

橋梁部における 無散水融雪設備放熱器の施工について

泰松 宏平¹

¹近畿地方整備局 奈良国道事務所 管理第二課 (〒630-8115奈良県奈良市大宮町3-5-11)

無散水融雪設備は、舗装表面の凍結及び積雪を防止するために設置され、舗装体内に放熱管を埋設し、放熱管内の熱を舗装体に伝導させて機能を発揮する設備であり、舗装性能を確保するとともに、放熱器としての性能を有した舗装を施工することが重要である。ここでは、和田山八鹿道路での橋梁部における無散水融雪設備放熱器の施工事例を示すものである。

キーワード 無散水融雪設備、積雪寒冷地域、舗装

1. はじめに

和田山八鹿道路は、兵庫県豊岡市から丹波市までを結ぶ延長約70kmの高規格道路の北近畿豊岡自動車道の一部として、朝来市和田山町から養父市八鹿町を結ぶ延長13.7kmの自動車専用道路である。(図-1)

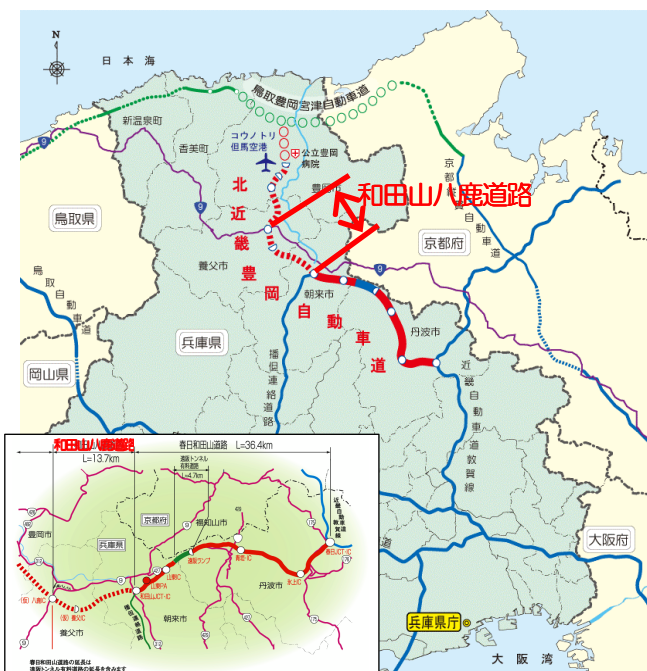


図-1 北近畿豊岡自動車道位置図

兵庫県北部の積雪寒冷地域を通過する道路であると共に、トンネルや橋梁が延長の約7割を占める道路であることから、冬期においてトンネル坑口部や橋梁部において路面状況の変化が生じやすい箇所を有するため、冬期道路管理が非常に難しい道路である。

そのため、路線全線にわたり、自然条件、道路条件、

交通・周辺環境といった項目について評価を行い、路面状況の変化が生じると予想される箇所について無散水融雪設備を設置することにより、冬期道路交通の安全・安心を確保することとした。

無散水融雪設備については、北近畿豊岡自動車道の既供用区間である春日和田山道路でも採用されている自然エネルギーである地中熱を利用した方式を採用し、ランニングコストを削減すると共に、温室効果ガスの削減を図っている。

地中熱を利用した無散水融雪設備は、地中熱を取り込むための配管を地中に埋設した採熱器と、舗装体内に配管を設置し、舗装体へ熱を放出する放熱器で構成され、採熱部と放熱部の配管内に水を循環させることにより効果を発揮する設備である。

本報告では、橋梁部における無散水融雪設備の放熱器の施工として、放熱管の保護層としての目的と、舗装体としての両方の機能を併せ持つ鋼繊維補強コンクリート(以下、SFR C)を採用したため事例を紹介するものである。

2. 工事概要

(1) 工事規模

和田山八鹿道路における全ての橋梁、市御堂大橋(678m)、芳賀野高架橋(上り61m, 下り60m)、別所高架橋(上り291m, 下り298m)、畑川橋(289m)、建屋川橋(91m)、大屋川橋(319m)において施工を実施した。

(2) 工事内容

橋梁部の放熱器の施工に当たっては、橋梁コンクリート床版の上に放熱管(SUS10A)を敷設した後、放熱管の

保護層としての役割と、舗装体の基層としての役割を兼ねた、珪石骨材入碎石マスチックアスコンを施工することとした。(図-2)

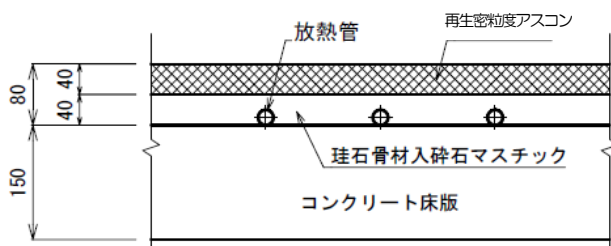


図-2 当初施工予定舗装断面

この舗装構成は、既供用区間である春日和田山道路の無散水融雪設備においても施工されており、供用後においても支障がないことから採用に至った。

3. 放熱器の施工に当たっての課題点

当初設計での施工に当たり、橋梁コンクリート床版を調査した結果、既設床版に不陸が生じているため、放熱管と既設床版の間に空隙が生じることが確認された。

(写真-1)



写真-1 放熱管と床版の不陸状況

橋梁床版の不陸については、橋梁施工時の品質管理の面からは許容範囲内の値となっていたが、放熱器を施工する際には、下記のような課題が生じる恐れがあると判断し、他の工法についても検討を行うこととした。

①放熱管と床版の隙間に舗装材が充填されないため、通行車両の振動等により、リフレクションクラックやポットホールが発生する要因となる可能性がある。

②放熱管の固定が出来ない箇所が生じるため、施工時に配管が動き、ズレや跳ね上がりを起こし、破損する恐れがある。

③舗装体と放熱管の間に生じる隙間の為、放熱管の熱が効率的に舗装体へ伝わらない可能性がある。

4. 放熱器保護層の検討

(1) 放熱管保護層の検討条件

放熱管保護層の検討に際して、検討条件については下記のとおりとし、検討、評価を行うこととした。

- ①放熱器として、放熱管の熱を効率的に舗装体へ伝える性能を有していること。(放熱管まわりに隙間が生じないこと)
- ②舗装体としての性能を有していること。
- ③舗装施工時の振動、熱等により、放熱器の性能に影響を及ぼさないこと。
- ④橋梁構造へ影響を与えないこと。
- ⑤ライフサイクルコストに優れていること。

(2) 比較工法の検討

検討条件を元に、比較工法として下記の3工法について比較対象とした。

工法① 床版上にレベリング層20mmを施工した後、配管を敷設し、放熱管保護層に珪石骨材入碎石マスチックアスコン、表層に当初設計とおりの舗装を施工する。

レベリング層を施工しているため、配管敷設面の不陸が解消される。

工法② 床版上にレベリング層20mmを施工した後、配管を敷設し、放熱管保護層に半たわみ舗装とし、表層に当初設計とおりの舗装を施工する。

レベリング層を施工しているため、配管敷設面の不陸が解消される。

工法③ 放熱管の保護層として、SFRCを50mm施工し、表層に30mmの密粒度アスコンを施工する。

SFRC工法はコンクリートであるため、充填性が良く、放熱管まわりに隙間が生じない。

上記3工法について、比較、評価を行った結果を、表-1に示す。

表-1 舗装構成比較表

工 法	設計工 法	変 更 工 法 ①	変 更 工 法 ②	変 更 工 法 ③
	アスファルト舗装	アスファルト舗装	半たわみ舗装	コンクリート舗装
基層	砕石マスタック舗装工法 (SMA)	砕石マスタック舗装(SMA)+レベリング層(細粒度アスコン)	半たわみ舗装工法+レベリング層(細粒度アスコン)	繊維補強コンクリート舗装工法 (SFR C)
施工方法				
構造概要	<p>マスタック舗装は、粗骨材やフィラーの割合が多い不連続粒度の加熱アスファルト混合物であり、粗骨材の空隙を多量のマスタックモルタルにより充填するため、放熱管周辺の空隙が小さいので、熱伝導率が高く、水密性・たわみ性にも優れている。</p> <p>■実績等 春日和田山道路では融雪配管用舗装材として施工された実績があり、転圧が充分に行われた場合、水密性にも優れ問題は無い。 床版の不陸より放熱管周りの充填性に影響が生じる。</p>	<p>粗骨材やフィラーの割合が多い不連続粒度の加熱アスファルト混合物であり、粗骨材の空隙を多量のマスタックモルタルにより充填するため、放熱管周辺の空隙が小さいので、熱伝導率が高く、水密性・たわみ性にも優れている。</p> <p>舗装にあたっては、レベリング層を設け、床版の不陸を修正することで、放熱管と床版の空隙を軽減し、機械施工時の配管の破損、跳ね上がり、スレを防止(軽減)出来る。</p>	<p>半たわみ舗装は、開粒度アスファルト混合物の空隙に、特殊セメントミルクを浸透させた舗装で、一般の密粒度アスファルトに比べて、塑性変形抵抗性、明色性、耐油性および難燃性に優れた舗装である。</p> <p>開粒度アスコンに特殊セメントミルクを注入する工法なので、放熱管と床版の空隙にも充填出来る。</p> <p>コンクリートの性質を併せ持つため、収縮によるひび割れの発生があり、通常では表層の施工で適用される。</p>	<p>SFR C工法は、老朽化したコンクリート床版の増厚工事で使用される工法で、床版と一体となって機能する。</p> <p>放熱管の熱収縮の問題が無く、放熱管と床版との空隙に対する充填性も高い。スチールファイバーが添加されており衝撃吸収性が高い。コンクリート増厚工法の基準より厚さ5cmを確保すればコンクリート舗装としての曲げも満足する。</p>
熱伝導率	表層	表層熱伝導率: 1.20 W/m・K 表層厚: 40mm	表層熱伝導率: 1.20 W/m・K 表層厚: 40mm	表層熱伝導率: 1.20 W/m・K 表層厚: 40mm
	舗装全体	平均熱伝導率 1.47 W/m・K	平均熱伝導率 1.47 W/m・K	平均熱伝導率 ※- W/m・K
路面までの距離: 71mm	路面までの距離: 71mm	路面までの距離: 71mm	路面までの距離: 71mm	路面までの距離: 71mm
基礎仕様 (粗骨材最大粒径)	砕石マスタックアスコン(13)	砕石マスタック(13)+レベリング層(5)	半たわみ+レベリング層(5)	-
概 評	<p>・施工規模が大きく、機械施工する場合には、放熱管周りの充填や転圧が十分に出来ず、密度の確保や前流動性に問題が生じる。</p> <p>■放熱管保護層(舗装)としての適用性 ×床版の不陸が起因となる、放熱管周りの空隙から、クラック及びポッドホルの発生が懸念される。 ×舗装補修の際には、放熱管まで補修が必要となるため、ライフサイクルコストが高くなる。</p>	<p>・放熱管周りの充填・転圧が十分に出来ないため、人力施工となる。そのため、分割舗装になり打ち継ぎ目多くなり、平坦性・表層への影響が懸念される。</p> <p>■放熱管保護層(舗装)としての適用性 ×舗装厚(+20mm)が厚くなり、死荷重の検討が必要。 ×舗装補修の際には、放熱管まで補修が必要となるため、ライフサイクルコストが高くなる。</p>	<p>・等間隔での目地を設ける必要があり、床版および表層との付着に問題がある。</p> <p>■放熱管保護層(舗装)としての適用性 ×舗装厚(+20mm)が厚くなり、死荷重の検討が必要。 ×舗装補修の際には、放熱管まで補修が必要となるため、ライフサイクルコストが高くなる。</p>	<p>・研掃(ショットプラスト)+接着剤により床版への付着性は問題無し。 ・レールによる機械施工が可能であり、施工時に放熱管への影響(温度による熱収縮・敷き均し及び転圧時の機械等での破損)がない。</p> <p>■放熱管保護層(舗装)としての適用性 ×床版増厚工法であるので、基層は床版と一体化するため、舗装補修の際には、表層のみ考えれば良く、維持管理コストの削減を図ることが出来る。</p>
	評価	<p>充填性 ○</p> <p>前流動性 ○</p> <p>熱伝導率 ○</p> <p>施工性 ×</p> <p>工程 △</p> <p>維持管理 ×</p> <p>イニシャルコスト ○</p> <p>ランニングコスト △</p> <p>トータルコスト ▲</p> <p>総合評価 4</p>	<p>充填性 △</p> <p>前流動性 △</p> <p>熱伝導率 ○</p> <p>施工性 △</p> <p>工程 △</p> <p>維持管理 △</p> <p>イニシャルコスト ○</p> <p>ランニングコスト △</p> <p>トータルコスト ▲</p> <p>総合評価 2</p>	<p>充填性 ○</p> <p>前流動性 ○</p> <p>熱伝導率 △</p> <p>施工性 △</p> <p>工程 ×</p> <p>維持管理 △</p> <p>イニシャルコスト △</p> <p>ランニングコスト △</p> <p>トータルコスト ▲</p> <p>総合評価 3</p>

(3) 検討結果

検討の結果、床版増厚工法等で採用されているSFR C工法を採用することにより、放熱管が橋梁床版と一体化され半永久構造物となることからライフサイクルの削減を図ることが出来た。また、品質確保の観点からも放熱管まわりの充填性が十分に確保出来ることから最も有利であると判断した。(図-2)

SFR C工法は、老朽化したコンクリート床版の増厚工事で使用される工法で、床版と一体となって機能し、曲げ耐力や押抜きせん断耐力の向上を図る工法であり多数の実績がある。

また、コンクリート舗装系であるため、放熱管と床版との空隙に対する充填性も高い。また、スチールファイバーが添加されており衝撃吸収性が高く、熱伝導率も高い上、ライフサイクルコストを評価した結果も優位であったことが採用となった要因である。

SFR C工法の採用に当たっての課題点としては、最小施工厚が50mmであるため、表層厚についても30mmへ見直しを行う必要があった。

表層厚を当初設計厚の40mmとした場合、全舗装厚が

90mmとなり、わずかではあるが死荷重が増加することや、舗装面の前後へのすりつけ及び熱伝導率が低下する等の課題が生じたため表層厚の変更については30mmを採用し、当初の全舗装厚80mmに押さえることとした。

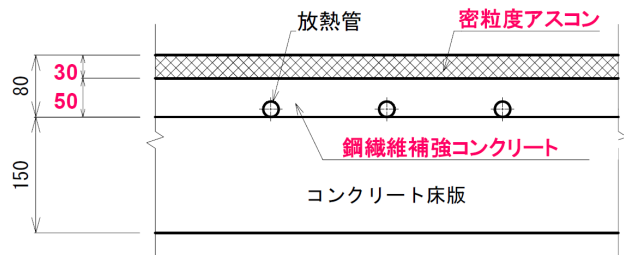


図-2 採用舗装断面

4. 放熱器保護層の施工について

SFR C工法については、床版増厚工法で多数の実績があるため、施工に当たって大きな問題点等は生じなかったが、放熱管を施工した後(写真-2)での施工となるため、オンレール方式での施工(写真-3)となった。また、

施工継目の付着性を確保するため、継目部にエポキシ樹脂を塗布した。



写真2 放熱管施工後



写真3 SFRC施工中

また、SFRCの施工前には、小規模な試験施工を行い、問題がないか確認した後、施工を行った。

表-2 SFRCの配合

種別	圧縮強度	骨材最大寸法	スラップの範囲	単位鋼繊維量	備考
早強コンクリート	24N/mm ²	20mm	8±2.5cm	60kg/m ³ (L=50mm)	高性能AE減水材、膨張剤入り

5. まとめ

当初設計の珪石骨材入りマスチック舗装は、放熱器としての性能を確保するために、熱伝導率に着目したものであり、過去の施工実績も有していたが、施工規模が小さく人力施工であった。そのため、今回の施工現場については、施工規模が大きいことから機械施工となり、既設床板の不陸が施工上影響を与える恐れがあることから、

舗装構成を見直すこととした。

その結果、融雪設備および舗装体の品質について十分確保することができたうえ、放熱管については、既設床板と一体化構造としたため舗装補修時の対象とならないことからライフサイクルコストの縮減を図ることができた。

また、2012年3月の降雪時には、無散水融雪設備を稼働させた範囲は、積雪が認められず機能が発揮されていると思われる。(写真4参照)

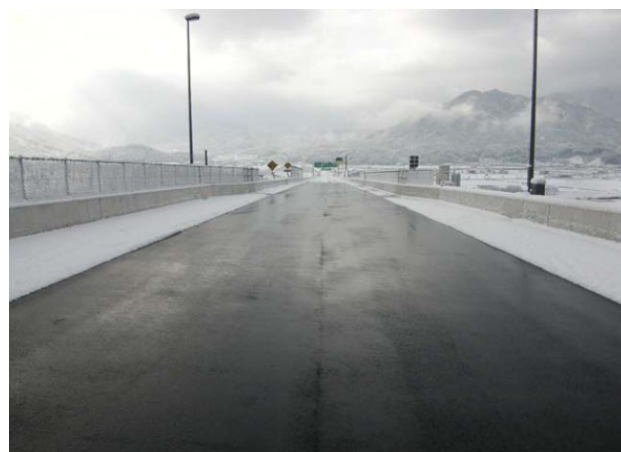


写真4 無散水融雪設備稼働状況

和田山八鹿道路の供用は平成24年11月に予定されていることから、供用後、運用しながら道路交通等による耐久性及び性能に問題が生じないかどうか経過観察を行ってきたい。

謝辞：本論文は筆者が豊岡河川国道事務所在籍中の経験を元に研究成果として取りまとめたものである。

論文作成に際しては、本工事の施工者である、福日機電(株)、(株)柿本商会、福井鐵工(株)、(株)モリモト、大成ロテック(株)、日本道路(株)をはじめとする多くの方々にご協力を頂き、ここに感謝の意を表する。

参考文献

- 1) 近畿地方建設局：橋梁床版上面増厚工法設計施工マニュアル(案)
- 2) 高島 浩一、宮本 重信：曲げ加工のない放熱管を浅層に配置した無散水融雪舗装の施工