



ック定期路線は 5 400 km で、漸次長距離輸送が行われるようになってきている。ところが、一たん冬に入ると、大半の道路は雪に埋もれて、自動車の運行は極度に制約を受け、一部の雪の少ない地方以外は除雪によらなければ運行不能となり、原始的な馬糞以外の道路交通はほとんど杜絶してしまう。これは北海道産業発達を阻害する一大原因となつている。北海道が戦後日本文化の再建のホープとして、大きくクローズアップした今日、北海道開発の先駆をなす道路の使命はますます重かつ大であるだけに、道路の整備拡充と冬季間道路交通確保は当面の緊急重要問題である。

道路の除雪については、今次大戦末期昭和 18~19 年に至つて、国防上冬季間の輸送力増強のため、軍飛行場の除雪とともに道路除雪が計画され、北海道土木試験所で研究的に実施されたが、もちろん機械も十分でなく、研究半ばで終戦を迎えた。終戦後昭和 20 年以来、アメリカ駐留軍の要請により、札幌及び札幌千歳間において始めて機械力による組織的な除雪作業が実施されるようになった。これに使用された機械は多くは老朽あるいは試作のもので、いろいろの困難に遭遇したが、反面貴重な体験が得られたとともに、ある程度の経済効果も認められたので、これに刺激されて、全道的に除雪を要望する声が高まり、ここに昭和 25 年度から大々的に全道にわたつて、道路除雪が敢行され、きわめて良好な成績を挙げることができて、従来の痲痺状態にあつた冬季道路交通に一大曙光を与えることになつたのである。昭和 28 年度における除雪施行区間は図-1 に示すようなもので、開発局で 1 020 km 道庁で約 900 km、市バス会社その他で約 1 000 km 計約 3 000 km に達し、昭和 24 年以前に比べて、まことに隔世の感がある。陸運局の統計によれば、冬季間のバスによる輸送人員は除雪しなかつた 24 年度を 100 とすると、25 年度 165、26 年度 205、27 年度 254 という割合に激増している。

従来冬季の農村では大半冬眠生活に入つていたのが、輸送路が開かれたために、夏よりもかえつて冬の方が人の動きが多くなつたという所もあり、これは明らかに除雪が盛んになつてゆくことによつて北海道の開発が大いに促進されることを如実に示すものである。

このように除雪の機運が高まつてきた原因は、除雪によつて社会的経済的にいろいろの効果が一般に認識されてきたことにもよるが、他方強力な除雪機械が出現してだんだんと整備されてきたこと、自動車交通量が急激に増加してきたため、多額の除雪費を投じても漸次経済的に成立つようになってきたことにあるものと考えられる。

この全長 3 000 km にわたる除雪作業を遂行するため開発局で 85 台、道庁で 55 台、その他市バス会社などをあわせるとおそらく 200 台以上の各種各様の除雪機が動員されている。最も多いのがブルドーザー及びグレーダーで、これらは夏には土工作業に活躍し、冬季間には除雪羽根をつけて転用されるものが多く、つぎはトラックを改装した大型の GMC B号やK号、S号などの除雪車、その他戦車改造トラクター等がある。ブルドーザー、グレーダー、トラクターなどは多くは重量型で 10~8t 程度のものが多く、吹溜りに挑んで大きな威力を発揮することができるが、一般に機動力は小さく、その作業速度はブルドーザーで 6~15 km、モーターグレーダー、戦車改造車で 3~6 km である。GMC B号K号などは中型または軽量車で、大きいものは 9t から軽いものは 4t くらいまでのものがあり、機動力大で 20~30 km の速度で軽快な作業ができる。これらの除雪機はそれぞれの性能により適応性を異にしているから、これらをうまく配置組合せて能率を上げるようにされている。

一般に北海道の雪は乾燥した軽い雪で、新雪の比重は平均 0.05 くらいであるから、機動力の大きい軽量型を駆使して、雪があまり積らないうちに吹飛ばしてしまうようにすることが得策と考えられる。しかし、これがためには雪が降り出せば、夜半でも出動できるように常に機械を整備して待機していなければならないことになる。ただ吹溜りに対しては弱体であるから、この場合には強力な重量型が必要になる。

北海道では 1 日 30 cm 以上に雪が積つたり、猛烈な吹雪で、大きい吹溜りができるようなことはそう多くない。そこで普通の場合はトラック改造車その他の機動力の大きい軽量型を主力とし、吹溜りに対しては重量型を用いて能率を上げるように配置すべきであろう。最近では重量型で、しかも速度の大きいターナードーザーやタイヤドーザーなどの優秀な新鋭機械も出現している。

除雪羽根には V 字型の両羽根式と片羽根式とがあり、さらに補助翼をつけたものもあり、これらの形や角度は雪の質や量、除雪機の馬力や運転速度などに大いに関係がある。また水平軸にらせん状の羽根をつけたロータリー型や補助翼の先に羽根車を付けて雪を飛ばすものもあり、それぞれ特長を持つている。走行装置にもキャタピラー式と全輪駆動の車輪式とがありそれぞれ適応性を異にしている。

除雪の際、すつかり雪を除いて路面をむき出しにすると、タイヤチェーンやキャタピラーのために路面が痛められるから、常に 10 cm 程度残すようにし

ている。北海道では冬期間気温マイナスの日が続くため、固くかためられた雪で坦々たる路面ができて、快適な通行ができる。もつとも坂路では雪面のスリップの問題があり、また一たん暖気に遭うと路面が露われ、タイヤチェーンでたたかれて舗装した路面もひどく痛められる。千歳札幌間の自動車道路も一冬で舗装の磨耗層がすっかり消滅し、自動車交通量が多く速度が大きい所ほど被害をうけている。道路の両側にためられた雪の山が春になつてとけ出すと、路面にとけ水があふれて川のようになり、交通の障害になるばかりでなく、道路自体を弛めて破損を助長するおそれがある。これらは今後研究を要する問題である。なお、市街地では両側に排除され、また屋根からおろされた多量の雪を他へ搬出することが大変な仕事になるが、これに対してはスノーローダーのような機械力を用いることが有利であると思う。

冬季道路交通確保には、除雪の代りに圧雪する方法がある。長い区間にわたつて風当たりが強く全面的に吹溜りを生じ、除雪してもすぐ埋没するような所や、両側に高く雪をためることができないような所では、圧雪法によるのが有利であろう。ただ北海道の雪は乾燥しているため、しまりにくい。撒水すればしまりよくなるが、これには多量の水が要る。しかし適当な圧雪機を用いて当初より逐次圧雪すれば、圧雪するごとに一晚を経過すれば雪粒子相互にブリッジができて固くしめる。石狩線ではタイヤローラーを用いて圧雪し、比較的よい結果を得た。また1日100台以上の交通量があれば自然転圧でたえず圧雪されて、一応よい路面になる。ただ圧雪の場合、融雪期になるとにわか全体が弛んできて、深いわだちができて、一晚過ぐすとそのまま氷化してしまう。こうなるとはやブルドーザーやグレーダーでも受けつけないことになるから、弛み出したら機を逸せず毎日でもグレーダーをかけねばならぬことになり、この期間の路面確保に多大の困難に逢着することになる。従つて深い雪を一度に圧雪しないで、下層から逐次十分圧雪してゆけば、たとえ暖気がきても、全体的に弛むようなことは避けられる。このほか、多雪地方で交通量が比較的少ない所では、多額の経費をかけて除雪するよりは、雪上自動車またはトラクターに機を牽引させる方法によるのが得策であろうと考えられ、今後研究すべき問題である。

一方、道路の防雪対策としては、道路上、とくに道路の切取内などに吹溜りができないように、風の方向を考えて、地形や障害物の関係から、道路の位置や方向を選定し、あるいは風の力を利用して雪を吹き飛ばすように路面を高く構築することが有効であり、さら

に、鉄道のように防雪柵、防雪堤または防雪林などを設定することも、場所によつてはきわめて効果的である。

次に寒地の道路において、とくに厄介な問題は凍上による被害である。これは鉄道の場合と同様であるが、ただ道路の中員が一般に広いだけに、その対策は鉄道のように簡単にはゆかない。従来は寒さの厳しい、雪の少ない他方に限られていたが、雪の多い地方でも、除雪が行われるようになれば、当然凍上の被害にさらされることになる。その点圧雪道路の被害はかなり緩和されるわけである。凍上の「むら」による路面の凹凸は多くの場合局所的で、交通にそれほどの障害を与えることはないが、融凍期には広い範囲に路盤が弛むため、交通荷重により砂利層または舗装版は容易に破壊され、ヘドロ状態の路床上が噴出して、道路は根底から破壊されることになり、せつかく冬季間の交通を通すため除雪したものが、かえつて春先になつて杜絶させるような事態をひき起すことになる。最近急激なる自動車交通量（とくにその重量及び速度）の増加は融凍期における道路の破損に拍車をかけ、惨憺たる被害は北海道一円に及び、現下の重大問題となつている。

凍上防止法の基本対策を樹てるには、できる限り凍上理論と実際に即したものであることはもちろん、最も有効経済でかつ持久性であるとともに路盤の強度を落さないことが肝要である。防止対策にはいろいろの工法が考えられる。できるだけ地下水位を下げ排水を図ることが先決であろう。もつとも信頼すべき方法で広く用いられているものは非凍上性材料で路盤を置換えることである。この場合置換材料の選択及び置換深さが問題である。置換材料には砂利、砂、炭殻または火山灰などが用いられる。これを凍結深度まで置換すれば完璧であるが、断面の大きいものはこれがため多大の費用がかかる。施工目的が、必ずしも凍上の絶対防止でなく、凍上量を軽減するとともに凍上のむらを除き、特に融解期における路盤支持力の低下を防止し、路面破壊を回避することができればよい場合には、おのづから置換深さに経済的限度がある。この限度をいかに決定するかはもつとも重要なキーポイントである。

このほか、遮水工法として、凍結線近くに遮水層を設け、下方及び側方からの水の補給を遮断する方法は一応有効であろう。有効だとすればこの場合遮水層は在来土で埋戻されるから置換工法に比べて有利である。また苦汁、塩化カルシウムなどの化学溶液で処理する工法もあり、これらは今後の研究課題である。

われわれはこのきわめて重要な陳上対策工に関する標準示方書が一日も早く制定されることを念願してやまない。

北海道開発の根幹をなす道路は雪寒地であるがために、これを担当する技術者たちの不断の苦心と努力とに深い敬意を表するとともに以上の諸問題を究明し解決して、これらの悪条件を克服し、夏冬を通じ常に立派な交通路として面目を一新させることは北方技術者に与えられた責務であることを痛感する次第である。

(真井耕象記)

## 2. 舗装の最近の傾向

交通の質、量ともに飛躍的に発達を示している現在は、路床、路盤、中間層、基層を含む基礎に十分に耐荷力と安定性を持たせ、舗装は単なる摩耗層として役立たせるのが将来に対する万全の設計である。基礎の安定性を確保するためには、漸進工法がその効果を最もよく発揮する工法であろう。表層は、いかに堅固なものとしても、その耐久度には限界があるからである。

現在用いられている舗装の種類は大別して次の4種類となる。(1) 各種ブロック舗装、(2) 瀝青舗装、(3) コンクリート舗装、(4) 安定処理土砂表層。

これらのうち、煉瓦、石塊、コンクリート塊または平板、木塊、瀝青平板等の各種ブロックによる舗装は、軌道敷、橋梁上あるいは建築スラブ上等のような一局部、あるいはその生産地、または特殊用途に限られている。特に良質の石塊による舗装は、その耐久性において他のあらゆる材料を凌駕しているが、その生産および舗設に特別な工法が考慮されない限りはなほだしく高価となり、高速度交通に対して平滑な表面を提供することが困難なので、その他の3種類について論じてみる。

**a. 瀝青舗装** 瀝青材料として、アスファルトおよびタールは、わが国における産額が少なく、輸入にまつものが多く、かつジェット機の噴射で灼かれるので飛行場滑走路には適しないなどの理由から、最近ではコンクリートに転換しようとする傾向が強くなった。米国では、ジェットトラックの試運転が行われたというが、その発達までには交通計画にも大きな変革が加えられることとなる。しかしながら現在において道路瀝青舗装は依然として舗装の雄である。目地を要せず、靱性があつて、基礎になじむ点において、音響ならびに高速走行車両の衝撃を吸収する意味において、また硬軟諸種の材料が得られる点において、さらに基礎を堅固に築造した後は舗装厚を小にできる意味において最も適切なものといえることができる。最近のフィ

ニッシャーの使用は、乗心地のよいこの種舗装の特徴を最もよく発揮させる工法である。また骨材のまわりに瀝青の付着を良好ならしめる被膜の形成剤の出現は、低熱あるいは滲透式工法をより簡易にする。

瀝青舗装の高温時の安定性、寒冷時の靱性付与に関する粉末ゴムの混用、および安価な廃物利用のフラックス材ならびにその安定は、この種舗装の隘路打開の一方策として研究すべき課題である。

道路は、それ本来の使命達成上、道路網の完備が必須条件である。これをいかに経済的に実施するかは、その使命をはたす鍵である。この観点からできる限り低廉な表層により舗装延長を伸ばすことが必要であつて、しかる後に交通状況を勘案しつつ高級舗装に転じても遅くない。寒地の舗道は、特にこの考慮にもとづかなければならない。中級以下の支線舗道に至つては簡易舗装で十分である。この観点から瀝青乳剤の利用はきわめて重要である。

瀝青乳剤の発達は、舗装界に大きな足跡を印した。これは経済性からのみでなく、強靱かつ耐久性のある石を骨組とし、その噛み合せによつて荷重を支え、その安定が薄膜の糊の膠着性によることはマカダム舗装の理論に合致するものである。乳剤に関しては、あらゆる種類の瀝青の乳化、乳化の安定度、寒冷時の安定性等は今後に残された研究課題である。

また最近骨材として碎石の代りに砂利使用の可能性が論ぜられていることは、地方的には舗装の単価を下げ、舗装の普及を促がす意味においてまことに興味ぶかい。他面在来のジョー クラッシャー、コーン クラッシャー等は、永年の間用いられてきたが、岩石の組織の関係から扁平、細長いものの生産を避けることができず、示方書記載事項との間の矛盾が技術者の悩みの種であつた。しかし最近、インペラー プレーカーの出現は、この悩みを解消し、理想に向つて一前進をしたことは喜ばしい次第である。

寒冷地における高速走行車両のタイヤ チェーンによる表面剥脱は、この種舗装に大きな暗影を投じたかの感を与えたが、コンクリートといえども程度、遅速の差こそあつてもこの影響は避けることはできない。しかもコンクリートでは簡易な修理は全く困難である。この衝撃対策には、剛をもつてこれを制するよりは柔をもつてする方が対策の妙を得たものといえよう。また瀝青舗装上を走行する高速車両の寒冷時ならびに雨中の汙り止め工法は今後の研究課題である。

**b. コンクリート舗装** わが国にはセメントが大量に生産され、かつまた豊富な砂利をも用いられる点から、さらにそれ自体の剛性によつて、基礎に均一の支

持力が得られるならば、多少支持力が小さくてもよい点から広く用いられている。しかしながら、その厚さがある程度以下に薄くできないことと、セメントの高価なことによつて単位面積当りの舗装単価が上る。その使用に当つては、コンクリートの本質を検討し、構造用コンクリートと区別して、その持ち味を生かす方向に道路独特の使用を考えなければならない。

正直に論ずることが許されるならば、コンクリートの最大欠点は、曲げ、ずれおよび引張りに弱いことであり、圧縮強ささえも普通木材より数等劣る場合が少なくない。養生がまた別の問題を提出している。その最大利点は重量の大きいことであつて、重量を活用しようとするダムのようなものにはもつともよい利用法と考えられる。どんな場所にも、どんな形にでも築造できることは最大の利点であるが、しかしこれがまた、施工法を制約する欠点ともなる。

引張り、ずれおよび曲げに耐えさせるには、鉄筋を用い、鉄網を埋込み、さらに舗装コンクリート鉄筋にも Prestress をさえも用いるようになった。その組合せの根本原理は、鋼とコンクリートの熱膨脹係数の等しいことであるが、この熱による伸縮がこの材料の欠点を如実に示している。すなわちこれがただちに舗装スラブの目地となつて現われ、低廉かつ適切な目地材製品のないこととあまつて、自動車の乗心地を悪くし、舗装の破壊を促進している。

また現在の米国式コンクリート舗装施工法は、パッチャープラント内部および表面振動機の国産化と普及、技術の習熟とともに急速に進歩した。しかしながら、コンクリート 1 m<sup>3</sup> 当り 300 kg を超過する量のセメントを使用することは、現在のセメントの粉末度とともにセメント糊の収縮を大とし、ハヤクラックの入る機会を多くし、その結果風化を促進する。特に舗道のようなきびしい気象条件、直接的な動荷重の作用の下では、維持はなほだ困難といわざるを得ない。米国のコンクリート舗装延長はいちじるしい伸展をきたしていることは事実であるが、また破壊しているものも決して少なくはない。一度破壊したコンクリートは、その補修にはまことに困難する。舗道に関する長年月にわたる研究を基礎にして、これに適應する材料とこれともなう独自の施工法とを考究する必要がある。コンクリート舗装のさかんな米国においてさえ、ドイツのコンクリート舗装に学び、その工法の検討を開始した。

一般に、セメント量は、コンクリートの圧縮強さを一定にした場合には、所要のウォーカーピッチャーによつて決まる。構造用コンクリート、特に鉄筋の立て混ん

でいるものは、手詰めあるいは現在の振動機使用の範囲においてウォーカーでなければならぬ。すなわち練り混ぜ、締固めおよび仕上げの容易さがセメント量を決定することである。

コンクリート舗装は、広い面積で、断面が薄いのであるから、硬練り用パグミル型ミキサの発達とあいまつて、締固めには構造用コンクリートとは違つた工法を用いることができることをまず念頭におかなければならぬ。昨年北海道においてセメント使用量 1 m<sup>3</sup> 当り 210 kg 使い、18 cm 厚の転圧コンクリートのホワイトベースが約 110 000 m<sup>2</sup> にわたり実施され、本年は、140 kg 使い、10 cm 厚のマカダミック工法による目地なしコンクリート舗装が釜石において約 7 300 m<sup>2</sup> 施工された。その成績の判定には、相当の年月を要するであろうが、その方針は、最も強靱な材料たる骨材の噛み合せに依存し、濃厚なセメント糊の薄い被膜によつて、その強い膨着力を発揮させようとする点はマカダム道の原則に合致するものであつて、舗装コンクリートの設計施工に新生面を開拓しようとする技術者群の真剣な努力の現われである。

かつて、水力のコンクリートは、旧規格の硬練り供試体用モルタル並みのばさばさのものをたこつきにして施工し、これが永年健全であり、新しい時代になつてからコンクリートの破損が目立つてきたことと合わせて反省すべきであろう。

次に骨材の粒度組成も、当然これにともなつて変化すべく、Break Grading のマカダム道用の骨材として新たな観点から再検討されなければならない。これら骨材粒子相互を膠着するセメント糊は、濃厚なものをできうる限り薄膜にし、セメント糊の何倍かの強さ、耐久性のある岩石を 100% に利用することが最も重要である。収縮量の減少、養生期間でも作業用軽交通、歩行を許しうることにおいて、道路本来の使命の制御を多少とも解除しうることについて大きな利点がある。筆者の凍害研究の一部において、水セメント比 27.5~30.0% を境界にしていちじる耐凍性に影響することが証明された。この硬練りの施工が、道路の場合には可能なのである。

諸種優秀な AE 剤が、国産化されて、その使用方法にも習熟し良質耐久的コンクリートの施工に大きな貢献をなしている。

基層用としてのソイルセメント工法も、現地条件に応じて考究されるべきである。

最後に、コンクリート舗装に最も軽視されがちで、しかもその寿命に最も影響の深い養生に関しては、撒水、湿砂、むしろ覆いがそれぞれの材料の入手しやす

い現場には最もよいとするのが定説であるが、面積が大となるにともない、あるいは現地の状況によつてはその労決して易とし難い。そのため、養生の不十分が影響して強度増進が望まれず、かえつてヘヤクラックの原因となり、直接これを破壊に導く場合が多い。

ここに白色封緘養生被膜剤の出現は、施工に一転機を与えるものである。これは、コンクリート練混ぜの際の水量を封緘してその蒸発を防ぐことによつて養生の目的を達成しようとするもので、工事の能率化、養生の確実さにおいて新分野を構成するものである。

c. 土砂道の安定処理 資源の豊富な米国においても道路総延長の 48% あまりは土砂道である。高級資源の少ないわが国の経済からいつてもわれわれの Low Cost Road の理想は、地方産の材料を活用し、結合材として最も低廉な土砂に向けられなければならない。その安定は、幹線の高級舗装の漸進建設にも、また幹線の培養線たる数多くの支線道路にも考慮されなければならない。砂利のごろごろした凹穴の多いかつ黄塵万丈の道路が、在来のわれわれの常識であるが、軽交通に対して高級舗装と同様、乗心地のよい路面を与え、かつ塵埃のない土砂道に眼を開かなければならない。これには骨材、バインダー等の粒度組成による機械的安定に加ふるに、多産する未利用資源を用いた化学的安定、たとえば塩化カルシウム、パルプ廃液、オイルサンドのようなものの活用、およびその施工は真剣に研究すべく、わが国の研究者、道路技術者が心血を注いで完成すべき重要課題である。プラント混合、路上混合、転圧、圧密の建設用機械、およびこの種道路に欠くことのできない維持に要する諸機械の製作、使用の研究は、これと平行して進められなければならない。バインダーの飛散亡失を防ぎ安定を確保する土砂道防塵用としての塩化カルシウムの散布は、撒水車の原価償却を含んだ撒水費の約 60% という結論が、ある試験区間で得られた。

d. 研究と技術者養成の態勢 以上のべた新しい道路工学の分野について、在来の研究組織も技術者養成

の態勢も、新しい教育方針、制度を加味して大きく脱皮しなければならない。土木工学における陸上交通計画、一般的材料および施工のうちから道路に関するものを取り出し、南北に長いわが国の地理的、気象的諸条件にもとづいて、総合的一連の研究組織でなければならない。在来の材料にも、道路の観点から根本的に検討を加え、さらに新しい材料を造り出すことにも鋒先を向けなければならない。2 000 年来のセメントコンクリートに代るものができてよい頃である。プラスチックの舗装も考えられてよい頃ではないか。米国の例に見るまでもなく、各工学が独立して進むのは結構であるが、そのおのおのの間に連絡を密にし、その研究成果を総合してゆくことが行われてよい頃である。材料面には特に応用化学とのタイアップは、在来の電気、機械部門とのタイアップに続いて強力に行われなければならない。

現在学問の府、大学には、道路工学専門の講座はもちろん存在すべきであるが、さらにこれを研究所にまで躍進拡充して、その総合的研究を進めるのであるが、これはあくまでも象牙の塔を脱して、現場と直結し、直接現場の血となり肉となる実施まで発展し、試験工事をともなうものでなければならない。Prof. K.B. Woods を所長とする Purdue 大学の Joint Highway Research Project はその範となるべきものである。

技術者の養成は、これにとまつて極力抽象的講義の負担を軽減し、道路工学実験の科目を拡充し、かつ現場実習は研究所の試験工事において実際面との密接な関連の下に行われなければならない。しかもこのような技術面のほかに、道路建設維持が公共的のものであるにかんがみ、真に公僕たるの自覚に徹せしめるべき精神的訓練をも実施面を通じて行われなければならない。

以上全く妄想に近いといわれるかも知れないが、新しい時代を建設する礎石として、道路に関する考えを述べてみた。諸先輩、諸研究者各位の御叱正をうれば幸いである。  
(板倉忠三記)