

一般国道229号積丹町神岬地区でのコンクリート舗装の施工事例

—コスト縮減と損傷実態把握への取組—

北海道開発局 小樽開発建設部 小樽道路事務所 第2工務課 ○佐々木誠吾
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 大場 啓汰
北海道開発局 小樽開発建設部 小樽道路事務所 第2工務課 緒方 聡

一般国道229号積丹町神岬地区では舗装の劣化に伴いアスファルト舗装よりも高耐久なコンクリート舗装による打ち換え工事を実施するにあたり、路盤層下に断熱材を設置する断熱工法を採用した。また既設アスファルト舗装の打換えという好機を活用して現地で粒状路盤層の損傷実態を把握するため粒状路盤面の支持力測定等を行った。

本報告では施工の実施状況や取り組んだコスト縮減及び粒状路盤層の損傷実態などについて報告する。

キーワード：コンクリート舗装、舗装打ち替え、断熱工法

1. はじめに

一般国道229号積丹町神岬地区(図-1)では、既設アスファルト(以下As)舗装の修繕として、コンクリート(以下Co)舗装による舗装打ち換え工事を令和5年度から実施している。

当地区は、小樽道路事務所管内の中でも最も遠方であり、さらに直近のアスファルトプラントから40～80km程度離れており、舗装パッチ作業などの維持的な作業をするだけでも、作業員の移動時間や合材運搬等で負担が大きい箇所である。そのため、As舗装からCo舗装へ修繕することで維持的な作業が軽減されれば、年維持業者及び舗装維持業者の負担軽減等が見込まれる。

本報告では、Co舗装の設計において、舗装再構築な

どと比較して断熱工法を検討した結果、実際の施工におけるコスト縮減方策、あわせて、現地で実施した粒状路盤面の支持力測定等について報告する。

2. 断熱工法を用いたCo舗装

(1) Co舗装の設計

Co舗装はわずかな凍上でも、これに起因して路盤面に不陸が発生し、Co舗装版と路盤面との間に隙間が生じることがある。これが要因となり、車両走行時にCo舗装版下面に発生する引張応力が増大することで、短期間にCo舗装版にひび割れが発生することが上野らの研究¹⁾で明らかになっている。このため、国土交通省北海道開発局の道路設計要領では、Co舗装の置換厚は、20年確率の理論最大凍結深さまでとされた²⁾。

一方、As舗装の置換厚は、理論最大凍結深さの70%となっており、既設のAs舗装をCo舗装に打ち換えようとした場合、置換厚が不足することがある。

凍上対策は一般的に置換工法や断熱工法が用いられるが、置換工法をAs舗装からCo舗装へ打ち換える際に用いた場合、凍上抑制層を増厚するため既設路盤や路床を掘り返さなければならず、イニシャルコストの増大、一般交通への影響および工期の長期化が伴い、工法選択の足かせとなることが多い。

当地区では、近傍で行われた過去のトンネル工事の状況等から、試掘調査で岩盤が出ることで、岩路床によるCo舗装も期待された。そのため、最初に試掘調査を行い、置換厚72cmを確認(写真-1)した。



図-1 工事箇所図



写真-1 試掘調査の結果例（置換厚 $t=72\text{cm}$ ）

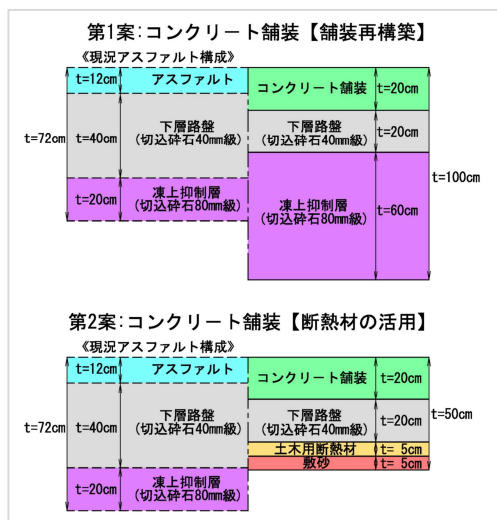


図-2 Co舗装2案

この結果より、理論最大凍結深さ 100cm から 28cm 不足していたため、置換厚の確保や断熱材活用による以下2案（図-2）を比較した。

第1案：舗装再構築（置換厚 100cm を確保するために、全断面掘削）

第2案：断熱材の活用（断熱材を活用することで、掘削量を低減する）

検討案を比較した結果、経済性、施工性に優れる「第2案：断熱材の活用」を採用した。

(2) 路肩からの冷気回り込みを防ぐ断熱材幅の検討

冬期間では、小雪時や拡幅除雪等により車道路肩部の堆雪が少ない場合がある。その場合、雪による断熱効果が得られず、車道路肩部から車道部断熱材下まで冷気が回り込み、凍結や凍上が進み路盤面に不陸が生じることが考えられる。不陸ができた状態で交通荷重がかかると、コンクリート舗装版にひび割れが早期に発生することが考えられる。

そこで、当地区では、断熱材の幅をコンクリート舗装

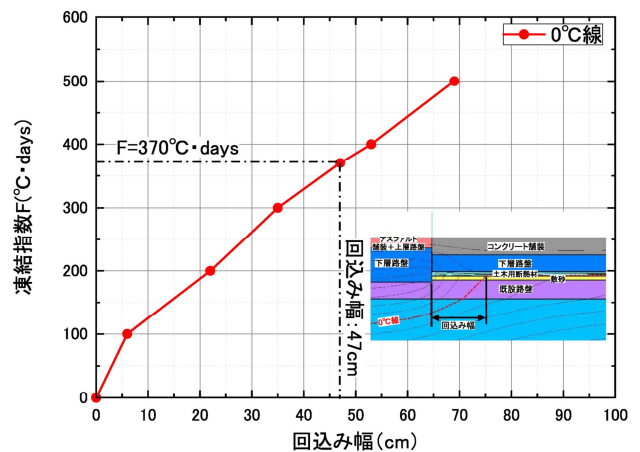


図-3 凍結指数に対する寒気の回り込み幅

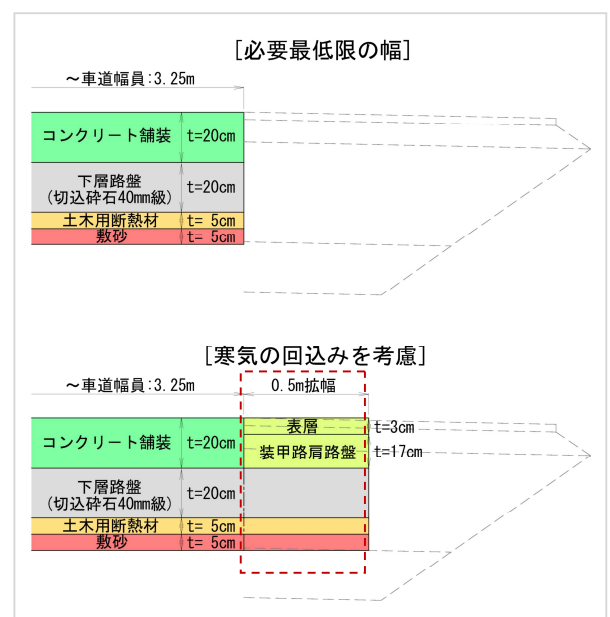


図-4 寒気の回り込みを配慮した断熱材幅（0.5m 拡幅）

版の幅より車道路肩部側へ延長することで、冷気の回り込みを防ぐ対策を検討した。

解析（図-3）によると、車道路肩部（既設アスファルト部）から車道部（新設コンクリート舗装部）への回り込み幅は 47cm との結果となった。そのため、車道部から路肩部方向へ 50cm 拡幅する断面（図-4）とした。

3. コンクリート舗装の施工手順

(1) 24時間片側交互通行規制の採用

既設アスファルト舗装からコンクリート舗装の打ち換え工事の実施においては、施工期間の現道交通をどう処理するかがポイントとなる。一般国道を長期間全面通行止めして施工するのがコストや施工性を考えると効果が高い。

しかしながら、直近には並行路線などの代替路がなく、



図-5 神岬地区の迂回路

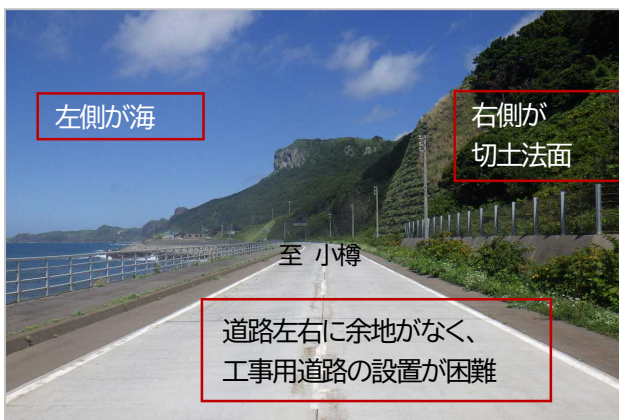


写真-2 R6 施工済部の写真

約90km (図-5) と大きく迂回しないとしない全面通行止めは、孤立集落化を防ぐためにも採用は難しい。また、当地区は車道部左側が切土法面であり、反対側には海岸部が迫っており、工事用の仮設道路や迂回路を作る余地がない (写真-2)。更には、区間内には、集水井が設置された地すべり地形と、そのおさえ盛土区間 (沼前駐車帯を含む部分) がある。

そのため、以下3つの理由から24時間片側交互通行規制による施工を採用した。

①道路左右とも、交通確保のための工事用道路の設置が困難

②当地区の交通量が少ない (868台/24h、R3道路交通量調査)

③区間内に民家がない。また、取付道路が少なく、常時使用されている取付道路がない

(2) 施工手順① 既設アスファルト版撤去、既設下層路盤材掘削

最初に、既設アスファルト版撤去を実施した。一般的には、コンクリートカッターによる舗装切断、油圧ブレ



写真-3 切削機による路盤掘削

ーカーによる舗装版破碎及びバックホウによる積み込みとなるが、R7年度施工では後述するハイパワーの海外製路面切削機を使いコスト削減を実施している。

続く作業となる、既設下層路盤材掘削でも、上記切削機を使い、バックホウでの作業ではなく切削機のみでの作業 (写真-3) を行った。

(3) 施工手順② 砂の敷均し、断熱材設置

次に、砂の敷均し (写真-4) を行い、続いて断熱材設置 (写真-5) を実施した。R7年度施工では、バックホウ及びブルドーザの代わりに、後述するアスファルトフィニッシャーを使用した。その後、断熱材を人力にて設置した。

(4) 施工手順③ 下層路盤の施工

次に、路盤材の敷均し転圧を行い、その後にコンクリート舗装のため鋼製型枠を設置、型枠内の不陸整正を行った。不陸整正には、MC (マシンコントロール) 技術付きのモータグレーダ (写真-6) を使用した。自動追尾式のTS (トータルステーション) を用いて機械の位置情報を計測し、設計データと現地盤データとの差分を計算、ブレードの高さや勾配を自動制御した。これにより、オペレータは機械の運転に専念でき、オペレータの熟練度に関係なく高い施工品質や生産性を確保できた。

引き続いて、アスファルト乳剤の散布となる。ここでは、路盤に深く浸透して耐水性和安定性が高くタイヤへの付着が少ない高浸透性アスファルト乳剤 (写真-7) を使用し、施工の効率性を高めている。



写真-4 砂の敷均し



写真-5 断熱材設置



写真-6 不陸整正



写真-7 As 乳剤の施工



写真-11 コンクリートフィニッシャーによる締固め



写真-12 コンクリートレベラによる最終仕上げ

(5) 施工手順④ コンクリート舗装

最後に、コンクリート舗装の施工となる。コンクリート舗装の横断目地（8mピッチ）のためのダウエルバーを設置（写真-8）し、生コンクリートを打設（写真-9）する。コンクリートスプレッダ（写真-10）を使って1層目を敷均した後に鉄網及び縁部補強鉄筋等を設置、続いて2層目のコンクリート打設及び敷均しを行った。

あわせて、鋼製型枠などで十分な締固めができない端部などを人力で締固めを行った後に、コンクリートフィニッシャー（写真-11）による締固め及び表面仕上げ（主に、横方向に対しての平坦性を確保して表面を仕上げる）コンクリートレベラ（写真-12）にて舗装面の最終仕上げ（主に縦方向に対しての平坦性を高める）を行った。それぞれの機械の位置関係は、施工のスピード感にあわせて、離れずに連れだって配置（写真-13）された。これら機械仕上げ後すぐに流れ作業で行う人力によるフロート表面仕上げ及び粗面仕上げ（写真-14）を行った。

続いて、カッター切断後に目地材注入（写真-15）を行う。切断のタイミングについては仕様書等でも定量的なものではなく、一般的には打設後24時間以内（施工者への聞き取り）に行うようである。R7年度施工では、1回目の打設後は翌日8時、外気温が高くなった2回目以降で

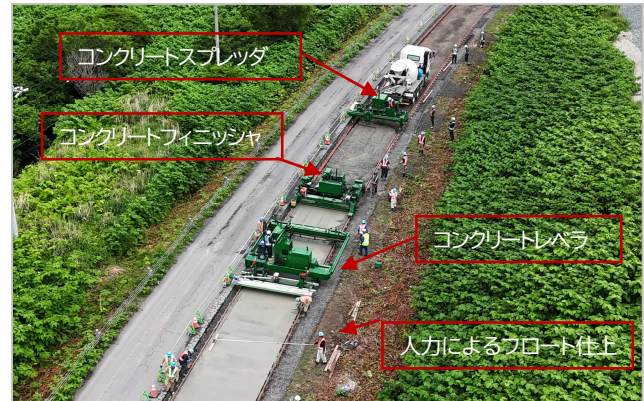


写真-13 上空から、機械の配置状況



写真-14 人力による粗面仕上げ



写真-15 カッター切断後の目地材注入

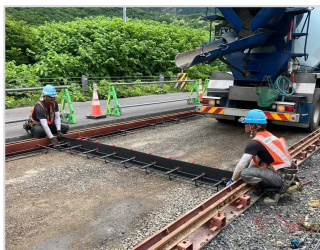


写真-8 ダウエルバーの設置



写真-9 コンクリートの打設

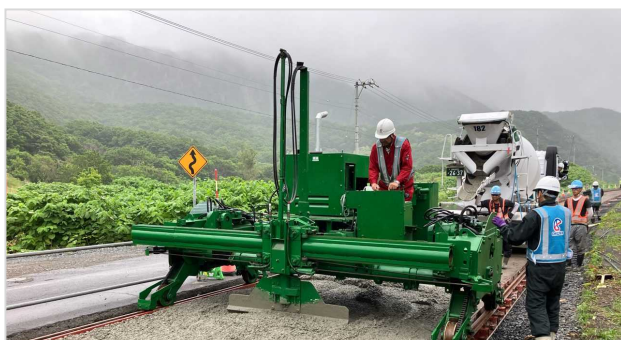


写真-10 コンクリートスプレッダによる敷均し

は翌日5時に実施した。その後、曲げ強度が配合強度の70%以上を確認し、養生期間4日で交通開放を行った。

4. 現地施工でのコスト縮減

(1) コスト縮減① 既設As舗装版撤去での工夫

既設アスファルト舗装版撤去では、油圧ブレーカーで舗装版を破碎後にバックホウでダンプトラックに積み込みを行い処理工場へ搬出する。ここでは、一般的に路面切削に使う国内製路面切削機（標準：切削深さ10cm程度、370kW）ではなく、ハイパワーの海外製路面切削機（切削深さ20cm程度、563kW）を使用（写真-16）することで、作業時間の大幅な縮減を実現した。

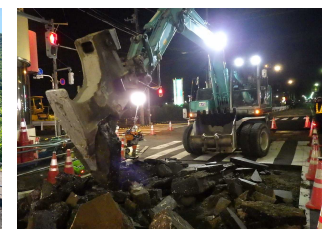


写真-16 アスファルト舗装版の撤去の状況
(写真左：本現場 写真右：他現場の事例)

R7年度施工一般国道229号積丹町神岬舗装工事（Co舗装延長L=0.4km、以下R7年度施工工事という。）の事例では、17.6日（計画21.6日⇒実施4.0日）の工期短縮ができ交通誘導員の削減により約8百万円のコスト縮減となった。

(2) コスト縮減② 砂の敷均し作業での工夫

砂の敷均し作業はバックホウやブルドーザを使い施工するが、本工事では自社持ちの古いアスファルトフィニッシャをベースペーパー仕様の使い施工した（写真-17）。アスファルトフィニッシャにはサイドプレートが付いているため、均一な砂の厚さで端部まで仕上げる事ができ、結果として大幅な作業効率化が実現できた。併せて、一般的に必要となる筋状（写真-18）になった端部を人力で処理する必要もなくなった。

R7年度施工工事の事例では、8.4日（計画10.0日⇒実施1.6日）の工期短縮ができ交通誘導員の削減により約4百万円のコスト縮減となった。

※ベースペーパー仕様とは：アスファルトフィニッシャのフィーダプレート、スクリュウ及びスクリードプレートに路盤施工にも耐えられる高耐久性のものを使用した機械。高速道路の新設工事などが多かった時代にはリース機械もあったが、現在道内にあるのは、ほとんどが自社持ちの機械（聞き取り：リース会社）

5. 既設アスファルト舗装撤去後の路盤面調査

(1) 調査概要

今回の舗装打換え工事にあたり、アスファルト混合物層の損傷に対し、粒状路盤層の凍結融解や凍上等による支持力低下の影響を評価する目的で、粒状路盤面での支持力測定調査を行った。



写真-17 砂の敷均し状況



写真-18 他現場での砂の敷均し状況
（右写真：ブルドーザーで材料を押しながら敷均しするため、端部が筋状になっている）

(2) 既設舗装面の目視調査

舗装の調査にあたり、まず初めに既設アスファルト舗装面の目視調査を行い、ひび割れの状況等を確認した。

既設舗装の路面状況を写真-19に示す。車輪走行位置付近に複数のひび割れが見られた。

(3) アスファルト舗装コアの採取

舗装内部のひび割れ伸展状況等を把握するため、コアカッタによりアスファルト舗装コアの採取を実施した。採取状況を写真-20に示す。

写真-21にコアを採取した箇所を示す。車輪走行位置付近のひび割れ部よりコアを採取した。

写真-22に採取したコアの状況を示す。採取したコア

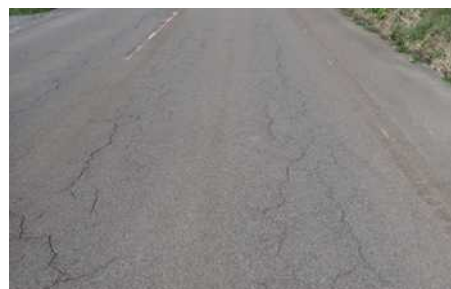


写真-19 既設アスファルト舗装の路面状況



写真-20 コア採取状況



写真-21 コア採取箇所

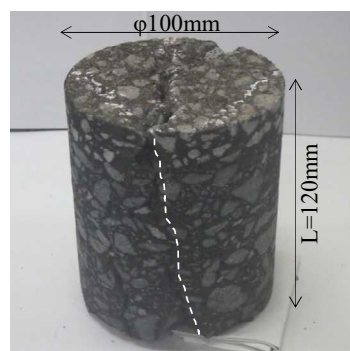


写真-22 採取したコアの状況

の寸法は直径がφ100mmで、長さは既設As混合物層の厚さの120mmである。コアを観察すると、ひび割れが舗装表面から混合物層下面まで貫通している状況であった。この結果より、車輪走行位置に発生したひび割れ部から雨水や融雪水等の水が混合物層に深に浸入していることが考えられる。

(4) DCP試験

コア採取による調査の結果、水の浸入に伴う凍結融解等による路盤層以深の支持力低下が懸念された。そのため、路盤層および凍上抑制層の支持力を調査する目的で、**写真-21**のコア採取箇所近傍において、As混合物層の切削後の路盤面にてDCP試験を実施した。

a)概要

DCP (Dual-Mass Dynamic Cone Penetrometer) とは、粒状路盤や路床の支持力 (CBR) を把握するための非破壊試験機のことである。南アフリカ共和国にて1975年に開発されて以来、各国で使用されてきた。その後、多くの研究機関において様々な土質について実験が行われ、特に米国において、今日では貫入量とCBRの関係式がすでに確立されている。

b)機器の説明

試験状況を**写真-23**に示す。本機器は、**図-6**に示すとおりガイドロッド、貫入ロッド、質量ハンマ、コーンから構成されており、8kgのおもりを自由落下させることにより、路盤や路床にコーンを貫入させる方式である。試験終了時において、ロッドの引抜きを容易にするために、コーンは離脱式となっている。

c)結果の整理方法

打撃回数と貫入量との記録から、8kgハンマによる打撃1回あたりの貫入量 (mm)、すなわち動的円錐貫入指数 (DCPI) を求め、次式から推定CBR (%) を求める。

$$CBR=292/DCPI^{1.12}$$



写真-23 DCP試験状況

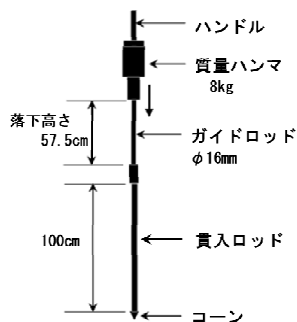


図-6 DCPの機器構成

表-1 DCP試験により求めた推定CBR

計測地点	下層路盤の推定CBR(%)	凍上抑制層の推定CBR(%)
KP=52,670 外側車輪走行位置	35.8	55.2
KP=52,670 両側車輪間の中央位置	29.1	27.0
KP=52,680 外側車輪走行位置	42.8	51.6
KP=52,680 両側車輪間の中央位置	30.4	33.0

d)試験結果

DCP試験の結果を**表-1**に示す。計測地点は前述のコア採取箇所近傍の、KP=52,670およびKP=52,680の外側車輪走行位置および両側車輪の中央位置とした。

計測の結果、今回計測した地点において下層路盤の推定CBRは29.1～42.8、凍上抑制層の推定CBRは27.0～55.2であった。表より、ひび割れが発生しておらず健全であった両側車輪間の中央位置よりも外側車輪走行位置のCBRが高かったことから、ひび割れの発生していた箇所においても粒状路盤の支持力は良好であると考えられる。

以上より、本調査箇所におけるひび割れは路盤面まで貫通していたが粒状路盤層の支持力は良好であった。

6. まとめ

本稿では、舗装劣化による打ち換え工事の実施にあたって、以下の検討等を行いCo舗装を実施した。

- ・コスト比較を行い、Co舗装とした。設計では、断熱材を活用し掘削深さを低減した
- ・24時間片側交互通行規制を採用した
- ・現地施工でのコスト縮減として、①路面切削機による既設アスファルト舗装版撤去、②アスファルトフィニッシャーを用いた砂の敷均しを実施した
- ・現地で粒状路盤層の損傷実態を把握するため粒状路盤面の支持力測定を実施した。本調査箇所のひび割れはアスファルト混合物を貫通していたが、粒状路盤層の支持力は良好であった

当地区で、今年度までの3カ年にかけて実施してきたCo舗装も今年度で完了した。過年度施工の箇所でも目立った損傷や劣化もなく、長期間の健全性が期待される。

謝辞: Co舗装の実施にあたり、施工業者など関係各位にご協力をいただいた。ここに記して謝意を表する。

参考文献

- 1) 上野千草、安倍隆二、井谷雅司、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.95-103、2016
- 2) 国土交通省北海道開発局：道路設計要領、第1集道路、p.1-5-3、pp.1-5-65-67、2024