

北海道における
品質確保のあるべき姿検討委員会

活動報告

2021年 5月

「北海道における品質確保のあるべき姿委員会」

寒中コンクリート(寒冷期の施工)と寒中のコンクリート(寒冷環境下に曝されるコンクリート)を区別して議論するため、2つのWGを構成して活動を行う。施工実態、気象や使用材料などの地域的特性、北海道内のコンクリート構造物の劣化状況などを把握し、北海道における品質確保のあるべき姿の基本方針や課題を明らかにする。

- ・ 活動期間: 2020年4月～2021年3月

■ 活動経過

- 1) 第1回幹事会：令和2年6月5日
第2期活動方針・体制について
- 2) 第1回全体委員会：令和2年7月6日
第1期活動概要、第2期の活動方針、WG体制、最終成果物について
- 3) 第1回耐久性WG委員会：令和2年10月12日
第1期活動概要、耐久性WGの活動方針について
- 4) 第1回寒中工事WG委員会：令和2年10月19日
第1期活動概要、寒中工事WG活動方針について
- 5) 第2回幹事会：令和2年12月7日
今後の委員会活動の方針について
- 6) 第2回寒中工事WG委員会：令和2年12月17日
寒中施工の現状や品質確保手法（施工事例、耐寒促進剤）の把握
- 7) 第2回耐久性WG委員会：令和2年12月24日
橋梁点検での初期欠陥と劣化事例、建築物の劣化状況と対策
- 8) 第3回幹事会：令和3年2月10日
活動成果の取りまとめ、今後の活動について
- 9) 耐久性WG委員会：第3回3月9日
北海道の橋梁構造物・トンネルの劣化状況、成果の取りまとめ
- 10) 寒中工事WG委員会：第3回3月17日
土木における寒中施工、チェックシート、成果の取りまとめについて
- 11) 東北支部意見交換会：令和3年3月24日
寒中施工や耐久性確保に関する活動成果・意見交換、今後の活動について

■ 委員構成

委員長
幹事長
幹事

委員

オブザーバー

濱 幸雄
深瀬 孝之
吉田 行
谷口 円
足立 祐介
池田 耕平
井上 真澄
井上 雅弘
神本 邦男
河村 巧
齊藤 智洋
島多 昭典
杉山 隆文
村井 剛大
渡辺 暁央
三井 功如

室蘭工業大学大学院
北海道科学大学
土木研究所 寒地土木研究所
北方建築総合研究所
北海学園大学
ポゾリス ソリューションズ株式会社
北見工業大学
株式会社 長大
北海道太平洋生コン株式会社
岩田地崎建設株式会社
鹿島建設株式会社
土木研究所 寒地土木研究所
北海道大学大学院
村井建設株式会社
苫小牧工業高等専門学校
西松建設株式会社

【寒中工事WG】

主 査
委 員

谷口 円
池田 耕平
井上 真澄
神本 邦男
河村 巧
齊藤 智洋
佐川 貴康
高橋 克明
遠田 康英
長谷川 諒
藤原 佑美
村井 剛大
吉田 行
渡辺 暁央

北方建築総合研究所
ポゾリス ソリューションズ株式会社
北見工業大学
北海道太平洋生コン株式会社
岩田地崎建設株式会社
鹿島建設株式会社
北方建築総合研究所
伊藤組土建株式会社
岩田地崎建設株式会社
土木研究所 寒地土木研究所
藤原工業株式会社
村井建設株式会社
土木研究所 寒地土木研究所
苫小牧工業高等専門学校

【耐久性WG】

主 査
委 員

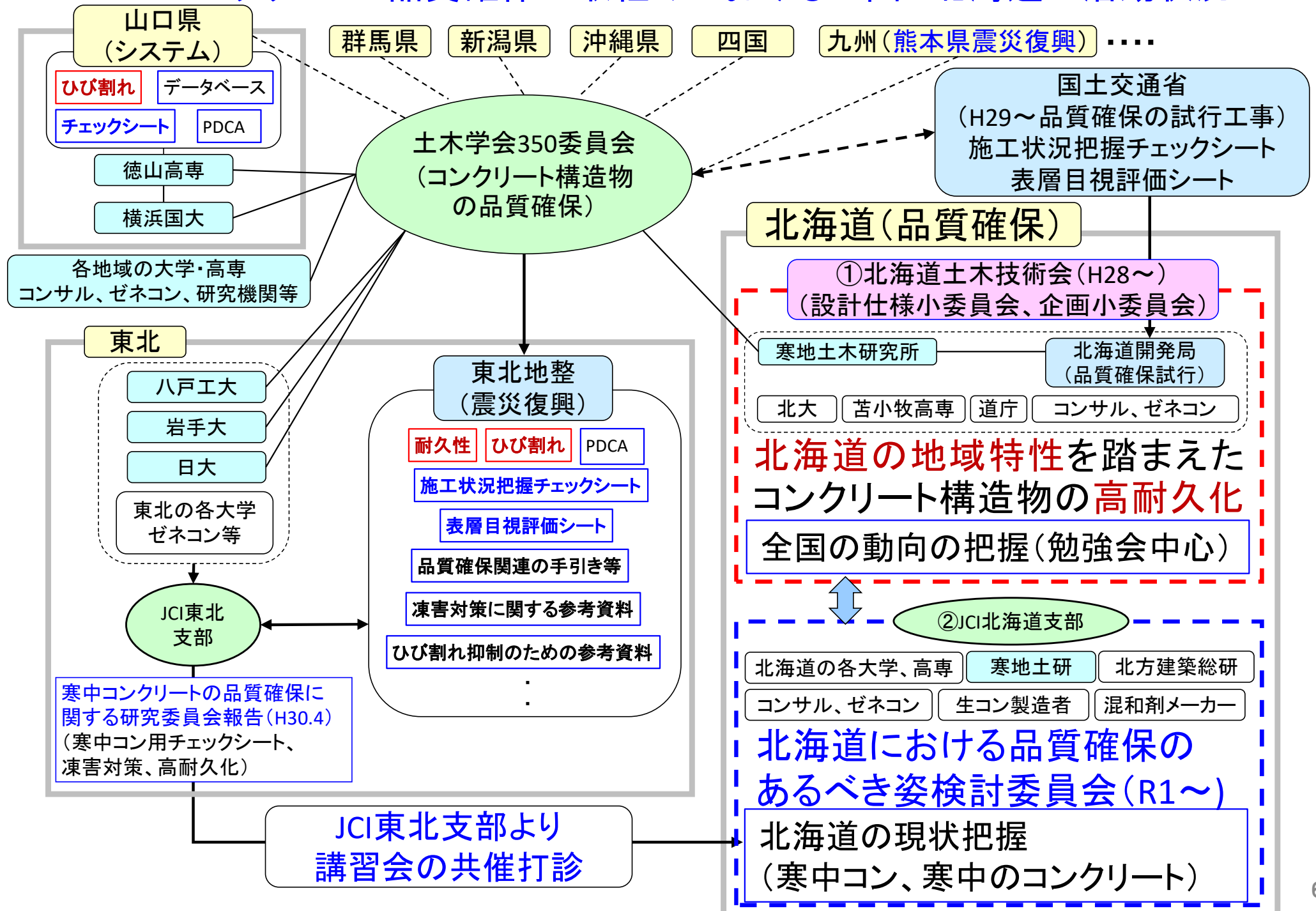
吉田 行
足立 祐介
井上 真澄
井上 雅弘
今泉 宜人
今村 晃久
河村 巧
木村 和之
高畑 智考
谷口 円
常盤 博人
野々村 佳哲
村井 剛大
朝倉 啓仁

土木研究所 寒地土木研究所
北海学園大学
北見工業大学
株式会社 長大
株式会社 構研エンジニアリング
株式会社 開発工営社
岩田地崎建設株式会社
株式会社 構研エンジニアリング
株式会社 長大
北方建築総合研究所
株式会社 ドーコン
土木研究所 寒地土木研究所
村井建設株式会社
株式会社 北未来技研

オブザーバー

委員会設置の背景と課題

コンクリートの品質確保の取組みにおける全国と北海道の活動状況



東北地整における品質確保の仕組み

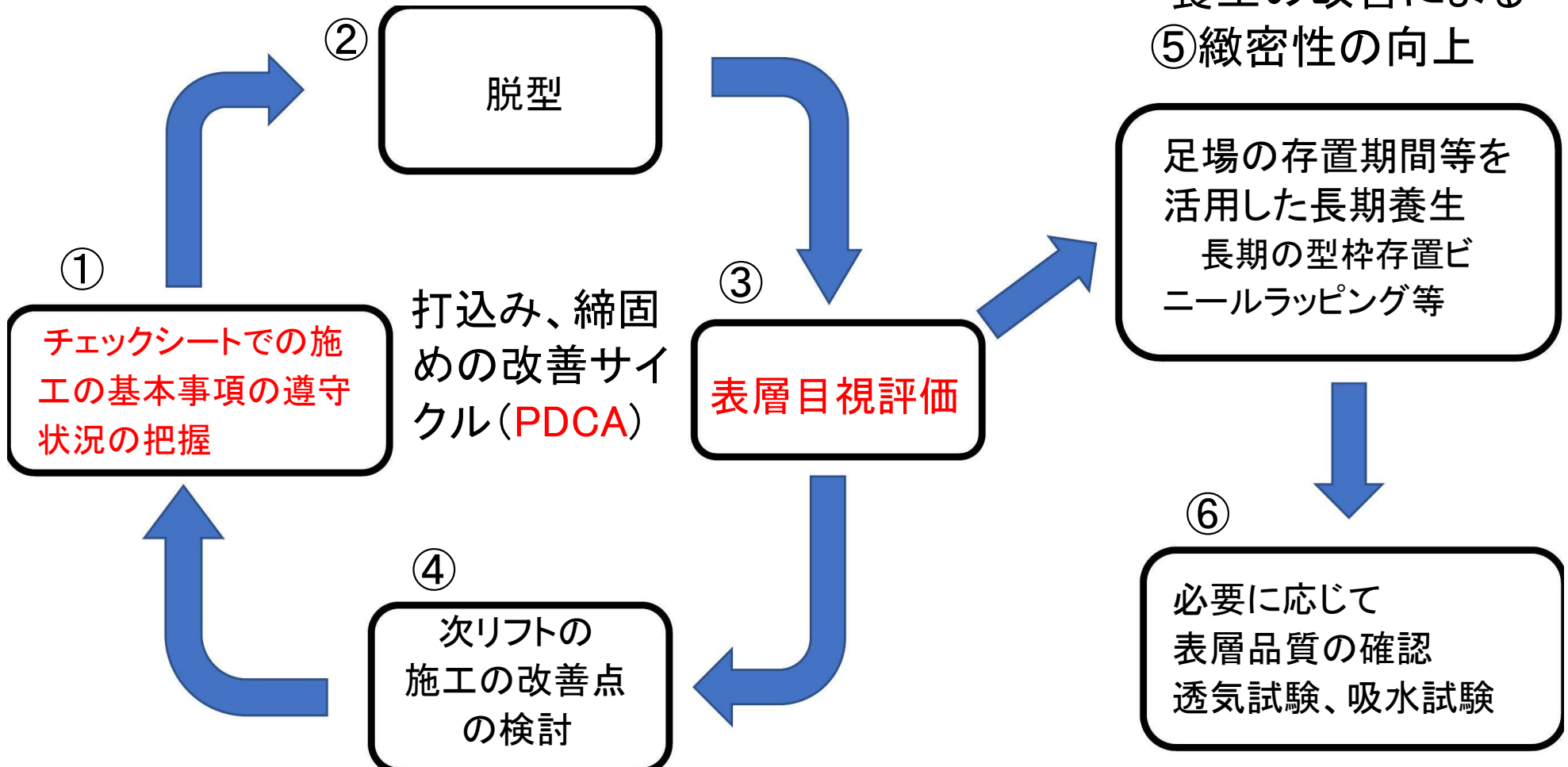
(日本大学 佐藤和徳教授 提供)

受発注者間のコミュニケーションツール。検査ではない。

均質性、密実性、一体性の向上

養生の改善による

⑤緻密性の向上



監督員が、施工が疎かにならないように立会し、脱型後不具合に気づいて改善を促す仕組み

東北の凍害対策(積雪寒冷地)

・さらに凍害区分と凍結抑制剤散布量から凍害対策を提案

・凍害区分

凍害区分3：冬期間の日平均気温が -3°C 未満（凍害危険度2～3以上に相当）

凍害区分2：冬期間の日平均気温が 0°C ～ -3°C 以上（凍害危険度1～2に相当）

凍害区分1：冬期間の日平均気温が 0°C 以上（凍害危険度1に相当）



図-2.1 冬期間の日平均気温と凍結抑制剤散布量の分布

表-2.2 凍害区分と対策の種別

	凍結抑制剤散布量 20t/km 以上	凍結抑制剤散布量 20t/km 未満	凍結抑制剤散布 ほとんどなし
凍害区分3（凍害危険度2～3以上に相当）	S	A	A
凍害区分2（凍害危険度1～2に相当）	A	A	A
凍害区分1（凍害危険度1に相当）	A	A	B

注1）当面、対策の種別S以外の地域は種別Aとし、種別Bは設定しない。

注2）現地の凍害の実態等から対策を行う地域や対策の種別の判断が難しい場合は整備局担当課と打ち合わせて決定するものとする。

表-3.1 凍害対策の内容

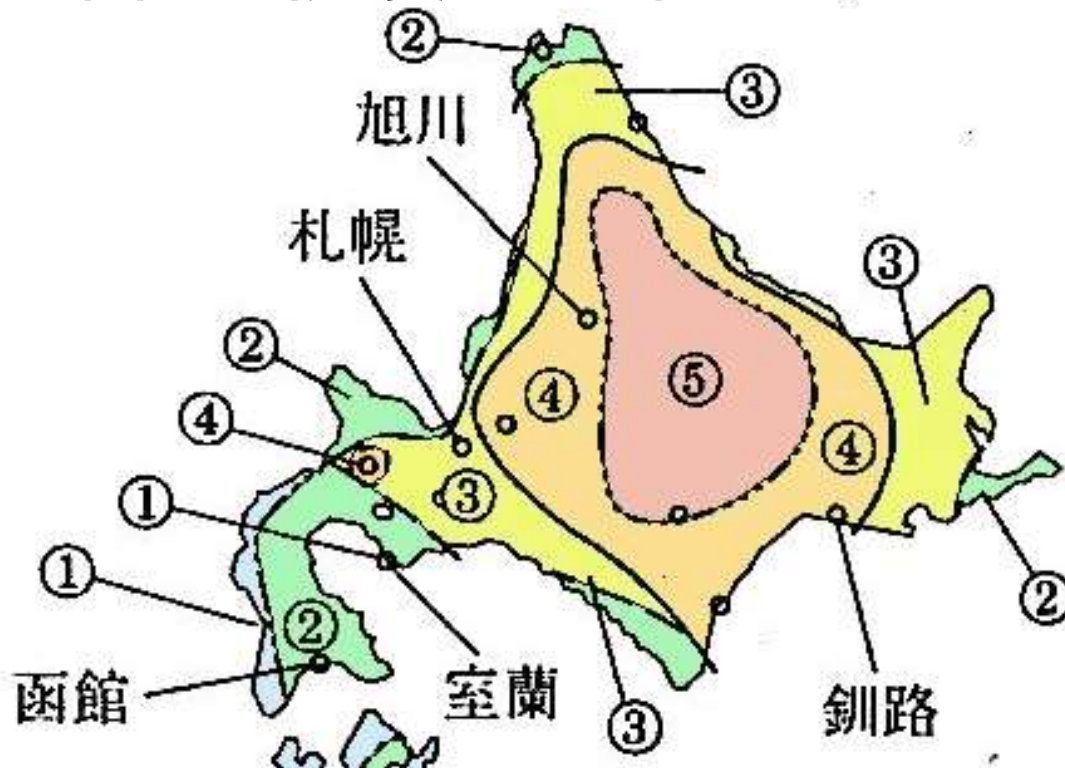
種別	凍害環境	対策
S	特に厳しい凍害環境	目標空気量 6% (5～6.9%) および水結合材比 (W/B) 45% 以下、あるいは目標空気量 7% (JIS 適用外)
A	厳しい凍害環境	目標空気量 5% (4.5～6%) (JIS の空気量の範囲)
B	一般の凍害環境	目標空気量 $4.5 \pm 1.5\%$ (JIS の空気量の範囲)
C	凍害のない環境	凍害対策として空気量を制御する必要なし

(空気量と水結合材比による対策)

東北地方における凍害対策に関する参考資料(案)
国土交通省 東北地方整備局(平成31年3月)

では、北海道はどうする？

凍害危険度の分布図



凍害危険度	凍害の予想程度
5	極めて大きい
4	大きい
3	やや大きい
2	軽微
1	ごく軽微

- ・気温・日射量データ
→年間凍結融解日数
- ・凍結温度、降水量、融雪量を考慮

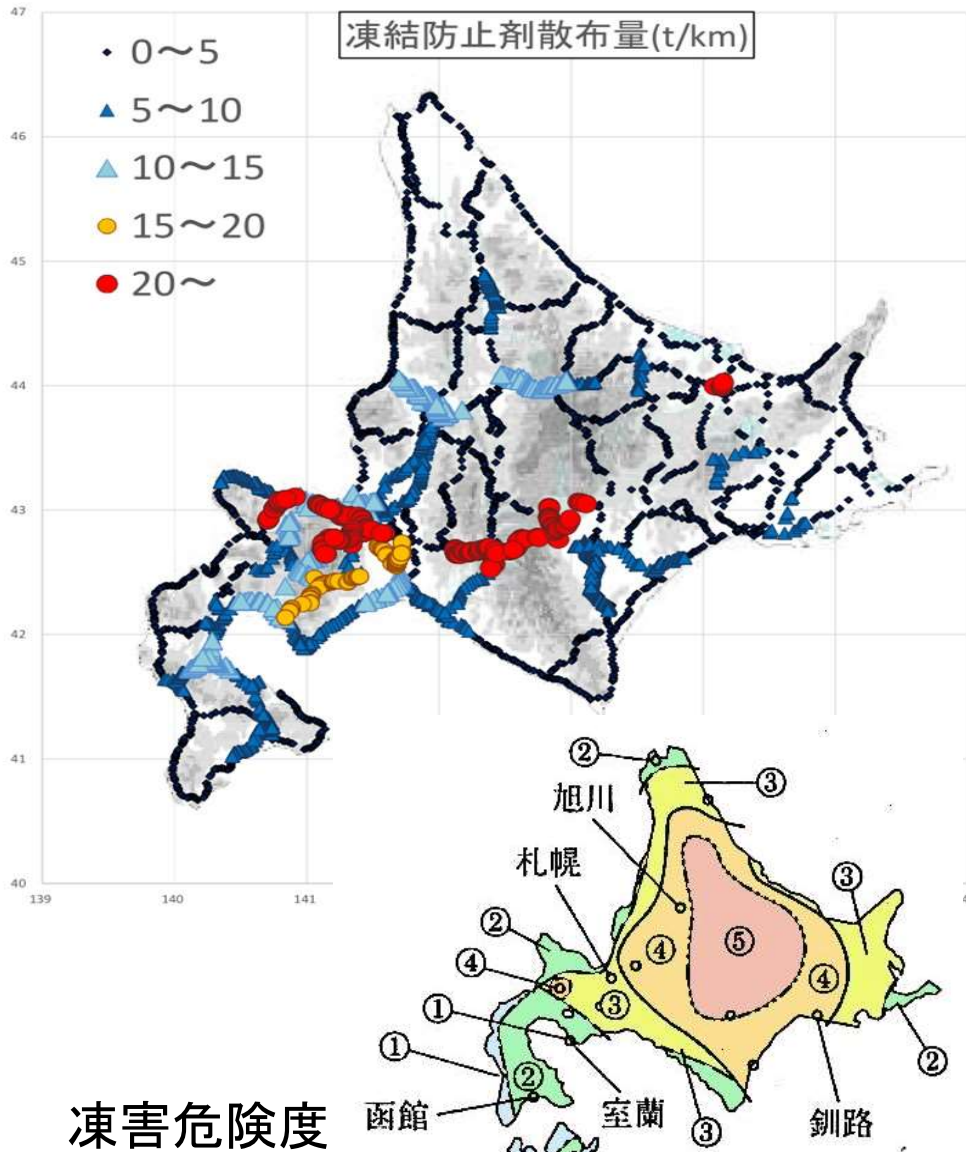
長谷川寿夫:コンクリートの凍害危険度算出と水セメント比限界値の提案(セメント技術年報)

主な都市	外気温上の		日射による 融解日数 (日)	全凍結融 解日数 (日)	凍害危険度
	凍融日数 (日)	凍結日数 (日)			
旭川	77	71	25	102	4
札幌	87	45	29	116	3
帯広	103	52	39	142	5
釧路	103	40	32	135	4
函館	88	35	23	111	2

では、北海道はどうする？

凍結防止剤の散布状況

- ・凍害危険度が高い地域で凍結防止剤の散布が多いわけではない



北海道開発局	路面状態	-8℃程度以上	-8℃程度以下
	圧雪		すべり止め材 (砂・碎石: 150~350g/m ²)
	薄い圧雪 氷板	凍結防止剤 (湿式散布: 30g/m ²)	
	氷膜 (凍結予防)	凍結防止剤 (湿式散布: 15g/m ²) (溶液散布: 50ml/m ²)	

出展：平成9年 冬期路面管理マニュアル(案) 北海道開発局

東北地方整備局	目的	凍結防止 (g/m ²) (事前散布)	凍結融解 (g/m ²) (事後散布)
	気温		
	-4℃以上	20	20
	-4~-8℃	—	30
	-8℃以下	—	基本的に散布しない

北陸地方整備局	目的	凍結防止 (g/m ²) (事前散布)	凍結融解 (g/m ²) (事後散布)
	気温		
	-3℃以上	20	40
	-3~-6℃	30	40
	-6℃以下	40	40

出展：雪センター資料 凍結防止に関する基礎知識と現状

コンクリートの凍結融解抵抗性の評価方法に関する研究委員会報告書、日本コンクリート工学協会2008年8月

- ・温度、交通量、路面状態等を考慮して散布(スポット散布)

JCI北海道支部特別委員会

「北海道における品質確保のあるべき姿委員会」

JCI東北支部

「寒中コンクリートの品質確保に関する研究委員会報告」(H30.4)
(寒中コンクリート用チェックシート、凍害対策、高耐久化)



寒中工事なのか？ 寒中のコンクリート(耐久性確保)なのか？
両者を分けて議論

寒中コンクリート工事

- ・気象条件の地域差(建築工事)
- ・建築と土木の比較
(用語, 取り扱い)

寒中のコンクリート(耐久性)

- ・劣化の現状把握
- ・使用材料(骨材, 配合等)
- ・北海道独自対策の整理

実構造物の劣化状況の把握(劣化の特徴)

町道橋(凍結防止剤散布不明)



1954年建設の橋台の劣化状況
(特徴) 内部ひび割れ(断面欠損)

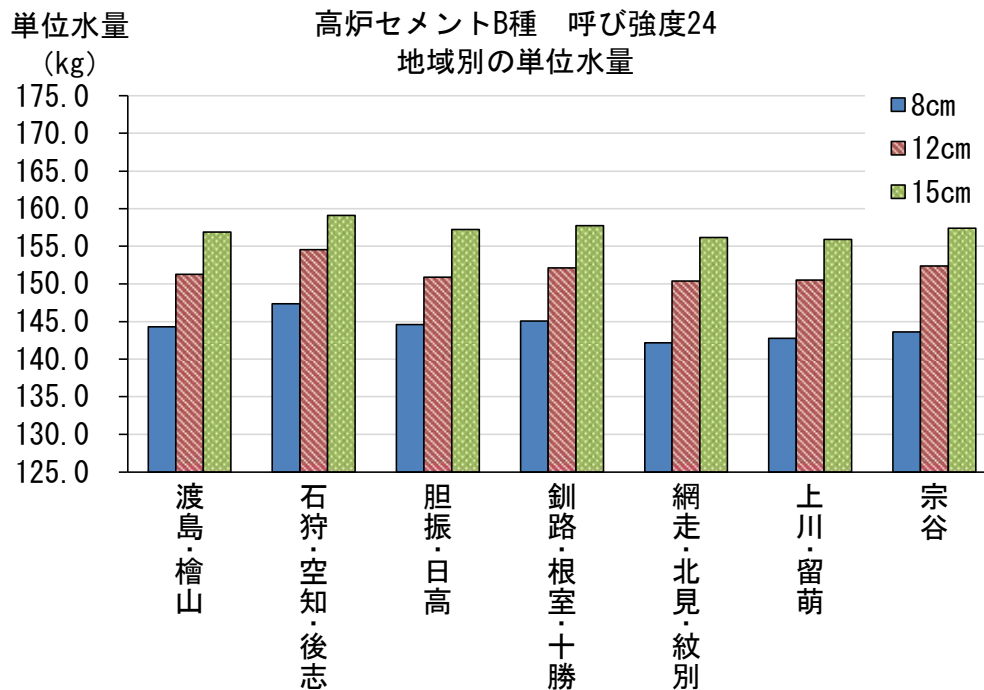
国道橋(凍結防止剤 21t/km)



1986年建設の橋脚の劣化状況
(特徴) スケーリング劣化

- ・いずれも凍害危険度4の内陸の構造物
- ・1978年のレミコンJIS改定でAEコンクリートが標準

使用材料の実態



北海道内の生コンの単位水量



スランプ12cmで155kg/m³以下

北海道独自仕様？

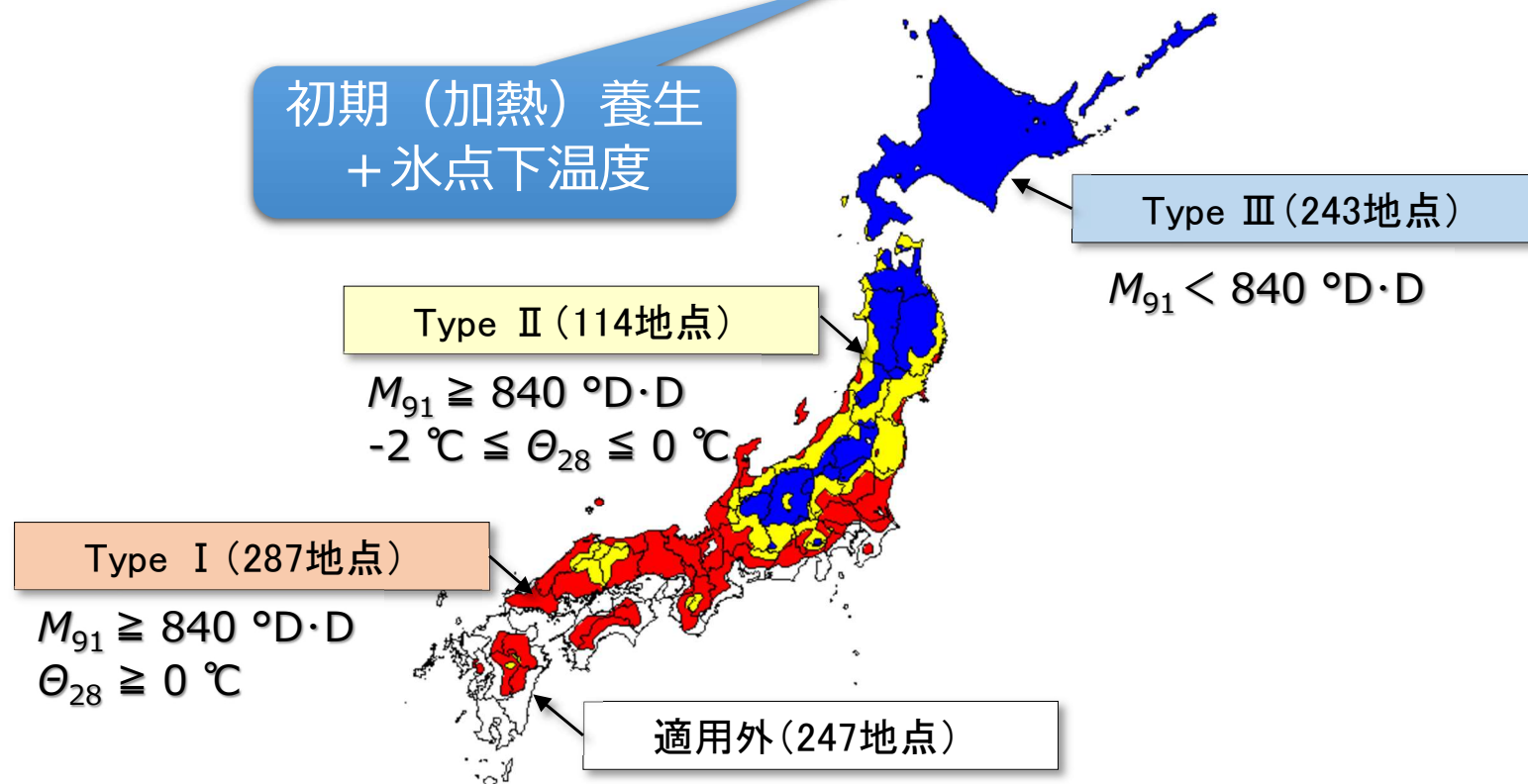
北海道開発局道路設計要領

- ・海上大気中や飛沫帯の塩分環境下で凍結融解作用を受ける場合
→ W/C=45%以下、空気量6%の品質条件が示されている
- ・凍結防止剤散布による塩害対策工
→ 塩害対策区分Ⅰ相当のかぶり確保、追加対策(塗装鉄筋、表面含浸材)
地覆、剛性防護柵→シラン系含浸材
橋台橋座面→けい酸塩系含浸材
主桁→シラン系、含浸性防錆剤

- ・骨材が良質で、生コンの品質も他都府県に比べ高い？
- ・使用材料、製造・施工技術、独自仕様等整理が必要

東北-北海道の気象条件の相違(建築:寒中コンクリート)

- Type I : 寒中コンクリート工事の全期間において、JASS5方式が利用できる。
最低気温が -3°C 以下となる日数が少なく、養生として被覆養生の
実施頻度が高い。
材齢28日までの平均気温で計画
 0°C 以上が原則
- Type II : JASS5方式が利用できない期間が含まれる。
加熱養生の実施頻度が高い地点が過半数を占める。
- Type III : 最も寒冷の厳しい気候で、積算温度方式と加熱養生の実施頻度が高い。



建築土木の比較(寒中コンクリート)

表1 土木・建築の寒中コンクリート取り扱い上の相違

		土木	建築
寒中コンクリートの期間		4℃以下	打ち込み後4週間の積算温度が $370^{\circ}\text{D}\cdot\text{D}$ 以下 (平均気温3.2℃以下)
強度増進の遅れに対する対応		特になし	調合の補正、管理材齢の延長
凍害を受けなくなる圧縮強度		部材の条件により 4段階に区分	50kgf/cm ² 以上
コンクリート温度		5~20℃	打ち込み時でおおよそ10~20℃
養生方法に関する用語	コンクリート温度を保つための養生方法の総称	温度制御養生 (暑中コンクリート、マスコンクリート、工場製品の養生を含む)	保温養生
	断熱型枠、シート類を用いる養生	保温養生	無加熱養生 (断熱養生：断熱型枠) (被覆養生：シート類)
	ヒーターなどを用いる養生	給熱養生	加熱養生

H.5~6年度寒中コンクリート研究委員会報告書より

➤ 北海道土木技術会(産官学)、JCI北海道支部で議論

地域特性を踏まえた品質(耐久性)確保のあるべき姿の検討

→ 構造物の劣化の現状把握、分析(品質確保の必要性の認識!)

真に必要な対策の整理(現状の対応含めて整理)

➤ 品質確保の試行工事の取組み

施工状況把握チェックシート、表層目視評価による品質の向上

→ 発注者、受注者ともに効果を実感

品質確保(向上)の一手法として有効

➤ 寒中コンクリート

- ・ 建築での寒中コンクリートの対応地域差
- ・ 建築と土木で用語の定義が異なる
- ・ 土木・建築分野(構造物)の差

寒中コンクリートWG

寒中工事

|| or ~~||~~

品質悪い

活動項目

- 寒中コンクリート工事の現状把握
 - 建築土木の考え方？の相違
 - 建築と土木の寒中施工事例の収集
- 品質確保の取り組みとの関係

「寒中コンクリート」の定義

- **JASS5.1.6 「用語」** および寒中指針1節

「コンクリート打込み後の養生期間に、コンクリートが凍結するおそれのある時期に行われるコンクリート工事」

- **土木学会示方書** . . . 語句の明解な定義は見当たらない

- **ACI Concrete Terminology2018: cold weather**

a period when the average daily ambient temperature is below 40°F (5°C) for more than 3 successive days.

Note: The average daily temperature is the average of the highest and lowest temperature during the period from midnight to midnight.

When temperatures above 50°F (10°C) occur during more than half of any 24-hour duration, the period shall no longer be regarded as cold weather

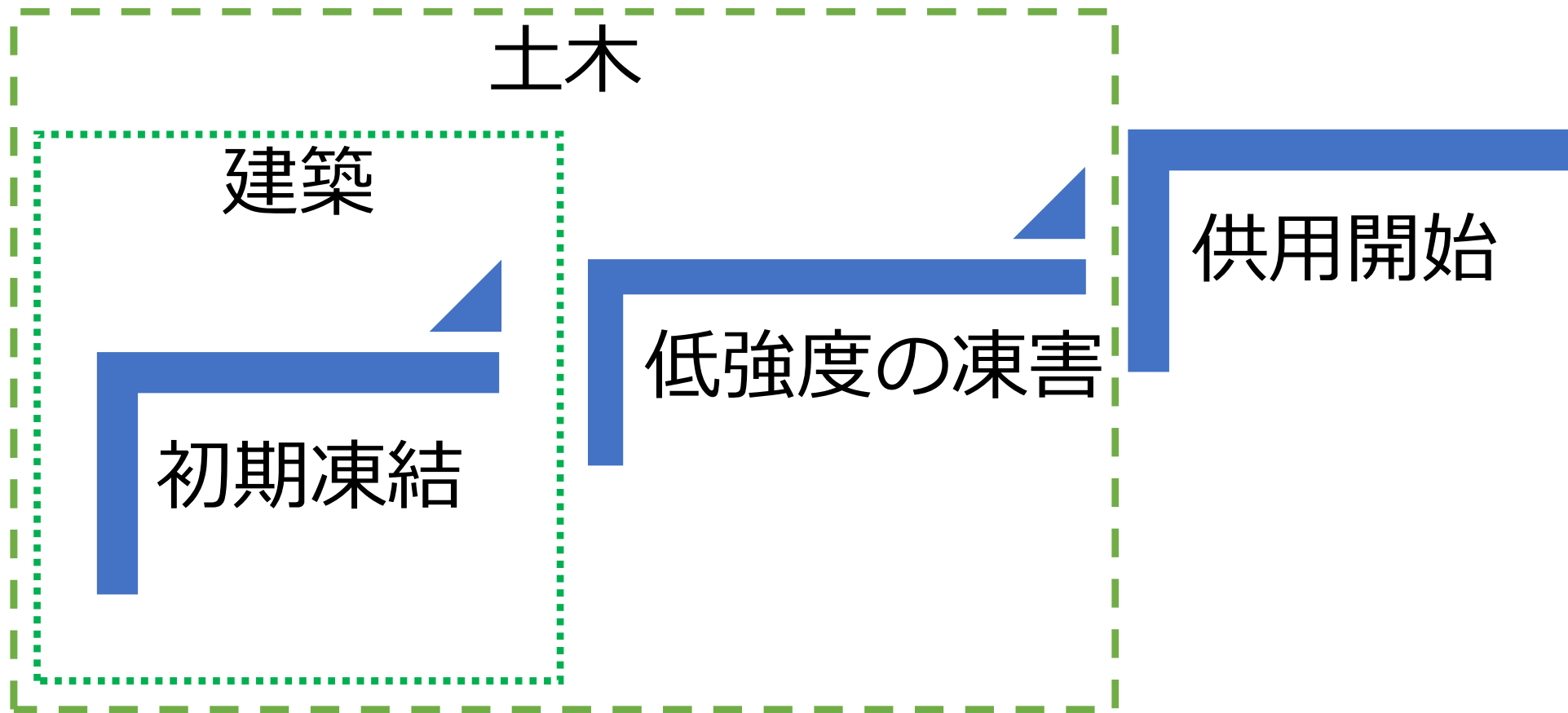
- **ACI 306R-16 Guide to Cold Weather Concreting: cold weather**

When air temperature has fallen to, or is expected to fall below, 40°F (4°C) during the protection period; protection period is defined as the time recommended to prevent concrete from being adversely affected by exposure to cold weather during construction

建築土木の考え方？の相違 (示方書2017, JASS52015他)

項目	示方書施工編 12章 寒中コンクリート	JASS5 12節 寒中コンクリート工事
期間	日平均気温が4℃以下となることが予想される時	(1) 打込み日を含む旬の日平均気温が4℃以下の期間. (2) コンクリート打込み後91日までの積算温度が840°D・Dを下回る期間. 積算温度式は、以下 $M_{91} = \sum_{z=1}^{91} (\theta_z + 10)$ ここに、M_{91}: 積算温度 (°D・D) z: 材齢 (日) θ_z: 材齢 z 日における日平均気温 (℃)
目的	- 凝結硬化の初期に凍結させない 養生終了後、想定される凍結融解作用に対して十分な抵抗性を持たせる - 工事中の各段階で予想される荷重に対して十分な強度を持たせる	- 初期凍害の防止 - 低温による強度増進の遅れに対する対応
養生	初期凍害を防ぐだけでなく、 次の春までに受ける凍結融解に対しても抵抗することを考慮して 養生期間を設定	初期養生の必要性を明解に示す
養生期間の目安	養生温度を5℃以上に保つことを終了するときに必要な圧縮強度の標準が、凍結融解を受ける頻度により断面の大きさ毎に2水準示され (5～15N/mm ²)、さらにその圧縮強度を得る温度制御養生期間の目安として、凍結融解を受ける頻度と制御養生温度により、セメント毎に4水準示される	初期養生は5.0N/mm ² が得られるまで
コンクリート温度	打込み時5～20℃	荷卸し時10～20℃
配調合での対応	単位水量を少なく	強度補正・管理材齢延長

土木建築の寒中コンクリート工事の違い



土木（示方書）の目安

【土木】における寒中コンクリートの養生期間→強度発現が目安(合理的)

養生温度を5℃以上に保つのを終了する時に必要な
圧縮強度の標準(単位: N/mm²)

5℃以上の温度制御養生を行った後の次の春までに想定される凍結融解の頻度	断面の大きさ		
	薄い	普通	厚い
(1) しばしば凍結融解を受ける場合	15	12	10
(2) まれに凍結融解を受ける場合	5	5	5

(2017土木学会コンクリート標準示方書施工編)

所要の圧縮強度を得る温度制御養生期間の
目安(断面: 普通)(W/C=55%標準)

春までに想定される凍結融解の頻度	養生温度	普通	早強	混合B種
(1) しばしば凍結融解を受ける場合	5℃	9日	5日	12日
	10℃	7日	4日	9日
(2) まれに凍結融解を受ける場合	5℃	4日	3日	5日
	10℃	3日	2日	4日

終了後も2日間0℃以上を確保(急冷防止)

初期凍害を防ぐための強度(建築と同じ)

初期の凍害を防ぐための強度(研究報告を考慮)

- ・風雨雪寒暑を受けた供試体の1年強度が夏期製造(7日散水養生)の1年強度と同じになるための初期養生終了時の強度は、初期養生終了後外気に晒されてから材齢28日までの外気温の平均が-3℃で60kg/cm²、-4℃で90kg/cm²必要
- ・水と接する構造物ではさらに大きな強度が必要(150kg/cm²)
- ・右図の試験開始時の圧縮強度と耐久性指数の関係を参考

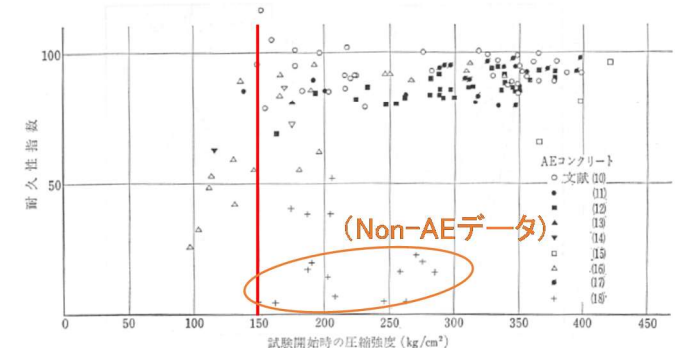


図 21.17 凍結融解試験開始時の圧縮強度と耐久性指数との関係

(コンクリート標準示方書S49改定資料)

コンクリート温度またはその周囲の温度の中でもっとも低い部分において求めた積算温度による強度の推定値および JASS5T-603(構造体コンクリートの強度推定のための圧縮強度試験方法)による強度が、**5.0N/mm²以上**となった段階で初期養生を打ち切ってよい。

型枠の存置期間は、JASS 5 9.10の規定に従う

解説表10.1 基礎，梁側，柱および壁のせき板取外しに必要な圧縮強度

せき板取外し後の湿潤 養生	計画供用期間の級	
	短期・標準	長期・超長期
実施する	5 N/mm ²	10 N/mm ²
実施しない	10 N/mm ²	15 N/mm ²

積算温度があることで，強度確保に必要な温度時間を柔軟に管理可能

資料表 3.4 圧縮強度 10.0 N/mm² が得られる積算温度算出例

セメント種類	調合管理強度 (N/mm ²)								
	21	24	27	30	33	36	40	42	45
早強ポルトランドセメント	70	60	50	40	35	30	30	25	25
普通ポルトランドセメント	120	95	75	65	55	50	45	40	40
フライアッシュセメント B 種	120	95	80	70	60	55	50	50	45
高炉セメント B 種	160	135	110	90	80	70	60	55	50

資料表 3.5 圧縮強度 15.0 N/mm² が得られる積算温度算出例

セメント種類	調合管理強度 (N/mm ²)								
	21	24	27	30	33	36	40	42	45
早強ポルトランドセメント	125	100	80	65	55	45	35	35	30
普通ポルトランドセメント	220	160	120	95	80	70	60	55	50
フライアッシュセメント B 種	220	170	130	105	90	80	65	65	60
高炉セメント B 種	275	220	180	140	120	100	85	80	70

寒中工事施工事例

番号	種別			時期	初期養生			継続		
					日数	温度	仮設	日数	温度	仮設
1	土木	港湾	舗装	2019	1	5	単管組立シート囲い養生	なし		初期養生と同等
					2	0				
2	土木	河川	カルバート	2016	3	10	外壁：ラップ付防災養生シート、屋根：ADMパネル	なし		初期養生と同等
					2	0				
3	土木	河川	河川床止	2013	4	10	足場＋シート，ADM屋根	7	外気	初期養生と同等
					5	0℃以上				
4	土木	橋梁	橋台・橋脚	2012	3	10	外部足場＋二重シート、屋根：ADMパネル	なし		初期養生と同等
					2	0				
5	土木	橋梁	橋脚	2020	H:4, N:7	10	外部足場＋防災シート、屋根：トラック荷台シート	なし		初期養生と同等
					2	0				
6	土木	トンネル	覆工	2013	1	10	セントル用バルーン	7	10	覆工養生バルーン(脱型後コンクリート)シートシャッター(終点坑口部)、防音扉(貫通後坑内から起点坑口部へ移動)
7	土木	地下駐輪場	カルバート	2019	4	5	屋根：覆工板，中仕切り：ブルーシート	14	2～3	地下そのまま

施工事例（土木）



施工事例（土木）



寒中工事施工事例

番号	種別		時期	初期養生			継続		
				日数	温度	仮設	日数	温度	仮設
8	建築	病院	2019	3	16	足場＋シート，ADM 屋根	なし		初期養生と同等
9	建築	大学	2019	2	7	足場＋防音パネル， ADM屋根	なし		初期養生と同等
10	建築	病院	2019	3	5	側面：枠組足場下地 防災シート張り 上 面：単管下地ブルー シート張り	なし		初期養生と同等

施工事例（建築物）



現状把握と課題

- **寒中施工指針の有無**

建築は、学会指針で計画から施工・管理まで実施できる体系
(北海道内ではほぼ100%利用：東北と相違)

土木は、該当箇所をたどることで計画立案，施工できる体系

- **初期凍害防止策は土木・建築で同等の手法が確立**

- **土木構造物は、竣工直後から外気にさらされる**

初期凍害と低強度（若材齢）の凍害の両方を担保

→後の早期劣化の要因？ 供用開始から春先までに生じる劣化も初期凍害と呼んでいる

- **「低強度（若材齢）の凍害」への対応有無が土木，建築の相違点**

建築は温度補正，オーバースペックのコンクリートを施工

上屋かかりっぱなし（コンクリート工事のためだけでない）、次工程へ続く

→低強度（若材齢）の凍害等が発生しない条件に自然となっている

- **寒中施工と品質の問題をつなぐためのあいまいなポイント**

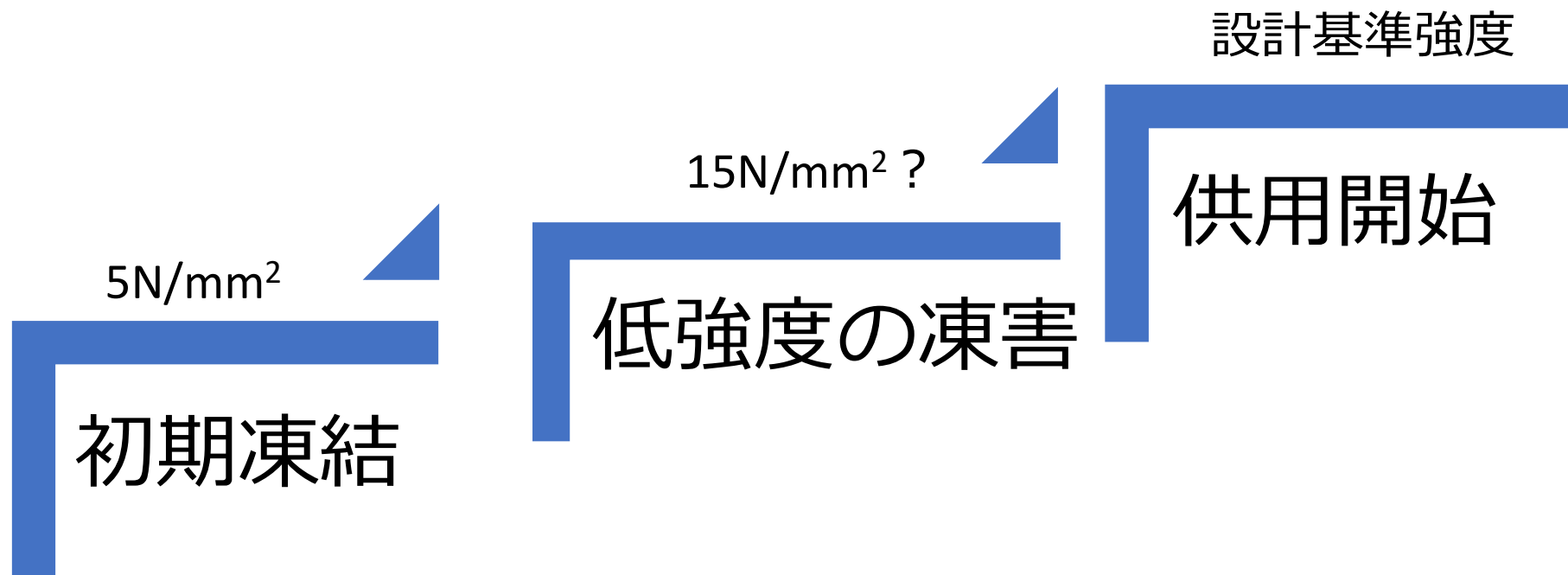
- **寒中施工の問題と（若材齢の）冬季供用の留意点**

→強度増進予測に基づく施工，養生計画？

→施工期間の管理，供用直後の管理？

あるべき品質管理

- 耐久性とリンクさせた明解な品質目標の整理



- Maturityの活用による柔軟な管理

品質確保チェックシートの検討

- ・ 極寒冷地域を含む寒中コンクリート工事に対応しうるチェックシートの必要性を提案

【 施工状況把握チェックシート（寒中コンクリート用：事前計画、打込み時～養生） 】 <Ver. 6.0>										
※各チェック項目は、現場の状況（外気温の程度や施工方法等）により不適切・不要な場合もある。よって、監督職員と施工者がコミュニケーションを図り、共通理解を得ることが大切である。										
事務所・出張所名					工事名				工区	
構造物名					部位				リフト	
受注者					監督職員					
配合					確認日時					
打込み開始時刻	予定		実績		打込み開始時気温		天候			
打込み終了時刻	予定		実績		打込み量 (m ³)		リフト高 (m)			
養生方法 ※保温・給熱の場合、下段に具体的方法を記入		☐ 普通養生 ☐ 保温養生 ☐ 給熱養生			コンクリート温度の測定位置					
					温度測定装置と測定間隔					
養生中の温度		雰囲気（ ℃以上）、コンクリート（ ℃以上）			温度の測定期間					
脱型日					脱型後の養生		☐ なし ☐ あり（ ）			
施工段階	チェック項目							記述	確認	
事前の計画	寒中コンクリート施工計画書の立案を行ったか									
	防寒養生仮囲いの積雪荷重あるいは除雪は考慮されているか。									
	コンクリートの打ち込みを行う地盤や打継箇所は凍結していないか。									
	支保工の基礎は、地盤の凍結・融解により変位を生じないか。									

施工 段階	チェック項目	記述	確認
事前の 計画	寒中コンクリート施工計画書の立案を行ったか		
	防寒養生仮囲いの積雪荷重あるいは除雪は考慮されているか。		
	コンクリートの打ち込みを行う地盤や打継箇所は凍結していないか。		
	支保工の基礎は、地盤の凍結・融解により変位を生じないか。		
	融雪水の処理は検討されているか		
準備	打設日の天候に問題はないか		
	運搬装置・打込み設備は汚れていないか。	—	
	防寒養生仮囲いおよび給熱養生のヒーター台数と配置は計画通りか。 また、事前にヒーターの稼働・燃料をチェックしているか。		
	防寒囲いの打設口（開口部）の位置、開閉作業に問題はないか。		
	型枠面は湿らせているか。 <u>（凍結の恐れがある場合はその限りでない。）</u>	—	
	型枠内部に、木屑や結束線等の異物はないか。	—	
	かぶり内に結束線はないか。	—	
	硬化したコンクリートの表面のレイタンス等は取り除き、ぬらしているか。	—	
	<u>凍結防止のため打継目は乾燥しているか。また、打込み直前に散水してぬらしているか。</u>	—	
	<u>鉄筋、型枠等に冰雪が付着していないか。付着している場合は確実に取り除いているか。</u>	—	
	コンクリート打込み作業人員 ^{（※）} に余裕を持たせているか。		
	予備のバイブレータを準備しているか。		
	発電機のトラブルがないよう、事前にチェックをしているか。また、必要に応じて予備を準備しているか。		
	<u>打込み終了時間が夕暮れ時になる場合や暗所に備えて、打込み箇所に照明灯が用意されているか。</u>	—	
	<u>打込まれたコンクリートが外気温や風雪によって急冷されない（型枠内に冰雪が入り込まない）ような対策をしているか。</u>	—	

	<u>打込まれたコンクリートが外気温や風雪によって急冷されない（型枠内に氷雪が入り込まない） ような対策をしているか。</u>	—	
	打設計画は、作業員に周知されているか。	—	
運搬	<u>アジテータトラックや輸送管の保温対策等により、コンクリートの温度低下を防いでいるか。</u>	—	
	<u>ポンプ車のホースを容易に投入できるよう屋根を開けているか。</u>	—	
	練り混ぜてから打ち終わるまでの時間は適切であるか。		
打込み	ポンプや配管内面の潤滑性を確保するため、先送りモルタルの圧送等の処置を施しているか。先送りモルタルを使用する場合は、型枠外に吐出し適切に処理しているか。	—	
	鉄筋や型枠は乱れていないか。	—	
	<u>打込み時のコンクリート温度は、5～20℃（部材寸法等より検討）の範囲に保たれているか。</u>	—	
	横移動が不要となる適切な位置に、コンクリートを垂直に降ろしているか。	—	
	コンクリートは、打込みが完了するまで連続して打ち込んでいるか。	—	
	コンクリートの表面が水平になるように打ち込んでいるか。	—	
	一層の高さは、50cm以下としているか。		
	2層以上に分けて打ち込む場合は、上層のコンクリートの打込みは、下層のコンクリートが固まり始める前に行っているか。適切な打重ね時間間隔となっているか。	—	
	ポンプ配管等の吐出口から打込み面までの高さは、1.5m以下としているか。		
	表面にブリーディング水がある場合には、これを取り除いてからコンクリートを打ち込んでいるか。取除く人、場所、方法を決めているか。	—	
締固め	<u>打込み終了後、ただちにシートやその他の適当な材料で表面を覆う等の対策により、コンクリートの初期凍害を防止しているか。</u>	—	
	バイブレータを下層のコンクリートに10cm程度挿入しているか。	—	
	バイブレータを鉛直に挿入し、挿入間隔は50cm以下としているか。	—	
	バイブレータの振動時間は5～15秒としているか。	—	
	締固め作業中に、バイブレータを鉄筋等に接触させていないか。	—	
	表層付近に対して、後追いの仕上げバイブレータが丁寧に施されているか。	—	

締固め	バイブレータの振動時間は5～15秒としているか。	—	
	締固め作業中に、バイブレータを鉄筋等に接触させていないか。	—	
	表層付近に対して、後追いの仕上げバイブレータが丁寧に施されているか。	—	
	バイブレータでコンクリートを横移動させていないか。	—	
	バイブレータは、穴が残らないように徐々に引き抜いているか。	—	
養生	仮囲い上屋の除雪は必要ないか。		
	仮囲いの養生シートなどの破損や隙間はないか。		
	ヒーターの燃料の給油は必要ないか。		
	硬化を始めるまでに乾燥するおそれがある場合は、シートなどで日よけや風よけを設けているか。	—	
	コンクリートの露出面を湿潤状態に保っているか。	—	
	<u>コンクリートに給熱する場合、コンクリートが急激に乾燥することや局部的に熱せられることがないようにしているか。</u>	—	
	<u>初期凍害を防止できる強度が得られるまでのコンクリート温度（5℃以上）とその保持期間は適切であるか。</u>		
	湿潤状態を保つ期間は適切であるか。		
	<u>保温養生または給熱養生を終了する際にコンクリート温度を急激に低下させていないか。</u>	—	
要改善事項等	<u>型枠および支保工の取外しは、コンクリートが必要な強度に達した後であるか。その際、コンクリート温度を急激に低下させていないか、また、表面を急激に乾燥させていないか。</u>	—	
※コンクリート打込み作業人員・・・コンクリートの打込み・締固め作業時の人員のうち、直接作業に携わらない者（監理・主任技術者やポンプ車運転手等）を除いた人員			

寒中WGまとめ

- ◎ 耐久性とリンクさせた明解な品質目標の整理
 - ・ 明解なインデックス（強度）による目標設定
 - ・ Maturityの活用による柔軟な施工計画
- ◎ 日本全国を網羅する施工チェックシートの確立
 - ・ 建築と土木の融合？
 - ・ 北海道～東北日本全域で気象条件＝施工方法
に応じたチェックシート

耐久性WG

劣化形態(空気量の影響)

コンクリートの仕様の変遷の整理 (その1)

JIS A 5308-1975

レデーミクストコンクリート 解説

2.4 混和材料 混和材料は、極めて種類が多く、その効果も区々であるので、十分に検討されたものを使用する必要がある。レデーミクストコンクリートにおいては、混和材料がコンクリートの性質に及ぼす影響はもちろん、特に混和材料の使用により、運搬中のスランプの著しい低下や、異常な凝結などが起こらないよう、十分に検討する必要がある。

従来多くの工事に使用されてその効果が明らかにされている AE 剤、減水剤及びフライアッシュは、特に購入者の指定がなくても、3.1 A種の場合、生産者がその使用の可否を判断し、購入者の承諾を得れば使用してもよい。この場合、AE 剤及び減水剤については、土木学会 AE 剤規格、土木学会減水剤規格、ASTM Designation C 494 及び C 260 などの規格が参考となる。

(4) 空気量 A種コンクリートでは、特に指示がなければ AE コンクリートとするかどうかは主として生産者の判断によることになっている。したがって、耐久性その他の要求から購入者が AE コンクリートを購入したい場合は、コンクリートの種類、構造物の種類、打込み場所、打込み季節、施工方法、コンクリートの種類などを考慮して、空気量を指示しなければならない。

A種:生産者主導の規格品
B種:購入者注文のオーダーメイド

発注者から特に指示がなければ、AEコンにするかどうかも含めて生産者(工場)の自由裁量。

→ 生コン工場を中心とした地域差の発生・・・?

※ コンクリートクライシス(1984)以前であり、コンクリートは半永久構造物だと言われていた時代。



日本工業規格

JIS

レデーミクストコンクリート A 5308-1978

3.1.1 種類の区分 レデーミクストコンクリートは、標準品及び特注品とに区分する。

3.1.2 標準品

(1) 標準品は、コンクリートの種類、空気量、粗骨材の最大寸法、呼び強度及びスランプにより区分し、表1～表3に示す○印のものとする。

(2) 購入者は、表1～表3に示す呼び強度とスランプの組合せを指定する。

表1 普通コンクリート 空気量4% (*)・粗骨材の最大寸法 20 mm 又は 25 mm の場合

スランプ cm \ 呼び強度	135	150	160	180	195	210	225	240	255	270	300	350	400
5	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	○	○	○
8	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
10	●	●	○	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
12	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	●	●
15	○	○	○	○	○	○	○	○	○	●	●	●	●
18, 19, 20, 21	○	○	○	○	○	○	○	○	○	●	●	●	●

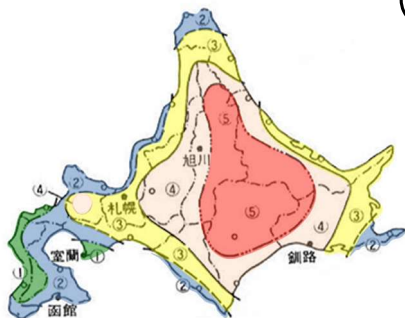
注 (*) 寒冷地の場合は、普通コンクリートは4.5%、軽量コンクリートは5.5%とする。

標準品の空気量は4%(寒冷地では4.5%)で固定。
⇨ AE剤の使用が義務化。

開発局では、このJIS改正を受けてRC-4などの規格を制定?

劣化形態(凍結防止剤の影響)

凍害劣化分布
橋梁点検
(C判定以上)



凍害危険度

下部構造

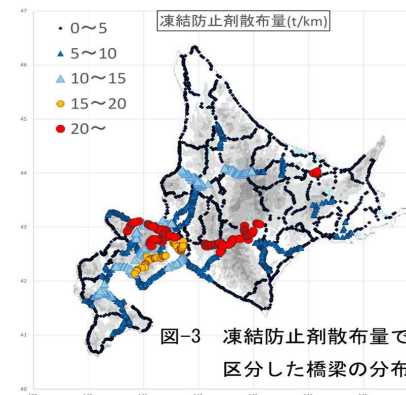
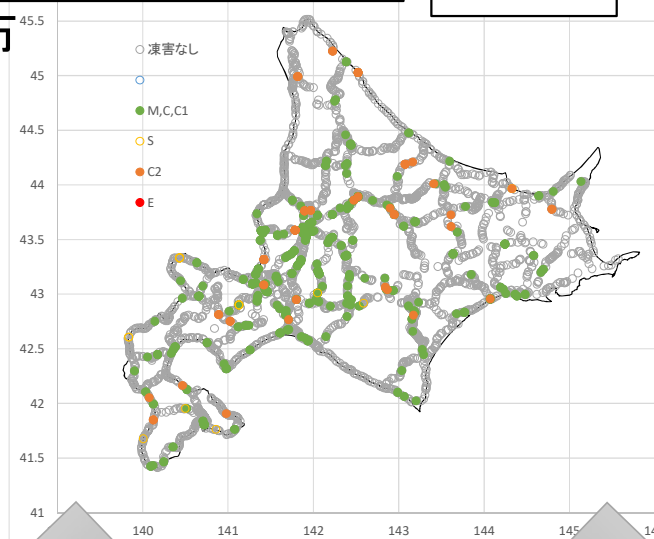


図-3 凍結防止剤散布量で区分した橋梁の分布

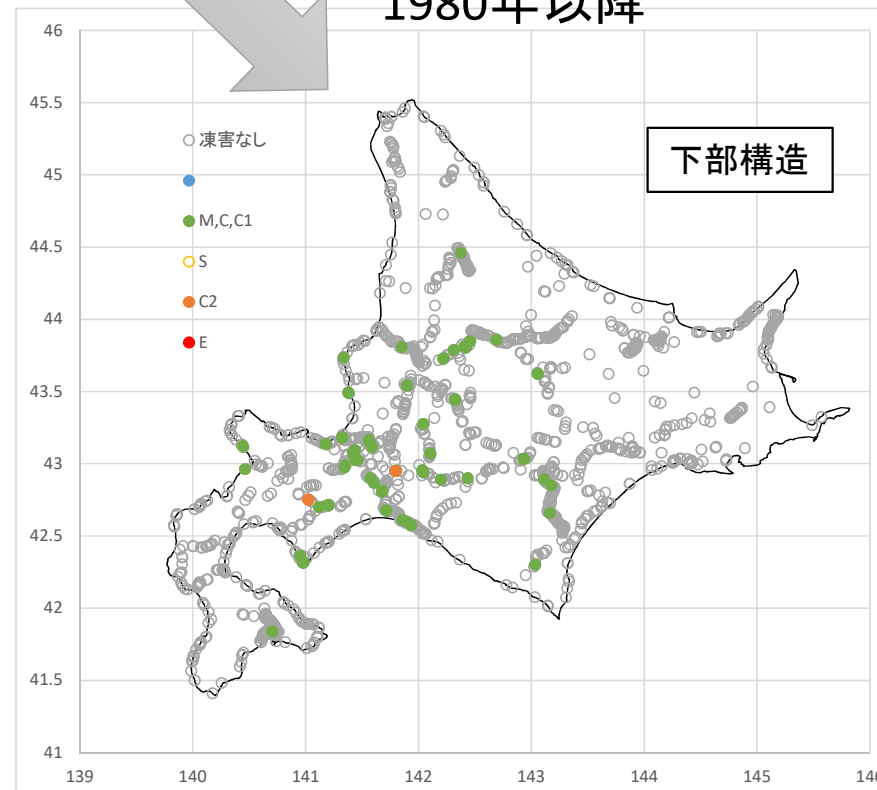
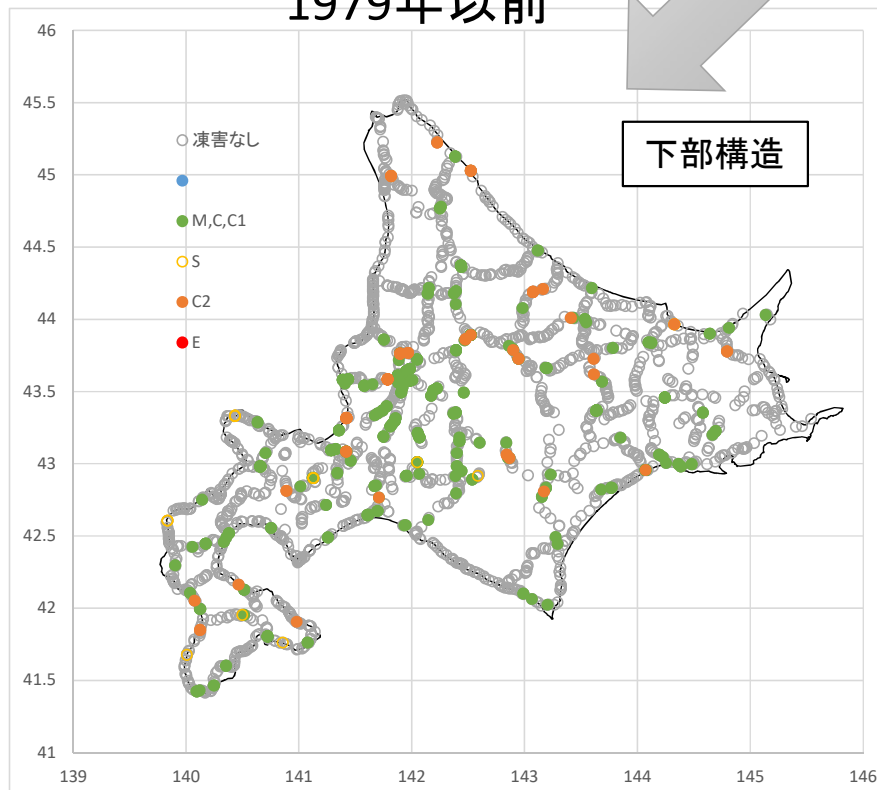
劣化箇所と散布量多い箇所が重なる
→凍結防止剤散布量と関係ある？

1979年以前

1980年以降

下部構造

下部構造



コンクリートの仕様の変遷の整理（その2）

H19(2007)道路設計要領にて、
表面含浸材の塗布が開始

B. 道路橋での表面含浸材の適用にあたっての留意事項

目 次

1. 総 則	3-2B-1
1.1 はじめに	3-2B-1
1.2 用語の定義	3-2B-1
2. 基本事項	3-2B-5
3. シラン系表面含浸材	3-2B-5
3.1 適用範囲	3-2B-5
3.2 製品選定	3-2B-6
3.3 作業の留意点	3-2B-9
4. けい酸塩系表面含浸材	3-2B-11
4.1 適用範囲	3-2B-11
4.2 製品選定	3-2B-13
4.3 作業の留意点	3-2B-13
5. 各部材への施工	3-2B-14
5.1 一般	3-2B-14
5.2 地覆・剛性防護柵	3-2B-15
5.3 橋座面	3-2B-16
5.4 主桁（コンクリート橋）	3-2B-17
6. 記 録	3-2B-18
7. 劣化予測	3-2B-19
8. 維持・管理	3-2B-21

北海道開発局道路設計要領第3集橋梁
第2編コンクリート橋参考資料

凍害危険度4～5の道北の路線の事例

H18以前施工
（含浸材施工なし）



24橋梁中20橋梁で
スケーリング発生

H19以降施工
（シラン系含浸材施工）



12橋梁中1橋梁で
スケーリング発生



壁高欄は大丈夫そう。その一方で・・

同様にシラン系含浸材を塗布しているはずの「地覆」については早期劣化例あり



2015年供用(凍害危険度3)



2015年地覆打替え(凍害危険度5)
含浸材ならではの劣化形態

- コンクリート配合は壁高欄も地覆もRC-4のはず。
- **空気量の下振れ？ 塗布のタイミング？**
 - コア採取してコンクリート性状を分析すると、北海道における仕様策定の一助になるかも？

凍結防止剤散布量の多い路線

- 下部構造の水掛かり部でスケーリングが多数発生（いずれも1980年以降でAE剤標準使用）
- 東北の空気量7%地域と似たような環境条件？
- 凍結防止剤がきついのか？ 空気量の下振れか？



（1983供用）



（1984供用）



（1986供用）

いずれも凍害危険度4

初期(早期)の凍害の影響? → 寒中施工が関係? (初期の養生)

地覆損傷事例：G橋 架橋位置：平野部 標高55m



2012年の防護柵交換時に地覆打換え (6年経過)

地覆・高欄打換え



- ・新設時より養生対応が困難? (湿潤養生の確保)
- ・含水が高い状態で直ぐに供用開始

地覆損傷事例：F橋 架橋位置：山間部 標高50m



2012年の防護柵交換時に地覆打換え (6年経過)

寒中施工後の高含水状態で供用開始（養生の課題）

地覆コンクリートの劣化損傷（供用3年程度で顕在化）

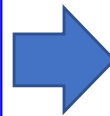


初期欠陥からの劣化進行事例(道内)



供用3年後

地覆ひび割れから凍害が促進



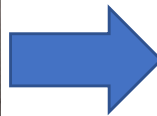
供用6年後

凍害がさらに促進(内部鉄筋の露出)



供用1年後

壁高欄目地部にひび割れ



供用6年後

ひび割れの拡大と浮きが生じた

初期欠陥からの劣化進行事例(道内)



壁高欄に幅0.1mm程度の乾燥収縮ひび割れ(供用1年目の状況)



ひび割れからスケーリングが拡大(表面の微細ひび割れ多数)



意外と凍害劣化は進展していない？

コールドジョイント



水が介在すると凍害劣化につながるケースがある

北海道の橋梁構造物における劣化の現状

(対象劣化機構: 凍害もしくは凍結防止剤散布に起因する凍害+塩害)

			コンクリート上部工				鋼上部工	下部工		他部材	
			工場制作	現場打ち	桁端部	その他	RC床版 【別検討】	水掛かり部	その他	壁高欄	地覆
劣化の現状	新設部材	主な劣化損傷	間詰部漏水 遊離石灰 鋼材腐食	間詰部漏水 遊離石灰 剥離・鋼材腐食	剥離・ 鋼材腐食			スケーリング 剥離・鋼材腐食	少ない？	スケーリング 剥離・鋼材腐食	スケーリング 剥離・鋼材腐食
		初期欠陥 (現在の施工)	少ない	ひび割れ	ひび割れ			ひび割れ 豆板, 砂すじ	ひび割れ 豆板, 砂すじ	拘束ひび割れ	拘束ひび割れ
		初期欠陥に起 因する損傷 (現在の施工)	なし	スターラップ 被り不足 →鋼材腐食	少ない？			凍害劣化に影響 する初期欠陥は あまりない？ 施工直後の現場 補修部は影響し ていないか？	(不明)	ひび割れ 剥離 鋼材腐食	ひび割れ 剥離 鋼材腐食
	補修 補強部材	主な初期欠陥	少ない	少ない	(不明)			ひび割れ (巻き立て)	収縮ひび割れ (巻き立て) ※施工	(事例少ない) (部分補修)	初期凍害？ 拘束ひび割れ
		再劣化損傷	少ない	少ない	断面修復部 の剥離？			断面修復部 の剥離 ※劣化？	断面修復部 の剥離 ※施工	(事例少ない) (部分補修)	スケーリング 剥離
北海道(独自)の仕様								橋座面 含浸材(ケイ 酸塩系)施工	含浸材 (シラン)施工	含浸材 (シラン)施工	
初期品質向上の必要性 (コンクリート)					△			○ (空気量？)	△	○ (空気量？)	○ (空気量？)
構造上・施工上の 耐久性向上策			橋面防水	橋面防水	水仕舞 の工夫			水仕舞の工夫 補修範囲※施工	施工時の チェックシート	含浸材の 施工条件	養生

耐久性向上策の必要性に考慮すべき環境条件

凍結防止剤散布量【路線】, 凍害危険度【地域】, 仕様の変遷【建設年】(AEコン1978年)

トンネルの不具合事例

内陸のトンネル内部：矢板工法1965.4～1967.7施工、L=329m起点側



古いトンネルは施工（スランプ等）に起因した初期の不具合がみられる
→一方で、砂すじ等初期の不具合はあるが凍害劣化等の進展はない

50

内陸のトンネル坑門：矢板工法1979.5～1983.12施工、L=216m起点側



坑口内面に微細ひび割れとエフロ（上面の積雪による凍害？）

→上側表面に大きな欠陥は無いが、コンクリート内部にひび割れ（空洞）が存在？

51

内陸のトンネル内部：NATM工法1988.8～1991.12施工、L=140m 起点側



背面の湧水による凍結融解と地山の劣化が複合したひび割れの可能性がある
→部分的なひび割れの拡大はあるが、表面上の凍害劣化等の進展は現状ない

52

建築構造物の凍害劣化事例



屋外階段の劣化(53 年経過)、凍害危険度2



バルコニー先端部の劣化(32 年経過)、凍害危険度4

建築構造物の凍害劣化事例



いずれも凍害危険度3

凍害劣化の典型事例
は30年以上前に築造
された構造物でみら
れる

建築における凍害関連の規準・仕様

- ◆ JASS5「26節凍結融解作用を受けるコンクリート」(1986年9月改定版から)
激しい凍結融解作用を受ける(湿潤状態で凍結融解作用を受ける)コンクリートに適用
→ 水分滞留しない対策等がとられていれば特別な対策は不要
凍結融解作用係数=最低気温×日射係数×部材係数、凍害危険度、ASTM相当サイクル数等を考慮して適用判定
- ・ 吸水率: 細骨材3.0%以下、粗骨材2.0%以下、水セメント比55%以下、空気量下限値4%(品質基準強度36N/mm²超える場合3%以上)、
養生: 湿潤状態のまま凍結融解作用を受けないようにする、湿潤養生後ある程度乾させることも凍結融解作用には有効
- ◆ 建築基準法第8条第2項の新設(1983年)
次の各号のいずれかに該当する建築物の所有者又は監理者は、その建築物の敷地、構造及び建築設備を常時適法な状態に維持するため、必要に応じ、その建築物の維持保全に関する準則又は計画を作成し、その他適切な措置を講じなければならない。
一 特殊建築物で安全上、防火上又は衛生上宇特に重要であるものとして政令で定めるもの。
二 前号の特殊建築物以外の特殊建築物その他政令で定める建築物で、特定行政庁が指定するもの。
※特殊建築物: 学校, 体育館, 病院, 劇場, 観覧場, 集会場, 展示場, 百貨店, 市場……

- ◆ 高耐久性鉄筋コンクリート造設計施工指針(案)・同解説(高耐久指針)(1991年)
JASS5を補完、性能規定を念頭
→凍害に関してはコンクリートの品質の話はなく、水仕舞の話

- ◆ 鉄筋コンクリート造建築物の耐久設計施工指針・同解説(2016.7改定)

対策(設計耐用年数100年)＜標準仕様選択型設計法＞

- ・凍害地域区分: 重凍害地域(凍結融解作用係数10以上もしくは凍害危険度4と5)
一般(凍結融解作用係数5以上10未満もしくは凍害危険度2と3)
準(凍結融解作用係数5未満もしくは凍害危険度1およびコンクリート品質が良くない場合に凍害が生じる可能性のある地域)
- ・コンクリートの品質: 水セメント比の最大値50%、空気量は硬化後のコンクリートで4%以上
- ・塩害地域区分:
環境グレードは海岸からの距離により3区分(50m以内、50-250m、250-1000m)、
塩害環境地域区分は飛来塩分量により3区分(25mdd超え、13超え-25mdd以下、4以上13mdd以下)
- ・塩害地域における耐久性上の許容ひび割れ幅の目標値: 0.2mm
- ・耐用年数65年の設計かぶり厚さの最小値が構造部材の種別と塩害環境地域区分により設定
- ・コンクリートの品質: 準塩害環境地域はW/C55%以下、それより厳しい地域は45%以下

耐久性WGまとめ

◎劣化対策

(土木)

- ・AEコンかNon-AEかで劣化形態異なる？(1978年生コンJIS改正)
- ・AEコンではスケーリング劣化が主(特に塩分環境下)
- ・空気量 $4.5 \pm 1.5\%$ の下限値はダメ？(硬化コンの空気量確保!)
- ・独自対策：空気量6%→実際に使ってる？
表面含浸材→塗り方が悪いとダメ？

(建築も土木も)

- ・水仕舞いが重要！(水の侵入を防ぐ:防水、排水処理)

◎寒中コンクリートの養生(耐久性への影響)

- ・土木(地覆等)で供用後短期間での劣化事例
 - ・養生(補修は新設時のような対応が困難？新設でも発生？)
 - ・外気に曝される時点の含水率(飽水度)
 - 若材齢時の強度確保(15N/mm²以上？)
- ・建築と土木の取り扱い(初期凍害と初期(早期)の凍害)

まとめ

「北海道における品質確保のあるべき姿」

● 寒冷期の施工（寒中コンクリート）

- ✓ 土木・建築の違いではなく、耐久性とリンクさせて品質目標を整理する
- ✓ Maturityを活用して柔軟な施工計画と管理を行う
- ✓ 北海道・東北も含めた日本全国を網羅する気象条件（施工方法）の違いを反映させた施工チェックシートの作成と普及が望まれる

● 寒冷環境下に曝されるコンクリート（寒中のコンクリート）

- ✓ 1979年生コンJIS改正（AEコン義務化）後はスケーリング劣化が主体
 - ➡硬化コンクリートでの空気量確保、水仕舞いが重要
- ✓ 初期凍害（圧縮強度 5N/mm^2 に達する以前の凍結による被害：施工上の問題）と初期材齢時の凍害（若材齢時・高含水での凍結融解による被害：耐久性上の問題）の区別
 - ➡寒冷期の若材齢での早期供用時の養生と耐久性の関係の把握が必要



新規委員会：寒冷環境下におけるコンクリートの品質・耐凍害性確保に関する研究委員会
（委員長：井上真澄北見工業大学教授）（令和3年4月～令和5年3月）