

止水材料を用いた 舗装損傷対策に関する試験施工事例

国立研究開発法人 土木研究所 寒地土木研究所 寒地道路保全チーム ○上野 千草
国立研究開発法人 土木研究所 寒地土木研究所 寒地道路保全チーム 大場 啓汰
国立研究開発法人 土木研究所 寒地土木研究所 寒地道路保全チーム 丸山 記美雄

舗装損傷の一因として、舗装継目やひび割れ部等からの浸水が挙げられる。このため、舗装を長期的に使用するためには、これらの箇所における止水対策が重要となる。本文は、アスファルト舗装の施工継目やひび割れ、コンクリート舗装の目地部等における止水対策を検討するため、各種止水材料を用いた試験施工を実施し、施工性および初期状態について調査した結果を報告するものである。

キーワード：舗装損傷 止水対策 舗装継目 ひび割れ

1. はじめに

アスファルト舗装において図-1に示す縦継目部や図-2に示す橋面舗装端部は構造上の弱点であり、これらの箇所から浸入した水は層間剥離やポットホール等の舗装損傷の発生要因となる。特に積雪寒冷地においては、初冬期および融解期にアスファルト混合物層に浸入した水が凍結融解を繰り返すことにより、ひび割れが早期に進行したり、写真-1に示すようなポットホールが多発する被害が生じやすい環境にある^{1,2)}。また、コンクリート舗装においては図-3に示す目地部が構造上の弱点であり、目地部から浸入した水はダウエルバーの腐食や破断、ポンピング作用による路盤材料の抜け出しに伴う舗装版の損傷、目地部の段差の発生要因となる。

近年、上記のような舗装損傷を抑制することを目的としたシーリング材等の止水対策技術が検討されており、様々な製品・技術が開発されている。

本文では、北海道内の国道のアスファルト舗装ひび割れ損傷部および普通コンクリート舗装の目地部において、舗装用止水材料を用いた試験施工を実施した事例について報告するものである。

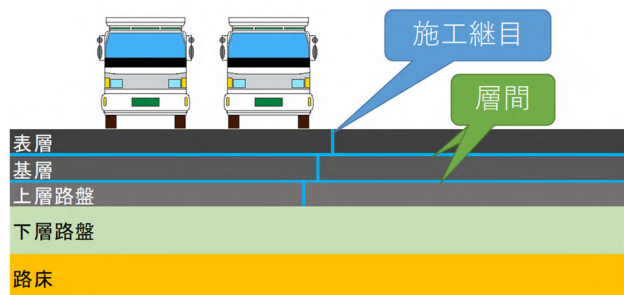


図-1 アスファルト舗装断面図



図-2 橋面舗装断面図



写真-1 縦継目部からの浸水に起因するポットホール



図-3 コンクリート舗装断面図

2. 試験施工および調査概要

(1) 試験施工箇所

試験施工概要を表-1に示す。試験施工は令和5年9～10月にかけて実施した。詳細を以下に示す。

a) アスファルト舗装縦継目

一般国道229号寿都町種前の片側1車線のアスファルト舗装において、写真-2に示す外側タイヤ走行位置にアスファルト混合物層全層にわたる幅最大2 mm程度の連続した縦継目を有する区間で試験施工を実施した。用いた止水材料は表-2に示す計10種類である。工区割りを図-4に示す。各止水材料の評価延長は10 mであり、各工区間には2 mのニュートラル区間を設けた。

b) コンクリート舗装縦目地・横目地

一般国道227号北斗市本郷の片側2車線のコンクリート舗装の走行車線において、コンクリート舗装と路肩アスファルト舗装の縦目地およびコンクリート舗装の横目地部に表-3に示す止水材料計10種類（縦目地においては7種類）を図-5に示す工区割りで試験施工を実施した。

表-1 試験施工概要

施工対象	アスファルト舗装 縦継目部	コンクリート舗装 縦目地	コンクリート舗装 横目地
施工箇所	一般国道229号 寿都町種前		
施工時期	令和5年9月6日	令和5年10月18日	令和5年9月26日
天候	曇り	晴れ	曇り
気温	23.8～25.3℃	14.5～18.4℃	20.7～24.4℃
風速	3.0～4.4 m/s	1.3～3.4 m/s	0.2～2.0 m/s



写真-2 縦継目（一般国道229号寿都町種前）

表-2 試験施工材料（一般国道229号寿都町種前）

No.	No.1	No.2	No.3	No.4	No.5	No.6	No.7	No.8	No.9	No.10
材料分類	瀝青系	シリコン系	シリコン系	瀝青系	ポリウレタン系	ポリウレタン系	瀝青系	瀝青系	瀝青系	ポリウレタン系
施工温度	常温	常温	常温	常温	常温	常温	常温	常温	常温	常温
形状	注入材	注入材	注入材	貼付成形シート	注入材	注入材	注入材	フォグシール	フォグシール	注入材
特徴	1成分型	1成分型	1成分型	2.5mm厚	2成分型	2成分型	2成分型	-	-	2成分型

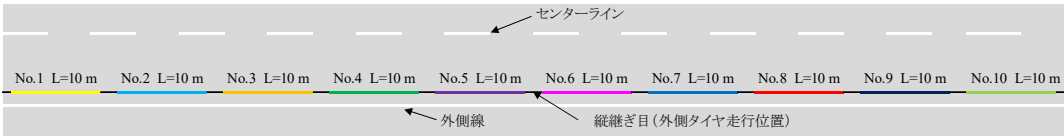


図-4 試験施工工区割り（一般国道229号寿都町種前）

表-3 試験施工材料（一般国道227号北斗市本郷）

No.	No.1	No.2	No.3	No.4	No.5	No.6	No.7	No.8	No.9	No.10	
材料分類	瀝青系	瀝青系	ポリウレタン系	ポリウレタン系	ポリウレタン系	瀝青系	シリコン系	シリコン系	瀝青系	ポリリアルファイト®系	
施工温度	加熱	加熱	常温	常温	常温	常温	常温	常温	加熱	常温	
形状	注入材	注入材	注入材	注入材	注入材	注入材	注入材	注入材	注入材	注入材	
成分	1成分形	1成分形	2成分形	2成分形	2成分形	2成分形	1成分形	1成分形	1成分形	2成分形	
注入 深さ	横目地	57 mm	40 mm	40 mm	50 mm	50 mm	57 mm	30 mm	30 mm	70 mm	20 mm
	縦目地	40 mm	27 mm	27 mm	40 mm	40 mm	35 mm	15 mm	—	—	—

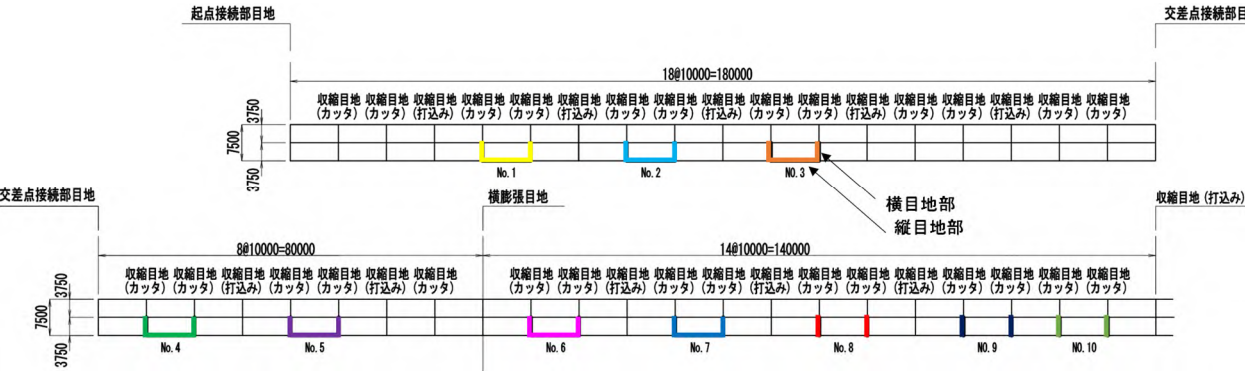


図-5 試験施工工区割り（一般国道227号北斗市本郷）

試験施工の対象は写真-3に示す縦目地部と横目地部である。縦目地部の止水材料施工延長はコンクリート舗装版1枚分の10 mであり、横目地部の止水材料施工延長はコンクリート舗装版1枚の横幅である3.75 mである。横目地については同一のコンクリート舗装版の始点側および終点側の2本の目地に同一の止水材料を施工した。

目地深さは縦目地40mm、横目地70mmであり、止水材料の注入深さはバックアップ材を用いて表-3に示すとおりに調整している。目地幅は両目地とも10 mmであるが、横目地についてはコンクリート舗装版の収縮に伴うひび割れにより施工時における最大幅は15 mm程度であった。

(2) 調査目的

a) アスファルト舗装縦継目

写真-1に示した縦継目部からの浸水に起因するポットホール対策としての止水材料に求められる性能および規格を把握することを調査目的とする。

b) コンクリート舗装縦目地

アスファルト舗装とコンクリート舗装間における目地部の止水材料および図-2に示した橋面舗装端部の止水材料に求められる性能を把握することを目的とする。

c) コンクリート舗装横目地

図-3に示したコンクリート舗装版間の止水材料に求められる性能を把握することを目的とする。

(3) 調査項目

本試験施工における調査項目を表-4に示す。なお、本報告では施工時に実施したサイクルタイムの計測結果、および作業性の聞き取り結果について報告を行う。

a) サイクルタイム計測

各段階における作業に要した時間を計測する。交通規制を伴う作業となる場合、作業に要する時間が材料選定の基準になることが想定されることから、サイクルタイムを把握する。

b) 聞き取り調査

施工業者に対する聞き取り調査を実施し、取り扱いのしやすさ等の作業性を評価する。

c) 目視調査

止水材料の破断、剥離、抜け出し等の変状を把握する。舗装にひび割れが発生した場合はクラック図を作成する。

d) 現場透気試験³⁾

写真-4に示す現場透気試験装置を用いて、止水材料施工箇所での透気状況を把握する。透気の程度により、止水効果を評価する。

e) FWD試験

写真-5に示すFWD試験車両を用いて、たわみ量を経年的に計測することで、水の浸入による路床・路盤の支持力低下を把握し、止水効果の持続性を間接的に評価する。また、コンクリート舗装横目地部において荷重伝達率を計測することで、目地機能の健全性を評価する。



写真-3 縦目地部・横目地部（一般国道227号北斗市本郷）

表-4 調査項目

調査項目	調査内容	目的
サイクルタイム	作業時間の計測	施工時間・規制時間の把握
聞き取り調査	作業性の聞き取り	施工のしやすさ等作業性の把握
目視観察	止水材料の観察	残存状況の評価
	雨天時の路面観察	止水状況の評価
現場透気試験	透気状況を計測	止水性能を評価
FWD試験	たわみ量計測	支持力・荷重伝達率を評価



写真-4 現場透気試験



写真-5 FWD試験車両

3. 試験施工状況および調査結果

(1) アスファルト舗装縦継目

a) 実施状況

写真-6に各止水材料の施工後の状況を示す。No.4は貼付け成形シートであり、縦継目部を覆う形で施工している。No.8および9の Fog シールは縦継目部を中心に200mm幅で塗布している。その他は注入型であり、縦継目部に浸透もしくは圧入している。なお、No.2、3、5、8～10については止水材料の養生およびタイヤへの付着防止の目的で施工面に養生砂を散布している。

b) サイクルタイム計測結果

表-5に各止水材のサイクルタイムおよび施工人数を示す。施工人数はNo.4の貼付け成形シートで5人、その他は2人であった。

作業開始から交通解放までのトータルの施工時間は材料間で大きな開きが確認された。

最も短時間で交通解放が可能となった止水材料はNo.4の貼付け成形シートであり12分であった。

瀝青系の止水材料であるNo.1、7の常温注入材、およびNo.8、9の Fog シールは概ね1時間以内での交通解放が可能となった。

常温ポリウレタン系注入材については、止水材施工後の養生時間に大きな開きがあり、作業開始から交通解放までの時間についても38～251分と大きな差が現れた。なお、No.5については2成分の混合が不十分であった箇所があったため養生時間を長く設けたが、混合が十分であった箇所においては60分程度で硬化を終えていることを確認している。

シリコン系常温注入材であるNo.2、3については、プライマーの塗布、プライマーの養生に10分程度を要し、止水材料の施工時にコテによる圧入および施工面の整形作業が必要となることから他の止水材料と比較して施工時間が長くなった。さらに、養生時間についても2時間程度となり、作業開始から交通解放までのトータルの時間は157～175分となった。

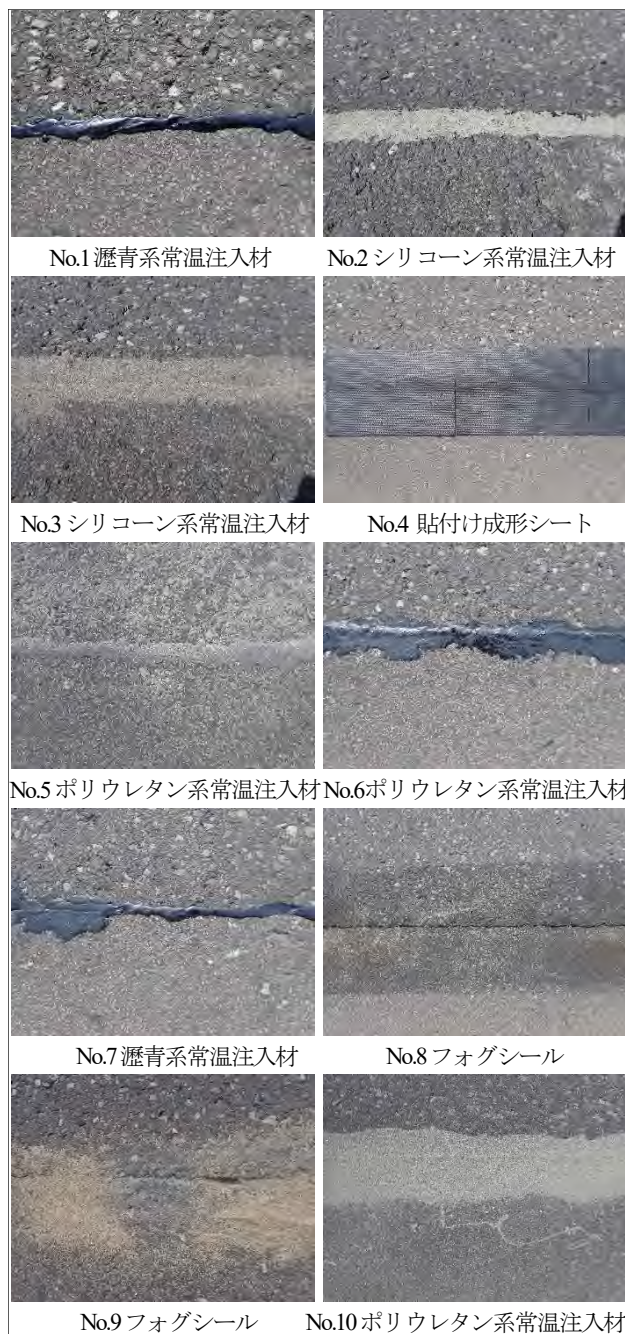


写真-6 アスファルト舗装縦継目部の施工状況

表-5 アスファルト舗装縦継目部のサイクルタイム

No.	No.1	No.2	No.3	No.4	No.5	No.6	No.7	No.8	No.9	No.10
材料分類	瀝青系	シリコン系	シリコン系	瀝青系	ポリウレタン系	ポリウレタン系	瀝青系	瀝青系	瀝青系	ポリウレタン系
形状	注入材	注入材	注入材	貼付け成形シート	注入材	注入材	注入材	Fog シール	Fog シール	注入材
作業人数	2人	2人	2人	5人	2人	2人	2人	2人	2人	2人
養生テープ 貼付								1分	1分	
プライマー塗布		2分	2分							12分
プライマー養生		10分	12分							15分
止水材施工	5分	20分	19分	12分	6分	6分	8分	4分	11分	10分
止水材養生	18分	120分	137分		240分	32分	60分	54分	14分	60分
砂散布		5分	5分		5分				1分	5分
トータル	23分	157分	175分	12分	251分	38分	68分	59分	27分	102分

c) 作業性の聞き取り結果

聞き取り調査の結果、止水材料の粘度が低く縦継目に浸透しやすいNo.1、5、6、7が注入作業の面で高評価を得た。また、総合的には交通解放までの時間が短いNo.1、6が高評価であった。一方、粘度が他の材料よりも高く注入に時間を多く要したシリコン系のNo.2、3や、プライマーの養生に時間を要するNo.2、3、10については改善を求める意見が寄せられた。

(2) コンクリート舗装舗装縦目地

a) 実施状況

写真-7に各止水材料の施工後の状況を示す。写真に示すとおり各材料とも良好に目地部の充填がなされた。ただし、No.3ポリウレタン系常温注入材およびNo.5ポリウレタン系常温注入材については、養生テープを施しても養生テープと路面の隙間に止水材料が入り込み、目地の外側に材料が付着する結果となった。

b) サイクルタイム計測結果

表-6に各止水材料のサイクルタイムおよび施工人数を示す。本試験施工においては、全ての材料において5人で作業を行っている。なお、No.1瀝青系加熱注入材については計測を実施できなかったため、表から除外した。

作業開始から交通解放までのトータルの施工時間が最も短かったのは、瀝青系加熱注入材であるNo.2の84分であり、施工に1時間程度（うち、プライマーの養生に0.5時間）、養生に0.5時間程度を要した。

瀝青系常温注入材であるNo.6においては施工に1.5時間程度、養生に1時間程度を要し、現在一般的に用いられている瀝青系加熱注入材であるNo.2と比較して交通解放が可能となるまでの時間を1時間程度多く要する結果となった。

ポリウレタン系常温注入材は、養生時間に大きな開きがあり、No.5は103分であるのに対し、No.3では184分、No.4では209分となった。また、作業開始から交通解放までのトータルの時間についても養生時間の影響を受け約2～4時間と大きな開きが見られた。

シリコン系常温注入材のNo.7については、止水材料の施工時間は約10分と最も短かったものの、プライマーの塗布、プライマーの養生に40分程度、止水材の養生に140分程度を要し、作業開始から交通解放可能となるまでのトータルの時間は3.5時間程度となった。

c) 作業性の聞き取り結果

聞き取り調査の結果、全ての材料で目地への浸透性は良好な評価を得たが、粘性が特に低く流動性の高かったNo.5、6については縦断勾配方向に流下し、目地高さまで一度に注入材を満たすことが難しく、硬化を待って層状に分割施工する必要があると、施工に苦慮したとの回答があった。一方、目地幅1cmおよび道路縦断勾配に対し適度な流動性を有していたと考えられるNo.3およびNo.7においては作業性の面で高評価を得た。

また、止水材料への要望として止水材料の1パッケージ当たりの容量少ない材料については、施工速度向上のため、施工規模に応じた容量にしてほしいとの意見が挙げられた。



写真-7 コンクリート舗装の縦目地部の施工状況

表-6 コンクリート舗装の縦目地部のサイクルタイム

No.	No.2	No.3	No.4	No.5	No.6	No.7
材料分類	瀝青系	ポリウレタン系			瀝青系	シリコン系
施工温度	加熱	常温	常温	常温	常温	常温
作業人数	5人	5人	5人	5人	5人	5人
養生テープ貼付	2分	2分	2分	2分	2分	2分
バックアップ材設置	3分	3分	-	-	6分	8分
プライマー塗布	4分	4分	-	-	-	7分
プライマー養生	30分	28分	-	-	-	38分
止水材施工	17分	27分	36分	20分	85分	11分
養生時間	28分	184分	209分	103分	50分	139分
トータル	84分	248分	247分	125分	143分	205分

(3) コンクリート舗装横目地

a) 実施状況

写真-8に各止水材料の施工後の状況を示す。何れも注入型の止水材料であり、写真に示すとおり良好に目地部への充填がなされている。

b) 施工性の評価

横目地部においては施工材料が縦目地部とほぼ同様であることからサイクルタイム計測を実施していない。

全ての止水材料で目地部への注入作業自体に問題は生じなかったが、粘度が低く浸透性の高かったNo.5ポリウレタン系常温注入材およびNo.6瀝青系常温注入材においては、目地部のひび割れ箇所から流下し、目地部を満たすことができないため、急遽バックアップ材を使用することとなり、円滑な施工ができなかった。

c) 作業性の聞き取り結果

全ての材料で目地部への注入については良好な評価を得たが、粘度が特に低く流動性が高かったNo.5、6および8については縦断勾配方向に流下したため、目地高さまで注入材を満たすことが難しく、施工に苦慮したとの回答があった。

4. まとめ

各種止水材料を用いて、アスファルト舗装縦継目部、コンクリート舗装縦目地および横目地部を対象に試験施工を実施した。施工時におけるサイクルタイム計測による施工性の評価、および作業性の聞き取り調査により得られた知見を以下に示す。

- 1) アスファルト舗装の縦継目においては、浸透性の良い止水材料において施工時間が短く、作業効率が高いことが明らかとなった。
- 2) コンクリート舗装における縦目地部および横目地部においては、浸透性が高い注入型の止水材料は、横断勾配および縦断勾配に沿って流下すること、コンクリート舗装横目地部のひび割れ部に浸透し、目地部に適切に充填できないなどの現象を把握した。

本試験施工で得られた結果をもとに施工性の改善、材料の粘度の検討、および交通開放までの時間の短縮について取り組んでいく。また、現場透気試験およびFWD試験を用いた追跡調査を実施し、止水性能の持続性を明らかにしていく。

なお、本検討は（国研）土木研究所と民間5者の共同研究「舗装目地部等の止水性能の向上技術に関する研究」の一環で実施している。

謝辞：試験施工にあたっては北海道開発局小樽開発建設部および函館開発建設部にご協力をいただきました。ここに感謝の意を表します。

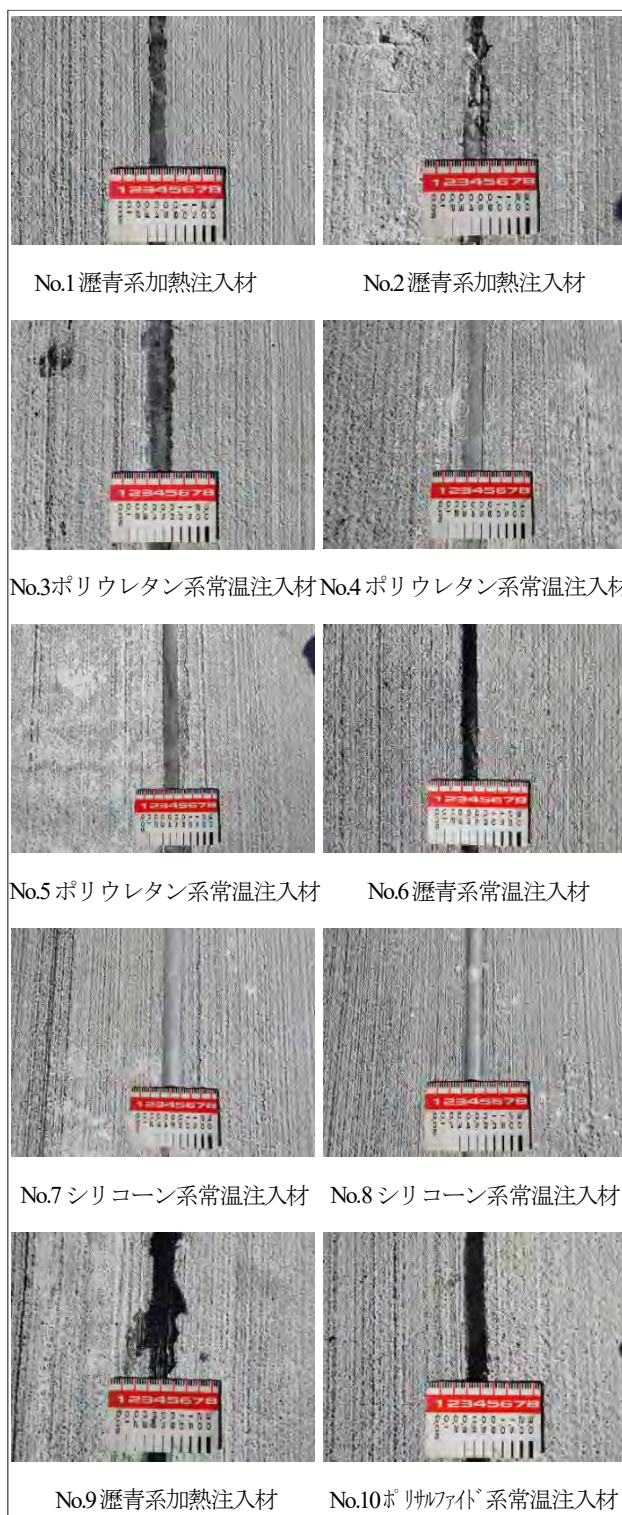


写真-8 コンクリート舗装の横目地の施工状況

参考文献

- 1) 熊谷政行：積雪寒冷地における舗装の損傷とその対策、寒地土木研究所月報、特集号、pp.17-31、2013.
- 2) 丸山記美雄、安倍隆二、熊谷政行：融解期に発生する舗装のポットホールの実態と発生メカニズムの検討、寒地土木研究所月報No.730、pp.2-13、2014.
- 3) 佐々木巖、新田弘之：透気試験による舗装表層の施工継目やクラックシールの水密性評価の試み、第28回舗装工学講演会講演集、PL2023-19、2023.