

長期間供用したコンクリート舗装の現況調査と維持修繕方法の検討

鳥山義則・浅井順一・山本 実

1. はじめに

近年、道路舗装のライフサイクルコスト低減化に向け、コンクリート舗装が見直されてきている。

岡山国道事務所では、長期間供用したコンクリート舗装の補修対策工法を検討するため、管内で供用期間が40年以上に達している国道53号(因幡街道)のコンクリート舗装区間を対象として調査検討を行ったので、ここに報告するものである。

なお本検討にあたっては検討委員会(一般財団法人土木研究センター道路研究部に事務局を設置)を設立し、委員長として飯島尚氏((一財)建設技術研究所)、委員として佐藤良一教授および半井健一郎准教授(広島大学)、久保和幸氏((独)土木研究所)、野田悦郎氏((一社)日本道路建設業協会、日本道路株)、大田孝二氏((一財)土木研究センター)にご審議を頂いた。

2. 現況調査

2.1 現地調査箇所

対象区間は、岡山県岡山市から鳥取県鳥取市に至る国道53号のうち、岡山県勝田郡奈義町にある9.8km区間(奈義町久常～奈義町馬桑、鳥取市に向かって平均4%上り勾配の山間部)とした。

この区間は、一部アスファルト(As)舗装による改修が行われているものの、主としてコンクリート(Co)舗装が舗設され、また各種の補修対策が実施されている。この区間で、既設Co舗装箇所、あるいは特徴的な補修対策が実施されている箇所計7箇所を調査工区として選定した(表-1)。

なお当該区間は積雪寒冷指定地区内にある。

当該区間の、H22年交通センサスの大型車交通量は1,433台/日/両方向(交通量区分N5相当)であり、下り車線側で碎石運搬ダンプトラックの積載走行が多く、帰路として上り側での空車

表-1 調査箇所

工区	舗装工種	施工年度	供用年数	備考
①	Asオヘアレ区間	S45	43	As厚さ2~3cm、リフレクションクラック発生箇所
②	As打換え舗装区間	H21	4	密粒5cm+粗粒5cm+7x安9cm+粒調15cm+CR15cm
③	Co拡幅施工区間	H9	16	上り車線 Co28cm+密粒4cm+粒調20cm+CR30cm
	既設Co舗装区間	S45	43	下り車線 Co25cm+路盤30cm
④	奈義トンネルCo舗装区間	S44	44	起点側トンネル坑口
⑤	既設Co舗装区間	S45	43	段差補修(フスコ摺り付け補修区間)
⑥	既設Co舗装区間	S47	41	下り車線の一部に登坂車線あり
⑦	Co版横目舗装Co舗装区間	H7	18	既設Co版施工はS47年度

走行が多いという特徴がある。

2.2 健全性調査

調査工区の健全性を把握するため、路面性状調査、FWD調査を行った。

(1) 路面性状調査

調査結果を表-2に示す。

表-2 路面性状測定結果

工区	舗装種別	下り車線				上り車線			
		ひび割れ率(%)	ひび割れ度(cm/m ²)	わだち掘れ(mm)	平坦性(mm)	ひび割れ率(%)	ひび割れ度(cm/m ²)	わだち掘れ(mm)	平坦性(mm)
①工区	As	15.0	-	6.0	1.77	9.3	-	5.4	1.68
②工区	As	0.0	-	8.8	1.77	0.0	-	9.0	2.17
③工区	Co	-	36.1	10.5	3.74	-	0.9	5.6	1.73
④工区	Co	-	1.1	9.4	3.02	-	0.0	12.1	1.87
⑤工区	Co	-	48.7	9.5	4.79	-	26.5	9.8	3.61
⑥工区	Co	-	26.6	7.0	3.18	-	4.9	8.4	2.39
⑦工区	As	11.5	-	8.3	2.62	4.8	-	9.3	2.01

路面損傷は全般的に下り車線に多い傾向が見られ、特に⑤工区の上下車線と、③・⑥工区の下り車線で“ひび割れ度”と“平坦性”に悪化傾向が見られた。“わだち掘れ量”は小さく、主にチェーンや過去のスパイクタイヤ等による摩耗わだち掘れと考えられる。

④工区の奈義トンネル内は温度応力が発生しにくい環境下にあるため、供用44年経過後でも、ひび割れの発生が非常に少なく、路面性状は良好な水準を維持していた。

(2) FWD調査

載荷荷重98kNで測定した時の、各工区(②工区を除く)のCo版横目地部およびひびわれ部の荷重伝達率を図-1に示す。

A Research on the pavement conditions and the repairing methods of the existing concrete pavement after long-term service

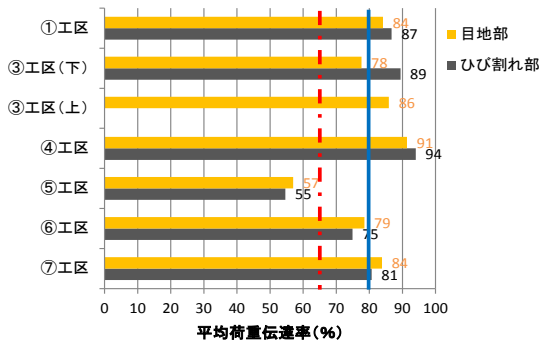


図-1 各工区の平均荷重伝達率

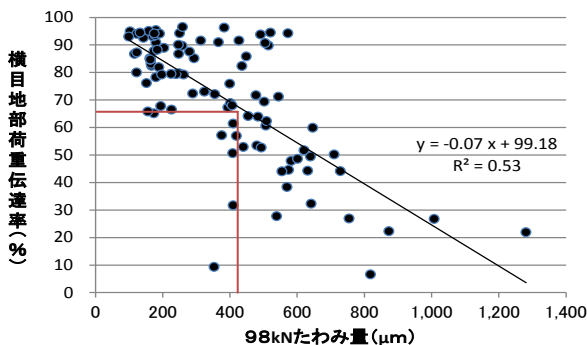


図-2 たわみ量と荷重伝達率の関係

80%以上を“良好”、65～80%を“不十分”、65%以下を“否”とした場合¹⁾、⑤工区で荷重伝達率が“否”となっているものの、他工区は供用後40年以上経過後も比較的良好な状態であることが確認された。

As舗装への打換え箇所である②工区は、載荷荷重49kNでたわみを測定した。たわみ量は、 $D0=0.56\text{mm}$ とN4交通量区分の許容たわみ量に相当するものとなった。また、道路端法尻に水田が近接した箇所のたわみ量は 0.76mm とさらに大きくなった。この区間がAs舗装に打ち換えられた要因として、他工区に比べ路盤、路床の支持力が低いことが影響しているものと推定される。

FWDの調査結果を基に、横目地部でのたわみ量と荷重伝達率との関係について整理した結果を図-2に示す。

65%以上の荷重伝達率を保持するには98kNのD0たわみ量は

$400\mu\text{m}$ 程度以下が望ましい結果となり、“ひび割れ部”にも同様な傾向が確認された。

(3) 開削調査結果

⑤工区で損傷発生箇所と正常箇所の比較を行うため、損傷目地部（収縮目地部、荷重伝達率53%）およびひび割れ部（荷重伝達率53%）と、正常目地部（膨張目地部、荷重伝達率92%）の3箇所を対象として、開削調査を実施した。

開削調査結果から、舗装構成はCo版厚さが22cm、路盤は2層構成(20cm+25cm)であることが判明した。上・下層ともM-30粒度範囲を満足し、平均支持力は $K30=22\text{kgf/cm}^3$ と当初基準値を十分満足していた。下層路盤に1箇所水の浸み出しが見られたが、路盤面は強固でかつ平坦であり、3箇所とも浸食発生の痕跡は見られなかった。路床は山ずりで塑性指数はNP、CBR値は130%で路盤に近い土質であった。平均支持力値は $K30=21\text{kgf/cm}^3$ と路盤に匹敵する値が得られた。Co版の圧縮強度は平均で 56N/mm^2 で、推定曲げ強度²⁾は 62.7kgf/cm^2 となり、40年以上経過後も設計強度に対し約1.4倍の強度を有していた。また、静弾性係数は $378,000\text{kgf/cm}^2$ であった。なお、損傷箇所、正常箇所ともに路盤、路床性状に大きな差異はみられなかった。

写真-1、写真-2は損傷目地部、写真-3、写真-4は正常目地部の開削状況を示したものである。



写真-1 損傷目地部（収縮目地）



写真-2 φ19mmスリッパー



写真-3 正常目地部（膨張目地）部



写真-4 φ22mmスリッパー

土研センター

損傷目地部のCo版は、吊り上げ時に座屈状態となり、使用鉄筋は写真-2に示すように100%の破断率であった。一方正常目地部は、一体の版として正常に吊り上げられ、また使用鉄筋は、かなりの減肉はあるものの破断率は20%であった（写真-4では、開削時に破断したものも一部含まれる。）。

これらの状況から、目地部の荷重伝達率低下は、スリッパーの破断が大きく影響しているものと考えられる。なお、破断した鉄筋の径はφ5mm程度であり、φ5mm程度まで減肉すると交通荷重により破断することが推定される。また、減肉している鉄筋の長さの平均は中央部で6cm程であった。

これらの減肉は、目地材飛散による雨水浸入の他、冬期に散布される融雪剤も大きな影響を与えていることが予想される。

写真-5は、ひび割れ部の開削前後の状況を示したものである。



【開削前の路面状況】 【開削後の舗装下面の状況】

写真-5 Co舗装版下面の細粒化損傷現象

Co舗装版の下面に、クラックに沿った細粒化損傷（版厚の減少）が確認された。下面はやや緻密性が損なわれており、永年の雨水や塩カルの影響でCo版の中性化が進行し、交通荷重によるすり磨き作用などで細粒化したものと推察される。これは、損傷目地部でも同様の現象を確認することができたが、正常目地部では見られなかった。

2.3 各工区の破損状況のまとめ

①～⑦工区の破損等の発生状況を整理したものが表-3である。

上述したとおり、40年以上経過後も、一部区間を除いて健全性を維持しておりCo舗装の長期耐久性を確認することができた。

表-3 調査結果概要

工区	舗装工種	破損等の発生状況
①	Asオーバーレイ	・良好な路面状態を保持 ・リフレクションクラックが多発しているが、段差もなく荷重伝達率もほぼ90%以上を保持 ⇒ コンクリート版は健全性な状態
②	As舗装打換え	・H21年度に打ち換えられた区間であり、健全性な状態
③(上り)	Co拡幅施工	・供用後16年経過しているが、段差、開きともにほとんど健全性を保持 ・路面にホウキが見られ、高いすべり摩擦係数を保持
③(下り)	既存Co舗装	・全体として荷重伝達率は確保されて、ひび割れ度も20cm/m ² 以下 ・伝達率70%以下の目地部で段差最大6mm、目地部開き10mm。ただし、すべり摩擦、構造物耐久性は保持
④	奈義トンネル既設Co舗装	・横断ひび割れが2カ所で発生しているものの、40年以上経過後も健全性を保持
⑤	既設Co舗装	・目地部の段差、ひび割れの発生が多数、修繕工事段階 ・開削結果により、段差箇所でタイヤ、ダウエルバーの破損を確認 ・路盤、路床の健全性は保持
⑥	既設Co舗装	・ひび割れの発生があるが、段差、開きは比較的小さく健全性を保持 ・すべり摩擦係数が若干小さいが、道路構造令の設計基準値0.35以上を確保 ・ポットホールが発生
⑦	ゴムロール舗装	・リフレクションクラックが発生 ・目地部、リフレクションクラックの段差、開きも少なく健全性を保持

3. 維持修繕方法の検討

3.1 維持修繕工事に関する基本的考え方

Co舗装区間で補修を行う際も、破損等の状態に応じて効果、費用などを踏まえて最適な補修工法を選定する必要があるが、Co舗装の構造的特徴を踏まえ、既存Co舗装を活用し長期耐久性を維持するための基本的な考え方について整理し、委員会では以下の結論に至った。

1) コンクリート舗装での補修を考える

耐久性に優れたコンクリート舗装の特性を最大限に活かす。

2) 舗装版間の連続性確保を考える

舗装版間は連続させ、荷重伝達率を高めることで耐久性が維持できる。

3) 基層（路盤）の健全性を保持する

舗装版は、路盤、路床が健全であることで耐久性が維持できる。

4) 部分補修等はコンクリート色に近い材料で補修を行う

3.2 各工区の主な維持修繕対策

3.1の基本的考え方をもとに、Co舗装の損傷状況に応じた代表的工法について選定した結果を表-4に示す。

なお、今回の対策検討の中では、既存Co舗装を活用した維持修繕対策としてバーステッチ工法が、比較的安価でかつ広範囲な破損種類に対応が可能な工法として注目された。

表-4 Co舗装の代表的維持修繕工法³⁾

コンクリート版の破損の種類		パッチング工法	目地材注入工法	表面処理工法	粗面処理工法	(サブシーリング) 注入工法	バーステッチ工法	段差修正工法	局部打換え工法	(誘導カッター目地付き) オーバーレイ工法	CO版打換え工法	
維持 工事	ポットホール	○										
	角欠け・隅角部損傷	○										
	アスオーバーレイ舗装の剥離	○										
	目地材・縁部の破損		○									
	幅3mm以上のひび割れ		○									
修繕 工事	リフレクションクラック (コンボジット舗装)		○									
	すべり抵抗	粗骨材の手触り感がつるつる (試験で $\mu \leq 0.35$ か確認)			○	○				○		
	騒音・振動	騒音・振動が大きく苦情等がある				○			○	○		
	環境・構造 (FWDデータなし)	クラックありor目地の段差 ≤ 10 mmだが、開き ≥ 10 mm		○				○		○	○	
		クラックありor目地の段差 ≥ 10 mmで、開き ≤ 10 mm			○	○	○	○	○	○	○	○
		クラックありor目地の段差・開きともに 10 mm以上			○	○	○	○	○	○	○	○
	環境・構造 (FWDデータあり)	D ₀ たわみ量 ≥ 0.4 mmだが、荷重伝達率 $\geq 70\%$					○	○		○	○	○
		D ₀ たわみ量 ≤ 0.4 mmだが、荷重伝達率 $\leq 70\%$						○		○	○	○
D ₀ たわみ量 ≥ 0.4 mmで、荷重伝達率 $\leq 70\%$						○	○		○	○	○	
環境	目地・クラックの段差が 10 mm以上				○	○		○				
構造	ひびわれ度 ≥ 10 cm/m ² (横断クラック1本)			○			○					
	ひびわれ度 ≥ 20 cm/m ² (横断クラック2本)			○			○		○			
	ひびわれ度 ≥ 30 cm/m ² (横断クラック3本)										○	

工法名	工法の種類等
表面処理工法	ファインミリング工、薄層舗装工、スチールショットブラスト工、グルーピング工
粗面処理工法	ダイヤモンドグラインディング (DG) 工、グルーピング工
サブシーリング工法	ブローンアス注入工、発泡ウレタン注入工
バーステッチ工法	棒鋼バーステッチ工、フラットバーステッチ工
段差修正工法	C ₀ 版リフトアップ工、樹脂系モルタル段差摺り付け工、発泡ウレタン注入工、DG工

4. おわりに

今回の調査結果から、供用40年以上経過したCo舗装でも、路盤、路床が健全であれば損傷が少ない結果となった。またCo舗装の損傷は、目地部の鉄筋破断が引き金になる可能性が高いことも判明した。これは、言い換えれば路盤、路床の健全性を確保すること、目地部鉄筋の破断を防ぐことで、Co舗装の長期耐久性が確保できることを示唆している。

既設Co舗装を活用した維持修繕工法としては、比較的安価で広範囲の構造破損に対応できるバーステッチ工法⁴⁾が有望であると考えられる。バーステッチ工法とは、ひびわれを挟んだ両側のコンステッチ工法はひびわれの生じたコンクリート版を、鉄筋等を用いて連結し、ひび割れ部の荷重伝

達を確保する工法である。日本での施工例は少ないがアメリカでは一般化しており⁴⁾、効果の持続性も確認されている。

中国地方整備局では、今回の調査結果を踏まえ、一部に試験施工区間を設けバーステッチ工法の効果を継続的に調査する予定である。

参考文献

- 1) (財)道路保全技術センター：「活用しよう！FWD」、H17年3月
- 2) (社)日本道路協会：「舗装調査・試験法便覧【第3分冊】p235」、H19年6月
- 3) (社)日本道路協会：「コンクリート舗装に関する技術資料p57」、H24年2月
- 4) PIARC ; Best Practice Guide for Maintenance of Concrete Roads, 2013

鳥山義則



国土交通省中国地方整備局
岡山国道事務所管理第二課
長
Yoshinori TORIYAMA

浅井順一



国土交通省中国地方整備局
岡山国道事務所管理第二課専
門官
Junichi ASAI

山本 実



国土交通省中国地方整備局
岡山国道事務所管理第二課
修繕係長
Minoru YAMAMOTO