

主催：一般社団法人 コンクリートメンテナンス協会
コンクリート構造物の補修・補強に関するフォーラム2023
～コンクリート構造物の健康寿命の延ばし、脱炭素社会の構築に寄与する～

予防保全を目的とした コンクリート構造物の点検要領

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

業 務 経 験

近未来コンクリート研究会 代表
(一社)コンクリートメンテナンス協会 顧問

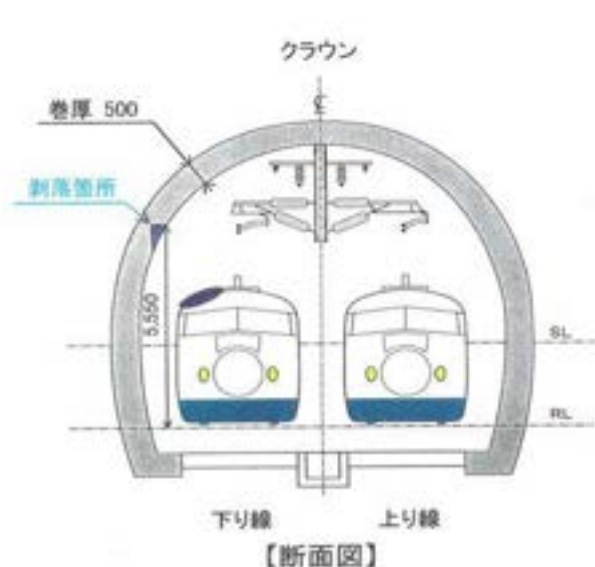
建設業 37年間 (1974～2011年)

広島工業大学工学部教授 (2011～2017年)

2017年～ 現 職

我が国の事故例

- 1999年 鉄道トンネル二次覆工コンクリートの崩落
- 2012年 道路トンネルの天井版の崩落事故



福岡トンネル事故事例

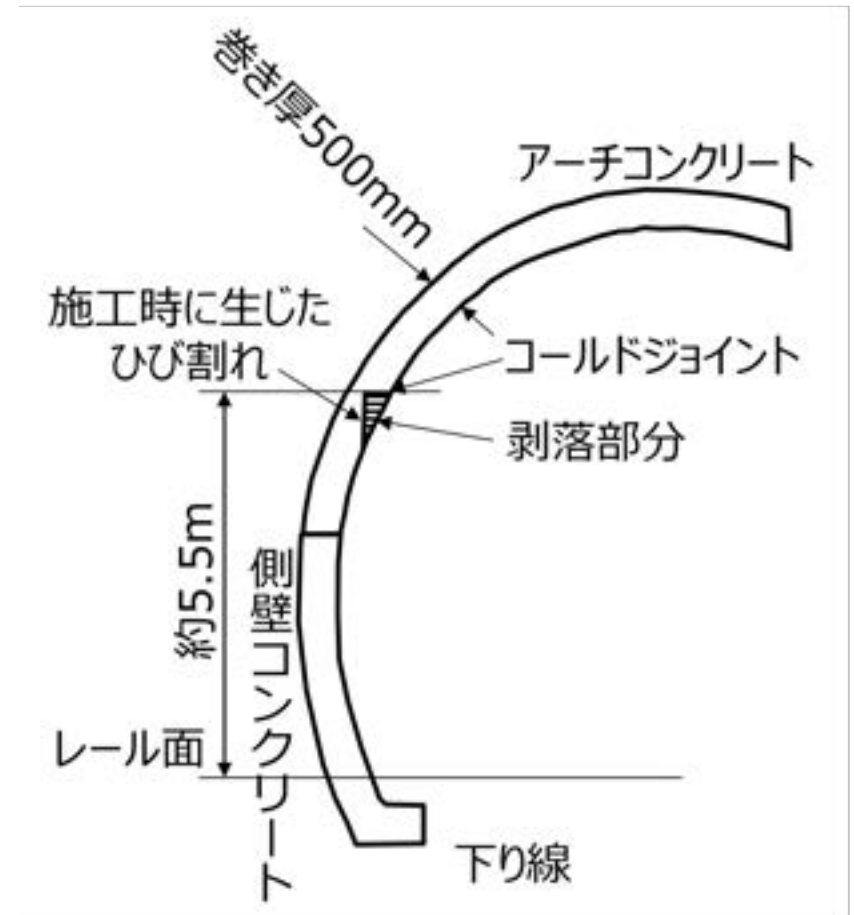
管子トンネル概要



1999年 新幹線にコンクリート片が剥落

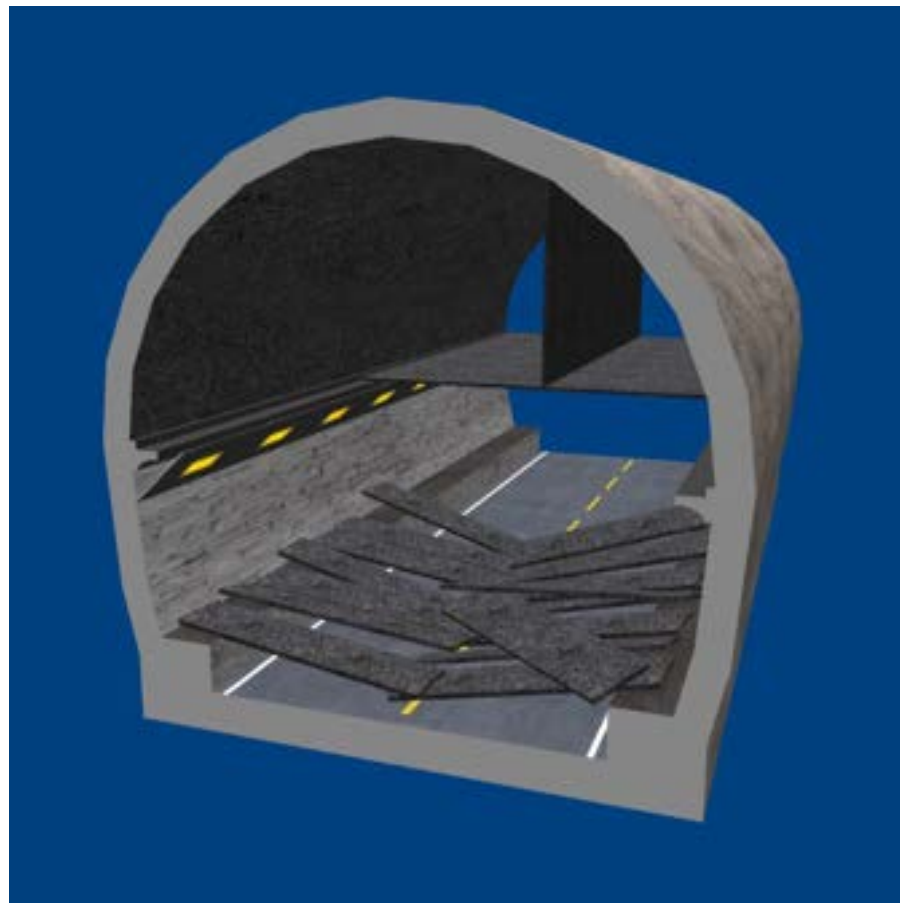


1999年福岡トンネルにおいて
走行中の新幹線の上に
約200kgのコンクリートが落下



2012年 笹子トンネルで天井版の崩落

笹子トンネル概要



橋梁の崩落事例

日本も例外ではない



資料) ミネソタ州道路局

橋梁の劣化は現実のものとなっている。

ピッツバーグ橋梁崩落現場



全曜日早朝、フーンホロー橋が崩壊し、渡辺局運行のバス1台と乗員数人がホットドッグ・ダムドッグ公園に滑り落ちた。写真：ブルームバーグ通信社経由で配信されたグッチェ・映像ジャスティン・メリマンによる撮影
出所：ウェブ版FKAQD2 CBS Pittsburgh, 2022年1月28日のエントリーより引用

最近の起きたアメリカの崩落事故

これを見て、バイデン大統領は、
インフラ対策の予算をとることを決断した。

イタリア ジェノバの橋梁崩落事故



本日の話の内容

- **維持管理で予防保全が必要な理由**
- **小規模橋梁の予防保全の進め方**
- **予防保全を目的とした点検要領**
- **広島市における小規模橋梁の点検事例**

1. 維持管理で予防保全が必要な理由

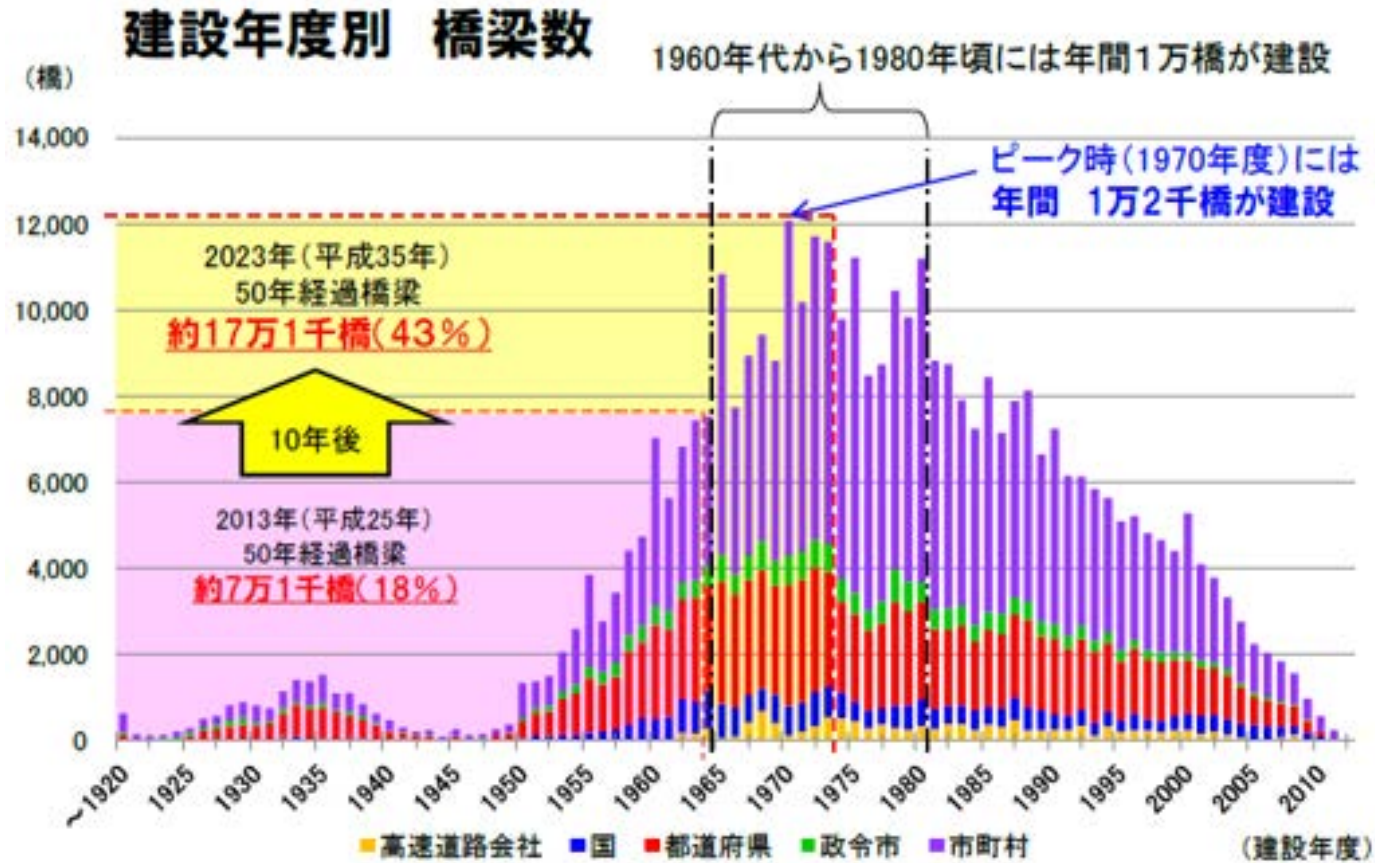
- インフラの高齢化の実状**
- 維持管理の必要性**
- 点検結果と補修対応の実状**
- 予防保全が必要な理由**
- コンクリート診断士の資格者**

道路橋の数と管理者の実態

- **道路橋 約73万橋（2m以上）**
- **そのうち市町村の管理が66%**
- **2m以下と調査対象外も相当数**
- **点検後の対応遅れも存在**

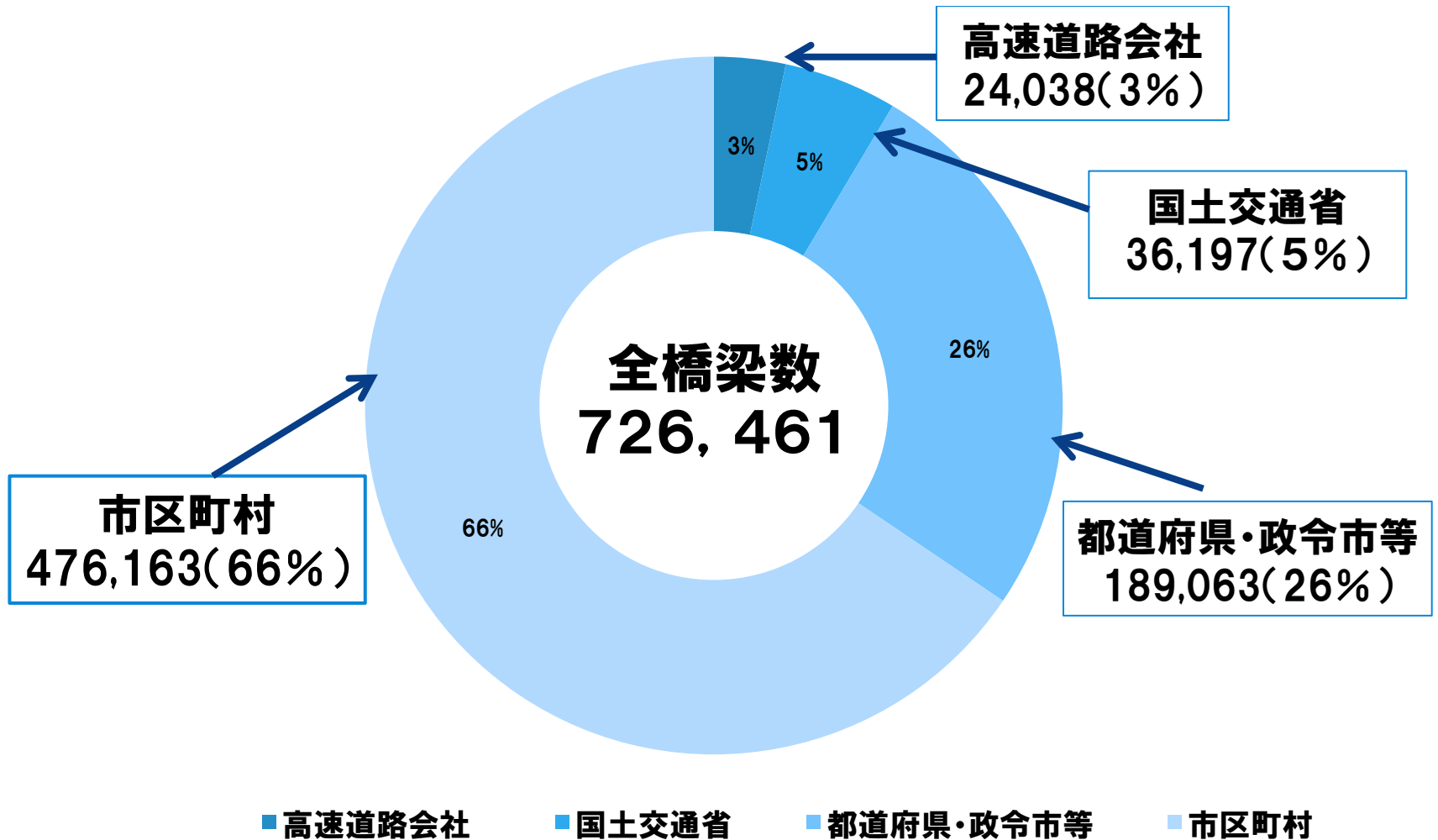
⇒ **小規模な鉄筋コンクリート橋の点検が急務**

インフラ高齢化の実態



令和5年に橋梁の43%が50歳

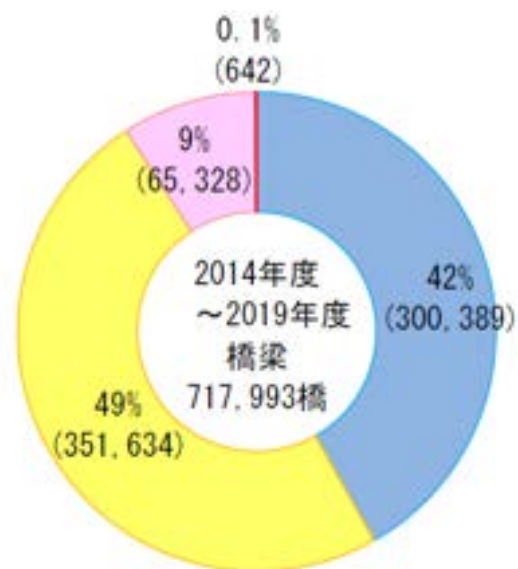
維持管理者別の橋梁数の内訳



劣化グレードの定め方

区 分		状 態
劣化グレードⅠ	健全	構造物の機能に支障が生じない段階
劣化グレード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
劣化グレード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、早期に措置を講ずるべき状態
劣化グレード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、緊急に措置を講ずるべき状態

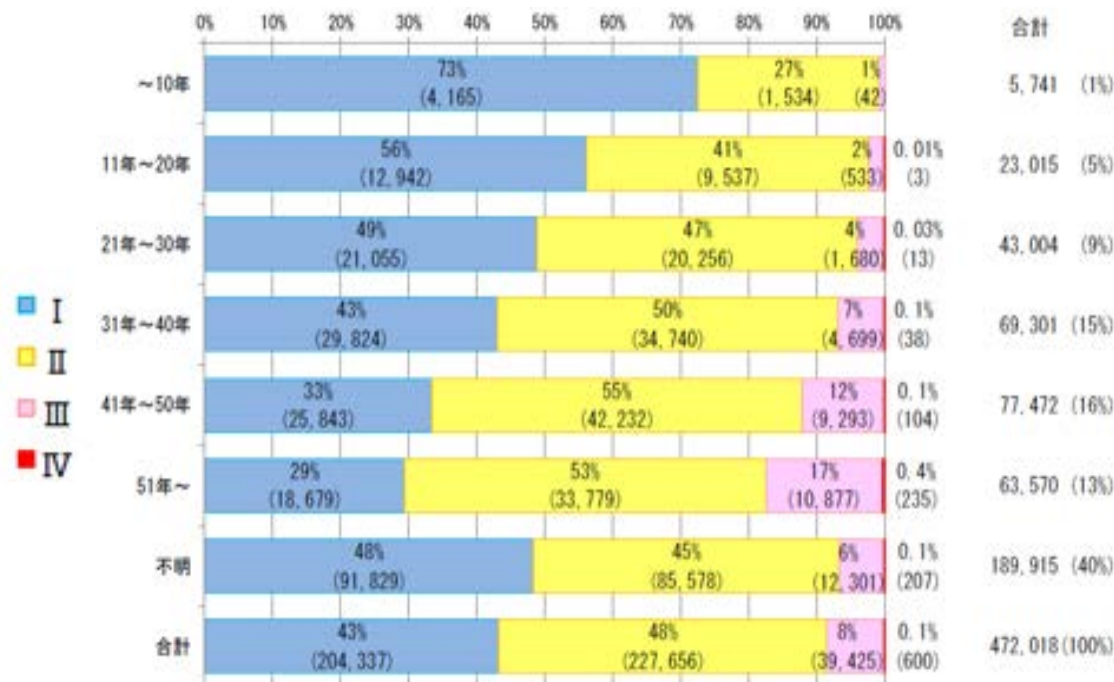
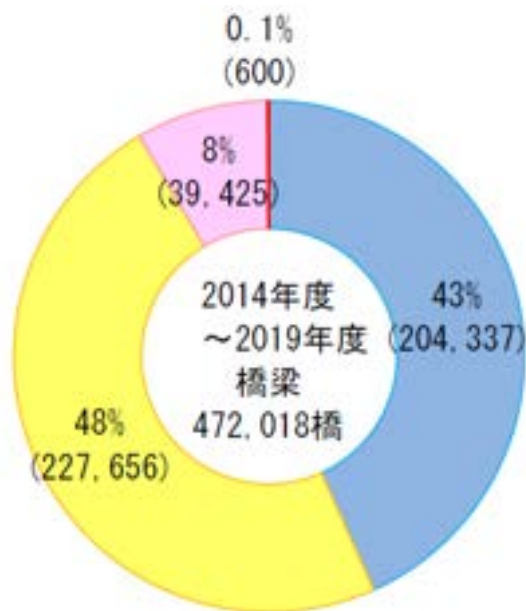
全道路管理者の点検結果 (令和2年メンテナンス年報より)



※点検を実施した施設のうち、2020年3月末時点で診断中の施設を除く。

○ 2019年度末時点における判定区分の割合は、橋梁：I 42%、II 49%、III 9%、IV 0.1%、トンネル：I 2%、II 58%、III 39%、IV 0.4%、道路附属物等：I 32%、II 53%、III 15%、IV 0.1%です。

市区町村管理者の点検結果（令和2年メンテナンス年報より）



※点検を実施した施設のうち、2020年3月末時点で診断中の施設を除く。

○ 2019年度末時点における判定区分の割合は、橋梁：I 43%、II 48%、III 8%、IV 0.1%、トンネル：I 3%、II 58%、III 37%、IV 2%、道路附属物等：I 19%、II 59%、III 22%、IV 0.3%です。

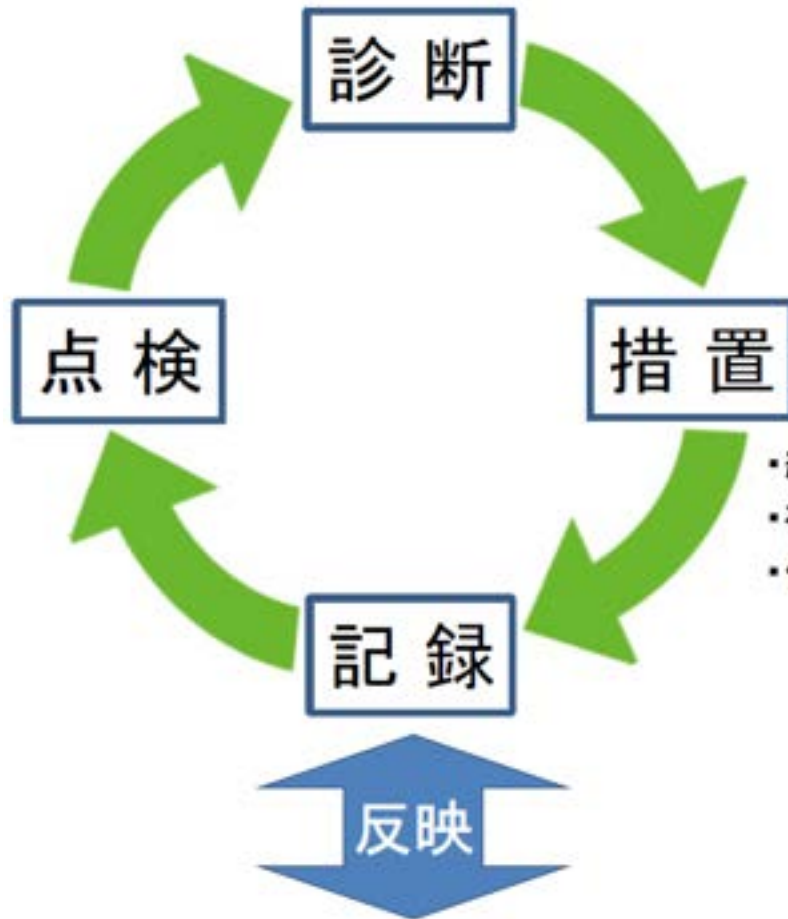
補修対応の実態 (1巡目点検の措置の実施状況)

点検済みの劣化度ⅢおよびⅣの橋梁における補修の実施例 (国土交通省編:メンテナンス年報2020年度より)

管理者	修繕が必要 A	修繕に着手 B	修繕が完了 D	着手率 (B/A)	完了率 (D/A)
国土交通省	3,427	2,359	1,071	69%	31%
高速道路会社	2,538	1,202	705	47%	28%
都道府県・政令市等	20,535	9,052	5,057	44%	25%
市町村	42,338	12,324	7,812	29%	18%
合計	68,836	24,937	14,645	36%	21%

I:健全 II:予防保全段階 III:早期措置段階 IV:緊急措置段階
このうち、グレードⅢおよびⅣと判定された橋梁が対象

メンテナンスサイクル



適切な診断ができなければ、適切な措置は提案できない。
(人材の課題)

- ・経過観察
- ・補修
- ・供用制限
など

措置が終わらないと、メンテナンスサイクルは回らない。(予算の課題)

維持管理計画

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
- 2023年4月現在 14,623名が登録

□	内訳	全国
	官公庁等	1,147名 (7.8%)
	コンサル	4,085名 (28.0%)
	建設会社	5,639名 (38.6%)

⇒ 診断士だけでは対応不能

つまり、・・・

インフラの整備では、

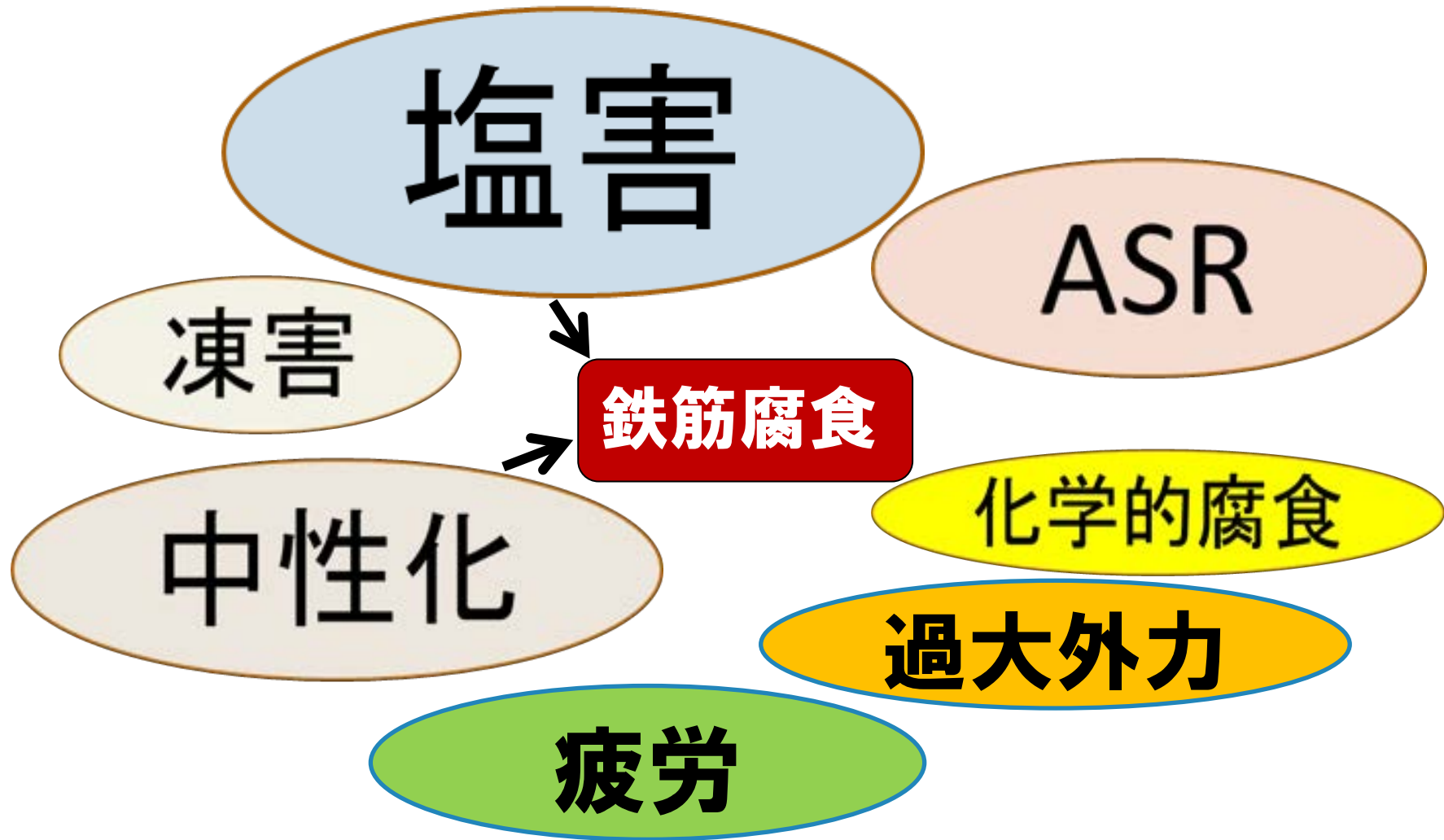
- ①多くの橋梁を費用をかけないで点検し、
- ②点検頻度を延ばす橋梁を選別し、
- ③早期に補修を要する橋梁に対応する。
- ④これにより、安全・安心の整備を行う。

⇒ よって、予防保全を目的とした点検が必要

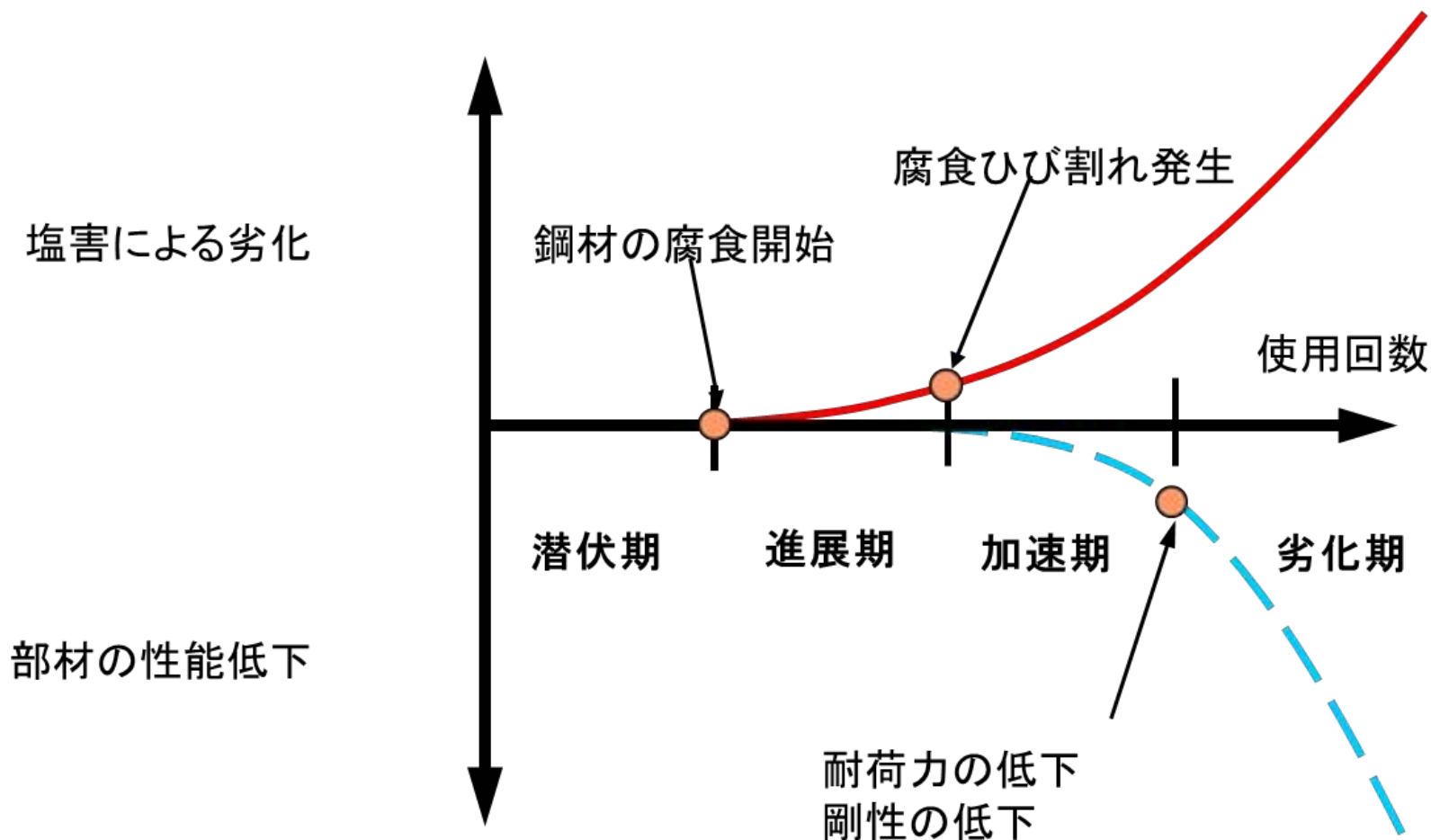
2. 小規模橋梁の予防保全の進め方

- 劣化要因ごとに異なる症状
 - 進行するまで見えない鉄筋腐食
 - 鉄筋の腐食前に劣化を推定
- ⇒ 健全に見えるが、腐食が進行
それを予測するのが、予防保全

コンクリートの老朽化の主要因



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	腐食開始限界塩化物イオン濃度以上腐食はしているが外観上に変状はない
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

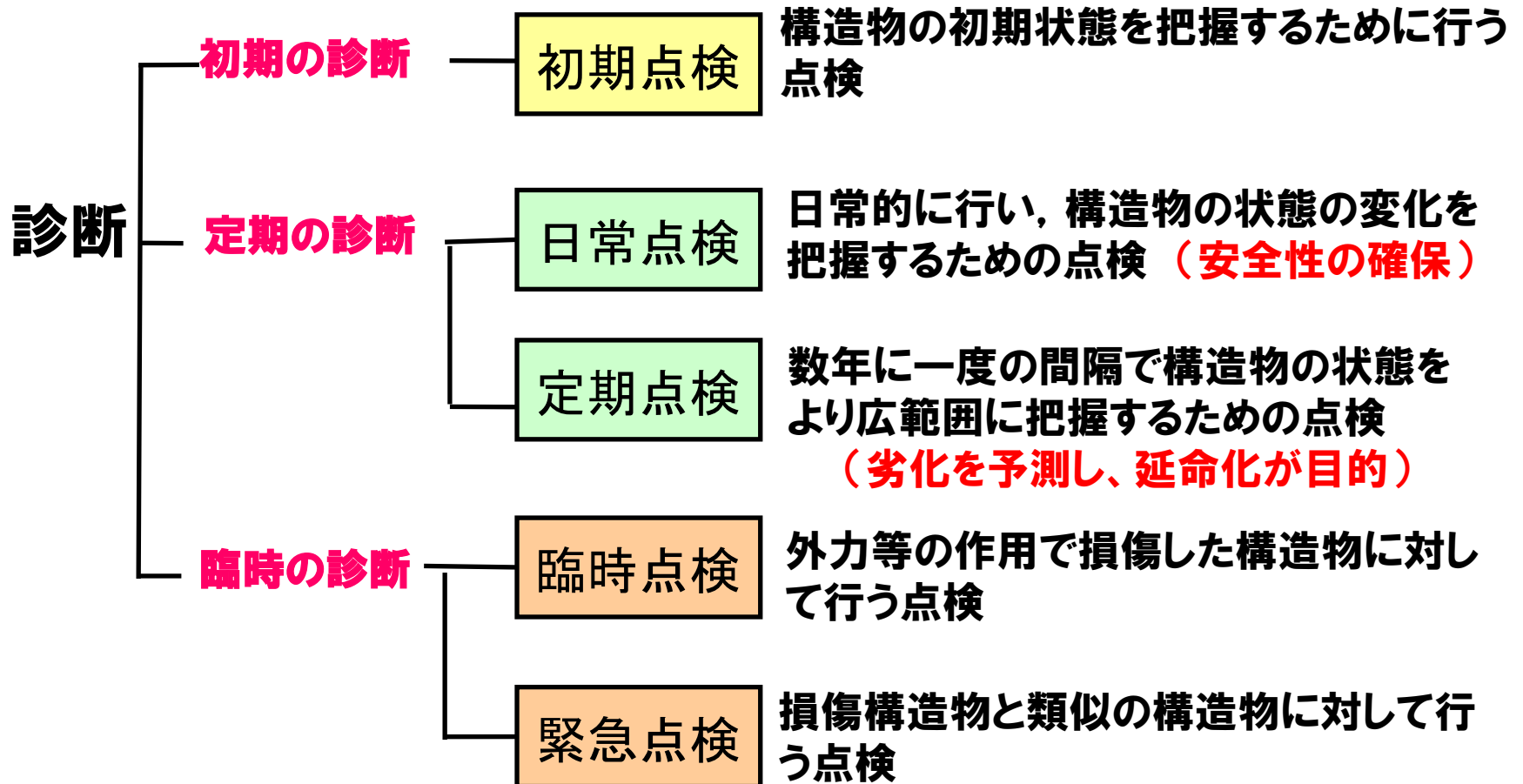
劣化要因と潜伏期・進展期の外観

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
化学的腐食	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

予防保全で延命化

- **一見健全に見えるコンクリートだが・・・
内部の鉄筋は腐食を開始している。**
- **早めの予見が補修を簡単にする。
鉄筋の減肉は補強が必要となる**
- **予防保全の対応**
 - ⇒ **劣化因子の浸透防止策**
 - ⇒ **減肉前に防食対策**

□ 点検の種類



予防保全を行うために何をすればいいか？

- 点検は簡易にして、補修に費用をかけるべき。
- 費用対効果で点検方法を選定



- 劣化状態は、打音検査と近接目視で可能(緊急性)
- 将来予測は、塩化物イオン量と中性化の把握

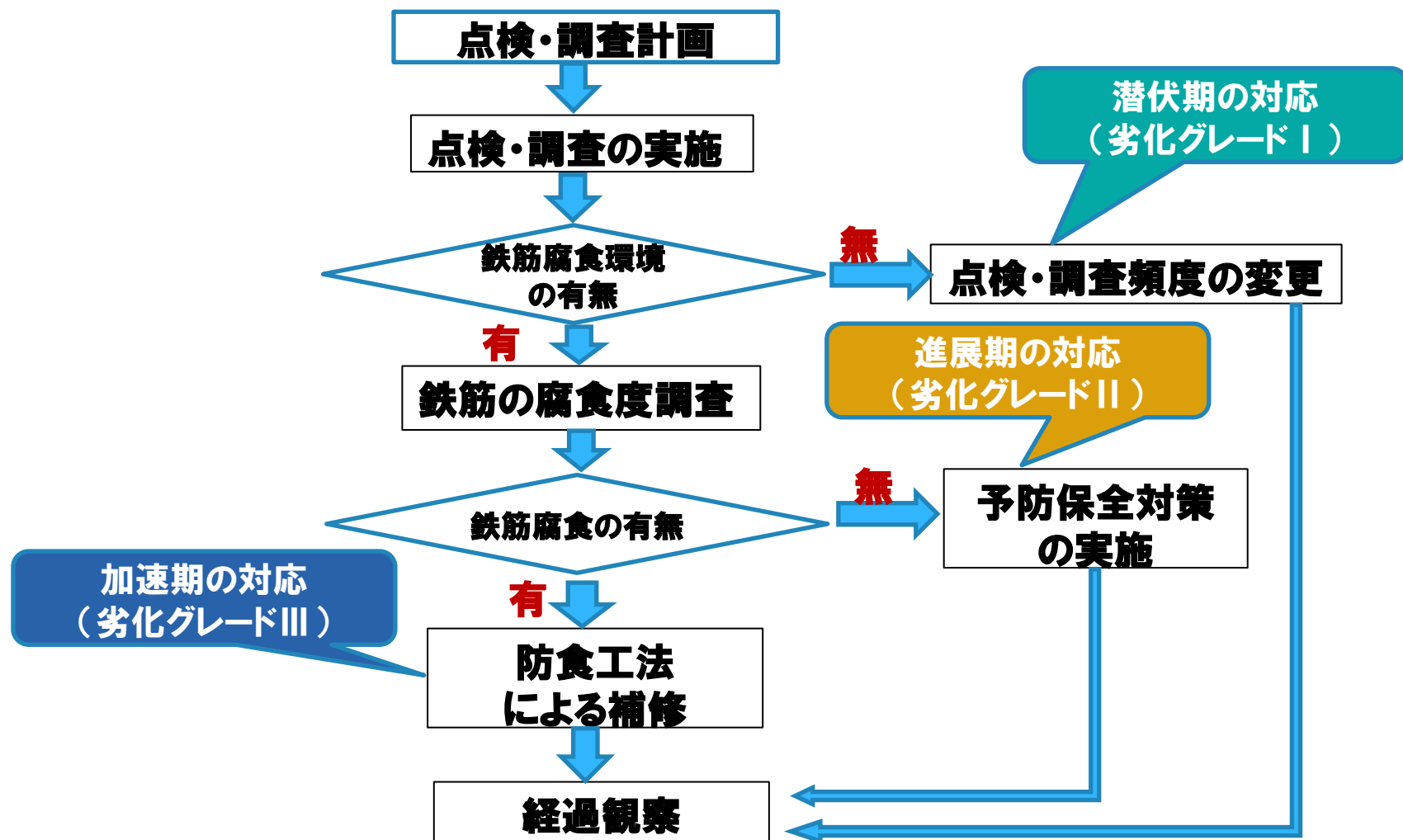


- 塩化物イオン量は鉄筋の位置の量の予測
- 中性化は中性化深さから進行性の予測

3. 予防保全を目的とした点検要領

- 外観目視と打音検査で、安全性の確保
- 配筋・かぶり厚さの調査で、施工の確認
- **中性化深さ測定**から腐食の可能性を予測
- **塩化物イオン量**から腐食の可能性を調査
- 腐食環境なら、腐食度を調査
- 腐食状況から補修・補強方法の提案

予防保全型維持管理のフロー



小規模鉄筋コンクリート橋梁の点検要領(案)



小規模橋梁の点検要領は、鉄筋コンクリートの劣化を対象としています。

改訂版(Ver.2)は事例を加え使いやすくしています。

誰でもできる点検を目指して、早期の点検で安価な措置を。

改善しながら参考図書にしています。

小規模橋梁の点検要領の骨子

- **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）**

調査項目

	調査項目	実施項目
1	形状寸法	<ul style="list-style-type: none">・橋梁の寸法・形状の記録・調査状況の写真
2	表面観察	<ul style="list-style-type: none">・外観調査(ひび割れ、変色、浮き、剥離など)→スケッチ、写真・内部不具合調査(空洞、豆板など)→スケッチ、写真・打音検査(テストハンマー)
3	鉄筋位置 かぶり厚さ	<ul style="list-style-type: none">・電磁波レーダーによる鉄筋の配置・かぶり厚さの測定
4	圧縮強度	・リバウンドハンマーによる表面硬度測定から推定 (JIS A 1155、JSCE-G-504)
5	中性化深さ	<ul style="list-style-type: none">①ドリル法による粉末で中性化深さ測定 (NDIS 3419)②ろ紙に噴霧したフェノールフタレイン溶液が赤紫色に呈色③ドリルを止めてその時の深さをノギスで測定
6	塩化物イオン量	<ul style="list-style-type: none">・乾式ドリル粉の採取→実験室で簡易塩分測定器「クロキット」による塩分量測定

外観調査の状況



測量



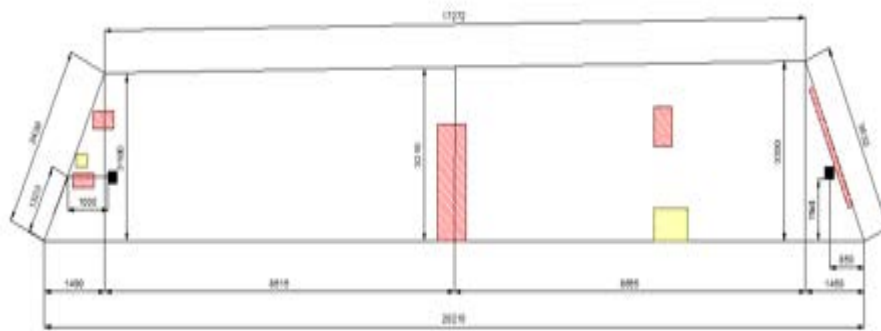
ひび割れ調査

打音検査

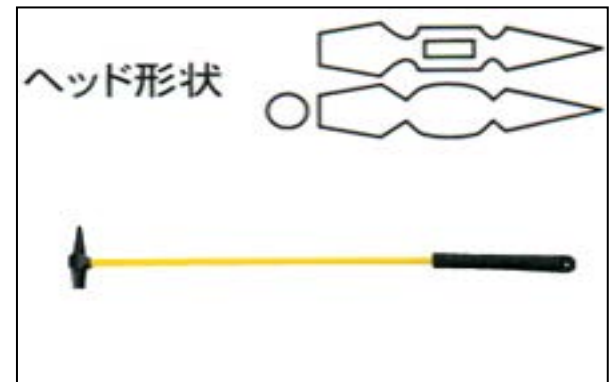


外観調査

- ◆ 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



設計基準強度の確認

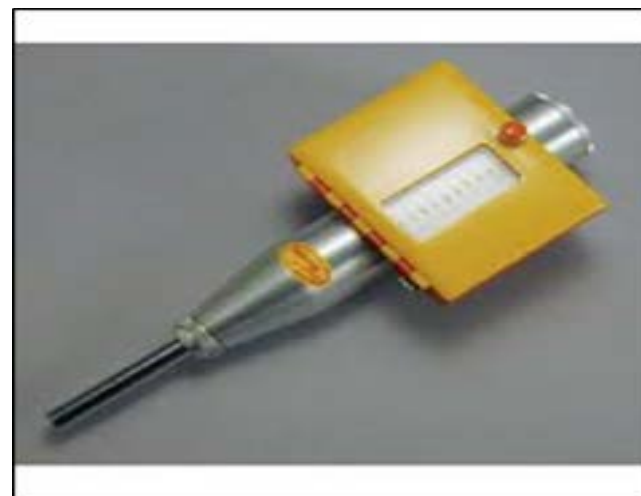
◆ 反発強度測定

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



◆ 設計記録がなく、一般的な設計基準強度と推定

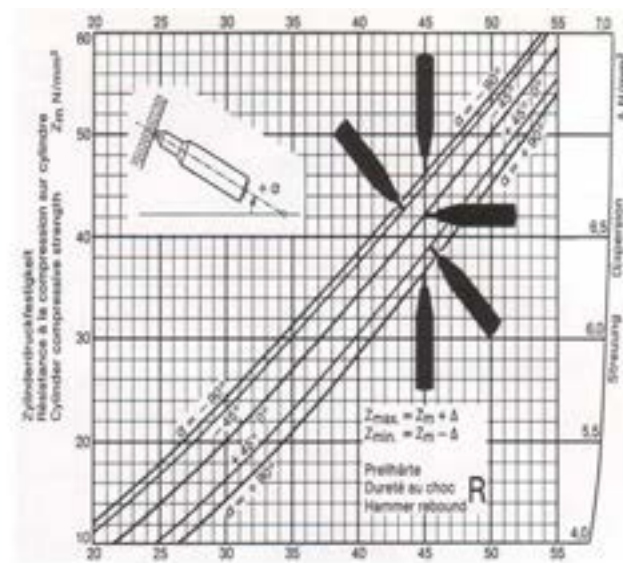
リバウンドハンマーによる測定状況



測定の全景

測定の状況

方向による補正方法

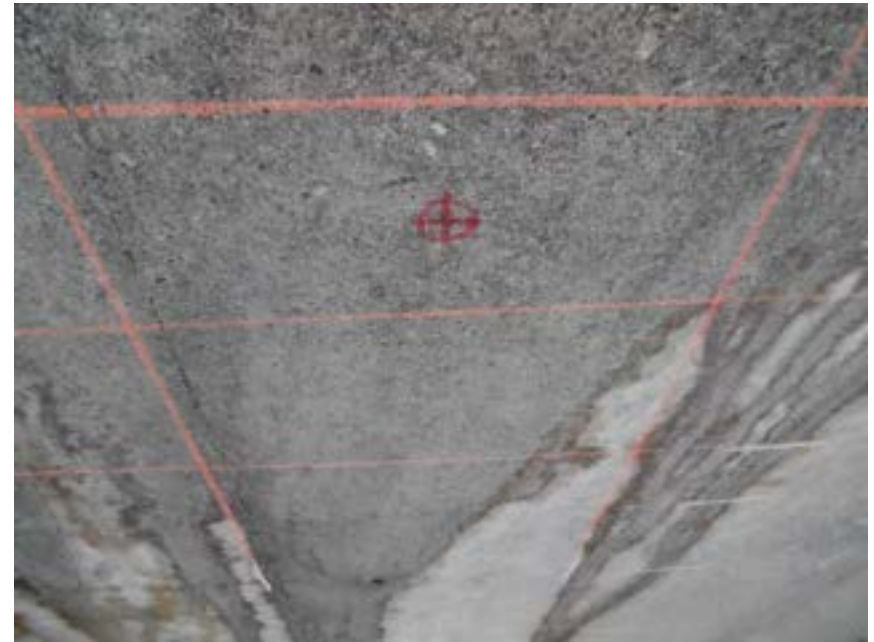


電磁波レーダーによる配筋状態の調査



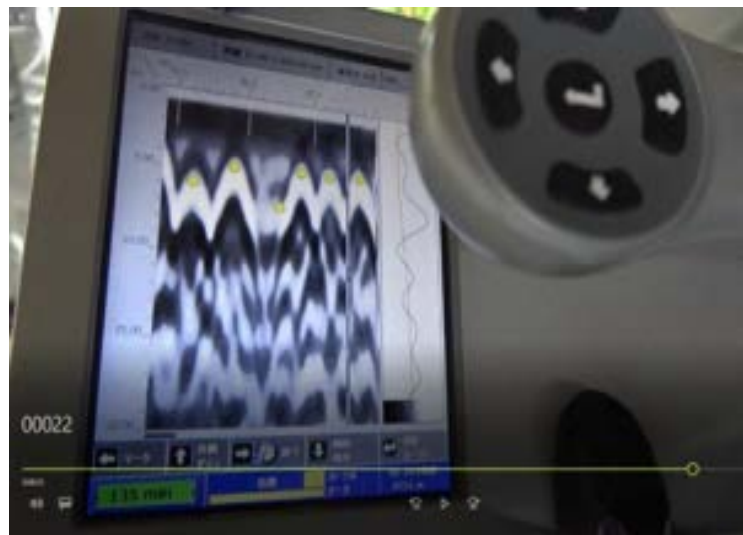
配筋状態の記録

300mm × 150mm



電磁波レーダー法

かぶり厚さ調査と外観調査



かぶり厚さ 50mm



かぶり厚さの小さい箇所で鉄筋腐食による剥落

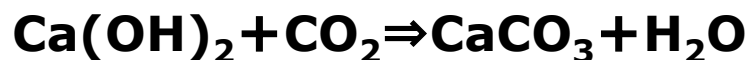
中性化深さの測定と将来予測

◆ 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Φ10mm程度、かぶり厚さまで測定

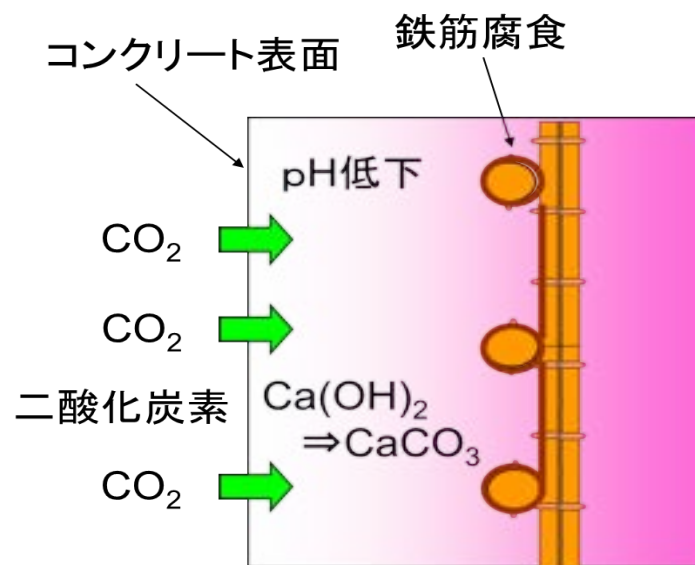
フェノールフタレイン溶液で判断



↓
pH12以上

↓
pH8.5位

炭酸化して中性に近づく現象



中性化深さの測定状況



試料の採取

中性化の判定

中性化深さ測定



中性化深さの確認方法

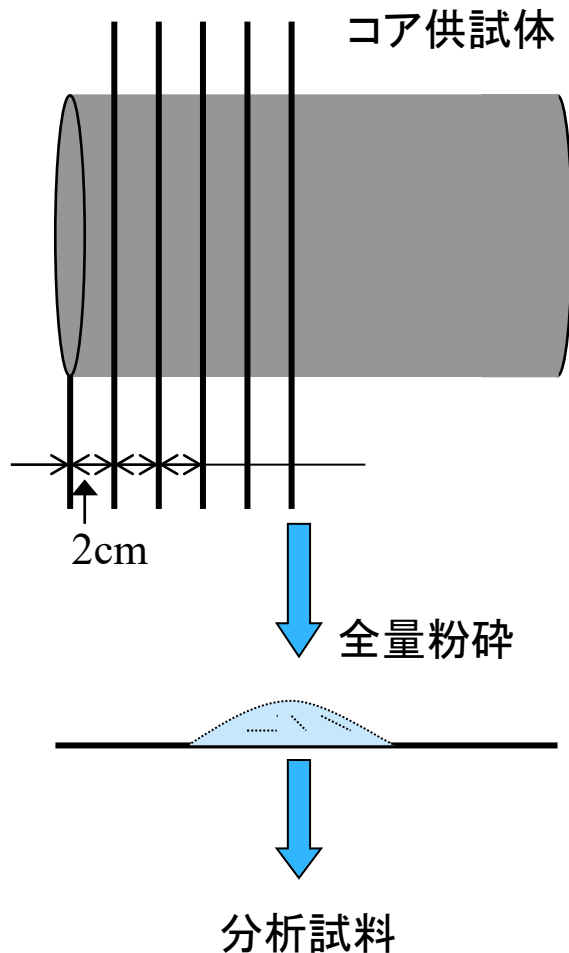


ファイバースコープによる確認

コアによる中性化深さ測定



■塩化物含有量の試験方法(JIS法)



全塩分量分析(固定化塩分を含む)
コンクリート中に含まれる全塩分
可溶性塩分量分析
50°Cの温水に可溶性の塩分

分析方法

- ・ 全塩分...硝酸溶液で溶解, 加熱煮沸
- ・ 可溶性塩分...50°C温水で, 30分浸透

- ① 塩化物イオン選択性電極を用いた電位差滴定法
- ② クロム酸銀一吸光光度法
- ③ 硝酸銀滴定法

塩化物イオン量の調査

◆ 塩化物イオン量測定

ドリルで試料を採取後、5gの試料で測定
簡易測定キット「クロキット」を使用



簡易塩化物イオン濃度測定器具

塩化物イオン量測定のための粉末採取

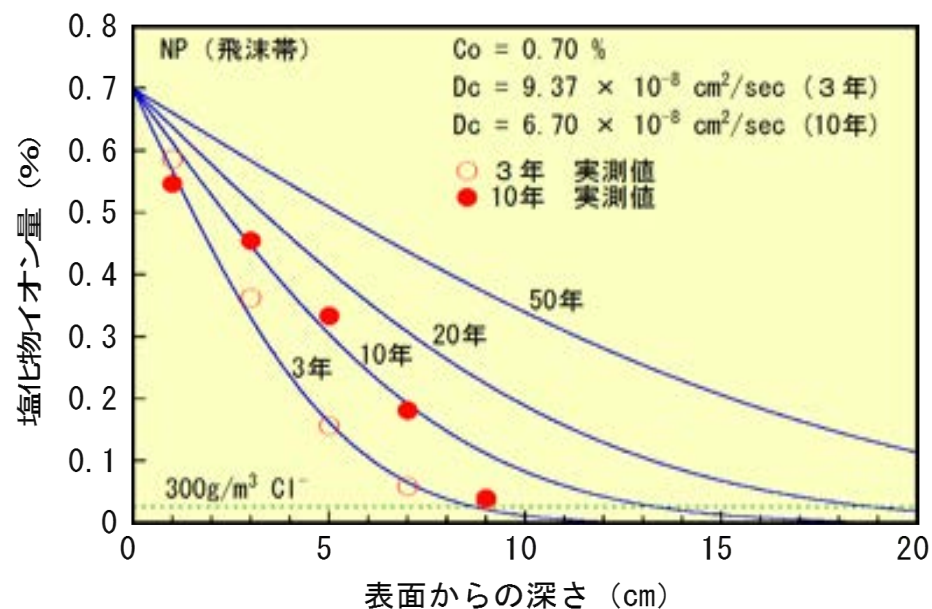
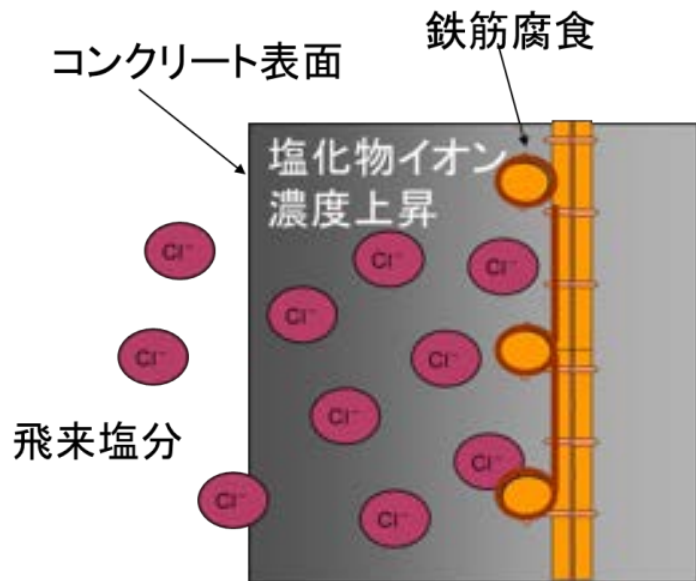


ドリルによる削孔
粉体採取状況

塩化物イオン量用
の粉体採取



塩化物イオンの浸透の概念



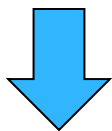
注：内在塩分の可能性も考慮

$$C = C_0 \left\{ 1 - \operatorname{erf} \left(\frac{x}{2\sqrt{D_c \cdot t}} \right) \right\}$$

D_c : 拡散係数
 C_0 : 表面塩化物イオン量

鉄筋位置の塩化物イオン量の予測は困難

- 塩化物イオン量は、計算通りにはならない。



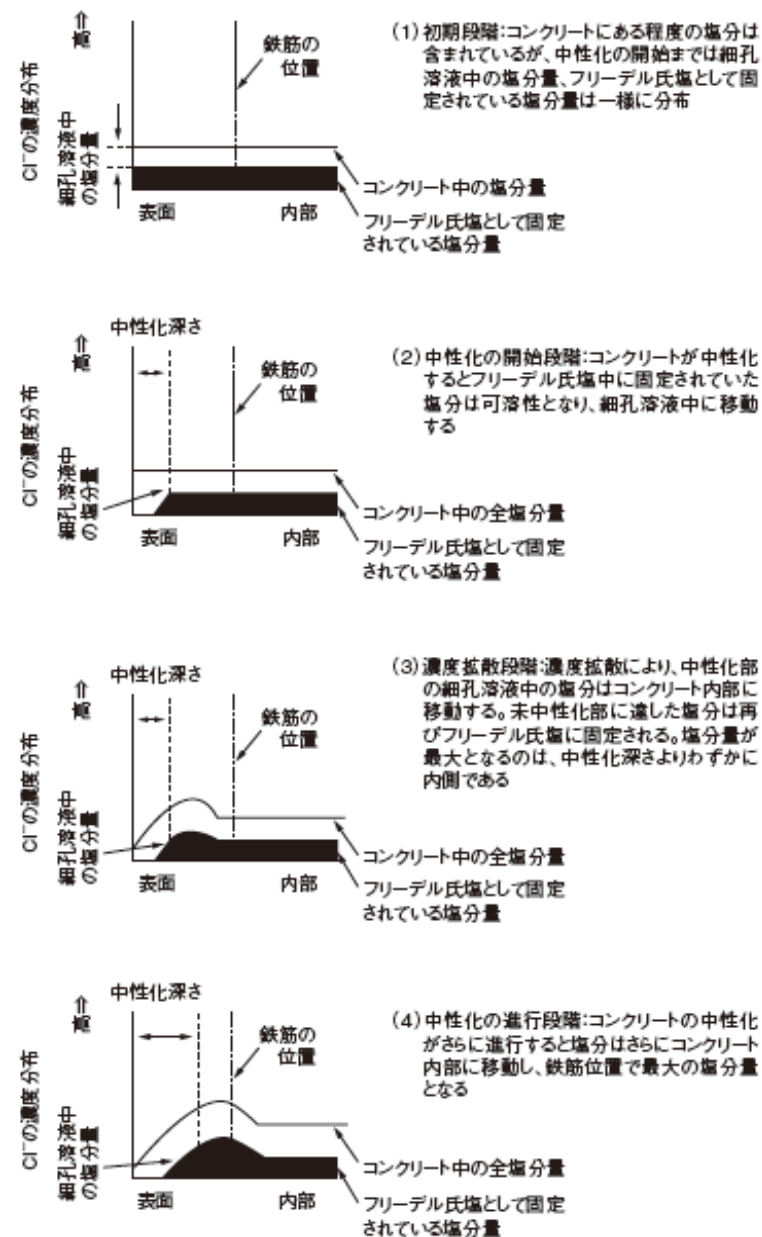
- 表面塩分量は、海洋構造物では一定でも、凍結防止剤を頒布する場合は、撒いているときは多いが、凍結防止剤を不要とする時期には減少する。
- さらに、表面からの雨水などで、固定化されていない塩化物イオンは、水分の移流により拡散する。
- また、中性化すると固定化されているフリーデル氏塩が溶け出して、拡散する。

塩分濃縮の現象

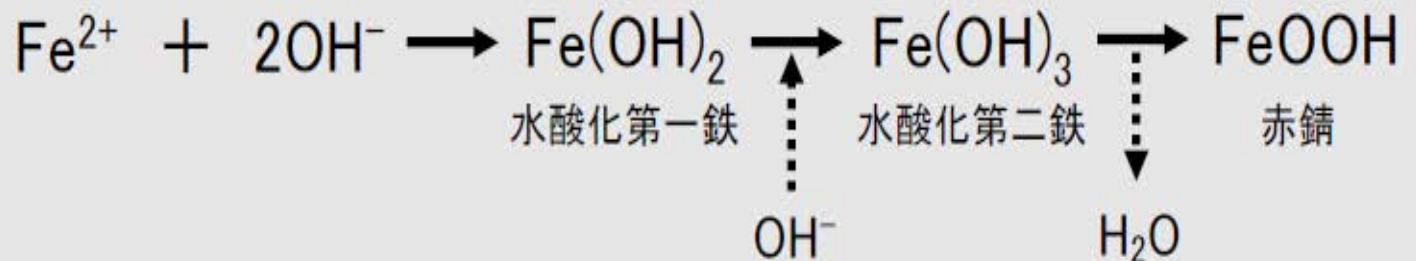
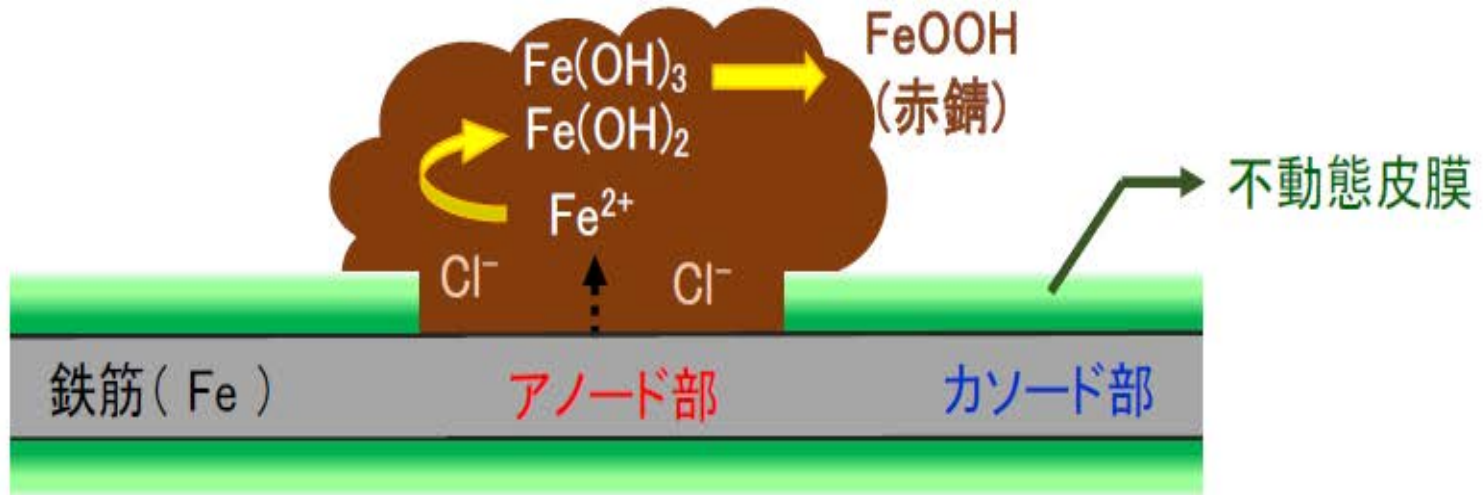
- ① 塩化物イオンが、フリーデル氏塩として固定化される。
- ② 中性化すると固定化されていた塩分が可溶性となり、細孔溶液中に移動する。
- ③ 未中性化域で、フリーデル氏塩は再度固定化される。
- ④ 中性化が進むと、塩分は内部に移動する。

この現象が塩分濃縮という。

●中性化に伴う塩化物イオンの濃縮現象



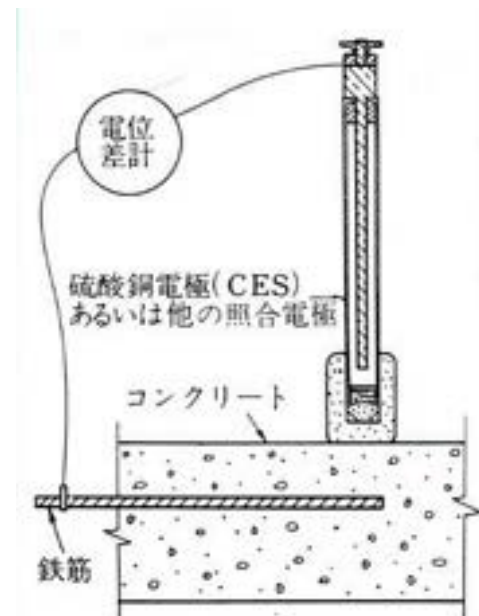
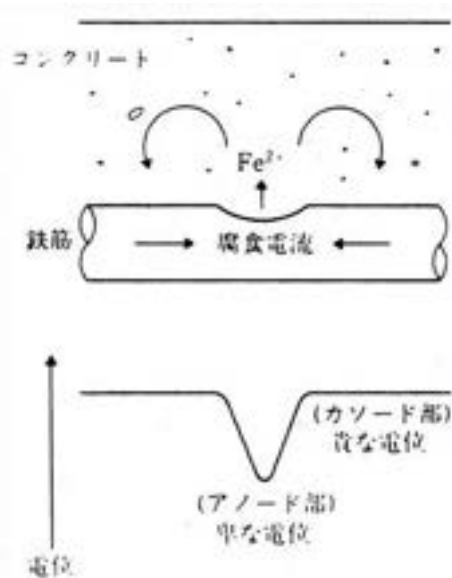
鉄筋の腐食には酸素と水が必要



鉄筋腐食の調査は自然電位法か研り

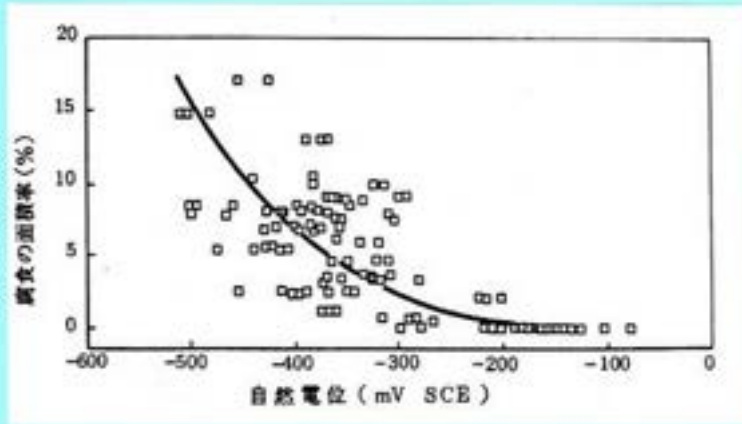
・自然電位

金属がその存在している環境で維持している電位のこと。鋼材が腐食すると表面に腐食電池(アノード部とカソード部)が形成され、自然電位も変化する。

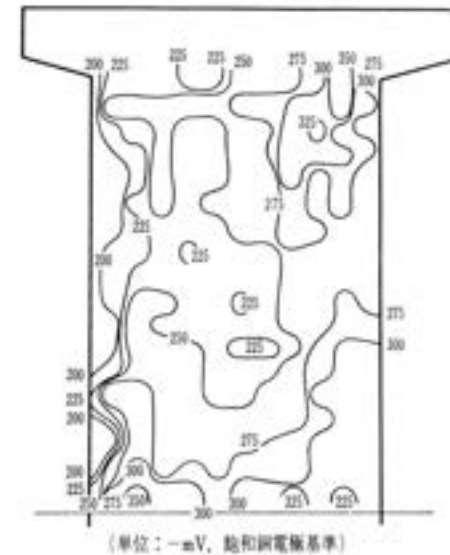


自然電位の評価方法

測定例



自然電位と鉄筋腐食の関係



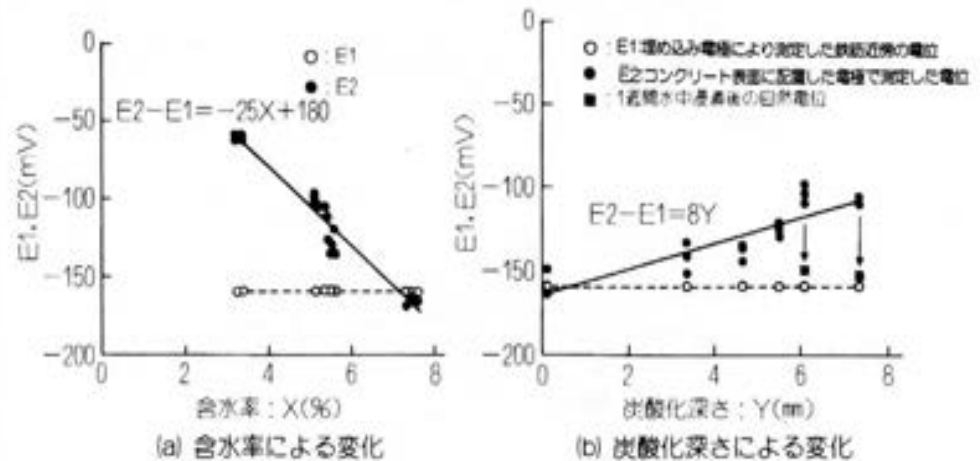
影響要因

- ①含水率, ②炭酸化深さ, ③塩化物イオン量

測定電位の範囲	コンクリート中の鋼材腐食の可能性
$-200 \text{ mV} < E$	90 % 以上の確率で腐食なし
$-350 \text{ mV} < E \leq -200 \text{ mV}$	不確定
$E \leq -350 \text{ mV}$	90 % 以上の確率で腐食あり

(電位は飽和硫酸銅電極基準)

自然電位による腐食評価(ASTM基準)



予防保全型の維持管理の対応

- 広島市の小規模橋梁の点検事例
- 呉市の橋梁調査(広島工大時代に実施)
2014年 2018年
- 広島県土木協会の協力で継続実施
東広島市(2019年)、安芸高田市(2020年)
尾道市(2021年)、大竹市、廿日市市(2023年)
- 補修を実施した事例は、未発表で経過観察中
安芸高田市、尾道市で断面修復工を実施
- 事例は今後公表予定

4. 小規模橋梁の点検事例

広島県土木協会の協力で以下を毎年実施

- (1) 呉市豊町(大崎下島)
- (2) 東広島市
- (3) 安芸高田市
- (4) 尾道市
- (5) 大竹市
- (6) 廿日市市

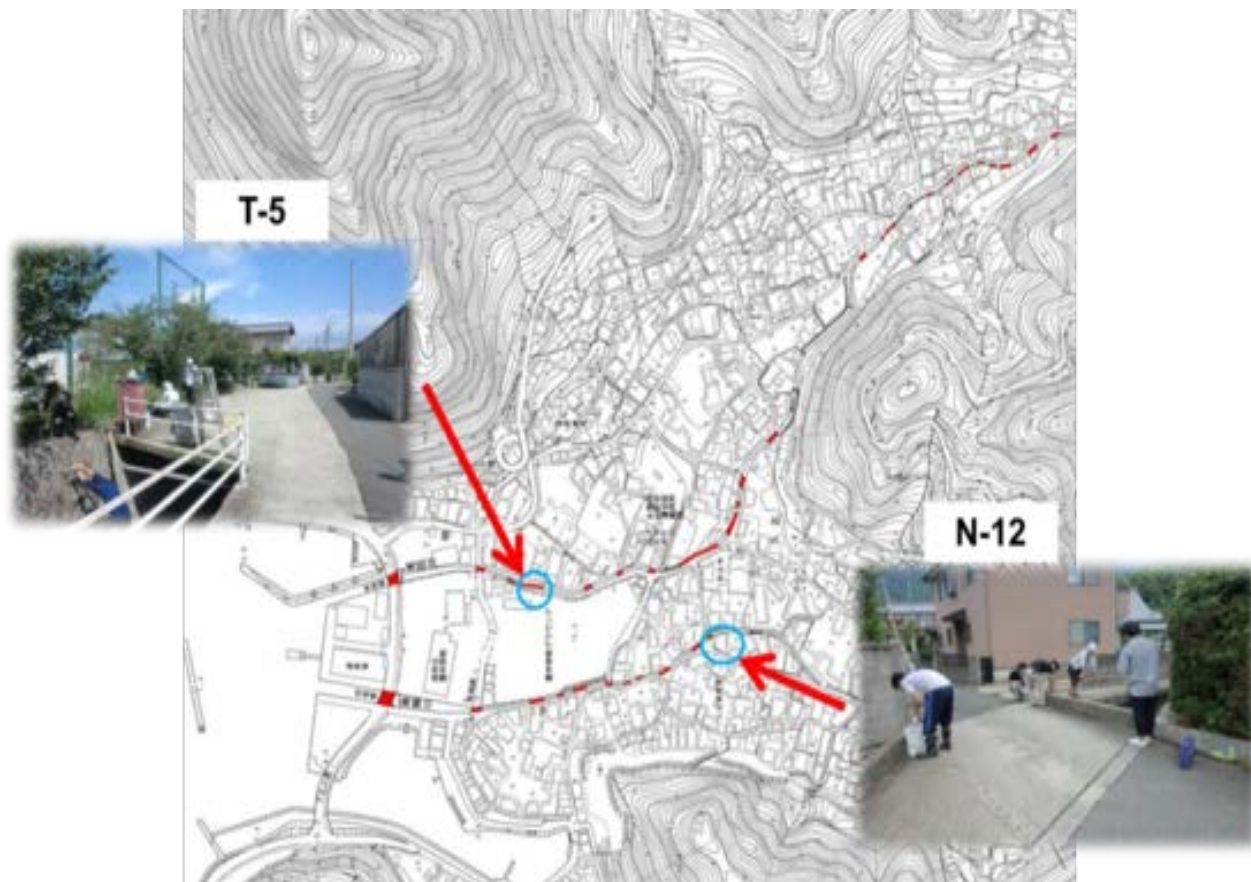
*** 専門家でなくともできる方法**

(1) 呉市豊町の事例

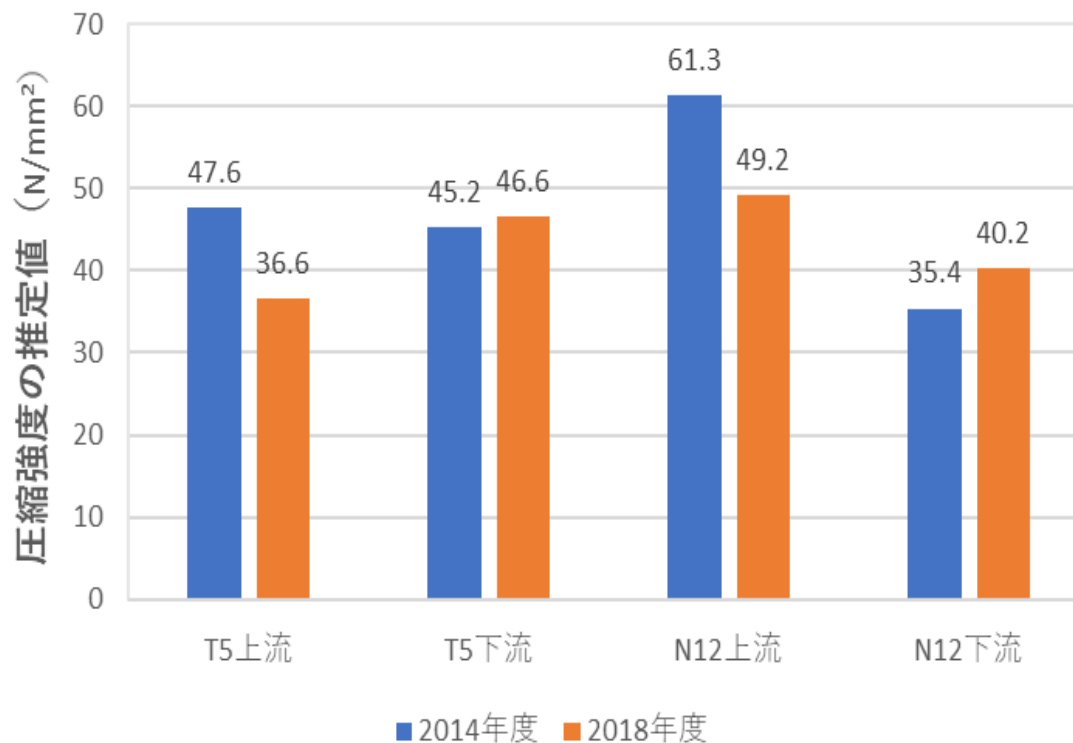


島には、多数の橋梁が存在する

対象の橋梁（豊町 T-5、N-12）

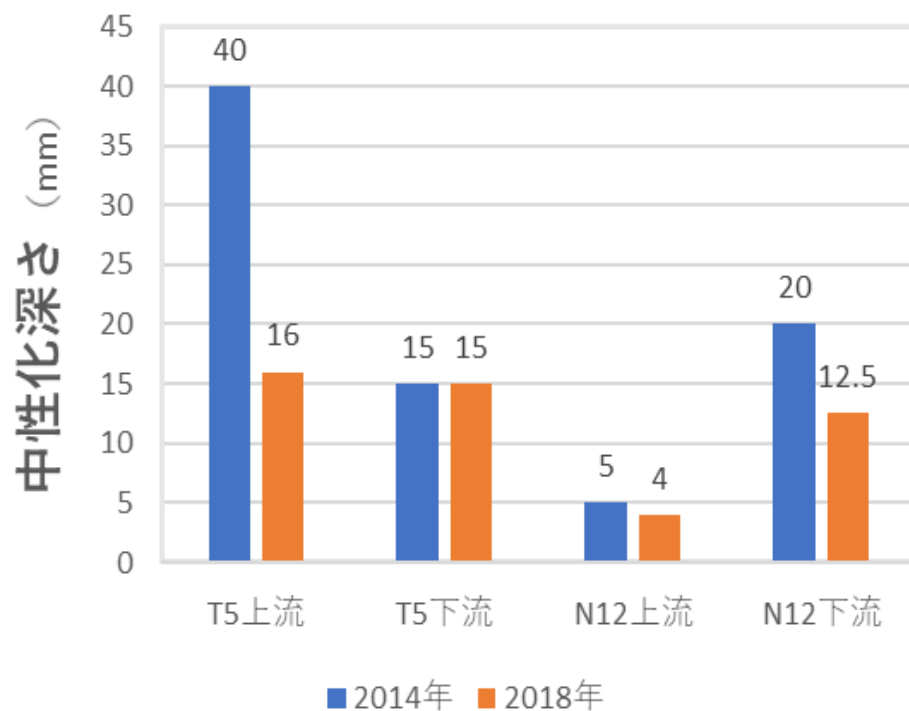


圧縮強度の推定値



⇒ 2014年と2018年を比較しても大差なし
設計基準強度(推定)に十分な余裕の強度

中性化深さ測定結果



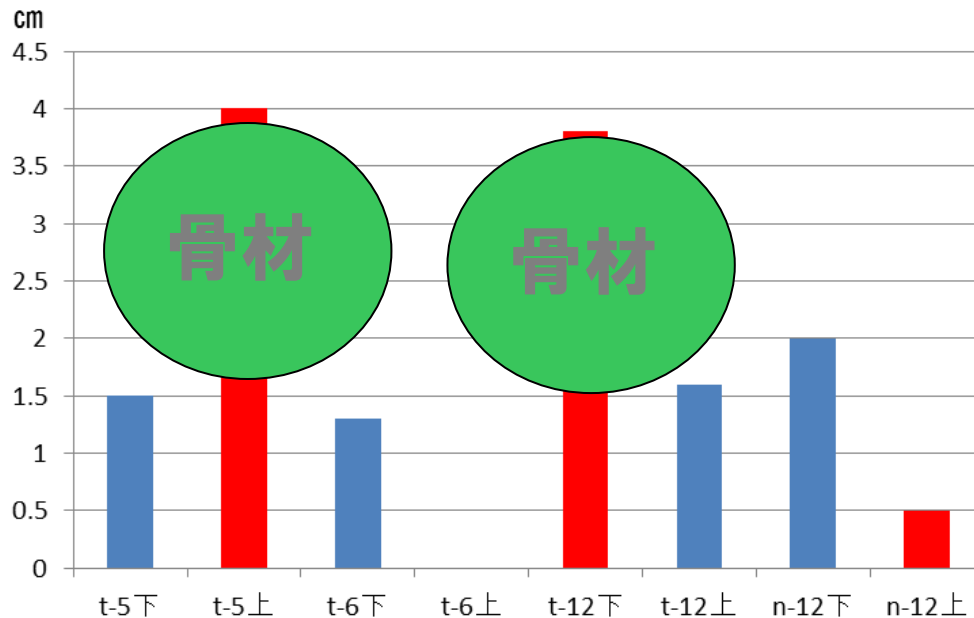
中性化深さは、最大20mm
かぶり厚さを50mm
中性化残り10mmとし、
建設年不明のため、
中性化速度係数を5.0と推定
 $40 = 5\sqrt{t}$
 $t = 64(\text{年})$
 $20 = 5\sqrt{t_0}$
 $t_0 = 16(\text{年})$
今後50年は中性化しないと判定

＊ 2014年と2018年の比較

ドリル径を6mmから8mmで正確性向上

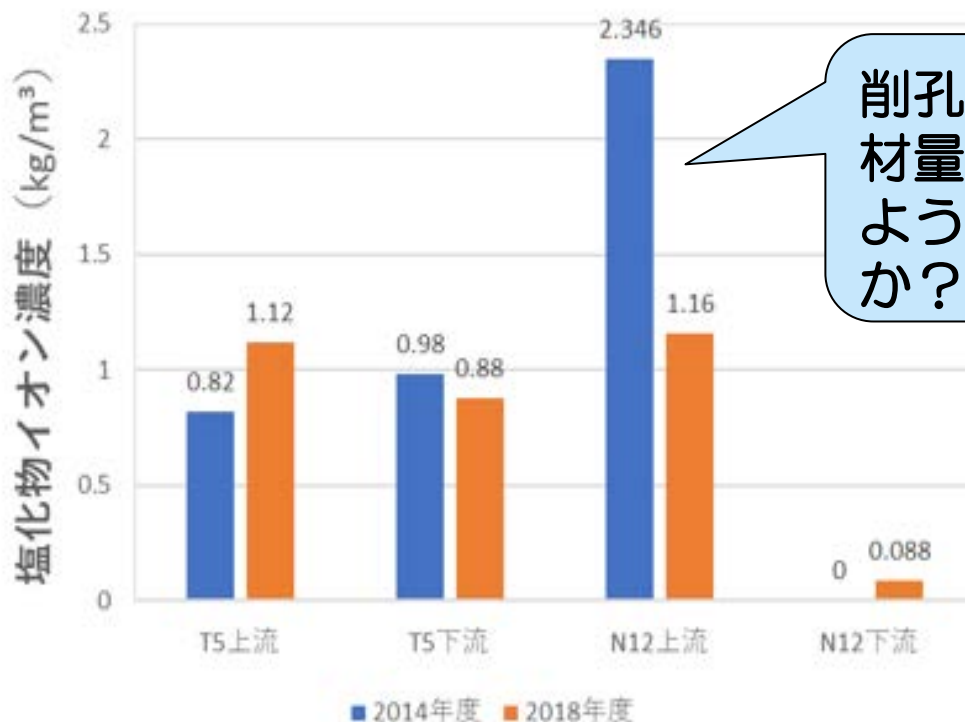
⇒ 鉄筋の腐食までの中性化深さに余裕

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年後以降。
- ✓ 中性化深さは河口からの距離との相関なし。

塩化物イオン量の測定結果とその評価



削孔の試料中の骨材量の影響をどのように考慮するか？

- * 塩化物イオン量の測定結果の2014年と2018年の比較粉末のとり方で誤差の可能性大⇒小？
塩化物イオン量が腐食限界濃度に達していない。
⇒ 4年経過では不明だが、内在塩分と判断できる。

健全度の判定

- 外観調査結果の判断 ⇒ 致命的な損傷は無し
初期欠陥は補修が必要
- 中性化深さの判断 ⇒ 中性化による影響が小
- 塩化物イオンの判断 ⇒ 塩化物イオン量は現状小

健全度の判定 劣化グレード II (⇒ I に近い)

コメント: 塩化物イオン量が多い個所は再調査

現状は予防保全の段階と判断

橋梁の防水措置を施すと延命化可能

(2) 東広島市福富町の事例

- 東広島市 堀田橋3号線 1号橋 建設年:1980年
- 事前調査で劣化グレードⅡの判定
- ボックスカルバート

広島県土木協会の
協力を得て実施

調査日:2019年10月21日



中性化深測定とその評価

測定箇所		中性化深さ(mm)
上流側	A1橋台側	5.98
	中間部	4.35
	A2橋台側	2.59
中央部	A1橋台側	15.24
	中間部	3.57
	A2橋台側	1.81
下流側	A1橋台側	24.56
	中間部	22.52
	A2橋台側	29.31

建設後39年経過

$$t=39$$

中性化速度係数の算定

$$25=A\sqrt{39}$$

$$A=4.0$$

中性化残り10mmとして
40mmまで中性化する年数

$$40=4\sqrt{t}$$

$$t=100(\text{年})$$

⇒建設後100年中性化せず

*** 建設後の年数から将来予測値から判定
現状の判断では、残り60年間は中性化しない**

塩化物イオン量の評価

試料名		単位容積質量 (kg/m ³)	塩化物イオン Cl ⁻	
			(mass%)	(kg/m ³)
上流側	深さ 0~20mm	2,300	0.060	1.4
	深さ 20~40mm		0.052	1.2
下流側	深さ 0~20mm		0.072	1.7
	深さ 20~40mm		0.007	検出限界未満 (0.2)

塩化物イオン量の濃度は鉄筋位置で腐食限界に未達

点検結果の判定

□ 強度からの判断

⇒ 十分な強度を確保、配筋も設計を満たす。

□ 外観目視からの判断

⇒ 剥落箇所の鉄筋の防食が必要

□ 中性化深さからの判断

⇒ 中性化による鉄筋腐食は今後60年は未達

□ 塩化物イオン量からの判断

⇒ 現時点では、腐食限界に未達

(対策) ⇒ 剥落部を補修、塩化物イオン量の増加を防止

点検結果に見えない維持管理のポイント



劣化因子の浸透防止
の観点から除去する。

***維持管理に際して重要なことは、
延命化を目的にしていることを重視**

(3)安芸高田市の点検事例

工業団地橋

建設年 1975年

幅員 12.6m

橋長 7.0m



小原橋

建設年 1965年

幅員 4.6m

橋長 4.5m



砂田線1号橋

建設年 2004年

幅員 9.6m







橋長 8.7m

調査項目

	調査項目	実施項目
1	形状寸法	<ul style="list-style-type: none">・橋梁の寸法・形状の記録・調査状況の写真
2	表面観察	<ul style="list-style-type: none">・外観調査(ひび割れ、変色、浮き、剥離など)→スケッチ、写真・内部不具合調査(空洞、豆板など)→スケッチ、写真・打音検査(テストハンマー)
3	鉄筋位置 かぶり厚さ	<ul style="list-style-type: none">・電磁波レーダーによる鉄筋の配置・かぶり厚さの測定
4	圧縮強度	・リバウンドハンマーによる表面硬度測定から推定 (JIS A 1155、JSCE-G-504)
5	中性化深さ	<ul style="list-style-type: none">①ドリル法による粉末で中性化深さ測定 (NDIS 3419)②ろ紙に噴霧したフェノールフタレイン溶液が赤紫色に呈色③ドリルを止めてその時の深さをノギスで測定
6	塩化物イオン量	<ul style="list-style-type: none">・乾式ドリル粉の採取→実験室で簡易塩分測定器「クロキット」による塩分量測定

工業団地橋の調査位置・外観調査結果



項 備 凡 例	
記号	検査対象
	U/F/F/F (H 2m 以上 ~ H 5m未満)
	調査対象
調 査 位 置	
記号	調査対象
	鉄筋埋設検査
	コンクリート検査
	中性化調査
	塩化物イオン量調査

外観調査結果(かぶり厚さ測定を含む)

□ 工業団地橋

かぶり厚さ

上流側 60mm

下流側 60mm



□ 砂田線1号橋

かぶり厚さ

側壁右 40mm

側壁左 70mm



□ 小原橋

かぶり厚さ

上流側 20mm

下流側 20mm



推定圧縮強度

□ 工業団地橋

上流側 38.1 N/mm²

下流側 38.5 N/mm²

□ 砂田線1号橋

上流側 34.8 N/mm²

下流側 35.8 N/mm²

□ 小原橋

上流側 38.1 N/mm²

下流側 33.4 N/mm²

**圧縮強度は、
いずれの橋梁
においても、
設計値を満足
していると判断
できる。**

中性化深測定とその評価

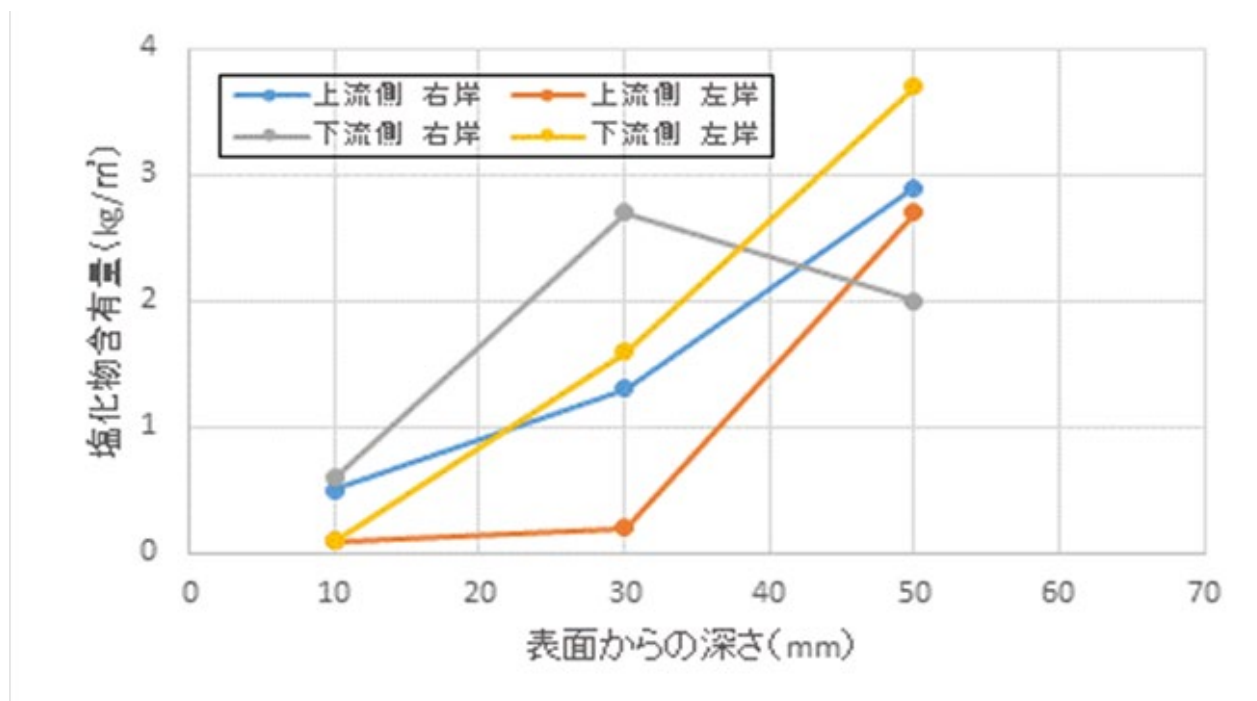
橋梁名	測定位置	測定値	平均値
工業団地橋	上流側	①3.1 mm ②1.5 mm ③0.9 mm	8.5 mm
	下流側	①22.3 mm ②0.8 mm ③1.4 mm	8.2 mm
砂田線 1号橋	側壁 A 1	①34.0 mm ②18.0 mm ③20.0 mm	24.0 mm
	側壁 A 2	①14.0 mm ②11.0 mm ③11.0 mm	12.0 mm
小原橋	上流側	①3.5 mm ②8.1 mm ③3.1 mm」	4.9 mm
	下流側	①1.7 mm ②23.4 mm ③3.7 mm	9.6 mm

工業団地橋： 建設後45年経過 中性化は問題なし

砂田線1号橋： 建設後 16年経過 中性化環境が懸念

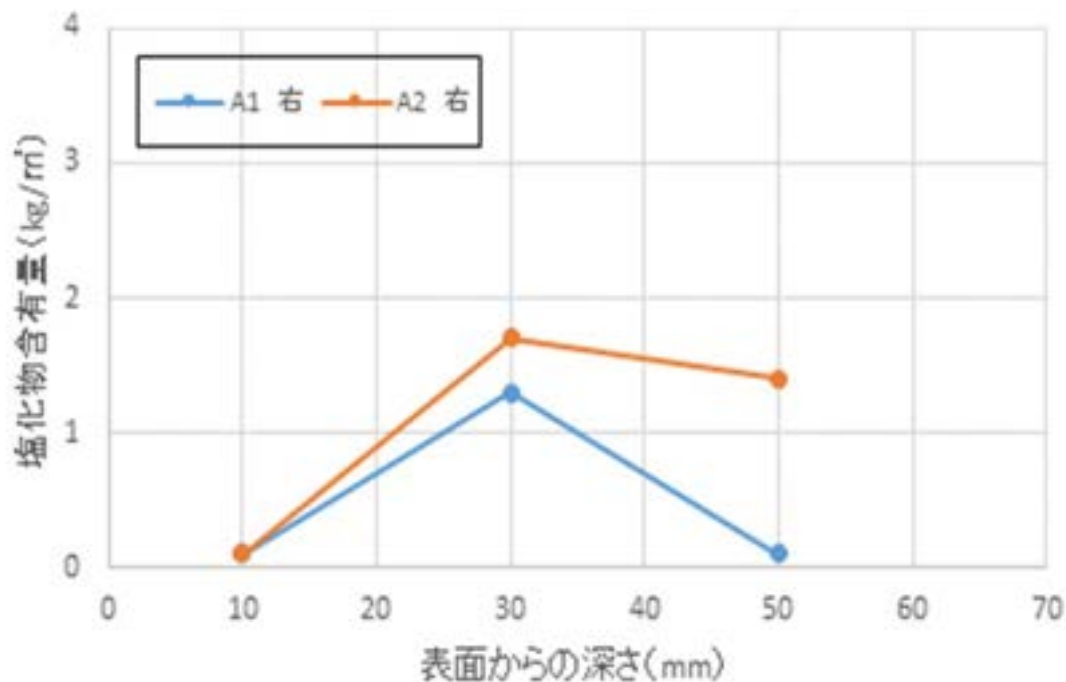
小原橋： 建設後55年経過 中性化は問題なし

塩化物イオン量の評価（工業団地橋）



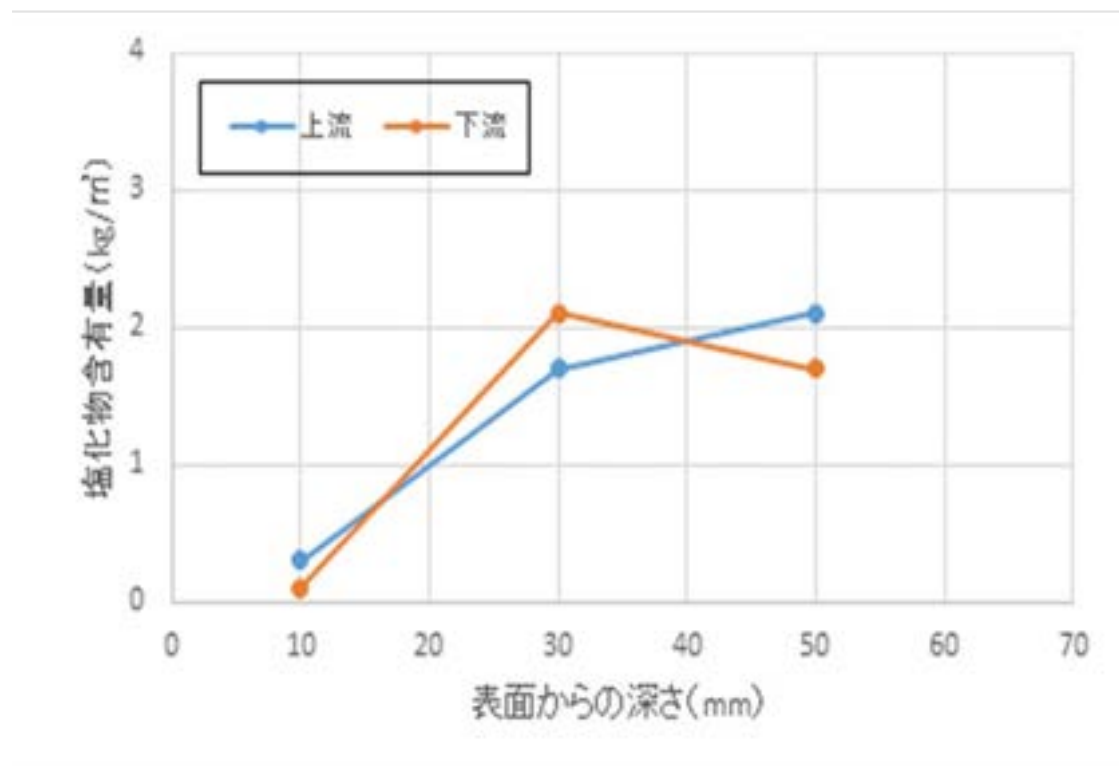
**塩化物イオン量の濃度は内部ほど高い。
鉄筋位置で腐食限界濃度に達している。**

塩化物イオン量の評価（砂田線1号橋）



**塩化物イオン量の濃度はかぶり30mmの位置が高い。
鉄筋位置で腐食限界濃度に未達と判断できる。**

塩化物イオン量の評価（小原橋）



塩化物イオン量の濃度はかぶり厚さ30mm以深で高い。
鉄筋位置で腐食限界濃度に達していると判断できる。

維持管理で忘れがちな点



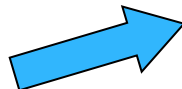
(4) 尾道市百島町の点検事例

百島 坂石堂2号橋付近の水門
ボックスカルバート
1980年頃の建設

水門



測定箇所



かぶり厚さ・配筋・強度の測定結果

配筋とかぶり厚さ（測定方法：電磁波レーダー法による測定）



確認位置	配筋かぶり厚さ		配筋間隔	
	縦筋方向	横筋方向	縦筋方向	横筋方向
水門	110mm	100mm	300mm	300mm

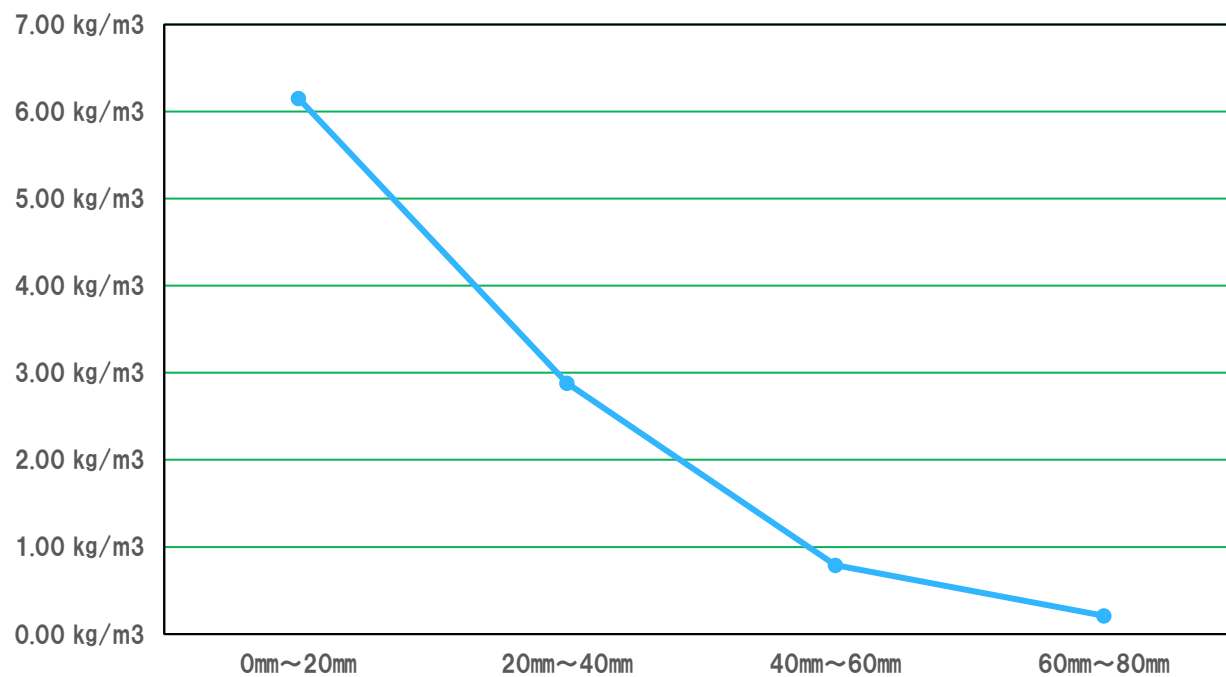
強度確認（測定方法：リバウンドハンマーによる測定）

確認位置	箇所数	観測点数	圧縮強度(N/mm ²)	備考
水門	1	12	42.3	干潮時気中部



塩化物イオン量の測定結果

硬化コンクリート1.0m³中の塩素イオン量(kg/m³)

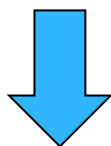


クロキットによる測定



診断結果

鉄筋の位置では腐食環境ではない。



- ✓ 中性化深さは小さく、塩分濃縮はない。
- ✓ かぶり厚さが十分にあり、鉄筋腐食は認められない。
- ✓ ちなみに、強度は十分にあり、健全性を確認できる。



点検頻度と点検項目を割愛できる。

(5)尾道市 中川橋の点検事例



建設年:1979年

構造形式

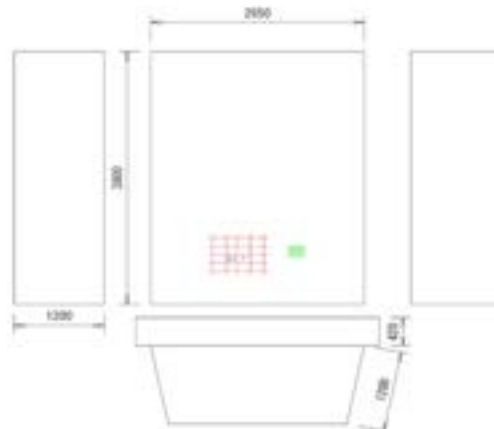
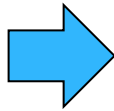
上部工:RC床版

下部工:重力式橋台

橋長: 3.7m

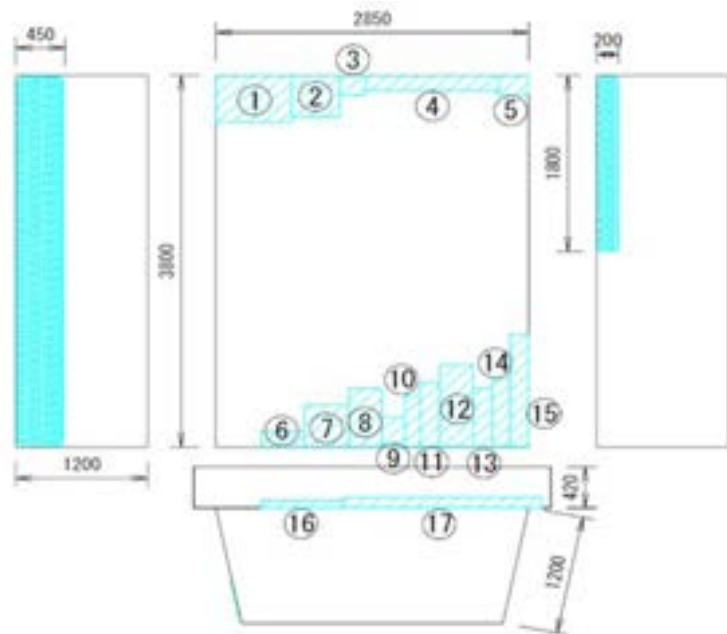
幅員: 3.8m

測定位置



調査位置	
記号	調査種別
	鉄筋探査位置
	強度確認位置
	中性化測定位置
	塩化物イオン濃度測定位置

外観調査・配筋状況・かぶり厚さ測定結果



損 傷 凡 例	
記 号	損 傷 種 類
	ひびわれ (0.2mm以上～1.0mm未満)
	断面修復 (豆板含む)
	キャビテーション (水圧での洗却)
	写真撮影箇所

確認位置	配筋間隔	
	橋軸方向	橋軸直角方向
上部工	120～130mm	140～190mm

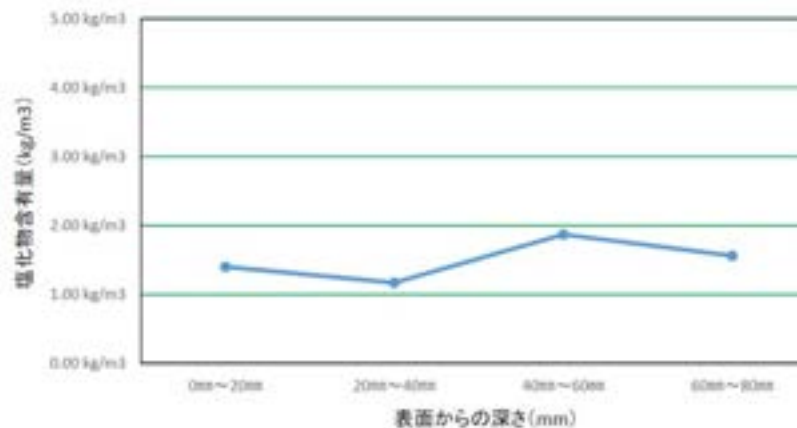
確認位置	配筋かぶり厚さ	
	橋軸方向	橋軸直角方向
上部工	10mm	30mm

推定強度・中性化深さ・塩化物イオン量

確認位置	箇所数	観測点数	圧縮強度(N/mm ²)	備考
上部工	1	12	46.5	常時気中部
テスト	1	12	47.2	〃

採取位置	硬化コンクリート1m ³ 中の塩素イオン量 (kg/m ³)			
	0mm～20mm	20mm～40mm	40mm～60mm	60mm～80mm
上部工	1.40 kg/m ³	1.17 kg/m ³	1.87 kg/m ³	1.56 kg/m ³

測定位置	中性化深さ
	上部工 15.0mm



剥落部の断面修復工事(簡易補修事例)



(6)大竹市の点検事例



玖波3号線1号橋 建設年:1968年 海岸地区
上部工:RC床版橋 下部工:重力式橋台
橋長:3.6m 幅員:6.7m

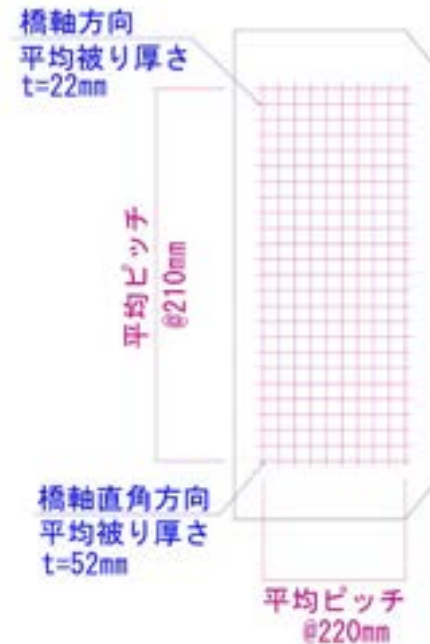
調査日 : 2023年2月28日

外観調査・配筋状況・かぶり厚さ測定

床版下面 平面図

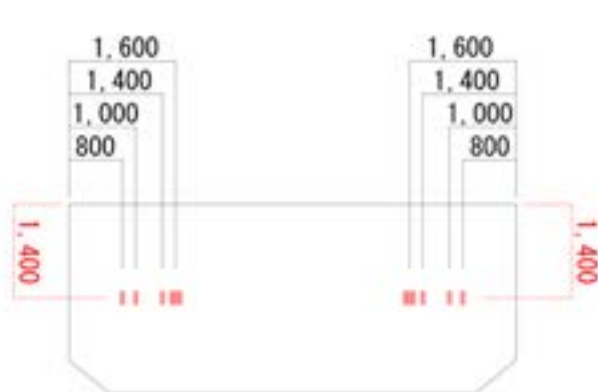


損傷凡例	
記号	損傷種類
	ひびわれ (0.2mm~1.0mm)
	断面修復 (浮き剥離部分)

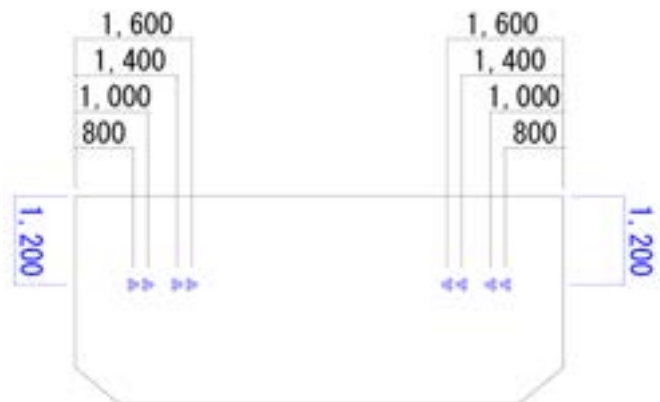


	橋軸方向	橋軸直角方向
配筋状況	@210mm	@220mm
かぶり厚さ	22mm	52mm

中性化深さ・塩化物イオン量の測定位置



中性化深さ測定位置

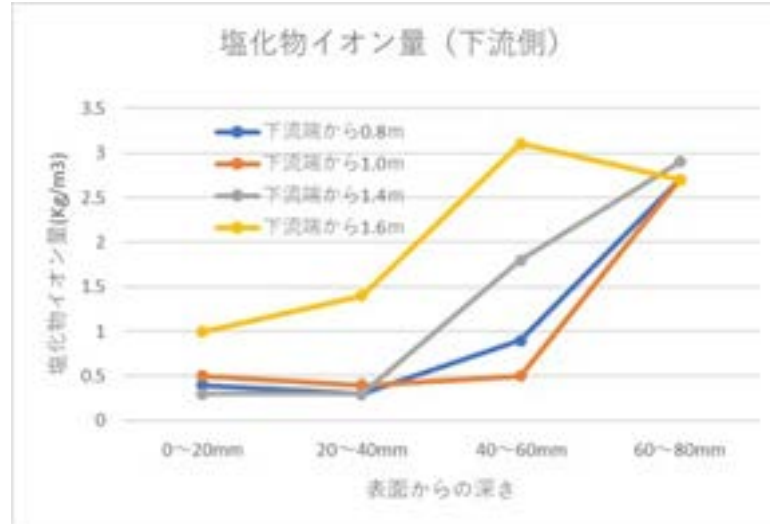
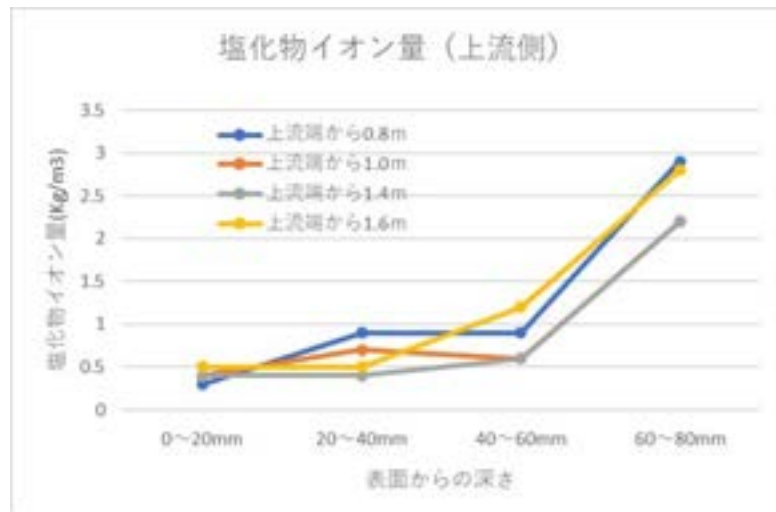
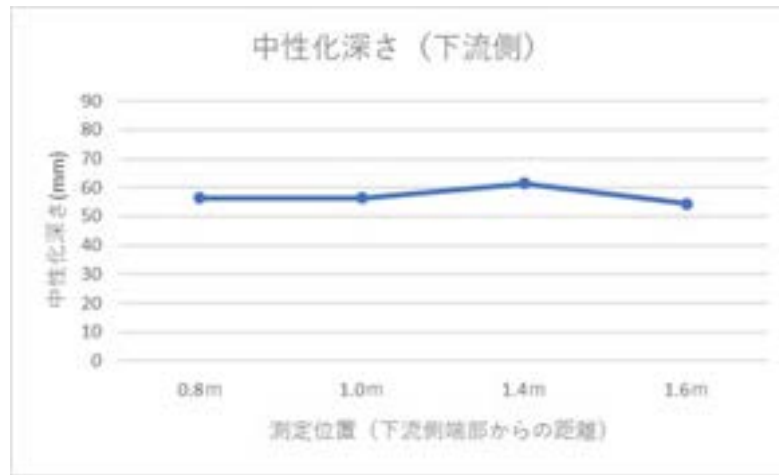
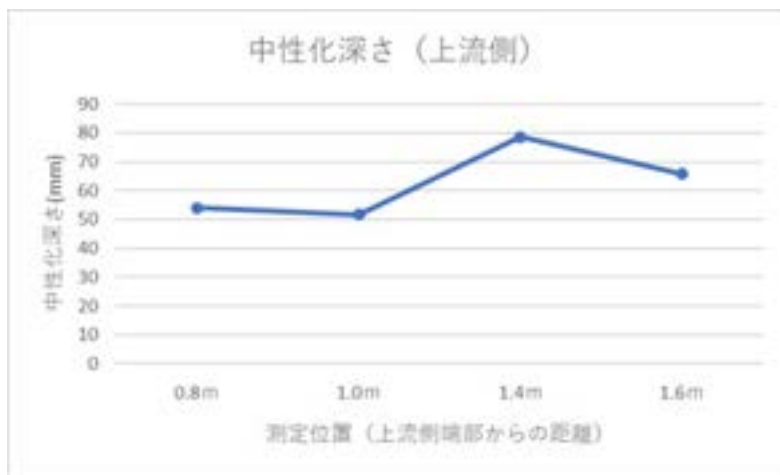


塩化物イオン量測定位置

圧縮強度推定値(リバウンドハンマーによる)

確認位置	箇所数	観測点数	圧縮強度(N/mm ²)
上流側	1	9	26.1
下流側	1	9	23.5

中性化深さ・塩化物イオン量の測定結果



点検結果の考察

- 圧縮強度は、設計基準強度を確保している。
- 鉄筋が健全であれば、安全性は担保されている。
- かぶり厚さまで中性化が進んで、腐食環境である。
- 鉄筋の位置の塩化物イオン量は、腐食環境にない。
- 水の移流で、塩化物イオンが拡散している。
- 水の浸入があるため、鉄筋は腐食している。
- 鉄筋の断面欠損は認められないため、補強は不要。



- 鉄筋を防食して、構造物の防水を施すべき。

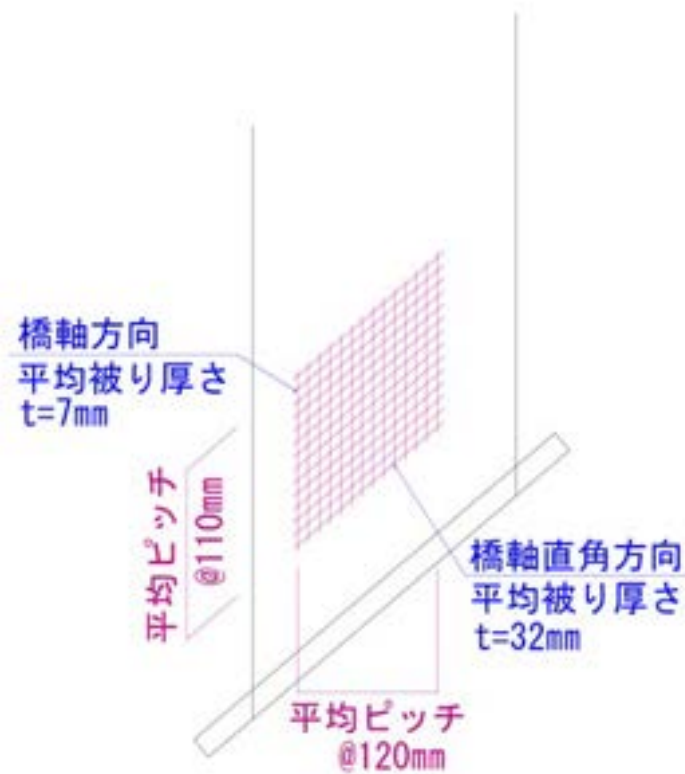
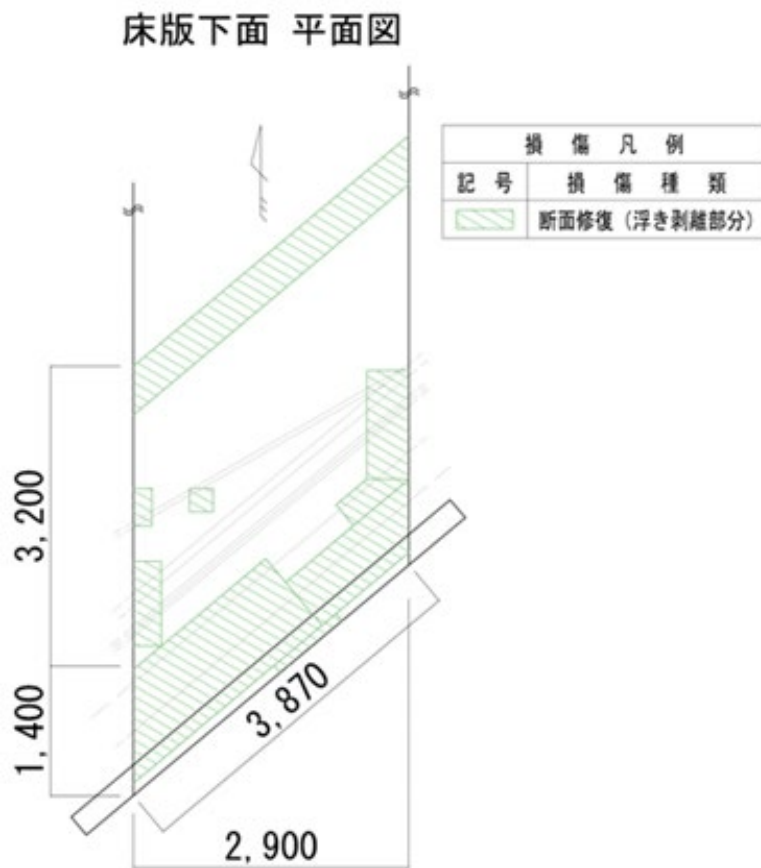
(7) 廿日市市の点検事例



可愛ヶ丘1号線跨線橋 建設年:1975年
上部工:RC床版 下部工:重力式橋台
橋長: 5.3m 幅員: 6.8m

調査日 : 2023年2月28日

外観調査・配筋状況・かぶり厚さ測定



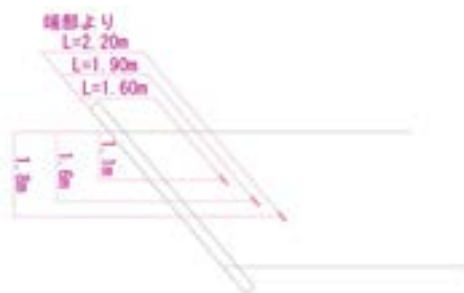
	橋軸方向	橋軸直角方向
配筋状況	@120mm	@110mm
かぶり厚さ	7mm	32mm

強度推定・中性化深さ・塩化物イオン量

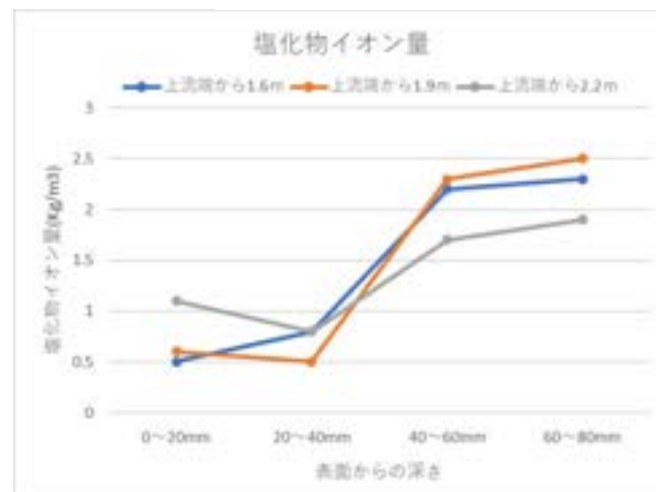
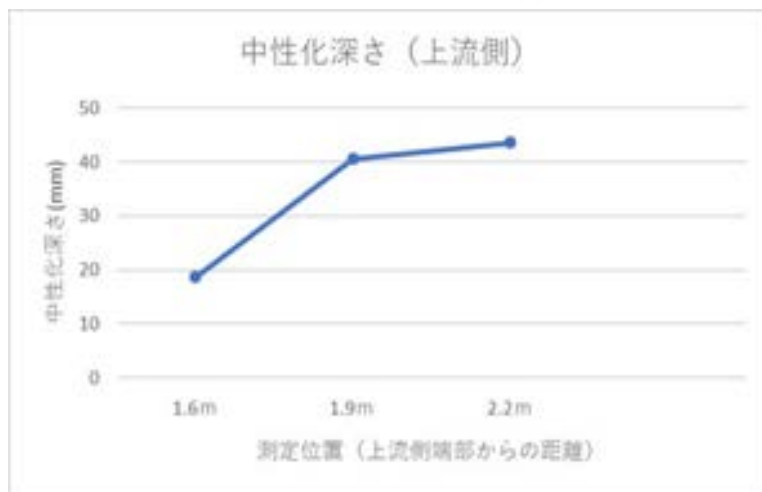
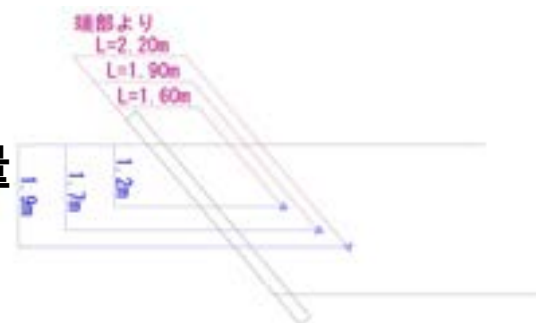
リバウンドハンマーによる 推定圧縮強度

確認位置	箇所数	観測点数	圧縮強度(N/mm ²)
上流側	1	9	31.4
中央部	1	9	36.3

中性化深さ 測定位置



塩化物イオン量 測定位置



点検結果の考察

- 圧縮強度は、設計基準強度を確保している。
- 鉄筋が健全であれば、安全性は担保されている。
- かぶり厚さまで中性化が進んで、腐食環境である。
- 鉄筋の位置の塩化物イオン量は、腐食環境にない。
- 水の移流で、塩化物イオンが拡散している。
- 水の浸入があるため、鉄筋は腐食している。
- 鉄筋の断面欠損は認められないため、補強は不要。



- 鉄筋を防食して、構造物の防水を施すべき。

5. 健康寿命を延ばす策(まとめ)

- **早めの点検で将来を予測**
 - ⇒ **誰でもできる踏み込んだ調査**
- **潜伏期では、点検頻度を延ばす。**
- **進展期では、表面から防食と防水。**
- **加速期になると、断面修復で対応。**
 - ⇒ **整備予算を有効活用**