

札幌千歳間道路改良工事の技術に関する研究*

A Study on the technology in SAPPORO-CHITOSE Road Construction

原口 征人**, 三浦 宏***

By Masato HARAGUCHI, Hroshi MIURA

要旨：約 50 年前に改良舗装工事が完成した「一般国道 36 号札幌千歳間（通称：弾丸道路）」は、それまでの北海道における道路改良工事の手法を根本的に考え直し、新しいアイディアで考えられたものであった。しかしそれは、それまでの技術的蓄積を元に、寒冷地で求められる道路の設計を編み出したものでもあった。凍上対策を初めて試みた道路であり、その路盤工と工期の制約から、アスファルト舗装が採用された。

1. はじめに

現在わが国では、道路事業に対して世論の風当たりが強く、土木技術者に対して再検討が迫られている。なかでも北海道の道路は他地域に比較して特徴があり、説明責任を問われている。曰く「広くて真っすぐで走りやすい道」「車が少なく快適な道路」そして、「そのような道が必要なのか？むだ遣いでは？」。主観的判断として、そのように見える部分も確かにある。

しかし理由は明瞭である。寒冷地仕様の道路を独自に発達させてきた結果にほかならない。だが次のような本質的なコストを抱えていることに、変わりはない。

- a) 凍上対策のため路盤築造の工費がかさむ
- b) 冬期間の除雪で生じる堆雪により広幅員
- c) 冬期間にあわせ、縦断・横断勾配が高規格となる
- d) 除雪費や春季の維持補修費が余計にかかる

こうした根本的課題にも、より一層の効率化が求める時代が近くやって来ると思われる。

本研究では、去年開通 50 年を迎えた「一般国道 36 号札幌千歳間（通称：弾丸道路）」を取り上げ、北海道仕様のモデルとなったこの道路の技術形成過程を追うことによって、今後の道路技術者に有益となる情報を導き出すことを目的とする。なお著者の既往研究^{注1}を進めたものであることを追記する。

2. 一般国道 36 号札幌-千歳間の改良舗装工事

(1) 昭和 20 年代前半の北海道の道路整備

戦時中および終戦後の期間は、北海道の道路整備は僅

かに砂利道を整正する程度の維持補修が続けられるのみであった。大きな変化は、駐留軍の要請から札幌小樽間で冬期間に除雪が行われるようになったことであり、1945 年(昭和 20)12 月には札幌市大通公園にモーターブールが設けられた。

このころ北海道では建設機械を徐々に始め、1949 年(昭和 24)と翌年にかけて、土木試験所が中心となって機械を集中的に投入し、苫小牧-支笏湖間に新道を開さくする工事を行っている。この工事では、今でいう施工のトータルシステムの試験研究が行われ、作業能率、施工監理、経済性についてデータが収集された^{注2}。これは後に、札幌千歳間の工事にも応用される。

そして 1951 年(昭和 26)7 月、北海道開発局が設置された。

(2) 建設の発端と愛称「弾丸道路」

当時は朝鮮動乱のさなか、北海道では札幌の真駒内キャンプの司令部と千歳基地のあいだで駐留米軍がジープなどで頻繁に往来し、貧弱な築造であったこの間の道路は著しく痛めつけられた。グレーダによる整正作業は毎日のように続き、路面からは砂塵が舞いあがり沿道住民も苦しめられた。



図 1 札幌千歳間道路（昭和 28 年 11 月）^{注3}

*keyword：道路、技術史、戦後

**正会員 博(工) (社)北海道開発技術センター
主任研究員 (道路情報館)

***非会員 (社)北海道開発技術センター 参与
(道路情報館 顧問)

(〒061-2273 札幌市南区豊滝 424-1)

1952年(昭和27)春、この区間の改良工事について米軍から要請があった。これは日米安全保障諸費で行われる事業であり、日米行政協定に基づく特別予算で編成された。工期は会計年度の関係から、着工より1年で完成することが約束されていた^{注4}。

軍事色の強い事業化の経緯から、工事は当初より「弾丸道路」と呼ばれた。各地に同じ名前がついた道路があり、経緯も同様のようである。北海道で長らく使われたこの愛称には、「弾のように早く」の意味合いもあった。本格的な自動車道路に初めて触れた市民の驚きが、イメージとして込められていると思える。

(3) 道路建設技術上の特異性

札幌千歳間道路の工事は1952年(昭和27)9月に測量から始まり、付帯工事を残しつつも翌年11月2日に開通となった。この時期は、1952年(昭和27)6月に公布され12月に施行された「道路法」、そして翌年の「道路整備費の財源に関する臨時措置法」、さらに1954年(昭和29)からの道路整備5カ年計画の開始と、今日の道路をかたちづかった一連の法律が整備された時期にあたる。

そして建設技術からみると、1958年(昭和33)に道路構造令ができる以前の、道路の築造技術がまだ模索段階であった時期にあたる。

本研究では、法整備の狭間といえるこの期間に位置し、それがため様々なアイデアを盛り込んで完成することになった札幌千歳間の工事について、後に際立った影響を及ぼした次の技術について考察を進める。

a) 凍上対策路盤の導入

北海道の道路設計で初めて、凍上対策の路盤工を実施する。火山灰を用いた施工に独自性がある。

b) アスファルト舗装の採用

セメントコンクリートが主流であった幹線道路の舗装にアスファルトを採用。以降の道路舗装の流れを変えたといわれる。

c) 道路設計基準

道路構造令の改正が検討されていた期間に、自動車交通および積雪寒冷地に適した設計基準を模索し「山速里鈍」の原則に従って新しい道路の形態を示した。

そして強力な指導力で工事を推進し、アイデアの源泉となった技術者、高橋敏五郎氏(当時、北海道開発局札幌開発建設部長)に着目し、今日の我々の技術課題にも通じるであろう課題解決の手法を、汲みとることを目指す。

3. 道路における凍上研究の始まり

(1) 土木試験所による凍上観察

戦前(昭和18年頃)の土木試験所では、凍上対策も重要な研究課題とされていたが、完全な冷凍装置を持ちえなかったために、研究的なことを進めることはできなかった。鋸屑の中へ供試体を入れて天然気温で凍結させてみたりなどなされたが、試験とはなりえなかった。こ

のため、多くの現場調査を行っている。

現場調査では帯広における陸軍飛行場の破壊、樺太の飛行場の凍上状況を視察している。高橋敏五郎は中谷宇吉郎が協力した飛行場の視察を行って

(2) 凍上調査

1948年(昭和23)9月、満鉄中央試験所にて凍上研究にたずさわっていた宮川勇が土木試験所堰堤試験室に勤務となり、翌年には堰堤試験室長を命じられる。

1951年(昭和26)以降、北海道土木技術会に道路凍上防止対策研究委員会が設けられ、北海道開発局、北海道大学、北海道、札幌市の協力のもと組織的な調査研究が始められる。北海道開発局側では、建設部道路課(上戸・藤井・仁科等)、札幌開発建設部(高橋・鷹田・坂入・武山等)、土木試験所(横道・伊福部・宮川・小山等)の連携が図られ、委員長に北大の真井教授、試験所に宮川と、鉄道での凍上対策経験者によって、戦前の研究成果を元に調査が立案されていったと推測される。局内の部署のトップが試験所経験者であることに注目されたい。

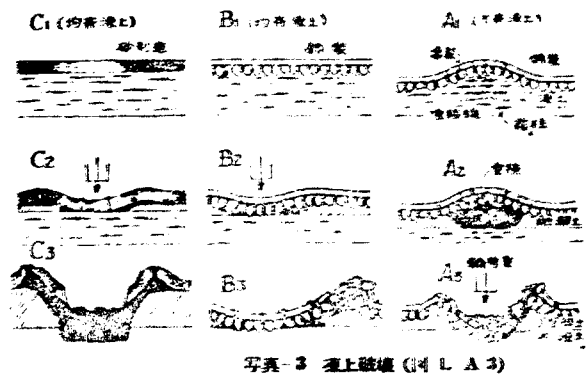


図2 凍上による被害状況^{注5}

高橋は調査に先立つ1951年(昭和26年)、「道路」誌上で北海道の道路の凍上被害を報告し(図2参照)、これまでの経緯について以下のように記した。^{注5}

「北海道の凍上対策は、すでに十数年発足したが、戦争のため舗装をする見込みを失ってから今日まで、ずっと眠り続けてきた。しかしその間には、飛行場建設等の軍事目的から道内の学者、技術者の研究が動員され、凍上生起の理論に関する限り、北大理、工学部の学者を中心に長足の進歩をした。もちろん、そこには工法上の進歩もあったわけだが、それは未だ経済上の制約を受ける我々の現場までは到達していない。そして我々は、今日再び、その続行を迫られている訳である。」

この報告で述べられていることは非常に興味深い。結論はなく、疑問点を表明するに留まっているが、置き換え工法の不経済(工費高)の指摘、セメント系とアスファルト系の舗装による被害差、置き換え材料として石炭殻を想定している点など後の札幌千歳間道路での方向が

既に表明されている。

1951年(昭和26)11月から、札幌・帯広・釧路・室蘭・函館の各開発建設部管内の国道のうち、冬期間除雪する路線で凍上調査を開始した。翌年には旭川・留萌・稚内の開発建設部も加わった。調査は気象観測にはじまり、観測坑(ピット)を掘り(図3参照)、凍上量・地温・土質・凍結深度などの凍上観測がされた。このピットは観測の度に掘り起こし、観測終了後は在来土の層の順序を崩さないように注意して埋め戻した。この観測は原則として月2回以上行われた。

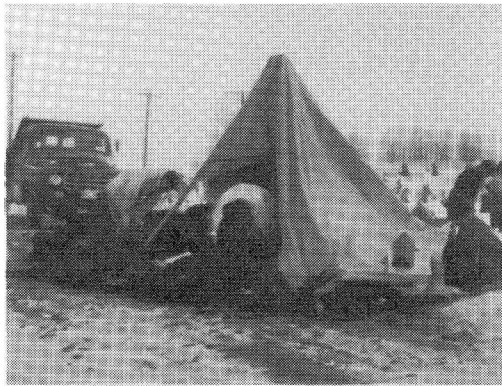


図3 ピットにおける凍上の観測^{注6}

観測と同時に小規模な試験工事も行い、国道5号の手稲に「凍害防止対策試験工事」を施工した。アスファルト舗装の下の路盤を20,40,60,80cmの砂層とした置換工法と、エラストイトを用いた遮水工法の両者を施工し比較検討に用いる。

4. 札幌千歳間道路の設計

(1) 実際の置き換え深さ

1952年(昭和27)9月、札幌千歳間の改良工事予算の一部が成立し検討が始まった。この改良工事は日米安全保障に関わる工事であり、それまでの道路改良工事に比べ予算上の制約が少なく、新しい道路築造を試すのに絶好の機会となった。それまで、さまざまな試行案を持ちつつ実行に移せなかった道路技術者(特に土木試験所関係者)では、この改良工事でそれらの案を実行に移すこととなった。

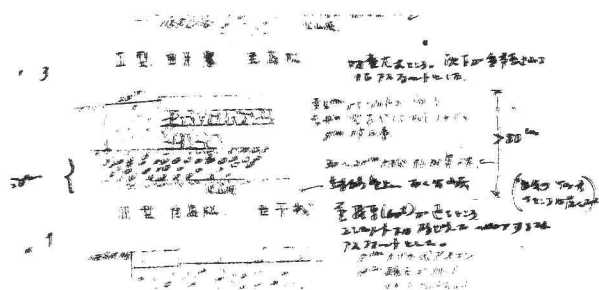


図4 凍上対策委員会でのメモ^{注7}

(恐らく最も古い部類の道路凍上の資料と思われる)

設計の詳細は短期間で決定せざるを得ない状況であった。最初期の資料からは横断面設計(置換層)の詳細を見ることはできないが、1952年(昭和27)中に出されたと推測される「凍上対策委員会提案事項」の中には第2工区において凍結深度の80%(80cm)の置き換え方針が示唆されている(図4参照)。

「道路」での報告中、高橋は道路凍上対策委員会の提案として、凍結深度の70%を置換する提案を紹介している。凍結深の100%置き換えに固執しない理由として以下の点で整理している^{注8}。

- 1) 霜柱の最も発生しやすい部分が消去される
- 2) 下層に少量の霜柱が発生しても表面に対する影響は少なく、且つ不斉凍上の大部分が消去される
- 3) この程度の厚さがあれば、地下解氷期の路床土軟化に対応できる

こうして、実際の施工上、経済的な置き換え深さを提出した。図5、図6に路盤と舗装の様子が考察できる図を示す。

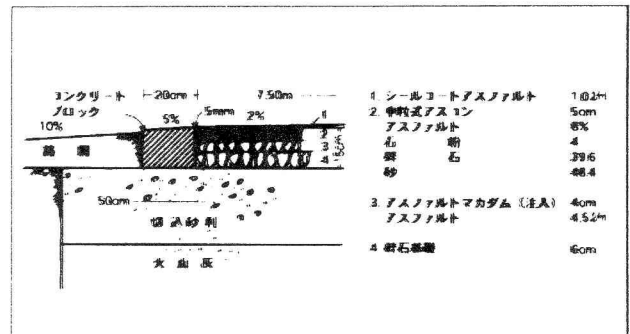


図5 第2工区舗装断面図

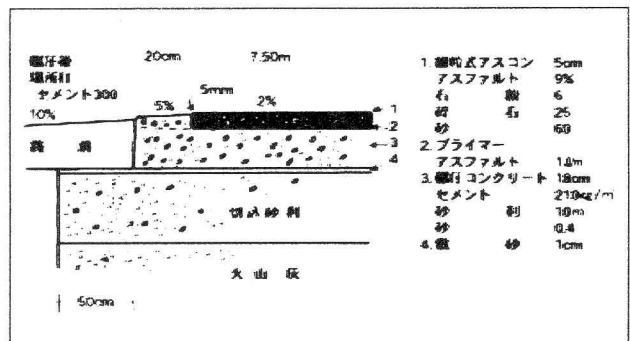


図6 第3工区舗装断面図

(2) 工法の特徴

a) 火山灰の利用

置き換えに用いる材料は沿線至るところで採取できる良質な粗粒火山灰を用いることにした。粗粒火山灰は石炭殻に類似した、多孔質の礫質のものであり最良の材料であった。

しかし土質の判定には、このような工法が始めてのこともあり当初は混乱を生じ、また火山灰は質の変化が甚だしく腐朽火山灰、不良火山灰が混入されやすかったので、簡単な現場識別法が用いられた^{注8}。

- イ) 色が白色、または白に近いもの
- ロ) 指先で強く押しても粒子が砕けないもの
- ハ) 水を加えて、もんだり、握ったりしても、粘性の出ないもの

鉄道などがそれまでの置換材料に砂を用いていたのに対して、道路改良工事では舗装材等にも多量の砂が必要とされ、骨材需給の関係上これを用いることは不可能であった。火山灰の選択はその突破口であった。このため火山灰が以降の道路改良でも用いられることになり、火山灰の凍上性判定の研究に結びつくこととなった。

b) コンクリート舗装か？アスファルト舗装か？^{注8}

ここで凍上防止の工法を考えた道路改良全体の経済性に鑑みた、表層の舗装方式選択がなされる。これが後の北海道における舗装の流れを決定づけたといえる。

高橋は「北海道の舗装では、凍上防止のために必然的に厚い基層を作ることになる」ため、この基層の上にどんな表層を選ぶかについて以下のように考えた。

コンクリート舗装とアスファルト舗装とその表層工費だけを比較すると、普通は2：1となる。両者の性能上の比較をすると、コンクリート舗装は剛性舗装であるから、アスファルト舗装ほど基礎支持力を必要としない。すなわち言い換えると、コンクリート舗装は基礎を簡単にして表層に金をかけ、アスファルト舗装は、基礎に金をかけて表層を安くする、ものであると。このような観点に立つと、凍上処理の厚い基層の上にコンクリート舗装をすることは、何かしら不経済のような感じがする、と述べる。

コンクリート舗装が万能と考えられ、戦後のアメリカの指導もあり全盛を誇っていた当時では、アスファルト舗装は簡易的な舗装と考えられていた。アスファルト合材は一般的ではなく、砂利道に乳剤をしみ込ませる簡易マカダム舗装(図7参照)のような工法が念頭に置かれ

ていた。

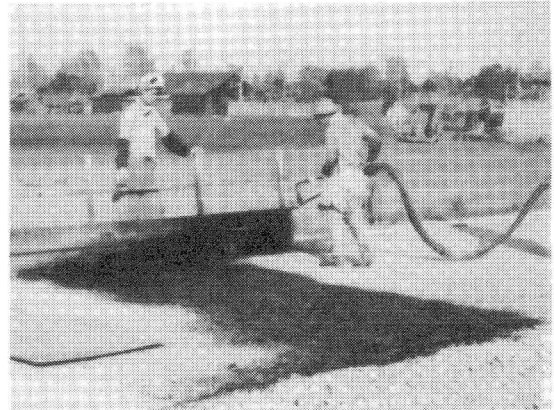


図7 アスファルトマカダム工法^{注3}

高橋は北海道の道路舗装を、凍上問題への対処から基礎までを含む工法として考えなければならないことを示し、経済性から総合して表層にアスファルトを選択した。

c) 自動車専用道路の設計基準^{注9}

1958年(昭和33)の道路構造令の施行まで、戦後の道路整備は1935年(昭和10)の道路構造令細則案に基づき設計された。しかし新しい道路規格の求めに応じ、1949年(昭和24)ごろより構造令の改正が検討されていた。そのような機運の中で札幌千歳間の工事では、独自の方針によって築造基準を設定し、自動車交通に即した道路の築造を行っている。

ここでは「自動車専用道路」という理念を掲げられた。この用語は自動車専用道路と区別して言ったものであり、混合交通を許しつつも自動車を主対象とする道路との意味であった。歩道の設置が無く狭い幅員であった当時の規格では、自動車の高速性を阻害する一番の要因は、人・馬車・荷車など緩速交通の存在だった。このような交通があれば、高規格で築造された区間でも速度制限をされ

表1 道路設計基準の比較

	道路構造令細則案(昭和10)			札幌千歳間道路・築造基準(昭和27)		
	平坦部	丘陵部	山岳部	緩速交通の多いところ	緩速交通の少ないところ	さらに地形や環境の良いところ
設計速度(国道)	60km/h	60km/h	40km/h	45km/h	60km/h	75km/h
有効幅員	7.5m(山地等特殊な場合6.0m)			7.5m	7.5m	7.5m
路肩幅員	0.5m以上(実質0.5mが原則)			1.0m	1.0m	1.0m
曲線半径	300m以上	150m以上	50m以上	150m以上	300m以上	450m以上
曲線長	60m以上	40m以上	25m以上	50m以上	65m以上	85m以上
安全視距	100m以上	100m以上	60m以上	120m以上	120m以上	170m以上
縦断勾配	3%以下	4%以下	5%以下	3%以下	6%以下	6%以下
曲線部拡幅	30cm	30cm	30cm	50cm	50cm	50cm
緩和区間長	10m	10m	10m	40m	40m	40m
曲線部片勾配	200m未満 2-3%	300m未満 1.5-2%	300m以上 -	200m未満 4%	300m未満 3%	300m以上 2%

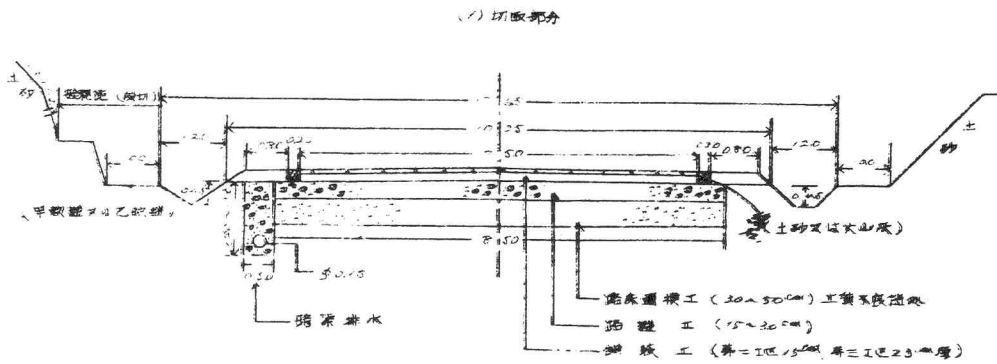


図8 札幌千歳間における標準の横断定規図

たと同じになってしまい、無駄な改良をすることになってしまう。

こうしたスピード低下を補うため、自動車用道路では緩速交通の少ない区間（例えば人里離れた山間丘陵や原野など）を高い規格で改良し、都市部の規格を低くすることにした。そうして路線の全体でスピードアップを図った。それまでの設計思想とは全く逆をいく発想であり、この方針を「山速里鈍（さんそくりどん）」の原則と呼んでいる。仮定速度は次のように定められた。

- a) 緩速交通の多い区間＝45km/h
- b) 緩速交通の少ない区間＝（原則として）60km/h
- c) さらに地形や施工環境が良い区間＝75km/h

この仮定速度をもとに、新しい道路構造例の案（一次案）等を加味して、築造基準が定められた。表1にはそれまでの道路構造令細則案の基準、札幌千歳間の基準を併記する。各基準は自動車の安全走行に必要なだとされた順序により重点づけがされた。順に「幅員」「安全視距」「曲線半径」「縦断曲線長」等である。

山速里鈍の原則によって、改良工事の主な部分は山間部でなされ、人家の多い平地部では部分的な改良が行われた。このため用地費が減少し、結局は工事費用を節約することにもなった。

図8には横断定規図を示す。幅員は許される最大幅をとっている。路肩が1.0mとされているのが注目される。側溝外に1.0mの余地をとっているが、これは土砂崩落に備えることより、冬期除雪の雪置き場の目的が持たせられたものである。

5. 開通後の札幌千歳間道路における検討

(1) 凍上対策の効果

札幌千歳間道路完成後、ひと冬を越した1954年(昭和29)、この対策の効果を高橋はまたも「道路」で報告している。

工事の結果、標準工法が正確に実施された部分には、凍上被害は皆無であった。しかし施工の欠陥や、調査が不完全で標準工法が正しく実施されなかった部分（延長で約11m(全体の約3%)）の区間に、凍上現象が発見され、その中の30m²余りが、亀甲型の亀裂を生じて、実際に破壊した。皮肉なことに土壌不良で凍上が予測された箇所はほとんど発生せず、砂利道時代に凍上がなかつ

た場所に対策が軽視され、凍上が発生した(図9参照)。

凍上原因を要約すると以下である。

- a) 路盤工の厚さが設計よりも不足していた(施工の不備)
- b) 厚さは充分でも、凍上性土質が混入していた。材料採取時の不注意および工事中の交通で路床土と攪乱されたもの
- c) 舗装体総厚の設計が不足していた。過去に凍上が出ていなかった箇所は凍結深の60~70%に減じたが、これは誤り
- d) 安全だと判断した火山灰層の中に凍上性土質が介在していた。噴火時の層の形成による。ソイルマップの作成
- e) ほとんど全ての凍上は坂路に発生した。地下水が出てくる箇所
- f) 原因不明の箇所は地下水位が高く、凍上ではない凍結破壊の箇所

これらの経験の元にその後の対策(特に施工上の注意点)が考えられたことは想像に難くない。

また、施工時に2箇所、熱電対を路体に埋め実際の凍結深を求めているが、その観測結果の報告も行っている。

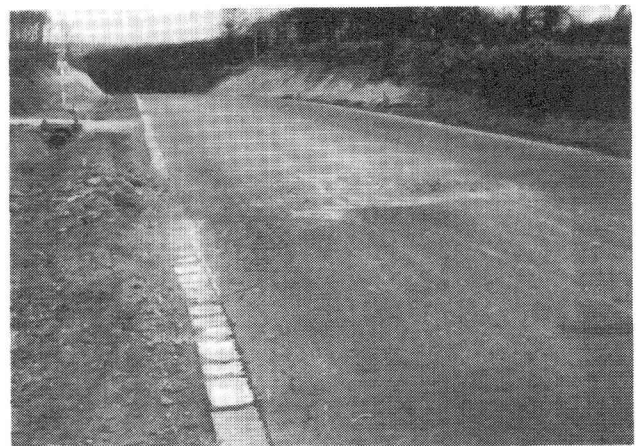


図9 凍上の発生した区間(札幌千歳間)注3

(2) アスファルトの摩耗の発生

それまでの摩耗の問題は主にコンクリート舗装で認識されており、既設の千歳市街のコンクリート舗装のわだち掘れを問題視し、アスファルトの弾性で摩耗を軽減することを企図したのであった。しかしいざ交通に開放すると、ひと冬で甚だしい破壊を生じた。

これはタイヤチェーンの打撃によるもので、自動車が滑り止めのチェーンをつけたまま時速50キロ以上で走り、除雪によってむき出しになった舗装面を強打した。

凍結して極度に硬く、脆くなったアスファルト舗装面は、ガラス粉末のように砕かれ、飛び散った。3工区細粒式アスファルト、2工区の中粒式アスファルト、ともに被害が発生し、その摩耗量は5～10mmにも及んだ。

これに対して早急な対策が必要となったが、現場の観察からは中心線にぬった白ペンキや、転圧コンクリートの収縮目地の開口部を補修したカットバックアスファルトが摩耗によく抵抗を示していることが分かった。カットバックアスファルトは厳冬期に修復したため、零下数度の気温でも半流動体の状態を保っていた。このことから軟質アスファルトの薄膜が摩耗に強いことが認識され、1954年（昭和29）2月から8月にかけて柏木地区で試験舗装が実施された（図10参照）。

この試験舗装の結果から、カットバックアスファルトによる厚さ1mmのシールコートを全線にわたって塗布する工法をとったが、剥離してタイヤに付着する事態が発生し途中でこの工法は破棄することになる。しかしこの経験から得たことは大きく、僅か1mmでも効果のあることが分かったため、後に富配合アスファルトモルタルを1.5cm表面に舗設する工法につながった。



図10 補修試験工法の実施^{注6}

（3）設計基準の事後調査

高橋はこの道路で用いた設計基準の効果をみるため、開通の翌年9月に12箇所を選定して速度調査を行っている。検討中である「新しい道路構造令の発足にいささかの協力」をするものとして、調査結果を公表し、新構造令への要望を提示した。調査結果の分析から以下を指摘している。

- ・ 微小な緩速交通の流入も影響が強い
- ・ 平面線形では、曲線部であっても山間部ではスピードを上げる
- ・ 縦断線形で急な勾配に見かけで感じれば減速される。

- ・ 道路がいくら改良されても法定許容速度は変化無しというのは、何かしら矛盾している
- ・ 高速交通になってアスファルト路面のスリップという新たな問題が出た。
- ・ 70km/h以上になると急に危険感が増すのは、幅員が狭く、路肩が不完全で危険なため。
- ・ 路肩を120～200cm取って砕石マカダムで舗装した国道5号は、安全感が増し事故も起きていない。路肩は舗装したものが100～120cmあればよく、除雪作業がある場合150cmが適当と考える。

これらをまとめ、新構造例の要望が以下で述べられている。

- a) 緩速交通障害を重視して、幅員の設定をして欲しい
- b) 全体のスピードアップのため、山地部を重視すべし
- c) すべての規格は、標準と上下級段差および許容最下限を示すような表現をとり、この中で法的に制限するのは最下限のみにされたい
- d) 路肩、側溝等の構造は未知の分野であるので、一層指導的な規定を望む
- e) 全般的に、各数値が細分化されすぎている感がある

6. おわりに

北海道の寒冷地道路のモデルケースとなった、札幌千歳間道路の改良工事について、その経緯から設計にいたるまでの考え方をまとめた。凍上対策として路盤を重視した結果、舗装を従来と異なる技術思想において、アスファルト方式とするとの結果に結びついた。

ここで大規模に用いられたアスファルト舗装は、冬期間のタイヤチェーンによる摩損問題という新たな課題につながる結果となった。

<注記・参考文献>

- 1) 原口征人、三浦宏：札幌千歳間道路（弾丸道路）の寒冷地対策技術，第19回寒地技術シンポジウム，pp.828-831，2003.11
- 2) 武山広志：開鑿道路工事の機械力施工について（1），道路，（社）日本道路協会，昭和26年12号，pp.196-202，1951.12
- 3) 道路情報館所蔵 坂入氏撮影写真
- 4) 札幌・千歳間道路物語編集委員会：「札幌・千歳間道路物語」北海道道路史調査会，2003.12
- 5) 高橋敏五郎：北海道の道路凍上とその対策について，道路，（社）日本道路協会，昭和26年12号，pp.470-474，1951.12
- 6) 道路情報館所蔵写真 三浦宏所蔵
- 7) 寒地土木技術情報センター所蔵
- 8) 高橋敏五郎：今春の凍上被害と対策について，道路，（社）日本道路協会，昭和28年6月号，pp.248-251，1953.6
- 9) 高橋敏五郎：一級国道36号・札幌-千歳間道路工事報告，道路建設，（社）日本道路建設業協会，昭和29年5月号，pp.13-40，1954.5
- 10) 高橋敏五郎：札幌千歳道路の自動車速度調査，道路，（社）日本道路協会，昭和30年2月号，pp.55-61，1955.2