

中越沖地震における消雪施設への影響 消雪施設の被災状況とその特徴

池野正志*1、小谷野保*1、田辺君男*2、長橋努*2

1. はじめに

平成19年7月16日10時15分頃に発生した新潟県中越沖地震は、柏崎地域の海岸平野部を中心に甚大な被害が発生した。被災地の県道をはじめ市街地の市道には、豪雪地帯の冬期交通確保のための重要な役割を果たしている消雪施設が設置されておりその施設が被害を受けたので、降雪期までに復旧させることを目的として点検調査を実施した。ここで途中ではあるが速報として一部報告する。

2. 消雪施設の構造

消雪施設は水源となる井戸と地下水を汲み上げる水中ポンプ(取水設備)、道路に配管しノズルから地下水をまく散水管(散水設備)、受電し施設の運転停止を制御する(操作設備)から分けられる。(図1参照)

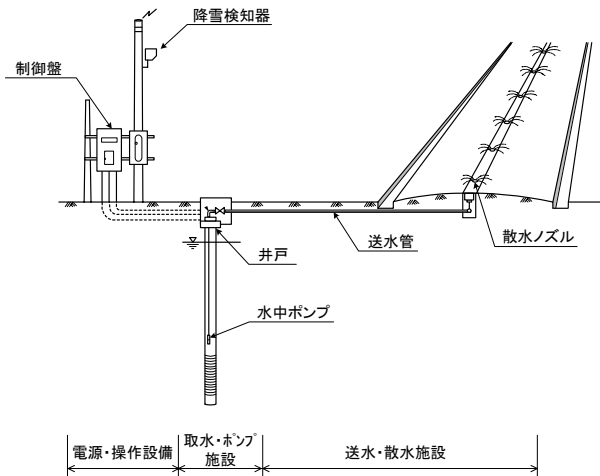


図-1 消雪施設概要図

3. 消雪施設の被災状況調査

新潟県には県が管理する消雪施設は、約1,024km消雪井戸は約3,000本あり、その内今回の地震の被災があった柏崎地域(柏崎、高柳、西山)には140箇所の消雪施設46.3kmがある。柏崎市街地中心部には105箇所が設置されている。その他、柏崎市管理の消雪施設は86箇所ある。(社)新潟県融雪技術協会では地震発生直後から災害協定を締結している県から依頼を受け被災地全域の調査を実施することになった。

調査は、3年前の中越地震の教訓から災害時チェックリスト表を用いて実施したが、2次点検で井戸からの揚砂現象が発生したため、散水施設への詰まりなど既存施

設の保護のために、井戸周辺の状況を把握した後に2次点検へと進み、陥没や抜け上がり・ポンプ室破損の激しいものについては、特殊2次点検として井戸孔内状況を確認するために、深井戸水中テレビカメラ調査を追加した。その点検方法のフローを示す。(図2参照)

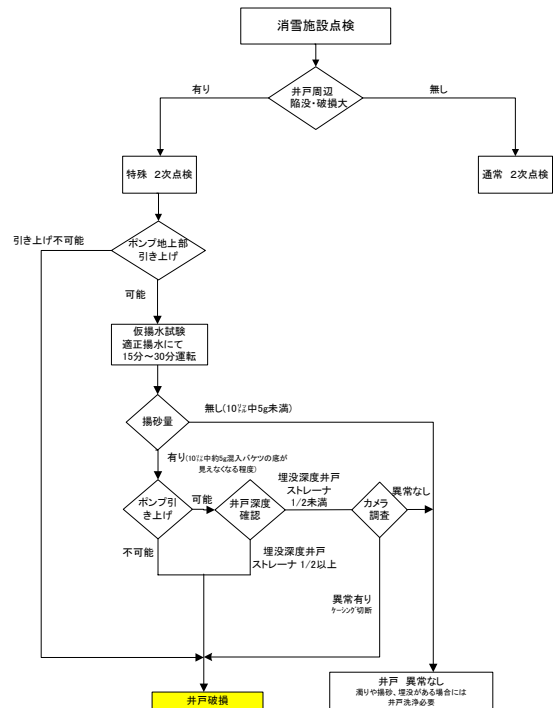


図-2 点検フロー

4. 消雪施設の被害状況

4-1 概要

新潟県管理の消雪施設140箇所の内、地震による被害は61箇所(被災地全体の43.5%)、延長491m(被災地全体の1.0%)であった。特に、柏崎中心部の被害が大きく、地震による被害は53箇所(被災全体の86.8%)、延長259m(被災全体の52.7%)である。(表-1参照)

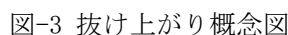
表-1 県管理柏崎地域の消雪施設被害と延長

地域 機関名	旧市町村	道路種別	消雪井戸 管理本数 (本)	消雪パイプ 管理延長 (m)	消雪施設 被災延長 (箇所)	消雪施設 被災延長 (m)	被災項目内訳(施設箇所)						
							井戸 機能不全	ポンプ 機能不全	ポンプ室 損傷	制御盤 損傷	送水管 損傷	散水ノズル 損傷	メーンパイプ 損傷
柏崎	柏崎	補助国道	51	17,620	21	108	0	0	6	0	10	14	
		主要地方道	23	6,924	9	32	1	0	1	0	2	7	
		一般県道	31	12,201	23	119	7	2	8	0	7	16	
		小計	105	36,745	53	259	8	2	15	0	19	37	
	高柳	補助国道	2	699	0	0	0	0	0	0	0	0	
		主要地方道	15	3,677	0	0	0	0	0	0	0	0	
		一般県道	2	337	0	0	0	0	0	0	0	0	
		小計	19	4,713	0	0	0	0	0	0	0	0	
	西山	補助国道			0	0	0	0	0	0	0	0	
		主要地方道	2	343	1	23	0	0	0	0	0	1	
		一般県道	14	4,543	7	209	0	0	2	0	0	5	
		小計	16	4,886	8	232	0	0	2	0	0	6	
	地域機関 合計	補助国道	53	18,319	21	108	0	0	6	0	10	14	
		主要地方道	40	10,944	10	55	1	0	1	0	2	8	
		一般県道	47	17,081	30	328	7	2	10	0	7	21	
		小計	140	46,344	61	491	8	2	17	0	19	43	

*1 被災延長は確認した箇所を計測し累計した数値

今回の地震による被害部分は、散水・送水施設の損傷、ポンプ室の損傷が最も多かったが、3 年前に経験した中越地震の時とは異なり、井戸・ポンプへの被害が発生した。その特徴として次のような現象が現れた。①井戸周辺の沈下による抜け上がり現象、②地下水の上昇による自噴発生、③井戸ケーシングの曲がり、切断・座屈による破損④揚砂現象、である。

井戸が地中に固定されており周辺が液状化現象などにより、地盤が沈下するために発生したものと思われる。
(図-3 参照)



地下水の上昇により自噴井戸が発生し道路では一時的に散水した箇所やポンプ室内が水没した（図-4 参照）。水位の上昇は地震時に一時的に上昇したが、現在は降下の傾向になっている。調査時に測定した水位と井戸施工時に測定された水位を図-5 に示す。約 2～3 m の上昇があった可能性がある。

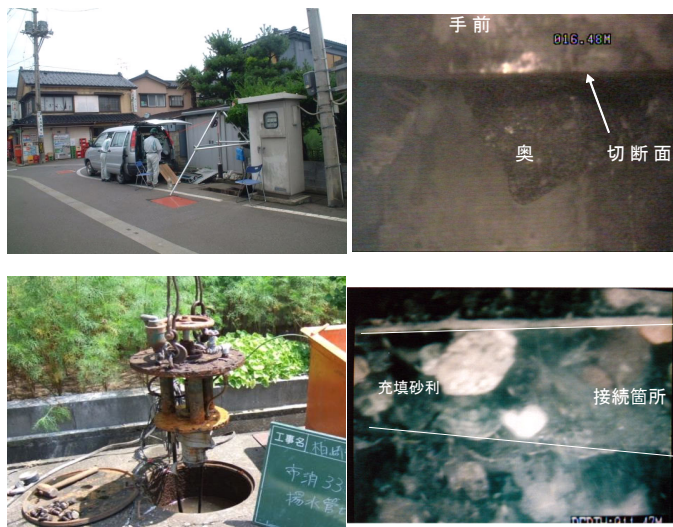


Figure 1 is a line graph showing the relationship between the number of days after the Great East Japan Earthquake (x-axis) and the water level (m) (y-axis) for five different locations. The x-axis ranges from 0 to 80 days, and the y-axis ranges from 0 to 9 meters. The locations are: 市消20 (blue dashed line with circles), 市消72 (red dashed line with squares), 県消84 (green dashed line with triangles), 県消86 (purple solid line with circles), and 県消108 (cyan solid line with crosses). The water level generally increases over time for all locations, with 市消20 showing the highest water level and 県消84 showing the lowest.

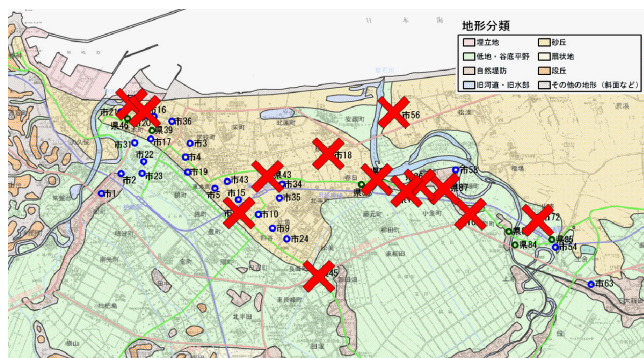
地震の日数 (日)	市消20 (m)	市消72 (m)	県消84 (m)	県消86 (m)	県消108 (m)
施工時 (0)	6.8	3.5	0.5	0.5	0.5
中津川地震 (0)	6.8	3.5	0.5	0.5	0.5
約10日	8.3	6.7	3.0	3.8	4.1
約15日	8.2	6.5	3.0	3.7	4.1
約40日	8.1	6.1	3.0	3.8	4.0
約60日	8.1	6.0	3.0	3.8	3.9

消雪井戸は鋼管と地下水を取水するストレーナを溶接し掘削孔内に挿入、地下水を取水するストレーナ周囲には防砂対策として砂利(6～9 mm)が充填されている。挿入した鋼管内に深井戸水中ポンプが設置され、地下水を汲み上げている。

点検時に仮揚水し、揚砂量の多い井戸は水中ポンプを引き上げ深井戸水中カメラにて井戸孔内を調査した。その結果、井戸が地震により GL-10～30 m 付近で鋼管部分の切断や座屈が確認された。また、この現象により水中ポンプが井戸内に抑留され揚水不能となったものもある（図-6 参照）。



これらの箇所は新潟県管理井戸で 8 箇所、柏崎市管理井戸で 8 箇所発生した。市街地に発生した 13 箇所を平面図-7 に示す。



柏崎市の消雪井戸は、深度 100 m 級が主体であり第 4 紀更新統の砂礫層とその上部に存在する沖積層を主体に地下水を取水している。

今回破損した箇所は深度 GL-10~30 m の沖積層内であった。破損箇所の深度は、井戸が鋼管の定尺 5.5 m を溶

接したものであるために、地層との関係は明確にできないが切断箇所が判る井戸より、上下の地層を調べると、粘性土内が5箇所、砂丘砂と粘性土の間で破損しているものが2箇所であった。表-2に、被災した井戸の破損箇所の一覧を、図-8に推定される地質断面図と井戸破損箇所を示す。

表-2 井戸の破損箇所

No.	井戸名称	地表高	井戸の深さ	被災深さ	被災の上下の地層		
					砂丘砂	粘性土	砂質土
1	県消16	5 m	100 m	-11 m		中	
2	県消86	5 m	100 m	-13 m		中	
3	市消6	10 m	100 m	-12 m	上	下	
4	市消18	10 m	100 m	-10 m	上	下	
5	市消20	9 m	100 m	-20 m		中	
6	市消33	6 m	82 m	-20 m		中	
7	市消72	8 m	100 m	-16 m		中	

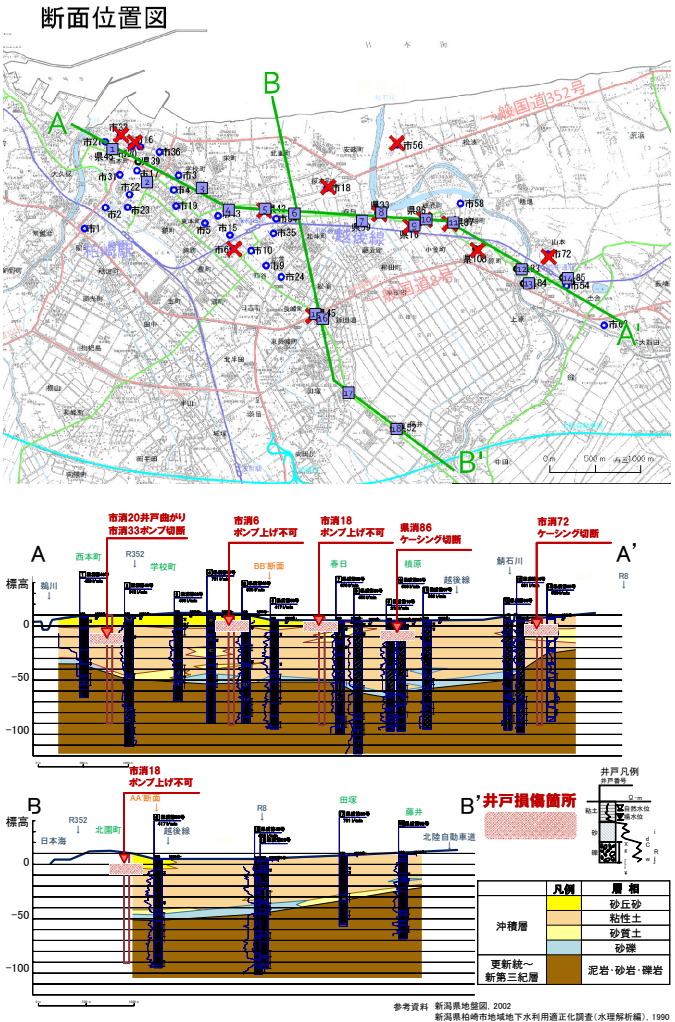


図-8 地質断面と井戸損傷箇所

(4) 揚砂現象

地震による揺れそして液状化により、充填砂利の防砂効果が失われ揚砂現象が発生したと思われる。



図-9 揚砂状況（左）とノズルからの揚砂（右）

5. 中越地震の教訓を生かして

中越地震のから3年経過しようとしている時に、中越沖地震が発生した。3年前の教訓を生かし対応できたもののや今後の対策について幾つかの提案をする。

(1) 教訓が生かされたもの

- ① (社)新潟県融雪技術協会では新潟県との災害協定を締結しているために調査・点検がスムーズに実施できた。
- ②災害用の施設チェックシートが活用され点検が短時間に行われた(表-3参照)。

表-3 消雪施設点検チェックシート

■消雪施設点検チェックリスト			点検実施日	/ /		
路線名			管理者			
施設番号			施設場所			
点検会社			点検担当者			
【1次点検】						
点 検 箇 所		点 検 内 容	判定(A/B/C)			備 考
			A	B	C	
外 観	電力	通電ランプの点灯確認				
	電気設備	引込柱・支線・制御盤の傾き、損傷の確認				
		制御盤のガタつき、制御盤扉の開閉状況確認				
	井戸	ポンプ室周辺の陥没・抜け上がりの確認				
	ポンプ室	躯体の埋まり、クラックの確認				
		マンホール蓋の損傷・開閉状況の確認				
		ポンプベースの破損				
	ポンプ地上部	ビット内配管・部品の傾き、損傷の確認				
		バンド・バルブ・チェック弁・圧力計・空気抜き弁の破損確認				
	散水配管	基礎コンクリートのクラックや断裂の確認				
所見						
※判定基準 A：異常なし B：修繕は必要であるが運転可能 C：異常が著しく運転不可						
【2次点検】						
点 検 項 目		点 検 内 容	基準値	測定値	結果	備 考
電源電圧	テスターにて3相電源電圧を測定	R-S相	200V			良・否
		S-T相	200V			良・否
		T-R相	200V			良・否
漏電遮断器	スイッチを投入し、テストボタンで動作確認					良・否
						良・否
						良・否
表示ランプ	各動作表示灯が点灯するか確認	電源表示灯				良・否
		運転表示灯				良・否
		故障表示灯				良・否
電圧計	電圧計指針は電圧測定値と差異はないか					良・否
						良・否
						良・否
電流計	電流計指針は負荷電流測定値と差異はないか					良・否
						良・否
						良・否
締結端子	ゆるみ・抜け外れはないか					良・否
						良・否
						良・否
絶縁抵抗測定	500Vメガーにてポンプの絶縁抵抗値を測定	1MΩ以上		MΩ		良・否
						良・否
						良・否
設置状況	ポンプ揚水管引き上げ下げできるか	可				良・否
						良・否
						良・否
運転状況	運転スイッチを投入し、正常に起動するか	メーカー規格による		A		良・否
						良・否
						良・否
配管	運転状況	ノズルから適正に散水されるか				良・否
		目地部からの漏れはないか				良・否
						良・否
井戸	ケーシング管の切断やストレーナ破損	無し				良・否
						良・否
						良・否
孔内状況	埋まりはないか	深度の10%以内		m		良・否
						良・否
						良・否
運転状況	揚砂・濁度がない(ノズルやドレーンより確認)	揚砂・濁度無し				良・否
						良・否
						良・否
所見						

注意事項1) 1次点検にて運転可能と確認された後に2次点検に移行すること
注意事項2) 道路舗装の断裂や排水施設の不備が確認された場合は1次点検にて運転可能と判断されても
散水運転を行わないこと

③協会の連絡体制が強化され活動が迅速に行われた。

④消雪井戸が雑用水として活用された。

井戸への被害として、地下水の上昇による自噴井戸が発生した。この井戸や以前から自噴していた井戸が今回の地震で、ライフラインの復旧まで被災者の方々の生活雑用水(トイレや洗濯水)に活用された(図-10 参照)。

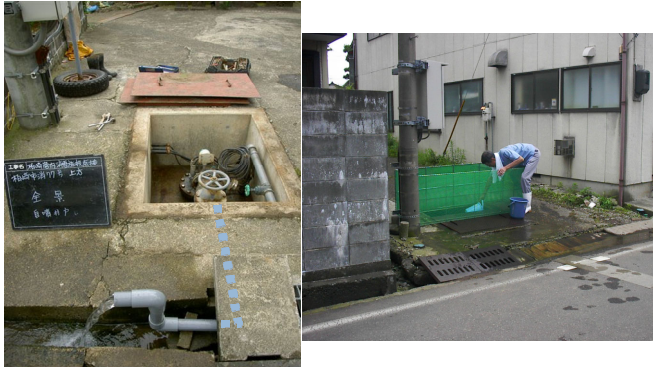


図-10 自噴井戸の雑用水としての利用

(2) 今後の対策

- ①井戸の DATA をベース化し、緊急時に迅速に点検できるようにする。
- ②井戸地上部の構造を改良し、災害時に地下水を地上で放水できる仕組みとする。
- ③ポンプ地上部の規格を統一し材料入手を容易にする。
- ④ポンプ室内の配管にフレキシブルジョイントを設け振動やポンプ室の傾きを吸収する。
- ⑤災害時に消雪井戸が雑用水として活用できるように、装置を製作しておき保管する。
- ⑥修繕や点検に対応でき迅速に対策工法を立案できる専門技術者の育成が必要。

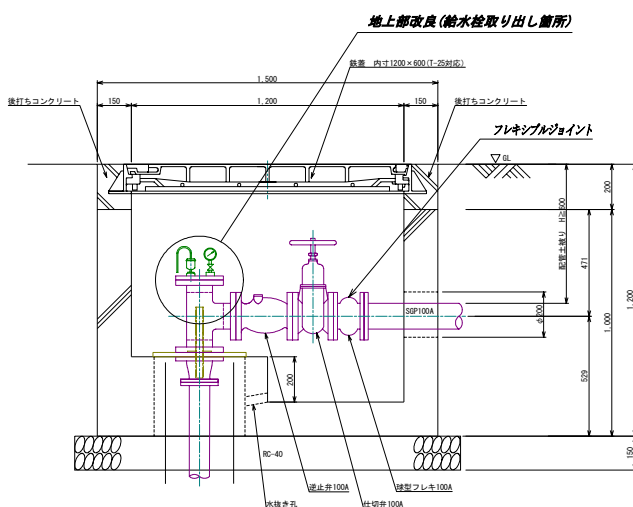


図-11 地震に強いポンプ室の例

3. おわりに

今回の地震による調査点検は、3 年前の中越地震の教訓が生かされ、迅速な行動で対応することができた。

しかしながら、施設の復旧は今後実施される予定であり、降雪期まで約 2 ヶ月しかない。柏崎地域は魚沼地域に比べ降雪量は比較的少ないが、迅速な復旧活動が大切である。また、降雪期になり消雪施設が稼働し地下水位が低下した場合、被害にあった井戸の破損された箇所から周囲の砂が流れ込み、周辺に陥没を発生させることが懸念される。このような事からも早期の復旧(廃坑)が望ましい。

今回の災害の特徴である消雪用水源井戸が破損したことは、今後の点検方法と手順に良い教訓を与えた。点検の時間は必要であるが施設全体を捕らえた点検方法が必要である。

被害の一つである地下水の上昇による自噴井戸が 4 箇所発生しこれらがライフラインの復旧までに被災者の方々の生活雑用水(トイレや洗濯水)に活用されたことは、消雪施設が災害時に活用できることが立証された、今後災害時に活用できるように施設を改善し整えておくことが大切と思う。

今回の調査にあたり関係各位の協力に感謝申し上げますとともに、被災された皆様には心よりお見舞い申し上げます。