



岩手の過酷な寒冷環境下の コンクリート構造物の耐久性向上に 向けた実践的取組み

岩手大学

小山田 哲也

岩手県の コンクリート





提供：南三陸国道事務所長 佐藤和徳氏

1. ○内の数値は凍害危険度.

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

2. 凍害重み係数 $t(A)$ —良質骨材, または AE 剤を使用したコンクリートの場合.

3. コンクリートの品質が良くない場合には,
 ----- 内の地域でも凍害が発生する.

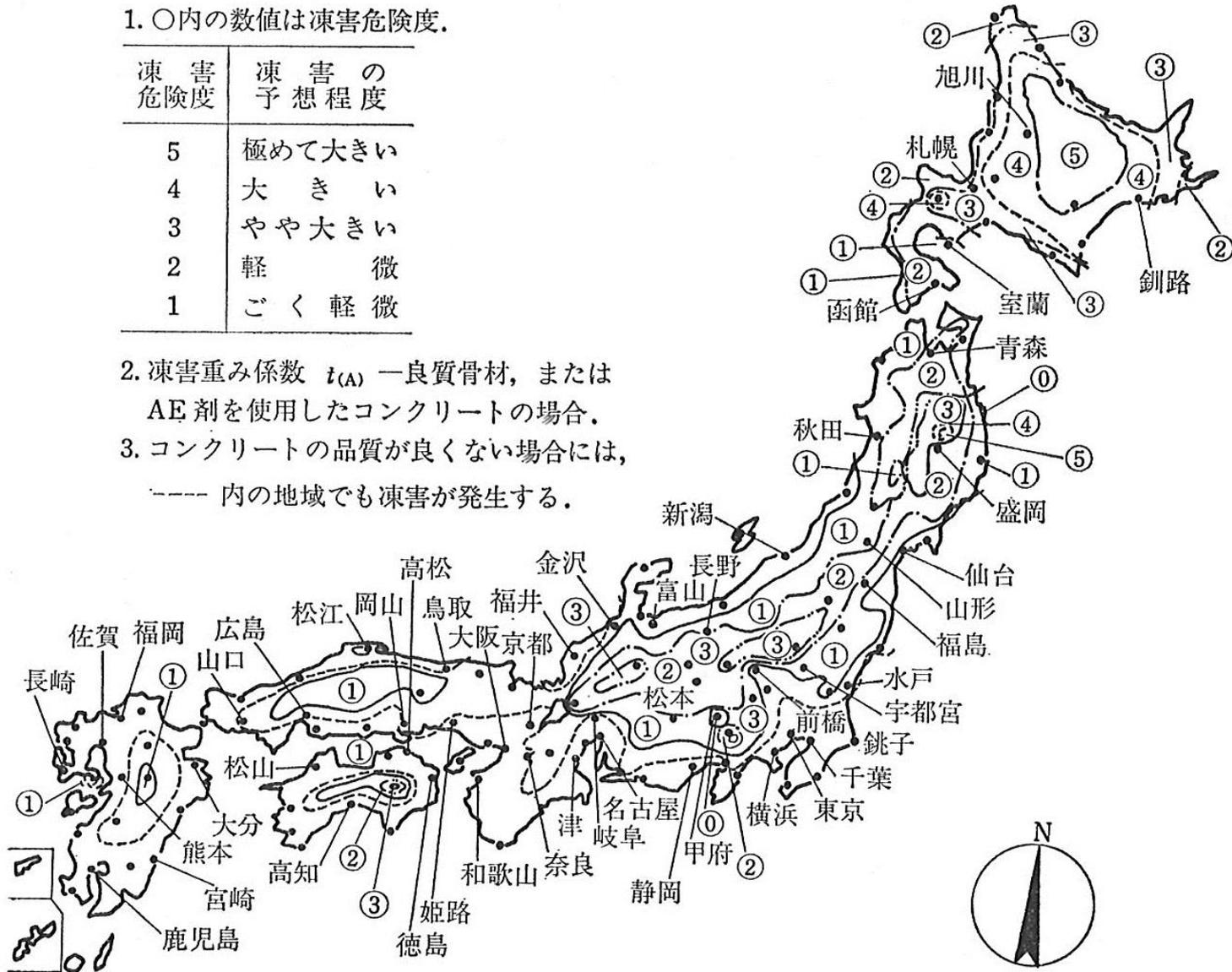
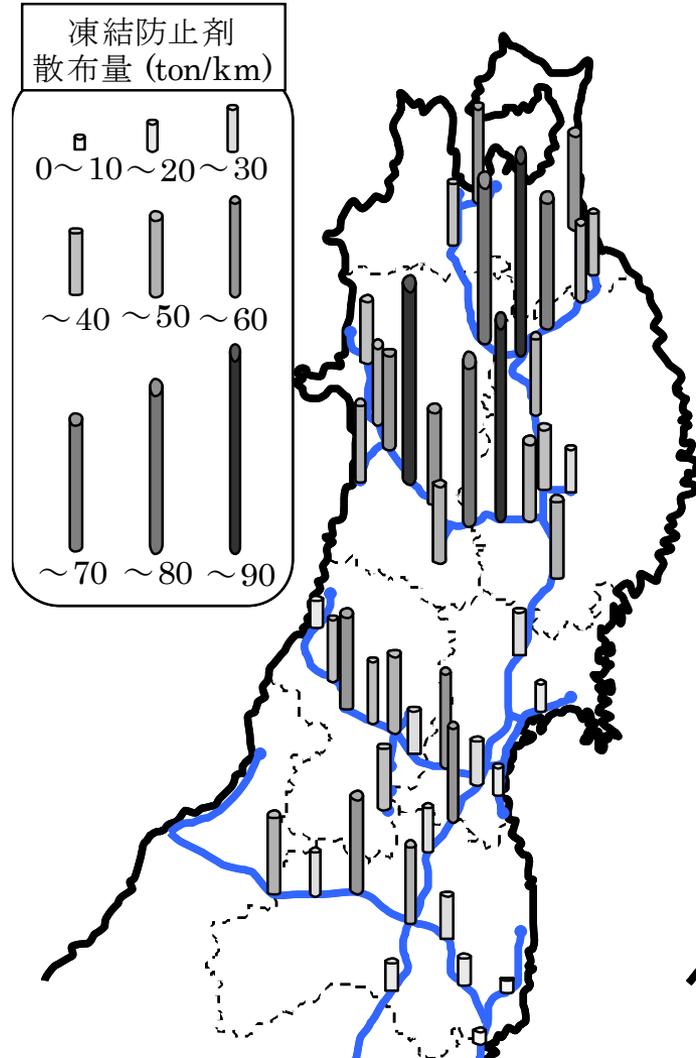
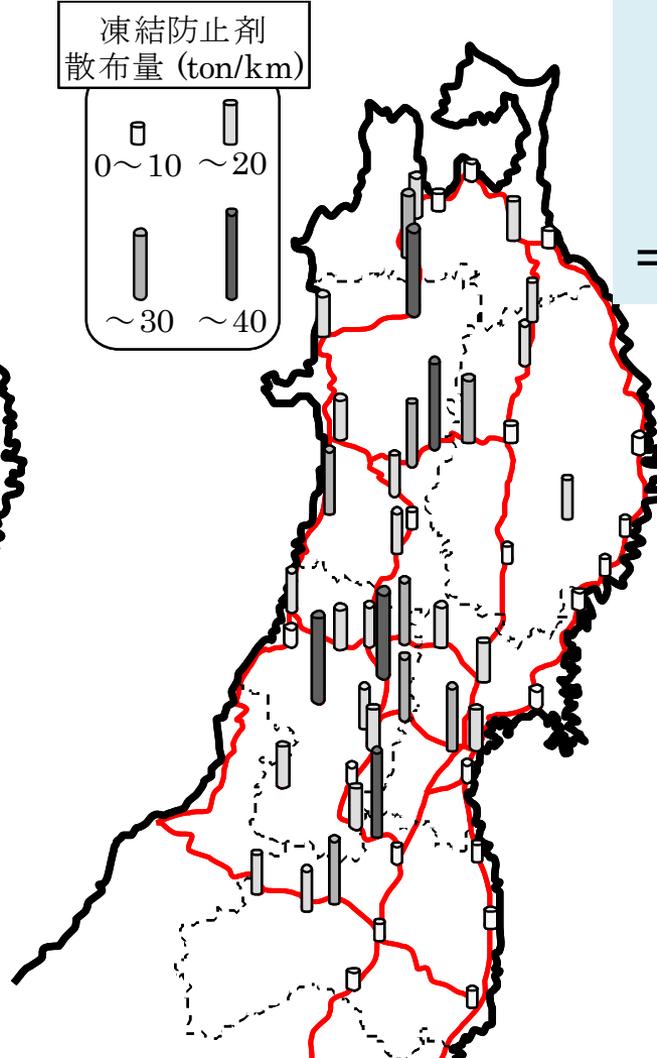


図-5.7 凍害危険度の分布図

凍結防止剤の散布量



NEXCO東日本管理高速道路



国交省東北地整直轄管理国道

凍結防止剤の影響

塩害

ASR

凍害(スケーリング)

疲労

⇒早期劣化の顕在化

岩手のコンクリートを考える会

背景1

復興道路

復興支援道路

新規区間224km

H32年開通予定
数多くの工事が
進行中

岩手県内に集中

宮古盛岡横断道路

国道106号 宮古盛岡横断道路(宮古～箱石)	H32 宮古市藤原～松山IC(4km)
国道106号 宮古盛岡横断道路(宮古～箱石)	H31 宮古市下川井地区(2km)
国道106号 宮古盛岡横断道路(都南川目道路)	H31 由の沢IC～手代森IC(3.4km)

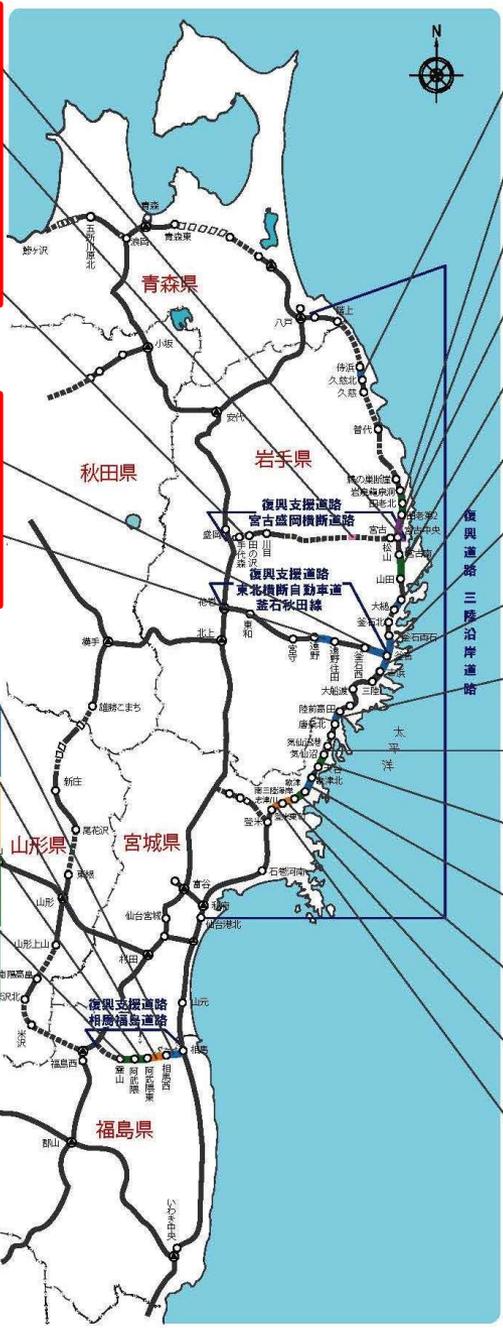
東北横断自動車道 釜石秋田線

国道283号 釜石花巻道路(釜石～釜石西)	H30 釜石JCT～釜石西IC(6km)
国道283号 釜石花巻道路(遠野住田～遠野)	H30 遠野住田IC～遠野IC(11km)

相馬福島道路

国道115号 相馬福島道路(相馬～相馬西)	H30 相馬IC～相馬西IC(6km)
国道115号 相馬福島道路(阿武隈東道路)	H28 相馬西IC～阿武隈東IC(10.7km)
国道115号 相馬福島道路(阿武隈東～阿武隈)	H29 阿武隈東IC～阿武隈IC(5km)
国道115号 相馬福島道路(釜山道路)	H29 阿武隈IC～釜山IC(12km)

凡例	
	H28年度開通予定
	H29年度開通予定
	H30年度開通予定
	H31年度開通予定
	H32年度開通予定
	開通
	事業中
	未事業化



三陸沿岸道路

国道45号 三陸沿岸道路(久慈北道路)	H30 待浜IC～久慈北IC(7.4km)
国道45号 三陸沿岸道路(田老～岩泉)	H29 田老北IC～岩泉龍泉洞IC(6km)
国道45号 三陸沿岸道路(宮古中央～田老)	H29 田老第2IC～田老北IC(4km)
国道45号 三陸沿岸道路(宮古中央～田老)	H32 宮古中央IC～田老第2IC(17km)
国道45号 三陸沿岸道路(山田～宮古南)	H29 山田IC～宮古南IC(14km)
国道45号 三陸沿岸道路(釜石山田道路)	H30 大槌IC～山田南IC(8km)
国道45号 三陸沿岸道路(釜石山田道路)	H30 釜石JCT～釜石南IC(5.6km)
国道45号 三陸沿岸道路(吉浜～釜石)	H30 吉浜IC～釜石JCT(14km)
国道45号 三陸沿岸道路(唐桑北～陸前高田)	H30 唐桑北IC～陸前高田IC(10km)
国道45号 三陸沿岸道路(気仙沼～唐桑南)	H31 気仙沼IC～気仙沼港IC(1.7km)
国道45号 三陸沿岸道路(本吉気仙沼道路)	H29 大谷IC～気仙沼IC(7.1km)
国道45号 三陸沿岸道路(歌津～本吉)	H30 歌津IC～歌津北IC(4km)
国道45号 三陸沿岸道路(南三陸道路)	H29 南三陸海岸IC～歌津IC(4.2km)
国道45号 三陸沿岸道路(南三陸道路)	H28 志津川IC～南三陸海岸IC(3km)
国道45号 三陸沿岸道路(登米志津川道路)	H28 登米東和IC～志津川IC(11.1km)

※登米東和IC～三滝堂IC(2.0km)は、平成28年4月16日開通

岩手内

「考える会」とは －問題意識1－

- 復興道路・復興支援道路があと数年で完成
- 同時期・同思想で構築された構造物の増大
～現状～

新設コンクリート構造物の高耐久化対策

⇒各団体でそれぞれ対応⇒良かったか？

⇒施工時のコンクリート構造物の品質確保の

重要性を認識した上で、耐久性確保の方向性を
明確化する必要

「考える会」とは

－問題意識2－

- 岩手県内の道路構造物
 - ⇒ 凍結防止剤による劣化の助長
 - ①塩害②凍害(スケーリング)③アルカリシリカ反応④疲労
 - ⇒ 劣化の特徴からみた維持管理が必要
- 人口減少、費用減少、技術者不足
 - ⇒ 施工した構造物の維持管理ができるか？
 - ⇒ 技術を継承する仕組みの必要

【技術的交流の受け皿】

「岩手県のコンクリート構造物の品質確保および維持管理について考える会」の設立

「考える会」の目的

岩手県のコンクリート構造物の 品質確保および維持管理

産官学での協働で以下の3点を目指す

- ① 課題の抽出
- ② 技術的情報の共有
- ③ 各問題点に応じた対策の検討

技術的な横串

考える会調査・研究

橋梁点検結果による岩手県内の 橋梁下部工の損傷の特徴

コンクリート構造物の長寿命化には、環境条件などの
地域性を考慮した計画設計が望まれる。

⇒岩手県内の橋梁の劣化の状況を精査する必要がある。

研究の目的

岩手県内での橋梁の下部工のコンクリートに生じている
損傷の特徴を定量的に明らかにする。

調査方法

国土交通省（平成22~26年）237橋の

橋梁点検調書から部材判定C2に相当する劣化の状況を整理する。

＜対象橋梁＞

判定区分	判定の内容
A	損傷が認められないか、損傷が軽微で補修を行う必要がない。
B	状況に応じて補修を行う必要がある。
C 1	予防保全の観点から、速やかに補修等を行う必要がある。
C 2	橋梁構造の安全性の観点から、速やかに補修等を行う必要がある。
E 1	橋梁構造の安全性の観点から、緊急対応の必要がある。
E 2	その他、緊急対応の必要がある。
M	維持工事で対応する必要がある。
S 1	詳細調査の必要がある。
S 2	追跡調査の必要がある。

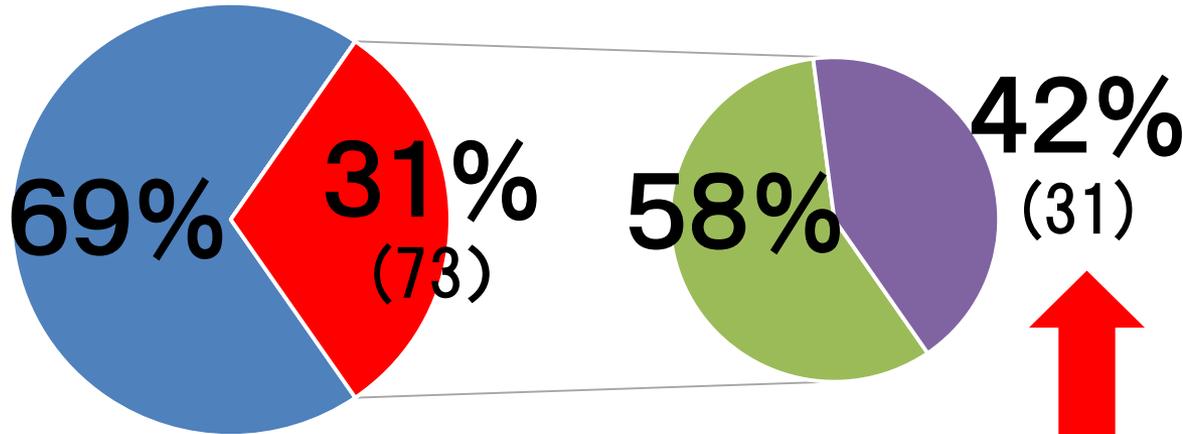
岩手県（平成27年）222橋の橋梁点検調書から部材判定Ⅲに該当する劣化の状況を整理する。

＜対象橋梁＞

区分	定義
I 健全	道路橋の機能に支障が生じていない状態。
Ⅱ 予防保全段階	道路橋の機能に支障が生じていないが、予防保全の観点から措置を講ずることが望ましい状態。
Ⅲ 早期措置段階	道路橋の機能に支障が生じる可能性があり、早期に措置を講ずべき状態。
Ⅳ 緊急措置段階	道路橋の機能に支障が生じている、又は生じる可能性が著しく高く、緊急に措置を講ずべき状態。

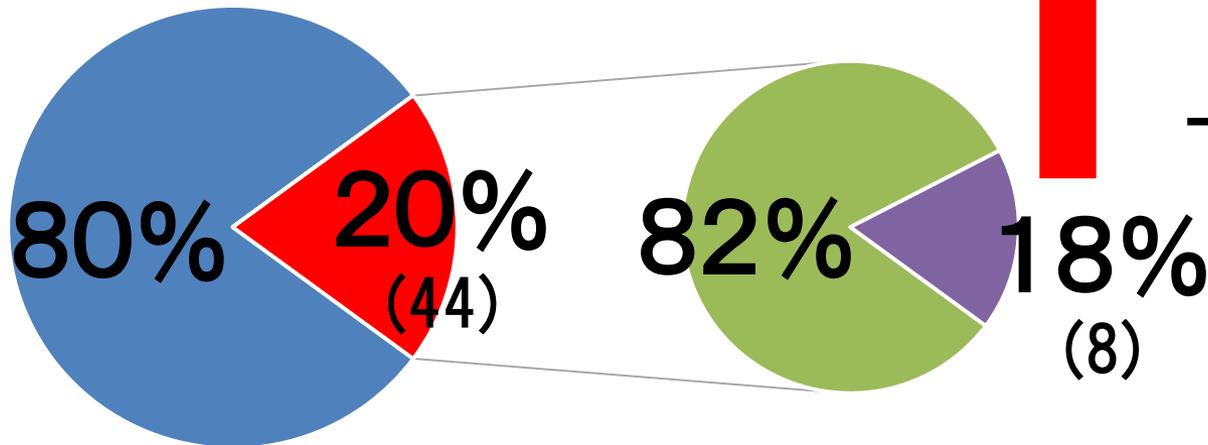
研究結果及び考察

国土交通省管轄(237橋)



約4倍の橋梁が劣化

岩手県管轄(222橋)



健全度

■ I, II

■ III

下部工の判定

■ B以上

■ C, C2

健全度の割合

下部工の判定の割合(健全度III)

劣化の種類

橋梁定期点検要領(国土交通省)より

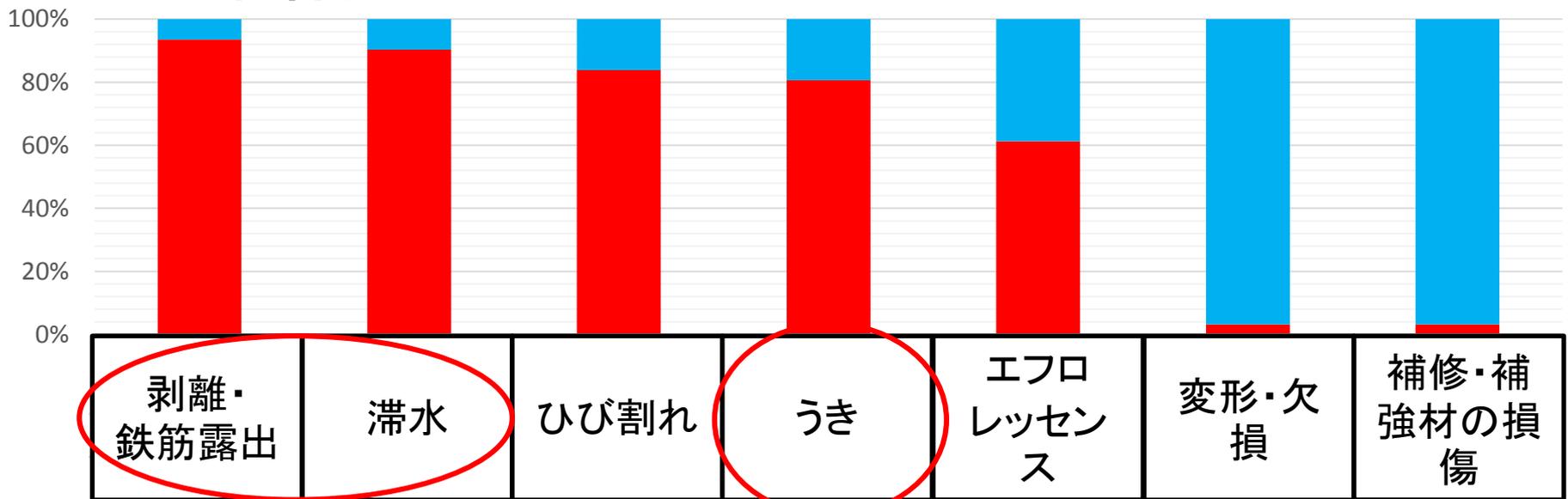
- ひび割れ
- 剥離・鉄筋露出
- 漏水・遊離石灰
- 補修・補強材の損傷
- うき
- 定着部の異常
- 変色・劣化
- 漏水・滞水
- 異常な音・振動
- 異常なたわみ
- 変形・欠損

計 11 種類

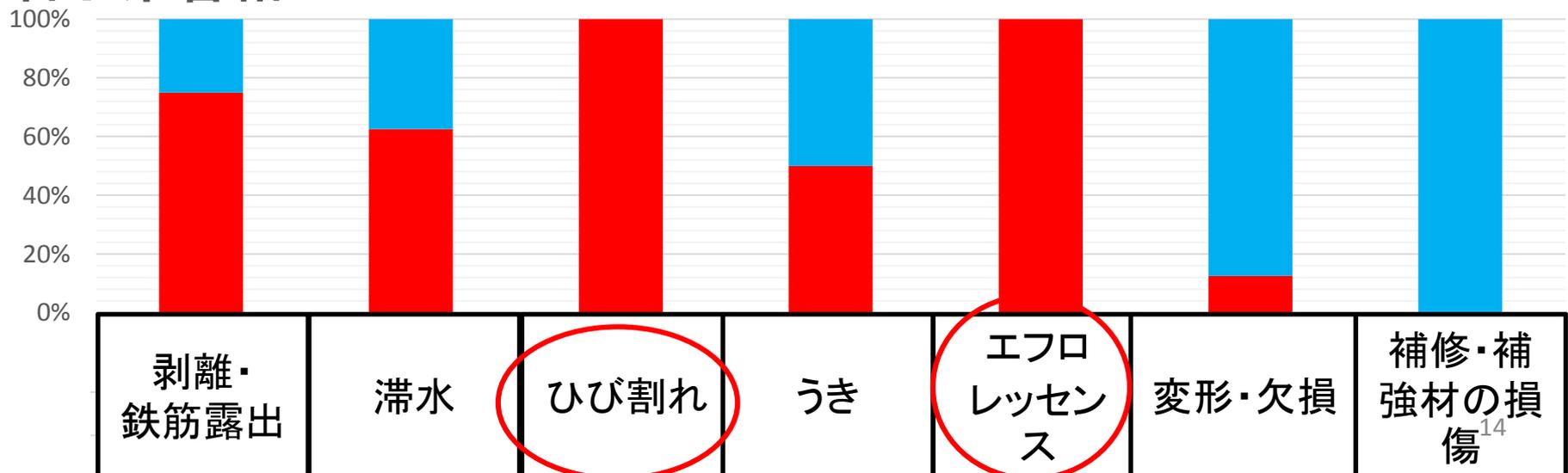
判定C2相当に対する各劣化の割合

国土交通省管轄

■有 ■無



岩手県管轄



判定C2相当の劣化に対する各原因の割合

		計画・設計			施工		耐久性	
		排水不良	乾燥収縮	水和熱による温度	施工不良	かぶり不足(中性化)	凍害	塩害
うき						13(4) 13(1)	26(8) 25(2)	13(4) 13(1)
ひび割れ	エフ口無		13(4) 25(2)	10(3) 13(1)				
	エフ口有	29(9)	50(4)	38(3)			13(1)	
剥離・鉄筋露出					10(3)	16(5) 13(1)	45(14) 63(5)	3(1)
滞水		45(14) 50(4)						

国土交通省管轄
岩手県管轄

%(橋)

凍害危険度マップ



危険度	色調	凍害程度
V		極めて大きい
IV		大きい
III		やや大きい
II		軽微
I		ごく軽微
0		無

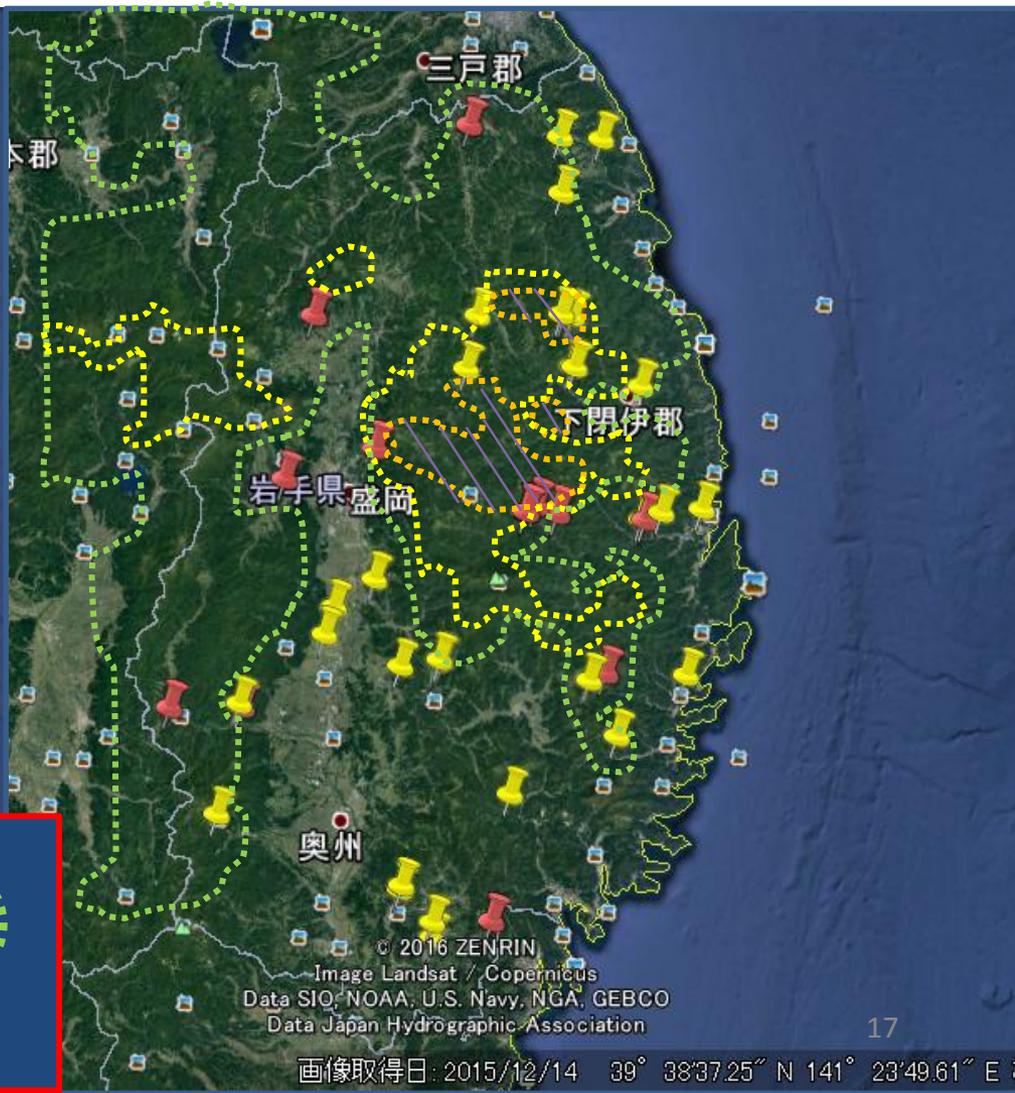
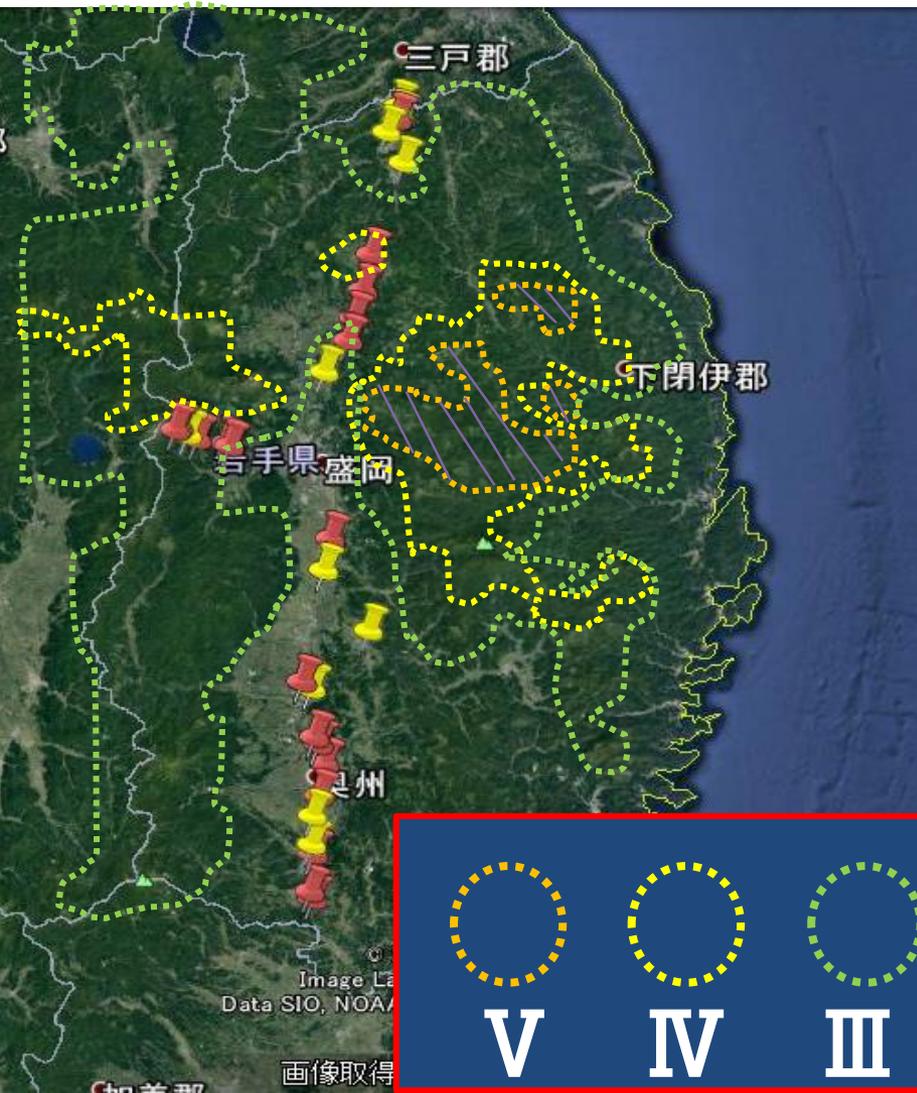
危険度を6つの段階に分け、色の濃さで表す。

出典：実構造物群の調査結果に基づく
凍害損傷リスクマップの作成に関する研究
成田健・小山慎一郎・三橋博三

岩手県内の凍害による劣化の分布

国土交通省管轄

岩手県管轄



凍害危険度と凍害発生割合の関係(全対象橋梁)

危険度 管轄	V	IV	III	II以下
国土交通省管轄		33.3% 1/3橋	5.9% 4/68橋	5.4% 9/166橋
岩手県管轄橋梁	0% 0/7橋	10.5% 2/19橋	2.8% 2/71橋	1.6% 2/125橋

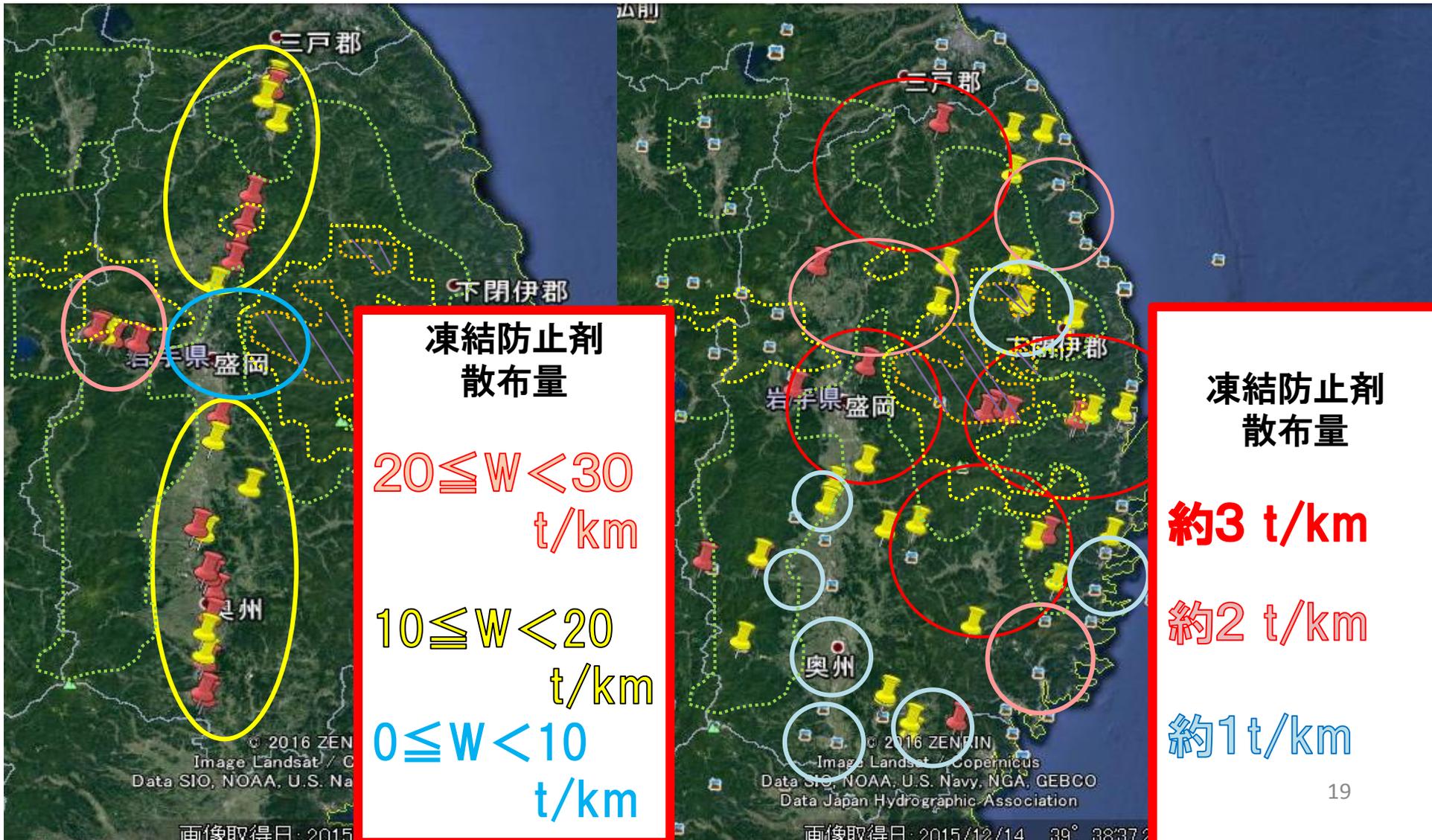
岩手県管轄橋梁において危険度V・IVと高い地域にある橋梁の凍害発生割合が低い

岩手県内の凍害による劣化の分布と凍結防止剤散布量



国土交通省務所管轄

岩手県管轄橋梁



凍害による劣化形態

- ひび割れ
- スケーリング
- ポップアウト
- 崩壊

凍害による劣化形態

(1) ひび割れ(Cracking)



地図状ひび割れ (Map-cracking)

凍害による劣化形態

(1) ひび割れ(Cracking)



長手方向ひび割れ (Longitudinal-cracking)

凍害による劣化形態

(1) ひび割れ(Cracking)



Dひび割れ(D-cracking)

凍害による劣化形態

(2) スケーリング (scaling)



凍害による劣化形態

(3)ポップアウト (Pop out)



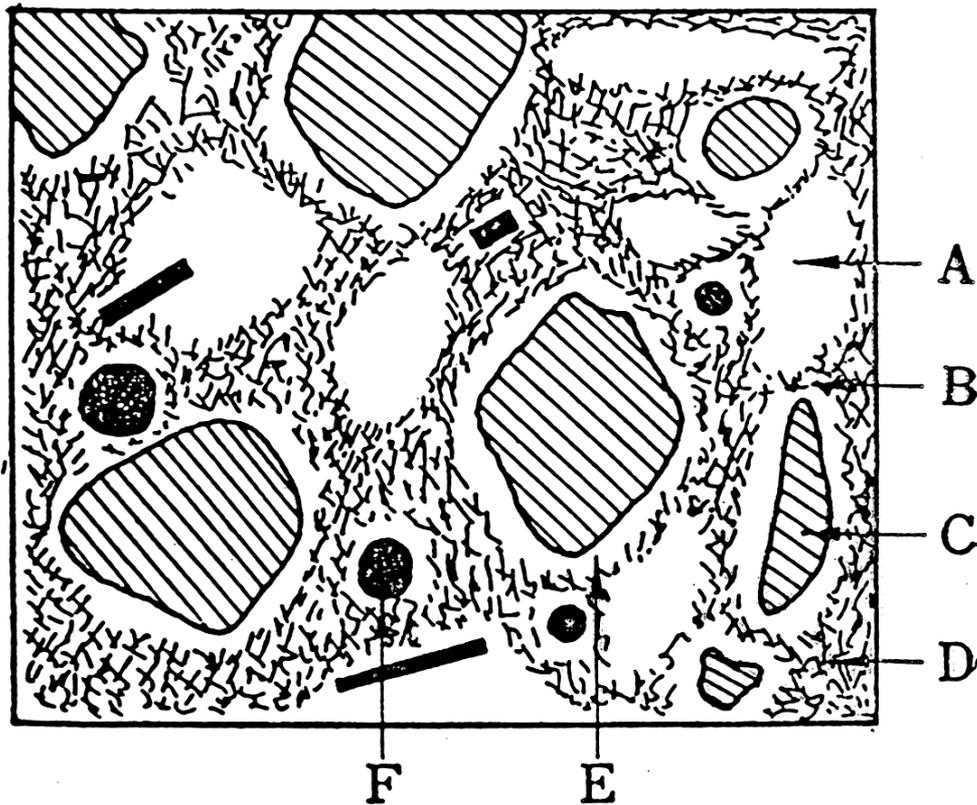
凍害による劣化形態

(4)崩壊 ⇒原因未解明



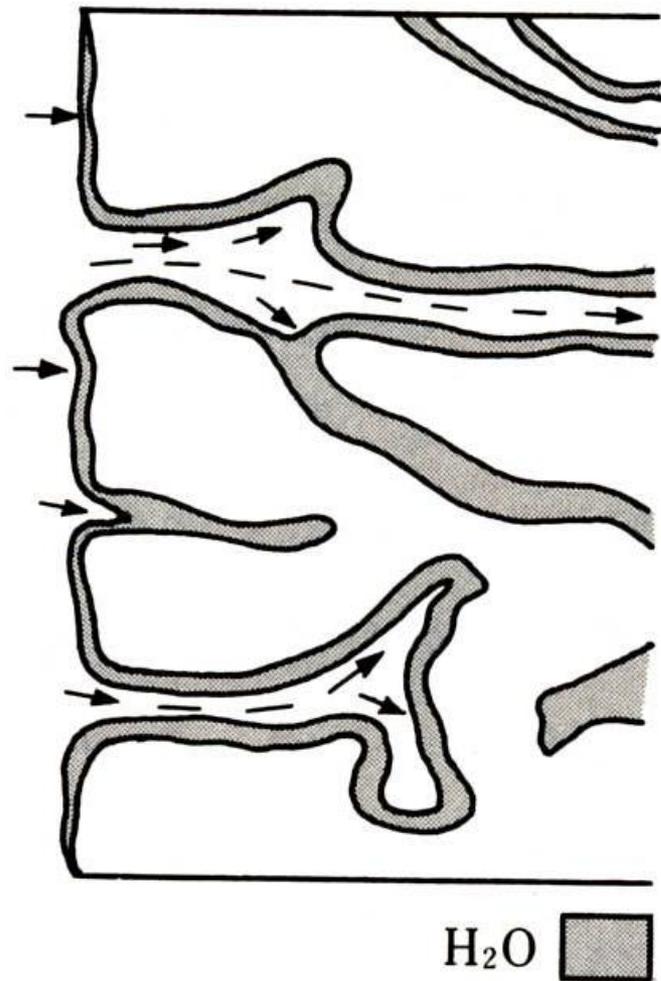
凍害のメカニズム

- 骨材の凍結膨張 ⇒ ポップアウト
- 水圧説
- 浸透圧説
- 氷晶生成説



- A: 毛細管空げき (毛細管水)
- B: ゲル空げき (ゲル水)
- C: 未水和セメント粒子
- D: セメントゲル (非蒸発性水分)
- E: 遷移帯 (過飽和溶液)
- F: $\text{Ca}(\text{OH})_2$ などの大型結晶

硬化ペーストの構造の模式図



セメントペースト内の組織

エンラップドエア

ゲル空隙

Interparticle spacing between C-S-H sheets

毛細管空隙

Capillary voids

Hexagonal crystals of $\text{Ca}(\text{OH})_2$ or low sulfate in cement paste

Aggregation of C-S-H particles

エントレインドエア

Entrained air bubbles

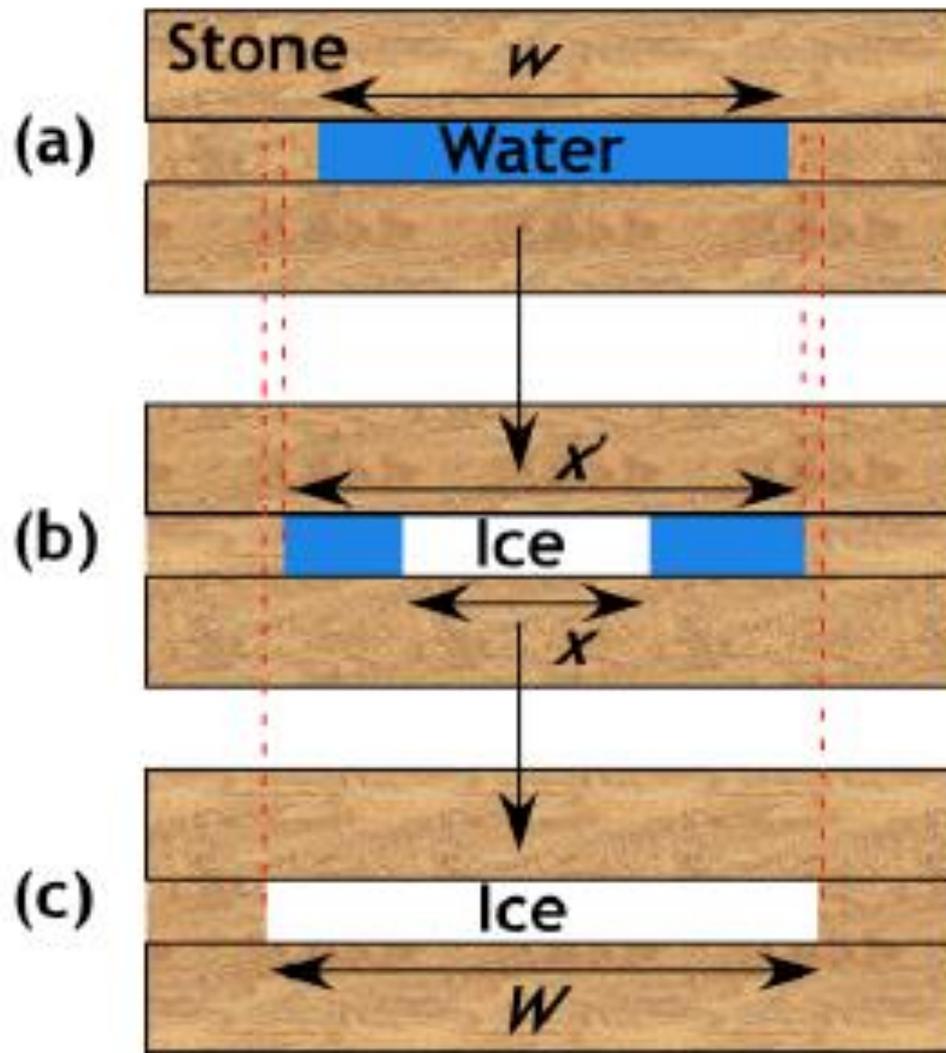
Entrapped air void

Max. spacing of entrained air for durability to frost action

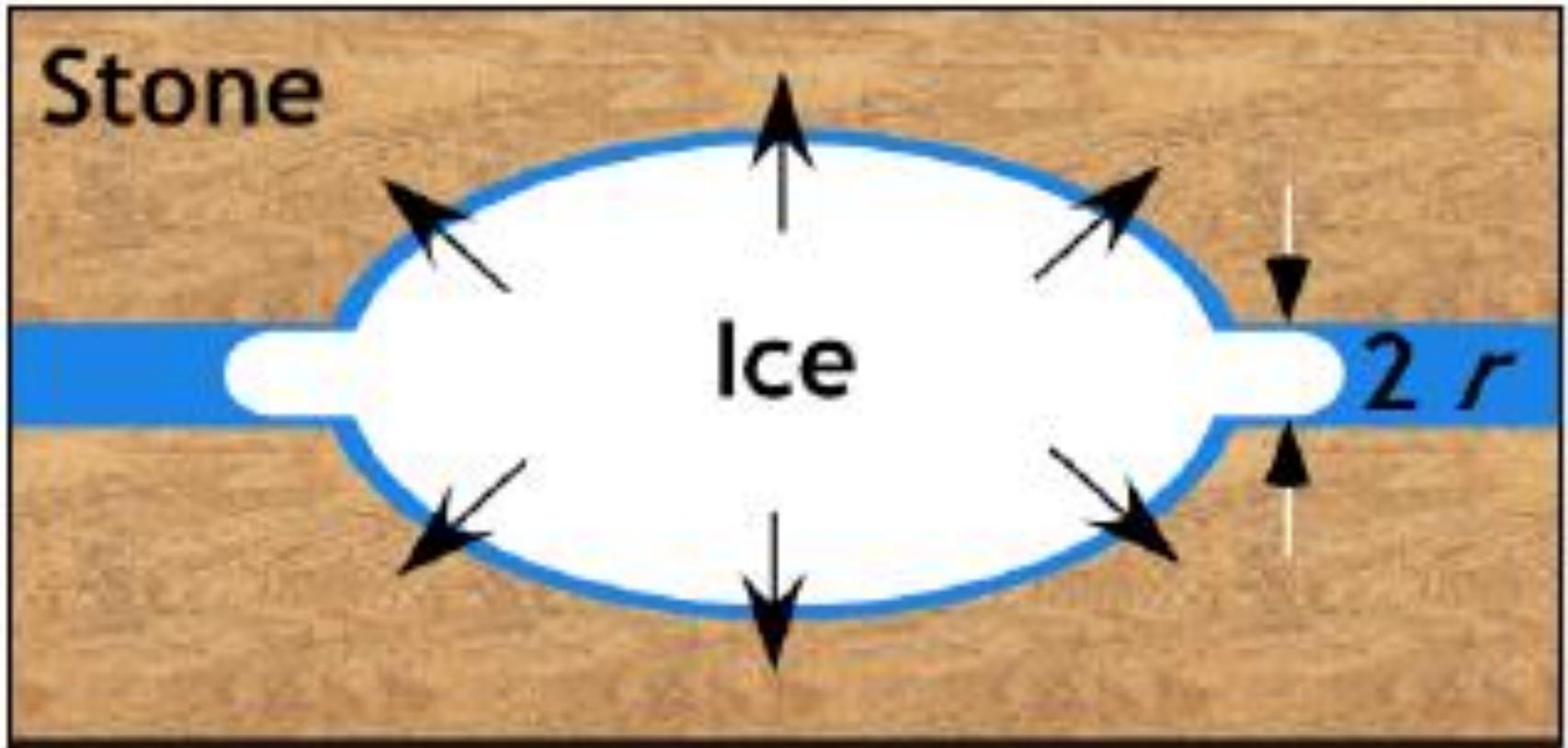
0.001 μm 1 nm 0.01 μm 10 nm 0.1 μm 100 nm 1 μm 1000 nm 10 μm 10⁴ nm 100 μm 10⁵ nm 1 mm 10⁶ nm 10 mm 10⁷ nm

Dimensional range of solid and pores in a hydrated cement paste.

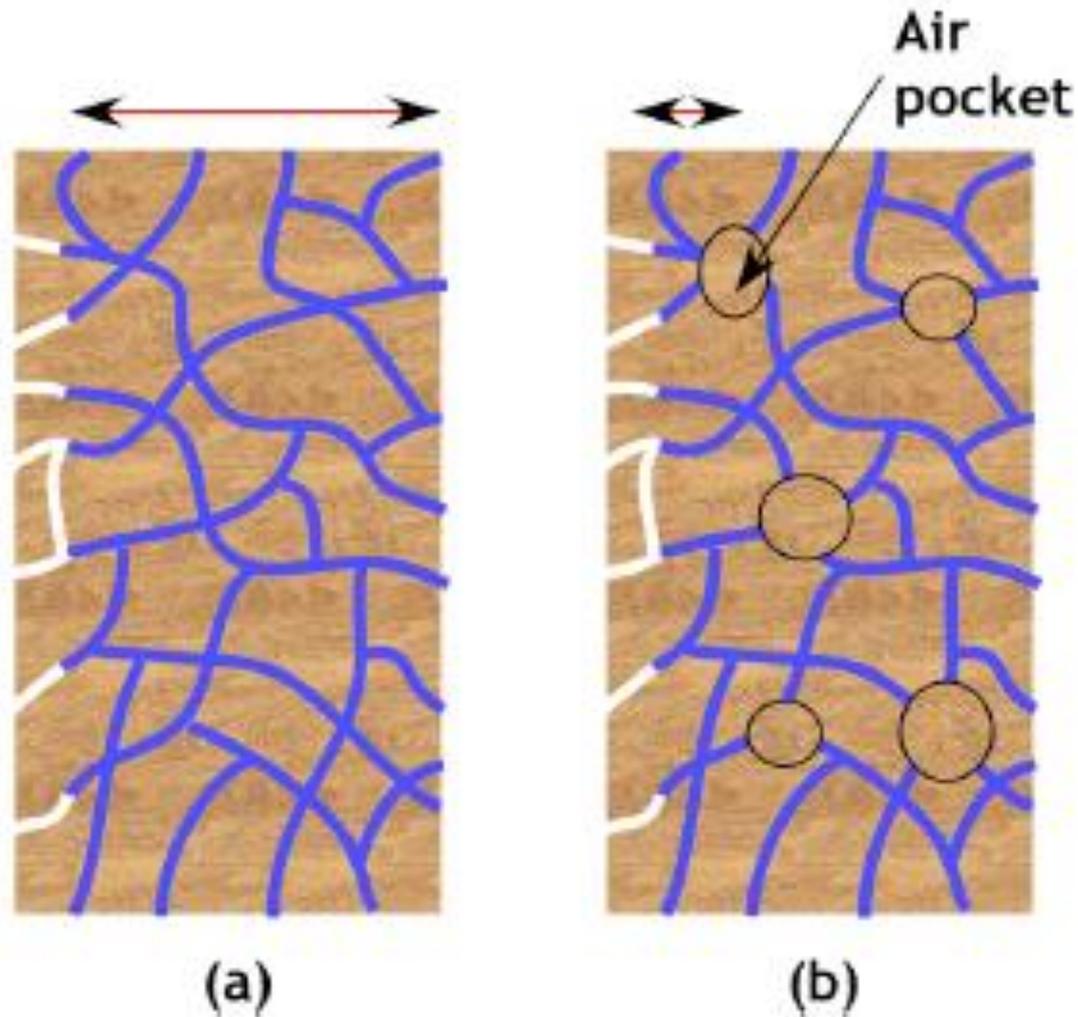
水圧説(Powers 1949)



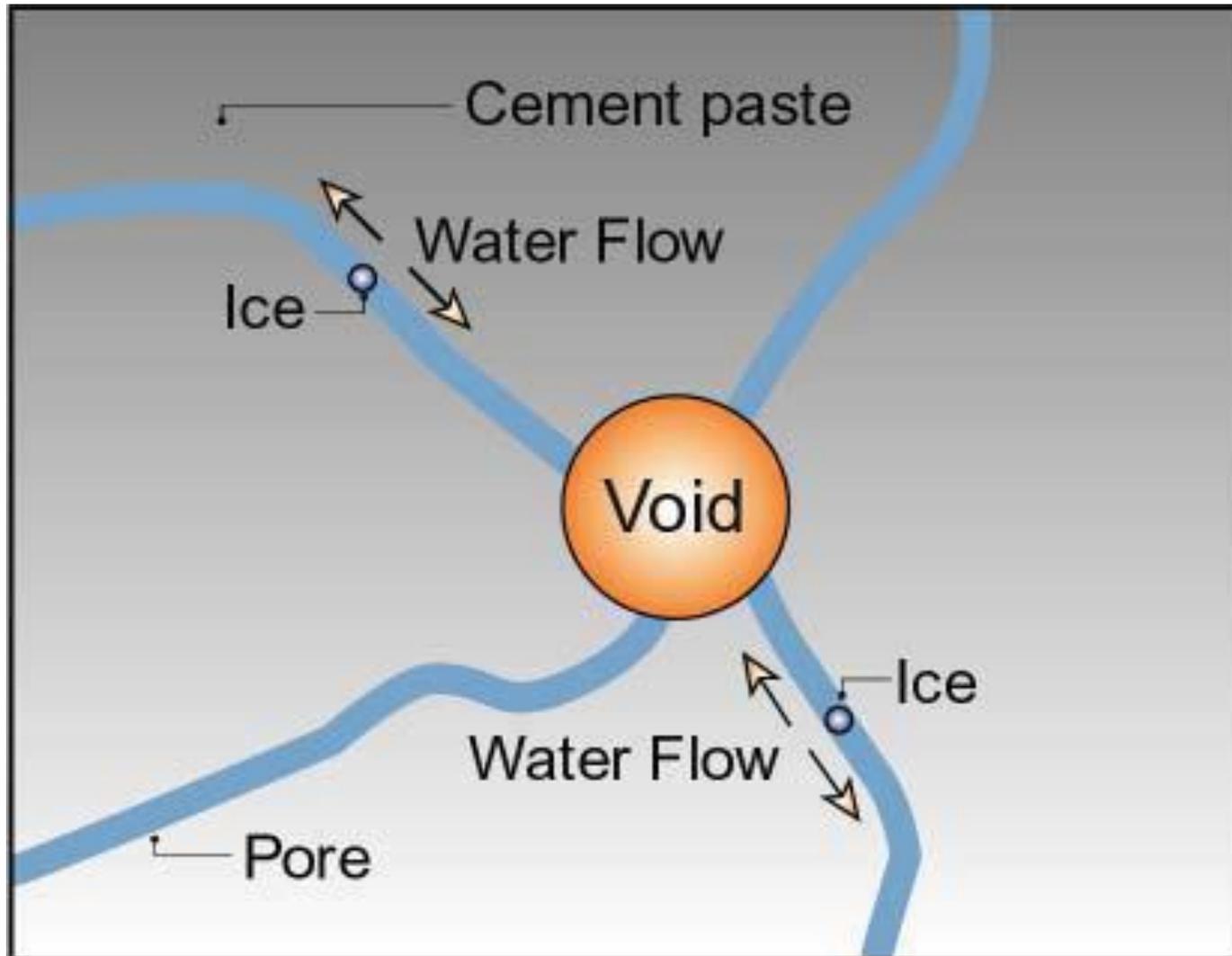
水圧説(Powers 1949)



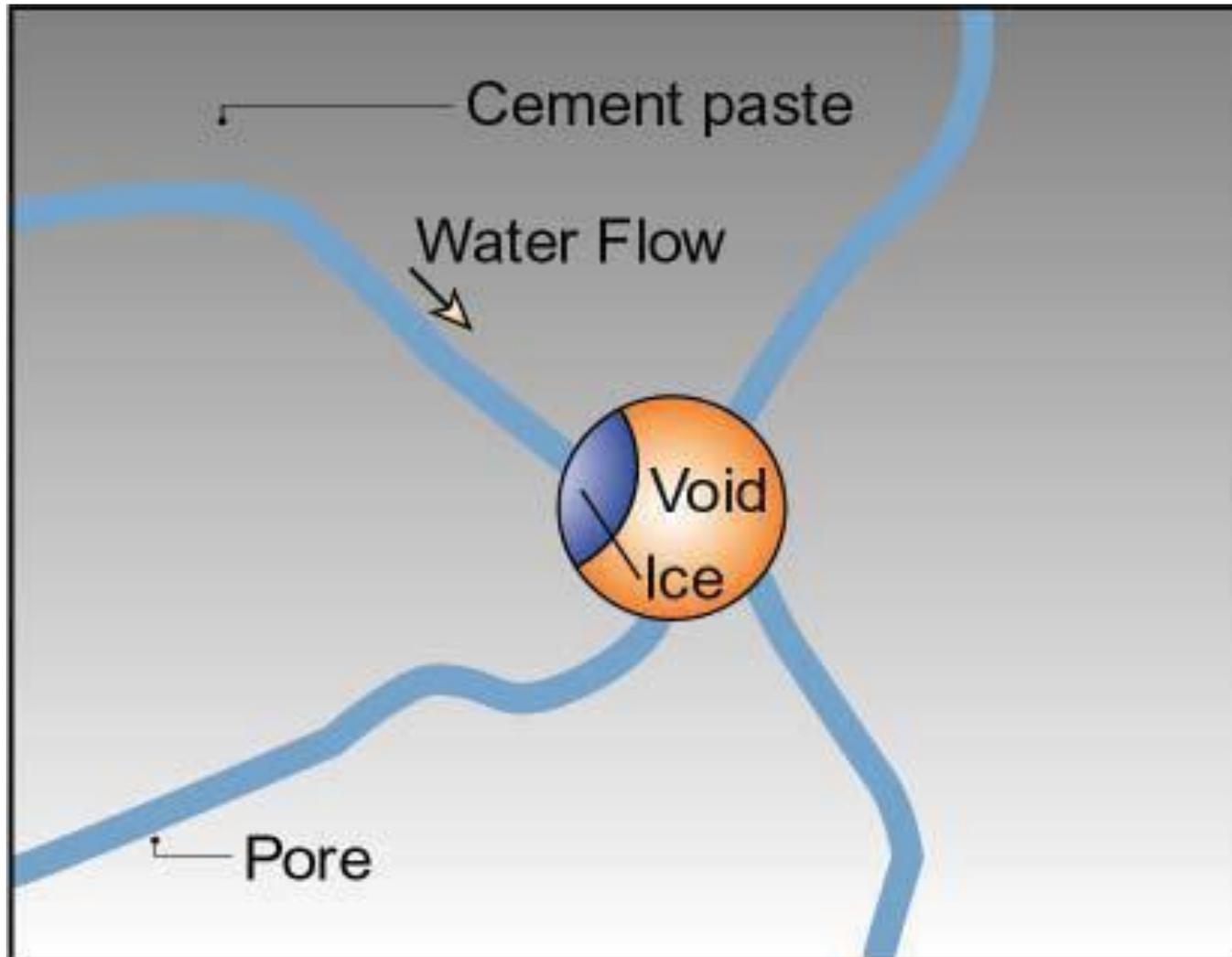
水圧説と空気泡の関連

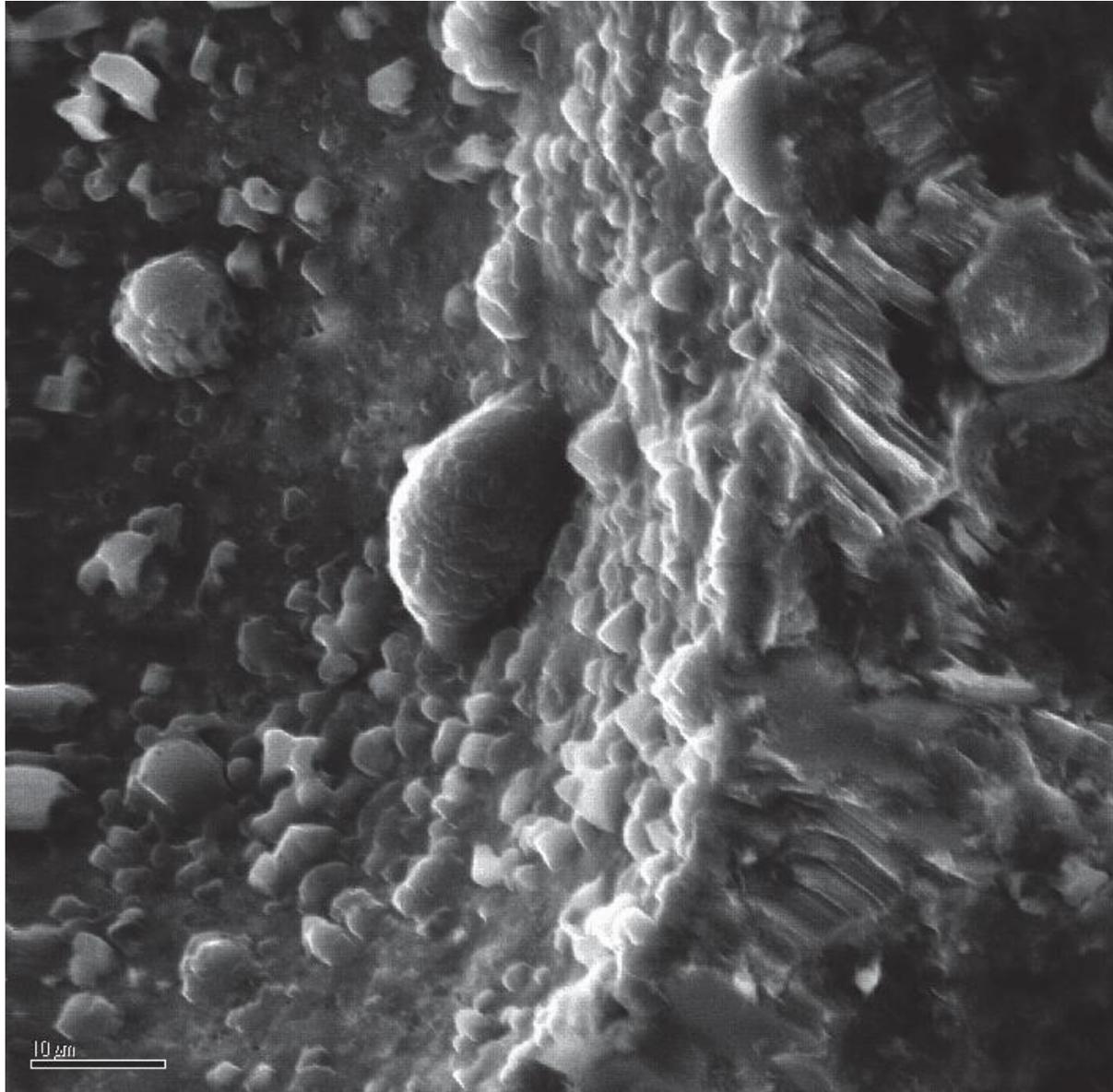


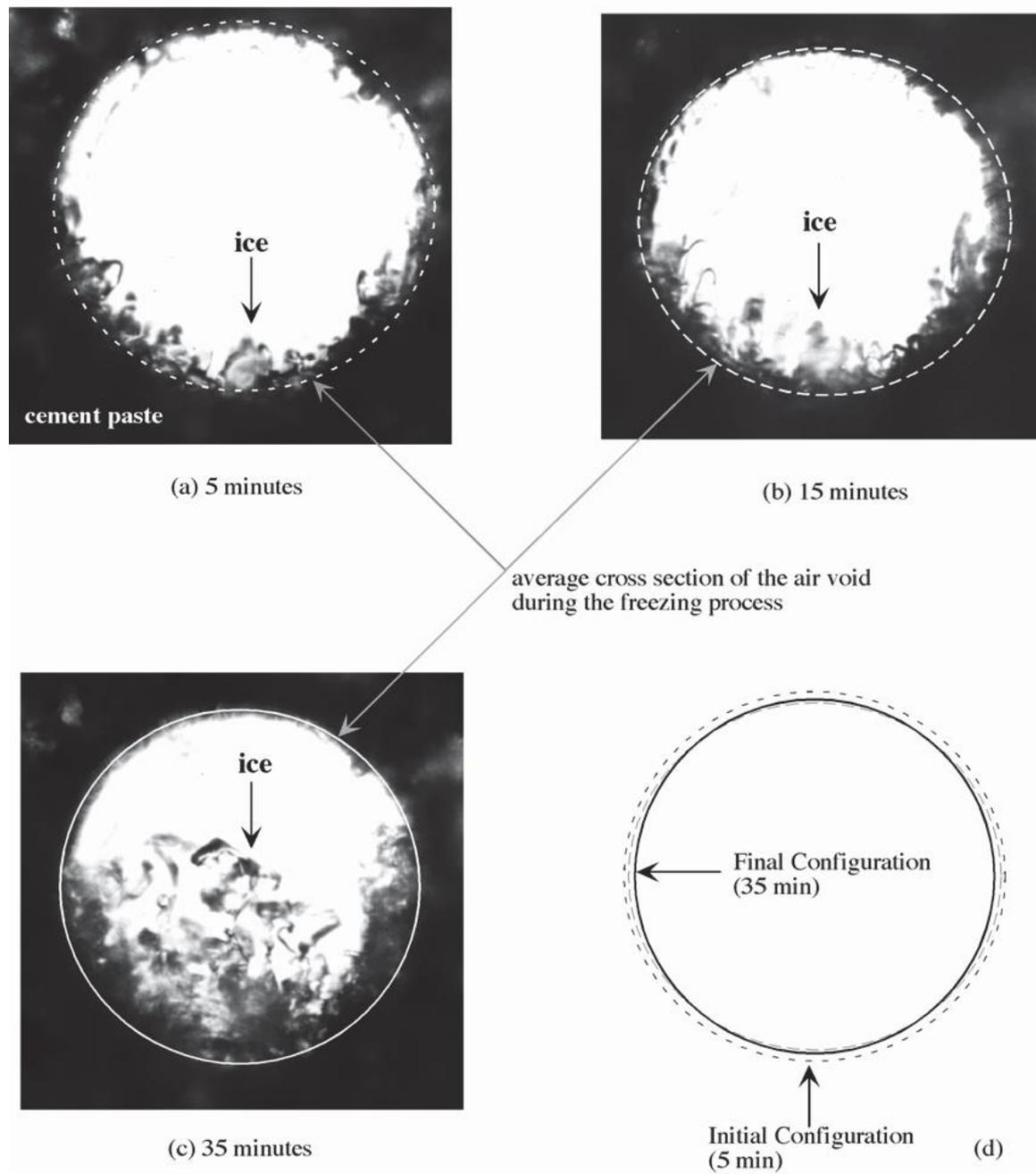
水圧説における空気泡の働き



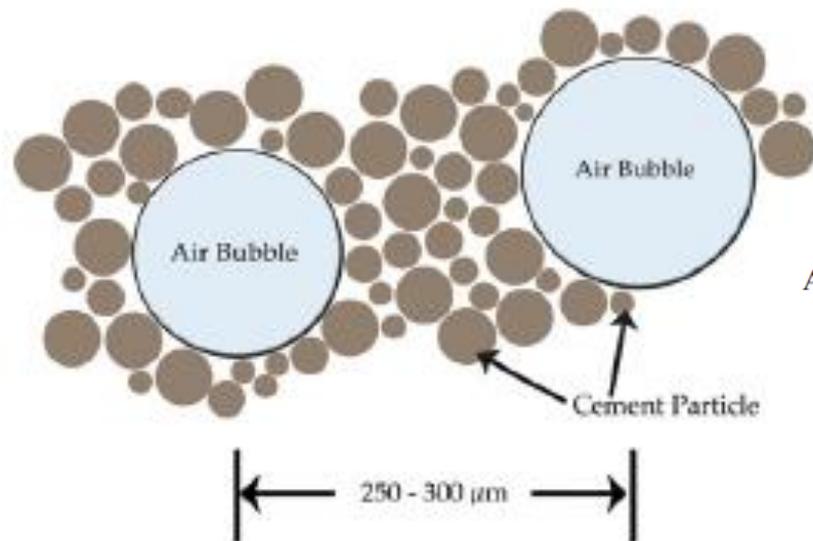
水圧説における空気泡の働き







気泡間隔係数



A review of salt scaling: I. Phenomenology

John J. Valenza II*, George W. Scherer

Cement and Concrete Research 37 (2007) 1007-1021

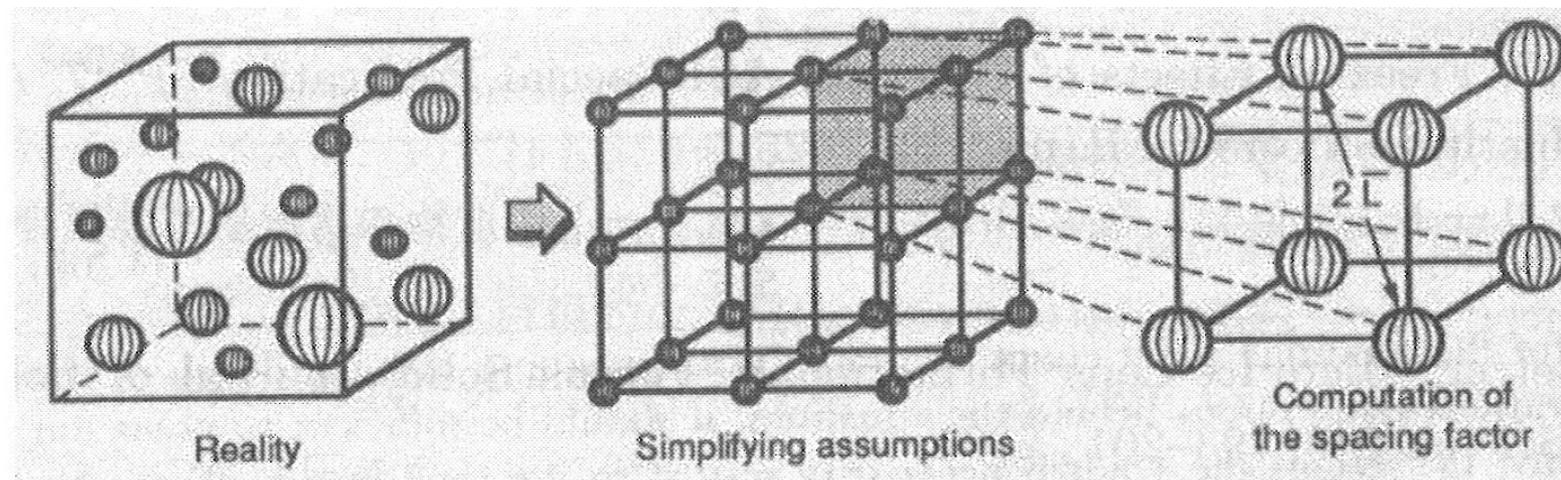
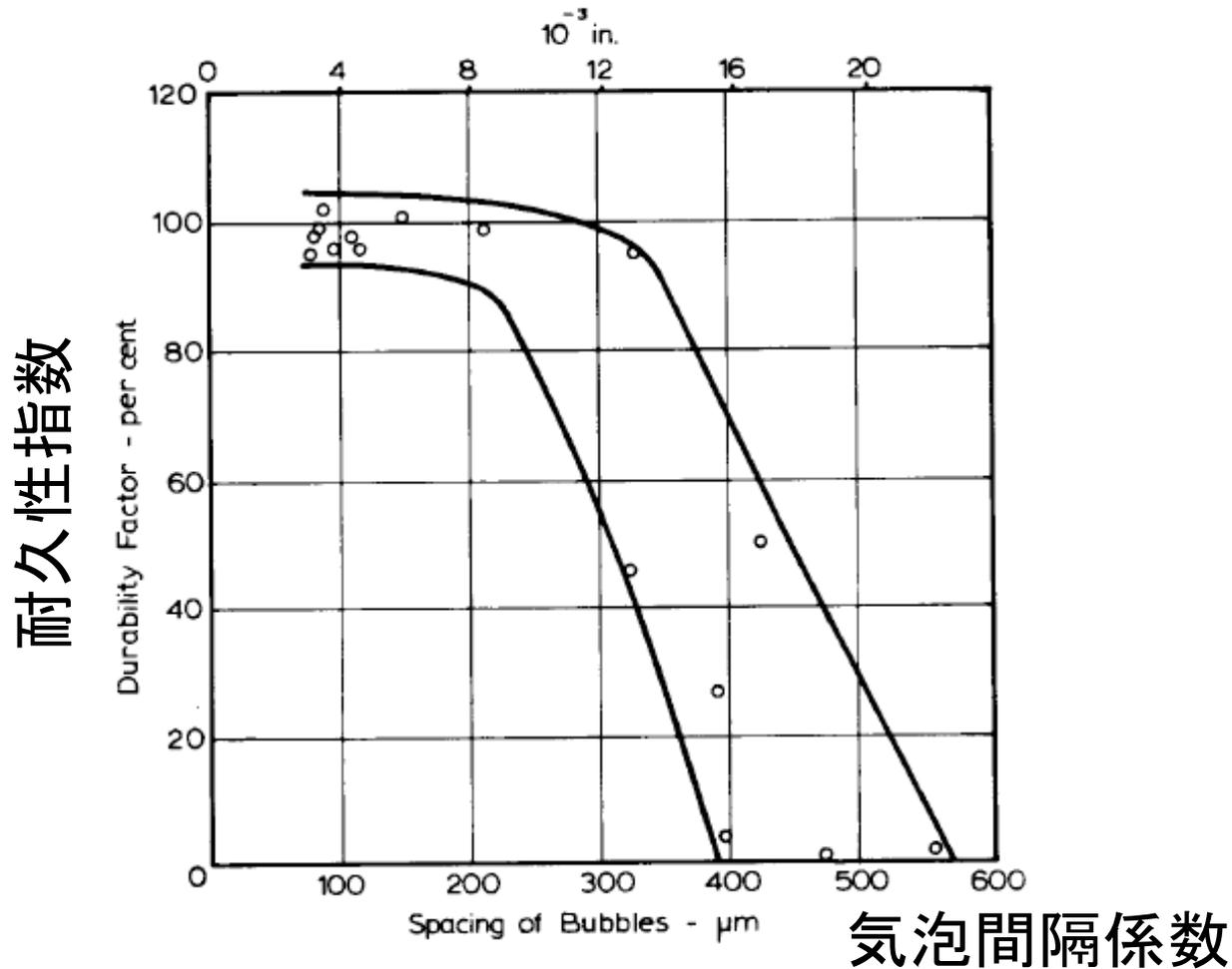


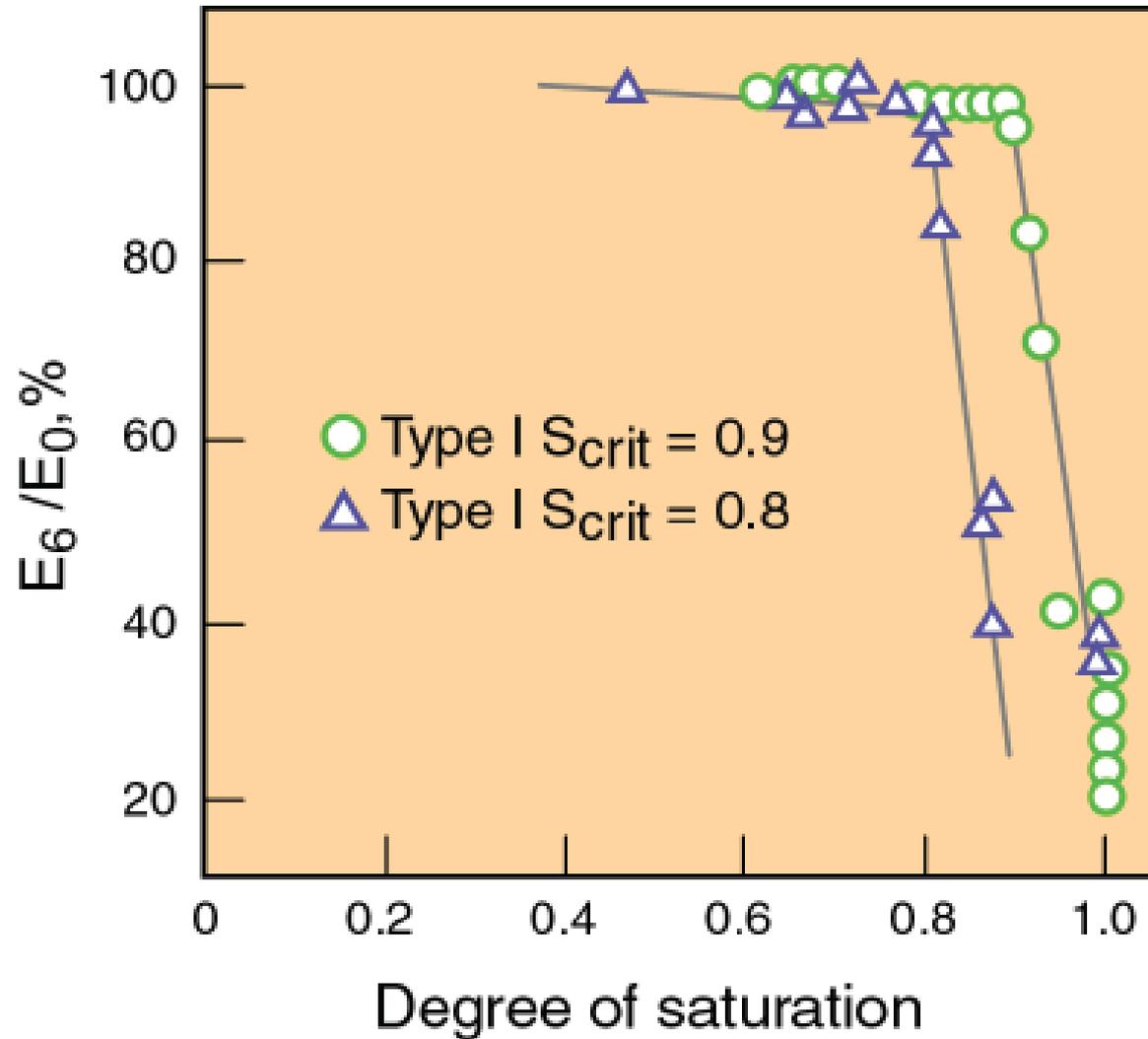
図-4.5.2.2 気泡間隔係数の定義[1]

気泡間隔係数と耐凍害性



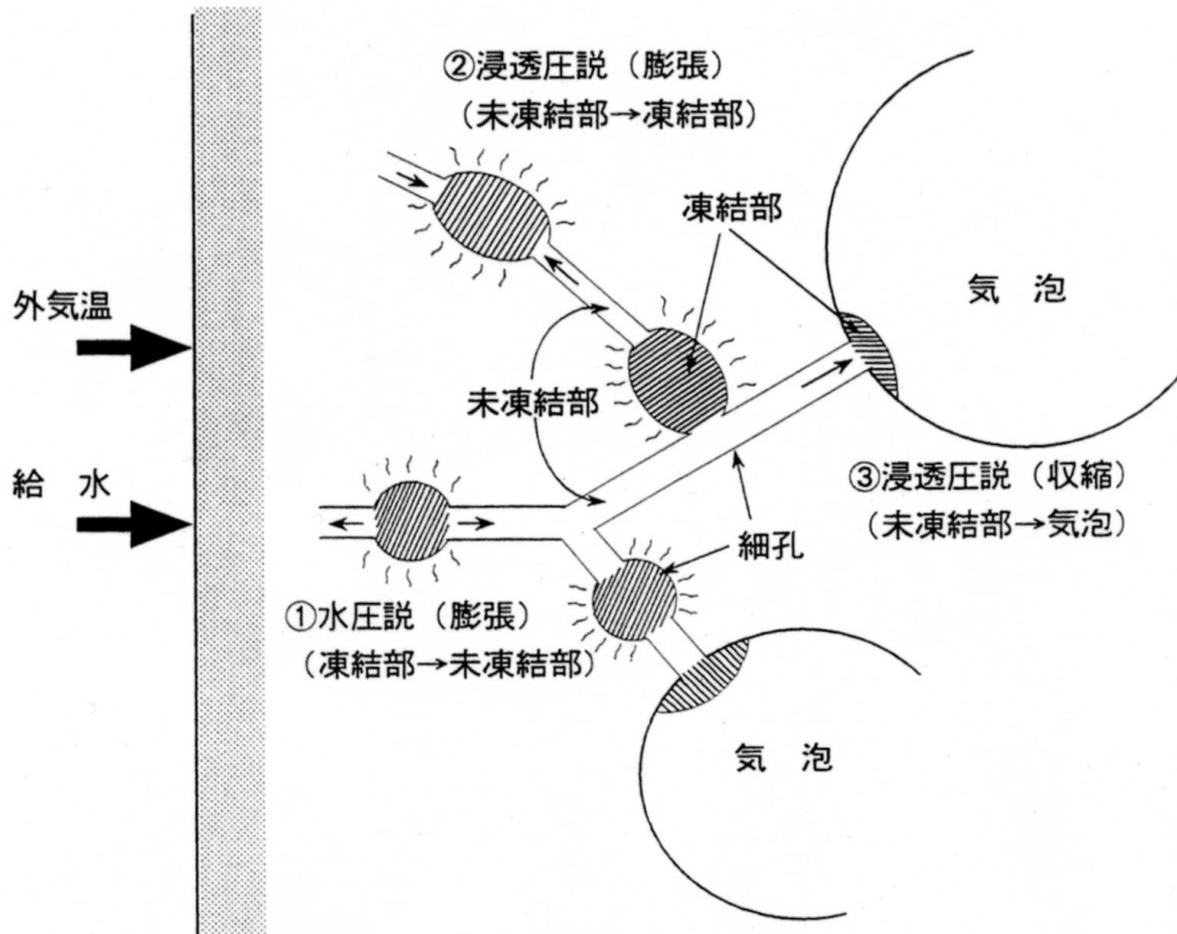
Relation between durability and spacing of bubbles of entrained air

飽和度と耐凍害性





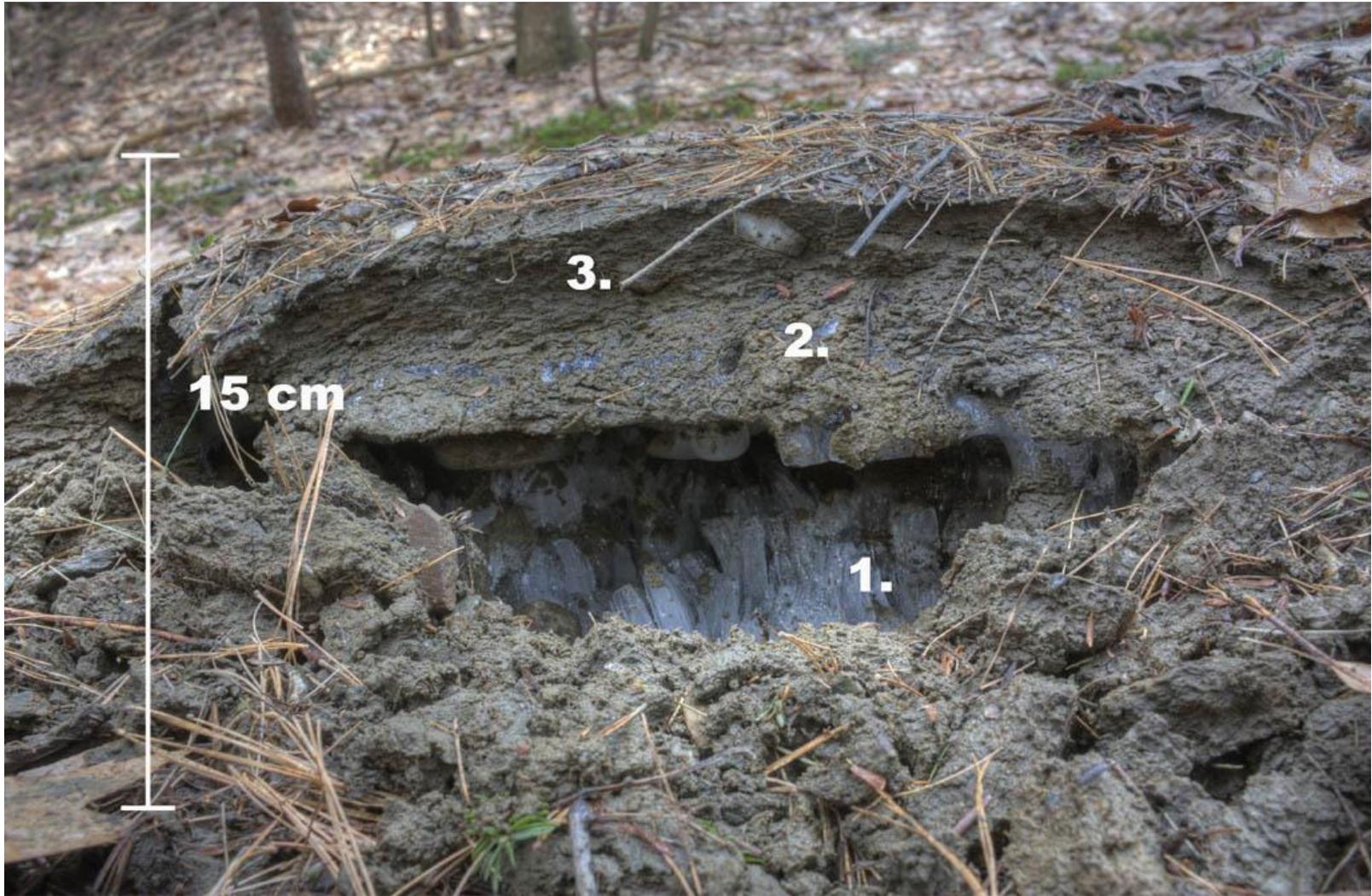
浸透圧説 (Powers 1956)



- ▶ 自由エネルギー
氷 < 水
- ▶ 毛管水が氷へ移動
⇒ ペーストの
膨張
- ▶ ゲル空隙から
毛細管空隙へ
⇒ ペーストの
収縮

凍結防止剤の影響はこの説の拡大解釈

氷晶生成説(Collins 1944)

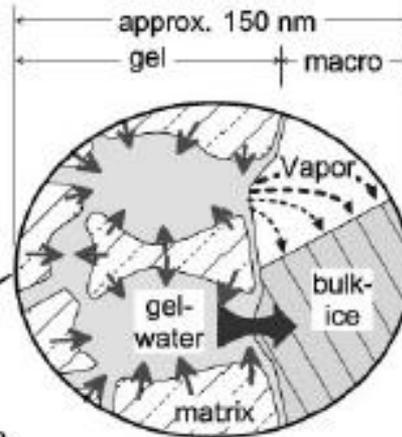
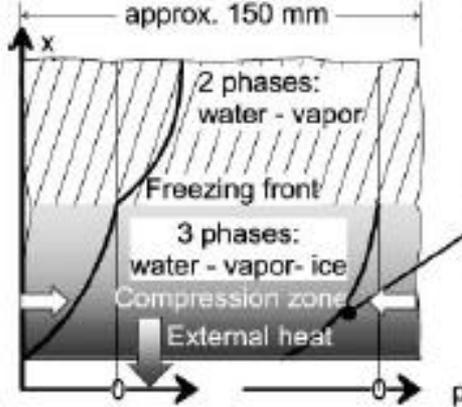


氷晶生成説(Stezer 2001) (マイクロアイスレンズ)

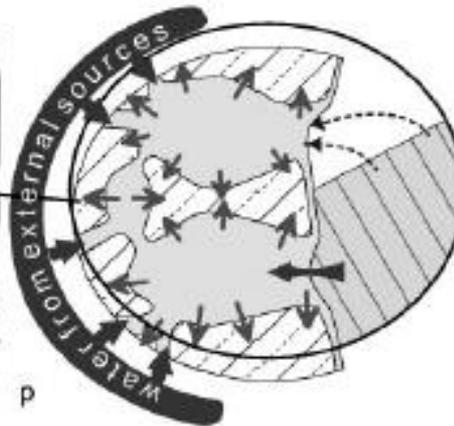
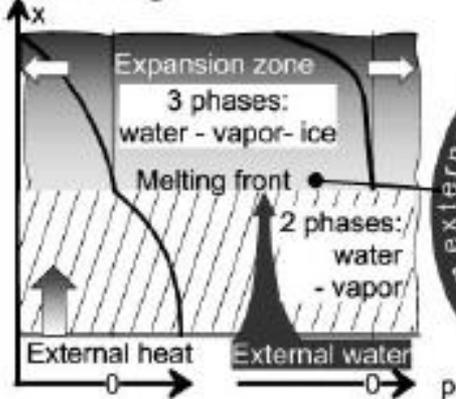
A: Macroscopic plot

B: Microscopic plot

I: Cooling



II: Heating



⇨ expansion / contraction
 ⇨ liquid water flow

→ pressure due to triple phase condition
 - - - internal vapor transpo

Micro-Ice-Lens Formation in Porous Solid¹

Max J. Setzer

Journal of Colloid and Interface Science 243, 193-201 (2001)

東北地整の品質・耐久性確保に向けた取組み

- ① 施工段階における適切な排水計画
 - ・新設橋の排水計画の手引き
- ② 施工段階における施工の基本事項の遵守によるコンクリート表層の密実性の向上
 - ・コンクリート構造物の品質確保の手引き(案)(橋脚、橋台、函渠、擁壁編)
 - ひび割れ抑制のための参考資料(案) 3月通知予定
 - ・コンクリート構造物の品質確保の手引き(案)(トンネル覆工コンクリート編)
- ③ 設計施工段階における凍害、塩害、ASR、床版砂利化に対抗できる高耐久PC上部工、高耐久RC床版の実現
 - ・高耐久PC桁設計施工のポイント(床版桁編)(T桁編)
 - ・設計・施工マニュアル(道路橋編)
 - ・凍結抑制剤散布化におけるRC床版の耐久性確保の手引き(案)
 - ・凍害抑制のための参考資料(案)

▶ 施策の紹介

より良い快適な道路を目指して、国はこんな施策に取り組んでいます。

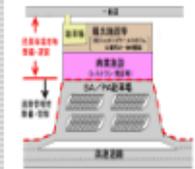
東北の高速道路

● 東北の高速道路



東北の高速道路に関する施策をご案内します。ハイウェイ情報プラザでは、高速道路のお得情報や開通情報も発信。

● 高速道路に便利施設などを連結する場合の許可申請手続き



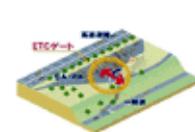
東北地方整備局が管理する高速道路に休憩所、給油所、商業施設、レクリエーション施設などを連結する場合の許可申請手続きに関する情報を公表しています。

● 救急車退出路の整備



救急患者を安静かつ迅速に搬送するために、高速道路と救急医療施設を直接結ぶ救急車専用通路です。

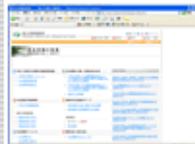
● SA・PAに接続するスマートIC



ETC専用のスマートインターチェンジに関する施策をご案内します。

社会実験

● 社会実験の推進（全国版）



道路施策の新しい進め方である「社会実験」についてご案内しています。

<http://www.thr.mlit.go.jp/road/sesaku/index.html>

東北の日本風景街道

● 東北地方の日本風景街道

道路協力団体制度

● 道路協力団体制度 NEW

事業関係者の皆さまへ

- [道路の占用](#)
- [道路管理用光ファイバーの民間開放について](#)
- [特車オンライン申請](#)
- [道路施設基本データ作成用資料](#)
- [塩害橋梁維持管理マニュアル\(案\)](#)
- [コンクリート構造物の品質確保の手引き\(案\)](#)
 - ・ [橋脚、橋台、函渠、擁壁編](#)
 - ・ [トンネル覆工コンクリート編](#)
- [新設橋の排水計画の手引き\(案\)](#)
- [東北地方の凍結抑制散布地域におけるプレテンション橋げた設計施工のポイント](#)
 - ・ [プレテンションスラブ橋げた編](#)
 - ・ [プレテンションけた橋げた編](#)
- [東北地方の凍結抑制散布地域におけるポストテンション橋げた施工のポイント](#)
- [鋼橋RC床版施工手順書](#)
- [ひび割れ抑制のための参考資料\(案\)](#)
 - ・ [橋脚、橋台、函渠、擁壁編](#)
 - ・ [\(巻末資料3\) 手引き－様式\(案\)](#)
- [東北地方における凍害対策に関する参考資料\(案\)](#)

コンクリート構造物の品質確保の手引き(案) (橋脚、橋台、函渠、擁壁編)

➤ 01本文(26頁)

➤ 02様式集(23頁)

用語の定義、調査結果のフォーマット

➤ 03記載例(23頁)

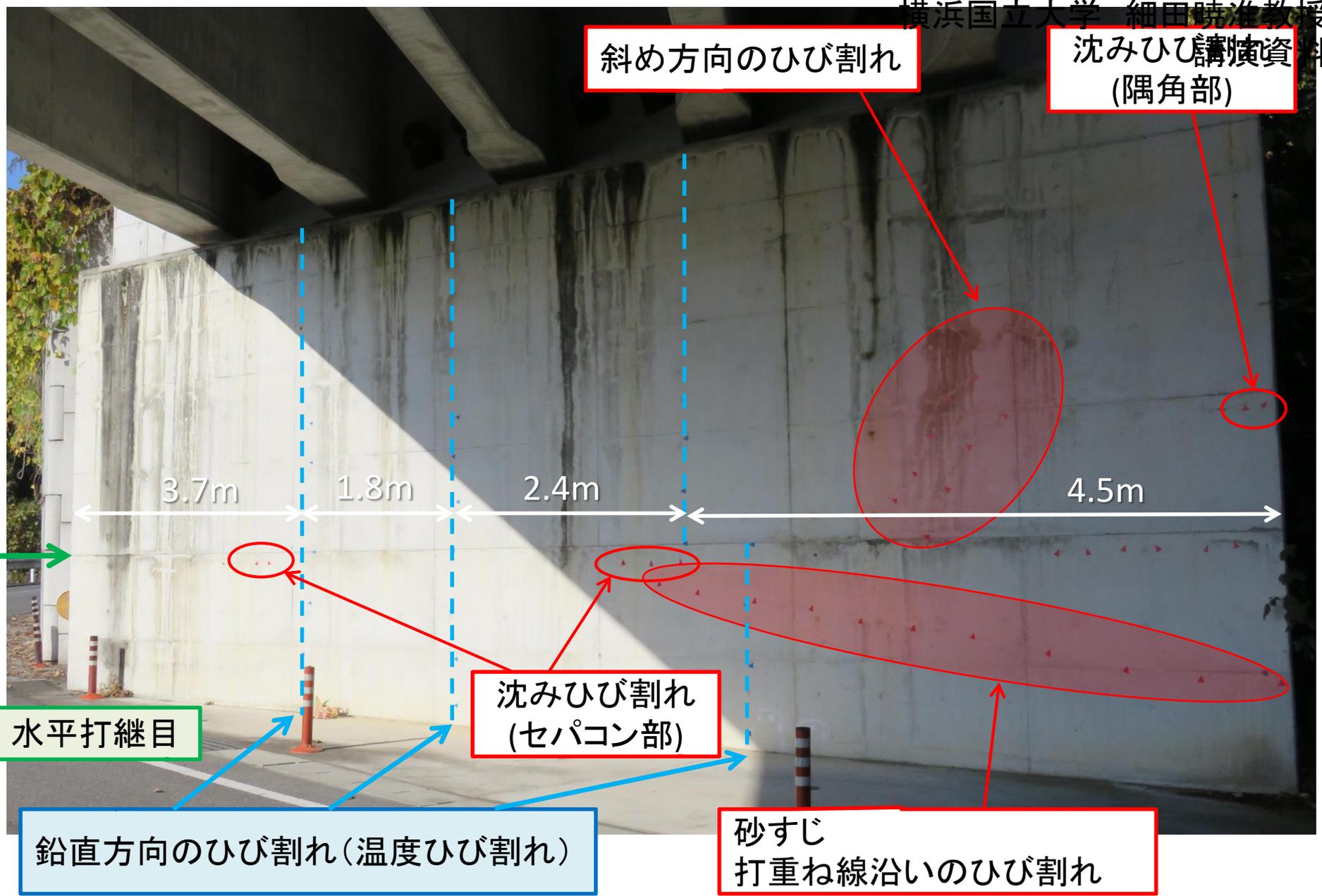
上記フォーマットへの記入例と資料

○2015年12月24日付けで承認

○業務の参考書的な位置付け

○東北地方整備局管内で今後取り組むものについてこの手引きを活用するよう通知

斜め方向のひび割れ



水平打継目

沈みひび割れ
(セパコン部)

鉛直方向のひび割れ(温度ひび割れ)

砂すじ
打重ね線沿いのひび割れ

山口県の新大谷橋A2のたて壁に発生したひび割れ

「ひび割れ抑制対策資料」

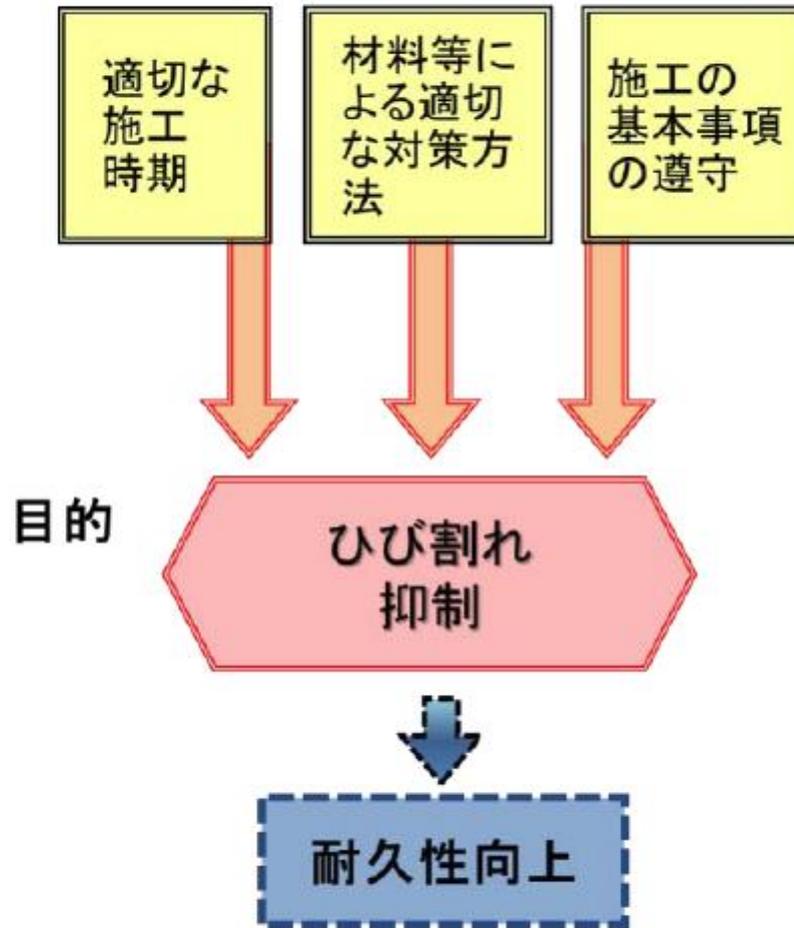


図1 「ひび割れ抑制対策」概念図

「品質確保ガイド」

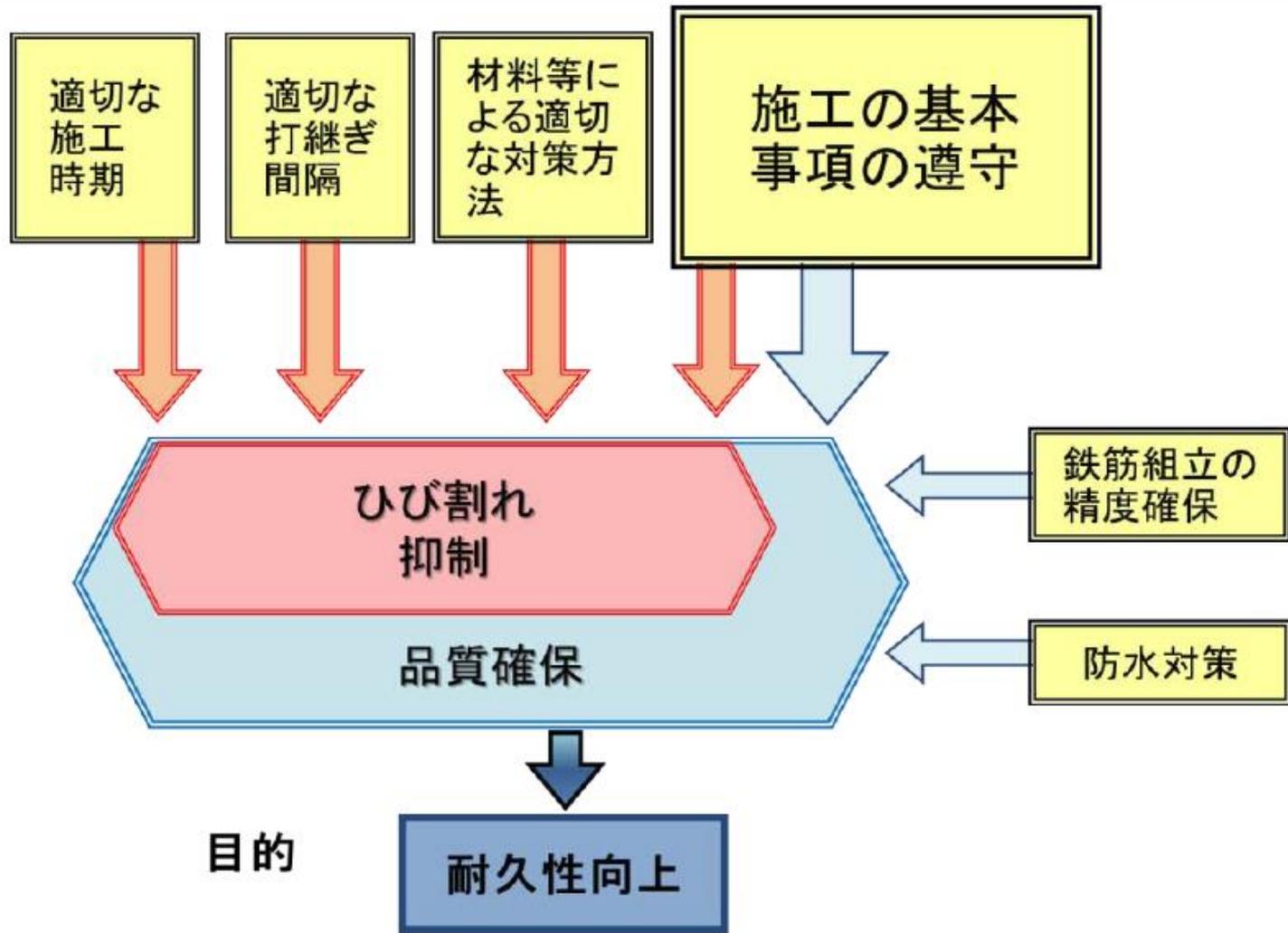
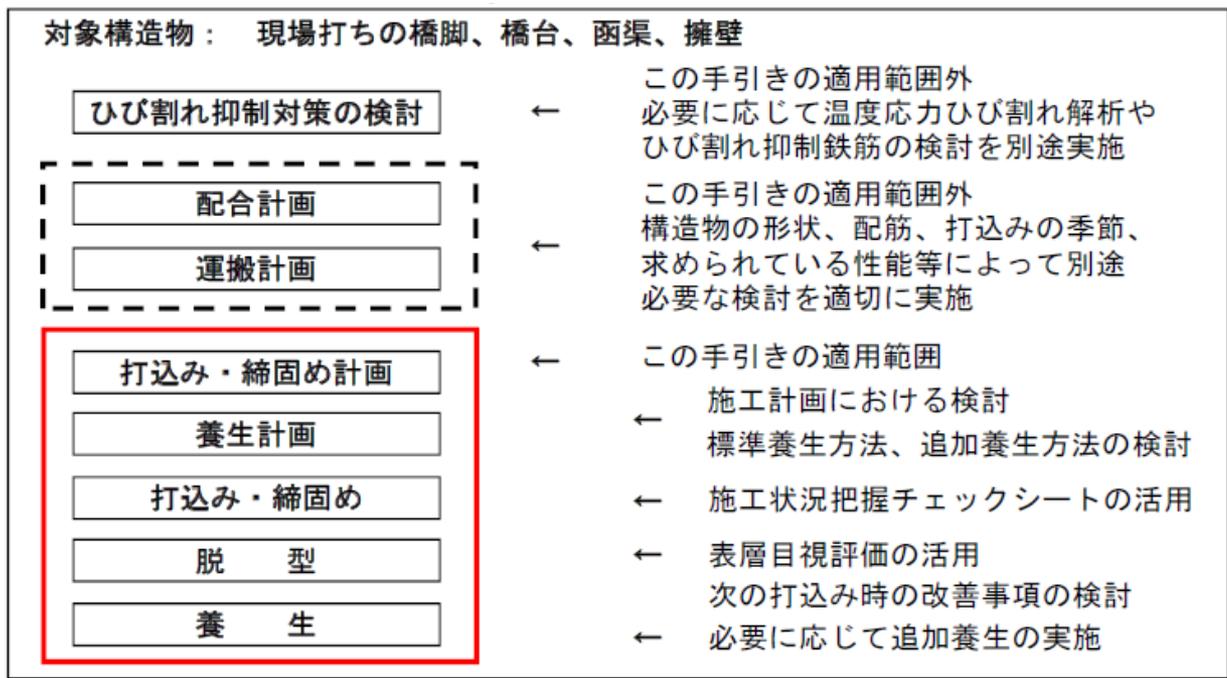


図2 「品質確保」概念図

2. 適用の範囲

この手引きは、現場打ちの橋脚、橋台、函渠及び擁壁を対象に、「**施工状況把握チェックシート**」と「**表層目視評価**」を活用して、コンクリート構造物の品質確保を図る試行工事の施工段階に適用する。

ただし、**温度応力ひび割れ**などの対策や、配合計画などについてはこの手引きの適用範囲外とする。



施工状況把握 チェックシート

事業者・出場所名	新南河川国道事務所 十和田国道維持出張所	工事名	上北大間林道路 〇〇橋下部工工事	区画	1
構造物名	〇〇橋 A1橋台	部位	フーチング	リフト	1
受注者	〇〇建設(株)	監督職員	建設監督官 〇〇		
配合	24-8-25B8	確認日時	2013/12/7 (土) 7:30~17:00		
打込み開始時刻	予定 8:00 実績 8:10	打込み開始気温	3℃	天候	曇りの晴
打込み終了時刻	予定 15:50 実績 17:20	打込み量 (m³)	254	リフト高 (m)	1.9
養生方法 ※保温・除熱の場合、下段に具体的な方法を記入	〇保温養生 □保温養生 ■給熱養生	コンクリート 温度の測定位置	型枠裏から10cm (複数ある場合は複数記入)		
養生日	2013/12/21 (土)	養生中の気温	商業()で0以上、30以下()で0以上		
		型枠後の養生	〇なし ■あり (保温・保護シート、14B等)		

出来映への影響 (表層目視確認項目)					
洗みひび割れ	表面気泡	打込み目	型枠目	型枠目	型枠目

監督者の監督行為の「把握」のツール 現場内の対話のツール(確認⇔把握)

例えば、事前打合わせ・事後振り返り

- ・改善の方向に導くきっかけ
- ・監督者の意識によって善にも悪にも

施工者の意識向上のツール

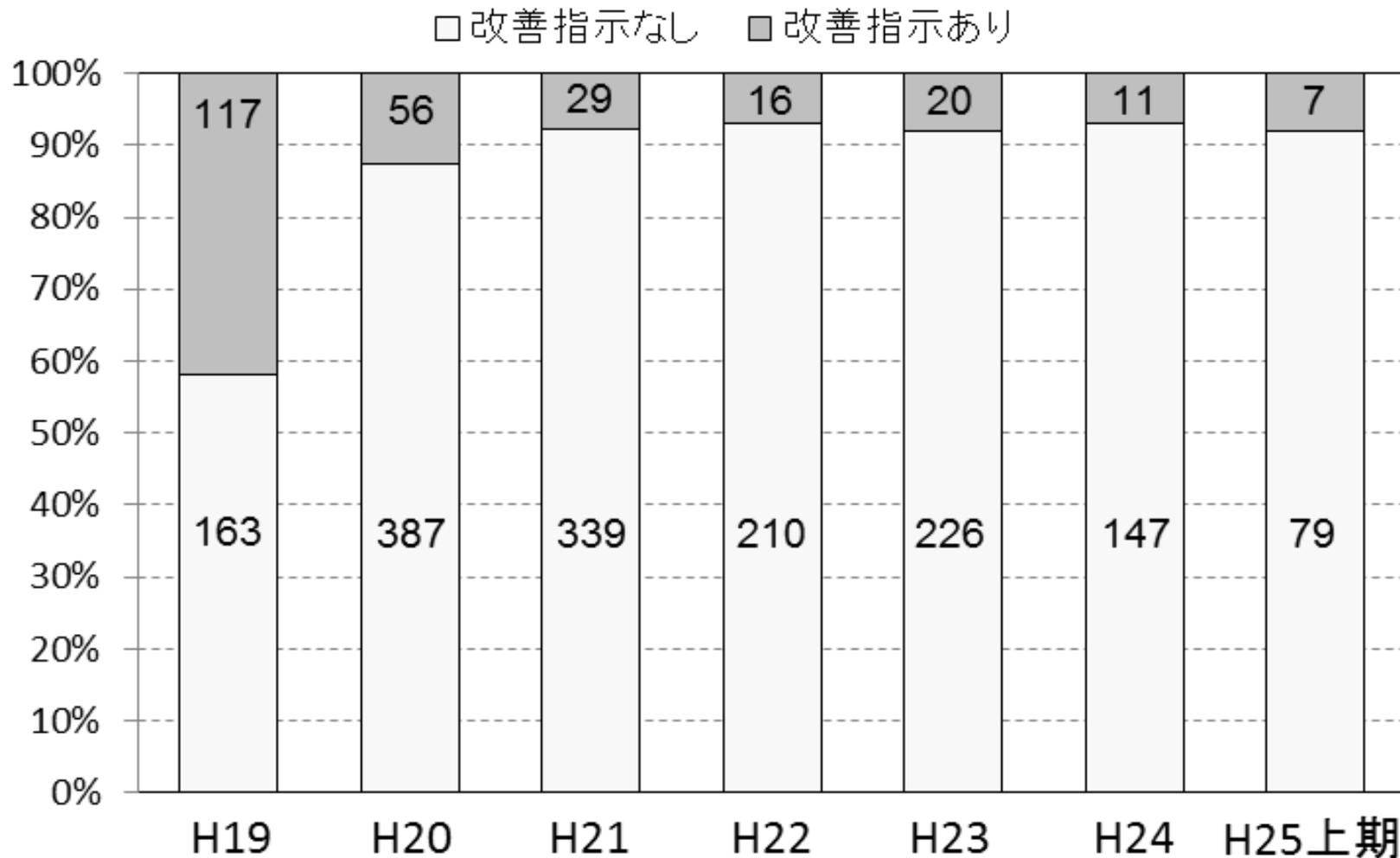
- 新たなやる気を醸成
- 初期品質確保のための有力な手段
- ただし目的ではない。

シート単独では品質保証にならない

確認項目	チェック項目	記録	確認	なぜ(それを)チェックするのか、解説付き(構造物下部工、面施工)	①	②	③	④	⑤	⑥
準備	1	補綴装置・打込み設備は汚れていないか。	—	〇	・泥などの異物が鉄筋に付着したり、型枠内部に落ちたりすると強度・耐久性・水密性が低下する。					
	2	型枠面は覆らせているか。 <u>「凍結の恐れがある場合はその限りではない。」</u>	—	〇	・コンクリートから型枠への吸水を防ぐ。(散水し水が、型枠に付着して凍ることを防ぐ。)					
	3	型枠内部に、木屑や結束線等の異物はないか。	—	〇	・木屑や結束線等の異物が構造物に混じることにより、強度・耐久性・水密性が低下する。					
	4	かぶり内に細鉄筋はないか。	—	〇	・練片や耐久性低下の原因となる。					
	5	硬化したコンクリートの表面のレスタンス等は取り除いているか。	—	〇	・水分不足による強度・耐久性・水密性が低下する。打込まれたコンクリートの水分が打継ぎの下層コンクリートへ吸収されないようにする。					
	6	<u>凍結防止のための凍結防止剤は使用しているか。</u> <u>また、打込み直前に取込んでおいているか。</u>	—	〇	〇	〇	〇			
	7	凍結防止剤等が本場が付着していないか。 <u>付着していても本場が乾き乾きしているか。</u>	—	〇	〇	〇				
	8	コンクリート打込み作業員(※)に余裕を持たせているか。	8人	〇	・必要な打込み能力、締固め能力が確保できない。	〇	〇	〇	〇	
	9	手間のバイブレータを準備しているか。	4台 1台	〇	・不適の事態に備え締固め能力を確保する。	〇	〇	〇	〇	
	10	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、必要に応じて準備しているか。	予備1台	〇	・不適の事態に備え締固め能力を確保する。	〇	〇	〇	〇	
	11	<u>打込み終了後型枠を破壊した場合は型枠に付着して、打込み直前に取除きされているか。</u>	—	〇	・各関係者の人が打込み作業を閉じた境界を確保する必要がある。また、雪面をいする場合には内部照明として併用できる。	〇	〇	〇	〇	
	12	<u>打込まれたコンクリートが外気温や風速によって急冷されない、型枠内に水蒸気が入り込まないよう対策を講じているか。</u>	—	〇	・コンクリートの温度低下(凍結・硬化の著しい遅延)や初期凍害、打込み段階での水分供給を防止する。					
	13	打放計画は、作業員に周知されているか。	—	〇	・施工の基本事項を全員が認識し、今日の打放で自分が何をすべきかを認識する。					
運搬	1	アンボクータトラックや輸送車の積載容量により、コンクリートの温度低下を抑制しているか。	—	〇	・コンクリートの温度低下を防止する。輸送中のモルタルが凍結して付着し、圧強度が低下する。					
	2	ポンプ車のホースを容易に投入できるよう積載量に注意しているか。	—	〇	・雪面等をしていない場合、再度に打込み作業を行うためには、ホース挿入位置の屋根を予め開けておく必要がある。これにより、打込み直前直後の温度を確保する。				〇	
	3	降り遅れてから打ち終わるまでの時間は適切であるか。	60分	〇	・運搬時間や打込み時間が長くなると、材料分離、温度上昇、スランプ低下や気量減少などが生じる。脆性が低下しコールドジョイントや早期凍害の発生リスクが増大する。 一方、打込み時間が短い場合は気量減少となる。	〇	〇	〇	〇	
打込み	1	ポンプや配管内部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講じているか。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。	—	〇	・圧送中にコンクリートの水分が吸収されないようにする。	〇	〇	〇	〇	
	2	鉄筋や型枠は濡れていないか。	—	〇	・濡れていると強度・耐久性・水密性が低下する。					
	3	<u>打込み直前のコンクリート温度は、5~20度(素材寸法より練砕)の範囲内に保たれているか。</u>	—	〇	・コンクリートの温度低下(凍結・硬化の著しい遅延)を防止する。 ・コンクリート温度が高いと脆性が低下する。また、コンクリートが乾燥しやすくなる。 ・気象条件が厳しい場合は、10℃程度を確保する。				〇	
	4	搬移動が必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。	—	〇	・材料分離を防止する。バイブレータによるコンクリートの横流しを防止する。				〇	〇
	5	コンクリートは、打込みが完了するまで連続して打込まれているか。	—	〇	・コールドジョイントが発生し、均質で一体のあるコンクリートとならない。					
	6	コンクリートの表面が水平になるように打込まれているか。	—	〇	・上下層を一体化する締固め作業が難しくなる。また、フリージング水も取りにくくなる。					
	7	一層の高さは、50cm以下としているか。	50cm	〇	・厚く打放すことと下の部分はバイブレードで十分な締固めができず、豆粒やコアジョイントの原因となる。	〇	〇	〇	〇	
	8	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。適切な打重む時間間隔となっているか。	—	〇	・コールドジョイントが発生し、上下層が一体化せず、均質で一体のあるコンクリートとならない。					〇
	9	ポンプ配管等の出から打込み面までの高さは、1.5m以下としているか。	約1.3m	〇	・材料分離を防ぎ豆粒の発生を防ぐ。衝撃による型枠・鉄筋・スプーサーの移動を防止する。	〇	〇	〇	〇	
	10	表面にブリーディング水がある場合は、これを取り除くしてからコンクリートを打込み始めるか。取除け人、場所、方法を定めているか。	—	※	・打抜き目や一体不足、鉄筋との付着不足、水密性の低下及び洗みひび割れが生じる原因となる。過度な打重ねを防止する。	〇	〇	〇	〇	
11	<u>打込み終了後、ただちにコンクリートの表面の過剰な材料を表面を掃き取り、型枠に上り、コンクリートの初期凍害を抑制しているか。</u>	—	〇	・打込まれたコンクリートの全ての部位の温度低下(凍結・硬化の著しい遅延)や初期凍害を防止する。 ・コンクリートが初期凍害を受けると、その後養生を続けても強度の増強が少ない。	〇	〇	〇	〇		
締固め	1	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。	—	〇	・上下層を一体化し、コアジョイントの発生を防止する。	〇	〇	〇	〇	
	2	バイブレータを約45秒挿入し、挿入間隔は50cm以下としているか。	—	〇	・バイブレータの挿入深さの把握が難しくなる。締固め不足や材料の層を起さない。	〇	〇	〇	〇	
	3	バイブレータの振動時間は15~15秒としているか。	—	〇	・締固め不足を防止する。表面気泡を防止する。上下層を一体化する。	〇	〇	〇	〇	
	4	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。	—	〇	・鉄筋とコアジョイントの付着を低下させる。締固め作業の効率を低下する。	〇	〇	〇	〇	
	5	表面付近に対して、後述の仕上げバイブレータが丁寧に施されているか。	—	〇	・表面付近の上下層を一体化し、過度な打重ねやコアジョイントの発生を防止する。粗大な表面気泡を低減する。	〇	〇	〇	〇	
	6	バイブレータでコンクリートを横移動させていないか。	—	〇	・材料分離を防止する。	〇	〇	〇	〇	
	7	バイブレータは、穴が壊れないように徐々に引き抜いているか。	—	〇	・空腔が生じることが防ぐ。締固めが粗くなることを防ぐ。	〇	〇	〇	〇	
養生	1	硬化を始めるまでに乾燥するおそれがある場合は、シートなどで日上げや風上げを設けているか。	—	〇	・コンクリートの十分な強度や耐久性を確保し、湿度ひび割れや乾燥収縮によるひび割れを防止する。					
	2	コンクリートの露出面を保護状態に保っているか。	—	〇						
	3	<u>コンクリートに接触する場合は、コンクリートが急激に乾燥するシートや膜材は、接触したときに剥がれやすいようにしているか。</u>	—	〇	・コンクリートの表面の急な乾燥は、水分の蒸発が促進されひび割れの原因となる。 ・局所的な加熱は、コンクリート各部の温度差が大きくなりひび割れが生じる恐れがある。 ・乾燥養生を行う場合は、季節や気象条件に応じて、表面の温度をなるべく均一な温度となるよう管理する。					〇
	4	<u>初期凍害を防止できる厚さの養生材を貼るまでのコンクリート温度(打込み直後)は、5℃以下に保たれているか。</u>	5日間	〇	・コンクリートが初期凍害を受けると、その後養生を続けても強度の増強が少ない。 ・寒さが厳しい場合は、10℃程度を望ましい。 ・コンクリート温度を計測・監視するをよい。					
	5	保護状態を保つ期間は適切であるか。	7日間	〇	・コンクリートの十分な強度や耐久性を確保し、湿度ひび割れや乾燥収縮によるひび割れを防止する。					
変更事項等	1	保護養生または給熱養生が終了する際にコンクリート温度を急激に低下させないか。	—	〇	・過剰な急冷(コンクリートを急冷)にさらすと、表面ひび割れが生じる場合がある。 ・給熱養生の終了と型枠撤去の原則となるので十分に実施しない。 ・初期凍害を防止できる強度が得られた後も、コンクリートの急冷を防ぐために、その後2週間コンクリート温度を0℃以上にする。					〇
	2	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直後であるか。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。	—	〇	・型枠後、コンクリート表面が急激な温度低下で乾燥にさらされると乾燥ひび割れが生じる。 ・鋼製型枠を使用している場合は、外気温の急激な変化の影響を受けやすいので保温に十分注意する。					〇
	3	※1 冬期施工のためのブリーディングが多く発生していることから、計画より作業時間を短縮している。円滑な作業のためブリーディングの抑制策を検討することとした。	—	〇						

※コンクリート打込み作業員・・・コンクリートの打込み・締固め作業時の人員のうち、直接作業に携わっている作業員を指す。

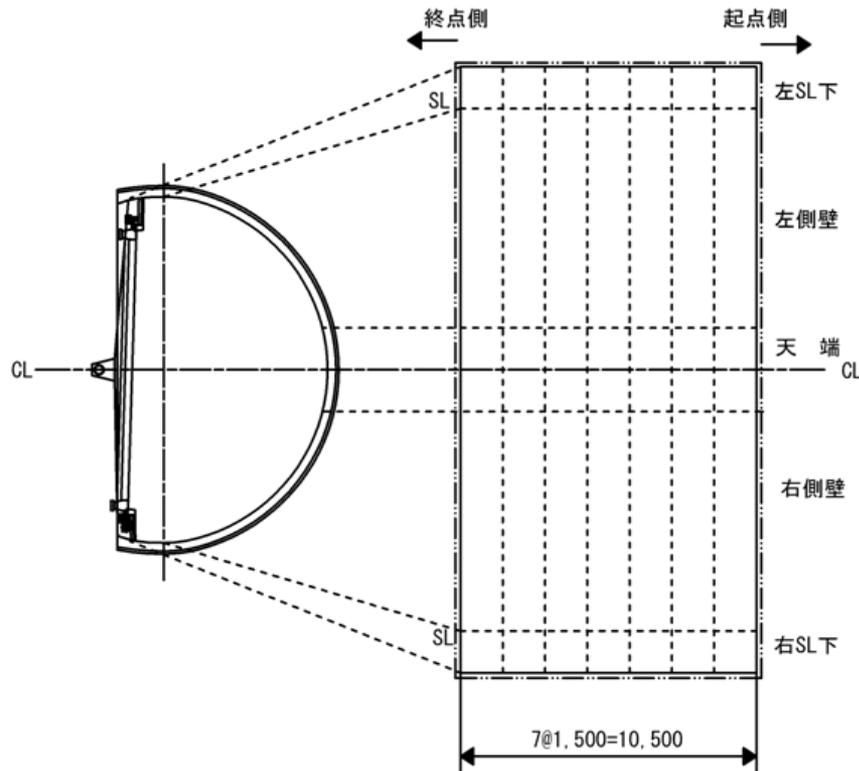
施工状況把握チェックシートの改善指示件数 (山口県)



目視評価法の概要

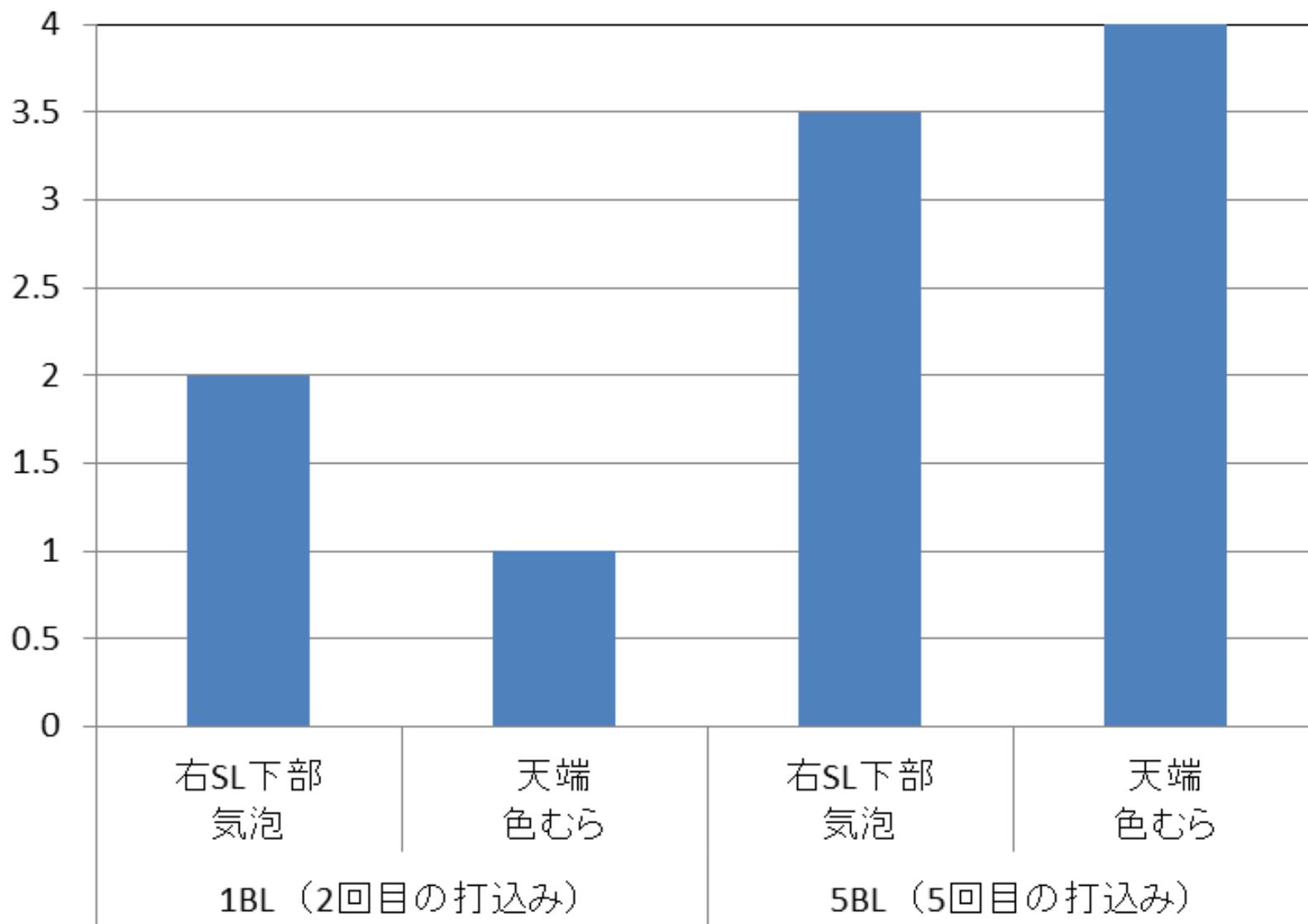
コンクリート表層の不具合を、項目に分け、4段階評価

剥離, 表面気泡, 水はしり・砂すじ, 色むら・打重ね線, 施工目地不良, 型枠窓枠段差等



調査時期	脱型直後から初期養生終了後にかけて実施				
調査方法	・近接できない範囲は、覆工センターから照明を当てながら観察				
	評価点	4	3	2	1
① 剥離		無し	50cm四方程度の大きさで見られる	1m ² 程度の大きさで見られる	2点の状態以上に広範囲に見られる
② 気泡 (1.5m x 1.0m範囲で調査)		5mm以下の気泡がほぼ無し	5mm程度の気泡が10ヶ程度見られる	10mm以上が10ヶ程度または5mm以下が20ヶ程度見られる	10mm以上が20ヶ程度見られる
③ 水はしり・砂すじ		無し	一部に見られる (全体の1/10程度)	やや多く見られる (全体の1/3程度)	2点の状態以上に広範囲に見られる
④ 色むら、打重ね線		ほぼ無し	一部に見られる (全体の1/10程度)	全体の半分程度にみられる	2点の状態以上に広範囲に見られる
⑤ 施工目地不良		無し	一部に見られる (1/10程度)	多く見られる (1/3程度)	側壁全てに見られる (天端に見られたら1)
⑥ 検査窓枠段差		無し	1箇所程度見られる	2~3箇所見られる	3箇所を越える箇所が発生

田老第六トンネル



提供: 横浜国立大学准教授 細田暁氏



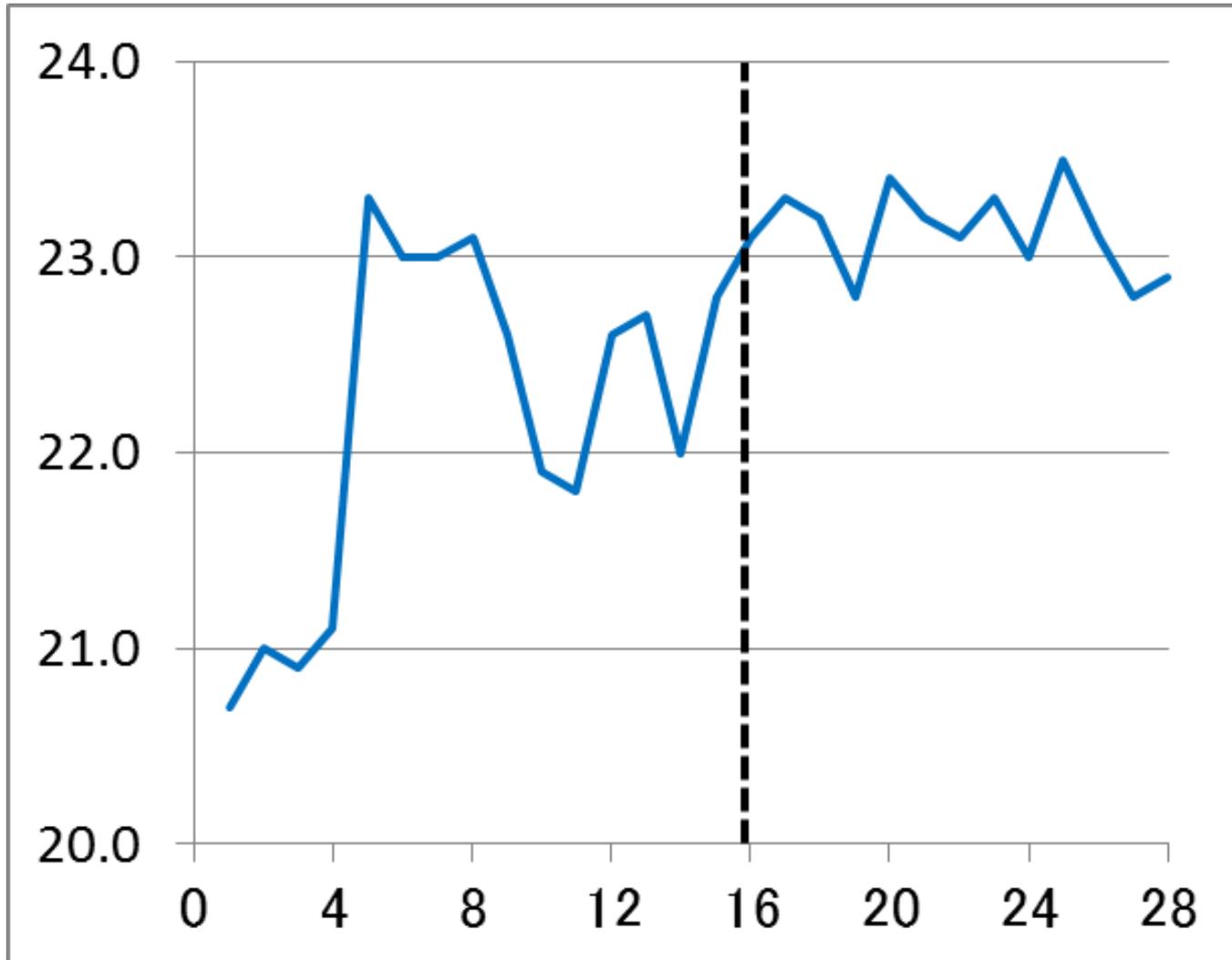
提供: 横浜国立大学准教授 細田暁氏

2014.1.31 撮影



提供: 横浜国立大学准教授 細田暁氏

田老第六トンネル



提供: 横浜国立大学准教授 細田暁氏

東北地方における凍害対策の参考資料(案) の概要

- | | |
|--------------------------------|-------|
| 1. 目的及び適用の範囲 | 3-9 |
| 2. 凍害対策を行う地域と凍害対策の種別 | 10-15 |
| 3. 凍害対策の種別と内容 | 16-18 |
| 4. 施工上の留意事項 | 19-32 |
| 5. 記録と保存 | 33-34 |
| 種別Sの凍害対策用コンクリートの
配合検討フロー(案) | 35-36 |

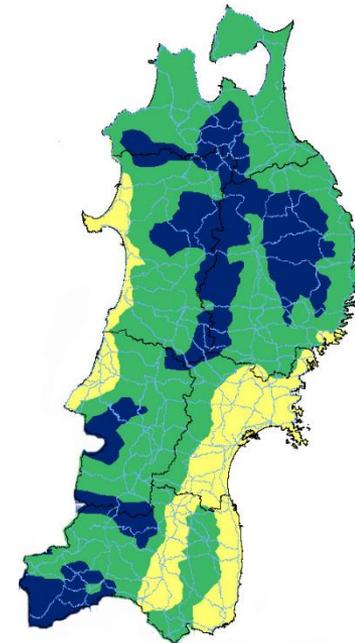
1. 目的及び適用の範囲

- 1)この参考資料は、東北地方のコンクリート構造物のうち、特に凍結抑制剤が散布される環境下における凍害(スケーリング)を防止することを目的とする。
- 2)この参考資料は、東北地方整備局が整備する新設する現場打ちのコンクリート構造物に適用する。ただし、必要に応じて工場製品に準用することができる。
- 3)凍害対策に必要な費用は、必要に応じて発注者が負担するものとする。
- 4)この参考資料で定める凍害対策は、当面実施する暫定的なものであり、新たな知見等が得られた場合には、適宜見直すものとする。

2. 凍害対策を行う地域と 凍害対策の種別

- 1) 凍害対策を行う地域は冬期間（12月、1月、2月）の**日平均気温に基づいて設定された凍害区分**によって定めるものとする。
- 2) 凍害対策の種別は**凍害区分（冬期間の日平均気温）と凍結防止剤の散布量を踏まえて発注段階**において定めることを基本とする。

凍害区分3	■
(12,1,2月日平均 -3°C 未満)	
凍害区分2	■
($-3^{\circ}\text{C}\sim 0^{\circ}\text{C}$)	
凍害区分1	■
(0°C 以上)	



2.凍害対策を行う地域と 凍害対策の種別

- 1) 凍害対策を行う地域は冬期間（12月、1月、2月）の**日平均気温に基づいて設定された凍害区分**によって定めるものとする。
- 2) 凍害対策の種別は**凍害区分（冬期間の日平均気温）と凍結防止剤の散布量を踏まえて発注段階**において定めることを基本とする。

	凍結防止剤 20t/km以上	凍結防止剤 20t/km未満	凍結防止剤 ほとんどなし
凍害区分3 (12,1,2月日平均-3°C未満)	S	A	A
凍害区分2 (-3°C~0°C)	A	A	A
凍害区分1 (0°C以上)	A	A	B

3. 凍害対策の種別と内容

- 1) **種別 A** の凍害対策は、JIS A 5308に規定された空気量の範囲を適用し、**コンクリートの荷卸し時の目標空気量が5%程度**となるようにコンクリートの空気量の制御に努めるものとする。
- 2) **種別 S** の凍害対策は、JIS A 5308に規定された空気量の範囲の適用を除外し、**荷卸し時の目標空気量が6%程度およびコンクリートの水結合材比 (W/B) が45%以下**とすることを**基本**とする。ただしコンクリートの水結合材比を45%以下とすることによって、**有害なひび割れの発生が懸念され、その対策が難しい場合には、目標空気量を7%程度**となるようにコンクリートの配合を定めることができる。なお、いずれの対策を行う場合でも学識経験者の技術支援を受けるものとする。

3. 凍害対策の種別と内容

種別	凍害環境	対策
S	特に厳しい	目標空気量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	目標空気量5%(4.5～6%) (JISの空気量の範囲)
B	一般	目標空気量4.5±1.5% (JISの空気量の範囲)
C	凍害のない	凍害対策として空気量を制御する必要なし

4. 施工上の留意事項

- 1) 施工計画立案前に凍害対策の必要性、対策の内容等について関係者と共有し、適切に凍害対策が行えるように努めるものとする。
- 2) 凍害対策の種別に応じて、配合を適切に定めるとともに、硬化後のコンクリートに必要な質と量の空気が確保されるように、荷卸し時の目標空気量を適切に定めなければならない。
- 3) 凍害対策の種別に応じて、目標空気量の上下限值、空気量の測定頻度等を適切に定めなければならない。
- 4) 施工の基本事項を遵守し、施工由来の不具合が発生しないように努めるとともに、凍害対策が適切に行えるように施工計画を立案するものとする。

5. 記録と保存

将来、環境条件、施工条件と凍害対策の効果の関係を分析可能とするために、必要なデータを工事の完成書類の一部として記録・保存するものとする。

種別 A の凍害対策のうちポンプ圧送の高さが20mを超える場合
種別 S の凍害対策を行う工事

○凍結融解試験の記録

○硬化コンクリート中の空気量に関する記録

・リニアトラバース法

またはこれに準じる試験に関する記録

○空気の損失量に関する記録

○必要に応じて実施したその他の試験等に関する記録

参考資料(案)の今後の課題

「東北地方における凍害対策に関する参考資料（案）」は、多くのコンクリート構造物を建設する復興道路等へ**早期に適用するため暫定的に定めた**ものである。

したがって、当面検証・改善が必要な事項と将来的に目指すべき方向の二つに分けて今後の課題を述べる。

5.5.1 当面検証・改善が必要な事項

5.5.2 将来的に目指すべき方向

当面検証・改善が必要な事項

(1) 凍害対策の種別の決定時期について

凍害対策の種別の決定

【現在】工事の発注段階で行う

⇒既に設計が完了している復興道路等に適用することを前提としているため、工事の発注段階で決定することにしたものである。

【今後】本来設計段階で行われるべき

このような変更を行った上で、工事の発注段階で行うのは設計段階で定められた凍害対策の種別に応じて、実際に使用する配合の検討となるようにすべきである。

当面検証・改善が必要な事項

(2) 対策種別Sの範囲について

【対策種別Sの範囲】

凍害区分3でかつ凍結防止剤の散布量が20t/km以上の地域

【課題】

対策種別Aの地域でも比較的寒冷的な地域 } 劣化の状況を把握
対策種別Sに隣接する地域 }

構造物の凍害実態調査を行い、劣化状況に応じて、対策種別SやAの地域の見直しが必要か否か再度検討する必要がある。

当面検証・改善が必要な事項

(3) 水結合材比の低減について

対策種別 S

目標空気量を6%程度かつ水結合材比45%以下を基本

水結合材比を45%以下圧縮強度は概ね40N/mm²以上

設計強度より大きなコンクリート強度（コストアップ）

【凍害対策として水結合材比を低減する意味の理解】

凍害：コンクリート内部の水が凍結融解を繰り返すことにより劣化が進行する現象

コンクリートが毛細管空隙に多くの水が存在 ⇒ 弱点

①緻密性を確保する（空隙を低減）

②硬化後の空気量の確保

当面検証・改善が必要な事項

(4) 施工中の空気量のロスについて

ポンプ圧送高さ20m⇒圧送による空気量のロスを考慮済み
ポンプ圧送高さ40m程度までは、損失の程度を把握しておく

(5) データベースの構築

工事図書には保存期間がある

工事図書 ⇒ 品質確保の結果やひび割れ抑制対策,
高耐久化対策などと一緒にデータベース化

将来的に目指すべき方向

将来的には、対策種別 A の耐凍害コンクリート、対策種別 S の耐凍害コンクリートの標準化を図り、

必要な凍害対策の費用は発注者が負担した上で、

現在努力目標となっている対策種別 A の空気量を対策種別 S と同様に空気量の管理幅を設定し、

受け入れ検査時の空気量管理を厳格化して、凍害対策を確実なもとする必要がある。

日本コンクリート工学会東北支部 二種専門研究委員会 「東北地方のコンクリート構造物の品質・耐久性確保に 関する調査研究委員会」

目的: 東日本大震災後のコンクリート構造物の品質確保に向けた
ソフト・ハード面の取組みのアーカイブ

委員長: 佐藤 和徳 (日本大学)

幹事長: 小山田 哲也 (岩手大学)

幹事: 子田 康弘 (日本大学), 迫井 裕樹 (八戸工業大学)

委員: 阿波 稔 (八戸工業大学)

飯土井 剛 ((株)復建技術コンサルタント)

音道 薫 (上北建設(株))

小山田 桂夫 (東北地方整備局道路部)

権代 由範 (仙台高等専門学校)

高橋 良輔 (秋田大学)

武田 三弘 (東北学院大学)

田口 和弘 (東北地方整備局東北技術事務所)

鶴岡 俊明 ((株)日本ピーエス)

西脇 智哉 (東北大学)

三田 透 (鹿島建設(株))

三井 功如 (西松建設(株))

前田 豊 (高田機工株式会社仙台営業所)