

融雪用放熱鋼管埋設連続鉄筋コンクリート舗装の試験施工

日本道路（株）
福井県雪対策・建設技術研究所
福井県雪対策・建設技術研究所
名古屋工業大学

正会員 中原大磯
正会員 高島浩一
正会員 宮本重信
正会員 梅原秀哲

1 はじめに

自然の低温な熱源を利用した無散水融雪舗装では、その埋設放熱管に熱抵抗が小さい鋼管を用いることが多く、また舗装は耐久性確保の観点からセメントコンクリート舗装とすることが多い。しかし、通常のコンクリート舗装では目地部があるため鋼管を目地部手前で折り返し曲げ敷設することなどが施工コストを上昇させる要因になっている。さらに、熱伝導性のよいコンクリート材料を深さ方向に適切に配置することも低コストの全体システムを構築する上で重要な課題である。以上の背景を踏まえ、鋼管の曲げ加工をできるだけ少なくするために、収縮目地を設けない連続鉄筋コンクリート舗装(以下 CRCP)に着目し、かつ鋼管より上面にのみ下層コンクリートと異なる熱伝導性のよいコンクリートを用いることにした。しかし、これらの実物大実施例はほとんどないことから、材料、施工、構造上の課題を抽出し、コストの検討を行うため、小規模の試験施工を実施した。本文は、融雪システムを舗装、橋梁、杭、熱解析の技術と融合することでコストの1/3化を目指す研究¹の一環として実施した構内舗装の試験施工および現況について報告するものである。

2 基本的な考えと試験施工の概要

断面の基本的な考え方を図-1に示す。従来放熱管は、車道部ではかぶりを6cm以上にとっているが、かぶり厚が大きいほど熱抵抗が大きくて低温な自然熱源では時間当たりの融雪能力が小さくなる。ここでは先行した研究²により輪荷重載荷試験と解析からかぶりを3.5cmと小さくても交通荷重による力学的悪影響はほとんどないことから、ここではかぶりを4cmとした。

CRCPは多量の鉄筋を縦方向に配置することで収縮ひび割れを分散させ、個々のひび割れは鉄筋に緊結し、ひび割れ幅を小さく保持するものである。しかしひび割れの発生は微細でも雨水の浸入により鉄筋ばかりか埋設された放熱用鋼管の腐食が懸念される。その対応として乾燥収縮性状の小さいコンクリートを選択採用すれば、ひび割れ発生の可能性は小さくなるが、それを全厚採用することは経済的ではない。既往のCRCPの調査等によればひび割れは外気の影響を受けやすい鉄筋より上側（表面側）で主に発生していることから、鉄筋より上面側のコンクリートにひび割れ発生抑制策として膨張材を用いることにした。

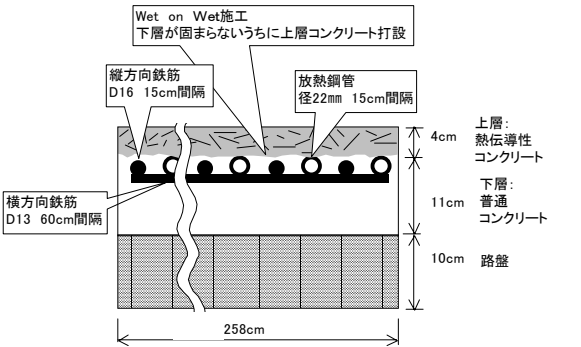


図-1 断面の基本的な考え方

鋼管より上部のコンクリートの熱伝導性向上のため、上層コンクリートには鋼繊維(SF)および鉄粉の混入も試みた。これら材料の混入は、舗装表面での錆による酸素捕捉による中性化抑制の効果も期待している。また鋼繊維はひび割れの緊結や分散も期待したものである。これらを考慮して、表-1に示す要因の組み合わせの試験施工を雪対策・建設技術研究所構内で実施した。

工区	工区①	工区②	工区③	工区④
幅	2.58m	2.58m	2.58m	2.58m
延長	16.2m	16.2m	16.2m	16.9m
上層コン クリート: 厚さ4cm	配合名	P2	P1	P3
	SF	0%	0%	0.5%
	顔料	5%	3%	5%
	鉄粉	0%	3%	0%
膨張材 30kg/m ³				
下層コンクリート: 厚さ11cm	普通コンクリート			

表-1 試験施工の要因割付と概要

2.1 舗装の構造設計

図-1 に示した CRCP 版の構造は、今回は構内舗装のため特定の大型車交通を想定していないが、この版厚は大型車の走行も可能である。縦方向鉄筋比は 0.88%であり、通常の CRCP に比べ（0.6-0.7%）とやや多いが、上層での乾燥収縮の小さいコンクリートの使用による鉄筋応力の負荷の増大、施工時に鉄筋上を乗らざるを得ないこと等も考慮して決定した。

2.2 コンクリートの配合の検討

下層コンクリートは舗装用曲げ強度 4.4N/mm² に相当する JIS A 5308 36-8-25-N を用いることにした。上層コンクリートは基本的には①収縮補償できる程度の膨張材量の混入による乾燥収縮の低減、②薄層施工に適した最大寸法 10 mmの粗骨材を使用し、それに SF、顔料、鉄粉の組み合わせで 4 種のコンクリートで試験練りを行い配合を決定し

表-2 CRCP に用いたコンクリートと品質

た。なお、SF には
先行の予備実験³
で最も曲げ強度が
高かったインデン
ト型を、顔料には

深さ	厚さ cm	配合 Kg/m ³												品質				
		工区	配合	W/C	s/a	C	W	G	S	SF	顔料	鉄粉	膨張材	混和剤	スラン プ	空気 量	温度 ℃	σ _{c28} N/mm ²
上層	4	工区①	P2	36	40	445	170	955	612	0	24	0	30	4.75	7.0	5.0	13.0	47.0
		工区②	P1	37	40	445	178	995	640	0	14	158		4.75	10.5	5.6	13.0	44.2
		工区③	P3	39	45	445	184	886	698	40	24	0		4.75	10.0	5.6	13.0	44.5
		工区④	P4	40	50	445	190	790	765	80	24	0		4.75	9.0	5.7	14.0	43.4
下層	11	全工区	—	40	43	395	158	1027	732	0	0	0	0	4.75	9.5	4.7	12.0	43.0

酸化鉄を主成分としたセメント着色用無機顔料を、鉄粉には純鉄粉を用いた。決定した配合と試験舗装での強度試験結果を合わせて表-3 に示す。後述のように施工性、強度とも特段の課題はなかった。

3 施工状況と供用性

施工手順と施工状況を図-2、写真-1 に示す。当初打ち継ぎ時間間隔は最大 2 時間としたが、途中簡易フィニッシャの故障により 2 時間 50 分の打ち継ぎ間隔の箇所も生じたが、その後の打音調査でもコア採取でも界面剥離の徴候は診られない。ただ今後施工時期によっては迅速な施工体制の確立、必要であれば遅延剤の適用の検討が必要である。

顔料、鉄粉の混入による施工性の低下は見られなかった、また SF コンクリートでは粗面仕上げ時の SF の引きずりも見られず配合のバランスが取れていた。施工後 3 ヶ月を経ているが延長 65m の工区内はまだ CRCP の特徴である微細なひび割れも生じていない。

4 まとめと今後の課題

CRCP で、鋼管放熱管から上面は熱伝導性の高いコンクリートを Wet on wet で打設する施工法を試み、施工の実現性の手掛かりを得た。連続鉄筋をまずセットし、それを鋼管放熱管（外径 21.6mm、長さ 4m）固定のスペーサーとすることで、放熱管の施工の能力は 200m/(人日)と極めて良好であった。その結果などから、従来の放熱管埋設とコンクリート舗装方式に比べて施工費で約 2000 円/㎡を削減しながら、耐久性・走行性・太陽熱集熱を向上させることができるとの概算が得られた。また 2 層施工法に関しては上層部施工には薄層用フィニッシャの活用等により施工生産性・出来形ともに向上するものと考えられる。

【参考文献】

¹ NEDO「エネルギー有効利用基盤技術先導研究開発 技術融合による地中熱融雪システムのコスト縮減と省エネ化の研究開発」
² 西澤辰男，中間裕介，武市靖，宮本重信：放熱管を埋め込んだコンクリート舗装版の力学的挙動の解析，土木学会第 58 回年次学術講演会平成 15 年 9 月 V-655
³ 梅原秀哲：鋼繊維補強コンクリートのひび割れ抑制効果に及ぼす鋼繊維の種類に関する研究，上記 1 報告書内

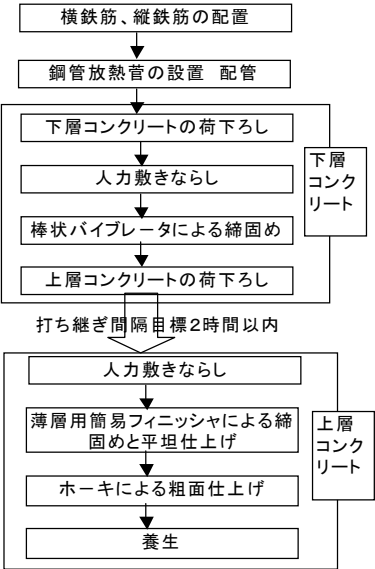


図-2 施工の流れ



写真-1 施工状況