

- ◇国土交通省 NETIS 登録 CG-070007-V(旧)
- ◇土木学会 技術評価証 第0009 / 第0020号
- ◇航空局 「R2.4 空港舗装等維持管理マニュアル」掲載

コンクリート構造物の

- 長寿命化対策
- 再劣化対策
- 剥落防止対策
- 漏水対策

IPH工法（内圧充填工）の 概要および、 空港における施工事例

土木学会で技術評価を受けた唯一の「樹脂注入工法」

IPH工法
《内圧充填接合補強》

Inside Pressure Hardening

一般社団法人 IPH工法協会¹

協会会員：(株)ガイアート

IPH工法とは？

I nside

P ressure

H ardening



構造体の内部から注入をスタートさせ、低圧力により微細部まで接合させる注入工法
内圧充填接合補強

アジェンダ

- 1) 概要
- 2) IPH工法の特徴
- 3) 高密度・高深度充填
- 4) 強度回復・耐久性向上
- 5) 鉄筋防錆・中性化抑制
- 6) 非破壊検査
- 7) IPH施工事例
- 8) 空港舗装等維持管理マニュアル
- 9) まとめ

1) 概要



1)-1. 土木学会技術評価委員会

評価項目:

「コンクリート構造物におけるIPH工法(内圧充填接合補強)の設計施工法」

評価委員構成(敬称略)

<第一回 技術評価証>

<評価委員会H23.6/ NO.9>

委員長 二羽淳一郎(東京工業大)

委員 荒木 秀夫(広島工業大)

岩波 光保(港灣空港技研)

谷村 幸裕(公財/鉄道総研)

西村 昭彦(ジェイアール総研)

渡辺 博志(独:土木研究所)

宇治 公隆(首都大学東京)

入江 健二(東京地下鉄)

細田 暁(横浜国立大学)

<第二回 技術評価証>

<評価委員会H29.3/ NO.20>

委員長 二羽淳一郎(東京工業大学)

委員 荒木 秀夫(広島大学)

岩波 光保(東京工業大)

谷村 幸裕(公財/鉄道総研)

西村 昭彦(ジェイアール総研)

広瀬 剛(高速道路総研)

六郷 恵哲(岐阜大)

<第三回 技術評価証>

<評価委員会R4.3/ NO.20更新>

委員長 二羽淳一郎(東京工業大学)

委員 荒木 秀夫(広島大学)

岩波 光保(東京工業大学)

谷村 幸裕(公財/鉄道総研)

西村 昭彦(ジェイアール総研)

広瀬 剛(高速道路総研)

六郷 恵哲(岐阜大)

中村 光(名古屋大学)

委託者側委員 加川 順一

小室 睦江

(開発者/SGエンジニアリング株)

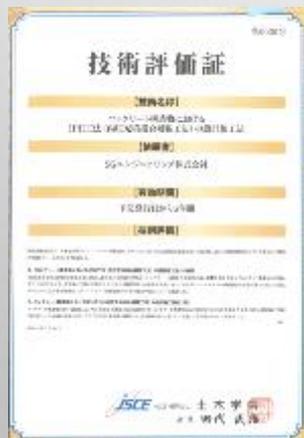
1)-1-1. 技術名称; コンクリート構造物における IPH工法(内圧充填接合補強)の設計施工法

評価報告書 序 抜粋 **※No.9号・20号・20更新**

一般的な注入工法は、コンクリート表面のひびわれ位置から樹脂を注入しているため、微細ひびわれへの充填度合に不安定要素を含んでいる。

本工法は、注入器取り付け位置を穿孔し、コンクリート内部から流動性の高い樹脂を注入しているため、高密度の充填をおこない、鉄筋コンクリート部材の強度回復、内部鉄筋の付着強度の回復、並びに防錆効果等を高める注入工法が開発された。
その部材強度の回復や耐力の向上について確認を行った。

評価委員長 二羽 淳一郎 (東京工業大学)



① 技術評価証 第0009号
平成23年6月13日取得

② 技術評価証 第0020号
平成29年3月23日取得

③ 技術評価証 第0020号更新
令和 4年3月23日更新

1)-2. CON補修対象(設計指針)

※ 技術評価 NO.20 P.3・6・9

◇ 本工法による補修の対象

- (1) ひび割れ
- (2) 豆板(ジャンカ)・断面欠損
- (3) 漏水

◇ 本工法による抑制効果が期待できる対象

※工法を採用することにより劣化進行の抑制が期待できる対象

- (1) 中性化
- (2) 塩害

補修工法として本工法を施工した場合の、コンクリート強度の設計値は、その構造物の原設計に用いられた値を使用してよい。また、その場合の適用可能な設計基準強度は、10N/mm²～40N/mm²の範囲とする。

また、本工法を用いて、補強を行う場合は、試験施工に基づき、コンクリート強度、注入量等を設定して構造物の性能の照査を行う。

1) -3. I P H工法の活用実例

■ ① 鉄道高架橋（梁・床版）



■ ② 空港Con舗装（PPC版補修）



■ ③ 橋梁（梁・床版）



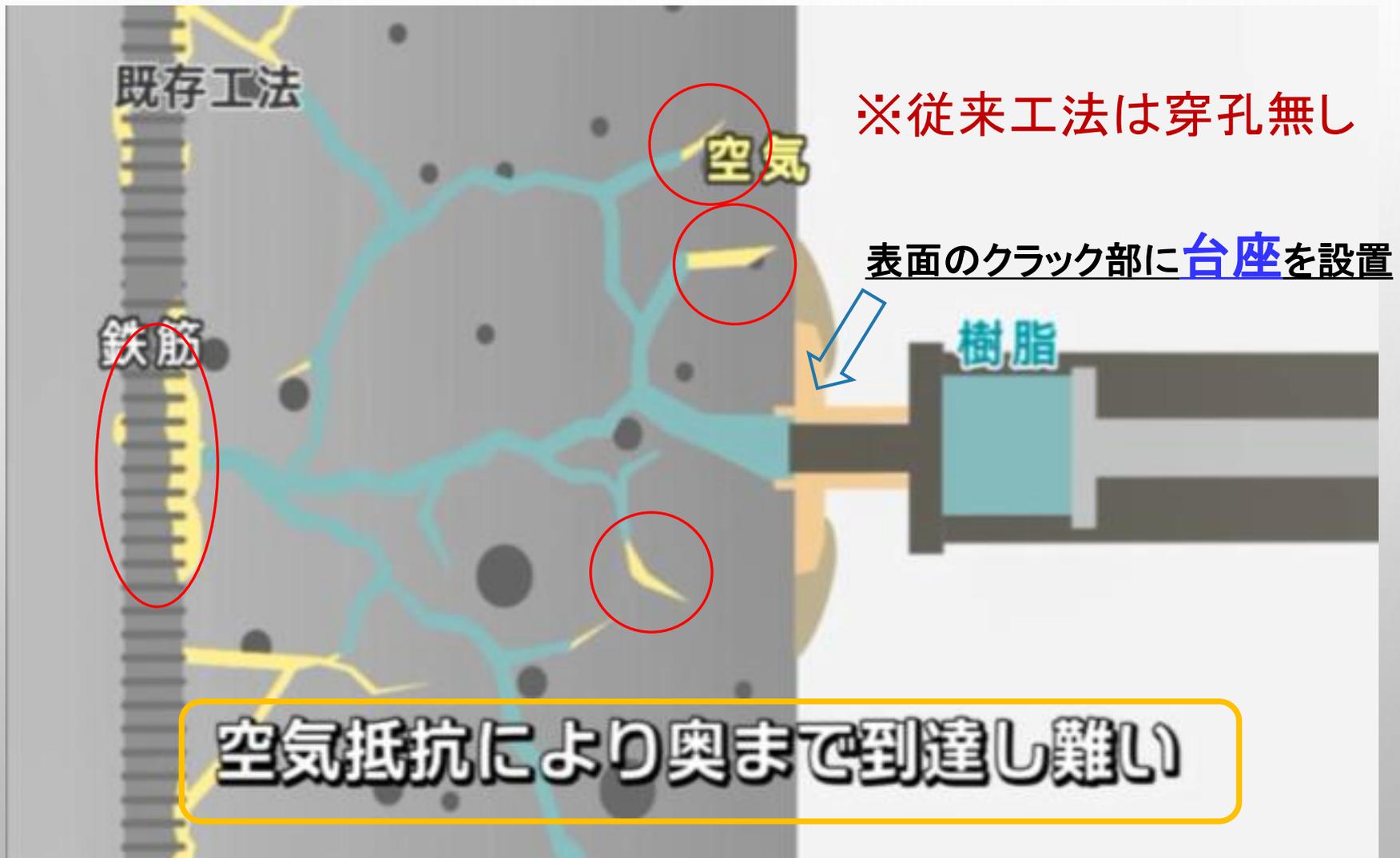
■ ④ 空港アンダーパス



I P H工法が活用された、補修・補強工事の一例

1)-4.

従来樹脂注入工法は

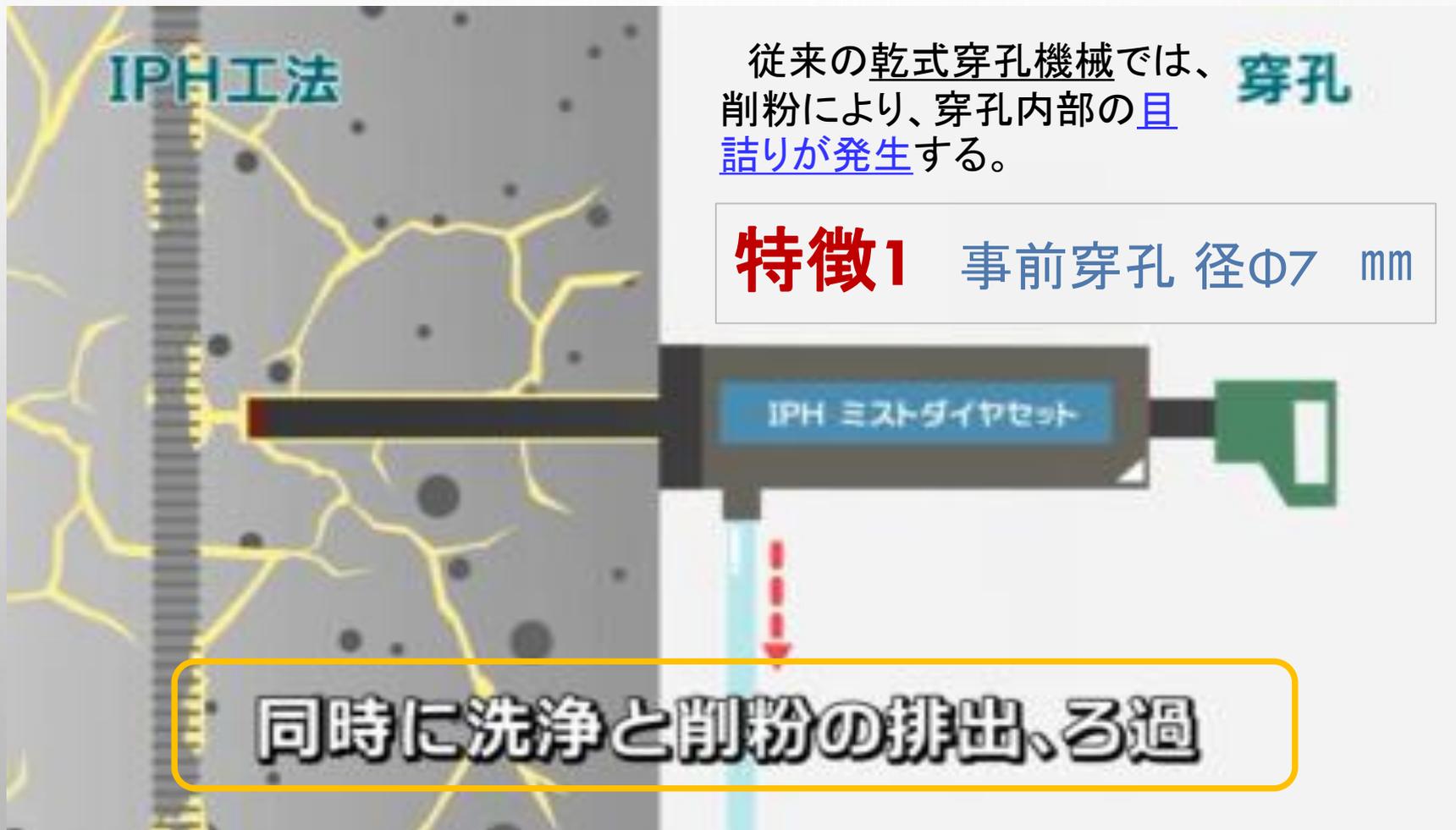


2) IPH工法の特徴



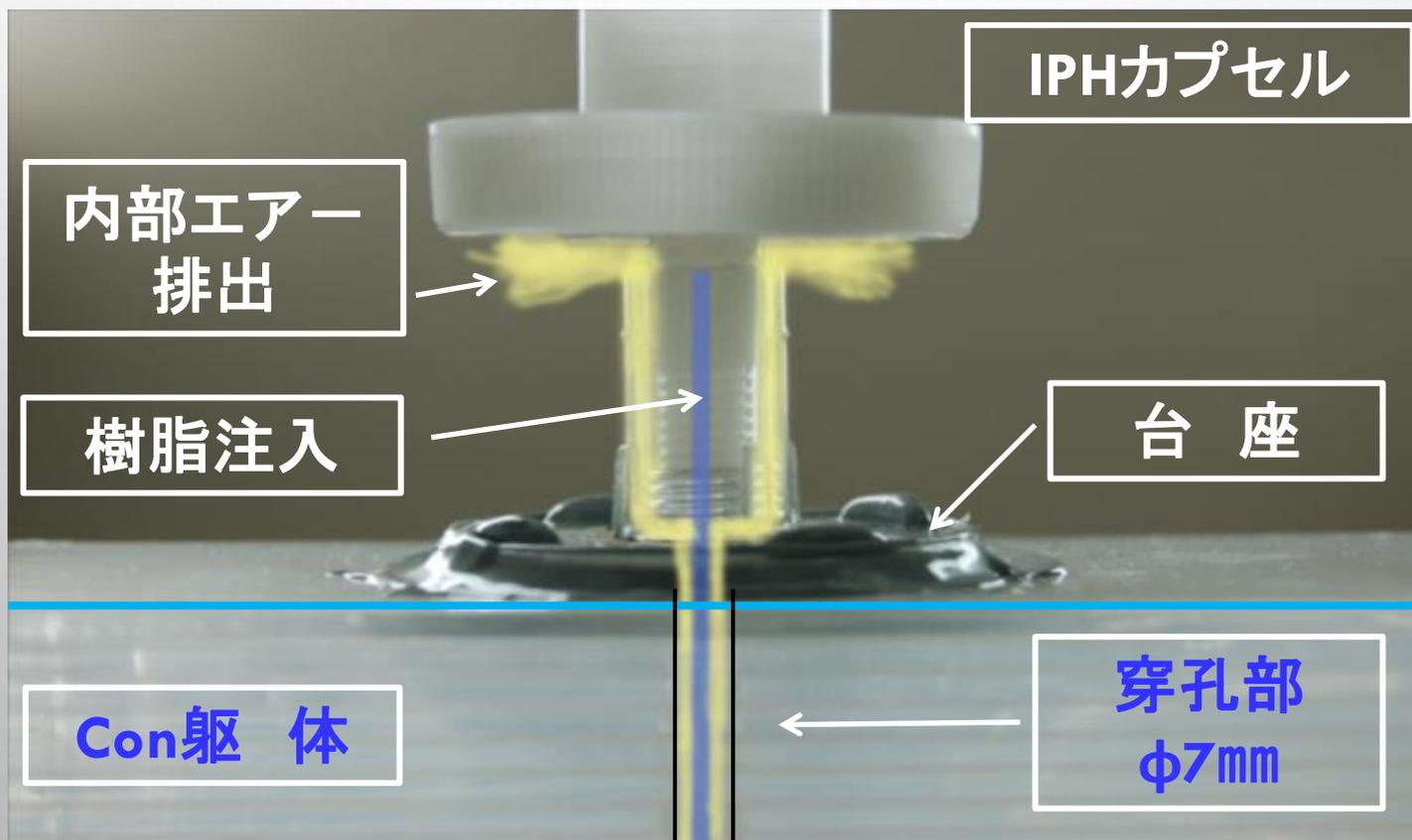
2)-1. IPH工法の特徴 1 穿孔工《特殊穿孔機》

穿孔による微細な削粉を水循環システムで洗い除去
(従来の樹脂注入工法には穿孔工はない)



2)-2. IPH工法の特徴2 《カプセル構造》

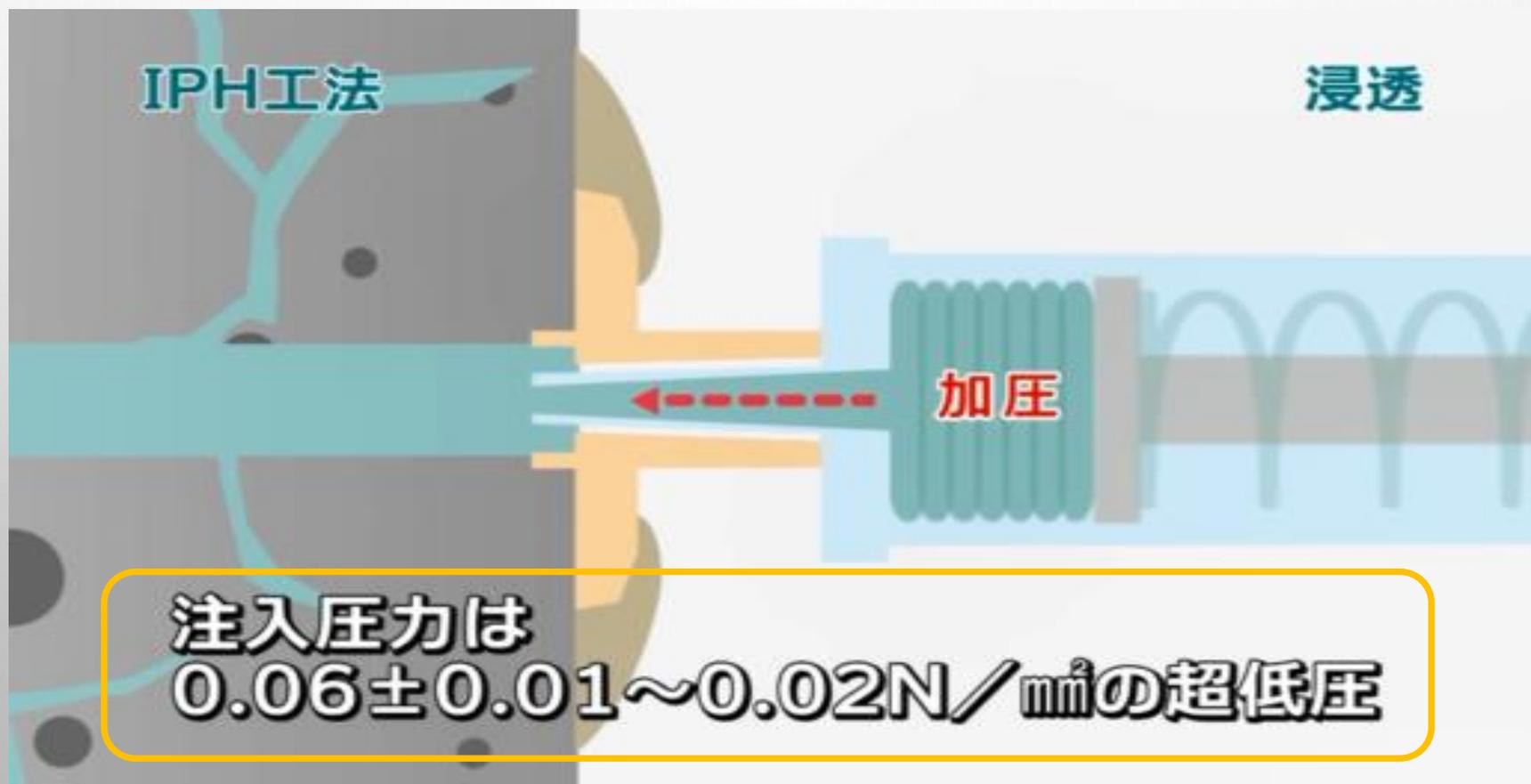
特徴2 躯体の空気を排出するカプセル構造



2)-3.

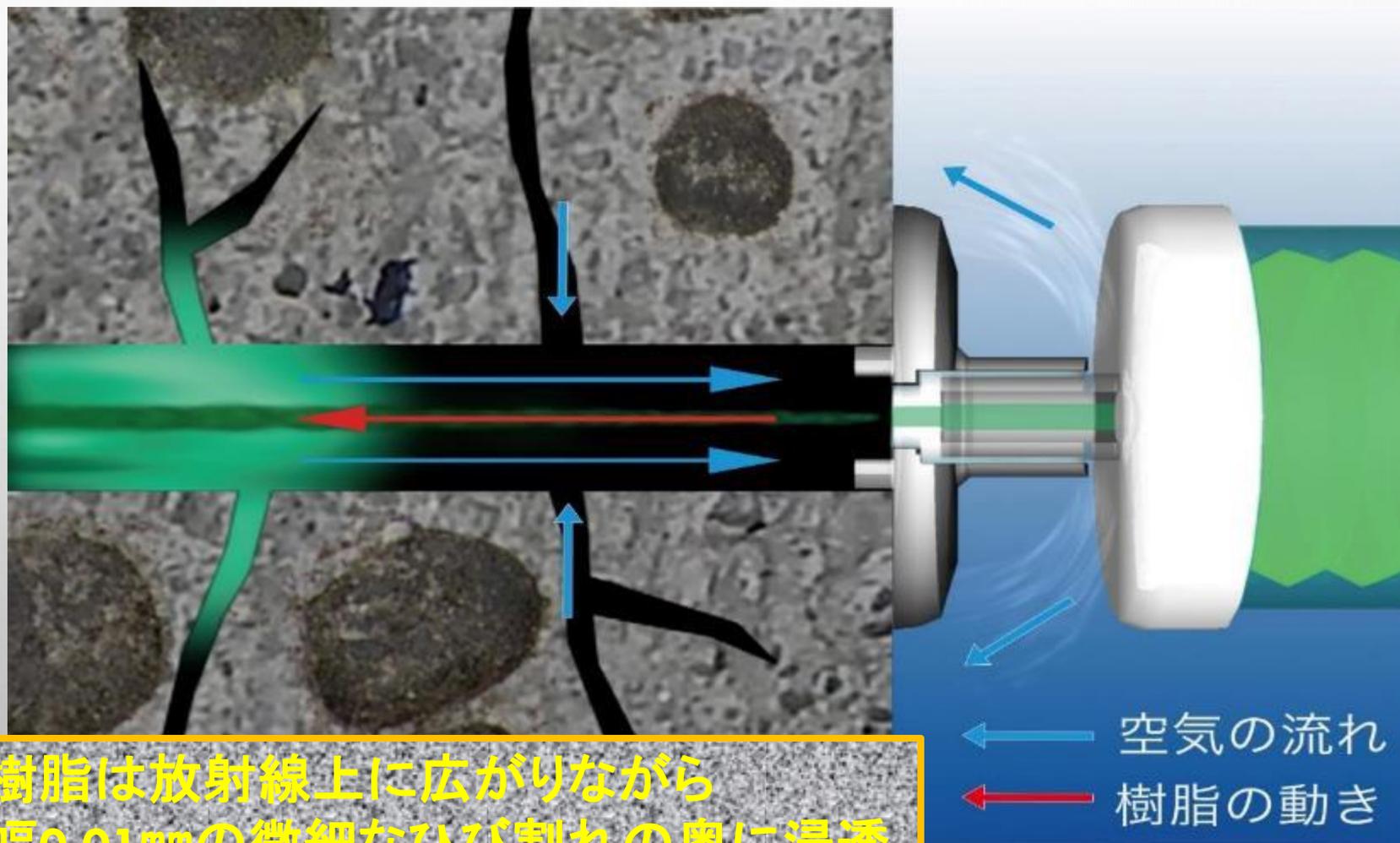
特徴3 高流動樹脂採用(エポキシ/アクリル)
特徴4 超低圧注入

($0.06 \pm 0.01 \text{ N} \sim 0.02 \text{ N/mm}^2$ 低圧注入の基準: 0.4 N/mm^2 以下)



2)-4. 注入状況イメージ

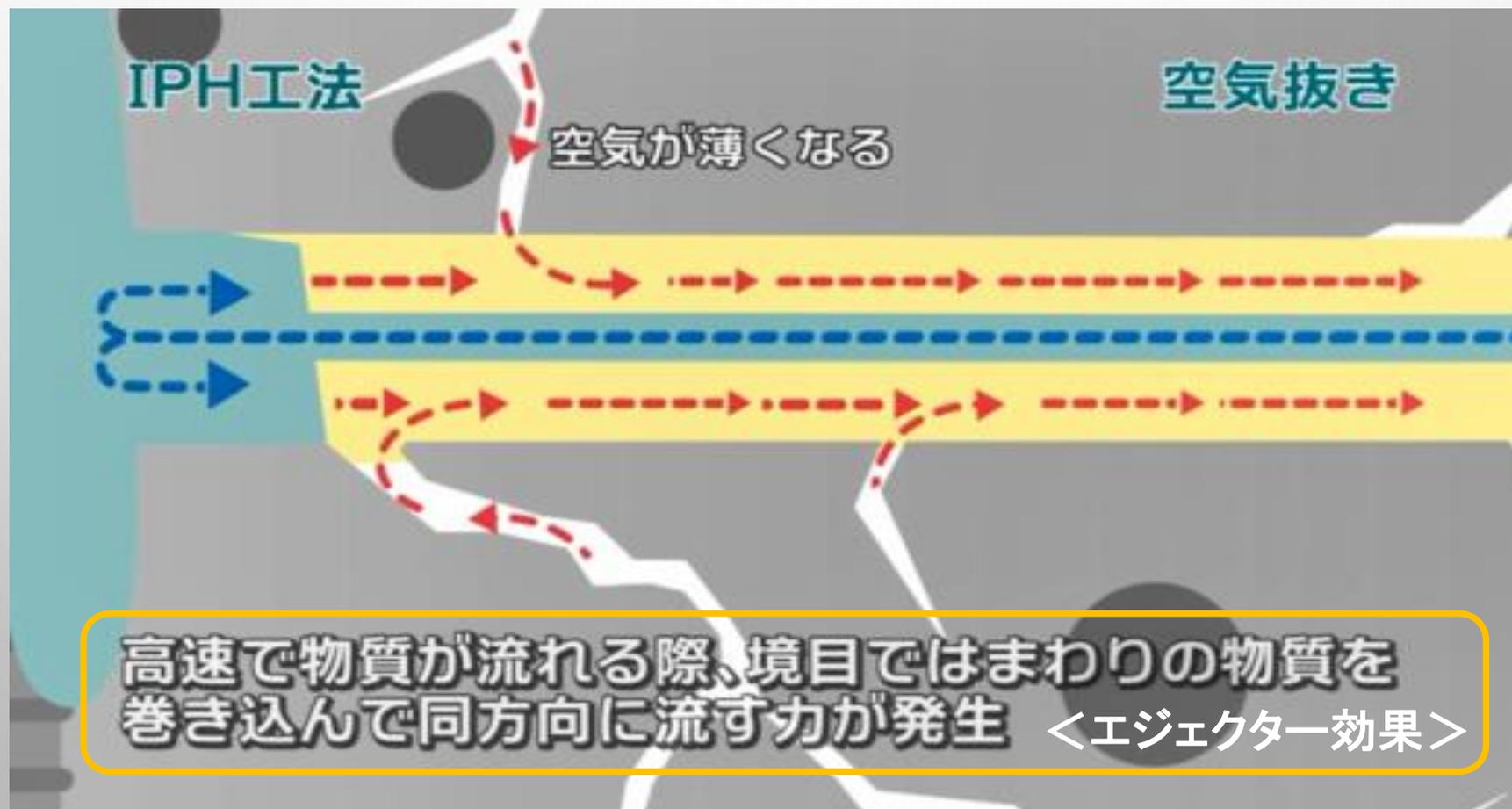
高密度な注入が可能 **0.01mm**



樹脂は放射線の上に広がりながら
幅0.01mmの微細なひび割れの奥に浸透

2)-5. エジェクター効果 《躯体を負圧に》

穿孔部廻りの空隙部が負圧になる



3) 高密度·高深度充填

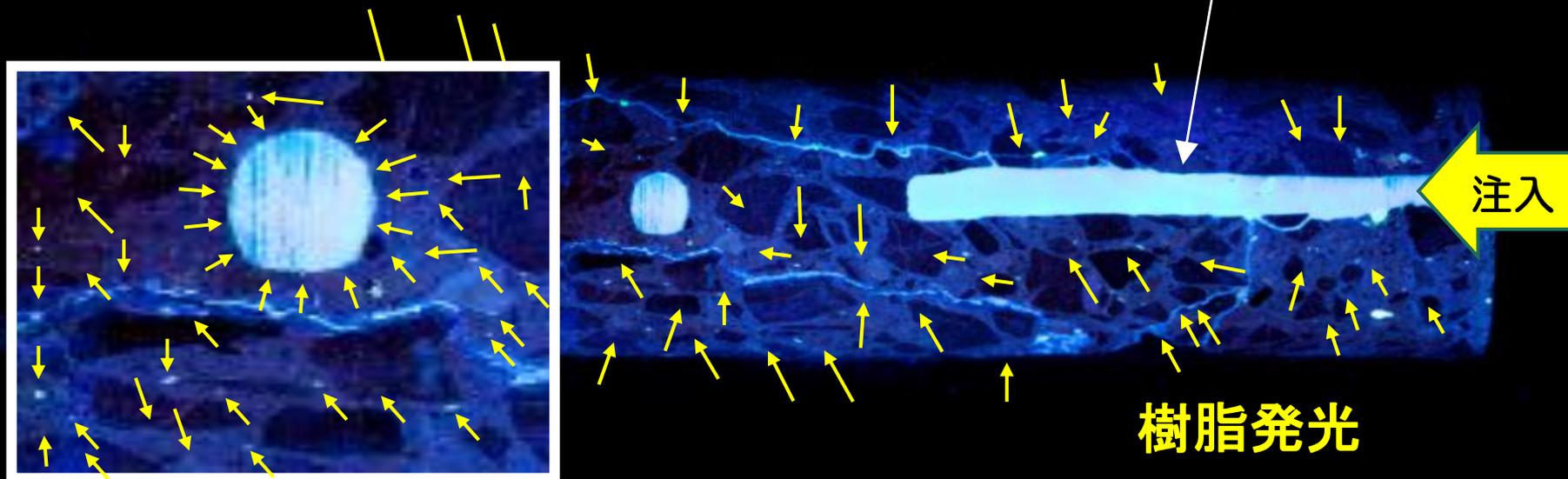


3)-1. 高密度充填

採取コア充填状況確認

東京工業大学 抜取コア

＜鉄筋周り充填状況＞



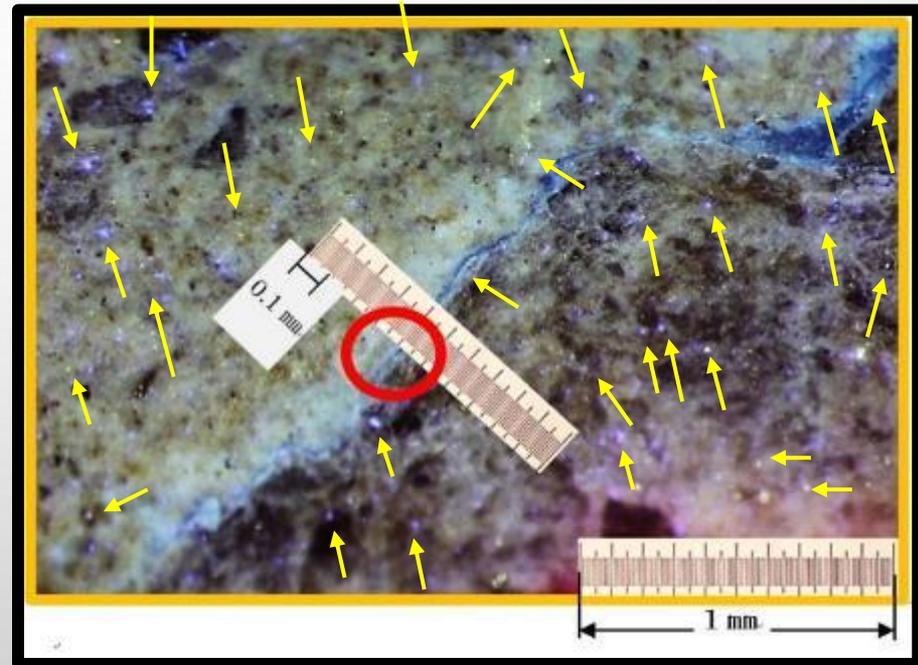
穿孔した筒状の穴がひび割れをとらえ、コンクリート内部奥深くまで空気と樹脂を置換していることが確認できる。

3)-2. 高密度充填

コンクリート内部の空気を排出することで、負圧の状態を作り出し、注入樹脂を高密度・高深度に微細なひび割れに充填が可能

※ 報告書 No. 20 付属資料 P. 8

施工後コアにより微細なひび割れ(0.01~0.02mm)への充填を確認



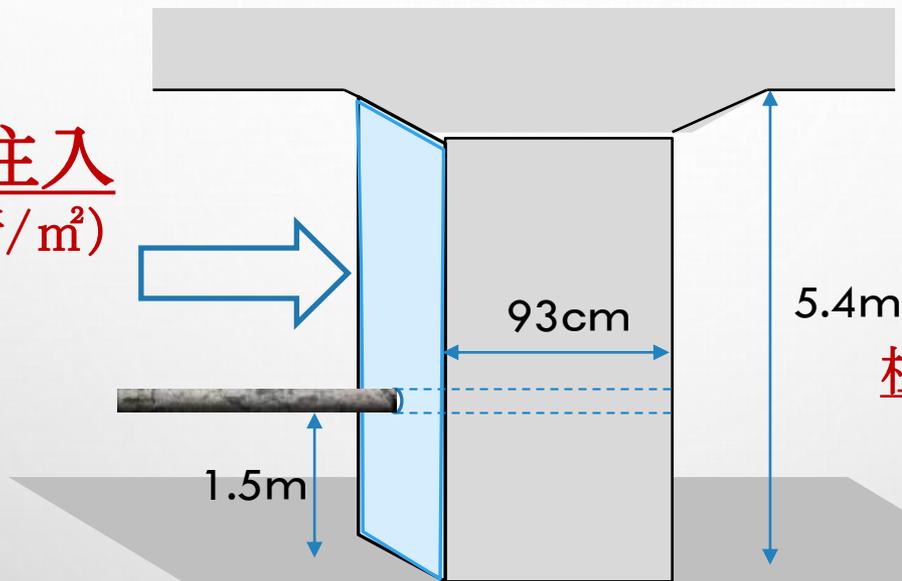
0.05mm以下の微細ひび割れへの充填が可能のため漏水部の止水が可能

3)-3. 高深度充填

※報告書 NO.20 付属資料P.9

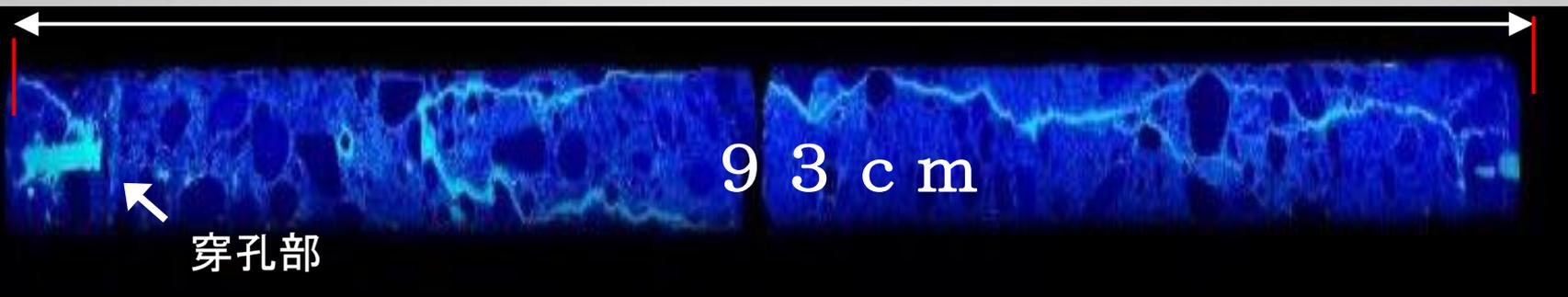
■ 鉄道高架橋 抜き取りコア充填確認 (ブラックライト照射)

片面注入
(36箇所/m²)



柱の4面は防露処理済

□93cmの柱に注入し、反対面の端部まで充填確認



4) 強度回復・耐久性向上



4)-1-1. 耐力回復・補強効果試験 1

①柱状試験体に「正負交番型繰り返し荷重試験」を行いせん断破壊後
⇒⑤IPHによる補修を行い、同様な加力をすることで、補修前後の水平抵抗性を検証
※広島大学大学院工学研究科 [※報告書 NO.9 技術資料 P.11](#)



1 1回目せん断破壊試験



2 欠損部の補修



3 IPH樹脂注入



4 注入後養生



5 2回目せん断破壊試験



6 せん断破壊状況

4) -1-2. 本柱状供試体の耐力比較

《製作時-補修後》



試験体名	最大耐力	最大耐力	最大耐力	回復率
	(正)	(負)	(正負平均)	
	(kN)	(kN)	(kN)	
□400/製作時	228.4	237.5	232.9	1.16
□400/補修後	275.1	265.1	270.1	
□300/製作時	127.8	129.7	128.8	1.33
□300/補修後	163.7	178.9	171.3	

本柱状試験体の補修前後を比較し、水平耐力が「10%～30%」の上昇を示し、IPH工法の補修方法の有効性が認められた。(土木学会報告書)

4)-2. 本柱状供試体の補修前後比較 2

高密度に微細な空隙に充填、コンクリートの圧縮強度及び鉄筋との付着力回復により、部材強度が回復する

※ 報告書 No. 20 付属資料 P. 11

実構造物での注入実験により、部材の強度回復を確認(広島工業大学)



載荷実験装置

平成26年度実験

AB-1 (補修なし **梁**)

平成27年度実験

AC-1 (補修なし **柱**)

せん断破壊

最大耐力 **155kN**

最大耐力 **309kN**

1.5倍

1.4倍

AB-1 (**IPH補修後**)

AC-1 (**IPH補修後**)

最大耐力 **241kN**

最大耐力 **426kN**

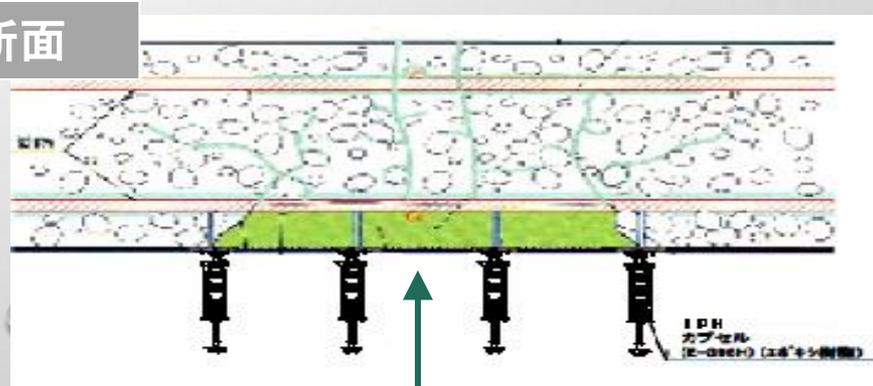
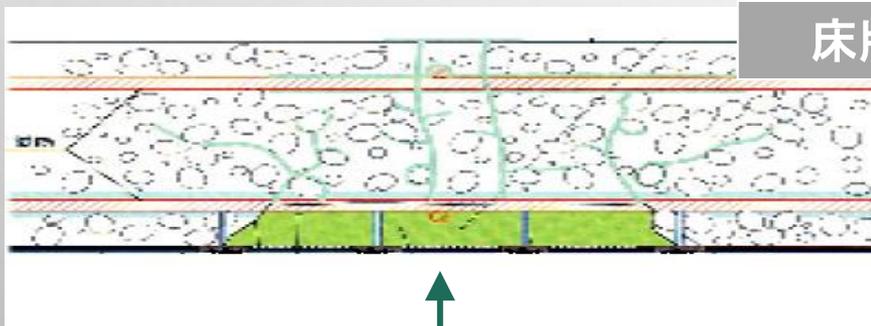
いずれの試験体も**剛性・耐力**ともに増大したことを実証

4)-3. 付着性能の評価・確認・検証

高速道路や橋梁の床版(下面)断面修復箇所界面の付着強度を確認



床版断面



従来工法(剥落の懸念)

⇒ 研り撤去 ⇒ 左官仕上

IPH工法(剥落抑制)

研り無し ⇒ 浮き部と本体接合

4)-3-1. 樹脂付着性能・補強効果試験

岐阜大学/六郷研究室

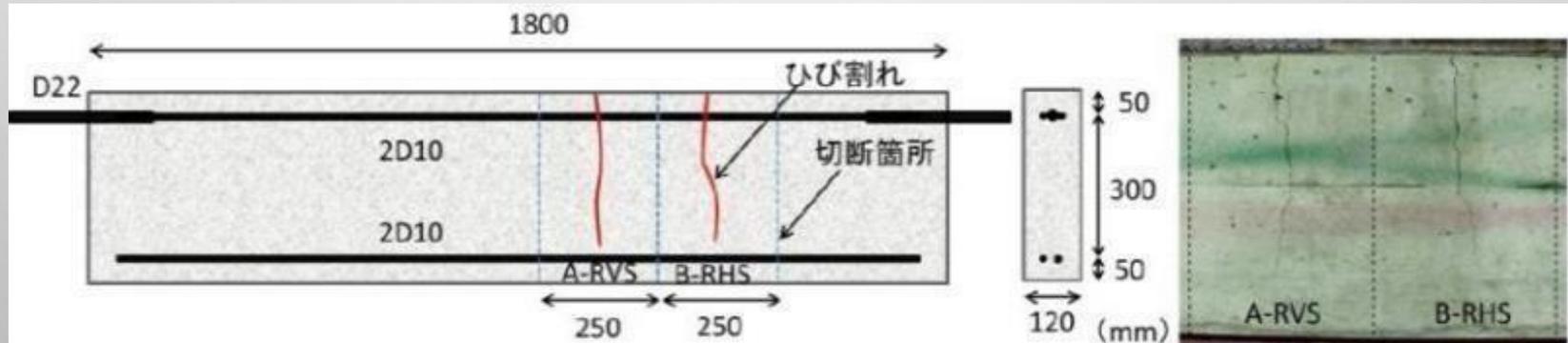
※技術評価 No20 論文P.95

報告 コンクリートコア供試体の引張ならびに曲げ試験によるひび割れに
充填された樹脂の付着性能の評価

西尾 亮人^{*1}・柿澤 雅樹^{*2}・六郷 恵哲^{*3}・小林 孝一^{*3}

要旨：コンクリート構造物のひび割れに充填された樹脂とコンクリートとの付着性能を評価するための試験方法として、樹脂が充填されたひび割れ部を含むコア供試体を用いて引張ならびに曲げ試験を行う方法を提案した。直径 25mm のコア供試体をダンベル型に成形し、一軸引張試験を行った。また、支点部に鞍状の合板製治具を用いて、直径 50mm のコア供試体の曲げ試験を行った。一軸引張試験ならびに曲げ試験により、コンクリートのひび割れに充填された樹脂の付着性能を評価することができた。

キーワード：ひび割れ，樹脂注入，付着性能，コア供試体，引張試験，曲げ試験



クラックを発生(供試体)



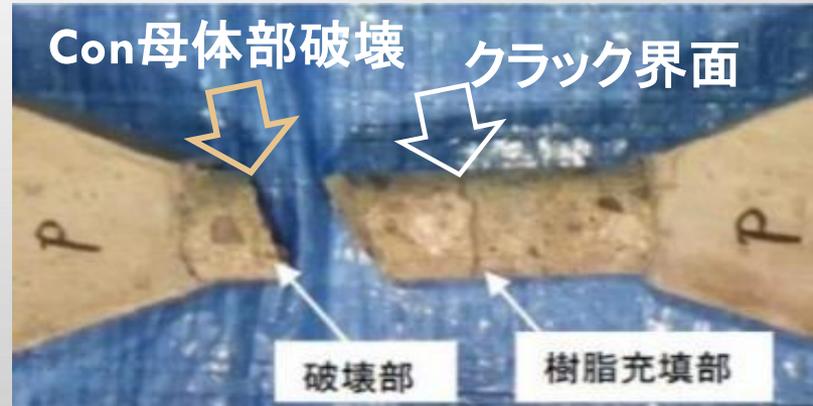
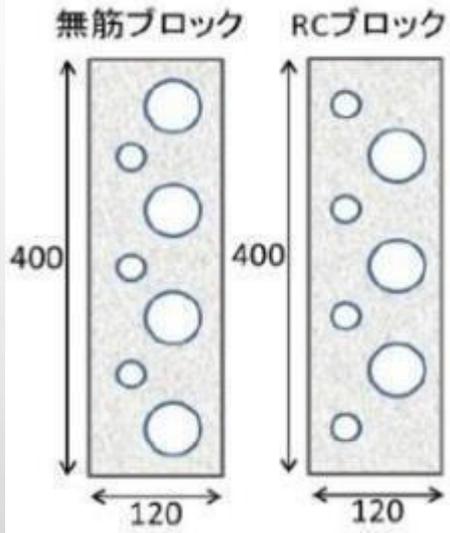
IPH樹脂注入



コア採取(界面に直角方向)

4)-3-2. 断面修復後の付着強度確認

(引張り・曲げ試験)

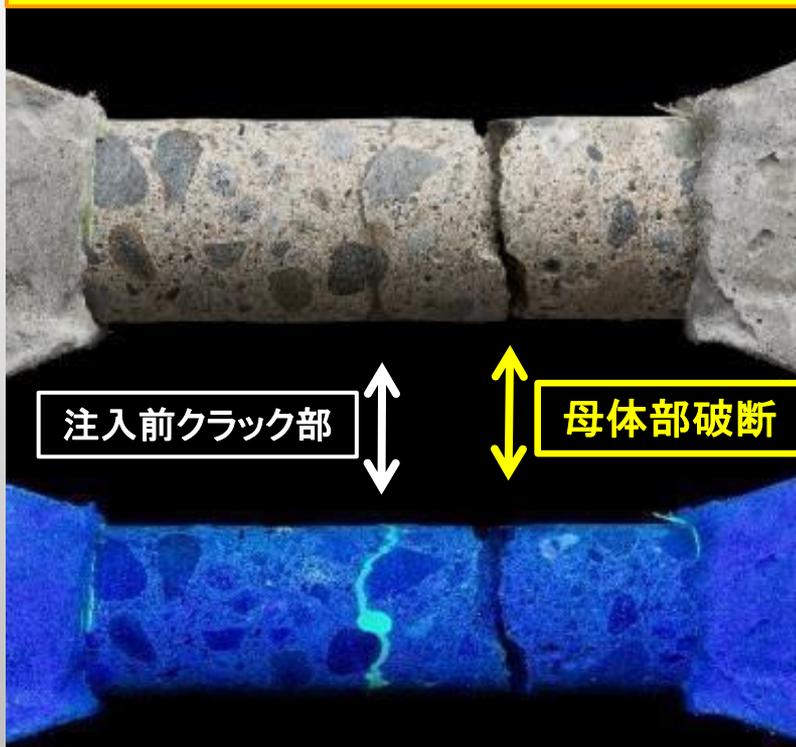


上記の引張り試験ではクラック界面ではなくCon母体部で破断した
※曲げ試験においても同様に、母体部で破断した/コアφ50

4)-3-3. 樹脂付着性能・耐久性向上

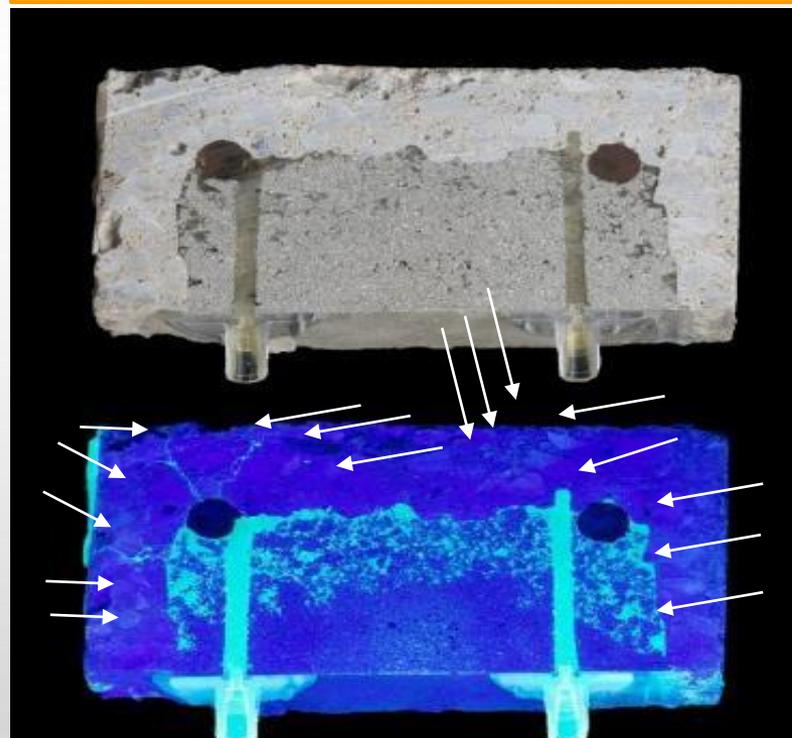
部材強度が上がるため、構造物全体の耐久性も向上する

岐阜大学 注入後の引張試験



樹脂充填部(クラック)では
破断せず、**付着性能**を実証

断面修復後注入確認実験



既存躯体と補修材部の**一体化**
再剥落抑制

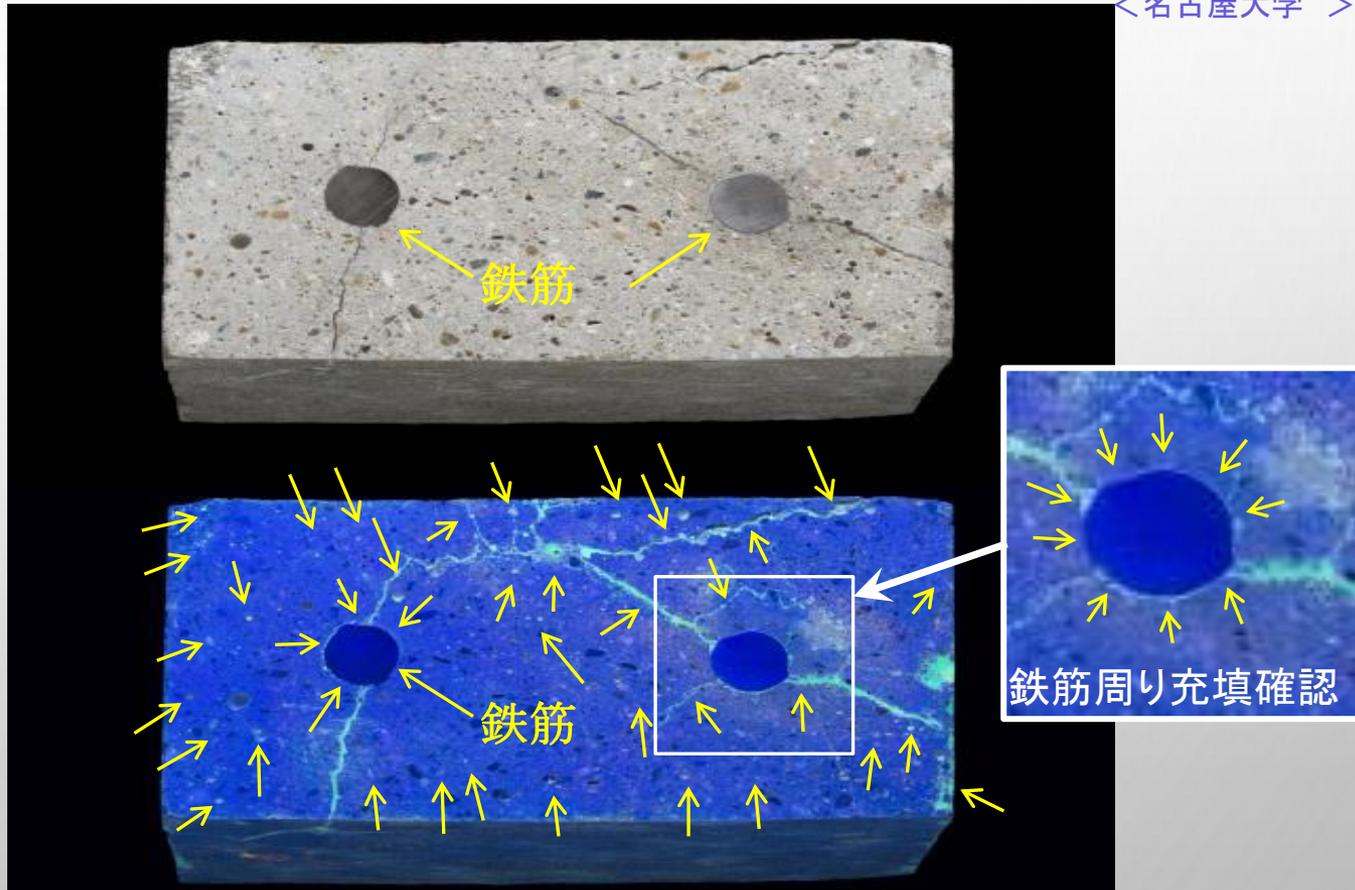
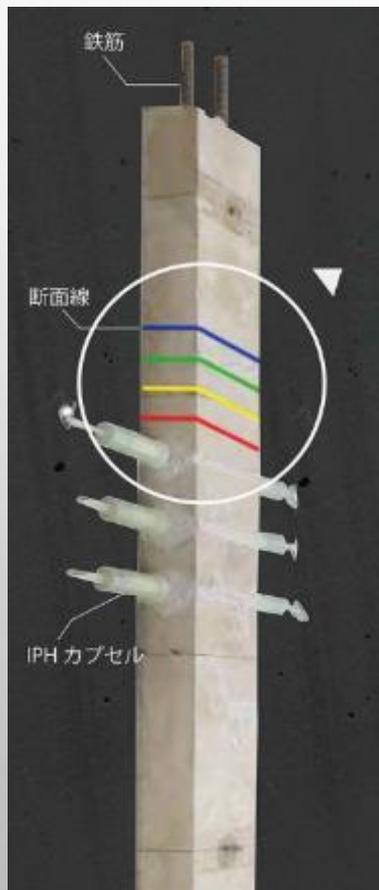
5) 鉄筋防錆・中性化抑制



5)-1. 鉄筋防錆効果

鉄筋沿いの空隙に樹脂が廻ることで、「コンクリートとの付着強度」及び「防錆効果」向上
供試体作成後の「クラック発生状況」及び、IPH工法注入後の「鉄筋廻りの充填確認」

<名古屋大学 >



鉄筋周りに樹脂が注入され**鉄筋防錆**に有効と実証された

5)-2. 鉄筋防錆・中性化抑制

微細な空隙に樹脂充填できるので、空気・ガス・水分等の浸入を防ぎ、劣化や中性化の進行や塩害，ASRの抑制が期待できる

※ 報告書 No. 20 付属資料P. 8

実際の橋梁補修の抜き取りコア

中性深さ確認試験

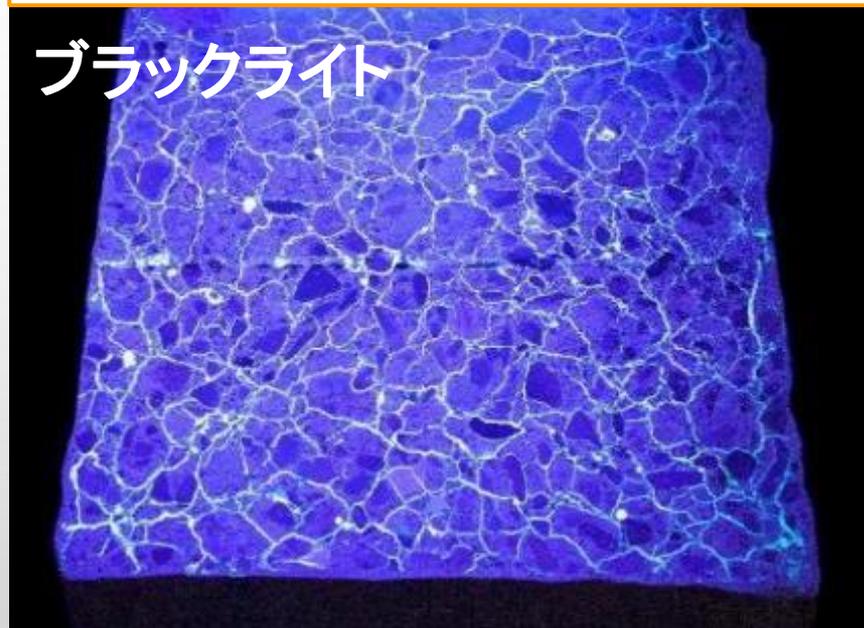


樹脂未注入

樹脂注入

岐阜大学 ASRを模した供試体に
注入し、充填範囲を確認

ブラックライト



実際の施工現場の抜き取りコアで**中性化の抑制効果**も確認

網状に充填がされていることから**ASRの抑制効果**も期待できると確認

6) 非破壊検査

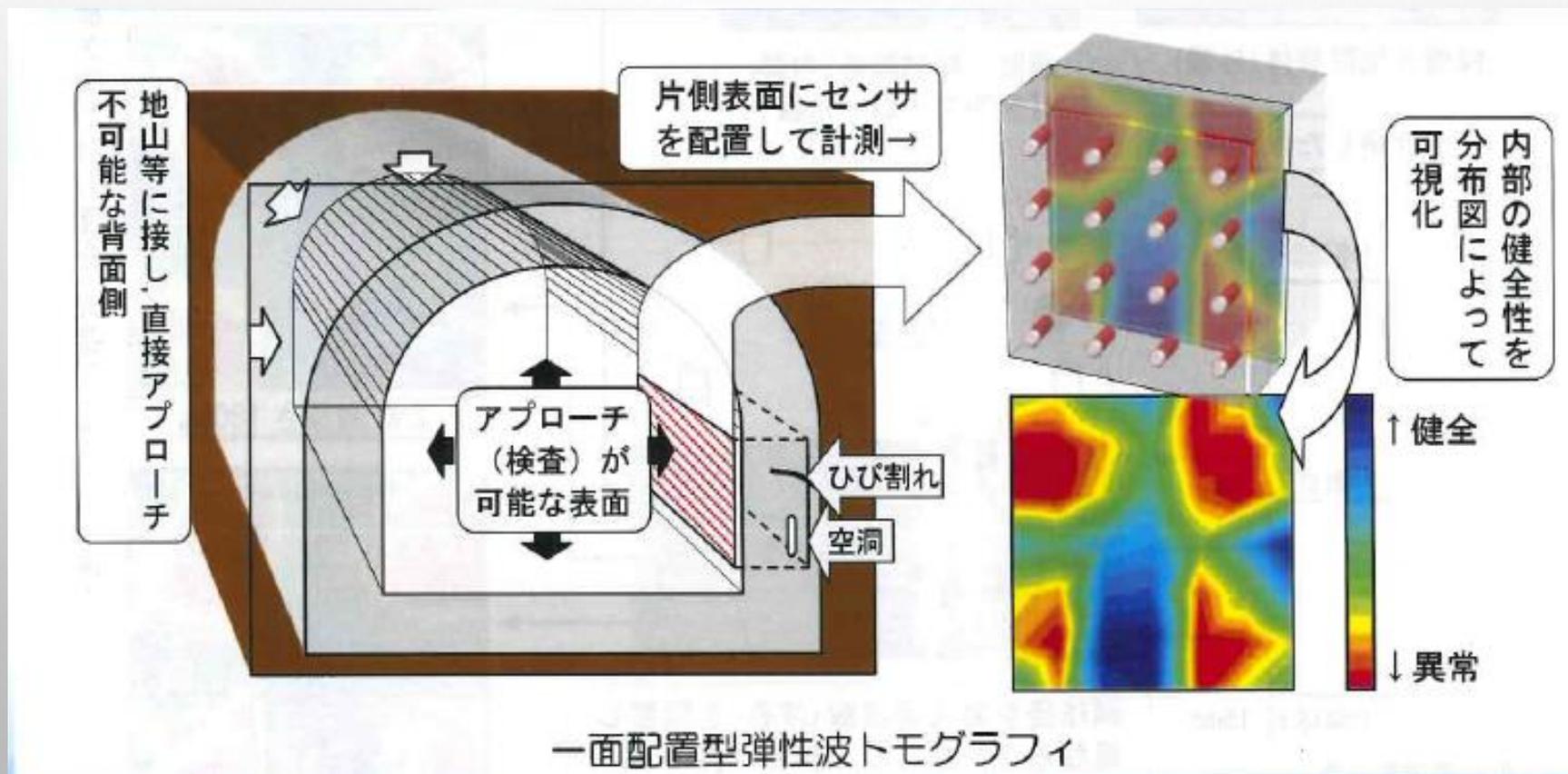
6-1. 弾性波トモグラフィ

6-2. CTS



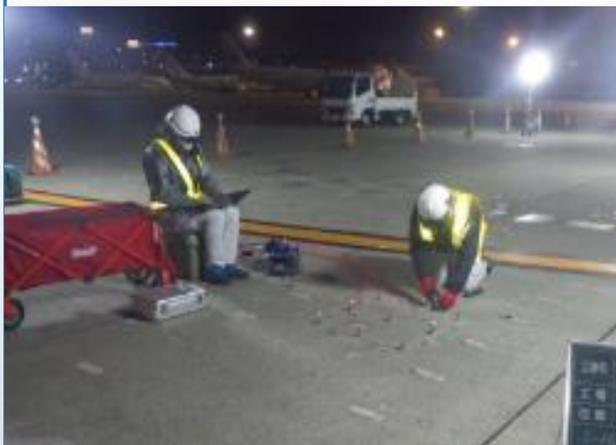
6)-1. 弾性波トモグラフィ による確認

特徴: コンクリート構造物のひび割れや空隙などの位置や規模を、構造物の片側表面から診断できる技術。



6)-1-2. センサー設置調査状況

<PPC版調査>



<Con浮き調査>



6)-2. コンクリート非破壊試験(CTS)

<健全度調査>
※**空港**においての
採用機種

- ◇HJ(ホーンジョイント部)
- ◇CON浮き部調査



7) IPH工法 施工事例

7)-1 名古屋空港(エプロン)

7)-2 広島空港(横断トンネル)

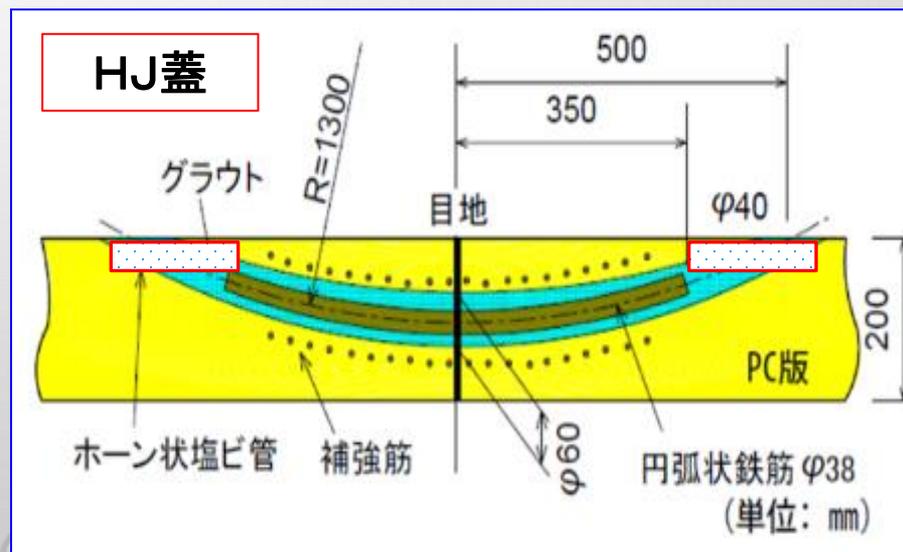


7)-1. 名古屋空港 (GAE)

PPC版高耐久補修 (HJ蓋・CON浮き)

H.26年度: 試験施工 ~ 追跡調査 H.30

H.27年度 ~ R.4年度: IPH工法設計採用 (8年間)



7-1-2. H J 補修箇所-追跡調査結果

調査年月： 令和元年9月

飛散箇所数調査：

- 1) 打換補修(従来工法) 1,695箇所 (40箇所⇒2.36%)
 - 2) IPH工法 6,059箇所 (0箇所⇒0.00%)
 - 3) 補修不要箇所 3,617箇所 (1か所⇒0.03%)
- 計 11,371箇所

補修方法	打換補修(従来工法)			IPH補修				
	施工年度	H25	H26	計	H27	H28	H29	H30
補修箇所数	533	1,162	1,695	1,113	1,166	1,780	2,000	6,059
飛散箇所数	36	4	40	0	0	0	0	0
飛散率(%)	6.75%	0.34%	2.36%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
※補修不要箇所数	※CTSで健全と評価			448	303	2,184	682	3,617
飛散箇所数				0	0	1	0	1
飛散率(%)				0.00%	0.00%	0.05%	0.00%	0.03%

※ 非破壊検査(CTS)で健全と評価され、補修を行っていない箇所

7)-2. 広島空港 (横断トンネル)

地下トンネル補強工事(耐震対策)

H.23完了:地下構造物の耐震化対策実施

H.28完了:クラック部補修工事(IPH工法)



7)-2-1. 広島空港 地下横断トンネル 施工状況



8) 空港舗装等維持管理マニュアル



8)-1. 空港舗装等維持管理マニュアル

ASR

空港舗装等維持管理マニュアル（案）

令和3年4月

国土交通省 航空局

改正記録

年月日	区分	主な改正内容
平成27年9月	策定	
平成29年8月	一部改正	第1章 引用規程の年月 第2章 工事区域と航空機のクリアランス 第4章 路面性状調査 付録1 工事区域と航空機のクリアランス 付録7 DFテストによる滑走路面すべり摩擦係数測定マニュアル（新規）
令和2年4月	一部改正	第1章 引用規程の名称、用語 第2章 工事期間中の舗装面のすり付け処理 第4章 定期点検測量の注積、滑走路等の勾配の規格、誘導路帯の整地区域 第5章 タックコートの施工、 内圧充填工（新規）
令和3年4月	一部改正	マニュアル名の変更

8)-2. 空港舗装維持管理マニュアル

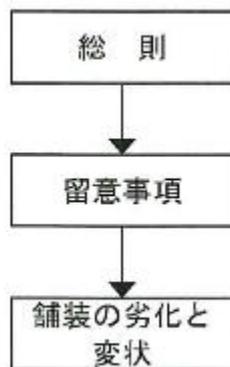
(P120～P130より抜粋)

表 5.2.1 コンクリート舗装の変状と維持・修繕工法 (例)

範囲	変状の種類	維持・修繕工法
局所的	ひび割れ (横断・縦断方向線状、隅角部)	ひび割れ注入、 <u>内圧充填</u>
	変形 (縦断方向の凹凸)	パッチング
	目地部の破損 (目地材・目地縁部の破損)	目地補修、ひび割れ注入、 <u>内圧充填</u>
	段差 (構造物付近・コンクリート版間の段差)	パッチング、打換え
	座屈 (ブローアップ)	パッチング、打換え
	摩耗 (剥がれ(スケーリング)、すり減り(ポリッシング))	パッチング
広範囲	表面の異常 (穴あき、きず、ゴムの付着、版表面の浮き破損、ホーンジョイント蓋の浮き飛散等)	パッチング、打換え、 <u>内圧充填</u>
	ひび割れ、変形、段差、版の持ち上がり、勾配の変化、局部沈下	オーバーレイ、付着オーバーレイ打換え (NC版・PPC版・PRC版等)

表 5.2.2 空港におけるコンクリート舗装の主な維持・修繕工法の概要

区分	工法	概要
維持	ひび割れ注入工	・コンクリート舗装のひび割れ箇所に、アスファルト系、樹脂系等のひび割れ充填材を注入・充填し、雨水などの浸透による破損の拡大と構造的破損への進展を抑制する工法
	パッチング工	・コンクリート版に生じた欠損箇所や段差等に材料を充填して、路面の平坦性等を応急的に回復する工法 ・パッチング材料にはセメント系、アスファルト系、樹脂系がある。 ・既設コンクリートとパッチング材料との付着に留意する。
	目地補修工	・目地材のはみ出しや脱落、劣化・老化などにより破損した目地に注入目地材を再充填し雨水などが目地・路盤に浸入することを抑制し、舗装の構造的破損を未然に防止する工法
	<u>内圧充填工</u>	・コンクリート版のひび割れ、版内部の空隙・浮きの箇所に、小口径の穿孔を行い、コンクリート内部から低圧で樹脂を注入する工法 ・コンクリート版の角欠けやホーンジョイント蓋部の補修では、セメント系又は樹脂系の材料で断面修復した後に本工法を適用すると効果的



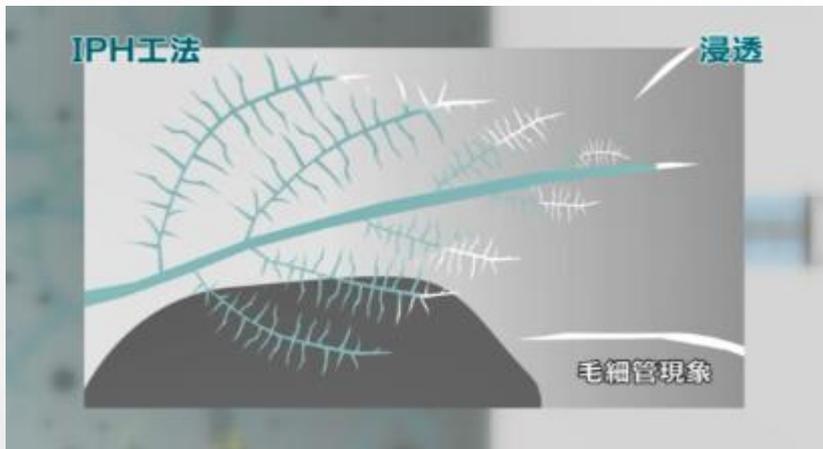
5.2.2.4 内圧充填工

(1) 工法の概要

内圧充填工は、コンクリート版のひび割れ箇所、版内部の空隙・浮きのある箇所に、小口径 (φ7 mm) の穿孔を行い、コンクリート内部から低圧で樹脂を注入する工法であり、コンクリート版の角欠けやホーンジョイント蓋部の欠損箇所の補修においては、欠損部を断面修復した後に本工法を用いると効果的である。微細なひび割れを高密度で充填した場合、水・空気等の侵入が遮断できるため、コンクリート部材強度の回復に加え、劣化要因となる中性化・鉄筋の錆・塩害対策などの効果が期待できる。

9) 最後に





image



ご清聴、ありがとうございます



一般社団法人 IPH工法協会



協会会員 (株) ガイアート

工法担当 若山 Email:hwakayama@gaeart.com

参考資料. 目次

参考資料1	施工手順1	IPH工法協会紹介	P46～P48
参考資料2	論文その他報告書		
	①	設計基準強度-圧縮強度比較	P49
	②	エポキシ樹脂系接着剤の耐久性	P50
		※マテリアル学会誌2005 コニシ株式会社	
	③	微細ひびわれを対象とした低圧注入工法の適用性検討	P51～P53
		※土木学会第73回年次学術講演会（平成30年8月）東京電力ホールディングス	
参考資料3	施工例	橋梁関連	P54～
参考資料4	その他施工例		P69～

参) 1. IPH工法 標準施工手順 (IPH工法協会)



参) 1-1. 施工手順 1

下地処理

鉄筋防錆
欠損部補修

マーキング
穿孔

台座取付

サンディング

鉄筋防錆IPH#300

マーキング

JP台座取付



VDRダイヤモンド吸塵システム



欠損部補修IPH#600



穿孔



参) 1-2. 施工手順 2

漏れ止め材
塗布

注入
加圧養生

撤去・清
掃

表面仕上
完成

漏れ止め材塗布IPH#300



カプセル台座撤去



表面仕上セラブレンド



IPHカプセル



ジャバラ



加圧養生



完成

参2)-① 「設計基準強度」と「IPH補修後の圧縮強度比較」

コア採取：16現場

設計基準強度：18N～24N/mm²

◇橋梁補修 7箇所

◇鉄道高架 4箇所

◇その他 5箇所

コア総数 63

※技術評価報告書第0020号P.38

表 4.1 実構造物の圧縮強度

現場番号	現場名	竣工年度 (竣工年)	設計基準 (N/mm ²) (kg f/cm ²)	圧縮強度 (N/mm ²)		(施工後 / 設計基準)		(施工後 / 施工前)	
				施工前	施工後	設計基準	施工前		
1	広島県 橋梁補修工事	1957年度 (2016年)	21 (210kg/cm ²)	25.5	30.4	1.45	1.20		
				25.0	33.2	1.58	1.31		
				—	38.0	1.81	1.50		
2	広島県 橋梁補修工事	— (2016年)	21 (210kg/cm ²)	6.91	14.1	0.67	0.97		
				9.88	23.7	1.13	1.64		
				26.9	31.3	1.49	2.16		
				14.2	18.6	0.89	1.29		
3	愛媛県 地下構造物補修工事	— (2016年)	21 (210kg/cm ²)	23.1	38.9	1.85	1.88		
				—	37.5	1.79	1.62		
4	広島県 鉄道高架橋補修工事	— (2016年)	21 (210kg/cm ²)	—	36.7	2.22	—		
				—	42.7	2.03	—		
				—	35.9	1.71	—		
5	愛媛県 河堤補修工事	— (2016年)	24 (240kg/cm ²)	33.9	37.2	1.55	1.14		
				26.3	21.2	0.88	0.85		
				22.2	35.9	1.50	1.10		
				33.9	37.2	1.55	1.14		
				36.3	35.9	1.50	1.10		
6	愛媛県 河堤補修工事	— (2016年)	24 (240kg/cm ²)	27.4	35.3	1.47	1.53		
				21.5	28.3	1.10	1.14		
				20.3	39.4	1.64	1.71		
7	愛媛県 砂防工事	— (2015年)	18 (180kg/cm ²)	18.0	22.2	1.23	—		
				—	29.7	1.59	—		
				—	24.6	1.38	—		

現場番号	現場名	竣工年度 (竣工年)	設計基準 (N/mm ²) (kg f/cm ²)	圧縮強度 (N/mm ²)		(施工後 / 設計基準)		(施工後 / 施工前)	
				施工前	施工後	設計基準	施工前		
8	愛媛県 地下構造物補修工事	1974年度 (2015年)	21 (210kg/cm ²)	24.5	41.8	1.99	1.70		
				24.9	32.1	1.53	1.30		
				24.5	49.0	2.33	1.99		
				—	22.3	1.06	0.91		
9	愛媛県 一般住宅擁壁補修工事	— (2014年)	21 (210kg/cm ²)	—	29.4	1.40	—		
				—	36.7	1.75	—		
10	広島県 橋梁補修工事	1935年度 (2014年)	16 (160kg/cm ²)	25.6	38.4	2.40	1.89		
				20.0	17.6	1.10	0.87		
				15.2	35.4	2.21	1.75		
				—	26.9	1.68	1.33		
11	広島県	—	16 (160kg/cm ²)	15.8	15.8	0.88	1.21		
				17.1	17.1	0.98	1.31		
12	広島県 河堤補修工事	— (2013年)	16 (160kg/cm ²)	15.4	22.8	1.43	1.47		
				17.5	32.8	2.06	2.12		
				—	—	—	—		
13	—	—	21 (210kg/cm ²)	12.4	33.6	1.60	3.13		
				9.07	21.0	1.00	1.96		
				—	—	—	—		
14	—	—	21 (210kg/cm ²)	28.0	28.0	1.33	2.61		
				—	24.1	1.15	2.24		

圧縮強度上昇比率

向上率：79.4%

平均値：1.37 / 中央値：1.36

※構造物の当初設計強度が不明な場合は21Nと想定した。

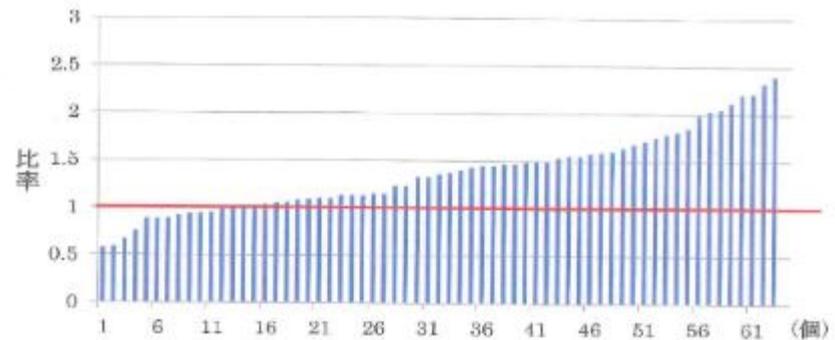


表 4.2 圧縮強度 上昇比率 (施工後/設計基準)

参2-②エポキシ樹脂系接着剤の耐久性

※マテリアル学会誌2005年発表資料 コニシ(株)

原爆ドーム保存工事に用いられたエポキシ樹脂の30年経過後の物性試験

曲げ強度はばらつきが大きく比較しにくいものの
圧縮強度は当初より強度が増加している。

●特集●接着剤の劣化 解説

エポキシ樹脂系接着剤の耐久性

堀井 久一*

[受付 2005年5月24日]

1. はじめに

エポキシ樹脂は、1952年に原爆ドームの片光修復の修繕に利用されたことから脚光を浴びて有名になり、日本ではすでに50年以上の歴史を持っている。エポキシ樹脂系接着剤は、日本の高度経済成長に伴って1960年代から本格的に使用される始め、現在では土木・建築用途、電子・電気機器、機械、車両や航空・宇宙関連などに幅広く使用されている。そして、エポキシ樹脂系接着剤が発表している土木・建築、接着、その他2004年実績は、35,198億円となっており、この間に大きく成長したことがわかる。エポキシ樹脂がこのような幅広い用途で採用されるようになったのは、機械的強度、接着性、寸法安定性、電気絶縁性、耐熱性、耐化学薬品性などの数多くの性能に優れていることによるものであることは周知のとおりである。さらに優れた耐久性を示しているために、他の分類の後継者を代替することができない用途も数多く存在している。土木・建築用途では、例えばコンクリート補修材料や耐震補強材として接着剤や樹脂などが用いられる。特に、耐久性が要求されている。ここでは、土木・建築用途において、これまでに実施された実務での耐久性能評価の事例を中心に紹介する。



*Hikaru HORI
コニシ(株) 大阪中央研究所 研究開発部長
1973年-2003年 大阪府大田区鶴岡町1-7-7

2. 原爆ドーム保存工事に用いられたエポキシ樹脂の30年経過後の物性試験**

日本でエポキシ樹脂が本格的に採用され始めたのは1967年に広島県原爆ドームの第1回保存工事が実施されており、その際に約20tものエポキシ樹脂系接着剤が使用されている。原爆ドームは、広島市の平和記念公園にあるシンガシ(一部コンクリート造)の建築物であり、原爆の惨状を現世に伝える大変重要な歴史の記念物である。そのため、当時としては最先端の材料であったエポキシ樹脂が採用され、接着に用いる材料の劣化や劣化の程度を把握し、原爆ドーム内の唯一の材料として用いられている現状に於いては、保存がされている。計測ももって30年と20年経過後の物性試験結果の比較、さらに20年経過後と10年経過後との物性試験結果の比較もなされており、これらがエポキシ樹脂系接着剤の耐久性を示している重要な事例の一つである。

まず、施工後20年の1987年に実施された調査では、原爆と20年経過後が比較されている。調査物の物性試験としては、施工当時のエポキシ樹脂系接着剤の強度と現在の強度が比較された。セメントの物理試験方法のJIS規格(JIS K5201)に準じて造り換え又は増強材が測定された。施工20年後に同じ試験方法にて実施したところ、曲げ強度はばらつきが大きく比較しにくいものの、圧縮強度は、その強度を劣化して劣化率も増加している。エポキシ樹脂は、品質管理上の物理評価を管理有り材料で70～80%しか反応率が得ず、その後ゆっくりと反応が進行し、10年目をかけて最終強度に達すると知ら

参考資料3. 施工例各種 目次

橋梁関係目次

施工例①	鉄道高架橋/ (梁・床版)	P55
施工例②	橋梁/桁(広島県)	P56
施工例③	高速道路/床版(愛知県)	P57
施工例④	橋梁/床版(国道維持)	P58
施工例⑤	橋梁/床版(国道)	P59
施工例⑥	橋梁/橋脚	P60
施工例⑦	橋梁16号	P61-P63
施工例⑧	土木遺産橋梁/再生躯体(埼玉県、新佐賀橋)	P64
施工例⑨	土木学会選奨遺産(広島県)	P65
施工例⑩	土木遺産橋梁/再生躯体(大宮橋)	P66~P68

参3)-①. 鉄道高架橋

○ 鉄道高架橋



①サンディング後劣化状況の確認



②断面修復



③穿孔→台座取付→注入



④保護ライニング後完了

参3)-②. 橋梁桁補修

・橋梁(広島県)



①着工前 劣化状況の確認



②断面修復部



③穿孔→台座取付→断面修復注入



④保護ライニング後完了

参3)-③. 橋梁床版補修1(名古屋高速)

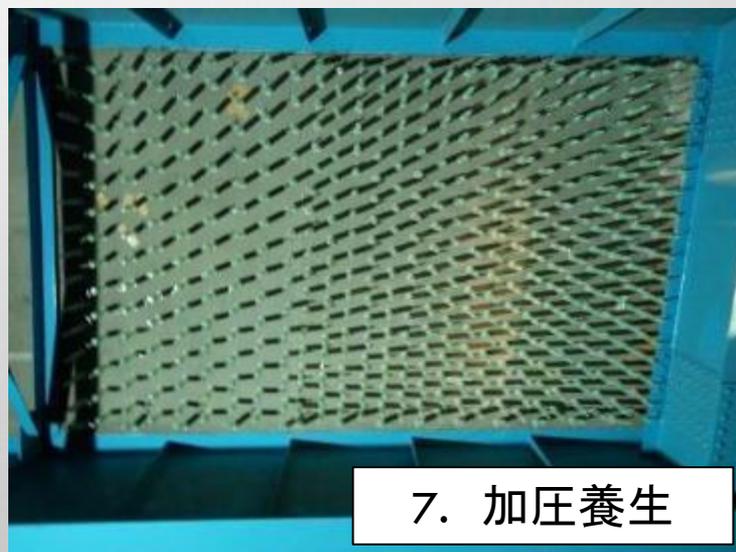
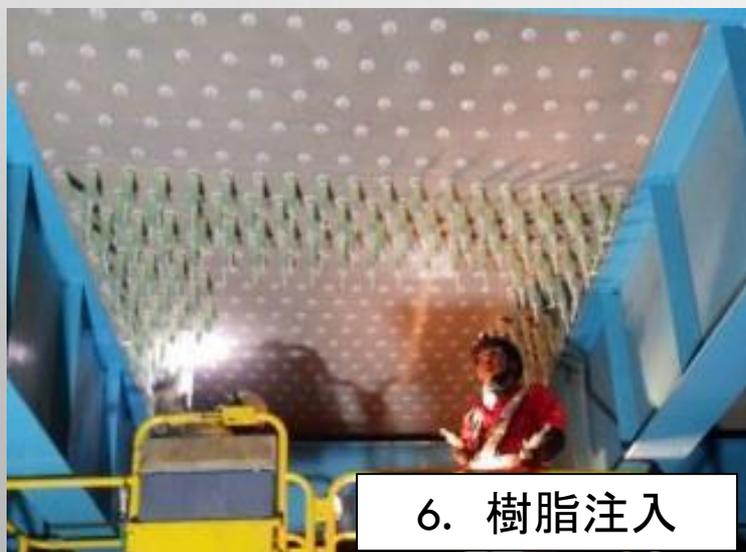


床版劣化状況

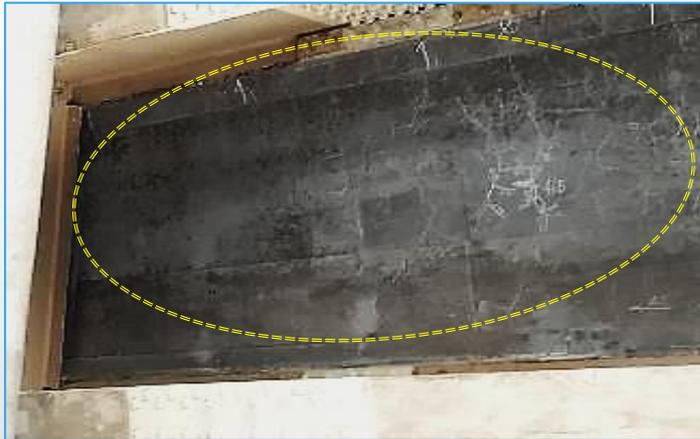


注入状況

参3)-④. 橋梁床版補修2 (H27.国道維持工事)



参3)-⑤. 橋梁床版補修 (R4.6 地方整備局) (GAE)



亀甲状クラック+エフロ



高所作業車



注入加圧養生



事前事後、非破壊調査(健全化)

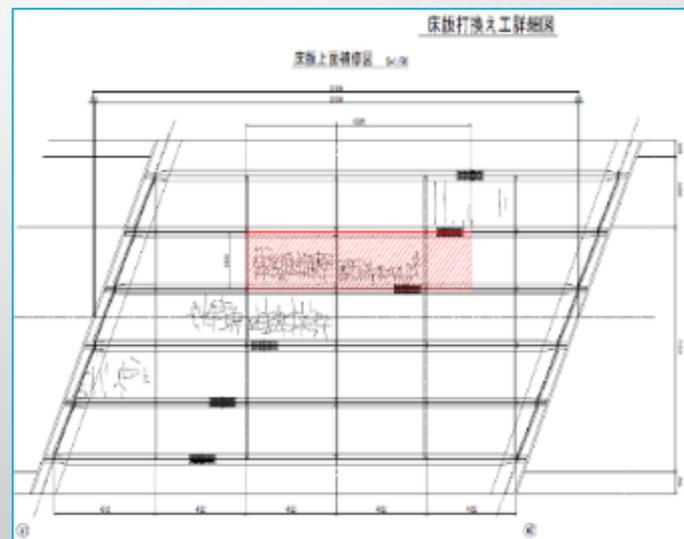
参3)-⑥. 橋脚 《施工状況》



参3)-⑦-1. 国道16号桥梁 (亀甲状クラック補修)

桥梁床板補修(断面修復) (吊足場)

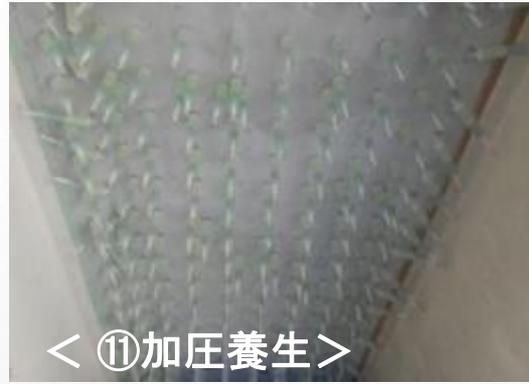
平成26・27年度国道維持



参3)-⑦-2. 国道16号橋 1 (マーキング～樹脂製)



参3)-⑦-3. 国道16号橋 2 (注入工~仕上げ)



追跡調査
施工箇所再劣化なし
確認日:平成30年10月
(4年経過)

参3)-⑧. 土木遺産の修復/補強/経過観察(新佐賀橋)



IPH注入

完成

元荒川



床板部注入

参3)-⑨. 土木遺産の修復/補強(土木学会選奨土木遺産)

※広島県/被爆を受け残存した名橋

鉄筋コンクリート 大正15年造 IPH平成28年補強施工

上部工: 5径間連続鉄筋コンクリート桁橋 橋長: 62.4m



参3)-⑩. 土木遺産の再生/補強(大宮橋)

「全建賞」受賞2021.6(土木学会選奨土木遺産)

補修前



補修後



補修前



補修後



YouTubeのURLです。
<https://youtu.be/65l64O2whoE>

参3)-⑩-1. 土木遺産の再生/補強(大宮橋)

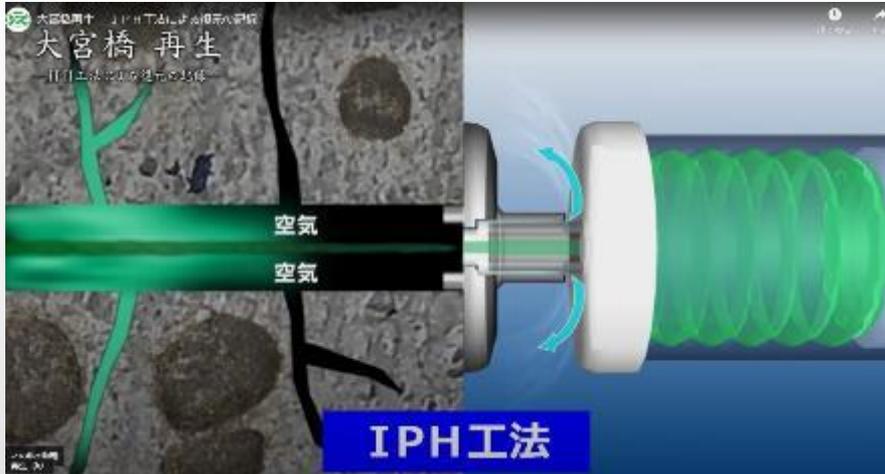


ジャンカ・鉄筋露出

断面修復後、IPH工法



参3)-⑩-2. 土木遺産の修復/補強(大宮橋)



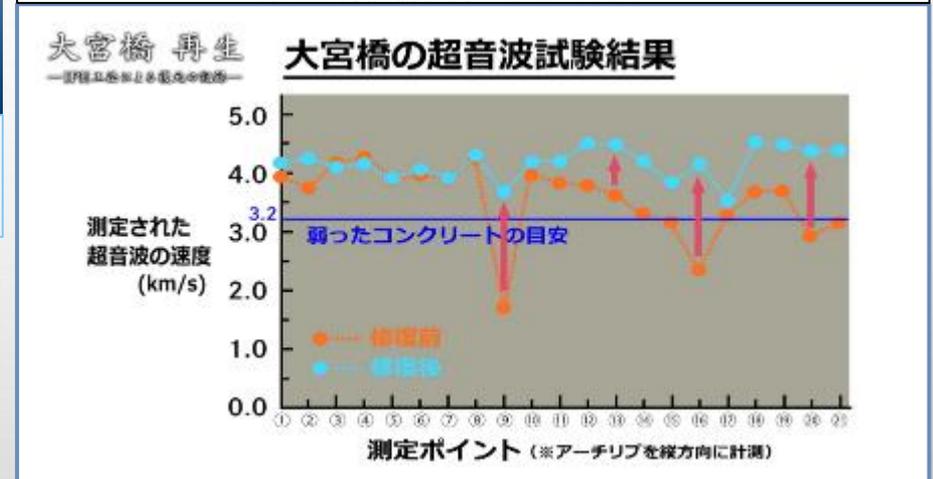
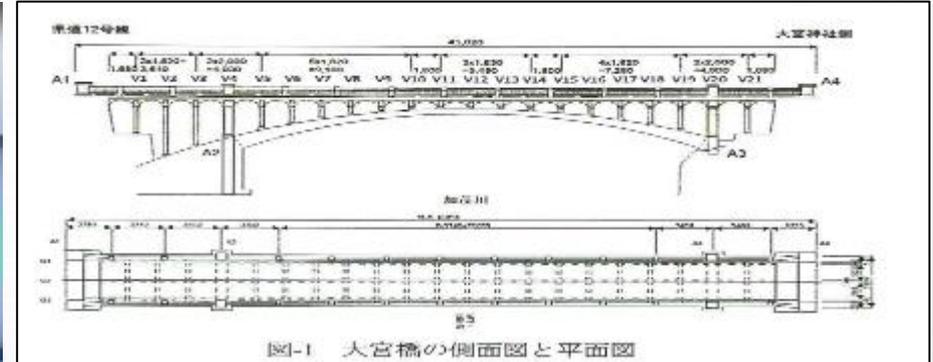
Con内部を負圧にすることで、0.01mm程度の狭隘部に密実に樹脂充填が可能(耐力向上)

調査:愛媛大学

◇超音波測定は2015年～2020年の修繕工事完了

までの6年間に「事前調査」「補修前調査」「補修後調査」「修繕後調査」「舗装調査」として 計10回実施

◇調査箇所は「アーチリブ(AR)」「鉛直支柱(VC)」「水平継ぎ材(HT)」「高欄支柱(BC)」で系統的な変化を調査するため、「AR-VCの交差部」「VC中央部」「HT中央部」「BC中央部」を、**修繕前・修繕後に全数調査。**

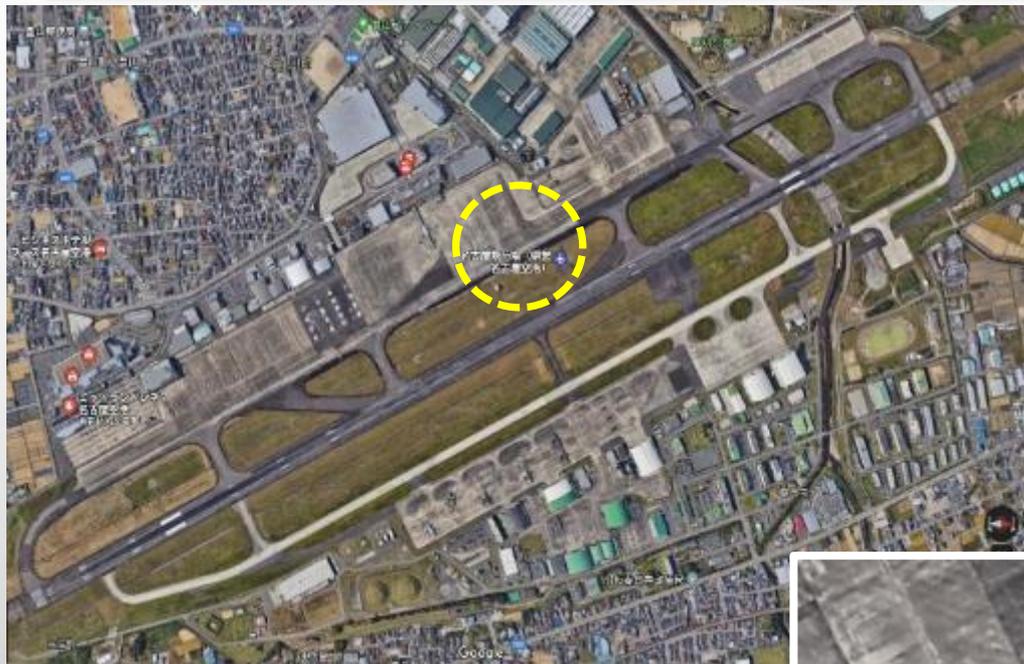


その他施工例 4

目次

- | | |
|--------------------|-----------|
| ①. 名古屋空港CON補修(愛知県) | P.70-P.73 |
| ②. 徳之島空港(建築)(鹿児島県) | P.74 |

参4) -①. PPC版設置状況



H.J蓋飛散



H.J蓋飛散

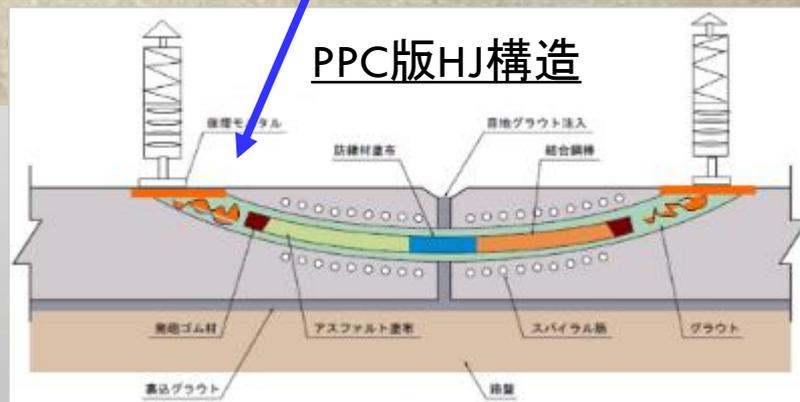
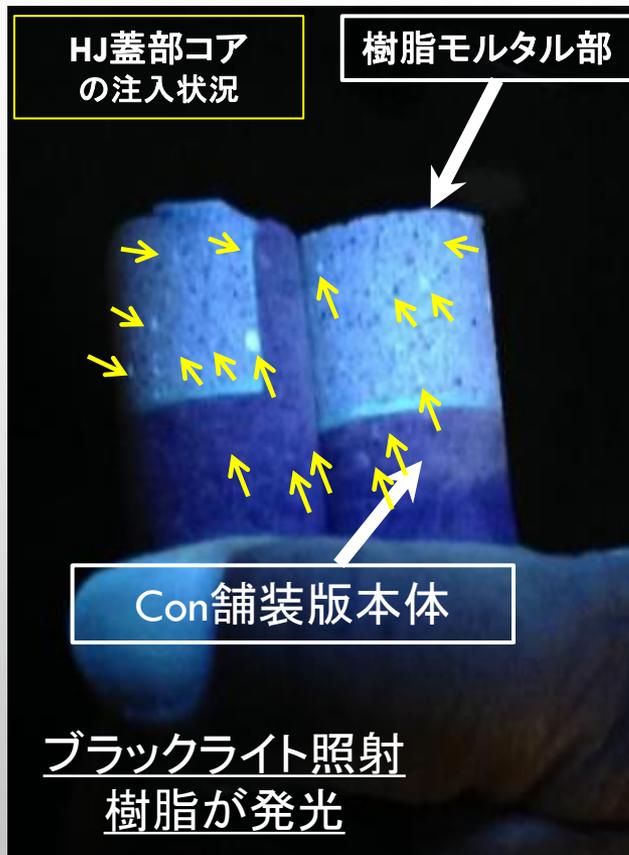


参4)-①-1. 事前非破壊確認試験

(健全度確認/コンクリートテスター-CTS-2)



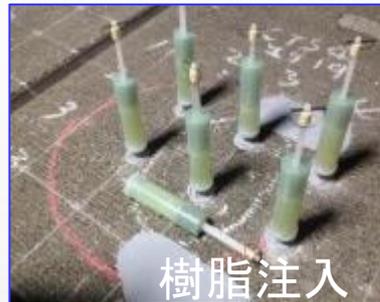
参4)-①-2. PCコンクリート版(HJ蓋)補修



PC版本体と樹脂モルタル部に注入確認

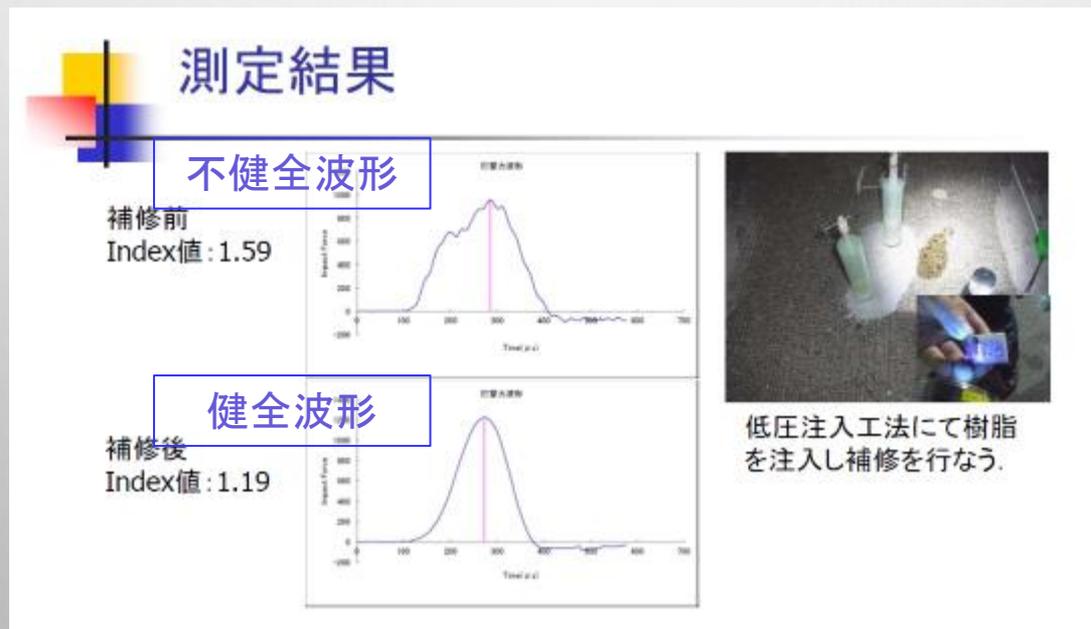
参4)-①-3. PC版CON浮き部

ブラックライト照射、樹脂部が発光



CTSによる事前事後調査

水平クラック部では分離しない



参4)-②. 建築 徳之島空港(鹿児島県)

《施工:H30.3》 施工箇所:電源局舎/壁面/漏水ひび割れ補修

《徳之島空港》



《穿孔》



《台座取り付け》



《防露処理》



《IPH注入》



《 R2.3現在》

