

凍害・複合劣化等を受けるインフラの 維持管理・更新に関する研究

寒地保全技術研究グループ長
桑島 正樹

土木研究所の研究開発プログラム(1/2)

土木研究所では、第4期中長期計画(H28～R3)において

- ①安全・安心な社会の実現
- ②社会資本の戦略的な維持管理・更新
- ③持続可能で活力ある社会の実現

に貢献するための研究開発等に重点的・集中的に取り組むこととされており、
解決すべき政策課題ごとに、以下の17の研究開発プログラムを進めている。

1. 安全・安心な社会の実現への貢献

- (1) 近年顕在化・極端化してきた水災害に対する防災施設設計技術の開発
- (2) 国内外で頻発、激甚化する水災害に対するリスクマネジメント支援技術の開発
- (3) 突発的な自然現象による土砂災害の防災・減災技術の開発
- (4) インフラ施設の地震レジリエンス強化のための耐震技術の開発
- (5) 極端気象がもたらす雪氷災害の被害軽減のための技術の開発

2. 社会資本の戦略的な維持管理・更新への貢献

- (6) メンテナンスサイクルの効率化・信頼性向上に関する研究
- (7) 社会インフラの長寿命化と維持管理の効率化を目指した更新・新設に関する研究
- (8) 凍害・複合劣化等を受けるインフラの維持管理・更新に関する研究

土木研究所の研究開発プログラム(2/2)

3. 持続可能で 活力ある社会 の実現への 貢献

(9) 持続可能な建設リサイクルのための社会インフラ建設技術の開発

(10) 下水道施設を核とした資源・エネルギー有効利用に関する研究

(11) 治水と環境が両立した持続可能な河道管理技術の開発

(12) 流砂系における持続可能な土砂管理技術の開発

(13) 地域の水利用と水生生態系の保全のための水質管理技術の開発

(14) 安全で信頼性の高い冬期道路交通サービスの確保に関する研究

(15) 魅力ある地域づくりのためのインフラの景観向上と活用に関する研究

(16) 食料供給力強化に貢献する積雪寒冷地の農業生産基盤の整備・保安全管理に関する研究

(17) 食料供給力強化に貢献する寒冷海域の水産基盤の整備・保全に関する研究

背景

- 高度成長期以降に集中整備したインフラの老朽化が深刻化し、今後メンテナンス対策費用が増加



技術開発の方向性

- メンテナンスサイクルの構築
- 管理レベルを考慮した、効率的・効果的な維持管理
- インフラの特性や利用状況等を踏まえた更新



社会資本の戦略的な維持管理・更新への貢献

- 社会インフラの確実なメンテナンスサイクルの実行
- 更新・新設の合理化・長寿命化
- **環境条件等の様々な影響を踏まえた**維持管理・更新

研究の社会的背景

社会資本の戦略的な維持管理・更新への貢献

(6) メンテナンスサイクルの効率化・信頼性向上に関する研究

(7) 社会インフラの長寿命化と維持管理の効率化を目指した更新・新設に関する研究

(8) 凍害・複合劣化等を受けるインフラの維持管理・更新に関する研究

■ 積雪寒冷地特有の複合劣化を巡る背景

- 積雪寒冷地の過酷な気象条件等、環境や利用状況に応じた技術開発が必要
- 凍害劣化及び塩害等との複合劣化等、積雪寒冷地特有の環境が特有の損傷や劣化を招いている
- 寒冷地特有の劣化・損傷に対する点検・診断、補修補強、更新・新設に関する技術開発が必要

研究の必要性、目的

- 安全で強靱な社会の実現には、社会資本の**戦略的な維持管理・更新**による**既存ストックの最大限の活用**が必須.
- 積雪寒冷環境下におけるインフラの著しい劣化・損傷原因である**低温, 積雪, 結氷, 凍上, 凍結融解, 融雪水, 塩分**などによる**凍害・複合劣化等**の対策は喫緊の課題.



疲労・凍害・塩害の複合
(橋面舗装・床版劣化)



凍害や塩害・摩耗の複合
(樋門・沿岸構造物)



凍結融解・融雪水
(舗装)



凍上
(のり枠)

凍害・複合劣化による損傷事例(橋梁)



橋台・橋脚の劣化損傷(凍害・塩害)



橋梁床版の
土砂化



橋台の凍害

凍害・複合劣化による損傷事例(河川・沿岸・水利構造物)



河川樋門の凍害



波浪・流水摩耗による複合劣化
(沿岸構造物)



摩耗と凍害による複合劣化
(農業頭首工)



摩耗と凍害による複合劣化(床止)

凍害・複合劣化による損傷事例(舗装・切土のり面)



融雪水(舗装)

+



疲労クラック(舗装)



凍結融解・融雪水による
支持力低下や剥離(舗装)



凍上・凍結融解を受けた
のり面の崩壊(切土のり面)



のり面小段排水溝やコンクリート法枠の凍上
(切土のり面)

凍害に関するこれまでの研究成果等

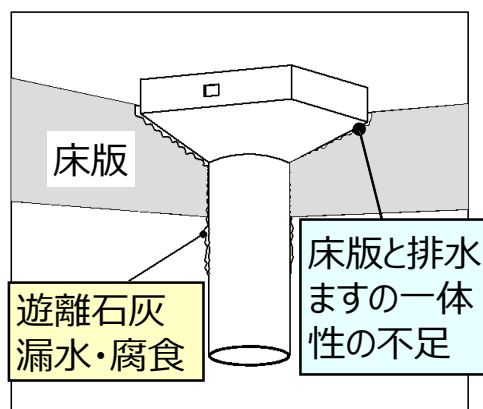
➤ 高耐久性排水ますの開発

課題

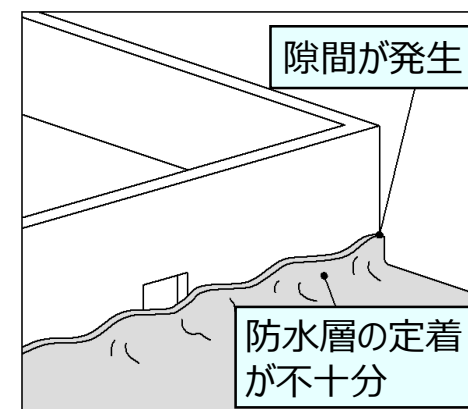
①排水構造



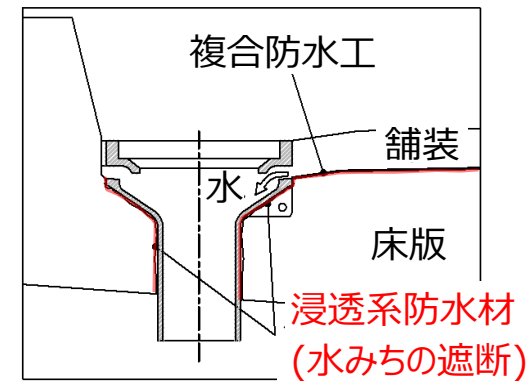
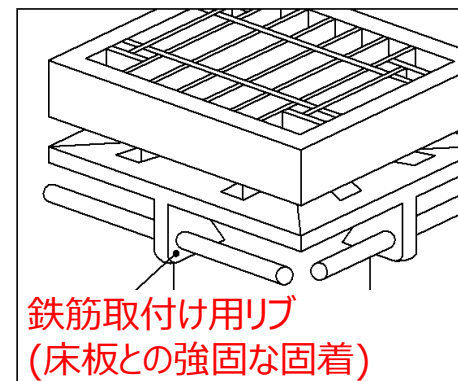
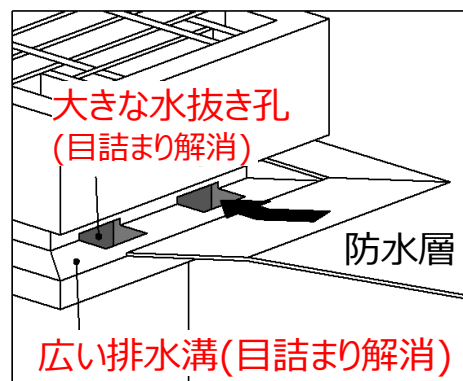
②床版との定着部



③防水層との一体性



機能
向上
策



排水ますの課題点整理と機能向上策の提案

➤ 高耐久性排水ますの開発



高耐久性排水ます外観



現地設置状況

**道路設計要領 標準設計図集(北海道開発局)に反映
本州も含め現場適用が進んできている**

➤ 凍害が疑われる構造物の調査・対策手引書 (案)

- ◆はじめに
- ◆凍害のメカニズムと劣化の概要
- ◆凍害が疑われる構造物に対する対応フロー
- ◆外観調査
- ◆詳細調査および簡易現場計測
- ◆凍害劣化の予測および評価・判定
- ◆凍害劣化に対する対策
- ◆調査結果および補修・補強方法の記録
- ◆定期的な観察

凍害が疑われる構造物の
調査・対策手引書 (案)

平成 29 年 5 月

国立研究開発法人 土木研究所 寒地土木研究所

➤ 北海道における道路舗装の耐久性向上と補修に関する技術ハンドブック

- ◆はじめに
- ◆舗装の損傷事例と要因
- ◆舗装の耐久性を向上させる具体策
- ◆ポットホールの応急補修に関する留意点
- ◆あながき

北海道における
道路舗装の耐久性向上と
補修に関する
技術ハンドブック

平成25年12月

北海道における道路舗装の耐久性
向上と補修に関する検討委員会

融雪水の影響を受けるアスファルト舗装の劣化損傷対策の
開発技術ハンドブック

凍害・複合劣化等に関する研究事例

コンクリート

コンクリート標準示方書における「凍害」

コンクリート標準示方書【設計編：本編】（2017）

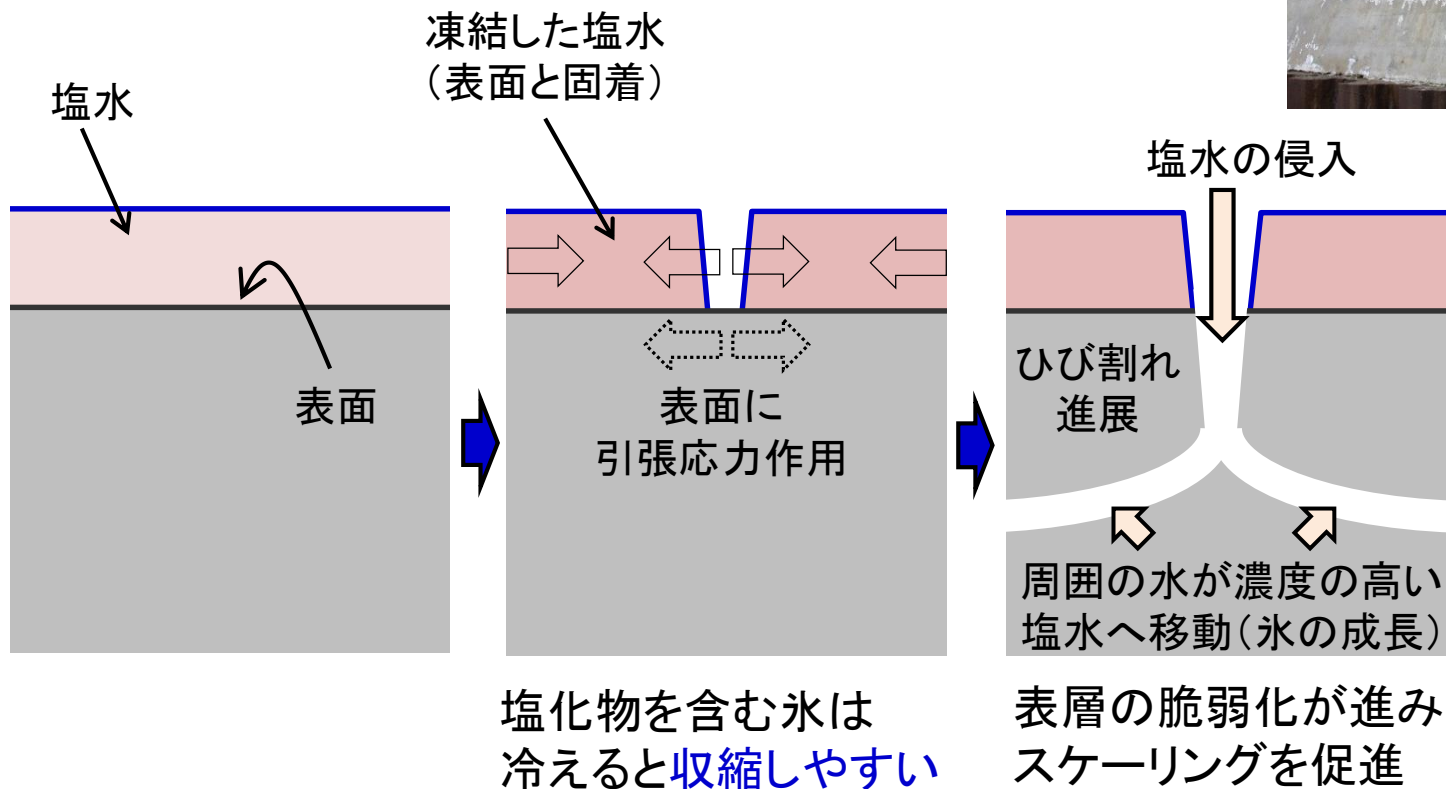
8章 耐久性に関する照査

8.3.1 凍害に対する照査

- (1) 凍害に対する照査は、**内部損傷**に対する照査と**表面損傷（スケーリング）**に対する照査に分けて行うことを原則とする。
- (2) 内部損傷に対する照査は … 相対動弾性係数（ JIS A 1148 ）
表面損傷に対する照査は … スケーリング量（ RILEM CDF、
ASTM C 672 ）
により行う。

コンクリートの凍害について

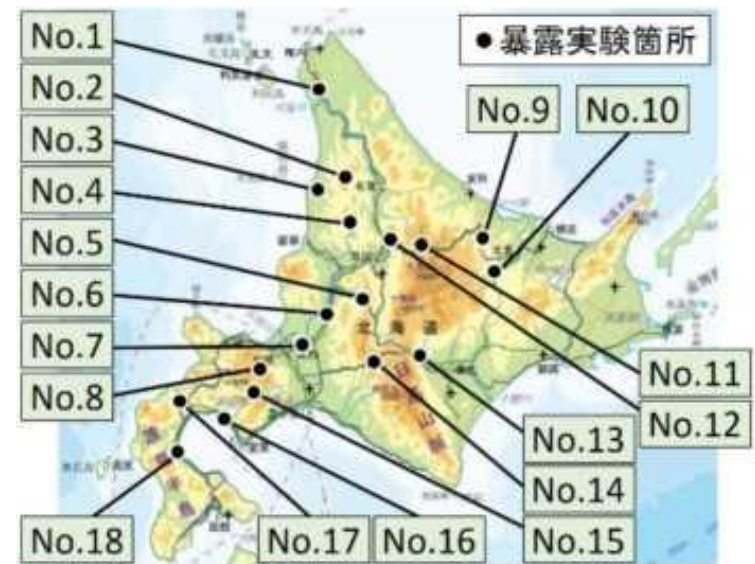
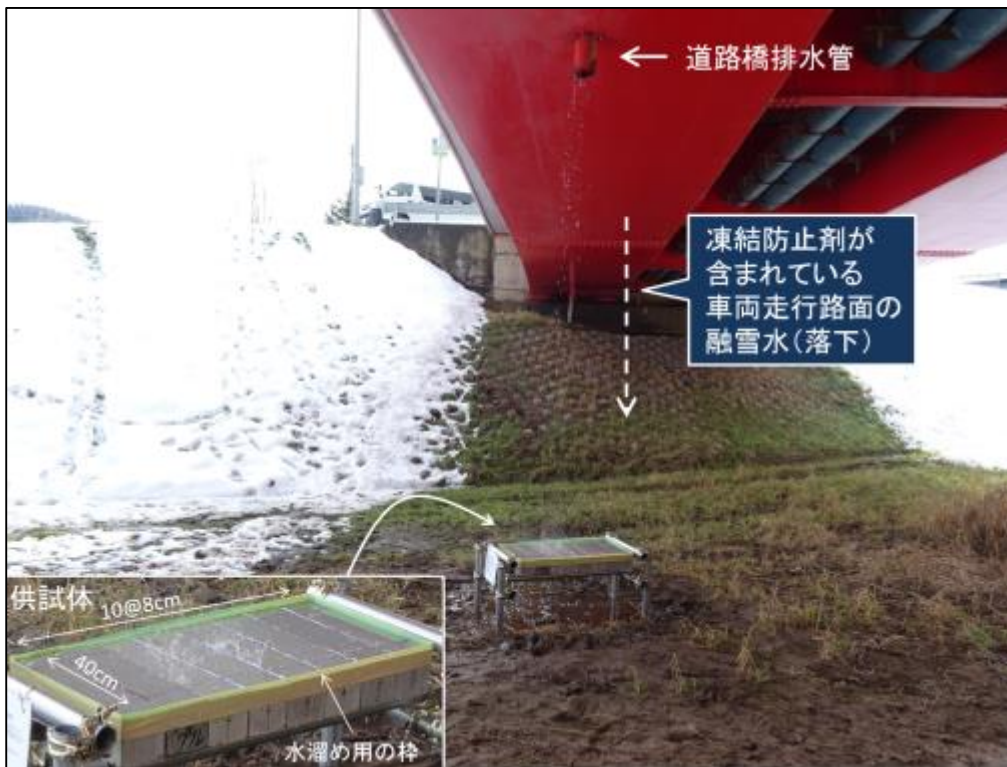
塩分による凍害劣化(スケーリング)の促進



凍害複合劣化予測式の開発

スケーリングの進行と環境因子(凍結防止剤、気温)の関係の把握

- 実環境でのスケーリングの進行速度を把握するため、北海道内の道路橋の下で暴露実験



凍害複合劣化予測式の開発

4年暴露後の供試体の例

N45



N55



N65



B45



B55



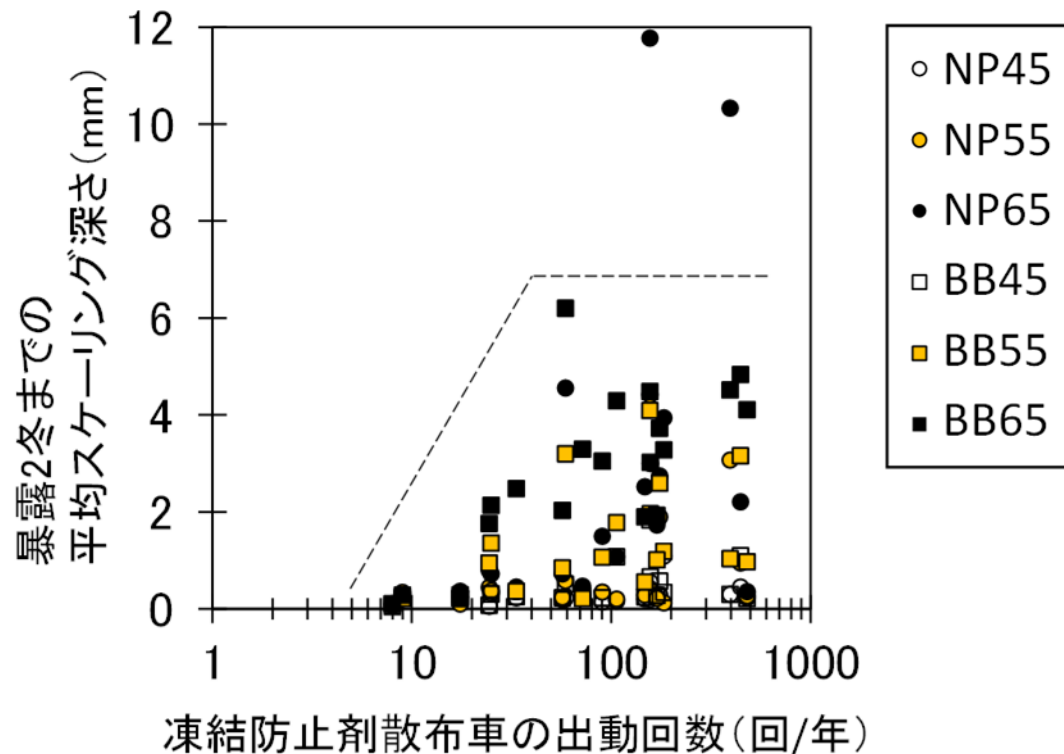
B65



凍害複合劣化予測式の開発

凍結防止剤散布車の出動回数が、概ね50回/年未満の現場では、出動回数が多いほど平均スケーリング深さは増加。50回/年以上の現場では、明確な比例関係はみられない。

凡例：NPは普通ポルト、BBは高炉B種、数字は水セメント比(%)



参考：凍害危険値と凍害危険度

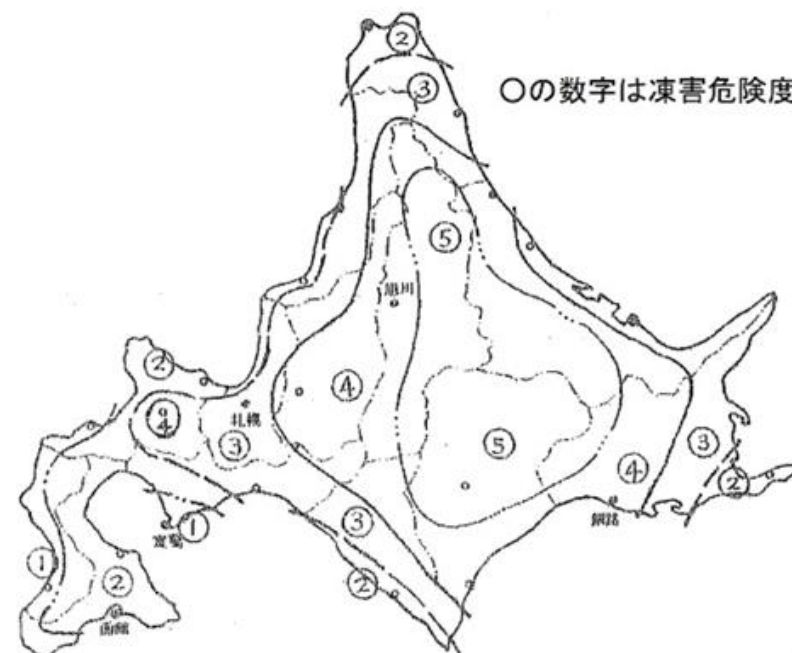
凍害危険値 V_F

$$V_F = \left[\sum \{ (FT + F \times \mu) \times T \} + I \right] \times c$$

FT:外気温上の年間の凍結融解日数(日) F :外気温上の年間の凍結日数(日)
 μ : 日射による融解率 T :氷点下の温度差による凍害重み係数
 I :凍結日の最低温度を考慮した補正值 c :湿潤密度による凍害軽減係数

表－1 凍害危険値による評価¹⁾

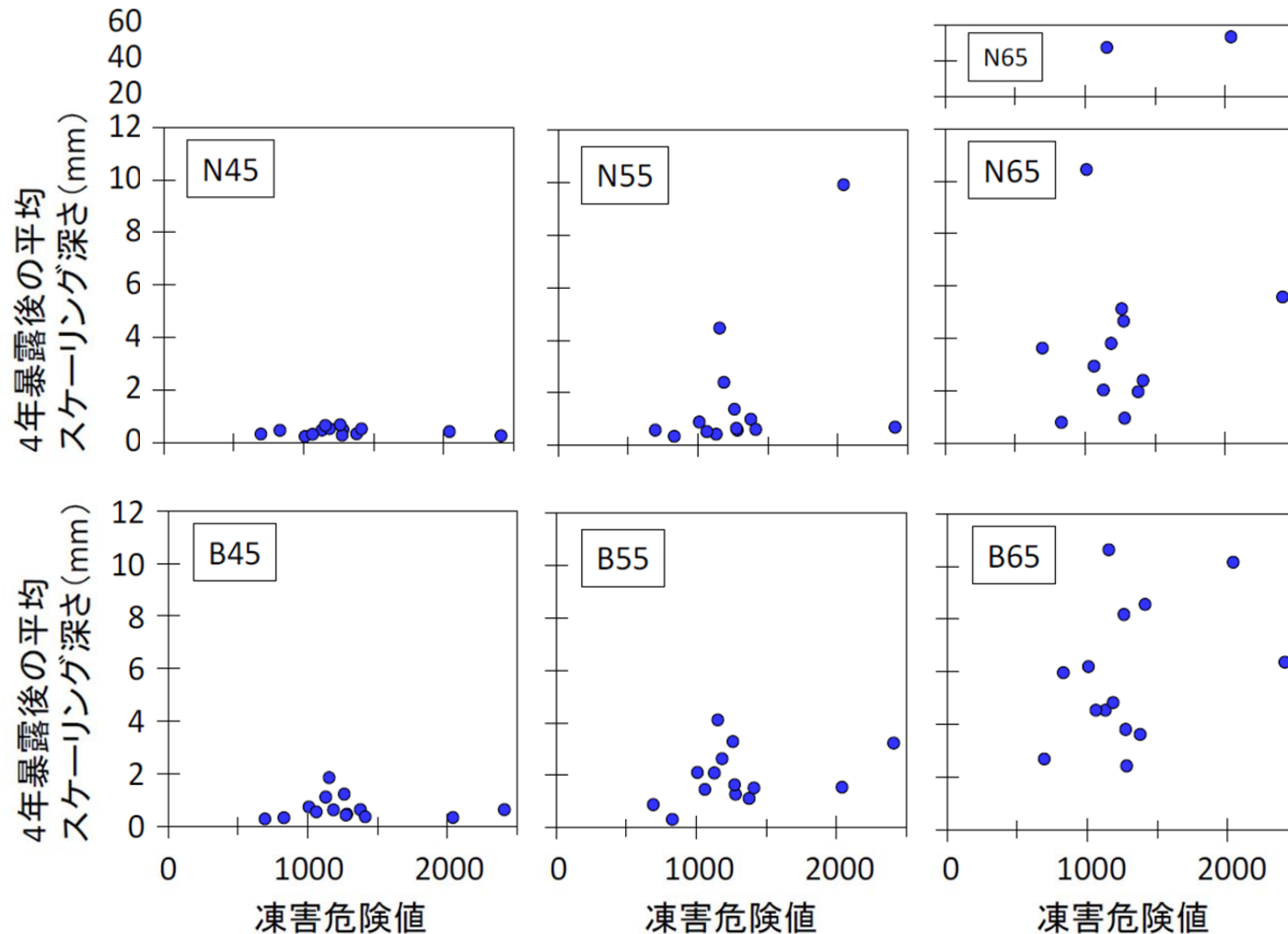
凍害危険値	凍害危険度	凍害の予想程度
0 ～ 200	0	—
201 ～ 500	1	ごく軽微
501 ～ 800	2	軽微
801 ～ 1100	3	やや大きい
1101 ～ 1400	4	大きい
1401 ～	5	極めて大きい



北海道の凍害危険度分布図(長谷川)

凍害複合劣化予測式の開発

凍害危険値と4年暴露後の平均スケーリング深さとの関係
(凍結防止剤散布車出動回数 50回/年以上の現場)



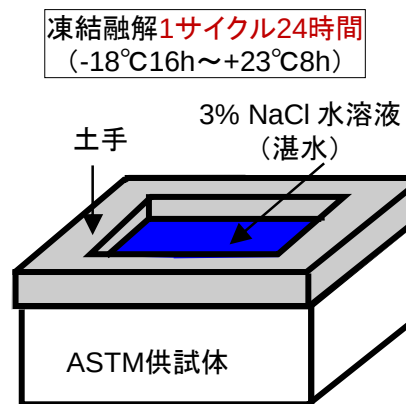
凍害危険値が大きい地域ほどスケーリングが進行しやすい

凍塩害複合劣化を模擬した促進試験法の検討

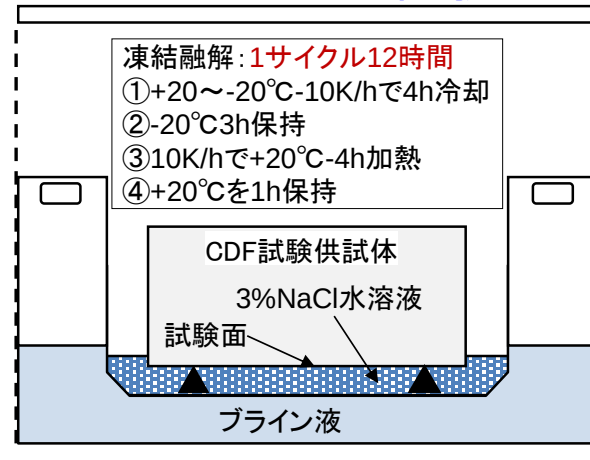
スケーリング劣化に対し適切な対策を講じるためには、コンクリートのスケーリング抵抗性を適切に評価可能な試験法が必要だが、現状では、日本には標準的な試験法の規定がない

既存海外スケーリング規格(スケーリング評価試験法)(内部ひび割れ評価試験法)

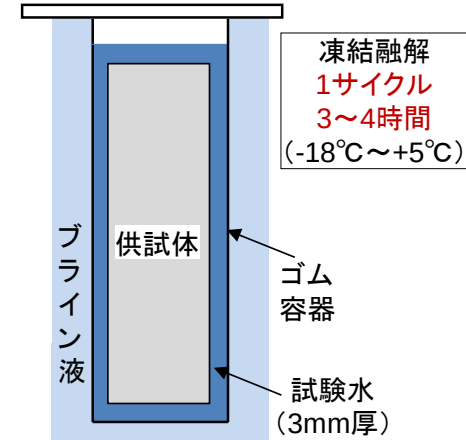
ASTM C672試験



RILEM CDF試験



JIS A 1148 A法の活用



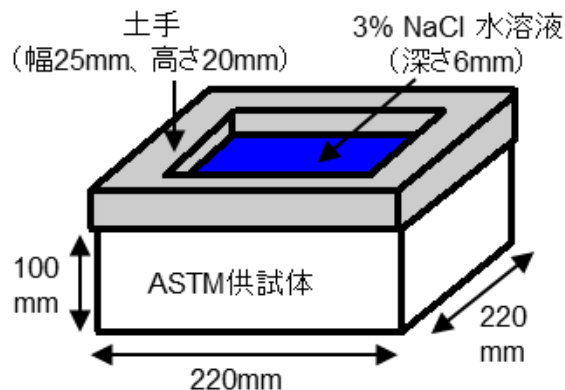
また、試験に長い期間を要することも課題

凍塩害複合劣化を模擬した促進試験法の検討

ASTM C 672



温度可変の試験室に静置
(設定温度範囲-18℃～+23℃)



凍結融解

期間

最低50日

溶液

4%CaCl₂水溶液

温度

① 23℃で6～8時間
② -18℃で16～18時間 → 再び①へ
(24時間1サイクル)

温度
誤差

最低温度で±3℃、その他は±2℃

5、10、15、25、35、50サイクル目に目視評価(明確な傾向がみられない場合はサイクルを延ばすことを推奨)

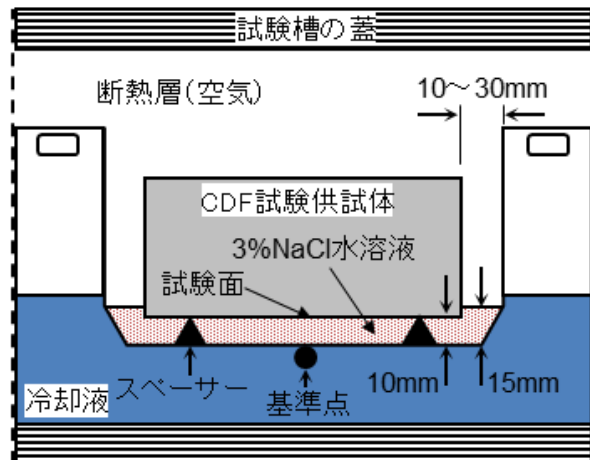
【目視評価】

測定

- 0点: スケーリングなし
- 1点: 粗骨材の露出がない深さ3mm以下のわずかなスケーリング
- 2点: 1点と3点の中間程度
- 3点: 粗骨材がいくつか露出する程度のスケーリング
- 4点: 3点と5点の中間程度
- 5点: 粗骨材が全面露出する程の激しいスケーリング

凍塩害複合劣化を模擬した促進試験法の検討

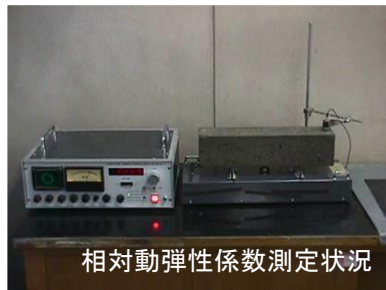
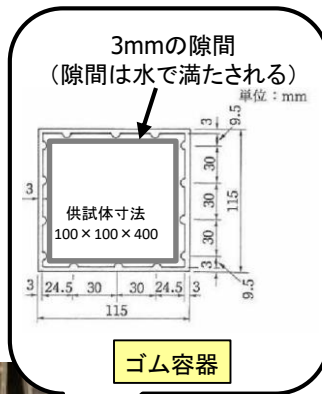
RILEM CDF



吸水	期間	1週間
	溶液	3%NaCl水溶液
	測定	供試体の質量変化
凍結融解	期間	2週間
	溶液	3%NaCl水溶液
	温度	① 20℃から-20℃へ10K/hで4時間かけて冷却 ② -20℃で3時間保持 ③ -20℃から20℃へ10K/hで4時間かけて加温 ④ 20℃を1時間保持 → 再び①へ (12時間1サイクル)
	温度誤差	最低温度で±0.5K、その他は±1K
	測定	14、28サイクル目にスケーリング量
	限界	28サイクル目で1500g/m ²

凍塩害複合劣化を模擬した促進試験法の検討

JIS A 1148

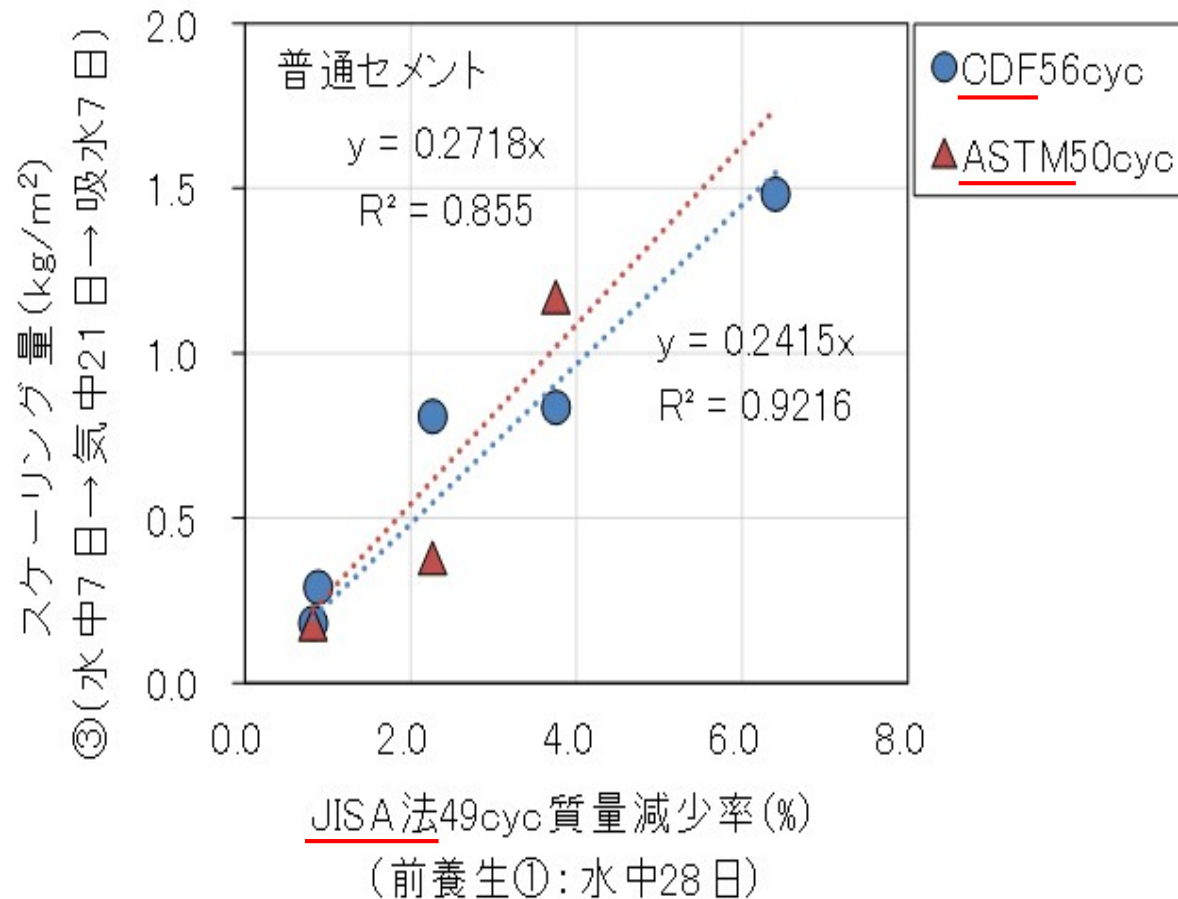


相対動弾性係数測定状況

凍結融解

期間	約1ヶ月半
溶液	水
温度	・供試体の中心温度 最高温度5℃、最低温度-18℃ ・ブライン液の温度 -25～20℃の範囲で変化 ・1サイクル3時間以上、4時間以下 ・融解行程の所要時間 A法(水中凍結水中融解) 1サイクルの25%以上
温度誤差	±2℃
測定	36サイクル毎に質量減少率、相対動弾性係数、 耐久性指数 最長300サイクルまで
限界	耐久性指数60(設計では、使用環境に応じて 60～85の範囲で限界設定)

凍塩害複合劣化を模擬した促進試験法の検討



各試験方法によるスケーリング量と質量減少率の関係

JISA試験法を用いることで、現在より短期間でスケーリング抵抗性を評価できる可能性がある

耐寒促進剤の補修への適用

小規模な補修への適用性の検証

初冬期の小規模なコンクリート施工ではコンクリートの周囲から水和熱が奪われ、初期凍害の恐れがあるため、初期強度発現が期待できる耐寒促進剤の使用と、これによる仮設や施工の簡素化の実現性を検討。



渇水期(冬季)の橋梁工事では防寒対策が必要

耐寒促進剤の補修への適用

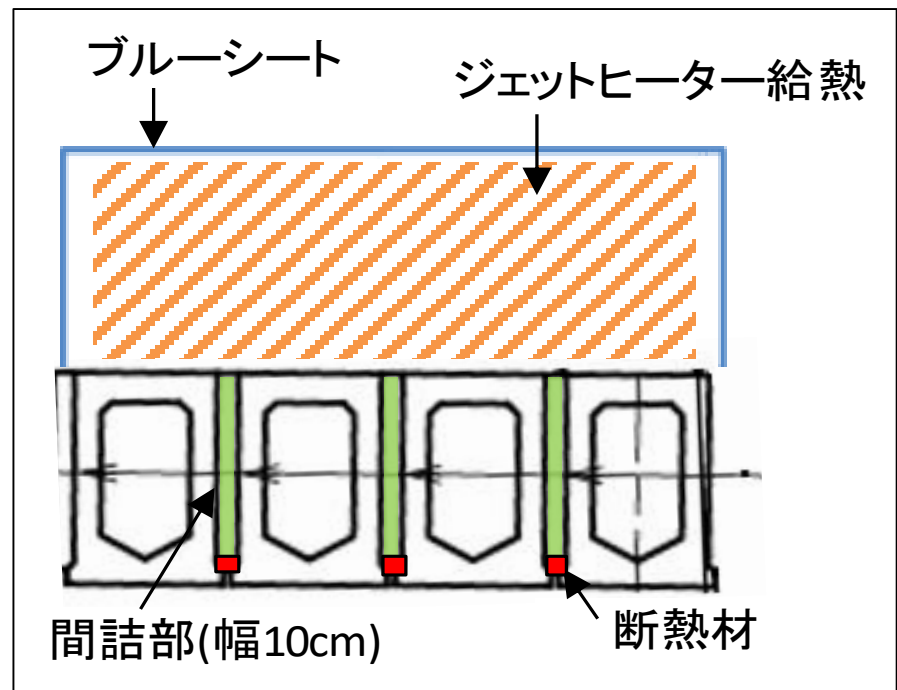
実工事にて試行

試行対象：PC桁橋の間詰めコンクリート

仮設工：簡易囲い(ブルーシート、ジェットヒーター給熱)
間詰め下部の断熱材設置

→大規模な仮囲いを用いなくても、最も温度条件が厳しい間詰めコンクリート下部において次の条件を満たすことを、事前に解析し確認。

- ・打設後24時間のコンクリート温度が 0°C を下回らない
- ・施工工程条件の打設後7日間で圧縮強度 $25\text{N}/\text{mm}^2$ 以上



耐寒促進剤の補修への適用

解析に用いる定数として、耐寒促進剤コンクリートの断熱温度上昇試験の結果を用いて、現場を想定した終局断熱温度上昇量および温度上昇速度定数を設定。

$$Q_{(t)} = Q_{\infty} [1 - \exp\{-\gamma(t - t_0)^S\}]$$

$Q_{(t)}$ 材齢 t までの断熱温度上昇量 Q_{∞} 終局断熱温度上昇量 γ 温度上昇速度定数
 t_0 発熱開始材齢(=0) S 温度上昇速度定数

表 現場を想定した終局断熱温度上昇量および温度上昇速度定数

W/C (%)	セメント量 (kg/m ³)	打設 温度 (°C)	Q(t)=Q _∞ {1-exp (-γt ^S)}		
			Q _∞	γ	S
50	289	11	49.27372	0.72196	1.07314

耐寒促進剤の補修への適用

コンクリート温度の実測値が解析値を上回り、前出の条件を満たし施工できたことを確認できた。

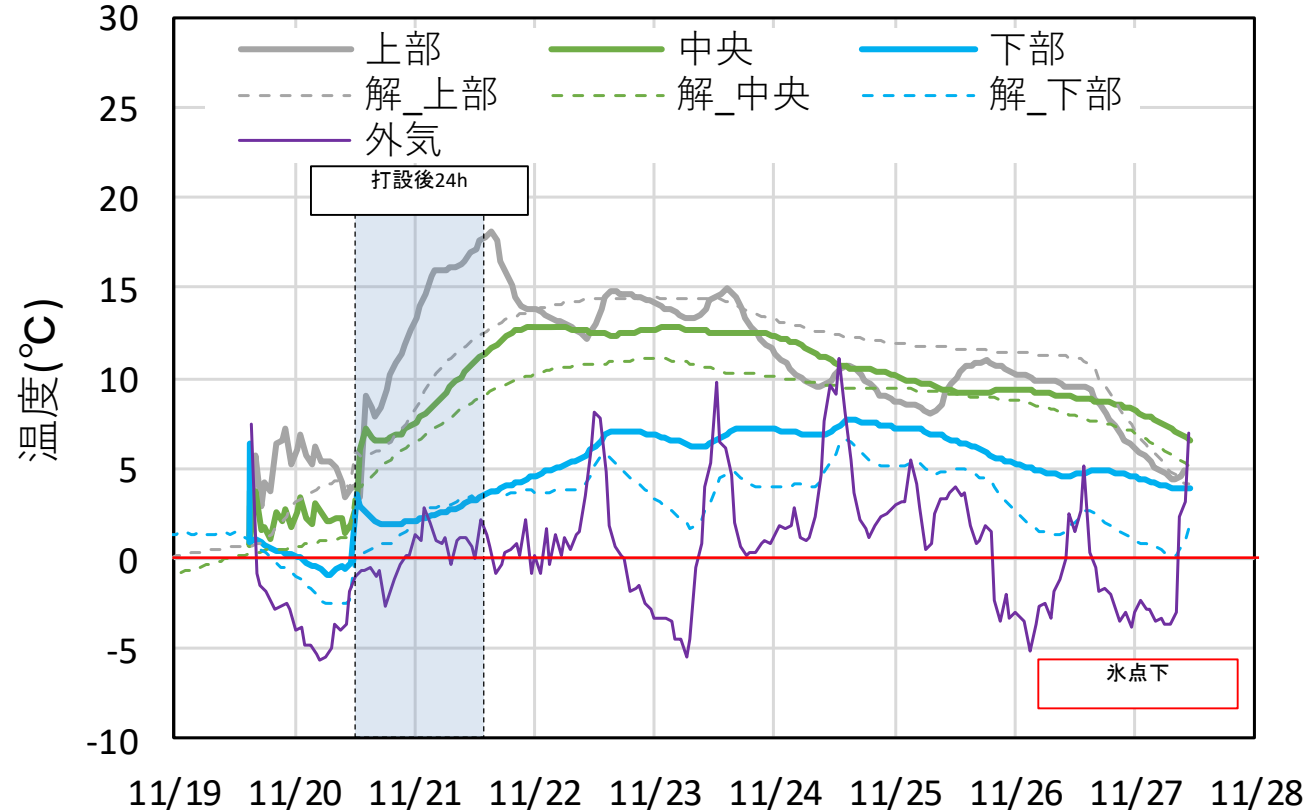


図 間詰コンクリート温度の実測値と解析値

小規模なコンクリートにおいて事前の解析と簡易な給熱により初冬期における経済的な施工・工期短縮が可能に

シラン系表面含浸材

コンクリート表面および表層に吸水抑制機能を付与し、外部からの水や塩化物イオンの侵入を抑える浸透性の保護材

- ・表面保護材の中では比較的安価
- ・施工工程が少なく、短期間で簡便に塗布できる
- ・表面の外観を大きく変えないため、施工後の部材目視点検が可能

等の特徴を有し、近年、適用事例が増加

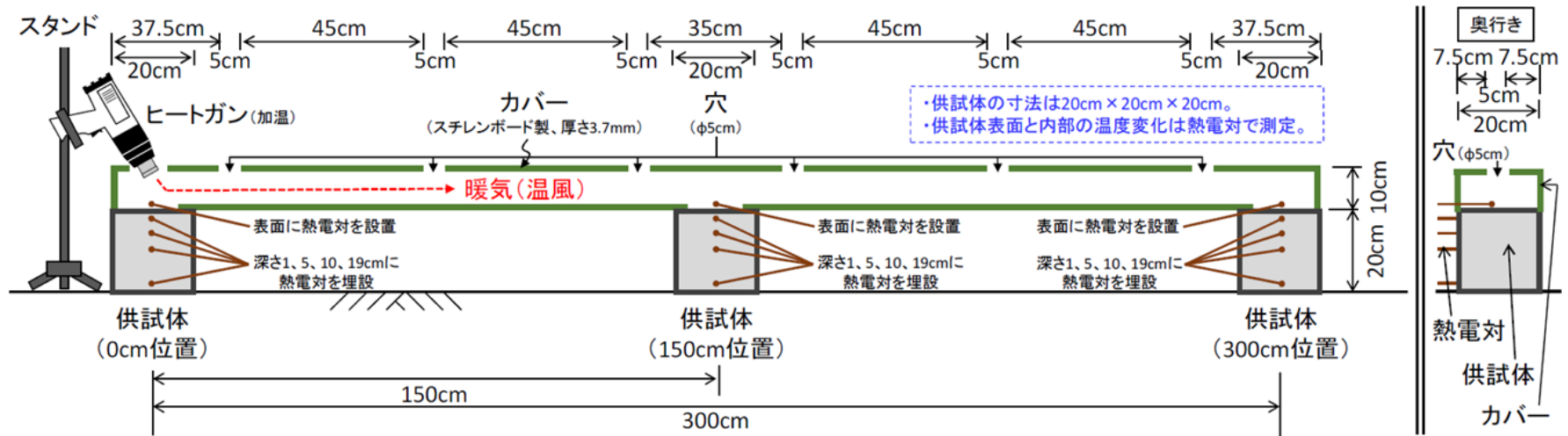
課題

コンクリート表面が濡れていると、深く含浸せず、吸水防止層の形成が阻害される

これに対し温風による乾燥が有効だが、適切な管理方法が十分に整備されていない

寒冷環境下でのシラン系表面含浸材の施工

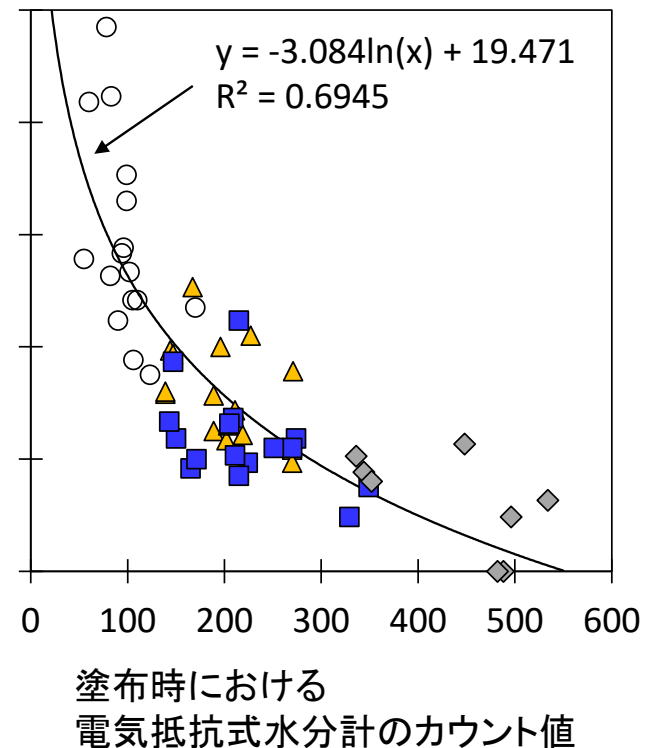
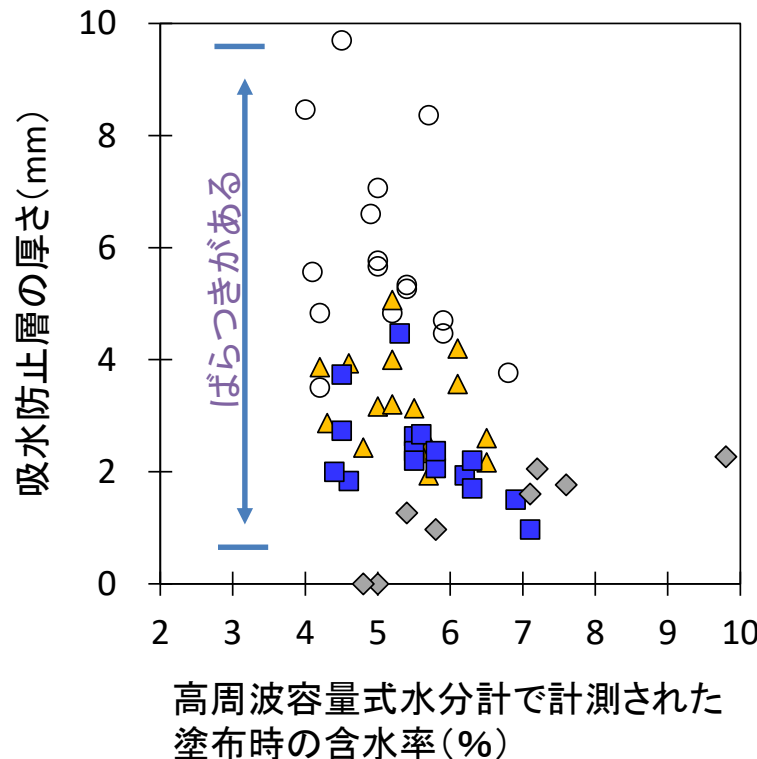
コンクリート表面の含水状態を適切に管理する方法の検討



11,12,1,2月の冬期低温下において、供試体を十分に養生後、加温により乾燥（加温の程度に強弱をつけるためヒートガンからの距離を3通りに設定）

寒冷環境下でのシラン系表面含浸材の施工

高周波容量式水分計(深さ0～4cmの平均含水率を評価)と、電気抵抗式水分計(深さ0～約1cm範囲の含水状態を評価)により含水状態を測定。
シラン系表面含浸材を塗布後の吸水防止層の厚さとの関係性を比較。



⇒表面の含水状態の管理方法としては、評価範囲が表面近傍である電気抵抗式水分計が有用

凍害・複合劣化等に関する研究事例

舗 装

舗装にとって過酷な北海道の地域特性

- 幅広い温度域

気温 $-30^{\circ}\text{C} \sim +30^{\circ}\text{C}$ 。舗装温度 $-30^{\circ}\text{C} \sim +60^{\circ}\text{C}$
低温 $\rightarrow$ 脆化(クラック), 高温 $\rightarrow$ 流動(わだち)

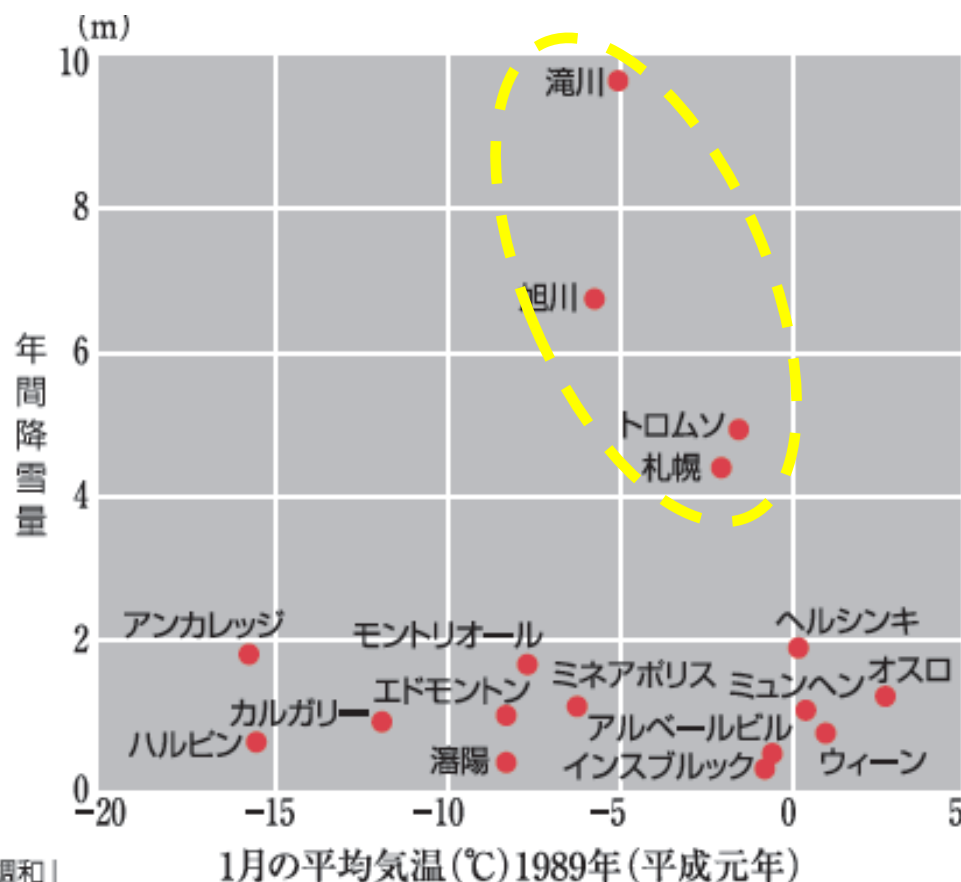
- 積雪量が多く雪氷路面が発生

走行性低下(滑り)、除雪や
タイヤチェーンにより
表層へダメージ(摩耗)

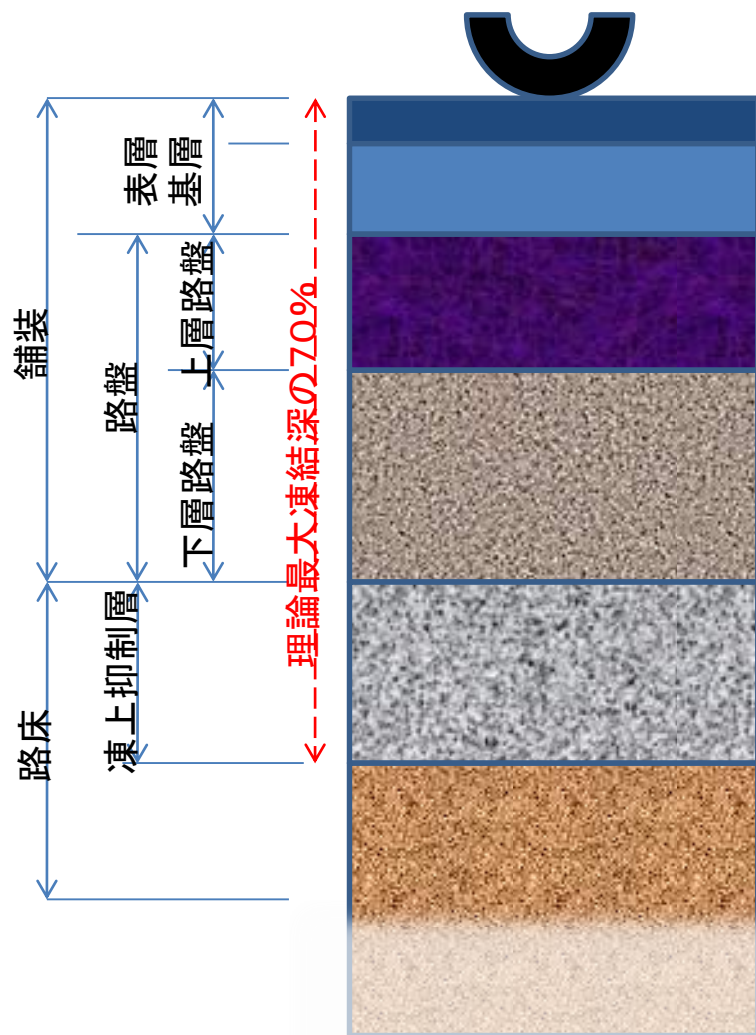
- 凍上や低温、凍結融解、
融雪水による舗装の破損
や支持力低下

舗装構造へのダメージ、
(クラック、支持力低下)
により寿命の低下

(資料)
北方都市会議
冬期都市環境問題研究会
1992年調査報告書
「冬期路面管理と環境の調和」



北海道特有の舗装損傷に対する舗装構造による対策



表層：細粒ギャップアスコン、密粒度アスコン、
開粒度アスコンなど

基層：粗粒度アスコンなど

上層路盤：アスファルト安定処理（低温クラック）

下層路盤：切込砂利、切込碎石
（40mm級）など

凍上抑制層：切込砂利、切込碎石（80mm級）、
砂、火山灰などで路床土を置き換え（凍上）

路床土：基盤（路盤の下1m程度までの範囲）
〔融解期の支持力低下を考慮して評価〕（凍上）

北海道特有の舗装損傷に対する舗装材料による対策

- 骨材

- 吸水率: 3.0%以下→2.5%以下(摩耗S、剥離、低温クラック)
- すり減り減量: 30%以下→場合により25%以下(摩耗S)
- 安定性: 表層10%以下、その他12%以下(凍結融解)

- アスファルト

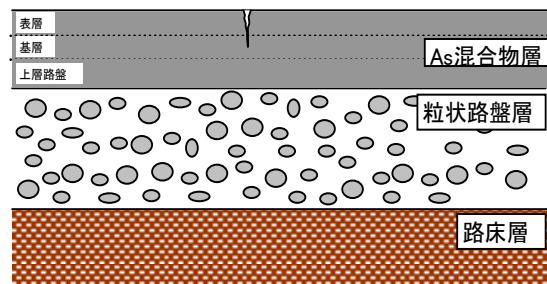
- 針入度: 40-60、60-80→80-100(摩耗C、低温クラック)

- 混合物

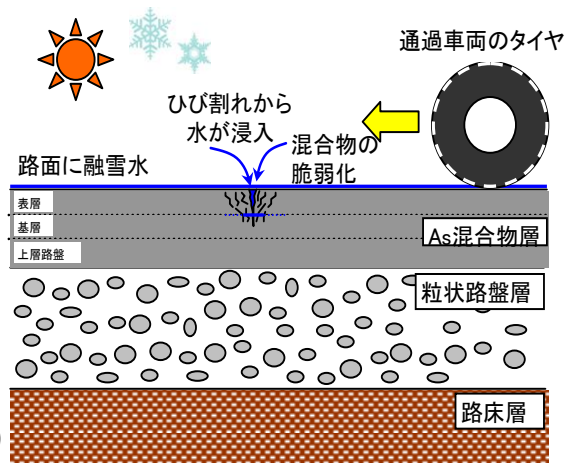
- アスファルト量: 多い(摩耗、凍結融解)
- 配合: F付混合物 F/A1.2-1.3→1.5-1.7(摩耗、凍結融解)
すり減り量: 1.3cm²以下[チェーンラベリング](摩耗)
- 空隙率: 4%以内程度(凍結融解)

ポットホール発生メカニズム

表層中心のポットホール

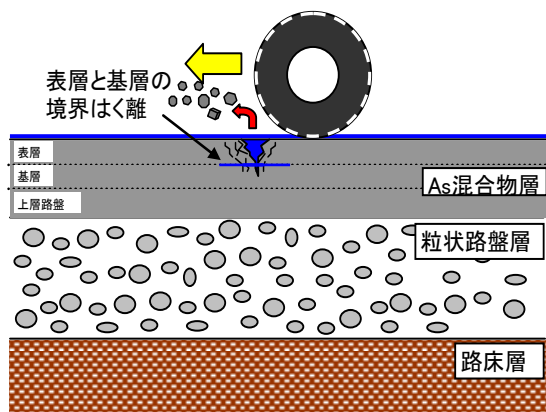
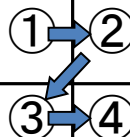


もともとのひび割れや欠陥部の存在。表面からのひび割れで、混合物層内で止まっているひび割れ。



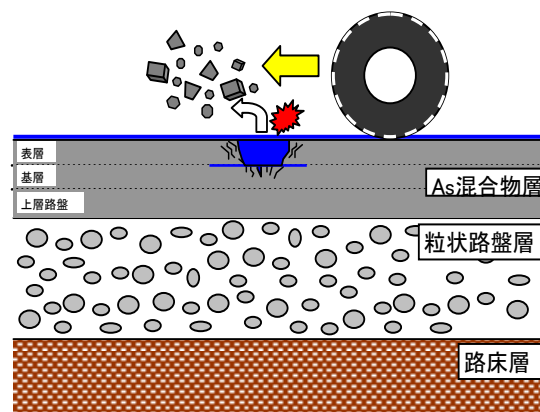
ひび割れから侵入した水が凍結融解を繰り返し、ひび割れ周辺の混合物層が脆弱化、角かけなどを生じ始める

脆弱化した混合物の上をタイヤが通過することでひび割れが発生・進展



脆弱化した部分にタイヤの载荷による衝撃等が加わり、バラバラになり飛散を始める。小さなポットホールが発生。

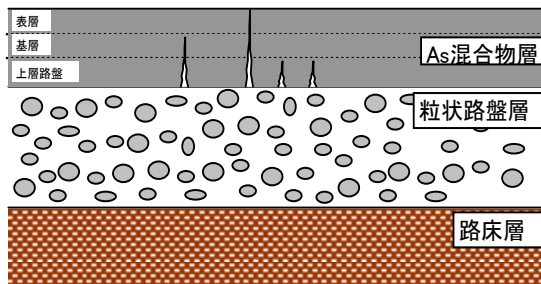
ひび割れから浸入した水が表層と基層の境界面を伝って浸入。凍結融解を繰り返すうちに、層間の接着を弱め、層間はく離を生じさせる。



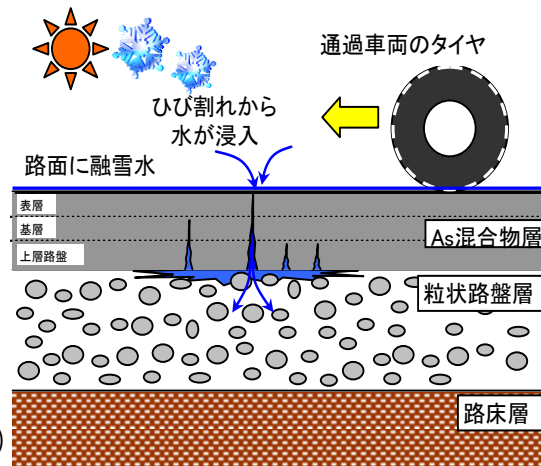
表層と基層の層間にはく離を伴いつつ、飛散が激しくなりポットホールが拡大する。

ポットホール発生メカニズム

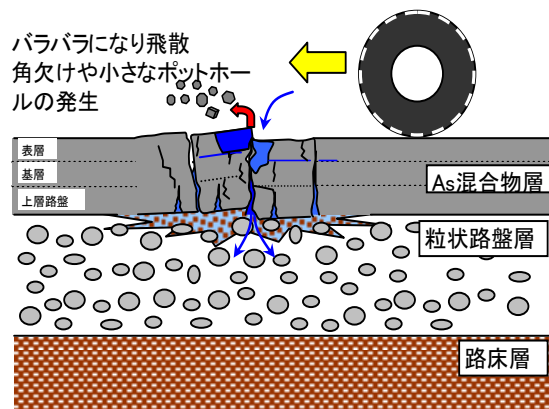
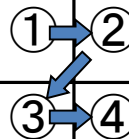
混合物層全層のポットホール



もともとのひび割れや欠陥部の存在。底面側からのひび割れで、混合物層を貫通しているひび割れ。

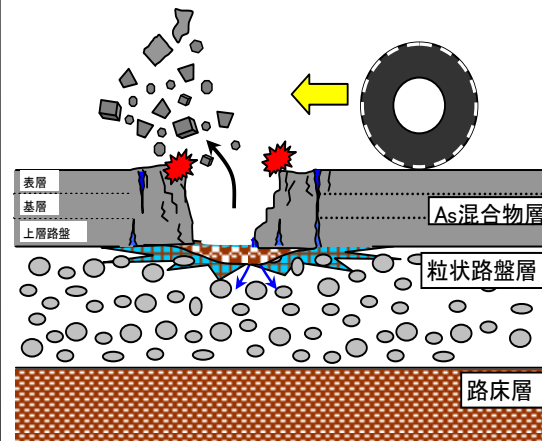


路盤内および路床に浸入した水によって、路盤層上面が泥濘化して空隙の発生や支持力低下が起こる。



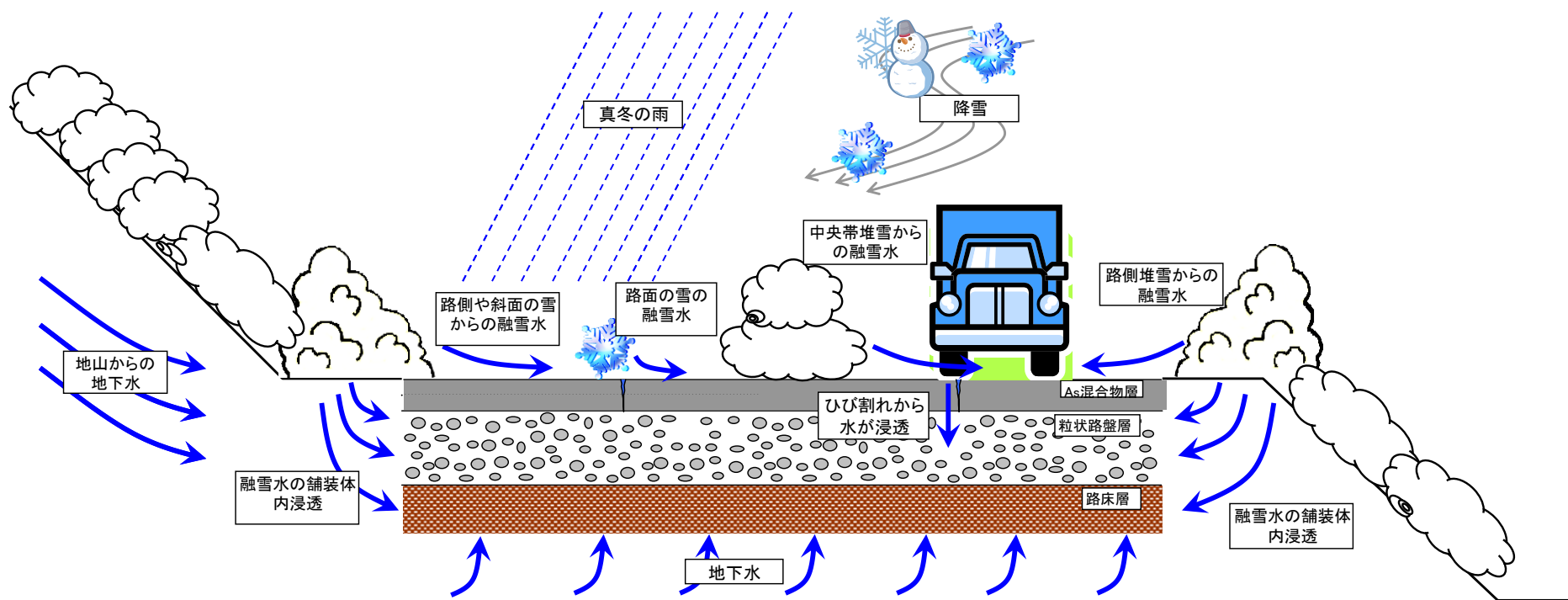
路盤内および路床に浸入した水が凍結融解作用によって隆起や沈下を引き起こす。

ひび割れが進展し、骨材が飛散し始める。層間はく離を伴いつつ、ポットホールが発生。



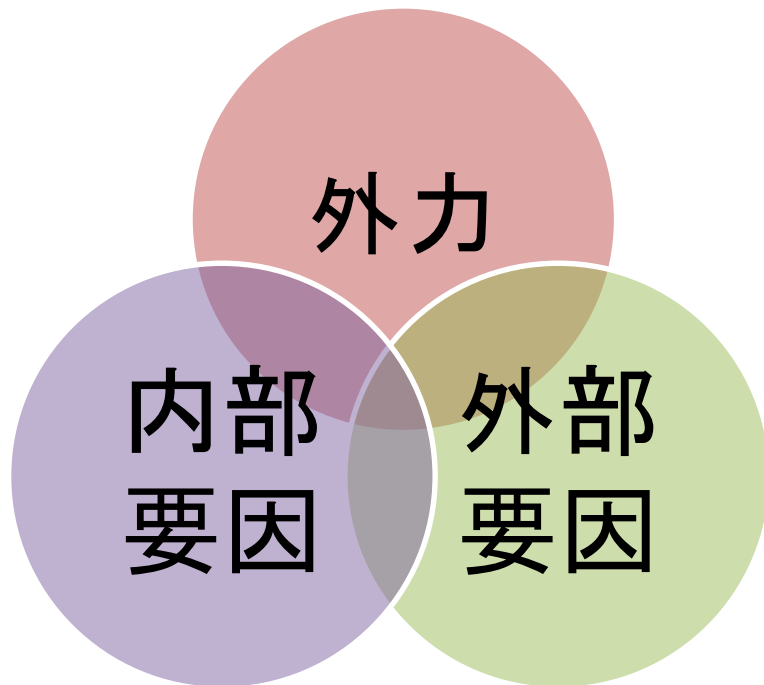
ポットホールの原因となる水の供給源

- ・降雪後や除雪後に路面に残った雪が融けた水
- ・路肩や中央帯の堆雪からの融雪水
- ・冬場の降雨
- ・道路脇斜面など道路外からの融雪水



融雪期のポットホール発生要因と対策

- **外力**: 車両の走行、タイヤチェーンなど
- **内部要因**: 既存のクラックや打ち継ぎ目
- **外部要因**: 融雪水



- **内部要因の改善**: 早期の補修、品質を向上する設計施工など
- **外部要因の改善**: 融雪水を路面から速やかに排除

低温環境下で耐久性のある舗装補修技術の開発

ひび割れ抑制シートによる舗装の延命化(研究成果事例)

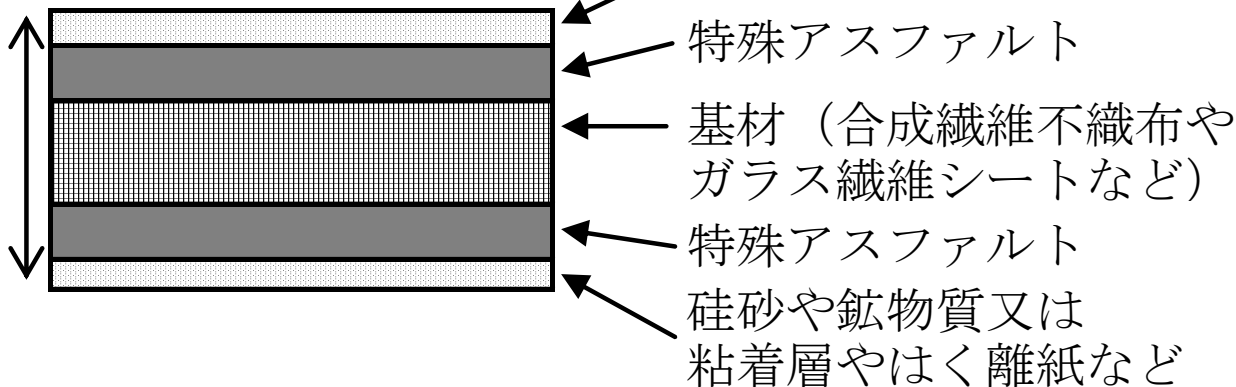
ひび割れ抑制シートは布状やシート状、メッシュ状の基材に特殊アスファルト等を含浸又は皮膜させてシート状にした構造を持つ。

主にリフレクションクラックの抑制効果を期待して使用される。

疲労破壊が進んだ舗装の切削オーバーレイを行う際に、表層下面にひび割れ抑制シートを用いて、下層のひび割れによるリフレクションクラックの発生を遅延させる。

ひび割れ抑制シート工法

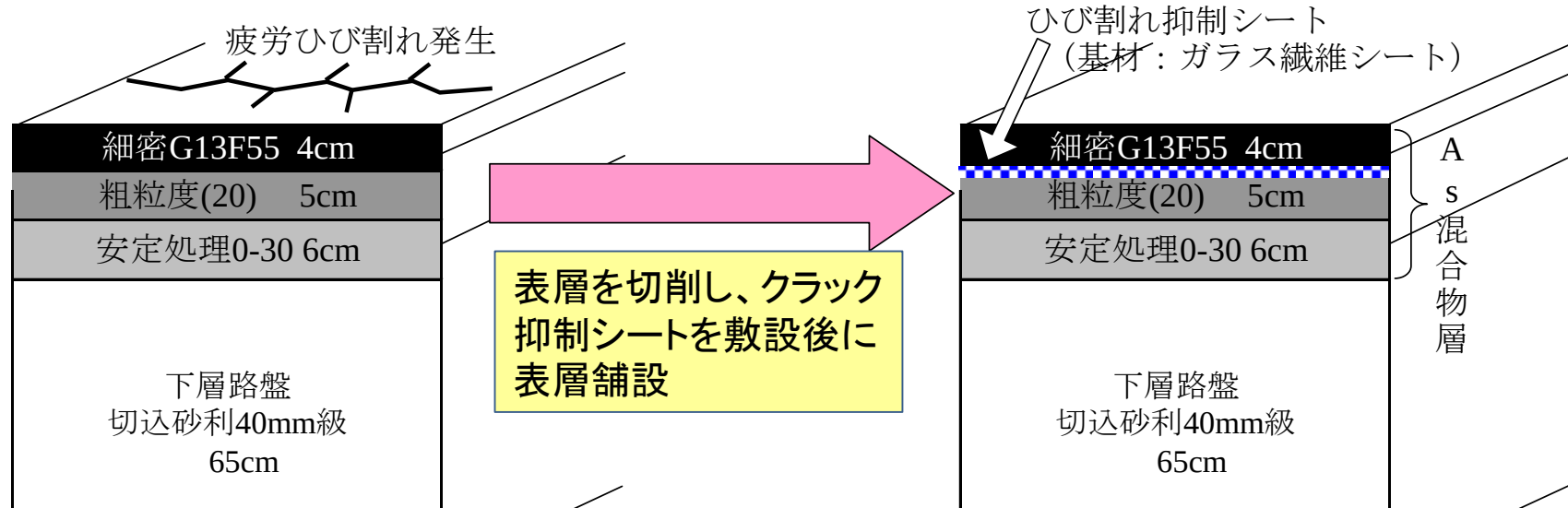
厚さ：1mm～3mm程度



シート工法の施工状況
(低温クラック箇所)

低温環境下で耐久性のある舗装補修技術の開発

ひび割れ抑制シートによる舗装の延命化



疲労ひび割れ箇所の切削オーバーレイ補修へのシート工法適用 概要

N5(B交通,
250-1000台/日)

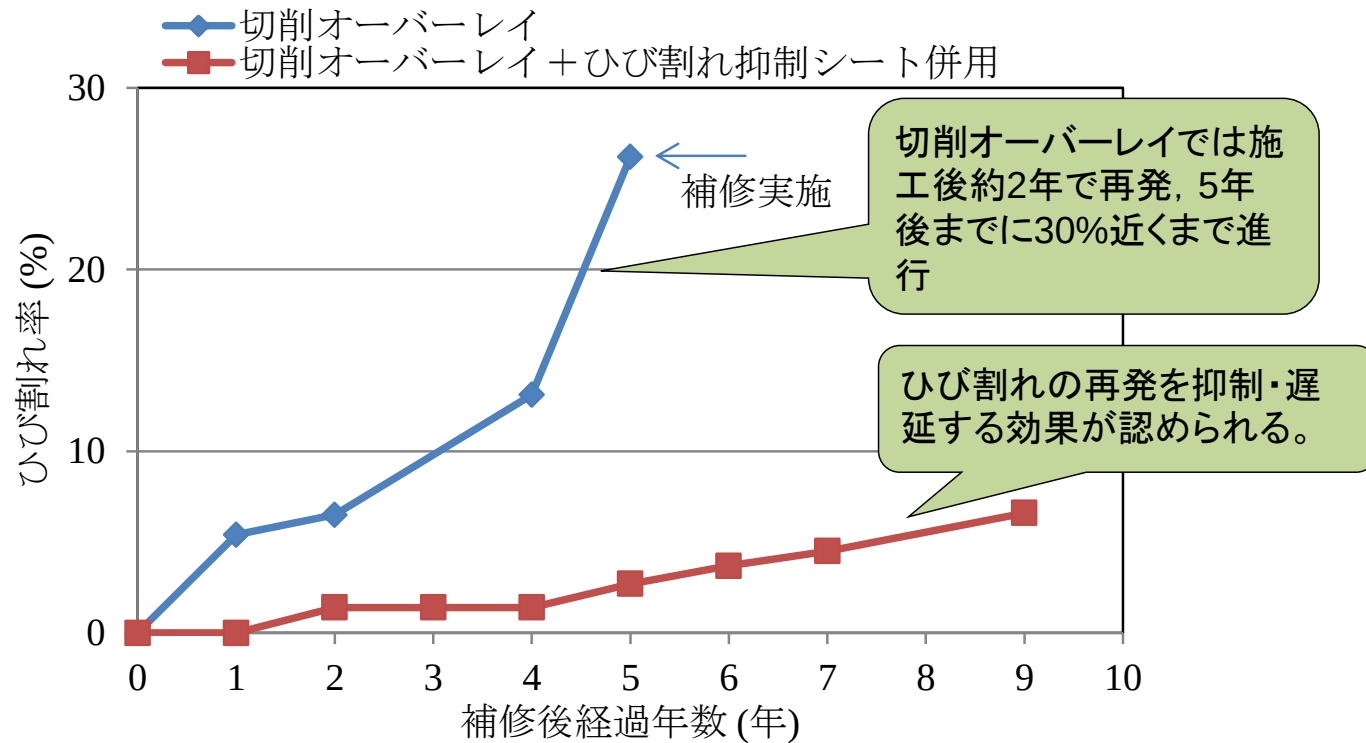
ひび割れ率
26%

わだち掘れ
16.5mm



低温環境下で耐久性のある舗装補修技術の開発

ひび割れ抑制シートによる舗装の延命化



シート補修箇所のひび割れ抑制状況

ひび割れ抑制シートによるひび割れ抑制効果が実現場で検証された

低温環境下で耐久性のある舗装補修技術の開発

ひび割れ抑制シートによる舗装の延命化

研究成果を踏まえH30年度から北海道開発局道路設計要領に反映

5.10.6 オーバーレイに伴うクラック処理

(1) オーバーレイに伴うクラック処理については以下による。

クラックの分類	クラックの程度	一般的な処理方法	備 考
ヘアクラック 線状ひびわれ	基層下まで及んでいない幅は5 mm未満	タックコート	
線状ひびわれ	基層下まで及んでいる幅は5 mm～10 mm程度	填充材注入(ただし、10mm～15mm の縦断クラックの場合、状況によりシートでの対応を検討。)	アスファルト系目地材
横断クラック	温度応力等による横断クラック基層下まで及んでいる	填充材注入+シート	ガラス繊維等を基材とした引張強度が高く伸び率が小さいひび割れ抑制シートを使用する
亀甲状クラック	舗装の不適・不良 路盤・路床の不適・不良	欠損部補修 部分打ち換え 路盤打ち換え	既設のアスファルト混合物層を有効活用する場合には、ガラス繊維等を基材とした引張強度が高く伸び率が小さいひび割れ抑制シートを使用する

地すべり、構造物の傾き、沈下によるクラックは、別途検討のこと

フォグシールによる予防保全技術の検討

フォグシール

- ・アスファルト舗装の表面処理工法のひとつ。
- ・希釈したアスファルト乳剤を既設舗装の表面に散布・浸透させる。
- ・表面付近の微細なひび割れや空隙を充填し、アスファルトの劣化を防ぐ。(混合物層内部への水の含浸を抑制)

特徴

- ・材料を常温で扱える
- ・機械施工が可能で短時間で施工可能
- ・比較的安価である
- ・使用量によっては、施工直後の湿潤状態の路面すべり抵抗が低下(砂などの散布が必要)

低温環境下で耐久性のある舗装補修技術の開発

フォグシールによる予防保全技術の検討



フォグシール散布車による
施工状況



エンジンスプレーヤによる
施工状況

低温環境下で耐久性のある舗装補修技術の開発

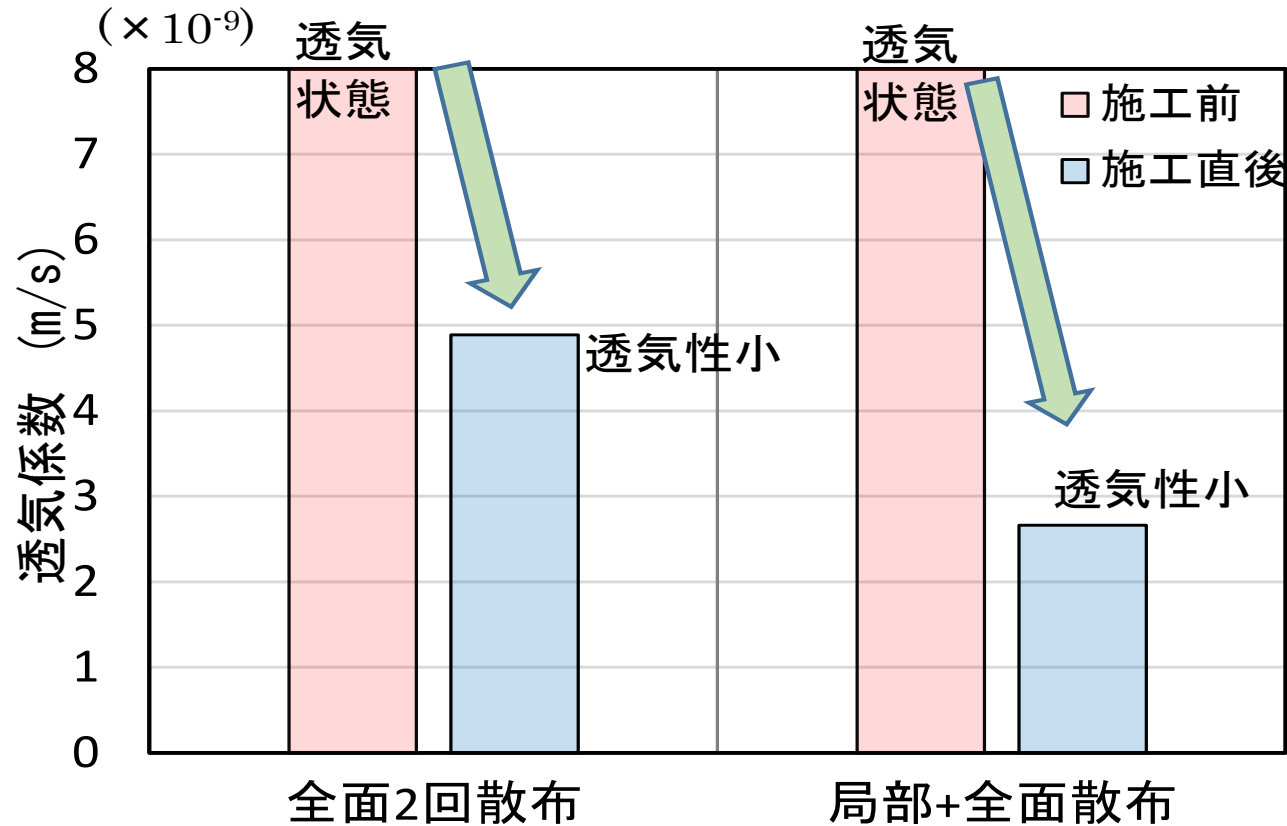
フогシールによる予防保全技術の検討



フогシールの遮水性評価試験例

フогシールによる予防保全技術の検討

透気試験結果



- ・舗装内への水の浸透を防止する効果を確認。
- ・全道の試験施工箇所にて調査継続中。
- ・効果的な施工方法の確立を目指す。

低温環境下で耐久性のある舗装補修技術の開発

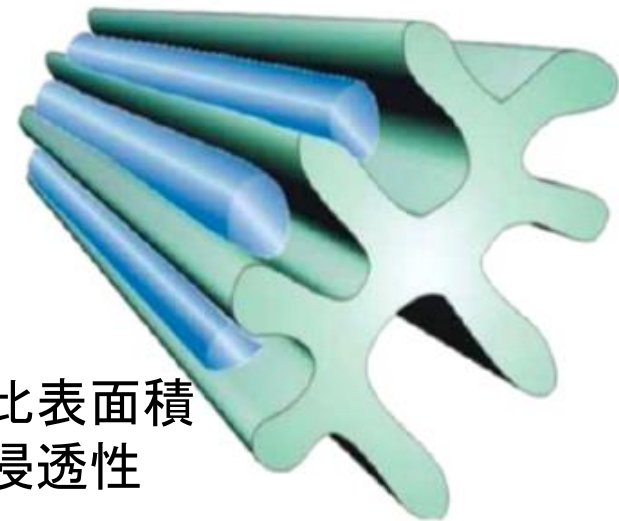
その他の外的要因(水)対策の検討

水の侵入を防止する対策だけでなく、舗装体内に侵入した水・もとからある水を排出する技術についても検討を進めている。

高い比表面積・浸透性を有する繊維を用いた ジオシンセティクス排水材による内部排水技術の開発



ジオシンセティクス排水材



高い比表面積
高い浸透性

排水材の繊維の断面

低温環境下で耐久性のある舗装補修技術の開発

ジオシンセティックス排水材による路盤・路床内の排水を解析で検証

⇒ ・降雨後における排水材敷設以深の飽和度上昇を抑制

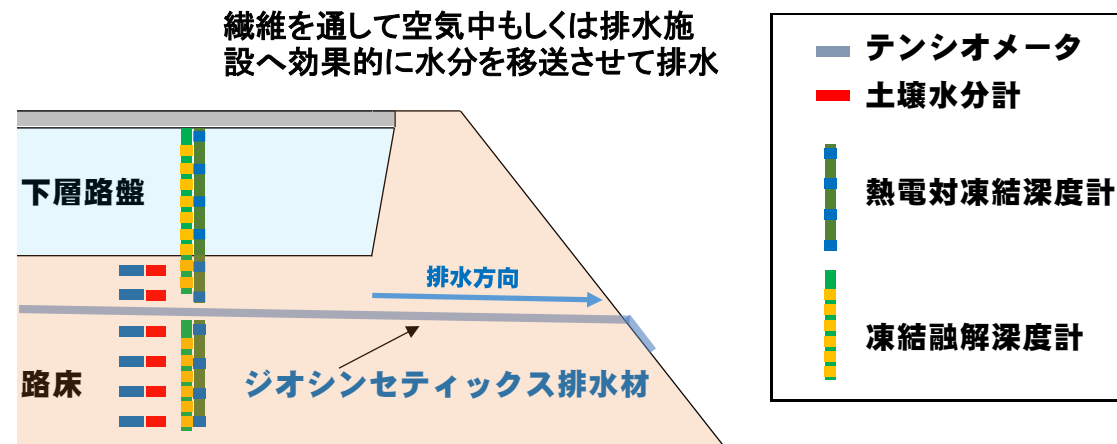
・排水材敷設深さより上方の飽和度を低下

することにより凍上量の抑制効果を確認

試験施工を実施。排水材敷設による排水効果・凍上抑制効果をテンシオメータ・電気抵抗の計測・凍上量測定等により検証中



試験施工状況



試験施工断面と埋設計器

高耐久型表層用アスファルト混合物の検討

- ・碎石マスチックアスファルト混合物(SMA)は、高い耐久性が期待できることから、近年、世界的に注目されており、施工実績が増加(米国では2011→2015年で約30倍)。
- ・我が国では、排水性舗装の代替として、十分な走行安全性と耐久性を併せ持つ機能性SMAが近年普及している。そこで、機能性SMAの配合をベースにして、高耐久型の新配合を検討

新配合混合物の骨材配合の一例

	新配合	機能性SMA
アスファルト	7.1%	6.2%
6号碎石	59.1%	61.5%
7号碎石	10.4%	10.5%
粗目砂	7.4%	4.6%
細目砂	4.7%	5.1%
フィラー	11.3%	12.1%

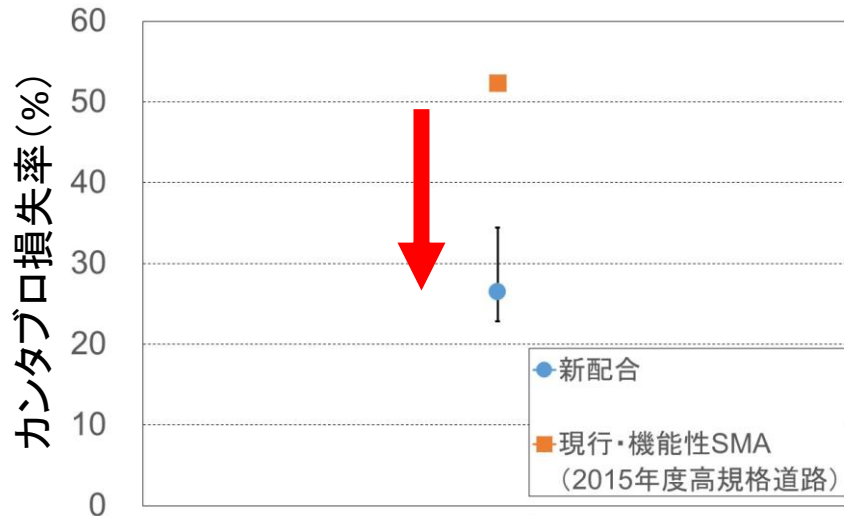
←
As量増

←
細骨材量増

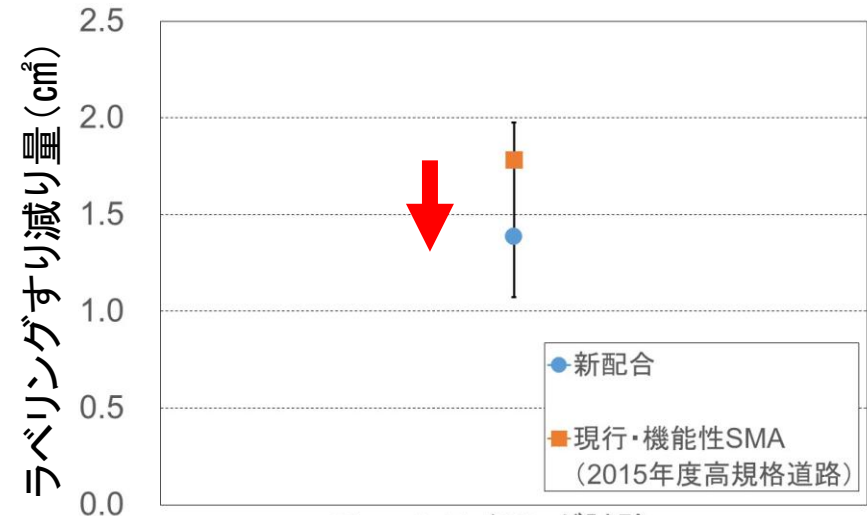
舗装の凍上・凍結融解に対する高耐久化技術の開発

室内試験の結果、骨材粒度を細かくする、およびアスファルト量を多くすることが、高耐久化を目指す上で有効であることを確認。また、屋外試験において、施工性に問題がないことも確認。

骨材飛散抵抗性・耐摩耗性がともに向上



低温カンタブロ試験



チェーンラベリング試験

室内試験による新配合混合物の耐久性評価

舗装の凍上・凍結融解に対する高耐久化技術の開発

耐久性向上を目的とした施工方法の検討

- ・振動ローラを用いたアスファルト混合物の施工は、世界的に実施されているが、我が国における施工例は少なく、普及もしていない。
- ・近年、一般的な垂直振動に比べて低騒音で骨材割れが少ないことから、水平振動ローラを用いた施工方法が欧米を中心に普及。我が国に適した水平振動ローラの適用方法を検討



水平振動ローラ



施工後の路面状況

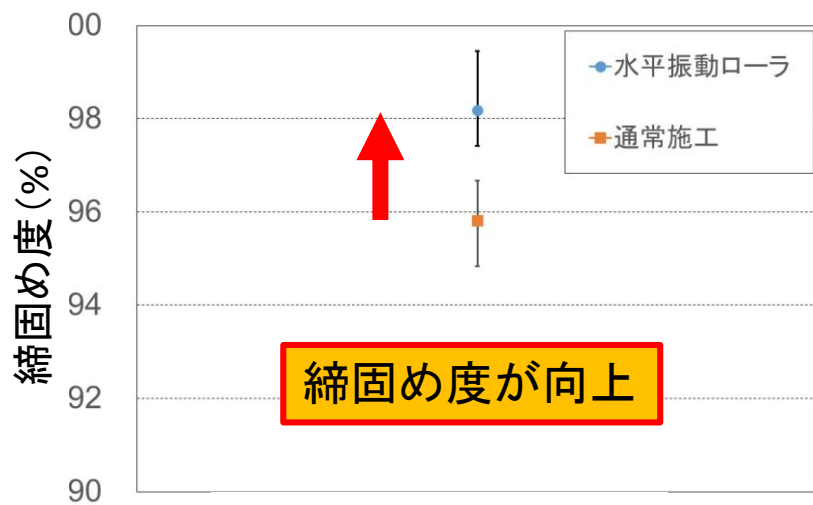


供試体採取

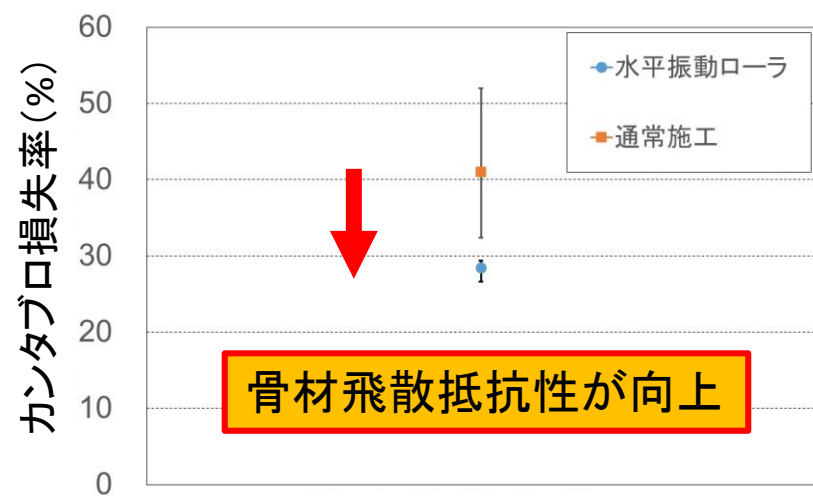
屋外試験による高耐久化技術の検討の実施状況

舗装の凍上・凍結融解に対する高耐久化技術の開発

機能性SMAの施工に適用し、一般的な施工方法より高い締固め効果があることを確認。施工後採取した供試体を使用した室内試験でも、耐久性向上を期待できる結果になった。



屋外試験結果



低温カンタブロ試験

水平振動ローラを使用して施工した
機能性SMAの耐久性評価

おわりに

- 凍害・複合劣化等を受けるインフラの維持管理・更新に関する研究について、いくつかの事例をご紹介してきました。
- 引き続き、現場の技術者の皆さまに最大限に活用していただける形で、研究成果をお届けしていきたいと考えています。