



コンクリート構造物の 補修事例と効果の検証

2017年11月17日

太平洋マテリアル株式会社
中国支店

渡 沼 毅 好

INDEX



1. インフラストックの現状
2. RC床版の補修事例
3. リフリート工法のご紹介
4. 補修効果の検証事例(塩害・凍害)

1. インフラストックの現状



背景

◆未曾有の 東日本大震災！記憶に新しい 熊本地震！
今後、駿河トラフ、南海トラフに連動した

巨大地震の発生が懸念される中

緊急輸送道路の確保
(維持管理が必須)

高齢化対象のインフラストックが増大
(維持管理コスト増)

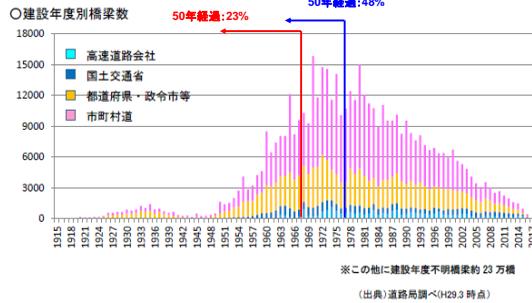


「事後保全」から「予防保全」へ
(LCCのミニム化)

橋梁インフラの現状

※国土交通省：道路メンテナンス年報より(H29年8月)

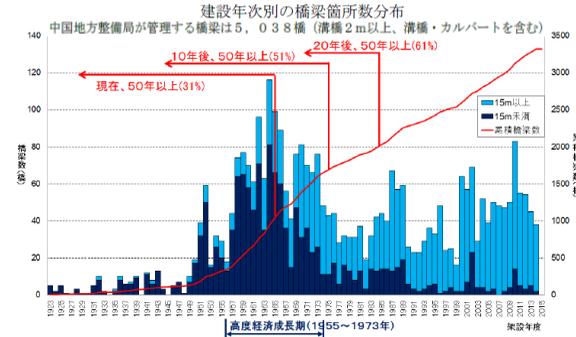
建設後50年を経過した橋梁の割合は、現在は約23%であるのに対し、10年後には約48%に急増。橋長15m未満の橋梁は、10年後、約54%が建設後50年を経過。



5

橋梁インフラの現状

※中国地方整備局資料：道路維持管理の基本方針より(H29年4月)



6

橋梁インフラの現状

※国土交通省：道路メンテナンス年報より(H29年8月)

点検について

全ての道路管理者は、平成25年の道路法改正等を受け、平成26年7月より、「橋梁」、「トンネル」、及び「シェッド・大型カルバート、横断歩道橋、門型標識等(以下、道路附属物等)」の道路施設について、5年に1度、近接目視による点検を実施していません。

<平成28年度単年度の点検実施状況>

道路施設	管理施設数	点検実施数	点検実施率
橋梁*	726,190	193,710	27%
トンネル	11,153	1,986	18%
道路附属物等	40,721	8,738	21%

※清橋(カルバート)は、全て橋梁として計上している。

H29.3末時点

7

橋梁インフラの現状

※国土交通省：道路メンテナンス年報より(H29年8月)

都道府県名	橋梁			トンネル		道路附属物等			
	施設数	点検実施数	点検実施率	施設数	実施数	点検実施率	施設数	点検実施数	点検実施率
鳥取県	7,894	1,600	20%	106	16	15%	247	11	4%
島根県	14,550	4,249	29%	343	54	16%	354	89	25%
岡山県	33,223	9,529	29%	254	40	16%	772	170	22%
広島県	23,375	5,878	25%	428	92	21%	868	81	9%
山口県	16,060	3,749	23%	275	25	9%	573	141	25%

8

橋梁インフラの現状

※国土交通省：道路メンテナンス年報より(H29年8月)

○ 最優先で点検すべき橋梁の点検実施状況

管理者	緊急輸送道路を跨ぐ跨道橋		跨線橋		緊急輸送道路を構成する橋梁	
	施設数	点検実施率 (点検実施数)	施設数	点検実施率 (点検実施数)	施設数	点検実施率 (点検実施数)
国土交通省	2,073	24% (494)	1,713	21% (360)	31,894	23% (7,306)
高速道路会社	5,124	19% (964)	1,075	23% (249)	23,560	20% (4,800)
都道府県・政令市等	2,993	25% (740)	3,441	22% (773)	63,585	27% (17,276)
市町村	4,328	27% (1,186)	3,045	26% (800)	3,253	27% (887)
合計	14,518	23% (3,384)	9,274	24% (2,182)	122,292	25% (30,269)

H29.3末時点

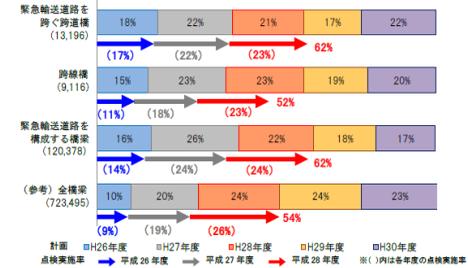
9

橋梁インフラの現状

※国土交通省：道路メンテナンス年報より(H29年8月)

最優先で点検すべき橋梁

○ 最優先で点検すべき橋梁の5年間の点検計画・累積点検実施率(全道路管理者合計)



10

橋梁インフラの現状

※国土交通省：道路メンテナンス年報より(H29年8月)

点検結果について

橋梁、トンネル等の健全性の点検結果は、以下の4段階に区分します。

区分	状態
I 健全	構造物の機能に支障が生じていない状態。
II 予防保全段階	構造物の機能に支障が生じていないが、予防保全の観点から措置を講ずることが望ましい状態。
III 早期措置段階	構造物の機能に支障が生じる可能性があり、早期に措置を講ずべき状態。
IV 緊急措置段階	構造物の機能に支障が生じている、又は生じる可能性が著しく高く、緊急に措置を講ずべき状態。

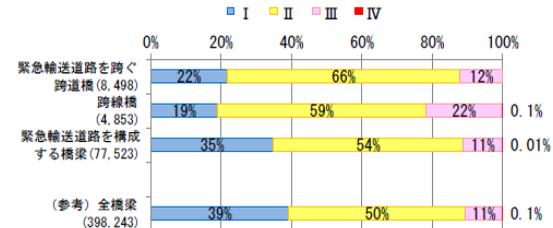
11

橋梁インフラの現状

※国土交通省：道路メンテナンス年報より(H29年8月)

最優先で点検すべき橋梁

○ 最優先で点検すべき橋梁の判定区分の割合(全道路管理者合計)

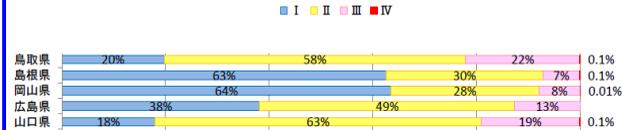


12

橋梁インフラの現状

※国土交通省：道路メンテナンス年報より(H29年8月)

都道府県別判定区分の割合(地方公共団体管理橋梁)

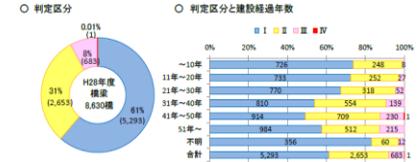


13

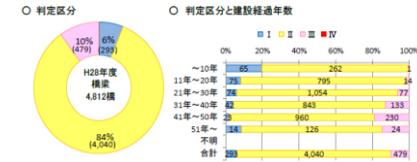
橋梁インフラの現状

※国土交通省：道路メンテナンス年報より(H29年8月)

国土交通省(平成28年度)



高速道路会社(平成28年度)



14

橋梁インフラの現状

※国土交通省：道路メンテナンス年報より(H29年8月)

都道府県・政令市等(平成28年度)



市町村(平成28年度)



15

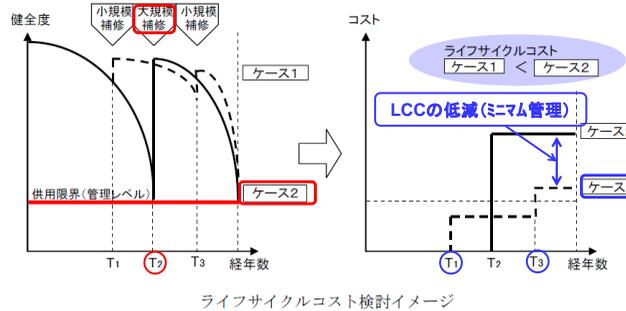
橋梁インフラの現状

- 今後、供用期間50年を超過する橋梁数が増大
- この橋梁の維持管理のために費やす費用が増大
- 「事後保全型」から「予防保全型」に転換し、莫大な費用がかかる前に補修して、供用期間を延長。

16

長寿命化とは

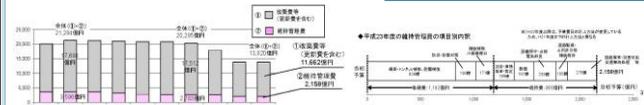
予防保全型への転換 (※計画的な維持管理を実施しLCCの低減を図る)



維持管理の現状について(発注者比較)

維持管理費用(一般道:税金)

長寿命化への取組の遅れの要因
「財政力不足」、「職員不足」、「専門技術者の不足」



維持管理費用(高速道:有料)
NEXCO三社

「計画的な維持更新計画」
「圧倒的な維持管理予算」
「専門技術者がいる」

3社で年間3,000億円ほどの維持・修繕費用
+
15年で3兆円の大規模更新・修繕費用

2. RC床版の補修事例



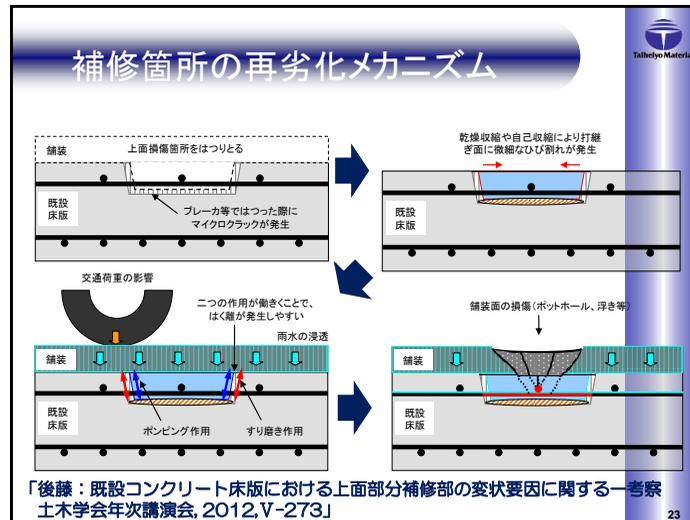
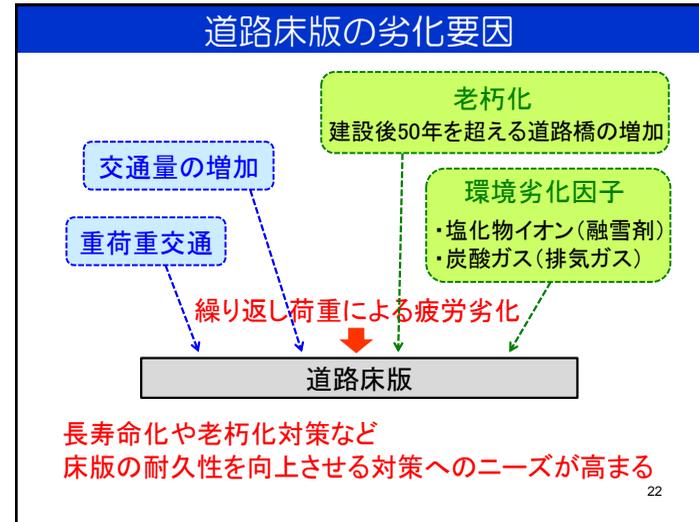
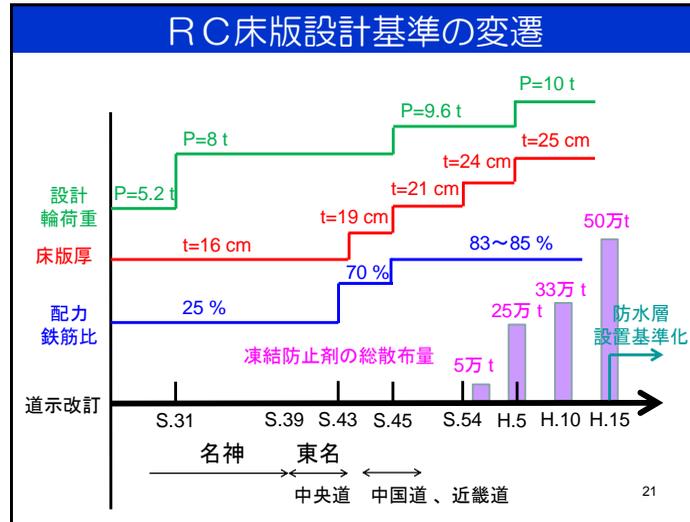
高耐久型 橋梁床版補修材 太平洋ゴムラテモルタル



NETIS登録番号 QS-150017-A
NEXCO「構造物施工管理要領」【床版上面における断面修復の性能照査項目】性能試験完了材料



太平洋マテリアル株式会社



RC床版用応急処置の現状

橋梁RC床版の劣化・損傷に伴うポットホールの発生数が多い。特に冬季に床版への水の供給が多い時は、**短期間（約1週間）に何度も再発生を繰り返す。**



舗装面のポットホール発生状況



床版(増厚)の損傷状況

「稲葉ら：ポリマーセメントモルタルを用いたコンクリート床版の応急補修
土木学会年次講演会、I-590,2012」

25

RC床版補修に対するNEXCOの取組み

高速道路等の橋梁のRC床版上面に変状が顕在化



補修(従来の速硬性材料)



早期に再変状
早い場合、1ヶ月内で再損傷

検討内容

- ① 現行の補修材料・方法の見直し
下地処理(ハツリ)方法や補修材料の確認
- ② 新たな材料の検討(当社は2011年7月より)
物性確認(材料試験、輪荷重試験等)→スペック設定

なぜ? どうする?



- ① 原因、メカニズム解明⇒論文報告
- ② 最適な補修材料の構築⇒2015.7構造物施工要領の改訂

26

ゴムラテモルタルの品種と荷姿

① 「ゴムラテモルタル」
パウダー : 25kg/袋
混和液 : 18kg/缶







27

損傷程度・断面修復箇所と材料の選定目安

損傷部のみ



鉄筋上まで



鉄筋下まで





ポットホール用



ゴムラテモルタル



ゴムラテコンクリート

28

超速硬ポリマーセメントモルタル 太平洋ゴムラテモルタルとは



“RC床版橋梁の長寿命化対策に...”

- ゴムラテモルタルとは
 - 超速硬性補修用ポリマーセメントモルタル
 - 既調合材料：プレミックスモルタル
 - 専用ゴムラテ混和液と練混ぜて得られる。
- ゴムラテモルタル物理特性
 - 静弾性係数が床版コンクリートと同等。
 - 既存床版のたわみ追従性に優れる
 - 乾燥収縮が小さく、寸法安定性に優れる。
 - 接着性能・防水性が高い。
 - 凍結融解抵抗性、遮塩性など耐久性に優れる。

29

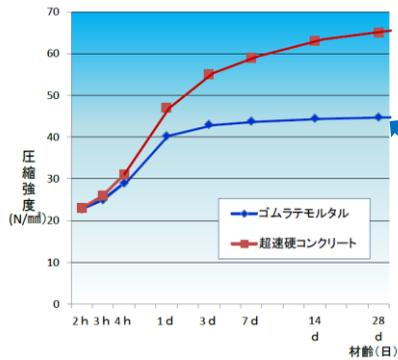
性能照査例【ゴムラテモルタル】



要求性能	試験項目	単位	材齢等	規格	試験結果	
					20℃	
施工性能	硬化時間	分		総発30分以上		44
	圧縮強度	N/mm ²	2時間	10≦		22.8
			4時間	24≦		29.0
			28日	—		44.8
基本性能	寸法安定性(長さ変化率)	%	28日	-0.025≧		-0.021
	ひび割れ抵抗性	—	28日	ひび割れなし		なし
	熱膨張率	10 ⁻⁴ /℃	28日	1.0±0.5		1.5
	コンクリートとの付着性	N/mm ²	28日	1.5≦		2.2
耐久性性能	中性化抵抗性(速度係数)	mm/√週	—	—		0.8
	凍結融解抵抗性	相対弾性係数	%	300サイクル	80≦	97.4
		負荷後の付着強度	N/mm ²	300サイクル	1.5≦	
	遮塩性(みかけの拡散係数)	cm ² /年	6ヶ月	—		0.038
力学的性能	静弾性係数	KN/mm ²	28日	28.5±5		25.8

30

ゴムラテモルタルの特性 圧縮強度



長期的にも強度発現が継続し、最終的には60N/mm²を超える圧縮強度となる。

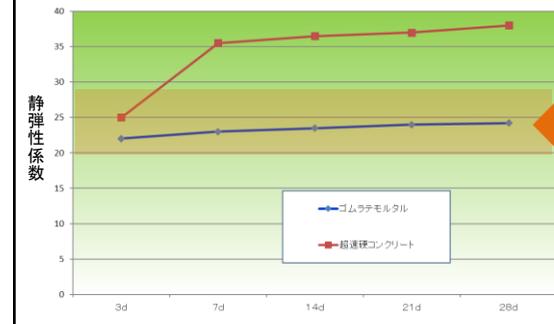
短時間で圧縮強度24N/mm²を発現するが、長期的には強度が過大にならない。

31

ゴムラテモルタルの特性 静弾性係数



静弾性係数が大きい程、荷重に対して変形しにくい特性となる。



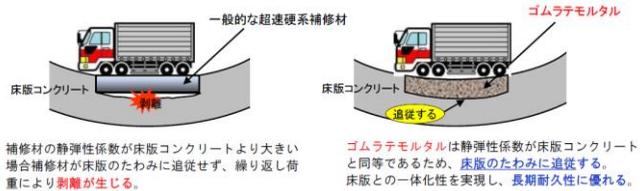
一般的なコンクリートの静弾性係数

32

ゴムラテモルタルの特性 静弾性係数



■ゴムラテモルタルの長期耐久性概念図



ゴムラテモルタルは、
静弾性係数をコンクリート床版と同等にすることで
長期耐久性を実現

33

移動輪荷重載荷試験

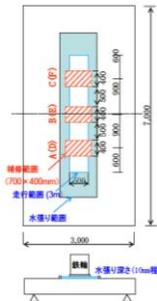
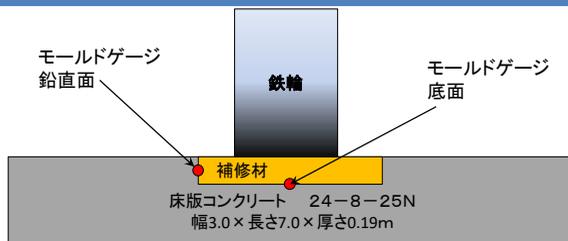


写真1 移動載荷実験
(水張り条件)

図1 補修箇所と水張り範囲

34

移動輪荷重載荷試験



輪荷重の影響による補修材の変状を
確認する為、補修材の鉛直面と底面に
モールドゲージを取り付けてひずみを測定した。

35

移動輪荷重載荷試験



表1 断面修復の条件

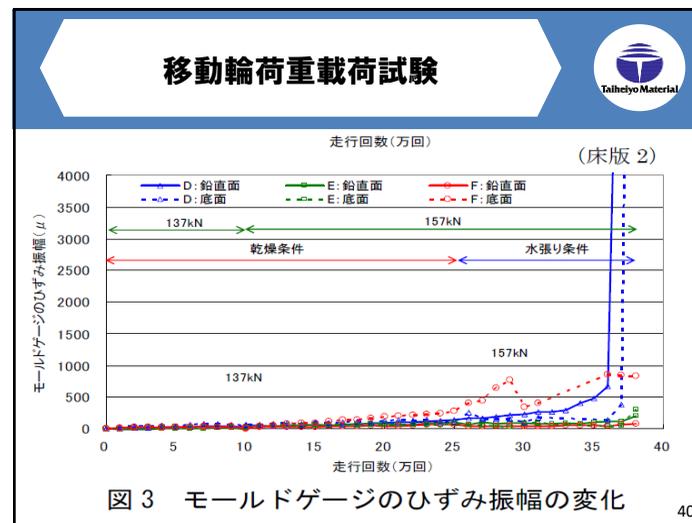
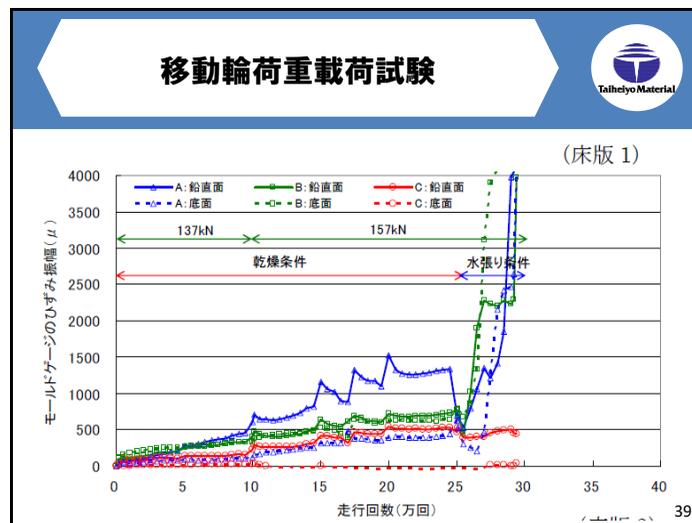
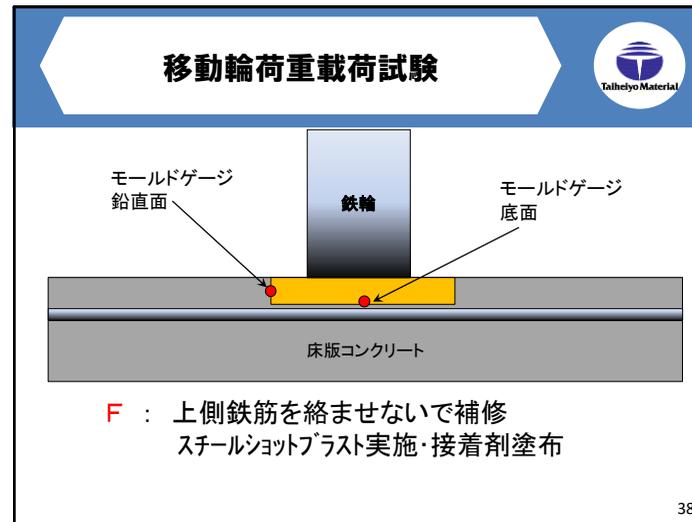
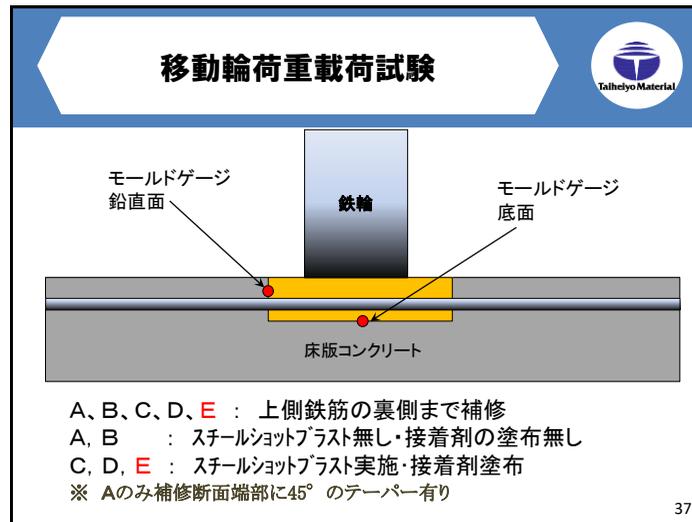
床版1 (表面処理および断面修復形状を変更したケース)

補修箇所	補修材料	はつり方法	表面処理方法	接着剤 の塗布	補修深さ
A	超速硬 コンクリート	手持式動力工具 (ターボ有り)	-	無し	上側鉄筋 裏側まで
B	"	手持式動力工具	-	"	"
C	"	"	スチール ショットブラスト	有り	"

床版2 (補修材および補修深さを変更したケース)

補修箇所	補修材料	はつり方法	表面処理方法	接着剤 の塗布	補修深さ
D	超速硬 セメント系材料	手持式動力工具	スチール ショットブラスト	有り	上側鉄筋 裏側まで
E	ゴムラテモルタル	"	"	"	"
F	ゴムラテモルタル	"	"	"	上側鉄筋 かぶり

36



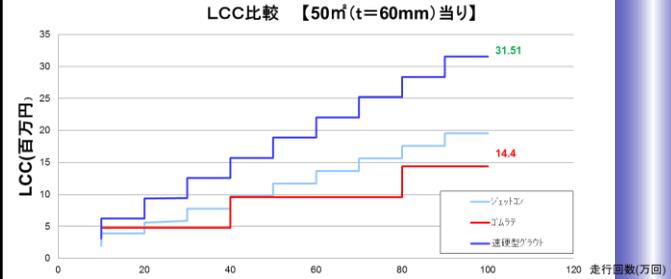
移動輪荷重載荷試験 試験結果



- ゴムラテモルタルによる補修箇所は、相対的に再劣化せず、十分な耐久性が確認された。(荷重14 t で38万回の繰り返し試験実施)
- 旧床版の既設コンクリートより高い圧縮強度・静弾性係数を有する材料はゴムラテモルタルと比較して相対的に早く打ち継ぎ界面での剥離などの変状が確認された。

41

LCC(ライフサイクルコスト)の比較



- 【耐用年数の考え方】
- 「超速硬型コンクリート」と「超速硬型無収縮モルタル」は、走行回数10万回で再補修する。
- 「超速硬型ポリマーセメントモルタル」は走行回数40万回で再補修する。
- いずれも、「土木学会第68回年次学術講習会の断面修復を行った床版上面の耐久性に関する実験的研究」より耐久性データを引用した。
- 施工費は、コンクリートハツリ+断面修復の単価(舗装費は含まれない)

42

補修事例(打撃ハツリ)



岡山国道橋梁
H28年度



43

補修事例(打撃ハツリ+浸透性プライマー+接着プライマー)



岡山国道橋梁
H28年度



44

プライマー (NEXCO仕様)



① 浸透性プライマー
 ハツリ時に生じたマイクロクラックを充填します。




② 接着プライマー
 ゴムラテモルタル接着用にプライマー(接着剤)塗布



45

補修事例 (WJ+接着プライマー)



山陽自動車道橋梁
H28年度

① ウォータージェットによるハツリ



② 洗浄



③ 補修箇所ハツリ状況



④ ゴムラテモルタル練り混ぜ

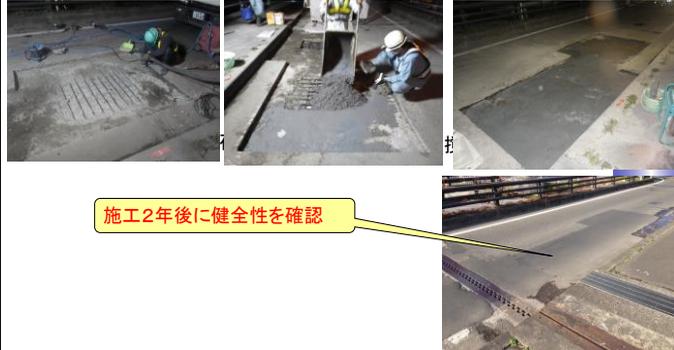


46

補修後の追跡調査



施工2年後に健全性を確認



仙台市内国道橋梁 H25年度

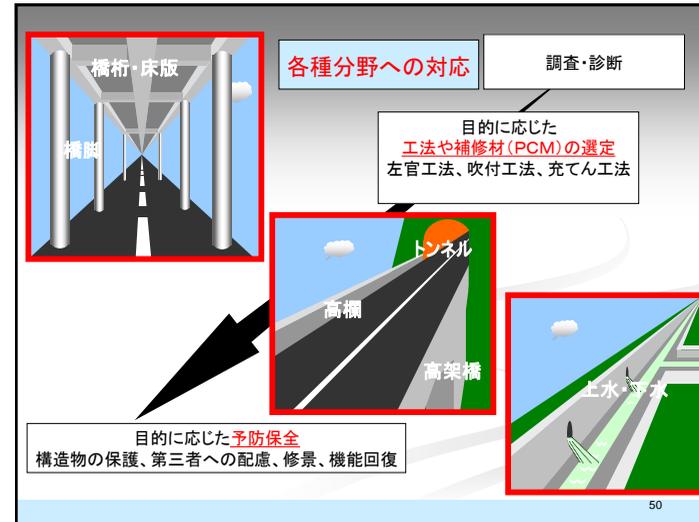
47

3. リフリート工法のご紹介



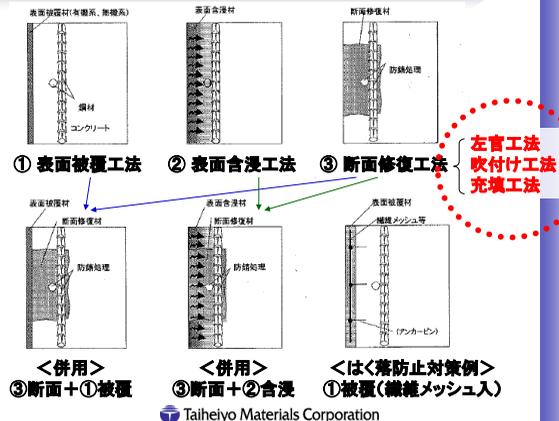
48

太平洋セメントグループが開発した補修工法 「リフリート工法」について



補修工法の分類

(出展:土木学会「表面保護工法 設計指針(案)」の分類)



リフリート工業会の概要 ～体制: 施工会社数～

- ・ 施工部会会員(290社)が全国の施工体制を網羅しております。
- ・ 施工管理士制度…これにより安心できる「施工」を提供



リフリート工法とは

■ リフリート工法は、

- ① 塗布形含浸材
- ② 鉄筋防錆処理材
- ③ 断面修復材

を組み合わせて使用するRC構造物の総合的補修工法です。

■ リフリートとは、コンクリートを補修改修により、「リフレッシュしたコンクリート」となることから名付けられました。

- ・ 施工は、リフリート工業会会員会社が責任をもって行います。
- ・ 「リフリート工法施工管理士」取得の方が、施工管理を行います。

施工管理士制度

「施工管理士制度」とは、施工部会会員が施工する「リフリート工法」を確実かつ恒常的な施工品質の確保を目的とした制度です。施工管理士制度の概要は、次の通りです。

1. 施工部会会員は、2名以上の「施工管理士」を配することが必要です。
2. 資格「施工管理士」はコンクリートの劣化、リフリート工法のメカニズム、仕様組立および施工方法について講習を受講し認定試験を修了した者に与えられます。(資格者証「リフリート工法施工管理士証」が交付)
3. 新入会員は、入会時に施工管理士講習会を受講します。
4. 施工管理士証の有効期間は、3年間です。以後、3年ごとに更新講習を受講し、資格を更新します。

リフリート工法の仕様

リフリート工法の仕様は、鉄筋コンクリートの劣化要因ごとに組み合わせて使用します。
また、予防保全もあります。
下表に、仕様の概要を示します。

リフリート工法の各仕様と使用材料

目的	仕様	使用材料
中性化・経年劣化	RF仕様	RF-100, RF防錆ペースト, RFモルタル
塩害・鉄筋腐食	DS仕様	RF-100, DS-400, RF防錆ペースト, RFモルタル
予防保全	DS-HG仕様	DS-400, DS防錆ペースト, RFモルタル

建築学会指針にみる

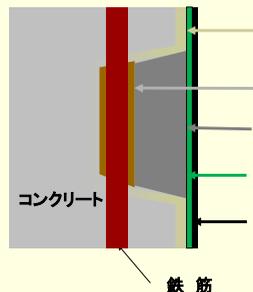
目標回復レベルと補修工法の選定の関係

損傷の種類 および 種別の種類	回復目標レベル			
	暫定	証明	恒久	恒久
劣化部分				
コンクリートのはつり	はつり、剥離部分のみ	鉄筋腐食箇所すべて	鉄筋腐食箇所すべて	鉄筋腐食箇所すべて
さび鉄筋の処理	浮きさびの除去	浮きさびの除去	浮きさびの除去	二種ケレン以上
含浸材処理	—	アルカリ性付身材	アルカリ性付身材	—
鉄筋防せい処理	—	鉄筋防せい材	鉄筋防せい材	鉄筋防せい材
断面修復	断面修復	断面修復	断面修復	断面修復
表面修復	—	中性化抑制材料または塩化物透過抑制材料	中性化抑制材料または塩化物透過抑制材料	中性化抑制材料または塩化物透過抑制材料
劣化部分 内包工法				
コンクリート表面処理	はつりなし、ケレン、清掃	はつりなし、ケレン、清掃	はつりなし、ケレン、清掃	中性化部分除去
含浸材処理	—	—	アルカリ性付身材	—
断面修復	—	—	—	断面修復材
表面修復	—	中性化抑制材料	中性化抑制材料	中性化抑制材料
コンクリート表面処理	はつりなし、ケレン、清掃	はつりなし、ケレン、清掃	はつりなし、ケレン、清掃	塩化物透過部分除去
含浸材処理	—	—	—	塩化物透過部分除去
断面修復	—	—	—	断面修復材
表面修復	—	—	—	断面修復材

コンクリート構造物の補修設計

～建築構造物:補修方法(例)～

鉄筋コンクリート造建築物の耐久性調査・診断および補修指針(案)・同解説



- A.コンクリートの改質・改善材料(含浸材)
※リフト工法:(RF-100,DS-400)
- B.鉄筋を被覆する防せい材料
※リフト工法:(RF防錆ペースト DS防錆ペースト)
- C.欠損したコンクリートを復元する材料(断面修復材)
※リフト工法:RF厚付モルタルKT 他)
- D.今後の耐久性を改善する材料(下地調整材)
※リフト工法:(RF防錆ペースト DS防錆ペースト)
- E.仕上げ,保護の材料
※リフト工法:(RF弾性コート 等)

57

アルカリ性付与材・表面固化材

(表面含浸材) RF-100とは…

- 素地強化機能を有するケイ酸リチウム系アルカリ性付与材で、
- 中性化ならびに表層劣化したコンクリート素地表面に塗布・含浸させることによって、コンクリート表面強度を増進させるとともにアルカリ性を付与して、アルカリ環境劣困気にします。



58

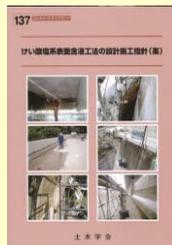
コンクリートライブラリー137

けい酸塩系表面含浸工法の設計施工指針(案)

- ・平成24年7月13日に土木学会より発行された指針

【総則より引用】

- ・コンクリート構造物の耐久性の向上を目的として、コンクリート構造物の表面に適用する、けい酸塩系表面含浸工法の設計、施工ならびにけい酸塩系表面含浸工法を適用したコンクリートの維持管理に関する標準を示している。
- ・対象とするけい酸塩系表面含浸材は、けい酸リチウム、けい酸ナトリウムおよびけい酸カリウムを、単独、あるいはこれらを混合したものを主成分とした材料、ならびにこれら主成分に副成分を複合した材料としている。



『RF-100』は、**固化型**の**ケイ酸リチウム**系表面含浸材

59

RF-100の作用機構

ケイ酸リチウムとケイ酸ナトリウムの違い

項目	RF-100(固化型)	他社ケイ酸質系(反応型)
主成分	ケイ酸リチウム	ケイ酸ナトリウム (反応促進剤、界面活性剤、硬化剤を別途含有)
作用機構	ホリシケート構造の 連続被膜効果	反応体C-S-Hの 充填効果
下地状況	乾燥	湿潤
作業性	ローラー等による塗布	ローラー等による塗布
工程	塗布後、 乾燥のみ	塗布後、 湿潤養生必須
効果	アルカリ性付与 素地強化	防水性向上 劣化因子侵入抑制

60

（表面含浸材） DS-400とは…

- 亜硝酸リチウムを主成分とする塗布形防錆材で、
- コンクリート素地表面に塗布・含浸させることによって、防錆成分がコンクリート中に浸透・拡散し、鉄筋表面に緻密な被膜（不動態被膜）を形成し、鉄筋の腐食を抑制します。



61

鉄筋防錆剤

4-6-6 材料

(1) 断面修復材

本要領 4-3 による。

断面修復材に防錆材を入れる場合には、亜硝酸リチウムを固形分で 56kg/m³ 混入させるとよい。

亜硝酸リチウムの品質規格の一例を表 3-4-8 に示す。

表 3-4-8 亜硝酸リチウムの品質規格の一例

項目	単位	規格		試験法
		40%水溶液	25%水溶液	
外観		青色透明	青色透明	目視
亜硝酸リチウム濃度	%	39~41	24~26	滴定法等
比重		1.2~1.3	1.1~1.2	JIS K 0061
pH		8~10	9.5~11.5	JIS K 8802
粘度	mPa·S	50 以下	10 以下	JIS K 6833

なお亜硝酸リチウムは、皮膚や目、粘膜に炎症を起こすことがあり、経口摂取、吸引すると急性中毒を起こし危険であるので、製品安全データシートに従い適切に取り扱うよう注意が必要である。

NEXCO 橋梁設計編抜粋

62

鉄筋防錆剤

- 高速道路株式会社編の橋梁保全編では「塩害対策」として鉄筋防錆剤を有効に活用する手法が例として記載されています。
- この鉄筋防錆剤とは「亜硝酸リチウム」を具体的に示し、これを含有させた断面修復材による断面欠損部(劣化部除去後)が記載されています。これらの手法は、亜硝酸リチウムが含有する亜硝酸イオンが鉄筋の防錆処理に有効かつコンクリート内部に浸透拡散する性質を利用して、残存劣化因子への対策を講じたものと予想します。



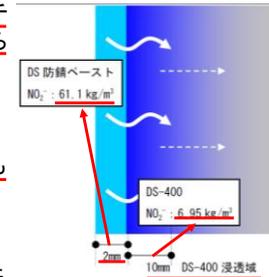
63

亜硝酸リチウムの効果（DS-400）

□ 防錆ペーストからの亜硝酸イオン拡散

既往の文献によると亜硝酸リチウムを含有するモルタル類からも亜硝酸イオンの拡散が期待できるとされています。

表 1 に示すとおり、分析による総分析量は、時間の経過とともに多くなる傾向があつて、DS-400 中の亜硝酸イオン量を超える結果が見られることから、DS 防錆ペーストからの追加供給の効果を示唆しています。



Taiheyo Materials Corporation

64

亜硝酸リチウムの効果

亜硝酸リチウム混入モルタル



普通モルタル



鋼材が腐食する！！

65

RF-100を塗布し、十分乾燥後、DS-400を塗布



刷毛、ローラーを使用して
塗布・含浸させる



66

防錆材入りポリマーセメントペースト

RF防錆ペーストとは…

- R F 防錆セメントとR F 混和材を
組み合わせて得られる防錆材入り
のポリマーセメントペーストで
- 露出鉄筋の防錆処理、有害成分の
浸入防止およびコンクリートの下
地調整に使用します。



67

RF防錆ペースト 塗布状況



刷毛で鉄筋に塗布する。



68

(左官工法) RF厚付モルタルKT

- R F厚付モルタルパウダーKTとR F厚付混和材を組み合わせると得られる鉄筋防錆材入りのポリマーセメントモルタルで
- コンクリートの欠損部の断面修復に使用します。



69

(断面修復材・吹付工法) RF厚付モルタルSP

鉄筋裏側、天井面などの断面修復に最適



70

4. 補修効果の検証事例



71

リフリート工法の補修効果の検証

実構造物による

長期耐久性の実証事例

補修前



補修後



立地：富山県富山市内
 海岸より500m以内(塩害)
 構造：RC造、φ15m、H20m
 竣工：1957年
 補修：1997年(稼働より40年経過時)
 調査：2012年(稼働より55年経過時)
 仕様：リフリート工法+表面保護

●採取箇所：補修後上
 ●中性化：4mm
 → 補修部は中性化

施工管理士制度が

長期耐久性を支えています！

補修後15年経過した今も
中性化抑制環境を保持しています

72

耐久性に関する調査事例(塩害・凍害)

～ 2つの事例 ～

【事例1:塩害】 暴露実験によるマクロセル抑制効果の検証実験
(マクロセル腐食の概念とリフリート工法;塩害仕様の効果)

【事例2:凍害】 凍害補修後の物件追跡調査
(凍害劣化の概念とリフリート工法の効果;凍害補修の効果)

リフリート工法

73

(【塩害】 暴露実験によるマクロセル抑制効果の検証実験)

塩害補修の耐久性検証実験(暴露10年実験の概要)

【実験概要】

◇暴露の場所と期間

- ・場所: 千葉県稲毛区弥生町
- ・期間: 10年間
(2002年～2012年)



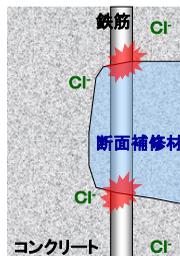
◇評価方法(暴露10年後)

- ・試験体の外観 ⇒ 鉄筋腐食による被覆塗膜のひび割れ・浮き等は無
- ・鉄筋の錆の観察 ⇒ コンクリート中の鉄筋を取出して腐食状況を観察

74

【塩害】 暴露実験によるマクロセル抑制効果の検証実験

補修部とコンクリートの境界部で発生するマクロセル腐食とは？



- ◆ 塩害劣化を受けた鉄筋コンクリート構造物の断面補修を行う場合
 - ⇒ 部分的な断面修復部(埋戻し部分)と既設コンクリートの界面で再劣化し易い
 - ⇒ いわゆる『マクロセル腐食』
※全面的な鉄筋腐食は『マイクロセル腐食』
 - ⇒ 『リフリート工法:塩害仕様(+表面被覆)』が優位な実験結果(本説明)

★塩害で発生する『鉄筋腐食』を再度考える

75

リフリート工法の補修効果の検証

～ばく露実験による効果検証～

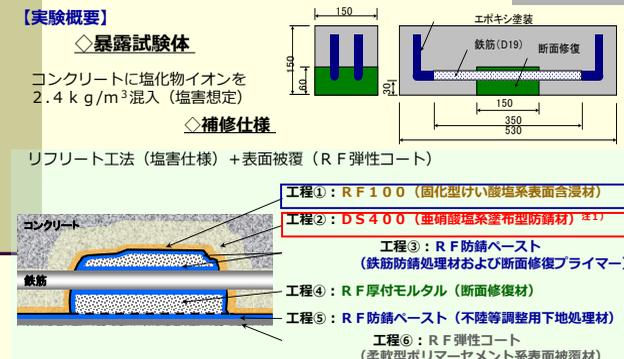
【実験概要】

◇暴露試験体

コンクリートに塩化物イオンを
2.4 kg/m³混入(塩害想定)

◇補修仕様

リフリート工法(塩害仕様)+表面被覆(RF弾性コート)



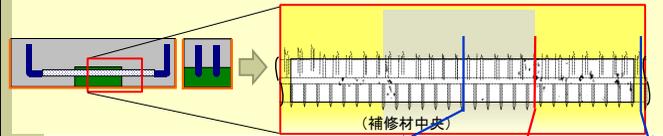
注1)本実験では旧リフリート工法(塩害仕様)のDS300(亜硝酸塩系塗布型防錆材を使用)

76

R F工法の鉄筋腐食

【鉄筋の発錆状況】

鉄筋の錆をトレースして腐食面積を測定

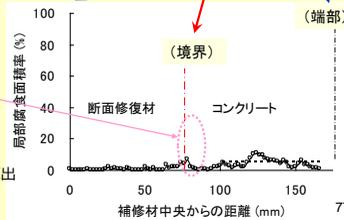


【局部腐食面積率】注

★境界部の腐食は“無（良好）”
“マクロセル腐食は無”

★コンクリート部分の腐食も
ほぼなく（良好）

注）鉄筋長さ2mm当りの腐食面積率を算出



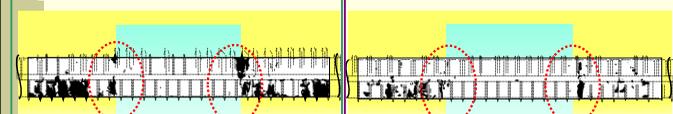
77

その他の工法の鉄筋腐食

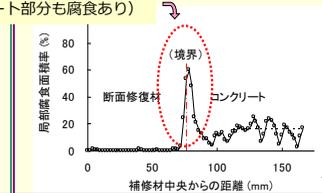
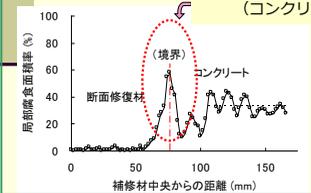
【参考；塗布型防錆材を用いない工法の鉄筋腐食】

<参考例：工法 A（PCM系補修材）>

<参考例：工法 B（PCM系補修材）>



◆境界部にマクロセル腐食が発生
(コンクリート部分も腐食あり)



78

（【塩害】暴露実験によるマクロセル抑制効果の検証実験）

【事例1：塩害】暴露実験によるマクロセル抑制効果の実験

【まとめ】

- ★ 一般に塩害劣化補修では、補修境界部のマクロセル腐食が懸念
- ★ リフリート工法（塩害仕様；DS仕様）は、塗布型防錆材などの防錆環境作用によって、境界部の鉄筋腐食（マクロセル腐食）を抑制する効果が検証

79

耐久性に関する調査事例（塩害・凍害）

～ 2つの事例 ～

【事例1：塩害】暴露実験によるマクロセル抑制効果の検証実験
（マクロセル腐食の概念とリフリート工法；塩害仕様の効果）

【事例2：凍害】凍害補修後の物件追跡調査
（凍害劣化の概念とリフリート工法の効果；凍害補修の効果）

耐久性（恒久）補修工法
リフリート工法

80

全景



□変状形態：凍害および水流磨耗による劣化
 □環境条件：冬季最低気温-20℃
 □凍害危険度：ランク5

リフリート工法の補修効果の検証 ～補修後19年経過した土木構造物～

【対象のコンクリート構造物】

竣工	昭和36年(1961年)
補修年	平成 4年(1992年)
調査年	昭和23年(2011年)
種類	RC造 発電所導水路(開渠)
立地	寒冷地 凍害危険度5 (北海道足寄郡足寄町)



※凍害に加えて水流等の磨耗を受ける厳しい条件

◇凍害補修の方針

脆弱化した表面を強化し、欠損部分の断面を原型復旧すると共に、今後の凍結融解と水流等による磨耗に対する抵抗性を向上。

補修部分は、凍害等で脆弱化しているコンクリート表面を高圧水洗浄後、リフリート工法によって補修。

(【凍害】凍害補修後の物件追跡調査)

【凍害補修:事例2】補修の概要

脆弱化しているコンクリートの除去と清掃等

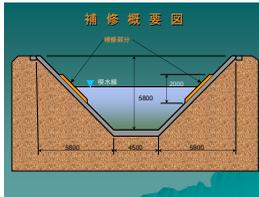


RF-100(表面強化)

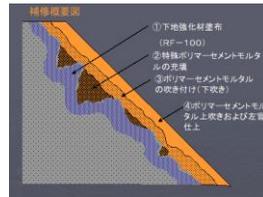
2012年発刊
 土木学会『**けい酸塩系表面含浸材の設計施工指針(案)**』
 固化型(乾燥固形分は難溶性)に位置付け



RF厚付モルタル(断面修復と表面被覆)



【対象物件の補修箇所】



【補修概要(リフリート工法)】

(【凍害】凍害補修後の物件追跡調査)

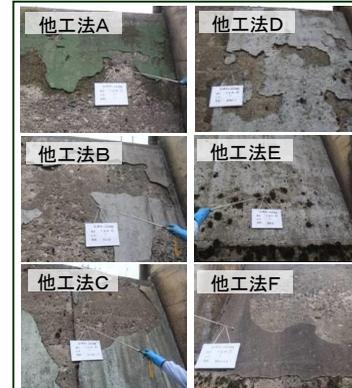
【凍害補修:事例2】事前試験施工23年後の他工法との比較

◇凍害補修前(1987年)

各メーカー事前選定の試験施工
 ⇒ **リフリート工法が採用**

◇試験施工(頭首工)23年後

リフリート工法⇒良好
 他社6仕様⇒広範囲に剥がれ有



★凍害劣化・経年劣化したコンクリートに対する耐久性効果が検証

リフريت工法の補修効果の検証 ～補修後19年経過した土木構造物～



全景



目地部周辺



喫水補修部

◇**使用環境**：凍害や水流等の磨耗を受ける
厳しい条件

◇**外観**： ・全体：**良好な状態**

・目地部周辺等；
⇒ 一部の断面修復材のひび割れ、浮きおよび剥落あり
⇒ 躯体挙動に影響される部分

・喫水補修部；
⇒ 中心から70～100cm幅でスケーリングによるモルタル色の黄変
⇒ 表面のみ

85

（【凍害】凍害補修後の物件追跡調査）

【凍害補修：事例2】凍害補修19年後の調査結果（付着強度）

◇**付着強度（躯体コンクリートと被覆材）**：平均で**1.6N/mm²（良好）**

【付着試験結果（凍害補修19年後）】

調査箇所	付着強度	破断箇所
A（スケーリング無）	0.9 N/mm ²	躯体100%
	0.3 N/mm ²	躯体100%
B（スケーリング有）	0.2 N/mm ²	躯体100%
	1.9 N/mm ²	躯体100%
C（スケーリング無）	1.8 N/mm ²	躯体100%
	3.3 N/mm ²	躯体100%
平均	2.5 N/mm ²	躯体100%
	1.6 N/mm²	

破断は
躯体コンクリートで、
低強度は
表面強度のばらつき

★凍害補修として、全体的には良好な状態**であることが検証**

86

（【凍害】凍害補修後の物件追跡調査）

【事例2：凍害】凍害補修後の物件追跡調査

【まとめ】

- ★ リフريت工法（凍害補修）は、長期にわたって耐久性が良好なことを検証（今現在、25年経過）
- ★ RF-100（固化型けい酸塩表面含浸材）とSBR系ポリマーセメントモルタルとの併用効果による長期耐久性が検証された。

87

リフريت工法の強み

- ・「新工法」ではありませんが……
- ・「新技術」でもありませんが……

自社の社内試験ではなく

『第三者により実施された』
他工法との比較試験において
『評価されています』

88

THE END

太平洋マテリアルは、補修を
カスタマイズし、予防保全、
長寿命化に貢献します。

ご清聴、有難うございました。

89