

必要な性能を確保する ～東北地整の耐久性確保の取り組み～

平成29年8月31日

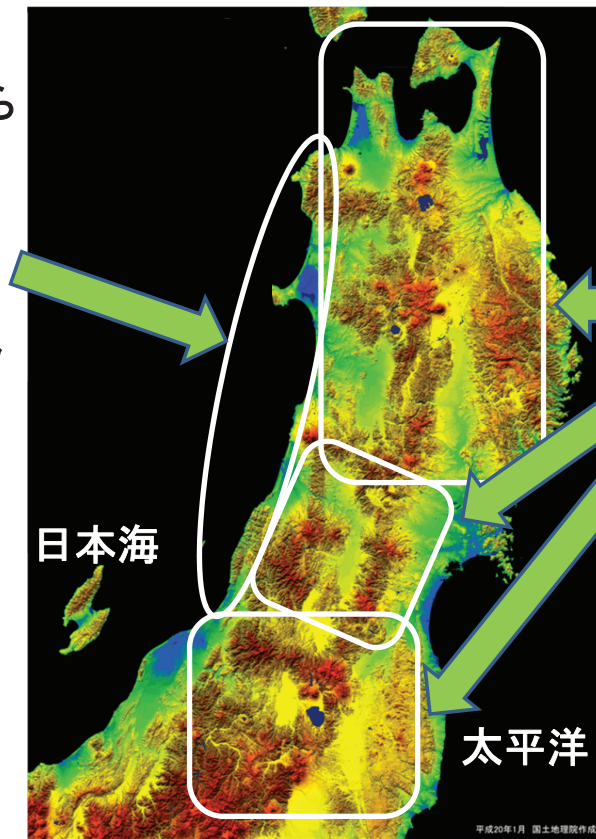
元 国土交通省東北地方整備局
佐藤 和徳

本日のプレゼンテーション

1. 東北地方の地形と気象
2. 厳しい気象環境、供用環境
3. 劣化の実態
4. 東北地方のコンクリート道路橋の
改善すべき事項や達成すべき性能
5. 対策の実例
6. 全国標準から地域標準へ
(全国一律の基準から
地域の劣化特性に適合した基準へ)

1. 東北地方の地形と気象

冬期に日本海からの季節風による飛来塩分の影響が強い地域
飛来塩分による塩害の発生リスクが高い地域



山岳・内陸地形の影響で積雪・寒冷の影響が強い地域
凍害、凍結防止剤による塩害、塩分環境下のASRの発生リスクが高い地域

凍結防止剤の散布状況 (写真提供 東北地方整備局)



散布車の後方から塩分を主成分とする凍結防止剤を散布

2. 厳しい気象環境、 供用環境

○平均散布量は
約10トン／km／年

○峠部及び日本海側では
30トン／km／年 超

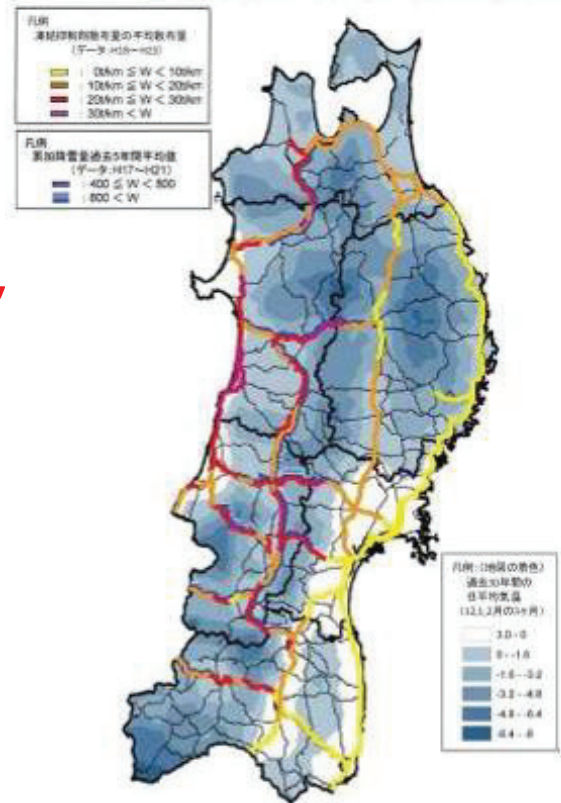
○H5スパイクタイヤ禁止以降に
散布量は増加

○凍結しやすい橋梁部は
重点散布区間

○凍結防止剤による塩害と
積雪・寒冷による凍害が発生

○橋梁など構造物には過酷な環境

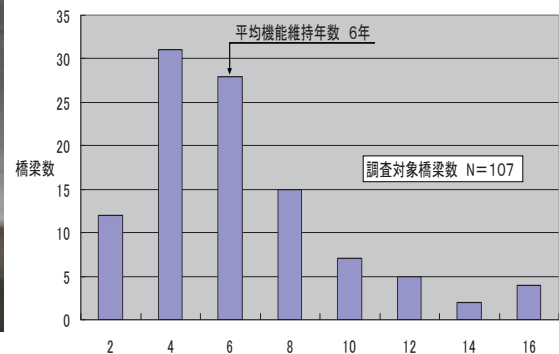
【除雪工区毎の凍結抑制剤散布量の整理(H18～H23の平均散布量)】



3. 劣化の実態(路面排水の影響)



伸縮装置の非排水機能は
平均6年で喪失
桁端部の塩害の補修が困難



伸縮装置の遊間から光が差している。非排水機能が喪失。
路面排水には塩分を主成分とする凍結防止剤が混入して
いるため、PC桁の端部に塩害が発生。

劣化の実態(路面排水の影響)



スラブドレーンの流末水で排水管が腐食



排水柵周辺からの漏水

劣化の実態(表層品質の影響)



沈みひび割れ



打重ね線



表面気泡



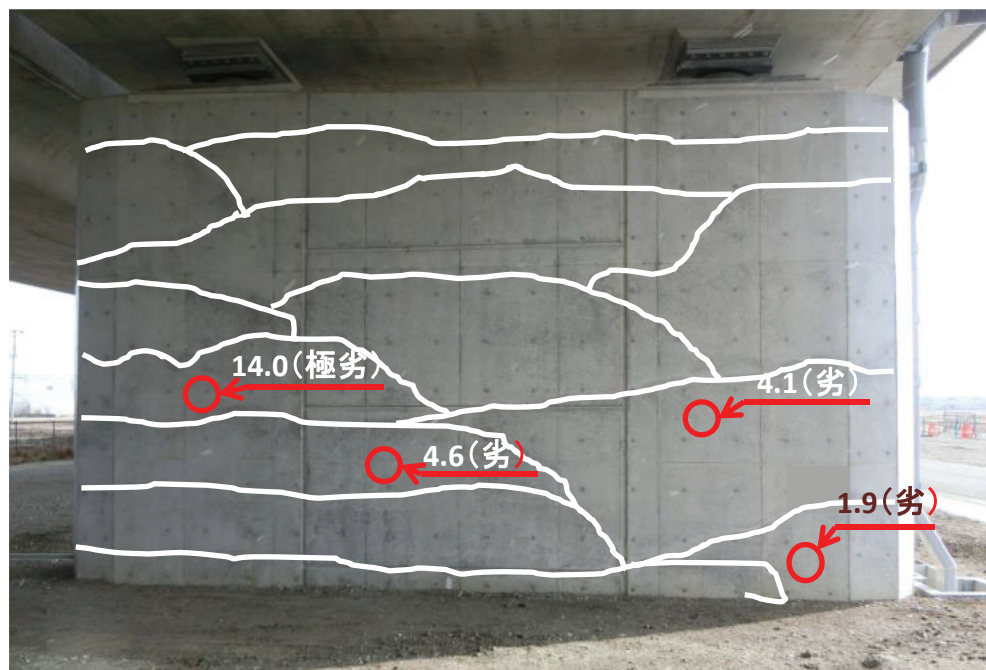
型枠継目のノロ漏れ

施工中に生じる不具合のために、塩分混じりの水が浸透しやすい表層品質となっている。

劣化の実態（表層品質の影響）

（データ提供：東北技術事務所）

補修は必要なくとも、打込み・締固めの程度が場所によって異なるので、透気係数はばらつく



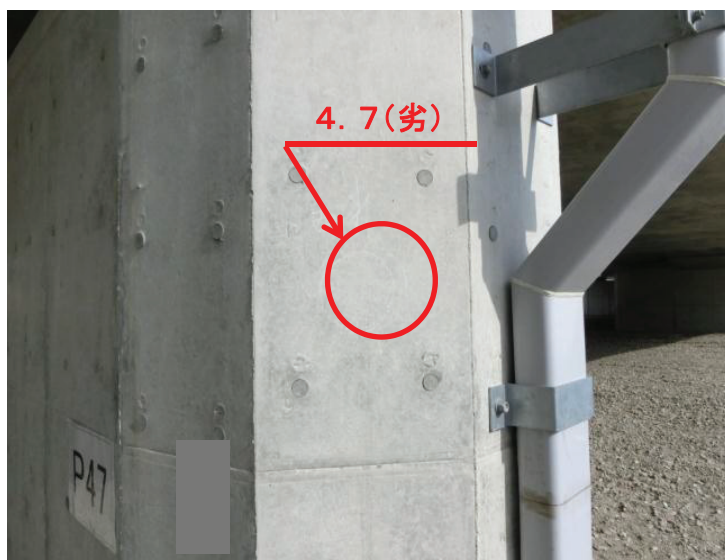
コンクリートの強度等 よび強度 24N/mm² スランプ 12cm 高炉B種 水セメント

	優	良	一般	劣	極劣
透気係数 KT (×10 ⁻¹⁶ m ²)	0.001~0.01	0.01~0.1	0.1~1	1~10	10~100

劣化の実態（養生の影響）

表面微細ひび割れのある橋脚の透気係数

（データ提供：東北技術事務所）

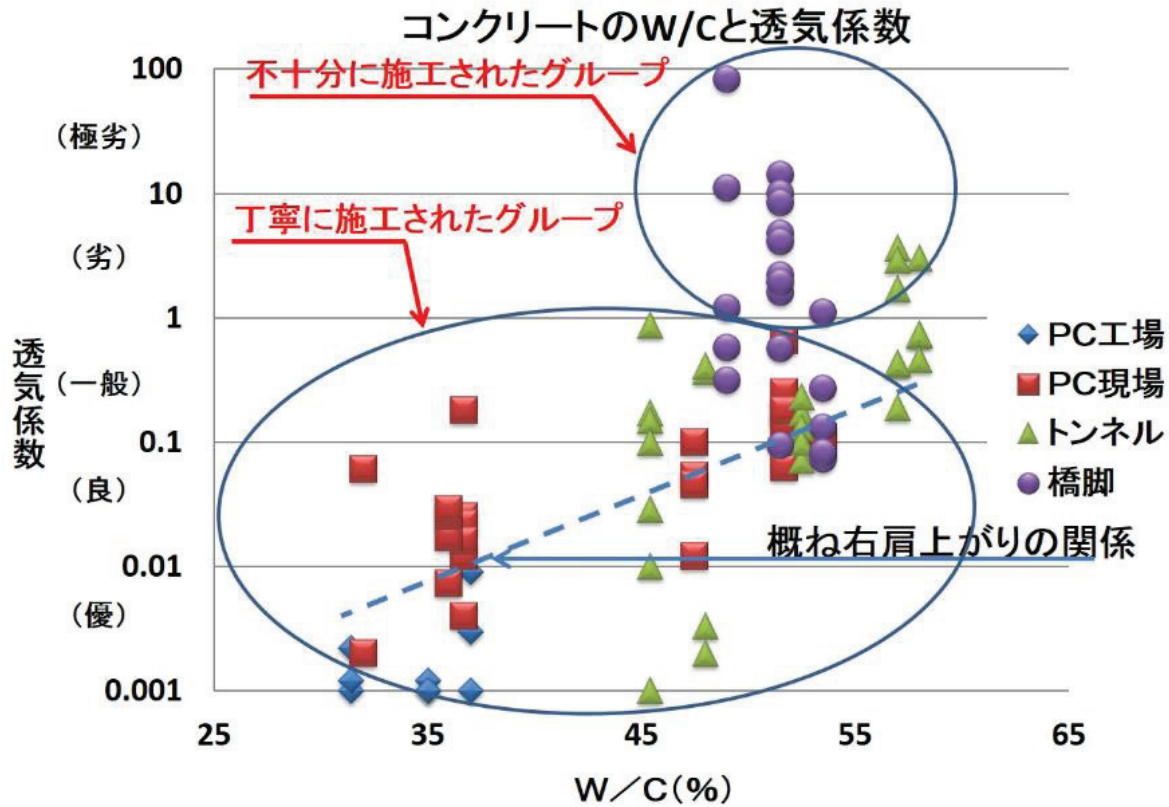


冬期施工の橋脚で、共通仕様書通りに養生して脱型した後、何もなかった橋脚。表面に微細ひび割れが入ったため透気係数は（劣）を計測。W/C=52.5%であれば透気係数は（一般）が十分可能。塩分混じりの水が浸透しやすい。

コンクリートの強度等 よび強度 24N/mm² スランプ 12cm 高炉B種 水セメント比 52.5%

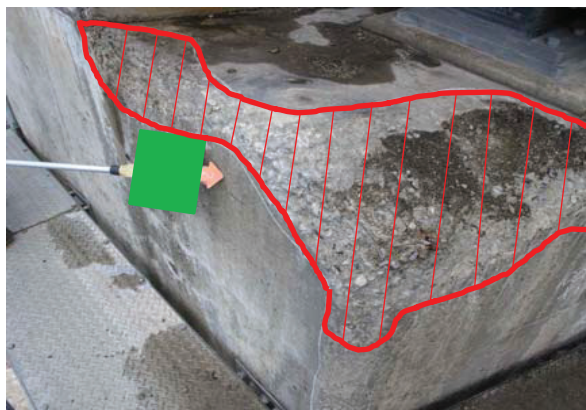
	優	良	一般	劣	極劣
透気係数 KT (×10 ⁻¹⁶ m ²)	0.001~0.01	0.01~0.1	0.1~1	1~10	10~100

コンクリートの表層品質の実態



劣化の実態（凍害）

供用11年目の橋台の凍害

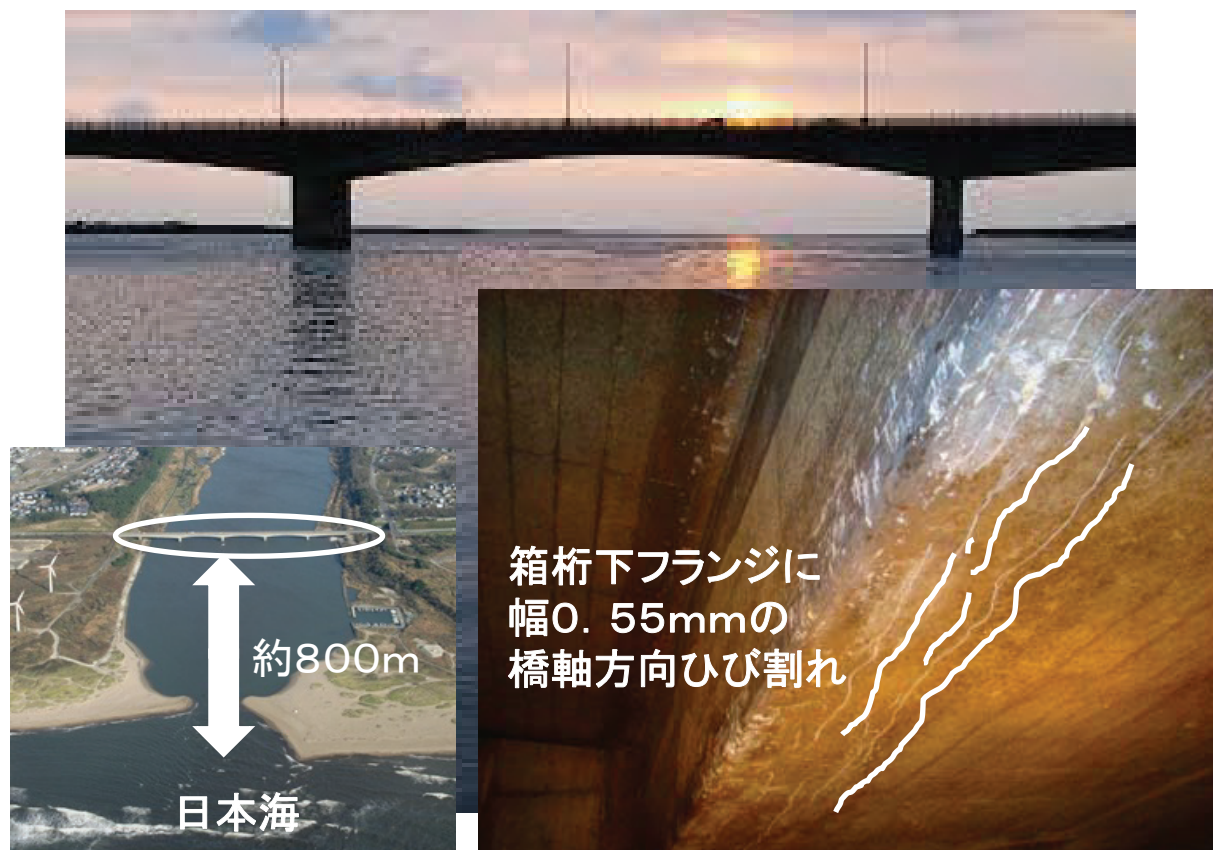


トンネル坑門工の凍害



凍結防止剤の影響で凍害が促進
道路橋示方書では、空気量4.5%を標準としているが、
下振れした場合凍害が発生しやすい

劣化の実態（飛来塩分による塩害）



劣化の実態（凍結防止剤による塩害）

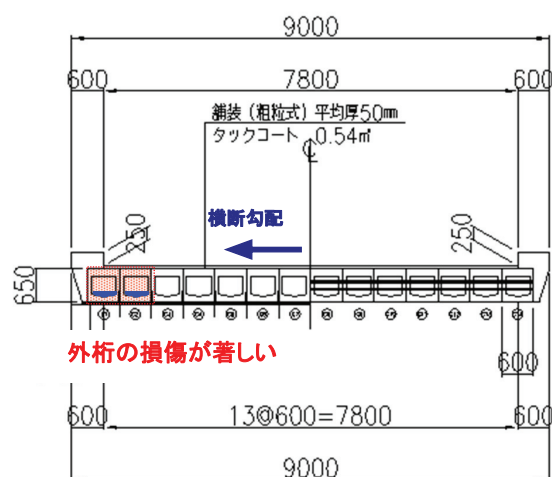


冬期には塩分を主成分とする凍結防止剤混じりの雪堤が形成される山岳橋梁のPC中空床版橋は、凍結防止剤による塩害で供用後34年で架替

凍結防止剤による塩害で供用後34年で架替



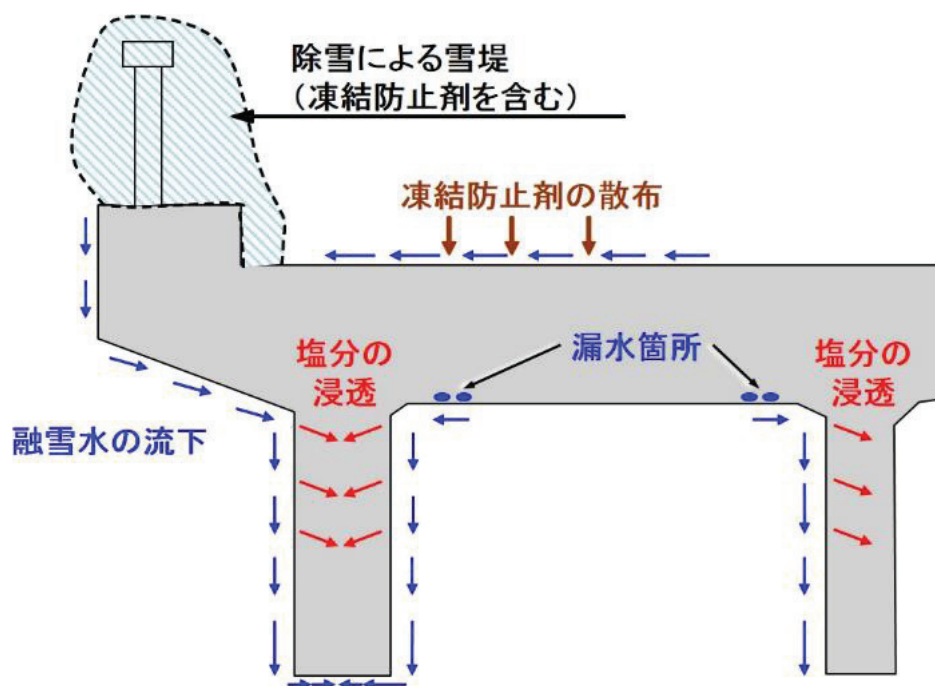
桁下面のPC鋼材の腐食、破断状況
硬化コンクリート中の空気量は約0%



※ 凍結制御剤による塩害と凍害の
複合劣化により損傷が著しく進行？

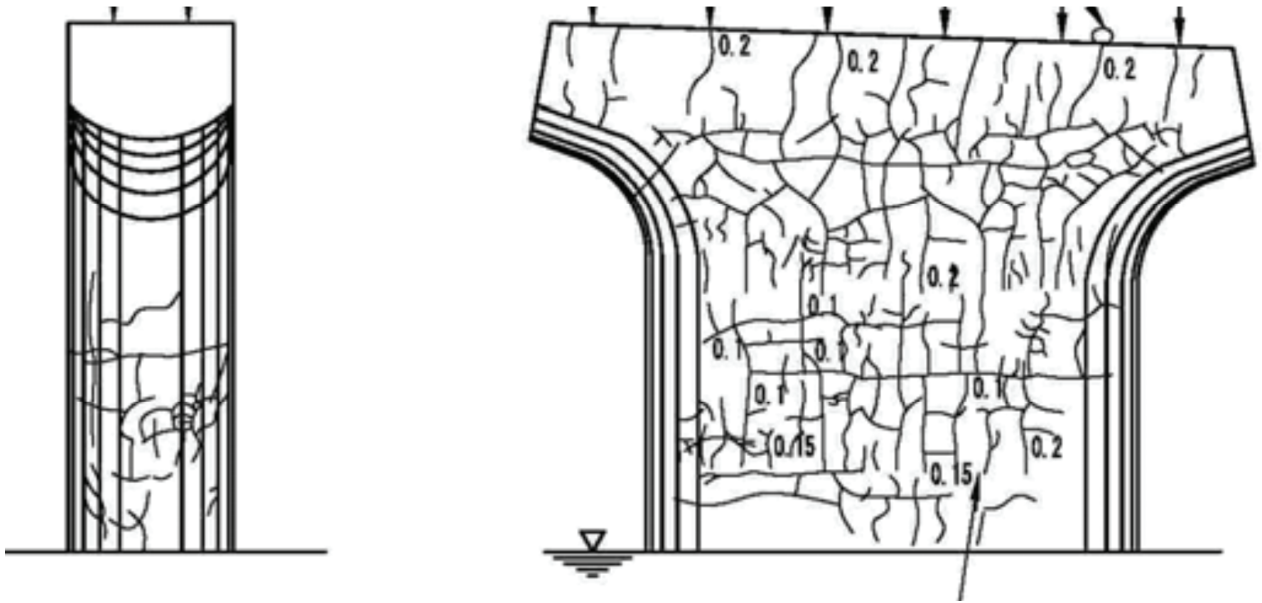
横断勾配の低い方の外桁内に塩分を含んだ水が滞水し、
内部鋼材を腐食させ、桁下面のコンクリートが剥離

凍結防止剤による塩害発生メカニズム



路面からの塩分混じりの回り水が塩害の主原因

劣化の実態(塩分環境下のASR)



海上に建設された橋脚に生じたひび割れ

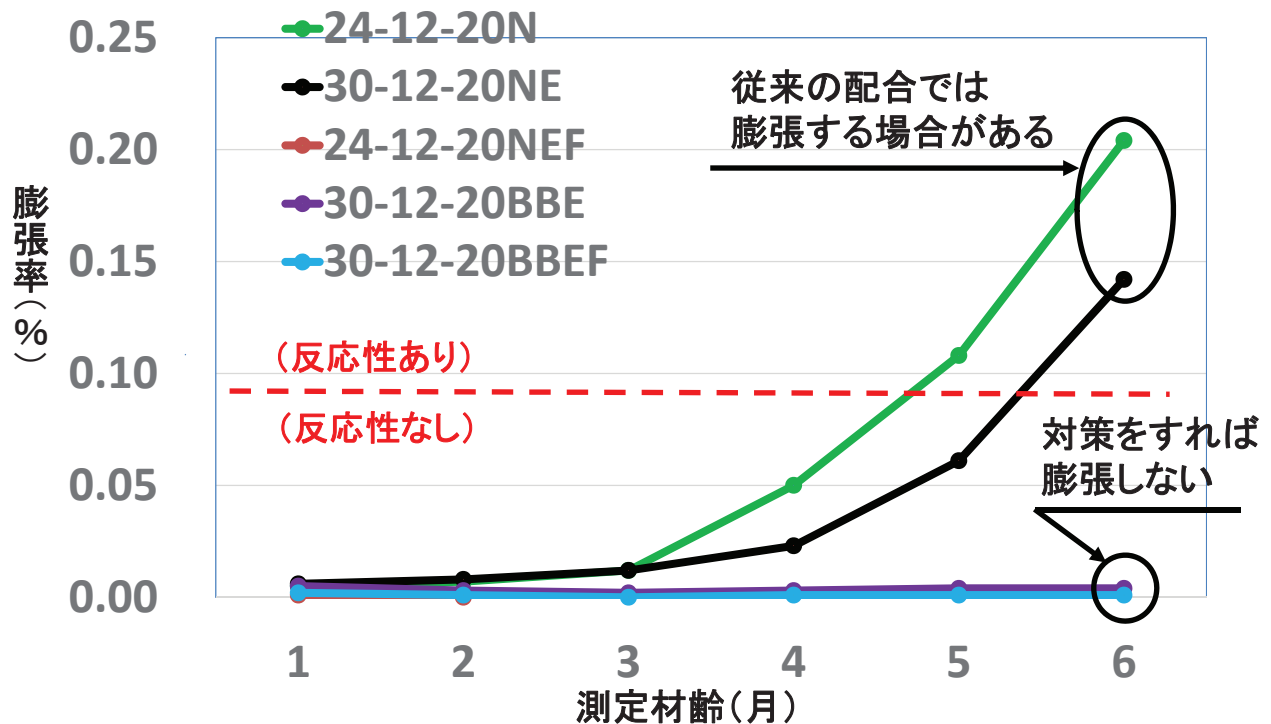
劣化の実態 (塩分環境下のASR)

桁端部の漏水の影響範囲に発生したASR



凍結防止剤の影響でASRが発生
道路橋示方書では、凍結防止剤による
アルカリの追加供給を想定していない

ASR反応性判定試験（SSWコンクリートバー法）



凡例... N:普通セメント E:膨張剤 F:フライアッシュ BB:高炉セメント

劣化の実態(床版の砂利化)

舗装から土砂が噴出している箇所の
床版の状態、コンクリートの砂利化、鋼材腐食



塩害、凍害、ASR及び交通荷重による疲労の複合劣化？
交通量約1万2千台/日 昭和47年示方書 供用後36年

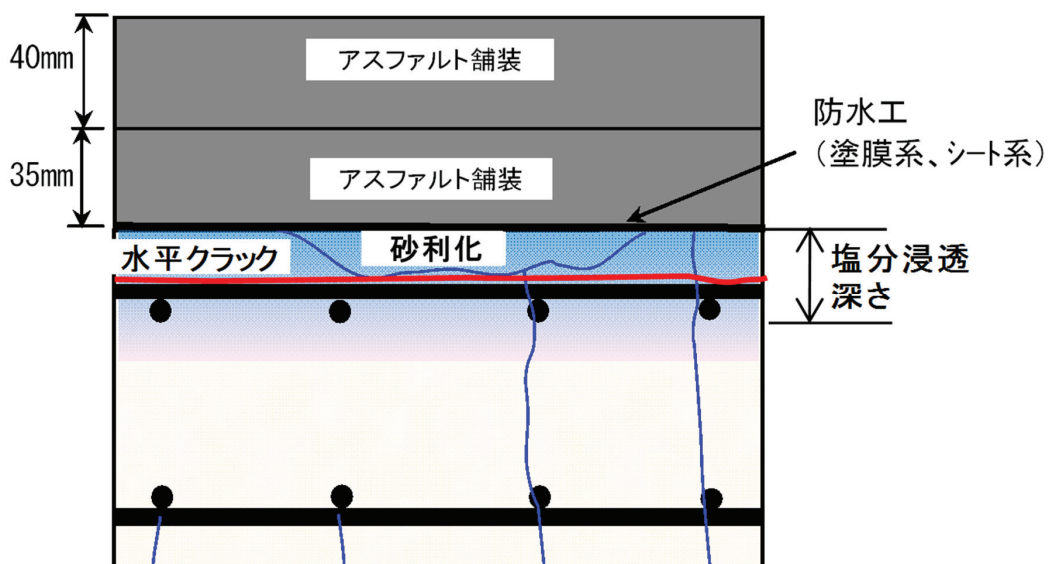
東北地方の床版は砂利化で壊れる

橋梁名	劣化形態	交通量(台／日)	供用後年数
橋梁1	交通荷重による疲労	約24、000台	45年
橋梁2	砂利化	約12、000台	36年
橋梁3	砂利化	約 8、000台	42年
橋梁4	砂利化	約 9、000台	35年
橋梁5	砂利化の疑い	約16、000台	36年

交通荷重による疲労で壊れた橋梁よりも短い期間で、しかも半分から約1/3の交通量で砂利化で壊れる

→ 交通量が原因で壊れているのでは無い
では、なぜ砂利化が起こるのか？

砂利化の推定メカニズム



水平ひび割れから入った塩分混じりの路面排水が、水平ひび割れ上部のコンクリート塊を塩害や凍害、塩分環境下のASRで脆弱化し、そこに交通荷重の繰り返しを受けて砂利化が発生

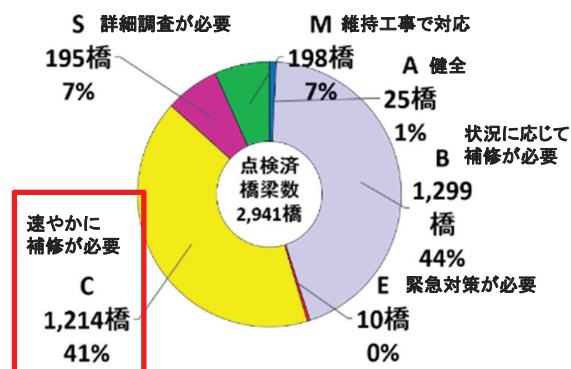
(資料提供: 日本大学 岩城 一郎教授)

東北では現在の基準等で品質・耐久性確保は困難

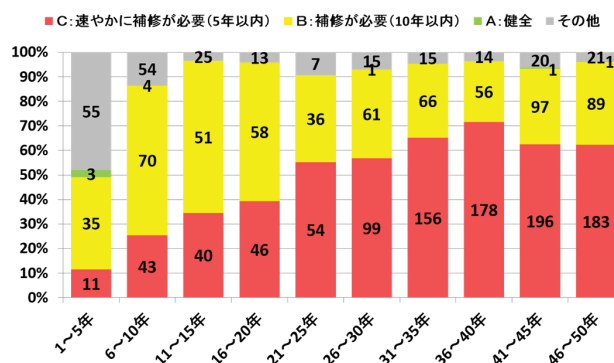
照査する項目	規定の概要
コンクリートの表層品質	規定不十分。表層品質に関する定量的な規定が不十分
飛来塩分による塩害	規定あり。海岸線からの距離により対策区分を決定
凍結防止剤による塩害	規定不十分。解説に記載はあるが実務として運用できる規定なし
凍害	規定不十分。空気量4.5%が標準であり、凍害対策としては6%程度必要
塩分環境下のASR	規定なし。基準策定時には、想定していない劣化
床版の砂利化	規定なし。基準策定時には、想定していない劣化
耐久性の検討	規定不十分。複合劣化に対する照査について実務として運用できる規定なし

大きな原因は、道路管理者による凍結防止剤の大量散布

道路管理者が基準が想定していない 供用環境をつくってしまった結果 構造物は早期に劣化



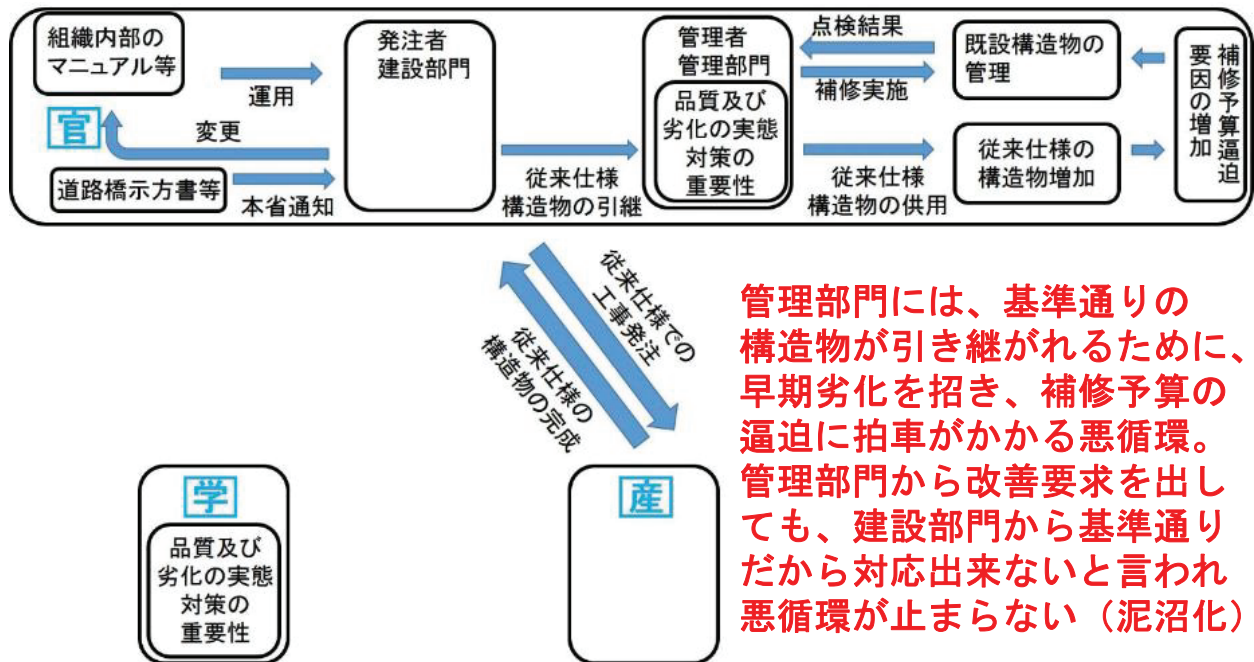
橋梁点検の結果
要補修が約4割



15年程度で要補修は約3割
25年程度で要補修は約5割

大量の構造物を短期間に建設する復興道路等の事業では
東北地方の劣化の実態を反映した対策を道路管理者が
とる必要がある。

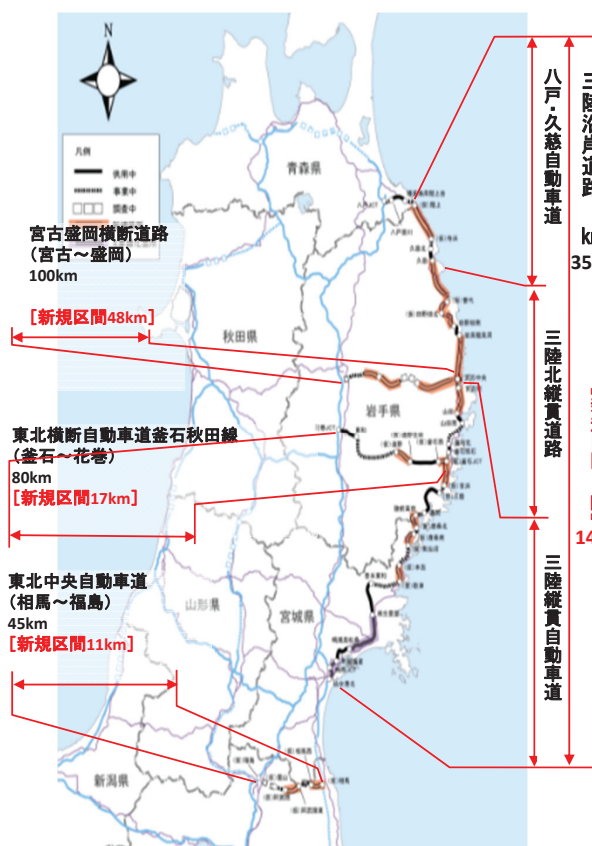
現状は劣化する構造物が建設され続けるという悪循環。(管理部門の不条理)



管理部門には、基準通りの構造物が引き継がれるために、早期劣化を招き、補修予算の逼迫に拍車がかかる悪循環。管理部門から改善要求を出しても、建設部門から基準通りだから対応出来ないと言われ悪循環が止まらない（泥沼化）

建設部門は劣化の実態を認識していないため自覚なき悪循環を促進

復興道路等では多数の構造物を短期間に建設



東日本大震災からの早期復興を目指して平成23年11月に復興道路、復興支援道路約360kmが事業化。概ね10年以内で完成することが目標とされた。

復興道路等は、トンネル100本以上、橋梁200橋以上を短期間に建設

路線名	橋梁数	トンネル数
三陸沿岸自動車道	107	60
宮古盛岡横断道路	18	20
東北横断道釜石秋田線 (釜石～花巻)	28	8
東北中央自動車道 (相馬～福島)	31	17
合計	184	105

注) 橋梁数は本線橋のみ。IC橋、JCT橋、函渠を含まない

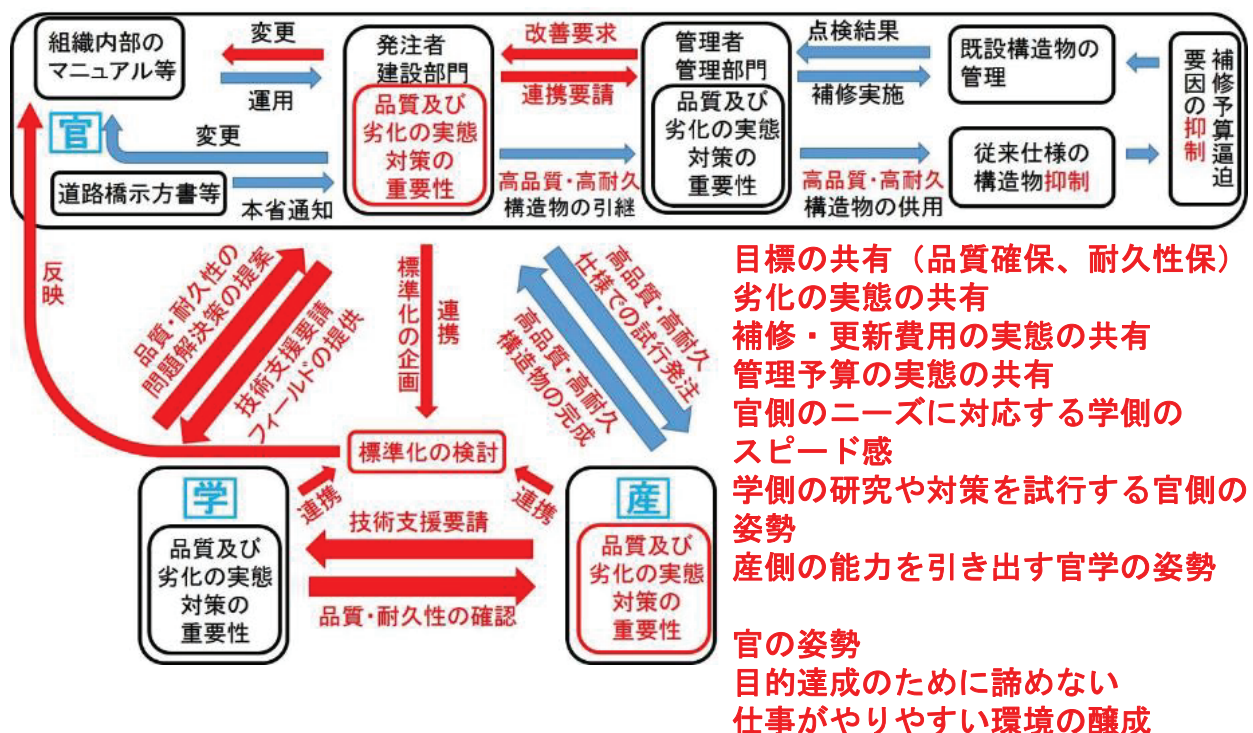
従来通りに建設しては、将来の維持管理費がさらに逼迫する恐れがある

4. 東北地方のコンクリート道路橋の改善すべき事項や達成すべき性能

- ①劣化の実態を建設部門が共有し、**産学官で対策を実施**
- ②**塩分混じりの水の影響を緩和**(排水流末の適正化)
- ③**水が浸透しにくいコンクリート**の施工(表層品質の確保)
- ④**凍害**の防止
- ⑤凍結防止剤による**塩害**を防止
- ⑥塩分環境下の**ASR**を防止
- ⑦**床版の砂利化**の防止(複合劣化対策)

5. 対策の実例 (産学官の連携)

あるべき官内部および「産学官」の関係



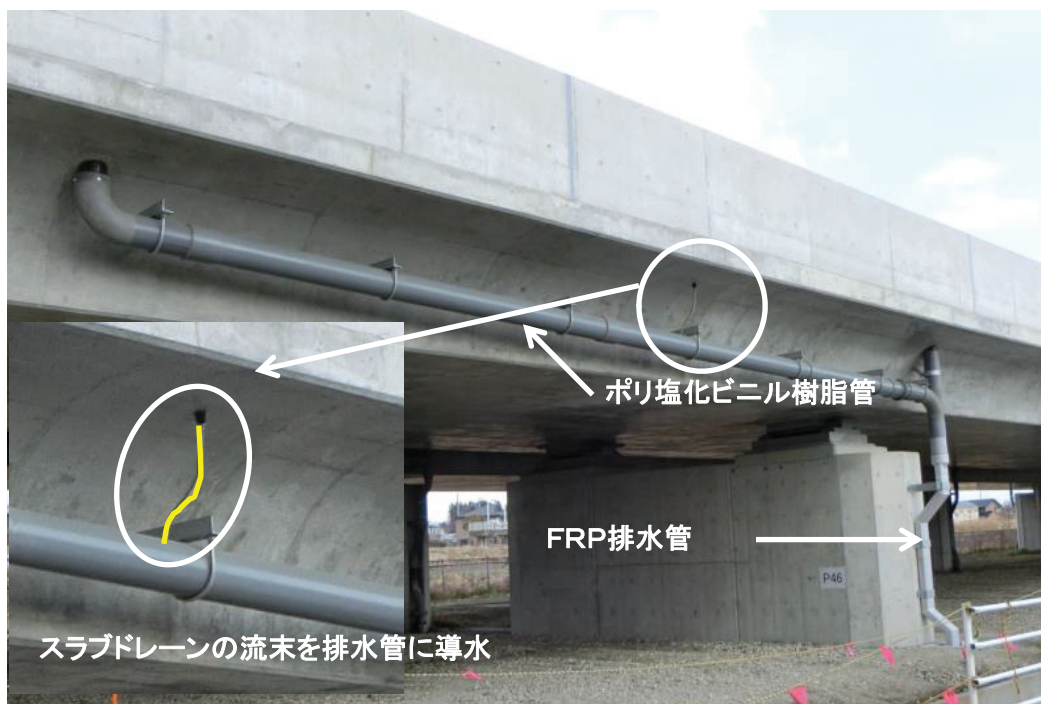
対策の実例（路面排水の影響対策）

桁端部に保護塗装、防錆鋼材を使用



橋の隙間からの漏水を防止。仮に漏水しても内部鋼材の腐食を防止

対策の実例（路面排水の影響対策）

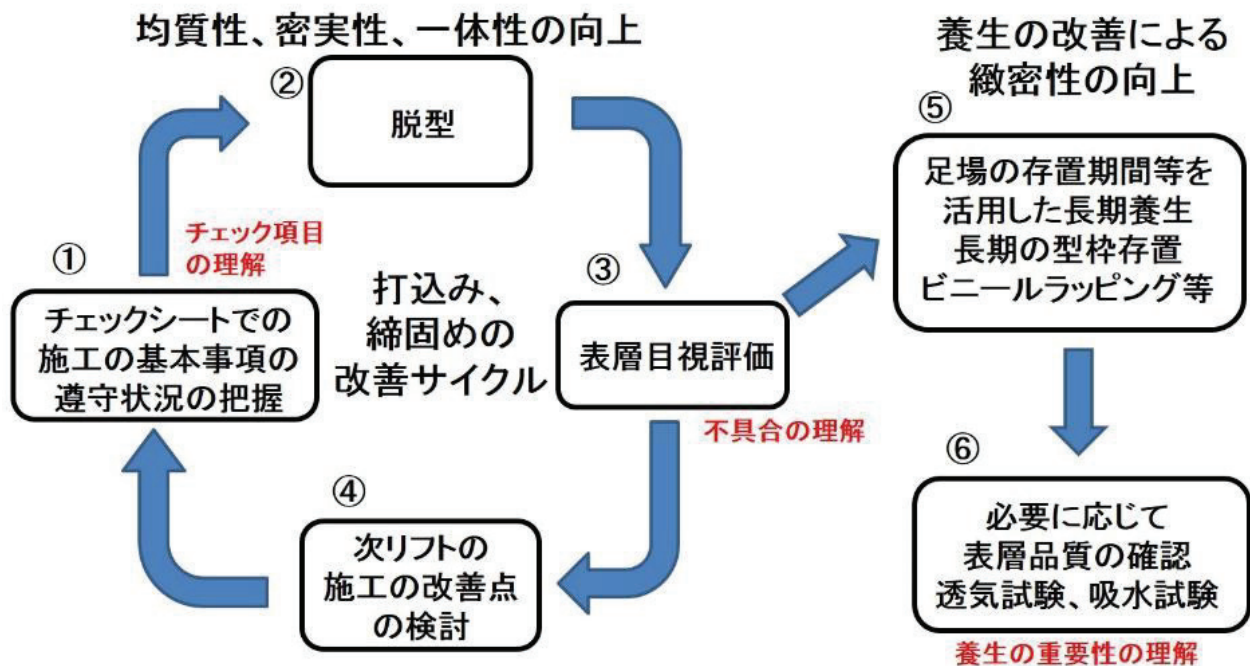


鋼管をポリ塩化ビニル樹脂管に変更し腐食を防止。

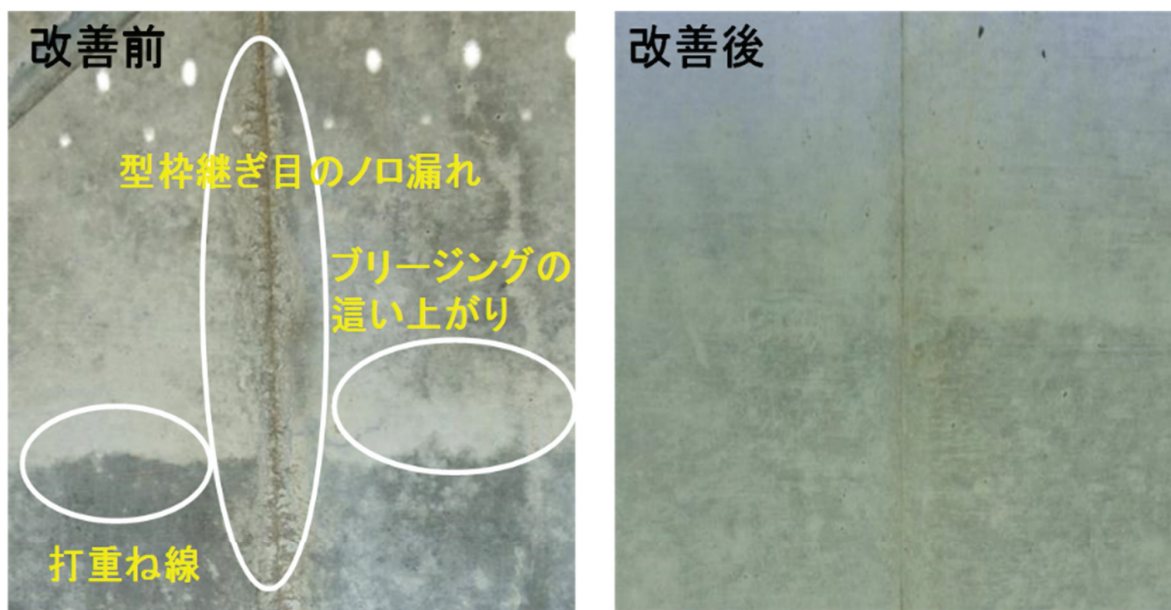
スラブドレーンからの排水を排水管に導水。

対策の実例(品質確保の仕組みと効果)

→ 気づきによる監督行為の適正化



品質確保の仕組みの効果



表層目視評価により、打重ね線や型枠継ぎ目のノロ漏れの改善を図った事例。施工状況把握チェックシートの効果でブリーディングの這い上がりも目立たなくなっている。

橋脚をビニールで巻いて追加養生



100m巻2000円の農業用ビニールシートで
橋脚を追加養生
透気係数は(一般)→(良)に改善

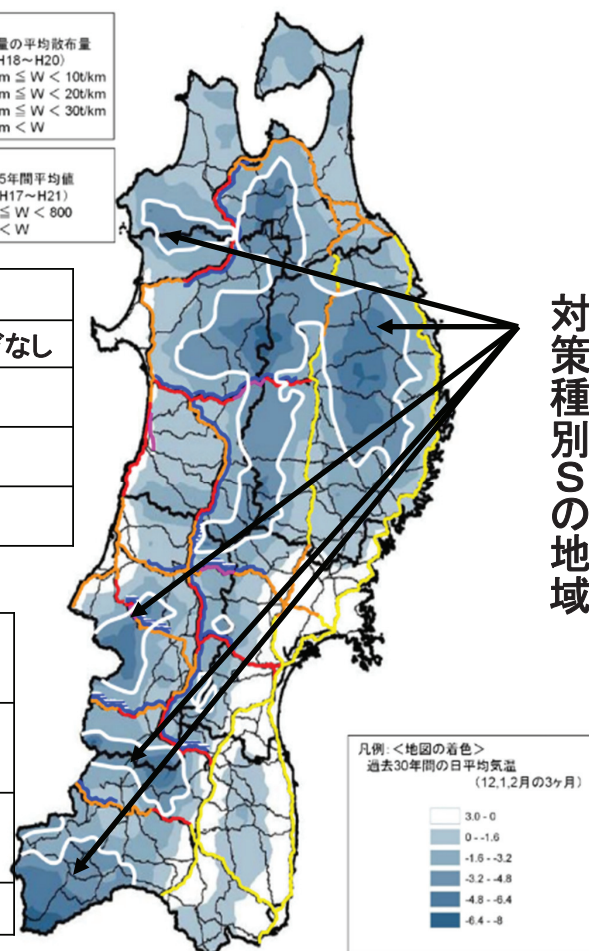
対策の実例 (凍害対策)

凍害の対策種別

	凍結防止剤の散布量		
	20t/km以上	20t/km未満	ほとんどなし
凍害区分3	S	A	A
凍害区分2	A	A	A
凍害区分1	A	A	B

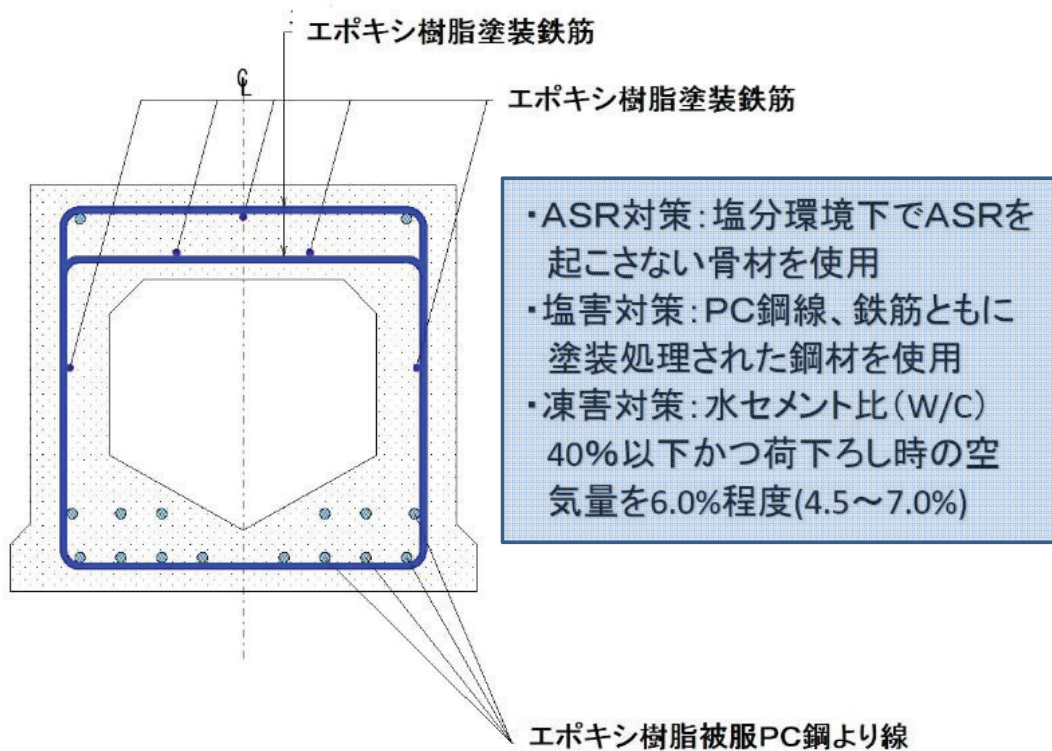
凍害対策の内容

対策種別	対策の内容
S	目標空気量6%かつ水結合材比45%以下 あるいは目標空気量7%(JIS適用外)
A	目標空気量5%(4.5~6%) (努力目標)(JIS適用)
B	目標空気量4.5±1.5%(JIS適用)



対策の実例(工場製作のPC桁の高耐久化)

PC中空床版橋の例



対策の実例(PCT桁の高耐久化)



防錆鉄筋の
組み立て状況

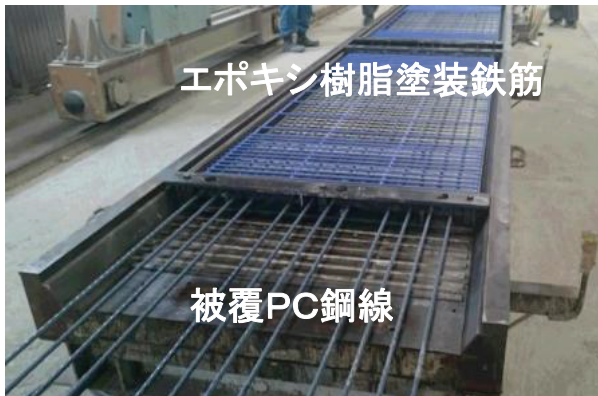


P C 鋼線も防錆仕様
シースはP E シース



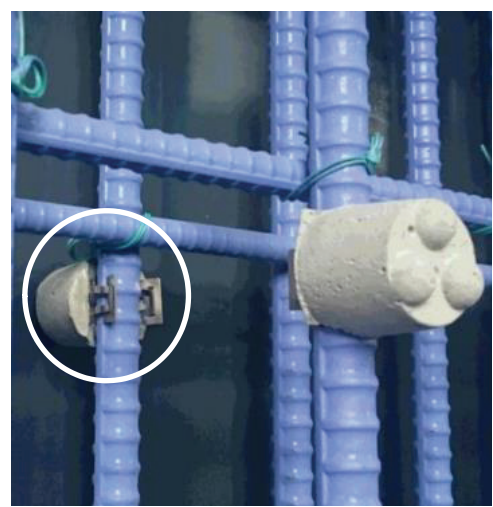
P C 鋼線の
曲げ上げ治具も
防錆仕様

対策の実例（PCコンポ桁の高耐久化）



PC板および主桁の内部鋼材はすべて防錆処理

PCコンポ桁の高耐久化



PCコンポ桁の高耐久化

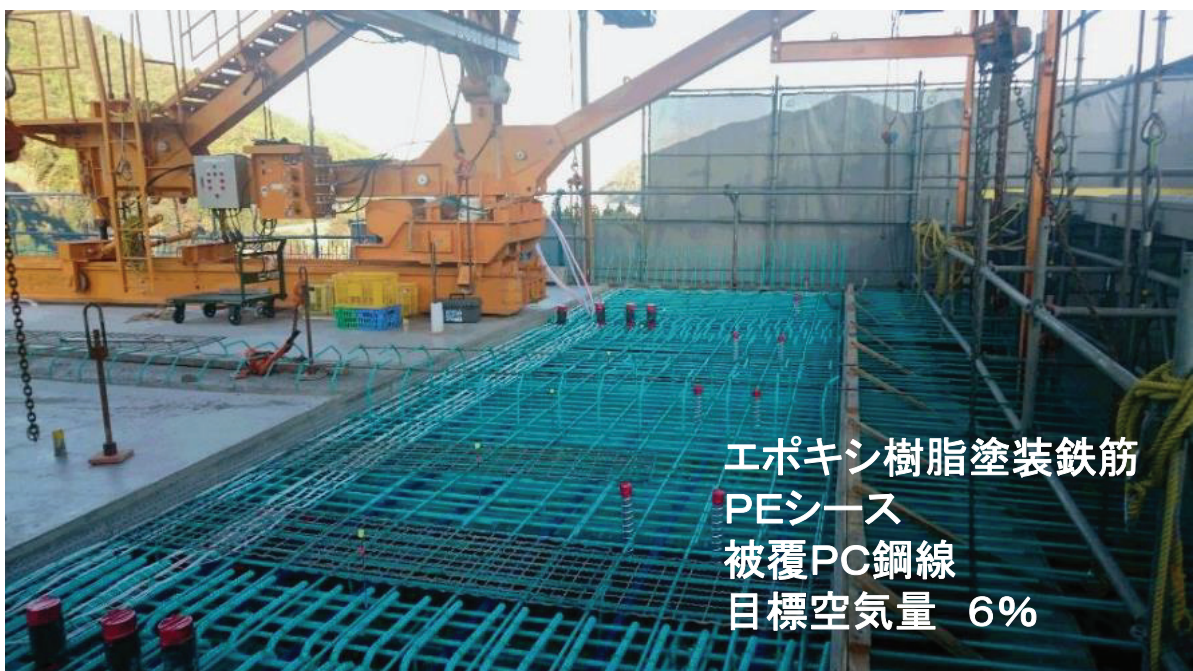


桁の仮置き状況

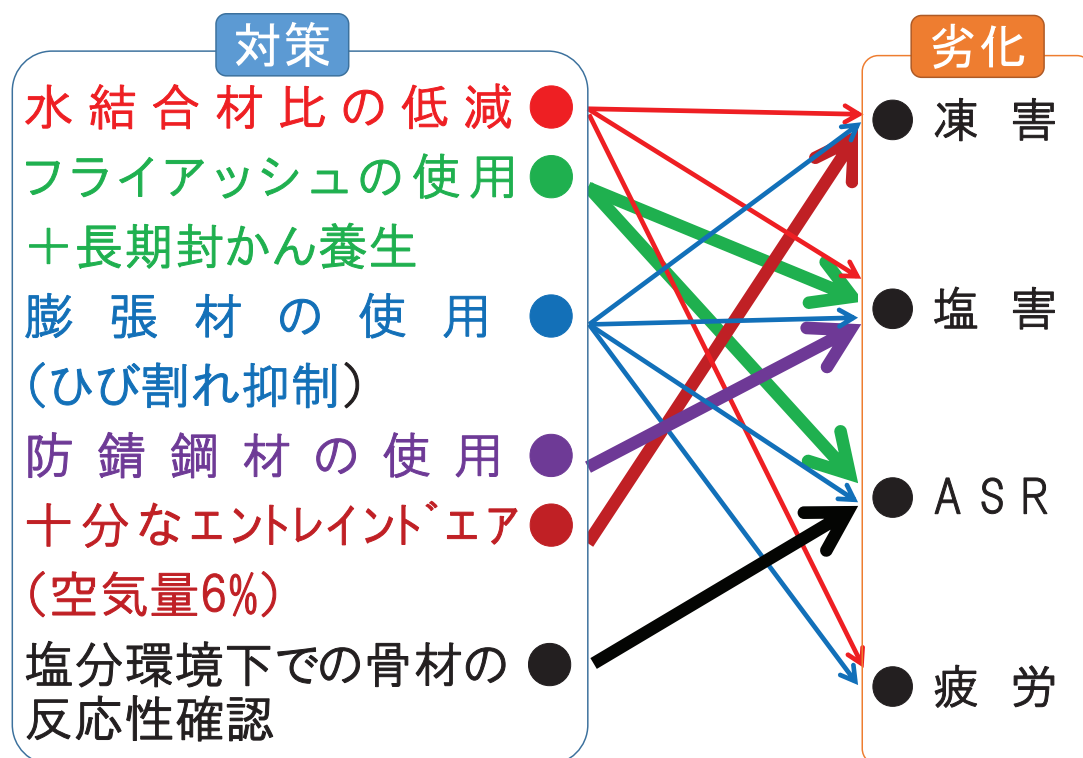


主桁の接合状況

現場打ちPC箱桁の高耐久化



対策の実例(床版の砂利化対策) コンクリート床版の多重防護の考え方



高耐久床版の基本仕様

鉄筋は防錆仕様(エポキシ樹脂塗装鉄筋)

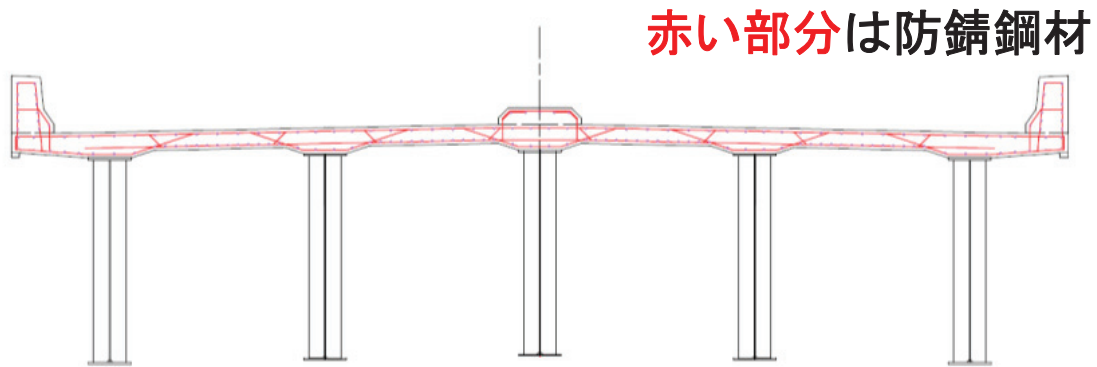
現場到着時の空気量の目標値は4.5%以上6%程度

W/B(水結合材比)は45%程度

フライアッシュ床版または高炉スラグ床版の採用

膨張剤の使用

対策の実例（高耐久床版の施工例）



赤い部分は防錆鋼材

凍害対策（現着4.5%～6.0%確保）

塩害対策（防錆鋼材の採用）

ASR対策（フライアッシュの混入）

配 合 表 kg/m³													
セメント	混和材		水	細 骨 材			粗 骨 材				混 和 材		
	①	②		①	②	③	①	②	③	④	①	②	③
283	20	62.5	155	456	111	185	303			707	3.03		
水セメント比		54.8%		水結合材比			51.2%		細骨材率		43.3%		

混和材①膨張材 混和材②フライアッシュⅡ種 混和材①AE減水剤

防錆処理鉄筋を全面採用



フライアッシュコンクリートの 受け入れ検査での品質は安定

台数	出荷時刻	のべ 打設量 (㎡)	出荷時 スランプ (cm)	出荷時 空気量 (%)	出荷時 温度 (℃)	受入れ時 スランプ (cm)	受入れ時 空気量 (%)	受入れ時 温度 (℃)
1	7:00	4	14.0	6.5	16	12.0	6.0	15
2	7:10	8	15.0	6.7	15	13.0 10.5*	6.0 5.4*	15
3	7:20	12	16.0	6.5	15	13.0	6.2	15
4	7:30	16	15.0	6.7	15	10.5	6.2	15
5	7:40	20				11.5	—	15
6	7:50	24				11.0	—	14
7	8:00	28				10.5	6.7	14
8	8:10	32				9.5	—	13
9	8:20	36				10.0	—	14
10	8:30	40				10.5	—	13
12	9:00	48	13.5	6.8	12	10.5	6.2	14
24	11:00	96	15.5	6.7	14	14.0	6.3	14
36	12:50	140	14.5	6.8	15	12.5	6.2	14

目標スランプ 12.0±2.5cm 実績スランプ 9.5～14.0cm
 目標空気量 4.5～6.9% 実績空気量 6.0～6.7%

フライアッシュコンクリートの 打込み、締固めの状況



締固めと空気量の確保を両立するため締固め時間は8秒を目安
 打込み、締固め後、間をおかずにこて作業がついて来ている

床版上面は保水シートと2層仕様の プチプチシート2枚重ねで覆って養生



給熱養生。床版表層の湿潤養生期間は3ヶ月

高耐久床版の施工例

フライアッシュ床版第2号(大沢第3橋)

- ・凍害対策 目標空気量 6%
- ・塩害対策 防錆鋼材の使用
- ・ASR対策 フライアッシュまたは
高炉スラグ微粉末の使用



フライアッシュ床版第3号(浪板橋)

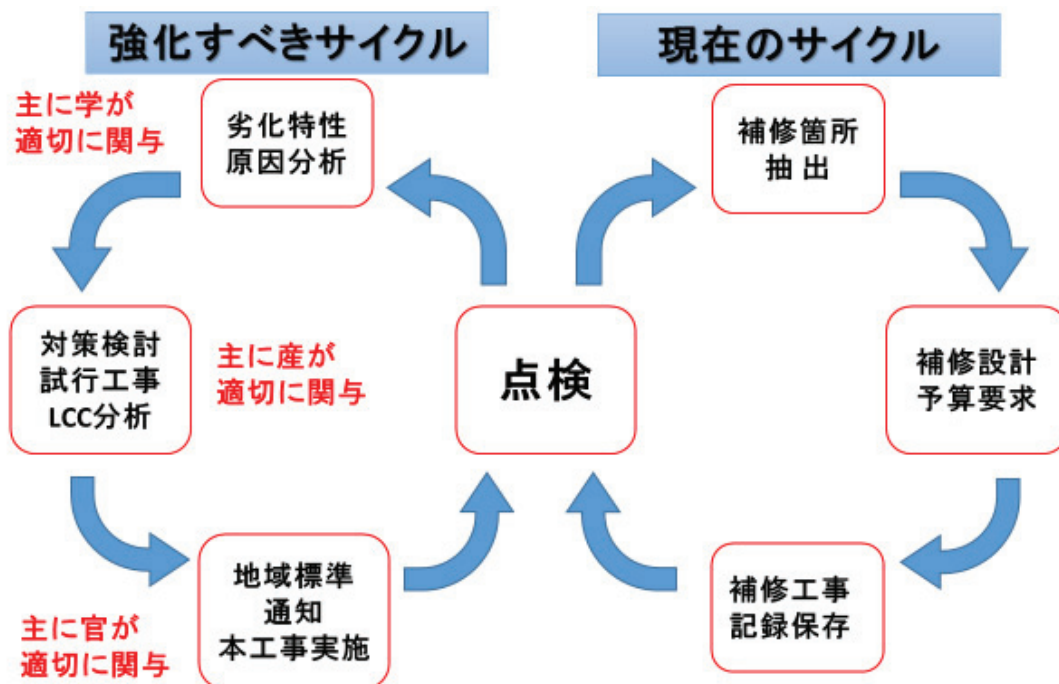


高炉スラグ床版第1号(新気仙大橋)



6. 全国標準から地域標準へ

地域の劣化特性に適応した地域独自の技術基準策定が悪循環から好循環へ転換を図る鍵（産学官の総力戦）



点検結果を有効活用。地域の劣化実態を踏まえた対策を地域標準として策定

東北地整が関わった品質・耐久性に関する手引き等 (地域標準の実例)

①設計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

<http://www.thr.mlit.go.jp/road/sesaku/manual/haisuikakaku.pdf>

②施工段階における品質確保の取り組み

品質確保の手引き（案）（橋脚、橋台、函渠、擁壁編）

<http://www.thr.mlit.go.jp/road/sesaku/tebiki/kyoukyaku.pdf>

品質確保の手引き（案）（トンネル覆工コンクリート編）

<http://www.thr.mlit.go.jp/road/sesaku/tebiki/tonnelfukoukonkurito.pdf>

ひび割れ抑制のための参考資料（案）（橋脚、橋台、函渠、擁壁編）

<http://www.thr.mlit.go.jp/road/sesaku/manual/hibiwareyokusei.pdf>

③設計・施工段階における耐久性確保の取り組み

高耐久PC桁設計施工のポイント（床版桁編）（T桁編）

<http://www.thr.mlit.go.jp/road/sesaku/manual/point1.pdf>

<http://www.thr.mlit.go.jp/road/sesaku/manual/point2.pdf>

設計・施工マニュアル（道路橋編）

<http://www.thr.mlit.go.jp/bumon/b00097/k00910/h12-hp/H28dourokyou.pdf>

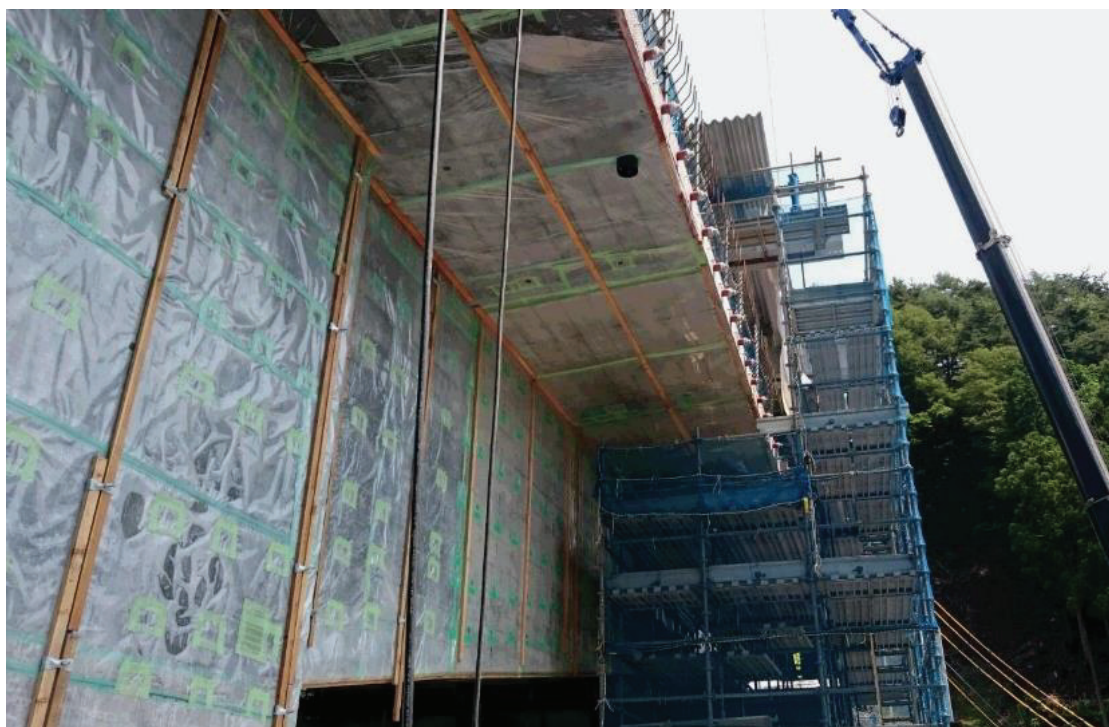
凍結抑制剤散布下におけるRC床版の耐久性確保の手引き（案）

http://www.jst.go.jp/sip/dl/k07/k07_RC.pdf

東北地方における凍害対策に関する参考資料（案）

http://www.thr.mlit.go.jp/road/sesaku/manual/170327_shiryou.pdf

今も様々なチャレンジが続いている



PC箱桁をビニールシートで覆って長期養生

楽しそうな技術者たち



難しいけどうまくいくと楽しい。しかも自信に満ちている。
こういう環境をつくるのが発注者の仕事。