

## 鉄道コンクリート構造物の維持管理

(公財) 鉄道総合技術研究所  
田所 敏弥



Railway Technical Research Institute

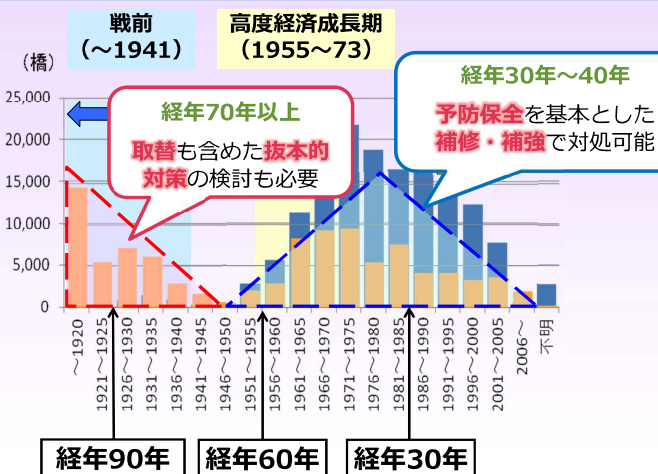
## 鉄道コンクリート構造物の維持管理

1. 鉄道構造物の現状
2. 鉄道構造物の維持管理に関する動向
3. 鉄道構造物等維持管理標準の概要
4. 最近の取り組み

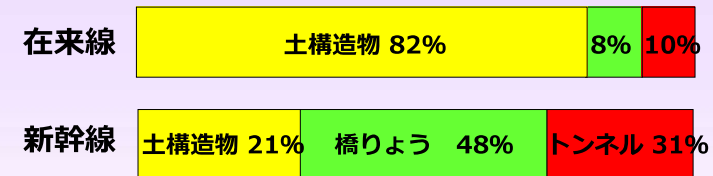


Railway Technical Research Institute

## 道路橋・鉄道橋の経年数



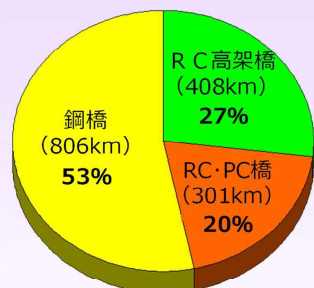
## 鉄道構造物の構成



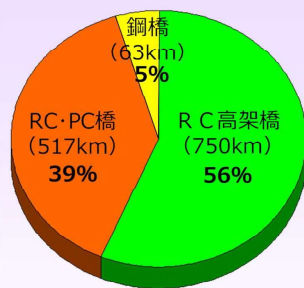
※ 北陸新幹線（長野以北）、北海道新幹線除く

- 土構造物：時間の経過とともに安定、災害の影響
- 橋りょう：鋼、コンクリートなどの材料劣化の影響
- トンネル：地圧、漏水などによる変状の進行

## 橋りょうの構造形式別の延長



在来線 (約1,500km)



新幹線 (約1,300km)

※北陸新幹線 (長野以北)、北海道新幹線除く

- 建設年次が新しく、大都市間を走行する新幹線は、コンクリート構造物が多い

## 鉄道コンクリート構造物の維持管理

1. 鉄道構造物の現状
2. 鉄道構造物の維持管理に関する動向
3. 鉄道構造物等維持管理標準の概要
4. 最近の取り組み



Railway Technical Research Institute

## 鉄道構造物の維持管理に関する最近の動向

- 1999年 山陽新幹線福岡トンネルのコンクリート剥落事故
- 2000年 「鉄道施設の検査のあり方」の検討 (鉄道局) 事務局：鉄道総合技術研究所
- 2002年 「鉄道に関する技術上の基準を定める省令」施行  
「施設及び車両の定期検査に関する告示」施行
- 2007年 鉄道局「**鉄道構造物等維持管理標準 制定**」  
**コンクリート/鋼・合成/基礎・抗土圧/土構造/トンネル**
- 2012年 中央道笹子トンネルの天井板落下事故
- 2013年 インフラ長寿命化基本計画 (国交省)
- 2013～14年 鉄道構造物の維持管理に関する基準の検証会議 (鉄道局)
- 2017年 コンクリートの剥落対策に係る手引き 発刊 (鉄道局)
- 2016～18年 鉄道コンクリート構造物の維持管理に関する検討会
- 2020年 **鉄道コンクリート構造物の維持管理の手引き発刊 (鉄道局)**
- 2022年 **鉄道構造物等維持管理標準・同解説 (コンクリート構造物)**  
**付属資料改訂 (予定)**



## 鉄道構造物の維持管理の取り組み

- 1945年以降 戦災で焼失した図面などの資料再整備
- 1956年 「**建造物保守心得 (案)**」  
「**建造物の検査および措置要領**」
- 1974年 「**土木建造物の取替標準 (土木建造物の取替の考え方)**」  
⇒ 補修の流れが体系的に整備、現在の鉄道構造物の維持管理の基本
- 1987年 「**建造物保守管理の標準**」  
⇒ 最新の知見の導入、健全度の判定事例、チェックリストの追加
- 2007年 「**鉄道構造物等維持管理標準 制定**」  
⇒ 国鉄時代の保守管理の標準を改訂  
⇒ 鉄道に関する技術上の基準を定める省令 (国交省令151号) 解釈基準  
⇒ コンクリート分科会 主査：魚本健人東京大学教授 (当時)

# 鉄道コンクリート構造物の維持管理

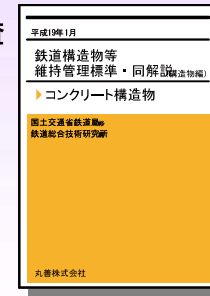
1. 鉄道構造物の現状
2. 鉄道構造物の維持管理に関する動向
3. 鉄道構造物等維持管理基準の概要
4. 最近の取り組み



Railway Technical Research Institute

## 鉄道構造物等維持管理基準の特徴

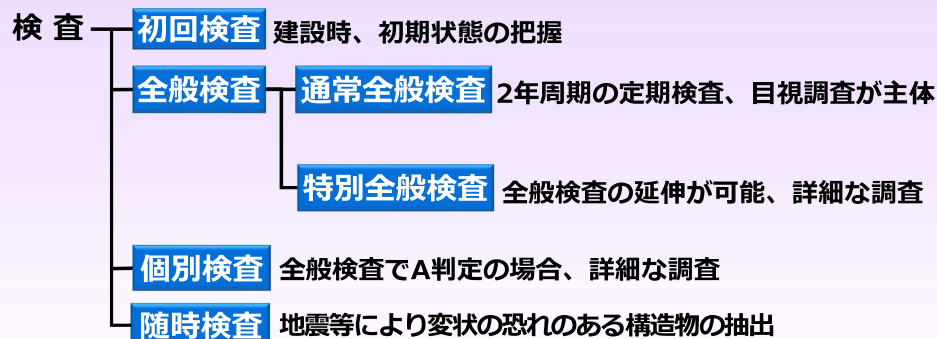
- **性能規定化（省令）への対応**
  - ・要求性能（安全性を考慮、必要に応じ使用性、復旧性）
- **検査区分の明確化**
  - ・初回検査、全般検査、個別検査、随時検査
- **検査周期**
  - ・従来の2年を基本、条件に応じ延伸可
- **検査員資格の明確化**
  - ・責任者（外注不可）実施者（外注可）
- **健全度判定**
  - ・調査項目、調査箇所、判定区分
- **その他**
  - ・検査から措置までの**維持管理を体系化**
  - ・検査、措置の**標準的な各種手法**の提示



|     |         |
|-----|---------|
| 第1章 | 総則      |
| 第2章 | 維持管理の基本 |
| 第3章 | 初回検査    |
| 第4章 | 全般検査    |
| 第5章 | 個別検査    |
| 第6章 | 随時検査    |
| 第7章 | 措置      |
| 第8章 | 記録      |

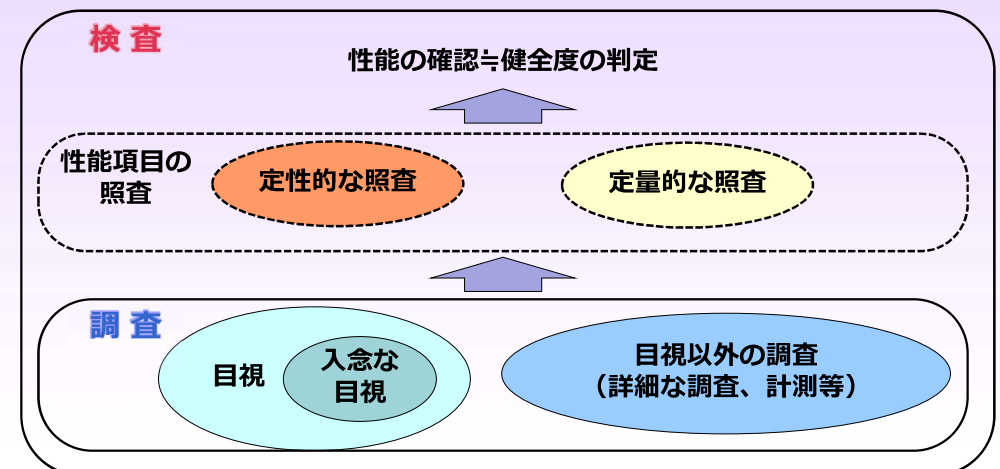
維持管理基準・同解説（2007年1月）  
鉄道局監修、鉄道総研編

## 鉄道構造物等維持管理基準における検査区分



検査：構造物の現状を把握し、**性能を確認する行為**  
調査：構造物の状態や周辺の状況を**調べる行為**

## 維持管理基準における検査の考え方



## 維持管理標準における維持管理の手順



## 維持管理標準における健全度の判定区分

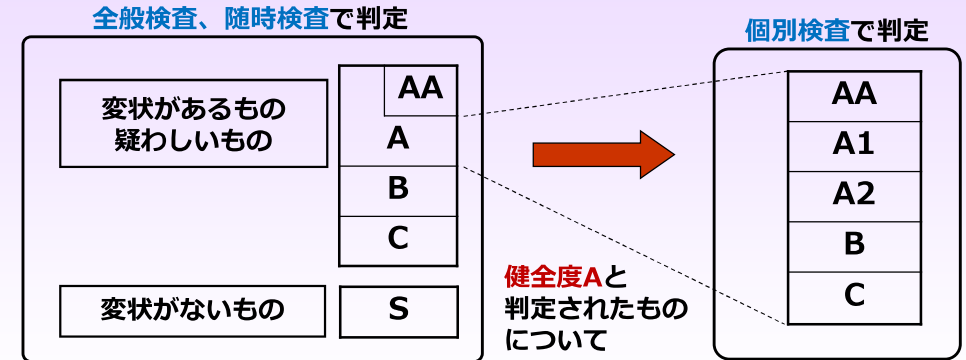


図 標準的な健全度の例

## 維持管理標準における健全度の判定区分

| 健全度 | 構造物の状態                                         |
|-----|------------------------------------------------|
| A   | AA 運転保安、旅客・公衆安全および列車の正常運行の確保を脅かす、またはその恐れのある構造物 |
|     | A1 進行中の変状があり、早急に措置が必要                          |
|     | A2 将来的に性能低下につながる変状あり、必要な時期に措置が必要               |
|     | B 将来、健全度Aになる恐れのあるもの                            |
| C   | 軽微な変状があるもの                                     |
| S   | 健全なもの                                          |

※道路橋の健全性区分（道路橋定期点検要領）  
I（健全）、II（予防保全段階）、III（早期措置段階）、IV（緊急措置段階）

## 初回検査

### 初回検査の目的

新設構造物および改築・取替を行った構造物の**初期の状態を把握、供用開始前に実施**

### 調査項目と方法

**入念な目視を基本**、必要に応じて目視以外の方法

- ひび割れ、漏水等の有無を入念な目視により調査
- コンクリートのはく離、空洞等は打音法等を併用
- その他必要に応じて、設計図書、コンクリートの配合、鋼材のかぶり等の調査

## 全般検査（定期点検）

### 全般検査の目的

構造物の状態把握、健全度判定を目的、**2年毎に実施**

### 全般検査の区分

**通常全般検査** 変状を有する構造物の抽出

**特別全般検査** 健全度の判定の精度を高めること、周期延伸が可能

### 全般検査の方法

目視を基本とする

## 全般検査における健全度の判定例

### 鉄道構造物等維持管理標準 健全度判定の例（RC桁）

| 構造物 | 変状種別 | 調査箇所                             | 調査項目                                                                                                  | 判定の例                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | 判定                                                        |
|-----|------|----------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------|
| RC桁 | ひび割れ | 単純桁<br>・支承部<br>・支間中央部<br>・支間1/4部 | <ul style="list-style-type: none"> <li>ひび割れの幅</li> <li>ひび割れの方向</li> <li>進行程度</li> <li>発生位置</li> </ul> | 構造物全体<br>・破壊状態のもの<br>中央部<br>・幅数mm程度で、かつ上面が圧壊しているもの<br>・幅数mm以上のもの<br>・ひび割れから鉄筋の錆汁がみられるもの<br>・幅が0.2mm程度を超えるものが多数発生しているもの<br>・幅が0.2mm程度以下のものが多数発生しているもの<br>支点部<br>・斜めひび割れが、支点方向に軸方向鉄筋に沿って進行し、幅の大きいもの<br>・斜めひび割れの幅が、0.2mm程度を超えているもの<br>・斜めひび割れの幅が、0.2mm程度以下のもの<br>・支点から垂直にひび割れが生じているもの<br>・支承部のコンクリートが圧壊しているもの | AA<br>AA<br>AA<br>A<br>A<br>B<br>AA<br>A<br>B,C<br>A<br>A |

### 健全度の判定例のポイント

- ・目視が基本
- ・劣化要因の推定不要  
⇒経験の少ない検査員でも実施可能
- ・安全側の判定  
⇒問題のありそうな構造物の抽出（スクリーニング検査）

## 全般検査における健全度の判定例

### 対象構造物（コンクリート構造物関係）

- ・RC桁、PC桁、H鋼埋込み桁
- ・ラーメン高架橋、ラーメン橋台、橋脚・橋台、アーチ橋
- ・函きよ、土留擁壁
- ・旧式構造物、無筋コンクリート構造物

### おもな変状種別

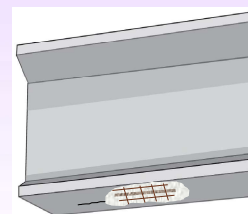
- ・ひび割れ、はく離、はく落、鉄筋露出、ASR
- ・シース露出、反りあがり、鋼棒の破断、突出
- ・支点の変位、浮き上がり、シューの破損
- ・構造物の変位、不同沈下
- ・排水不良、目地切れ、エフロレッセンス、すりへり

### おもな調査箇所・項目

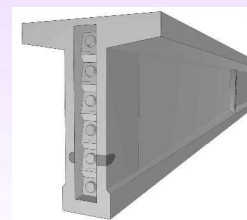
- ・変状部位、ひび割れ方向、ひび割れ幅、錆び汁の有無、変状の程度

## 全般検査における健全度判定例

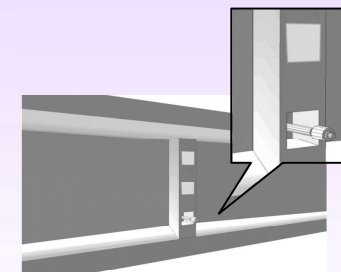
### PC桁のはく落、鉄筋の露出（A判定）



300×300mm程度以上の範囲で鋼材、シースが露出し、腐食



定着部にはく落があり、主ケーブル定着部に腐食



横締めPC鋼棒の破断しているもの

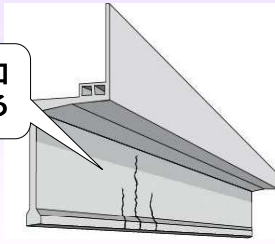
- ・鋼材腐食、定着不良による**耐力、剛性の低下**が懸念される
- ・かぶりコンクリートのはく落により、**公衆安全性が脅かされる**

## 全般検査における健全度判定例

### PC桁のひび割れ

ひび割れが常時開口し、進行が急激なもの（AA判定）

常時開口  
している



主ケーブル破断により**耐力低下の懸念**

- グラウト充填不良により、複数の主ケーブルが腐食・破断し、**プレストレスが減少し、耐力低下の恐れ**

### ケーブル破断を再現した実大実験

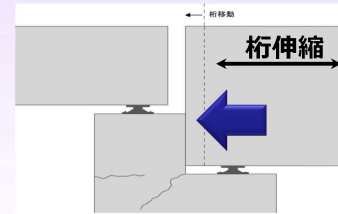


PC桁の曲げひび割れ

## 全般検査における健全度判定例

### 橋脚かけ違い部のひび割れ

水平方向に0.2mmを超えたひび割れ（A判定）



鉄筋の降伏により、**耐力低下の恐れ**



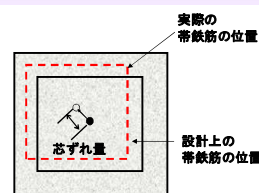
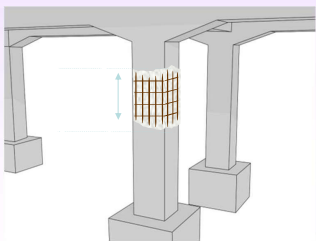
橋台のひび割れ

- 支承不良のため、温度変化による桁伸縮により想定外の変位が生じた可能性

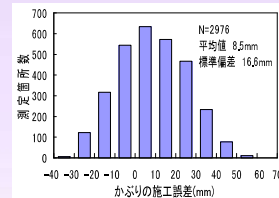
## 全般検査における健全度判定例

### 高架橋柱の鉄筋露出

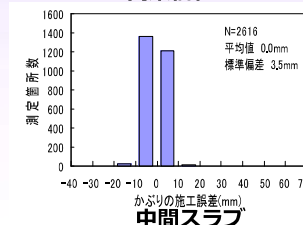
柱の鉄筋が露出しているもの（B-AA判定）  
（範囲、腐食の有無に応じて判定が設定）



施工時の施工誤差に起因



高架橋柱



中間スラブ

- 柱部材は、かぶり不足により、はく離・はく落が発生する可能性が大きい

## 全般検査

### 特別全般検査

- 健全度判定の精度を高めることが目的
- 所要の性能が確認された構造物は、**全般検査の周期延伸**が可能
- ※はく離・はく落により第三者に危害を及ぼす恐れのある構造物は延伸不可
- ※初回検査から10年以内の構造物は、**周期延伸不可**

### 検査周期延伸

入念な目視による調査に加えて、中性化、塩害、ひび割れ、凍害、化学的侵食、アルカリ骨材反応等、**構造物のおかれている環境を考慮して、変状過程が所要の条件を満たすことを確認**

**10年後も潜伏期、進展期**（潜伏期→進展期→加速期→劣化期）

- 変状の将来予測を行ったうえで、6年を上限に周期延伸が可能

## 個別検査

### 個別検査の目的

変状の発生、発生の恐れのある構造物に対して、**精度の高い健全度の判定**を行うことを目的として実施

### 検査対象

- 全般検査で**健全度A判定**の構造物
- 健全度B、C、S判定の構造物の**予防保全**（LCC）

### 調査方法

- 入念な目視（**経験を積んだ検査員**）
- 目視で判定が困難な場合  
➡ 詳細調査の実施（**機器等の使用**）

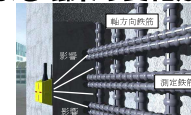
## 個別検査

### 機器を使用した詳細な調査の例

#### ➤ 鉄筋かぶりの測定（電磁誘導法）



鉄筋による磁束の変化からかぶりを推定



#### ➤ 塩化物イオン量の測定（ドリル法）

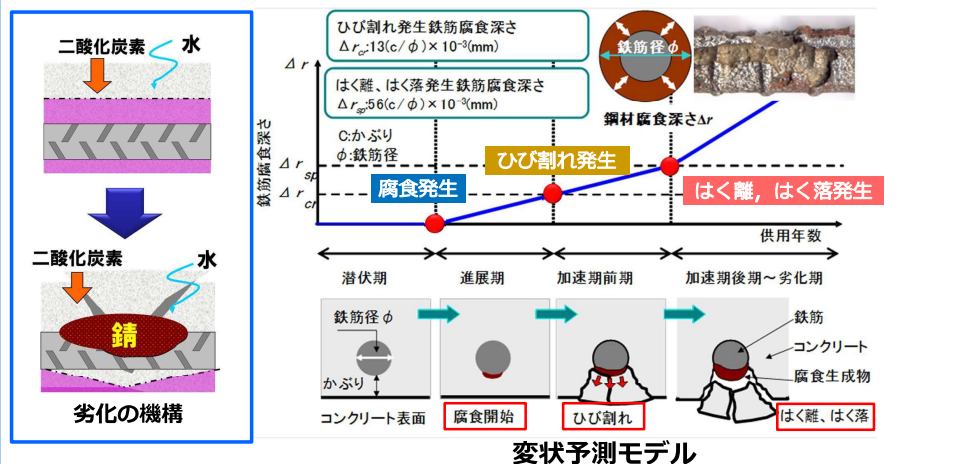


深さごとに採取した削孔粉から測定



## 個別検査

### 変状予測の例（中性化）



## 随時検査

### 随時検査の目的

**地震や大雨等**により、変状の発生、発生の恐れのある構造物を抽出すること

- 地震や大雨、自動車の衝突等によって、構造物および軌道や架線に変状が生じた場合に実施
- 停止や徐行等の**使用制限を継続するかどうかを判断**するために行う検査
- 類似の構造物で変状が発見された際に一斉に行われる検査

## 措置

### 措置の方法と時期

構造物の健全度、重要度、列車運行への影響度等を考慮し決定

### 措置の種類

- (a) **監視**：変状の状況や進行性を確認（目視、機器等）
- (b) **補修・補強**：性能の維持、回復、向上を目的  
PC構造物の例：グラウト充填、鋼材突出防止、プレストレスの導入など
- (c) **使用制限**：列車の運転規制、周辺の通行規制
- (d) **改築・取替**：補修・補強では対応が難しい場合

## 記録

### 記録の目的

構造物の維持管理を将来にわたり適切に行うため、検査、措置等の記録を作成し保存

### 記録の項目

- 検 査：使用材料、設計図書、検査区分、変状内容、健全度判定区分など
- 措 置：措置の種類、措置後の健全度判定区分など
- その他：構造物の概要（名称、しゅん工年など）  
構造物周辺の環境変化など

## 付属資料

### 各種検査、措置の標準的手法の提示

|                  |                             |
|------------------|-----------------------------|
| 各種検査、措置の標準的手法の提示 |                             |
| 3章 初回検査          | ・ (中略)                      |
| 4章 全般検査          | ・ 3-1 初回検査におけるかぶりの測定        |
|                  | ・ 4-1 全般検査における健全度の判定例       |
|                  | ・ 4-2 特別全般検査による全般検査周期延伸の検討例 |
| 5章 個別検査          | ・ 5-1 既設コンクリート構造物の列車入線時の照査  |
|                  | ・ 5-2 デジタルカメラによるひび割れ解析      |
|                  | ・ 5-3 ドリル削孔粉を用いた中性化深さの測定方法  |
|                  | ・ 5-4 塩化物イオン濃度の簡易測定方法       |
|                  | ・ 5-5 鉄筋探査機によるかぶり測定法        |
|                  | ・ 5-6 赤外線法による変状の検出          |
|                  | ・ 5-7 自然電位法による鉄筋腐食測定        |
|                  | ・ 5-8 構造物の変状とその原因推定の例       |
|                  | ・ 5-9 変状の予測                 |
|                  | ・ 5-10 性能項目の照査              |
|                  | ・ 5-11 鋼材の規格と許容応力度の変遷       |
|                  | ・ 5-12 鉄筋腐食程度の評価            |
|                  | ・ 5-13 れんが積み橋脚の耐力評価および補強法   |
| 6章 随時検査          | ・ 6-1 地震による変状に関する随時検査       |
|                  | ・ 6-2 火災による変状に関する随時検査       |
| 7章 措置            | ・ 7-1 耐久性の回復、向上を目的とした補修     |
| 8章 記録            | ・ 8-1 構造物の調査結果を記録するシステム     |

## 鉄道コンクリート構造物の維持管理

1. 鉄道構造物の現状
2. 鉄道構造物の維持管理に関する動向
3. 鉄道構造等維持管理標準の概要
4. 最近の取り組み



# 鉄道コンクリート構造物の維持管理の手引き

維持管理標準制定から10年、最新に知見を踏まえ、実務を支援するツールを作成

## 手引き作成の背景と目的

- コンクリート構造物のさらなる経年、変状の進行、性能低下の懸念
- 維持管理を担う技術者確保、実務の省力化が急務
- 変状予測、調査技術に関する研究の進展
- 近年の地震被害の復旧事例、技術・ノウハウの蓄積

## 鉄道コンクリート構造物の維持管理に関する検討会

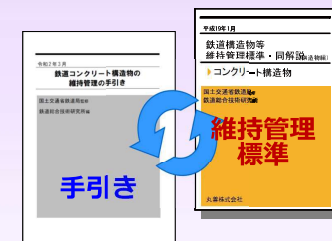
- 委員長：岩波光保 東京工業大学教授
- 委員：学識経験者、鉄道事業者、国交省、鉄道総合技術研究所
- 事務局：鉄道総合技術研究所
- 期間：2016年3月～2018年3月

作成した手引きは、2021年5月に鉄道局より事務連絡され、実務で活用

# 鉄道コンクリート構造物の維持管理の手引き

## 作成方針

- 実務視点で維持管理の効率化に資する情報の集約
- 維持管理の実務者の理解を促進
- 維持管理標準の付属資料を補完、更新
- 維持管理標準の章構成に従って作成

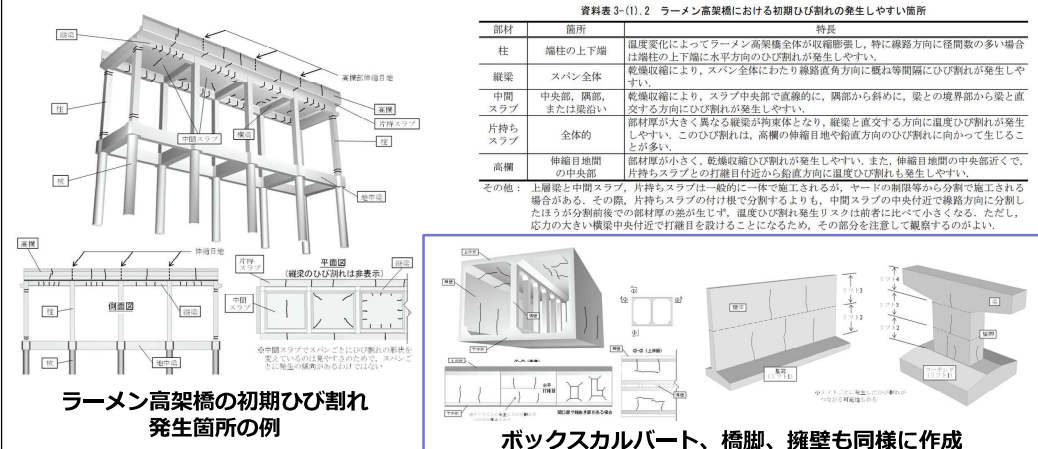


## 手引きの内容

- 維持管理標準の記載事項で技術の進展のあった事項の更新
- 維持管理標準に記載のない事項の追加
  - ・ 各種調査法や措置の最新情報
  - ・ 地震後の検査および措置に関する具体事例
  - ・ 実務における検査・措置の具体事例集、実構造物の変状事例集等

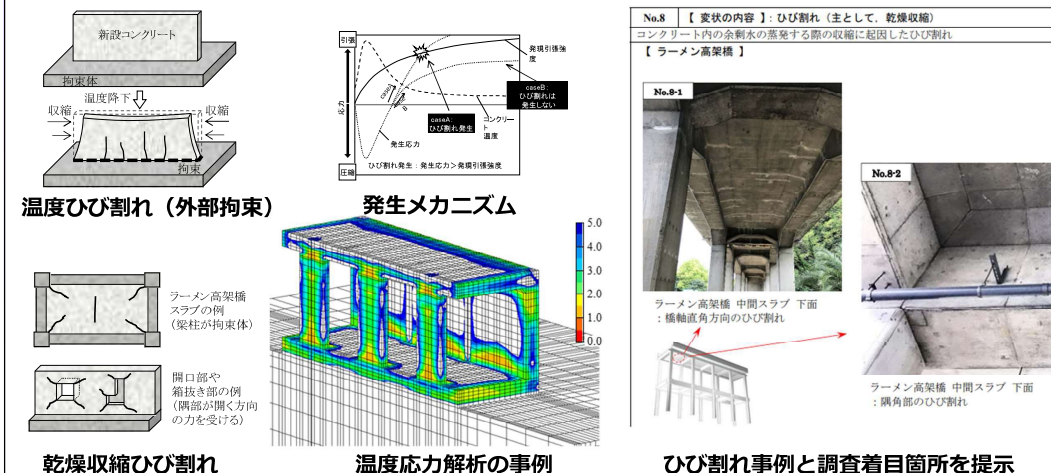
## 初期ひび割れの発生しやすい箇所の例

初回検査のポイント：初期ひび割れの発生しやすい箇所を構造物ごとに図を用いて紹介

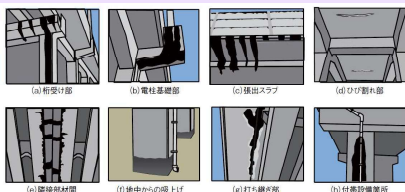


## 初期ひび割れの発生しやすい箇所の例

初期ひび割れの発生メカニズム、温度応力解析の事例、ひび割れ事例と調査着目箇所の提示



- ・ 調査着目箇所や特長、変状事例



### 水掛かり箇所 の例



## 高架橋の着目箇所

## 桁の着目箇所



### 水掛かり箇所における変状例



### 柱のかぶり不足の例



## 品質不良の例

検査員の理解を支援するため、解説を新たに作成

- ・ 健全度判定の適用方法や考え方のO&A

[illegible]

## 健全度判定例

# O&Aで解説

[illegible]

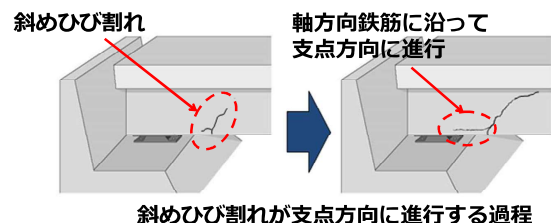
【解説1-6】

| 構造物  |      | 変状様別                                                      | 重点調査箇所                                                                                           | 選定項目                                                                                                                                   | 状態の例                                                                                                                                   | 判定           |
|------|------|-----------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|
| RCR型 | ひび割れ | 縦横筋<br>・支床部<br>・支梁中央部<br>・支間1/4部                          | 調査箇所(単純橋)<br> | <ul style="list-style-type: none"> <li>・ひび割れの幅【解説②】</li> <li>・ひび割れの方法</li> <li>・割げ程度【解説③】</li> <li>・発生位置</li> <li>・割ぎの有無</li> </ul>    | 構造物本体<br>・露頭部分のみ<br>・ひび割れから判断し割けがみられるもの【解説②-1】                                                                                         | AA<br>A      |
| 連続橋  | ひび割れ | ・支床部<br>・支梁中央部<br>・支間1/4部 (曲げモーメント最大点)<br>・ダブル一部 (ダブルハイン) | 調査箇所(単純橋)<br> | <ul style="list-style-type: none"> <li>ひび割れ、割け(下断面)</li> </ul>                                                                         | 山形鋼<br>・幅数2mm程度で、かつ上向きに圧縮しているもの【解説②-2】<br>・幅数3mm以上のもの【解説②-2】<br>・幅数5.0mm程度のものも多数発生しているもの【上のものが多ければ】<br>・幅数5.0mm程度以下のもので多数発生しているもの      | AA<br>B<br>A |
|      |      | 支床部                                                       |                                                                                                  | 鉄骨部<br>・斜めのひび割れが、支床方向に軸方向断面積に沿って進行、割れが大きいのもの【解説④-1-2】<br>・斜めのひび割れが、軸方向に軸方向断面積に沿って進行、2mm程度以上のもの【解説⑤-1】<br>・割れが2mm程度以上、2cm程度以内のもの【解説⑤-1】 | 鉄骨部<br>・斜めのひび割れが、支床方向に軸方向断面積に沿って進行、割れが大きいのもの【解説④-1-2】<br>・斜めのひび割れが、軸方向に軸方向断面積に沿って進行、2mm程度以上のもの【解説⑤-1】<br>・割れが2mm程度以上、2cm程度以内のもの【解説⑤-1】 | AA<br>B<br>A |

【解説1-6】

【質問】  
RC桁の支点部の「斜めひび割れが支点方向に軸方向鉄筋に沿って進行している状態」とはどのような状態か。

【回答】  
ひび割れの進行過程を図示し、  
性能低下の程度を解説



**内容一覧** 現行の鉄道構造物等維持管理標準の付属資料の補完

|         |                                                                                                                                                                    |
|---------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|         | <ul style="list-style-type: none"> <li>・ (中略)</li> </ul>                                                                                                           |
| 3章 初回検査 | <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 初期ひび割れの発生しやすい箇所の場合</li> </ul>                                                                                             |
| 4章 全般検査 | <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 全般検査における健全度の判定例(更新、解説追加)</li> <li>・ はく落しやすい箇所の場合</li> </ul>                                                               |
| 5章 個別検査 | <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 鉄筋探査機によるかぶり測定法(最新機器の情報に更新)</li> <li>・ かぶりコンクリート品質の測定方法</li> <li>・ たわみの測定方法と活用</li> </ul>                                  |
| 6章 随時検査 | <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 地震による変状に関する検査および措置(更新)</li> <li>・ 地震による変状に対する健全度判定および復旧方法の例</li> <li>・ 地震で被災した構造物の復旧事例</li> </ul>                         |
| 7章 措置   | <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 耐久性の回復・向上を目的とした補修(更新)</li> <li>・ 補修方法の概要と適用上の留意点</li> <li>・ 表面処理工法における材料選定の留意点</li> <li>・ 導電塗料を用いたPC桁の曲げひび割れ検知</li> </ul> |
| 8章 記録   | <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 施工や設計に関して記録する資料の例</li> </ul>                                                                                              |
| 参考資料    | <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 維持管理事例集(高架橋柱補修,高欄補修,PC桁補修)</li> <li>・ 変状事例集</li> <li>・ 構造物の部位の名称</li> </ul>                                               |

現行の維持管理標準に上記内容を更新し、**鉄道構造物等維持管理標準・同解説（コンクリート構造物）【改訂版】**として、丸善出版より、2022年夏刊行