

V-33

ヒータ付きドレーンの埋設及び薬剤散布による排水性舗装の冬期路面評価

ニ	チ	レ	キ	株	式	会	社	○	正	員*	八	巻	秀一
ニ	チ	レ	キ	株	式	会	社		正	員*	秋	本	隆
札幌市建設局技術研究センター									正	員**	伊	藤	仁
北海学園大学工学部									学	生員***	宮	原	優
北海学園大学工学部									正	員***	武	市	靖

1. はじめに

1997年に試験施工された排水性舗装の路面凍結抑制効果の検証を1997年12月～1998年3月の冬期間実施した。一般に排水性舗装は、雨天時の水はね・スリップ事故防止や騒音低減効果等を目的として施工されている。排水性舗装は、一般の舗装と比較し大きな空隙を有していることより、表面水を速やかに排除する排水機能、路面の粗さからくる優れたすべり抵抗性能を有しており、機能性舗装の一つに位置付けされている。今回期待した機能は、排水機能よりもたらされる乾燥路面確保、路面の粗さよりもたらされる雪氷の消耗による滑り摩擦係数の確保である。前者は、排水によりタ方以降のブラックアイス・氷板路面の発生の抑制、後者は、路面の粗い肌理(キメ)・凹凸のために通過車両のタイヤによる路面雪氷の消耗が進んで路面が露出しやすくなり、滑り摩擦係数が上昇する効果をねらったものである。

積雪寒冷地で排水性舗装を適用する場合、雪氷の頑固な路面付着、硬圧雪・氷板発生の助長等諸問題がある。これは主に冬期間、路肩部の凍結により排水機能が阻害されることに原因している。そこで試験施工では、この問題を解消するため、スパイラルドレーン(導水管)とヒータ線を路肩部に設置し、排水機能の維持を図った。

通常舗装との比較調査・観測の結果、湿潤・凍結路面の発生頻度の低減、滑り摩擦係数低下の抑制等の路面凍結抑制効果が見られた。本研究は、これら路面凍結抑制効果について述べるものである。

2. 試験舗装の概要

排水性舗装の試験施工区間は、縦断勾配6%程度の区間約150mとほぼ平坦な交差点を含む区間約20mから構成されている。比較調査のための通常舗装区間は、ほぼ平坦な箇所である。排水性舗装は、最大粒径13mm、目標空隙率20%、高粘度改質バインダーを使用し、施工厚は5cmである。また、排水能力を向上させるためスパイラルドレーンを基層に埋設している。舗装体に入った水はスパイラルドレーンに導かれ雨水樹に流れる仕組みとなっている。さらに路肩に設置されたスパイラルドレーンにはヒータ線を設け、スパイラルドレーン内部の凍結を防いでいる。試験施工区間に設置したスパイラルドレーンとヒータ線及び舗装体温度計測用熱電対、凍結路面検知器の埋設位置は、図-1に示す通りである。

調査・観測は、12時間調査(7:00～19:00)、夜間調査(17:00～21:00)、及び常時観測を実施した。調査観測項目は次に示す通である。

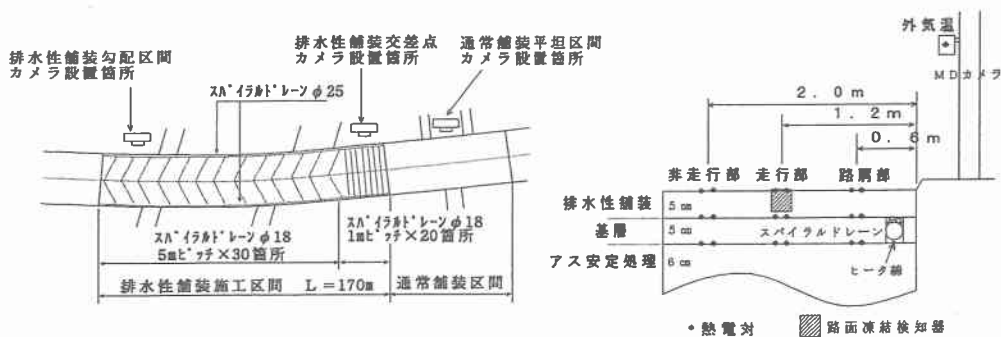
(1)12時間・夜間調査

①滑り摩擦係数 ②道路雪氷の凍結防止剤CMAの濃度(導電率計使用)③道路雪氷分類④スパイラルドレーンの排水状態

(2)常時観測

⑤路面の雪氷・露出状態の写真撮影、⑥路温/路肩部のスパイラルドレーン周辺の舗装体温度と気温、⑦誘電式路面凍結検知器(路面状態に対応した電気容量)

Study on Evaluation of Anti-freezing Pavement Methods by Porous Asphalt Pavement with Drain-pipes and Heating Wires, and Application of Chemicals in Winter
by H.yamaki , T.akimoto , H.itou , M.miyahara , K.takeichi



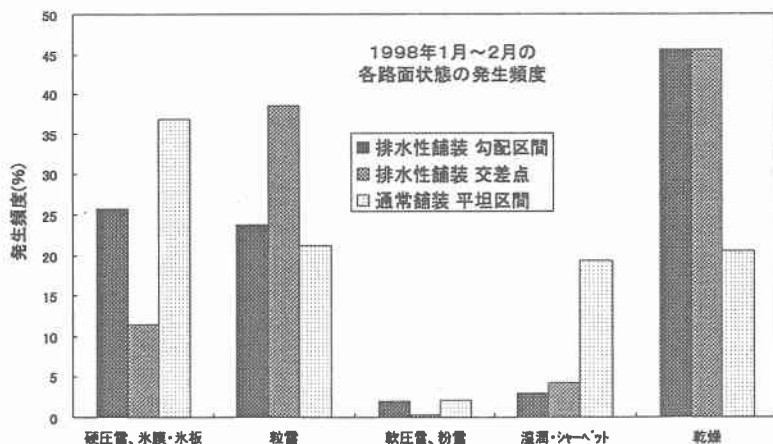
図－１ 調査・観測区間の平面および舗装構成、排水施設、熱電対・検知器の設置位置

3. 調査観測結果

(1) 各路面状態の発生頻度

路面の雪氷・露出状態を撮影した写真を道路雪氷分類に基づき、30分毎の各路面状態(5:00～17:00)を分類し、排水性舗装勾配区間・交差点区間及び通常舗装区間の雪氷路面発生頻度を求めた。

道路雪氷は、車両による圧密・攪乱・摩耗、CMAの散布等により、粒雪／硬圧雪、粒雪／乾燥等のようには様ではない場合が多い。その場合には、頻度はそれぞれ0.5としてカウントした。路面状態を(→滑る)Ⅰ硬圧雪、氷板、氷膜、Ⅱ粒雪／軟圧雪、粒雪、Ⅲシャーベット・湿潤、Ⅳ乾燥(→滑らない)の4分類すると、図－2に示すように、排水性舗装は通常舗装と比較してⅠとⅢの発生頻度が少なく、Ⅳの発生頻度が多くなっている。このことから、排水性舗装は通常舗装と比較し、路面凍結の抑制効果があるといえる。加えて、雪氷の頑固な付着は見られず、特に湿潤路面の発生頻度が少ないことは、夜間のブラックアイス路面の発生を未然に防止する効果を有している。



図－2 各路面状態の発生頻度

(2) 滑り摩擦係数

滑り抵抗試験は、降雪、気温、通過車両等の変化に伴う路面の滑り抵抗性を測定するものである。

滑り抵抗試験結果は、図-3に示すように路面状態が粒雪／乾燥または氷膜／氷板において、通常舗装と比較し、滑り摩擦係数の低下が抑制されている。その要因として次の点が考えられる。

- ①排水性舗装は、排水機能が維持されている限り、湿潤路面になりづらいために氷膜の発生が抑制されている。
- ②排水性舗装に氷膜が発生しても、舗装面の肌理(キメ)が粗く、大きな凹凸・空隙があるため、氷膜の厚さが一様にならずタイヤによる消耗を受けると、舗装面が出て氷膜／乾燥→乾燥路面になりやすい。
- ③雪氷厚が比較的小さい場合、排水性舗装はその肌理(キメ)の粗い表面とCMA散布との相乗効果で、粒雪／乾燥路面を生成しやすい。

1998年2月3日17時の路面状況(排水性舗装及び通常舗装)を写真-1、写真-2に示す。

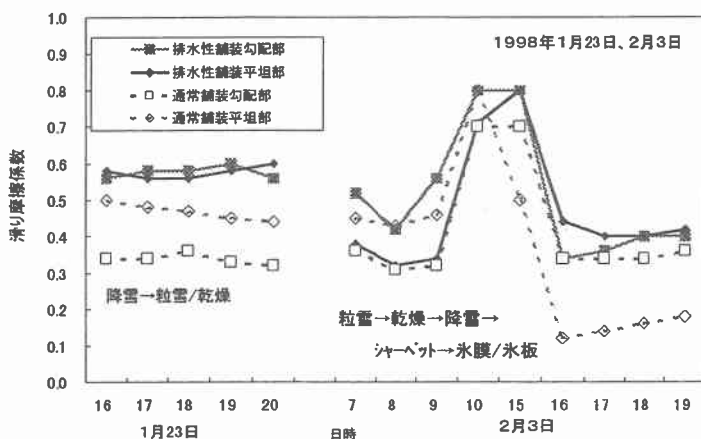


図-3 滑り摩擦係数の経時変化

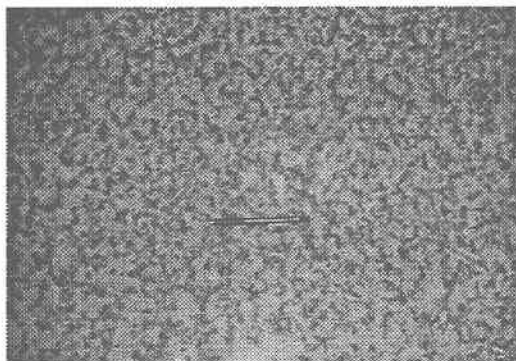


写真-1 排水性舗装 粒雪／硬圧雪(1998.2.3 17時)

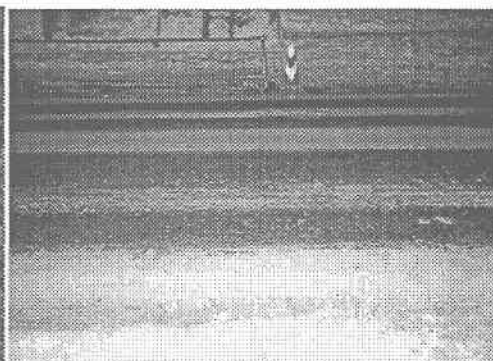


写真-2 通常舗装 氷膜／硬圧雪(1998.2.3 17時)

雪水の消耗で路面の凸部が露出

(3) 道路雪氷のCMA濃度

排水性舗装では、通常舗装に比較して、散布した凍結防止剤が融氷後、融解水が路面水とともに除去されやすいので、その持続効果が懸念される。しかし、CMAは粒状で融氷の効果発現が遅いので、排水性舗装の表面の凹凸や空隙内の雪氷とともに凍結防止剤が留まって残存効果を発揮することも考えられる。この点を明らかにするために、両区間において、路面上の雪氷を各時間ごとに採取して、その濃度の経時変化を調査した。

調査結果より、排水性舗装と通常舗装とではCMAの濃度変化に大きな違いはなく、排水性舗装の特性によりCMAが早期に流失してその濃度が早期に低下する傾向は見られない。むしろ排水性舗装は、通常舗装に比べ高い濃度を示し、残存効果が見られた。

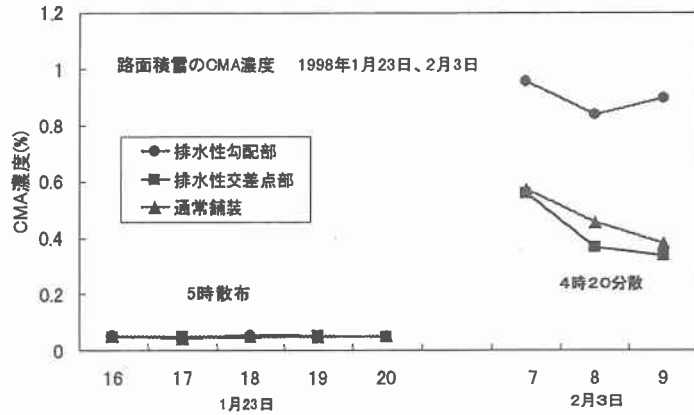


図-4 CMA濃度の経時変化

(4) 路肩部周辺の舗装体温度

路肩部周辺は、冬期間に堆雪帯となり、凍結してしまうことが多く、排水性舗装の排水機能が著しく低下する。そこで、排水性舗装の試験区間では、スパイラルドレン下に電熱線を設置して、冬期間の排水機能の維持を図る工夫を施している。ここでは、路肩部に埋設した熱電対の温度データを用いて、埋設されているスパイラルドレンとヒータ線の周辺部が、ヒータ線の埋設により冬期間凍結せずに排水機能が維持されているかを調査した。その結果、冬期間を通じて、排水層周辺は0℃以上に保たれ、スパイラルドレンからの排水が確認された。図-5は、調査・観測期間中、最低気温を記録した日の路肩部周辺の温度である。また、埋設されている電熱線により筋状に雪氷が融解している状況を写真-3に示した。

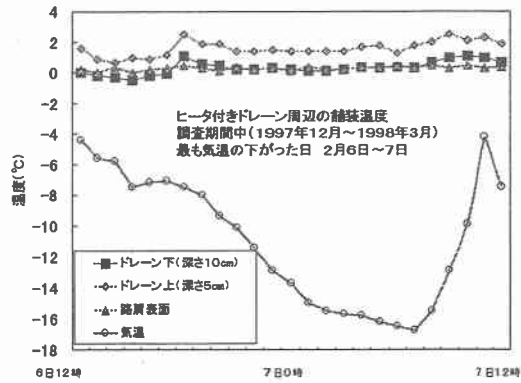


図-5 路肩部周辺の舗装体温度



写真-3 埋設されている電熱線により筋状に雪氷が融解している

(5) 誘電式路面凍結検知器による路面状態の判別

誘電式路面凍結検知器を路面に埋設し、各路面状態(乾燥、湿潤、圧雪、硬圧雪、氷板・氷膜)の判別状況を調査した。設置箇所は、排水性舗装の勾配部と通常舗装の平坦部の2箇所とした。

誘電式路面凍結検知器は、リング状の平行電極をその端部が路面に露出するように設置し、平行電極間の電気容量を測定する。電気容量は、路面上の物質を貫く電気力線によって検知される。電気容量は各路面状況によって異なるので、予め、路面状態との相関を求めておくことにより、路面状況の判別が可能となる。

調査結果の代表的なものを初冬期(1997年12月20～25日)と融解期(1998年3月14～17日)のデータを用いて解析し、その結果を図-6、図-7にそれぞれ示した。路面状態は、路面の雪氷・露出状態の写真撮影により確認した。

12月20日～25日の解析結果から、乾燥、粒雪／乾燥、硬圧雪、硬圧雪／粒雪+CMA、湿潤+CMAの路面状態に対する電気容量を対応させると次のようになる。

①:乾燥→2pF前後、粒雪／乾燥→10pF前後、硬圧雪→40pF前後、硬圧雪／粒雪+CMA→100pF前後、湿潤+CMA→400pF～500pF

同様に、3月14日～17日の解析結果から、各路面状態と電気容量とを対応させると次のようになる。

②:乾燥→2pF前後、粉雪／軟圧雪→20pF前後、硬圧雪→40pF前後、硬圧雪／粒雪→湿潤→40～60～100pF以上、硬圧雪／粒雪／乾燥→10pF～30pF、硬圧雪／粒雪→60pF～80pF、湿潤／乾燥→10pF前後

①ないし②のそれぞれの期間内でも同じ路面状態の時には、同じ電気容量が表示され、また、①と②との比較でも各路面状態に対する電気容量に食い違いは見られない。従って、各路面状態に対する電気容量には再現性があり、路面温度と合わせて電気容量から路面状態を判別することができる。

これらの結果から以下のようなことがわかる。

- ・滑りやすい凍結路面が発生する電気容量は2pF～40pFの範囲で、乾燥と薄い氷板、氷膜、わずかな粒雪との混在路面～硬圧雪路面がほぼ該当する。
- ・40pF～100pFでは硬圧雪が粒雪に変性した路面で、100pFに近くにともない、CMAを含むものになっている。
- ・100pF以上では、CMAの濃度が高い雪氷が混在する路面で、特に数100pFでは湿潤路面である。

今後、より多くのデータを得ることで、路面状態と電気容量及び路温との関係から判別アルゴリズムを作成し、自動的に路面状態を判別出来るようになる。その結果、排水性舗装の凍結抑制効果が定量的に評価できると考えられる。

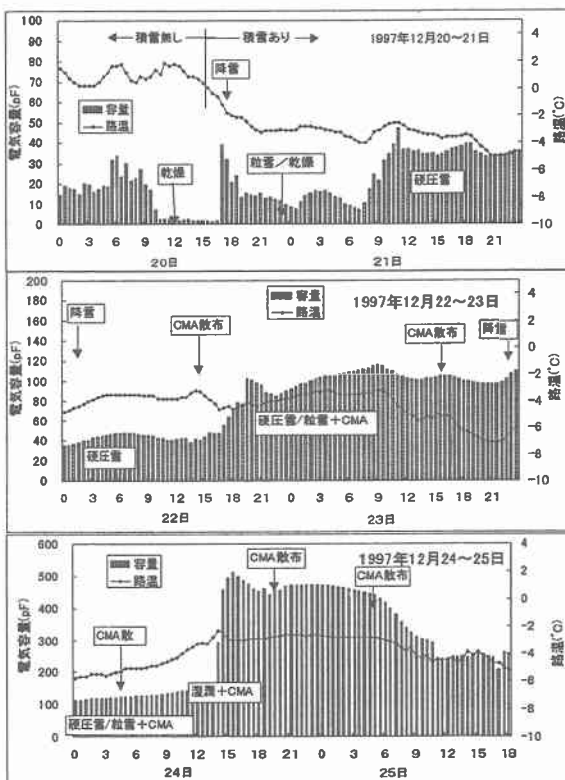
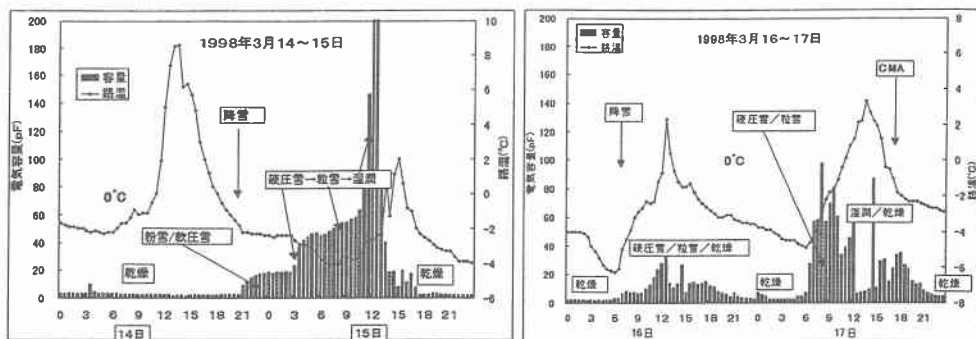


図-6 電気容量と路面状態の関係(1997年12月20～25日)



図ー７ 電気容量と路面状態の関係(1998年3月14～17日)

4. まとめ

CMAの散布とスパイラルドレーン・ヒータ線を設置して冬期間の排水機能維持を図った排水性舗装は、路面凍結抑制効果があり、凍結抑制舗装として位置づけられる性能を有していると考えられる。

(1)排水性舗装の路面凍結抑制効果

排水性舗装の路面凍結抑制効果は、路面積雪厚が2～3cm以下の薄い場合に発揮される。その主な特徴は、次の2点である。

- ・日中の湿潤路面の発生を防止し、夜間の氷膜(ブラックアイス)、氷板 路面の形成を大幅に抑制する。
- ・舗装表面の空隙による凹凸、肌理(キメ)の粗さにより走行車両による雪氷の消耗を促進し、路面の凸部が露出して、滑り摩擦係数を向上させる。

(2)CMA散布の併用による相乗効果と検討課題

- ・CMAの散布は、上記2点の路面凍結抑制効果を助長、持続させる効果があると考えられる。この点については、数回の滑り抵抗試験と目視観察での確認であるので、今後、排水性舗装の空隙、表面の肌理(キメ)が効果発現・持続性に及ぼす影響について、調査・試験を行う必要がある。
- ・今回の試験で散布後の路面状態をいろいろな観点から調査したが、道路気象条件、路面状態とCMAの散布量・時期、回数との関係をより明確にする。

(3)排水性舗装の検討課題

- ・路面積雪厚が厚い場合や路面排水が十分に機能しない場合には、通常舗装と同様の凍結路面が発生しやすい。
- ・排水性舗装の混合物の空隙率の大小、使用バインダーの種類、骨材の配合と空隙詰まり、耐久性の問題については、今後、2～3年の経年変化を調査する必要がある。

(4)管理水準設定

- ・ロードヒーティングに代わる坂道の凍結路面対策として、“CMA散布と排水性舗装を組み合わせた手法”を位置づけるには、道路利用者に対する冬期間の路面管理のサービス水準を定め、その具体的な管理方法を検討する必要がある。

5. おわりに

排水性舗装は冬期間における路肩部の排水機能の確保(スパイラルドレーン・ヒータ線の設置)とCMAの散布により、路面凍結抑制効果があり、凍結抑制舗装として位置づけられる性能を有していることが確認された。しかし、路面状態とCMAの散布量・時期、回数との関係、CMA散布と排水性舗装を組み合わせた具体的な管理方法等課題があり、今後更に観測データを蓄積する必要があると考える。