

一般社団法人 コンクリートメンテナンス協会 主催
コンクリート構造物の補修・補強に関するフォーラム2018
～コンクリート構造物の健康寿命を考える～

長寿命化のための点検要領について

十河 茂幸

近未来コンクリート研究会 代表
一般社団法人コンクリートメンテナンス協会 顧問
工学博士 コンクリート診断士

十河 茂幸(そごう しげゆき) 略歴

1974年～ 大林組 技術研究所 所属

2011年～ 広島工業大学 工学部 教授

2017年～ 近未来コンクリート研究会 代表

話の構成

- **コンクリート構造物の健康寿命**
- **健康寿命を延ばす維持管理**
- **小規模構造物の点検要領**
- **点検要領の作成に向けて**

1. コンクリート構造物の健康寿命

解体しなければならないまでの期間 = 個体寿命

安全な状態で供用できるまでの期間 = 健康寿命

健康寿命を延ばすには・・・

維持管理で安全な状態を保つこと

そして、更新より経済的であること

維持管理で健康寿命を延ばす！

健康寿命の定義

□ 個体寿命:

人が生まれて死ぬまでの期間

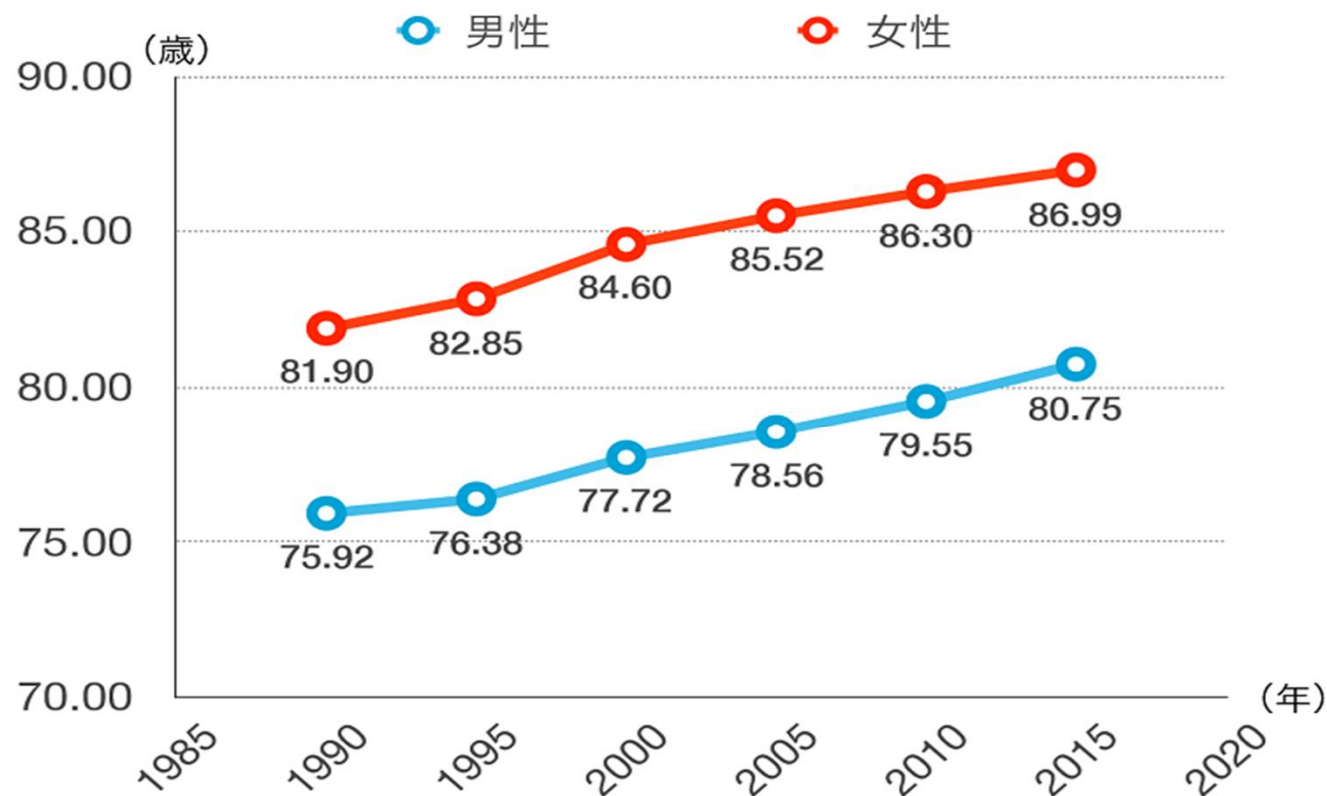
□ 健康寿命(厚生労働省の定義):

健康上の問題で日常生活が制限されることなく生活できる期間

(健康寿命:WHOが2000年に提唱)

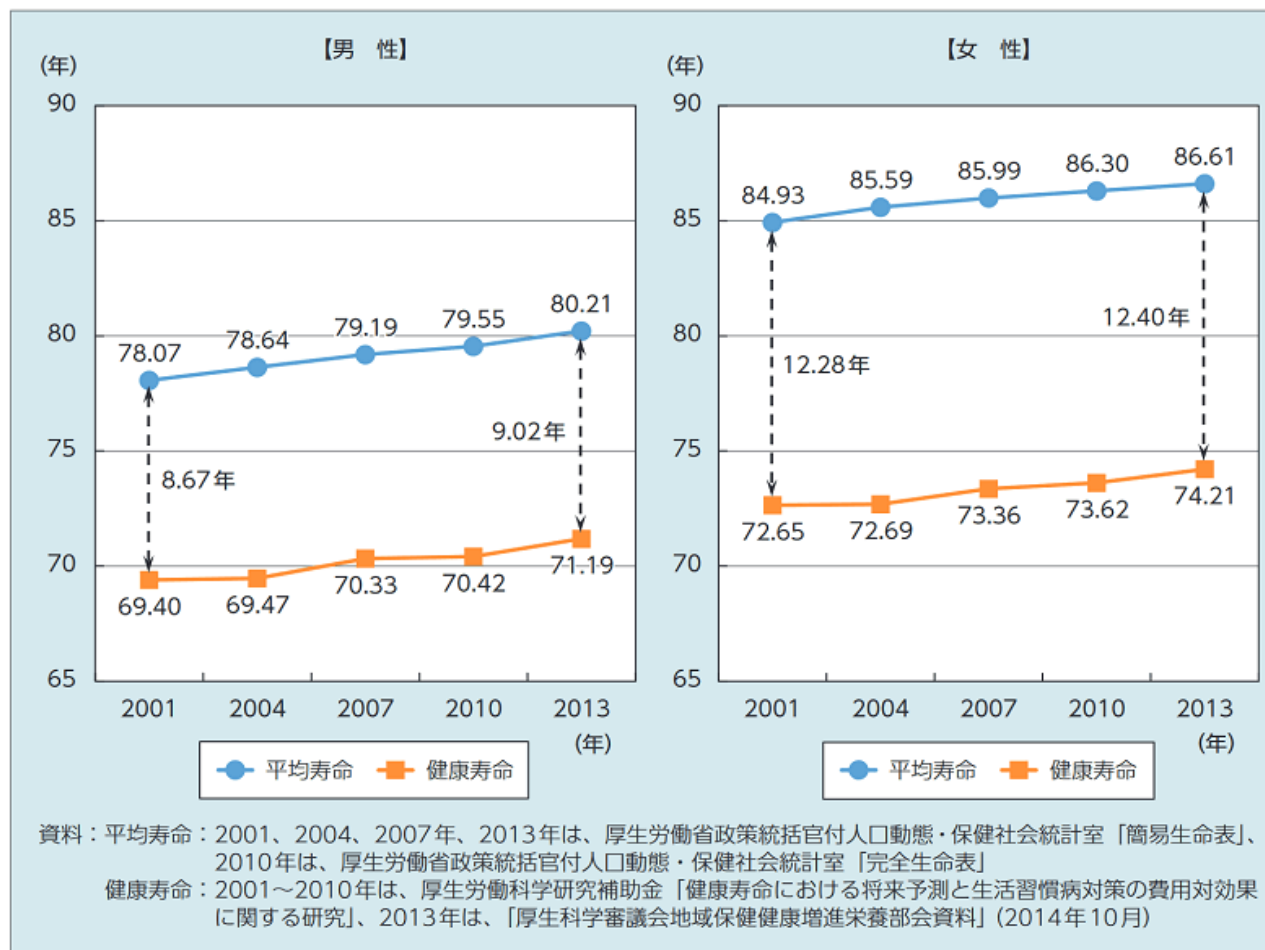
我が国民の平均寿命の推移

平均寿命の推移



厚生労働省 完全生命表（第17回、18回、19回、20回、21回、22回）
をもとにウーマンズラボ作成

日本人の平均寿命と健康寿命の推移



都道府県別の健康寿命(2016年)

	都道府県	男性	都道府県	女性
1	山梨	73.21	愛知	76.32
2	埼玉	73.10	三重	76.30
3	愛知	73.06	山梨	76.22
45	徳島	71.37	京都	73.97
46	愛媛	71.33	北海道	73.77
47	秋田	71.21	広島	73.62

厚生労働省 第11回健康日本21(第2次)推進専門委員会 資料より

世界の平均寿命ランク(2016年)

	国名	男性	国名	女性
1	香港	81.32	香港	87.34
2	日本	80.98	日本	87.14
3	キプロス	80.90	スペイン	85.42
4	アイスランド	80.70	フランス	85.40
5	スイス	80.70	韓国	85.20

2016年 厚生労働省データ より

ただし、健康寿命は世界一 74.9歳(2015年調査)

重要なのは健康寿命

- **維持管理で健康寿命を延ばす**
⇒ 点検で補修時期の判断
- **予防保全でコスト削減**
⇒ 早めの措置が効果的
- **コンクリート診断士の活用**
⇒ 専門家の正確な判断で合理化

コンクリート診断士は微増

- 2001年コンクリート診断士制度を設立
- 2018年4月 12,940名が登録
- | | | |
|------|--------|----------|
| 内訳 | 全国 | (宮崎 99名) |
| 官公庁等 | 1,022名 | (11名) |
| コンサル | 3,120名 | (33名) |
| 建設会社 | 5,089名 | (28名) |
| 九州7県 | | 1,320名 |

2. 健康寿命を延ばす維持管理

□ 予防保全：

致命的になる前に対策

損傷が顕在化する前の対応

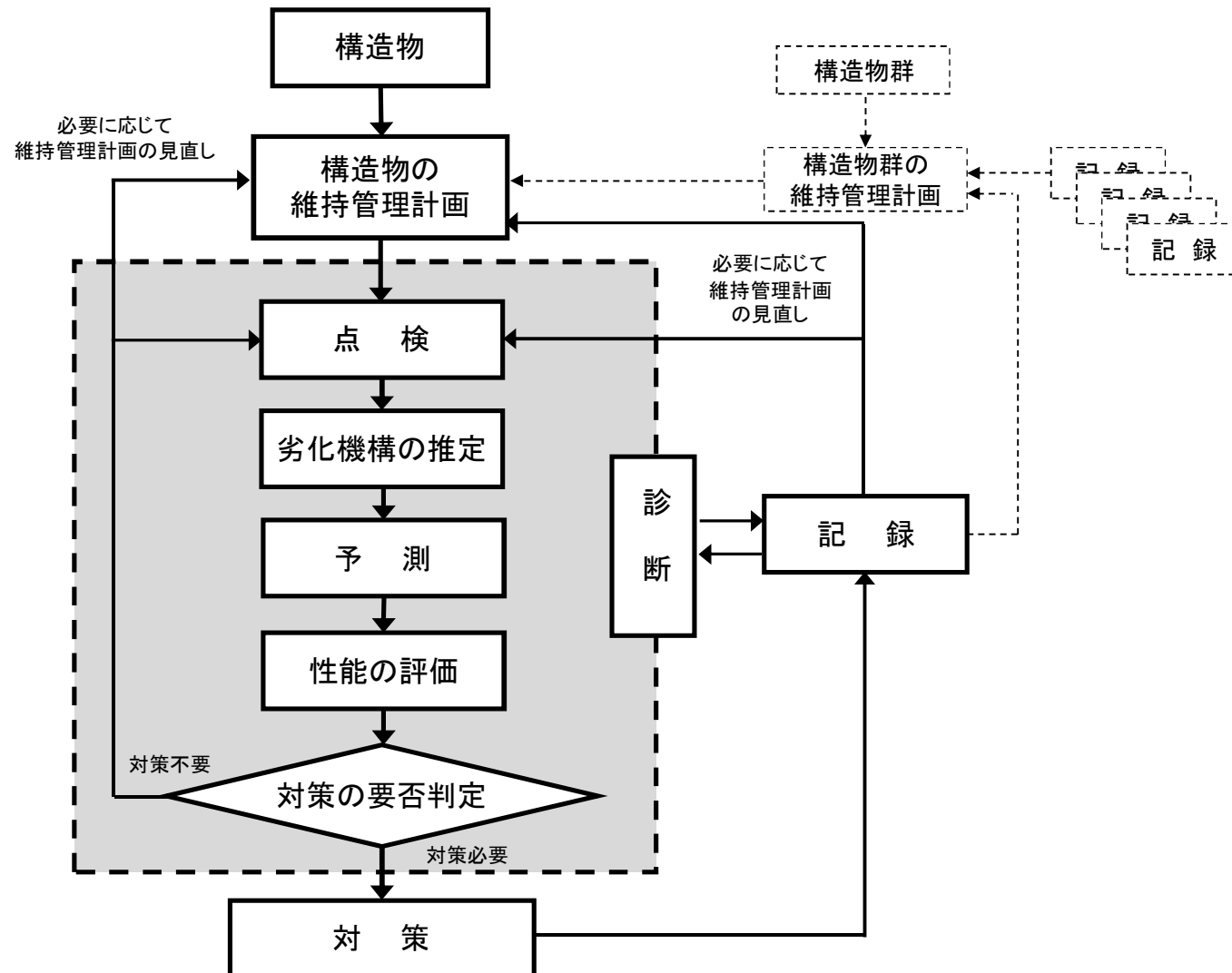
□ 早めの判断：

定期点検で劣化の早期発見

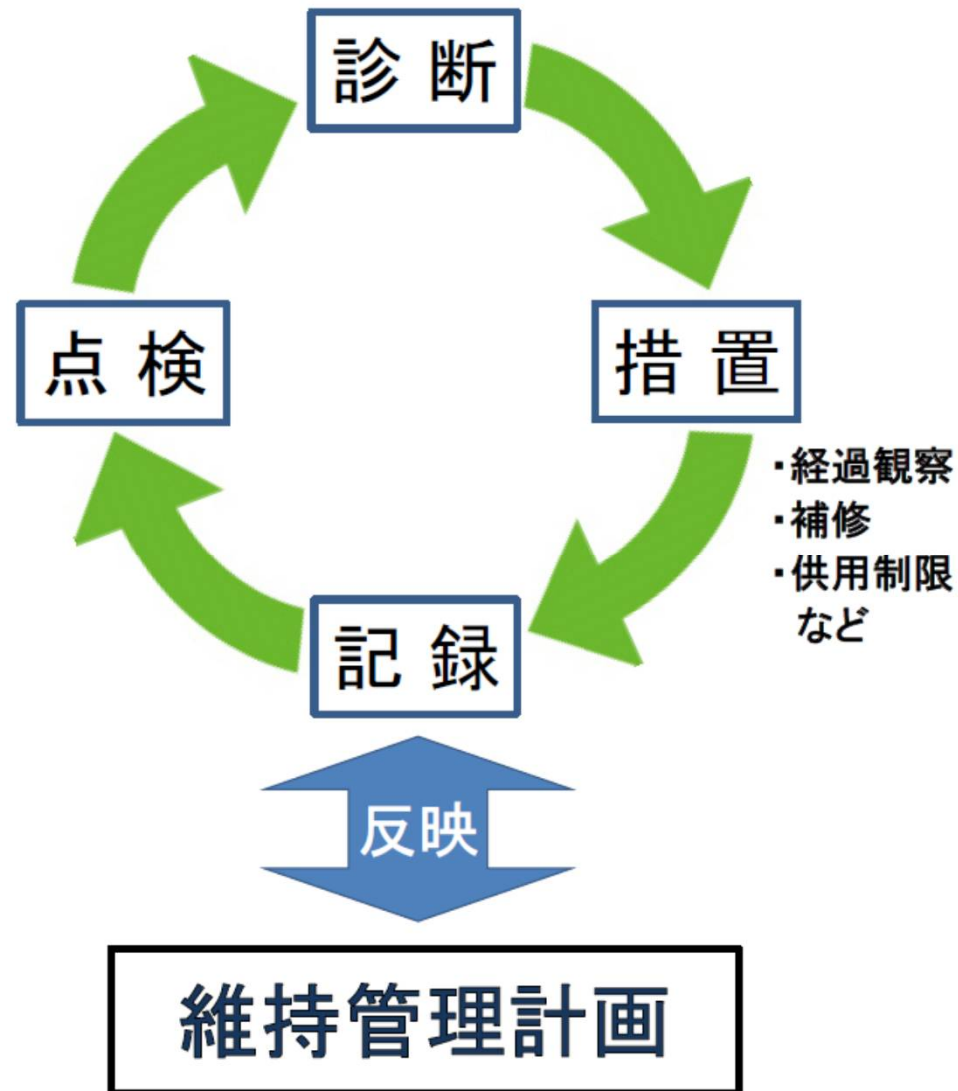
補修の要否は専門家が判断

構造物の維持管理フロー

(土木学会示方書維持管理編より)



メンテナンスサイクル



コンクリート構造物の点検の種類と方法

点検の種類	目的・頻度	主な点検方法
初期点検	構造物の初期状態を把握する点検	・設計・施工に関する書類整理 ・定期点検と同様な調査
日常点検	日常的に構造物の状態を把握する点検	・外観調査（目視，写真，双眼鏡） ・車上感覚による調査など
定期点検	数年ごとに構造物の状態をより広範囲に把握する点検	・外観調査に加え、 ・たたき調査・非破壊試験 ・コア採取による試験，分析
臨時点検	地震，衝突等の突発的な作用で損傷した構造物に対して行う点検 基準類の変更に伴う性能確認のための点検	・外観調査（目視，写真，双眼鏡） ・たたき調査 ・非破壊試験
緊急点検	損傷事故が生じた構造物と類似の構造物に対して行う点検 同様の事故を未然に防ぐことを目的とする	・外観調査（目視，写真，双眼鏡） ・たたき調査 ・非破壊試験

（2007年制定土木学会コンクリート標準示方書[維持管理編]を参考に作成）

コンクリート構造物の劣化に対する措置

対 策	概 要
点検強化	対策が必要と判断され、直ちに補修や補強の対策を行うことができず、経過観察で点検頻度を増加する対策
補 修	劣化した構造物の劣化進行を抑制し、耐久性および安全性の回復あるいは向上を目的とした対策
補 強	構造物の耐荷性や剛性などの力学的な性能の向上あるいは回復を目的とした対策
機能向上	構造物に新たな機能を追加するために実施する対策（例えば、増大した交通量に対応するための車線増設、遮音壁の新設など）
供用制限	対策が必要と判定されたが、補修や補強を行わず、作用荷重の大きさや速度などを制限することによる対策
修 景	構造物の美観や景観などを確保するための対策
解体・撤去	老朽化した構造物や機能が失われた構造物の廃棄や更新、河川改修、道路・鉄道の線形改良、再開発事業などを理由として行われる対策
更 新	構造物の撤去後、新たに建設する対策

コンクリートの老朽化の主要因

塩害

凍害

ASR

中性化

化学的腐食

過大外力

疲労

劣化原因に対応した調査方法

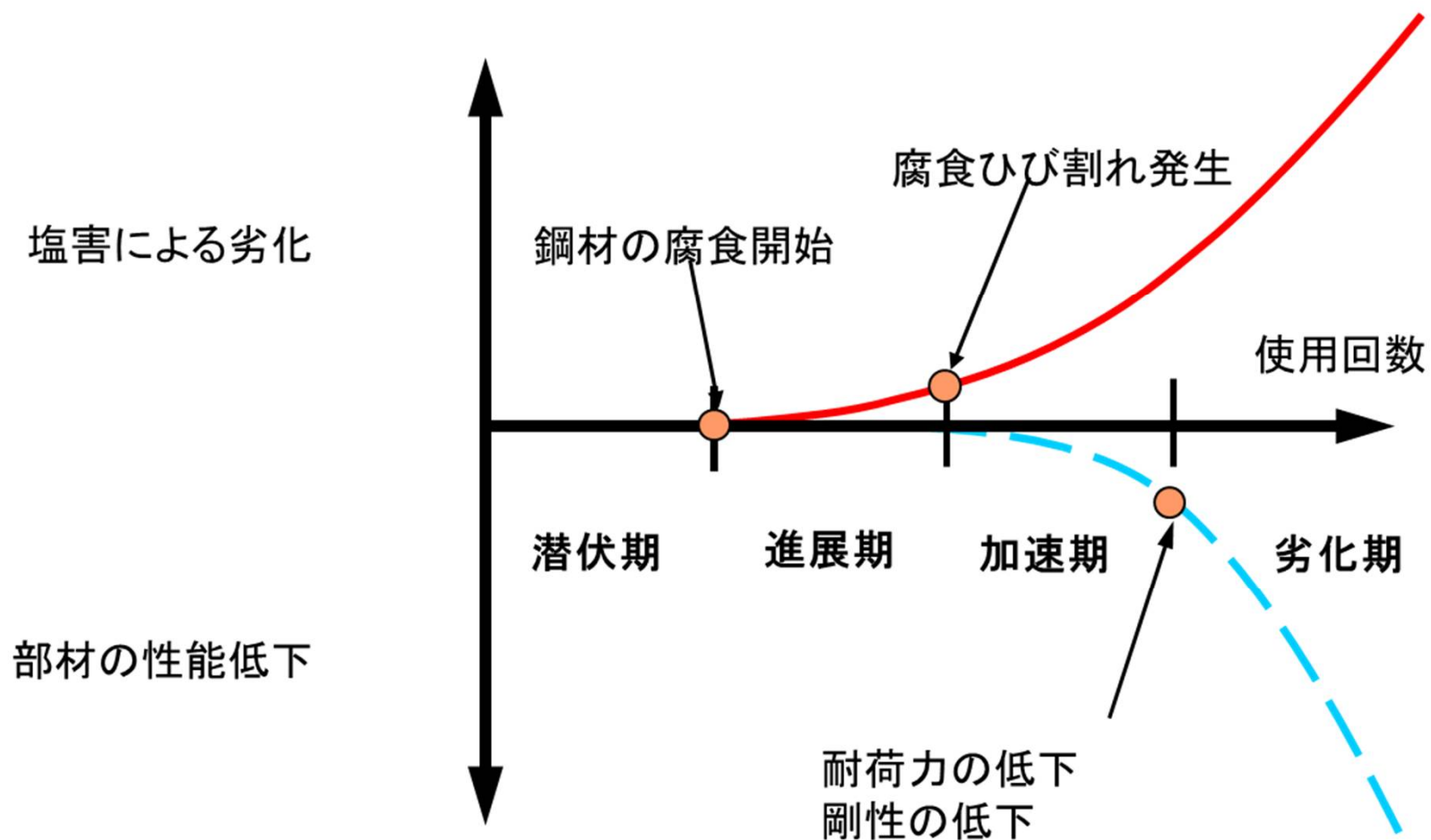
劣化原因	劣化原因に応じた調査		標準的に行う調査項目
	主な調査項目	主な調査方法	
中性化	中性化深さ 鉄筋の腐食程度	フェノールフタレイン溶液噴霧 はつり，自然電位法など	・設計，施工に関する書類調査 ・維持管理（点検，補修など）記録の調査 ・外観調査（ひび割れ，浮き，はく離，変色，錆び汁など） ・たたき調査
塩害	中性化深さ 塩化物イオン含有量 鉄筋の腐食程度	フェノールフタレイン溶液噴霧 採取試料による分析 はつり，自然電位法など	
凍害	コンクリートの表面状態 表面硬度	外観観察 テストハンマー	
化学的侵食	コンクリートの表面状態 表面硬度 中性化深さ	外観観察 テストハンマー フェノールフタレイン溶液噴霧	
アルカリシリカ反応	圧縮強度，弾性係数 残存膨脹量の測定	コアによる試験 残存膨脹量試験	

劣化指標と劣化予測の方法

劣化原因	劣化指標	主な劣化予測方法
中性化	・ 中性化深さ ・ 鋼材腐食の程度 ・ 鋼材腐食によるひび割れ	・ $\sqrt{t}$ 則による中性化深さの予測 ・ 鋼材腐食量 ・ 鋼材の腐食反応速度
塩 害	・ 塩化物イオン濃度 ・ 鋼材腐食の程度 ・ 鋼材腐食によるひび割れ	・ 塩化物イオン量の侵入深さ ・ 拡散方程式による塩化物イオンの浸透予測 ・ 鋼材の腐食量、腐食反応速度
凍 害	・ 凍害深さ ・ 鋼材腐食の程度	・ 断面の減少，鋼材腐食
化学的侵食	・ 劣化因子の浸透深さ ・ 中性化深さ ・ 鋼材腐食によるひび割れ	・ 変状，鋼材腐食 ・ 促進試験による方法
アルカリシリ 力反応	・ ASRによるひび割れ ・ 膨脹量	・ ひび割れの進展 ・ コアの促進養生試験による膨脹量

2007年制定土木学会コンクリート標準示方書[維持管理編]を参考に作成

塩害による劣化進行過程の概念



塩害における劣化過程と外観上の劣化状態

劣化過程	定 義	外観上の劣化の状態
潜伏期	鋼材表面における塩化物イオン濃度が腐食発生限界濃度に達するまでの期間	外観上の変状はない
進展期	鋼材の腐食発生開始から腐食ひび割れ発生までの期間	外観上に変状はない 腐食開始限界塩化物イオン濃度以上
加速期	腐食ひび割れ発生により腐食速度が増大する期間	(前期) 腐食ひび割れ, 錆汁発生 (後期) 腐食ひび割れ多数 錆汁, 部分的なはく離, 剥落
劣化期	腐食量の増加により耐荷力の低下が顕著な期間	腐食ひび割れ多数 (ひび割れ幅大) 錆汁, はく離, 剥落 変位, たわみ大きい

2007年制定土木学会コンクリート標準示方書[維持管理編]を参考に作成

劣化要因と潜伏期・進展期の外観

劣化要因	潜伏期	進展期
塩化物イオン	外観上の変状なし 腐食発生限界Cl ⁻ イオン量以内	外観上の変状なし 塩化物イオンによる腐食開始
中性化	外観上の変状なし 発錆限界以上の中性化残り	外観上の変状なし 中性化による腐食開始
ASR	外観上の変状なし 膨張によるひび割れなし	膨張ひび割れの発生 変色、アルカリシリカゲルの滲出
凍結融解作用	外観上の変状なし 凍結融解の繰り返しを受ける	スケーリング、ひび割れの発生 ポップアウトの発生など
化学的侵食	外観上の変状なし 表面の変質が認められない期間	表面が荒れた状態 ひび割れの発生

健康寿命を延ばす維持管理の課題

- 安全性を確保するための点検は外観目視で可能
⇒ 損傷を発見すると即対応。
- 予防保全のための点検は目視では限界がある！
⇒ 外観上に変状がみられない段階の調査
- 如何にして、簡便な方法で劣化を予測するか？
⇒ 定期健康診断とインフラドック

3. 小規模橋梁の点検要領

- 調査項目を絞る：
環境条件から劣化因子を絞る
- 構造物を傷めない：
微破壊で健全性を調査
- 簡易な装置で劣化調査
特殊な機械を使わない調査
- 調査結果を継続的に記録
劣化は進行性（速度は劣化原因による）

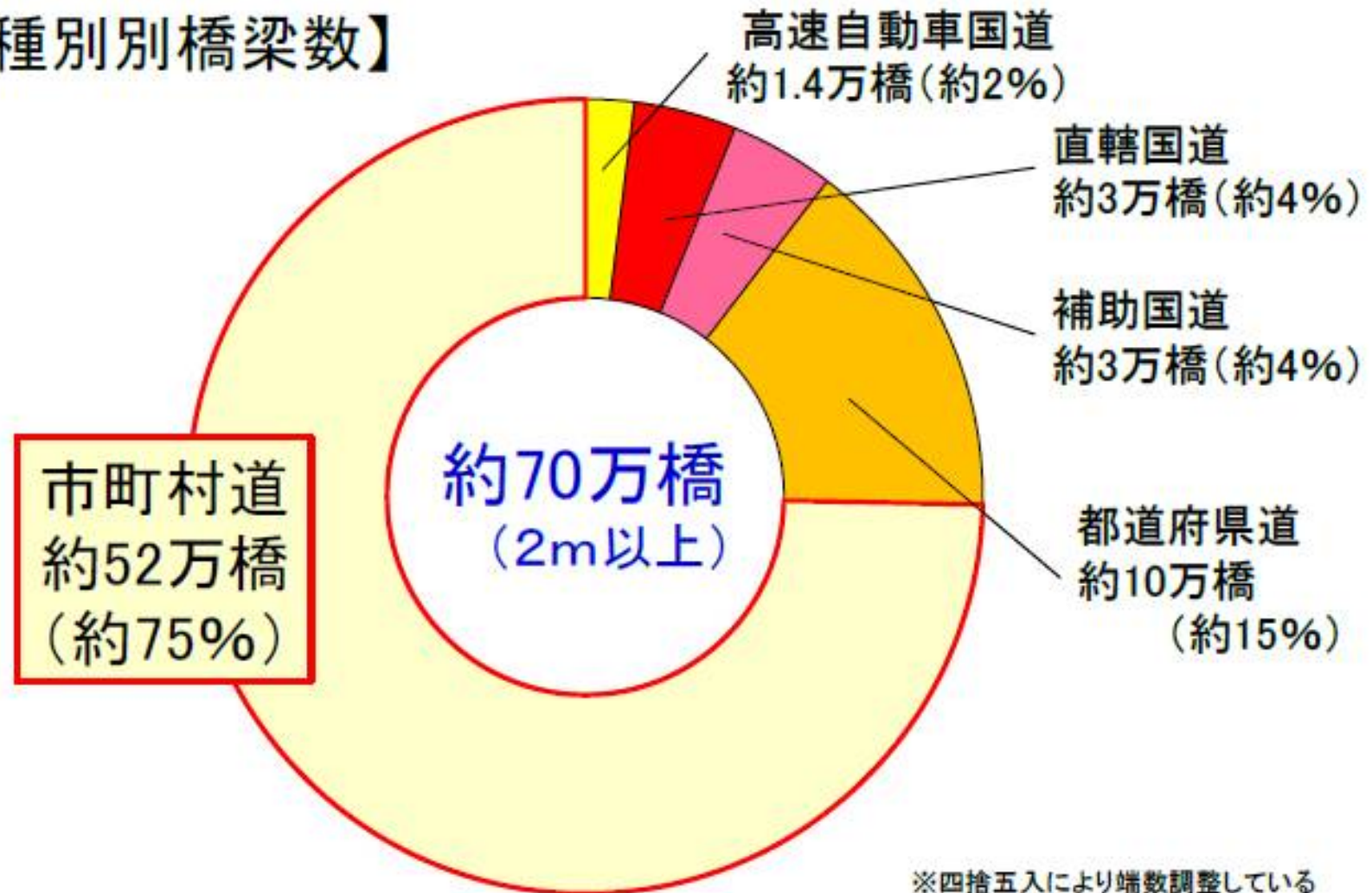
インフラ老朽化の実態

- **道路橋 約73万橋（2m以上）**
- **そのうち市町村の管理が75%**
- **2m以下と調査対象も相当数**
- **点検後の対応遅れも存在**

⇒ 小規模な鉄筋コンクリート橋の点検が急務

道路橋 約70万橋の内訳

【道路種別別橋梁数】



点検要領の骨子

1. 対象とする構造物
2. 劣化因子の特定(塩害・中性化)
3. 設計・施工記録調査(調査項目)
4. 調査計画の立案
5. 調査項目の選定
6. 調査の実施時期
7. 調査成果の整理・分析
8. 記録の残し方

事例紹介

- 呉市豊町(大崎下島)
 - ⇒ 海岸近くは塩害劣化
 - ⇒ 河川上流は中性化劣化
- 河川に沿った小規模橋梁
 - ⇒ 橋長の短い無名の橋梁
 - ⇒ 過去に調査の形跡なし

＊ 専門家でなくともできる方法

調査対象の町(豊町)

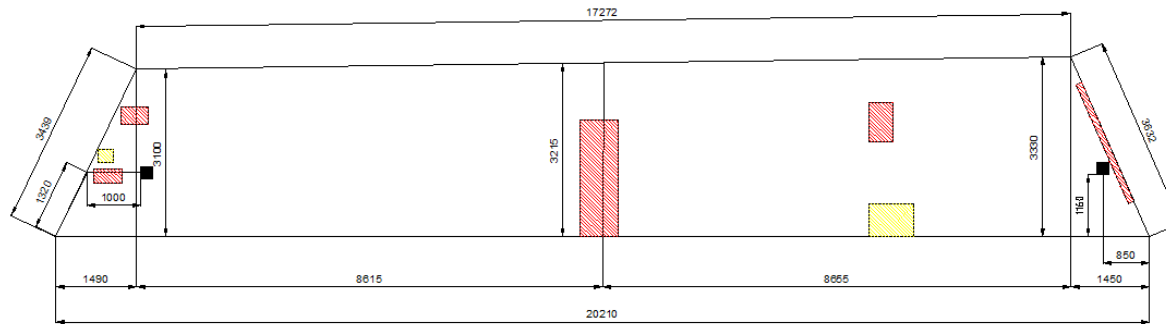


調査項目と方法

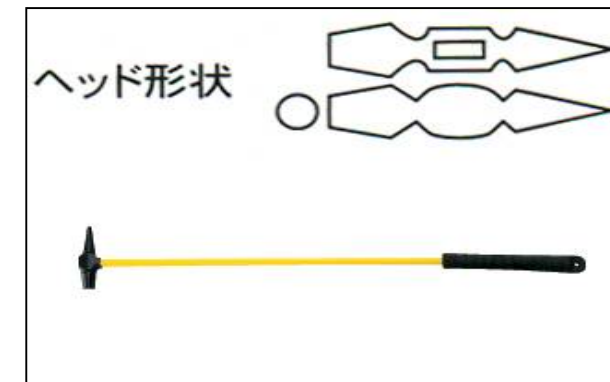
- 目視・打音検査(ハンマー)
 - 強度推定(リバウンドハンマー)
 - 中性化深さ測定(ドリル法)
 - 塩化物イオンの侵入深さ
- ⇒ 記録(カルテ)の残し方

外観調査

- ◆ 橋梁寸法測定 メジャーからCAD図面
⇒ 劣化箇所の記入



- ◆ 打音調査
ハンマーを使用



強度・中性化深さ調査

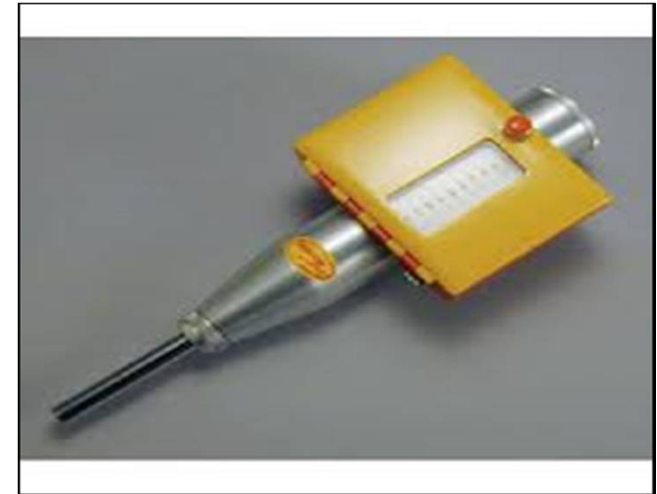
◆ 反発強度測定

シュミットテストハンマーNR型

JIS A 1155は9点

現場では、12点の反発度測定

偏差の大きい3点を除外



◆ 中性化深さ

ドリル法でコンクリート粉末の採取

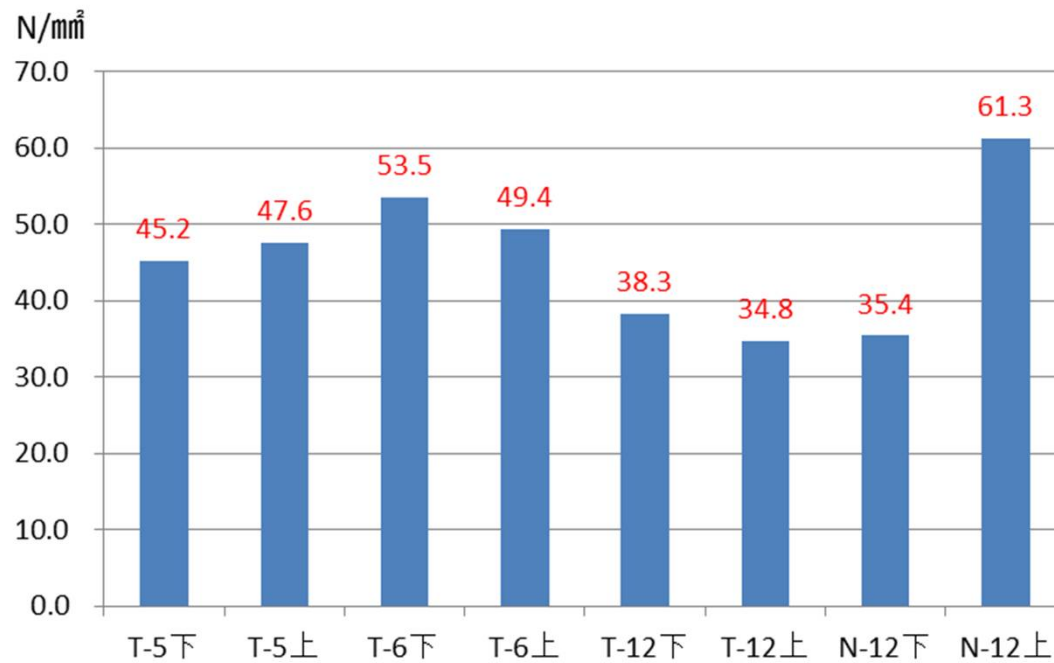
ドリル径は $\phi 8\text{mm}$ 、最大で5cmまで

フェノールフタレイン溶液で判断



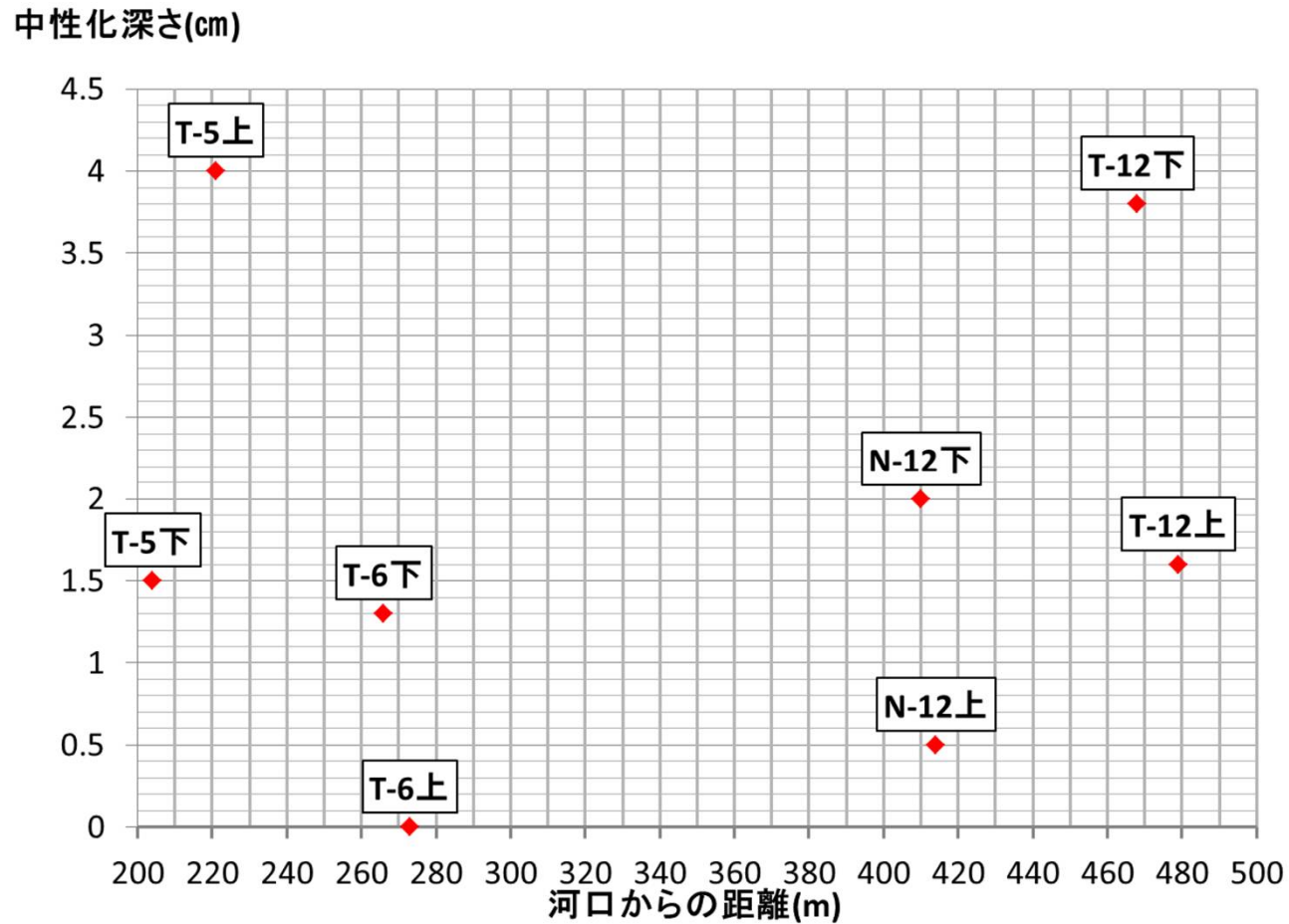
コンクリートの強度推定

リバウンドハンマーによる反発硬度から推定



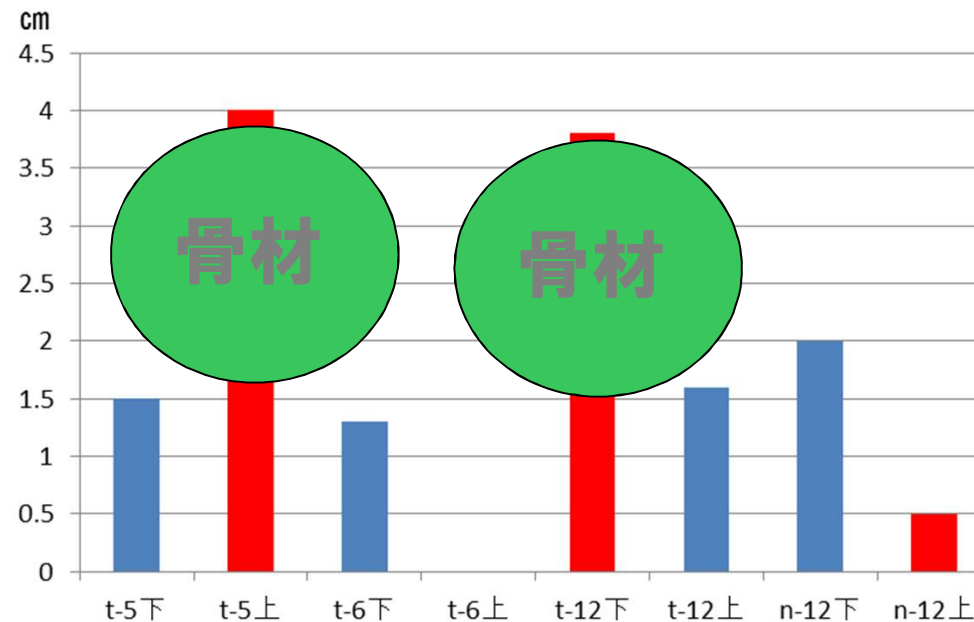
- 変動は少なく、平均を大きく外れた値はなし。
- 部材内で変動の大きな橋梁も存在。

中性化深さの調査結果



➤ 中性化深さ測定に測定箇所之差が大

中性化深さの評価



- ✓ 同じ橋梁で中性化深さに大きな幅。⇒ 骨材の影響
- ✓ 中性化深さは1.3～2.0cmの範囲と判断。
- ✓ かぶり厚さから考え、補修の必要な時期は、20年後。
- ✓ 中性化深さは河口からの距離との相関なし。

塩化物イオンの侵入深さ調査

◆ 塩化物イオン量測定

ドリルで試料を採取後、
簡易測定キット「クロキット」を使用

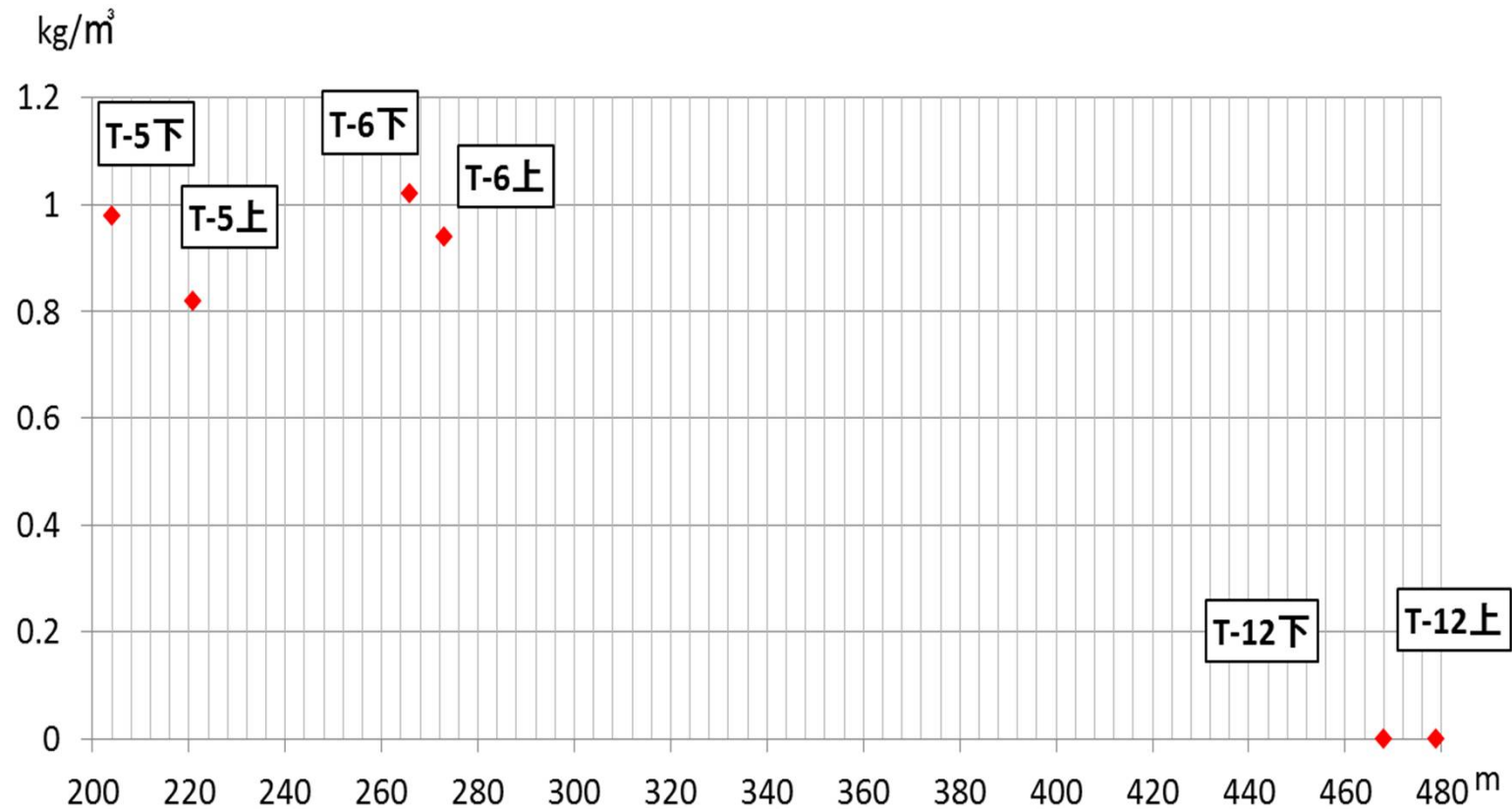


コンクリート粉末の採取状況



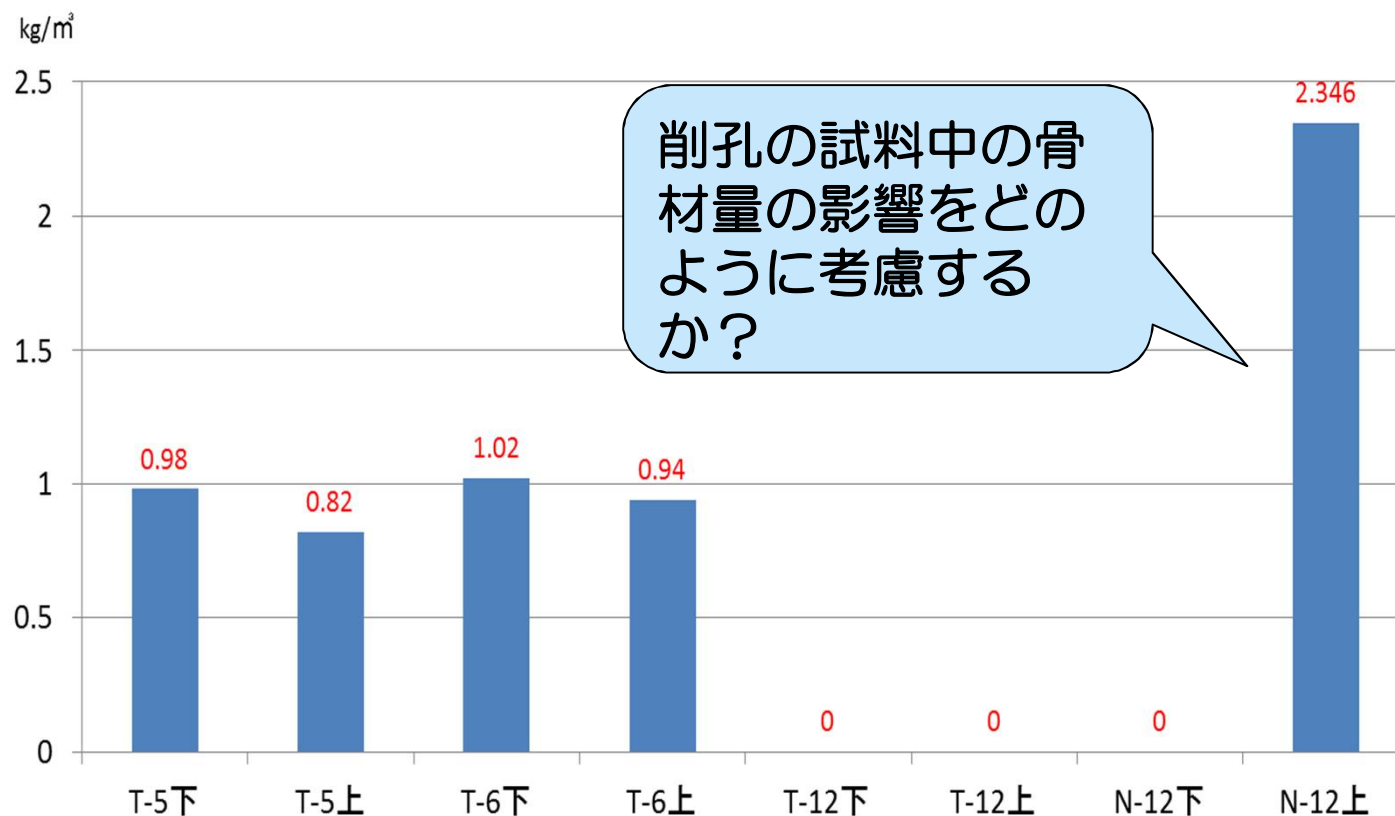
簡易塩化物イオン濃度測定器具

塩化物イオン量測定結果



N-12の橋梁を除くと、海岸からの距離に比例？

塩化物イオン量の測定結果



N-12の上流側の塩化物イオンは 2.3kg/m^3 ⇒ 要再調査

塩化物イオン量測定方法の改善案



アンカーは不要



粗骨材を除くことで精度向上



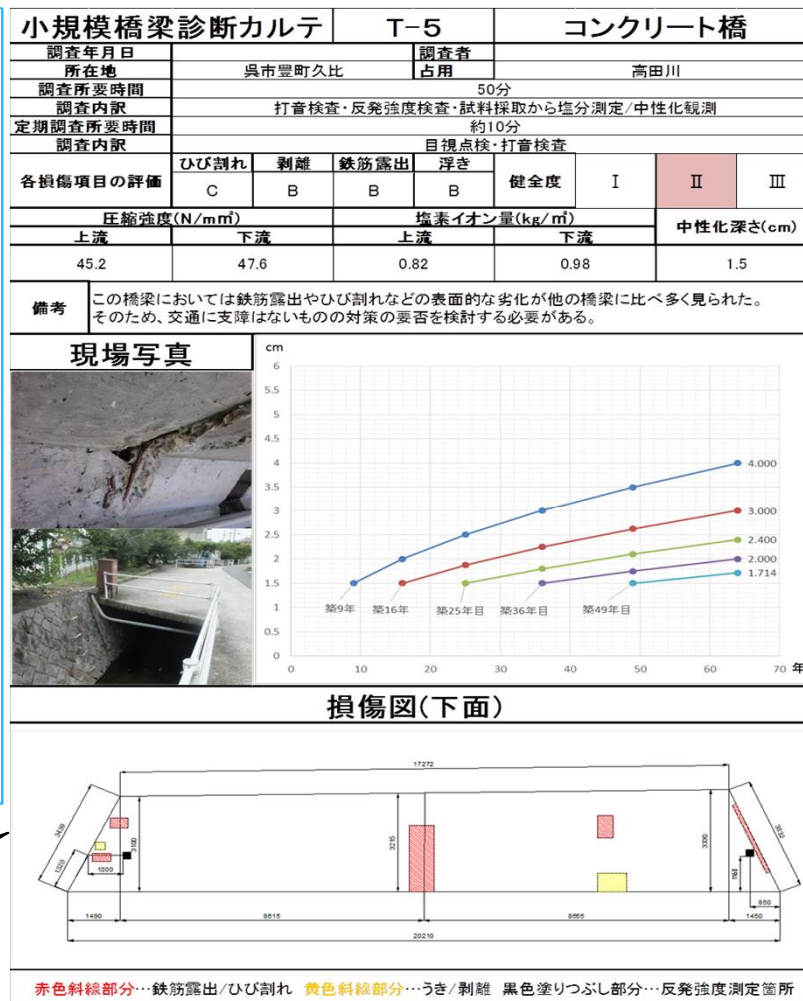
検証が必要

点検記録（カルテ）の残し方

診断に必要な 最小限の情報

- ✓ 位置情報
- ✓ 経過年数
- ✓ 設計条件
- ✓ 施工記録
- ✓ 損傷状況
- ✓ 健全度
- ✓ 将来予測

改善の予定



点検項目

- 圧縮強度
- 塩化物イオン量
- 中性化深さ
- 劣化の予測
- 構造安全性

カルテの内容

- 損傷図
- 現場写真

4. 点検要領の作成に向けて

目指すところは・・・

□ 点検と診断：

コストをかけない点検、正確な診断

□ 補修と補強：

**費用対効果で対応技術を選定
進化する技術の待たない**

点検・診断・措置の在り方

- 効率的な点検

専門家の指導で、経費を削減

- 正確な判断の診断

少ない専門家を有効に活用

- 費用対効果の延命化（補修・補強）

計画供用時間を想定した対応

健康寿命を延ばす策(まとめ)

- **維持管理責任者を明確化**
 - ⇒ 地域ごとに担当分けなど
- **点検と診断を分けて対応**
 - ⇒ 点検士と診断士(ドクター)
- **早めの措置で経費削減**
 - ⇒ 整備予算の確保に期待

おわりに

- 小規模構造物の点検要領書
 - ⇒ 次回のフォーラムで公開予定
- 近未来コンクリート研究会
 - ⇒ 長寿命化研究協議会に設立
 - ほかに2つの協議会
- お問い合わせは、HPより

次年度に続く