

2017年1月31日
道路の老朽化対策に関する講演会

構造物の合理的な点検と措置

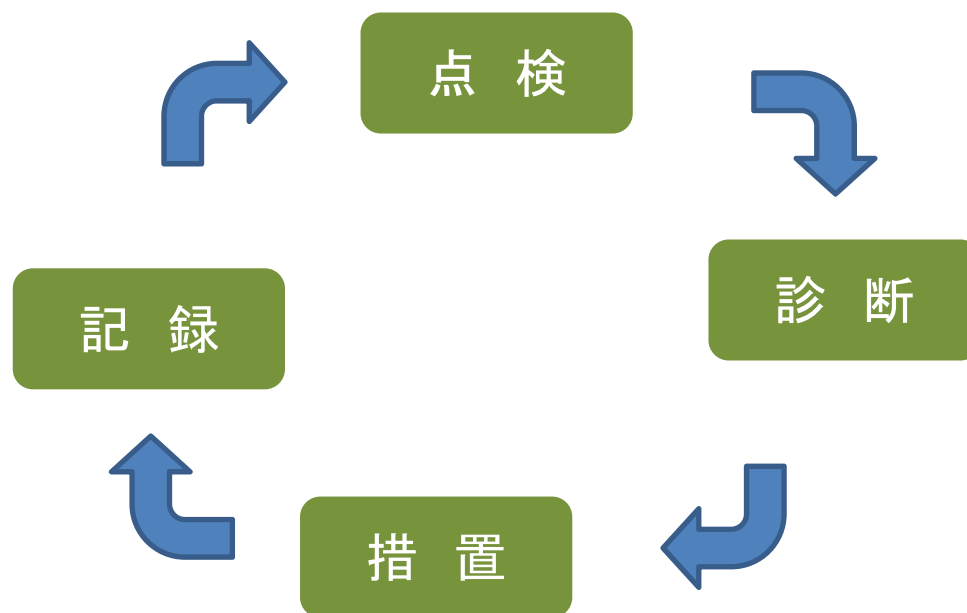
(構造性能に立脚した維持管理)

山梨大学工学部土木環境工学科
地域防災・マネジメント研究センター
齊藤成彦

道路構造物の維持管理サイクル

道路橋の長寿命化修繕計画策定(山梨県:平成22年3月)

道路法施行規則の一部改正(平成26年7月1日施行)



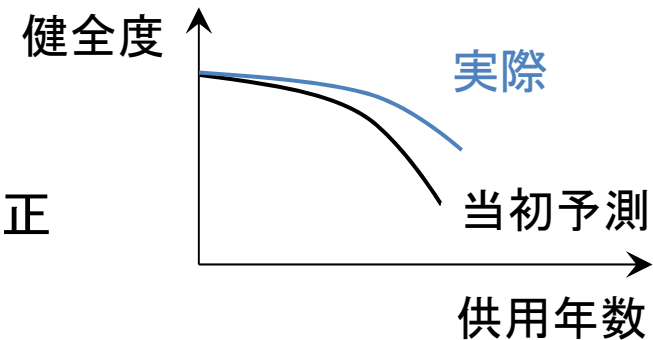
管理橋梁の維持管理サイクルが一巡しつつある

構造物の維持管理サイクル

維持管理計画の見直し

◆ データの蓄積

例) 劣化曲線の修正



◆ 新たな損傷事例

◆ 財政状況・社会情勢の変化

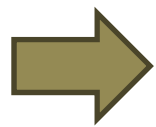
予防保全は実現できているのか？

より合理的な維持管理方法の構築とは？

道路橋の点検

点検の目的

道路橋の現状を把握すること
診断に必要な情報を得ること



どのような診断を行うかによって
必要な情報は異なる

道路橋の点検

定期点検



近接目視の実施

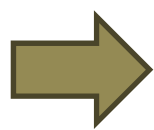
損傷状況の把握
損傷程度の評価

対策区分の判定

健全性の診断

対策区分

- A : 補修を行う必要がない
- B : 状況に応じて補修を行う
- C1 : 予防保全の観点から速やかに補修等を行う必要がある
- C2 : 耐久性確保の観点から速やかに補修等を行う必要がある
- E1 : 橋梁構造の安全性の観点から緊急対応の必要がある
- E2 : 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
- S1 : 詳細調査の必要がある
- S2 : 追跡調査の必要がある



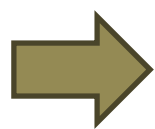
「損傷の程度について評価」を行っているが、
アウトプットは「対策の要否」である

道路橋の点検



健全性の診断

| 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 |



健全であるかどうかは明らかとなるが、
どのような機能に支障が生じているかは具体的でない
広報用の指標

道路橋の損傷事例

RCT桁橋

- ◆ 供用開始後64年経過
- ◆ 橋長40m(4径間単純RCT桁), 幅員5.4m
- ◆ 交通量 約300台/日 (大型車 約10台/日)

道路橋の損傷事例

橋面



コンクリート舗装
■ひび割れ



高欄
■コンクリート剥落
■鋼材腐食

道路橋の損傷事例

橋下面



鉄筋コンクリート桁
■ 損傷は見られず



鉄筋コンクリート床版
■ コンクリート剥離
■ 鋼材腐食

道路橋の損傷事例

橋下面



- 鉄筋コンクリート床版
- ひび割れ
 - 遊離石灰(漏水)

橋面



- コンクリート舗装
- 補修痕

道路橋の診断事例

診断結果

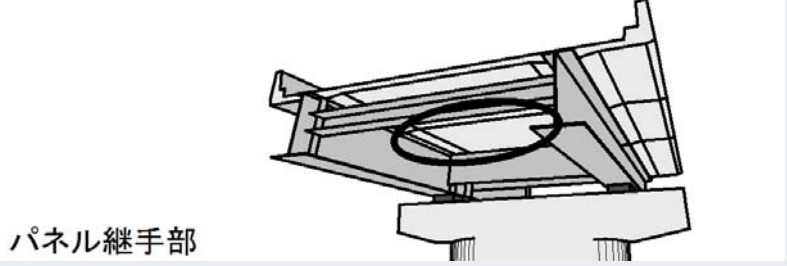
| 部位 | 損傷 | 対策区分 (部位) | 対策区分 (部材) |
|-------------------|--------------------------|--------------|--------------|
| 主桁 (張り出し部, 横桁) | ひび割れ 鋼材腐食 | C1 | C1 |
| 床版 | ひび割れ 遊離石灰(漏水) 鋼材腐食 | C1 | |
| 高欄 | 剥離, 鋼材腐食 | C1 | |
| 舗装 | ひび割れ, 路面の凹凸 | C1 | |

C1 : 予防保全の観点から速やかに補修等を行う必要がある

措置の必要性はわかるが、
どの程度の性能を有しているのか明確でない

道路橋の診断事例

解説 表3.4.5 外観変状グレードと構造性能レベルの関係の例(鋼コンクリート合成床版, 下面)

| 要求性能 | 限界状態 | 外観変状グレード | | |
|------|------------|---|------------------------|-----------------------|
| | | 外観変状のグレードⅠ (軽度の損傷) | 外観変状のグレードⅡ (中程度の損傷) | 外観変状のグレードⅢ (重度の損傷) |
| | |  <p>パネル継手部</p> | | |
| | | 漏水・エフロレッセンス | ゆるみ・腐食(局所) | 脱落・腐食(広範囲) |
| 安全性 | 断面破壊 | 1 | 2 | 3 |
| | 疲労破壊 | 1 | 2 | 3 |
| | 構造物の安定の限界 | - | - | - |
| | 走行性の限界 | 1 | 1 | 2 |
| | 第三者影響度の限界 | 1 | 1 | 3 |
| 使用性 | 走行性・歩行性の限界 | 1 | 1 | 2 |
| | 外観の阻害 | 3 | 3 | 3 |
| | 騒音・振動数の限界 | - | - | - |
| | 水密性の限界 | - | - | - |
| | 気密性の限界 | - | - | - |
| | 遮蔽性の限界 | - | - | - |
| | 損傷(機能維持) | - | - | - |
| 復旧性 | 損傷 | 1 | 2 | 3 |

道路橋の診断事例

- 1: 構造性能を満足している
- 2: 構造性能を満足していない可能性がある
- 3: 構造性能を満足していない

診断結果(構造性能に基づいた評価)

| 部位 | 損傷 | 安全性 | | 使用性 | |
|----------------------|--------------------------|-----|-------|-------|------|
| | | 耐荷性 | 第三者影響 | 走行性限界 | 外観阻害 |
| 主桁 (張り出し部, 横桁) | ひび割れ 鋼材腐食 | 1 | 3 | 1 | 2 |
| 床版 | ひび割れ 遊離石灰(漏水) 鋼材腐食 | 2 | 3 | 2 | 3 |
| 高欄 | 剥離, 鋼材腐食 | 2 | 3 | 1 | 3 |
| 舗装 | ひび割れ, 路面の凹凸 | 1 | 1 | 2 | 3 |

第三者影響や外観阻害が要求される場合は、緊急に措置を行う必要がある

道路橋の診断事例

- 1: 構造性能を満足している
- 2: 構造性能を満足していない可能性がある
- 3: 構造性能を満足していない

診断結果(構造性能に基づいた評価)

| 部位 | 損傷 | 安全性 | | 使用性 | |
|----------------------|--------------------------|-----|-------|-------|------|
| | | 耐荷性 | 第三者影響 | 走行性限界 | 外観阻害 |
| 主桁 (張り出し部, 横桁) | ひび割れ 鋼材腐食 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 床版 | ひび割れ 遊離石灰(漏水) 鋼材腐食 | 2 | 1 | 2 | 1 |
| 高欄 | 剥離, 鋼材腐食 | 2 | 1 | 1 | 1 |
| 舗装 | ひび割れ, 路面の凹凸 | 1 | 1 | 2 | 1 |

床版の耐荷性や走行性限界に対して,
(予防保全として)速やかに補修等を行う必要がある

道路橋の点検・診断

インフォームド・コンセント(説明と同意)



1997年: 医療法の改正 「説明と同意」を行うことが義務化

患者が治療の内容についてよく説明を受け十分理解した上で、
自らの自由意志に基づき医療従事者と方針において合意すること

本来, あらゆる法的契約に適用されうる概念

説明の必要性

道路メンテナンス年報: 点検の実施状況や健全性を公開
現状の説明と市民の理解が進むことを期待

措置の実施

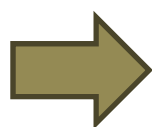
措置の目的



性能の回復：補修補強，更新

作用の低減：通行規制

その他：点検強化，計画の見直し

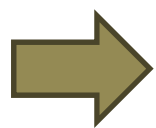


道路橋の性能を所要の期間保持できるように実施
費用便益やライフサイクルコスト等を考慮して決定

措置の実施

損傷に対する補修メニューの例

| 形式 | 部材区分 | 損傷の種類 | 補修工法 |
|---------|----------|-------------|--------|
| コンクリート橋 | 床版 | 漏水・遊離石灰 | 橋面防水 |
| | | 剥離・鉄筋露出, うき | 断面修復 |
| | | 床版ひび割れ | 炭素繊維接着 |
| | 主桁 横桁 | ひび割れ | 樹脂注入 |
| | | 剥離・鉄筋露出, うき | 断面修復 |
| | 下部工 | ひび割れ | 樹脂注入 |
| | | 剥離・鉄筋露出, うき | 断面修復 |
| | | 洗掘 | 根固め |



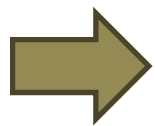
どのような性能が, どの程度, どれくらいの期間回復するのかが明確でない

措置の実施

対策後の再劣化

鉄筋コンクリート床版：部分打替え後の再劣化

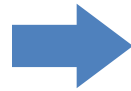
RC, PC桁：塩害対策後の再劣化



劣化の要因を取り除けない：水掛かり，塩分の侵入
対策効果の持続性：樹脂注入や断面修復の耐用年数

適切な措置の実施

構造性能評価に基づく対策



どの性能(対象となる性能を明確に)
どの程度(補修・補強設計と性能照査)
どのくらいの期間(対策の設計耐用年数)

ライフサイクルコストを考慮して合理的に

構造物の耐用年数を明確に意識

構造物の延命化



構造物の更新

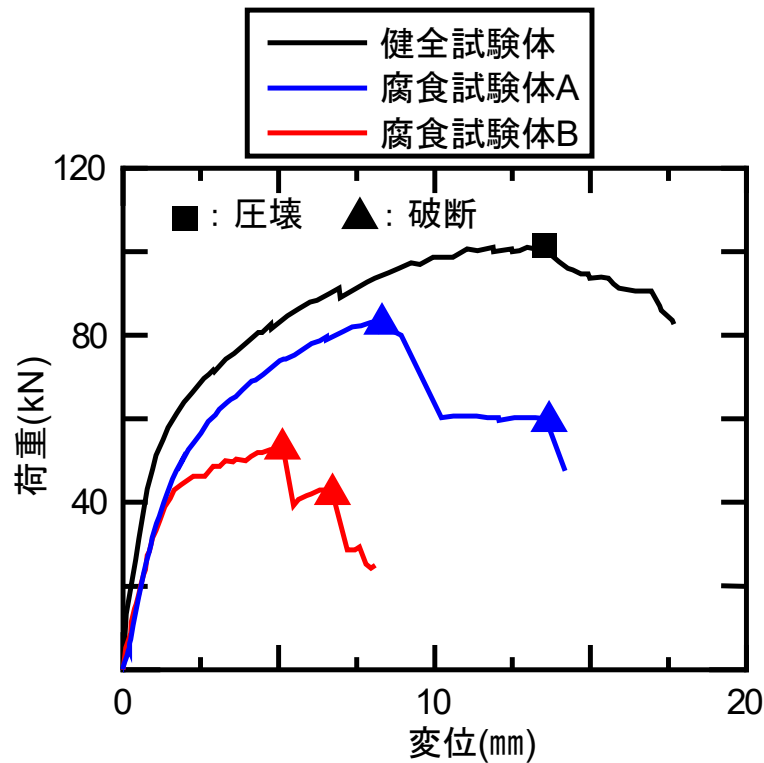
地域住民や使用者の理解を得るために根拠を持って説明

インフォームド・コンセント

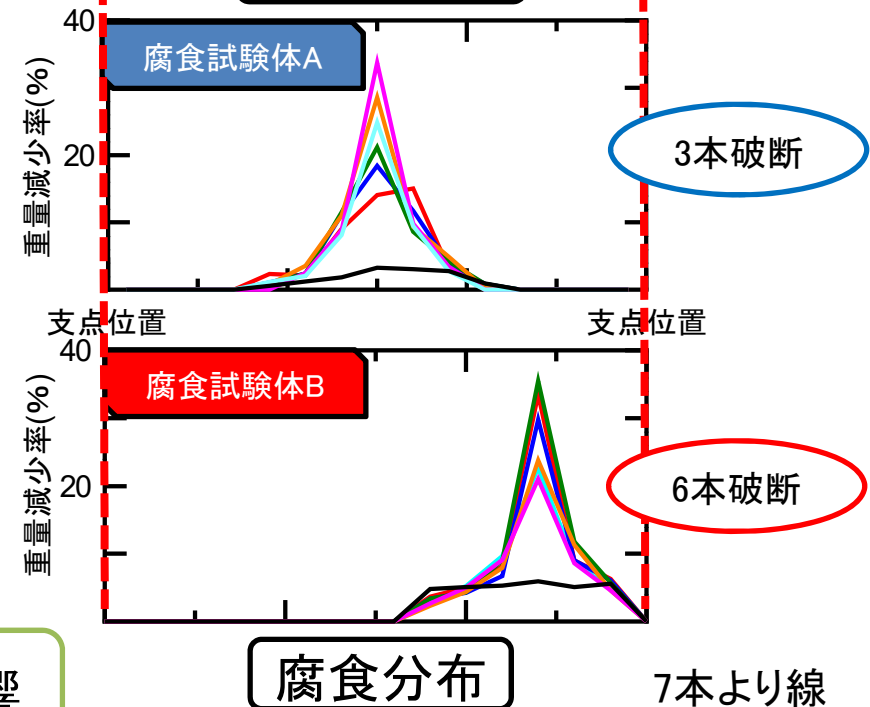
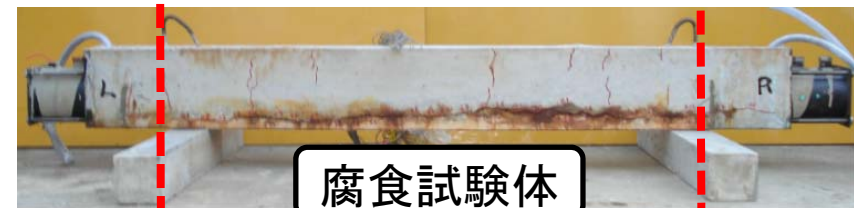
維持管理の高度化

プレストレストコンクリート橋

腐食量・腐食位置を変化させた
PCはりの載荷試験

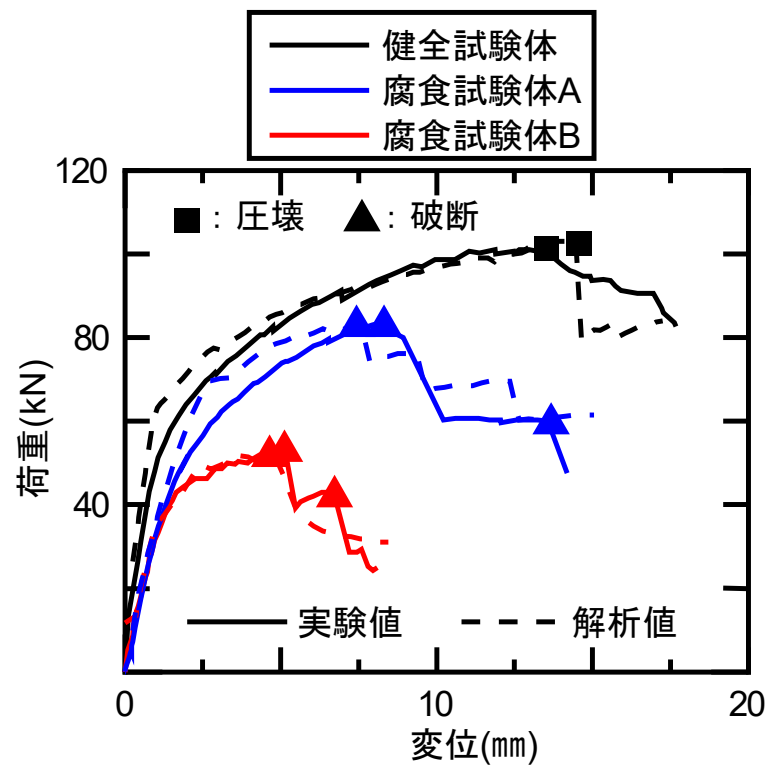


局所的な腐食の程度が耐荷力に大きな影響



維持管理の高度化

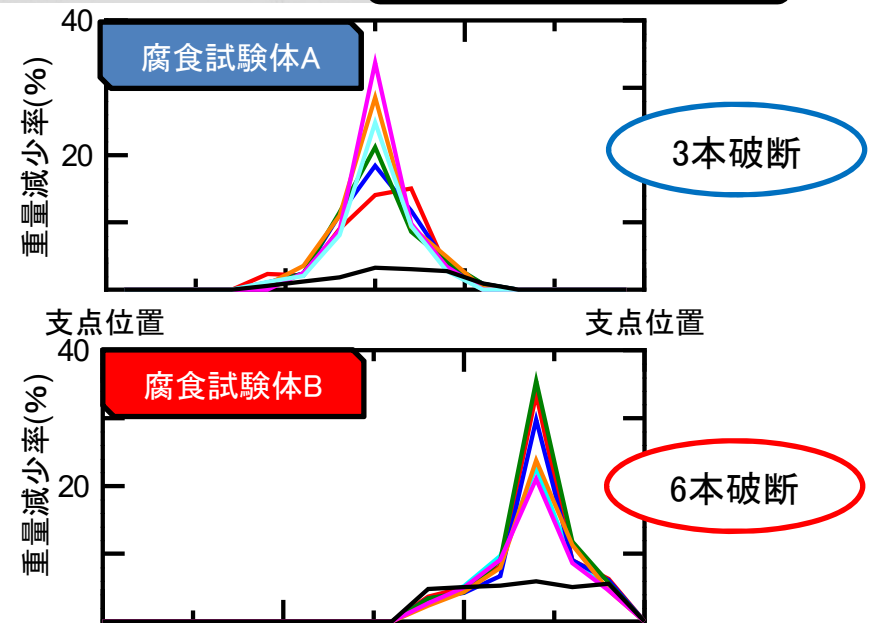
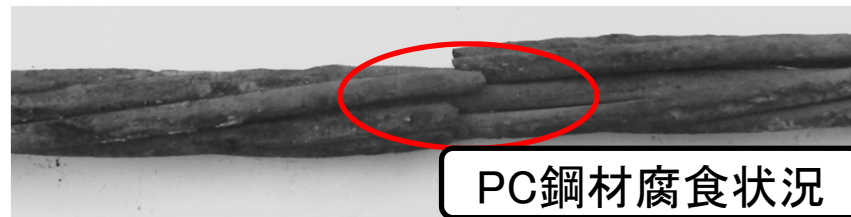
プレストレストコンクリート橋



腐食性状が把握できれば予測精度が高い

腐食分布を再現した数値解析

腐食の激しい部分を適切にモデル化



腐食分布

7本より線

維持管理の高度化

プレストレストコンクリート橋



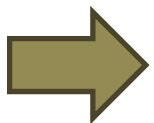
PC鋼材の損傷: 外観の変状に現れない場合がある

PC鋼材の破断が生じやすい: 落橋の危険性が高い

高度な点検: コンクリート内部の状態を探る必要がある

高度な評価: 構造性能を精度よく予測する必要がある

高度な対策: 構造物の応力状態に配慮した対策が必要である



維持管理手法のさらなる高度化が要求されている

診断にコストをかける

ハイテクの導入

まとめ

- 適切な点検と診断

構造物の性能を評価し、説明責任を果たす

- 適切な措置

どのような性能をどの程度、どのくらいの期間保持するのか
適切な措置による確実な予防保全の実施

- 維持管理手法の高度化

高度な技術を導入し、技術者の水準を高めていく必要がある

説明と同意：

市民の理解を得ながらインフラの保守に努める

おわり