

無散水融雪における金属入りPE放熱管の環境負荷軽減システムについて

近畿技術コンサルタント (株) 正会員 ○富田邦彦¹
 福井大学大学院 正会員 藤本明宏²
 積水化学工業 (株) 奥山哲弘³
 近畿技術コンサルタント (株) 高木正美⁴

1. はじめに

近畿地方と山陰・北陸地方とを結ぶ道路は、豊岡や福井、滋賀の積雪地方と京阪神とを結ぶ役目を担っており、交通量も多く、積雪地域と非積雪地域が隣接してしているため、ドライバーの雪の備えに対する認識が低い走行車両が存在している。特に、近畿地方では冬季においてもノーマルタイヤでの長距離移動が多く、路面状況の急変するトンネル坑口においては融雪や凍結防止対策が必要となる。近畿地方の自動車専用道の計画がある福井、滋賀、豊岡、兵庫の過去10年間の冬季気象平均値は、表-1のとおりの数値を記録している。

融雪設備は、大気開放した循環水槽よりポンプで真水の循環水を吸い込み、地中100mに設置した深層地中熱交換器と放熱管に通水して再度循環水槽に返す開ループ循環を行い、トンネル内10mと坑口明かり部110m(設計速度V=80km/hの場合)の2車線の範囲を地中熱を利用した無散水融雪設備の提案を行った。

従来の無散水融雪設備のシステムは、循環水に不凍液を用いた閉ループシステムが一般的であった。今回のシステム計画は、不凍液の漏れによる環境負荷の軽減、コストの低減を目指し、真水を使用した。したがって、システムダウンにより放熱管が万一凍結した場合の膨張水は、送水管を通して循環水槽で受けることで配管内の圧力が減少し、埋設管の破損を防止するシステムとした。ここでは、凍結時の放熱管自体の変状や破損等について室内実験を行い、凍結時の安全性確保について検証結果を報告する。

2. 凍結実験の概要

凍結実験に用いる金属入りPE管には金属強化ポリエチレン管(スーパーエスロメタックス φ13, 熱伝導率0.482W/m/K)を用い、現場での施工と同様の配管ピッチ(@100mm)と曲げ半径を有した全長67m, 3.5m×1.8mのパネル状のモデル配管を製作し、現場に見合った道路縦断勾配, 横断勾配を附す実験設備とした。

管内地域	福井 (大野)	滋賀 (石榑)	豊岡 (八鹿)	兵庫 (青垣)
冬期気象条件				
累計降雪量年平均(cm)	466	133	196	139
設計日降雪深(cm/d)	11.0	13.4	12.3	11.3
設計時間降雪深(cm/h)	1.7	2.0	1.9	1.7
凍結日設計気温(°C)	-3.5	-2.2	-2.0	-2.8

表-1 近畿の冬季気象条件

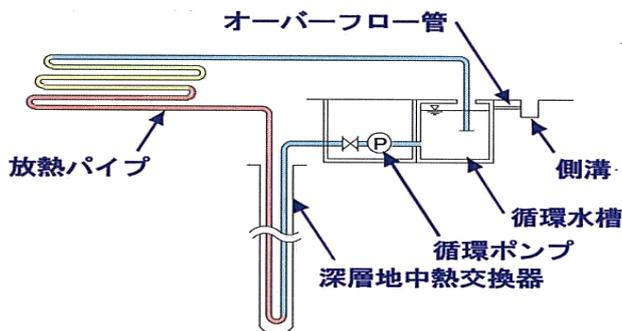


図-1 システムフロー図

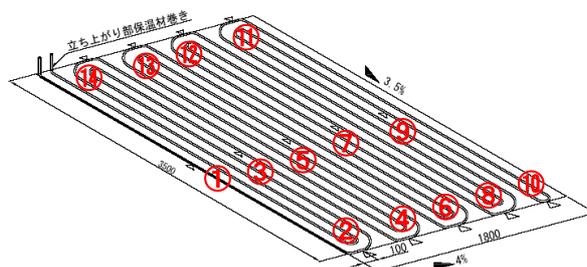


図-2 実験配管図

キーワード: 無散水融雪, 凍結実験, 金属入りPE管, コスト縮減, 環境負荷軽減システム

¹正会員 近畿技術コンサルタント (株) 道路環境部 (〒540-0031 大阪市中央区北浜東 2-16 TEL 06-6946-5771, FAX 06-6946-5778)
²正会員 福井大学大学院工学研究科 (〒910-8507 福井市文京 3-9-1 TEL 0776-27-8595, FAX 0776-27-8746)
³非会員 積水化学工業(株) (〒520-3081 滋賀県栗東市野尻 75 TEL 077-553-4107, FAX 077-553-4108)
⁴非会員 近畿技術コンサルタント (株) 道路環境部 (〒540-0031 大阪市中央区北浜東 2-16 TEL 06-6946-5771, FAX 06-6946-5778)

また、モデル配管は低温室に設置し、管の先端は400mm 立ち上げ保温材を巻くと共に、管内を満水にして末端を開放させた。室内温度設定は、-5℃と-10℃を連続保持し、各屈曲部と直線部で管外径の測定とその他異常の有無を確認した。

測定方法は、外径2方向を測定し、平均値を算出し、初期値との寸法変化を比較した。

3. 凍結実験結果

常温（初期）→-5℃（完全凍結）→-10℃→常温（解凍）と各温度毎の各部位の外径を測定した。測定環境が、長尺物の外径測定ということで直交2点の測定となったこと、低温室内という限られたスペースでの測定ということで、測定寸法のバラツキはあるものの各々の点では 0.1mm 程度以下の変形であった。各温度毎の変形を見ても凍結による膨張の傾向は確認できなかった。また、温度に関係なく金属強化ポリエチレン管はほぼ均一な径であり、寸法が安定していることが確認できた。

4. 考察

写真-2 に見られる様に、管端の開放部の保温材からはつららが出来た。また、保温材を外したところ管端からは水が突出していた。末端が開放の場合は、管内の凍結が進んでいる初期には膨張した体積分の水が管端から溢れ、凍結の進行が進んでからは氷の状態では押し出されるものと考えられる。

従って、今回の開ラインの様に管端開放状態においては、万一凍結した場合でもほとんど管の膨張は無く、上部舗装材損傷の影響もないものと考えられる。

5. 環境への影響が無くコストが安価な無散水融雪システムの実現

システムダウン時において放熱管は凍結する可能性はあるが、今回の凍結実験では、放熱管自体には問題が無く、「閉ループ+不凍液循環システム」に比較して、高額の不凍液・補給水ポンプ・サージタンク・補給水タンクが不要となりコストが低減される。また、不測の事態で循環水が漏水した場合でも、真水を用いた循環システムは周辺への環境負荷が小さく、維持管理も容易となる。その他、送水管（行き管，戻り管）として土中埋設部の一般用ポリエチレン管（PE管 φ65）や硬質塩化ビニル管（VP管 φ100）を採用することにより、単位面積当たりの融雪（凍結防止）設備工費は 60 千円/m² となり、大幅なコスト削減を実現した。

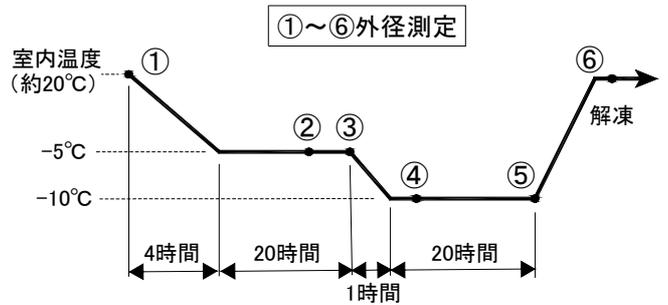


図-3 外径測定タイミング



写真-1 測定状況写真

測定値 \ 測定タイミング	①	②	③	④	⑤	⑥	総平均
	初期状態	-5℃ 15h	-5℃ 20h	-10℃ 1h	-10℃ 20h	解凍後	-
平均X (mm)	15.81	15.84	15.80	15.81	15.83	15.80	15.82
平均Y (mm)	16.17	16.14	16.17	16.11	16.13	16.12	16.14
平均 (mm)	15.99	15.99	15.99	15.96	15.99	15.96	15.98
変化率 (%)	-	0.00	0.00	0.19	0.00	0.19	0.06

表-2 測定結果一覧

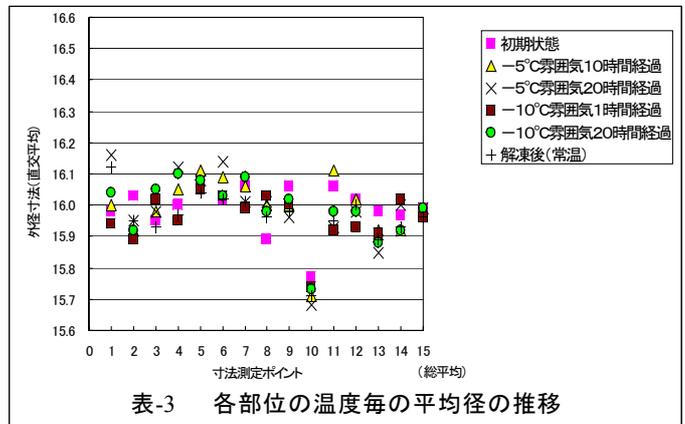


表-3 各部位の温度毎の平均径の推移



写真-2 凍結状況写真