

「コンクリートインフラの維持管理を どのように合理化していくべきか」

横浜国立大学 教授

豊穰な社会研究センター センター長

細田 暁

2023.10.16



豊穰な社会研究センター

山口県 第17回

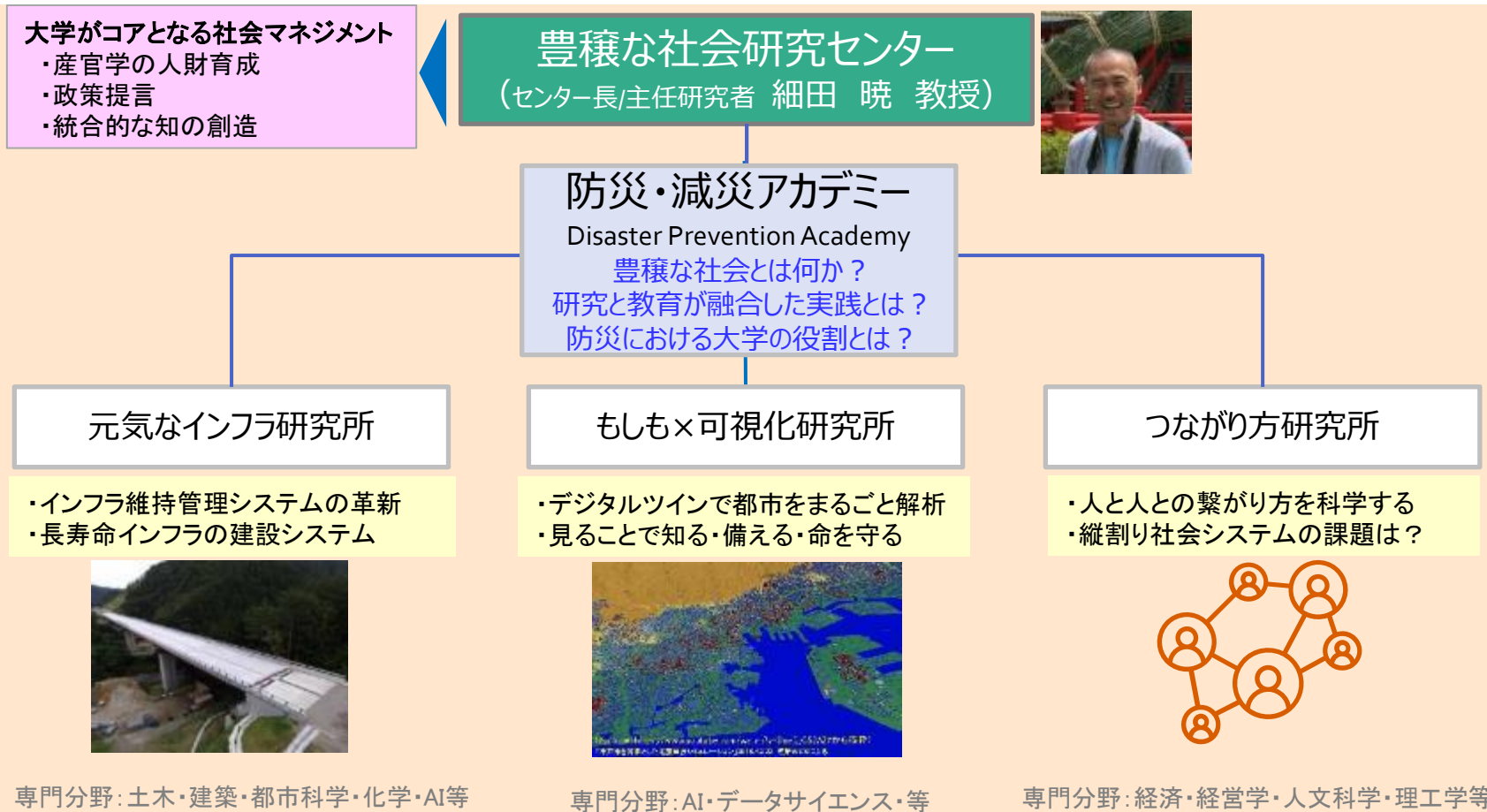
コンクリート構造物の品質確保に関する技術講習会

講演の概要

- (1) 「豊穰な社会研究センター」の簡単な紹介
- (2) 細田研 修士2年の吉田 悠人君の研究成果の紹介
(山口データベースの活用、実構造物の調査結果)
- (3) 技術管理課 吉村 崇さんの研究成果の紹介
(無駄なひび割れ抑制対策は不要！(細田の解釈))
- (4) 維持管理の「合理化」の方向性

◆ 研究センターのビジョン

豊かで持続可能な、幸せな社会とは何かを追究しながら、最先端のデータサイエンスや経営学・人文科学・工学等の知を統合し、豊かな人のつながりや元気なインフラに支えられる豊穰な社会を実現する。



細田の考える「豊穰な社会」のイメージ

「すべての人が

先天的・後天的に与えられた資質と能力を十分に活かし、

生き生きと生活し、

将来世代のために夢と希望を抱いて、

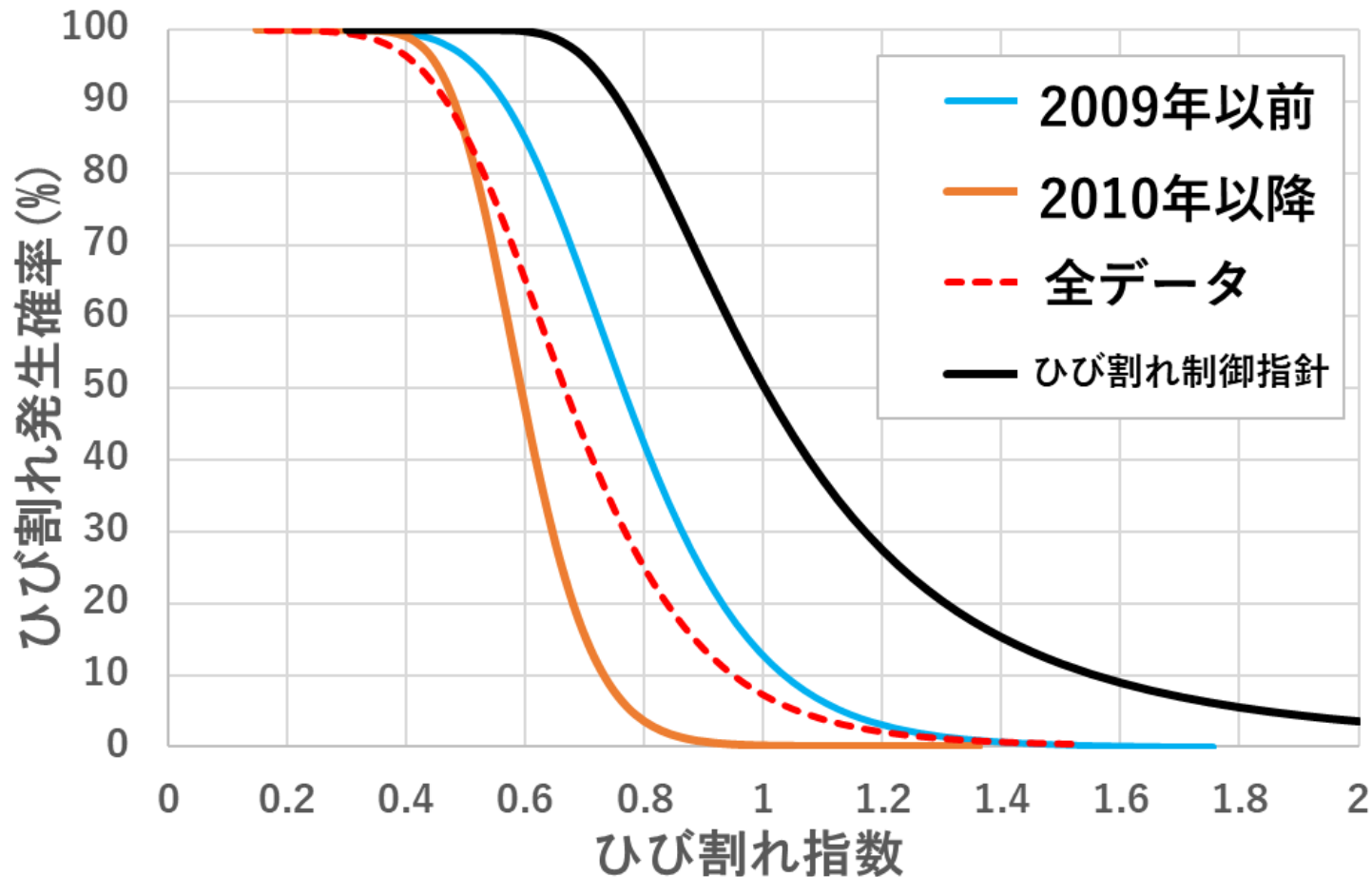
生きるための環境を耕し続ける、

豊かで稔りある社会」

細田研 修士2年の吉田 悠人君の研究成果の紹介

- **山口システムのデータベースを活用した、ひび割れ発生確率曲線の作成と考察**
- **2010年以降の構造物群は、2009年以前と比べると、ひび割れがさらに抑制されている。その原因とは？**

- 指針の黒線よりも、左側に位置している。
→ 山口県の数多くの橋台のリフトは、数値解析によるひび割れ指数が1.0を下回るものがほとんどであるが、ひび割れの発生していないものが多い。
- 2010年以降の構造物は、2009年以前に比べると、同じひび割れ指数（ひび割れリスク）のときに、ひび割れが発生する確率が小さくなっている。



- 施工状況把握チェックシートにおける改善指示の割合の推移からも、2010年以降は施工が改善されている可能性が示唆されている。

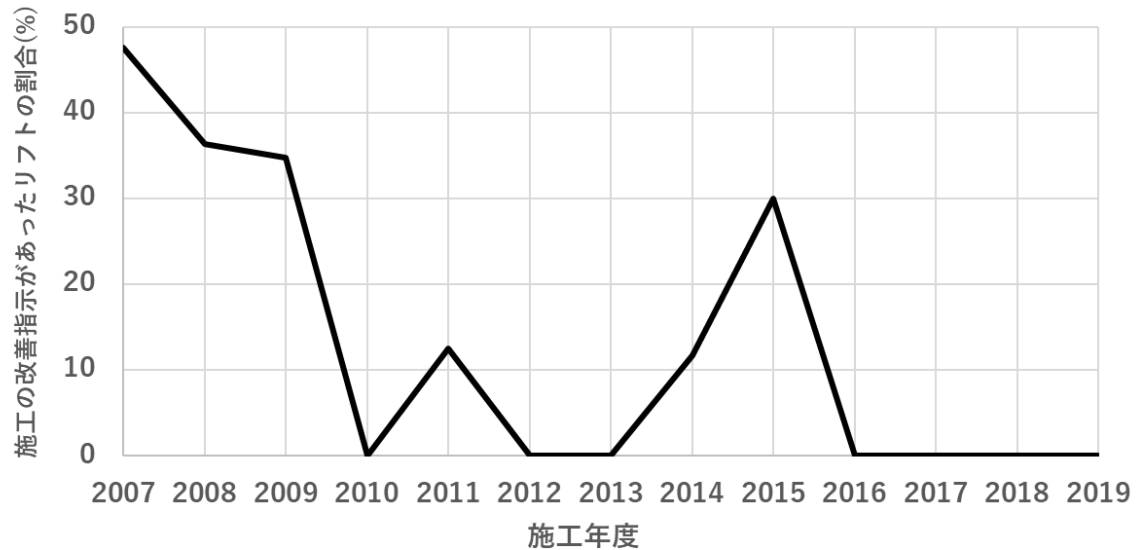
施工状況把握チェックシート

様式3 施工状況把握チェックシート

【施工状況把握チェックシート(コンクリート打込み時)】

事務所名		工事名		工場	
構造物名		部位		リフト	
発注者		確認者			
配合		確認日時			
打込み開始時刻	予定	実績	打込み開始時刻	天候	
打込み終了時刻	予定	実績	打込み量(m ³)	リフト高さ(m)	
施工項目	チェック項目			記述	確認
準備	湿潤状態・打込み状態は保たれているか。			—	
	型枠内は湿潤状態を維持しているか。			—	
	型枠内部に、木屑や鉄束端等の異物は入っていないか。			—	
	かぶり下に鉄束端は入っていないか。			—	
	硬化したコンクリートの表面のレイタス等は取り除き、ぬらししているか。			—	
打込み	コンクリート打込み作業員 ^(注) に命命を付しているか。			—	
	予備のバイブレータを準備しているか。			—	
	発電機トラブルがないよう、事前にチェックしているか。			—	
	練り混ぜてから打ち終わるまでの時間は適切であるか。			—	
	ポンプや配管内部の潤滑性を確認するため、充てりモルタルの注送時の状態を確認しているか。			—	
確認	鉄骨や型枠は乱れていないか。			—	
	縦筋が不足となる適切な位置に、コンクリートを垂直に降ろしているか。			—	
	コンクリートは、打込みが完了するまで連続して打ち込んでいるか。			—	
	コンクリートの表面が水平になるように打ち込んでいるか。			—	
	一層の高さは、30cm以下としているか。			—	
特殊	上層以上に分けて打ち込む場合は、上層のコンクリートの打込みは、下層のコンクリートが固まり始める前に終わっているか。			—	
	ポンプ配管等の先端から打込み高さでの高さは、1.5m以下としているか。			—	
	型枠にブローアップ現象がある場合は、これを取り除いてからコンクリートを打ち込んでいるか。			—	
	バイブレータを下層のコンクリートに30cm程度挿入しているか。			—	
	バイブレータを垂直に挿入し、挿入距離は30cm以下としているか。			—	
養生	編組の作業中に、バイブレータを鉄筋等に接触させていないか。			—	
	バイブレータでコンクリートを攪拌させていないか。			—	
	バイブレータは、穴が残らないように徐々に引き抜いているか。			—	
	硬化を促すまでに乾燥するおそれがある場合は、シートなどで日よけや風よけを設けているか。			—	
	コンクリートの露出部を保護状態に保っているか。			—	
要改善事項	品質状態を保つ期間は適切であるか。			—	
	型枠および支保工の取外しは、コンクリートが十分な強度に達した後であるか。			—	

※コンクリート打込み作業員・・・コンクリートの打込み・編組の作業時の人員のうち、直接作業に携わらない者(監督・主任技術者やポンプ運転手等)を除いた人員
様式3-1



2010年以降改善指示割合は大幅に減少

- ※ リフトは今回解析に用いたもののみ
- ※ 2015年はそれまで指摘のなかった”湿潤状態を保つ期間は適切か”の項目での指摘が発生(3リフト/10リフト)

- 2010年以降は施工が改善されていると思われ、それによりひび割れの発生が抑制されていることを証明できるか？

2023. 7/26-27 山口県での現地調査

目的 入念な施工による実構造物中の強度と表層品質の変化の調査

調査方法

◎ 目視評価法

- リフトを分割し評価 (図-1)
- 目視評価法の項目を4点満点で評価
- 基本的に2人がそれぞれに評価

◎ テストハンマー試験

- 図-2の位置で試験(Pコンは避けた)
- 各ポイント9点試験、その平均値を記録

平均値とばらつきが知りたい

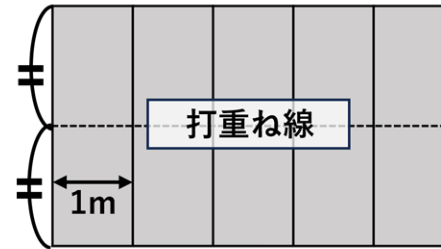


図-1 リフトの分割方法

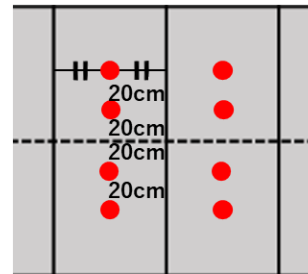


図-2 テストハンマー試験位置



図-3 計測の様子

- グループB（2009年以前）とグループC（2010年以降）では、**数値解析上のひび割れリスク（ひび割れ指数）が同程度のリフト**を選定した。ひび割れが発生していないものは、施工が丁寧？

2023.7/26-27 山口県での現地調査 対象構造物の選定理由

目的 入念な施工による実構造物中の強度と表層品質の変化の調査

調査した構造物(3グループ)

グループBとCで
統一した条件

- ① 高炉セメントを使用
- ② ひび割れ指数
0.6~0.8
- ③ W/C 50%程度
単位セメント量
300kg/m³程度
- ④ 長さ 6m以上

※ グループAは施工記録がない

グループA

ひび割れ抑制システム導入以前

吉敷畑橋

1991年施工

長さ 11.6m

ひび割れ**あり**

グループB

2007年~2009年に建造

朝田Aランプ橋

2008年施工

長さ 7.1m
リフト高 2.1m

ひび割れ指数 0.76

ひび割れ**なし**

- グループB（2009年以前）とグループC（2010年以降）では、**数値解析上のひび割れリスク（ひび割れ指数）が同程度のリフトを選定した。ひび割れが発生していないものは、施工が丁寧？**

2023.7/26-27 山口県での現地調査 対象構造物の選定理由

目的 入念な施工による実構造物中の強度と表層品質の変化の調査

調査した構造物(3グループ)

グループC 2010年以降				
2号橋梁 2016年施工	朝田IC Bランプ 第3リフト 2016年施工	朝田IC Bランプ 第4リフト 2016年施工	Lランプ3号橋(A-1) 2013年施工	Lランプ3号橋(A-2) 2013年施工
長さ 13.3m リフト高 3.6m	長さ 8.0m リフト高 2.7m	長さ 8.0m リフト高 1.7m	長さ 8.3m リフト高 3.6m	長さ 8.6m リフト高 3.6m
ひび割れ指数 0.68	ひび割れ指数 0.62	ひび割れ指数 0.77	ひび割れ指数 0.63	ひび割れ指数 0.61
ひび割れなし	ひび割れあり	ひび割れなし	ひび割れなし	ひび割れなし

- ひび割れの発生していないリフトで、目視評価の点数が高い傾向がみられた。調査数が少なく、仮説の検証のためにはさらに調査を重ねる必要あり。
- 目視評価法を活用して品質を向上させることで、ひび割れ抑制につながる。

2023. 7/26-27 山口県での現地調査 調査結果（目視評価法）

調査結果(目視評価法)

グループ A
システム導入以前

グループ B
2007年~2009年に建造

グループ C
2010年以降に建造

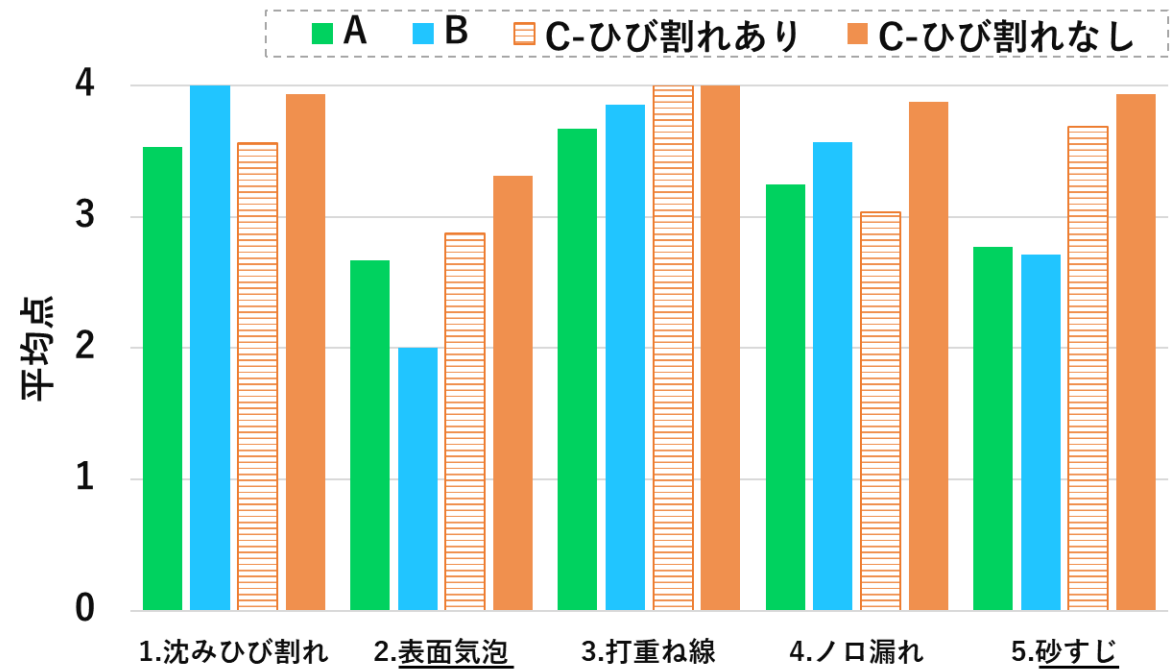
C-ひび割れあり

C-ひび割れなし

※ 4リフトがひび割れなし傾向は類似しているため省略

A→Cに向けて表層品質とばらつきは改善

全項目平均点 A 3.18点 B 3.23点 C-ひび割れあり 3.43点 C-ひび割れなし 3.81点



- 2010年以降でひび割れがさらに抑制された理由は、使用された生コンの圧縮強度が高くなったからではない、ようである。
- 丁寧な施工により、**構造物中の引張強度**が向上したからと考えている。

2023.7/26-27 山口県での現地調査 調査結果 (テストハンマー)

調査結果(テストハンマー試験)

圧縮強度での比較

	A 1991年	B 2008年	C ① 2010年	C ② 2013年
圧縮強度(N/mm ²) (※1)	32.9	39.7	46.5	42.2
圧縮強度/試験強度	-	1.09	1.45	1.24

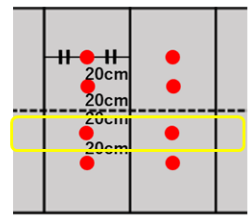
変動係数(ばらつきを示す指標)での比較

	A 1991年	B 2008年	C 平均値 2010年以降
Average of each layers	6.2	9.2	5.4 (3.8~7.3)
All values	7.3	9.6	6.4 (5.6~7.7)

2009年以前に比べ2010年以降は圧縮強度が大きくなっている

強度比

$$\frac{Cの平均}{B} = 1.17 \approx 1.2$$

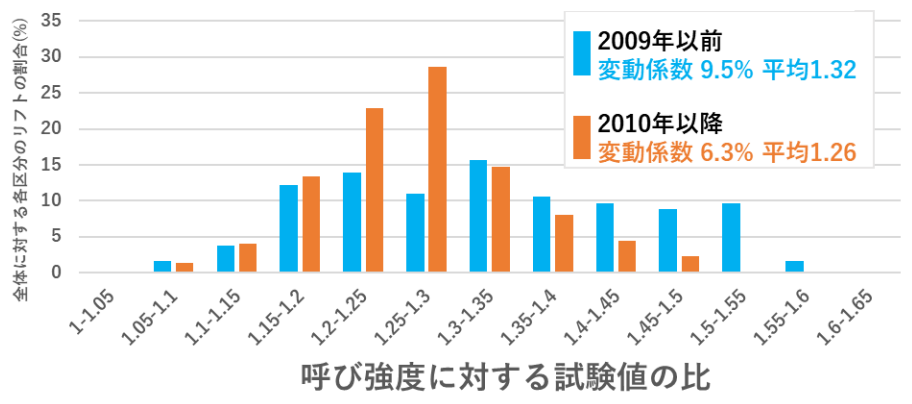


再 図-2

発生確率曲線での2009年以前と2010年以降の横ずれ

1.25倍

生コン工場から出荷された生コンの強度比較



※1 湯浅(2010)の反発速度比、反発度双方を考慮した算出式より圧縮強度を計算

山口県 技術管理課 吉村 崇 さんの研究成果の紹介

- 関東地整の品質確保の試行工事のオンライン勉強会で、**橋脚のひび割れ抑制対策**を行っている状況を見て、「**対策は必要なんかいな？**」と細田が思い、吉村さんに検討を依頼。
- 2022年12月16日の品質確保講習会にて吉村さんが発表（動画が公開されています）。土木学会356委員会の報告書にも執筆してもらった。（成果報告会は2023.11.27。国交省の試行工事の講習会と同時開催。）

4.6 橋台や橋脚のひび割れ抑制設計について

土木学会356委員会 委員 吉村 崇
山口県 土木建築部 技術管理課

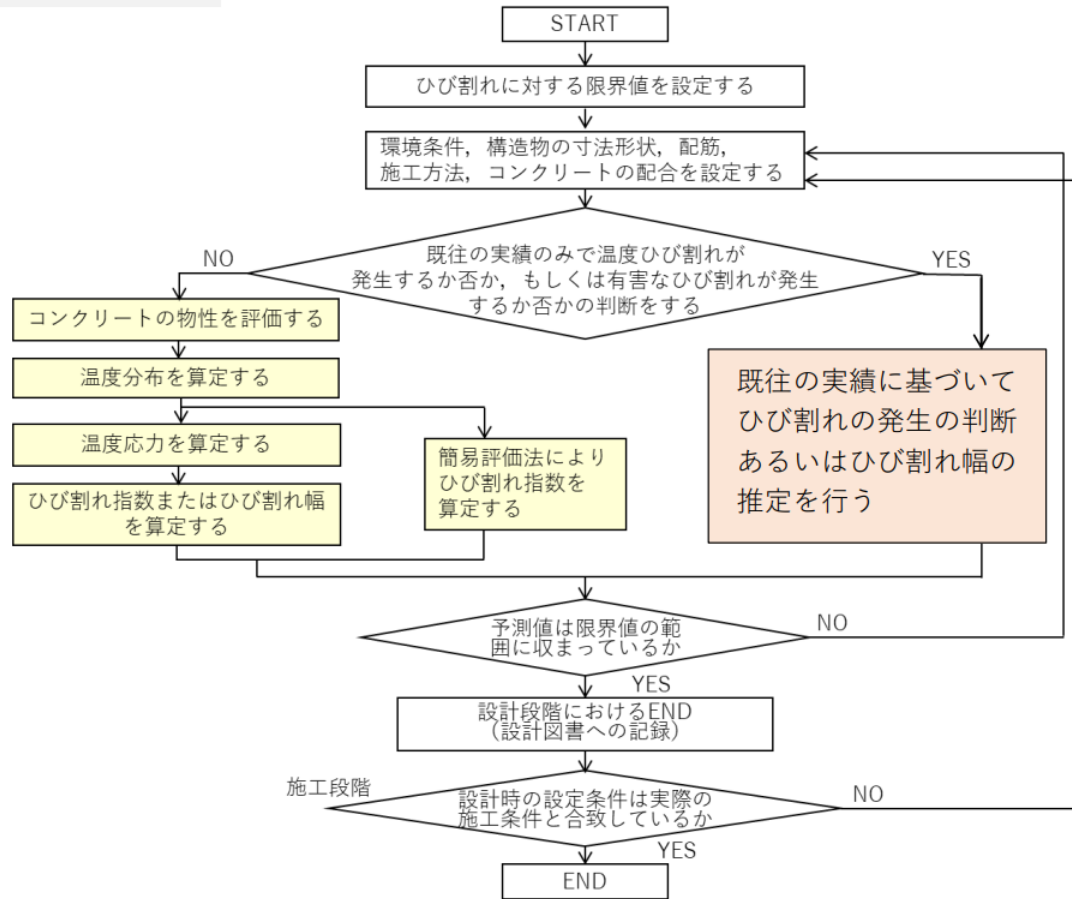
2022.12.16 コンクリート構造物の品質確保の試行工事に関する講習会



- 2012年の示方書（設計編）から「既往の実績による評価」をきちんと組み入れた。それ以前は、温度応力解析による評価が基本となっていた。

コンクリート標準示方書 セメントの水和に起因する初期ひび割れ に対する照査

温度応力解析
による評価



既往の実績
による評価
(2012年追加)

- 山口県 2007年～
- 東北地整 2013年～
- 群馬県 2015年～
- 新潟県 2020年～

- **そもそも、山口県で、橋脚のひび割れ抑制対策って、やってましたっけ？**
- **全国のあちこちの工事で、橋脚のひび割れ抑制対策が実施されている状況を目にしますが。。。**

山口県のデータベース 2021.3月末時点

5/13

	データベース 登録リフト数 A	材料等によるひび割れ抑制対策			要補修のひび割れ		
		該当リフト数 B		B/A	発生リフト数 C	C/A	
全構造物	1,998	対策あり ※1	補強鉄筋等	409	20%	88	4%
			誘発目地	184	9%	11	0.3%
		対策なし（不採用）	1,426	71%	117	6%	
BOXカルバート （側壁）	141	対策あり ※1	補強鉄筋等	27	19%	10	7%
			誘発目地	82	58%	5	4%
		対策なし（不採用）	48	34%	12	9%	
橋台（たて壁）	323	対策あり	補強鉄筋等	175	54%	27	8%
			誘発目地	※2 4	1%	1	0.3%
		対策なし（不採用）	144	45%	31	10%	
橋台（胸壁）	148	対策あり	補強鉄筋等	43	29%	11	7%
			誘発目地	0	—	—	—
		対策なし（不採用）	105	71%	8	5%	
橋脚（柱・梁）	221	対策あり	補強鉄筋等	5	2%	2	1%
			誘発目地	0	—	—	—
		対策なし	216	98%	—	—	
その他（底版等）	1,165	—	—	—	—	—	

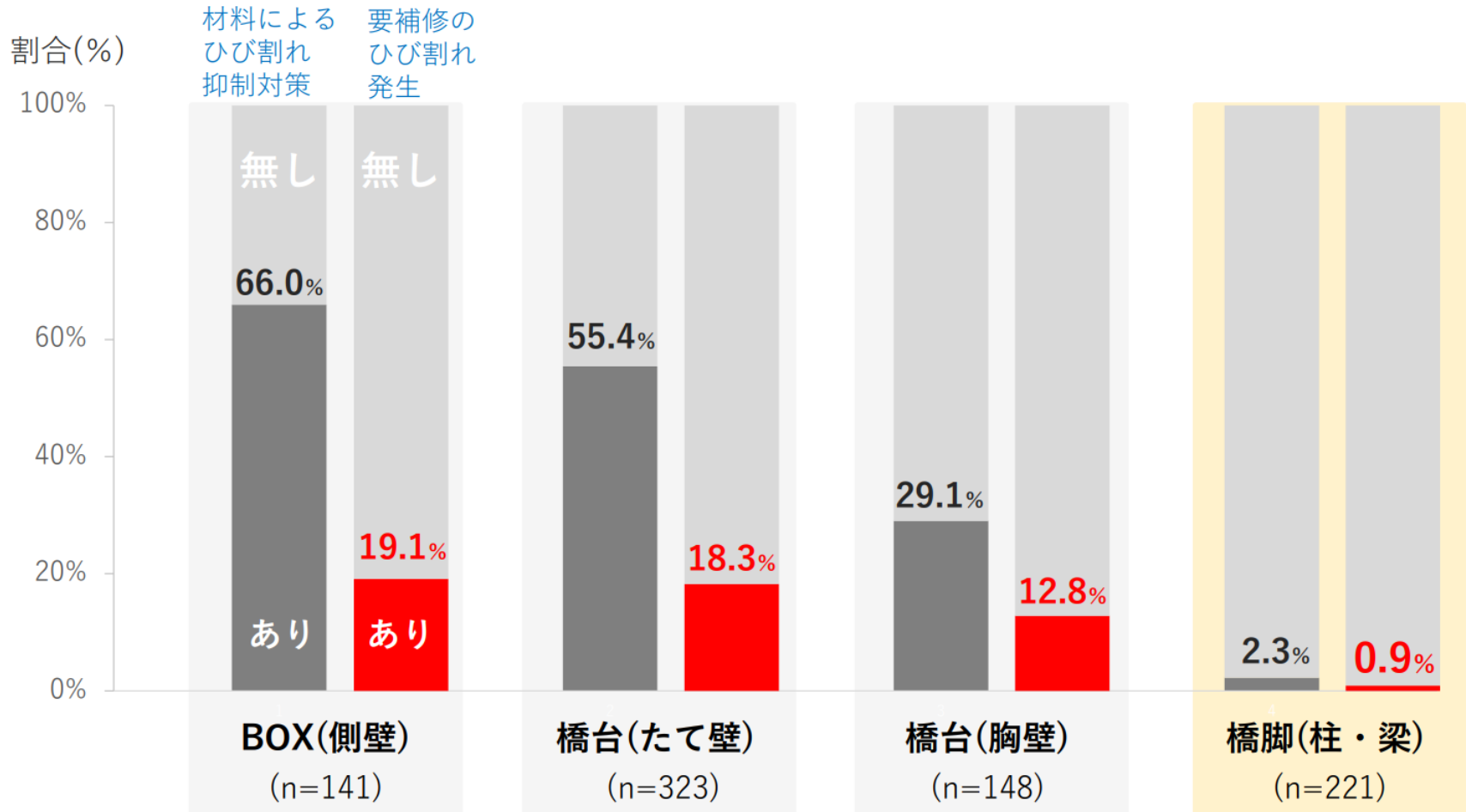
※1：重複カウントあり ※2：全てシステム試行段階（現在は誘発目地は橋台では採用していない）

・あれれ？橋脚には要補修のひび割れが出てませんし、材料によるひび割れ抑制対策もそもそもほとんど実施されてません。

山口県のデータベースでの考察

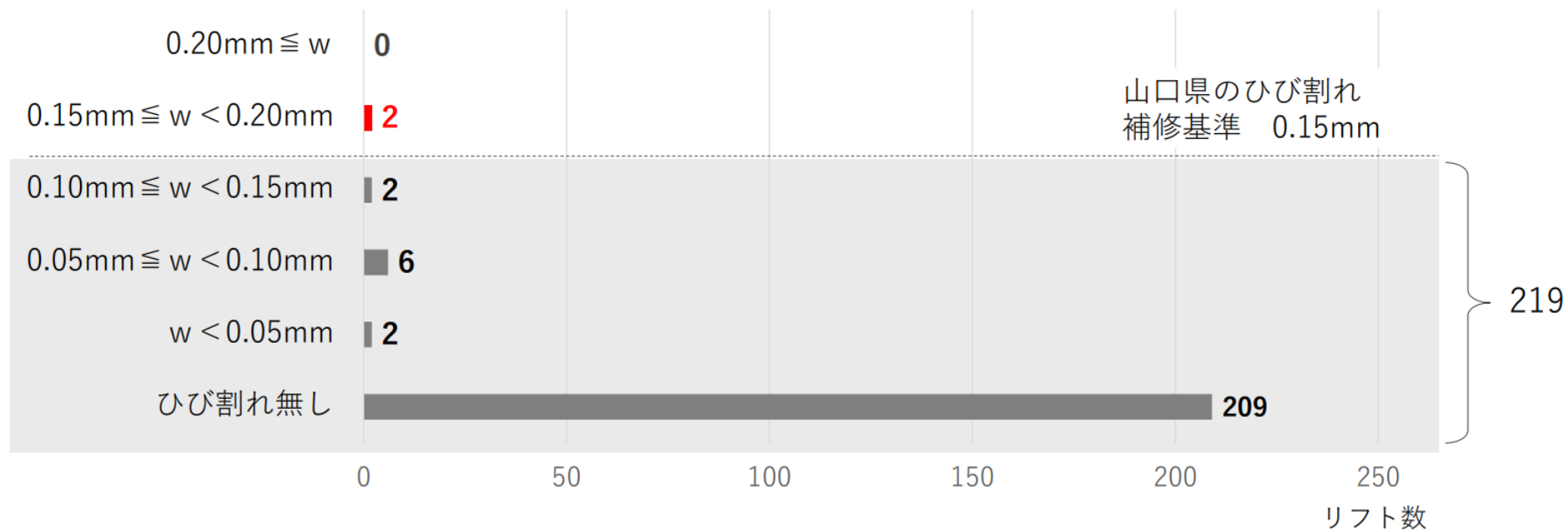
構造物・部位別の傾向（割合）

7/13



ひび割れの発生状況 (n = 221)

最大ひび割れ幅 w (mm)

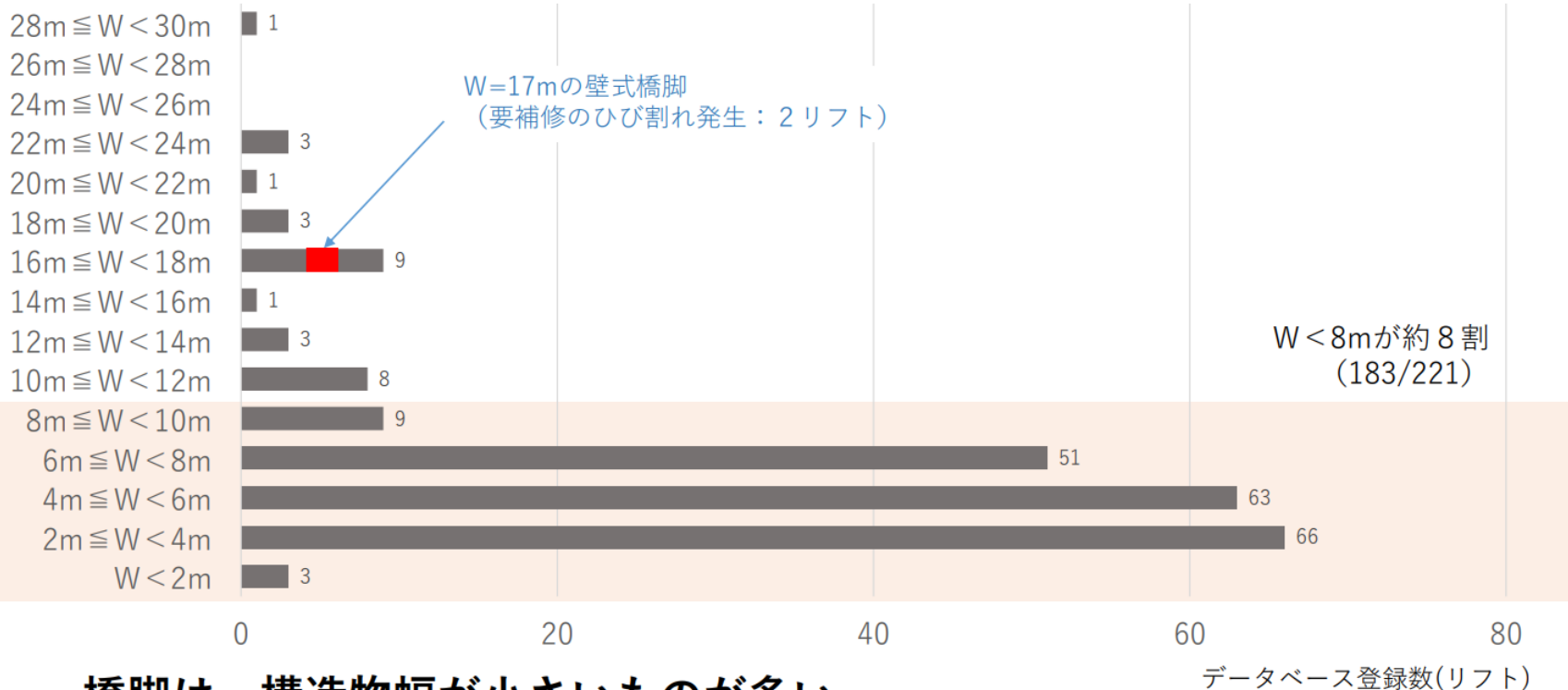


橋脚では、要補修のひび割れは、ほぼ発生していない (2/221)

・ 要補修のひび割れが発生したのは、幅の広い壁式橋脚のみ。

構造物幅 W(m)

構造物幅の分布状況 (n = 221)



橋脚は、構造物幅が小さいものが多い

【注意】山口県と国土交通省では、対象とする構造物サイズの傾向が異なる可能性あり

無駄なことはやめよう。

- **必要もない温度応力解析を実施し、温度応力解析の精度等の十分な知識の無いままに、不要と思われるひび割れ抑制対策がなされていませんか？**
- **維持管理にもつながっていきます。本当に注目すべき変状（構造物の性能に直結するもの）に着目した合理的な維持管理システムを構築しましょう。**

「その上で」、使いたければDXなりAIなり使ってください。順序を大切にしてください。

インフラの維持管理システムを 改善していくための方策

一点検のあり方、診断の重要性、再劣化しない補修方法の構築、
実践しブラッシュアップしていく県単位の維持管理ガイドラインの整備、
協働の研究体制の構築、などー

横浜国立大学 教授

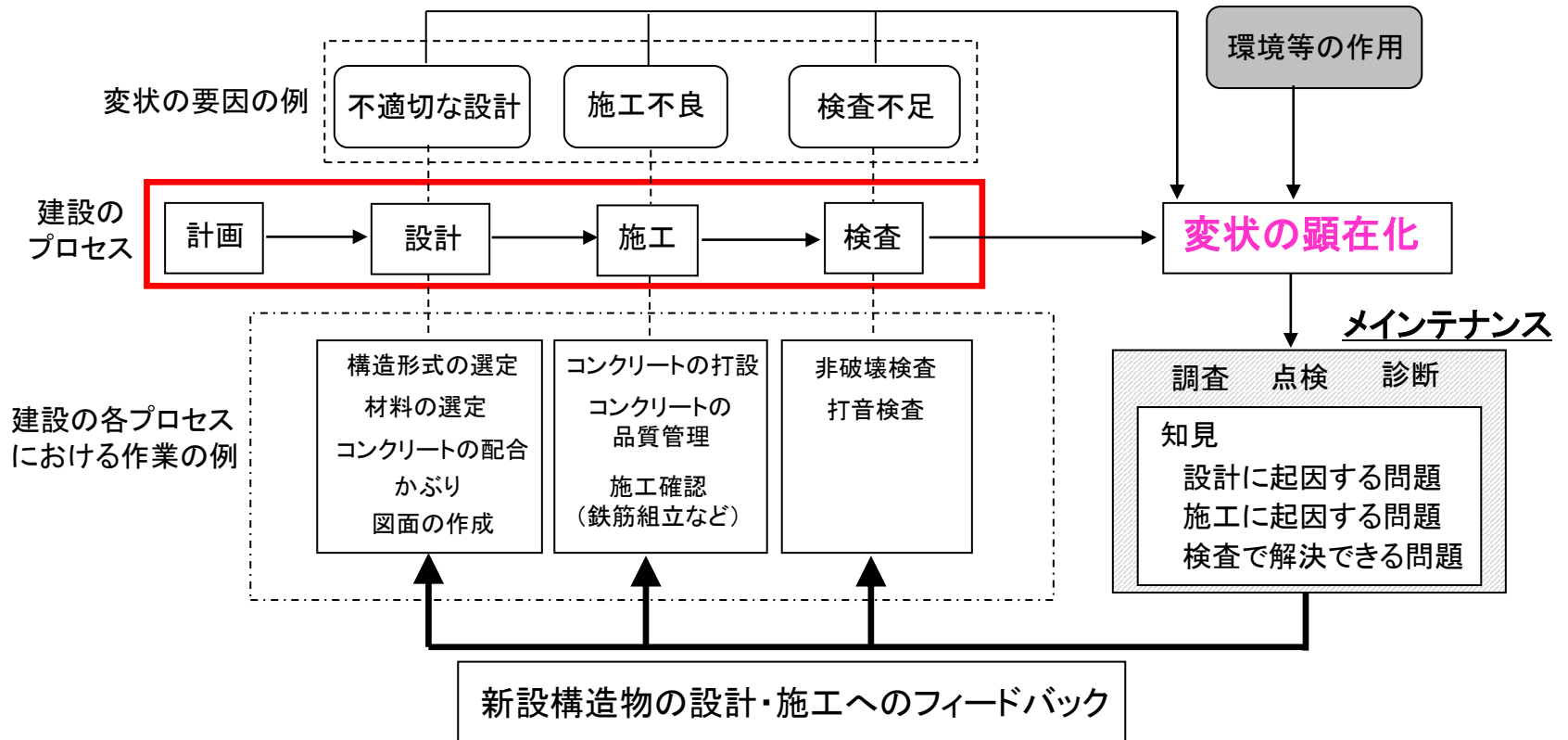
細田 暁

2022.9.12

土木学会コンクリート委員会
教育研究小委員会 座談会



「新設」の品質確保と、 メンテからのフィードバック



知見を、設計・施工・検査等のプロセスに取り込む

劣化の例ー 高架橋等からの剥落事例



地覆コンクリートからの剥落



張出しスラブ下面からの剥落

特に、水切り部

小さな剥落でも新聞沙汰になり、管理者にとっては悩ましい問題

「新設」の品質確保と、 メンテからのフィードバック

- 品質確保された構造物のメンテのあり方
- 「新設」と「既設」のシステムの分断
- 付属設備も含めた耐久性確保

「点検」のあり方

- 維持管理の目的は構造物の「性能確保」
- 的確で合理的な点検
- 無駄な労力を投入しない
- 品質のよいものは、「5年に一度」を飛ばしたいが、実質的にスキップできる、「スライド方式」(前回の点検結果をそのまま使用)をできる仕組みがよいと思う。
- 様々な点検技術の活用、共有

「診断」のあり方

- 深刻な劣化に対する適切な診断
- 放っておいてよい劣化をジャッジできるか
- ひび割れと0.2mm問題
- AI診断との付き合い方
- 困ったときの相談所
(構造種別(道路、鉄道、港湾など)ごとに、全国で10名くらい?)
By 石橋忠良博士)

「再劣化」しない補修工法

- 繰り返される再劣化（無駄。つまらない）
- 適切な補修材料・工法の確立のための検証
- 「界面」への配慮
- 適切な補修材料・工法を用い、適切な補修設計がなされ、適切な施工がなされる必要
- 情報共有、教育システム
- 適切な発注形態

再劣化を繰り返す構造物（中国地方のある橋台）





橋台補修箇所の劣化 by 田村隆弘先生



橋台補修箇所の劣化 by 田村隆弘先生

「維持管理ガイドライン」の構築

- 劣化は、環境作用、使用材料などによって異なるので、県単位の維持管理ガイドラインが望ましい。
- 点検、診断、補修設計・施工、検証方法などを含む産官学協働のガイドライン構築が望ましい。改善し続けることが重要。

高岡市における、橋梁の維持管理システムの改善

- ・橋梁に必要な性能(安全性、使用性、第三者被害防止)を確保できる、無駄のない超合理的な点検システムの提案
- ・橋梁の性能の適切な診断システムの提案
- ・再劣化しない適切な補修工法の構築

高岡市橋梁点検ガイドライン(合理化案)

目次

- 1 適用の範囲(*県マニュアルに準拠)
- 2 橋梁点検の目的*
- 3 定期点検の種別 → レベル1, 2の見直し
- 4 定期点検の頻度*
- 5 点検作業の流れ*
- 6 点検体制*
- 7 点検の内容*
- 8 損傷程度の評価
 - グループA 近接目視(構造が複雑な橋梁等*1)
 - グループB ドローンと部分的な近接目視(一部第三者被害のおそれがある橋梁等*1)
 - ① プレテンPC床版橋
 - ② RC床版橋
 - ③ -----
 - グループC ドローンのみ(第三者被害のおそれがない橋梁等*1)
- 9 診断*
- 10 点検結果の記録 → 点検調書の見直し
- 11 歩掛参考例
- 12 点検マニュアルの更新

>> 合理化点検の適用により、**約15%の点検費用削減**が見込まれる。
 従来点検 : 約2.0億円(5年間)
 合理化点検 : 約1.7億円(5年間)
 → 削減 : 約0.3億円(5年間)
50年間で約3.0億円の点検費用削減

合理化点検により削減できる点検費は**50年間で必要な修繕費総額の約5%**



2023年1月16日

高岡市—横浜国立大学—新日本コンサルタント
 で三者協定を締結



※1グループの区分は仮定
 1) 高岡市都市創造部道路整備課：高岡市橋梁長寿命化修繕計画、令和2年3月改定

協働体制の構築

- 国などからのトップダウンと、ボトムの現場での実践の適切なやり取り・循環
- 各地域の先進的な取組みの継続と情報共有
- 役に立つ規準類・ガイドラインの整備と改善
- 契約システムの改善
- 海外の国の維持管理への貢献

**コンクリート構造物の配水池施設群の
性能評価方法と
維持管理システムの提案**

横浜国立大学

細田 暁

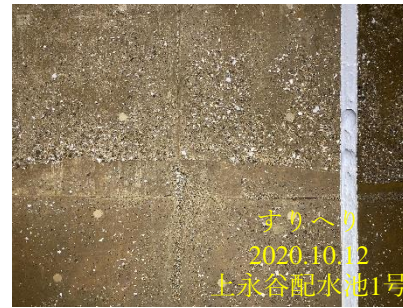
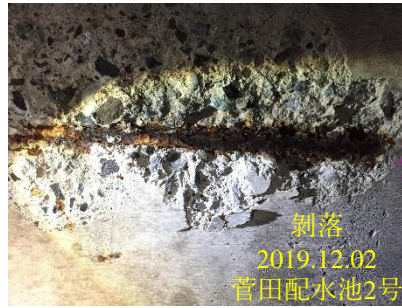
楊 博

(2020年度 修士修了)

背景と目的

1. 横浜市における配水池構造物の劣化問題

劣化多様性、
注目すべきは？



2. 横浜市における配水池構造物の劣化に対する取り組み

- A. 中性化の対策 B. 劣化状況の調査

セメントモルタルを吹き付ける



鉄筋の腐食を防ぐ



高額な費用

内容・項目
頻度・予測



劣化していない配水池と劣化している配水池は同じの調査をしている



検討する必要

3. 配水池調査の問題点

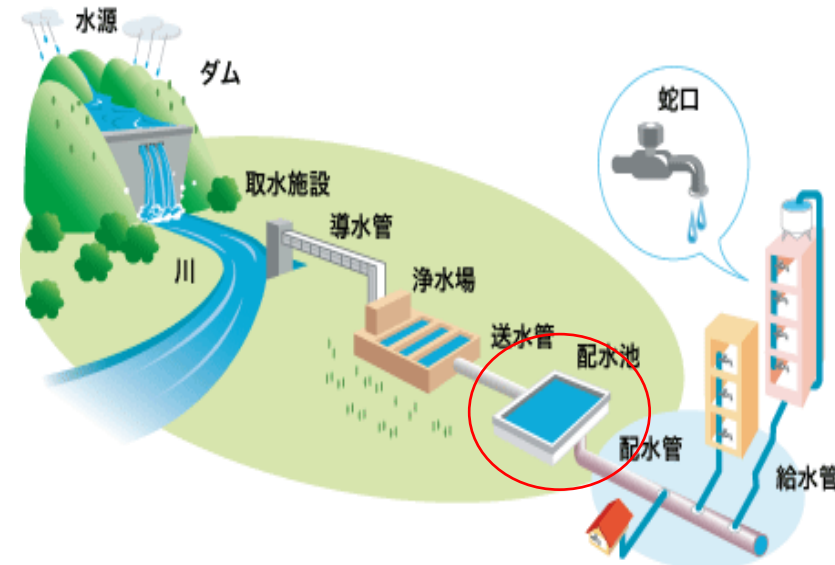
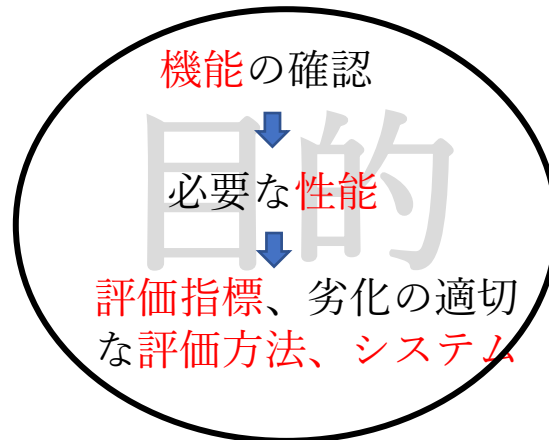
点検会社
(外注)

維持管理
システム

要求性能

補強補修順番
と方法

調査時間制限
(五年1回)



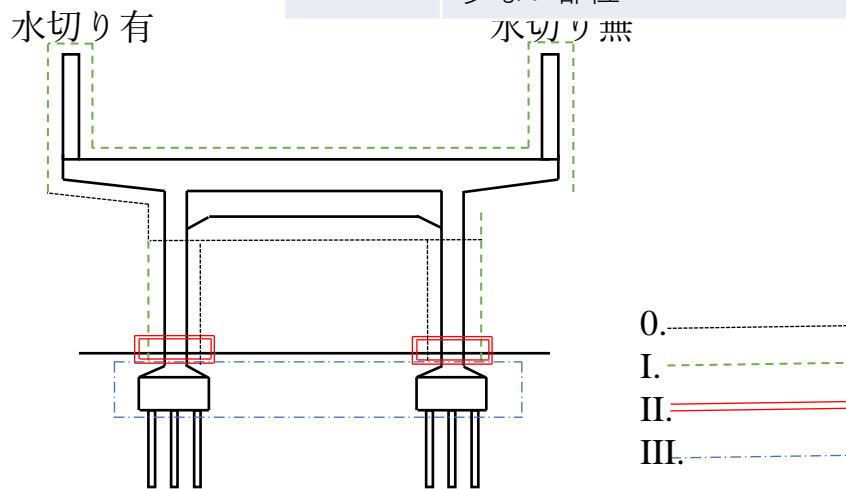
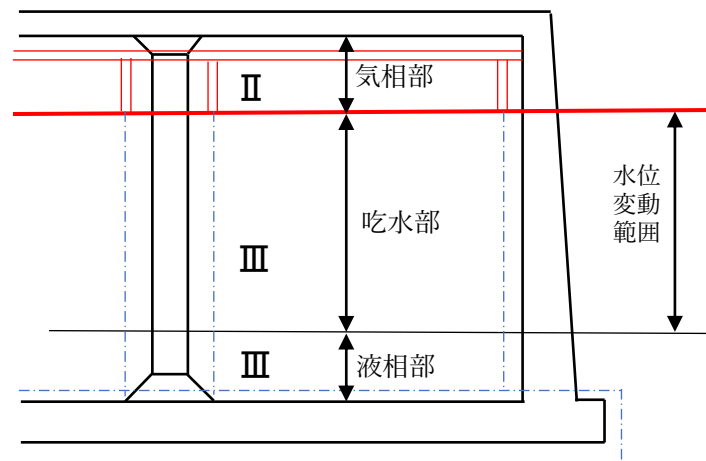
構造物の供用環境における水掛かり

中性化による維持管理事例 (参考文献：P114.コンクリート標準示方書—維持管理編)

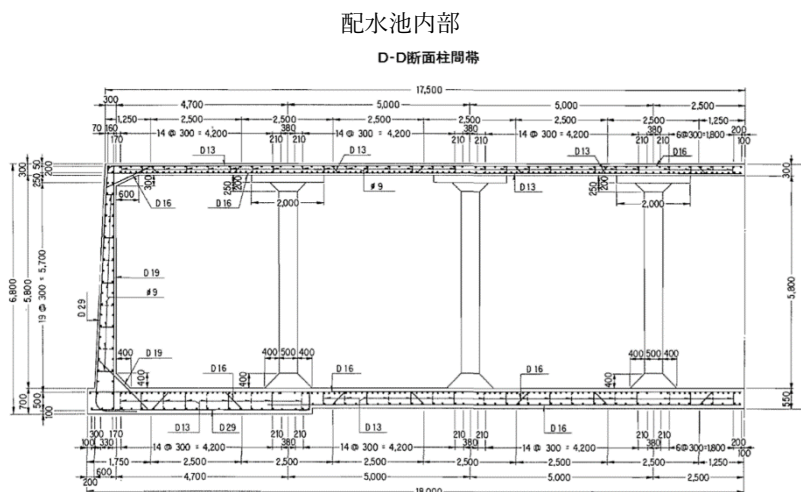
中性化を受ける鉄道コンクリート高架橋における維持管理事例 (2013年版から改訂したところ)

配水池内は気相部、吃水部、液相部があるため、箇所による中性化の進行度は異なる。特に湿潤と乾燥を繰り返す吃水部は水と酸素が交互に供給されるため、劣化が進行している恐れがある。

構造物表面の分類	区分
0	水掛かりがなく常時乾燥する部位
I	降水は掛かるが、降水がやめばすぐ乾燥が始まる部位
II	湿潤状態が長く続く部位
III	湿潤状態であっても乾湿の環境変化が少ない部位



鉄道コンクリート高架橋

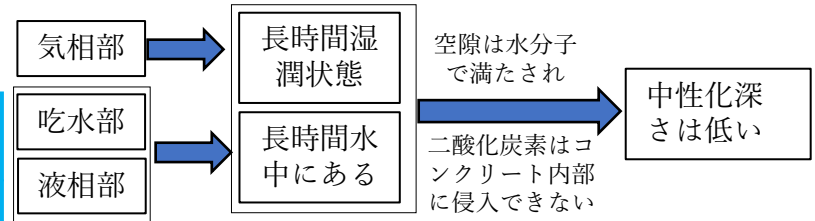


配水池側面図

配水池の劣化の原因は中性化ではない

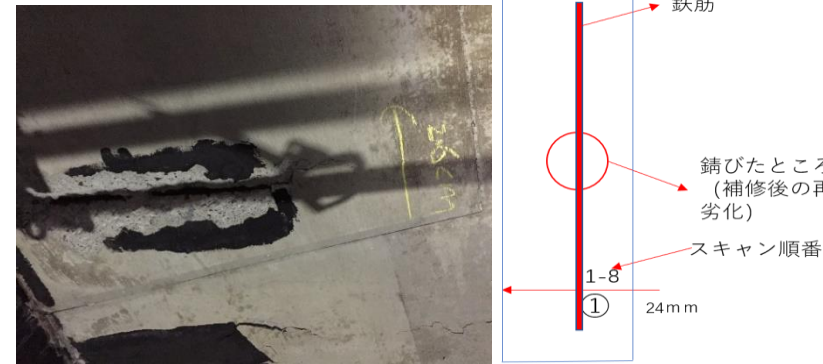
剝落剝離が生じる原因は中性化？

1. 中性化の速度



- ① 配水池の中性化の進展速度は遅い
- ② 液相部や吃水部のコンクリートが気相部のコンクリートに比べて、気相部の中性化深さが深くなる

2. 剝落が生じる原因



T配水槽天井（気相部）の剝落と調査
 （著者らが調査した結果）

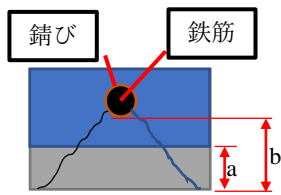
- ① 配水池の天井のコンクリートが剝落する主な原因は、コンクリートかぶりの不足である
- ② 剝落・剝離の発生は、かぶりが小さいほど高い傾向にあった

区分	符号	場所	部位	試験位置 (mm)	仕上げ	ドリル法				中性化深さ実測値 (mm)			ばらつき判定			仕上げ厚さ (mm)	中性化深さ (mm)
						1	2	3	平均値	平均 +30%	平均 -30%	判定					
						1	2	3	平均値	平均 +30%	平均 -30%	判定					
屋外	N-1	流出弁室上屋	外壁	FL+1300	打放し	5.5	5.0	4.5	5.0	6.5	3.5	OK	0	5.0			
屋内	N-2	流出弁室	側壁	FL+3200	打放し	4.0	3.5	3.0	3.5	4.6	2.5	OK	0	3.5			
気相	気相部	N-3	水槽	側壁	通用水位+500 底版+4500	打放し	2.5	2.5	2.5	2.5	3.3	1.8	OK	0	2.5	2.5mm	
		N-4	水槽	側壁	通用水位+500 底版+4500	打放し	3.5	3.5	4.0	3.7	4.8	2.6	OK	0	3.7	3.7mm	
吃水	吃水部	N-5	水槽	側壁	通用水位-700 底版+3200	打放し	1.0	1.0	1.0	1.0	1.3	0.7	OK	0	1.0	1.0mm	
		N-6	水槽	側壁	通用水位-700 底版+3200	打放し	1.0	1.0	1.0	1.0	1.3	0.7	OK	0	1.0	1.0mm	
液相	液相部	N-7	水槽	側壁	底版+2500	打放し	1.0	1.0	1.0	1.0	1.3	0.7	OK	0	1.0	1.0mm	
		N-8	水槽	側壁	底版+2500	打放し	1.0	1.0	1.0	1.0	1.3	0.7	OK	0	1.0	1.0mm	

図1：K配水池の中性化深さの調査結果（点検会社のデータ）

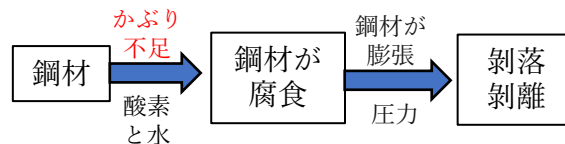
区分	符号	場所	部位	試験位置 (mm)	仕上げ	ドリル法				中性化深さ実測値 (mm)			ばらつき判定			仕上げ厚さ (mm)	中性化深さ (mm)
						1	2	3	平均値	平均 +30%	平均 -30%	判定					
						1	2	3	平均値	平均 +30%	平均 -30%	判定					
気相	気相部	N-1	水槽	側壁	通用水位+700 底版+4700	塗装	1.0	1.0	1.0	1.0	1.3	0.7	OK	1	1.0	1.0mm	
吃水	吃水部	N-2	水槽	側壁	通用水位+700 底版+3200	塗装	1.0	1.0	1.0	1.0	1.3	0.7	OK	1	1.0	1.0mm	
液相	液相部	N-3	水槽	側壁	底版+1300	塗装	1.0	1.0	1.0	1.0	1.3	0.7	OK	1	1.0	1.0mm	

図2：T配水槽の中性化深さの調査結果（点検会社のデータ）



a: 中性化深さ
 b: かぶり

かぶり: 24mm > 中性化深さ: 1.0mm



配水池に求められる機能と性能

配水池に求められる機能

- ① 水質基準を満たす水を安定的に供給できること。大地震の後であっても、安定的に供給する必要がある。
- ② 配水池から外部への漏水，および外部から配水池への浸入がないこと。
- ③ 配水池の施設内の安全が確保されており、供用中や点検中などに事故が生じないこと。

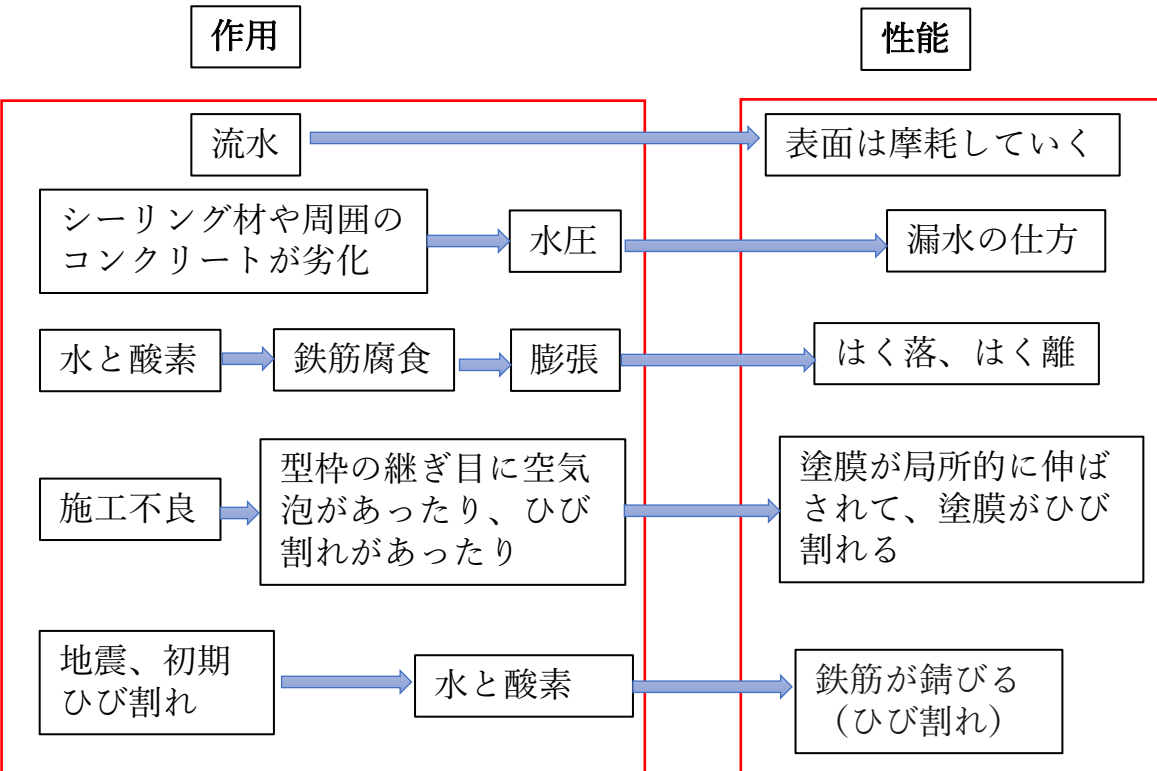


写真1 (摩耗)



写真2 (剝離)

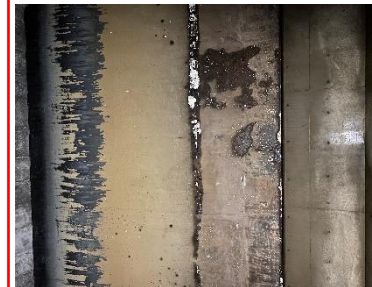


写真3 (塗膜劣化)



写真4 (ひび割れ)



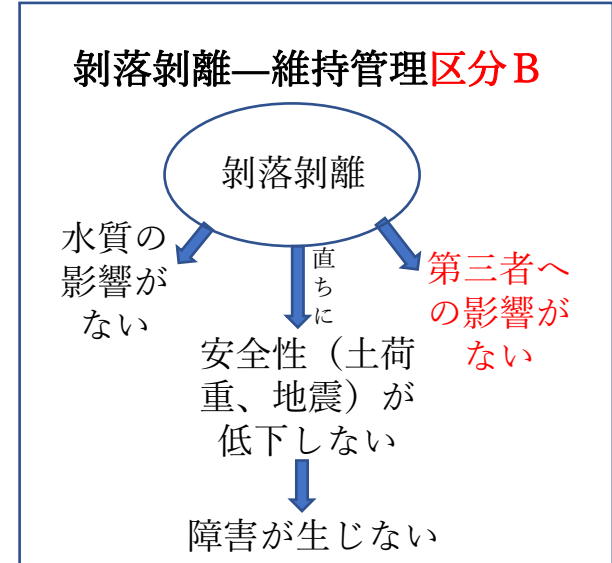
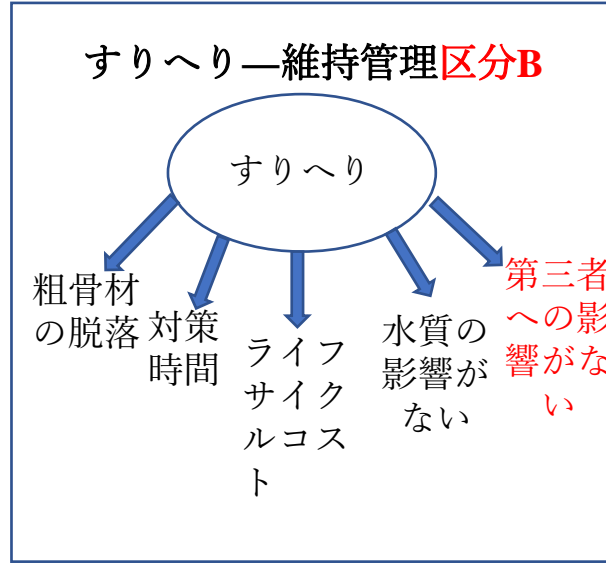
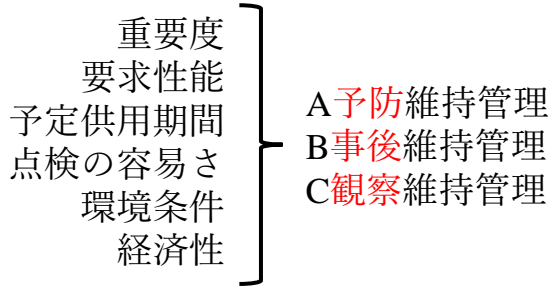
写真5 漏水

性能を満足するために、**維持管理限界が必要**

配水池の維持管理システム—維持管理限界と維持管理区分

土木学会コンクリート標準示方書
維持管理編

維持管理区分

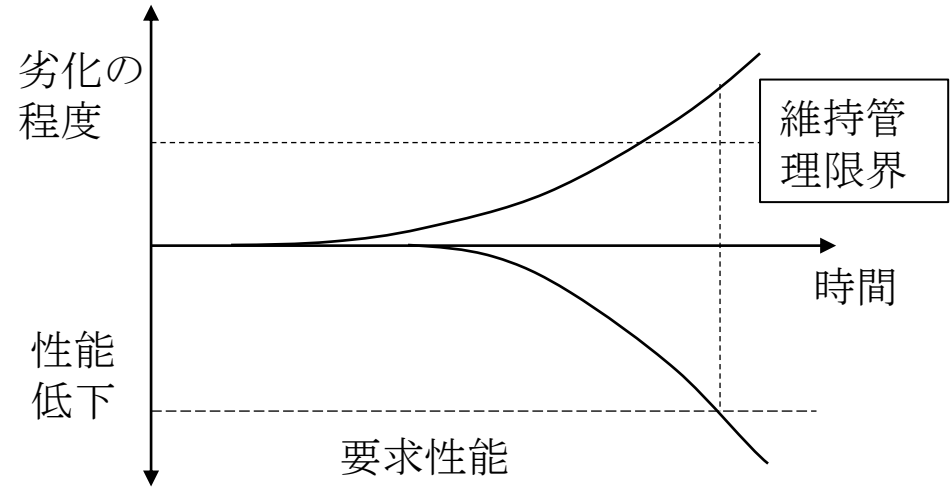


事後維持管理：性能の低下の程度に応じて対策を行うものである

① 劣化が顕在化した後もでも容易に対策がとれるもの

② 対策に必要な期間が長期にわたっても問題のないもの

維持管理限界



劣化状態（構造物の外観グレード等）を指標として設定する場合

外観目視によるグレーディング評価方法の提案ーはく落

- ① 維持管理の区分の設定
配水池維持管理限界：維持管理**区分B**（コンクリートの浮き、剝落）
- ② 維持管理限界の設定（グレード）

グレード	天井のコンクリートのはく落の状況
I	健全なもの
II	わずかではあるが、はく離、はく落が確認される
III	はく離、はく落が散見される
IV	はく離、はく落が多く、箇所で発生しており、直ちに措置を要するもの

土木学会コンクリート標準示方書 維持管理編

外観検査によって変状領域レベル

- グレードI：無変状
- グレードII：軽度の変状
- グレードIII：中程度の変状
- グレードIV：重度の変状

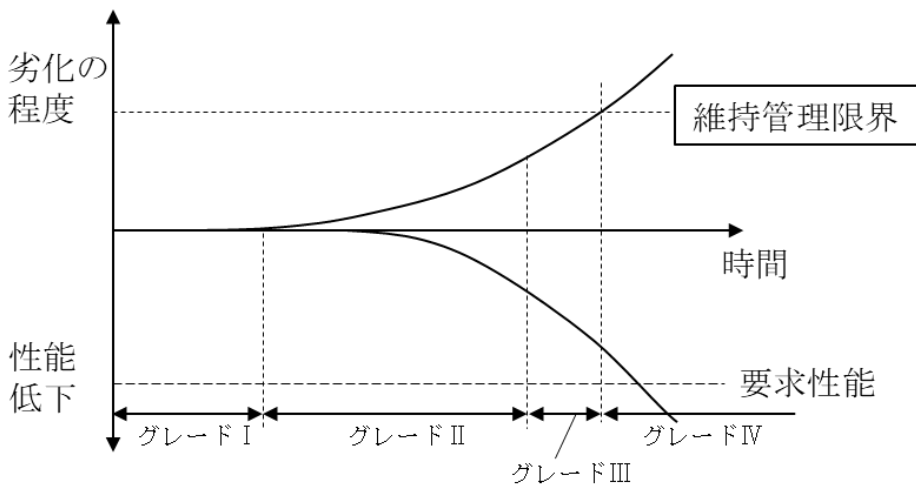
維持管理限界：グレードIII
(はく離、はく落が散見される)

維持管理区分Bでは、維持管理限界を「はく離、はく落が散見される」として、維持管理限界とした**事象が生じた**場合に事後保全として対策を行うこととした。

- I. 配水池の**要求性能**（第三者影響度、使用性、安全性、耐久性、衛生性など）を損じない
- II. **ライフサイクルコスト**を抑える
- III. 問題が出るとき、直ちに**対策**できる、**対策実施**までに**時間的余裕**



剝落劣化グレードの例



目視調査によるグレーディング評価手法の提案

すりへり

グレード	コンクリートのすりへりの状況
I	健全なもの
II	コンクリート表面の摩耗がわずかに生じている
III	コンクリート表面に粗骨材が露出している
IV	粗骨材の脱落が発生しており、断面欠損が生じている

目地材の劣化と漏水

グレード	目地部の劣化の状況
I	健全なもの
II	目地部の止水材に軽度な劣化が生じている
III	目地の周囲のコンクリートが劣化したり、目地の止水材の劣化が相当に進行している
IV	目地の止水材の劣化が著しい。または目地からの漏水が確認される。

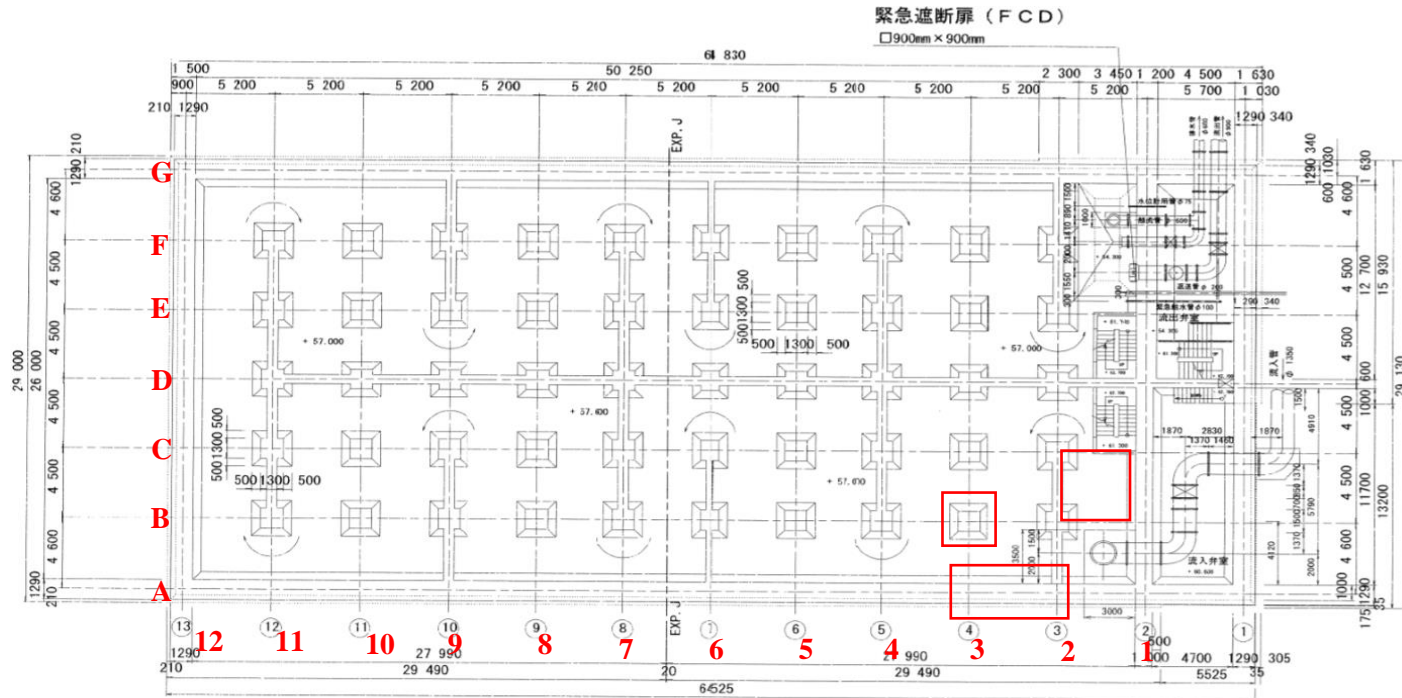
塗膜の劣化

グレード	塗膜の劣化の状況
I	健全なもの
II	塗膜に気泡やひび割れなどの劣化がわずかに生じている
III	塗膜のはく離、はく落やひび割れが散見される
IV	塗膜は大部分で劣化しており、コンクリートが露出している

ひび割れ

グレード	ひび割れの状況
I	健全なもの
II	ひび割れが発生しているが、ひび割れから錆汁が生じていない
III	ひび割れが発生しており、ひび割れから錆汁が生じている
IV	ひび割れを原因としたコンクリートの剥落が発生している

外観目視評価による実構造物の点検の結果



例：

2ホ：グレードIIの剥落剥離が補修された記録の例

2再：グレードIIの剥落剥離が補修されたが、再劣化した記録の例

天井	部位	12		23	
		剥	くず	剥	くず
AB	気相	1	1	1	1
BC	気相	1	1	1	1
CD	気相	1	1	1	1
DE	気相	1	1	1	1

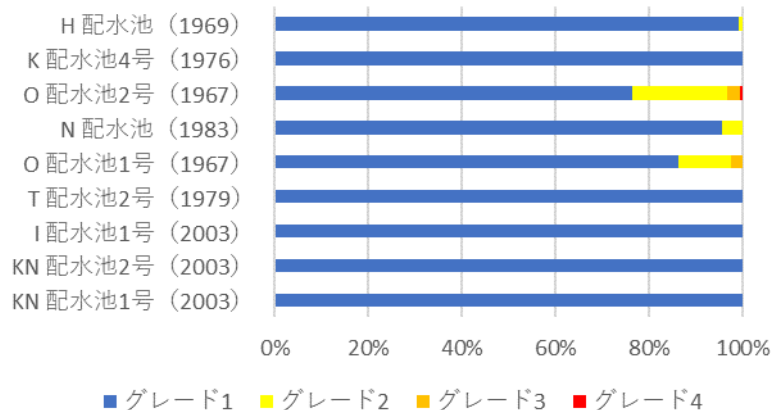
壁 (横)	部位	12		23	
		すりへり	ジョイント	すりへり	ジョイント
A	気相	3	1	1	1
	吃水	3	3	3	2
	液相	3	3	3	2
D	気相	1	なし	1	なし
	吃水	1	なし	1	なし
	液相	1	なし	1	なし

柱	部位	2		3	
		すりへり	剥落	すりへり	剥落
B	気相	1	1	1	1
	吃水	1	—	1	—
C	液状	2	—	2	—
	気相	1	1	1	1
	吃水	1	—	1	—
C	液状	1	—	1	—

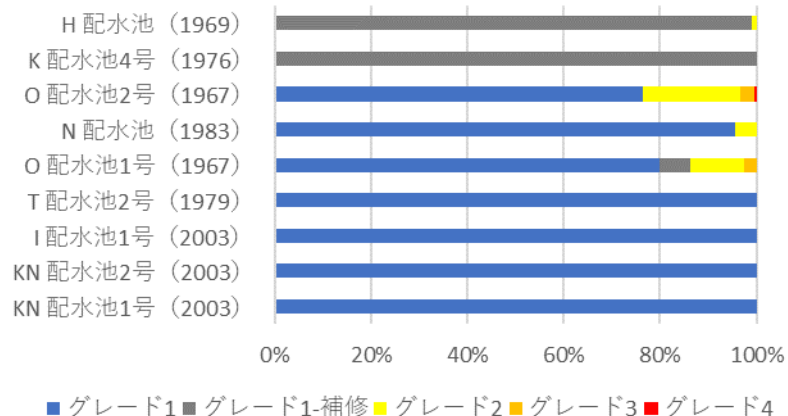
天井：AB-23

壁：A-12

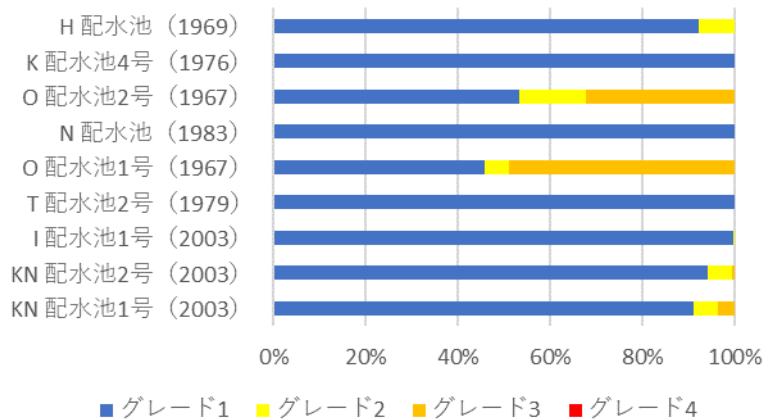
柱：B-2



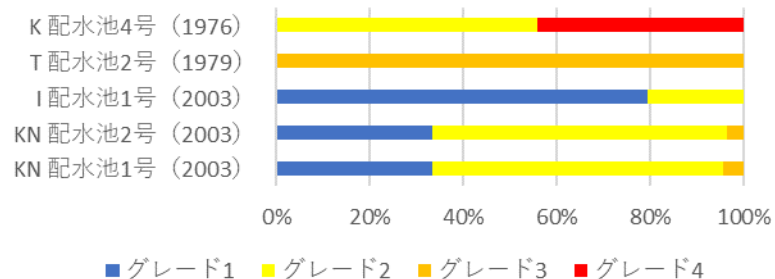
(a) 天井からのはく落の状況



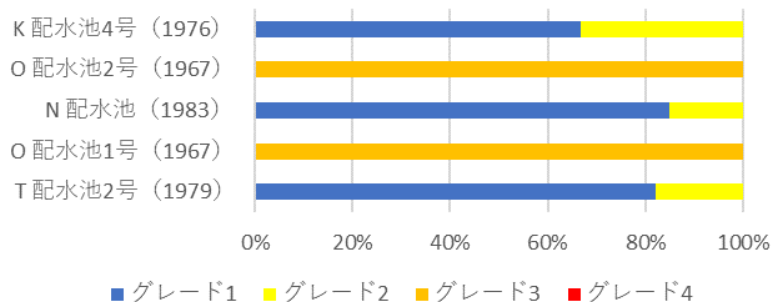
(b) 補修履歴を考慮した天井からのはく落の状況



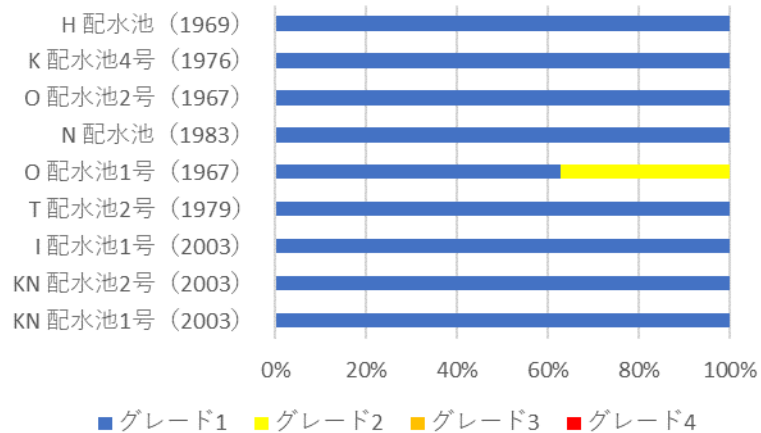
(c) すりへりの状況



(d) ジョイントの劣化の状況

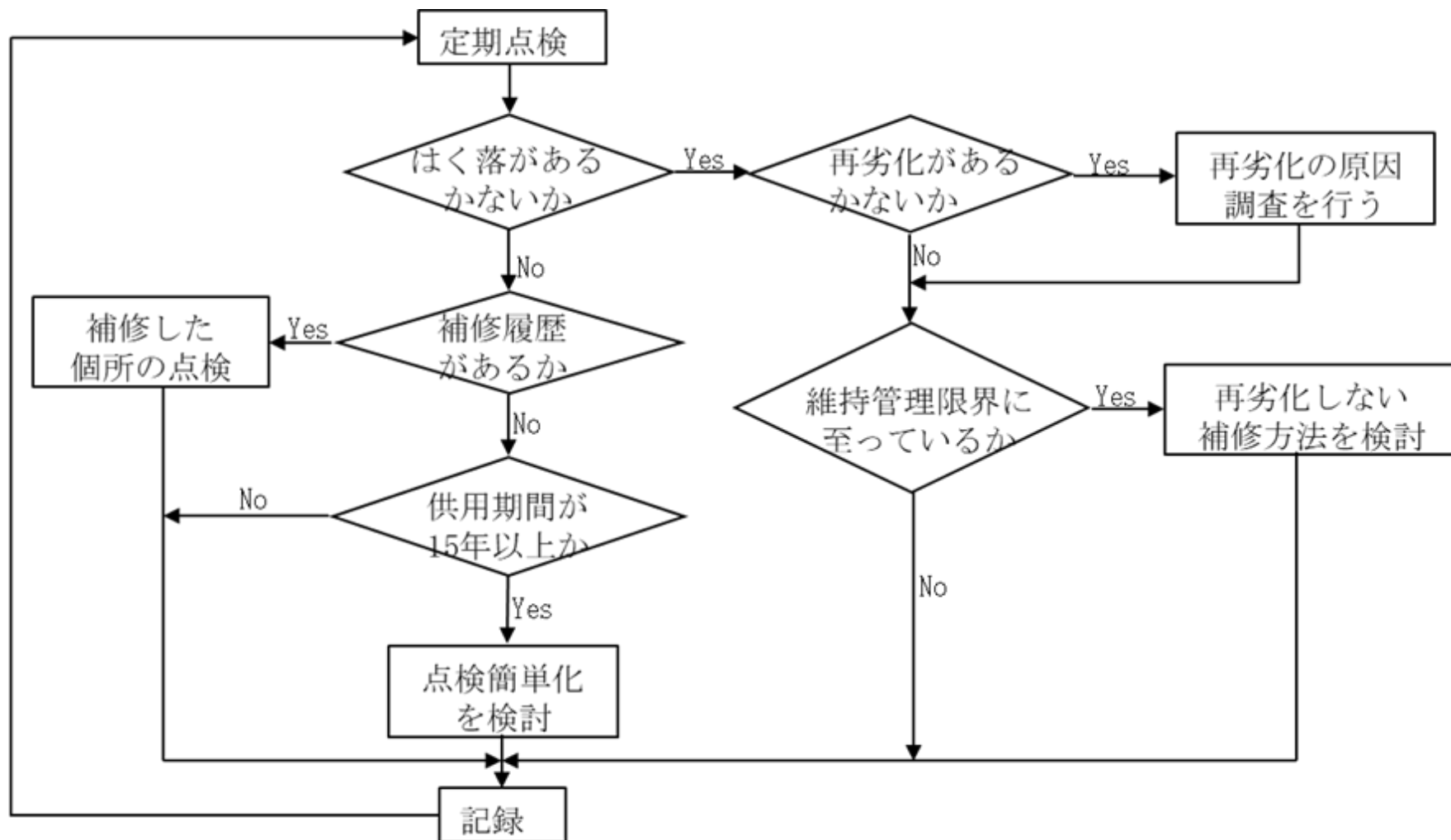


(e) 塗膜の状況

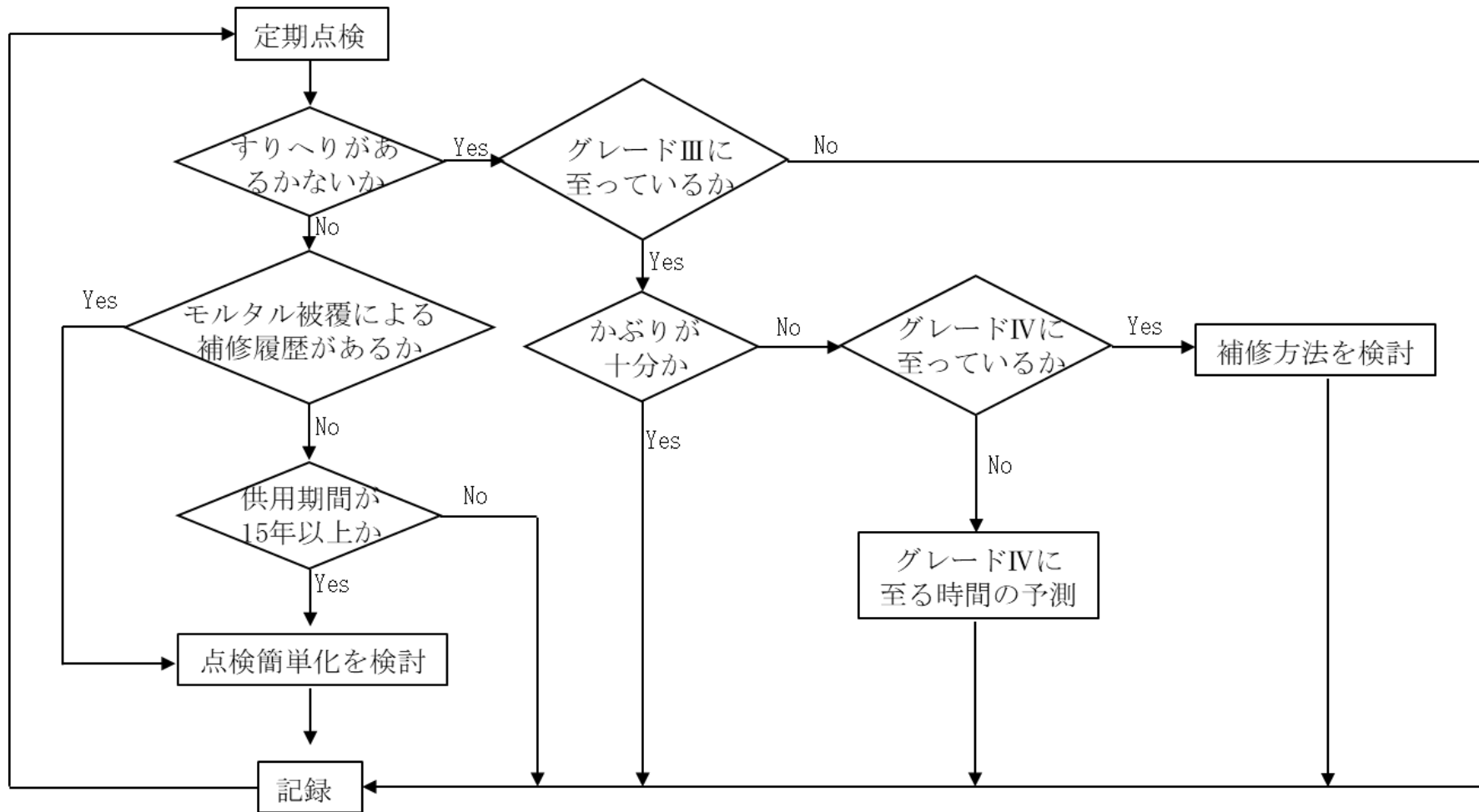


(f) ひび割れの状況

天井スラブからはく落を対象にした維持管理の考え方



すりへりを対象にした維持管理の考え方



まとめ

1. 中性化調査の意義

配水池内部のはく落・はく離の原因は中性化ではないことが明らかになった。配水池のはく落・はく離が生じる内因は、コンクリートのかぶり不足が主な原因で、はく落・はく離の発生は、かぶり小さいほど高い傾向にあった。外因としては配水池が長期間湿度の高い環境にあり、気相部のコンクリートが剥落・剥離しやすい。配水池の維持管理の一環として、横浜市水道局の中性化調査と中性化対策は大きな役割を果たしていない。

2. 目視調査によるグレーディングの手法

配水池内部の劣化状況を目視調査することにより、配水池内のはく落、すりへり、ジョイントの劣化、塗膜の劣化、ひび割れの5つの劣化について、グレーディング評価方法を提案し、維持管理限界を設定した。提案したグレーディング評価方法を使って、調査した配水池の内部劣化状況を記録し、配水池の性能を評価した。

3. 今後の維持管理システムの構築に向けて

目視調査の結果を活用し、今後の維持管理システムの構築のために参考になる重要な着眼点を含むフローチャートを、天井からのはく落と、すりへりを対象に作成した。点検頻度を減らすなどの点検簡単化の可能性や、再劣化しない補修方法の検討、などの着眼点を含めた。