

一般社団法人 日本コンクリート診断士会

JCD2021 年次発表会

第4回保有技術発表および第8回業務体験発表 報文集

令和3年11月12日

宮崎県 ホテルメリージュ

(宮崎県宮崎市橘通東3丁目1-11)

主催：(社) 日本コンクリート診断士会

共催：宮崎県コンクリート診断士会

目 次

	頁
1. 保有技術発表	1
1) 高周波衝撃弾性波法の開発と適用性について	2
塩月 隆久：(株)第一テクノコンサルタンツ	
2) 低弾性ラテックス改質超速硬コンクリート CPJ-L を用いた道路橋床版の長寿命化	8
○郭 度連：ショーボンド建設株式会社	
関根 弘貴	
新野 弘行	
内藤 佳織	
3) コンクリート補修補強関連工事への粘着テープせこたん TM シリーズの適用について	14
○市村 周二：ニチバン (株)	
大場 春樹	
4) メンテナンスフリーのコンクリート	18
中村 聖二※：新東産業(株)	
2. 業務体験発表	24
5) ICT を活用した曲面形状のコンクリート構造物（固定堰）の改修事例	25
○菊川 雅司（石川）	
本田 忠大	
古川 博人（代理発表）	
6) ASR 劣化橋梁の補修設計総括（見内橋補修工事後の現状報告）	29
奥村 智洋（鳥取）	
7) 非破壊検査法によるグラウト充填調査	35
森山 繁行（大分）	
8) 新幹線高架橋におけるプレキャスト化事例	39
○山口 訓久（福井）	
永山 俊守	
根守 信	
堂下 泰宏	
9) 2021 年度 JCI 年次大会「コンクリート構造物診断セミナー」について報告	45
竹内 祥一（東海）	
10) 建造後 82 年経過した土木遺産「旧神戸堰」のコンクリート	51
金村 誠※（島根）	

注記) ※Web 発表

本年次大会は、技術部会（部会長：奥村智洋，副部会長：古川博人・内川善生）が担当しました。

○印：発表者、氏名の後の（ ）内は所属する地区診断士会名である。

1. 保有技術発表

高周波衝撃弾性波法の開発と適用性について

宮崎県 (株)第一テクノコンサルタンツ 賛助会員 塩月隆久

1. はじめに

近年、構造物の維持更新のために損傷等の状態調査の技術向上が求められている。本技術は、地震被害調査を契機として、従来のフーチングまたは橋台、橋脚の上から調査が困難であった基礎杭の損傷度調査などを可能とすることを目的として開発された高周波衝撃弾性波法による非破壊調査技術である。開発の経緯、本技術の概要等を述べた後に、本調査方法の適応性について特に熊本地震調査事例で得られた知見、調査精度について述べる。

2. 開発の趣旨および目標

新設、既設構造物において地盤の不同沈下、側方流動等によって基礎構造物に亀裂などの損傷が生じることがある。これらの被害の復旧対策を講じる場合、多くの情報を得るための調査が必要である。しかし、基礎構造物は地下にあり、被害箇所を直接確認することは通常困難である。たとえば、阪神淡路大震災において杭、ケーソン等のコンクリート基礎構造物に多くの被害が生じたが、被害を直接確認することは容易でなかった。このため、非破壊調査あるいは掘削などの調査が行われたが、それぞれ利点と欠点があった。本法は主にコンクリート構造物を対象として内部にある微細な亀裂位置あるいは先端部位置の調査、また、フーチング等の他の構造物を介在する場合の上記の調査が可能な非破壊調査技術の開発を目的にした。

3. 本法の概要

(1) 従来技術の問題点

構造物内部の損傷を調査する場合、ボーリング孔を利用したボアホールカメラなどの他に、簡便さなどの理由から非破壊調査が用いられる。基礎杭等の根入れの深い場合、衝撃弾性波法が用いられる。しかし、この方法は新設杭の施工管理のために開発されたものであり、断面欠損など比較的大きな損傷の調査に適している反面、地震被害のような小さな亀裂あるいは構造が複雑になった場合には、表面波と端部、損傷部からの反射波とが混在して判別できなくなるなど、その適用範囲が限られてくる。

(2) 理論的背景

波の周波数の大きさと不連続面の動的剛性及び幅の組み合わせによって不連続面での伝播特性が変化し、不連続面の幅の大きさによって、通過・反射する波が周波数で選択されると考えられる。これによると、亀裂幅が数ミリ程度のような損傷の調査には高い周波数による検知が必要であり、衝撃弾性波法で扱うような低い周波数（2～4kHz以下）の波では亀裂を通過してほとんど反射せず検知が困難であることになる。

本技術は以上のことを理論的背景とし、得られる反射波の高周波数成分を本技術の持つ機能により抽出し微細な亀裂位置を検知することを可能にした技術である。ここに、図-1にフーチングを介在した亀裂を有するモデルコンクリート杭を対象とした、本法と加速度センサーを用いた波形図の比較を示す。加速度センサーと比較して本法が明確に亀裂位置と杭先端部位置を検知できていることが分かる。

(3) 本法の概要

本法は発振（トリガー）に従来衝撃弾性波法と同じ衝撃波を用いるが、高周波成分を多く発生するために高硬度の鋼製ハンマーを用いる。また、受振（受振子）には共振周波数が高周波数範囲にある圧電センサーを用いる。圧電センサーにより入力した波形はフィルターをかけることにより、亀裂で最も卓越した反射波を受振することができる。高周波数成分を用いた衝撃弾性波法である。従来の衝撃弾性波法と超音波法の特

キーワード 非破壊試験, 衝撃弾性波法, IT 試験, 基礎杭調査, 地震被害調査, 構造物損傷度調査

連絡先 〒882-0856 宮崎県延岡市出北 1-26-26 (株)第一テクノコンサルタンツ TEL0982-34-2411 FAX0982-34-2527

徴を併せ持ったコンクリート内部の亀裂等を調査する非破壊調査法である。材料内を伝播する弾性波（応力波）の持つ「周波数選択特性」及び高周波数の高い指向性を利用した技術である。

(4) 既存技術との比較

本法と他の調査方法との対比を表-1に示す。

(5) 本法の構成

調査に必要な機器は、小型受信センサー（φ1cm、高さ4cm）、手ハンマー及びポータブル計測器（35cm*22cm*10cm、重量2.5kg）に構成される。発信側に従来の衝撃弾性波法と同じハンマーによる打撃を用い、受信側には高周波数域の共振周波数をもつ圧電センサーを用いている（写真-1）。このシステムにより高い指向性と明確な振幅の反射波形を得ることができる¹⁾。たとえば、フーチングまたは橋台の天端に測点を設け調査を行った場合、その下の基礎杭の亀裂など損傷位置（深度）を、得られた反射波の伝播時間（ Δt (ms)）および弾性波速度（ V_p (km/sec)）から検知することが可能となる（図-2）²⁾。

(6) 本法の効果

①調査対象はコンクリート、鋼材等土木構造物のほか岩盤、転石である。②構造物の大きさ等の形状寸法調査及び微細な亀裂（亀裂幅0.2ミリ以上）を検知する損傷度調査も可能である。③調査可能な深度はコンクリート構造物の場合、0.6m～100mであり、鋼材は160mの実績がある。④調査機器の設置が容易なため広範囲の調査ポイントを短時間で調査が可能となる。

5. 適用範囲および調査事例

調査対象によって3つのカテゴリー（コンクリート構造物、鋼構造物、転石・岩盤）に分かれ、また、調査目的によって2つのカテゴリー（形状寸法（深度）調査、損傷度調査）に分類される。

(1) 適用現場調査結果その1

熊本地震で被害を受けた建物基礎杭PHC杭φ600深度25.6m（杭長24.3m+フーチング高さ1.3m）の損傷状態を、高周波衝撃弾性波法を用いて調査した。測点は対象杭のほぼ真上のフーチング天端に設け調査した。調査の結果、杭先端部、複数の損傷（亀裂）およびフーチング下端と推測する反射波を得ることができた。その後、杭頭付近を掘削して目視で杭の損傷を確認した。その結果、フーチング下端と杭頭部接合部分の損傷および杭頭付近（フーチング下端から深度1.0m）の縦方向の亀裂（長さ0.6m、開口幅1cm、段差1cm）が確認できた。本調査結果の反射波の深度とほぼ一致することが分かった。図-3の杭断面図に掘削で確認された損傷位置と本調査法の反射波の位置を示す。また、図-4に得られた波形図を示す。写真-2に掘削した杭の状態を示す。

(2) 適用現場調査結果その2

同じく地震被害を受けた橋梁橋台の基礎杭φ2000深度12.9m（杭長11.0m+フーチング高さ1.9m）の損傷状態を、高周波衝撃弾性波法を用いて調査した。測点は対象杭のほぼ真上のフーチング天端に、対角する位置に2点設けた（測点No.3, No.4）。調査の結果、杭先端部および複数の損傷（亀裂）と推測する反射波を得ることができた。その後、調査杭を対象にしたボーリングボアホールカメラ調査の結果と比較する機会が得られた。図-5に橋台基礎杭断面図に得られた反射波位置と深度を示す。表-2はボアホールカメラ結果亀裂位置（深度A）と反射波深度Bの比較を示した。表中に、ボアホールカメラ結果の亀裂箇所とこれに対応した（合致した）反射波箇所の数と検知率71.4%を、また、両者の誤差（B/A）0.91～1.10であった。

(3) 考察

上述の適用現場その1では亀裂開口幅が大きく（1cm）縦方向のせん断破壊である。また、適用現場その2は亀裂開口幅0.3mm程度である。これらの損傷の程度、形態が異なるケースにおいて高周波衝撃弾性波法はそれぞれ概ね損傷を検知できたと考える。

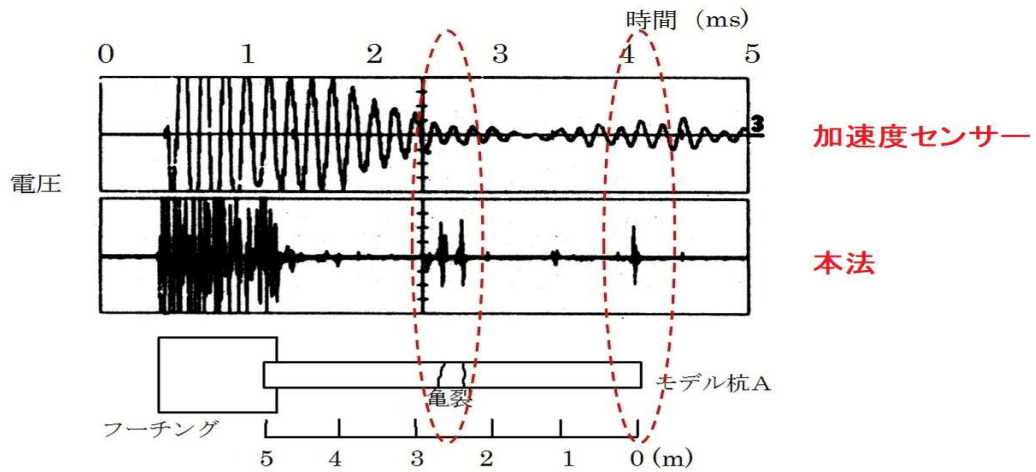


図-1 加速度センサーと本法の波形図の比較

表-1 既存非破壊調査方法との比較

試験方法の種類	本 法	衝撃弾性波法	超音波法	電磁波法
使用伝播波	音波, 0.2kHz~1000kHz	音波, 2~4kHz	音波, 20kHz以上	音波, 10 ² MHz~10 ⁶ MHz
測定内容	衝撃波(主に高周波)の反射波の走行時間の測定	衝撃波の反射波の伝播速度および波形の測定	超音波パルスの伝播速度および波形の測定	電磁パルスの測定
探査対象	<ul style="list-style-type: none"> ・微細な亀裂の位置を探知 ・杭の根入れ長などの構造物の寸法の推定 	<ul style="list-style-type: none"> ・杭の根入れ深さ ・断面欠損など比較的大きな損傷 	<ul style="list-style-type: none"> ・コンクリート強度推定 ・ひび割れ深さ検査 ・内部欠損 	<ul style="list-style-type: none"> ・空洞など比較的大きな損傷(トンネル背面空洞調査など) ・鉄筋の位置(かぶり, ビッチなど)検査
適用範囲(測定限界)	<ul style="list-style-type: none"> ・コンクリート構造物65m(実績), 鋼管160m(実績) 	<ul style="list-style-type: none"> ・約20mまで 	<ul style="list-style-type: none"> ・表面ひび割れ深さ程度 ・構造物の形状等により適用が制限される 	<ul style="list-style-type: none"> ・コンクリート厚さ20cm程度 ・トンネル背面1m程度
その他	<ul style="list-style-type: none"> ・単杭, 群杭とも探査が可能 ・他の構造物が介在する場合でも探査が可能 	<ul style="list-style-type: none"> ・単杭の質量検査用 ・他の構造物が介在する場合, 反射波の解読が難しくなる 	<ul style="list-style-type: none"> ・使用周波数が高くなるほど指向性がよくなるが超音波の減衰が大きくなる 	<ul style="list-style-type: none"> ・探査断面を画像として見るができる ・検出対象となる欠陥の深度範囲によっては機種を選定しなくてはならない

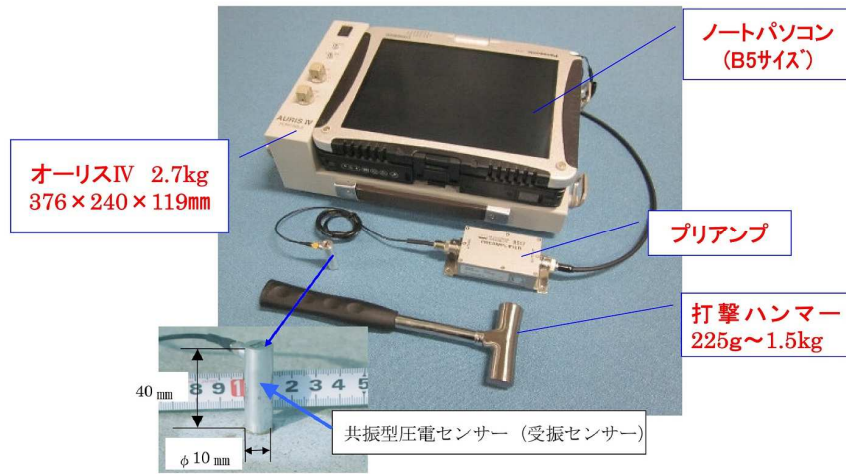


写真1 本法の構成

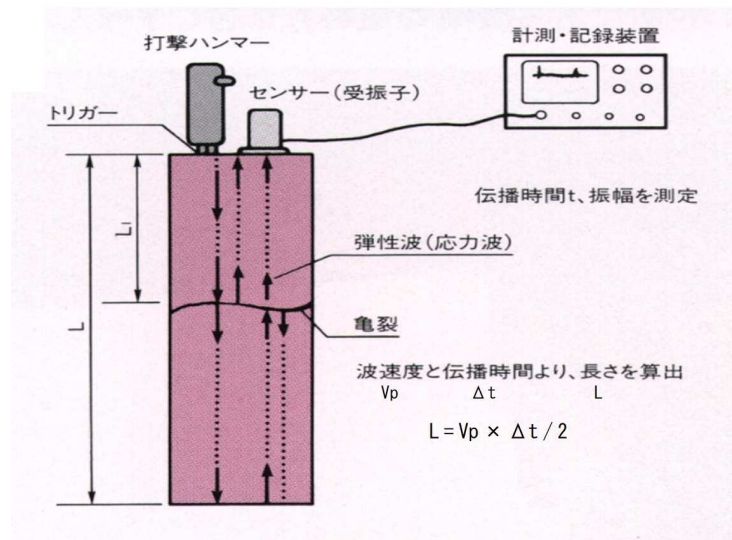


図-2 調査方法概念図

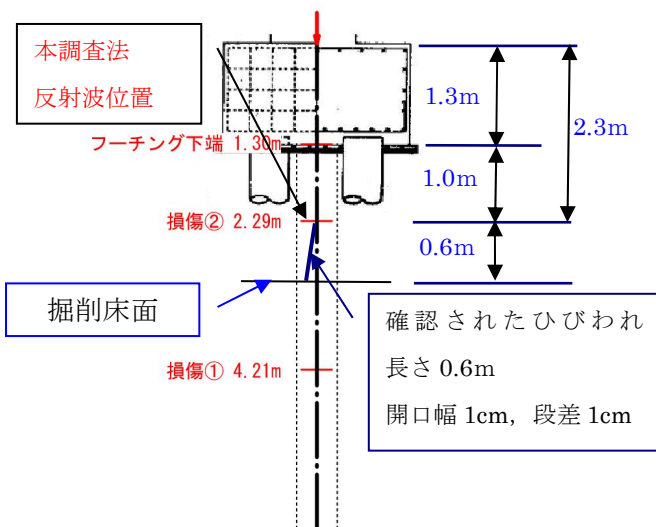


図-3 掘削亀裂位置と反射波位置比較断面図



写真-2 杭頭付近の損傷状態・拡大写真

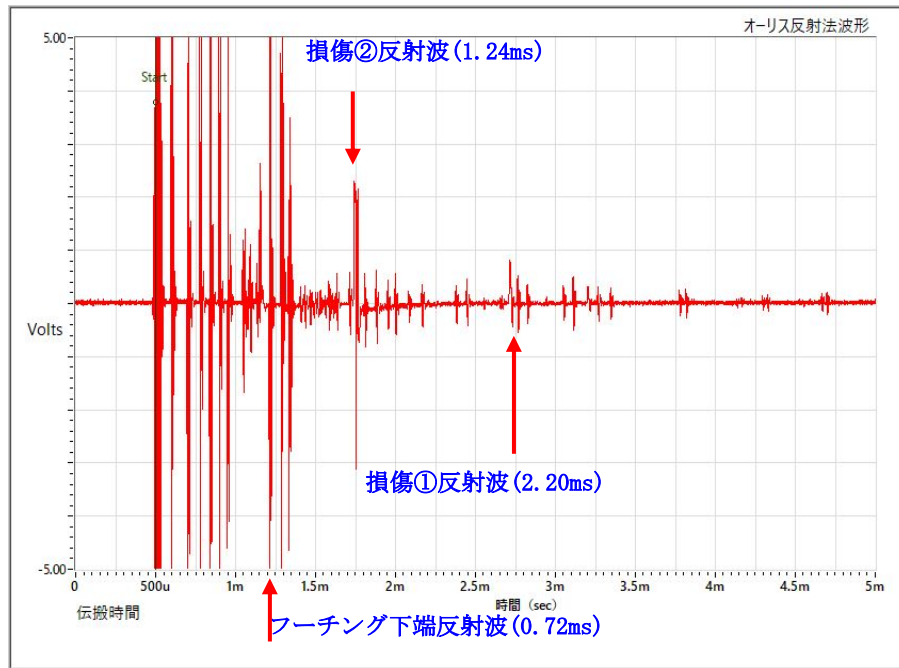


図-4 建物基礎杭の波形図

表 2 ポアホールカメラ結果との比較

A2橋台			
車道側基礎杭 φ2000深礎杭 L=11.0m+フーチング高さ=12.9m			
ポアホールカメラ結果 亀裂位置※1	高周波衝撃弾性波法結果 亀裂位置※1	高周波衝撃弾性波法結果 亀裂位置※1	誤差B/A
※1: フーチング天端からの深度を表す			
	測点No. 3	測点No. 4	
	A (m)	B (m)	
	2.80	3.07	1.10
		3.62	
		4.53	
		5.58	
	6.80	6.17	0.91
	7.35	7.46	1.01
	7.95	7.82	0.98
		8.75	
		8.68	
	9.25		
	9.95	10.05	1.01
	10.90		
亀裂箇所数C	検知箇所数D		検知率 (D/C)
7	5		71.4%
杭先端部反射波深度			
設計値	No. 3調査結果	No. 4調査結果	平均誤差
12.90	12.89	13.06	0.6%

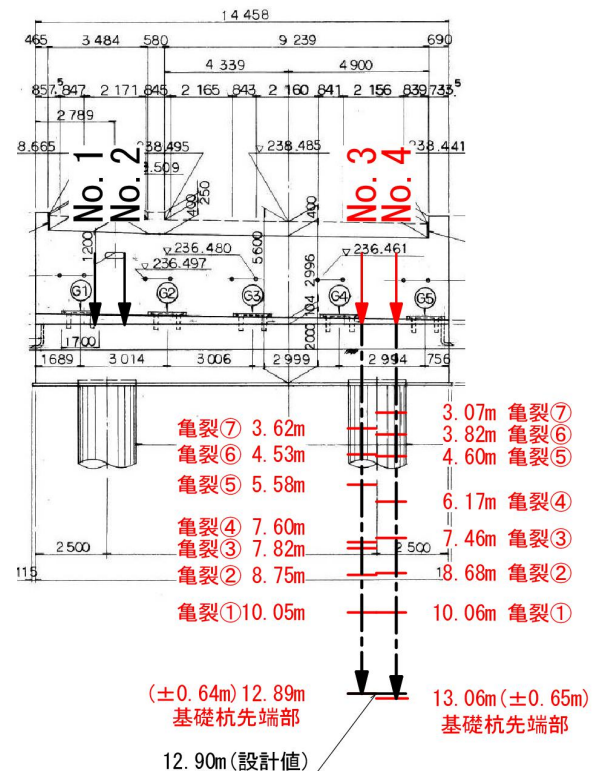


図-5 橋台基礎杭反射波位置断面図

6. おわりに

地震被害はこれまで経験したものと規模, 形態が異なるケースが多かった. 今後の研究すべき課題がある. また, 橋梁の橋台, 橋脚の形状調査も含め適用範囲, 精度の向上に努めたい.

参考文献

- 1) 塩月隆久, 孫建生, 古川浩平: 高周波衝撃弾性波法による転石根入れ長さ探査, 土木学会論文集, 第 516 号/VI-27, pp. 143~153, 2001 年 6 月.
- 2) 財団法人先端建設技術センター: オーリス(非破壊探査システム), 先端建設技術・技術審査証明報告書(審査証明依頼者: 青木あすなろ建設㈱), 1997 年 3 月 17 日.

低弾性ラテックス改質超速硬コンクリート CPI-Lを用いた道路橋床版の長寿命化

SHO-BOND ショーボンド建設株式会社

(東海コンクリート診断士会)

関根弘貴、新野広行、内藤佳織、○郭 度連

床版上面に用いるコンクリート

【要求性能】

- ・ 超速硬性（規制時間の短縮）
- ・ 繰返し疲労に対する既設床版との一体化挙動（低弾性、付着）
- ・ 物質浸透に対する抵抗性（水、塩化物イオン、CO₂…）
- ・ ひび割れに対する抵抗性
- ・ 交通規制環境下の車線内での施工性、供給能力
- ・ いつでも、どこでも、誰でもできる汎用性・品質安定性

【用途】

- ・ 床版上面の断面修復
- ・ 床版上面の増厚
- ・ 橋面コンクリート舗装
（要求性能は最も高い！）

ラテックス改質

力学的性能の向上（低弾性、曲げ・付着強度の増進）
耐久性の向上（物質透過抵抗性、低収縮等）

コンパクトジェット

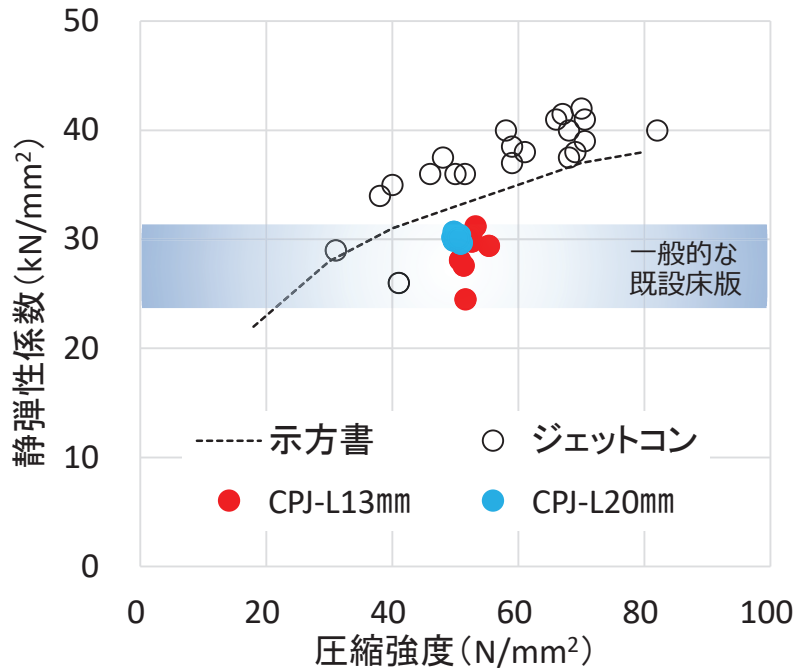
いつでもどこでも誰でも低コストで簡便に
速硬コンクリートが製造可能
3hで圧縮強度24N/mm²

特殊弾性骨材

CPI-L (Latex Modified Compact Jet)

低弾性ラテックス改質超速硬コンクリート

低弾性の超速硬コンクリート

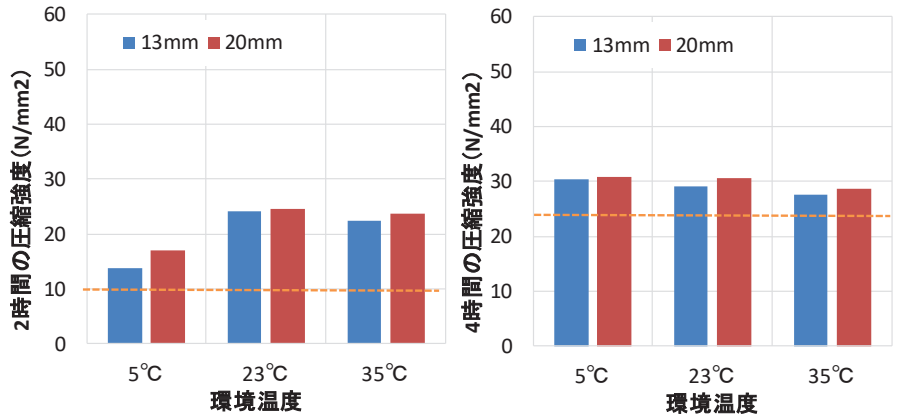
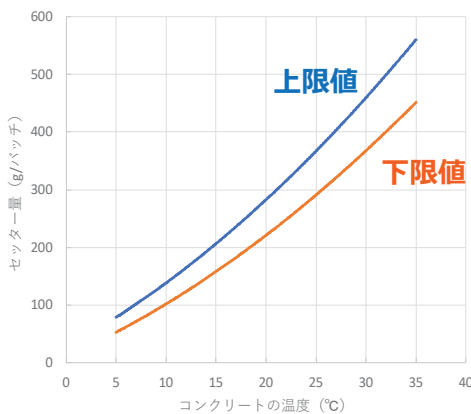


- 同じ強度レベルのジェットコンクリートより弾性係数が大幅に低減
- 特殊弾性骨材による低弾性コンクリートの実現 (特許出願済み)

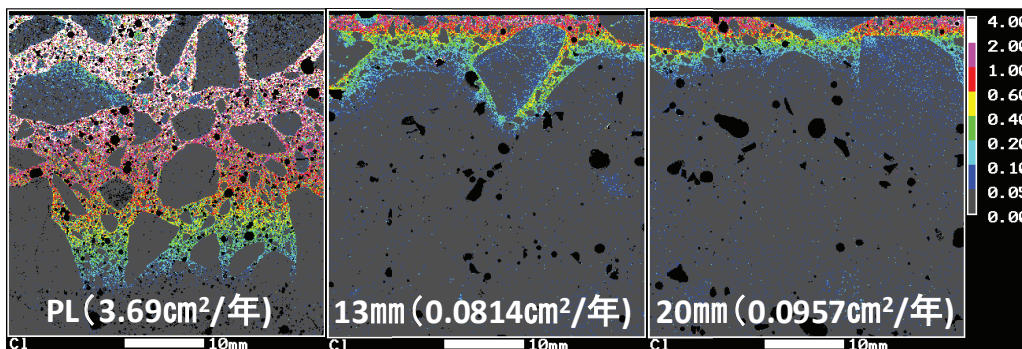
既設床版同等の弾性係数で一体化を確保

可使時間のコントロール及び物性の一例

- 可使時間30分を確保するためのセッター量の範囲



- 5~35 $^{\circ}C$ の環境下で安定的に圧縮強度を発現



- 塩化物イオンの拡散係数は、比較のPLの約1/30に止まっております、塩分浸透に対する抵抗性は極めて高い

NEXCO構造物施工管理要領の性能照査

【床版上面における断面修復の性能照査】

要求性能	試験項目	基準値	温度	CPJ-L 13mm	CPJ-L 20mm	
施工性能	硬化時間	始発：30分以上	5℃	71分	62分	
			23℃	52分	55分	
			35℃	49分	40分	
	初期強度	2時間：10N/mm ² 以上		5℃	13.7N/mm ²	17.0N/mm ²
				23℃	24.1N/mm ²	24.6N/mm ²
				35℃	22.5N/mm ²	23.8N/mm ²
4時間：24N/mm ² 以上			5℃	30.5N/mm ²	30.8N/mm ²	
			23℃	29.2N/mm ²	30.6N/mm ²	
			35℃	27.6N/mm ²	28.6N/mm ²	
力学的性能	弾性係数	材齢28日：26.5±5kN/mm ²	5℃	27.9kN/mm ²	30.1kN/mm ²	
			23℃	30.6kN/mm ²	30.6kN/mm ²	
			35℃	28.6kN/mm ²	29.8kN/mm ²	
断面修復に要する性能	寸法安定性	2h基長、28日：0.025%以下	23℃	0.017%	0.015%	
	ひび割れ抵抗性	5面拘束試験でひび割れなし	23℃	ひび割れなし	ひび割れなし	
	熱膨張率	1.0×10 ⁻⁵ /℃±0.5	23℃	1.0×10 ⁻⁵ /℃	1.1×10 ⁻⁵ /℃	
	コンクリートとの付着性	1.5N/mm ² 以上	23℃	3.23N/mm ²	3.57N/mm ²	
耐久性能	中性化抵抗性	設計で定めた中性化速度係数と同等	23℃	2.2mm/√週	1.9mm/√週	
	凍結融解抵抗性	相対動弾性係数60%以上	23℃	103%	104%	
		負荷後の付着強度1.5N/mm ² 以上	23℃	2.08N/mm ²	2.79N/mm ²	
	遮塩性	設計で定めた塩化物イオン拡散係数と同等	23℃	0.296cm ² /年	0.354cm ² /年	

20mm骨材のコンクリートとしては、初めての性能照査クリアー

現場状況に応じたCPJ-Lの製造

CPJ-Lミニパック（約21ℓ）



CPJ-Lベースパック（約150ℓ）



- $G_{max} = 13\text{mm}$ 配合と20mm配合の2種類
- ミニパックのプレミックスは共有し、**現場条件に応じ13mmと20mm選択可**
- **絶乾骨材**の使用により、3ヶ月品質保証
- 施工性を考慮し、スランプは16～22cm



現場状況に応じたCPJ-Lの製造



エンジン式ミニミキサー

- コンクリート練混ぜ用のミキサーであれば、どんなミキサーでも使用可能

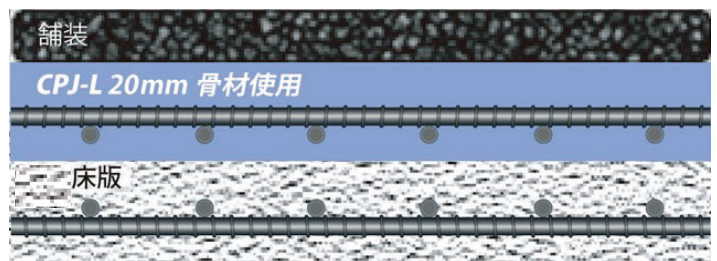
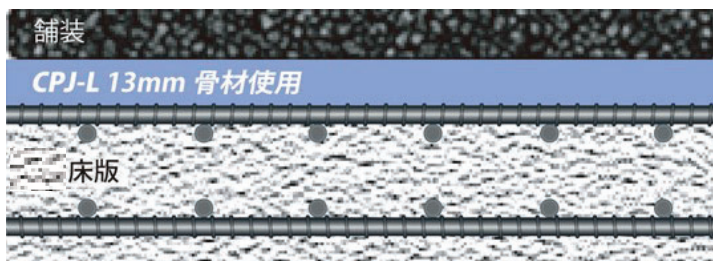


- 21～150 ℓ /バッチの製造、6m³/h製造による機械化施工可能

CPJ-Lの適用範囲

【13mm配合コンクリート】

【20mm配合コンクリート】

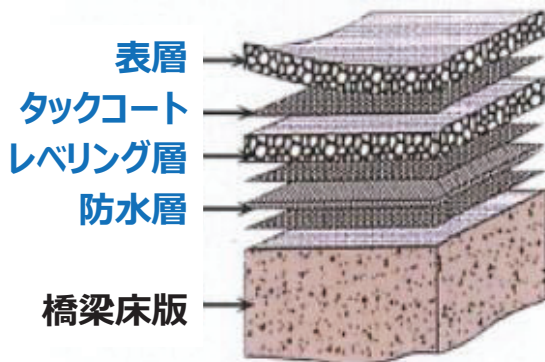


- | | |
|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"> ▶ 上面鉄筋かぶりの補修 ▶ 1m²以上のポットホール ▶ 床版の部分打替え ▶ 橋面コンクリート舗装 (5cm ↓) | <ul style="list-style-type: none"> ▶ 上面鉄筋裏の補修 ▶ 床版の打替え、増厚 ▶ 橋面コンクリート舗装 (5cm ↑) |
|---|---|

CPJ-L橋面舗装

橋面舗装：橋梁の床版を保護（交通荷重,雨水,塩化物等の劣化因子）

現状のアスファルト橋面舗装

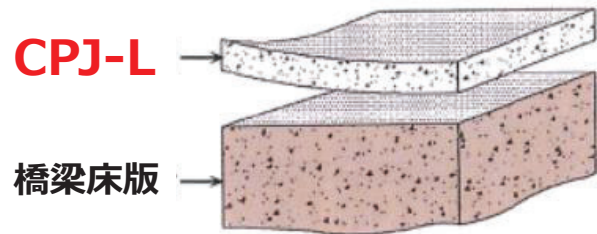


床版補修後にアスファルト施工

床版とは異質材料（剥離・剥落）
防水層施工が必要

頻繁な補修が必要（LCCの増加）
床版補修から舗装まで工期が長い

CPJ-L橋面舗装



床版補修+コンクリート舗装一括打設

床版と同質材料で一体化施工
防水層が不要

（緻密なコンクリート層で担保）

ほぼメンテナンスフリー

床版補修と同時打設で工期短縮
（交通規制短縮）

CPJ-L橋面舗装

さらには、

床版の**増厚効果**による耐荷力の改善
（構造寄与しないアスファルトからコンクリートに）

橋梁の構造上、増厚ができない場合も可能
（アスファルトの取替えて**自重増加ない**）

現場練り・供給で施工場所や数量に左右されない

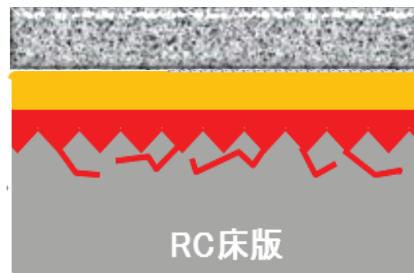
迅速施工が可能（3hで交通開放）

LCCの低減効果

床版と舗装の界面に滞水の心配がなく、**点検が容易**

CPJ-L橋面コンクリート舗装工法

②速硬性CPJ接着剤 ③CPJ-L打設 ④仕上げ補助剤&ほうき目仕上げ



①高浸透性プライマー

⑤完了・交通開放

高浸透性プライマー + 速硬性接着剤 + CPJ-Lによる床版との一体化

まとめ

床版上面の断面修復及び橋面コンクリート舗装材料として
→ 20mmコンクリートとして、初めてNEXCO性能照査をクリアー

市町村の中小規模橋梁の長寿命化のために、橋面コンクリート舗装は非常に有効な手段であり、低弾性ラテックス改質超速硬コンクリートを用いたCPJ-L橋面コンクリート舗装工法は特殊な装置、特殊な技術がなくても施工可能である。

既設床版と一体化して挙動するためには、静弾性係数の低減、長さ変化率の低減、付着強度の増進、高い疲労耐久性が必要であり、ラテックスの改質効果、骨材の工夫、接着剤との併用によって担保できることが実験的に確認できた。

輪荷重走行試験による疲労耐久性の向上や床版寿命の延命効果の確認を実施中である。

【参考資料】

熊本県阿蘇市合戦場橋の橋面コンクリート舗装の施工記事
道路構造物ジャーナルNET、<https://kozobutsu-hozen-journal.net/walks/detail.php?id=312>

「低弾性ラテックス改質超速硬コンクリートを用いた橋面コンクリート舗装」
第11回道路橋床版シンポジウム論文報告集、土木学会、pp.145～148、2020

「低弾性ラテックス改質超速硬コンクリートの基礎物性」
第20回コンクリート構造物の補修、補強、アップグレードシンポジウム、日本材料学会、pp.7～10、2020

「低弾性ラテックス改質超速硬コンクリートの低温環境下の耐久性」
令和3年度土木学会全国大会第76回年次学術講演会、土木学会、CS8-17、2121

CPJ-Lのテクニカルデータ①～④、動画資料……

コンクリート補修補強関連工事への粘着テープせこたん™シリーズの適用について

法人 ニチバン株式会社 ○市村 周二
 法人 ニチバン株式会社 大場 春樹

(要旨) せこたん™に関しては、「ひび割れ補修の注入工事を対象にシールテープを目止め用途に適用する」といこうとで、これまでにコンクリート診断士会主催の発表の場で機会を頂いて報告しているが、今回はシリーズ、ラインナップ化について報告する。ニチバン(株)では、粘着技術を用いた材料で、現行工法の施工時間を短縮したり、品質向上によって補修が必要となるまでの期間を延ばしたりすることで、ライフサイクル全体での施工時間を短くすることを狙った材料という位置付けで、「せこたん™」シリーズ製品の開発を行い、ラインナップ化を進めている。今回は、前述の目止め用シールテープと手動式低圧注入を組み合わせたひび割れ補修注入工法について NETIS への登録が完了した話題、及び、第2弾として開発を進めている「連続繊維補強工法の養生マスクへの適用」、格子貼り工法において連続繊維シート非貼付の窓部の養生マスクを積層養生テープで行う新工法についても紹介、報告する。

粘着テープせこたん™シリーズ

【粘着テープせこたん™とは】
 施工現場において、現行工法の施工時間を直接短縮したり、品質向上によって補修が必要となるまでの期間を延ばしてライフサイクルを通したトータルでの施工時間を短縮したりすることについて、粘着技術で実現を図る材料

【シリーズラインナップ】

- ◆ 第1弾： ひび割れ注入工法が目止めシールへの適用
ひび割れ目止めシールテープ、補強テープ、プライマー、……
- ◆ 第2弾： 連続繊維補強工法の養生マスクへの適用
積層養生テープ
- ◆ 第3弾： ○○○○への適用
○○○テープ
- ◆ 第4弾： ……………

第1弾：ひび割れ注入工法が目止めシールへの適用

第1弾：ひび割れ注入工法が目止めシールへの適用

- ◇ シールテープ手動式低圧樹脂注入工法のNETIS登録
- ◇ 工法改良検討

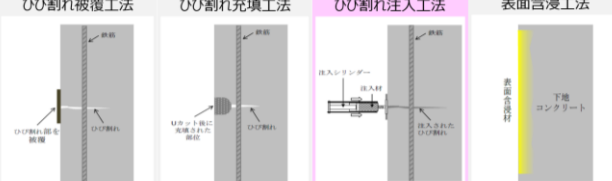



自動低圧注入工法 施工事例 施工数量 700m
 鹿児島ふれあいスポーツランド屋内運動場棟外壁 経年補修工事
 CORINS番号 4035334299 施工時期 2018.12-2019.1

第1弾：ひび割れ注入工法が目止めシールへの適用

コンクリートひび割れ修復工法の種類

ひび割れ幅	ひび割れ被覆工法 ひび割れ充填工法	ひび割れ注入工法	表面含浸工法
小 (0.2mm以下)	○	○	○ 性能差・付着性阻害の可能性
中 (0.2~1mm)	○ 塩害箇所は遮断性不足の可能性	○	○
大 (1mm以上)	○ 塩害箇所は遮断性不足の可能性	○ 5mm以下	○



※ 土木研究所資料第4343号 コンクリート構造物の補修対策施工マニュアル(案)から引用

第1弾：ひび割れ注入工法が目止めシールへの適用

ひび割れ注入工法

ひび割れに注入材(補修材)を充填させることで、ひび割れへの劣化因子の浸入を防止し、コンクリート構造物の耐久性を向上させる工法



1960年代後半～
不透明シール材+手動式注入

1990年代～現在
【自動低圧注入工法】
不透明シール材+自動式低圧注入

2017年～
【シールテープ自動低圧注入工法】
透明シール材+自動式注入

注入：短時間 手動カン 充填：見えず、推測 手への負荷 品質：バラつき大 作業員熟練度	注入：長時間 自動低圧 充填：見えず、推測 残量管理 品質：バラつき小 作業員に依らず	注入：長時間 自動低圧 充填：可視化 テープ背面から 品質：バラつき小 作業員に依らず
--	--	--

※21回技術セミナー 20170726発表

キーワード：リニューアル，施工技術，ひび割れ，補修・補強（材料）
 連絡先：ニチバン株式会社製品開発部 東京都文京区関口2-3-3 TEL:03-5978-5653 FAX:03-5978-5630

第1弾：ひび割れ注入工法の目止めシールへの適用

新工法エラインナップ

	新工法 Ver.1 シールテープ 自動式低圧注入工法 ※21回技術セミナー発表	新工法 Ver.2 シールテープ 手動式低圧注入工法 ※JCD 第3回保有技術発表	新工法 Ver.3 シールテープ 手動式低圧注入工法 改良検討 ※本日発表
補修材注入方式	注入器で自動低圧注入	手動ガンで低圧注入	手動ガンで低圧注入
目止めシール	透明シールテープ貼付	透明シールテープ	透明シールテープ
補修材注入口作製	テープ背面穿孔	躯体・テープ背面穿孔	テープ背面穿孔
注入器等設置	テープ背面に接着剤固定	不要	ノズルガイド貼付
従来工法に対する特長	目止め・撤去時間短縮 充填状況可視化	新工法 Ver.1 + 注入器設置工程省略	新工法 Ver.2 + 更なる工程簡略化検討
注入外観			

第1弾：ひび割れ注入工法の目止めシールへの適用

新工法 Ver.2【シールテープ手動式低圧注入工法】NETIS登録内容

NETIS登録番号	TH-200001-A
技術名称	ひび割れへのシールテープ「せこたん」を用いた手動式低圧注入工法
事後評価	事後評価未実施技術
副題	コンクリート構造物のひび割れ注入工事に、充填状況を可視化した手動式低圧注入工法
分類1	コンクリート工 - コンクリート工 - その他
分類2	道路維持修繕工 - 橋梁補修補強工 - ひび割れ注入工 - エポキシ樹脂
分類3	道路維持修繕工 - トンネル補修補強工 - その他
区分	工法

使用器具及び注入材(補修材)

- シールテープせこたん™
- エポキシ樹脂カートリッジ (主剤、硬化剤を別封入) ミキシングノズル
- インジェクションガン

第1弾：ひび割れ注入工法の目止めシールへの適用

新工法 Ver.2【シールテープ手動式低圧注入工法】作業工程

1-1) 墨出し	1-1) 墨出し	NETIS登録 TH-200001-A
1-2) 躯体穿孔(注入孔)		
2-1) 下地処理・清掃	2-1) 下地処理・清掃	
2-2) プライマー塗布		
3-1) シールテープ貼付	1-2) 躯体穿孔(注入孔)	2-1) 下地処理・清掃
3-2) テープ穿孔		
4-1) 注入材(補修材)注入		
4-2) 充填状況確認		
5) シール材除去		

第1弾：ひび割れ注入工法の目止めシールへの適用

新工法 Ver.2【シールテープ手動式低圧注入工法】作業工程

1-1) 墨出し	NETIS登録 TH-200001-A
1-2) 躯体穿孔(注入孔)	3-1) シールテープ貼付
2-1) 下地処理・清掃	
2-2) プライマー塗布	
3-1) シールテープ貼付	
3-2) テープ穿孔	3-2) テープ穿孔
4-1) 注入材(補修材)注入	
4-2) 充填状況確認	
5) シール材除去	

第1弾：ひび割れ注入工法の目止めシールへの適用

新工法 Ver.2【シールテープ手動式低圧注入工法】作業工程

1-1) 墨出し	NETIS登録 TH-200001-A
1-2) 躯体穿孔(注入孔)	
2-1) 下地処理・清掃	
2-2) プライマー塗布	
3-1) シールテープ貼付	
3-2) テープ穿孔	
4-1) 注入材(補修材)注入	4-1) 注入材(補修材)注入
4-2) 充填状況確認	4-2) 充填状況確認
5) シール材除去	

第1弾：ひび割れ注入工法の目止めシールへの適用

新工法 Ver.2【シールテープ手動式低圧注入工法】作業工程

1-1) 墨出し	NETIS登録 TH-200001-A
1-2) 躯体穿孔(注入孔)	
2-1) 下地処理・清掃	
2-2) プライマー塗布	
3-1) シールテープ貼付	
3-2) テープ穿孔	
4-1) 注入材(補修材)注入	
4-2) 充填状況確認	
5) シール材除去	

第1弾：ひび割れ注入工法の目止めシールへの適用

新工法 Ver.2【シールテープ手動式低圧注入工法】NETIS登録 TH-200001-A

比較する従来技術	不透明なシール材を用いた自動式低圧注入工法	比較の根拠
項目	活用の効果	比較の根拠
経済性	向上 (2.91%)	注入器の設置、撤去時間が不要となり、労務費が削減されるため、経済性は向上する。
工程	短縮 (16.67%)	注入座金の設置が不要でシールテープ貼付後すぐに注入材が注入でき、且つシールテープの撤去が容易になるため、工期が短縮される。
品質	向上	注入材の充填状況が目で確認でき、手動で調整しながら注入できるため、確実な充填ができる。
安全性	同程度	
施工性	向上	注入座金の設置が不要でシールテープ貼付後すぐに注入材が注入でき、且つシールテープの撤去が容易になるため、施工性が向上する。
周辺環境への影響	同程度	
その他、技術のポイント等	従来技術では不透明なシール材がひびに詰まり、注入時とシール材撤去後のいずれも注入材の充填状況を確認できない。本技術では目止めが透明で表層部の充填状況を確認でき、更にシールテープの撤去が容易となるため、工期が短縮される。	
コストタイプ	平行型：B(+)型	

第1弾：ひび割れ注入工法の目止めシールへの適用

新工法 Ver.2【シールテープ手動式低圧注入工法】注入材浸透状況確認

NETIS登録 TH-200001-A

1箇所の注入口から半径8cm程度注入、2箇所目、3箇所目を順次注入

深さ10cm程度まで同心円状に浸透注入間隔と同等の深さまで充填可能

2箇所からの注入したもの

3箇所から注入したもの

第1弾：ひび割れ注入工法の目止めシールへの適用

新工法 Ver.2〔シールテープ手動式低圧注入工法〕使用材料

◇ **シールテープせこたん™ CS-5010W**
 ・サイズ：70mm×18m
 ・入数：18巻（外箱）、3巻（個装）
 ・設計価格：5,000円/巻 ⇒ 278円/㎡

◇ **シールテープせこたん™ 補強用 CS-5020**
 ・サイズ：25mm×18m
 ・入数：18巻（外箱）、3巻（個装）
 ・設計価格：2,700円/巻 ⇒ 150円/㎡

◇ **せこたん™ 専用プライマー CSP-5000**
 ・容量：280g ※テープ3巻相当
 ・入数：6本（外箱）、1本（個装）
 ・設計価格：2,000円/本 ⇒ 37円/㎡

ニチバン株式会社
 国内事業本部 工業品営業統括部
 〒112-8663 東京都中央区関口2-3-3
 TEL 03-5978-5634

NETIS登録 TH-200001-A

第1弾：ひび割れ注入工法の目止めシールへの適用

新工法 Ver.2〔シールテープ手動式低圧注入工法〕使用材料・器具

NETIS登録 TH-200001-A

インジェクションガン・エポキシ樹脂カートリッジは、アルファ工業様様が取り扱い。

1. 50mlベースセット
 使用量の目安：ひび割れ幅0.2mm・約18M分/0.5mm・8M分/1.0mm・4M分

セット内容
 ① 50mlカートリッジ×10本
 ② ノズル（ストッパー付）×10本
 ③ 50ml用ガン×1丁
 ④ シールテープ（18M分）×1巻
 ⑤ プライマー（280g）×1本
 ⑥ インパクトドライバー（5mm）×1本
 ⑦ クラックスケール×1枚
 ⑧ ティスボカップ（100ml）×5個

ALPHATEC
 polymer technology
アルファ工業株式会社
ALPHA KOGYO KK

横浜本社 〒220-0245 横浜市鶴岡区東町1-1-11 TEL 045-550-0500 FAX 045-550-0500
 URL: http://www.alpha-kogyo.co.jp / E-mail: alpha-kogyo@alpha-kogyo.co.jp
 1-1-51 SUB-RO-CHO, TSURUOKA-KU, YOKOHAMA, 220-0245 JAPAN
 神戸支店 〒650-0002 神戸市東灘区西宮町通 3-3-3 TEL 078-481-7031 FAX 078-471-2292
 4-3-3 ARAHIMACHU, HONGO-KU, KOBE-SHI, 650-0002 JAPAN

第1弾：ひび割れ注入工法の目止めシールへの適用

新工法 Ver.2〔シールテープ手動式低圧注入工法〕施工事例

NETIS登録 TH-200001-A

物件	場所	工事量	実施時期
倉庫床面/改修	東京都	270m	2017.2
ごみ処理場/改修	高知県	30m	2018.1
トンネル内壁/新設	岩手県	90m	2018.11
地下通路壁面/改修	大阪府	5m	2019.3
橋台/改修	高知県	30m	2019.12
橋台/新設	青森県	30m	2020.2
ごみ処理場/改修	高知県	7m	2020.5
マンション土間/改修	愛知県	80m	2020.6
ごみ処理場/改修	愛知県	20m	2020.8

※ (株)CDRコンサルタンツ様報告書から引用

第1弾：ひび割れ注入工法の目止めシールへの適用

新工法 Ver.2〔シールテープ手動式低圧注入工法〕対外発表

NETIS登録技術 対外報告 NETIS登録 TH-200001-A

物件	主催者	開催場所	開催日程
第5回技術フォーラム	東京コンクリート診断士会	東京都	2021.10
令和3年度新技術・新工法説明会	九州地方整備局	宮城県	2021.11
JCD2021年次発表会保有技術発表	日本コンクリート診断士会	宮城県	2021.11

NETIS登録された本工法について、今後も積極的に対外発表

新優技術性

- シール材養生時間短縮！
- 補修材充填状況可視化
- 未充填箇所軽減（シール材目詰まり解消）
- 注入量管理が簡単（カートリッジ数えるだけ）

工期短縮・品質向上
 認知拡大
 ↓
 採用促進

第1弾：ひび割れ注入工法の目止めシールへの適用

新工法 Ver.3〔シールテープ手動式低圧注入工法〕改良検討

シールテープ手動式低圧注入工法（新工法Ver.2）の更なるスピードUP・工期短縮検討

① 注入ガンの注入材カートリッジ
大容量化で、交換頻度削減

50mL → 200mL

② テープ背面にノズルガイド
貼付で、注入孔の躯体穿孔工程の削減

第1弾：ひび割れ注入工法の目止めシールへの適用

新工法 Ver.3〔シールテープ手動式低圧注入工法〕改良検討

物件（場所）	施工量	実施時期	注入ガンカートリッジ	注入口テープ背面貼付ノズルガイド（躯体穿孔なし）
水道関連施設/新設（三重県）	13m	2019.10	50 mL	円筒タイプ PE成形部材
トンネル内壁/既設（山梨県）	15m	2021.1	50 mL	円筒タイプ PP成形部材
道路擁壁/新設（山梨県）	30m	2021.1	200 mL	円筒タイプ PP成形部材
トンネル内壁/既設（山梨県）	?	2022.1 予定	200 mL	薄型タイプ PE打抜き部材 ※ノズルチップ装着

更なるスピードUP・工期短縮へ
 ① カートリッジ交換頻度削減 OK ② 躯体穿孔工程削減 トライ中

第2弾：連続繊維補強工法の養生マスクへの適用

◇ 連続繊維補強工法・格子貼り工法とは

◇ せこたん™ 積層養生テープの開発

工期短縮効果 労務費削減効果

マスク材の「貼付・カット」が1回で済みます

※従来の2〜3回の工程で行われていました

ニチバン株式会社

第2弾：連続繊維補強工法の養生マスクへの適用

コンクリート橋の補修・補強・取替工事の種類

補修工法	補強工法	取替工法	養生マスク	適用度
防水工	上面増圧	床版取替	ひび割れ注入工法	軽度
断面修復工法	鉄筋量不足補填	復元	断面修復工法	対象工法
剥落防止工法	床版支間短縮	高機能化	剥落防止工法	
	鋼板接着工法		鋼板接着工法	本件対象工法
	連続繊維補強工法		連続繊維補強工法	
	下面増圧工法		下面増圧工法	損傷具合
	縦桁増圧工法		縦桁増圧工法	
	アンダーデッキ工法		アンダーデッキ工法	↑
	床版打替		床版打替	
	鋼床版化		鋼床版化	
	合成床版化		合成床版化	↓
	PC床版化		PC床版化	

※ 日本橋梁建設協会 H24年度技術発表会「コンクリート系床版の保全技術について」から引用

第2弾：連続繊維補強工法の養生マスクへの適用

連続繊維補強工法

- 補強は、「強度抵抗型補強」、「靱性抵抗型補強」、「併用型補強」等に分類される。
- 連続繊維補強は、「靱性抵抗型補強」の範疇に入る工法。
- 連続繊維シートを含ま浸接着樹脂で補強対象部に貼付、既設部材と一体化させることで、耐久性を向上させる工法。
- 繊維シートが高強度・高耐久・目付軽量であり、施工に重機、溶接等も不要。
- 安全、簡便な作業性が市場に受け、95年の阪神・淡路大震災以降急激に普及。

補強対象部例
（大阪防衛庁建設部HPから引用）

炭素繊維シート アラムド繊維シート
繊維シートを補強対象部に接着剤で貼り付ける。
※繊維補修補強協会HPから引用

第2弾：連続繊維補強工法の養生マスクへの適用

連続繊維シート貼付方式

貼付方式	全面貼り	格子貼り
補強対象部貼付イメージ		
施工性	窓状非貼付部〇、窓部養生マスク不要	残す窓部の養生マスク作業必要△
コスト	高価な繊維シートの使用量大△	繊維シート使用量は全面貼りより少〇
施工後の管理	全面被覆で躯体劣化状況視認不可△	窓部から躯体劣化状況確認可能〇
施工後の漏水	全面被覆で浸透水が滞留しやすい△	窓部あるので、浸透水は滞留しにくい〇

首都高道路路側が提案、現在では、床版補強においては格子貼り工法が主流になっている。

第2弾：連続繊維補強工法の養生マスクへの適用

連続繊維補強・格子貼り工法 従来工程

- 準備工
- 断面修復工 ひび割れ修復工
- 下地処理工
- 墨出し
- 下層/養生用布テープをカット・窓部に貼付 (多数!)
- 上層/養生用フィルムクロステープをカット・貼付済養生用布テープ上に貼付 (多数!)
- プライマー塗布工
- 不陸調整工
- 上層/貼付済養生用フィルムクロステープを剥離 (多数!)
- 上層/養生用フィルムクロステープをカット・貼付済養生用布テープ上に貼付 (多数!)
- 接着剤塗布工
- 連続繊維シート貼付工 (方向1)
- 接着剤塗布工
- 上層/貼付済養生用フィルムクロステープを剥離 (多数!)
- 上層/養生用フィルムクロステープをカット・貼付済養生用布テープ上に貼付 (多数!)
- 接着剤塗布工
- 連続繊維シート貼付工 (方向2)
- 接着剤塗布工
- 上層/貼付済養生用フィルムクロステープを剥離 (多数!)
- 仕上げ工
- 下層/貼付済養生用布テープを剥離 (多数!)

プライマー、接着剤等を塗布する際、窓部の養生に、汎用の粘着テープを大量にカット、貼付。塗布剤硬化前に剥がす為、大量カット・貼付×3~5回(上記は4回)・剥離の繰り返しとなり工数掛かる。

第2弾：連続繊維補強工法の養生マスクへの適用

新工法 積層養生テープ適用した格子貼り工法

- 準備工
- 断面修復工 ひび割れ修復工
- 下地処理工
- 墨出し
- 積層養生テープをカット・窓部に貼付 (多数!)
- 上層/養生用フィルムクロステープをカット・貼付済養生用布テープ上に貼付 (多数!)
- プライマー塗布工
- 不陸調整工
- 上層/貼付済養生用フィルムクロステープを剥離 (多数!)
- 上層/養生用フィルムクロステープをカット・貼付済養生用布テープ上に貼付 (多数!)
- 接着剤塗布工
- 連続繊維シート貼付工 (方向1)
- 接着剤塗布工
- 上層/貼付済養生用フィルムクロステープを剥離 (多数!)
- 上層/養生用フィルムクロステープをカット・貼付済養生用布テープ上に貼付 (多数!)
- 接着剤塗布工
- 連続繊維シート貼付工 (方向2)
- 接着剤塗布工
- 上層/貼付済養生用フィルムクロステープを剥離 (多数!)
- 仕上げ工
- 下層/貼付済養生用布テープを剥離 (多数!)

窓部の養生として、積層養生テープを適用すると、汎用粘着テープの大量カット・貼付工程の工数削減となる。養生用テープ貼付工程は、⑥、⑩、⑮が削減されて⑤工程のみとなり、更に同工程内の貼付工数も軽減される。

第2弾：連続繊維補強工法の養生マスクへの適用

積層養生テープ適用による格子貼り工法 工数削減

幅10m、橋脚間18mの床版に格子貼り工法で連続繊維補強する事例 / カット・貼付回数比較

	汎用布養生テープ 汎用フィルムクロス養生テープ	積層養生テープ
貼付イメージ		
墨出し	150mm	150mm
窓部 (貼付箇所)	150mm角、748箇所	150mm角、748箇所
テープのカット・貼付回数	1工程・1箇所 3回 全工程・1箇所 (3回×4工程=) 12回 全工程・全箇所 (3回×4工程×748=) 8,976回	4層テープの1回貼りで全貼付工程をカバー 1回 1回 (1回×1工程×748=) 748回

土木一般世話役 -0.56, 特殊作業員 -1.9人, 普通作業員 -1.34人 ⇒ 工数削減 1/12 に! ⇒ -3.8人/100m²

第2弾：連続繊維補強工法の養生マスクへの適用

積層養生テープ適用した格子貼り工法 施工事例

- 下地処理済
- 積層養生テープで窓部養生
- プライマー塗布
- 不陸調整
- 不陸調整後に養生テープ剥離
- 接着剤塗布
- 繊維シート貼付 (方向1)
- 繊維シート貼付 (方向2)
- 仕上げ工/中塗り塗布
- 仕上げ工/上塗り塗布
- 仕上げ工後に養生テープ剥離
- 施工完了

第2弾：連続繊維補強工法の養生マスクへの適用

せこたん™ 積層養生テープ 販売予定

タイプ	枚葉カットタイプ	ロールタイプ
製品構成・サイズ	幅：任意 長さ：任意 厚：~4層 粘着シート4層目 粘着シート3層目 粘着シート2層目 粘着シート1層目 剥離紙	幅：80mm、130mm (2水準) 長さ：10m 厚：4層
販売開始	販売中	2022年春季 予定
販売形態	受注生産・注文販売	在庫化・規格品通常販売
納期	2~3ヵ月	1週間以内
最少ロット	2,000枚~	80mm幅品：8巻 (同幅角1000枚相当) 130mm幅品：8巻 (同幅角600枚相当)
販売会社	ニチバンプリント株式会社	ニチバン株式会社

粘着テープせこたん™ シリーズ

まとめ

【シリーズラインナップ】

第1弾： ひび割れ注入工法の目止めシールへの適用 / シールテープせこたん™
 ✓ NETIS登録 シールテープ手動低圧注入工法の認知拡大・採用促進
 ✓ 更なるスピードUP・工期短縮を目指して改良検討中

第2弾： 連続繊維補強工法の養生マスクへの適用 / せこたん™ 積層養生テープ
 ✓ 来春ロールタイプ発売予定 ⇒ 認知拡大・採用促進

第3弾： ○○○○への適用
○○○テープ

第4弾： ……………

今後も現行工法の施工時間を短縮に寄与したり、品質向上に寄与する粘着関連材料「せこたん™」シリーズ製品の開発を進め、ラインナップ化していく。



AIZAWA



Technical Concept

もし、生物が持つ環境対応力や自己治癒力によって、ひび割れを修復できることが出来ればメンテナンスフリーのコンクリートインフラを実現できる。

コンクリートに新たな価値を

AIZAWA Institute of Technology

コンクリートの真実

- A) セメントは1トン生産すれば、二酸化炭素を0.8トン排出する。
- B) セメント・コンクリート産業で排出する二酸化炭素は全産業の約5-7%に達する。
- C) しかし、コンクリートは、共用期間中に二酸化炭素を吸収しながら中性化する。
- D) 10%-15%は施工不良によって5年以内に補修が必要になる。
- E) コンクリートは平均で20mの長さに対して0.5-1mm収縮する。
- F) C),D),E)によってコンクリートはひび割れが入る。
- G) ひび割れから水分、酸素が浸入し、鉄筋が錆びる。
- H) 鉄筋が錆びると鉄は膨張し、さらにひび割れを押し広げる。



ミネアポリス橋 40年後崩落



Molandy橋 50年後崩落
ジェノバ

コンクリートの問題は、最初の小さなクラックから始まる

バイオ技術とコンクリート技術の融合
Self-Healing Concrete (自己治癒コンクリート)

2006: TU Delftによる研究開発プログラム開始
2012: TU Delftによって発明された自己修復
2012: Basilisk 関連特許4件を公式登録済み
2014: Delftに設立されたBasiliskコンクリート
Henk Jonkers博士のリーダーシップによって研究は進められた。
2017: 會澤社と日本での共同開発が始まる。
2020: 日本での生産をスタートする。

TU Delft YES!Delft 2010

バイオ-コンクリート ソリューション Basilisk HA

自然界の作用を基本として: バクテリアによる石灰石の生産

$$+ \left[\text{O}-\underset{\text{CH}_3}{\text{CH}}-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}} \right]_n$$

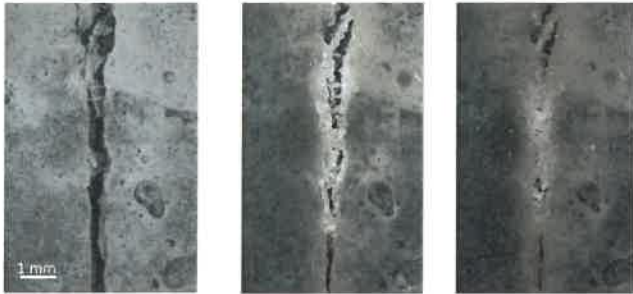
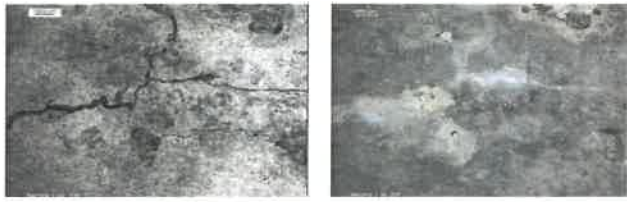
ポリ乳酸 + Ca⁺

石灰石

In A, another bacterium from the left falls into a narrow crack containing immobilizing agents. In B, the active bacteria seals the crack with production of limestone.

1. Basilisk HAは、Bacteriaとポリ乳酸で構成されている。
2. Bacteriaは胞子に包まれ、休眠状態である。
3. コンクリートにひび割れが入り、水分と酸素が入ってくるとBacteriaは目を覚まし、周辺にある生分解性プラスチックを分解して、炭酸カルシウムを生成する。
4. ひび割れが修復し、酸素もしくは水分がなくなれば、再度休眠に入る。

Basilisk HAによる炭酸カルシウムの沈積によってひび割れは自動的に修復される

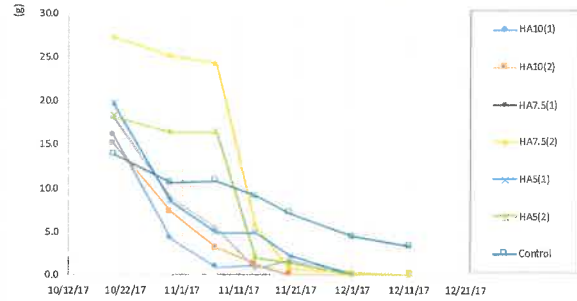


t=0

t=24d

t=58d

図4. 1時間あたりの流出水量



Basilisk 製品

No.	Basilisk Products	Description
1	自己治癒材 HA	新しいコンクリート打設に コンクリート1立方メートル当たり5-KG7.5KGのHAを添加します。コンクリート練混ぜ初期の高いpHによってバクテリアは目を覚まらず、pHが下がってひび割れが入り、水と酸素が入ってくると目を覚まし、ひび割れ修復をスタートする。
2	自己治癒型補修モルタル MR3	ひび割れ幅が1.2mm以上の場合の補修に使用します。補修後も安心。再度ひび割れが入っても再度バクテリアが自動的に修復してくれます。
3	自己治癒型液体補修システム ER7	液体型自己修復ひび割れ補修剤です。A,Bの2材をぬるま湯で溶き、ひび割れに散布します。施工が簡単で短時間で広範囲な修復作業が可能です。



自己治癒型液体補修システム Basilisk ER7



自己治癒型補修モルタル Basilisk MR3



Basilisk healing agent HA

- 新設コンクリートに用いる
- ひび割れ幅 0.8mmまで自己修復
- 5-7.5kg/コンクリート1m³





Basilisk HA 2020

月	発注者	現場名	施工者	部材	数量	場所	写真
4月	下川土地改良区	農用用水路等長寿命化/防災・減災中央幹線用水路補修工事	谷組	Vトラフ	10 m ²	北海道上川郡	①
7月	一般	福広一般住宅新築工事	ダンホーム	レディミクストコンクリート	20 m ²	北海道帯広市	②
9月	熊本土地改良区?	熊本農業土木工事	豊岡建設	レディミクストコンクリート	20 m ²	熊本県熊本市	
12月~3月	札幌市	1級河川雁来川改修工事その1	田中組	ボックスカルバート	300 m ²	北海道札幌市	③
1月	北見市	豊地川河川改修工事	村田組	ボックスカルバート アイザワウォール	30 m ²	北海道北見市	④
1月	JR北海道	和寒・東六線赤川橋梁護岸改築工事	礼建工業	Vトラフ	20 m ²	北海道上川郡	
2月	室知土地改良区	西14丁目排水路改修工事	協立土建	開渠	10 m ²	北海道室知郡	⑤
3月	民間	豊羽鉱山石山堆積場整備工事	大成建設	調整池呑口柵	10 m ²	北海道札幌市	
3月	本間組	水間組倉庫建替工事	T&日本メンテ開発	レディミクストコンクリート	10 m ²	山形県酒田市	⑥
合計					430 m ²		



①

②

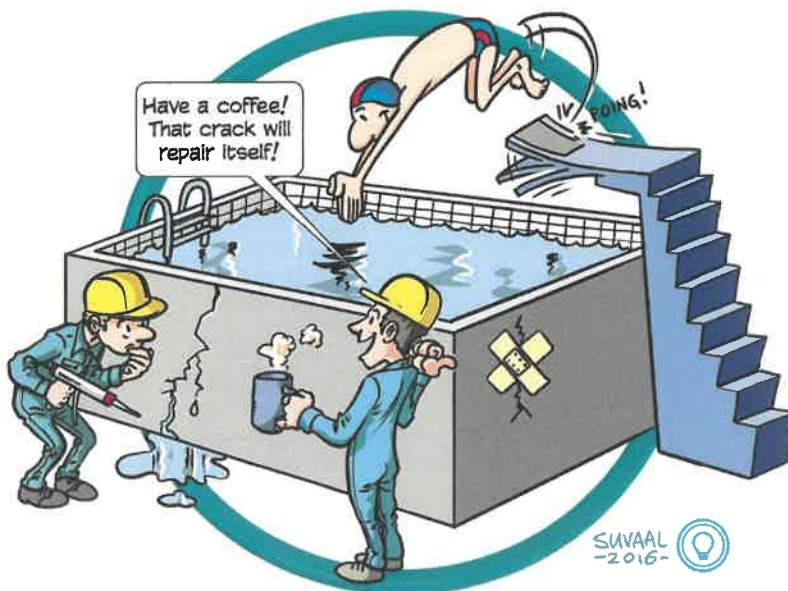
Basilisk HA 2021

月	発注者	現場名	施工者	部材	数量	場所	写真
4月	本間組	本間組倉庫建替工事	T&J本メンテ開発	レディミクストコンクリート	40 m ³	山形県酒田市	①
4月	札幌市	1 級河川雁来川改修工事その3	勇建設	ボックスカルバート	60 m ²	北海道札幌市	
6月～3月	各社ゼネコン	—	会澤高圧コンクリート	一般プレキャスト製品	4,000 m ³	北海道全域	
5月	北海道ガス	LNGガス津波対策工事	鹿島建設	レディミクストコンクリート	20 m ³	北海道札幌市	②
6月～3月	札幌市	白川浄水場	岩田地崎建設	レディミクストコンクリート	5,000 m ³	北海道札幌市	③
8月	日高南部森林管理署	アブカサンベ支線林道(林業専用道)新設工事	笹田組	ボックスカルバート	80 m ²	北海道日高郡	
8月	むかわ町役場	田浦地区田浦6線排水路整備工事	未定	Vトラフ	130 m ²	北海道日高郡	
9月	むかわ町役場	鶴川支署消防庁舎外構工事第2工区	小金澤組	角フリューム	20 m ²	北海道日高郡	
9月	電源開発	苫前風力リプレース工事	鹿島建設	風力MH	50 m ²	北海道苫前郡	
合計					9,400 m ³		



お問い合わせ先

アイザワ技術研究所(株)
札幌市東区苗穂町12-1-1



2. 業務体験発表

ICTを活用した曲面形状のコンクリート構造物（固定堰）の改修事例

石川 診断士会：真柄建設(株) ○菊川 雅司
真柄建設(株) 本田 忠大

1. はじめに

建設生産プロセスにおける生産性向上を目指す「i-Construction」の施策の一つであるICT（情報通信技術（Information and Communication Technology））をコンクリート構造物改修工事に活用した取組を紹介する。その一施工事例として、劣化が進行した頭首工固定堰の表面を精度良くはつり、作業効率や質の大幅な向上を確保した施工事例（ICT建機活用）を紹介する。

2. 頭首工改修工事の概要

本工事は、国営加治川農業水利事業等により造成された農業水利施設のうち、老朽化が進行している加治川右岸頭首工を改修するものである。本施設は築造から50年以上経過し、堰全長77.6m、右岸側に可動堰34.0m、左岸側に固定堰43.6mからなるフローティングタイプ複合堰（直接基礎）である。本工事では、河川幅約78mの加治川を半川仮締切りにより可動堰および固定堰を改修する。1期工事では左岸の固定堰の改修、2期工事では右岸の可動堰の更新工事を行うものである（写真-1）



写真-1 頭首工改修工事全景

3. ICT建機導入の背景

3-1. 固定堰改修の概要

既設固定堰（無筋コンクリート：面積658㎡）は、長年の供用により摩耗が著しく、粗骨材が露出しており、一部に欠損等も見られることから、耐摩耗工法である超高強度繊維補強パネル工法が採用された。この工法は、既設コンクリート表面を平滑に7cmまではつり取った上に、厚さ5cmの超高強度パネルを設置し、その後、高強度パネルと既設はつり面との空隙（2cm）にグラウトを充填する工法である（写真-2）。



写真-2 固定堰 施工前と高強度パネル施工後

キーワード：頭首工改修，固定堰，補修，摩耗対策，表面はつり，ICT，高強度パネル，ツインヘッド
連絡先：石川県金沢市彦三町1-13-43 TEL：076-231-8011 FAX：076-231-8005

3-2. 改修工事における課題

既設固定堰は曲面形状であり、工事着手後の検測の結果、摩耗や欠損が顕著であったことから、築造当時の曲面形状と大きく異なっていることが判明し（図-1）、全貌を把握するには、半川締切り後において周囲の土砂を撤去する必要があった。

特に、既設固定堰が曲面形状であることから、はつり作業の出来形精度の確保と効果的な出来形管理手法の確立が必要であり、従来の工法では人力によるはつり作業となり、工程遅延、騒音問題、深堀り（高強度パネルの設置精度低下の要因となる）やグラウト注入量の増大、測量や丁張り設置における人員・時間の増大が懸念された。

そこで、コンクリート構造物である固定堰のはつり工にICT建機を活用し、機械化による作業の効率化、施工精度の向上及び施工環境の改善を図ることとした。

ICT建機の主な活用内容を以下に示す。

- ①レーザースキャナによる既設固定堰3次元データの計測およびモデル化により、摩耗・欠損が顕著な既設形状に応じた最適な設計を立案
- ②打撃で深堀りを伴う人力はつり作業でしか対応できなかった（表面はつり工）に、自動制御によりコンクリート表面を削り取る機能のICT建機を採用
- ③レーザースキャナによる出来形検測と3次元データの活用により検査を省力化

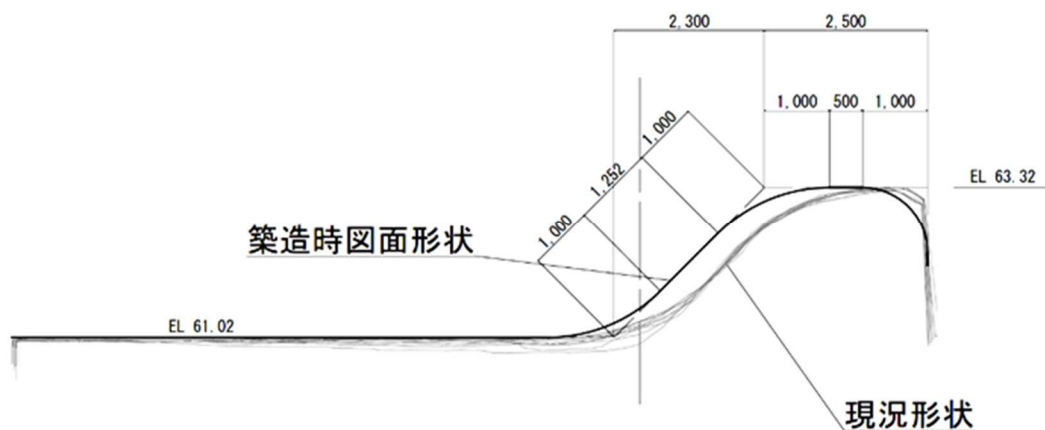


図-1 固定堰形状概要図

4. ICT建機を活用した改修施工

4-1. 地上レーザースキャナを活用した既設構造物の計測および最適な修正設計

既設固定堰は曲線形状であり、摩耗が顕著で表面に凹凸が多く見られたため、最適となる補強形状を決定するには、構造物の形状を正確に把握する必要があった。そこで、短時間かつ正確に検測でき、どの方向や位置からでも断面図の作成が可能な地上レーザースキャナを採用し、レーザースキャナ点群データをもとに、現況に最も近く、はつり量の少ない、最も安価で最適な補強形状の修正設計を実現した。図-2に計測した点群データを示す。



図-2 レーザースキャナ点群イメージ図

4-2. ICT建機を活用した無筋コンクリート構造物表面はつり取り

修正設計形状をもとに図-3に示す3次元設計データを作成した。このデータによりICT建機を制御、アタッチメント先端の3次元座標を衛星測位システム（GNSS）で制御することで設計面の出来形を管理した（写真-3）。ICT建機によるはつり作業は、「セミオート3Dマシンコントロール油圧ショベル（以後、3DMCと表記）」にコンクリート表面はつり用にアタッチメント「ツインヘッド」（写真-4）を装備して施工した。ツインヘッドは、切削方式であるため低騒音・低振動であり、また、ドラム回転による大きな切削能力で切削面も平滑に仕上げることができる。3DMCには自動停止（設計面でアタッチメント先端が自動停止）および自動整地アシスト（設計面を深掘りしないようアームが設計面に沿って動く）の2つの特徴がある。これにより重機オペレーターは、建機の運転席内に設置された表示画面（写真-5）を確認しながら操作するだけで、アタッチメント先端が設計面に達するとICT建機が自動制御されることにより深掘りが抑制され、精度の向上を実現するとともに、曲線部の丁張り設置や検測も必要なく施工期間を短縮することができた。

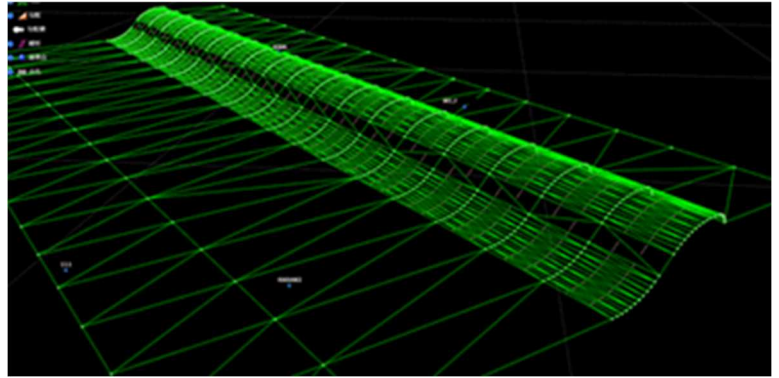


図-3 ICT建機入力用3次元設計データ



写真-3 ICT建機による固定堰はつり状況



写真-4 ツインヘッド



写真-5 運転席内表示画面

3DMCは土工事の通常バケットによる現行システムを使用した。建機寸法については、通常バケットでは所定の方法でバケット幅・輪郭点を計測し入力する。本工事では、ツインヘッドを使用するため、仮想輪郭として図-4のように、最も突出しているビット部をバケット底と仮定し、長方形の法面バケットとしてシステムに認識させた。

精度管理は、あらかじめ設置した基準点において3DMCの座標確認を行う。GNSSは衛星の捕捉数および位置等からTS測量と比較精度が劣るため、2時間ごとに既知点をGNSS受信機（RTKローバー）で計測しTS測量との整合を確認、削り取り深さや進行に合わせ、緻密にICT建機における衛星測位の誤差補正を行い、精度向上を実現した。

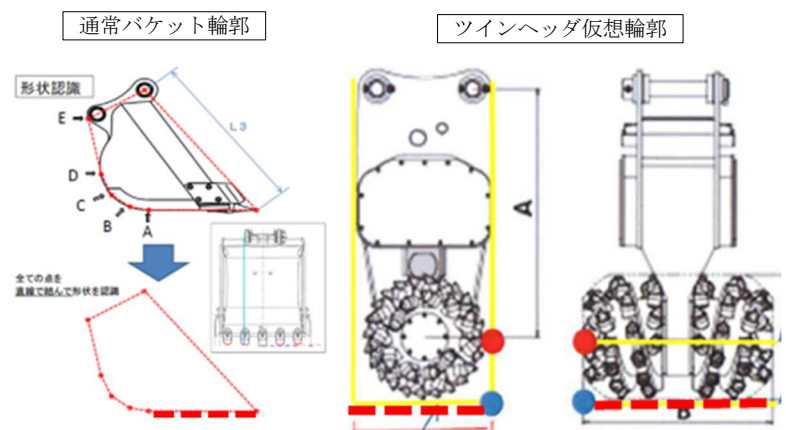


図-4 ICT建機入力用 仮想輪郭

5. 施工後の精度検証

本取組では、地上レーザースキャナを採用した現況形状の高精度計測により最も安価で最適な補強形状の修正設計を実現した。

施工後、レーザースキャナを使って精度検証を行った結果、施工前後の計測結果から不陸を除いた平均はつり厚は、設計値の70mmに対して、出来形は78.5mmとなり、施工における精度は8.5mmとなった。また、平坦部と曲線部に分けて検証したところ、平坦部は7.5mm、曲線部は11.2mmとなった。これらの値は、公表されている、土工事におけるICT建機精度±30mmと比較しても非常に高い精度であった。はつり施工は、設計値の70mm以上はつり取る必要があることから、出来高不足とならないように深掘りになる傾向があり、また、既設コンクリートの粗骨材寸法が40mmであることから、粗骨材のはつり取れによる深掘りになることが多い。このことから、グラウト注入量増大による経済性が低下する事例が多い。

既設コンクリートはつり施工においては、従来の工法では42日想定であったが、ICT建機施工により20日で完了し、生産性向上・効率性について確認できた。

以上のことから、当施工において「レーザースキャナ」、「3DMC」や「ツインヘッド」のコンクリートはつり作業への活用は、精度、施工性ともに有効であることが確認できた。

6. おわりに

ICT施工技術の活用は、従来、高い出来形精度を必要としない土工・舗装・浚渫・地盤改良で行われている。本取組により、高い精度を要求されるコンクリート構造物改修工事においてICT施工技術を活用したことは極めて珍しい事例であったが、非常に効果的であったことが確認された。これにより、今後のICT施工技術のインフラメンテナンス分野での飛躍的な活用が期待される。

謝辞 当施工は、加治川二期農業水利事業所の皆様の協力で実施したとともに、第4回「インフラメンテナンス大賞」農林水産大臣賞を受賞することができた。ここに記して感謝の意を表する。

ASR劣化橋梁の補修設計総括（見内橋補修工事後の現状報告）

鳥取県 株式会社 和幸設計 奥村 智洋

1. はじめに

本橋見内橋は、鳥取県八頭郡若桜町の八東川に架かる橋梁で、橋長 63m の 2 径間単純 PC 下路桁橋である。昭和 55 年の竣工から約 41 年経過している。

見内橋は、上部工・下部工ともにアルカリ骨材反応（以下、ASR と称する）によるものと思われるひび割れが竣工後 4 年経過した頃から確認され始め、一部では幅 7 mm 以上の大きな開口も見られた。また、広範囲の浮きや破断した鉄筋の露出なども見られたため、平成 18 年度に詳細調査・補修設計が実施され、平成 20 年度に補修工事が実施された。詳細調査の内容は、第 1 回業務体験発表で報告している。

今回報文は、補修工事後 13 年経過するにあたり、①補修前の状況、②補修工法、③補修工事後 13 年の現状状況報告と補修設計の妥当性について総括し、今後の ASR 補修設計の参考にして頂くものである。

2. 補修前の状況

架橋位置は、鳥取県南東部に位置する山間地内の谷間部である。県境に近く谷が深いため全体的に日照時間が少なく、冬季は積雪が 1m 以上となることもまれでなく、凍結融解の劣化環境が顕著な地域である。

2.1 架橋位置：鳥取県八頭郡若桜町地内

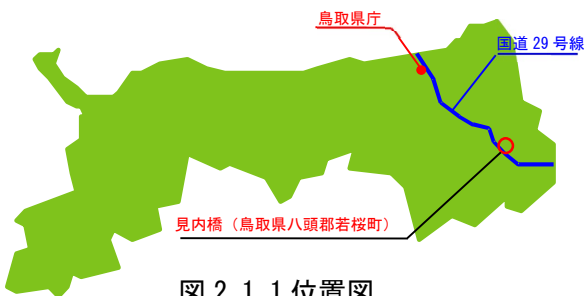


図 2.1.1 位置図



写真 2.1.1 見内橋劣化状況

2.2 構造概要

右岸側に民家が近接しているため、民家への進入勾配の影響を低減する目的で、下路橋構造（主桁が床版の上に露出している構造）が選定されたものと推察される。そのため、主桁に直接雨水が供給される環境となり、ASR の劣化が促進されたものと推察された。

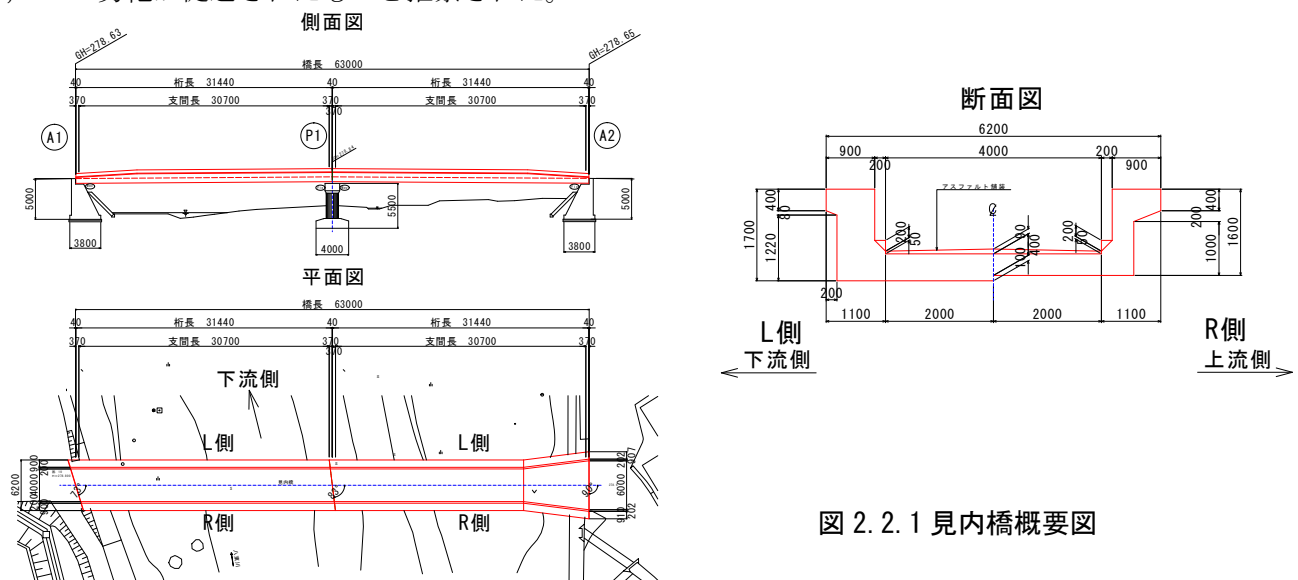


図 2.2.1 見内橋概要図

2.3 劣化状況

1) 外観状況

- 上部工の桁部には橋軸方向に伸展するひび割れが多数発生していた。とくに、天端面のひび割れは幅が大きく、ほとんどが1mm以上で最大7mmに達するものもあった。また、内面はゲルと思われる白色の析出物が著しく、とくにA1～P1ではL側・R側ともに天端付近から地覆部までが覆われていた。
- 桁部には、上縁側を中心に広範囲の浮きもあり、A1～P1径間ではL側・R側ともにほぼ全体で内面の1/3～1/2の範囲が浮いていた。
- P1周辺の外観変状は著しく、一部では割れた箇所から破断した鉄筋が露出していた。また、R側の天端付近では盛り上がるような変形も見られた。
- 桁部外面のひび割れの幅は天端面と比較すると小さく、白色析出物も軽微であったが、A1～P1の下縁には広範囲の浮きが見られた。また、P1付近下縁の割れからは破断鉄筋が露出していた。
- A2橋台は、幅1mm以上のひび割れが多数発生していた。とくに打ち継ぎ部に発生した水平方向の割れは開きが大きく、最大7.5mmに達していた。
- P1橋脚は全面にわたって多数のひび割れが発生しており、梁部中央には水が滲出している箇所も見られた。梁部の端面および下面には、L側・R側ともに広範囲の浮きがあり、また下縁の隅角部には下縁に沿って伸展する大きな割れが生じていた。



写真 2.3.1 L側桁部内側の状況



写真 2.3.2 R側桁部内側の状況



写真 2.3.3 R側桁部内側の状況



写真 2.3.4 L側桁部内側の状況
(破断鉄筋の露出)



写真 2.3.5 L側桁部外側の状況
(P1近傍、破断鉄筋の露出)



写真 2.3.6 橋脚梁部R側下面

2) 再劣化の可能性と補修設計を採用した理由

- ・上部工でコンクリートコアを3本採取し、「JCI-DD2法による促進膨張率試験」を実施した。その結果、水の供給があれば再劣化の可能性が高いと想定された。
- ・補修及び撤去・再構築の検討の結果、補修が撤去・再構築に比べ50%の工事費となった。
- ・静的載荷試験及び逆解析の結果、耐荷力を確認した。
- ・上記から、止水を伴う補修により今後の供用が可能と判断し、補修設計を実施した。

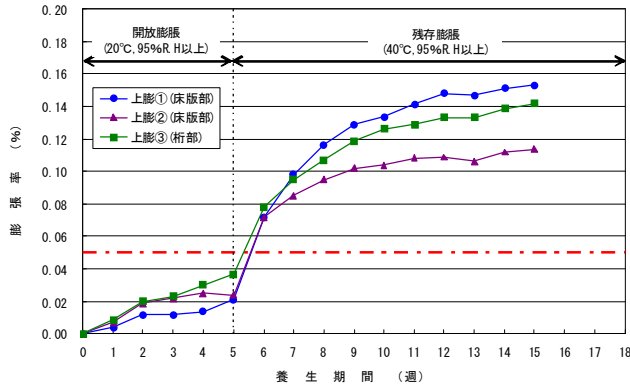


図 2.3.1 上部工促進膨張率試験結果



写真 2.3.7 二台載荷試験状況

3. 補修工法

3.1 上部工

補修は劣化部位に合わせて、下記のI～IVタイプとした。

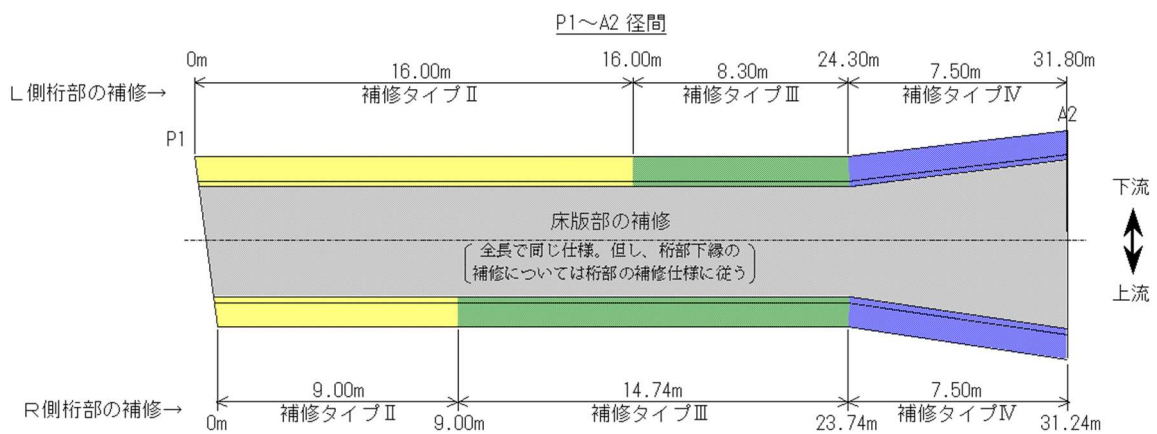


図 3.1.1 補修タイプ平面図

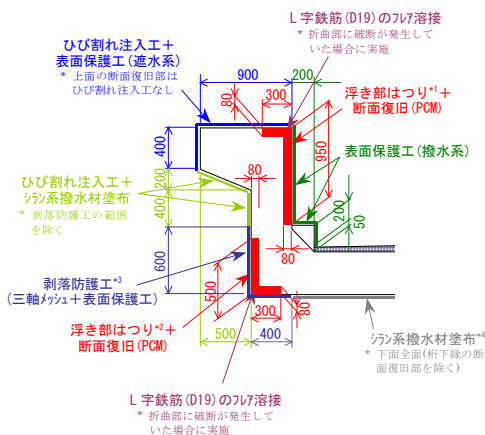


図 3.1.2 補修タイプ I

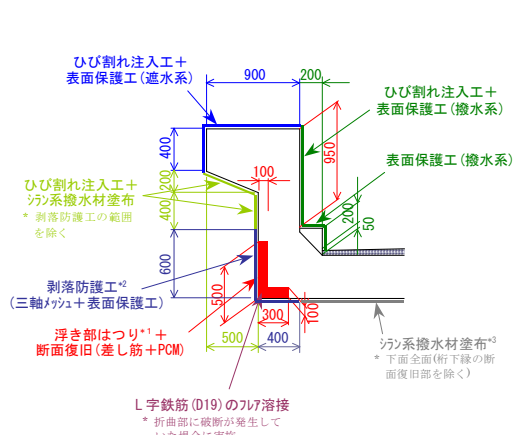


図 3.1.3 補修タイプ II

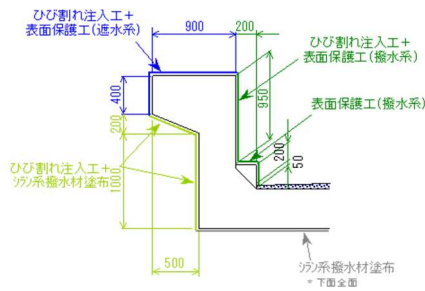


図 3.1.4 補修タイプⅢ

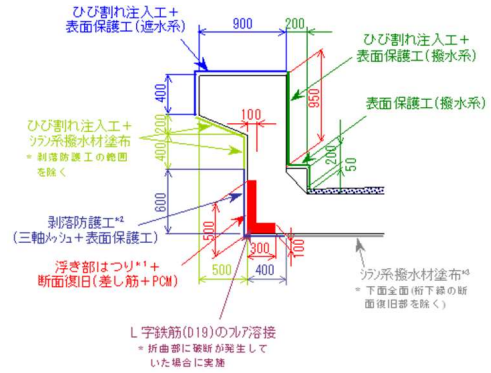


図 3.1.5 補修タイプⅣ

3.2 橋脚

橋脚は、「耐震補強も兼ねた‘PC鋼材を巻きたてる工法’」とした。

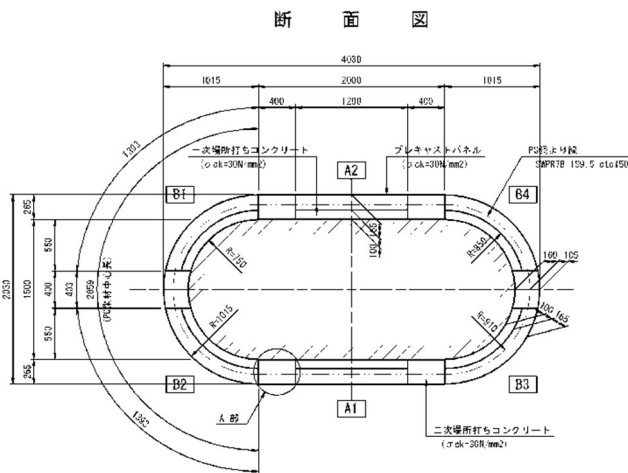


図 3.2.1 PC鋼材を巻きたてる工法断面図



写真 3.2.1 橋脚補修工事完了

4. 現在（令和3年10月；補修13年後）の状況と補修設計総括

下記の現状写真から表面被覆材の汚れはあるものの、耐久性の低下に繋がる劣化は軽微であると評価している。よって、補修による延命化の選択と補修設計工法は懸命であったと考えている。



写真 4.1 右岸側橋面状況(被覆材の汚れ)



写真 4.2 上流側側面状況



写真 4.3 橋脚上主桁目地止水状況



写真 4.4 橋脚の現在の状況

5. おわりに

現状の知見では、ASRの進行を完全に阻止することはできないため、定期的に維持管理していくことが必要であると考えます。最後に、維持管理の重要性に御理解を頂き、本報文の発表にご尽力を頂いた、鳥取県若桜町の方々及び株式会社ウエスコ関係者の方々に紙面をおかりして感謝致します。

キーワード：ASR補修設計，再劣化，静的載荷試験，逆解析，促進膨張率試験

連絡先：鳥取県鳥取市湖山町南5丁目130番地 TEL：080-7833-6113

JCD2021年次発表会 2021年11月12日

ASR劣化橋梁の補修設計総括(見内橋補修工事後の現状報告)



1. 補修前の状況(概要)
2. 劣化状況
3. 再劣化の可能性と補修設計を採用した理由
4. 補修工法
5. 現在の状況と補修設計総括


鳥取県 株式会社 和幸設計 奥村 智洋
〒680-0945 鳥取市湖山町南5丁目130番地
TEL(携帯)080-7833-6113
E-mail: okumura@wakohet.jp

©2021 Waco Design co., Ltd. All rights reserved.

1. 補修前の状況 (架橋位置及び構造概要)

架橋位置

鳥取県八頭郡若桜町大字須澄地内



県境に近く谷が深いため日照時間が少ない。
冬季は積雪が1m以上となることもあり、凍結融解の劣化環境が顕著

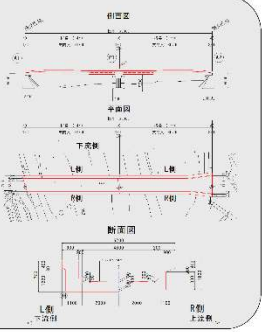
2

©2021 Waco Design co., Ltd. All rights reserved.

1. 補修前の状況(見内橋の構造概要)

見内橋の構造概要

見内橋補修竣工 (昭和55年竣工)	
河川名	一級河川八貫川
上部工形式	片支持コンクリート単純型下路橋 $\sigma_{ok}=39.2N/mm^2$
橋長	63.0m
桁長	2x31.44m
支間長	2x30.70m
有効径目	4.00m
設計活荷重	TL-14 t
橋台形式	重力式橋台 $\sigma_{ok}=23.5N/mm^2$
橋脚形式	小科柱橋脚式橋脚 $\sigma_{ok}=23.1N/mm^2$
上部工	浜崎純系方骨コンクリート橋脚 (昭和53年1月)
下部工	浜崎純系方骨コンクリート橋脚 (昭和53年1月)




3

©2021 Waco Design co., Ltd. All rights reserved.

1. 補修前の状況(現状報告とした理由)

見内橋補修前の橋脚の劣化状況写真

平成18年度コンクリート診断士試験問題





4

©2021 Waco Design co., Ltd. All rights reserved.

2. 劣化状況(その1)

- ・桁部には、天端面、内側及び側面のいずれにも橋軸方向に進展するひび割れが多数発生していた。
- ・天端面のひび割れは幅が大きく、1mm以上で最大7mmに達するものもあった。
- ・主桁内側側のひび割れからは、白色の析出物の滲出が著しく、路面から天端付近まで析出物で覆われていた。
- ・P1橋脚は、梁部、柱部ともに全面にわたって多くのひび割れが発生していた。ひび割れ幅は、最大5mmに達するものもあった。

5

©2021 Waco Design co., Ltd. All rights reserved.

2. 劣化状況(その2)






6

©2021 Waco Design co., Ltd. All rights reserved.

3. 再劣化の可能性と補修設計を採用した理由

- ・コンクリートの残存膨張率を把握するために、上部工およびP1橋脚からそれぞれ3本のコアを採取し、促進膨張率試験を行った。
- ・上部工のコアの膨張率はいずれも0.1%を超える大きなものであった。
- ・下部工の39~54cmの深さから採取したコアは、0.05%を超える膨張率を有していた。
- ・今後、十分な水分供給があった場合は、さらにASRが進行する可能性がある。

図 促進膨張率試験結果(上部工のコア)

図 促進膨張率試験結果(下部工のコア)

7 ©2021 Waco Design co., Ltd. All rights reserved.

3. 再劣化の可能性と補修設計を採用した理由

耐久性

- ・著しい数のひび割れや広範囲の浮きが発生しており、スターラップの破断も確認された。
- ・これより、現時点での耐久性性能は低下していると考えられる。
- ・当橋梁の上部工のコンクリートはまだ大きな残存膨張率を有している。このままではASRの影響によって劣化は進む可能性が高いと考えられる。

写真 載荷試験時状況(1台載荷)

耐荷性能

- ・静的載荷試験で計測されたたわみやひずみは2台載荷(計22.6トン)時でも解析値とほぼ同等である。
- ・当初の設計荷重14トンを供用荷重とするならば、現時点では補強は必要ないと判断した。

写真 載荷試験時状況(2台載荷)

補修設計の採用理由→経済性が再構築の50%、止水により供用が可能と判断した。

8 ©2021 Waco Design co., Ltd. All rights reserved.

4. 補修工法(その1)

- ・載荷試験の結果から、上部工はまだ必要な耐荷性能を有していると考えられ、現時点において補強の必要はないと判断した。
- ・桁部などにASRによる著しい外観変状が発生しており、今後も供用していくためには耐久性を確保するための補修が必要である。
- ・劣化の程度が場所によって差があるため、状況に応じて各種の工法を組み合わせるものとすると効果的であると見え、4タイプに区分けた補修の仕様とした。

図 補修の区分(P1~A2)

9 ©2021 Waco Design co., Ltd. All rights reserved.

4. 補修工法(その2)

図 桁部の補修仕様(補修タイプI)

図 桁部の補修仕様(補修タイプII)

図 橋脚の補修仕様(補修タイプIII)

図 橋脚の補修仕様(補修タイプIV)

10 ©2021 Waco Design co., Ltd. All rights reserved.

4. 補修工法(その3)

写真 橋脚補修工事完了(その1)

写真 橋脚補修工事完了(その2)

11 ©2021 Waco Design co., Ltd. All rights reserved.

5. 現在の状況と補修設計総括

下記の現状写真から表面被覆材の汚れはあるものの、耐久性の低下に繋がる劣化は軽微であると評価している。よって、補修による延命化の選択と補修設計工法は懸命であったと考えている。

現状の知見では、ASRの進行を完全に阻止することはできないため、定期的に維持管理していくことが必要であると考えられる。最後に、維持管理の重要性に御理解を頂き、本報文の発表にご尽力を頂いた、鳥取県若桜町の方々及び株式会社ウエスコ関係者の方々に紙面をおかりして感謝致します。

12 ©2021 Waco Design co., Ltd. All rights reserved.



非破壊検査法によるグラウト充填調査

NPO法人大分県コンクリート診断士会
株式会社 富士設計 森山 繁行

1. はじめに

本業務は昭和 55 年に施工された橋梁において、過年度点検業務で A 2 橋台側の G 5 桁ウェブ側面に、主ケーブルのグラウト充填不良を示唆するひび割れ（補修・補強材の損傷）が確認された。そのため、非破壊検査技術を活用した当該箇所の主ケーブルのグラウト充填度調査を実施したので、その概要を報告する。

ブルに沿った 0.3~0.5mm 幅のひび割れや伸縮継手からの漏水跡が橋台前面に確認された。

(2) コンクリート品質結果

コンクリートの品質試験は、主桁に対して中性化試験・塩分含有量試験・走査型電子顕微鏡観察（SEM-EDS）・残存膨張量試験（カナダ法）を実施した。

1) 中性化試験結果

試験結果は表 3-1 に示すとおりで、中性化残り 19.4mm、中性化残りが 10mm に達するまでのべ年数 88 年、現在からの年数 55 年で供用期間中に劣化進行の恐れはない。

表 3-1 中性化試験結果

試料番号	最外鉄筋 純かぶり	中性化残り	中性化速度係数	中性化残りが 10mmに達するま でのべ年数	現在からの年数
	(mm)	(mm)		(年)	(年)
C-1	36.0	19.4	2.767	88	52

2) 塩分含有量試験結果

試験結果は図 3-1 に示すとおりで、鉄筋位置の塩分量が約 1.4kg/m³ と若干多いが、中性化に伴い濃縮されたと推測される。躯体内部は腐食発生限界 1.2kg/m³ より小さく、表面被覆対策が行われているため、供用期間中に劣化進行の恐れはない。

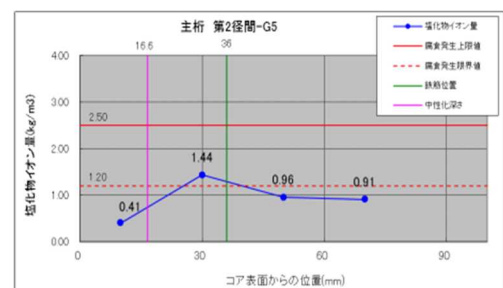


図 3-1 塩分含有量試験結果

3) アルカリシリカ反応試験結果

試験結果は、SEM 観察により骨材に反応リムや滲出物が認められた。滲出物は ASR

2. 既設橋梁の概要

既設橋梁の概要は、以下に示すとおりである。

- ・ 橋 長：65.00m
- ・ 有効幅員：2.0m（歩道）+7.25m（車道）
- ・ 上部工形式：PC2 径間単純ポステン T 桁橋
- ・ 下部工形式：控え壁式橋台 2 基、T 型橋脚
- ・ 基礎工形式：直接基礎
- ・ 竣工年：昭和 55 年（1980 年）
- ・ 補修履歴：耐震補強・一般補修済み



写真 2-1 橋面状況



写真 2-2 側面状況

3. 損傷の概要

(1) 損傷状況

損傷状況は、写真 3-1・3-2 に示すように主ケー

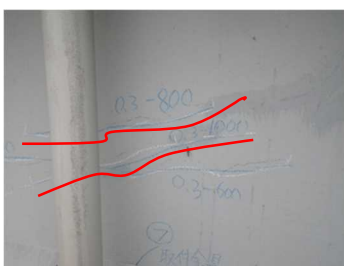


写真 3-1 G5 ウェブ



写真 3-2 G5 下フランジ

キーワード：非破壊検査、グラウト充填調査、中性化試験、塩分含有量試験、アルカリシリカ反応試験

連絡先：大分県大分市大字羽田 930 番地 1 TEL097-574-5318 FAX097-574-5313

生成物の典型的な形態（ゼリー状）を呈し、Si（ケイ素）を主成分とし、Na・K・Caを含んでいることが判明した。その形態と成分から、滲出物はASRにより生成したゲルであり、ASRが発生していると考えられる。また、残存膨張量試験結果から、「潜在的に有害な膨張率」と判定され、今後の進行も考えられる。

4. グラウト充填調査

(1) 調査概要

主桁のひび割れの原因として、PC鋼材のグラウト充填不良が考えられたため、インパクトエコー法及び削孔・CCD カメラによる調査を実施した。

(2) インパクトエコー法

インパクトエコー法は、部材表面から打撃などによって弾性波を入力し、その共振現象の周波数を高感度変位センサー及び波形収録機で測定・解析することにより、PC鋼材のグラウト充填状況を調査する手法である。

インパクトエコー法によるグラウト充填調査はこれを利用したもので、シーす内にグラウトが充填されている場合は、部材厚の2倍に相当する周波数帯にピークが現れるが、シーす内にグラウト充填不良による空隙があると、図4-1に示すとおり部材表面とシーす表面の間でエコーが生じるためシーすのかぶりの2倍に相当する周波数帯にもピークが現れる。このことから、測定波形の周波数スペクトルにおいて、かぶりのエコーに相当する周波数にピークがあればグラウト充填不良があると判断できる。

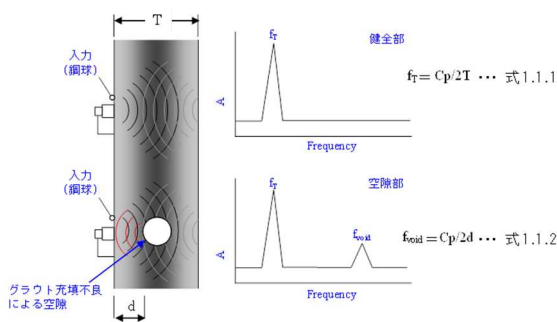


図 4-1 周波数帯とピーク

(3) 評価方法

評価方法は、①コンクリートの版厚からピークが見られる周波数を算定、②その周波数から伝播速度を算定、③伝播速度とシーすまでのかぶり深さから充填不良の場合のピーク周波数を算定し、グラウト充填不良を評価する基準を作成する。

(図 4-2～4-5 参照)

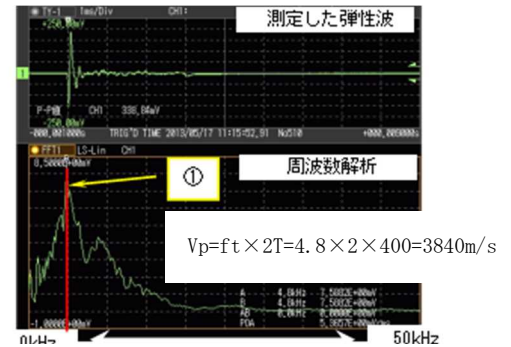


図 4-2 伝播速度の測定波形（版厚 400mm）

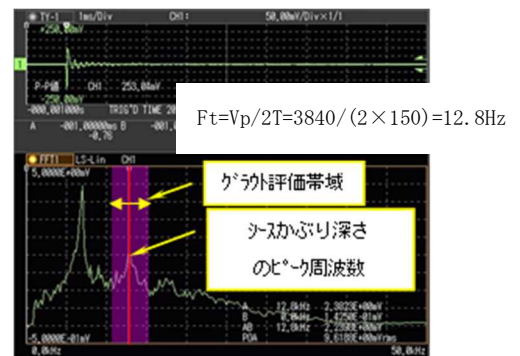


図 4-3 グラウト評価周波数帯（シーすかぶり 150mm）

評価	周波数分布の特徴	備考
○ 充填	図4-1の健全部と同様に、評価帯域にピークが現れる。	特徴 ・部材厚位置でピークがある。 ・評価帯域に明確なピークがない。
× 充填不良	図4-1の空隙部と同様に、評価帯域にピークが現れる。また、かぶりのエコーに相当する周波数帯にもピークが現れる。	特徴 ・部材厚位置でピークがある。 ・かぶり位置に、明確なピークが認められる。
△ 充填不良の可能性あり	図4-1の空隙部と同様に、評価帯域にピークが現れる。また、かぶりのエコーに相当する周波数帯にもピークが現れる。また、評価帯域に複数のピークが現れる。	特徴 ・かぶり位置からずれているが、評価帯域内に明確なピークが認められる。 ・電圧 ・ひび割れの影響 ・シーす、鉄筋の高さ等にコンクリートの内部に欠陥（ひび割れや空隙など）があり反射波が存在する場合 ・かぶり深さ測定誤差
※ 評価不能	図4-1の空隙部と同様に、評価帯域にピークが現れる。また、かぶりのエコーに相当する周波数帯にもピークが現れる。また、評価帯域に複数のピークが現れる。	特徴 ・ピークが複数見られ評価ができない。 ・電圧 ・ひび割れの影響 ・構造物の形状や位置関係に変化している箇所（上下フランジ、横材）の影響

図 4-4 グラウト充填度の評価基準

キーワード：インパクトエコー、弾性波、周波数帯、伝播速度、グラウト充填度評価基準

連絡先：大分県大分市大字羽田 930 番地 1 TEL097-574-5318 FAX097-574-5313

表 2.2 インパクトエコー法による評価とグラウト充填度

インパクトエコー法の評価	実際のグラウト充填状況
○ 充填	 <ul style="list-style-type: none"> グラウトが完全に充填されている。 または断面のほとんどの部分にグラウトが充填されている
× 充填不良	 <ul style="list-style-type: none"> グラウトが未充填または充填不良。 ただし、下記も充填不良と評価される場合がある。 シース外面とコンクリートの肌すき グラウトの取縮によるシース内面とグラウトの肌すき
△ 充填不良の可能性あり	 <ul style="list-style-type: none"> グラウトが未充填または充填不良。 ただし、下記も充填不良の可能性ありと評価される場合がある。 シース外面とコンクリートの肌すき グラウトの取縮によるシース内面とグラウトの肌すき
※ 評価不能	<ul style="list-style-type: none"> シースのかぶり深さが浅すぎる、または浅すぎるためエコーの有無を判別できない。 ひび割れや隅角部、並行ケーブルなどからの反射波や回折波の影響で有意な波形が得られない 表面劣化などの影響で適切な弾性波が入力できない。

図 4-5 インパクトエコー法による評価とグラウト充填度

(4) 調査位置

調査位置は、品質試験と同じく、図 4-6 に示す補修・補強材の損傷やひびわれが生じている第 2 径間 G5 桁とし、上縁定着ケーブルを対象とした。

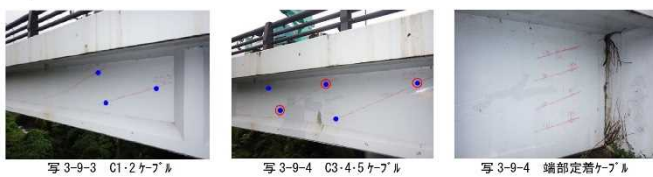
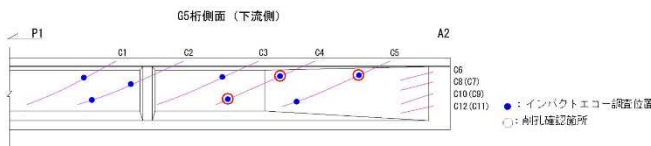


図 4-6 調査位置

(5) 調査結果

調査の結果は表 4-1 及び図 4-7~4-13 に示すとおりで、調査した 8 箇所に対して、「充填 (○) 3 箇所」、「充填不良の可能性があり (△) 4 箇所」、「充填不良 (×) 0 箇所」、「評価不可能 1 箇所」となった。

表 4-1 インパクトエコー調査結果

径間	桁	ケーブル	定着形式	測定箇所	測点名	IE法の調査結果				剛孔法の調査結果		備考
						伝播速度 (m/sec)	かぶり (mm)	かぶりの周波数 (kHz)	かぶりの ϵ^{-1}	判定 ^{*1}	判定 ^{*2}	
P1-A2	G5	C1	上縁	終点側上縁	S05-C1U	3500	59	29.7	無	○		
						3500	57	30.7	有	△		
		C2	上縁	終点側上縁	S05-C2U	3500	58	30.2	有	△		
						3500	58	30.2	有	△		
		C3	上縁	終点側上縁	S05-C3U	3500	66	26.5	無	○		
						3500	97	18.0	有	△	△	シース内に清水あり
		C4	上縁	終点側上縁	S05-C4U	3500	97	18.0	有	△	△	
						3500	58	30.2	無	○	●	
		C5	上縁	終点側上縁	S05-C5U	3500	167	10.5	—	※	△	かぶりが35以上の為IE法適用範囲外
						3500	92	19.0	有	△		
調査結果の内訳						調査箇所数	8	3				
						充填 (○)	3					
						不良の可能性あり (△)	4					
						充填不良 (×)	0					
						評価不可能 (※)	1					

*1 IE法の判定: ○ 充填, △ 充填不良の可能性あり, × 充填不良

*2 剛孔調査の判定: ● 充填, ▲ 充填不良(空隙小), △ 充填不良(空隙大), × 未充填



図 4-7 IE 波形データ (C1U (上)) 結果→○



図 4-8 IE 波形データ (C2U (上)) 結果→△



図 4-9 IE 波形データ (C2L(下)) 結果→△

キーワード: インパクトエコー法による評価とグラウト充填度, IE 波形データ

連絡先: 大分県大分市大字羽田 930 番地 1 TEL097-574-5318 FAX097-574-5313

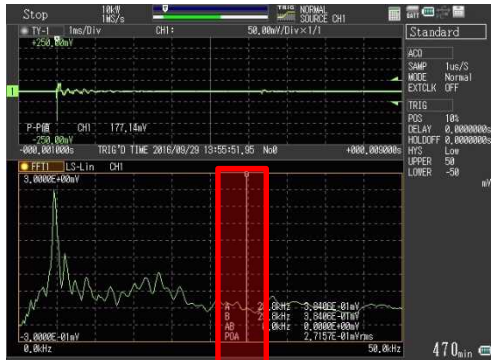


図 4-10 IE 波形データ (C3U (上)) 結果→○



図 4-11 IE 波形データ (C4L (下)) 結果→○



図 4-12 IE 波形データ (C4U (上)) 結果→△



図 4-13 IE 波形データ (C5L (下)) 結果→△

(6) CCD カメラ調査結果

インパクトエコー法の調査結果の検証と PC 鋼材の腐食程度を確認するため、CCD カメラによる削孔調査を行った。調査箇所は、C4 上下縁と C5 ケーブル上縁の 3 箇所を実施した。結果は、充填 (○) 1 箇所、充填不良 (空隙大) 2 箇所となり、インパクトエコーと同様の結果となった。また、PC 鋼材の腐食も確認されなかった。

5. 損傷原因の推定及び補修方針

(1) 損傷原因の推定

今回のインパクトエコーによる調査結果では、グラウト充填不良と判定されるケーブルが 5 割以上であることが確認された。ただし、充填不良はケーブル全長に渡ってではなく、曲げ上げ部付近から定着部にかけて生じていると推測され、C1・C3 など定着部付近まで充填されているものもある。充填不良と判定される箇所に必ずしもひび割れが見られる分けでもないため、ひび割れの主原因はグラウト充填不良ではなく前述した ASR によるものと考えられる。また、CCD カメラ調査の結果、充填不良箇所においても PC 鋼材に腐食はなく、外観上の耐力不足に起因する曲げひび割れも見られないため、プレストレスの減少もないとした。

(2) 補修方針

現時点ではグラウト再充填は不要であり、ASR 抑制策として顕在化したひび割れに対する補修や伸縮装置の取り替えを行えば問題はないとした。

6. おわりに

主ケーブルのグラウト調査として外に X 線透過法があるが、時間・部材限界厚・放射線管理区域などの問題があり、非破壊検査技術として必ずしも有効な手法とは言えない。一方で、今回のようにインパクトエコー法は X 線透過法に比べ、費用対効果に優れ、健全性を評価する上で目安となる結果が得られことから、有効な非破壊検査技術として今後の活用が期待できる。ただし、事例がまだまだ少ないことから、実績を増やしていき身近な調査手法として広めていきたい。

キーワード：CCDカメラ、損傷原因、X線透過法

連絡先：大分県大分市大字羽田 930 番地 1 TEL097-574-5318 FAX097-574-5313

新幹線高架橋におけるプレキャスト化事例

福井 (株) 道端組 ○山口 訓久
 (株) 道端組 永山 俊守
 (株) 道端組 根守 信
 (株) 道端組 堂下 泰宏

現在建設中である北陸新幹線（金沢～敦賀間）のうち、福井県内において採用された、鉄道高架橋のプレキャスト化工法について2つの事例を紹介する。[①LRV工法－大林・名工・道端JV ②SPER工法－三井住友・極東興和・道端JV] また、鉄道運輸機構から配布された「北陸新幹線におけるコンクリート構造物補修【解説版】」をもとに、新幹線工事におけるコンクリート補修の現状と、コンクリートの品質確保の難しさについて報告する。

最後に 今冬の大雪時、工事に従事するJV職員や職人たちが一体となり、高架橋上から雪下ろしをしている風景を一例に、地元建設業者の視点から建設業の本質的な姿や若手職員の遣り甲斐・喜びについて、発表するものである。

1. 福井開発高架橋LRV工法 大林・名工・道端JV 

工事名：北陸新幹線 福井開発高架橋（福井駅北側LRV高架橋11連）
全体工期：平成29年4月～令和3年7月
プレキャストの必要性：建設用地は既設鉄道間の狭隘な箇所であり、えち鉄高架化工事の仮線に利用中で着工遅れ
 → 工期短縮が絶対条件(工区の1/3がプレキャスト化)

着工前




北陸本線
えち鉄仮線
建設用地

完成



えち鉄本線
北陸新幹線

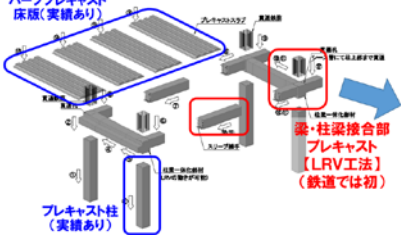
1. 福井開発高架橋LRV工法 大林・名工・道端JV 

- ・2005年大林組建築が開発、主に高層集合住宅が対象
- ・柱梁接合部(仕口部)を含めたプレキャスト化が特徴

目的：RCラーメン高架橋の生産性向上(施工性改善・工期短縮)
方法：PC化が進む建築分野の技術「LRV工法」を鉄道に展開

LRV工法によるプレキャスト高架橋

ハーフプレキャスト床版(実績あり)




プレキャスト柱(実績あり)

梁・柱梁接合部プレキャスト【LRV工法】(鉄道では初)

PC部材の配合

柱・梁：40-18-20N+FA(5.5%)
 FA置換15%(七尾) 茨城県産骨材
 HPCαスラブ：50-12-20H(5.5%)
 島根県産骨材



キーワード：鉄道、新材料・新工法（構造）、プレキャストコンクリート、付着・定着・継手
 連絡先：福井県福井市長本町209 TEL：0776-54-0993 FAX：0776-53-8376

1. 福井開発高架橋LRV工法 大林・名工・道端JV Connect 100th
WIDEKATAJVI

部材の接合例

モルタル注入

部材の注入方法(梁の例)

トップスジョイント(東京鉄鋼)

柱部材継手部

3

1. 福井開発高架橋LRV工法 大林・名工・道端JV Connect 100th
WIDEKATAJVI

LRV工法の施工手順

①柱下層の視察打ち部

LRV工法の施工手順

②下柱部材

LRV工法の施工手順

③上柱部材

LRV工法の施工手順

④縦梁部材

LRV工法の施工手順

⑤あと押し鉄筋

LRV工法の施工手順

⑥横梁部材

1. 福井開発高架橋LRV工法 大林・名工・道端JV Connect 100th
WIDEKATAJVI

LRV工法の施工手順

⑦中間横梁部材

LRV工法の施工手順

⑧中間横梁部材

LRV工法の施工手順

⑨あと押し鉄筋

LRV工法の施工手順

⑩縦梁部材

LRV工法の施工手順

⑪あと押し鉄筋

LRV工法の施工手順

⑫ハーフプレキャスト床版

1. 福井開発高架橋LRV工法 大林・名工・道端JV Connect100th

①LRV柱架設 ②仕口～縦梁架設 ③縦梁～仕口架設



④LRV梁・仕口架設(横梁) ⑤ハーフレキャストスラブ架設 ⑥完了

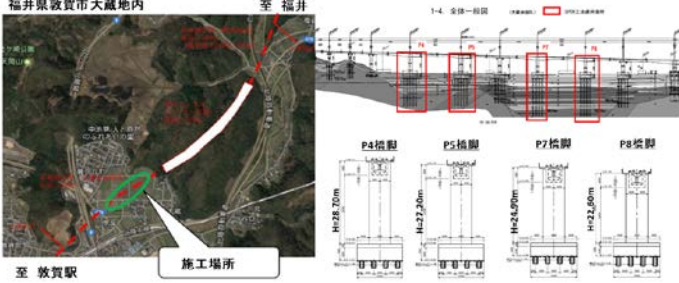


支保工

2. 深山トンネル他 SPER 工法 三井住友・極東興和・道端JV Connect100th

工事名: 北陸新幹線、深山トンネル他
全体工期: 平成29年3月～令和4年5月
 ・敦賀市余座地区 国道8号と北陸本線の交わる山際からの高架橋
 奥には中池見湿地を抱え環境問題と工期短縮が命題

福井県敦賀市大蔵地内 至 福井



至 敦賀駅 施工場所

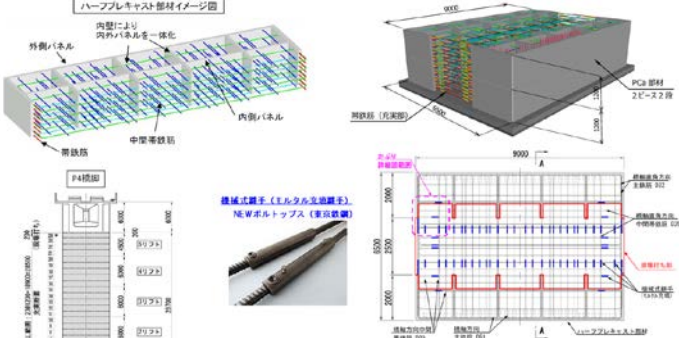
1-4 全線一段 (標準断面) 1-4 全線一段 (標準断面)

P4橋脚 P5橋脚 P7橋脚 P8橋脚

H=28.70m H=27.20m H=24.90m H=22.60m

2. 深山トンネル他 SPER 工法 三井住友・極東興和・道端JV Connect100th

ハーフレキャスト部材イメージ図



外側パネル 内側パネル 中間電線箱 帯鉄筋

PCa部材 2C-22片

帯鉄筋 (充満部)

鉄線式継手 (メタル充満継手) NEWボルトナット (帯鉄筋)

① 配合 Pca 50-65-20(5.5%) 高圧スラグ集積木・鋼筋材 スランプロ-65
 配合 現場打部 27-12-20M(5.5%) 中濃熱アクリル樹脂(AF30%) 材齢91日
 ② かぶり 橋脚本体: 70mm以上。
 ③ プレキャスト部材厚 外側70mmの純かぶりを確保し、帯鉄筋・中間帯鉄筋が収まる厚さとする。
 ④ 帯鉄筋の継手は、機械式継手(メタル充満継手)を採用。
 ⑤ プレキャスト部材内面と主筋との隙間は骨材最大骨材寸法(20mm)の4/3以上を確保する。

PCa部材高さ: 1.2m 1リフト: 6.0m

2.深山トンネル他 SPER 工法 三井住友・極東興利・道端JV Connect 100th

SPER(スパー)工法
 あらかじめ帯鉄筋を埋め込んだハーフプレキャストパネルで橋脚表面を形成し、内部にコンクリートを打ち込み合成構造橋脚を急速施工する工法

【施工ステップ】

管見橋の例

ハーフプレキャスト部材イメージ図

2.深山トンネル他 SPER 工法 三井住友・極東興利・道端JV Connect 100th

【施工ステップ】

2.深山トンネル他 SPER 工法 三井住友・極東興利・道端JV Connect 100th

①PCa部材建 **②PCa部材据** **③PCa部、生コン打設**

④現場打部、鉄筋型枠組立 **⑤PCaが先行した状態** **完成全景**



工法関連リンク LRV工法 <https://www.obayashi.co.jp/thinking/detail/project68.html>
SPER工法 <https://www.smcon.co.jp/service/sper/>

JCI年次大会「コンクリート構造物診断セミナー」についての報告

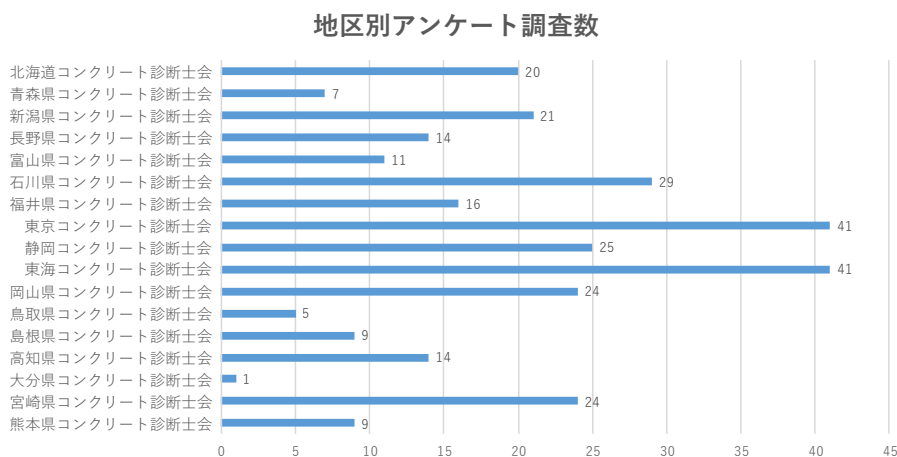
東海 エバーストラクション株式会社 竹内 祥一

今年7月7日開催のJCI年次大会にてはじめて開催された「コンクリート構造物診断セミナー」にて発表した“コンクリート構造物の維持管理の近未来像～我々技術者はどのように働くか～「技術者像，人材育成」”について報告します。

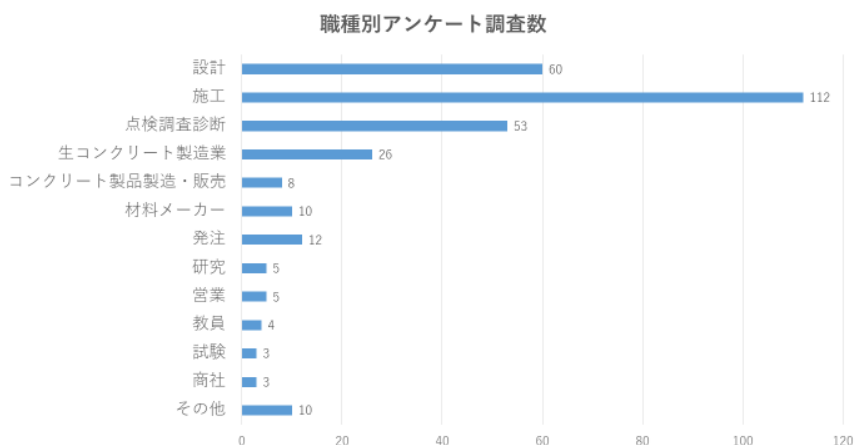
技術者像と人材育成についてコンクリート構造物の維持管理に携わる技術者として一般社団法人日本コンクリート診断士会の会員にアンケート調査を行いました。アンケートは311名からご回答頂きました。ありがとうございました。

カテゴリー別の回答数は以下の通りです。

◎ 各地区コンクリート診断士会アンケート調査合計311名



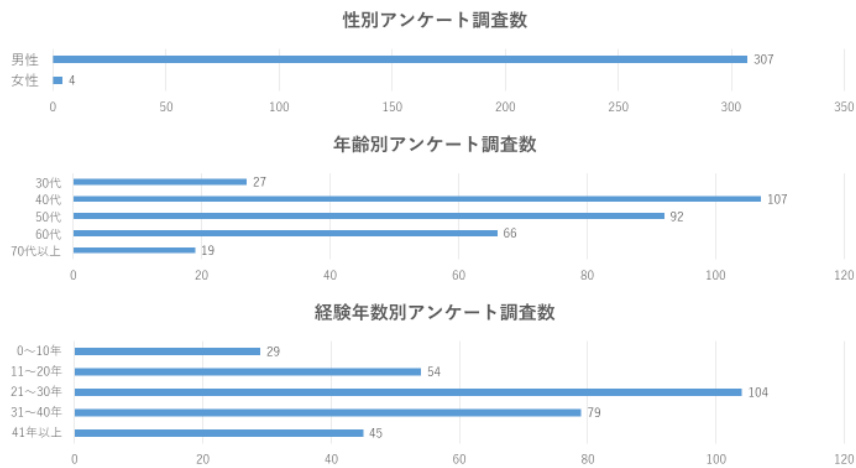
◎ 各地区コンクリート診断士会アンケート調査 合計311名



キーワード：維持管理，診断技術，AI，ドローン，DX

連絡先：愛知県清須市阿原池之表153 TEL：052-943-7856 FAX：052-934-7857

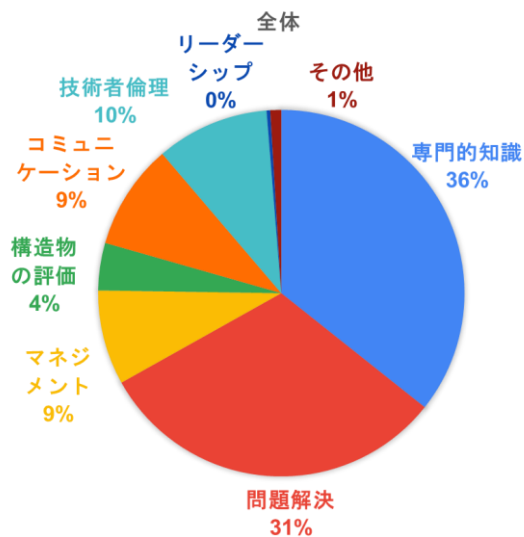
◎ 各地区コンクリート診断士会アンケート調査 合計311名



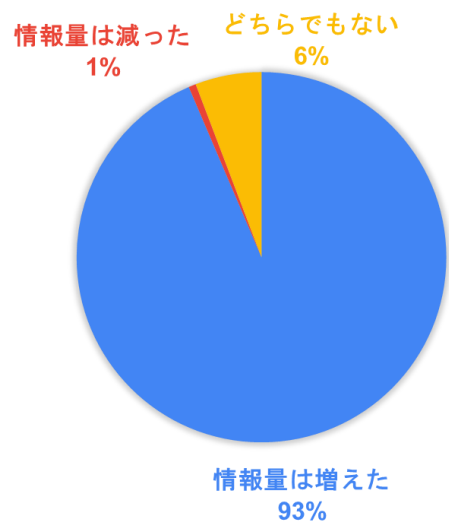
1. 技術者像

テーマである近未来像とこれからの働き方を念頭に考えました。
 技術者像は、時代と共に変わっているのか？変わっていくのか？
 コンクリート構造物の維持管理を行う技術者の育成に限定して検討しました。
 質の変化、量の変化、手段の変化、これからの技術者はどうあるべきか！
 9つの質問にご回答頂きました。

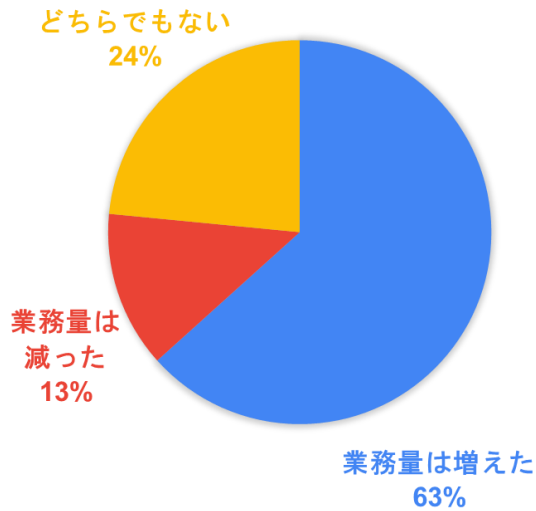
質問 5.あなたが技術者として一番重要だと感じているものは何ですか



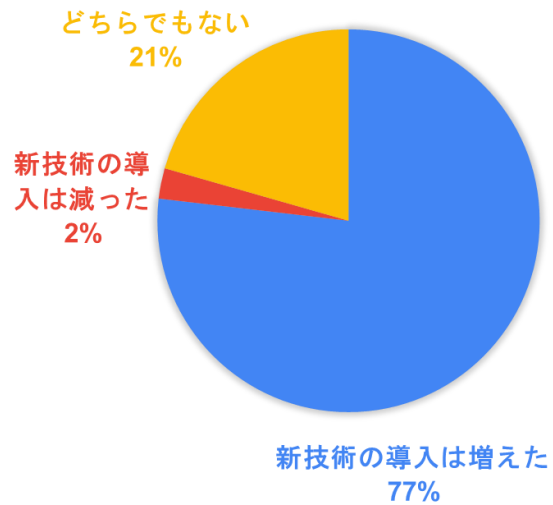
質問 6.あなたの業務においてこの 20 年間で情報量は変わりましたか



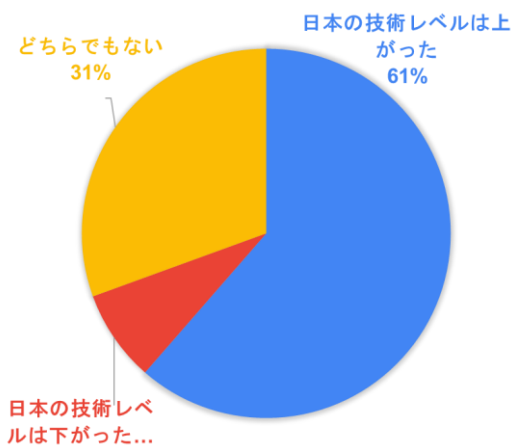
質問 7.あなたの業務においてこの 20 年間で業務量は変わりましたか



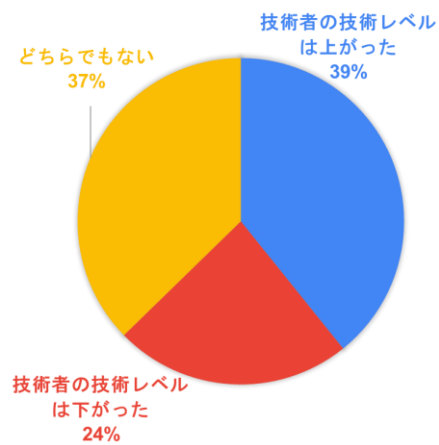
質問 8.あなたの業務においてこの 20 年間で新技術の導入量は変わりましたか



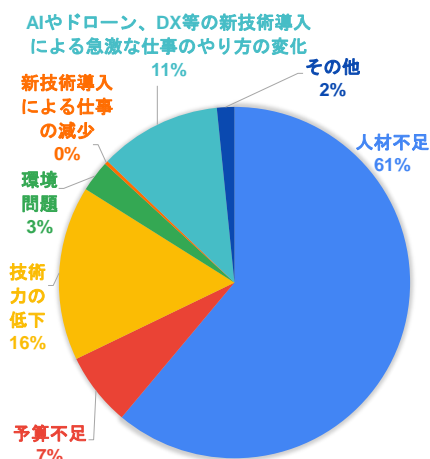
質問 9.この 20 年間で日本の技術レベルは変わったと思いますか



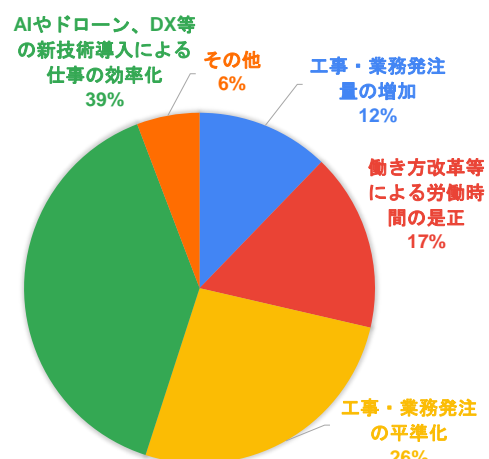
質問 10.この 20 年間であなたの身近に居る技術者の技術レベルは変わりましたか

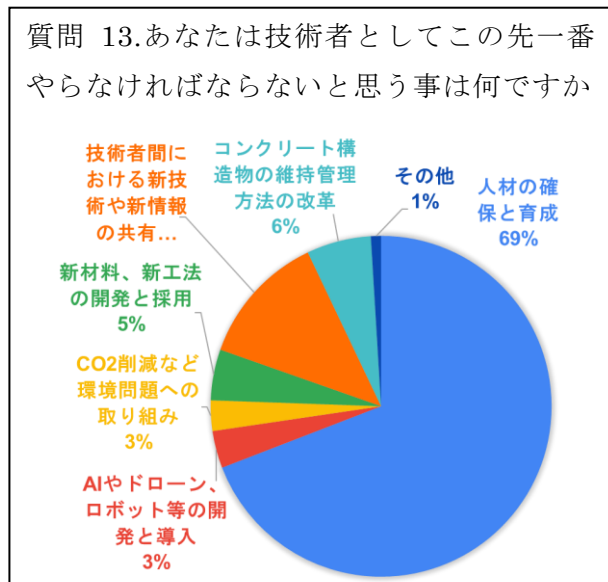


質問 11. あなたは技術者としてこの先一番不安に感じることは何ですか



質問 12. あなたは技術者としてこの先一番期待することは何ですか





1. 技術者像のまとめ

技術者として一番重要だと感じているものは「専門的知識」が36%、「問題解決」が31%となった。「情報量」、「業務量」、「新技術の導入量」は何れも増えたと感じているようである。「日本の技術レベル」は61%、「身近に居る技術者のレベル」は39%が上がったとの感想、日本の技術レベルと技術者個人レベルでは差があった。この先一番不安に感じることは「人材不足」が61%以上、この先一番期待することは「AIやドローン、DX等の新技術導入による仕事の効率化」が39%、「工事・業務発注の平準化」が26%になった。この先一番やらなければならないと思うことは「人材の確保と育成」が69%となった。

技術者の仕事は専門家としての知識と経験を使って問題を解決することであり、喫緊の課題である人口減少に対して技術者一人一人に負担が掛からないように効率化と平準化を進める必要がある。何よりも人材の確保と育成が重要であるということ。これからの技術者に求められるスキルは情報の分別と整理をする技術、新しいメディアをいかに使いこなすかということだと感じた。

2. 人材育成

「1.技術者像」の内容を念頭に人材育成について考える。

これまでに我々が受けた指導方法、教育方法はこれからも通用するのか？

これからの人材育成はどのように行えば良いのか？

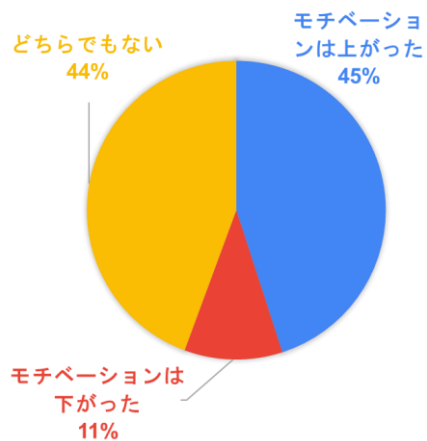
コンクリート構造物の維持管理を行う技術者の育成に限定して検討する。

【課題】

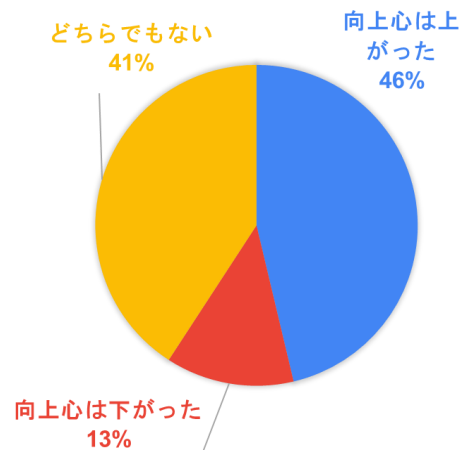
- ①指導者自身がこれからの人材育成についてしっかりと考えて取り組む必要がある。
- ②技術者としての将来の夢や希望をどのように伝え、どのようなやりがいを持たせるか。
- ③AIによる教育の検討。

人材育成の方法を変えなければ技術者がいなくなる！

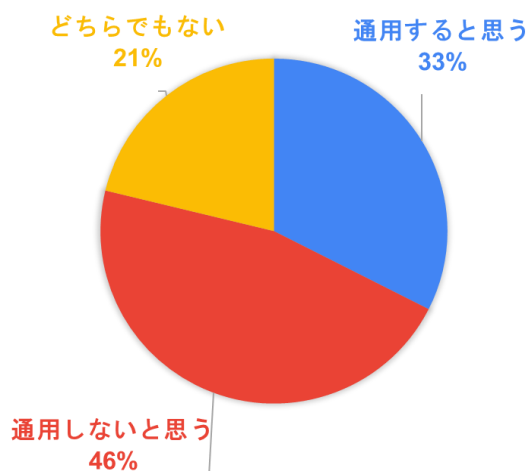
質問 15. あなたが指導を受けていた時期と今では業務に対するモチベーションは違いますか



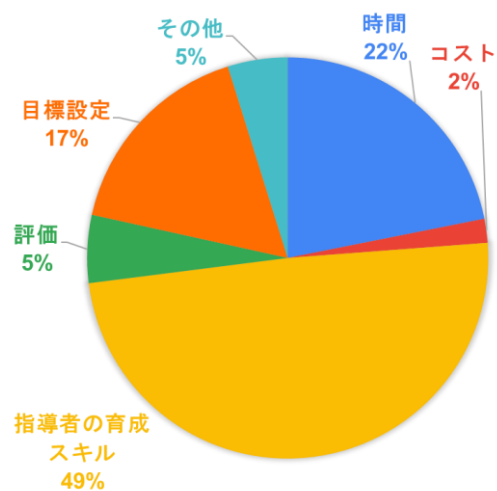
質問 16. あなたが指導を受けていた時期と今では技術者としての向上心は違いますか

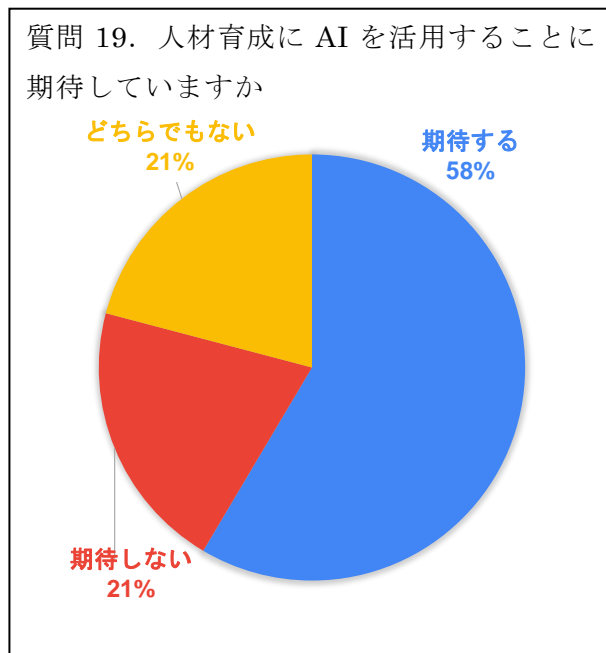


質問 17. あなたが過去に受けた教育方法はこれからも通用すると思いますか



質問 18. これからの人材育成で一番の課題は何ですか





2. 人材育成のまとめ

あなたが指導を受けていた時期と今の違いについて、「モチベーションは上がった」が45%、「どちらでもない」が44%、「向上心は上がった」が46%「どちらでもない」が41%となり、どちらも下がったという意見は11～13%程度であった。あなたが過去に受けた教育方法はこれからも「通用すると思う」が33%、「通用しないと思う」が46%となった。これからの人材育成で一番の課題は「指導者の育成スキル」が49%と一番多く、「時間」が22%、「目標設定」が17%と続いた。人材育成にAIを活用することへの期待については「期待する」が58%となった。

技術者は、もともと意識が高い方とだんだん意識が高まったという方が半数ずつあった。この業界に入ってから意識が高まった方は、なぜ意識が高まったのか…ということがわかれば人材育成に役立てることができるかもしれない。また、人材育成については皆さんが同じように悩まれていることなのだと感じ取ることができた。

コンクリート構造物の維持管理業界の未来が素晴らしいものになっているという具体的なイメージを我々技術者全員が持つことでこれから参入する方々のやりがいを作ることができると感じた。未来のために目の前のコンクリート構造物を守る、そのために知識を付け、経験を積み一人前の技術者になるということ。止まらない人口減少、技術者不足を技術革新で補いコンクリート構造物の維持管理が持続可能な未来をつくるということだと感じた。

建造後 82 年経過した土木遺産「旧神戸堰」のコンクリート

島根県コンクリート診断士会 金村 誠

1. はじめに

旧神戸堰は、島根県出雲市を流れる一級河川斐伊川水系神戸川の下流部に、出雲平野西部一帯の農業用取水堰として、1926(大正 15)年 11 月に着手し 1927(昭和 2)年 6 月に完成した、当時としては珍しい多連アーチ型鉄筋コンクリート堰である。

堰高さ 1.8m のアーチ天端からの水筋の流れも見事であり、「土木遺産」にも選ばれたが、斐伊川放水路事業において、洪水流下時に支障となる旧神戸堰の撤去が必要となり、2010(平成 22)年 6 月に撤去され、すぐ下流に新神戸堰が建設された。

旧神戸堰の取り壊しに当たり、歴史的土木遺産の記録の保存のため、竣工当時のコンクリートであるアーチ堰部の試験を行った結果を、島根県コンクリート診断士会の神戸堰研究会が、当時のコンクリートの品質および施工技術などの考察を加えて、「建造後 82 年経過した土木遺産「神門堰」のコンクリート報告書」として、2013(平成 25)年に冊子として発行した。

本報告文は、その概要として報告する。

2. 旧神戸堰の概要

旧神戸堰をアーチ構造とした理由は、「日本取水堰堤誌」では河床より 1m 程度が礫・砂・泥土が不規則に混交する軟弱地盤のため堰の自重を軽くするためと、当時のセメントが高価でありセメント使用量を少なくするためとされている。

旧神戸堰は、落差が 1.8m と大きく、洪水により特に水叩きの損傷が大きかったため複数回の改修が行われ、建設当初から変わらない部分はアーチ部のみであり、コンクリートの試験は、このアーチ部より採取したコアで実施した。

表-1 旧神戸堰の概要

工事着手：1926(大正15)年11月
工事完了：1927(昭和2)年6月
供用開始：1928(昭和3)年3月
堰延長：建設当初94.55m
高さ：1.82m(水叩き上天端までの最大高さ)
事業者：島根県
総工事費：8万7,148円
設計者：木村邦次(東京農大の牧隆泰先生指導)
堰の形式：8連連続アーチ型鉄筋コンクリート



写真-1 旧神戸堰のアーチ部



写真-2 取壊し前 左岸より



写真-3 取壊し前 下流より

旧神戸堰のすぐ下流に建設された可動堰である新神戸堰(写真-2 の奥に見られる)は、新神戸堰下流側に旧神戸橋の景観を残した 16 連のアーチ落差工を配する。また、旧神戸堰のアーチコンクリートの一部が近くの公園に移設されモニュメントとして残されている。

キーワード：河川構造物，耐久性一般，アルカリシリカ反応，構造物調査・診断

連絡先：島根県松江市嫁ヶ島町12-2 TEL：0852-28-0062 FAX：0852-28-3941

3. 旧神戸堰のコンクリート試験

3.1 旧神戸堰のコンクリート状況

2010(平成 22)年に旧神戸堰の撤去工事に伴い水抜きが行われ、写真-2・写真-3 のような全体概要が確認できた。アーチ部は砂礫のすり減り作用で表面のモルタル層が摩耗し、粗骨材の露出や抜けだしにより穴ができた部分もあり、そこからの鉄筋の露出も見られ、露出部では鉄筋の断面減少も見られ、使用された鉄筋は直径 13mm の丸鋼と判明した。

水叩き部は、流水・落水の衝撃で破損が激しく、洪水などにより数度の修繕・改良工事が行われてきたが、水叩き部は、流失や吸い出しによる空洞等なども見られた。

3.2 旧神戸堰のコンクリート試験

写真-4 はアーチ部から採取した試験用コアであり、アーチ部コンクリートの上段・中段・下段より採取した。コアの外観からは、内部の空洞・豆板・等はなく、粗骨材まわりの空隙もなく、健全であることが確認できる。



写真-4 コアの外観

(1) 圧縮強度・割裂引張強度・静弾性係数試験

表-2 コアの強度・静弾性係数試験結果

位置	密度 (t/m ³)	圧縮強度 (N/mm ²)	静弾性係数 (KN/mm ²)
上段 No. 7	2.33	25.0	31.2
中段 No. 2	2.32	18.5 ¹⁾	28.8
下段 No. 3	2.32	26.9	30.4

位置	密度 (t/m ³)	引張強度 (N/mm ²)
上段 No. 1	2.33	2.51
中段 No. 8	2.32	1.95
下段 No. 6	2.37	2.06

注1) 中段コアはせん断的破壊を示したため、内部欠陥などによると考えられる

表-2 のコアの試験結果より、圧縮強度は中段のコアを除き、鉄筋コンクリートとして十分な強度を有していることが確認できた。引張強度および静弾性係数も理論値を上回り、アルカリシリカ反応や凍害劣化のない良好なコンクリートであることが確認できた。

(2) 中性化試験

中性化深さは、表-3 のコアの試験結果より、平均で 6.8mm であり、岸谷式より推定した材齢 80 年の推定中性化深さ 10mm の 70% であり、緻密で健全なコンクリートと判断できる。

表-3 中性化深さ試験結果

位置	中性化深さ (mm)
上段	6.5
中段	7.5
下段	6.5

(3) 気泡分布測定試験

表-4 気泡分布測定結果

試料名	全気泡数 (個)	単位長さ当たりの気泡数 (個/mm)	平均弦長 (mm)	比表面積 (mm ² /mm ³)	ペースト空気比	空気量 (%)	気泡間隔係数 (μm)
上段No4	356	0.083	0.347	11.52	6.38	2.9	449
中段No5	262	0.061	0.255	15.71	12.84	1.6	451
下段No9	300	0.070	0.320	12.51	8.90	2.2	481
例	546	0.228	0.195	20.53	6.51	4.4	254

※例は凍結融解に対する抵抗性が良好な場合の基礎データを示す

表-4の気泡分布測定から、コンクリートの空気量は平均2.2%であり、プレーンコンクリート程度の空気量となっている。また、気泡間隔係数も耐凍害性の推奨値である250 μ mを大きく上回り、平均460 μ mのため耐凍害性は劣る結果となっているが、表-2の試験結果よりコアの静弾性係数の低下もなく、また、アーチコンクリートには凍結融解の損傷跡も確認できなかった。

(4) コンクリートの配合推定試験

コンクリートの配合推定試験結果を表-5に示す。旧神戸堰建設当時の土木用鉄筋コンクリートの配合は、容積配合であり、セメント：細骨材：粗骨材の容積比は、1：2：4～1：3：6が標準的なものとされ、単位水量は現場技術者の判断に任されていたとある。記録に残る資料としては、1897(明治30)年の小樽港北防波堤の斜塊ブロックの当初配合は1：2：4容積配合で、水はコンクリート全容積の12～14%を使用したとある。

また、1923～1933(大正12～昭和8)年にかけて工事が行われた、島根県松江市の「恵曇港修築工事」の方塊製作では、容積配合1：2.5：5と1：3：6の配合が使用され、水はコンクリート容積の12%を使用したと工事誌に記述されている。

表-5 配合推定試験結果

試料名	表乾単位 容積質量 (kg/m ³)	絶乾単位 容積質量 (kg/m ³)	吸水率 (%)	配合推定結果 (kg/m ³)		
				水量	セメント量	骨材量
上段No4	2355	2267	3.9	104	252	1996
中段No5	2317	2225	4.2	118	260	1940
下段No9	2318	2221	4.4	120	251	1949

※配合推定試験はセメント協会コンクリート専門委員会報告F-18「硬化コンクリート」の配合推定に関する共同試験報告による

表-6は、工事記録や、後の現地調査での配合推定試験でコンクリートの配合が判明している、旧神戸堰建設時代のコンクリート配合内容比較表である。

コンクリートの単位水量は120～130kg/m³程度で、ダムコンクリートのような固練りが一般的であったと考えられ、旧神戸堰の単位水量も平均114kg/m³程度であり、配合は、容積配合で1：3：6と推定される。

表-6 当時のコンクリート配合の比較

配合	W/C	単位量 (kg/m ³)					
		水	セメント	火山灰	細骨材	粗骨材	混和剤
旧神戸堰のコアからの推定配合	45.0	114	254	0	1962		0
小樽港防波堤斜塊コンクリート (容積配合 1：2：4)	33.6	130	387	0	639	1302	0
	34.5	130	238	139	628	1279	0
北九州市 養福寺貯水池 (大正7年～昭和2年) 高炉セメント	50.8	126	247	0	2097		0
現在の鉄筋コンクリート配合例 (BB 24-8-20)	54.8	162	296		810	1026	2.96

※養福寺貯水池は、高炉セメントC種相当品が使用された

(5) コンクリートの塩化物含有量試験

旧神戸堰は、河川構造物のため常時水で洗われた状態である。また、日本海からの直線距離は5500mあるが、出雲平野の風向きは日本海側からの西向き風が多く、飛来塩分は少なくはない。

塩化物イオン量の試験結果は表-7より平均0.31kg/m³であり、JIS A 5308「レディーミクストコンクリート」の上限規格とほぼ同じとなっている。しかし、コンクリート材料に海砂を使用しない場合であれば、セメン

トに含まれる塩化物だけとなるため、一般的にコンクリートの塩化物含有量は 0.02kg/m^3 を下回る数値となる。従って、検出された塩化物はコンクリート製造時に混入された可能性が考えられる。

1927(昭和2)年「土木建築工事画報」には「寒中に打設するコンクリートへの食塩の添加は、初期凍害を防ぐために、使用水の15%まで混合しても強度には差し支えない」との記述がある。また1927(昭和17)年の「コンクリート及び鉄筋コンクリート施工法(吉田徳治郎 著)」では「冬期の凍結防止のためセメント重量の1%~5%の範囲で塩化カルシウムを使用」などの記述があり、冬期では多く使用されていたようである。

表-7 全塩化物イオン量試験結果

試料名	かさ密度 (kg/m^3)	全塩化物イオン量	
		(%)	(kg/m^3)
上段No7	2330	0.013	0.30
中段No2	2320	0.014	0.32
下段No3	2320	0.013	0.30

※全塩化物イオンの質量換算は、圧縮強度試験時測定のかさ密度を用いた

(6) 鉄筋の腐食度確認

アーチコンクリートの鉄筋露出部では、鉄筋の腐食や断面欠損が見られたが、コンクリート内部の鉄筋は、写真-5のように腐食は認められず健全な状態であった。塩化物量が JIS 規格以下であったこと、旧神戸堰建設当時のセメントの成分は、現在のセメントよりアルミン酸三カルシウム(C_3A)が多く、石こう量が少ないため、フリーデル氏塩による塩化物の固定化が大きかったと考えられるため、鋼材の腐食がなかった要因と推定される。

アーチコンクリートに使用された鉄筋は、 $\phi 13\text{mm}$ の丸鋼であり、鉄筋探査により配筋ピッチは200~250mm、かぶりは60~90mmであった。



写真-5 コア内部の鉄筋

(7) 骨材のアルカリシリカ反応性試験

アーチ部のコンクリートコアから、希塩酸処理をして取り出した粗骨材のアルカリシリカ反応性試験(化学法)の試験結果(図-1)は、「無害でない」と判定された。

アーチコンクリートには、アルカリシリカ反応によるひび割れや、コアの骨材まわりのアルカリシリカゲル生成の形跡はなく、また、表-2 で静弾性係数の低下もないため、アルカリシリカ反応の発生はないと確認できる。

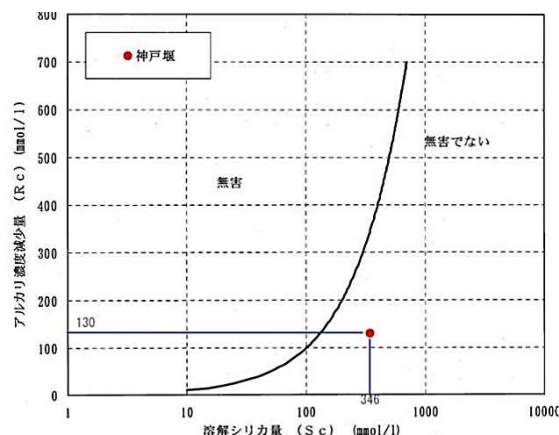


図-1 アルカリシリカ反応性試験結果(化学法)

4. 使用されたコンクリートの材料

4.1 セメント

旧神戸堰で使用されたセメントは、普通ポルトランドセメントと考えられる。前述の「恵曇港修築工事誌」には、1927～1933(昭和2～8)年の工事では方塊の製作に「八幡製鉄所高炉セメントC種相当品」が使用されたとの記述があるが、旧神戸堰の写真-3のコア外観では、高炉スラグに含まれる硫黄酸化物の還元作用によって発色する「青緑色」の発色は確認できないため、高炉セメントが使用された可能性は低い。

中国地方のセメント工場は、1881(明治14)年に山口県小野田市に小野田セメントが操業を開始している。前述の恵曇港修築工事の工事初期では小野田セメントを使用したことが記述されている。

太平洋セメントの技術資料等からは、当時の普通ポルトランドセメントの品質は、圧縮強度は現在のセメントの1/3、凝結終了時間は2倍遅く、粉末度は1/10程度であったと考えられる。

また、「コンクリートが危ない(小林一輔 著)」では、セメント中のアルカリ金属の増加は、昭和中期以降で、セメントの製造が熱効率の良いSPやNSPキルンに移行した後と指摘されている。

従って、冬期施工ではコンクリートの凝結終了が5時間程度以上と考えられるため、塩化物の添加による凝結時間の短縮は必要な方法であったと推定される。

4.2 骨材

旧神戸堰の周辺では、大正期から旧神戸堰建設後数年まで、砂利を採取していたという記録が残っている。また、中流から下流部の河床には、円摩度はやや不良だが花崗岩・石英・長石等の砂も堆積している。

写真-3のコアに見られる骨材の色や形状が、神戸川河床の骨材と類似していることから、旧神戸堰のコンクリートの骨材は、現地調達されたと考えられる。

旧神戸堰のある一級河川神戸川は、上流部は広島県境と接する花崗岩盆地より始まり、中流部は安山岩質集塊岩がそそり立つ島根県立公園立久恵峡を流れ、日本海に至る。

島根県東部地区の生コンクリート工場の多くは、操業時より粗骨材として立久恵峡北側にある砕石業者から安山岩砕石をコンクリート用粗骨材として購入使用してきた歴史があり、この安山岩のアルカリシリカ反応試験結果は、図-2・3のように多くの試験結果で「無害でない」の判定であり、島根県東部のアルカリシリカ反応による劣化構造物の要因となってきた。

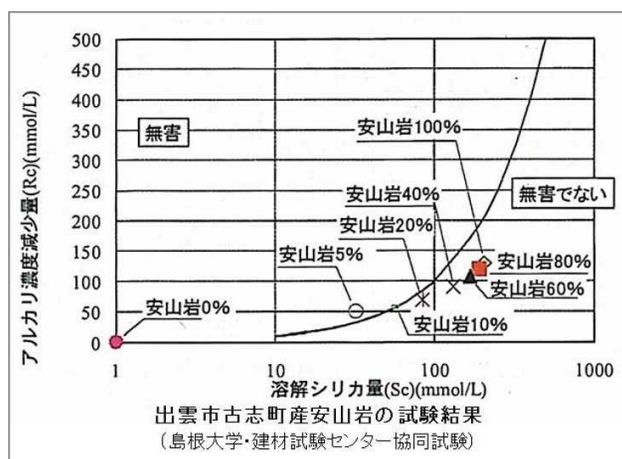


図-2 古志町安山岩の反応性試験結果(化学法)

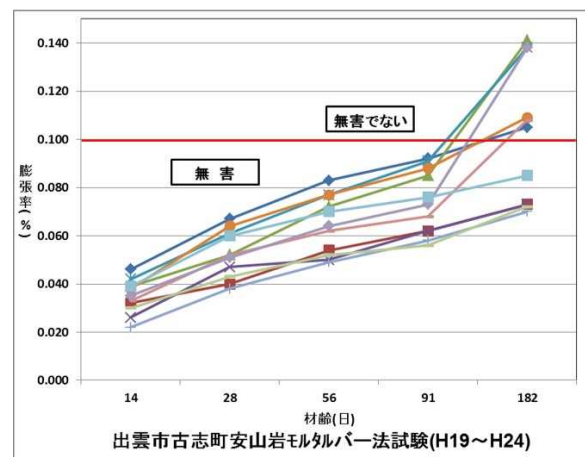


図-3 古志町安山岩の反応性試験結果(モルタルバー法)

図-1と図-2のアルカリシリカ反応性試験(化学法)が近似していることから、旧神戸堰のコンクリート用粗骨材に同種の安山岩が使用されていたことがわかる。

旧神戸堰のアーチコンクリートにアルカリシリカ反応による劣化がない要因としては、前述にあるように、当時のセメントのアルカリ金属量が低かったことが考えられる。

島根県東部のアルカリシリカ反応劣化の構造物は、竣工時が概ね 1966～1988(昭和 41～63)年の構造物に発生しているため、1966(昭和 41)年以前ではセメント中のアルカリ金属量が低く、発生が抑止されたと考えられる。

5. コンクリートの製造・施工

5.1 コンクリートの製造

島根県の生コンクリート工場は、1964(昭和 39)年に安来市に安来小野田レミコンが操業を開始している。旧神戸堰のある出雲地区では 1967(昭和 42 年)に山陰生コン出雲工場と米子宇部コンクリート出雲工場が操業を開始しているため、旧神戸堰建設当時は、現場でコンクリートが製造されたと考えられる。

コンクリートの練り混ぜは、前述の恵曇港修築工事の方塊の製作に 200V の 11 立方呎(0.3m³)キューブ型ミキサを使用したとされており、旧神戸堰当時にミキサが使用されていた記録はあるが、1 台あたり 2,200 円(物価指数から計算すると現在で 135 万円)程度と、当時の曳舟の値段と同額とあるため、旧神戸堰の工事費が 87,148 円となっていることから、高額なミキサは使用されていないと考えられる。

5.2 コンクリートの施工

配合推定試験からわかるように、使用されたコンクリートは単位水量の少ない非常に固練りであった。コンクリートの締固めに振動機が使用されたのは、1934(昭和 9)年の国鉄信濃川工事が最初であり、通常は「蛸搦き」「棒搦き」と呼ばれる方法で締固めが行われていた。

恵曇港修築工事の方塊の施工では、「充てん係は 2 組に分かれ、1 型枠につき 3～4 名を置き、鍋トロから鉄板上に移したコンクリートをショベルで型枠内に充てんし、2 名は蛸で搦き固め、2 名は突き棒で型枠との接触部を搦き固める」と記述されており、方塊 1 基(15t で 6m³)を 1 時間以上かけて製作されたとあり、旧神戸堰でもほぼ同様な手順で施工されたと考えられる。

旧神戸堰のアーチ部は、天端幅が 500mm 程度の鉄筋コンクリートであり、小蛸やランマーで搦き固められたと考えるために、配筋のズレも発生している。

また、当時の養生には「むしろ」が一般的に使用されており、施工後にむしろでおおい、散水を繰り返しながら養生されたと考えられる。冬期の施工では、前述したように塩化物の添加により、初期凍害防止も行われていたと考えられる。

こうした施工方法は、小樽港北防波堤斜塊ブロック等の施工でも同様な手順が記されている。

6. まとめ

旧神戸堰のコンクリートは、当時の丁寧な施工や養生もあり、また、コンクリートの配合も単位水量が小さく、水セメント比も 45%程度あり、当時のセメント品質の影響もあって、若干の塩化物が存在しても鉄筋腐食が生じない、密実良質なコンクリートであったと推察できる。

現代まで残るコンクリート構造物は、小樽北防波堤の広井勇博士、コンクリート船武智丸の吉田徳治郎博士などに代表される、優秀な技術者が直接指導された構造物が多い。

現在のように大量のコンクリート打設と分業化も進んでいないため、直接の技術的指導が行き届いた結果かもしれないが、丁寧な施工、養生は、いつの時代にもコンクリート構造物を作る原点であることは間違いない。

旧神戸堰の試験結果とその背景を考察する中で、先達のコンクリートに対する貴重な情報を得ることができ、この調査が今後のコンクリート構造物品質向上の一助となれば幸いと考える。



図-4 搦き固め器具(蛸・ランマー)