

# 透明型枠による 橋台コンクリート打設の可視化

 (株) 山興 河野 一郎

本発表は、国道197号高野1号橋A2橋台の施工において、型枠の一部を「透明型枠」とし、コンクリート打設及びバイブレータ挿入時のコンクリート表面状態を可視化することで、その有効性を検証したものである。

また、同時に施工技術の継承を目的に、県土木職員をはじめ建設技術者を招いての「工事見学会」を実施した報告である。

# 発表項目

- はじめに
- コンクリート構造物建設と劣化問題
- 維持管理の現状
- 長寿命化と品質向上に向けて
- 実施現場の工事概要
- 工事見学会実施概要
- まとめ

# はじめに

- 本来コンクリート構造物は、高耐久性  
しかし、
  - ・設計当初の劣化メカニズムの不十分な解明
  - ・工期・コストからの不十分な維持管理
  - ・高度成長期後の大量ポンプ圧送施工等  
→要求性能（耐久性）を満足しないコンクリート構造物が多く存在
- 構造物は、要求される期間、要求される水準の性能を有する事が必要
  - ・長寿命化と高いLCC
- 20世紀の「開発と建設の時代」から「持続可能な発展」を目指す21世紀に脱皮成長
  - ・スクラップ・アンド・ビルドから、コンクリート構造物のメンテナンスの時代に

# コンクリート構造物建設と劣化問題

- コンクリート構造物（橋梁）建設の歴史
- 高度成長期に建設されたインフラの高齢化
- コンクリートの劣化問題

# ・コンクリート構造物（橋梁）建設の歴史

## ➤ ポルトランドセメント国産化の背景

- ・ 文久元年（1861）長崎製鉄所建設時にポルトランドセメントを輸入
- ・ その後「横須賀製鉄所」「横須賀造船所」「野島埼灯台」「城ヶ島灯台」建設で使用（少量）

## ➤ 明治維新と殖産興業(殖産興業政策を推進)

- ・ 明治6年（1873）大蔵省土木寮建設局により東京府下深川に摂綿篤（セメント）製造所が建設される
- ・ 明治36年(1903) 鉄筋コンクリート橋（若狭橋L=3.7m）建設
- ・ 明治42年(1909) 本格的な道路橋（広瀬橋 L=16.25m）建設

## ➤ 第二次世界大戦以降、社会資本に大量に使用

- ・ 昭和26年（1951）プレテン・プレストレスコンクリート橋（長生橋）建設
- ・ 昭和28年（1953）ポステン・プレストレスコンクリート橋（東十郷橋）建設

## ➤ コンクリート橋の長スパン化

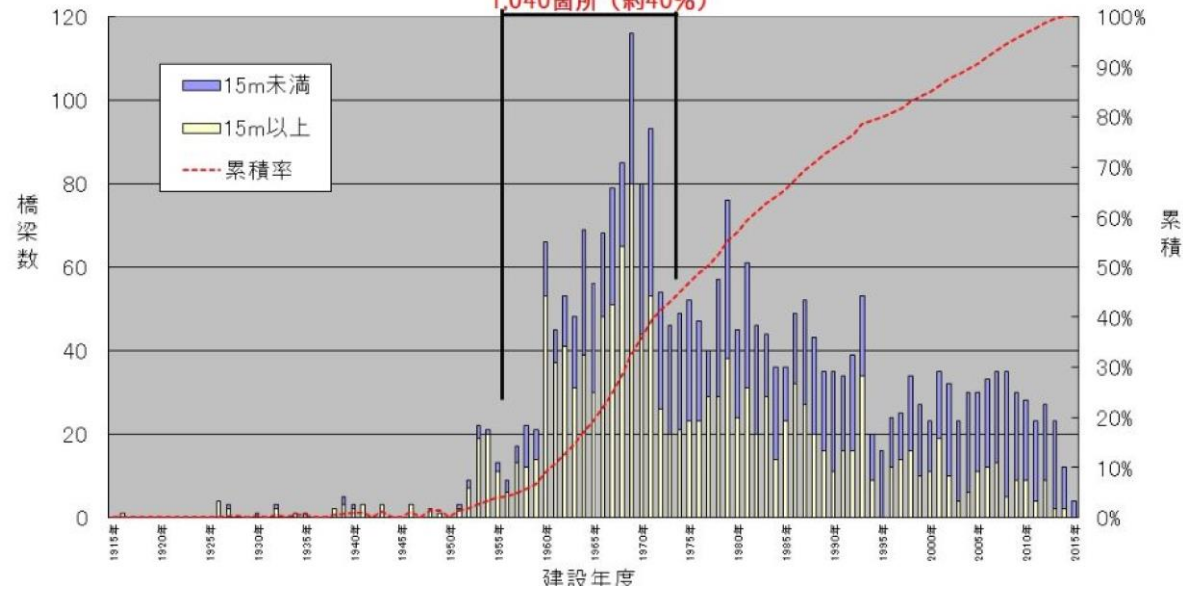
- ・ 平成22年（2010）斜張橋（道路橋）最大支間315m
- ・ 斜張橋やエクストラードード橋など、新たな構造による長スパン橋梁が建設されている。

# 高度成長期に建設されたインフラの高齢化

今後急速に進む橋の高齢化率

## 建設年度別の橋梁箇所数分布

高度経済成長期（1955～1973）  
1,040箇所（約40%）



## 【建設後50年を経過した橋梁の割合】

2019時点

27%

2029時点

52%

※この他に建設年度不明橋梁 約23万橋

※道路局調べ(H31.3)

# ・コンクリートの劣化問題

## ➤ 平成11年6月 山陽新幹線 福岡トンネル 覆工コンクリートの剥落、落下事故

- 山陽新幹線（岡山～博多）昭和50年（1975）開業
- 原因は、覆工コンクリート打設中のコールドジョイント等の形成と長期間の漏水、振動

## ➤ 平成24年12月 中央自動車道 笹子トンネル 天井版落下事故

- 笹子トンネル（大月JCT～勝沼IC）昭和52年（1977）供用
- 要因は、「設計」「材料・製品」「施工」「点検方法・点検実施体制」が複数作用し累積



平成26年3月31日（公布）7月1日施行  
5年に1度、近接目視による全数監視（義務）

## ➤ 平成30年8月 モランディ橋（イタリア）落橋事故

- 昭和42年（1967）完成 コンクリート斜張橋
- 橋梁の特徴は、A形の主塔と斜材を組み合わせた特殊な形式で単純桁をゲルバー形式で接続



# 維持管理の現状

- 定期点検と健全性の診断
- 膨大なインフラストックとその施設点検
- 増え続ける維持管理費
- LCCを抑える予防保全的な維持管理の推進

# 定期点検と健全性の診断

## 定期点検（橋梁）

- 安全で円滑な交通の確保、沿道や第三者への被害の防止を目的
- 各部材の状態を把握、診断し、維持管理に必要な情報を得る
- 「近接目視により5年に1回の頻度で行う」  
(国土交通省令(H26.3.31公布、同年7.1施行))

## 健全性の診断

- 損傷状況の把握及び対策区分を判定。
- 部材単位での健全性の診断及び道路橋毎の健全性の診断を行い、これらの結果を記録する

区分	状態
I 健全	構造物の機能に支障が生じていない状態
II 予防保全段階	構造物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	構造物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	構造物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

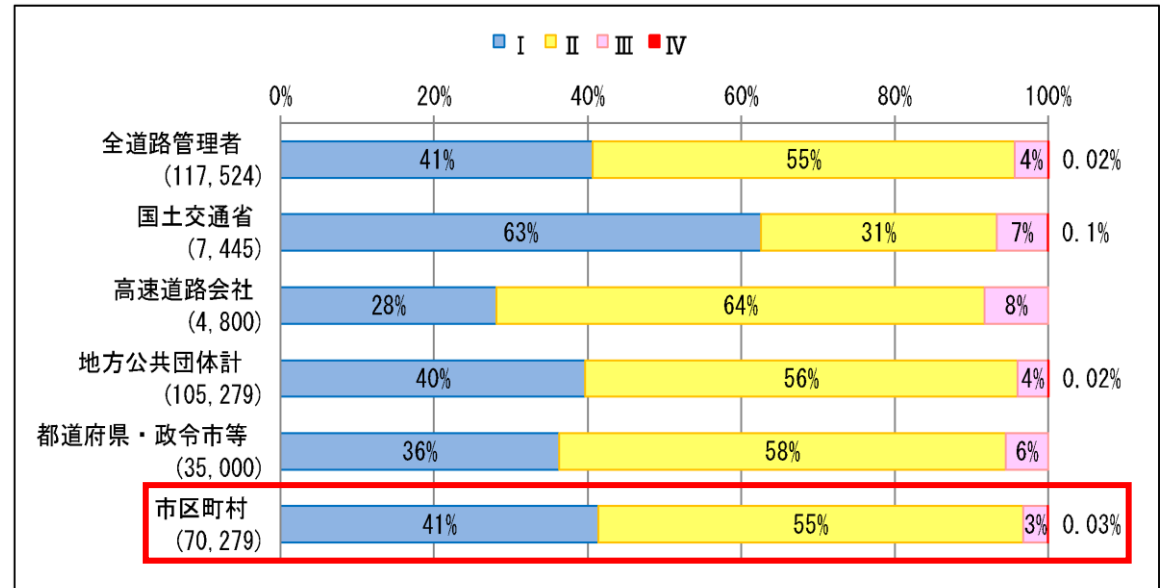
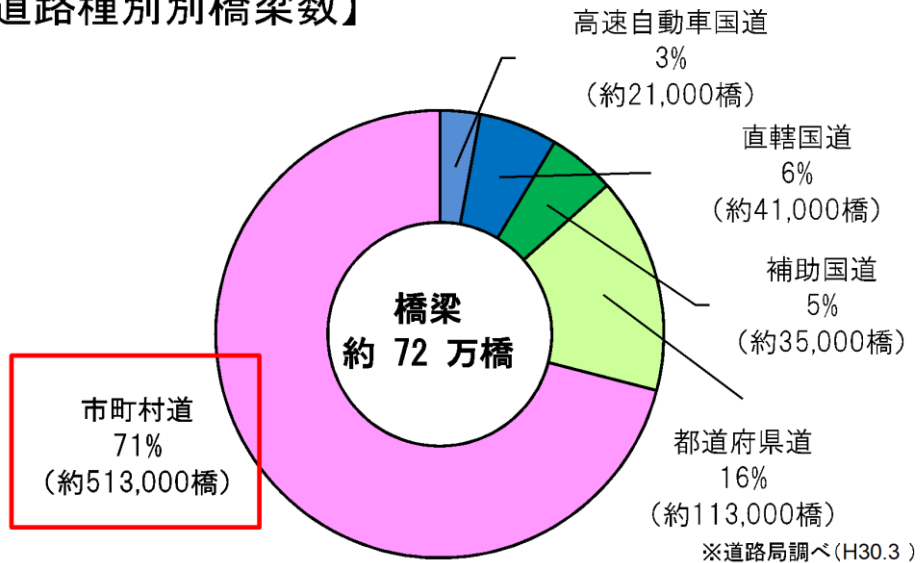


橋梁点検車による直接目視 出展：国土交通省HP

# 定期点検結果 2巡目(2019~2020)

全体の約7割（51万橋）は市町村が管理、その0.03%は区分Ⅳ

【道路種別別橋梁数】



# ・膨大なインフラストックとその施設点検

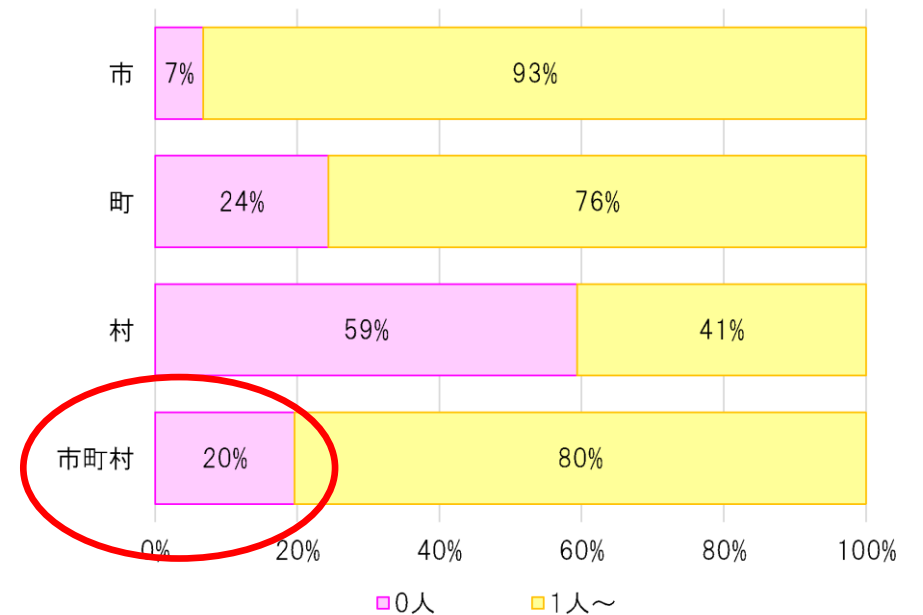
橋梁点検状況（国による直轄修繕等代行制度）



## 約 2 割の市町村では技術者不在

■市区町村における橋梁保全業務に携わる土木技術者数

<令和元年6月時点>



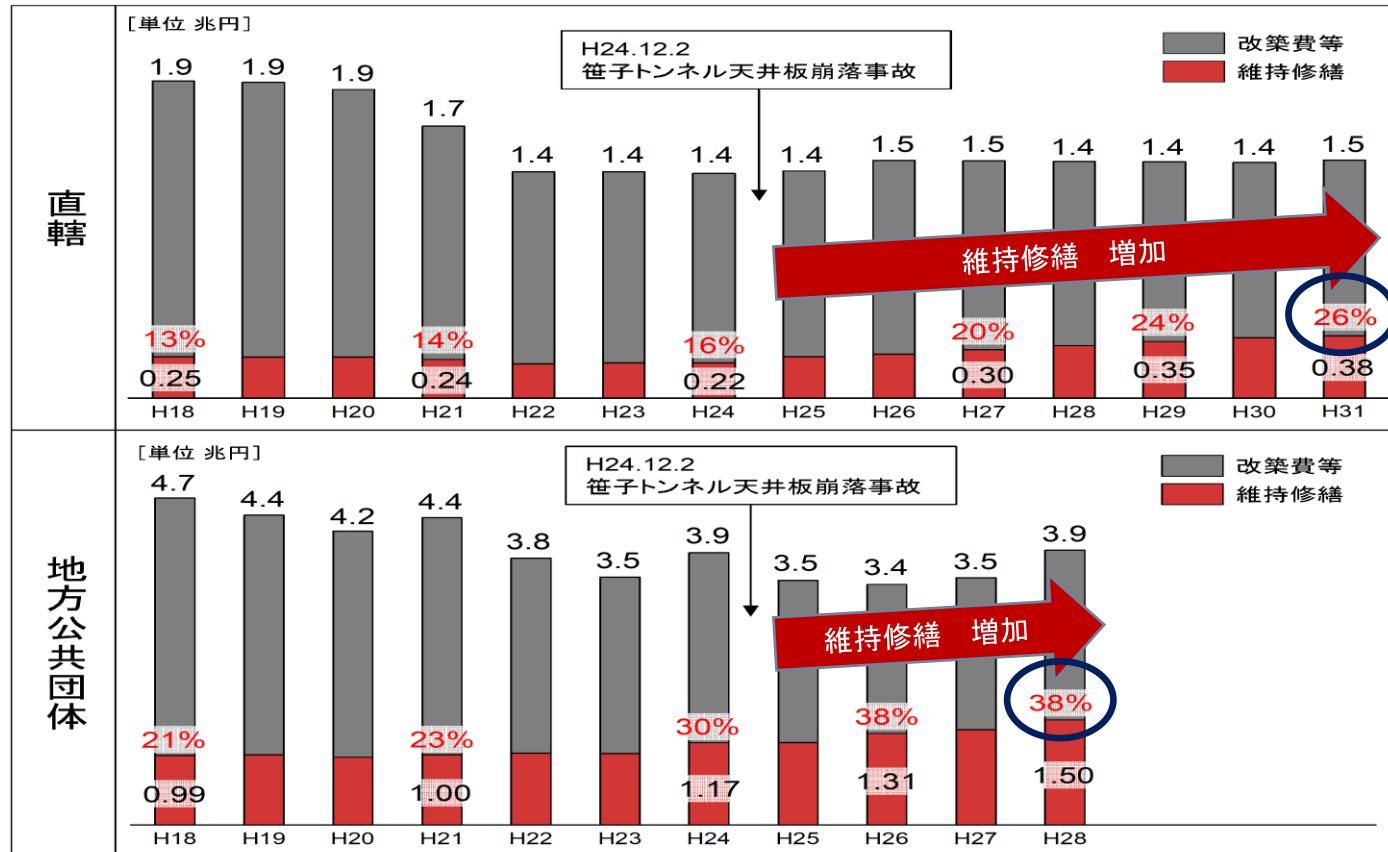
大渡ダム大橋（仁淀川町L=444m）の直轄診断(2014) ※翌年直轄修繕代行実施

出展：国土交通省HP

# 増え続ける維持管理費

地方公共団体では約4割が維持修繕に

■ 道路維持管理予算の推移



※直轄は当初予算額、地公体は精算額(地方単独事業費は決算額)

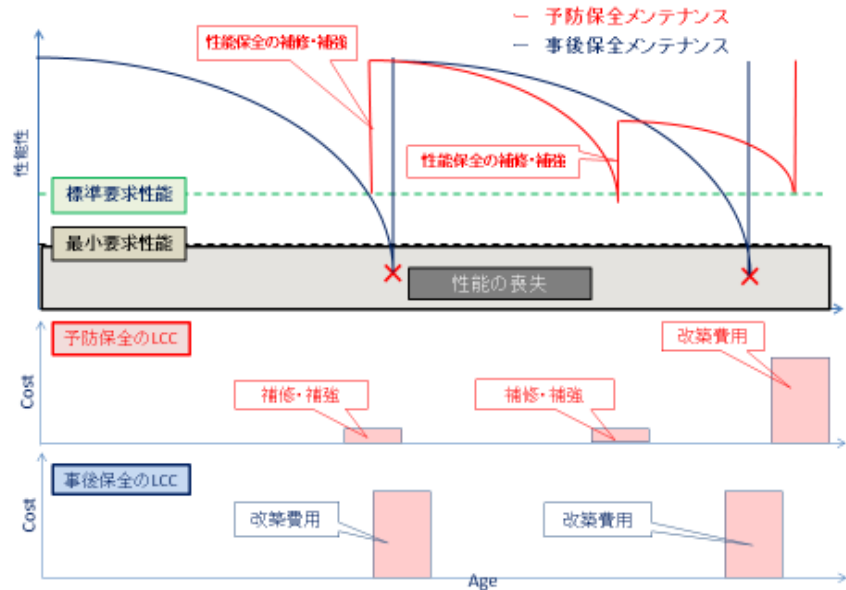
出展：国土交通省HP

# ・LCCを抑える予防保全的な維持管理の推進

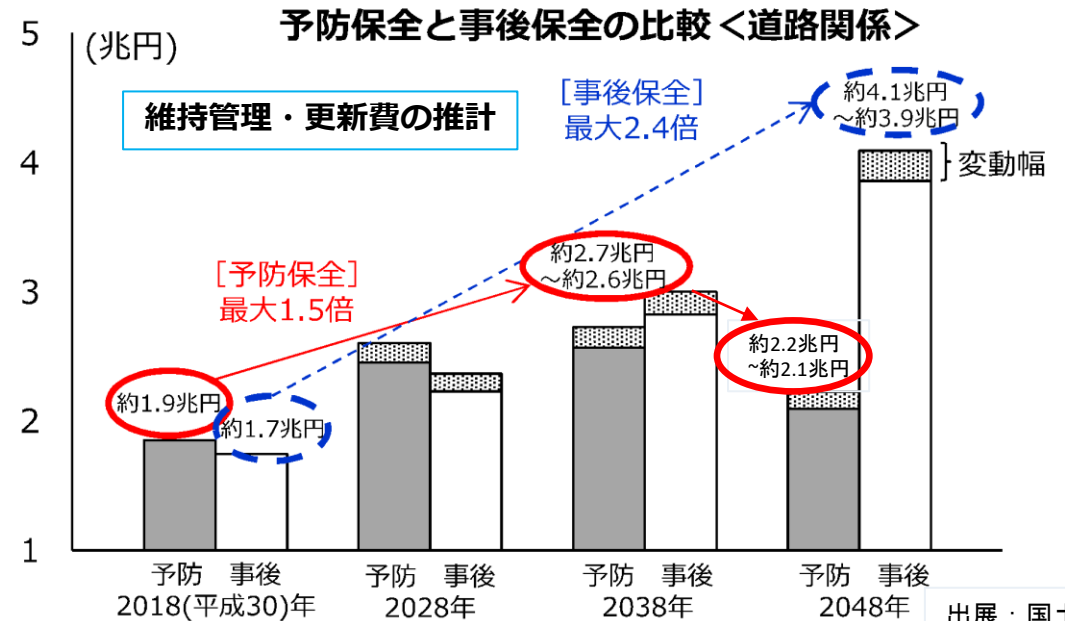
## 予防保全による長寿命化

従来の事後保全に比べ、構造物の劣化（部材の性能低下）予測を適切に行い、予防保全的維持補修を行うことで、構造物のライフサイクルコストを削減する。

### ライフサイクルコストの縮減



## 予防保全により予算ピークを抑える



# 長寿命化と品質向上に向けて

- インフラの長寿命化計画
- 耐久性向上対策（設計）
- 耐久性を阻害する初期欠陥問題
- 主な初期欠陥
- 初期欠陥観察の試み（打設作業の可視化）



# ・インフラの長寿命化計画

## ➤ インフラ長寿命化基本計画

- **平成25年11月** 「インフラ老朽化対策の推進に関する関係省庁連絡会議」
- ○メンテナンスサイクルを構築
- ○メンテナンスサイクルの実行や体制の構築等により、**トータルコストを縮減・平準化**
- ○産学官の連携により、新技術を開発・メンテナンス産業を育成

## ➤ 国土交通省インフラ長寿命化計画（行動計画）

- **平成26年5月** 「社会資本の老朽化対策会議 議長：国土交通大臣」
- **対象：国交省が制度等を所管する全ての施設 期間：平成26～32年（2014～2020年度）**
- ○行動計画をとりまとめ
- ○メンテナンスサイクルを構築・継続的に発展
- ○国民の安全・安心の確保、トータルコストの縮減・平準化、メンテナンス産業の競争力確保の実現



# ・耐久性向上対策（設計）

## ➤ 最小床板厚

昭和40年代 RC床板のひび割れが問題化

○車両の大型化、交通量増加

平成6年～ 25 t 対応 補修・補強の促進

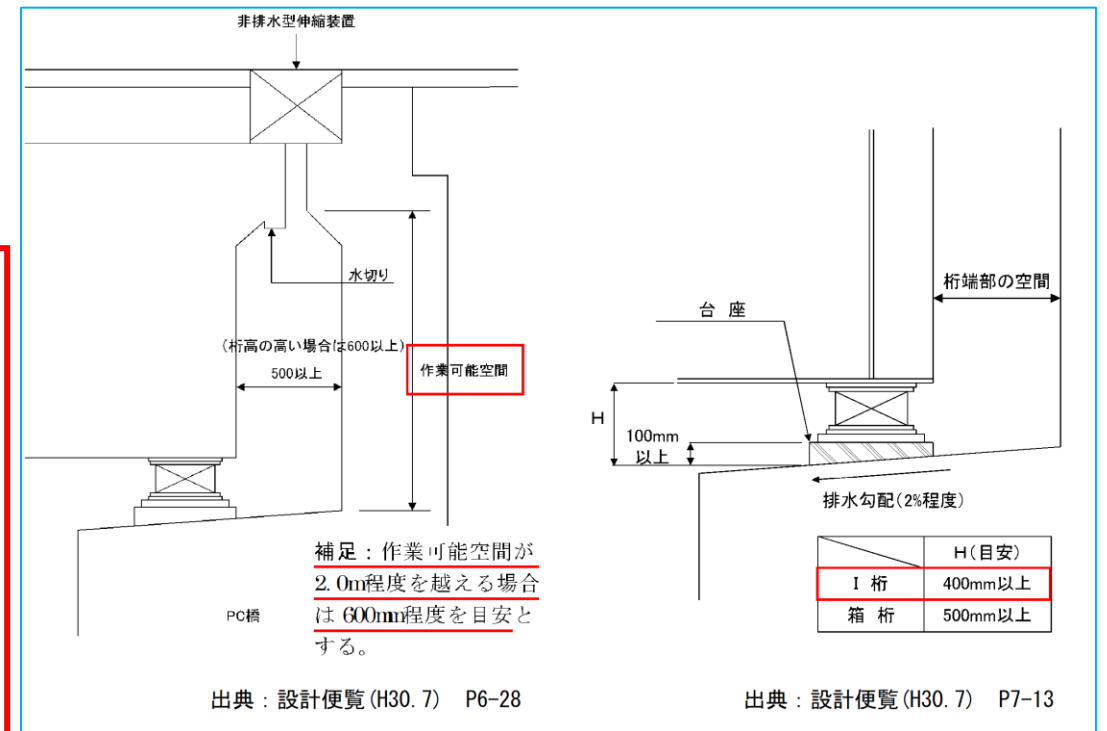
## ➤ 維持管理計画方針

### 耐久性向上対策

○橋の設計にあたっては、各部材等について、

- ・道路ネットワークにおける路線の位置づけ
- ・代替性、性能低下が及ぼす影響程度
- ・修繕による通行に及ぼす影響の程度
- ・異常の発見や修繕の容易さの程度

を考慮して、各部材等に必要な耐久性を確保しなければならない



# ・耐久性を阻害する初期欠陥問題

## ➤ コンクリート構造物の変状

変状を大別すると **1) 初期欠陥** 2) 経年劣化 3) 構造的変状

### 初期欠陥の主なもの

①豆板 ②コールドジョイント ③内部欠陥 ④砂すじ ⑤表面気泡 など

初期欠陥は、それ自体がコンクリート構造物の**要求性能（主に美観・景観や使用性）**を満足しないだけでなく、**構造物の劣化速度を増大させる要因**となる。  
コンクリート構造物の**長期耐久性に大きな影響を及ぼす。**

### 経年劣化としては

①ひび割れ・浮き・剥落 ②錆汁 ③エフロレッセンス ④汚れ（変色） ⑤すり減り など

### 構造的変状のとしては

①たわみ ②変形 ③振動 など

・主な初期欠陥



## 初期欠陥【豆板】

豆板とは、セメントペースト、モルタルの廻りが悪いため、粗骨材が多く集まってできた空隙の多い不良部分



### 発生原因

コンクリートを打ち込むときの材料の分離、締固め不足、型枠下端からのセメントペーストの漏れなどにより生じる。



### 防止対策

コンクリートのワーカビリティを高め、材料分離が起こらないように打込、バイブレータで十分締め固める。



### 補修方法

程度によって異なるが、深さ1～3Cm程度で、粗骨材のはつりが不要な場合は、豆板部分にポリマーセメントを塗布し補修する。



# 初期欠陥【コールドジョイント】

コンクリートを打ち重ねる時間を過ぎて打ち込んだ場合に、一体化せず打ち重ねた部分に不連続な面が生じること。



## 発生原因

前に打ち込まれたコンクリートの硬化程度（凝結程度）が最大の発生要因



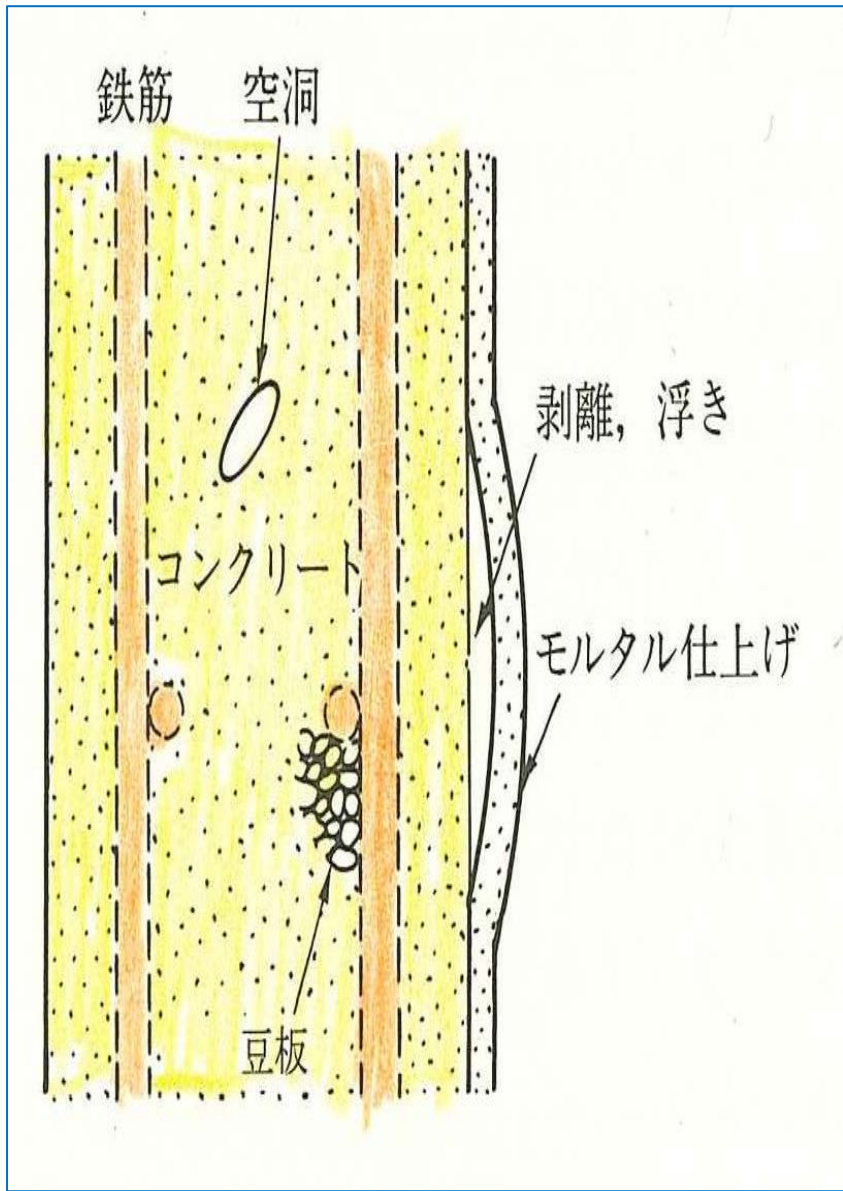
## 防止対策

コンクリートを連続して打ち込む必要があるため、運搬時間、打込方法、手順、人員配置など、綿密な施工計画が必要。



## 補修方法

軽微なもの（色違い、縁切れがはっきり認められないもの）は、ポリマーセメントを刷毛塗する。明瞭なものは、Uカット方法などの補修を行う。



# 初期欠陥【内部欠陥】

コンクリートとモルタルとの界面浮き、剥離などで、コンクリート構造物の内部に生じた豆板や空洞のこと。



## 発生原因

施工不良に主な原因があり鋼材の腐食、水密性及びコンクリート構造物の維持管理上の問題となる。



## 防止対策

施工不良が主な原因であり十分な施工管理を行うことが内部欠陥の防止に重要である。



## 補修方法

程度により様々。定期的な点検や十分な診断を行い、補修方法を個別に検討する。





## 初期欠陥【砂すじ】

せき板に接するコンクリート表面に、コンクリート中の水分が分離して外部に流れ出す場合に生じ、コンクリート表面に細骨材が縞状に露出したもの。



### 発生原因

ブリーディングの多いコンクリートの浮き水を取り除かないで打ち重ねた場合や、軟練りコンクリートを過度に締固めた場合に発生



### 防止対策

ブリーディングが少なくワーカビリティの良いコンクリートを使用する。  
締固めを十分行いながらコンクリートの打込速度の管理を適切に行って、振動機を型枠に沿ってゆっくり打ち上げる。



### 補修方法

美観上の問題となる場合がある。  
ワイヤーブラシで砂すじ部分とその近傍を健全な部分までケレンして、ポリマーセメントペーストなどを用いて均一に塗布する。



# 初期欠陥【表面気泡】

せき板に接するコンクリート表面に、コンクリート打込時に巻き込んだ空気あるいはエントラップドエアがなくならずに残って露出し、硬化したものの。



## 発生原因

型枠面の傾斜や、コンクリートの凝結時間、締固め方法などがある。



## 防止対策

コンクリートの打込速度や締固めの管理を行う必要がある。また、傾斜部の型枠などにはあらかじめ空気孔等を設置しておく。

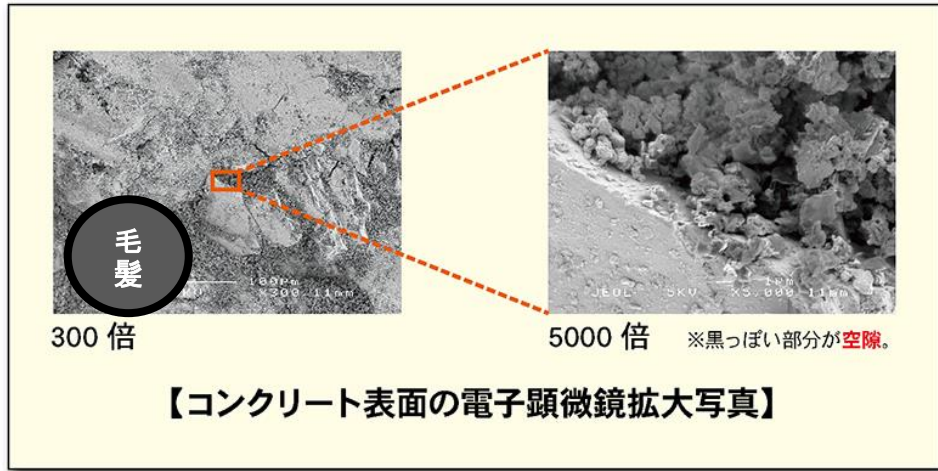


## 補修方法

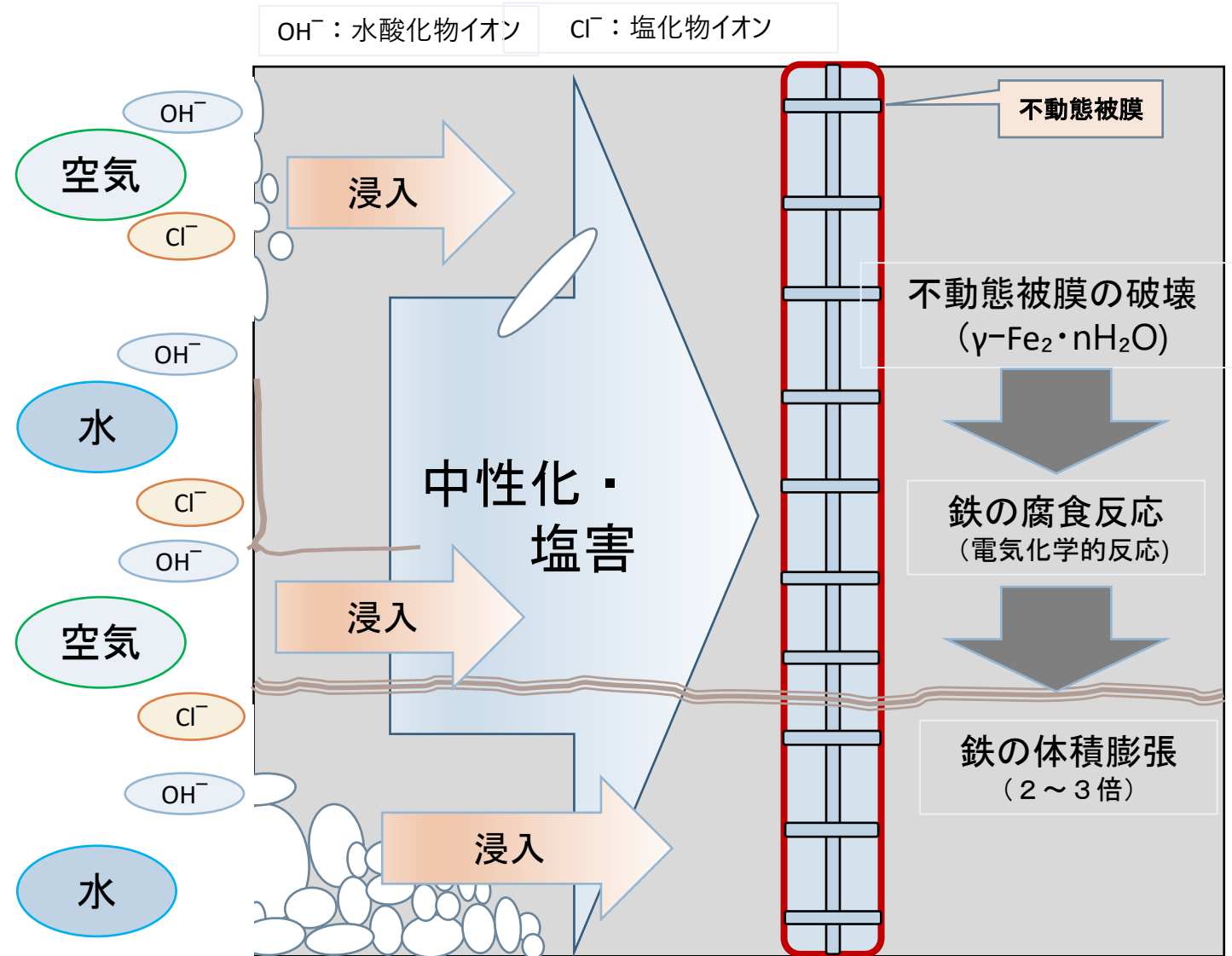
表面気泡部にポリマーセメントペーストを塗布し、直ちにポリマーセメントモルタルを表面気泡部に押し込むようにし密実に充填する。



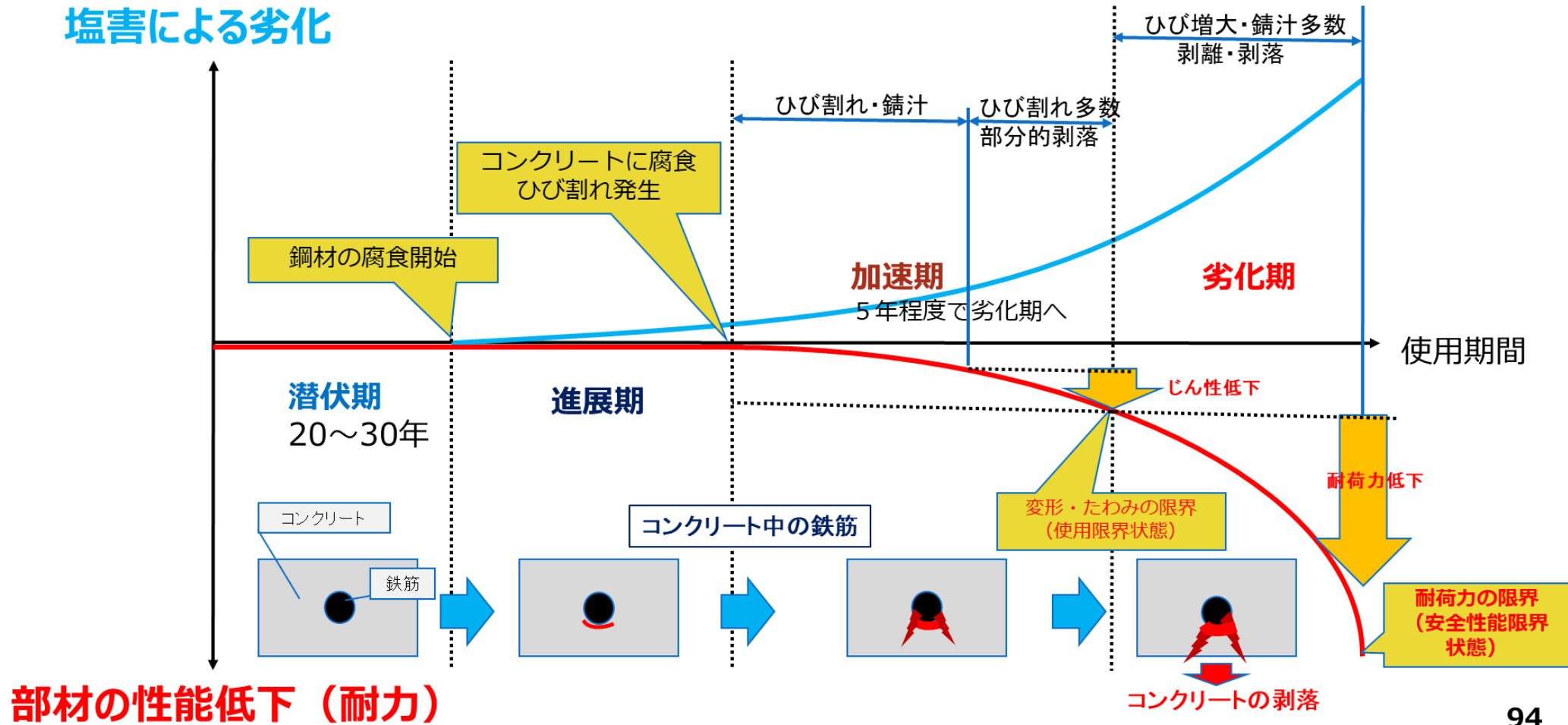
# 鉄筋の腐食過程



初期欠陥防止が  
長寿命化のカギ



# 劣化の進行過程（塩害の場合）



# ・初期欠陥観察の試み（打設作業の可視化）

## ▶ 初期欠陥毎の発生原因

### ①豆板

コンクリート打設時の材料の分離、締固め不足、型枠下端からのセメントペーストの漏れなど

### ②コールドジョイント

前に打ち込まれたコンクリートの硬化程度（凝結程度）が最大の発生要因

### ③内部欠陥

施工不良が主な原因。  
鋼材腐食、水密性及びコンクリート構造物の維持管理上の問題となる。

### ④砂すじ

ブリーディング水を取り除かないで打ち重ねた場合や、軟練りコンクリートを過度に締固めた場合に発生

### ⑤表面気泡

型枠面の傾斜や、コンクリートの凝結時間、締固め方法などが原因

打設時に発現するのか？  
バイブレータは有効か？

?

打設作業現場でのコンクリート表面を観察（可視化）



# 実施場所の工事概要

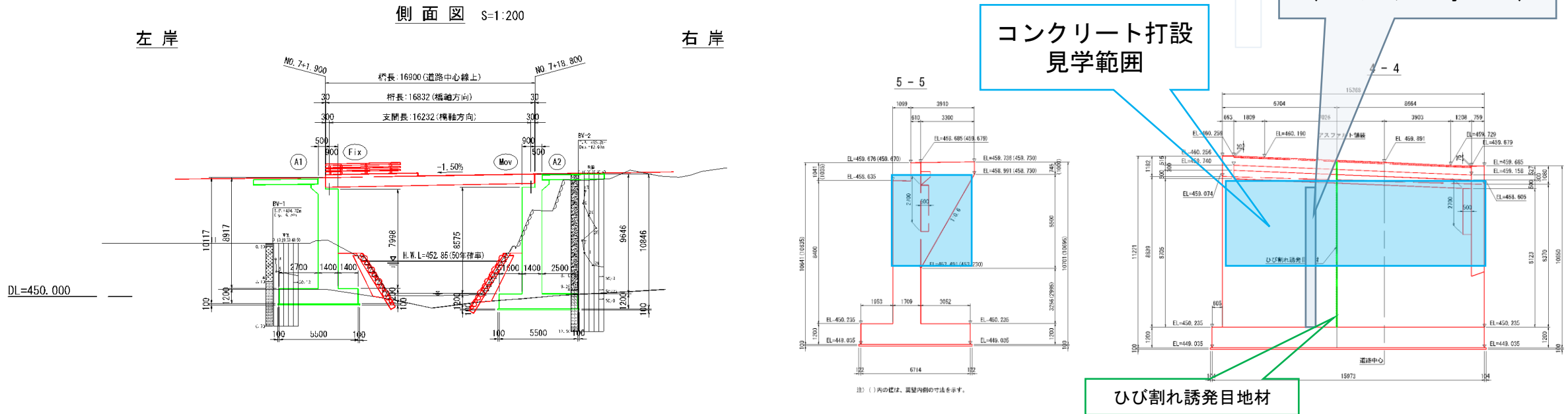


高野 1 号橋 A2橋台



# 高野 1 号橋

**施工場所** : 国道197号 高岡郡 津野町 高野  
**建設環境** : 第二次緊急輸送道路、積雪地、登坂車線区間  
**渡河河川名** : 高野川 (四万十川支線)  
**橋梁名** : 高野 1 号橋(プレテンション方式PC単純木口一桁 16本)  
 L=16.9m      W=9.7m  
 A2橋台(逆T式橋台)      H=10.847m      W=15.368m



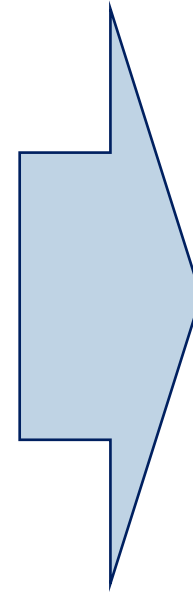
# 見学会のポイント

- **打設作業現場でのポイント**

- 一連のコンクリート打設作業の継承
  - 脱型後のコンクリート養生、表面の評価

- **透明型枠（可視化）でのポイント**

- 打設中の初期欠陥発現の確認
  - 施工技術（バイブ）の有効性



コンクリート  
品質向上  
(長寿命化)

# 工事見学会実施概要

- 実施日：令和元年12月19日（木） 天候：くもり 気温：8℃（平均）
- 実施場所：国道197号 高岡郡 津野町 高野
- A2橋台概要：H=10.847m W=15.368m ConV=312m<sup>3</sup>
- 参加者：県土木職員11名 土木施工技術者3名
- 見学内容
  - 堅壁3/4 リフト目 コンクリート打設、バイブレータ挿入
  - 脱型後の躯体表面養生及び出来栄え
  - コンクリート：24-8-20（普通） 生コン工場距離：L=11.9Km



# A2橋台の施工状況



打設機材配置



打設作業状況  
(ウイング部)



透明樹脂製型枠 (青枠)



打設作業状況 (躯体部)



# 工事見学会状況



脱型後のコンクリート養生及び表面の出来栄え評価と見学



透明型枠を通したの打設状況見学



当日の指導を頂いた原田会長



## コンクリート表面の状態（生コン投入）





## エントラップドエアの排出状況（バイブレータ挿入時）



# 脱型後のコンクリート表面



透明性型枠部の脱型後の  
コンクリート表面



コンクリート表面（拡大）

# まとめ（観察結果）

## ➤ 評価点

- コンクリート打設中に初期欠陥は発現しなかった
- バイブレータ作業の有効性（エントラップドエアの排出）が確認できた
- 打設技術の継承、作業者の意識高揚（やりがい）が図れた

## ➤ 反省点

- その他の初期欠陥打ち継ぎ部（コールドジョイント）にも注目すべき
- 打設の一連状況（生コン車～ポンプ～打設）を注目すべき

## ➤ 今後の展望

- 「コンクリート構造物の品質向上」と「やりがいのある現場づくり」の両立を目指して  
現場での実践や情報発信などに取組んでいきたい

# ご清聴

## ありがとうございました



・ (株) 山興 (さんこう)

河野 一郎(KONO Ichiro)



・ 0889-62-3238



・ sanko\_ik@sound.ocn.ne.jp