。

- ①部分腐食の修繕補修が可能である。
- ②井戸深度100mまで修繕可能。
- ③本体外径φ200mm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。

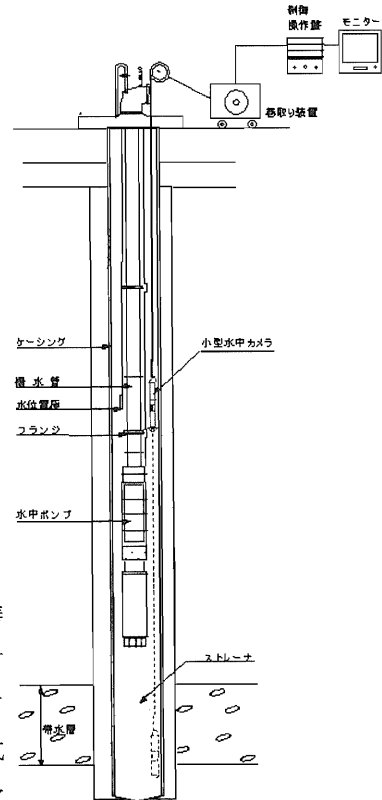


図-4 点検イメージ図

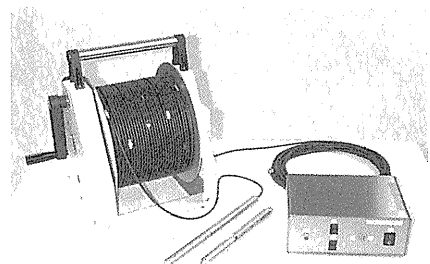


写真-3 小型水中カメラ

- 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。

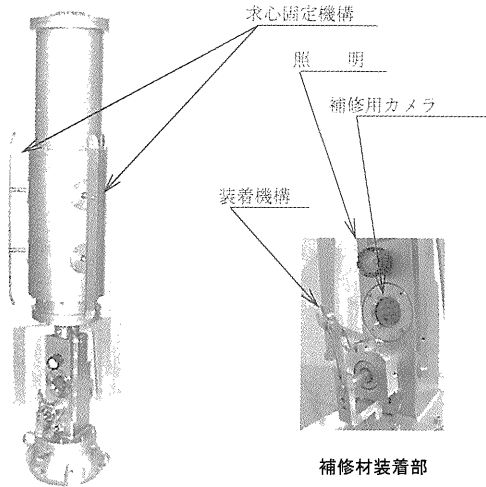


写真-4 修繕ロボット本体

5. 動作確認試験結果

1) 小型水中カメラ

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-5)
 水中での動作及び装着状況は良好であった。
 補修材の傾き及びずり落ち現象も無かった。(写真-6)

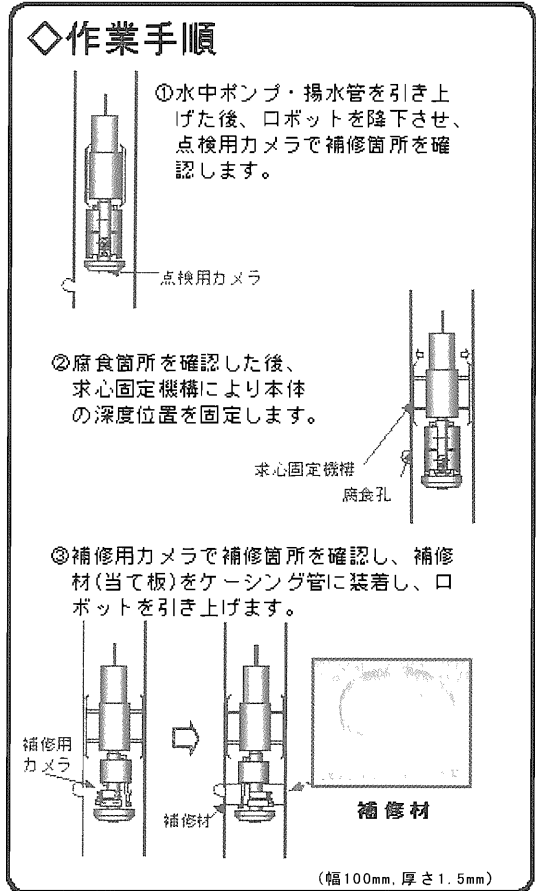


図-5 修繕ロボット作業手順



写真-5 動作確認試験状況



写真-6 補修材装着状況

6. 開発の効果

開発した小型水中カメラと修繕ロボットの従来工法と比較した作業工程を図-6、7に示す。

1) 小型水中カメラ

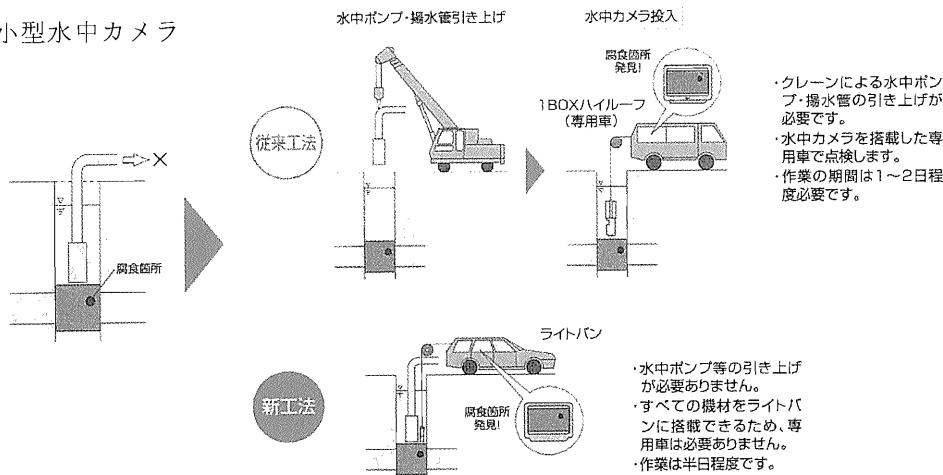


図-6 小型水中カメラ開発の効果

2) 修繕ロボット

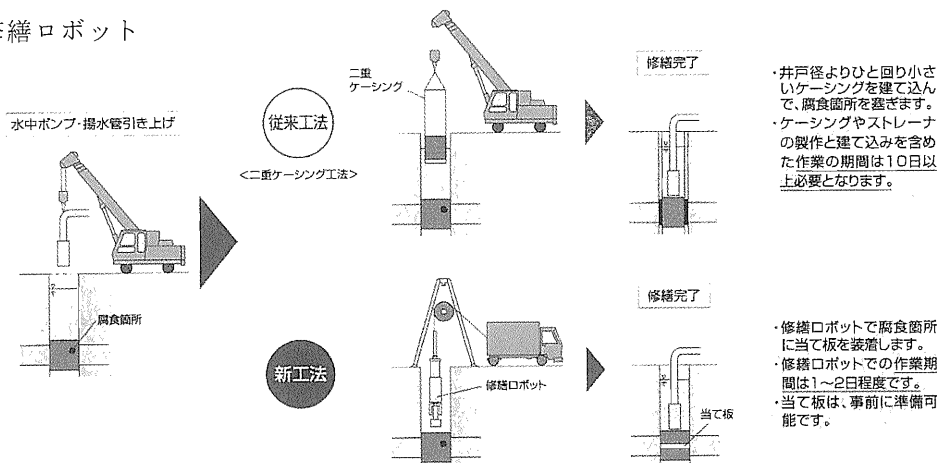


図-7 修繕ロボット開発の効果

7. あとがき

小型水中カメラにより、ポンプを引き上げなくても点検が可能であることが確認出来た。修繕ロボットの動作状況も良好であり、開発目標は達成出来たと考えている。

試算の結果、小型水中カメラでの1箇所当たりの点検費用は従来工法の30%になる。修繕ロボットによる修繕費用は二重ケーシング工法の20%になる。また、小型水中カメラによる腐食箇所の早期発見と修繕ロボットによる早期修繕を行った場合、井戸の延命化が図られ、10年で掘りかえした井戸をケースに試算すると消雪井戸のライフサイクルコストは10%程度縮減できる見込みである。

なお、平成14年度には消雪井戸の定期点検時に井戸10本について小型水中カメラで点検を実施しており良好な結果を得ている。点検結果からは腐食等の異常が発見されていないため修繕ロボットによる施工は実施していないが使用できる準備は整えている。

今後は、効果の検証、歩掛調査及び修繕後の経年変化等のデータ蓄積を行っていきたい。