

平成28年度

白鳥大橋における舗装補修工事について

— 予防保全を考慮した舗装補修の事前調査から施工まで —

室蘭開発建設部 室蘭道路事務所 計画課

○福田 孝志

川口 則幸

寒地土木研究所 寒地道路保全チーム

丸山 記美雄

白鳥大橋は室蘭港に架設されている長大吊橋であり、橋梁各部材の交換は非常に困難である。そのため予防保全を中心とした戦略的維持管理計画が必要とされている。白鳥大橋の舗装は変形追随性、低温時疲労抵抗性を有する耐久性に優れた舗装を採用しているが、近年、舗装表面に損傷が広範囲で確認された。

本稿では、予防保全を考慮した舗装の事前調査から、施工方法の検討及び施工について報告する。

キーワード：長寿命化、維持・管理

1. はじめに

一般国道37号白鳥大橋（写真-1）は国内で唯一、積雪寒冷地に建設された長大吊橋である。橋長1380m、3径間2ヒンジ補剛吊桁形式の大規模橋梁で、中央径間長720mは国内第10位の長さを誇る。昭和60年に着工、13年に渡る建設期間を経て、平成10年6月に供用開始された。上下各1車線の自動車専用道路であり、片側有効幅員6.855m、中央分離帯を有する。

供用後、18年が経過した現在、舗装、塗装などに経年劣化が確認されているが、架替えの難しい大規模橋梁であるため、劣化が橋梁構造に与える影響を把握し、長期的視点での計画的な維持管理が求められている。

昨年、その一例として、舗装調査を踏まえた舗装の現状と補修計画について報告した¹⁾。本稿では、引き続き、今年度実施された舗装補修工事について報告するが、その他、補修実施に向け、事前に実施した切削試験や舗装構成、施工方法の検討結果等も合わせて報告する。

2. 白鳥大橋の舗装

本橋は交通振動や風、地震などで生じる大きな変形を許容する柔構造形式であり、揺れ易く、たわみが大きいという特徴を有する。また死荷重の軽減を図るため鋼床版箱桁形式（図-1）を採用、さらには積寒地、海上という架橋環境の特殊性も有する。

本橋の舗装は、建設当初より①低温時のたわみ追随性に優れること、②鋼床版の防錆を図るため十分な防水性を有すること、③安易な車線切回しなどが困難なため耐流動性、耐摩耗性、耐剥離性に優れた高耐久性舗装を要することなどが求められた。アスファルトは、高温時には剛性（舗装スチフネス）が小さくなる一方、耐流動性や耐摩耗性が低下する。低温時は剛性が大きく耐摩耗性が高くなるが変形追随性が低下し、クラックが発生し易くなるという特性を有する。本橋の長期健全性を確保するためには高性能な舗装を要し、補修に際しても鋼床版の健全性維持を念頭に慎重な補修計画が必要であった。



写真-1 白鳥大橋全景

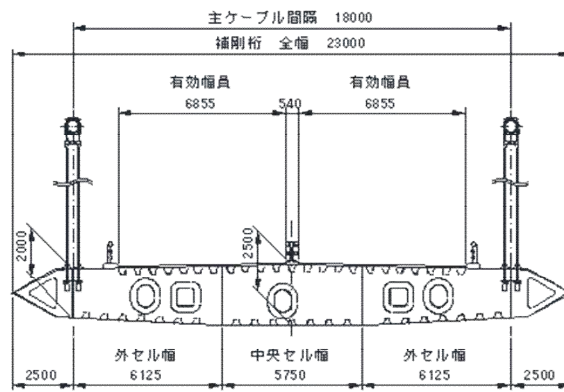


図-1 白鳥大橋断面図

3. 舗装の現状と補修計画

舗装の現状と補修計画については、昨年度、詳細に報告していることから本章ではその概要を示す。

(1) 舗装ひび割れ状況

点検にて、路面に規則性のある舗装ひび割れが確認され、グースアスファルト及び鋼床版の健全性低下が懸念された。舗装ひび割れは橋面全体に直線状（写真-2）に広く点在しており、局部的に横断方向ひび割れや並列状（写真-3）のひび割れが発生していた。

(2) 舗装の調査試験

グースアスファルト及び鋼床版の状態を確認するため、局所開削試験を実施した。その結果、一部でグースアスファルトを貫通するひび割れ（写真-4）と鋼床版表面の腐食が確認された。ひび割れ箇所の中内面には特に異常はないことから、舗装材料の経年劣化を把握するため、現地にて引張接着試験を行うとともに、開削時のアスファルト塊で室内試験を実施した。

試験の結果、表層アスファルトの付着力低下や針入度及び軟化点の低下が見られ、追従性能の低下が確認された。一方、グースアスファルトは建設時とほぼ同等の性能を維持していることが確認された。

(3) 鋼床版の腐食調査

鋼床版の腐食（写真-5）は、グースアスファルトのひび割れに沿って発生し、孔食状態であった。調査の結果、残存板厚が必要値を確保しているとともに、亀裂も発生していないことから、鋼床版は所用耐力を確保していると評価した。

(4) 舗装補修計画

舗装調査にて表層As（本四Ⅰ型）は追従性能の劣化が見られるが、基層As（グース）は基本的に劣化していないことが明らかになった。そのため、補修の基本方針として、表層Asは健全性を確保するため全面打替えることとし、基層Asはひび割れ発生箇所等の劣化部を部分的に打替えることとした。表層切削後に基層Asの状態確認を実施し、基層の補修範囲を決定するとともに、今後の舗装管理資料を得るため、表層As及び基層Asの劣化マップを作成することとした。

4. 切削試験

グースアスファルトの状態確認を表層切削後に実施するが、通常の切削方法では切削面の凹凸が大きく、グースアスファルト表面のひび割れを確認することが難しい可能性が指摘された。そのため、実施施工に先立って切削試験を行い切削方法を決定した。

(1) 試験概要

下記2つの切削方法にて既存ひび割れ箇所を局所的に切削、切削面におけるグースアスファルトのひび割れを目視で確認した。なお、試験の前提条件として、切削面に貫通ひび割れが存在することが必要であるため、前年度に貫通ひび割れが確認された箇所で行った。

- ①通常切削：ビット式ブレードによる切削（写真-6、7）
- ②特殊切削：スクエアブレードによる切削（写真-8、9）

(2) 試験結果

- 以下が判明したため、通常の切削方法で計画した。
- ・いずれの切削方法でもひび割れ確認は可能であった。
- ・特殊切削はより鮮明だが、作業性に課題があった。



写真-2 直線状に発生したクラック



写真-3 並列状に発生したクラック



写真-6 通常の切削ブレードを装着した切削機



写真-7 通常切削方法による切削面



写真-4 グースアスファルトを貫通するクラック

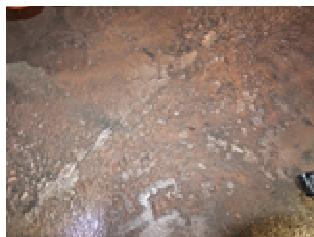


写真-5 鋼床版表面に生じていた腐食

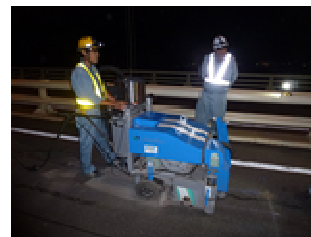


写真-8 特殊切削ブレードを装着した切削機



写真-9 特殊切削方法による切削面

5. 舗装構成・仕様

(1) 舗装構成

路面平坦性、混合物の締め固め度などを考慮し、現況と同様、表層40mm、基層40mmの2層構成を採用した。

基層には、鋼床版の不陸補正や荷重分散機能のほか、高い止水性を有し、耐摩耗性、たわみ追従性にも優れた「グースアスファルト」を採用した。

表層は、走行性や制動時のすべり抵抗保持などの機能とともに、夏季のわだち掘れに対する高温安定性、冬期の耐摩耗性、疲労抵抗性などが求められるが、特に本橋の場合は前述したような高い耐久性が求められる。建設当時は、長大吊橋の舗装に対する要求仕様を満足させる「改質アスファルト本四Ⅰ型（細粒度Gアスコン13F）」を使用した。建設後18年間で技術開発や仕様変更、規格共通化などを踏まえ、本四Ⅰ型と同等の高い要求性能を満足し、かつ市場性を有する「ポリマー改質アス

ファルトⅢ型WF（細密粒度Gアスコン13F55）」を採用した。

(2) 配合設計

a) グースアスファルト

建設時と同様、ブレンド比3:1でストレートアスファルト(40-60)と精製トリニダットアスファルトを配合した。適正アスファルト量は確認試験（表-1）から得られるアスファルト量共通範囲（7.65～8.35%）の中央値（8.0%）とした。使用骨材配合及び試験結果を表-2、図-2に示す。

b) ポリマー改質アスファルトⅢ型WF（細密粒度Gアスコン13F55）

粒度範囲の中央値を目標粒度（F/A=1.7）とし、骨材の配合を決定した（表-3）。アスファルト量5.0～7.0%の各混合物に対しマーシャル試験を行い、試験結果より基準値を満足する共通範囲（5.42～6.17%）の中央値（5.79%）をもとに設定アスファルト量（5.8%）を決定した（図-3）。

表-1 グースAsに対する適正アスファルト量の確認試験項目

項 目	基準値
リュエル流動性試験(240℃)	3～20 秒
貫入量試験(40℃, 515 N, 30分)	1～6 mm
ホイールトラッキング試験 DS (60℃, 686 N)	150 回/mm 以上
曲げ試験 破断ひずみ(-10℃, 50 mm/min)	8×10 ⁻³ 以上

表-2 グースAsの使用骨材粒度

骨材配合 (%)	砕石 6号	23.5	目標粒度	粒度範囲
	砕石 7号	23.0		
	粗砂	17.5		
	細砂	8.5		
	石粉	27.5		
合成粒度 (通過質量百分率%)	19.0mm	100.0	100.0	100
	13.2	100.0	97.5	95～100
	4.75	75.2	75.0	65～85
	2.36	53.4	53.5	45～62
	600μm	44.0	42.5	35～50
	300	34.5	35.0	28～42
	150	27.5	29.5	25～34
	75	23.6	23.5	20～27

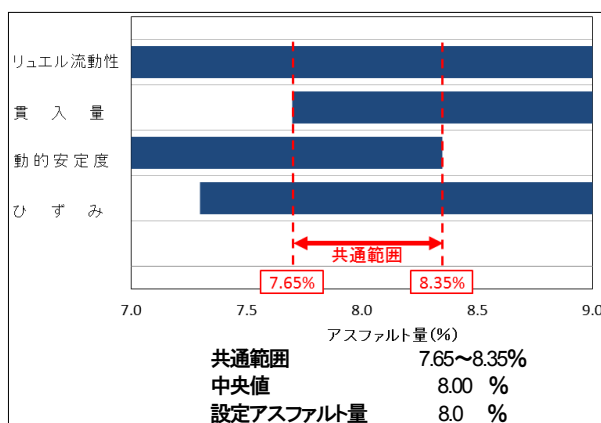


図-2 適正アスファルト量(グースAs)

表-3 細密粒度Gアスコン 13F55の使用骨材粒度

		石 粉	細 砂	粗 砂	碎石 7 号	碎石 6 号	備 考	
通過質量百分率 (%) (A)	19mm					100.0		
	132				100.0	100.0		
	4.75		100.0	100.0	87.6	6.8		
	2.36		100.0	91.5	4.7	1.3		
	600μm	100.0	97.2	46.3	0.6			
	300	100.0	40.2	20.4				
	150	95.0	8.1	4.2				
75	85.0	0.3	1.2					
		(A)×(B)					合成 粒度	目標 粒度
配合(%) (B)		10.5	28.0	6.0	17.0	38.5		
通過質量百分率 (%)	19mm					38.5	100.0	100.0
	132				17.0	38.5	100.0	97.5
	4.75		28.0	6.0	14.9	2.6	62.0	62.0
	2.36		28.0	5.5	0.8	0.5	45.3	45.0
	600μm	10.5	27.2	2.8	0.1		40.6	41.0
	300	10.5	11.3	1.2			23.0	30.0
	150	10.0	2.3	0.3			12.6	17.5
75	8.9	0.1	0.1			9.1	10.5	

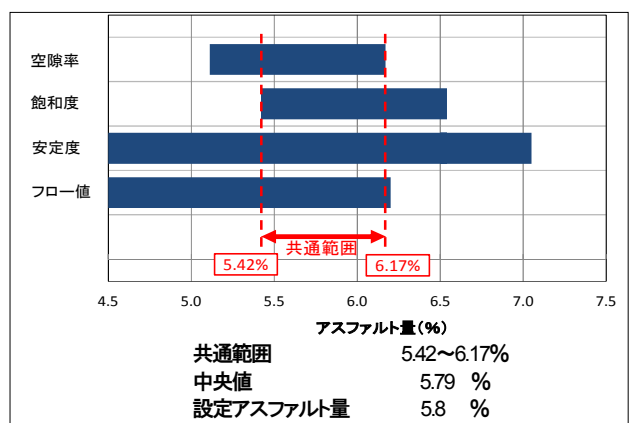


図-3 適正アスファルト量(表層As)

7. 対策

グースアスファルトの部分的かつ断続的なパッチワーク状の施工は多数の施工継ぎ目を生じ、グースアスファルトの防水性能を著しく低下させることから、望ましくないと判断した。よって、グースアスファルトは全面的な打替を行うこととした。一方、建設時に設置された「ひび割れ防止目地」及び「排水桝周囲や地覆際の目地」は、経年劣化により固くなることが容易に推測されるため、止水性や伸縮追随性などの向上が重要であるが、高性能な目地材の耐用年数や適用事例・実績など技術知見が不足していた。そのため、将来の舗装補修に資するよう新たな目地構造（3タイプ）による試験施工を行い、耐久性評価を行うこととした。同時に浸透型止水剤も併用し、より確実な止水構造の確立も図った（図-6）。

8. 施工

(1) 施工概要

舗装補修の施工数量を表-4に示す。補修時の通行規制は片車線24hの時間帯別規制を導入した。通勤通学時のラッシュを考慮し、6:00～15:00までは、祝津方面への一方通行規制、15:00～22:00までは、陣屋方面への一方通行規制、22:00～翌6:00までは片側交互通行規制とした。

(2) 各工程の詳細

- a) 路面切削工（表層Asの切削）：写真-15
既設路面に標示した切削深さを基準に路面切削機で1レーン2m幅で平坦に切削した。各レーンの重複部分は段差が生じないように慎重に作業を進めた。なお、排水桝や伸縮装置などの構造物周辺はブレーカーにより人力施工とした。
- b) 舗装版撤去工（グースAsの撤去）：写真-16, 17
切削時のブレードやピックによる鋼床版へのキズ防止を図るとともに、騒音や粉塵抑制効果が高いIH（電磁誘導加熱）式舗装撤去工法を採用した。
- c) 素地調整工：写真-18

表-4 工事数量

項目	単位	数量	備考
表層切削	m2	3770	T=40mm 切削機械
グース撤去	m2	3770	T=40mm IH加熱機
素地調整	m2	3770	1種ケレン
接着剤塗布	m2	3770	ゴムアスファルト系
グースアスファルト	m2	3770	T=40mm
タックコート	m2	3770	ゴム入りアスファルト乳剤
表層アスファルト	m2	3770	細密粒度 G アスコン 改質Ⅲ型
その他 ひび割れ防止目地、表面含浸剤 各1式			

舗装との密着性やプリスタリング防止効果の高い1種ケレンを機械施工（スーパーブラスター）にて実施した。排水桝周りなど機械施工ができない箇所はディスクサンダー等の電動工具にて人力施工とし、さらに施工時の粉塵を防止するため施工機械に集塵機を設けた。なお、除錆度は100m²毎に検査を行い、ASTM -D-610標準との対比により合否判定を行った。

- d) 接着剤塗布：写真-19
接着層は鋼床版と舗装を一体化し合成効果を高めるとともに疲労抵抗性が増加するため、耐久性向上が期待できる。溶剤型のゴムアスファルト系接着剤を使用し、接着性を確保するため、再発錆の防止に留意し、素地調整完了後3時間以内に接着剤を塗布した。
- e) グースアスファルト舗装工：写真-20
合材の劣化防止のため190±5℃で工場出荷とし、クッカー車で徐々に目標温度220℃に加熱し、現場での排出温度は210～225℃とした。舗装はグースアスファルト専用のフィニッシャーを使用し、片側幅員6.855mを2分割し施工した。分割位置は舗装ひび割れの発生を抑制するため、Web直上に施工ジョイントを設けないよう中央分離帯から3.1mとした。またプリスタリングを防ぐため、雨水のほかに結露にも留意した施工を行うとともに施工継ぎ目は接着剤を塗布し先行舗設部との一体化を図った。
- f) タックコート工
ゴム入りアスファルト乳剤を使用し、乳剤散布はディストリビューターを使用した。
- g) 表層アスファルト舗装工：写真-21, 22, 23
拡張スクリードを装備したフィニッシャーを使用し、片側6.855mを一括施工した。混合物の現場到着温度は170±5℃とし、初転圧時の目標温度は165±5℃とし、マカダムローラにて可能な限り高い温度で実施するよう留意した。2次転圧はタイヤローラを使用し、平坦性を確保するため転圧距離を長めに設定した。
- h) ひび割れ防止目地：写真-24, 25
乾式の目地カッターにて幅10×深30mmの目地を整形したのち、水膨張性止水材を注入、硬化を確認した後に、

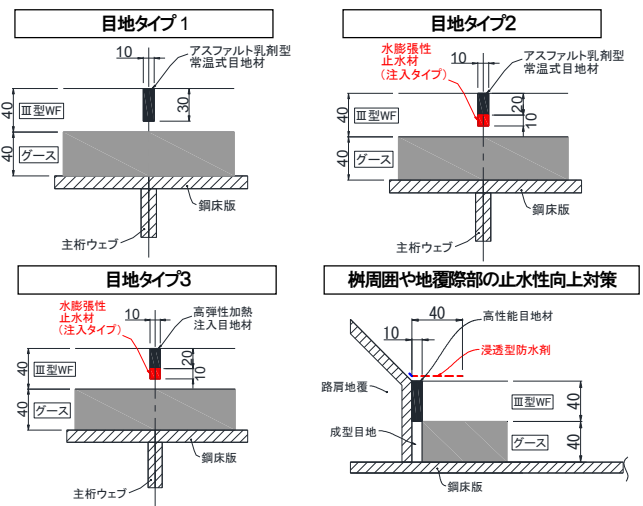


図-6 新たな目地・止水構造（試験施工中）

続けてアスファルト乳剤型常温式目地材を注入した。

i) 排水桝周囲と地覆際部への表面含浸処理：写真-26

注入目地材の硬化を確認後、目地に沿って、ローラー刷毛にて4cm幅に浸透型防水剤を塗布した。

9. おわりに

室蘭は半島が馬蹄形に突出た地形で、本橋はその先端を繋ぐよう架橋された。市内交通ネットワークの形成とともに広域ネットワークを担っており十分な整備効果を発揮すると同時に、交通機能の観点でも大きな役割を果たしている。現在では地域のシンボルとしても欠かせない存在となっており、長寿命化の推進は架替えの難易度によらず地域の要請としても強く求められている。

今回は、舗装の補修に関する報告を行ったが、他の部

材に関する維持管理に対しても様々な取組みを計画・実施し、白鳥大橋長寿命化対策を推進していく予定である。

謝辞：本工事の計画・実施にあたり、白鳥大橋維持管理計画検討会の各委員並びに寒地土木研究所寒地道路保全チーム各位には、多大なるご指導、ご鞭撻を頂いた。この場を借りて深く感謝の意を表す。

参考文献

- 1) 「白鳥大橋の舗装ひび割れ調査及び舗装補修計画について」島田武、小野寺仁、西村浩二、第59回北海道技術研究発表会、2015
- 2) 「橋面舗装の設計と施工」p43-45、多田宏行編著、鹿島出版会、1996



写真-15 表層切削



写真-16 IH加熱機



写真-17 IH加熱機による基層撤去



写真-18 鋼床版の素地調整



写真-19 接着剤の塗布



写真-20 グースアスファルトの施工



写真-21 表層アスファルトの舗設(1)



写真-22 表層アスファルトの舗設(2)



写真-23 表層の締固め



写真-24 乾式カッターによる目地切削



写真-25 常温型目地材の施工



写真-26 地覆際への浸透型止水剤塗布