

北海道における既設コンクリート舗装の現状

The actual condition of the existing concrete pavement in Hokkaido

(独)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 (Chigusa Ueno)
(独)土木研究所 寒地土木研究所 寒地道路保全チーム 正 員 安倍隆二 (Ryuji Abe)
(独)土木研究所 寒地土木研究所 寒地道路保全チーム 木村孝司 (Takashi Kimura)

1. はじめに

近年、社会資本整備・維持管理に対するコスト縮減への社会的要請から、道路舗装においても高耐久化・長寿命化によるライフサイクルコストの縮減が求められており、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への期待が高まっている。

積雪寒冷である北海道におけるコンクリート舗装の施工実績は、昭和初期から報告されており¹⁾、昭和36年度には、北海道の国道延長の約20%をコンクリート舗装等のセメント系舗装が占めていた²⁾。しかし、昭和33年3月に「道路整備緊急措置法」が公布されると、迅速な施工が可能であるアスファルト舗装が多く採用されるようになり、昭和52年にはコンクリート舗装等のセメント系舗装が北海道の国道延長に占める割合が2%まで低下した²⁾。

本文では、積雪寒冷地におけるコンクリート舗装の利用に際する課題抽出のため、現在使用されているコンクリート舗装の現状把握を行った結果について報告する。

2. 設計基準の推移

コンクリート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よりまとめた。年度別の設計法を表-1に示す。コンクリート舗装の設計強度は昭和39年から変わらず4.4MPa(45kg/cm²)以上となっている。

表-1 コンクリート舗装の設計基準の推移

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 ² 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

一方、コンクリート版厚については、設計年度により異なり、昭和39・42年の設計では、通過する車両数で決められる単位区間自動車交通量によって定められていたが、昭和47年以降は大型車交通量によって決定されている。なお、昭和39年、昭和42年の設計でも、大型車交通量が多い箇所については、別途考慮し、舗装厚を増やすよう記述がある。

鉄網および横収縮目地は、昭和39年から設計で考慮されているが、設計年度によって使用する材料や寸法が異なっている。

3. 調査内容

(1) 調査項目

調査箇所と調査項目を表-2に示す。調査は、明かり部のコンクリート舗装を対象に実施した。

(2) 調査目的

a) 目視調査

目視調査を実施し、表-3に基づき損傷原因の評価を行い、積雪寒冷地におけるコンクリート舗装の破損形態および破損要因の把握を行った。

表-2 調査箇所および調査項目

調査箇所	目視調査	FWD調査	コアの室内試験
一般国道229号積丹町・神恵内村	○	—	—
一般国道231号増毛町	○	—	○
一般国道231号石狩市浜益	○	○	○
一般国道5号森町	○	—	○

表-3 コンクリート舗装の損傷の種類と原因^{3)、4)}

損傷の種類		主な原因等	原因と考える層	
			路面	コンクリート版以下
ひび割れ	初期ひび割れ	施工時の乾燥・急激な温度変化	○	○
	隅角部	路盤・路床の支持力不足 目地構造・機能の不完全 コンクリート版厚の不足 地盤の不等沈下・凍上 コンクリート品質の不良・疲労破壊		◎
	縦・横断方向			◎
	亀甲状			◎
	構造物付近	不等沈下・構造物による応力集中		◎
段差	版と版	ダウエルバー・タイバーの機能不全 ポッピング現象 路床・路盤の転圧不足 路床・路盤の支持力不足		◎
	版とAs舗装		○	○
目地部	構造物付近			◎
	目地材の破損	目地材の老化・硬化・軟化・脱落・はみだし	◎	
	目地縁部の破損	目地構造・機能の不全	○	○
平坦性	縦断方向の凹凸	地盤の不等沈下 路床・路盤の支持力不足	○	○
わだち	摩耗	スパイクタイヤ・タイヤチェーンの走行等	◎	
その他	はがれ(スケーリング)	凍結融解作用・施工不良・転圧不足	◎	
	穴あき	コンクリートへの不良材料の混入、 コンクリート・骨材の品質不良	◎	
	座屈 (フロー・クラッキング)	目地構造・機能の不全		◎
	版の持ち上がり	凍上抑制層厚の不足		◎
	路盤のエロージョン	ポッピング作用による路盤の浸食		◎

◎:原因として可能性が高いもの ○:原因として可能性のあるもの

ひび割れについては、図-1 に示すひび割れ発生パターンより、破損要因を推定した。

b) FWD 調査

FWD 試験機を用い、コンクリート舗装版目地部の健全度を荷重伝達率等によって評価した。

c) コアの室内試験

コンクリート舗装版の健全度を、圧縮強度試験による曲げ強度の推定、中性化深さ試験、および深さ方向別塩化物含有量試験を行い評価した。

中性化は、大気中の CO_2 により、コンクリートが本来のアルカリ性から PH が下がる現象であり、これが鉄網等の深さまで到達すると、鋼材が腐食する原因となる。なお、中性化深さは、アルカリ性で赤紫色を呈するフェノールフタレイン試薬を用いて、中性化領域を判断し、表面からの深さを計測した。

また、塩化物含有量試験は、海水や凍結防止剤等の鉄網等の鋼材への影響を把握するため、一定厚さ毎に採取コアを切断し、硝酸による塩化物イオンの抽出により各層の塩化物含有量を測定した。

(3) 調査箇所概要

調査箇所の舗装構成および概要を図-2 に示す。

a) 一般国道 229 号 積丹町・神恵内村

昭和 60～平成 8 年に施工され、供用後 17～28 年が経過している。コンクリート舗装版厚は $t=20\text{cm}$ である。この地区のコンクリート舗装は、岩盤路床の区間と凍上抑制層で置換した区間がある。

b) 一般国道 231 号 増毛町

昭和 54～61 年に施工され、供用後 27～34 年が経過している。コンクリート舗装版厚は $t=25\text{cm}$ である。

凍上抑制層材料には 80mm 級の粗粒材が用いられ、路床はレキ質土である。

c) 一般国道 231 号 石狩市浜益

昭和 54～61 年に施工され、供用後 27～34 年経過している。当初のコンクリート舗装版厚は $t=25\text{cm}$ である。他の調査箇所と異なり、路床に凍上・風化のおそれのない岩ズリが用いられている。

d) 一般国道 5 号 森町

昭和 47 年に施工され、スパイクタイヤによる摩耗（当初施工時より平均 5.2cm 摩耗）や、交通量増加による疲労ひび割れのため、昭和 55～58 年に薄層オーバーレイや打ち替えが行われた。さらに補修後 25～30 年経過し、平成 25 年度にさらなる補修が行われている。当初のコンクリート舗装版厚は $t=25\text{cm}$ である。

4. 調査結果

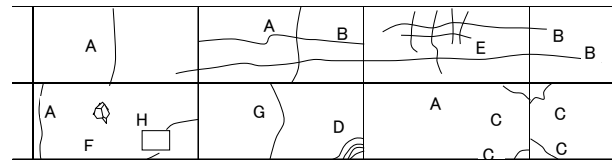
(1) 目視調査

a) 一般国道 229 号 積丹町・神恵内村

延長 $L=4.886\text{km}$ 上下車線を対象に破損状況把握調査を実施した。破損形態の分類を図-3 に示す。

目地部の破損が 7 割（34 件）を占め、ポットホールが 1 割（5 件）、ひび割れ、スケーリングがともに 6%（3 件）であった。

破損は上下線で 48 件発生し、その頻度は 100m 程度に 1 箇所の割合であり、比較的良好な路面状態である。



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

図-1 ひび割れパターン⁴⁾

一般国道229号 積丹町・神恵内村

コンクリート舗装 $t=20\text{cm}$	当初曲げ強度	—
上層路盤(切込砕石40mm級) $t=25\text{cm}$	鉄網	異形鉄筋6mm,鉄筋量:3.0kg/m ²
凍上抑制層(切込砕石80mm級) $t=25\text{cm}$ or 0cm	ダウエルバー	有
路床(岩盤)	横目地間隔	8.0m
	設計舗装厚	20.0cm

一般国道231号 増毛町

コンクリート舗装 $t=25\text{cm}$	当初曲げ強度	4.8～5.2MPa
上層路盤(切込砕石30mm級) $t=15\text{cm}$	鉄網	異形鉄筋6mm,鉄筋量:3.2kg/m ²
下層路盤(切込砕石40mm級) $t=25\text{cm}$	ダウエルバー	有
凍上抑制層(切込砕石80mm級) $t=15\text{cm}$	横目地間隔	7.5m
路床(レキ質土)	設計舗装厚	25.0cm
	採取コア舗装厚	26.8cm

一般国道231号 石狩市浜益

コンクリート舗装 $t=25\text{cm}$	当初曲げ強度	5.1～5.2MPa
上層路盤(切込砕石30mm級) $t=20\text{cm}$	鉄網	異形鉄筋6mm,鉄筋量:3.2kg/m ²
路床(凍上・風化のおそれがない岩ズリ)	ダウエルバー	有
	横目地間隔	7.5m
	設計舗装厚	25.0cm
	採取コア舗装厚	24.5cm

一般国道5号 森町

コンクリート舗装 $t=25\text{cm}$	当初曲げ強度	4.4MPa
上層路盤(切込砕石30mm級) $t=35\text{cm}$	鉄網	異形鉄筋6mm,鉄筋量:3.2kg/m ²
凍上抑制層(砂) $t=10\text{cm}$	ダウエルバー	有
路床(火山灰質砂)	横目地間隔	8.0m
	設計舗装厚	25.0cm
	補修前の舗装厚	19.8cm
	採取コア舗装厚	24.7cm

図-2 調査箇所の舗装構成

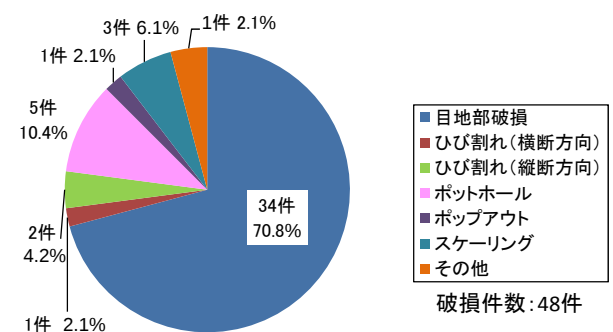


図-3 破損形態の分類 (一般国道 229 号)

b) 一般国道 231 号 増毛町・石狩市浜益

延長 L=11.739km の上下車線を対象に破損状況把握調査を実施した。破損形態の分類を図-4 に示す。

目地部の破損が 6 割 (96 件) を占め、ひび割れ (写真-1、2) が約 3 割 (47 件) であった。また、ポップアウトも 1 割程度 (19 件) を占めた。破損は上下線で 163 件であり、破損の頻度 70m 程度に 1 箇所割合となっており、比較的良好な路面状態である。

供用年数が長い一般国道 231 号は、一般国道 229 号と比較して写真-1 に示すような疲労破壊や凍上の影響とみられる縦断ひび割れが多く発生している。

目地部の側面の状況を写真-3 に示す。カッター目地の箇所からクラックが発生しており、目地が有効に機能していることが確認できる。

図-3 に示すようにコンクリート舗装版の横断方向のひび割れが、比較的少ない割合であったことから、目地部が健全に機能していると推測される。

写真-4 に石狩市浜益地区における開削箇所の舗装断面の状況を示す。上層路盤に切込砕石、路床に岩ズリが使用されており、高い支持力が期待できる状態であった。一方、増毛地区 (写真-5) においては、上層路盤、下層路盤には切込砕石、凍上抑制層は 80mm 級の粗粒材、路床にはレキ質土が用いられており、路床土を採取した試料による凍上試験では、凍上性の土として評価された。

c) 一般国道 5 号森町

前回の補修から 25～30 年経過し、平成 25 年度にひび割れ等の破損のため補修が行われている。

疲労破壊等による縦断方向のひび割れや亀甲状のひび割れが一部の区間に発生している。

亀甲状のひび割れが発生した箇所では、コンクリート舗装版が沈下し、鉄網は切断された箇所があり、局部打換えが実施され、バーステッチ工法で補修された。

写真-6 はダウエルバーが切断した状況である。切断した目地部のダウエルバーには、数 cm 程度の段差が確認され、走行荷重により路盤や路床が沈下し、切断したものであると推察される。

ただし、目地部のコンクリート舗装版の上面部の段差は発生していないことから、昭和 55～58 年の補修前に破断していたと考えられる。

(2) FWD 調査

目地部の健全度を評価するために一般国道 231 号 石狩市浜益において FWD 調査⁵⁾を実施した。この調査は FWD 試験装置を用いて行う非破壊試験であり、舗装体の支持力を評価する試験である。

図-5 に目地部の健全度を評価する荷重伝達率⁵⁾について概要を示す。

FWD 試験装置の載荷版をコンクリート舗装版の端部に載荷し、D0 たわみセンサーと載荷版中心から 30cm 離れた D30 たわみセンサーによって、隣接するコンクリート舗装版のたわみ量を測定し、測定値を式(1)に代入し、荷重伝達率を計算する。

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、目地部の伝達が良好であることが評価できる⁶⁾。

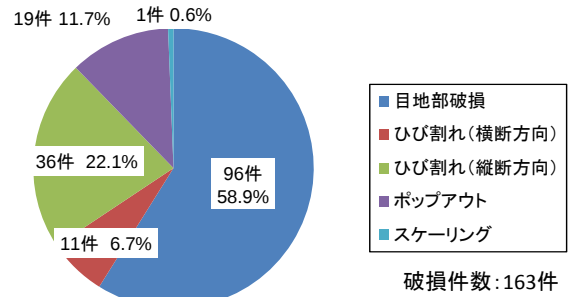


図-4 破損形態の分類 (一般国道 231 号)



写真-1 ひび割れ(縦断)

写真-2 ひび割れ(横断)

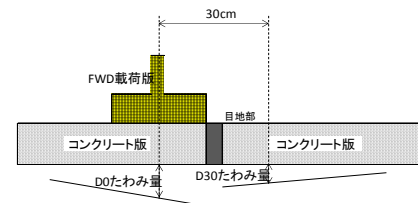


写真-3 目地部側面の状況

写真-4 舗装断面(浜益地区)



写真-5 舗装断面(増毛地区) 写真-6 ダウエルバーの破断



$$Eff = D30 \div [(D0 + D30) \div 2] \times 100\% \quad \dots\dots (1)$$

Eff : 荷重伝達率

D0 : 載荷点直下のたわみ量

D30 : 載荷点直下から30cmの位置のたわみ量

図-5 荷重伝達率の概要

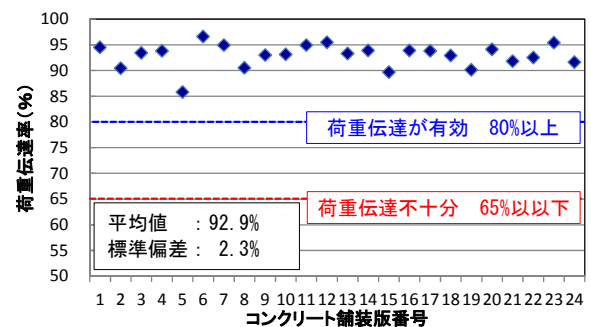


図-6 荷重伝達率

目地部における荷重伝達率を図-6に示す。荷重伝達率は平均で92.9%を示している。荷重伝達率は全調査箇所において80%以上であることから、目地部は健全に機能していると判断できる。

(3) 採取コアを用いた室内試験

a) 圧縮強度試験による曲げ強度の推定

コンクリート舗装箇所から採取したコアを使用し、圧縮強度試験を実施し、舗装調査・試験法便覧に示されている換算式⁷⁾を用い、曲げ強度を推定した。

図-7に推定した現在の曲げ強度と施工時の曲げ強度の平均値および試験値の最大・最小を示す。今回の試験では、全ての調査箇所において平均値が現在の曲げ強度の規格値4.4MPa以上を満足する値となった。

b) 中性化深さ

図-8に中性化深さの試験結果を示す。中性化深さは試験用供試体の最大値および平均値を示した。大気中の二酸化炭素による中性化の影響は、最大で10mm程度であり、供用年数等との関係性は見られなかった。

c) 深さ方向別塩化物含有量

図-9に採取したコアの塩化物イオン量を示す。

一般国道231号石狩市浜益と一般国道231号増毛町の値が他の一般国道5号森町と比較し大きな値を示した。これは、海岸線から近いことから飛来塩分が原因と考えられる。一方、海岸線から離れている一般国道5号森町では、凍結防止剤の影響が現れていると推察される。

なお、ダウエルバー、鉄網のコンクリート舗装版の上面からの埋設深さは、前者がコンクリート版厚の1/2の深さ、後者がコンクリート版厚の1/3の深さである。

今回の調査箇所では、埋設深さの浅い鉄網の位置（約8cm）においても、腐食発錆限界塩化物イオン濃度 1.2kg/m^3 以上⁸⁾を越える値は検出されなかった。

5. まとめ

コンクリート舗装の目視調査、FWD調査、採取コアを用いた室内試験等から以下のことが明らかになった。

- 1) 一般国道229号および231号は、供用後17～34年経過しているが、比較的良好な路面性状を示しており、破損形態としては、目地部の破損が多いが、供用年数の長い区間では、疲労破壊や凍上等の影響とみられる縦断ひび割れが確認された。
- 2) 一般国道5号森町においては、スパイクタイヤによる摩耗により、舗装厚が平均で5.2cm薄くなっていることが確認された。
- 3) FWD調査による荷重伝達率の評価方法により、一般国道231号石狩市浜益における目地部の健全を確認することができた。
- 4) 採取コアの圧縮強度より換算した曲げ強度は、一部を除き現在の規格値である4.4MPaを満足し、健全な状態であることが確認された。
- 5) 中性化深さは、最大でも10mm程度であり、供用年数等との関係性は見られなかった。
- 6) 塩化物イオン量は、海岸部の道路の含有量は多く、表面から7.5cmの深さまで腐食発錆限界塩化物イオン濃度 1.2kg/m^3 以上を越える箇所があった。

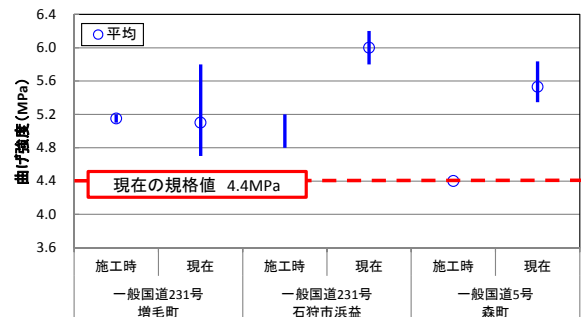


図-7 曲げ強度

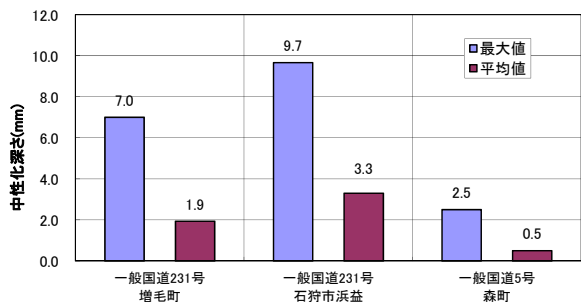


図-8 中性化深さ

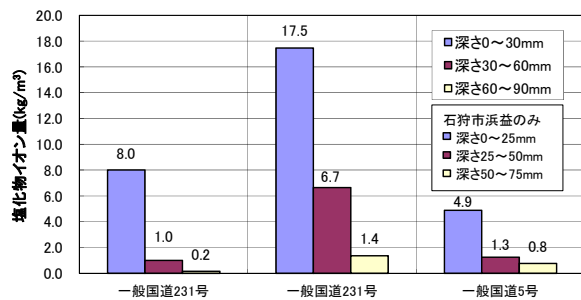


図-9 深さ方向別塩化物含有量

以上より、積雪寒冷地特有のコンクリート舗装の損傷として、スパイクタイヤによる摩耗、凍上の影響と見られるひび割れ、凍結防止剤の散布により塩化物イオン量の増加が確認されたが、既設コンクリート舗装は概ね健全な状態を維持していることが把握できた。

今後は、さらなるコンクリート舗装の長期利用に向け、凍上による損傷について検討を進める予定である。

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) 北海道土木技術会舗装研究委員会：北海道舗装史（上）、pp.382-384、1985.7
- 3) 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
- 4) 建設図書：舗装の維持修繕、pp.214-228、1992.5
- 5) 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.234-240、2007.6
- 6) 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
- 7) 公益社団法人 日本道路協会：舗装調査・試験法便覧〔第3分冊〕、pp.235、2007.6
- 8) 公益社団法人 土木学会：コンクリート標準示方書〔維持管理編〕、pp.102、2009.4