

一般社団法人日本コンクリート診断士会

第 2 回保有技術および第 6 回業務体験発表会
報 告 集

平成 30 年 11 月 16 日

一般社団法人日本コンクリート診断士会

目 次

	頁
 保有技術発表会	
01. 伸縮装置及び床版防水の一体化工法	永田善裕 リノブリッジ(株)..... 1
02. けい酸塩系表面含浸工法「エバープロテクト」と 表面吸水試験機「POROSiT」	高島達行 (株) エバープロテクト..... 7
03. 光学的全視野ひずみ計測によるスリット応力解放法	大町正和 (株)計測リサーチコンサルタント..... 13
04. コンクリート構造物内の鋼材の防食状況をモニタリング 「イージーM モニター」	山田俊一 (株)ニューテック康和 17
05. コンクリートの長寿命化を実現する「プロコンシート」	近森精志 アイエスティ (株) 21
 業務体験発表会	
01. 施工会社とコンクリート診断士	増永智明(福井) 26
02. 微破壊調査（小径削孔）を利用したコンクリート構造物調査	薄井王尚(京滋) 29 前川敬彦 西芝貴光
03. PC 箱桁の内部滞水と維持管理対策	濱田康行(石川) 35 熊谷恵太 浦 修造(石川)
04. マンションタイル浮き調査	上村健一(東海) 41
05. 水中ドローンを使用した海洋構造物の調査事例の紹介	内藤 輝(東京) 44 西牧浩二
06. 下水道施設のコンクリート劣化について	橋本健男(鳥取) 50
07. 維持管理工事における CO ₂ 排出量の算定例	木村克彦(東京) 54
08. 衝撃弾性波法における排水樋門柱部補修後の健全性評価	勇 秀忠(熊本) 60

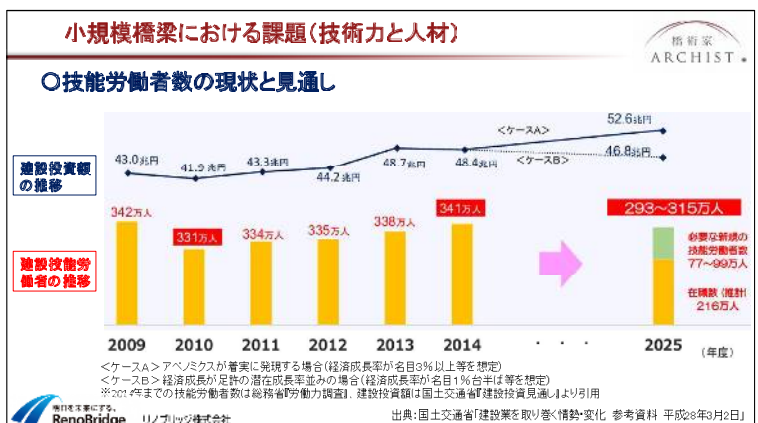
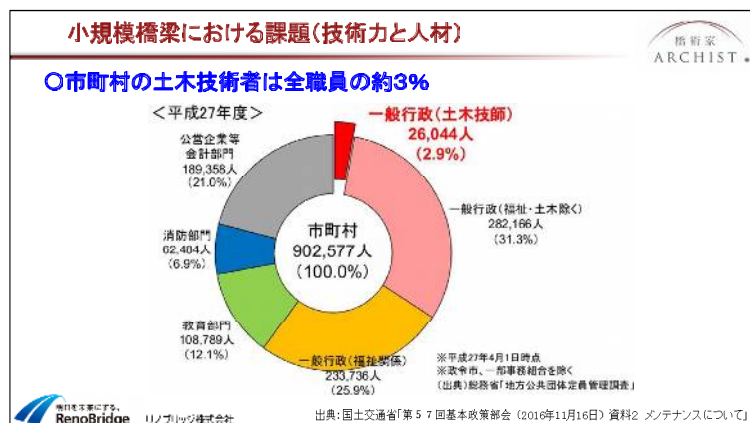
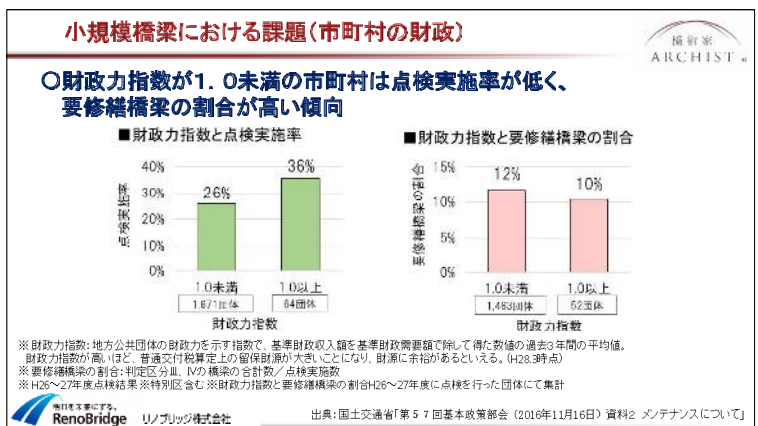
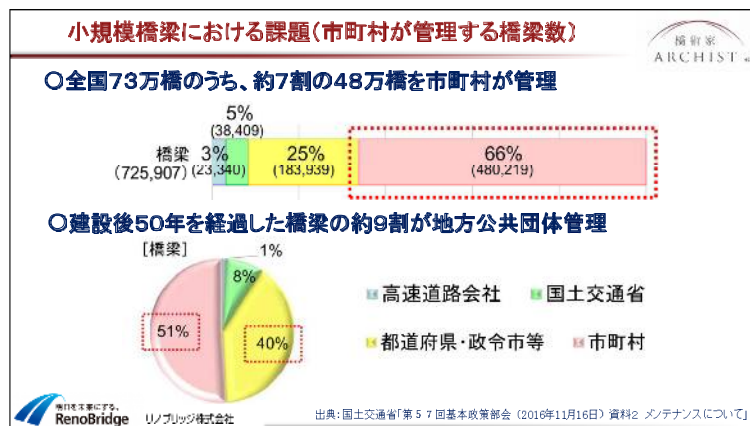
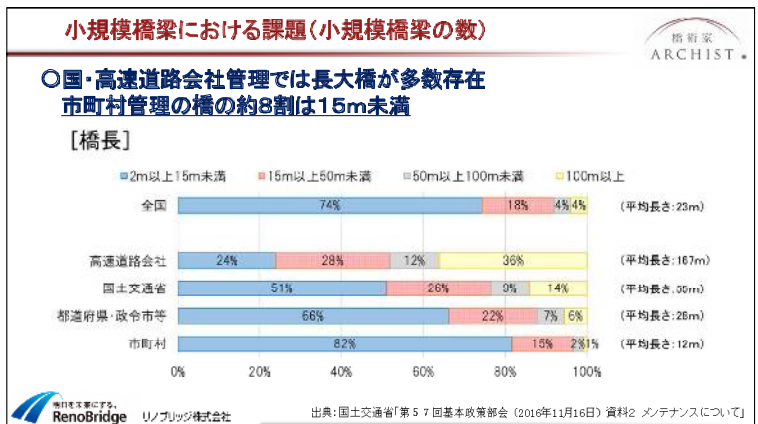
※本保有技術および業務発表会は、技術部会（部会長：奥村智洋，副部会長：奥田由法・勇 秀忠）が担当しました。

注）氏名の後の（ ）内は所属する地区診断士会名の略称で，無表記は非会員である。

伸縮装置及び床板防水の一体化工法

リノブリッジ（株） 永田善裕


 橋 術 家
 ARCHIST®
 伸縮装置及び床板防水の一体化工法
 ARCHIST ONEPIECE-GEL SYSTEM工法
 NETIS登録番号：CB-170021-A
 リノブリッジ株式会社



ARCHIST プロジェクトの目的



小規模橋梁における施工現場の課題

『コスト』『技術力』『人材』



伸縮装置及び床版防水の一体化工法
ARCHIST ONEPIECE-GEL SYSTEM工法
開発コンセプト

床版防水の必要性(床版上面)



○コンクリート床版上面の土砂化



床版の劣化進行過程と水の関係 ①



- 道路橋のなかでも床版は、輪荷重を直接受け、雨水や凍結防止剤などの劣化因子の影響も受けやすく、橋梁の中でも最も過酷な環境に置かれた部材である。
- 床版の変状は直ちに路面に影響を及ぼすため、道路管理上も常に良好な維持管理が要求される。

出典: 道路橋床版防水システムガイドライン(2016、土木学会)

床版の耐久性が、橋梁長寿命化の鍵

床版防水の必要性(床版下面)



○コンクリート床版下面の劣化



床版の劣化進行過程と水の関係 ②



- 床版コンクリート表面に水が存在すると、ひび割れの進行と劣化を著しく促進させたり、舗装にも損傷が生じるなど、床版の劣化を著しく加速させる事が明らかになっている。
出典: 道路橋床版防水便覧(平成19、日本道路協会)
- 水張り状態(湿潤状態)と乾燥状態との輪荷重走行試験結果では、湿潤状態では、乾燥状態に較べて100~300倍もの速さで床版の破壊に至っている
出典: 道路橋床版防水便覧(平成19、日本道路協会)

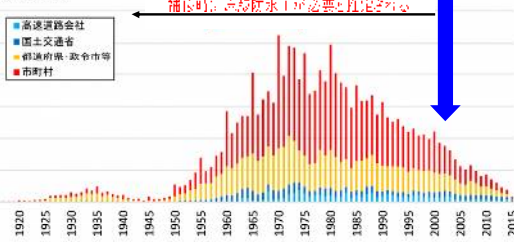
床版の劣化を防ぐことは、「水」を防ぐこと

床版防水の必要性(床版防水層の設置状況)

橋術家
ARCHIST

○平成14年度 道路橋示方書から防水層設置明記

○建設年度別橋梁数



※この他に建設年度不明橋梁約23万橋
(出典)道路局調べ(平成27.12時点)

橋術家
ARCHIST
RenoBridge リノブリッジ株式会社

床版防水層の設置状況

橋術家
ARCHIST

- 「道路橋示方書」では2002年以降アスファルト舗装の床版には防水層を設置することとされた。

出典: 道路橋床版防水便覧(平成19、日本道路協会)

古い橋梁には防水層がないことが多い
できるだけ早い時期に床版防水工を実施することが
橋梁の長寿命化につながる

橋術家
ARCHIST
RenoBridge リノブリッジ株式会社

伸縮目地部 防水の必要性

橋術家
ARCHIST

○伸縮目地部からの漏水による劣化



(左)既設コンクリート道路橋伸縮部部の腐食環境改善への取組み(土木技術資料55-1(2013))

橋術家
ARCHIST
RenoBridge リノブリッジ株式会社

桁端部(遊間部)の劣化対策 ①

橋術家
ARCHIST

- 床版の劣化損傷以外で橋梁に発生する損傷のほとんどが桁端部に集中していることは、これまでの多数の道路橋における損傷報告からも歴然とした事実である。
- 桁端部周辺では、設置後の経年が短い場合でも、伸縮装置の止水構造の機能低下により、路面からの漏水などによる変状が多発している。

出典: 道路橋床版の長寿命化技術(2016、松井繁之)

桁端部の劣化対策も、「水」を防ぐこと

橋術家
ARCHIST
RenoBridge リノブリッジ株式会社

橋術家
ARCHIST

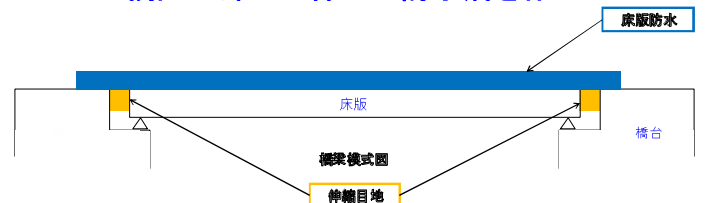
伸縮装置及び床版防水の一体化工法
ARCHIST ONEPIECE-GEL SYSTEM工法
工法紹介

橋術家
ARCHIST
RenoBridge リノブリッジ株式会社

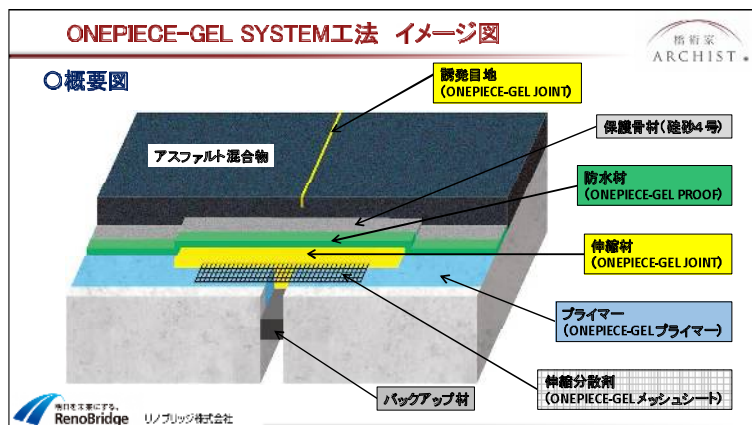
工法コンセプト

橋術家
ARCHIST

伸縮目地と床版防水を一体化し
橋面上部に一体的な防水層を作る



橋術家
ARCHIST
RenoBridge リノブリッジ株式会社



適用条件

○ARCHIST ONEPIECE-GEL SYSTEM工法の適用条件

桁種	プレストレスコンクリート桁 鉄筋コンクリート桁	
桁長	一般	20.0m 以下
	寒冷地	16.0m 以下
許容範囲	充填幅 (遊間幅)	標準 10~20mm (施工誤差許容範囲 -0mm, +4mm)
	充填深さ	標準 20mm (施工誤差許容範囲 -0mm, +10mm)
斜橋(斜角)	60度まで	
舗装厚	車道 50mm 以上、歩道 40mm 以上 (120mm 以下)	
合成勾配	6%以下(合成勾配)	

ARCHIST

資料を基にする。 RenoBridge リノブリッジ株式会社

性能照査試験①

○伸縮目地 性能照査試験 試験結果

材料	試験項目		規格	試験結果
	要求性能	試験内容		
ONEPIECE-GEL JOINT+PROOF	伸縮分散性	伸縮性	重度の離層・破損がないこと	離層・破損なし
		止水性	舗装下部遊間からの漏水がないこと	舗装下部遊間からの漏水なし
	伸縮追従性①	耐久性(6000回)	顕著な剥離・破損なし	±4mm繰り返して剥離・破損がないこと
		伸縮性(15回)	顕著な剥離・破損なし	±10mm繰り返して剥離・破損がないこと
ONEPIECE-GEL JOINT	伸縮追従性②	耐久性(6000回)	顕著な剥離・破損なし	±6mm繰り返して剥離・破損がないこと
	温度依存性	-5℃引張	剥離・破損なし	剥離・破損がないこと
		35℃圧縮	剥離・破損なし	剥離・破損がないこと

試験方法は、「NEXCO試験方法 第4編 構造関係試験方法 試験法437(埋設ジョイントの実物大供試体試験方法)」を参照

ARCHIST

資料を基にする。 RenoBridge リノブリッジ株式会社

性能照査試験②

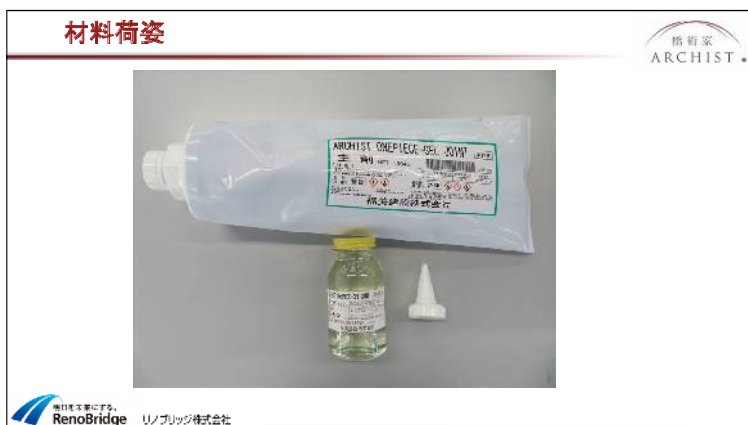
○床版防水 性能照査試験 試験結果

材料	試験項目		規格	試験結果
	要求性能	試験内容		
ONEPIECE-GEL PROOF※2※3	防水性試験Ⅰ	防水性試験Ⅰ	減水量 0.2mL以下	0.1mL
		引張接着試験	23℃ 0.6N/mm ² 以上 -10℃ 1.2N/mm ² 以上	0.87N/mm ² 1.91N/mm ²
	接着性	水浸後引張接着試験	水浸後の強度保持60%以上	
		せん断接着強度	23℃ 0.15N/mm ² 以上 -10℃ 0.8N/mm ² 以上	0.167N/mm ² 1.30N/mm ²
		せん断接着変位量	1.0mm以上 0.5mm以上	1.75mm 1.90mm
		ひび割れ追従性Ⅱ (-10℃低音屈曲性)	ひび割れ追従限界0.3mm以上	0.61mm
	耐薬品性	飽和Ca(OH) ₂ 水溶液	15日間の浸漬で異常がないこと	異常なし
		3% NaCl水溶液		異常なし
		3% NaCl水溶液		異常なし
	環境安全性		硬化時間以降、雨水による流出がないこと	流出なし

試験方法は、「道橋床版防水便覧」による

ARCHIST

資料を基にする。 RenoBridge リノブリッジ株式会社



ARCHIST ONEPIECE-GEL SYSTEM工法 施工フロー

① バックアップ材を遊間部に挿入する。



①バックアップ材設置
②プライマー塗布
③ONEPIECE-GEL JOINT充填
④メッシュシート貼付
⑤プライマー塗布
⑥ONEPIECE-GEL PROOF塗布
⑦誘発目地設置

資料を本部に送る。 RenoBridge リノブリッジ株式会社

ARCHIST ONEPIECE-GEL SYSTEM工法 施工フロー

② 遊間部を中心に200mmの幅にプライマーを塗布する。



①バックアップ材設置
②プライマー塗布
③ONEPIECE-GEL JOINT充填
④メッシュシート貼付
⑤プライマー塗布
⑥ONEPIECE-GEL PROOF塗布
⑦誘発目地設置

資料を本部に送る。 RenoBridge リノブリッジ株式会社

材料の練り混ぜ

硬化剤を主剤容器に投入

容器を振るだけで練り混ぜ完了




資料を本部に送る。 RenoBridge リノブリッジ株式会社

ARCHIST ONEPIECE-GEL SYSTEM工法 施工フロー

③ ONEPIECE-GEL JOINTを遊間部に流し込む。



①バックアップ材設置
②プライマー塗布
③ONEPIECE-GEL JOINT充填
④メッシュシート貼付
⑤プライマー塗布
⑥ONEPIECE-GEL PROOF塗布
⑦誘発目地設置

資料を本部に送る。 RenoBridge リノブリッジ株式会社

ARCHIST ONEPIECE-GEL SYSTEM工法 施工フロー

④ ONEPIECE-GEL JOINTを200mmの幅で塗布してメッシュシートを貼り付ける。



①バックアップ材設置
②プライマー塗布
③ONEPIECE-GEL JOINT充填
④メッシュシート貼付
⑤プライマー塗布
⑥ONEPIECE-GEL PROOF塗布
⑦誘発目地設置

資料を本部に送る。 RenoBridge リノブリッジ株式会社

ARCHIST ONEPIECE-GEL SYSTEM工法 施工フロー

⑤ 床版全面にプライマーを塗布する。



①バックアップ材設置
②プライマー塗布
③ONEPIECE-GEL JOINT充填
④メッシュシート貼付
⑤プライマー塗布
⑥ONEPIECE-GEL PROOF塗布
⑦誘発目地設置

資料を本部に送る。 RenoBridge リノブリッジ株式会社

ARCHIST ONEPIECE-GEL SYSTEM工法 施工フロー

橋術家 ARCHIST

⑥ ONEPIECE-GEL PROOFを床版全面に塗布して珪砂を散布する。



①バックアップ材設置
②プライマー塗布
③ONEPIECE-GEL JOINT充填
④メッシュシート貼付
⑤プライマー塗布
⑥ONEPIECE-GEL PROOF塗布
⑦珪砂目地設置

橋術家による。 RenoBridge リノブリッジ株式会社

ARCHIST ONEPIECE-GEL SYSTEM工法 施工フロー

橋術家 ARCHIST

⑦ ディスクグラインダーで切り込みを入れ、ONEPIECE-GEL JOINTを流し込む。



①バックアップ材設置
②プライマー塗布
③ONEPIECE-GEL JOINT充填
④メッシュシート貼付
⑤プライマー塗布
⑥ONEPIECE-GEL PROOF塗布
⑦珪砂目地設置

橋術家による。 RenoBridge リノブリッジ株式会社

橋術家 ARCHIST

施工例(現場写真)のご案内

橋術家による。 RenoBridge リノブリッジ株式会社

施工例(1)

橋術家 ARCHIST



橋術家による。 RenoBridge リノブリッジ株式会社

施工例(2)

橋術家 ARCHIST



橋術家による。 RenoBridge リノブリッジ株式会社

施工実績

橋術家 ARCHIST

年度	工事種別	橋名	工事内容	所在地	竣工年月
1	橋梁	岐阜県	岐阜県岐阜市 岐阜市立第一中学校 校門前橋	岐阜県岐阜市	2017年10月
2	橋梁	岐阜県	岐阜県岐阜市 岐阜市立第一中学校 校門前橋	岐阜県岐阜市	2017年10月
3	橋梁	岐阜県	岐阜県岐阜市 岐阜市立第一中学校 校門前橋	岐阜県岐阜市	2017年10月
4	橋梁	岐阜県	岐阜県岐阜市 岐阜市立第一中学校 校門前橋	岐阜県岐阜市	2017年10月
5	橋梁	岐阜県	岐阜県岐阜市 岐阜市立第一中学校 校門前橋	岐阜県岐阜市	2017年10月
6	橋梁	岐阜県	岐阜県岐阜市 岐阜市立第一中学校 校門前橋	岐阜県岐阜市	2017年10月
7	橋梁	岐阜県	岐阜県岐阜市 岐阜市立第一中学校 校門前橋	岐阜県岐阜市	2017年10月
8	橋梁	岐阜県	岐阜県岐阜市 岐阜市立第一中学校 校門前橋	岐阜県岐阜市	2017年10月
9	橋梁	岐阜県	岐阜県岐阜市 岐阜市立第一中学校 校門前橋	岐阜県岐阜市	2017年10月
10	橋梁	岐阜県	岐阜県岐阜市 岐阜市立第一中学校 校門前橋	岐阜県岐阜市	2017年10月
11	橋梁	岐阜県	岐阜県岐阜市 岐阜市立第一中学校 校門前橋	岐阜県岐阜市	2017年10月
12	橋梁	岐阜県	岐阜県岐阜市 岐阜市立第一中学校 校門前橋	岐阜県岐阜市	2017年10月
13	橋梁	岐阜県	岐阜県岐阜市 岐阜市立第一中学校 校門前橋	岐阜県岐阜市	2017年10月
14	橋梁	岐阜県	岐阜県岐阜市 岐阜市立第一中学校 校門前橋	岐阜県岐阜市	2017年10月
15	橋梁	岐阜県	岐阜県岐阜市 岐阜市立第一中学校 校門前橋	岐阜県岐阜市	2017年10月
16	橋梁	岐阜県	岐阜県岐阜市 岐阜市立第一中学校 校門前橋	岐阜県岐阜市	2017年10月
17	橋梁	岐阜県	岐阜県岐阜市 岐阜市立第一中学校 校門前橋	岐阜県岐阜市	2017年10月
18	橋梁	岐阜県	岐阜県岐阜市 岐阜市立第一中学校 校門前橋	岐阜県岐阜市	2017年10月
19	橋梁	岐阜県	岐阜県岐阜市 岐阜市立第一中学校 校門前橋	岐阜県岐阜市	2017年10月
20	橋梁	岐阜県	岐阜県岐阜市 岐阜市立第一中学校 校門前橋	岐阜県岐阜市	2017年10月

橋術家による。 RenoBridge リノブリッジ株式会社

- ・市町村：13橋梁
 - ・県：3橋梁
 - ・国交省：1橋梁
- 合 計：17橋梁
- ※2017年2月～2018年7月

けい酸塩系表面含浸工法「エバープロテクト」と表面吸水試験機「POROSiT」

株式会社 エバープロテクト ○高島 達行

(要旨)

○けい酸塩系表面含浸工法「エバープロテクト」

コンクリート構造物の長寿命化・耐久性を向上させる補修工法です。コンクリート表層部の細孔空隙に含浸してセメント水和物に近い組織の C-S-H ゲルの生成により、有害空隙を無害空隙に緻密化し、表層を改質します。

- ・劣化因子（水分・塩化物イオン・炭酸ガスなど）の侵入・拡散を抑制する。
- ・鋼材腐食抑止効果を発揮する。
- ・微細ひび割れを反応ゲルで充填する。

○表面吸水試験機「POROSiT」

コンクリートの表層品質を評価する手法の一つである吸水量を完全非破壊かつ非常に簡単に測定できます。また、表面含浸工（けい酸塩系・シラン系）の性能効果を容易に確認できます。

『エバープロテクト』

NETIS登録番号 K T - 0 8 0 0 0 5 - V R

技術名称 珪酸塩系含浸コンクリート保護材



■ エバープロテクトの成分品質

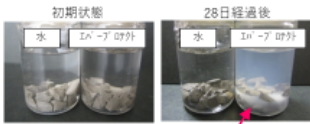
	エバープロテクト
主 成 分	けい酸ナトリウム・けい酸カリウム混合
材料製造業者または材料販売業者	株式会社 エバープロテクト

〔材料荷姿〕



成分に関する品質項目

項 目	試験値	目標値
水酸化カルシウムとの反応性	有	有
乾燥固形分率	28 %	25 % 以上
種類	反応型	反応型
密度	1.22	1.20 以上 (at20℃)
pH値	10.3	10 以上 (at20℃, 1%溶液)
色	無色透明	無色透明
危険有害性	毒性なし・不燃性・無臭	—



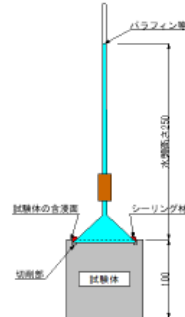
白濁確認
C-S-H^gを含む反応物

選出試験 JWWA Z 108
「水通量測定機材-選出試験方法」
施工後のコンクリートからも有害物質の検出なし

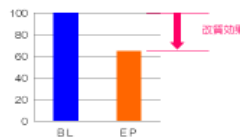
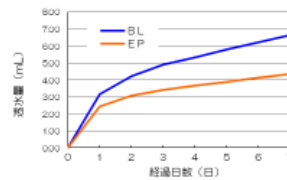
■ エバプロテクトの改質効果

◇ 防水性（水密性）効果

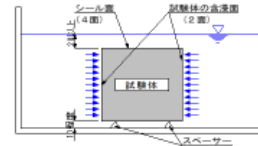
透水量試験結果



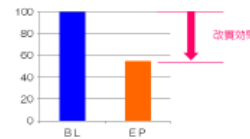
	透水量 (ml)
原状試験体 (BL)	平均 6.63
E P 塗布試験体	平均 4.33
透水比	65.3%



吸水率試験結果

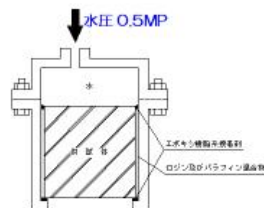


	吸水率 (%)
原状試験体 (BL)	平均 1.1
E P 塗布試験体	平均 0.6
吸水率比	54.5%



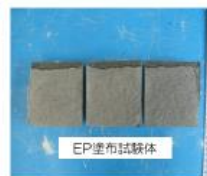
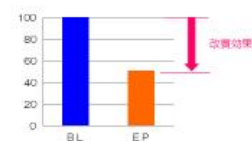
4

加圧透水性試験結果



含浸材を塗布した面に水圧が加わるように設置
窒素ガスを用いて水圧 $0.50 \pm 0.05 \text{ MPa}$ を 4.8 ± 0.5 時間 加圧する

	水の浸透深さ (mm)
原状試験体 (BL)	平均 13.5
E P 塗布試験体	平均 6.9
水の浸透深さ比	51.1%



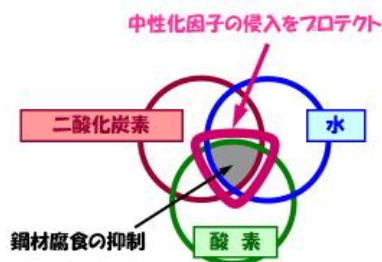
	拡散係数 ($\times 10^{-12} \text{ cm}^2/\text{s}$)
原状試験体	平均 5.69
E P 塗布試験体	平均 1.49
水の拡散係数比	26.2%

5

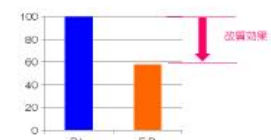
◇ 中性化の改質効果

中性化に対する抵抗性試験結果

温度 $20 \pm 2^\circ \text{C}$ 、相対湿度 $(60 \pm 5)\%$ 、二酸化炭素濃度 $5 \pm 0.2\%$ の条件下
28日間の促進中性化試験を行う。



	中性化深さ (mm)
原状試験体 (BL)	平均 5.5
E P 塗布試験体	平均 3.2
中性化深さ比	58.2%

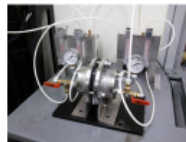


6

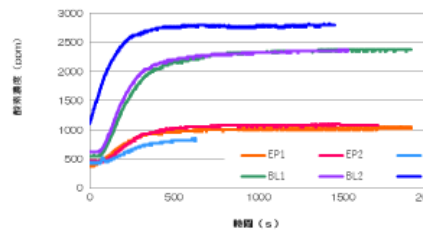
酸素拡散係数の品質試験結果

日本コンクリート工学協会標準 JCI-DD5「酸素の拡散係数試験方法」準拠

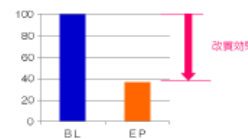
試験体を拡散セル装置し、試験体の片面には窒素ガスを別の片面には酸素ガスを同じ圧力で継続して一定量流し、窒素ガス中の酸素ガス濃度が拡散係数の値に応じて数時間から数十時間後にほぼ一定の値になった時を定常状態と判定し微量酸素分析計によって測定する



$$\text{酸素拡散係数比(\%)} = \frac{\text{含浸材を塗布した試験体の酸素拡散係数}}{\text{原状試験体の酸素拡散係数}} \times 100$$



	拡散係数 ($\times 10^{-12} \text{ cm}^2/\text{s}$)
原状試験体 (BL)	平均 4.22
E P 塗布試験体	平均 1.56
酸素拡散係数比	37.0%

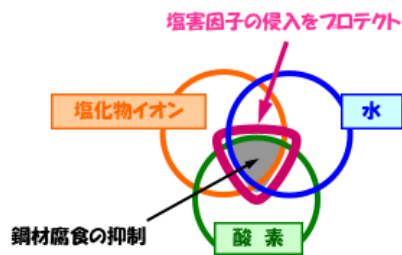
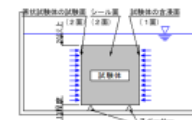


7

◇ 塩害の改質効果

塩化物イオン浸透に対する抵抗性試験結果

図のように試験体の試験面が側面になるようにして、温度 $23 \pm 2^\circ\text{C}$ 、濃度 $(3 \pm 0.3)\%$ の塩化ナトリウム水溶液中に 63 日間浸せき



	塩化物イオン浸透深さ (mm)
原状試験体 (BL)	平均 12.8
E P 1 塗布試験体	平均 9.5
塩化物イオン浸透深さ比	74.2%

(塗布後養生91日間)	塩化物イオン浸透深さ (mm)
原状試験体 (BL)	平均 9.8
E P 2 塗布試験体	平均 6.2
塩化物イオン浸透深さ比	63.2%



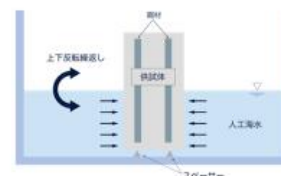
* 塗布後の養生 (反応) 期間を十分に確保出来れば、改質効果は増加する

8

鋼材腐食の試験結果 [自社研究]

〔供試体〕 コンクリート
水セメント比: 70%
練混ぜ水: NaCl換算で3.27% (人工海水)
を水3倍に希釈したもの

〔試験方法〕 供試体を、1年間露置実施
(人工海水に浸せき 乾涸繰返し)



記号	番号	発錆面積 2本合計 mm ²	発錆面積率 %
A 塗布 有り	1	1223	15.0
	2	1900	23.3
	3	2072	25.4
	平均	—	21.2
B 塗布 無し	1	2454	30.0
	2	5591	68.5
	3	5170	63.3
	平均	—	65.9

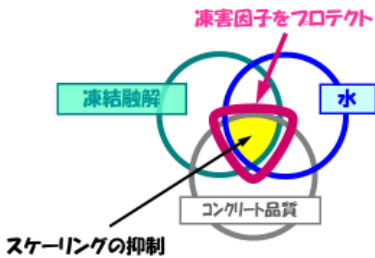


鋼材の腐食 (発錆) を 1/3 程度に抑制

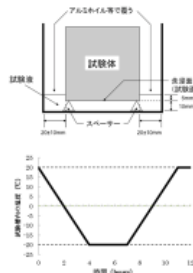
9

◇ 凍害の改質効果

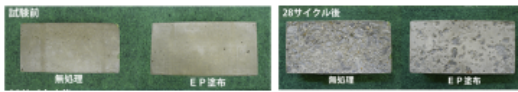
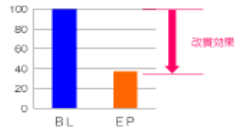
スケーリングに対する抵抗性試験結果



凍結融解サイクル
20℃から-20℃までの凍結工程を4時間（凍結速度：10℃/時間）、-20℃の温度保持を3時間、
-20℃から20℃までの融解工程を4時間（融解速度：10℃/時間）、20℃の温度保持を1時間、
計12時間を1サイクルとする。このサイクルを60サイクルまで繰り返す



	累計スケーリング量(g/m²)
原状試験体 (BL)	平均 341.5
E.P. 塗布試験体	平均 128.6
質量損失比	37.7%

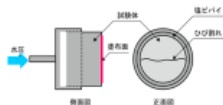


10

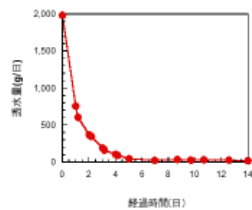
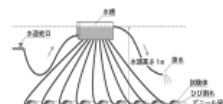
◇ ひび割れの改質効果

ひび割れ透水性試験結果

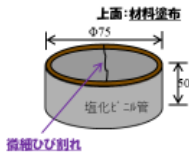
ひび割れ幅 0.2mm以下の試験体を用いる
含浸材を塗布した面の 反対側 が加圧面となるように設置し
試験体の水と接する面に、1mとなる水頭圧を14日間作用



	透水量 (g/day)
原状試験体	平均 1982.9
E.P. 塗布試験体	平均 19.0
ひび割れ透水比	0.96%

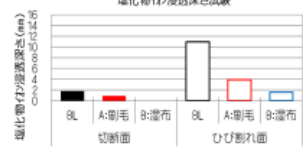
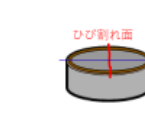
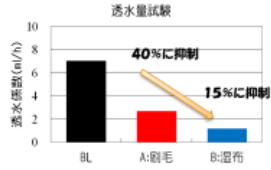


ひび割れ効果確認試験結果（自社）



土木学会第68回年次学術講演会
(平成25年9月) 論文発表
「けい酸塩系表面含浸材を塗布して微細ひび割れへ
塗布した場合の補修効果」

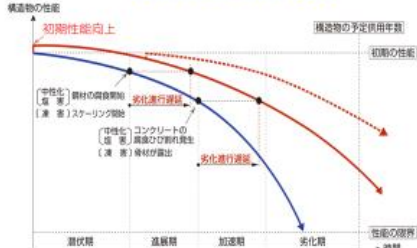
塗布方法	塗布量(kg/m²)
刷毛	0.24
塗布	0.63



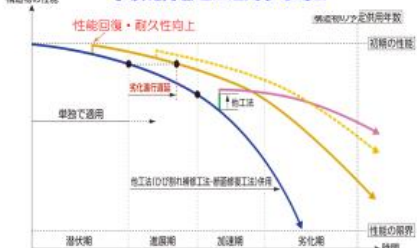
11

■ エバプロテクトの適用

予防維持管理に適用する場合

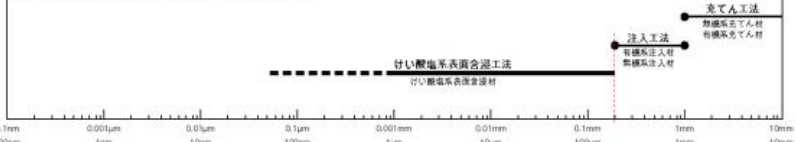


事後維持管理に適用する場合



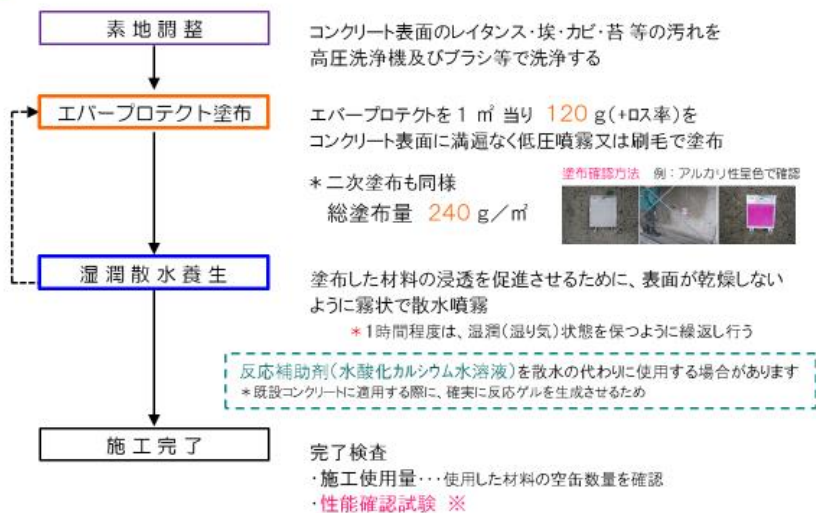
ひび割れ対策に適用する場合（ひび割れ巾 0.2 mm程度以下）

空隙充填材料（ひび割れ補修材料）の適用範囲



CL137 解説 図4.7.1 コンクリート構造物に発生したひび割れの幅およびけい酸塩系表面含浸工法のひび割れ幅に対する適用範囲

■ エバプロテクトの施工手順



12

簡易型 表面吸水量試験機 POROSiT

コンクリートの表層品質を確認することは、構造物の耐久性能を考慮する上で重要なことです。

POROSiTは、コンクリート表層部を評価する手法の一つである吸水量を非破壊で、かつ非常に簡単に測定できます。

■ 用途

新設ならびに既設のコンクリート表層品質の確認

2017年制定 Jソクリット標準示方書[施工編：検査標準]8章 Jソクリット構造物の検査 抜粋 p218
二酸化炭素や塩化物イオン等の物質の透過に対する抵抗性を評価する非破壊試験方法としては、コンクリートの表層透気試験や表面吸水試験等がある。

表面含浸材(けい酸塩系・シラン系)の性能効果の確認

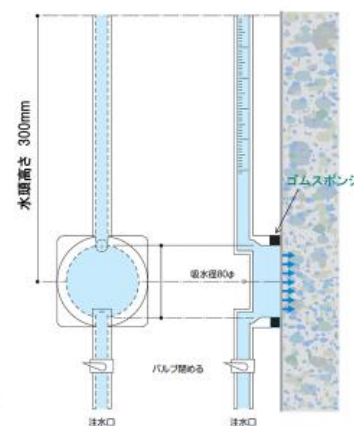
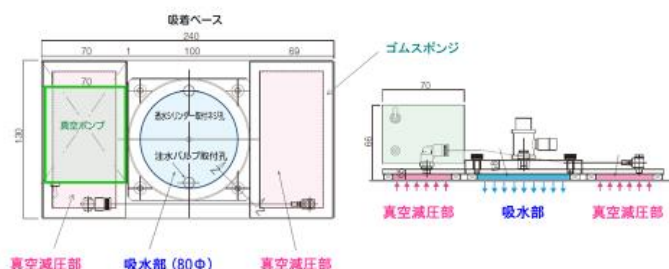
CL137 けい酸塩系表面含浸工法の設計施工指針(案) 6章 検査
6.5.2 けい酸塩系表面含浸工法を適用したコンクリートの性能確認試験【解説】抜粋
現場において実施する透水量試験は、表層部の水密性を確認するための試験法として既往の試験データも豊富にあり、また、解説表6.5.1に示す性能確認試験方法の中で最も信頼性の高い方法であるため有効に活用できる。



13

■ 特徴

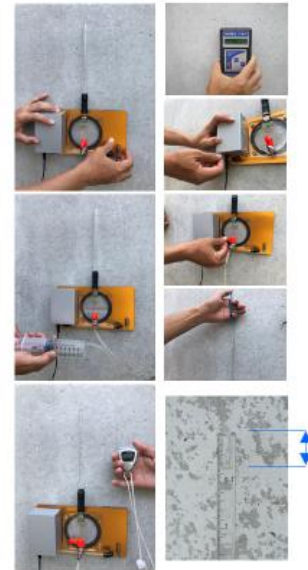
- 全く測定の形跡がつかない **完全非破壊試験**
- 同一箇所、繰り返し測定が可能
- 装備がコンパクトなので持ち運びが簡単 (ポータブル電源でOK)
- 測定箇所を決めてから測定開始までがスピーディー
- 測定時間が、短時間 (1箇所あたり10分～30分)



14

■ POROS i Tの測定手順

- ① 吸着ベースを測定箇所にセットして、真空ポンプを作動し、吸引してコンクリート面に密着させます
- ② 吸水カップの下部よりチューブ及び注射器を用いて注水します
- ③ シリンダーの最上部(水頭300mm)まで注水したら、注水バルブを止めます
* 注水開始から10秒目安
- ④ 注水完了後、目視にて吸水による水の減少量を高さ変化として計測します
1分ごとに10分まで計11回 水面高さを測定します
* 15秒・30秒・45秒も測定推奨
- ⑤ 測定した数値を測定値入力シートに入力します
- ⑥ 自動計測されて、測定結果がでます



15

◇ 単位面積あたりの吸水量の時間変化量を表面吸水速度と定義し、表層品質を評価できる

参考文献 土木学会

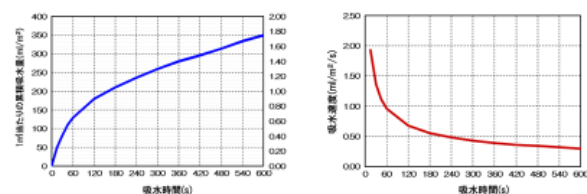
構造物表層のコンクリート品質と耐久性能検証システム研究小委員会
(335委員会) 第二期成果報告書およびシンポジウム講演概要集

$$P = a t^{-n}$$

P: 表面吸水速度 (ml/m²/s)
a, n: 定数
t: 時間 (s)

Initial Surface Absorption Test における表面吸水速度のクラス分け					
コンクリートの 吸水の評価	試験開始からの時間				
	10分	30分	60分	120分	
	高い	>0.50	>0.35	>0.20	>0.15
	平均的	0.25-0.50	0.17-0.35	0.10-0.20	0.07-0.15
	低い	<0.25	<0.17	<0.10	<0.07
(単位: ml/m ² /s)					

測定時間	実測累積吸水量	1m ² 当たりの累積吸水量	吸水速度
秒	ml	ml/m ²	ml/m ² /sec
0	0.00	0	
15	0.25	50	1.93
30	0.40	80	1.36
45	0.55	109	1.11
60	0.65	129	0.96
120	0.90	179	0.68
180	1.05	209	0.55
240	1.18	235	0.48
300	1.30	259	0.43
360	1.40	279	0.39
420	1.48	294	0.36
480	1.57	312	0.34
540	1.67	332	0.32
600	1.75	348	0.30



試験結果	
実測累積吸水量 (ml)	1.75
1 m ² 当たりの累積吸水量 (ml/m ²)	348
10分時点での表面吸水速度 P_{10} (ml/m ² /s)	0.30
評価指標 ^a (ml/m ² /s)	0.25以下 : 良 0.25~0.50 : 一般 0.50以上 : 劣

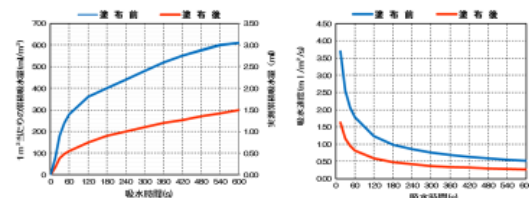
16

◇ 含浸材塗布前 と 含浸材塗布後の透水量を比較することで性能効果を確認できる

含浸材塗布前の累計透水量 > 含浸材塗布後の累計透水量

* 減少している

塗布前				塗布後			
測定時間	実測累積吸水量	1m ² 当たりの累積吸水量	吸水速度	測定時間	実測累積吸水量	1m ² 当たりの累積吸水量	吸水速度
秒	ml	ml/m ²	ml/m ² /sec	秒	ml	ml/m ²	ml/m ² /sec
0	0.00	0		0	0.00	0	
15	0.40	80	3.70	15	0.18	36	1.63
30	0.90	179	2.56	30	0.38	76	1.16
45	1.20	239	2.07	45	0.48	95	0.95
60	1.40	279	1.78	60	0.55	109	0.82
120	1.80	358	1.23	120	0.75	149	0.59
180	2.00	398	0.99	180	0.90	179	0.48
240	2.20	438	0.85	240	1.00	199	0.42
300	2.40	477	0.76	300	1.10	219	0.37
360	2.60	517	0.69	360	1.20	239	0.34
420	2.75	547	0.63	420	1.26	251	0.32
480	2.88	573	0.59	480	1.35	269	0.30
540	3.00	597	0.55	540	1.42	283	0.28
600	3.05	607	0.52	600	1.50	298	0.27



試験結果		塗布前	塗布後
実測累積吸水量 (ml)		3.05	1.50
1 m ² 当たりの累積吸水量 (ml/m ²)		607	298
吸水性に対する抵抗性(吸水抑制率: %)			49.2
10分時点での表面吸水速度 P_{10} (ml/m ² /s)		0.52	0.27
評価指標 ^a (ml/m ² /s)		0.25以下 : 良 0.25~0.50 : 一般 0.50以上 : 劣	劣

17

光学的全視野ひずみ計測によるスリット応力解放法

株式会社計測リサーチコンサルタント 大町 正和

(要旨) 光学的全視野ひずみ計測によるスリット応力解放法は応力が作用しているコンクリートに作用応力方向に対して直角にスリットを切削し、切削前後の画像をラインセンサスキャナで取得することで、取得画像からデジタル画像相関法により解放ひずみ分布を求める手法である。画像から得られた解放ひずみ分布と FEM 解析で得られるひずみ分布とをフィッティングすることでコンクリートの現有応力を推定することができる。

ひずみゲージを用いた従来手法に対して、ひずみの多点計測が可能、スリット近傍の微小領域まで高精度なひずみ分布計測ができるなどの特徴がある。



◆ 応力解放法とは

応力解放法とは、鉱山業界で岩盤等に作用する応力を測定する方法として開発された技術であり、実績も多数ある。この手法は金属やプラスチックの分野にも用いられている。

測定対象物にスリット切削やオーバーコアリングなどを行い部分的に応力を解放し、解放されたひずみや変位を測定することで応力解放前の作用応力を算出する方法である。

◆ 従来の応力解放法(その1) コア解放法

■ コア応力解放法

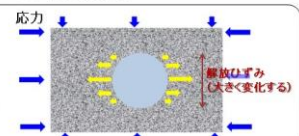
コア削孔する前後のコア周辺部の解放ひずみをひずみゲージで計測し、計測した解放ひずみより現有応力を推定する方法



◆ 従来の応力解放法(その1) コア解放法

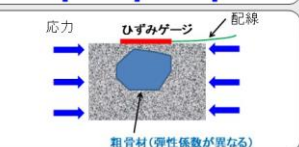
■ 問題点①

応力が卓越する方向がある場合、コア切削では円周方向の解放ひずみの変化率が大きく解放ひずみの評価が難しい。



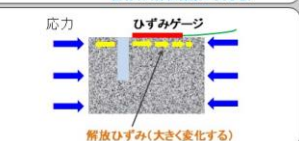
■ 問題点②

セメントと骨材は弾性係数が異なるため表面付近の粗骨材が存在すると計測されたひずみ値に誤差を多く含む。



■ 問題点③

ひずみゲージの計測値は1点1方向の平均ひずみであるため切削溝周辺部の変化する解放ひずみを正確に計測することができない。



キーワード：検査技術・診断、プレストレストコンクリート、現有作用応力

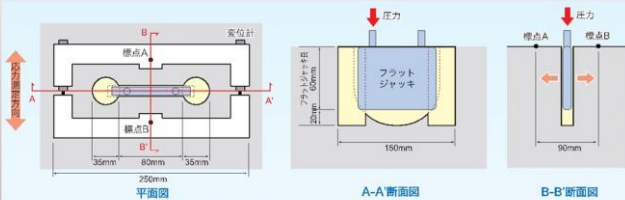
連絡先：広島県広島市東区福田 1 丁目 665-1 TEL：082-899-5472 FAX：082-899-2799

KEISOKU RESEARCH CONSULTANT CO.

◆従来の応力解放法(その2) スロットストレス法

■スロットストレス法

専用のチェーンソーによりコンクリート表面に細長い溝(slot)を設け、その際に応力が解放されたときのコンクリート表面変位を測定する。その後、フラットジャッキでslot内に荷重を加え、応力解放前の状態に押し戻す力と表面変位の関係から応力解放時に生じた変位に相当する作用応力を算出する方法である。



A-A断面図

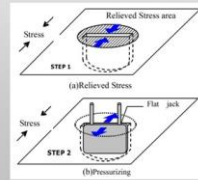
B-B断面図

KEISOKU RESEARCH CONSULTANT CO.

◆従来の応力解放法(その2) スロットストレス法

問題点

- ・機材が大がかりとなる
- ・切削深さが深く、躯体に与える影響が大きい



KEISOKU RESEARCH CONSULTANT CO.

◆スリット応力解放法

作用応力の直角方向にスリットを切削することによりコンクリートの応力を解放し、応力解放前後のスリット近傍の解放ひずみを全視野ひずみ計測装置で計測する。

解放ひずみを測定後、FEM解析を行うことにより現有作用応力を推定する手法である。

特徴

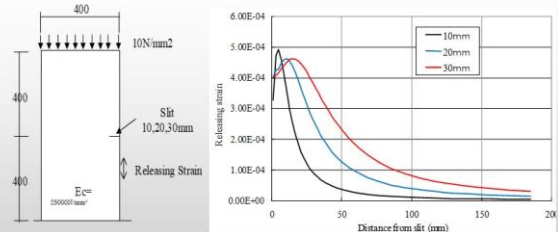
- ・任意の点でひずみの多点計測が可能
- ・スリット近傍の微小領域まで高精度なひずみ分布計測ができる
- ・躯体への影響が少ない
- ・配線の問題がない



NETIS登録: スリット応力解放法CG-160009-A
第18回国土技術開発賞 創意開発技術賞 受賞

KEISOKU RESEARCH CONSULTANT CO.

◆スリット応力解放法(基本的な考え方)



◆スリット応力解放法とは?

スリットを切削する前後のスリット近傍の解放ひずみを全視野ひずみ計測装置で計測し、計測した画像からデジタル画像相関法により解放ひずみ分布を求める方法

KEISOKU RESEARCH CONSULTANT CO.

◆スリット応力解放法

主な使用機器

- ・ラインセンサー
- ・スリット切削用コンクリートカッター
- ・計測用PC

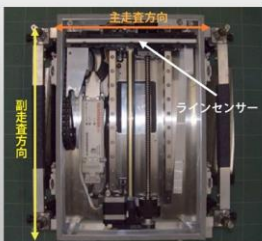


図: ラインセンサスキャナ

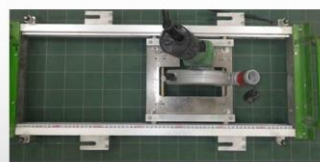


図: コンクリートカッター

表: スキャナ仕様

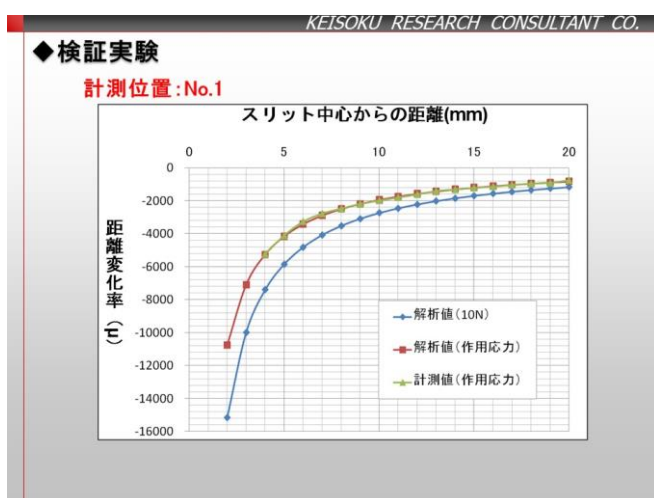
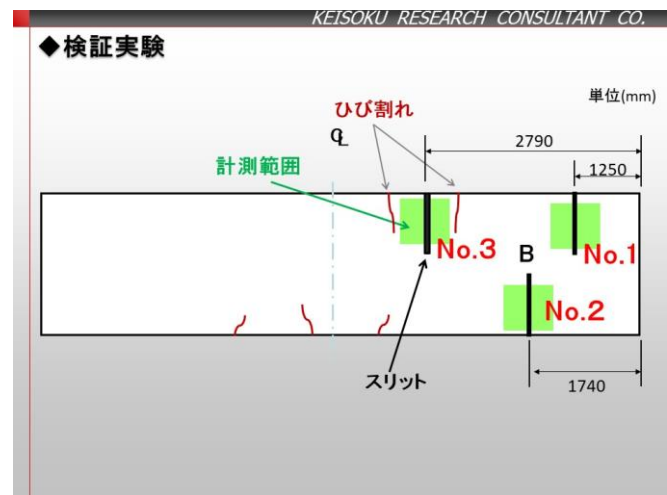
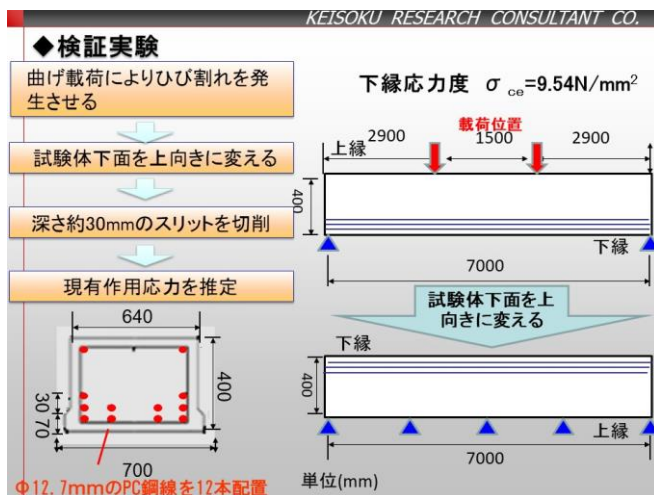
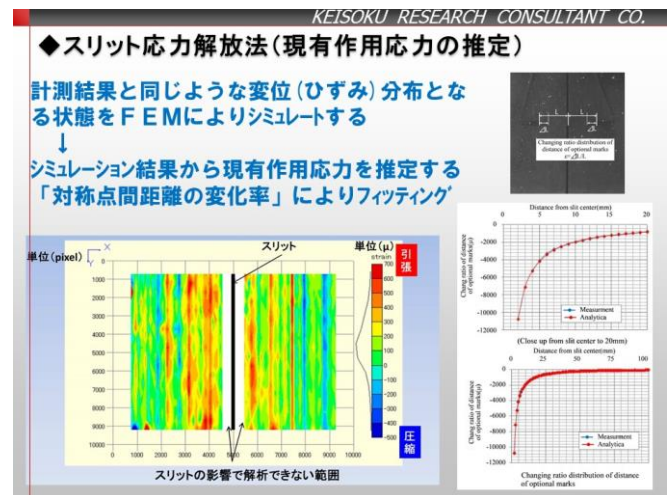
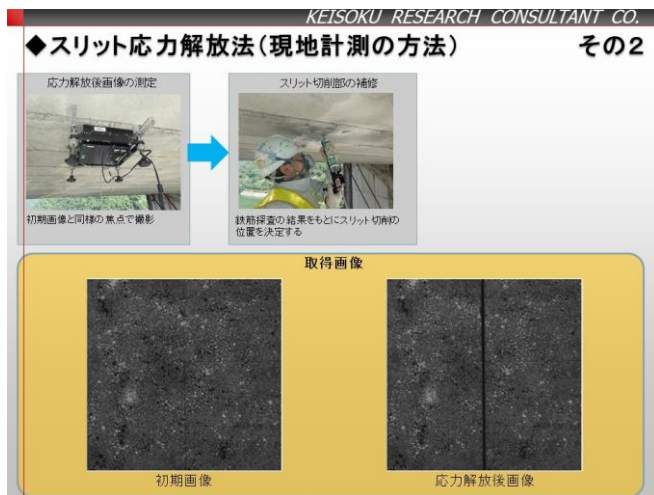
外形寸法	W400 × B400 × H130mm
重量	約6kg
撮影範囲	200 × 200mm
最大解像度	1200dpi

KEISOKU RESEARCH CONSULTANT CO.

◆スリット応力解放法(現地計測の方法)

その1





◆適用条件および適用実績

- ・降雨などで測定面が濡れている状況では測定できない。
- ・曲率半径3m以下の曲面では測定できない。
- ・狭窄部や段差の大きい箇所ではセンサーが設置できない。
- ・ひび割れが多数存在する状態では応力が解放された状態となり、精度の良い測定ができない可能性がある。

スリット応力解放法 適用実績一覧表 (件数)

発注機関	H26年度 以前	H27年度	H28年度	H29年度	合計
国	4	2	2	1	9
都道府県	8	1	2	3	14
市区町村	3	2	0	0	5
民間企業	5	1	1	7	14
合計	20	6	5	11	42

ご清聴ありがとうございました。



KEISOKU
RESEARCH
CONSULTANT CO.

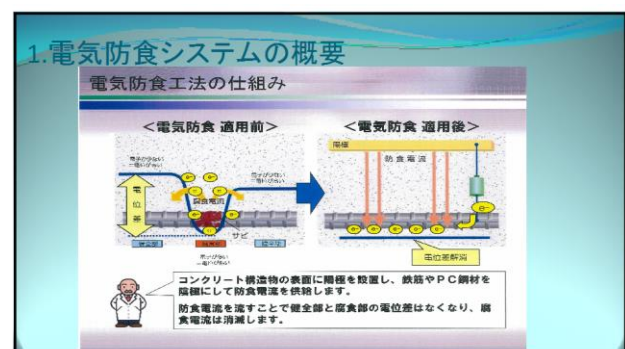
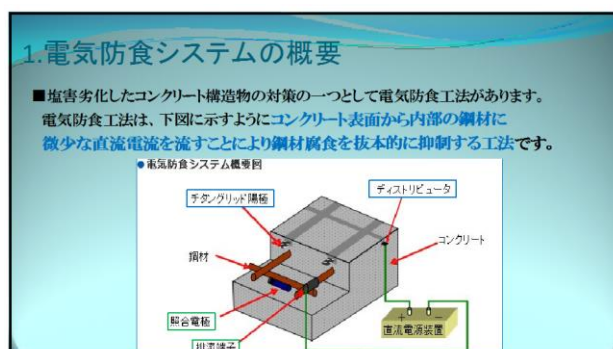
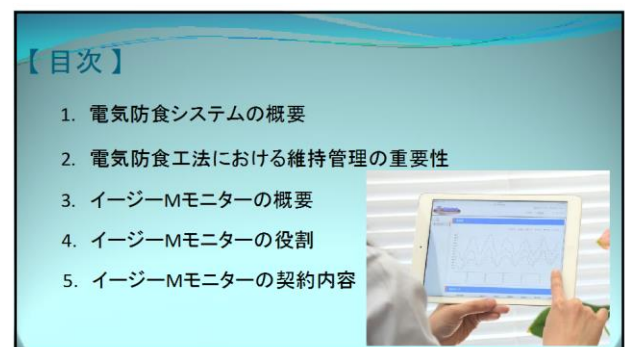
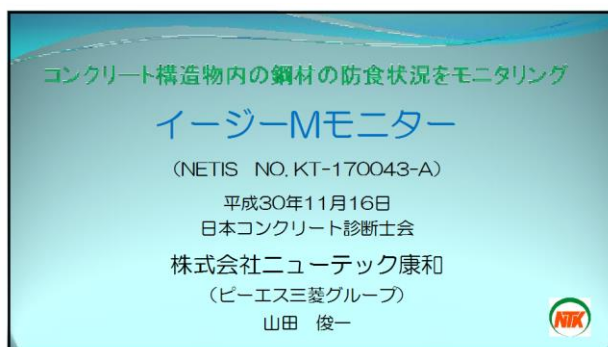
コンクリート構造物内の鋼材の防食状況をモニタリング「イージーM モニター」

東京 株式会社ニューテック康和 山田 俊一

(要旨)

コンクリート構造物の長寿命化に向けて、電気防食工法が本格的に採用されています。電気防食工法の施工後は、電源装置の作動確認や防食管理基準である復極量の測定などの維持管理が必須となることから合理的な維持管理システムの開発が望まれていました。

モバイルモニター「イージーM モニター」は、計測と通信を自動化した直流電源装置と組み合わせることで、いつでもどこでも手軽に維持管理ができるようにした電気防食用モバイル型遠隔監視システムです。本システムの活用により、電気防食工法の信頼性向上とコンクリート構造物の長寿命化が可能になります。



キーワード：電気防食工法，維持管理，計測，モニタリング，モバイル

連絡先：〒114-0013東京都北区東田端2-1-3天宮ビル5F TEL：03-5692-4825 FAX：03-3893-0929

1.電気防食システムの概要

電気防食工法を適用

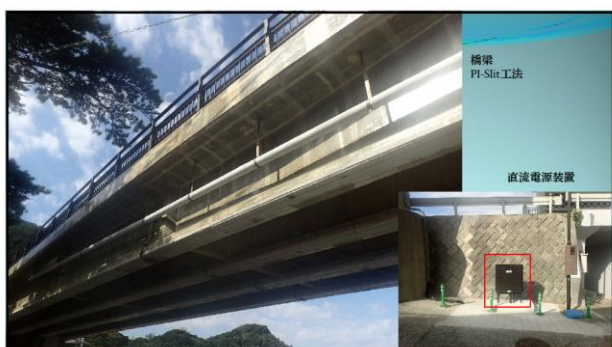
線状陽極方式
PI-Slit工法



1.電気防食システムの概要

電気防食工法を適用

直流電源装置
装置内:直流電源ユニット
自動計測ユニット
遠隔監視ユニット



2.電気防食工法における維持管理の重要性

■電気防食工法は直流電流を通電続けることで防食効果が発揮できる工法であるために、施工後の維持管理が最も重要です。しかしながら、不適切な維持管理が原因で塩害劣化した構造物の再劣化事例が報告され、改めて電気防食工法の維持管理の改善が求められています。

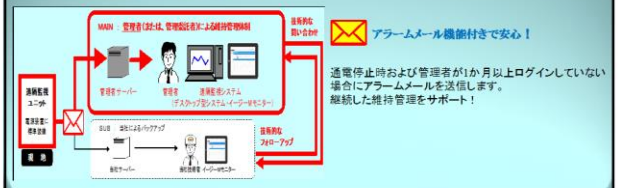
3. イージーMモニターの概要

- 外部電源装置を用いた電気防食工法の維持管理を、計測、通信を自動化し、タブレットを使用し、いつでもどこでも手軽に維持管理を可能にした**電気防食用モバイル型遠隔監視システム**です。
- 施工後の維持管理が必要不可欠になり、イージーMモニターは維持管理をするに当たり、最適なツールです。



3. イージーMモニターの概要

- 特徴は、
- 1. 通電停止などの不具合をアラームで担当者に知らせ、迅速な対応が可能です。



3. イージーMモニターの概要

- 特徴は、
- 2. 復極量試験を1回/月で実施し、防食効果を把握できます(電流、電圧、ON電位、インスタントOFF電位は毎日測定)。
- 3. 防食効果を色別で一目で把握できます(青、黄、赤)。



3. イージーMモニターの概要

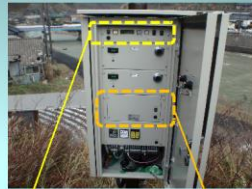
- 特徴は、
- 4. 維持管理費用が低減されます。
- 5. 計測ユニットにて計測されたデータを、ピーエス三菱のクラウドを使用し、イージーMモニターで閲覧できます。



3. イージーMモニターの概要

- このイージーMモニターを使用するためには、タブレットの他に下記の機器が必要です。

- 直流電源装置内に
- 1. 自動計測ユニット (各測定を行なう)
- 2. 遠隔監視ユニット (測定データの送信)



4. イージーMモニターの役割

- 従来の維持管理方法では、現地で管理者(または技術者)がデジタルマルチメータやクランプメータ等の計測器を用いて、通電を一時的に遮断して計測します。
- 問題点としては、ヒューマンエラーが生じる可能性が高い、一回の測定に2日間の時間を有する、人件費等の維持管理コストが高いことです。



4. イージーMモニターの役割

- 通信することで現地点検回数減らし、従来の維持管理方法と比較して維持管理性能を向上させつつコスト縮減させることが出来ます。
- イージーMモニターには自動計測ユニット、遠隔監視ユニット等の機器費、通信費等の新たな費用が必要ですが、従来の維持管理費用と比較すると10年で同費用となり15年では15%以上もコストを縮減します。

5. イージーMモニターの契約内容

- イージーMモニター サービス利用料

遠隔監視装置を装備した

直流電源装置1基につき、5千円/月(税別)
年間使用料: 60千円/年

5. イージーMモニターの契約内容

- イージーMモニター契約に際し、原則、使用するタブレットは管理者様所有のタブレットにイージーMモニターのアプリケーションをインストールします。

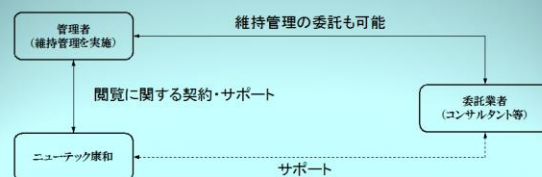
端末推奨機種: iPad[Wi-Fi+Cellular モデル32GB(9.7inch)]

- 遠隔監視装置からのNTT回線使用料及びタブレット端末のインターネット接続料が別途必要になります。
- タブレット端末のリースを検討、調整中です。

5. イージーMモニターの契約内容

- イージーMモニターを用いた電気防食維持管理サービスについて

○ サービス内容



以上で、

「コンクリート構造物内の鋼材の防食状況をモニタリング
イージーMモニター」について発表を終わります。

ご清聴ありがとうございました

お問合せ: (株)ニューテック康和 技術部 山田

営業部 井口・内田

TEL: 03-5692-4825

コンクリートの長寿命化を実現する「プロコンシート」

法人 アイエスティ（株） 近森 精志

日本コンクリート診断士会
第2回保有技術発表会

コンクリートの長寿命化を実現する 「プロコンシート®」



アイエスティ株式会社

プロコンシート®とは

- × プロコンシート®はポリプロピレン製等の不織布※を熱加工して水と空気だけを透す特殊な積層シートです。

※デュポン™製

- × コンクリートの型枠に貼るだけで、打設時の水和反応を素早く適切に促し、**コンクリート本来の強度を引き出せる**土木・建築現場の革命ツールです。

特許第5745681号



プロコンシート®の特長

- × タイルの接着耐久性を高める**タイル張り下地用**と打放しコンクリートに使用する**土木・建築一般用**の2種類があります。
- × コンクリートの**余剰水を脱水し長寿命化**を実現。中性化抑止、吸水率低下、耐塩害性、耐凍害性、バクテリアの繁殖抑制、酸性雨劣化抑止
- × コンクリートの表面から**気泡・アバタを軽減**。
- × コンクリート**表面硬度が増強**。

プロコンシート®

土木・建築一般用

気泡跡がほとんどない打ち放しコンクリート用

プロコンシート®（土木・建築一般用）



キーワード：型枠貼付け透水シート，中性化抑止

連絡先：東京都中央区銀座8-10-3銀座三鈴ビル8F TEL：03-3569-3339 FAX：03-3569-3313

プロコンシート®一般用下地用の施工方法

プロコンシート 一般用 打設状況

PC工場にて

① 打設前



1面のみ使用(のり付)

② 打設中



プロコンシート®一般用下地用の施工方法

プロコンシート 一般用 余剰水 比較写真

PC工場にて

プロコンシート未使用



余剰水
流れ出ていない



約 20時間後...

余剰水
ほとんど無し

プロコンシート使用



余剰水 有り



約 20時間後...

各所 余剰水
確認

プロコンシート®一般用下地用の施工方法

プロコンシート 一般用 使用比較写真

PC工場にて

未使用仕上面



使用仕上面



プロコンシート®（土木・建築一般用）

【コンクリートの表面対比】



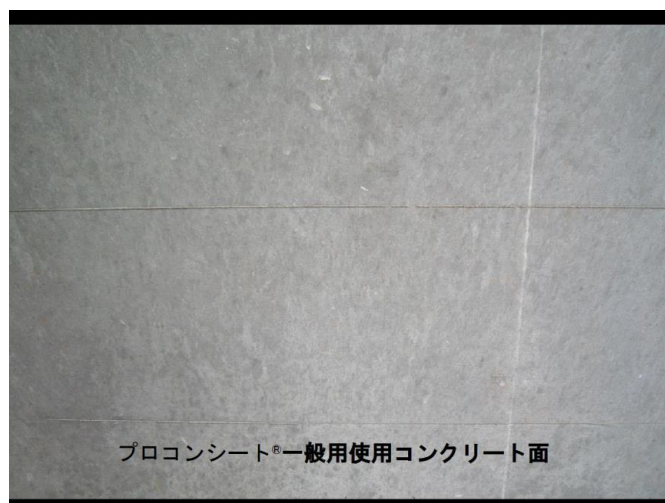
【プロコンシート（一般用）を使用したコンクリート】
給水率 1.4%（7日間浸せき）



【プロコンシート未使用のコンクリート】
給水率 3.1%（7日間浸せき）

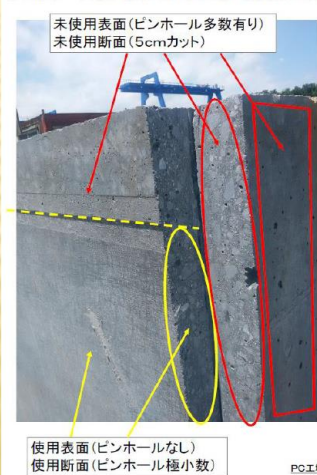


塗装合板型枠コンクリート面

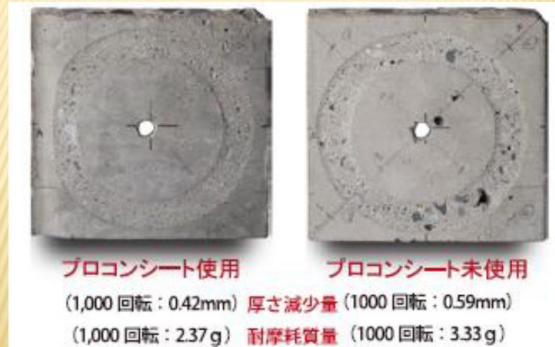


プロコンシート®一般用使用コンクリート面

プロコンシート使用 従来型枠工法 表面・断面比較写真



コンクリートの摩耗試験



試験荷重 9.8N (製品性能試験/一般財団法人 建材試験センター)

コンクリートの中性化抑止性能

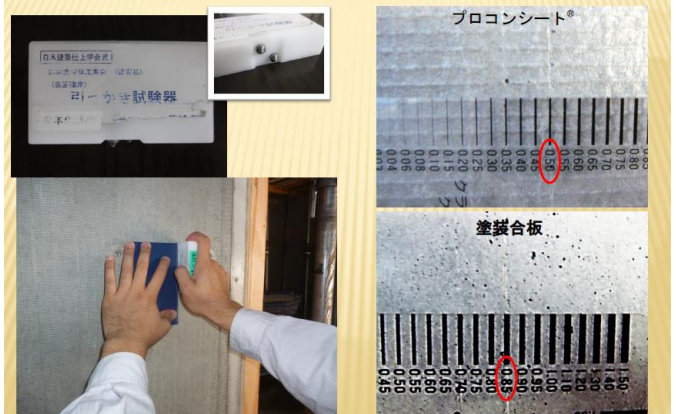
試験項目	水準	シートなし	プロコンシート
促進中性化 水中4週 気中4週	中性化深さ: 1週 (mm)	4.0	0.4
	中性化深さ: 4週 (mm)	8.5	2.1
	中性化深さ: 8週 (mm)	12.1	4.5
	中性化深さ: 13週 (mm)	14.6	6.8
	中性化速度係数: 1週 (mm/√週)	4.0	0.4
	中性化速度係数: 4週 (mm/√週)	4.3	1.1
	中性化速度係数: 8週 (mm/√週)	4.3	1.6
	中性化速度係数: 13週 (mm/√週)	4.0	1.9

20℃65%RH. 炭酸ガス濃度5%の促進中性化試験

13週の中性化深さから、自然環境の炭酸ガス濃度で換算し、
50年後の中性化深さは以下の通りとなります。

シートなし 20.7mm
プロコンシート 9.6mm

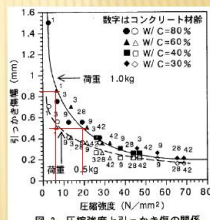
コンクリート表層引掻き硬度試験



コンクリート表層引掻き硬度試験

コンクリート材齢5日

プロコンシート®	1kgf: 0.5mm (19N/mm ²)
プロコンシート®	0.5kgf: 0.3mm (26N/mm ²)
塗装合板	1kgf: 0.85mm (7N/mm ²)
塗装合板	0.5kgf: 0.45mm (12N/mm ²)



図の出典: 湯浅ら、「引っかかり傷によるコンクリートの表面強度測定方法」、日本建築学会大会 (1999.9月)

現場におけるモルタル接着強度

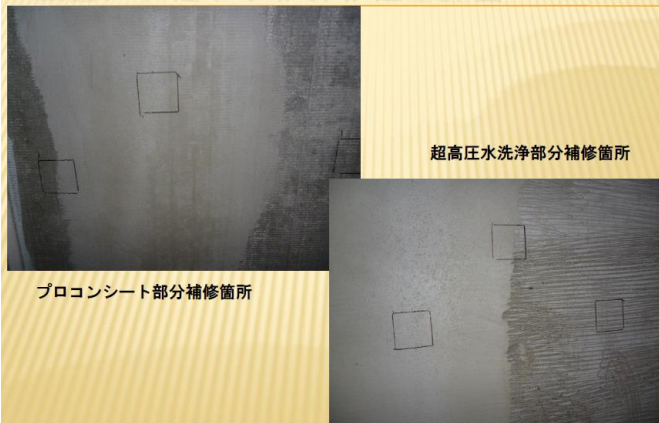
コンクリートの部分補修をした場合

→ モルタルの塗厚が薄くなり **ドライアウト** の懸念

- ・ プロコンシート
 - ・ 塗装合板 + 超高圧水洗浄
- 部分補修して
引張接着強度試験

- ① モルタル 3～5mm厚部分
- ② モルタルとコンクリートの境界部分
- ③ コンクリート部分

現場におけるモルタル接着強度



現場におけるモルタル接着強度

No.	下地	補修	測定値 (kN)	引張強度 (N/mm ²)	平均値 (N/mm ²)
1	① ② ③ ④ ⑤	有り	2681	1.32	2.60
			5039	2.49	
			6718	3.32	
			6572	3.25	
			5327	2.63	
2	⑥ ⑦ ⑧ ⑨ ⑩	境界	3866	1.91	2.50
			5140	2.54	
			5337	2.64	
			5551	2.74	
			5420	2.68	
3	⑪ ⑫ ⑬ ⑭ ⑮	無し	4400	2.17	3.16
			7743	3.82	
			7092	3.50	
			6384	3.15	
4	⑯	超高压	733	0.36	0.45
5	⑰	有	1101	0.54	
6	⑱ ⑲	境界	1399	0.69	1.01
			2679	1.32	
6	⑳ ㉑	無し	6035	2.98	2.60
			4493	2.22	

補修有りの場合
 プロコン : 2.60 N/mm²
 超高压 : 0.45 N/mm²

境界部分の場合
 プロコン : 2.50 N/mm²
 超高压 : 1.01 N/mm²

補修無しの場合
 プロコン : 3.16 N/mm²
 超高压 : 2.60 N/mm²

プロコンシートの使用はモルタルの接着安定性に有用

ひずみ試験

◆試験体の種類

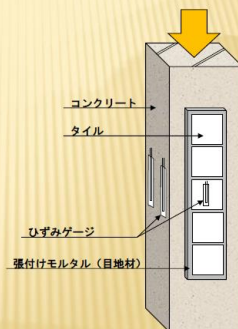
① プロコンシート使用

② 超高压水洗浄使用

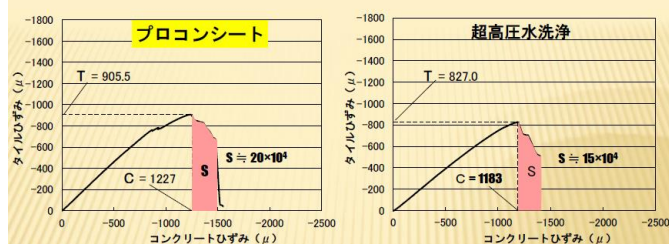
※どちらも、吸水調整材^{*1}使用。
 樹脂混入なし張付けモルタル^{*2}にて直張り。
 45mm×45mm、あり足状セラミックタイル使用。

◆試験方法

タイル表面（2面）とコンクリート面（4箇所）にひずみゲージを設置し、上端部より荷重をかけた場合のひずみを測る。



*1 : NSハイフレックスHF-1000 5倍希釈液
 *2 : NSタイルセメントT-2



◆コンクリートひずみ-タイルひずみ曲線

C : タイルが剥離し始めた時のコンクリートのひずみ（破壊ポイント）

T : 剥離し始めた時のタイルひずみ

S : 破壊ポイントを超えてから完全にタイルが剥離するまでの伸び度

- Tの値が大きいくほど、より大きなひずみが伝わってもタイルが剥離せずに耐久していることが示されます。
- Sの値が大きいくほど、破壊ポイントを超えてからタイル剥離までの耐久性があることが示されます。

プロコンシート®価格比較

プロコンシート工法（タイル下地用）			
	単位	合板型枠工法	プロコンシート工法 タイル下地
コンクリート下地超高压水洗浄 養生費・水道費・ダケ廻り・ 養生費（約費）/（20元等処理）共 プロコンシート のり付 w600mm 材料代（4回転用）（5,500円） 補助シート w500mm （超高压水洗浄後）立管コンクリート補修 （ダケ廻り共）サンダー掛け、清掃、 接着剤塗布、ピンホール、アバタ、 クランク等補修	円/㎡	1,100	0
材料代（セメント・砂・接着剤共）		0	1,375
合板型枠清掃工費		800	200
プロコンシート貼り付け及び補修共		250	100
材料費・人件費合計		120	30
工費（超高压水洗浄 （立管ピンホール等補修・ サンダー掛け・下地乾燥期間） 1サイクル、200mlとして	日	0	250
		2,270	1,955
			▲315円

1㎡価格 5,500円

プロコンシート（タイル下地用）（W600mm） 5,500円

転用回数4回

補助シート共 のり付（W500mm）

プロコンテープ のり付（w45mm） 90円/1㎡（穴、キズ等補修用）

2018年4月25日
 （参考）日本タイル
 （同業）発表会

主な施工実績

◆ タイル下地用

- 成城マンション
- 大橋マンション
- 蒲田マンション
- 日本橋T百貨店
- 東日暮里マンション
- 両国マンション
- 藤沢ビジネスホテル
- 下丸子マンション
- 東矢口マンション
- 川崎矢向マンション
- 西新井マンション
- 目黒マンション
- 南青山マンション
- O組マンション

他

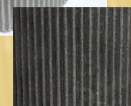
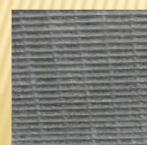
◆ 一般用

- M不動産日野マンション
- O建設PC工場
- 茨城県PC工場
- U市焼却場
- K高等学校
- M建設
- A建設

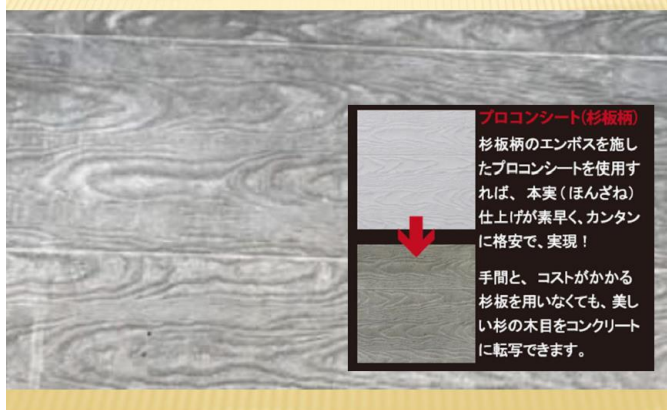
他



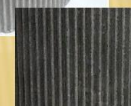
さまざまなバリエーション



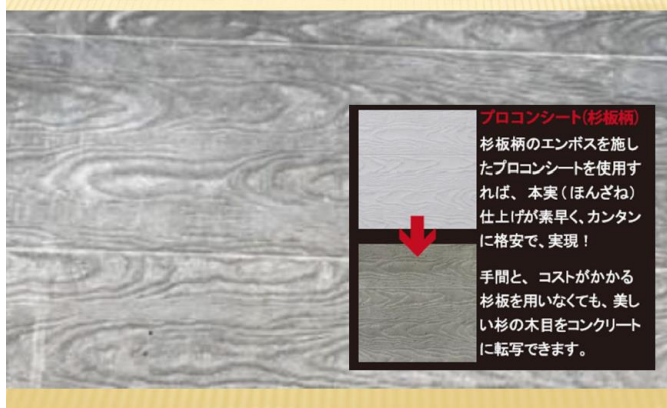
さまざまなバリエーション



さまざまなバリエーション



さまざまなバリエーション



タイトル：施工会社とコンクリート診断士

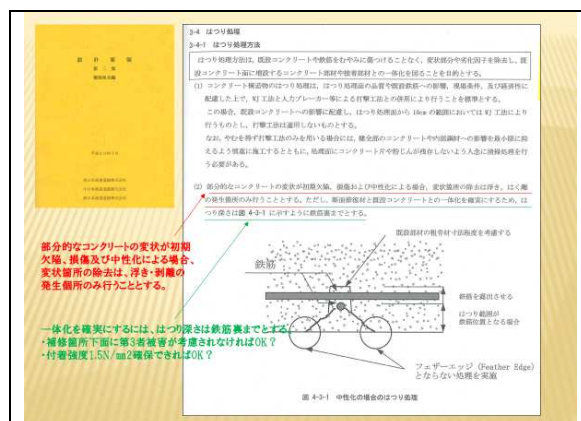
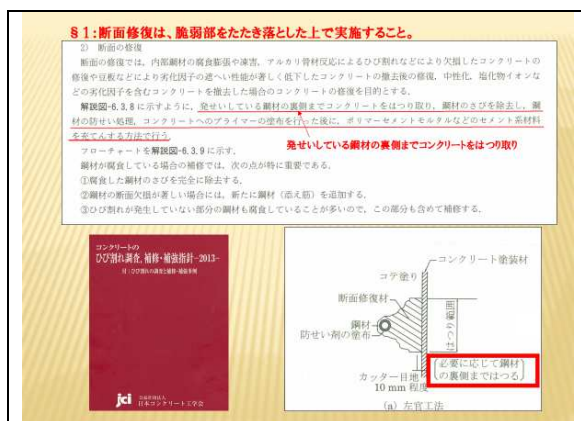
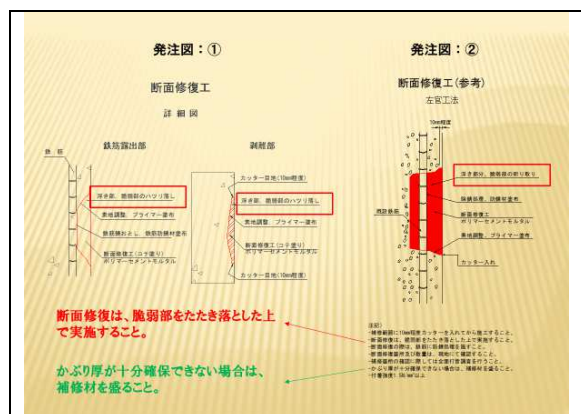
福井 日光産業(株) 増永 知明

(要旨) 施工会社とコンクリート診断士から見た現場施工の現状と疑問

コンクリート構造物補修工事に携わる施工会社と、劣化診断・維持管理の提案を行うコンクリート診断士の、両視点から見た現場施工の現状と疑問について。

- ① 断面修復工における研り処理方法について、関連図書・発注図書・現場施工における施工事例による疑問点と対応について。
- ② 塩害対策補修橋梁における、健全度評価についての疑問点

以上 2 項目について、現場施工と関連図書との考え方の整合性・相違・疑問点について、施工会社・コンクリート診断士として発表を行う。



キーワード：維持管理，施工

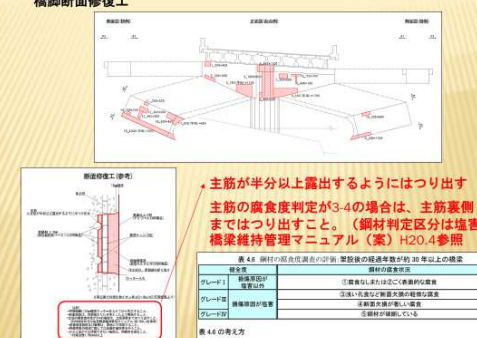
連絡先：福井県福井市清水杉谷町 TEL：0776-98-5505 FAX：0776-98-4777

現場事例：塩害対策橋梁



1) 現橋概要
小丹生橋 昭和50年(1975年)に架橋 42年経過
橋長45.0mの(PC)単純プレテンションT桁橋×3連の道路橋
平成22～23年には上部工の塩害対策として電気防食を施工

橋脚断面修復工

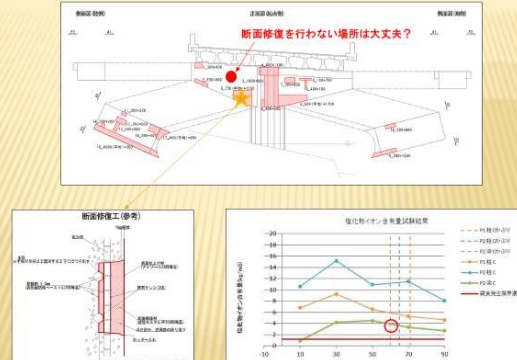


主筋が半分以上露出するようにはり出す
主筋の腐食度判定が3.4の場合は、主筋裏側まではり出すこと。(鋼材判定区分は塩害橋梁維持管理マニュアル(案) H20.4参照)

判定区分	主筋の腐食度判定	主筋の腐食度判定
グレード1	主筋が半分以上露出するようにはり出す	主筋が半分以上露出するようにはり出す
グレード2	主筋が半分以上露出するようにはり出す	主筋が半分以上露出するようにはり出す
グレード3	主筋が半分以上露出するようにはり出す	主筋が半分以上露出するようにはり出す

表 4.6 鋼材の腐食度判定区分、修復後の経過年数が約 30 年以上の場合
主筋の腐食度判定

断面修復工(伊香)



断面修復を行わない場所は丈夫か？

主筋位置での塩化物イオン量は2~4mg/kg(調査結果より)

断面修復箇所は、塩害モルタル・表面保護工により塩害対策

断面修復工：SSI工法 (ジェイアル総研)
表面保護工：アイゾール (アイゾールテクニカ)

断面修復を行わない場所は？

- 鉄筋位置で発錆限界を超えており今後鉄筋腐食により、ひび割れ・うきが発生し、コンクリート損傷部から腐食因子の進行により加速度的に鉄筋腐食が進行？
- 近い将来において補修工を実施？

塩害橋梁維持管理マニュアル(案)

架設後経過年数約30年未満

外観状況調査結果の評価

表 4.1 外観状況調査結果の評価

判定区分	外観状況調査結果の評価
グレード1	外観状況調査結果の評価
グレード2	外観状況調査結果の評価
グレード3	外観状況調査結果の評価

鋼材腐食度調査の評価

表 4.2 鋼材腐食度調査結果の評価

判定区分	鋼材腐食度調査結果の評価
グレード1	鋼材腐食度調査結果の評価
グレード2	鋼材腐食度調査結果の評価
グレード3	鋼材腐食度調査結果の評価

塩化物イオン含有量、中性化深さ調査結果の評価

表 4.3 塩化物イオン含有量、中性化深さ調査結果の評価

判定区分	塩化物イオン含有量	中性化深さ
グレード1	塩化物イオン含有量	中性化深さ
グレード2	塩化物イオン含有量	中性化深さ
グレード3	塩化物イオン含有量	中性化深さ

健全度の総合評価

表 4.4 健全度の総合評価

判定区分	健全度の総合評価
グレード1	健全度の総合評価
グレード2	健全度の総合評価
グレード3	健全度の総合評価

架設後経過年数約30年以上

外観状況調査結果の評価

表 4.1 外観状況調査結果の評価

判定区分	外観状況調査結果の評価
グレード1	外観状況調査結果の評価
グレード2	外観状況調査結果の評価
グレード3	外観状況調査結果の評価

鋼材腐食度調査結果の評価

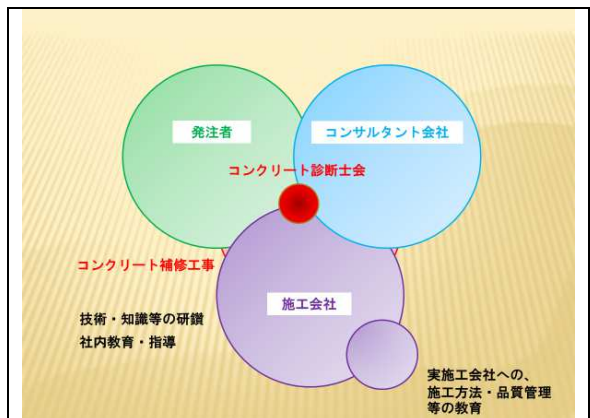
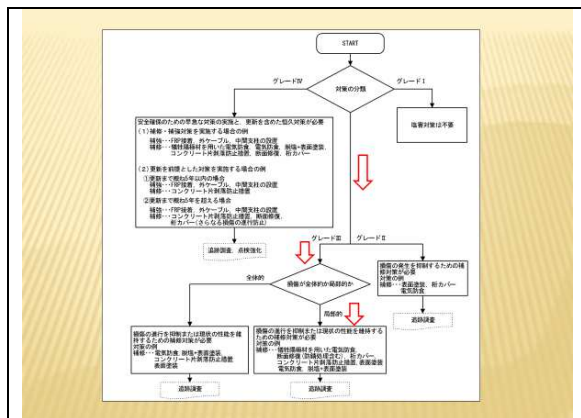
表 4.2 鋼材腐食度調査結果の評価

判定区分	鋼材腐食度調査結果の評価
グレード1	鋼材腐食度調査結果の評価
グレード2	鋼材腐食度調査結果の評価
グレード3	鋼材腐食度調査結果の評価

健全度の総合評価

表 4.4 健全度の総合評価

判定区分	健全度の総合評価
グレード1	健全度の総合評価
グレード2	健全度の総合評価
グレード3	健全度の総合評価





微破壊調査（小径削孔）を利用したコンクリート構造物調査

京滋診断士会 内外構造株式会社 ○薄井 王尚
内外構造株式会社 前川 敬彦
内外構造株式会社 西芝 貴光

1. はじめに

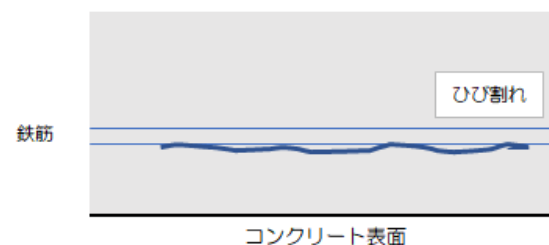
一般に、コンクリート構造物のひび割れは、コンクリート表面に対して直角方向に生じるが、コンクリート内部に生じるひび割れは、表面と並行に生じることから外面から発生状況の確認はできず、変状範囲が非常に大きく広がるまで把握できない場合が多い（図－1 参照）。

コンクリート表面に並行に生じるひび割れに対して、これまではコンクリートコアの削孔を行うことで、その存在を確認してきたが、このような調査は、構造物に与える影響が大きいこと、大型構造物に対して削孔するには削孔設備が非常に大きくなることが課題であった。

そこで、構造物に対してφ5～16mm程度の小径削孔を行い、その孔に対して高感度のファイバースコープによる直視・側視調査を行うことで、コンクリート内部のひび割れ発生状況を確認する調査を実施したので、その調査方法、調査内容について報告する。



一般的なひび割れ：表面に直角に生じる



内部のひび割れ：表面と並行に生じる

図－1 ひび割れの発生



コンクリートドリルビット



削孔状況（孔内）

図－2 コンクリートドリルによる削孔状況

2. これまでに実施してきた小径削孔調査

小径の孔を削孔して、コンクリート内部のひび割れ状況を観察する一般的な調査方法は、コンクリートドリル（φ14～25mm）により削孔を行い、ファイバースコープを用いて内部観察を行う方法である。

しかし、コンクリートドリルによる削孔は、図－2（上段）に示すようなコンクリートドリルビットを使用し、ハンマードリルにより打撃力、回転力を与えながら削孔することから、図－2（下段）に示すように削孔した孔側面の凹凸、段差が大きいこと、孔内にひび割れ等があった場合、衝撃を与えながら削孔を行うことから、ひび割れに角落ちが生じ、ひび割れ幅が大きくなった、目詰まりが生じたりするなど、削孔後の孔内調査時の障害となる事象が数多く発生する調査方法であった。

キーワード：検査技術・診断、ひび割れ、維持管理、非破壊試験、微破壊試験

連絡先：大阪府大阪府中央区本町2-5-7メットライフ本町スクエア12F TEL：06-6484-7110 FAX：06-6484-7111

3. 新しい小径削孔調査（１）

新しい小径削孔調査は、電動ドリル、ドリルビットを用いて孔を穿孔し、ファイバースコープを用いて内部観察を行う方法である（図－３参照、ロングビットドリルシステム、NETIS：TH-120023-A）。

この新しい小径削孔調査方法は、コンクリートドリルによる削孔調査の課題を解決するために、様々な工夫を施している。

１）削孔した孔側面の凹凸、段差が小さくなるように、コンクリートドリルビットを使用せず、「**小口径のダイヤモンドビット**」を使用して削孔を行う（図－４参照、ダイヤモンドビット、シャンク、ロッド）。

２）打撃力、回転力を与えながら削孔すると、孔側面が粗くなることから、電動ドリルの回転により、コンクリートを「**擦り、揉む**」ようにして削孔（穿孔）を行う（図－５参照、電動ドリル）。

３）コンクリートドリルのように乾式で削孔を行うと、貫入する作業に力が必要になること、孔側面を傷つけやすくなることから、水を利用した「**湿式**」で削孔を行う。なお、利用する水は、吸引装置付きろ過水循環器を使用して循環して使用するため一般的なコンクリートコアドリルのように、水を常に補充する手間がない（図－３・左参照、吸引装置付きろ過水循環器）。

４）水を利用して、「**小さな力**」で削孔（穿孔）することから、削孔側面が滑らかである。また、吸引装置付きろ過水循環器で孔内を洗浄しながら削孔（穿孔）することから、孔内部のひび割れが目詰まりを起こさず、ひび割れの角落ちも生じない（図－３・左参照、吸引装置付きろ過水循環器）。

５）電動ドリルは、削孔長さにより、スタンダードモータ（長さ：２～３ｍ）、ハイパワーモータ（長さ：１０～１２ｍ）を使い分けることができる（図－５参照、電動ドリル）。

６）電動ドリルの削孔時の回転強度（トルク）は弱い。また、削孔（穿孔）に使用しているダイヤモンドビットは、金属類との接触時は滑りやすくなっているため、鉄筋にあたった場合でも、「**鉄筋を削ったりせず、削孔（穿孔）が止まる**」ようになっている。

７）電動ドリルは、削孔（穿孔）方向を固定するための支柱、ガイドが設置されているため、ロッドの振れがなく、安定して長い長さを削孔することができる。また、支柱を４５度まで傾けることができるようになっている（図－６参照、支柱、ガイド）。



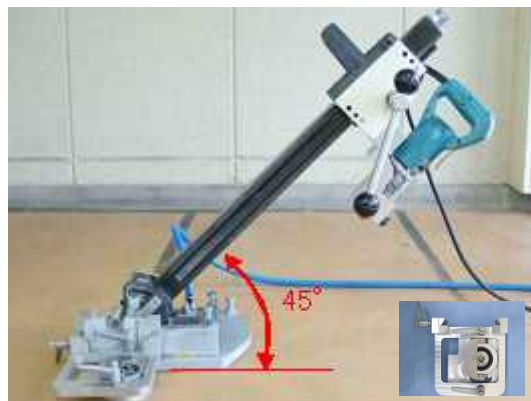
図－３ ロングビットドリルシステム



図－４ ダイヤモンドビット、シャンク、ロッド



図－５ 電動ドリル（スタンダード）



図－６ 支柱、ガイド

4. 新しい小径削孔調査（２）

３．に示したロングビットドリルシステムは、削孔長さ 2～12mに適用するシステムである。このシステムは、厚いコンクリート（橋台、橋脚、擁壁、原子力発電所、杭（フーチング下））の調査に使用されている。

これに対して、比較的薄い厚さ（削孔長さ25cmまで）のコンクリート部材を対象とした新しい小径削孔調査がある。

この小径削孔調査方法は、ロングビットドリル（LBD）システムと同様に、電動ドリル（LBDミニ）、ドリルビットを用いて孔を穿孔し、ファイバースコープを用いて内部観察を行う方法である（図－７参照、Single i工法・シングルアイ工法、NETIS：HK-150004-A）。

この新しい小径削孔調査方法の特長は、概ねロングビットドリルシステムと同様のため、違いのある部分を下記に示す。

１）ダイヤモンドビットを２種類使用し、a) 第一穿孔（ ϕ 5mm）、b) 特殊カラー樹脂（流動性、浸透性の高いMMA樹脂、図－９参照）を注入・硬化、c) 第二穿孔（ ϕ 9mmまたは10.5mm、第一穿孔箇所を再穿孔する・かぶせ掘り）の手順で削孔（穿孔）作業を実施すると、第一穿孔を行った孔に存在するひび割れに、特殊カラー樹脂（明橙色）が注入・充填され、かぶせ掘りにより第二穿孔を行うと、削孔側面にあるひび割れを明瞭に確認することができる。

２）第二穿孔後に、直視用光学アダプタを使用して、削孔内部の観察を行う。直視用光学アダプタを使用した調査により、削孔深さ、ひび割れの有無等の確認を行った後に、側視用光学アダプタに取り替え、削孔側面の観察、ビデオ記録を行う。

３）エンコーダを使用して光学アダプタの移動・撮影を行うことから、等速で挿入できるため、撮影画像のひずみが極めて少ない（図－１０参照）。

４）広い120度の視野角、高画質で明るい画像記録、ノイズリダクションシステムによるランダムノイズの除去を行うことが可能な高感度ファイバースコープ（i-SCOPE、図－１１参照）を使用して撮影、観察、記録を行うことから、微細なひび割れ（0.01～0.1mm程度）までの確認が可能である。また、撮影した画像記録は、ソフトウェアによる処理を行うことにより、連続画像記録から、1枚の画像にすることができる。また、計測用光学アダプタの使用により、ひび割れ幅、欠陥の大きさ等の計測が可能である。

Single i工法による調査の実施フローを図－１２に示す。



図－７ Single i 工法



図－８ ２種類のダイヤモンドビット



図－９ 特殊カラー樹脂



図－１０ エンコーダとファイバースコープを使用した削孔内壁面の観察・記録

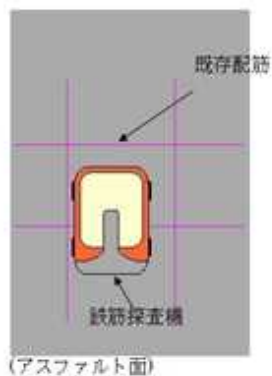
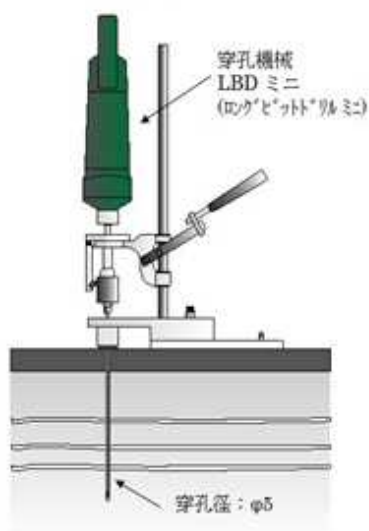
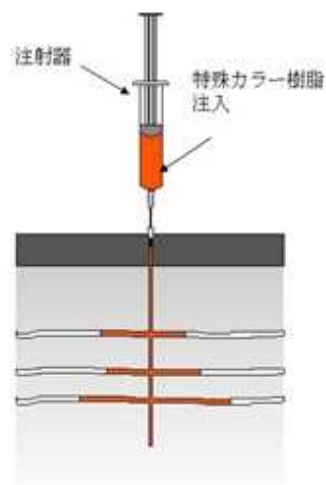
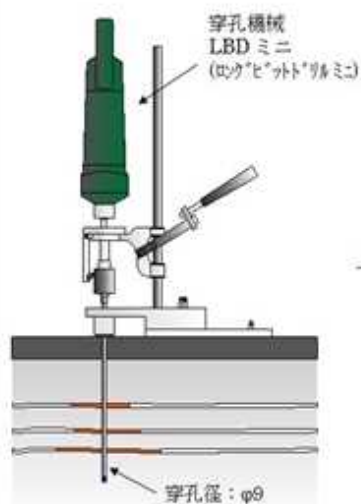


図－１１ 高感度ファイバースコープ

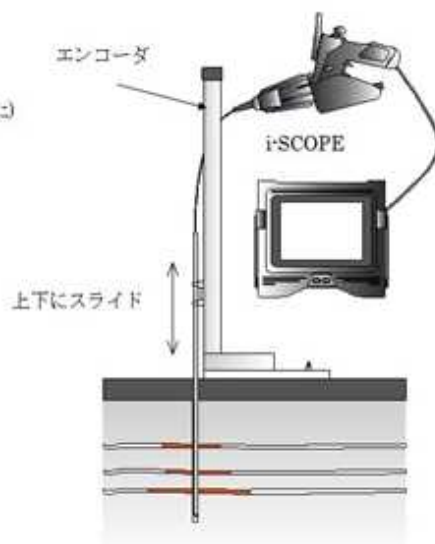
・ Single i 工法・1

(特殊カラー樹脂を注入 → i-SCOPEで調査する工法)

①鉄筋探索

②第1穿孔
穿孔径：φ5③特殊カラー樹脂注入
※ひび割れ有りの箇所④第2穿孔
穿孔径：φ9

⑤i-SCOPEでひび割れを確認



⑥調査孔の補修

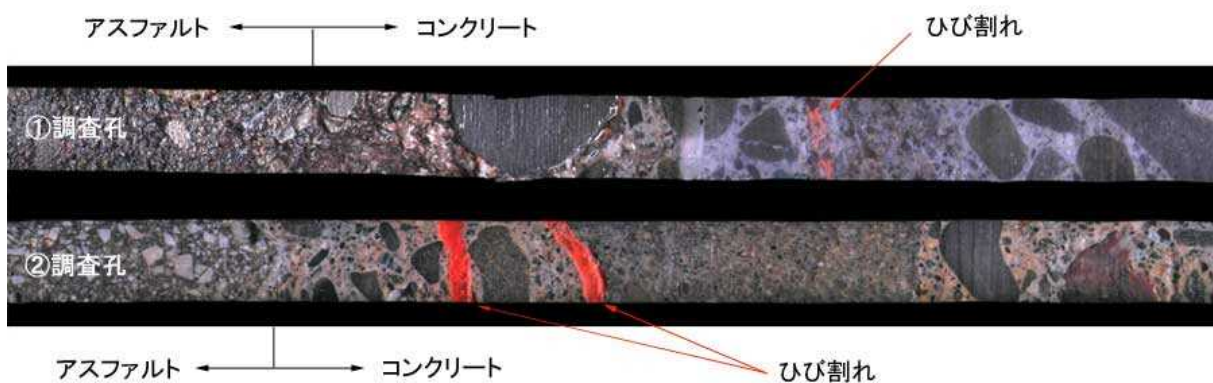
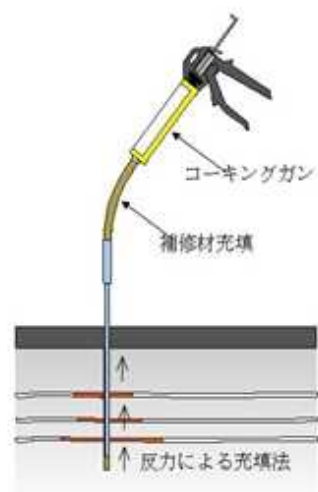


図-12 実施フロー (Single i 工法, シングルアイ工法)

5. 微破壊調査（小径削孔）の実施事例

（１）ＲＣ床版内部ひび割れ調査

ＲＣ床版の内部に発生している水平ひび割れの発生状況を確認するため、Single i工法を利用して調査を実施した。調査結果の一例を図－１３に示す。

図－１３は、撮影を行ったビデオ記録をソフトウェア処理（ゆがみ補正、重ね合わせ処理等）することにより、1枚の画像にして表示したものである。表示しているのは削孔周長の1/3（視野120度）であり、写真に示している幅は、それぞれ約11mmである。調査結果では、それぞれの位置での舗装厚、床版厚が異なることから、床版上面位置を合わせて表示している。

図－１３(a)は、‘変状１’が床版上面から約35mmの位置であり、上端鉄筋上部位置で生じたひび割れと考えられる。また、‘変状２’は、床版上面から約90mm（床版下面から約55～80mm）, ‘変状３’は約120mm（床版下面から約50mm）であり、下端鉄筋上部に位置しており、Single i工法のみでの調査結果からは発生要因が明瞭でない。

しかし、実際の調査では、同一径間で別途実施している電磁波レーダ探査（図－１４参照）による鉄筋探査結果と総合して判断することで、水平ひび割れの発生状況と発生要因について推定を行った。

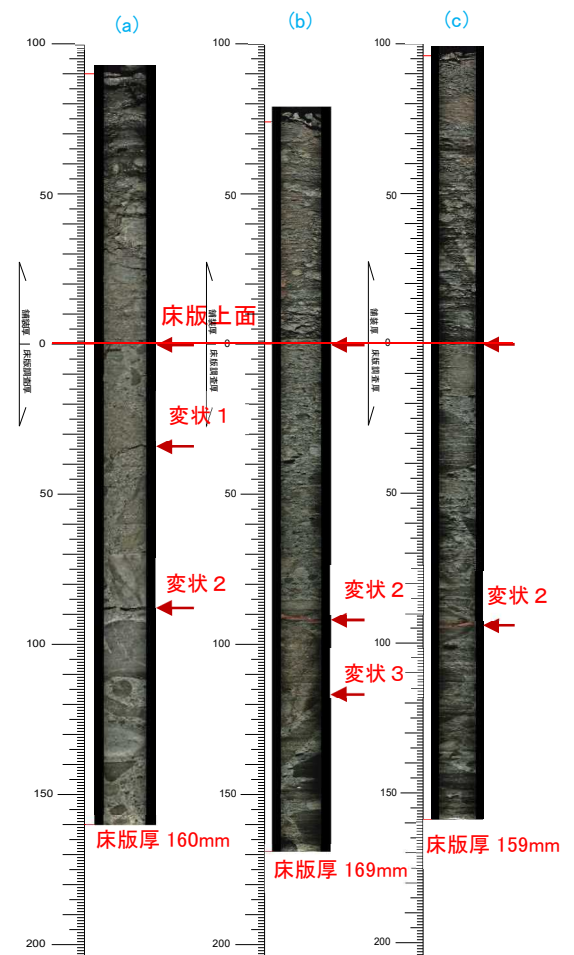
電磁波レーダ探査では、幅0.1～0.3mmのような狭いひび割れでは明瞭な反応を示さないが、Single i工法のように、大きく構造物に影響を与えることなく、実態を把握することのできる調査手法を数多く適用することで、ＲＣ床版内部の変状発生状況を比較的明瞭に把握することができると考えられる。

（２）ＰＣ桁内部ひび割れ調査

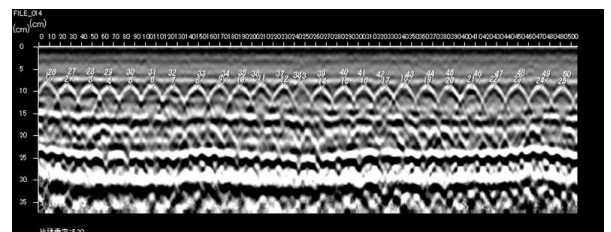
単純ポストテンションＰＣ桁（中空）（図－１５）に発生している隅角部での内部ひび割れの発生状況，樹脂注入工施工を実施した注入効果を確認するため，Single i工法を利用して調査を実施した。

外観目視点検を行ったところ，図－１５に示すようにＰＣ桁端部・上部に亀甲状のひび割れが生じている状態が確認できた。ひび割れ幅は0.1～2.5mm程度であり，ひび割れはＰＣ桁の上面にまで達しているものもあり，はく離，はく落が生じる危険性がある状態であった。

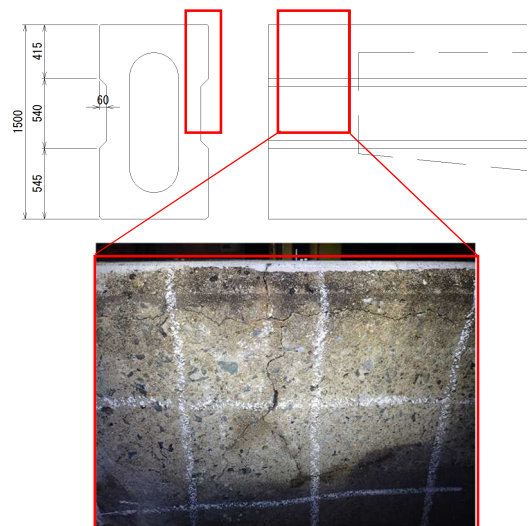
そこで，緊急対応として，ひび割れ注入が実施されたが注入工の途中段階で注入ができない状態になったことから，注入効果が十分に発揮できる状態であるのか，ひび割



図－１３ ＲＣ床版内部ひび割れ調査



図－１４ 電磁波レーダ探査結果



図－１５ ＰＣ桁端部・変状発生箇所

れ全体に行き渡っているのかを確認する必要が生じた。

Single i 工法による小径削孔は、P C 桁上面から下面に向かって 3 箇所実施した。削孔位置は、P C 桁上面の幅員中央から端部に向かって 3 箇所とした（c：中央・L/2，b：L/3，a：2L/3）。調査結果の一例を図－16 に示す。

小径削孔の調査結果では、ひび割れ注入材は、ひび割れ全体には行き渡っていないことがわかった。また、P C 桁内部に生じているひび割れは、非常に幅が広い状態であり、放置すれば、隅角部のコンクリートにはく落が生じると考えられた。そこで、Single i 工法で削孔した小径孔をコンクリートドリルにより広げ、接着剤を充填した上で、アンカーボルトを設置してコンクリートを固定することにした。

上記に示したように、Single i 工法による小径削孔では、調査により明らかになった後に、その孔を利用して、補修工事を実施することが可能であること、現地作業の中で補修作業の必要性の判断が可能であることなど、作業の効率性の面からの利点があると考えられる。

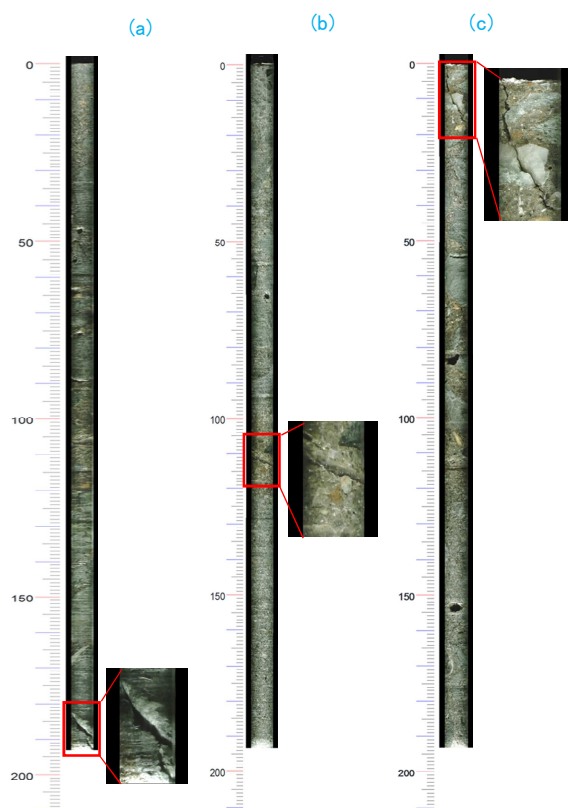
（3）コンクリート P C 橋のひび割れ調査

コンクリート P C 橋の橋脚柱内部において、ひび割れの発生が懸念されたことから、ロングビットドリルシステムを利用して調査を実施した。

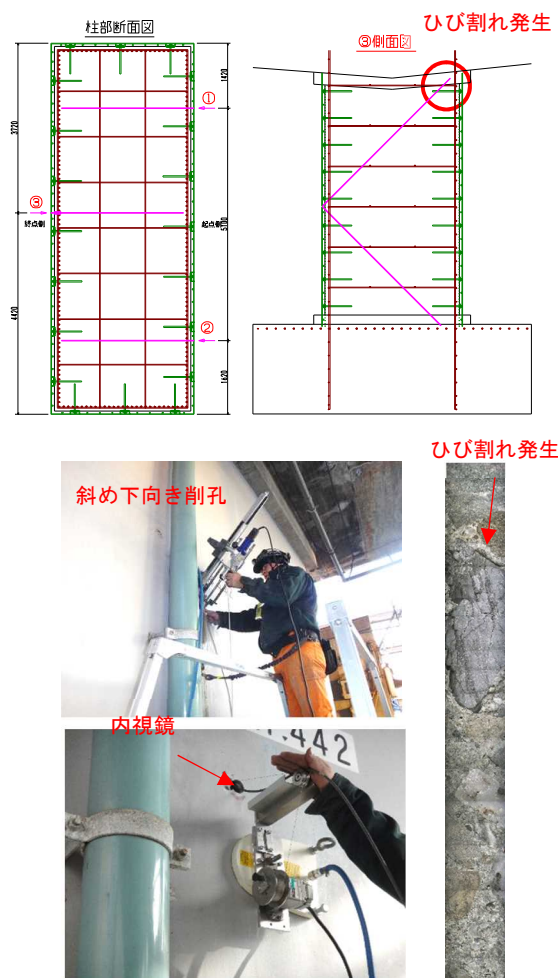
外観目視点検結果からは、ひび割れ発生位置が特定できなかったことから、ロングビットドリルによる削孔は、橋脚柱部の全体状況が確認できるよう図－17（左）に示す 3 測線（①，②：右側から左側に向けて削孔，③：左側から右側に向けて削孔）に対し、図－17（右）に示ように、橋脚柱の柱高さ中央から上下 45 度に向かって削孔を行うことにした。

小径削孔調査では、橋脚に鋼板巻立て工が施工されていたことから、まず鋼板に 40mm 程度の孔を明け、その孔内にロングビットドリル先端を固定して、削孔を行った。このように、小径削孔調査は、コンクリート表面に鋼板が設置されている場合でも、比較的小径の孔を明けるだけで、調査を行うことが可能である。調査結果では、③の測線において、図－17（右上）に○で示す位置に、ひび割れの発生を確認した。

このように、小径削孔調査は、調査設備が簡単で、幅広い対象で調査を行うことができること、調査により確認できた変状に対し、小径孔を利用して補修を行うことができることなど、非常に利点の多い調査方法であるといえる。



図－16 P C 桁内部ひび割れ発生状況



図－17 P C 橋・橋脚柱内部ひび割れ調査

PC 箱桁の内部滞水と維持管理対策

石川県 会員 濱田 康行
熊谷 恵太
浦 修造

1. 報告概要

本報告は、PC 箱桁の橋梁点検を行った際に発見したひび割れから箱内部の滞水を推定し、調査設計を行い、橋梁の保全を行った内容である。対象橋梁は昭和 45 年に架橋された橋長 L=180m の単純 PC 箱桁橋+5 径間単純 PCT 桁橋であり、第 1 径間の PC 箱桁は 2 室構造でかつ横桁により合計 8 つのブロックとなっている（図 1）。
本橋梁は北陸地区の山間部に架橋し、積雪寒冷地で凍結防止剤を散布する環境条件である。

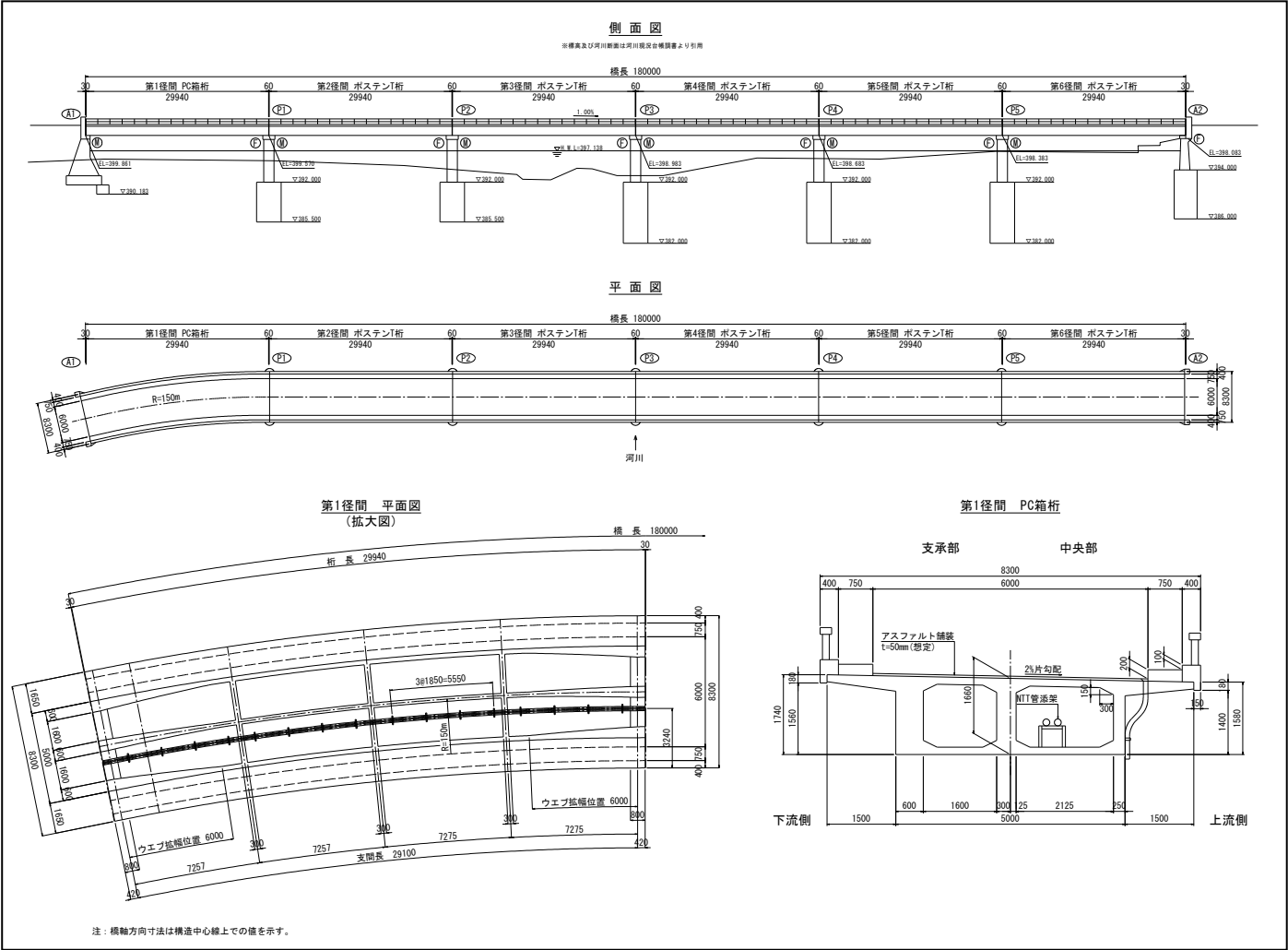


図 1. 橋梁概要図

キーワード：橋梁点検、診断、点検孔、開口部設置、炭素繊維シート補強

連絡先：株式会社国土開発センター設計 1 部 石川県白山市八束穂 3-7 TEL:076-274-8816 FAX:076-274-8426

2. 橋梁点検

橋梁定期点検要領に基づき、橋梁点検車を用いて近接目視点検を実施した。PC 箱桁部の主桁側面には白色析出物を含む水平ひび割れが生じていた（図 2、写真 1）。一方、主桁下面にひび割れは生じていなかったことから、本損傷は構造や環境に起因する劣化ではなく、打継ぎ不良によるものと推定した。

その他の損傷として、伸縮目地部からの漏水（第 1 径間背面の林道からの伝い水）や車道アスファルト舗装部の橋軸方向のひび割れが確認された（写真 2、写真 3、写真 4）。以上から路面排水の一部が箱桁内部に浸入し、滞水している可能性を推察した。

なお、その他径間の PCT 桁では、一部でコンクリート充填不足が原因と推定される下フランジ部の剥落、シース管の露出、間詰め部からの白色析出物を確認したが、それ以外は健全な状態であった。

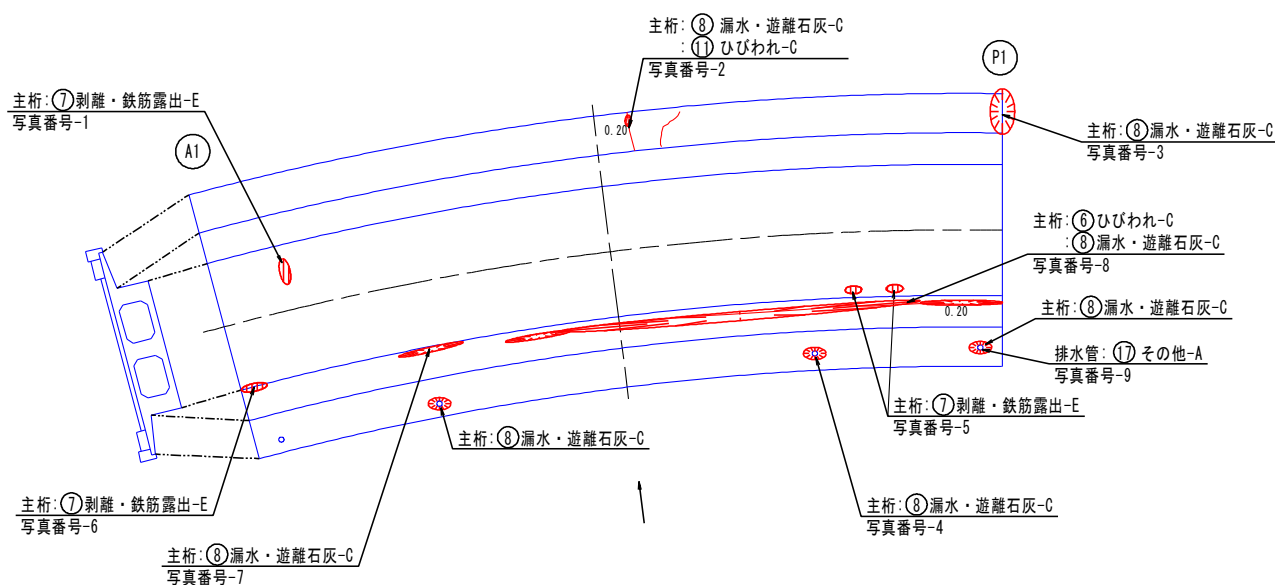


図 2. 損傷図



写真 1. 水平ひび割れ状況



写真 2. 舗装のひび割れ状況



写真3. 林道からの伝い水



写真4. A1 橋台漏水状況

3. 調査

箱桁には点検孔がついておらず、現状で箱内部の状況を把握することは不可能であった。そこで、箱内部の滞水排除を目的としたφ20mmのドリル削孔および箱内部の状況を確認するため、φ100mmのコア削孔を行った(図3)。

縦断勾配の低い下部工側で桁下面からのドリル削孔を行った結果、大量の排水が生じた(写真5、写真6)。滞水が確認されたため、8ブロックすべての排水を行った。

翌日に排水が完了していることを確認し、φ100mmのコア削孔を行い、箱内部にカメラを挿入して、箱内部の状況を把握した。その結果、箱内部での滞水状況を把握できたが、頂版上面や側面にひび割れは確認できなかった。また、端横桁には大断面の切り欠きがあり、伸縮目地部からの水分供給が原因であると判明した(写真7、写真8)。

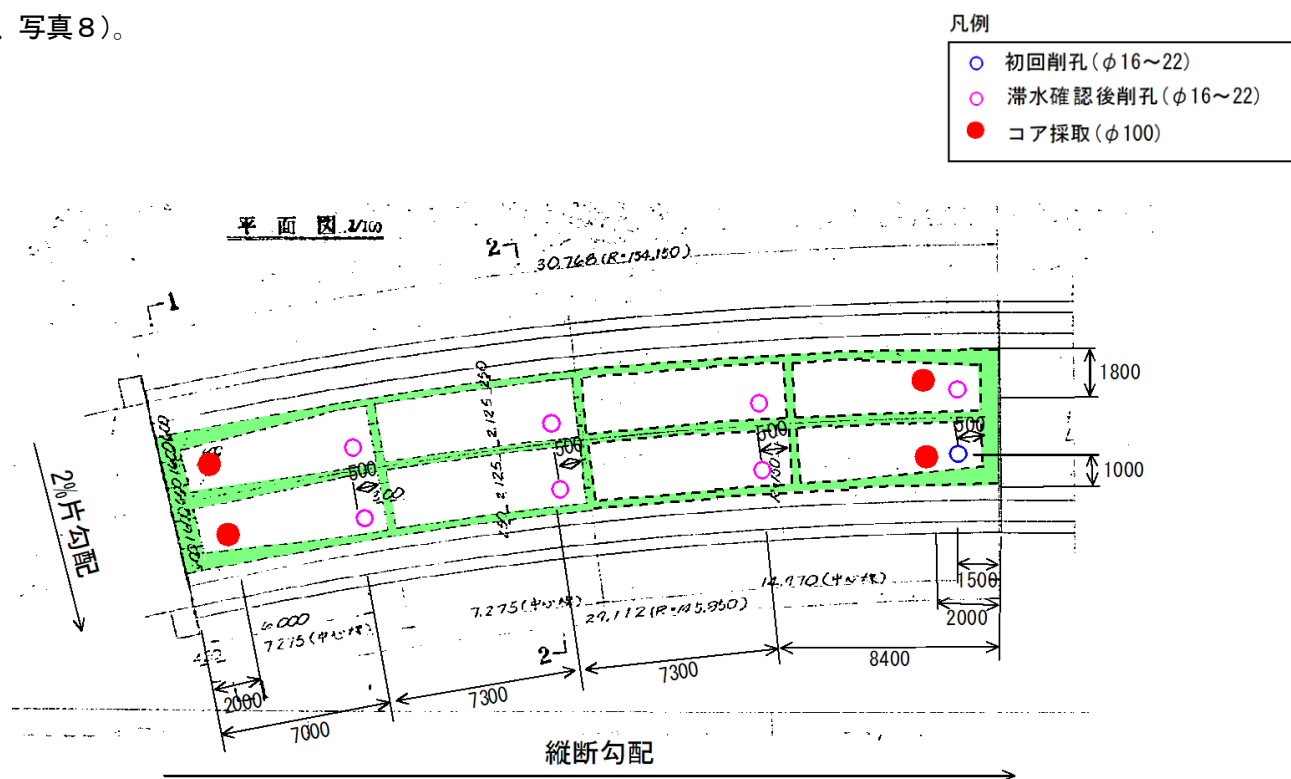


図3. 削孔調査概要図



写真 5. ドリル削孔状況



写真 6. 排水状況



写真 7. 端横桁部の開口



写真 8. 箱桁内部側面の状況

4. 設計

箱桁側面の水平ひび割れは打継ぎ不良によるものと推定され、Uカットによるひび割れ充填を提案した。滞水対策としては伸縮目地部からの水分の供給を遮断するため、止水機能を確保した伸縮装置の取換えを提案した。なお、調査時に削孔したφ20mmの孔にはホースを設置して、今後の滞水を回避させるための排水孔とした。さらに箱桁内部の維持管理を目的とした点検孔の設置を検討した。点検孔は桁下面に設置する案と橋台パラペットの打ち換えを行い、橋台パラペットをセットバックすることによる桁端部の作業空間の確保を検討した。ただし、橋台の既存資料が残っておらず、下部工の配筋が不明であることや橋台パラペットの打換えによる通行止めが困難であることから、桁下の点検孔設置を採用とした。

点検孔は断面力の小さな桁端部付近に設置した。ただし、点検孔は橋座前面から500mm以上離れた位置として支承交換時のジャッキアップに配慮した（図4、図5）。

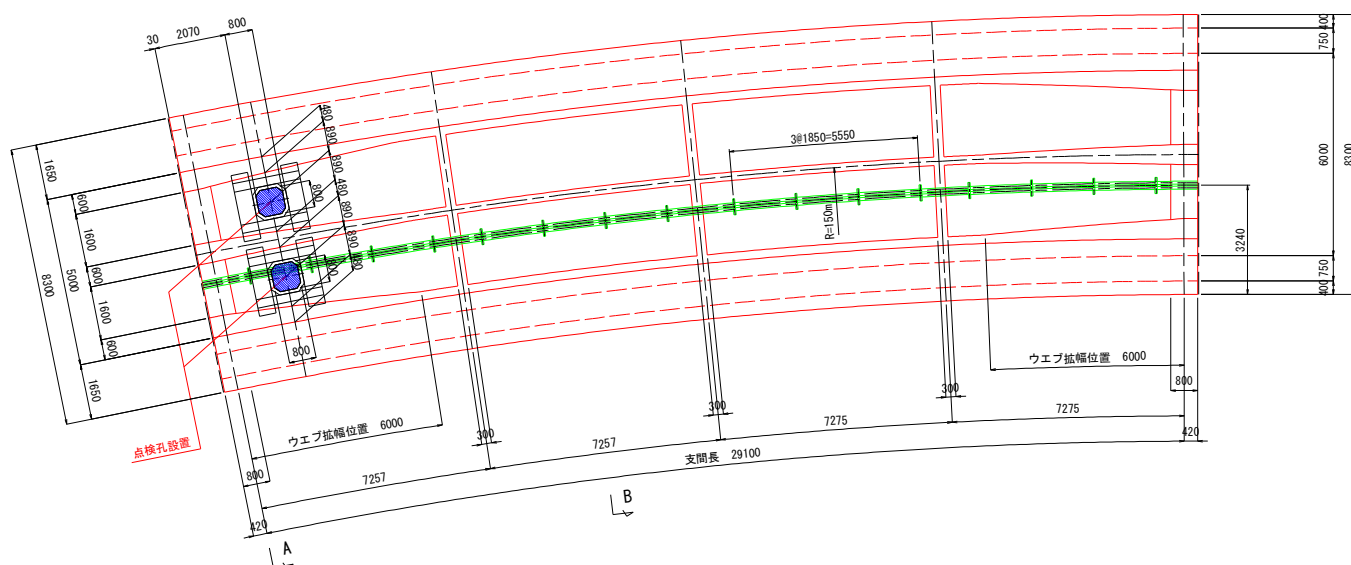


図4. 開口部の配置

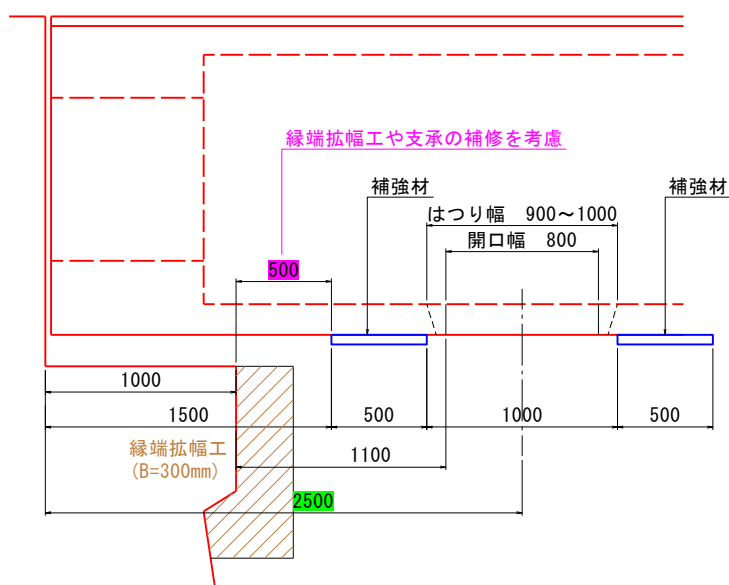


図5. 開口部の配置検討

点検孔は梯子によるアプローチとし、梯子のかかりを考慮して作業員が進入可能なよう 800×800 の断面とした。なお、開口の設置により、箱桁底版の鉄筋が欠損するため、炭素繊維シートによる補強を行った（図 6）。

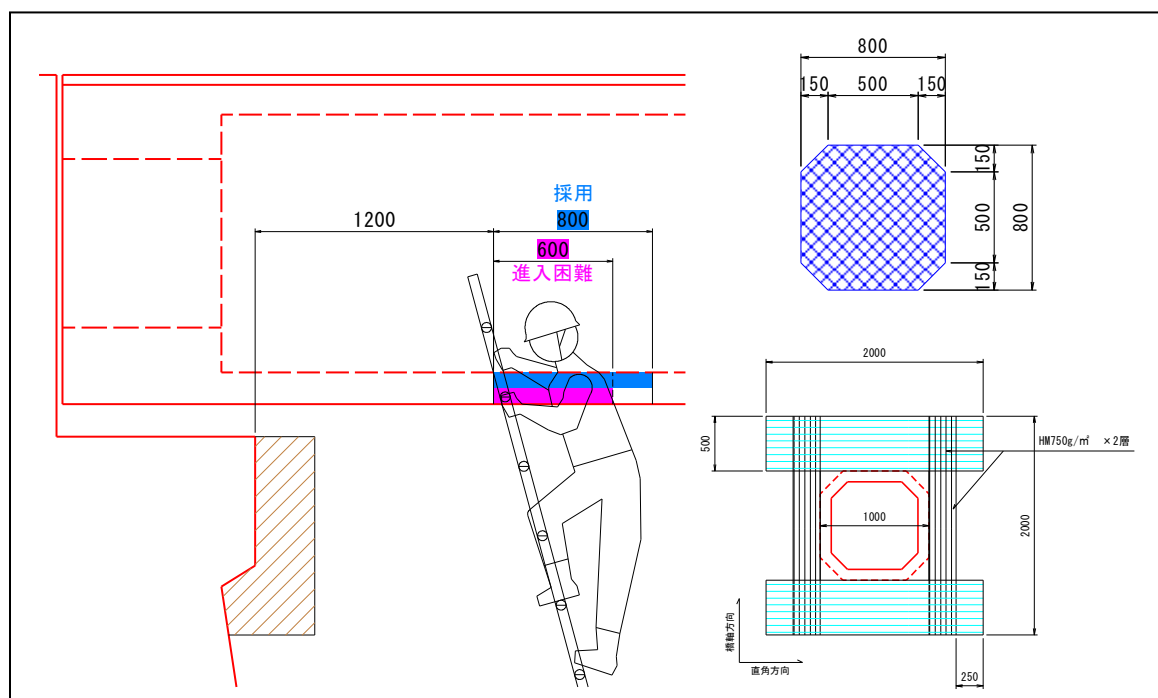


図 6. 開口部の断面および炭素繊維シート補強

点検孔には小動物や鳥類の侵入を防止するため、蓋を設置した。蓋は箱桁内部の添架管と支障しないように観音開きとし、メンテナンスが不要な FRP 製とした（図 7）。

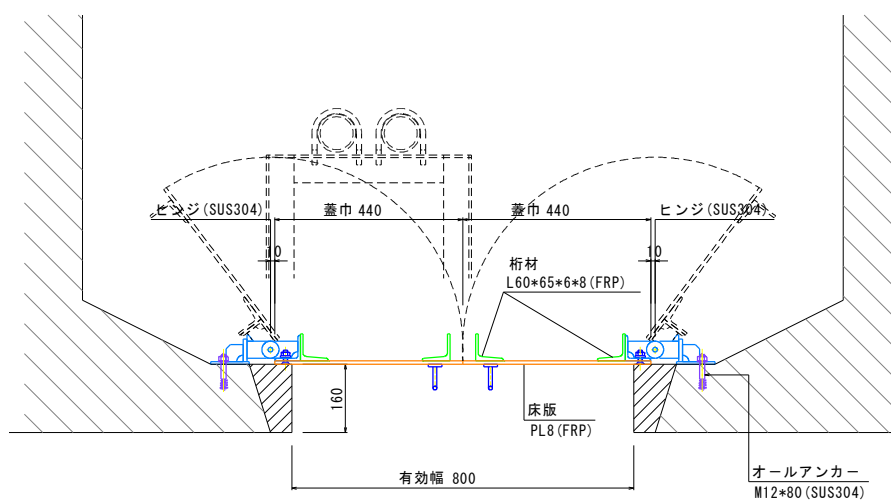


図 7. 点検孔の蓋

5. 考察

外観目視から目視出来ない箱桁内部の問題を明らかにした。また、調査では箱桁内部の排水を行い、荷重負担を除去したとともに、凍結防止剤を含んだ滞水を除去することで耐久性を確保した。

5 年に 1 度の近接目視点検が義務化され、活発に行われている。しかし、目視できない中空構造の構造は、外観目視のみで十分な変状原因が特定できず、早期の対策が遅れる場合もある。

維持管理では、構造特性も視野に入れて変状原因を推定することが重要である。また、新設構造物を設計する際は、維持管理を視野に入れることが重要である。

マンションタイル浮き調査

東海コンクリート診断士会 所属
一般財団法人 東海技術センター 上村 健一

本報分は、分譲マンション外壁のタイル浮きの原因について、発生原因の推定等について検討を行ったものである。当該マンションは、2001年に竣工し、外壁は45丁掛磁気質タイル貼りの「コンクリート打放し下地壁タイル直張り」が施されており、タイル裏側はRC躯体である。

当該マンションのタイル浮きは西面で特に顕著であり、全面補修のために西面タイルは全て撤去された。本調査は、タイルの打診調査および、タイル撤去後のRC躯体面の状態や、タイル伸縮調整目地の位置が躯体の水平打継ぎ目や構造スリット目地と一致しているか等についての現地目視調査を行い、施工の不具合事例を取りまとめて総括し、タイル浮きの原因推定について考察したものである。

タイル撤去に先立って、タイルの打診調査が行われた。調査の結果、西面の中心線に近い帯状の部分で、かつ下の階層ほど、浮き率が高い結果になった。下記に打診調査の状況写真と浮き率の高い範囲(赤で囲った部分)を明示した立面図を示す。



写真-1 打診調査状況

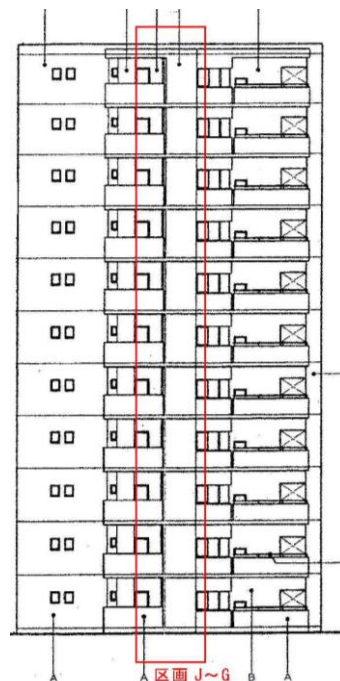


図-1 打診調査結果

タイル撤去後に現地調査において、目地割りの不具合や目地形状の不具合、躯体表面の不具合を確認した。下記に代表写真を示す。



写真-2 目地の不一致

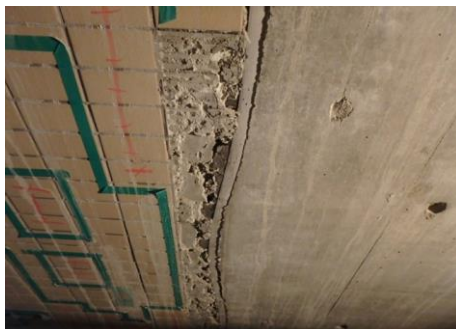


写真-3 スリットの歪み



写真-4 躯体のジャンカ

さらに、張付けモルタルを含むタイルサンプルの不具合写真を下記に示す。



写真-5 タイル裏あしの嵌合不足

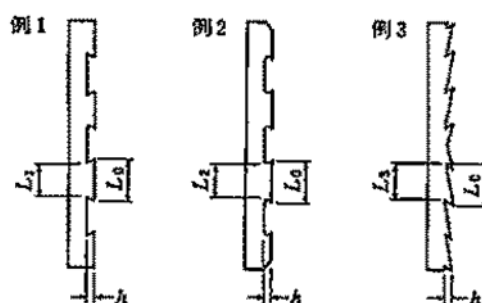


図-2 裏あしの形状例



写真-6 張付けモルタルの厚さ不足

タイル浮き状況の展開図を下記に示す。全体を俯瞰することで、躯体のスリットとタイルの伸縮調整目地が一致していない箇所で浮きが多いことが判明した。

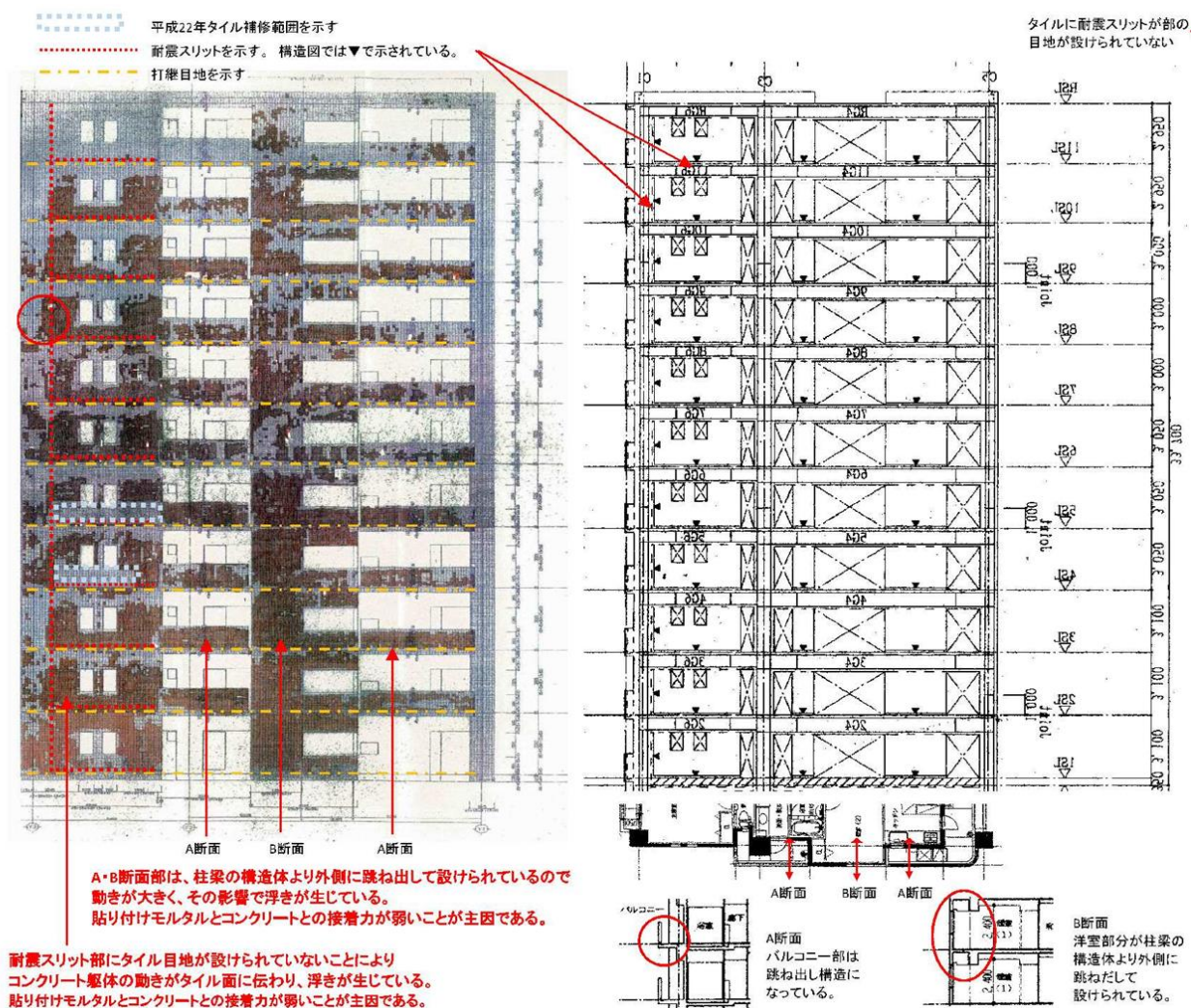


図-3 タイル浮き状況 展開図

調査の結果、様々な形態の施工の不具合を確認したことから、タイル浮きの原因は、複数の要因が複合的に影響していると考えられる。タイル浮きの現象面から、どの程度あるいはどのような態様で生じた場合に施工上の原因によるものであるかを推認するための目安が、法律専門誌「判例タイムズ」から下記のように提案されている。

表-1 施工上の不良の判定目安

施工後の期間	浮き・剥落の割合
5年以内	0%
5年超10年以内	3%以上
10年超15年以内	5%以上
15年超20年以内	10%以上

当マンションの浮き率は、47.8%で、表-1の目安と比較して、大きく上回ることから、今回の事案は施工上の不良が原因であったと推認されるのが妥当であると考えられる。

当該マンションのタイル浮き発生原因を下記に示す。

表-2 タイル浮き発生原因の推定結果

発生原因	タイル張り時における様々な 施工上の要因によるタイル接着不良
------	-----------------------------------

キーワード：マンション外壁のタイル浮き，JASS19 陶磁器質タイル張り工事，外壁タイル打診調査，目視調査
連絡先：愛知県名古屋市中東区猪子石二丁目710番地 TEL：052-771-5161 FAX：052-771-5164

水中ドローンを使用した海洋構造物の調査事例の紹介

東京コンクリート診断士会
株式会社 リーコン

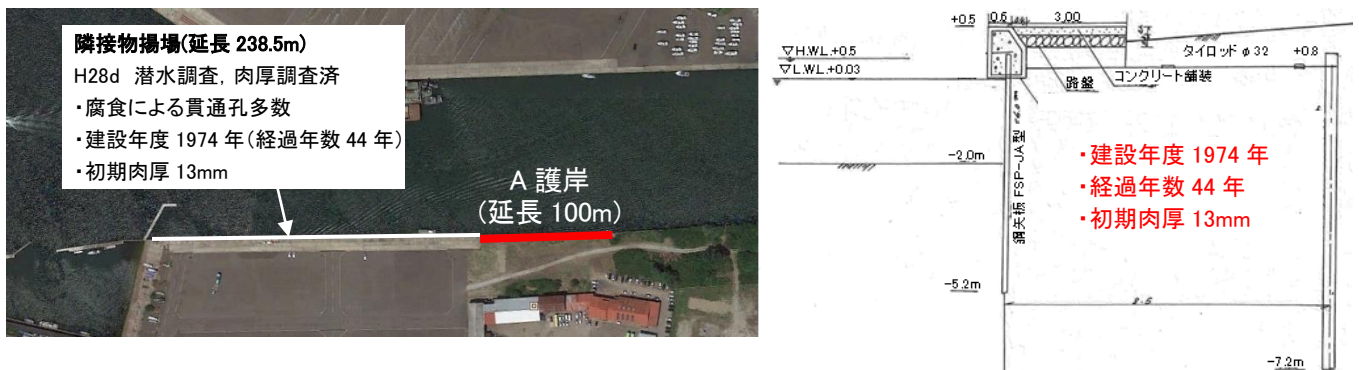
内藤 輝
西牧浩二

1. はじめに

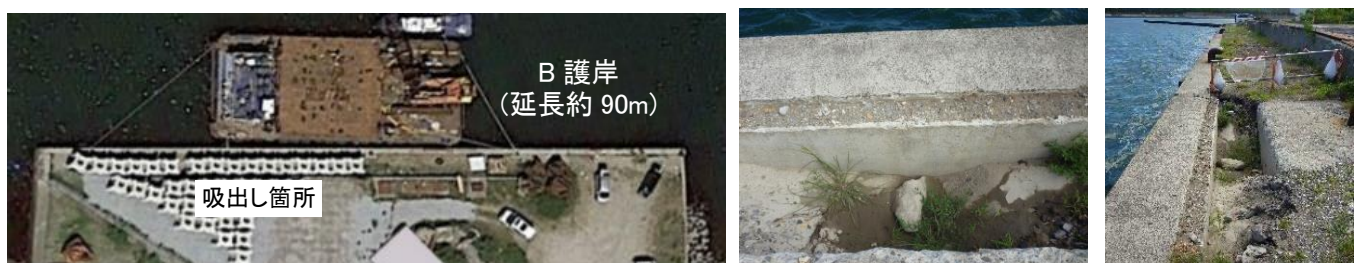
水中部にある海洋構造物の変状は、これまで主に潜水士による目視調査によって実施されてきた。しかし、潜水調査は他調査に比べて費用が高く、詳細定期点検（漁港では詳細調査）に位置付けられているため、点検頻度が少なくなり、必ずしも十分な調査がなされていないのが実状である。そこで、本報告では、陸上からの操作で海中部を移動しながら調査することができる「水中ドローン」を使用して、海洋構造物の海中部の変状調査を実施した事例を紹介する。事例①は、建設後44年経過している無防食の矢板式護岸（以下、A護岸と称す）、事例②は、護岸背後に吸出しが見受けられる矢板式護岸（以下、B護岸と称す）である。主に事例①は、潜水士の代わりに、劣化度判定や損傷図を作成すること、事例②は、護岸背後の陥没の原因を効率的に調査することを目的とするものである。

2. 調査対象施設

図－2.1 に調査対象施設である A, B 護岸を示す。A 護岸は、無防食の控え矢板式護岸で建設後 44 年経過している。昨年度の潜水調査で、同時期に建設された隣接の物揚場において、鋼矢板に腐食による貫通穴が多数発見されているため、同様の変状が懸念されている。B 護岸は、護岸背後の一部が陥没しており、この原因究明と他箇所にも同様の変状の有無が懸念されている。なお、B 護岸は港湾台帳に図面がないため、その建設時期や構造諸元等は不明である。



図－2.1(1) A 護岸の調査位置及び標準断面図



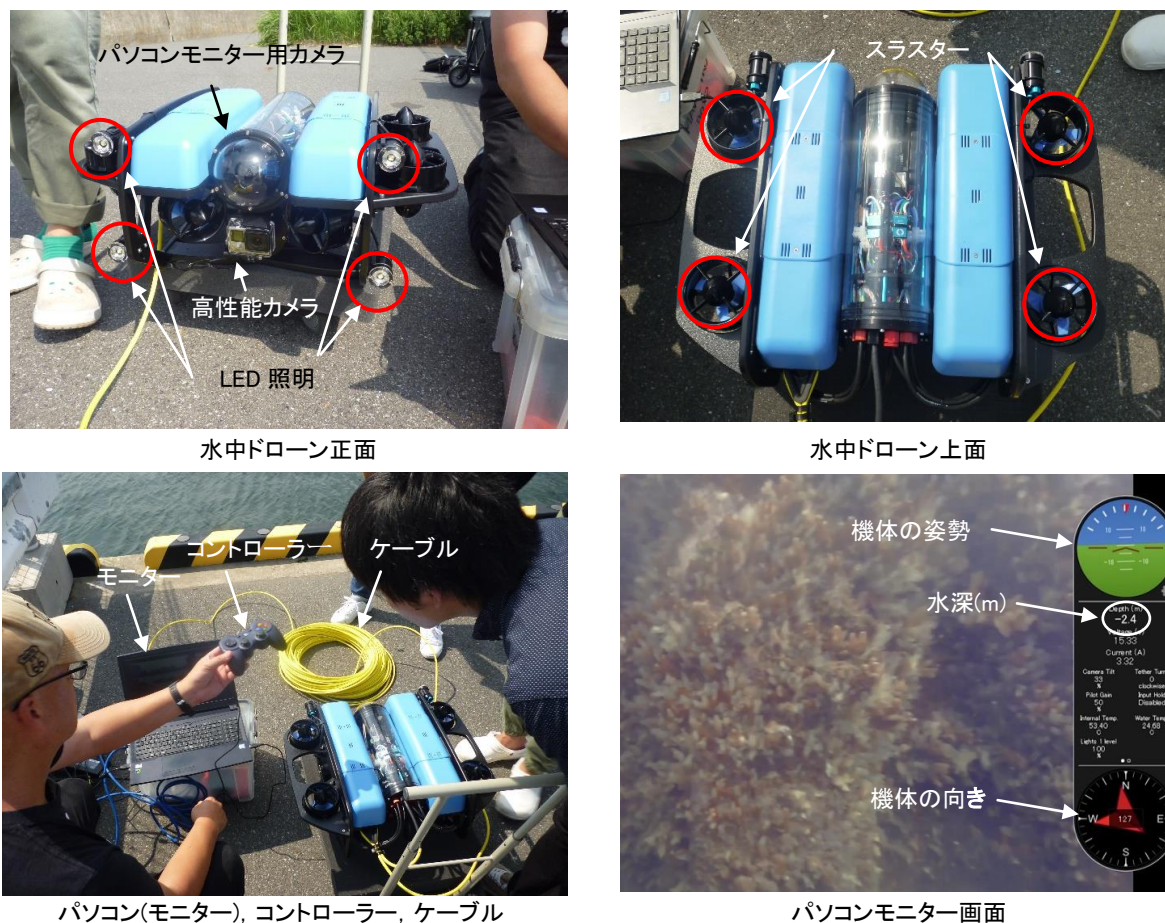
図－2.1(2) B 護岸の調査位置及び吸出し箇所

キーワード：水中ドローン，海洋構造物，潜水調査，矢板式護岸，腐食，土砂流出，維持管理
連絡先：東京都文京区本駒込5-4-7 TEL：03-5978-3377 FAX：03-5978-3430

3. 調査方法

(1) 水中ドローン及び使用機材

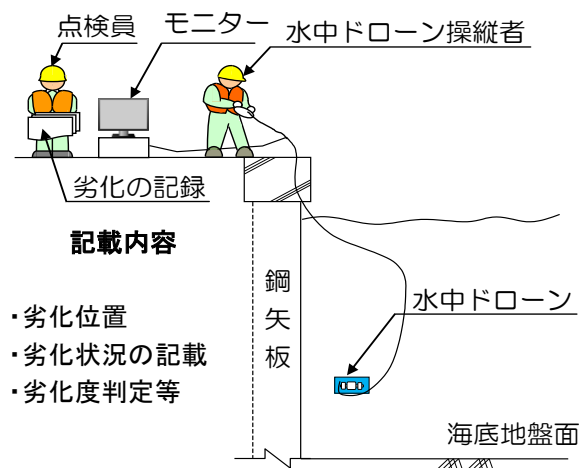
水中ドローンは、米国の Blue Robotics 社の BlueROV2 を使用した。本体には 8 基のスラスター(前後 4 基, 上下 4 基)を搭載しており、真横へ移動やその場での旋回といった複雑な動きが可能であり、波浪や潮流に対して静止することが可能となっている。また、前方には LED 照明 4 基を搭載しているため、暗い水中でも撮影が可能となっている。水中ドローンとパソコンモニター、コントローラーはケーブルでつながっており、今回使用するケーブルの長さは 100m である。また、カメラは正面に 2 台搭載されており、上部の球状部にパソコンモニター用のカメラ、その下部に高精度カメラを搭載している。下写真に示すように、パソコンモニターでは、機体の姿勢と向き、水深、バッテリー電圧、LED 照明などを画面で確認しながら操縦することができる。バッテリーの駆動時間は 4 時間程度となっている。



図－3.1 水中ドローンと使用機器

(2) 調査状況

水中ドローンによる調査は、図－3.2 に示すように水中ドローンの操縦者、点検員の 2 名で実施した。まず操縦者は、陸上からドローン本体、モニターを見ながら操縦し、点検員はモニターを見ながら、事前に作成した護岸の正面図に劣化の位置、劣化状況の記載および劣化度判定等の劣化状況を記録するものとした。なお、これらの映像はビデオ撮影されているので、調査終了後に現地で記載した変状状況を Cad 化するとともに、見落としの有無や第三者によって確認することによって、調査結果の高精度化や共有化が期待できる。



図－3.2 水中ドローンの調査状況

(3) 腐食・損傷個所の計測

潜水士が鋼矢板の潜水目視調査を実施する場合、変状個所は直接スケールによって計測する。水中ドローン調査の場合は、カメラ前面にメモリ(1メモリ 5cm)を付けた防護用のフレームを設置して、水中ドローンを直接鋼矢板に接触させて計測するものとした(図-3.3 参照)。

(4) 水中ドローンの移動方法

事例①は潜水士の代わりに、劣化度判定や損傷図を作成すること、事例②は、護岸背後の吸出しの原因を調査することを目的とするものである。そのため、水中ドローンの移動は、事例①の場合は、すべての鋼矢板を撮影するために、施設の起点から水中ドローンを上下に移動しながら法線方向へ移動するものとした。事例②の場合は、施設全体の腐食・損傷等を効率的に把握するために、集中腐食が発生しやすい水深を法線平行方向に移動するものとした。なお、鋼矢板に腐食による貫通孔があった場合は、海底地盤まで移動して、土砂流出の痕跡等を把握するものとした(図-3.4 参照)。

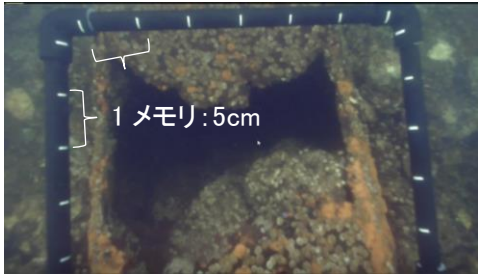
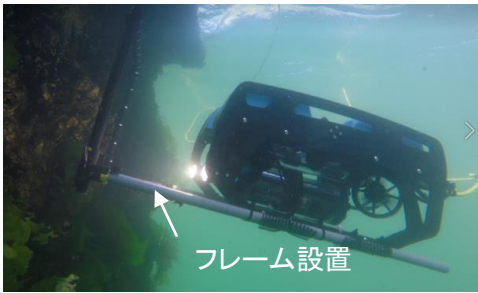


図-3.3 腐食・損傷個所の計測状況

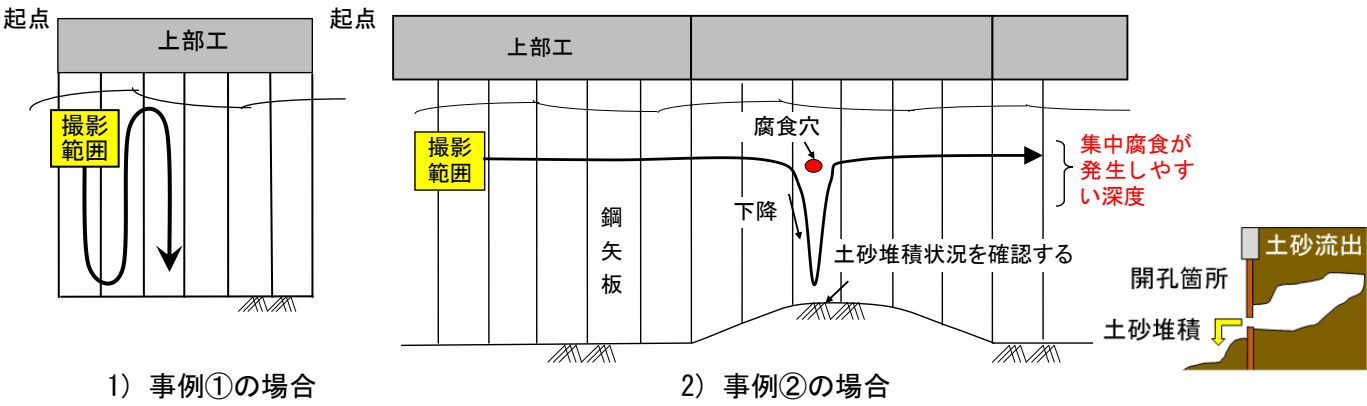


図-3.4 水中ドローンの移動方法

(5) 評価方法

1) A 護岸の調査方法

当該護岸は、潜水士に代わって、水中部の一般定期点検診断の評価を目的としているため、評価方法は表-4.1 に示す判定基準(劣化度 a~d)で判定する。腐食や開孔箇所等があった場合は、岸壁正面図に変状位置、変状の寸法等を記載する(岸壁正面図は事前に用意して現場で記載する)。また、併せて海底地盤の劣化度判定についても、表-4.2 に示す判定基準(劣化度 a~d)で判定する。水深は水中ドローンの水深計を使用した。

表-3.1 (1) 鋼矢板の一般定期点検診断項目及び判断基準

点検項目		判定基準	
鋼矢板	鋼材の腐食, 亀裂, 損傷	a	☐ 腐食による開孔や変形, その他著しい損傷がある。 ☐ 開孔箇所から裏埋め材が流出している兆候がある。
		b	☐ L.W.L付近に孔食がある。 ☐ 膨れやかさぶたのような錆が発生している。
		c	☐ 発錆がある。
		d	☐ 付着物が見られるが, 発錆・開孔・損傷は見られない。

表-3.2 (2) 海底地盤の一般定期点検診断項目及び判断基準

点検項目		判定基準	
海底地盤	洗掘, 土砂の堆積	a	☐ 岸壁前面に深さ1m以上の洗掘がある。 ☐ 洗掘に伴い, マウンド等や下部工への影響がある。
		b	☐ 岸壁前面で深さ0.5m以上1m未満の洗掘がある。
		c	☐ 深さ0.5m未満の洗掘又は土砂の堆積がある。
		d	☐ 変状なし。または軽微な変状である

※表-3.1 は「H22 A 県港湾施設長寿命化計画 点検評価基準(案)」を参考にした。

2) B 護岸の評価方法

当該護岸は、矢板構造物の腐食・損傷等の状態を効率的に把握することを目的としているため、L.W.L.直下の集中腐食が生じている可能性が高い範囲を中心に調査する。調査結果は、図-3.5 に示すように集中腐食の生じている深度を対象に、変状位置及び変状の寸法等を記載する。なお、鋼矢板に腐食による貫通孔があれば、海底地盤に土砂が堆積しているかどうかを確認する。

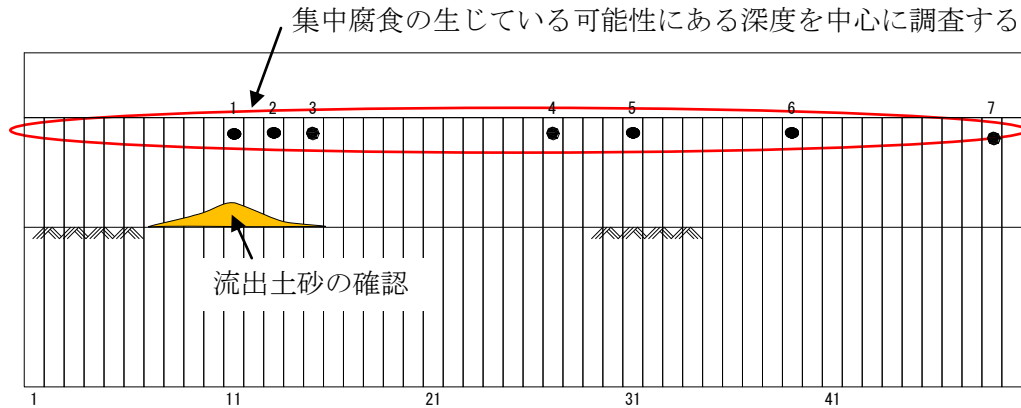


図-3.5 B 護岸の評価方法

4. 調査結果

(1) A 護岸の調査結果

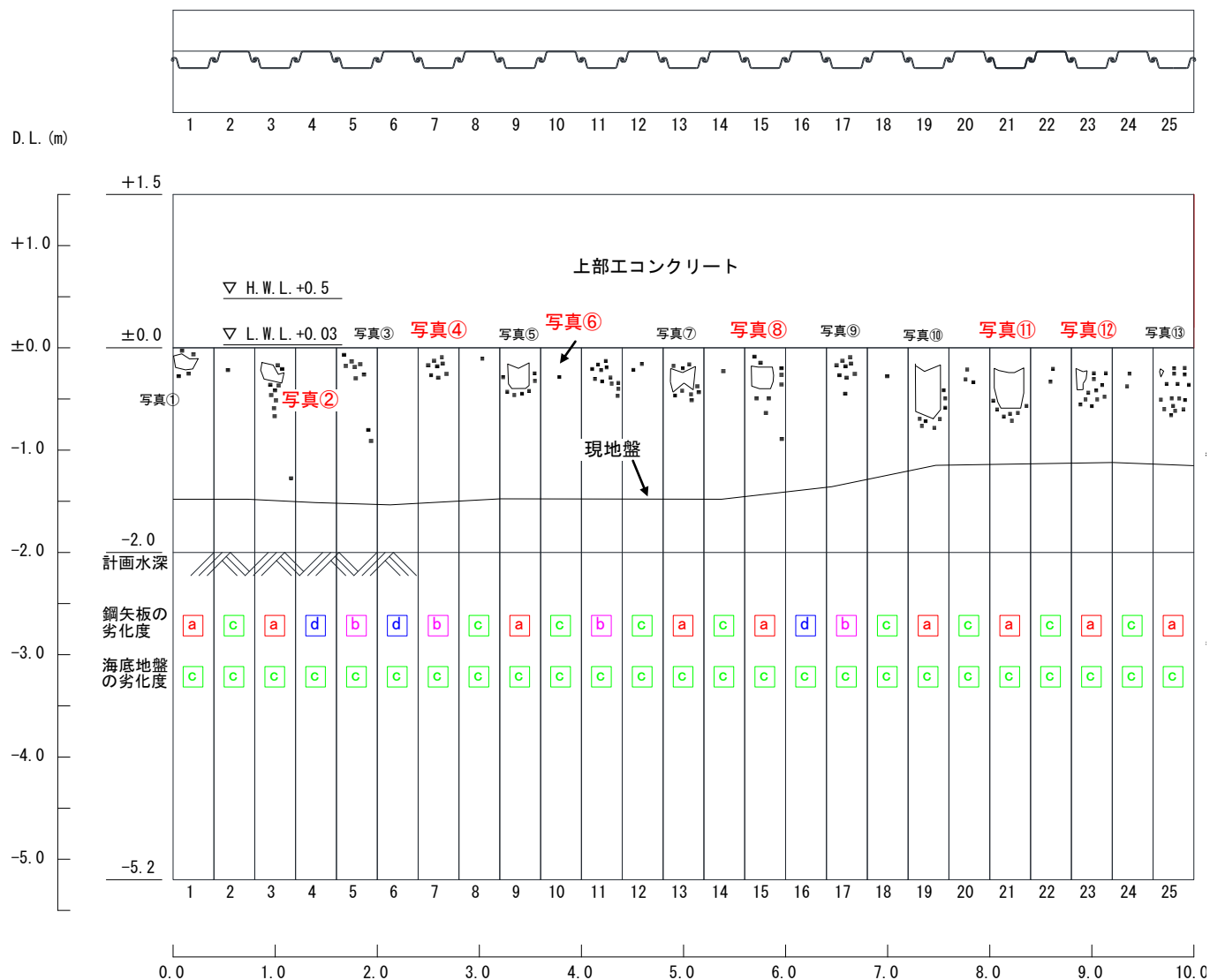
図-4.1 に A 護岸の一般定期点検結果（1 ブロック）を示す。前日は雨が降っており、調査当日(H30.8.7)は海水の濁りが強かった。そのため、鋼矢板から離れると、見えにくくなるため、鋼矢板に接するくらいまで近づいて調査を行った。また、1 ブロック 10m 区間の調査時間は 20 分程度であった。図より以下のことがいえる。

- ・ 1 ブロック 10m 区間で腐食による貫通孔は 9 箇所あった。これらは全て凸面であった。
- ・ 貫通孔の多くは 30cm 以上あり、写真からも開孔部の奥が空洞になっている状況が見受けられた。
- ・ 海底地盤も 0.5～1m 程度の堆積が見受けられ、護岸背後の土砂が流出したものと想定される。
- ・ パソコンのモニターから、腐食による開孔がある鋼矢板は劣化度[a], 孔食や膨れやかさぶたのような腐食ある場合は劣化度[b], 発錆が見られる場合は劣化度[c], 変状が見られない場合は劣化度[d]と判定した。この判定は潜水土の目視判定結果と同じものと評価できる。

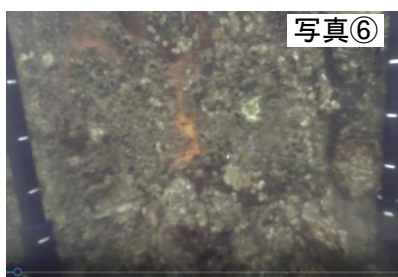
また、今回の調査では、以下のような課題も挙げられた。

- ・ 水深は水中ドローンのセンサーで確認しているが、誤差が生じるため、事前に潮位補正等も含めたにキャリブレーションが必要である。
- ・ 矢板を移動中に見失う場合があるため、途中に確認用のポール等を設置するなどの対応が必要である。
- ・ 海底地盤の水深を測定する場合、スラスターによって海底砂を巻き上げる場合があるため、海底地盤は堆積状況を確認して、水深は別途レッド測量等で測定する方が望ましい。
- ・ どの程度の濁りまで調査が可能か、事前に簡易的に判断する方法が望まれる。
- ・ 当該施設の鋼矢板は全て海中部であったが、水面より上の調査方法も課題となる。
- ・ 最低 2 人でも調査は可能だが、距離が長くなると、ケーブルを廻す補助員が必要である。

上記のような課題はあるものの、前日の雨による濁りが発生しているという悪条件の中で、水中ドローンで海中部の鋼矢板及び海底地盤の劣化状況、劣化度判定は把握できることがわかった。



劣化度 a: 腐食による開孔あり, 裏埋め材が流出している兆候がある。



劣化度 c: 発錆がある



劣化度 a: 腐食による開孔あり, 裏埋め材が流出している兆候がある。



劣化度 b: L.W.L. 付近に孔食あり, 膨れやかさぶたのような腐食あり



劣化度 a: 腐食による開孔あり, 裏埋め材が流出している兆候がある。



劣化度 a: 腐食による開孔あり

図-4.1 A 護岸の一般定期点検結果 (1 ブロック)

(2) B 護岸の調査結果

調査当日(H30.8.8)は晴れており、海水の透明度も良好であった。波や流れが強かったが、水中ドローンが波浪や潮流に流されることなく、調査にはほとんど影響がなかった。なお、調査時間は延長 90m に対して 1 時間程度であった。

護岸背後の陥没のあった直下の鋼矢板及び海底地盤の状況を図-4.2 に示す。これより、当該護岸にある護岸背後の陥没は、その直下の海底地盤が隆起して堆積していることから、この鋼矢板の 5cm×8cm 程度の貫通孔から、背後土砂が流出したものと見える。このように「水中ドローン」を用いれば、早急に原因の究明、その位置の確認ができることがわかった。図-4.3 に当該施設の簡易調査結果を示す。図に示すように吸出し箇所の他に、腐食による貫通孔は 6 箇所あったが、これらの箇所は海底地盤に堆積は見られず、土砂流出が発生しているかどうか、については確認できなかった。土砂流出の箇所の砂は粒径が揃った細砂であり、土砂流出は、単純に腐食した穴の大きさだけでなく、背後地盤の粒径にも関係していることが伺える。また、集中腐食が発生しやすい深度(水深-1.0m以浅)には、鋼矢板に腐食が多く見受けられた。それより以深は、鋼矢板の表面が確認できないほどの海藻が着いていたため、腐食しているかどうかは確認できなかった。

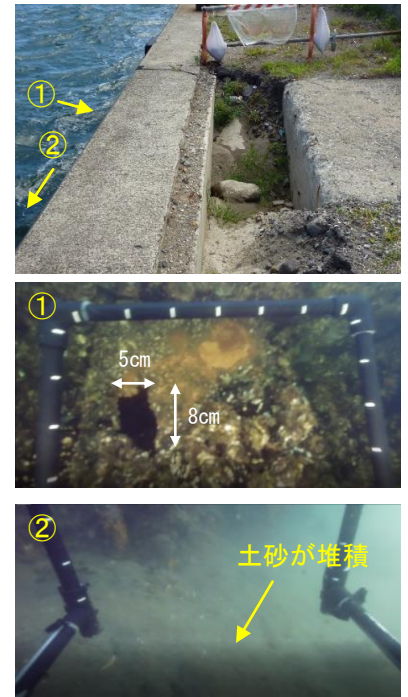


図-4.2 陥没直下の鋼矢板及び海底地盤の堆積状況

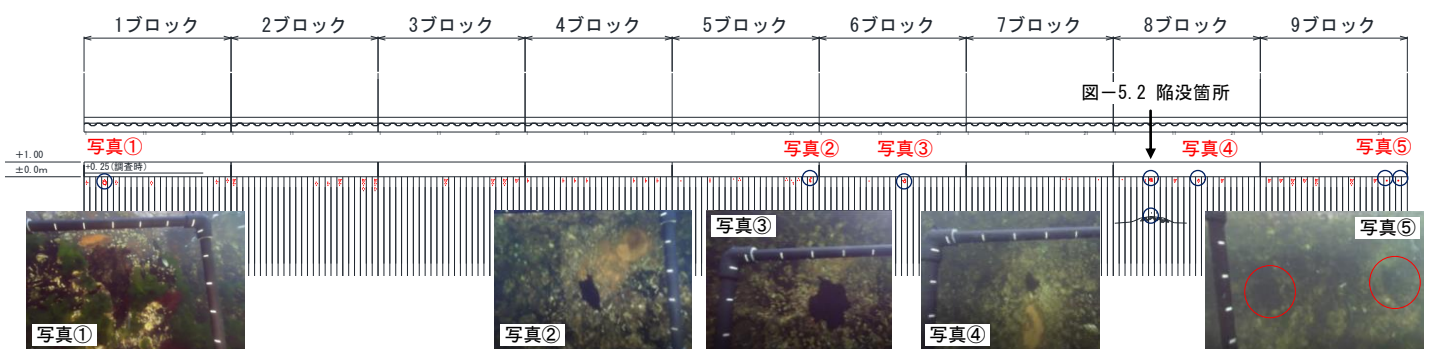


図-4.3 B 護岸の調査結果 (全長約 90m)

5. まとめ

本報告では、陸上からの操作で海中部を移動しながら調査することができる「水中ドローン」を使用して、海洋構造物の海中部の変状調査を実施した事例を紹介した。今回の調査では、課題はあるものの「水中ドローン」で海中部の海洋構造物の劣化状況や劣化度判定が把握することができるとわかった。

現在の国内の職業潜水士数は 3,300 人程度であるが、そのピークは 51-55 歳の年齢層で高齢化が進んでおり、20 年後には、現在の 3 分の 1 程度(1,000 人弱)にまで減少すると見込まれている(日本潜水協会)。これに対して、現在、ナローマルチビームや水中 3D スキャナーなどの調査方法によって海中部の変状を把握しようと技術開発が進んでいる。これらの技術に加えて「水中ドローン」もその長所を生かして、今後も海洋構造物の点検に貢献できればと考えている。

下水道施設のコンクリート劣化について

鳥取県コンクリート診断士会

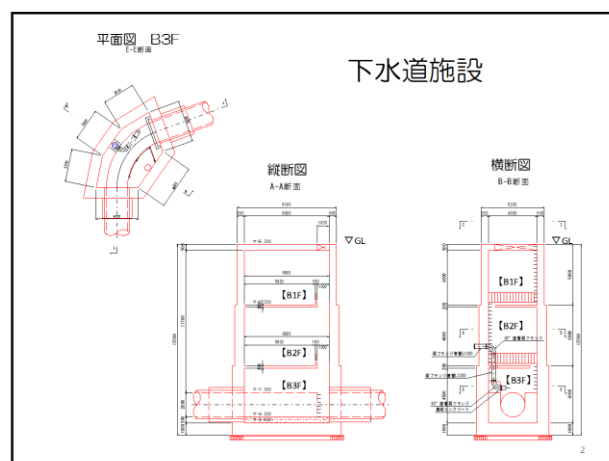
シンワ技研コンサルタント(株) ○橋本 健男

(要旨) 下水道施設のコンクリート腐食には硫黄が重要な役割を果たしている。動植物の食物連鎖、化石燃料の燃焼、降雨が関与する自然界の硫黄循環により、硫黄は様々な形で存在している。

下水道施設では硫酸イオンに起因する硫酸塩還元細菌および硫黄酸化細菌の代謝活動が卓越した場合にコンクリート腐食が発生する。稼働後 36 年経過した施設の腐食状態を調査した体験を近接写真を交えて報告する。

硫酸イオンによるコンクリート劣化メカニズム

- ①嫌気性状態の汚泥内で硫酸塩還元細菌による硫酸塩から硫化物 (H_2S , HS^- , S_2^{2-}) の生成
- ②液相から気相への H_2S (硫化水素) ガスの放散
- ③密閉内の内面の結露水中での好気性硫黄酸化細菌等による硫化水素から硫酸の生成
- ④硫酸とコンクリート中の成分との反応によるコンクリート表面での二水石膏やエトリンガイトの生成
- ⑤硫酸によるコンクリート表面 pH の低下に伴うエトリンガイトからの二水石膏の再生成
- ⑥pH1~2 の領域での二水石膏のパテ状化

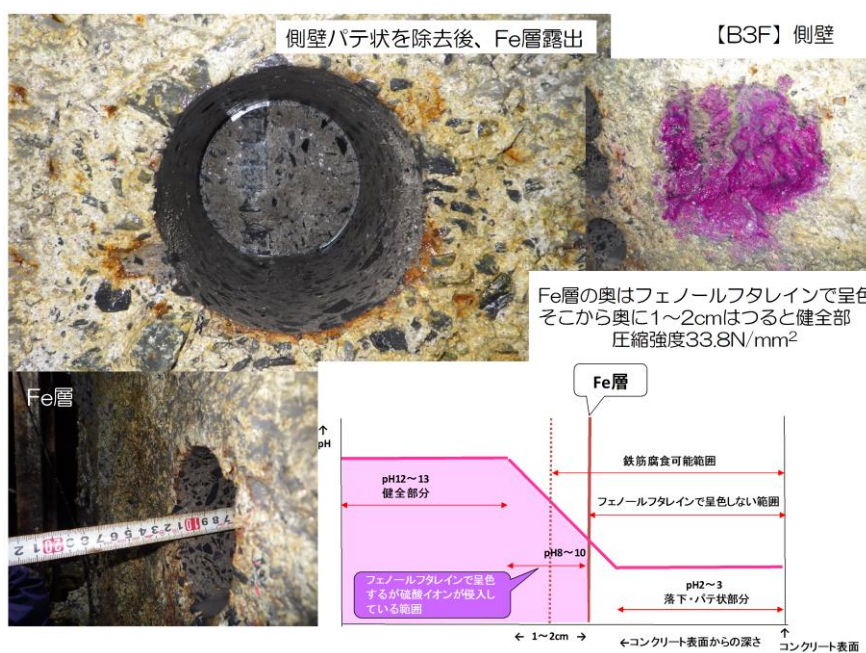


【B3F】



キーワード：下水道施設，化学的腐食，硫化水素，硫酸

連絡先：鳥取県米子市道笑町四丁目12-24 TEL：0859-34-2141 FAX：0859-33-2844



【B3F】床版下面





維持管理工事におけるCO₂排出量の算定例

東京 木村技術士事務所 木村 克彦

1. はじめに

維持管理段階における環境影響評価は、JIS Q13315-1, 2 のコンクリートおよびコンクリート構造物に関する環境マネジメントの一般原則およびシステム境界とイベントリーデータが明らかになった。このようにコンクリート構造物の維持管理に対する環境影響評価が可能になり、維持管理段階における環境負荷の主なものは、維持管理工事に伴う CO₂ の排出であるとしている。

一方、JIS Q13315-1, 2 を具体的に維持管理業務に適用した例はほとんどない。そこで、JISQ13315-2 を適用した維持管理工事について JIS Q13315-1, 2 に基づき CO₂ 等の排出例を試算したので報告する。

2. 維持管理段階の環境に関するシステム境界

維持管理段階におけるコンクリート構造物の使用のシステム境界は図-1 に示すように上流側はコンクリート構造物の施工、下流側はコンクリート構造物の最終段階である。そして、維持管理段階のシステム境界は、図-2 に示すように使用する資機材の運搬や資機材の使用に伴い発生する温室効果ガスに関するものが対象になる。ただし、廃棄物に関しては運搬までが対象で最終処分は含まない。

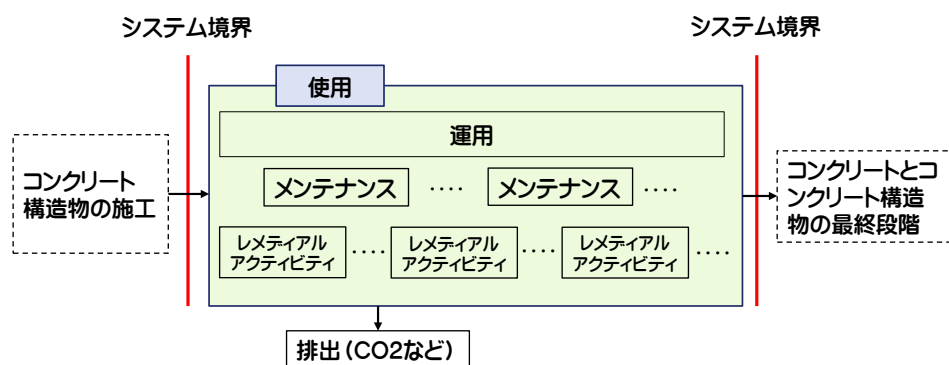


図-1 コンクリート構造物の仕様のシステム境界

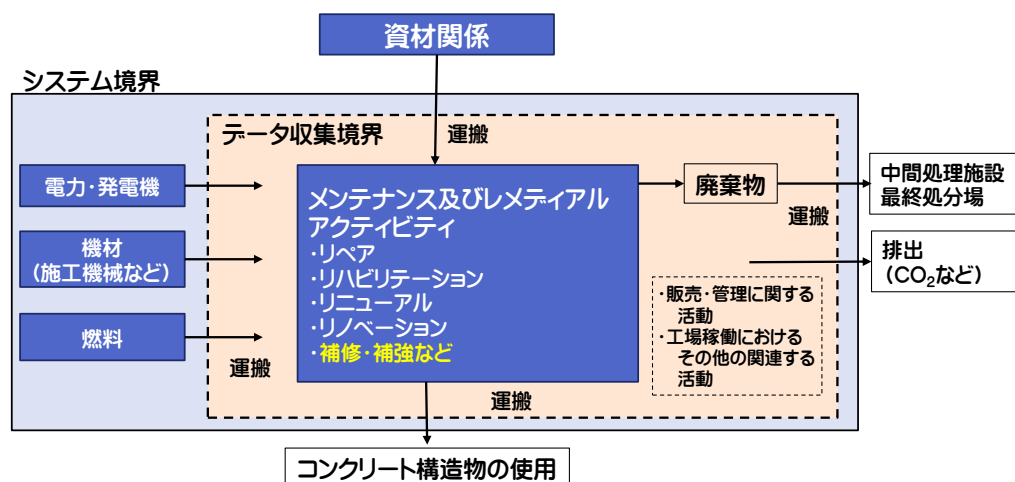


図-2 コンクリート構造物の維持管理段階での使用のシステム境界の詳細 [1]

3. 維持管理段階における環境影響評価の手順と必要なデータ

(1) 維持管理段階における CO₂ 排出量等の算定手順

新規工事の環境影響評価は各種の機関で実施されているが、維持管理における環境影響評価はまだ始まったばかりであるため新設工事に倣って行う。

維持管理段階における環境影響評価におけるCO₂排出量の算定手順は、①算定対象の設定、②算定条件の設定、③数量の算定、④CO₂排出原単位の選定、⑤CO₂排出量の算定の手順で行う。なお、CO₂以外の排出量の算定手順も同様である。

(2) CO₂ 排出量等の算定に必要なデータ

上記の CO₂ 等の算定を行うには、①施工数量、②資機材の運搬条件、③使用機材の使用燃料の種別と燃費、⑤施工工程（工事関係者の移動手段他も含む）、⑥CO₂ 等の排出原単位などのデータが必要である。

4. CO₂ 等の排出量の算定

CO₂ 等の排出量は、それぞれの工程で使用する燃料を算定して、それに CO₂ 等の排出原単位を掛けて求める。算定の対象とした構造物は、単純 PC プレテン床版橋で、橋長約 26m、幅員約 7m である。

(1) 橋梁の劣化状況と補修の要否

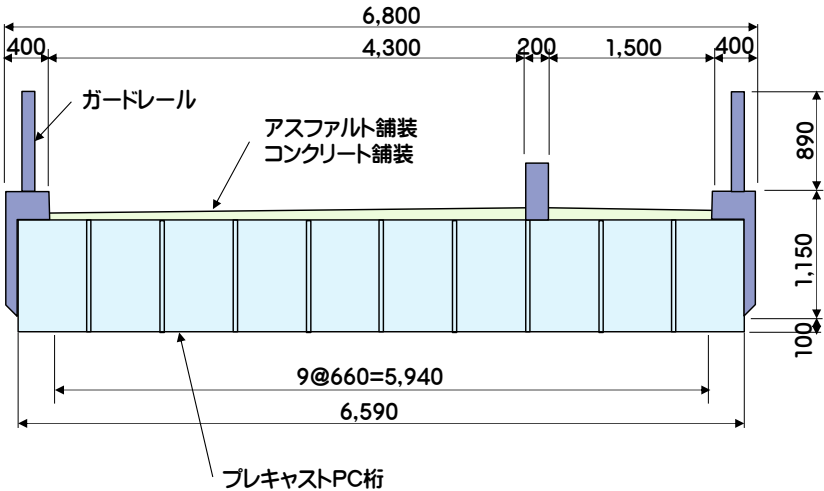
対象となる橋梁の劣化状況と補修の要否（補修が必要な項目のみ表示）を表－1 に示す。床版下面には、PC ホロー桁の間詰め部からの漏水とエフロレッセンスが認められる。

表－1 橋梁の劣化状況と補修の要否と補修方法

項目	劣化状況	補修の要否	補修方法
床版	漏水・エフロレッセンス，ひび割れ	補修が必要	橋面防水工，舗装打替工
伸縮装置	漏水・滞水他	補修が必要	伸縮装置取替工
防護柵	腐食・変形，高さ不足他	補修が必要	防護柵取替工
排水管・排水ます	腐食他	補修が必要	（床版に同じ）

(2) 補修工事の概要

本橋梁の補修工事の概要を表－1 および図－3 に示す。表－1 に示したように劣化状況から補修は、橋面の水に関係するもので、主な項目は橋面防水工，伸縮装置，防護柵および排水管等の取替である。



図－3 対象の橋梁断面

(3) CO₂ 算定条件

補修工事における CO₂ 算定条件として、施工数量を表－2、使用機材と運搬条件を表－3、主な使用機材の使用燃料の種別および燃費を表－4 に示す。これらの条件で CO₂ 排出量を算定した。

施工工程は、準備工；2 週間、補修工；約 4 週間、片付け工；約 1 週間とした。運搬条件は、原則 60km とし、作業員の移動と資材の運搬は 40km、廃棄物の運搬は 120km、生コンの運搬は 30km とした。燃費は、愛知県建設部；積算基準及び歩掛り表（その 2）H22 年 10 月 1 日改定などを参考に設定した。

表－2 施工数量概要

工種	名称・規格	単位	数量
舗装撤去工	路面切削	m ²	153
	殻運搬(路面切削)	m ²	10
橋面防水工	シート系防水	m ²	99
	塗膜系防水	m ²	39
	排水用導水管	式	1
	殻運搬 コンクリート構造物とりこわし コンクリート廃材処理	m ³	1
	コンクリート工	式	1
舗装工	基層(車道・路肩部) 密粒度アスコン	m ²	177
	区画線設置	m	51
伸縮装置補修工	伸縮継手装置設置工	m	10
防護柵補修工	防護柵撤去工	m	52
	防護柵設置工他	m	53
縁石補修工		式	1

表－3 使用機材と運搬条件

資機材名	機材の運搬距離 (km)※	運搬条件
路面切削機ホイール式・廃材積込装置付	60	トレーラ使用
路面清掃車ブラシ式・ホッパ 容量 1.5m ³ ・四輪式	60	自走
アスファルトフィニッシャーホイール型・舗装幅 2.4～6.0m 他	60	トレーラ使用
タイヤローラ、普通型・質量 8～20t 他	60	トレーラ使用
振動ローラ(舗装用) ハンドガイド式・質量 0.5～0.6t 他	60	ダンプトラック積載質量 4 t ダンプ
トラッククレーン (油圧ジブ型 16t 吊り)	60	車庫～現場
作業員他移動用ライトバン	40	会社事務所～現場
廃棄物 (アスファルトおよびコンクリート殻)	120	車庫～現場～廃棄場～車庫 10t ダンプ
アスファルト	60	プラント～現場, 10t ダンプ
生コンクリート	30	プラント～現場, アジテーター
その他資材	40	事務所～現場, 2t ダンプ

表－4 主な使用機材の使用燃料の種別および燃費

施工機械等名	燃料種別	燃費	単位	備考
路面切削機ホイール式・廃材積込装置付	軽油	242	ℓ/d	※1
路面清掃車ブラシ式・ホッパ容量 1.5m³・四輪式	軽油	38	ℓ/d	※2
路面切削機輸送トレーラ、積載質量 10t 積級	軽油	3.5	km/ℓ	10t 積級 D と同じ
アスファルトフィニッシュホイール型・舗装幅 2.4～6.0m	軽油	62	ℓ/d	※1
タイヤローラ、普通型・質量 8～20t	軽油	41	ℓ/d	※1
振動ローラ搭乗式 コンパインド型 3～4t	軽油	15	ℓ/d	※1
振動ローラ(舗装用) ハンドガイド式・質量 0.5～0.6t	軽油	2.0	ℓ/hr	※1
振動コンパクタ 前進型・質量 40～60kg	軽油	3.0	ℓ/hr	※1
タンポトラックオンロード・ディーゼル・積載質量 10t 積級	軽油	3.5	km/ℓ	※3
アジテータ車	軽油	2.2	km/ℓ	20t 積級 D と同じ※3
トラッククレーン（油圧ジブ型 16t 吊り）	軽油	3.5	km/ℓ	10t 積級 D と同じ※3
油圧ニーダ架装車	軽油	5.5	km/ℓ	4t 積級 D と同じ※3
発電機 50KVA	軽油	6.4	ℓ/hr	※4
作業員他移動用ライトバン	ガソリン	10.0	km/ℓ	筆者が設定

注) ※1：積算基準及び歩掛り表（その 2）H22 年 10 月 1 日改定，愛知県建設部より

※2：土木工事標準積算基準[Ⅱ]（道路・公園・市場単価）H29 年 5 月 1 日一部改訂，福島県土木部より

※3：2004 年度経済産業省委託調査 2004 年度環境調和型ロジスティクス調査報告書，2005 年 3 月，（社）日本ロジスティクスシステム協会

※4：レンタルのアクティオ，燃料消費量一覧表，HP より

(4) CO₂ 排出原単位の選定

インプットに関するものには，直接インプットと間接インプットがあり，直接インプットには，①材料として使用される枯渇性天然資源，②材料として使用される副産物由来資源又は廃棄物由来資源，③使用される工業製品，④使用される化石燃料（施工機械の燃料など），⑤使用される自家発電用燃料（現場における発電機など），間接インプットには，⑥使用される燃料，⑦第三者による運搬において使用される燃料（作業員の移動など）がある。

アウトプットに関するものも同様に，直接アウトプットには，①発生する個体廃棄物（切削したアスファルト廃棄物など），②化石燃料の燃焼によるアウトプット（施工機械の燃料など），間接アウトプットには，③使用される燃料の燃焼によるアウトプット，④第三者による運搬において使用される燃料の燃焼によるアウトプット（作業員の移動など）がある。

上記に関係する工事で使用する燃料による CO₂ 排出原単位を表-5 に示す。

表-5 工事に伴い使用する燃料による CO₂ 排出

材料名	単位	CO ₂ 排出原単位	出典
軽油	kg-CO ₂ /*	2.58	温室効果ガス総排出量算定方法 ガイドライン H27.4 環境省
ガソリン	kg-CO ₂ /*	2.32	

(5) CO₂ 排出量の算定

それぞれの工程における CO₂ 排出量を算定する。一例として、舗装撤去工、舗装工および橋面防水工の算定結果を表－6～表－8 に示す。他の工程についても同様に排出ガスを算定し、これらを合計すれば維持管理に関わる工事の環境負荷が求められる。

表－6 舗装撤去工の CO₂ 排出量の算定例

名称・規格	種別	数量	単位	CO ₂ 排出原単位 (kg-CO ₂ /*)	CO ₂ 排出量 (kg-CO ₂)
路面切削 全面切削 (車道部分)	軽油	106.1	ℓ	2.58	273.8
路面切削 全面切削 (歩道部分)	軽油	35.0	ℓ	2.58	90.3
殻運搬(路面切削)	軽油	68.6	ℓ	2.58	176.9
作業員移動	ガソリン	12.0	ℓ	2.32	27.9
計					568.9

注) 廃材処理 As 殻は、処理場までの運搬が対象で、処理は対象外

表－7 橋面防水工の CO₂ 排出量の算定例

名称・規格	種別	数量	単位	CO ₂ 排出量 (kg-CO ₂ /*)	CO ₂ 排出量 (kg-CO ₂)
防水工材料運搬	軽油	10.0	ℓ	2.58	25.8
殻運搬コンクリート(無筋・鉄筋)構造物とりこわし 人力積込	軽油	15.0	ℓ	2.58	38.7
コンクリート打込み	軽油	32.8	ℓ	2.58	84.7
型枠工(小型構造物)	軽油	5.0	ℓ	2.58	12.9
作業員移動	G	8.0	ℓ	2.32	18.6
計					180.7

表－8 橋面防水工の CO₂ 排出量の算定例

名称・規格	種別	数量	単位	CO ₂ 排出量 (kg-CO ₂ /*)	CO ₂ 排出量 (kg-CO ₂)
基層(車道・路肩部)1 回目転圧 密粒度アスコン	軽油	170.8	ℓ	2.58	440.6
基層(車道・路肩部)2 回目転圧 密粒度アスコン	軽油	39.1	ℓ	2.58	100.9
表層(歩道部) 再生密粒度アスコン タックコート PK-4	軽油	71.2	ℓ	2.58	183.7
区画線設置 溶融式手動	軽油	17.2	ℓ	2.58	44.3
作業員移動	G	8.0	ℓ	2.32	18.6
計					788.1

補修工事における CO₂ 排出量および CO₂ 以外の温室効果ガスの排出量の一覧を表－9～表－10 に示す。本工事では、CO₂ 排出量は 2,502kg-CO₂ と少ないが、本工事のような小工事数は多く、維持管理工事としての CO₂ 排出量は多くなる。すなわち、維持管理工事においてサステイナビリティの面から環境負荷を小さくするには可能な限り CO₂ 排出量を少なくする必要がある。さらに、工事のみではなく、コンクリート構造物を長寿命化することによる CO₂ 排出量の削減も対象にして検討する必要がある。

表－9 本工事における CO₂ 排出量

工種	数量	CO ₂ 排出量 (kg-CO ₂)	運搬が占める CO ₂ 発生量の比率
準備工	1.0 式	46.4	
舗装撤去工	1.0 式	568.9	約 60%
橋面防水工	1.0 式	180.7	約 70%
舗装工	1.0 式	788.1	約 45%
伸縮装置補修工	1.0 式	215.2	約 50%
防護柵補修工他	1.0 式	721.4	約 65%
後片付け工	1.0 式	27.8	
計		2,502	

表-10 本工事における CO₂ 以外の温室効果ガスの排出量

対象	燃料消費量 or 走行距離	対象ガス	排出係数 (kg/*)	排出量 (kg)
発電機他 ^{※1} 軽油	452.4ℓ	CH ₄ ^{※2}	6.0*10 ⁻⁵	0.027
		N ₂ O	6.4*10 ⁻⁵	0.029
ガソリン 普通貨物車	1,400km	CH ₄	3.5*10 ⁻⁵	0.049
		N ₂ O	3.9*10 ⁻⁵	0.055
ディーゼル普通貨物車	2,470km	CH ₄	1.5*10 ⁻⁵	0.037
		N ₂ O	1.4*10 ⁻⁵	0.035
	合計	CH ₄		0.113
		N ₂ O		0.118

注) ※1 ; 使用する重機はこれを適用する

※2 ; 排出係数が与えられていないので N₂O の 0.9 倍とした

5. まとめ

本報告では、維持管理段階の補修工事における環境に対する影響として JIS Q13315-1, 2 に基づき試算した CO₂ 排出量について報告した。

これらの結果より、どの工種が、またそれぞれの工種の中でどの作業の環境負荷が大きいかについて明らかにした。本工事では、機材の運搬に伴う CO₂ 排出量が比較的多いことから如何に資機材を効率よく運搬するかが環境負荷を軽減できると考えられる。このように環境負荷に対する具体的な数字があれば、施工現場での対応も可能になる。また、補修設計段階で工種毎の環境負荷の概算を試算しておけば、どの工種について工夫すれば環境への負荷が軽減できるかが分かり環境負荷の小さい設計が可能になり、このことを考慮した施工法や材料選定などを行うことができる。さらに、維持管理がやりやすく長寿命の構造物の設計を当初からしておくことが重要であることは言うまでもない。このようにそれぞれの立場で環境負荷について考えることにより、全体として維持管理段階での環境負荷の軽減に貢献できると考えられる。

<参考・引用文献>

- [1] 日本規格協会：コンクリート及びコンクリート構造物に関する環境マネジメントー第2 部：システム境界及びインベントリデータ, JIS Q 13315-2 : 2017を参考に作成

衝撃弾性波法における排水樋門柱部補修後の健全性評価

(一社) 熊本県コンクリート診断士会 勇 秀忠

1. はじめに

熊本地震（平成 28 年 4 月）において出水排水樋門（写真 1・2 参照：昭和 62 年 3 月竣工）の柱部にひび割れ（一部剥離）が発生した。そのひび割れ等に対して、断面修復工、ひび割れ注入工、ひび割れ充填工及び表面被覆工などが施工された。補修（施工完了）した柱部内部状態の健全性の確認方法案の相談があった。発注者は、コア採取による柱部の健全性の確認は実施したくないという見解であった。そこで衝撃弾性波法（iTECS 法）のコンクリート内部の欠陥探査法による柱部補修後の健全性の確認を提案。その測定結果と健全性評価を以下に報告するものである。



写真-1 位置図（出水排水樋門）



写真-2 排水樋門全景

2. 施工実施（概要）

樋門柱部補修の施工順序として、柱部の一部破損（コンクリートが剥離・剥落）箇所を研り、①断面修復工で補修し、次に②ひび割れ箇所を注入工法にて注入後③ひび割れ充填工、最後に④コンクリート表面被覆工にて完了するものであった。その施工概要写真等を以下に示す。

① 断面修復工



写真-3 研り完了



写真-4 プライマー塗布

キーワード：衝撃弾性波法、内部欠陥探査法、伝搬時間差法

連絡先：熊本県熊本市北区改寄町2141-1 TEL：096-272-7711 FAX：096-272-7770



写真-5 モルタル充填状況



写真-6 モルタル充填完了



圧縮強度（平均） $\sigma_{28}=60.9 \text{ N/mm}^2$

>48.0N/mm² OK

① ひび割れ注入工



写真-7 注入状況



写真-8 注入完了

② ひび割れ充填工



写真-9 充填状況



写真-10 充填完了

③ 表面被覆工



写真-11 プライマー塗布完了



写真-12 中塗り完了



写真-13 上塗り完了

中塗り：付着強度 2.45 N/mm^2 （平均）・上塗り $3.32 \text{ N/mm}^2 > 1.5 \text{ N/mm}^2$ 以上・・・OK

3.コンクリート内部の欠陥探査方法

3-1 柱部測定用罫書き及び測定要領（罫書きピッチは@100mm格子）



写真-14 柱部罫書き

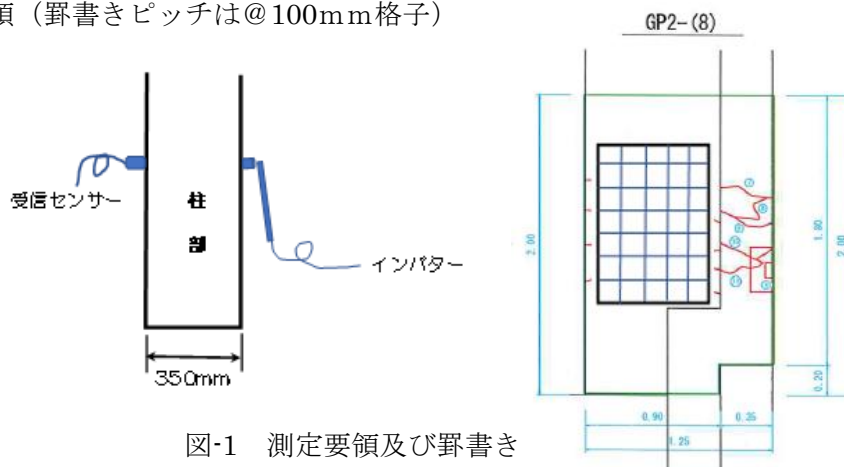


図-1 測定要領及び罫書き

※ 測定要領：未補修箇所及び補修済み個所に左右面（同一高さ）に罫書きを行う。尚、ピッチは 100mm とした。受信センサーとインパクターは左右どちらでもいい。同一高さに受信センサーをセットして、対向面からインパクターで打撃する。

3-2 透過伝搬時間差法

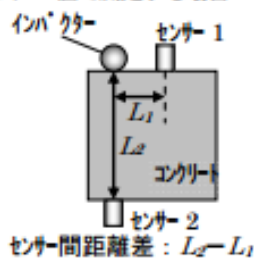
構造体（調査箇所）測定点において、弾性波の入力点（インパクター）、受信点（センサー）を異なる面として、コンクリートの内部を透過した弾性波の伝播時間差を測定する透過伝播時間差法を利用する。（試験

03 コンクリートの内部の欠陥探査方法：：（一社）iTECS技術協会）

以下に概略図を示す。

Ⅱ) 透過伝搬時間差法

i) 受信センサ-2個で測定する場合



ii) インパルスマーと受信センサ-1個で測定する場合

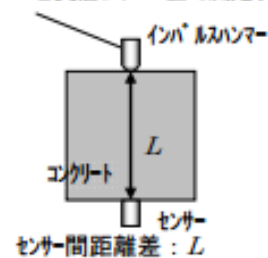


図-2 測定要領

3-3 弾性波透過時間差法

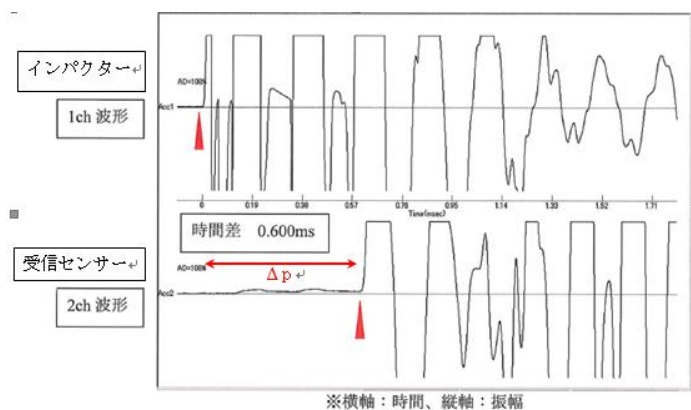


図-3 測定波形図例

「弾性波の伝播経路（躯体厚）」÷「インパクターとセンサーの到達時間差」＝内部透過速度 V_p (m/s) となる。

3-4 内部透過速度測定

未補修部と補修部の内部透過速度測定

① 未補修部

表-1 未補修部測定結果

測定箇所			平均	判定基準	
1	2	3		下限値	上限値
4056	4214	4101	4124	3918	4330

上限値＝（平均値）× 1.05

下限値＝（平均値）× 0.95

NO.1

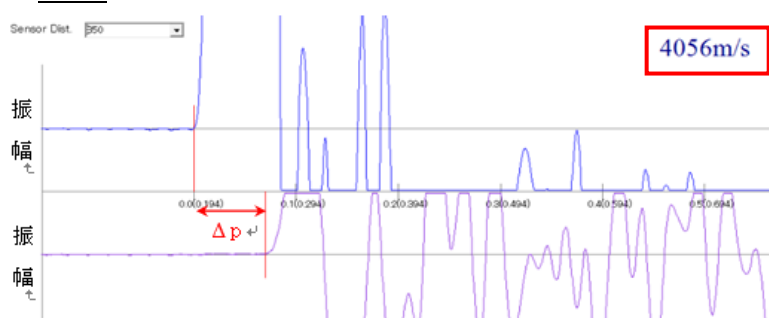


図-4 測定波形図

②補修部

表-2 補修部測定結果

測定箇所			平均	判定基準	
1	2	3		下限値	上限値
4475	4583	4614	4557	4329	4785

上限値＝（平均値）× 1.05

下限値＝（平均値）× 0.95

NO.3

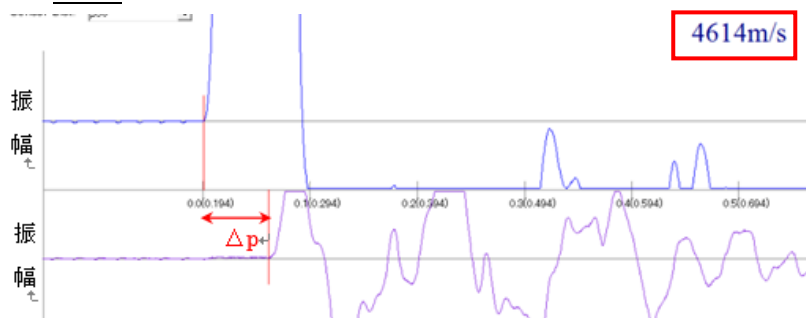


図-5 測定波形図

内部透過速度測定箇所

右からNO.1 NO.2 NO.3

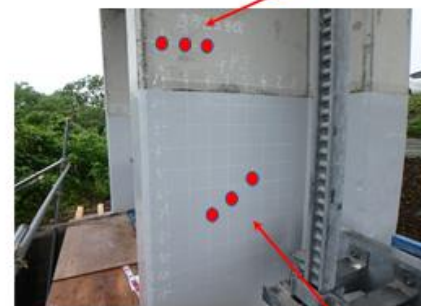


写真-15 透過速度測定位置



写真-16 インパクター打撃



写真-17 受信センサー

4 測定結果

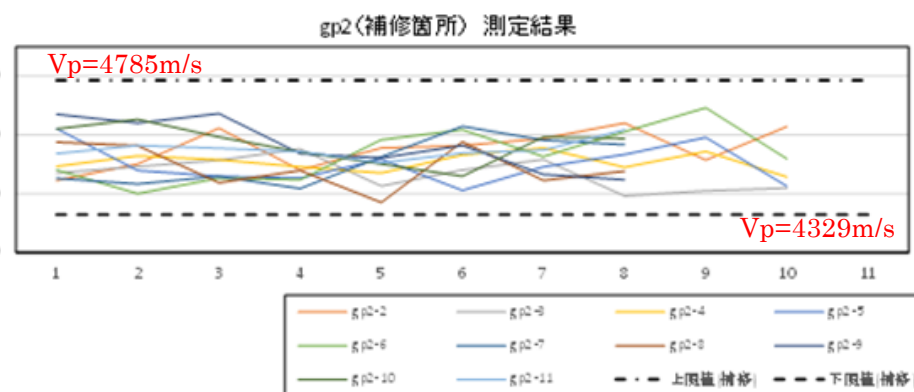
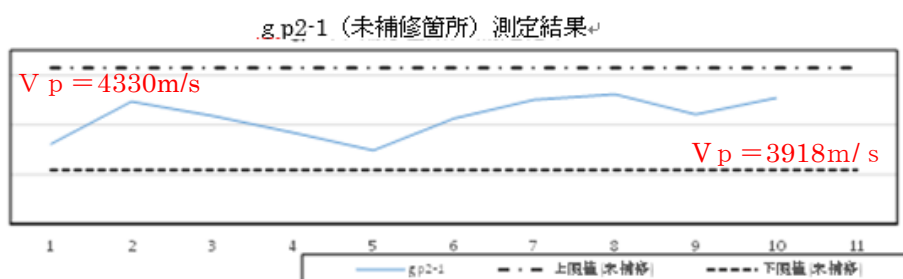
4-1 測定結果及び許容値

未補修箇所と補修箇所の内部透過伝搬速度の 5 % を許容値（1.05、0.95）とした。

Gp2-1は未補修部、Gp2-2～Gp2-11は補修部である。

表-3 測定結果一覧表 (gp2-1: 未補修部 他補修部)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
gp2-1	4023	4194	4137	4069	3997	4126	4201	4223	4142	4209	
gp2-2	4445	4501	4623	4480	4555	4563	4588	4640	4514	4628	
gp2-3	4470	4492	4513	4552	4426	4480	4516	4392	4409	4419	
gp2-4	4493	4528	4515	4491	4470	4531	4555	4490	4543	4457	
gp2-5	4621	4479	4459	4453	4517	4411	4491	4533	4591	4425	
gp2-6	4480	4400	4453	4447	4583	4617	4526	4611	4692	4518	
gp2-7	4452	4433	4459	4417	4525	4629	4582	4566			
gp2-8	4575	4563	4437	4479	4370	4576	4445	4476			
gp2-9	4670	4640	4672	4536	4521	4564	4465	4447			
gp2-10	4620	4653	4593	4542	4501	4459	4593	4588			
gp2-11	4536	4564	4554	4543	4505	4538	4548	4617			



Gp2-1-3 測手波形

図-6 測定結果図

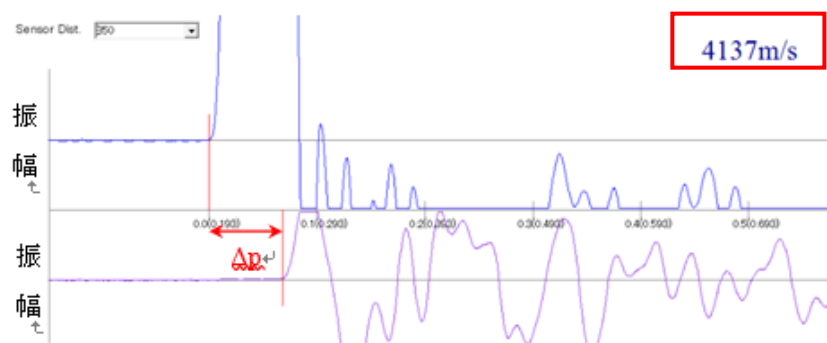


図-7 測定波形図

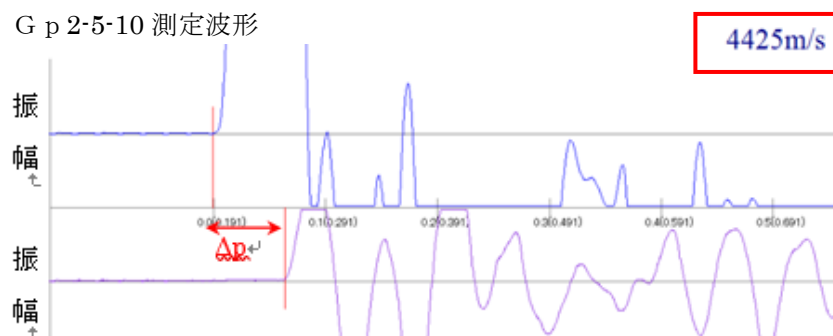


図-8 測定波形図

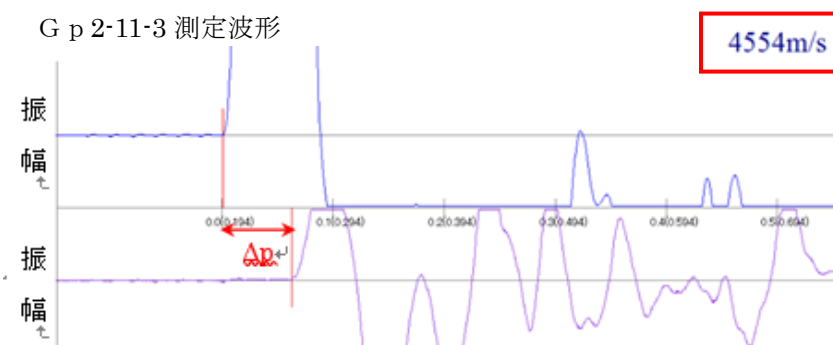


図-9 測定波形図

5. 推定圧縮強度

柱全体（3柱）の補修部の透過弾性波速度 4344m/s（表面弾性波速度 1.05 で除）した値 90%とすると $V_p = 3910\text{m/s}$ 得る。回帰式に代入する。

$\sigma_{ck} = 6.3 \times 10^{-18} \times V_p^{5.2} = 30\text{N/mm}^2$ となり、躯体（柱部）強度は問題ないと評価した。

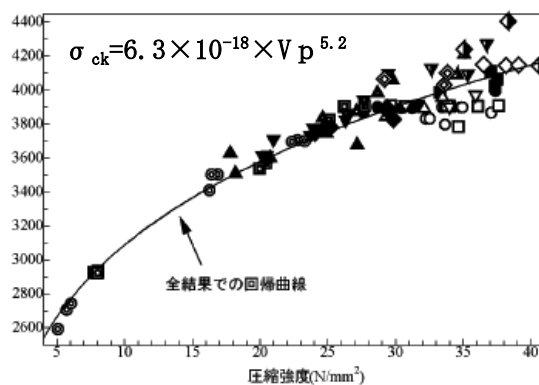


図-10 土木研究所参考式

6. まとめ

今回、柱部コンクリートの剥離箇所モルタル断面修復、ひび割れ注入とひび割れ充填及びコンクリート表面被覆などの施工後の柱部内部欠陥探査（透過伝搬時間差法）を実施して未補修部・補修部（注入・充填後の表面被覆など）の内部透過伝搬速度を測定した結果、許容値（平均値±5%）にすべて収まったことから内部の健全性は問題ないと結論づけた。

この測定から、未補修部の内部透過伝搬速度と補修部の内部透過伝搬速度が 400m/s ほど異なる測定結果となった。今後もこのような補修後の測定データの蓄積を試みると同時に可能であれば未補修部と補修部のコアを採取してその内部状態の検証を実施したい。