

コンクリート舗装の防錆対策実施箇所における 初期供用性状の調査結果について —一般国道276号におけるコンクリート舗装の試験施工—

室蘭開発建設部 道路整備保全課 ○滝沢 真吾
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

コンクリート舗装には、荷重伝達を担うダウエルバーや、損傷の進展を抑制する目的で鉄網・縁部補強鉄筋に鋼材が用いられている。これらの鋼材は長期供用に伴い腐食し、破断・膨張することにより、段差やポットホールを引き起こす要因となっている。本文は、損傷発生リスク抑制を目指し、試験的にダウエルバーの腐食対策および鉄網・縁部補強鉄筋の省略を実施したコンクリート舗装において初期供用性状を調査した結果を報告するものである。

キーワード：コンクリート舗装、長寿命化、防錆対策

1. はじめに

近年、アスファルト舗装よりも耐久性が高く、長寿命化が期待できるコンクリート舗装（以下、Co舗装）への期待が高まっている。

積雪寒冷地である北海道においても昭和初期からCo舗装の施工実績があり¹⁾、国道において供用30~40年程度を経過しても比較的健全な状態でCo舗装が供用されている事例が報告されている。しかし、供用40年以上が経過した舗装において舗装表面のひび割れやポットホール等の損傷、目地部における損傷が散見されるようになってきている^{2) 3)}。

Co舗装には荷重伝達を担うダウエルバーや、損傷の進展を抑制する目的で鉄網・縁部補強鉄筋に鋼材が用いられているが、これらの鋼材は長期供用に伴い腐食し、破断や膨張することにより、上記の損傷を引き起こす要因となっていることが考えられる。

本文は、損傷発生リスクの抑制を目指し、試験的にダウエルバーの腐食対策および鉄網・縁部補強鉄筋の省略を実施した箇所における初期供用性状を調査した結果を報告するものである。

2. 普通 Co 舗装版の構造

(1) 横収縮目地

横収縮目地の構造を図-1に示す⁴⁾。コンクリートは乾燥収縮や温度収縮によって不規則にひび割れが生じるため、ひび割れ発生位置を集約・固定する目的でカット切断による横収縮目地が設けられている。また、Co舗装版は目地部においてひび割れによって分断されるため、隣り合うCo舗装版同士の荷重伝達を目的として、Co舗装版の厚さ1/2の位置に鋼製の丸棒（ダウエルバー）が

配置されている。写真-1に示すようにダウエルバーは、片側（写真上側）は鋼材がむき出しであり、もう一方（写真下側）は瀝青材料が塗布され滑動しやすい構造となっている。また、ひび割れが生じるカット目地部直下においては、さび止めペイントが塗布されており、目地部から雨水の浸入があった場合の防錆対策が講じられている。さらに、ひび割れを誘発するカット目地には、雨水の浸入を防止する目的で注入目地材が用いられている。

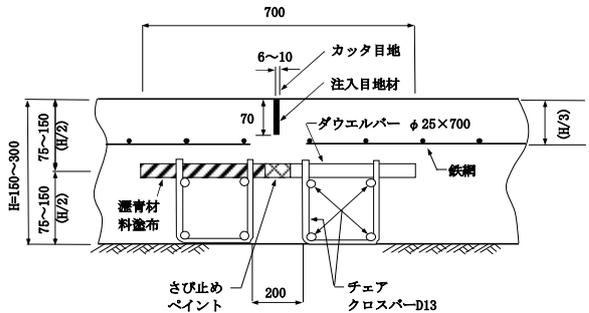


図-1 横収縮目地の構造⁴⁾



写真-1 ダウエルバー（標準タイプ）の防錆対策

(2) 鉄網・縁部補強鉄筋

鉄網は図-1 に示したように Co 舗装版の厚さの上から 1/3 の位置に設置され、Co 舗装版の縁部には鉄網の上部に縁部補強鉄筋が設置される。

鉄網の設置目的は、Co 舗装にひび割れが発生した後、そのひび割れがさらに開くのを抑えることにより雨水の浸入を防ぎ、ひび割れ面における骨材のかみ合わせによる荷重伝達を確保することとされている。また、縁部補強鉄筋は隅角部のひび割れを抑制する目的で設置されている⁵⁾。



写真-2 試験施工箇所（施工直後）

3. 試験施工概要

(1) 試験施工箇所

一般国道276号は檜山郡江差町から苫小牧市に至る全長324.8kmの一般国道であり、試験施工箇所は苫小牧市丸山に位置する。実施供用直後（2023年度秋）の試験施工箇所の状況を写真-2に示す。試験施工箇所は片側1車線区間の上り車線（写真左側の車線）にて実施した⁶⁾。

(2) 試験施工内容

ダウエルバーの防錆対策の有無、および鉄網・縁部補強鉄筋の有無による長期供用性状の違いを評価するため、表-1に示すようにダウエルバーの防錆対策の有無と鉄網・縁部補強鉄筋の有無を組み合わせた4工区を設けた。なお、各工区の延長は100mとした。

舗装厚および目地間隔は、舗装設計便覧⁹⁾に準拠し、当該区間の計画交通量がN₃であることから、Co舗装版の厚さを25 cm、目地間隔を10 mとした。なお、目地間隔は鉄網の有無にかかわらず全ての工区で統一した。

(3) ダウエルバーの防錆対策

ダウエルバーの防錆対策として、材質を鋼製からステンレス製に変更した。ステンレス製ダウエルバーを写真-3に示す。ステンレス製ダウエルバーにおいては、素材自体が防錆効果があるため、図-1、写真-1に示したようなひび割れが生じる目地部直下における防錆ペイントは塗布していない。なお、瀝青材については片側L=350 mmに塗布している。

(4) 鉄網・縁部補強鉄筋の有無

舗装表面のひび割れやポットホール等の損傷の要因として、鉄網・縁部補強鉄筋の腐食による膨張が考えられるため⁷⁾、鉄網・縁部補強鉄筋のあり・なし工区を設けた。代表断面として、図-2 に鉄網・縁部補強鉄筋ありダウエルバー（標準タイプ）、図-3 に鉄網・縁部補強鉄筋なしダウエルバー（ステンレス製）の断面構造を示す。

なお、鉄網・縁部補強鉄筋なしとすることで、舗装構造が簡略化され、生コンの一層打設が可能となるメリットも得られる。

表-1 工区割り

工区名	工区概要	延長(m)
1工区	鉄網・縁部補強鉄筋あり ダウエルバー（標準タイプ）	100
2工区	鉄網・縁部補強鉄筋なし ダウエルバー（標準タイプ）	100
3工区	鉄網・縁部補強鉄筋なしダウエルバー（ステンレス製）	100
4工区	鉄網・縁部補強鉄筋ありダウエルバー（ステンレス製）	100

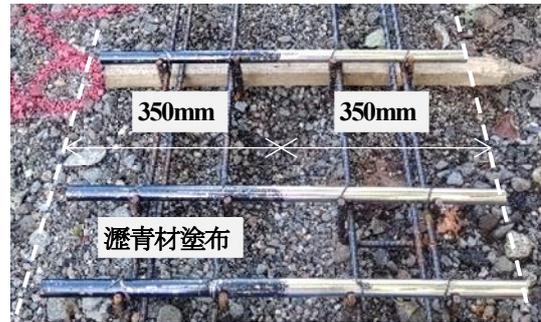


写真-3 ダウエルバー（ステンレス製）

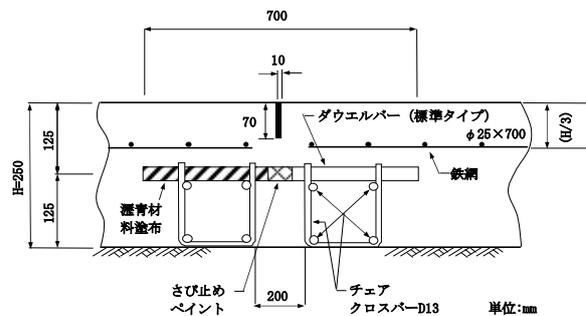


図-2 鉄網・縁部補強鉄筋あり ダウエルバー（標準タイプ）

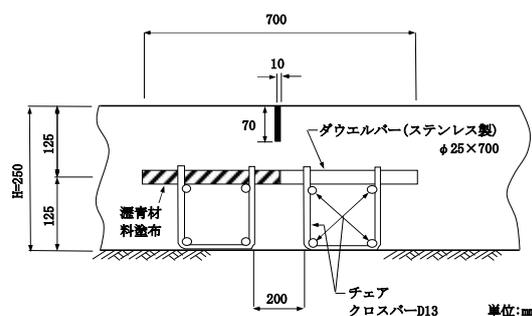


図-3 鉄網・縁部補強鉄筋なし ダウエルバー（ステンレス製）

4. 調査内容

ダウエルバーの防錆対策について評価する目的で、写真-4に示す重錘落下式たわみ測定装置（以下、FWD：Falling Weight Deflectometer）を用いてCo舗装の目地部における荷重伝達率の計測を行った。また、鉄網・縁部補強鉄筋の有無の影響を評価する目的で、FWDを用いてCo舗装版中央の路面のたわみ量を計測し支持力を評価した。なお、いずれの計測も載荷荷重は98 kNとした。

加えて、目地部および路面の損傷状況を把握するため目視調査を実施した。以下に各調査の詳細について示す。

(1) 荷重伝達率

目地部の健全度を評価するため、荷重伝達率⁸⁾を調査した。荷重伝達率 E_{ff} は、図-4に概略を示すようにFWD載荷版をCo舗装版の端部に載荷し、 D_0 たわみセンサーと載荷版中心から30cm離れた D_{30} たわみセンサーによって、目地部を隔てて隣接するCo舗装版のたわみ量を測定し、測定値を式(1)に計測結果を代入し求めることができる。

$$E_{ff} = \frac{D_{30}}{(D_0 + D_{30})/2} \times 100\% \quad (1)$$

D_0 : 載荷版直下の路面のたわみ量

D_{30} : 載荷版中心から30cm離れの路面のたわみ量

この数値が65%以下であると荷重伝達が不十分であり、80%以上であればダウエルバーが正常に機能し、目地部の伝達が有効であると評価される⁹⁾。

計測点数は各工区5点とし、図-5に示す橙色の○の位置で実施した。なお、Co舗装版横断方向位置はCo舗装版幅 $W=3.5$ mの中央とした。

(2) Co舗装版中央の路面のたわみ量

Co舗装版の支持力を評価するため、FWD載荷版直下の路面たわみ量 D_0 を図-5に示す青色の○の位置で計測した。

計測点数は各工区5点とし、Co舗装版横断方向位置はCo舗装版幅 $W=3.5$ mの中央とし、縦断方向位置はCo舗装版延長 $L=10.0$ mの中央とした。

(3) 目視調査

ダウエルバーの材質を変更したことによる損傷発生の有無を把握するため、目地部における損傷を目視で調査した。また、鉄網・縁部補強鉄筋の有無によるCo舗装版の損傷の違いを把握するため、Co舗装版全体の目視調査を実施した。

さらに、目地部からの水の浸入の可能性を把握するため、目地部の損傷状況の目視確認と、Co舗装版と注入目地材の付着深さをクラックスケールを目地部に挿入する方法を用いて調査した。



写真-4 FWDによる計測状況

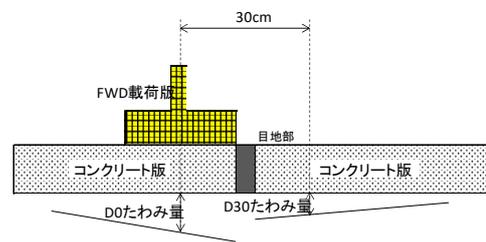


図-4 荷重伝達率の概要⁸⁾

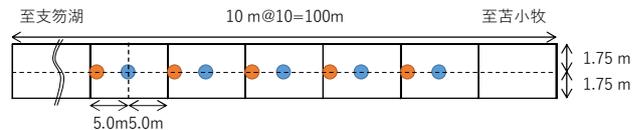


図-5 FWD載荷位置

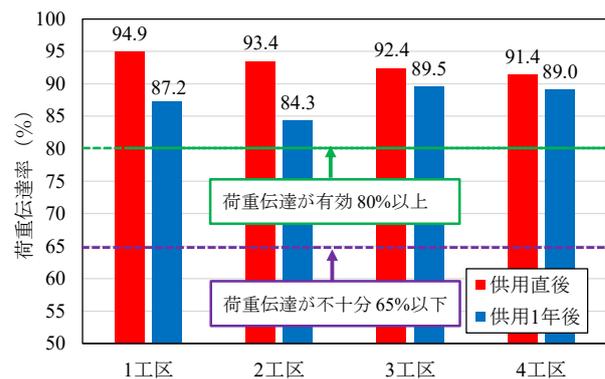


図-6 荷重伝達率

5. 調査結果

(1) 荷重伝達率

供用開始直後および供用1年後の各工区の荷重伝達率計測結果を図-6に示す。なお、図中の値は各工区5点の計測結果の平均値を示している。

鉄網・縁部補強鉄筋の有無の影響を排除するため、鉄網・縁部補強鉄筋ありの1工区と4工区、鉄網・縁部補強鉄筋なしの2工区と3工区をそれぞれ比較する。

鉄網・縁部補強鉄筋ありの1工区と4工区を比較すると、供用開始直後は、両工区ともに90%以上の値でその差は4%程度と顕著な差は見られなかった。また、供用1年後においても荷重伝達率は2%程度と大きな差は見られず、ともに荷重伝達が有効と判断される80%以上の値を維持していた。

次に、鉄網・縁部補強鉄筋なしの2工区と3工区を比較すると、供用開始直後は両工区ともに90%以上の値でその差は1%程度と同等の値であった。また、供用1年後においても荷重伝達率は5%程度と顕著な差は見られず、ともに荷重伝達が有効と判断される80%以上の値を維持していた。

以上の結果より、供用1年後までにおいてはダウエルバーの材質の違いによる荷重伝達率への影響は生じていないと考えられる。

(2) Co舗装版中央の路面のたわみ量

供用開始直後および供用1年後の各工区のCo舗装版中央の路面のたわみ量 D_0 の計測結果を図-7に示す。なお、図中の値は各工区5点の計測結果の平均値を示している。

Co舗装版中央における路面のたわみ量の評価であるため、ダウエルバーの材質による影響は小さいと考えられるが、ダウエルバーの材質の影響を排除するため、標準タイプのダウエルバーを用いた1工区と2工区、ステンレス製のダウエルバーを用いた3工区と4工区の値をそれぞれ比較する。

標準タイプのダウエルバーを用いた1工区と2工区を比較すると、供用開始直後、供用1年後ともにたわみ量の差は数 μm であり差は見られなかった。

次に、ステンレス製ダウエルバーを用いた3工区と4工区を比較すると、供用開始直後、供用1年後ともに、たわみ量の差は20 μm 程度と顕著な差は見られなかった。

以上の結果より、供用1年後までにおいては鉄網・縁部補強鉄筋の有無によるCo舗装版の支持力への影響は生じていないと考えられる。

(3) 目視調査

a) ダウエルバーの材質の違いによる比較

ダウエルバーの材質をステンレス製に変更したことによる目地部への影響を把握するため、供用1年後に目地部の目視観察を行った。ここでは、鉄網・縁部補強鉄筋ありでダウエルバーが標準タイプの1工区と、同じく鉄網・縁部補強鉄筋ありでダウエルバーがステンレス製の4工区の目地部の状況を比較する。

ダウエルバーの材質を変えることによって、ダウエルバーの温度変化による膨張収縮の挙動が変化することにより、Co舗装版へダメージが加わる懸念がある。特に、夏期にはダウエルバーが熱膨張することによりCo舗装

版に外圧が加わり、Co舗装版にひび割れ等の損傷が生じる可能性がある。

そこで、ダウエルバーの埋設位置であるカット目地を挟んで左右350mm程度の範囲に着目し評価を行った。

それぞれの工区の目地部の状況を写真-5、6に示す。両工区ともこの範囲付近においてCo舗装版表面にひび割れや剥がれ等は見られていないことがわかる。

このことから、供用1年後までにおいては、ダウエルバーの材質をステンレス製に変更したことによるCo舗装版への損傷は生じていないものと考えられる。

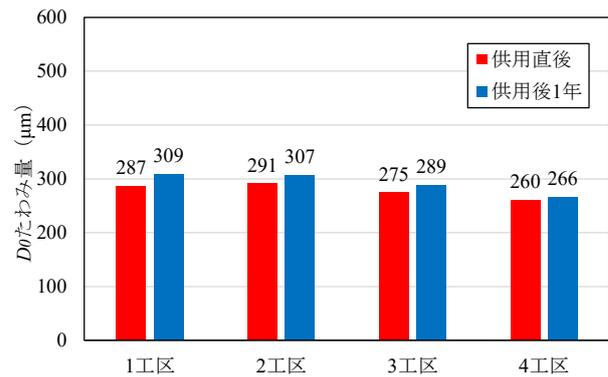


図-7 Co舗装版中央の路面のたわみ量

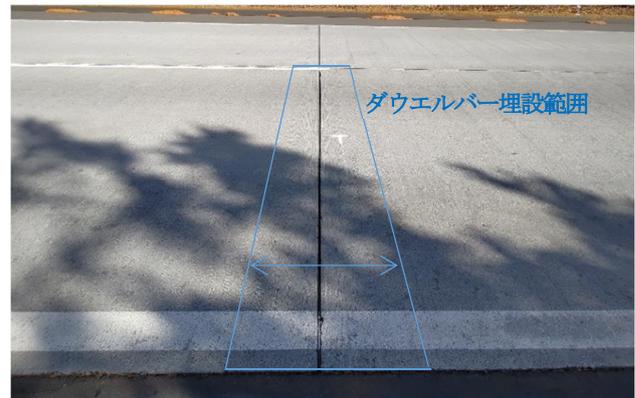


写真-5 目地部の状況 (1工区)

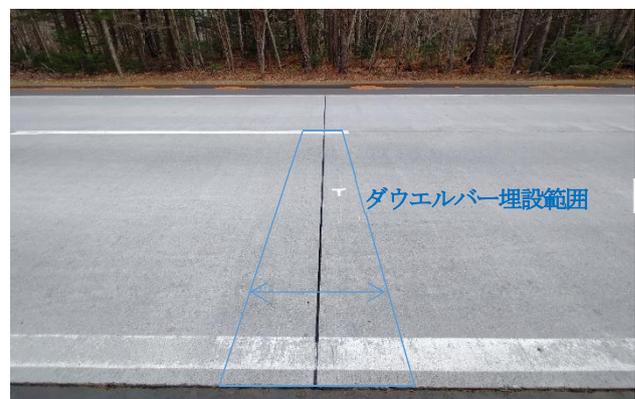


写真-6 目地部の状況 (4工区)



写真-7 Co舗装版の状況 (1工区)

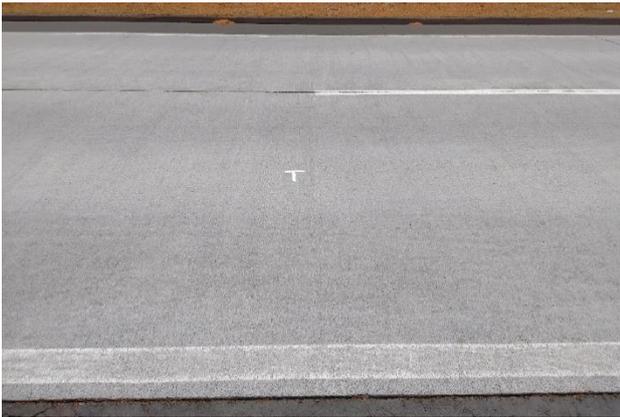


写真-8 Co舗装版の状況 (2工区)



写真-9 注入目地材の剥離

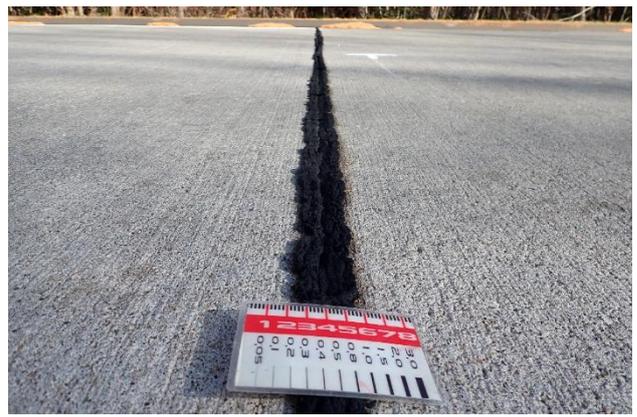


写真-10 注入目地材のはみ出し

b)鉄網・縁部補強鉄筋の有無による比較

鉄網・縁部補強鉄筋は、前述の通り損傷の進展を抑制する目的で鉄網に鋼材が用いられているが、一方で、鉄網を用いることによって2層施工とせざるを得ず、コールドジョイントなどの初期欠陥発生可能性があること、さらにひび割れが発生したコンクリート版では、鉄網が降伏しており、ひび割れが開かない効果は、ほとんど期待できない¹⁰⁾ことも指摘されている。そこで、鉄網の効果を確認するため、目視調査により比較を行った。

鉄網・縁部補強鉄筋の有無によるCo舗装版への影響を把握するため、ここでは、鉄網・縁部補強鉄筋ありでダウエルバーが標準タイプの1工区と、鉄網・縁部補強鉄筋なしでダウエルバーが標準タイプの2工区の路面状況を比較する。

それぞれの工区のCo舗装版の状況を写真-7、8に示す。両工区とも全長L=100 mにわたってCo舗装版表面にひび割れや剥がれ等は見られていない。また、ダウエルバーがステンレス製である3工区、4工区においても全長L=100 mにわたってCo舗装版表面にひび割れや剥がれ等は生じていないことを確認した。

以上より、供用1年後までにおいては、鉄網・縁部補強鉄筋を省略したことによるCo舗装版への損傷や損傷の拡大は生じないものと考えられる。

c)注入目地材の状況

注入目地材の止水状況が、供用中のダウエルバーの腐食、荷重伝達率の低下に影響することから、目視調査により状況把握を行った。

各工区に存在する目地部全数 (9箇所) について、注入目地材の状況を整理した。損傷は主に2種類であり、写真-9に示すような目地材の剥離と写真-10に示すような目地材のはみ出しが確認された。

注入目地材の調査結果を表-2に示す。なお、表中の剥離深さとは写真-9に示すように、厚さ約1 mmのクラックスケールが外側車輪走行部の注入目地材剥離箇所へ挿入された深さを指す。なお、後に示すはみだし箇所については、クラックスケールを目地材とCo舗装版の間に挿入することができないため計測から除外している。

表-2により、剥離が生じている目地が約半数を占めていることがわかる (36箇所中16箇所)。また、剥離深さは目地深さ70 mmに対し、全ての箇所ですべて下回ってはいるものの、供用1年で剥離が大きく進展していることが示される結果となっている。

また表-2により、はみ出しが確認された箇所が3分の1程度あることが明らかとなった (36箇所中11箇所)。はみ出し箇所は、近い将来除雪や車両の走行に伴う引っ張りにより注入目地材が逸脱し、止水能力が大幅に低下することが危惧される。

表-2 注入目地材の損傷状況調査結果

工区名	目地No.	剥離	剥離深さ(mm)	はみ出し
1工区	1-2		0	
	2-3		-	○
	3-4	○	49	
	4-5	○	7	
	5-6	-	-	○
	6-7	○	53	
	7-8	-	-	○
	8-9	○	65	
	9-10	-	-	○
	2工区	1-2	○	15
2-3			0	
3-4			0	
4-5			0	
5-6			0	
6-7		○	56	
7-8		-	-	○
8-9		○	45	
9-10		○	39	
3工区		1-2	○	60
	2-3	-	-	○
	3-4		0	
	4-5		-	○
	5-6	○	50	
	6-7		0	
	7-8	-	-	
	8-9		0	
	9-10	-	-	○
	4工区	1-2	○	56
2-3		-	-	○
3-4		○	60	
4-5		○	65	
5-6		-	-	○
6-7		○	50	
7-8		-	-	○
8-9		○	68	
9-10		○	65	

凡例	該当あり	○
	該当なし	
	除外	-

6. まとめ

本調査により得られた知見を以下に示す。

- (1) ステンレス製のダウエルバーを用いた目地における荷重伝達率は、供用1年経過時点においても80%以上であり、荷重伝達は有効な状態であった。
- (2) ステンレス製のダウエルバーを用いることによる供用初期のCo舗装版への損傷は見られなかった。
- (3) コンクリート舗装版中央において実施したFWD試験による D_0 たわみ量は、鉄網・縁部補強鉄筋の有無によらず同程度の値であり、鉄網・縁部補強鉄筋の有無による支持力の差は確認されなかった。
- (4) 鉄網・縁部補強鉄筋を省略したCo舗装版において、供用1年経過時点では、コンクリート舗装版にひび割れ等の損傷は発生していないことを確認した。
- (5) 供用1年後に実施した目視調査において、注入目地材の剥離や抜け出しが多数確認され、目地部の止水性能の低下が危惧される結果となった。

以上の結果より、ダウエルバーの防錆対策として材質をステンレス製に変更した条件、および鉄網・縁部補強鉄筋の腐食による損傷抑制のためこれらを省略した条件ともに、供用初期には大きな問題は生じないと判断される。今後も試験施工箇所の追跡調査を継続して実施し、今回実施した損傷抑制対策の長期的な効果を検証していく予定である。

また、注入目地材においては供用初期に剥離やはみ出しが複数箇所確認され、止水能力の早期低下が危惧される状況であったことから、注入目地材の要求性能や品質規格、施工方法に関する検討が必要と考えられる。

謝辞：試験施工の実施にあたり、施工業者の関係各位にご協力を賜った。ここに記して謝意を表する。

参考文献

- 1) 北海道土木技術会舗装研究委員会：北海道舗装史(上)、pp.121、1985.7
- 2) 上野千草、井谷雅司、安倍隆二、木村孝司：積雪寒冷地におけるコンクリート舗装の設計法に関する一検討、土木学会論文集 E1 (舗装工学)、Vol.72、No.3、pp.1-95-103、2016.12
- 3) 上野千草、松本第佑、丸山記美雄：北海道における既設コンクリート舗装の損傷事例、令和4年度土木学会北海道支部年次技術研究発表会論文集、E-25、2023.1
- 4) 公益社団法人日本道路協会：舗装設計便覧、pp.156-158、pp.195~197、2006.2
- 5) 公益社団法人土木学会：舗装工学ライブラリー7、舗装の基礎知識、p.151、2012.3
- 6) 奥山竜清、筒井幸司、上野千草：一般国道276号のコンクリート舗装における目地部の長寿命化に向けた施工事例、第67回(2023年度)北海道開発技術研究発表会論文、安37、2024.2
- 7) 大場啓汰、上野千草、丸山記美雄：供用から40年以上経過したコンクリート舗装の損傷要因に関する一考察、令和6年度土木学会全国大会第79回、V-247、2024.9
- 8) 公益社団法人日本道路協会：舗装調査・試験法便覧〔第1分冊〕、PP.〔1〕-292~299、2019.6
- 9) 公益社団法人土木学会：舗装工学ライブラリー2 FWD および小型 FWD 運用の手引き、pp.56、2002.12
- 10) 吉本 徹、堀内智司、小梁川 雅、竹内 康、西澤辰男：コンクリート舗装の鉄網の効果について、土木学会第66回年次学術講演会、pp.641~642、2011.9