### 品質確保は耐久性確保のための前提条件



(凍結防止剤による塩害と凍害 の複合劣化)



(側道橋の橋脚のASR)

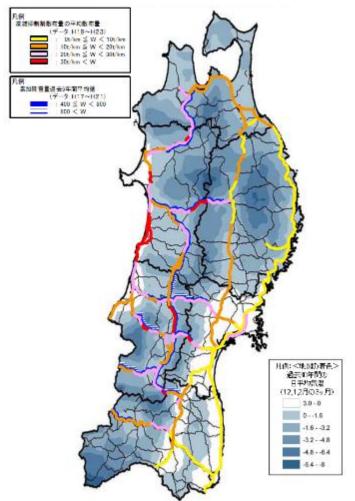


(砂利化して抜け落ちたRC床版)

平成30年10月 4日 日本大学 工学部 佐藤和徳 (元 国土交通省 東北地方整備局)

### 凍結防止剤の影響で再劣化しやすく更新に至るような 劣化が発生している。だから耐久性を確保したい。

寒冷の影響で凍結防止剤 (塩)を大量散布



10~30ton/km/年の散布量 なる場合もある

再劣化しやすい劣化の例



凍結防止剤による塩害



凍害



塩分環境下のASR



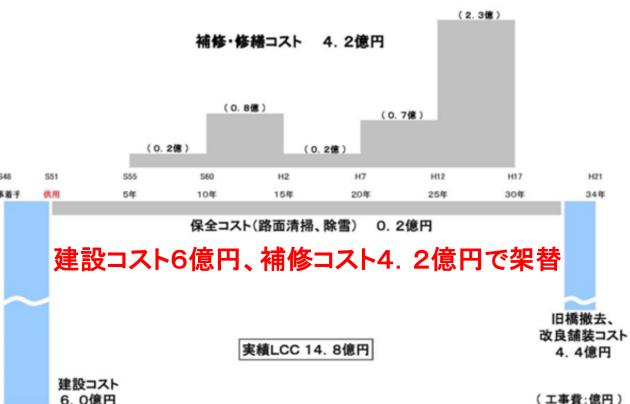
床版の砂利化

凍結防止剤により凍害、塩害、ASRが促進され、30~40年で更新が必要となる場合もある

### 劣化の事例(塩害) 凍結防止剤による塩害(PC中空床版橋)



H5凍結防止剤の本格散布 H16点検で凍結防止剤の 塩害発見 H17桁の緊急補修・補強 H21軽量盛土構造に変更



供用後34年で架替。しかし、凍結防止剤の本格散布から10年で塩害が顕在化。その後5年で架替。厳しい環境に対応出来なかったため、凍結防止剤本格散布から15年で架替。

## 劣化の事例(凍害) 供用11年目の橋台の凍害進行状況



平成24年



平成27年

供用11年目で橋台隅角部に伸縮装置からの漏水の範囲で凍害が発生。供用14年目で鉄筋露出部から錆汁発生。

### 凍害の再劣化の事例







平成21年

平成26年

平成16年度に凍害箇所を断面修復して表面被覆。 5年後には再劣化の兆候が見られ、10年後には再度 補修が必要な状態にまで再劣化。 伸縮装置からの漏水が止まっていないことも一因。

## 劣化の事例 ASRの確認事例(PC箱桁)



### ASRの再劣化事例(橋台)

橋台は昭和52年(1977年)建設。





側壁の状況

竪壁のひび割れの状況

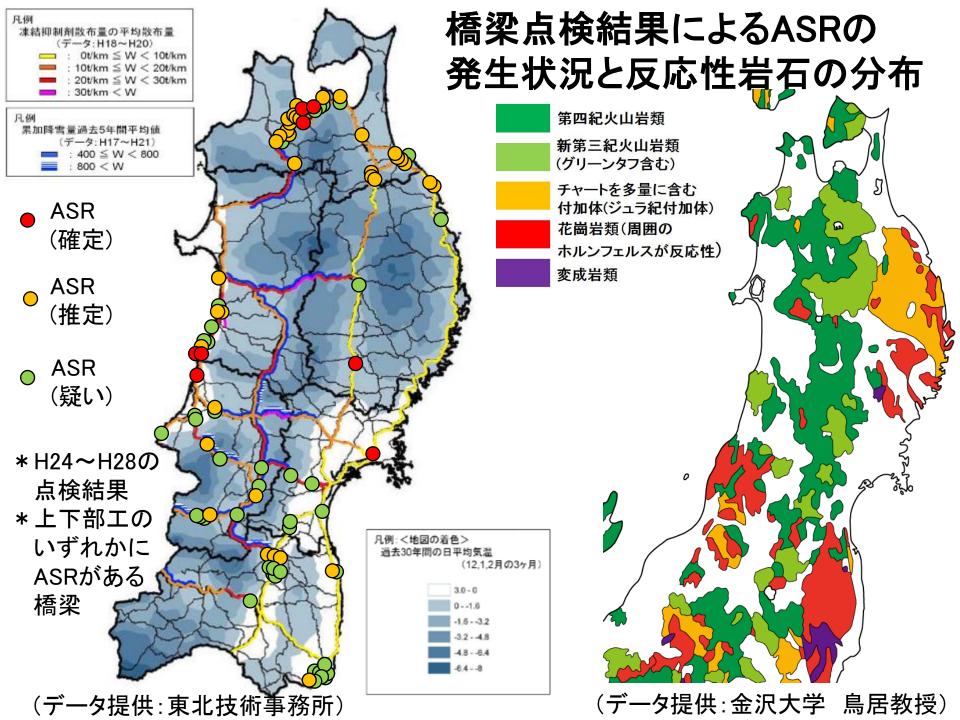
H19:ASRと判定。残存膨張量0.1%未満で膨張は収束との見解

H21:ポリマーセメントモルタルによる断面修復

H24: 断面修復部に2方向ひび割れ発生のためひび割れ注入実施

H28: ひび割れ注入箇所に沿って新たなひび割れ確認0.15~0.3mm

(データ提供:東北技術事務所)



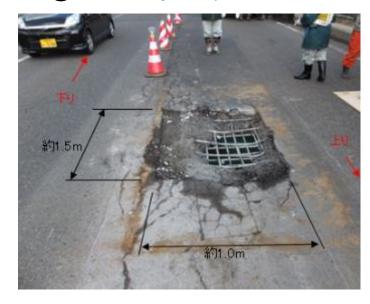


舗装撤去後、脆弱なコンクリートを除去した状態 交通量約8千台/日 昭和39年示方書 供用後42年

### 砂利化は再劣化しやすく緊急打換えをまねきやすい



①2012年11月14日



②2013年4月11日



③2013年4月29日



この後、床版緊急打換え

補修費( の逼迫をまねく劣化のひとつ。

### 東北地方の床版は砂利化で更新









疲労により更新となった床版よりも少ない 交通量でかつ短期間で砂利化した床版 は更新されている

## 砂利化はもう珍しい劣化ではない

舗装からの噴出物は東北6県で確認されている



青森県



秋田県



岩手県



山形県



宮城県



福島県

寒冷の度合いが厳しく、凍結防止剤の散布量が多いところによく見られる

## 凍結防止剤の影響で 東北地方の構造物は基準通りだと劣化

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。凍害対策として 空気量を増やす場合がある。
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

技術基準は凍結防止剤の影響を加味していない。だから基準通りだと劣化する。

## 耐久性確保の事例

## (凍害対策)

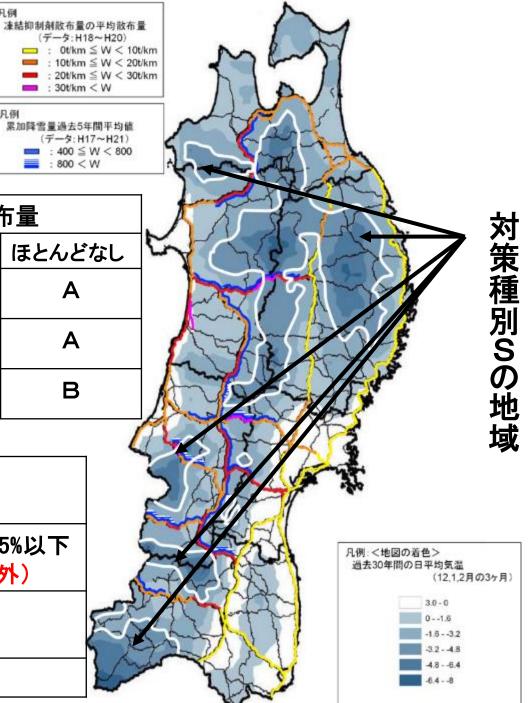
#### 凍害の対策種別

	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	Α	Α		
凍害区分2	Α	Α	Α		
凍害区分1	Α	Α	В		

凡例

#### 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)
Α	目標空気量5%(4.5~6%) (努力目標)(JIS適用)
В	目標空気量4.5±1.5%(JIS適用)



### PC桁の高耐久化の例



PCT桁



PCコンポ桁

### 凍結防止剤による 塩害対策

- ・エポキシ樹脂塗装鉄筋
- -PEシース
- ·被覆PC鋼線

#### 凍害対策

•目標空気量 6%



現場打ちPC箱桁

#### 水結合材比の低減 フライアッシュの使用 +長期封かん養生 張材の使用 (ひび割れ抑制) 防錆鋼材の使用 ASR 十分なエントレイント。エア (空気量6%) 塩分環境下での骨材の 反応性確認

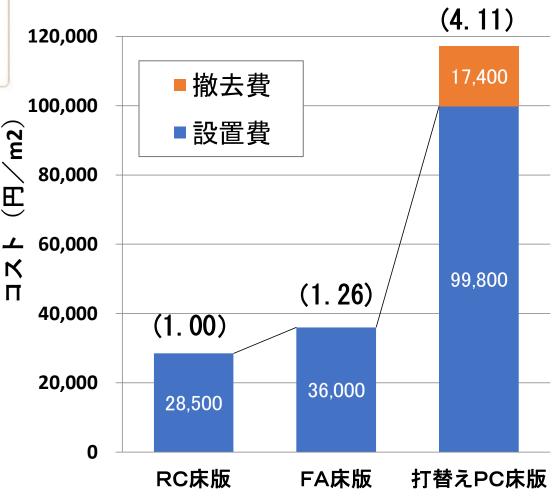


フライアッシュ床版 1 号橋 (向定内橋) 他フライアッシュ床版2橋施工 高炉スラグ床版 1 橋施工

### RC床版の高耐久化の例

- 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



# 今後耐久性確保で必要となる手引き等

東北地方における凍結防止剤による塩害対策の手引き

東北地方におけるASR対策の参考資料

東北地方におけるRC床版の耐久性確保の手引き

## 耐久性確保と品質確保の関係

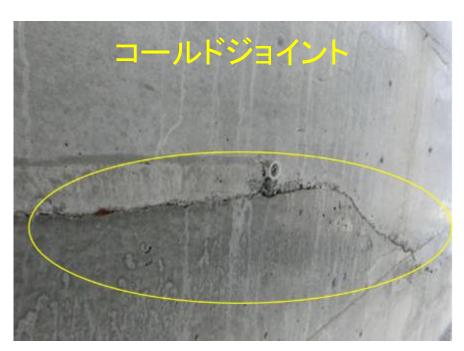
耐久性確保は従来仕様よりもコスト高となる場合が多い

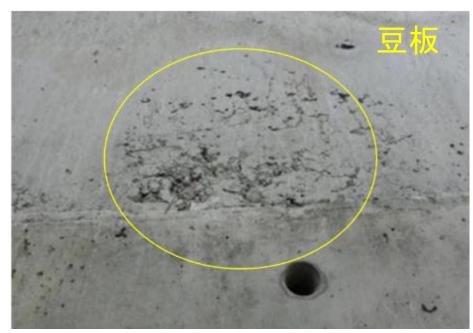
- コスト高となる仕様の例
- 〇エポキシ樹脂塗装鉄筋の使用
- 〇新たな配合(フライアッシュ、高炉スラグ微粉末など)
- 〇混和材料の使用(膨張材、高性能AE減水剤など)

しかし、品質が悪いということはそもそも「施工が雑」。 施工が雑では、コンクリートに施工由来のひび割れや 不具合、エポキシ樹脂塗装鉄筋のタッチアップ不良等 が発生して、それが劣化の起点となる。

しかも、品質が悪くて耐久性確保に失敗すると、かけたコストが無駄になるだけでなく、本来不要になるはずだった対策したはずの劣化の補修費まで必要になってくる。

# コールドジョイントと豆板の例(5年前の施工)



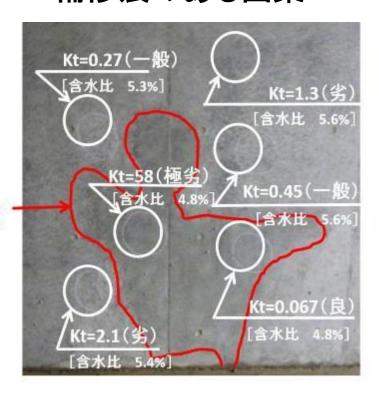


当然、補修してもらったけれど・・・

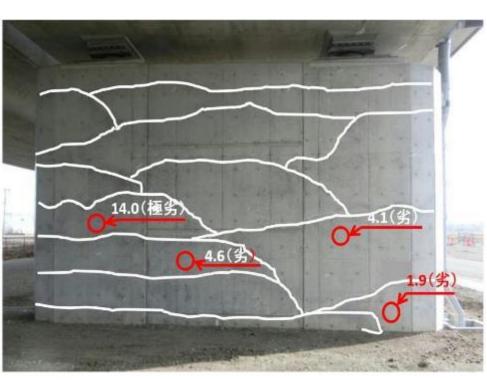
## 補修した箇所や打重ね線があるだけでも凍結防止剤が浸透しやすい

### 補修痕のある函渠

### 計画性の感じられない施工の橋脚



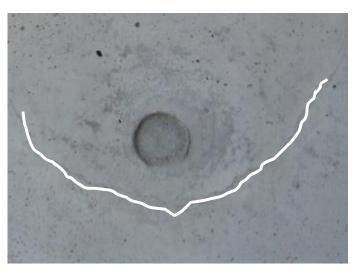
補修痕



透気係数 KT(×10 <sup>-16</sup> m2)	優	良	一般	劣	極劣
	0.001~0.01	0.01~0.1	0.1~1	1~10	10~100

(データ提供:東北技術事務所)

# 補修を要しない施工中に生じる不具合これが不具合だとする認識が足りなかった



沈みひび割れ



打重ね線

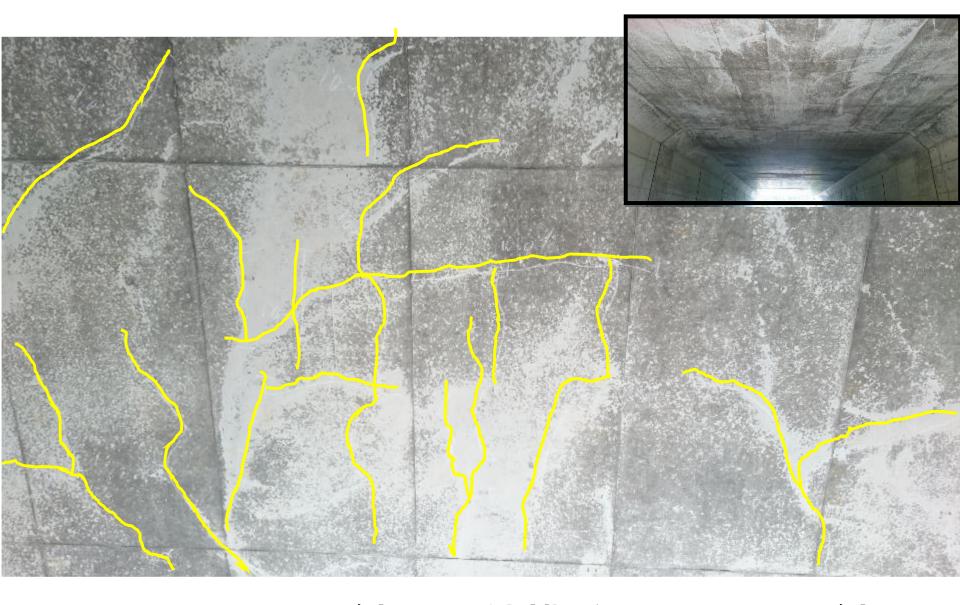


表面気泡



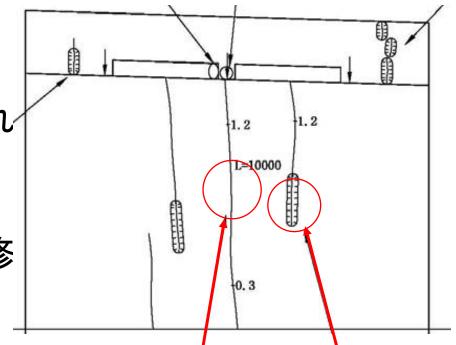
型枠継目のノロ漏れ

### 施工由来のひび割れの典型例(15年以上前)



BOXの天井のひび割れ。縞模様に沿ったひび割れ。

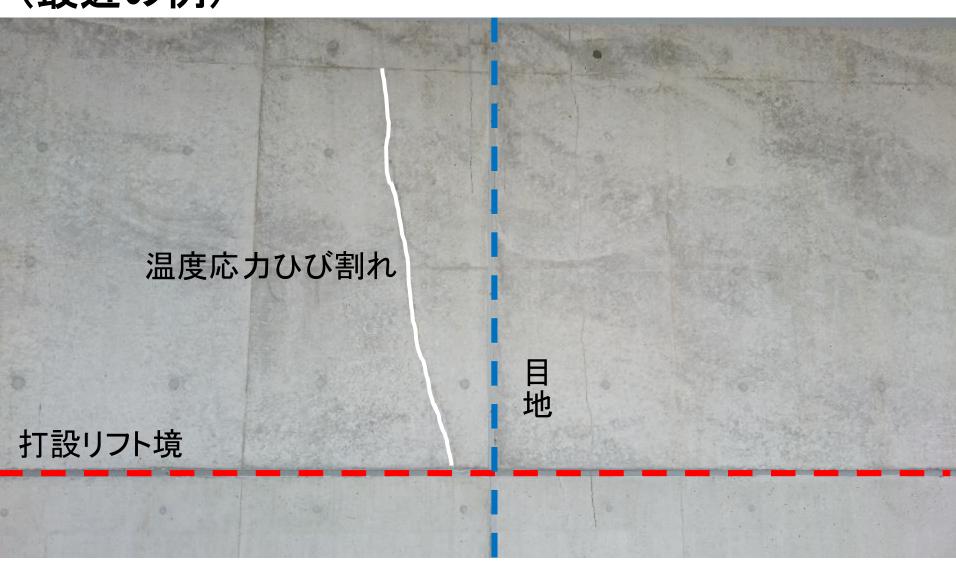
平成17年 (供用8年) 橋台のひび割れ と漏水状況 その後、漏水と ひび割れは補修







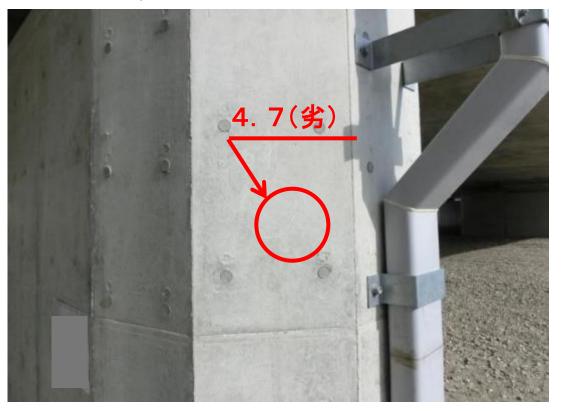
橋台竪壁の目地の直近に入った温度応力ひび割れ (最近の例)



目地よりも直近部分が弱いからひび割れが入った?

### 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)



冬期施工で 共通仕様書 どおりに 脱型して 表面微細 ひび割れが発生

コンクリートの強度等 よび強度

24N/mm2 スランプ

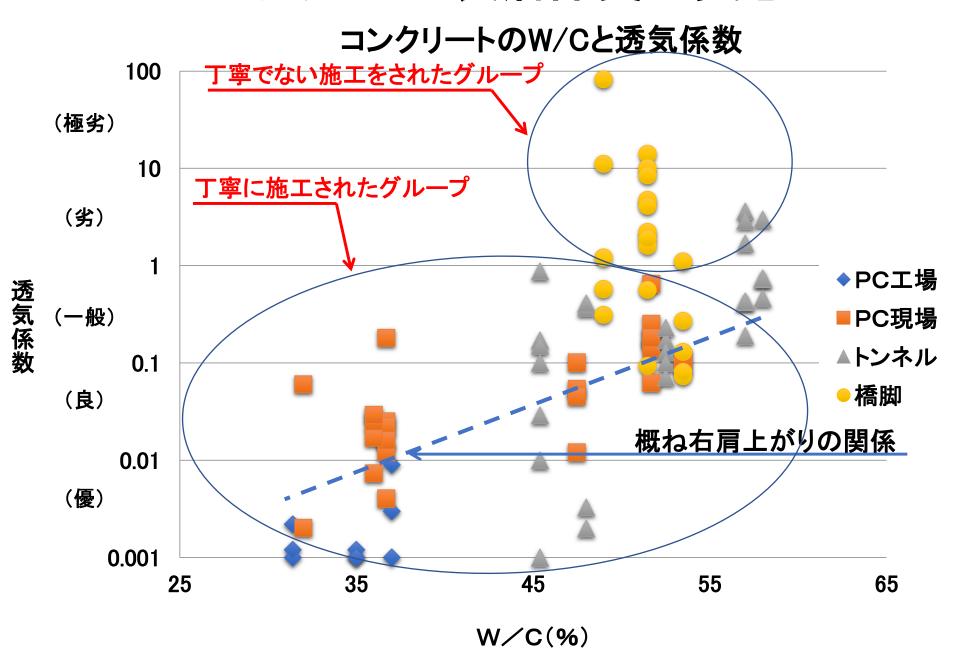
12cm 7

高炉B種

水セメント比 52.5%

透気係数 KT (×10-16m2)	優	良	一般	劣	極劣
	0.001~ 0.01	0.01~ 0.1	0.1~1	1~10	10~100

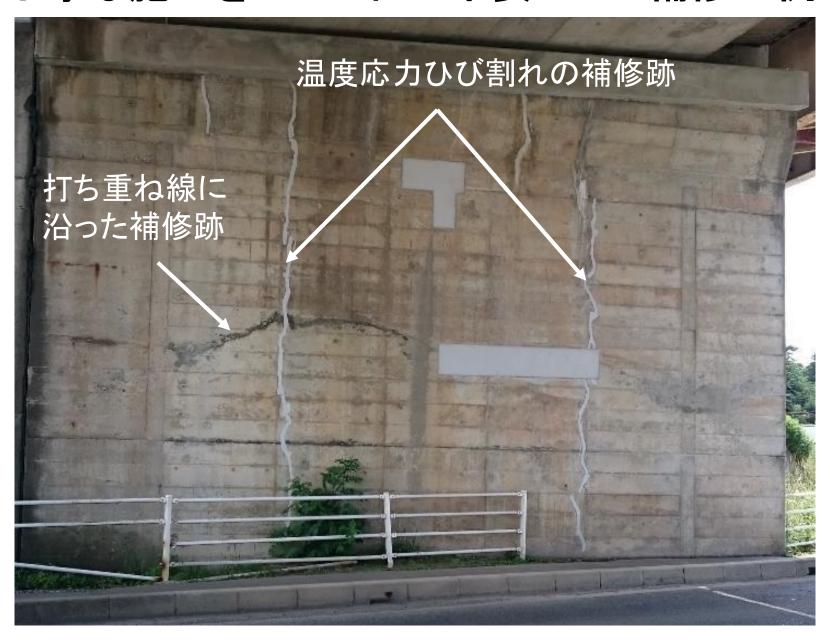
### コンクリートの表層品質の実態



### 丁寧な施工をしていれば不要だった補修の例



### 丁寧な施工をしていれば不要だった補修の例



PCT桁のコンクリート充填不良と補修の再劣化

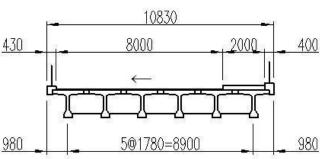
平成21年



平成26年

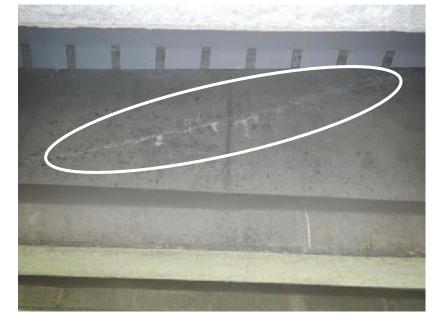
充填不良箇所 を補修したが うきが発生





### PCT桁のグラウト充填不良による漏水・遊離石灰





シースに沿った ひび割れと漏水 凍結防止剤の 影響でPC鋼線 はいずれ腐食



### 品質が良くならない理由

数値基準に注力して、施工が疎かになっている

製造

JIS生コンの使用、アルカリ骨材反応対策

1

運搬

品質、均一性の保持

Ţ

荷卸し

塩化物総量規制(品質証明書等) 単位水量測定、スランプ試験、空気量測定 圧縮強度試験(テストピース採取) 品質管理基準 共通仕様書 無筋・鉄筋 コンクリート

品質管理基準 (数值基準)

施工

打設、締固め、沈下ひび割れに対する処置 打継目、表面仕上げ、養生 コンクリート標準示方書(施工編) コンクリートのポンプ施工指針

共通仕様書 無筋・鉄筋 コンクリート 等

1

施工後

ひび割れ調査 テストハンマーによる強度推定調査

品質管理基準 (数值基準)

良い品質のためには丁寧な施工をすることが重要

### 本来求めるべき品質とは?

強 度、出来形(現状)

+

均質性、密実性、一体性(丁寧な施工)

+

緻密性(十分な養生)

(設計で前提としているコンクリートの品質)

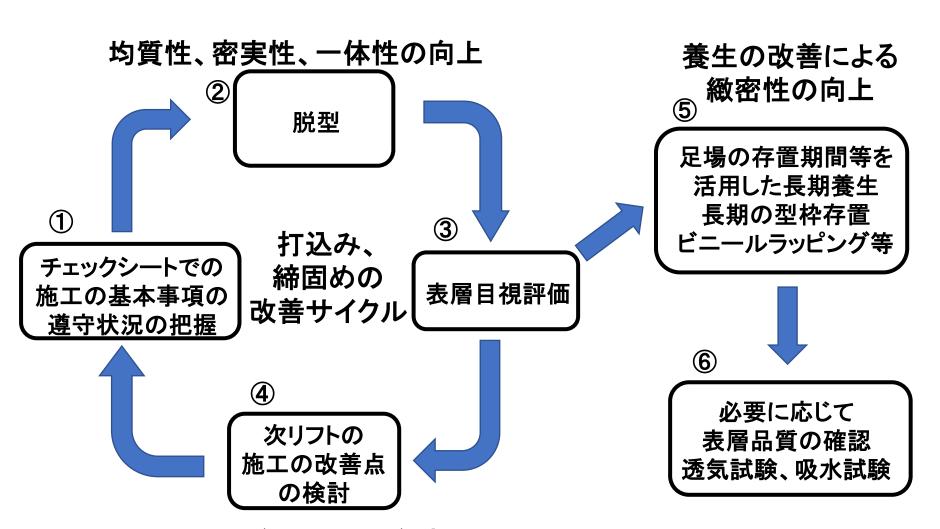


丁寧な施工で

コンクリートの本来の品質を引き出し コンクリート構造物としての弱点を無くす 結果として不要な補修を無くす

### 試行されている品質確保の仕組み

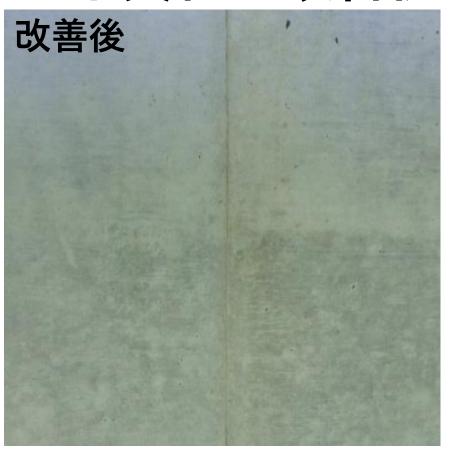
受発注者間のコミュニケーションツール。検査ではない。



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

## 同一橋台におけるチェックシートと目視評価による施工中に生じる不具合の改善例





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。

### ビニールシートで長期養生を行っている橋台



透気試験 Kt=0.011(良) 吸水試験 P600=0.10(良)

### 暑中コンクリートでバイブレータの挿入痕跡がある橋台



## トンネル覆エコンクリートも不具合が 出れば次のブロックで施工方法を改善

既設トンネルの天端 締固めしていない



色むらや打重ね線による 縞模様がある

新設トンネルの天端 十分締固めている



縞模様がほとんど見られない

### 品質確保が耐久性確保の前提条件

東北地方は、ほとんどが積雪・寒冷地域で凍結防止剤を 大量散布。

耐久性確保にはかぶりコンクリートの品質確保は重要。 塩害対策のためには、鉄筋への塩分の浸透抵抗性を 確保するかぶりコンクリートの品質が大きく影響。 凍害対策のためには、不具合をつくらず、かといって過度 な締固めによってエントレンドエアが抜けないことが重要。 ASR対策のためには、抑制効果のある混合セメントを 使い、粘性がやや高くなるため、不具合がでないように 施工することが重要。

設計段階での耐久性確保の意図をよく理解した上で、周到かつ丁寧な施工で品質確保を行うことが重要。