

## 北海道における既設コンクリート舗装の損傷事例

## Damage to existing concrete pavement in Hokkaido

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 ○正員 上野 千草 (UENO Chigusa)

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 正員 松本 第佑 (MATSUMOTO Daisuke)

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 正員 丸山記美雄 (MARUYAMA Kimio)

## 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、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、近年これらにおいて舗装表面のひび割れやポットホール等の損傷や、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<sup>2)</sup>。

本文では、積雪寒冷地において最も一般的に用いられている普通 Co 舗装をさらに長期的に使用していくことを目的として、舗装構造の整理と、既設 Co 舗装の損傷の把握および損傷に至った要因の考察、さらに構造的課題を整理した結果を報告する。

## 2. 設計基準の推移

Co 舗装に関する過去からの設計基準を、セメントコンクリート舗装要綱等よりまとめた<sup>3)~8)</sup>。普通 Co 舗装の年度別の設計法を表-1 に示す。

普通 Co 舗装ではコンクリート強度、舗装版厚さに加え鉄網の使用、横収縮目地の設置間隔が定められている。

表-1 コンクリート舗装の設計基準の推移<sup>3)~8)</sup>

設計年	S39・S42	S47	S55	S59	H18
コンクリートの設計強度					
曲げ強度	45kg/cm <sup>2</sup> 以上				4.4MPa以上
コンクリート版の厚さ					
単位区間自動車交通量					
2,000(台/日/2車線)未満	20cm	-			
2,000以上7,500(台/日/2車線)未満	23cm	-			
7,500(台/日/2車線)以上	25cm	-			
大型車交通量					
250(台/日・1方向)未満	-	25cm	20cm		
250~1,000(台/日・1方向)未満	-	25cm			-
1,000~3,000(台/日・1方向)未満	-	25cm	28cm		
3,000(台/日・1方向)以上	-	30cm			-
鉄網					
6~8mmの丸鋼または異形鉄筋	3kg	-			
6mmの丸鋼または異形鉄筋	-	3kg	-		
6mmの異形鉄筋	-	3kg			-
横収縮目地間隔					
区分無し	6~10m	7.5m, 8.0m, 10.0m	-		
版厚25cm未満	-	8.0m			-
版厚25cm以上	-	10.0m			-
交通量区分N4	-				8.0m
交通量区分N5、N6、N7	-				10.0m

## 3. 普通コンクリート舗装版の構造

## (1)横収縮目地

横収縮目地の構造を図-1 に示す<sup>8)</sup>。コンクリートは温度収縮によって不規則にひび割れを生じるため、ひび割れ発生位置を集約・固定する目的で横収縮目地が設けられている。

上記のように 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 舗装版同士の荷重を伝達することを目的として、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コンクリートとダウエルバーが固定されるようになっており、もう一方（写真下側）は瀝青材料が塗布されておりコンクリートと固定されずに滑動する構造となっている。また、ひび割れが生じる目地直下においては、さび止めペイントが塗布されており、目地部から浸水があった場合の防錆対策が施されている。さらに、ひび割れを誘発するためのカッター目地においても浸水を防止するため、注入目地材が用いられる。

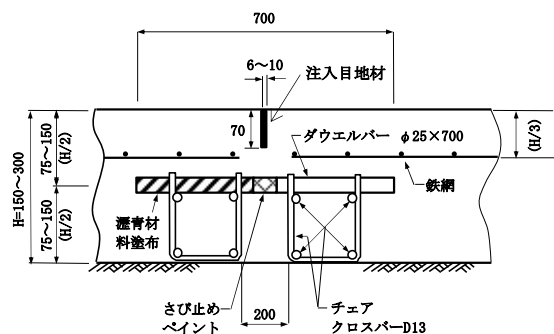
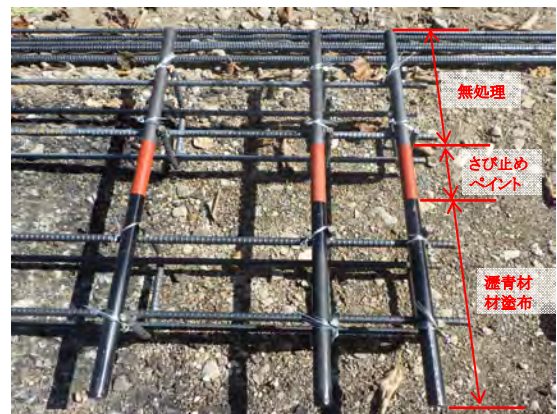
図-1 横収縮目地の構造<sup>8)</sup>

写真-1 ダウエルバーの防錆

(2)鉄網・鉄筋

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

鉄網の配置目的は、コンクリート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、鉄筋は隅角部のひび割れを抑制する目的で配置されている。

設置状況を写真-2 に示す。1 層目のコンクリート(2/3 までの厚さ)を打設後、写真のように人力で鉄網を乗せ、鉄網の縁部に縁部補強鉄筋を固定する。ただし、鉄網には図-1 に示したようにダウエルバーのようなチャアは存在しないため、敷設深さは正確ではない。



写真-2 鉄網および縁部補強鉄筋の設置

4. 長期供用区間の損傷調査

(1) 調査概要

調査箇所の概要を表-2 に示す。調査箇所は全 6 箇所であり、交通量区分、舗装厚、施工時期は調査箇所によって異なっている。なお、調査箇所名については以降表-2 に示す略称を使用する。

調査項目は、目視調査、コア採取による塩化物イオン濃度測定、開削調査である。調査結果を以下に示す。

(2) 目視調査

2012 年度および 2015 年度に目視調査を行い、損傷状況を整理した<sup>10)</sup>。調査対象は、調査時時点の北海道内の国道土工部に施工された Co 舗装全延長 11.3km のうち 10.8km を占める R229 神恵内、R231 増毛、R231 石狩の 3 箇所である。目視調査結果を年度別に図-2、3 に示す。

破損の内訳を見ると、いずれの年度も目地材の抜け出し、角欠け等の目地部の破損が 50~60%、次いで、穴あき(ポットホール等)が 20%程度と大半を占めている。一方、Co 舗装版の構造的な損傷も確認されており、縦断ひび割れが 4%程度、横断ひび割れが 5~8%程度となっている。

なお、縦・横断ひび割れの要因は表-3 に示す分類<sup>11)</sup>、<sup>12)</sup>、および現地調査、FEM 解析、疲労度計算の結果により、凍上に起因する損傷と判断されており<sup>2)</sup>、現在では凍上に対する対策として、設計期間に想定される理論最大凍結深さまで非凍上性の材料で置換することとなっている<sup>13)</sup>。このことから、今後施工される Co 舗装においては凍上に起因するひび割れは抑制できると考える。

そこで、発生割合の大きい目地部の損傷、穴あきに着目すると、双方とも 3 年間で件数が約 3 倍となっており、大幅に増加していることが分かる。2012 年度時点ですでに 20~30 年程度供用されているが、2012~2015 年度のわずか 3 年間に大幅に損傷件数が増加していることから、これらの損傷は供用年数が経過するにつれて加速度的に増加する可能性があると考えられる。Co 舗装を 20~30 年程度以上の長期的に利用していくためには、これらの損傷の要因把握および発生させないための対策が必要と考える。

表-2 調査箇所概要

調査箇所	略称	交通量区分	版厚	施工年	調査時の供用年数
一般国道229号神恵内村	R229神恵内	N4	20cm	H7~8	19~20年
一般国道231号増毛町	R231増毛	N4	25cm	S55~61	29~35年
一般国道231号石狩市	R231石狩	N4	25cm	S54~58	32~36年
一般国道5号森町	R5森	N6	25cm	S47	40年
一般国道228号北斗市	R228北斗	N6	23cm	S30~33	54~57年
一般国道5号札幌市	R5札幌	N7	20cm	S28	59年

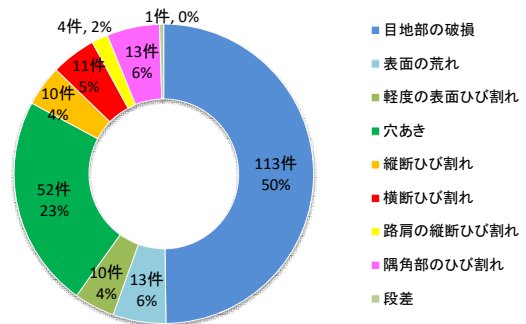


図-2 破損件数(2012年)<sup>10)</sup>

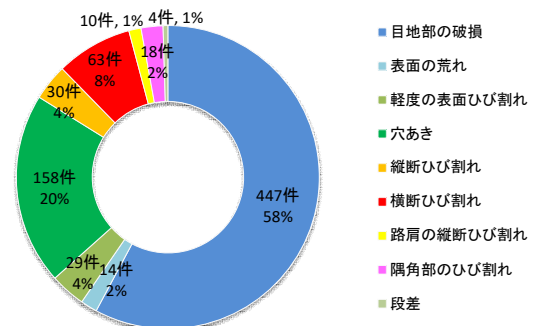


図-3 破損件数(2015年)<sup>10)</sup>

表-3 ひび割れの種類と主な原因<sup>11)</sup>、<sup>12)</sup>

ひび割れの種類	主な原因
横断ひび割れ	供用による疲労、設計不良、施工不良、凍上
縦断ひび割れ	供用による疲労、沈下、凍上
隅角ひび割れ	供用による疲労
Dクラック	材料不良
面状、亀甲状	供用による疲労
乾燥によるひび割れ	施工不良
円弧状ひび割れ	施工不良
不規則ひび割れ(拘束ひび割れ)	設計不良

### (3) 塩化物イオン濃度

2013年度に R231 増毛、R231 石狩、R5 森、R228 北斗、および R5 札幌において既設 Co 舗装版より採取したコアを用いて塩化物イオン濃度の計測を実施した。なお、コア採取位置はダウエルバーの位置を避け、ひび割れ等の生じていない Co 舗装版の健全部より採取した<sup>10)</sup>。

表-4 に採取コアを用いた塩化物イオン濃度の測定結果を示す。塩化物イオン量は、一定厚さ毎に採取コアを切断し、各層の塩化物含有量を測定した。鉄網埋設位置においては最大でも 0.8 kg/m<sup>3</sup> であり、いずれの調査箇所においても鉄網の腐食は確認されなかった。なお、舗装表面の塩化物イオン濃度が R231 増毛・石狩は他の3か所と比較した高い値を示したが、両路線は海岸線に位置し、越波の発生する路線であることから、海水の飛来の影響を大きく受けたものと考えられる。

### (4) 開削調査（目地部）

2012年度に R231 石狩において目地部を開削しダウエルバーの状態調査を行った。写真-4 にダウエルバーの状況を示す。ダウエルバーは目地直下位置にあたる中央部で破断しており、ダウエルバー全体に腐食が見られ、特に破断部である中央部の腐食が激しかった。

表-4 に示したように Co 版健全部では、鉄網の位置する Co 舗装版の上から 1/3 の位置においても塩化物イオン濃度は高い値を示さず、鋼材の腐食は確認されていなかったが、目地部においては水の浸入を受けやすい構造であることからこのような結果になったと考えられる。さらに、図-2、3 に示した目視調査結果においては、目地部の損傷が多数確認されていることから、開削箇所以外においてもこのような損傷が進行していることが推測される。なお、このようなダウエルバーの腐食から、目地部が大きく損傷する事例が、北海道の高速道路3トンネルにおいて報告されている<sup>14)</sup>。

### (5) 開削調査（穴あき部）

2021年度に R231 石狩において Co 舗装版の穴あき部の補修工事を行うのにあわせて、穴あき部を開削し損傷要因の把握調査を行った。

写真-5 に穴あき部の補修前の状況を示す。白色のスプレーで囲まれた箇所が穴あき部となっており、応急処置としてアスファルト混合物で穴埋めが実施されている。穴あき部は縁部の補強鉄筋が存在する位置の上部に多く確認された。

写真-6 に穴あき部の開削状況を示す。鉄筋埋設位置のコンクリートには錆跡が確認され、この箇所から路面方向にひび割れが確認された。写真-6 左下にこの位置より取り出した鉄網の状況写真を示す。鉄網の表面は全体的に腐食しており、体積が増加している状況であった。また、縁部補強鉄筋についても同様に腐食が確認された。

これらのことから、Co 舗装の穴あきは、Co 舗装版内の鋼材の腐食が一因と考えられ、前述したように特に鋼材埋設深さが浅くなる縁部補強鉄筋の位置において損傷が顕著に現れてきているものと推察する。

以上の結果より、長期供用に伴う鋼材の腐食が顕在化してきており、20～30年以上の長期にわたって利用するためには設計面からの対策が必要と考える。

表-4 塩化物イオン濃度<sup>10)</sup>

	塩化物イオン濃度(kg/m <sup>3</sup> )		鉄網設置位置 (路面からの深さ)
	舗装表面	鉄網位置	
R231 増毛	8.0	0.2	約8cm
R231 石狩	17.5	0.4	約8cm
R5 森	4.9	0.8	約8cm
R228 北斗	2.7	0.1	約7cm
R5 札幌	3.2	0.2	約6cm



写真-4 ダウエルバーの腐食



写真-5 コンクリート舗装版表面の剥がれ



写真-6 剥がれ部の開削状況（鉄筋位置に錆あり）

## 5. 供用初期の損傷箇所調査

2018年度より北海道の国道において、土工部の既設アスファルトの打ち換えに伴い、Co舗装が採用される事例が増えてきている。しかしながら、早期に目地部で損傷が発生している事例が散見されたため、損傷箇所の調査を実施した。

写真-7は供用1冬経過後に確認された目地材のはみ出しである。Co舗装の施工時期は10～11月であり、冬期間はこのようなはみ出しは確認されておらず、4月下旬以降に複数の目地でこのような現象が確認された。注入目地材は下から押し出される形ではみ出しが生じており、発生頻度の多い箇所では3～4本の目地に1本の割合で写真のような状況となっている。

施工直後の注入目地材の充填状況を写真-7右下に示す。注入目地材は、カッター目地部のみならず、目地部からつながるひび割れ箇所にもまで浸入していることが分かる。はみ出しの発生時期が気温の上昇する時期と重なることから、本事例の要因はCo舗装の温度膨張によりひび割れ幅が小さくなることにより、ひび割れ部の注入目地材の行き場がなくなり、路面方向に押し出されたことによると判断される。

目地材のはみ出しによって走行車両に振動が発生し、走行安全性が低下していることに加え、目地部の止水効果も低下することから、施工方法の改善や設計面からの対策が急務と考える。

## 6. Co舗装のさらなる長期利用に向けた課題

長期供用されたCo舗装は、ダウエルバーや、鉄網、鉄筋の腐食により目地部の損傷や穴あきが急増してきていることが明らかとなった。Co舗装版の構造的な損傷については、対策がとられていることから、さらなるCo舗装の長期利用のためには、鋼材の防錆対策や、腐食による損傷を生じさせない構造とすることが重要となると考える。

ダウエルバーの腐食から目地部が大きく損傷した北海道の高速道路においては、ダウエルバーの腐食対策として現行のさび止めペイントからエポキシ塗装鉄筋を用いる方法に改良されたことが報告されている<sup>14)</sup>。

また、一般国道5号岩手県平泉では、鉄網を省略したCo舗装が試験的に施工されており、18年供用後においても、目立った損傷はなく、鉄網ありのCo舗装と同等の供用性状を示していることが報告されている<sup>15)</sup>。

以上の事例から、積雪寒冷地である北海道においては、Co舗装の損傷要因となる鋼材について、構造上不可欠なダウエルバーについては防錆対策の高度化を、構造上必ずしも不可欠ではない可能性がある鉄網については省略することを視野に、試験施工等を実施し検討を進めていく必要があると考える。なお、Co舗装において鉄網について省略が可能と判断された場合、コンクリートが2回打設から1回打設になることおよび鉄網等の配置がなくなることで時間の短縮、材料費の削減により、Co舗装のさらなる普及の後押しとなると考える。



写真-7 注入目地材のはみ出し

## 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.I\_95-103、2016.12
- 3) 公益社団法人 日本道路協会：セメントコンクリート舗装要綱、pp.15-20、1964.10
- 4) 公益社団法人 日本道路協会：セメントコンクリート舗装要綱、pp.15-21、1967.2
- 5) 公益社団法人 日本道路協会：セメントコンクリート舗装要綱、pp.12-17、1972.9
- 6) 公益社団法人 日本道路協会：セメントコンクリート舗装要綱、pp.12-16、1980.8
- 7) 公益社団法人 日本道路協会：セメントコンクリート舗装要綱、pp.15-19、1984.2
- 8) 公益社団法人 日本道路協会：舗装設計便覧、pp.156-158、2006.2
- 9) 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
- 10) 磯田卓也、上野千草、安倍隆二、木村孝司：積雪寒冷地における既設コンクリート舗装の破損および補修の現状、第71回土木学会全国大会年次学術講演会概要集、pp.V-015、2016.9
- 11) 公益社団法人 日本道路協会：舗装の維持修繕ガイドブック2013、pp.47-53、2013.11
- 12) 建設図書：舗装の維持修繕、pp.214-228、1992.5
- 13) 北海道開発局：道路設計要領、第1集道路、p.1-5-67、2018.4
- 14) 山崎健作、藤井和洋、佐藤征行、古和田悠：コンクリート舗装版における目地補修の施工事例、月刊「舗装」No.55-11、pp.23-26、2020.11
- 15) 内田雅隆、藪雅行、寺田剛：供用18年経過したコンクリート舗装の追跡調査結果、第33回日本道路会議論文集、pp.3187、2019.11