

積雪寒冷地における無電柱化区間の検討

なかむら みさ ふじた たけひと いちはし ひろゆき かりや けいすけ
中村美沙¹・藤田健仁¹・市橋弘行¹・荻谷佳祐¹

¹セントラルコンサルタント（株）中部支社（〒460-0003 愛知県名古屋市中区錦1丁目18番22号）

検討箇所は積雪の多い寒冷な地域である。検討箇所となる国道は、迂回路のない主要幹線道路兼生活道路として機能している。現況の歩道幅員は約3.0mである。電線共同溝のための地上機器を設置した場合、用地制約より歩道拡幅が困難であるため、歩道有効幅員は約1.2m狭くなる。加えて、冬期には除雪作業の支障となることが懸念される。

本業務では、無電柱化区間の冬期歩行者通行幅の確保と電線共同溝の地上機器の維持管理の効率化のため、無電柱化整備と合わせ、除雪対応として、消融雪施設の検討を行ったものである。

Key Words：無電柱化，無雪化，冬期の安全確保，電線共同溝，冬期維持管理の効率化，無散水融雪施設，電熱方式

1. はじめに

(1) 検討概要

検討箇所の国道は、重要度の高い防災ネットワークとして無電柱化の最優先区間に位置付けられ、無電柱化の早期整備が求められている。

検討箇所は積雪寒冷地に位置する。気象極値は、月最深積雪128cm（1981年1月8日）、日最低気温-25.5℃（1939年2月11日）にも及ぶ過酷な気象条件であり、冬期には維持管理のため、人力及び機械での除雪や凍結防止剤散布作業を実施している。加えて、降雪量や気温などの気象状況によっては、路面が凍結し、歩行者が通行するための安全な路面を確保できない場合がある。

本検討では、冬期の無電柱化整備区間における安全で円滑な歩行者の通行幅及び電線共同溝地上機器を維持管理する際の電線共同溝管理幅を確保するために検討した消融雪施設を紹介する。

(2) 検討箇所

検討箇所は、一般国道と市役所、病院などの市内防災拠点を結ぶ交差点である。歩道部分（A=360m²）を対象とし、消融雪施設の検討を実施した（図-1）。

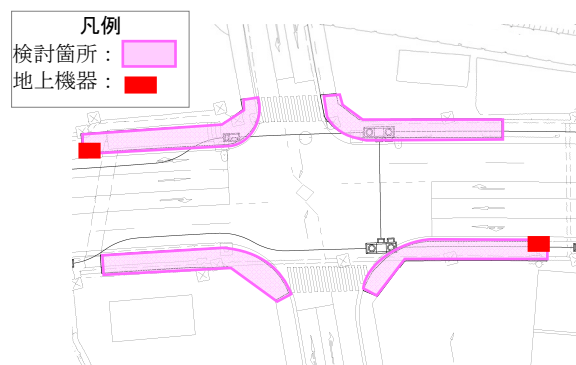


図-1 検討箇所平面図

(3) 積雪寒冷地の整備済電線共同溝の冬期の状況

検討箇所付近となる県道では、無電柱化事業が既に進められている。交差点付近では、地上機器まわりに除雪した雪が堆雪している（図-2）。そのため、歩道通行幅が狭小になり、地上機器の維持管理性にも問題がある状況が確認できる。



図-2 地上機器まわりに堆雪した歩道

2. 課題

(1) 冬期の路面管理を効率的に行うための課題

近年、除雪作業員の高齢化に伴うオペレーターの確保や除雪機械の確保等が課題となっている。また、低気圧の影響で積雪が増加するなど、気象急変が多く発生し、初動作業の遅れや、維持管理作業の効率化が課題となっている。

(2) 歩道利用者の安全確保の課題

標準部の歩道幅員は約3.0mである。電線共同溝整備に伴い、地上機器設置位置では歩道有効幅員が約1.2m縮小する。加えて、冬期には除雪時、約1.0mの歩道幅しか確保できないため、冬期の歩行者の安全で円滑な通行確保が課題となっている（図-3）。

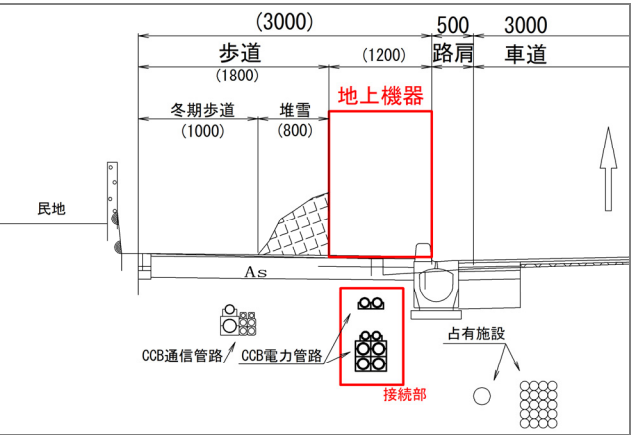


図-3 地上機器設置断面図

(3) 冬期の電線共同溝設備の管理上の課題

地上機器では、地上機器扉の開閉スペース、地上機器内の維持管理作業スペースなどが必要である。冬期の積雪時は、地上機器の維持・点検作業に必要な電線共同溝管理幅の確保が課題となっている。

3. 消融雪施設の検討

(1) 検討方針

検討箇所は、用地制約により歩道拡幅が困難である。そのため、現況歩道幅内での従来の機械除雪は、冬期通行幅が約1.0mと狭小であり、歩道利用者の通行や堆雪による地上機器の維持管理も十分でないと考えられたため、消融雪施設による無雪化を検討した。

(2) 消融雪施設の必要性

一般的な消融雪施設には、①散水施設と②無散水施設が存在するが、①散水施設は、地盤沈下の恐れや寒冷な地域では路面凍結のおそれがあるため、②無散水施設を対象に検討した（図-4）。

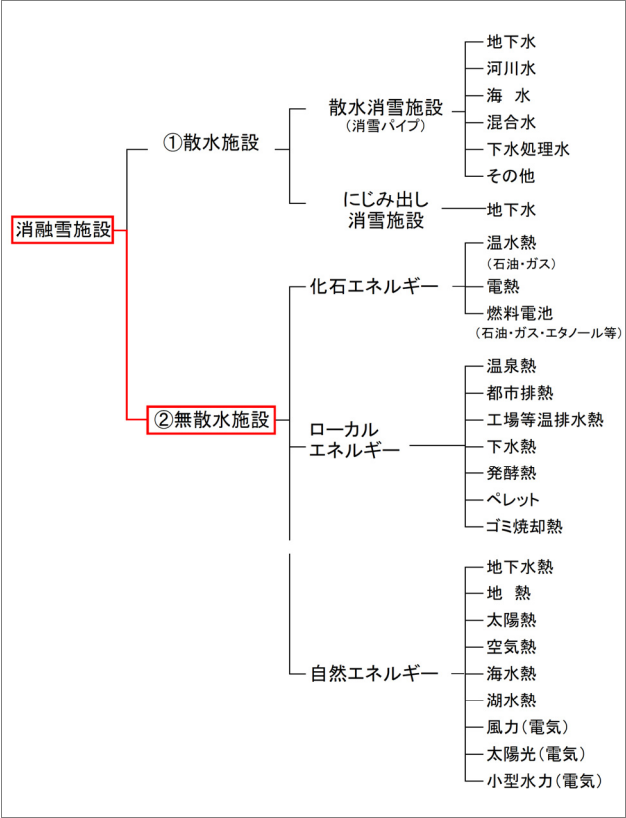


図-4 無散水融雪施設の位置づけ¹⁾

(3) 気象条件

気象条件は、気象庁観測値より2011～2020年の10年間（12～3月）を対象に降雪、気温、風速について整理した。

降雪深は10年間の降雪深さの平均値を採用した。気温は、冬期間で最も気温の低い2月の日最低気温の平均値を採用した。風速は気温を採用した2月の平均風速を採用した。

気象条件を下記に示す。

- ①平均日降雪深：Hm=6.1cm/日
(=2,496cm/410日)（表-1）
- ②気温：Ta=-4.6℃
(10年間の2月の最低気温の平均値)
- ③風速：u=1.6m/sec
(10年間の2月の平均風速)

表-1 平均日降雪深一覧表

年度	累計降雪深さ (cm)	降雪日数 (日)
2011	326	57
2012	349	53
2013	286	48
2014	488	65
2015	103	17
2016	265	37
2017	235	34
2018	141	37
2019	86	23
2020	217	39
合計	2,496	410

(4) 必要熱量の算定

必要熱量は、融雪または凍結防止に必要な熱量の大きい熱量を単位面積当たりの必要熱量とした。

尚、凍結防止に必要な熱量は、降雪日の8割を融雪するために必要な路面サーベス水準とした。

融雪に必要な熱量 : $q1=127.37 \text{ (W/m}^2\text{)}$ ¹⁾

凍結防止に必要な熱量 : $q2=102.72 \text{ (W/m}^2\text{)}$ ¹⁾

$q1=127.37 \text{ (W/m}^2\text{)} > q2=102.72 \text{ (W/m}^2\text{)}$ のため、必要熱量は、 $q=127.37 \text{ (W/m}^2\text{)}$ である。

(5) 熱源の検討

無散水融雪施設に利用されている熱源はその性質上から自然エネルギー、ローカルエネルギー、化石エネルギーに分類される。

a) 自然エネルギー: 計画地周辺の自然エネルギー

b) ローカルエネルギー: 都市排熱等二次的に発生したエネルギー

c) 化石エネルギー: 化石燃料を主体としたエネルギー

検討箇所では、自然エネルギー（地中熱、地下水、空気）、化石エネルギー（電気）が利用可能となっているが、局所的な範囲を確実に無雪化するため、安定的な熱源の確保が求められている。利用可能な熱源の絞り込みを行った結果を表-2に示す。

4. 無散水融雪施設の検討

検討箇所に最適となる無散水融雪施設を、①経済性、②環境への影響、③信頼性、④維持管理性、⑤現地適用性、⑥関連設備との整合性等の観点から比較検討を行った。表-3に無散水融雪施設の検討結果を示す。検討箇所が小規模であるため、4案の電熱方式が最も経済性に優れ、総合的に優位となった。

各案の主な考察は下記のとおりである。

<1案：地中熱ヒートパイプ方式>

①経済性：ヒートパイプは地温と路温の温度差で放熱するため、寒冷地域では高コストとなる。

③信頼性：長時間運転が続くと、採熱により地盤内の地温低下が懸念され、融雪効果が一時的に低下する可能性がある。

⑤現地適用性：採熱孔（地中に熱を送るための穴）は多数必要となるため、電線共同溝や既設埋設物との取り扱いに注意が必要である。

<2案：地下水直接通水還元方式>

①経済性：検討箇所は地下水が深い位置にあると予想される。井戸が深くなると不経済となる。

⑤現地適用性：地元の地下水に関する条例の確認が必要である。

⑥関連設備との整合性：井戸や制御盤は歩道内に設置するため、既設埋設物や関連設備との取り扱いに注意が必要である。

<3案：空気熱源式ヒートポンプ方式>

④維持管理性：定期点検は専門知識有する技術者が必要である。

⑤現地適用性：空気ファンの音が発生するため、必要に応じ防音対策が必要である。

⑥関連設備との整合性：各種ヒートポンプ設備や管理スペース等の確保が必要である。

<4案：電熱方式>：採用

①経済性：運転方法によってはランニングコスト（電気料金）が高価となるため、運転制御方法の検討が必要である。

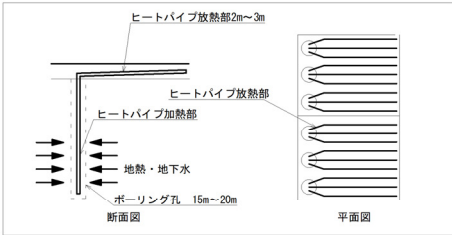
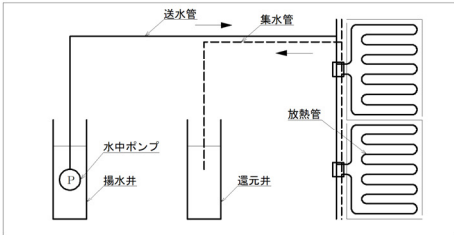
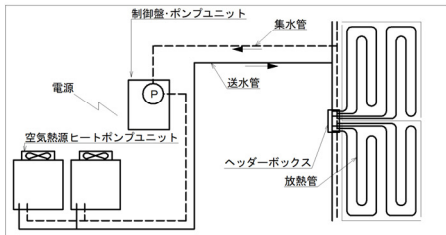
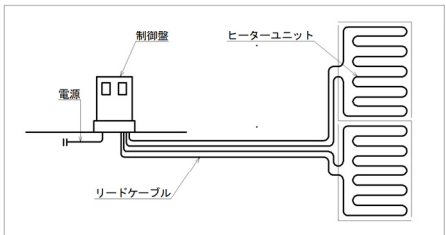
④維持管理性：機械等の設備はなく電気系統のみのため維持管理性は容易である。

⑥関連設備との整合性：受電方法、受電地点は電力会社と協議が必要である。

表-2 主な熱源区分と利用可能な消融雪工法

熱源区分		主な無散水工法	計画地における利用の可能性	可否
自然エネルギー	地下水熱	地下水直接通水還元方式	地下水取水の可能性はある。	○
	トンネル湧水熱	トンネル湧水熱交換方式	熱源の確保は望めない。	×
		トンネル湧水熱ヒートポンプ方式	熱源の確保は望めない。	×
	地中熱	地中熱ヒートパイプ	利用可能性あり。	○
	太陽熱	浅層蓄熱方式	蓄熱土量スペース（約 6200m ² ）の確保が困難。融雪能力に劣る。	×
	太陽光	太陽光発電方式	太陽電池での広い設置スペース（約 190m ² ）が必要。確保が困難。	×
	空気熱	空気熱源ヒートポンプ方式	利用可能である。	○
	海水熱	海水熱源ヒートポンプ方式	海水取水は望めない。	×
ローカルエネルギー	風力	風力発電方式	風速 1.6m/sec と弱く不適である。	×
	温泉熱	温泉熱交換方式	熱源の確保は望めない。	×
	工場等の温排水熱	熱交換方式	熱源の確保は望めない。	×
化石エネルギー	灯油	油焚き温水発生器方式	地下オイルタンク等の設置スペースが確保できない。	×
	ガス	ガス焚き温水発生器方式	都市ガスが整備されていない。	×
	電気	電熱方式	利用可能である。	○

表-3 無散水融雪施設比較表

方式	1 案: 地中熱ヒートパイプ方式	2 案: 地下水直接通水還元方式
熱 源	地中熱 (12℃)	地下水熱(水温 12℃、水量 240ℓ/min)
システム系統図 (360m ²)		
概 要	15m～20m の採熱孔から地中熱を採熱し融雪・凍結防止を行う。自然エネルギーのみを利用方式。	井戸より地下水をポンプにて汲上げ、直接循環し融雪・凍結防止を行う。融雪後、地下水を還元する。
特徴・留意点	△イニシャルコストが高価である。 △多数の採熱孔が必要。既設管路等注意必要。	△還元井のストレーナの目詰まり要注意 △気温低下の場合、管内凍結に要注意。
①経済性 (20 年コスト)	最も高価である(2.46)	▲ 4 案とほぼ同程度(1.00)
②環境への影響	自然エネルギー100%(運転費不要)	◎ 影響小
③信頼性	採熱温度により融雪能力が低下する	△ 地下水条件により融雪能力が低下する
④維持管理性	メンテナンスフリー	◎ 水質により劣化が早まる可能性がある
⑤現地適用性	採熱孔は多数必要となるため、電線共同溝や既設埋設物との取り合いに注意が必要である	○ 地元の地下水に関する条例の確認が必要である
⑥関連設備との整合性	井戸や制御盤は歩道内に設置するため、既設埋設物や関連設備との取り合いに注意が必要	▲ 井戸や制御盤は歩道内に設置するため、既設埋設物や関連設備との取り合いに注意が必要
総評・課題	△イニシャルコストが高い	17 △信頼・維持管理に劣る。地下水保全条例要確認
方式	3 案: 空気熱ヒートポンプ方式	4 案: 電熱方式
熱 源	空気熱(+電気)	電気
システム系統図 (360m ²)		
概 要	空気熱ヒートポンプを用い融雪する[冷蔵庫の逆の原理]。	従来の電熱線工法。舗装版に埋設した発熱線ユニットに通電し融雪する。
特徴・留意点	△ヒートポンプ屋外配置(設備ヤードが必要) △ファンの音対策として防音パネルを考慮	○制御盤は屋外配置(歩車道境界) △ランニングコストが高価である
①経済性 (20 年コスト)	やや高価である(1.57)	△ 最も安価である(1.00)
②環境への影響	影響中(ノンフロンタイプより環境に配慮)	△ 影響中(CO ₂ 排出量がやや多い)
③信頼性	安定した融雪が期待できる	◎ 安定した融雪が期待できる
④維持管理性	定期点検は専門知識有する技術者が必要である	○ 比較的容易である
⑤現地適用性	空気ファンの音が発生するため、必要に応じ防音対策が必要である	△ 交差点部など小規模範囲を対象
⑥関連設備との整合性	各種ヒートポンプ設備や管理スペース等の確保のため追加用地が 20 m ² 程度必要	△ 受電方法、受電地点は電力会社と協議が必要 基本的には現況用地内で対応可能
総評・課題	○次善(大規模融雪に優位) 小規模融雪には不適。	16 ○採用 最も経済的に確実に融雪出来る
※工事費(諸経費込み)は概算費用である。():1m ² 当り工事費。点検運転費は維持費および電気料金 工事費の根拠は巻末参照。評価点は◎5 点、○3 点、△2 点、▲1 点とした。		

5. おわりに

今回、現地条件に適合した、無散水融雪施設を採用することで、確実に安定した冬期の路面の確保、通行幅の確保に加えて、地上機器の維持・点検作業に必要な電線共同溝管理幅を確保が可能となる。これより、無電柱化整備区間における冬期の歩道利用者の安全で円滑な交通確保や冬期の維持管理の効率化が提案できた。しかし、沿道の土地利用が変わる場合、容易に舗装の撤去ができないため、民地に電力や通信を供給するための先行管を準備する等、関係者と将来的な担保について十分調整する必要がある。

今後、消融雪施設の広域整備により、市街地の連続した冬期の歩道利用者の安全で円滑な交通確保のほか、冬期の維持管理の効率化が高められ、より一層の効果が期待できる。

参考文献

- 1) 日本建設機械化協会：路面消・融雪施設設計要領，2008。
- 2) 日本道路協会：道路防雪便覧，1990。
- 3) 新潟県融雪技術協会：散水消雪施設設計施工維持管理マニュアル，2008。
- 4) 社会法人雪センター：冬期路面対策資料集，1991。
- 5) 社会法人雪センター：防雪対策施設事例集，2003。