

# 鋼構造物 & コンクリート構造物の 長寿命化を図る工法

## UVPPS工法

&

## SCFR工法

一般社団法人 SCFR工法協会

*Steel Construction Facility Repair method association*

事務局長 小西 弘晃

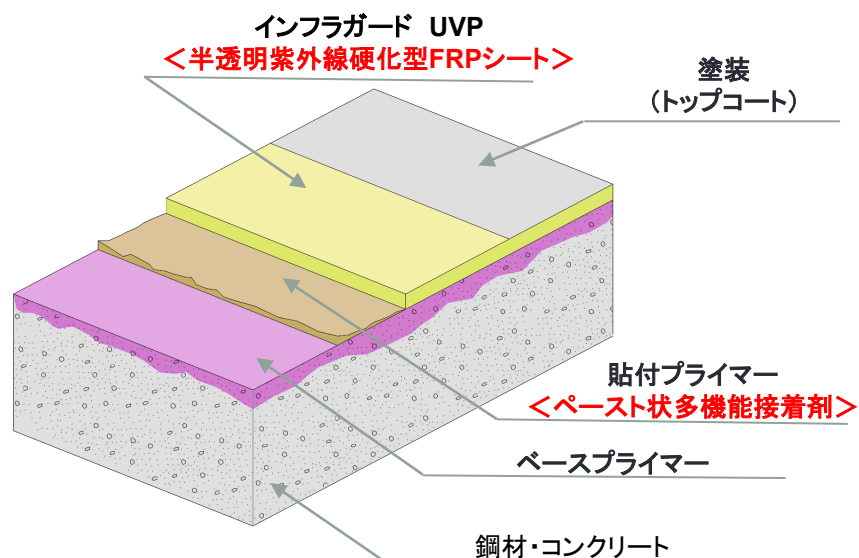
## UVPPS工法

UltraViolet Curing PrePreg Sheet

鋼構造物・コンクリート構造物の補修工法

「半透明」紫外線硬化型FRPシート  
& 「ペースト状」多機能接着剤

密着性・付着力の高いシート貼付け工法  
+  
短期施工・耐久性向上



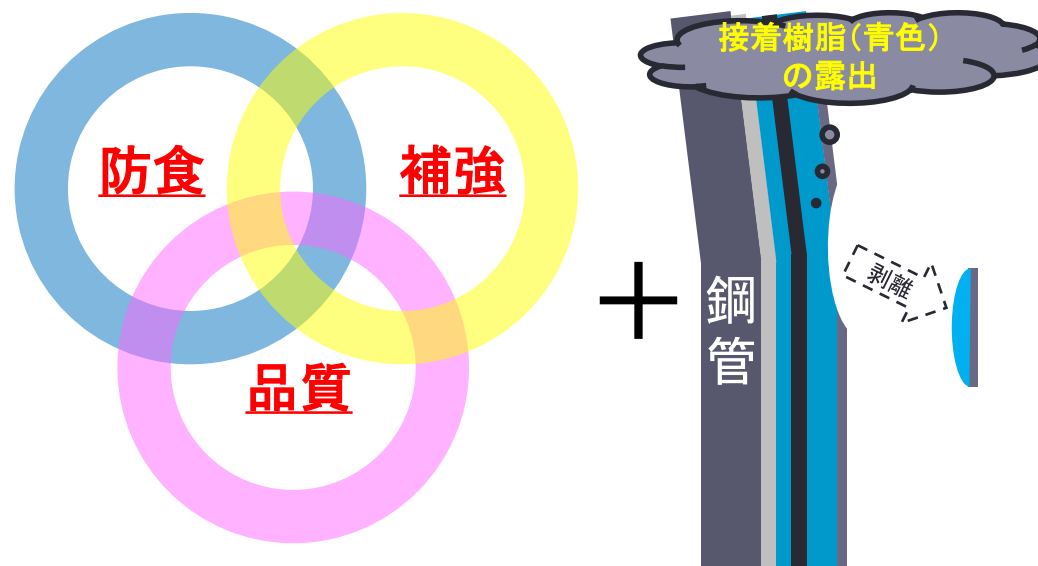
## SCFR工法

Sekisui Carbon Fiber Sheet Repair Construction Method

鋼柱の補修・補強工法

「すだれ状」炭素繊維シート  
& 「グリース状」接着樹脂

安定した防食&補強  
+  
警告機能



# UVPPPS工法

# 《進化系》紫外線硬化型FRPシート

NETIS登録番号  
CG-140016-VR

## 半透明紫外線硬化型FRPシート

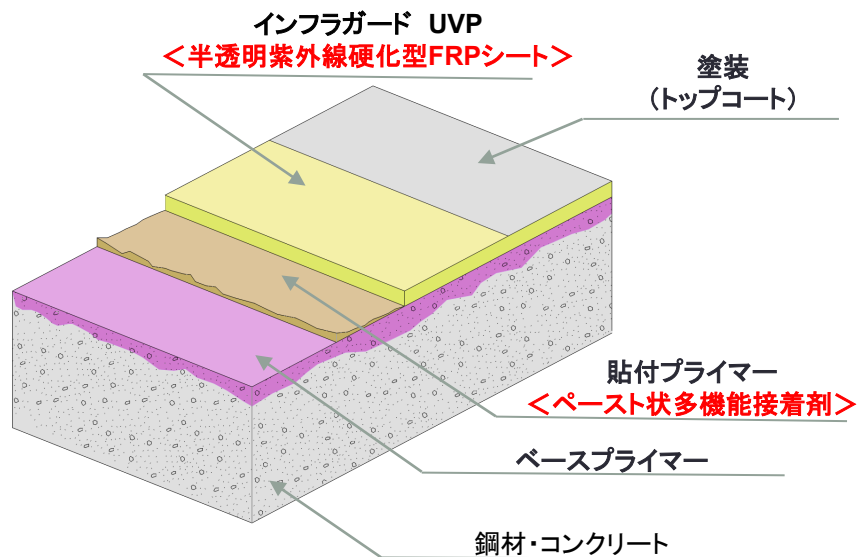
(インフラガード UVP)

+

## ペースト状多機能接着剤

(不陸調整剤、脱泡剤、端部処理剤 兼用)

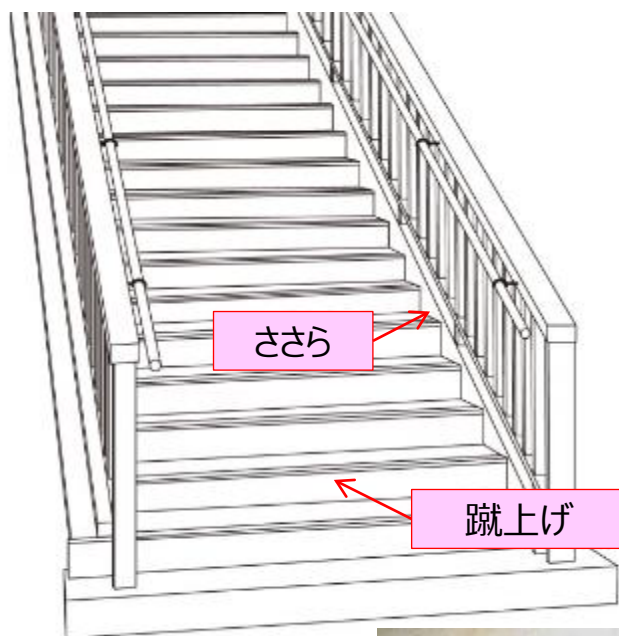
(貼付けプライマー(V-200))



- ① 施工品質向上
- ② 品質管理容易  
(密着性が高い)
- +
- ③ 施工時間短縮
- ④ 見栄え向上
- ⑤ 耐久性向上
- ⑥ 施工対象拡大

# 1、現状

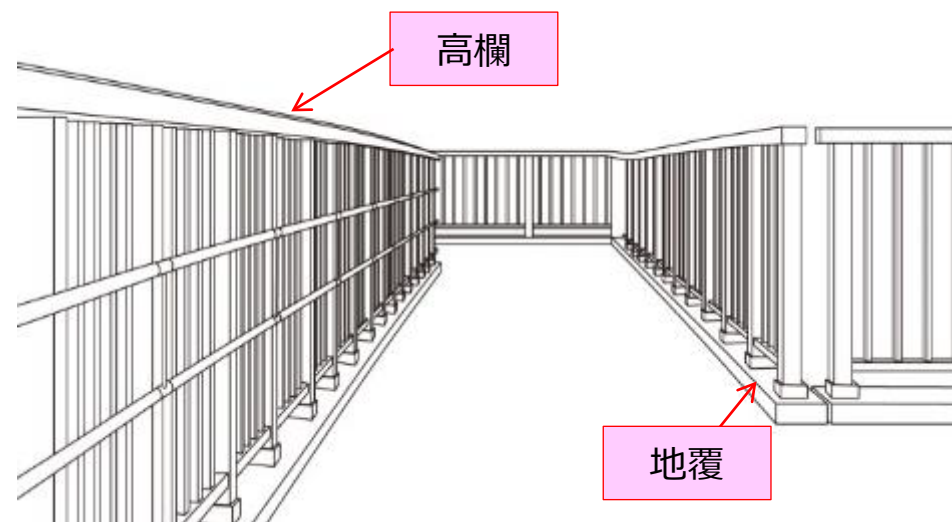
## 歩道橋や跨線橋、橋梁の「蹴上げ」や「地覆」等が 雨水や凍結防止剤、潮風等によって腐食



地覆



蹴上げ、ささら



地覆

## 数年サイクルで再塗装が必要になることが多い

# 対策工法

腐食の進行により、孔食が発生  
 ⇒構造的に強度回復は不要だが、  
 孔食を埋める必要がある。

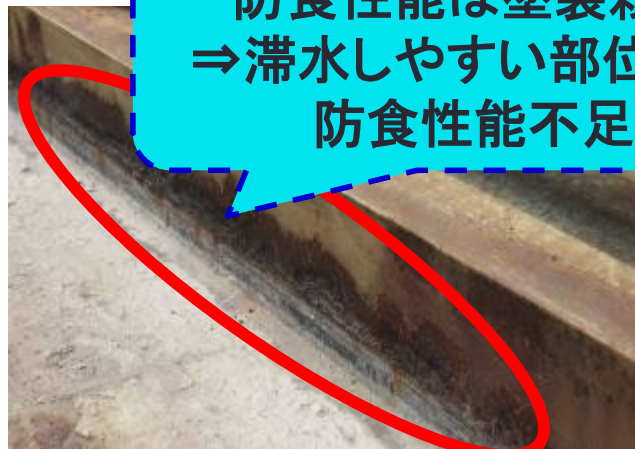
	耐久性	施工性	価格
①鋼板溶接 +防食塗装	✗ 防食塗装のみでは 耐久性が低い	✗ 熟練度必要	△
②紫外線硬化型 FRPシート	✗~○ 施工品質にバラつき	○	○

紫外線硬化型FRPシートは施工性に優れるが、  
 施工品質にてバラつきが大きい

## 防食塗装＋鋼板溶接の弱点



蹴上げ部、ささら部



地覆部

防食性能は塗装頼み  
⇒滞水しやすい部位では  
防食性能不足

+



塗装のみでは耐久性に限界があり、  
数年～10年程度で再施工が必要になることが多い



## シート貼付工法の弱点



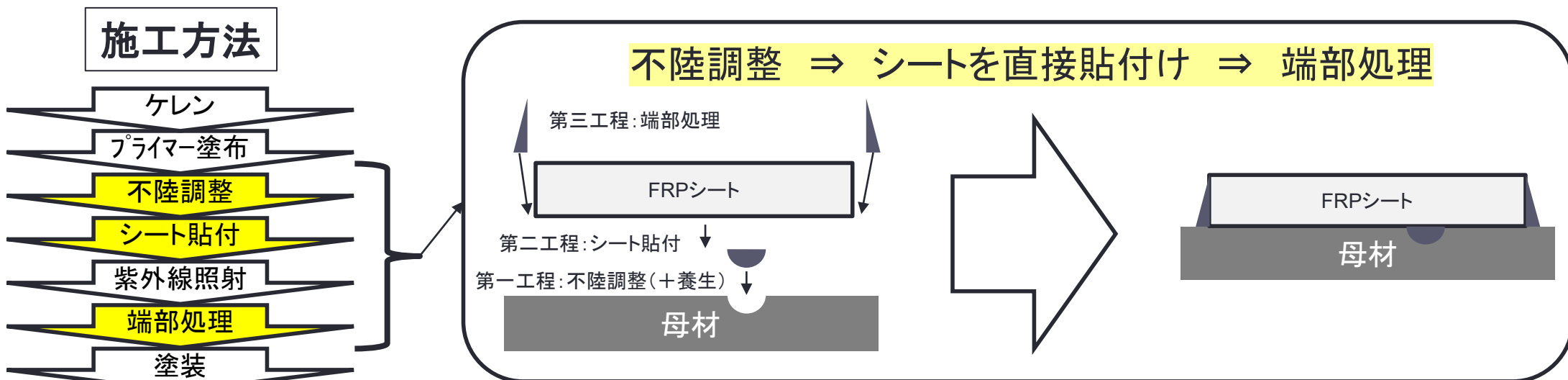
端部処理が無く  
雨水が侵入し、  
鋼材が腐食



シートが剥がれ、  
剥き出し状態で存在

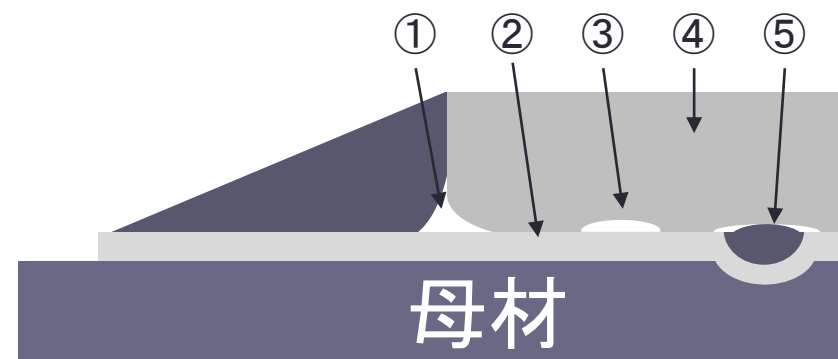
シート剥がれ発生した場合、短寿命化につながる恐れあり

## 紫外線硬化型FRPシート(従来型)の問題点



- ①シート貼付け後に端部処理
- ②付着力=シート接着力に依存
- ③シートを直接貼付ける
- ④シートが非透明
- ⑤シート貼付け前に不陸調整

端部に隙間ができやすい  
シート貼直し時などに接着力低下  
脱泡が難しく、接着面積にバラつき  
残留気泡の目視確認が困難  
密着状態の品質管理が困難  
凹凸が残りやすい(バラつき大)  
シートの凹凸に対応困難



### 施工品質(密着性 & 付着力)のバラツキが大きい

## 2、UVPPS工法

# 紫外線硬化型FRPシートの要改善ポイント

剥がれにくいシート  
＝安定したシート密着性が必要

- ① 施工品質の安定性の向上  
熟練度によらず、高密着可能とする
- ② 品質管理方法の設定  
密着性に関する品質の管理方法を設定

NETIS登録番号  
CG-140016-VR

# UVPPS工法

UltraViolet Curing PrePreg Sheet

## 半透明紫外線硬化型FRPシート

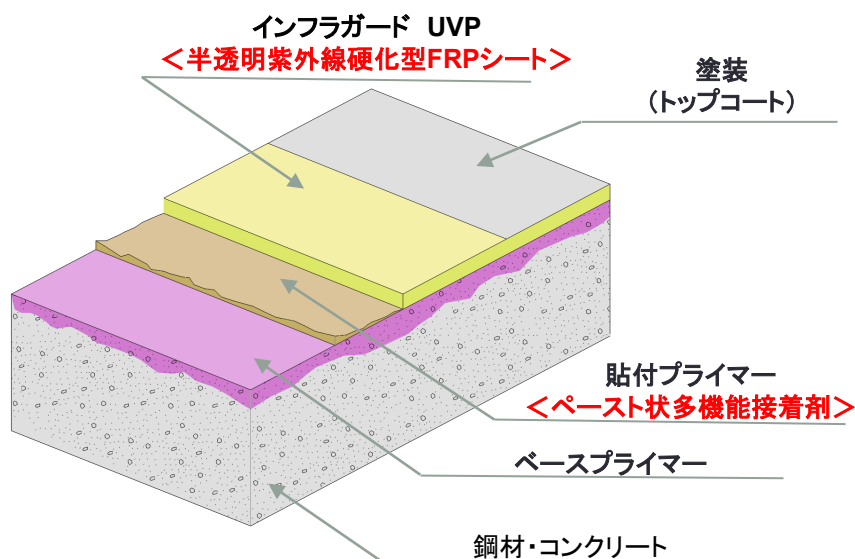
(インフラガード UVP)

+

## ペースト状多機能接着剤

(脱泡剤、不陸調整剤、端部処理剤 兼用)

(貼付けプライマー(V-200))



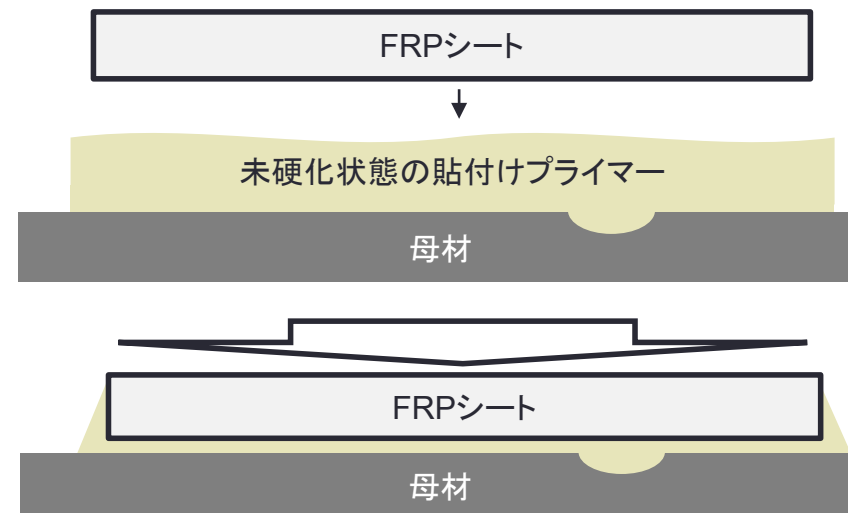
半透明紫外線硬化型FRPシート

エポキシアクリレート樹脂

多機能接着剤

エポキシアクリレート樹脂

施工手順	
	(ケレン) ※2種ケレン以上
5分	ベースプライマー塗布
10-30分	養生
15分	貼付けプライマー塗布
	(養生不要)
	シート貼付け
	脱泡・不陸調整
	端部処理
	(養生不要)
10-30分	紫外線硬化
	(塗装)
ワンストップで約40-80分	



シート貼付け時に  
**貼付けプライマー**  
**(ペースト状多機能接着剤)**  
 の使用により、

- ①シート貼付け
- ②脱泡
- ③不陸調整
- ④端部処理

を同工程で施工

## ○高品質施工(高密着貼付け)

ベースプライマー

貼付けプライマー

「透明」紫外線硬化型FRP

仕上塗料

同時に端部処理

鋼管・コンクリート

母材凹凸&シートにあわせて  
脱泡時に不陸調整



「半透明」シート

密着状態の可視化

端部処理不足

気泡

脱泡



脱泡容易な粘度

脱泡・不陸調整にて  
余った貼付けプライマー  
⇒端部処理

「ペースト状」貼付けプライマー

シート貼付けの工程にて  
＜脱泡＞＜不陸調整＞＜端部処理＞  
を同時施工

残留気泡や端部状態等  
を視認可能

視認した残留気泡を容易に脱泡&不陸調整・端部処理を同時進行  
⇒シートの高密着貼付けが容易

# UVPPS工法の特徴(施工品質管理)

インフラガード UVP  
「半透明」シート

FRPシート  
母材

貼付けプライマー(V-200)  
「ペースト状」多機能接着剤

シート貼付け後に  
目視確認可能

貼付けプライマー  
により付着力安定

## 目視による密着性管理



シート貼付け後に  
「ケレン」「脱泡」「不陸調整」「端部処理」  
の目視&写真での管理可能

## 現場での付着力試験

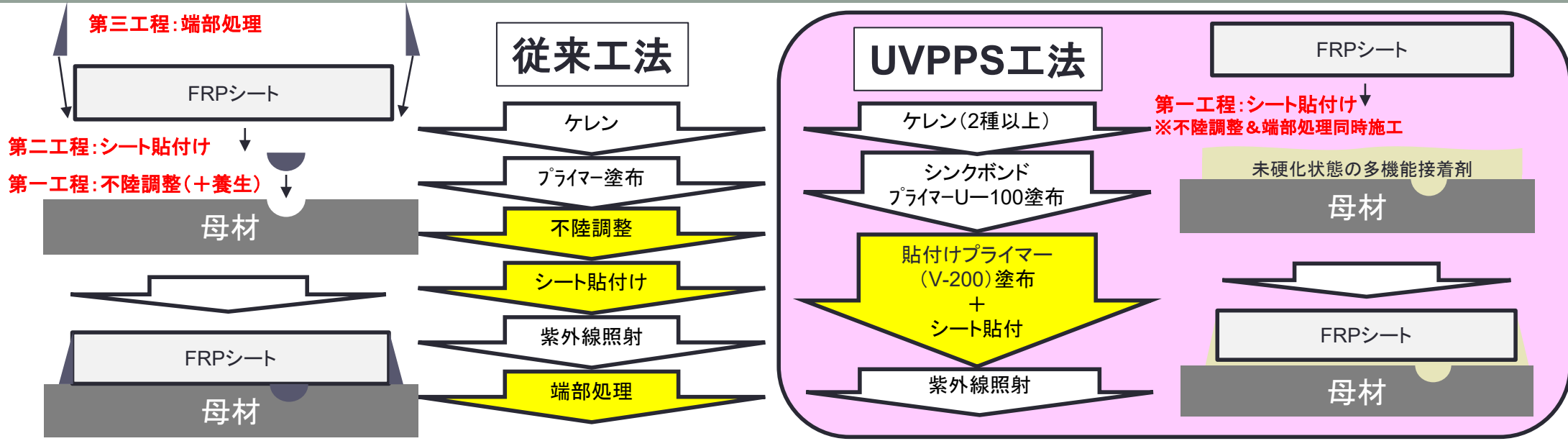


《サンプルを用いた付着力試験》  
安定して付着力を発揮可能  
協会標準: 1.5N/mm<sup>2</sup>以上

密着性・付着力に関する品質管理方法の設定可能  
⇒施工品質のバラつきを抑制



# 従来工法との比較

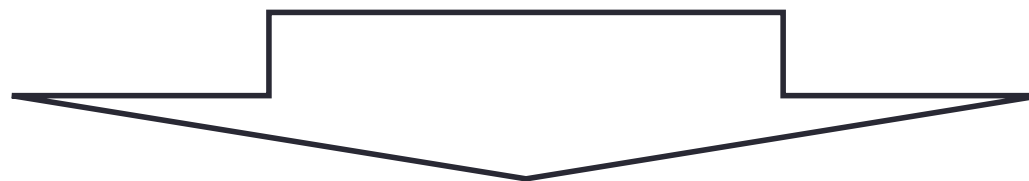


<b>不安定</b>	<b>付着力</b>	<b>安定</b>
シート接着力に依存		貼付けプライマー接着力に依存
<b>難解</b>	<b>脱泡</b>	<b>容易</b>
シートを直接貼付け		半透明シート&脱泡剤使用
<b>母材を滑らかにするのみ</b>	<b>不陸調整</b>	<b>母材 &amp; シートの凹凸に対応</b>
シート貼付け前の別工程		脱泡と共に実施
<b>シート端部に隙間が残りやすい</b>	<b>端部処理</b>	<b>シート端部にもしっかり充填</b>
シート貼付け後の別工程		余剰の貼付けプライマー使用
<b>管理項目設定困難</b>	<b>品質管理</b>	<b>管理項目を設定可能</b>
シートが非透明		シートが半透明 & 付着力安定

施工品質(密着性 & 付着力)のバラツキを大幅改善

## UVPPS工法の特徴

- i、透明 紫外線硬化型FRPシート
- ii、ペースト状 多機能接着剤
- iii、エポキシアクリレート樹脂



- ①シート密着性の大幅向上
- ②施工品質管理項目の設定



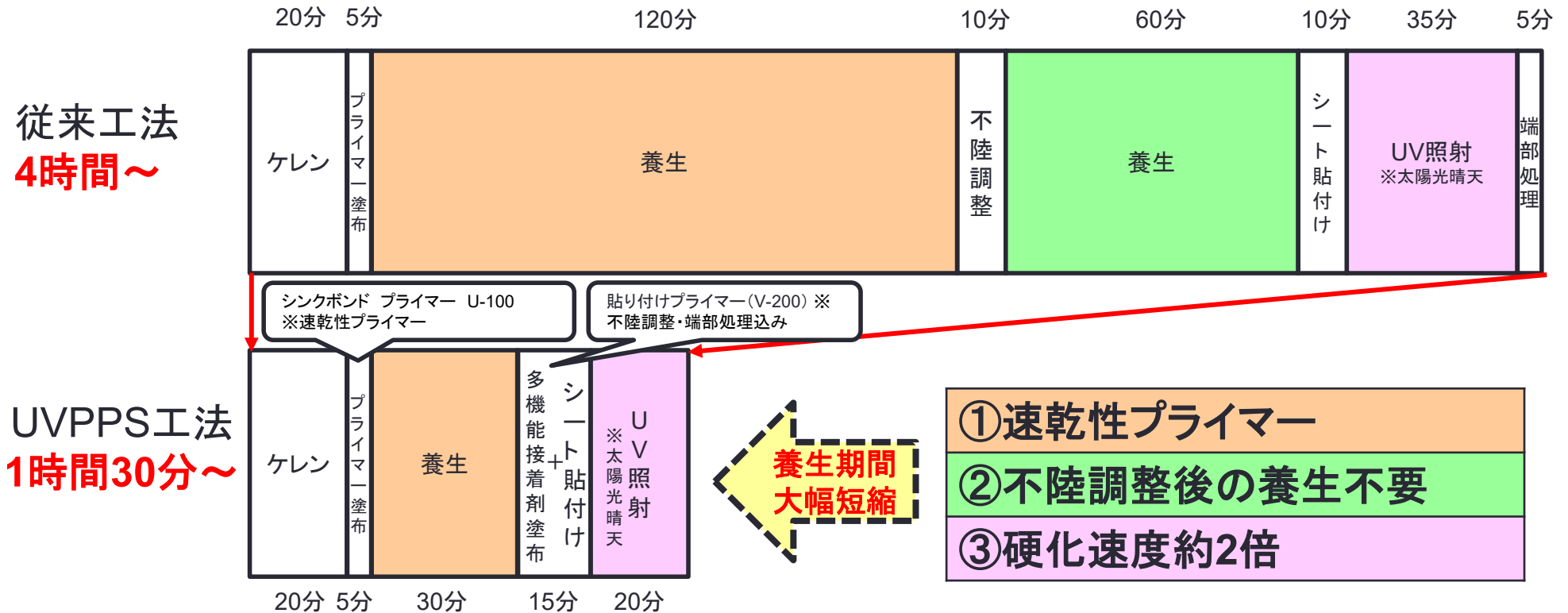
シート剥がれやすさ大幅低減

+

- ③施工時間短縮
- ④見栄え向上
- ⑤耐久性向上
- ⑥施工対象拡大

「進化系」紫外線硬化型FRPシート

## ○ワンストップの施工時間



### ③施工期間短縮

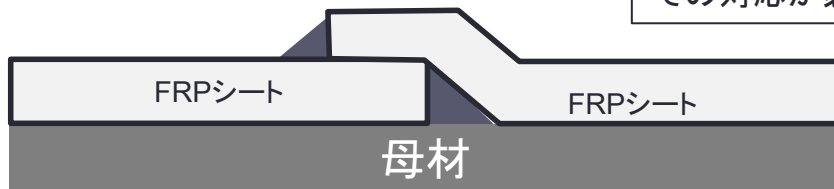
ワンストップ施工時間を大幅短縮  
⇒施工可能時間が短い場合でも施工可能

# UVPPS工法の特徴(シート継足し時の対応)

## 従来工法

- 第一工程: シート貼付け
- 第二工程: 紫外線照射(太陽光含む)
- 第三工程: 端部処理(養生含む)
- 第四工程: 重ね貼りシート貼付け
- 第五工程: 紫外線照射(太陽光含む)
- 第六工程: 端部処理(養生含む)

重ね貼り  
での対応が必要



6工程  
↓  
2工程

## UVPPS工法

- 第一工程: シート貼付け  
(2枚同時貼付け、貼付プライマー(V200)使用)
- 第二工程: 紫外線照射(太陽光含む)

微小な隙間にも  
多機能接着剤が充填

突き合わせ  
にて対応可能



## ④見栄え向上



継ぎ目がわかりづらい

## ③施工期間短縮

## ③施工期間短縮

- i、シート貼付け時
- ii、シート継足し時

不陸調整 & 端部処理を同時施工  
突き合わせ対応

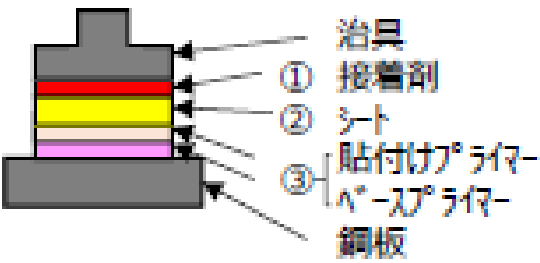
		従来工法	UVPPS工法	
紫外線照射	シートサイズ	日進施工量	日進施工量	比率
なし	0.15㎡以上/枚	5.00㎡/日	<b>7.00㎡/日</b>	<b>1.4倍</b>
	0.07㎡以上 0.15㎡未満/枚	2.50㎡/日	<b>2.75㎡/日</b>	<b>1.1倍</b>
	0.07㎡未満/枚	1.50㎡/日	<b>1.65㎡/日</b>	<b>1.1倍</b>
あり	0.15㎡以上/枚	3.20㎡/日	<b>4.48㎡/日</b>	<b>1.4倍</b>
	0.07㎡以上 0.15㎡未満/枚	1.60㎡/日	<b>1.76㎡/日</b>	<b>1.1倍</b>
	0.07㎡未満/枚	0.90㎡/日	<b>1.00㎡/日</b>	<b>1.1倍</b>

養生期間を考慮しなくても、約**1.1～1.4倍**の日進施工量

## 長期付着力の確認



	条件	サンプル	付着力 (平均)
短期			1.5N/mm <sup>2</sup> 以上
耐候性試験後	キセノン照射 《10年換算》		1.5N/mm <sup>2</sup> 以上
防錆性 (塩水噴霧) 試験後	中性塩水噴霧試験 《1000時間》		1.5N/mm <sup>2</sup> 以上
高温試験後	80℃設定 《10年換算》		1.5N/mm <sup>2</sup> 以上
低温試験後	-20℃設定 《10年換算》		1.5N/mm <sup>2</sup> 以上
温冷繰返し試験後	10℃~30℃ (各20分) 設定 《10年換算》		1.5N/mm <sup>2</sup> 以上

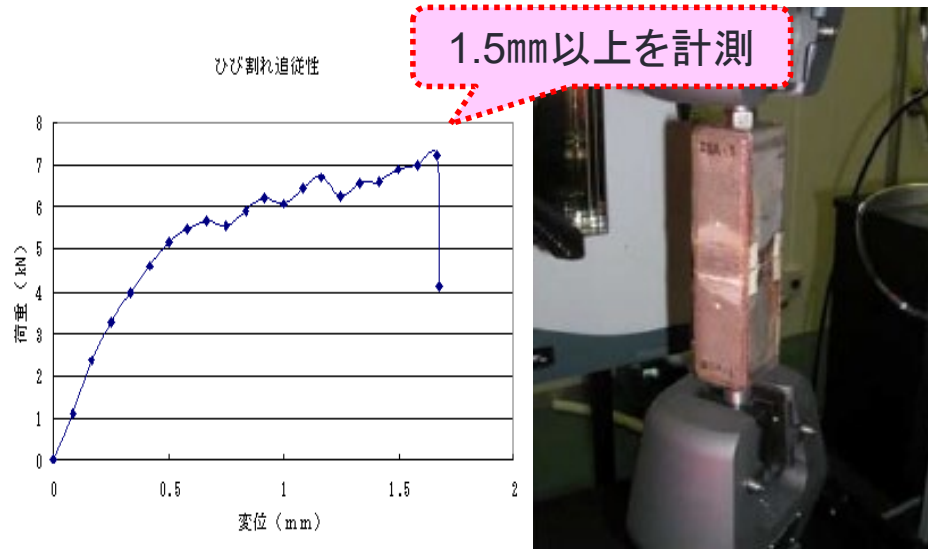


**⑤ 耐久性向上**

**10年経過想定後も1.5N/mm<sup>2</sup>以上の付着力を発現**

伸び率の高いエポキシアクリレート樹脂を採用  
⇒ インフラガードUVPの最大伸び率=2%以上

## ひび割れ追従性



表面被覆材のひび割れ追従試験方法  
(JSCE - K 532 - 1999)  
**ひび割れ追従性=1mm以上**

## 耐衝撃性



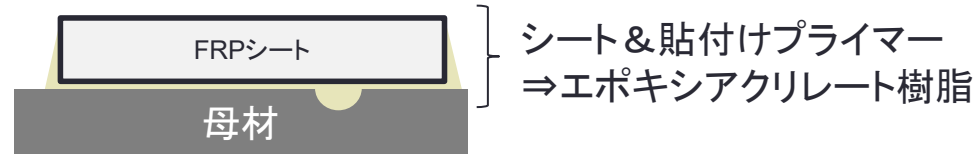
建築用下地調整塗材 耐衝撃性試験  
(JIS A 6916)  
**亀裂・破損なし、シート剥離なし**

## ⑤耐久性向上

様々な外乱要因に対して、シートが剥がれにくい

# UVPPS工法の特徴(施工対象拡大)

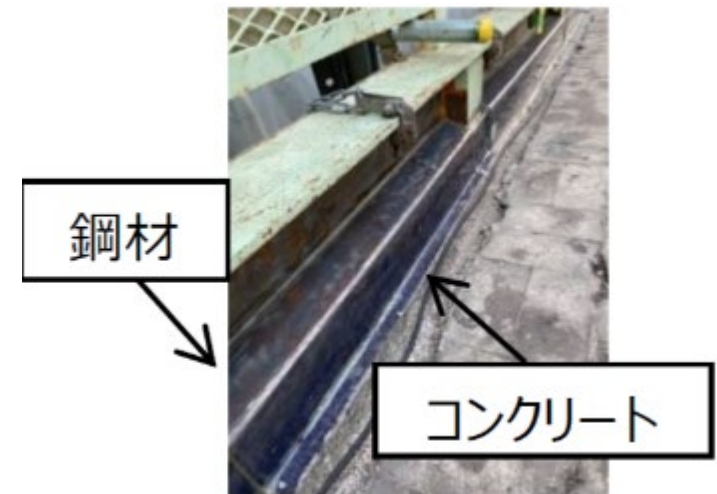
## 施工対象



従来工法	UVPPS工法
<p>鋼材にのみ貼付け ※プライマーの性質上、 鋼材 &amp; コンクリート同時貼付け不可</p> <p>不飽和ポリエステル樹脂 = 耐アルカリ性に難あり</p> <p>鋼材</p> <p>コンクリート</p>	<p>鋼材 &amp; コンクリートに貼付け ※鋼材とコンクリートを跨いで貼付け可能</p> <p>エポキシアクリレート樹脂 = 耐アルカリ性に優れる</p> <p>鋼材</p> <p>コンクリート</p>

### ⑥ 施工対象拡大

鋼材 & コンクリート同時貼付け可能  
⇒ 補修可能対象を拡大可能





ケレン



ベースプライマー 塗布



シート 貼付け  
(貼付けプライマー使用)



紫外線硬化  
(必要に応じ照射機使用)



塗装

## シート貼付工

## 紫外線照射工

※太陽光下では不要

	シートサイズ	材料費 シート・ベースプライマー 貼付プライマー・硬化剤	工事費 諸雑費込み	総計	日進施工量
紫外線照射 なし	0.15㎡以上/枚	72,000円/㎡	13,500円/㎡	85,500円/㎡	7.00㎡/日
	0.07㎡以上 0.15㎡未満/枚	100,000円/㎡	34,370円/㎡	134,370円/㎡	2.75㎡/日
	0.07㎡未満/枚	150,000円/㎡	57,270円/㎡	207,270円/㎡	1.65㎡/日
紫外線照射 あり	0.15㎡以上/枚	72,000円/㎡	24,950円/㎡	96,950円/㎡	4.48㎡/日
	0.07㎡以上 0.15㎡未満/枚	100,000円/㎡	63,510円/㎡	163,510円/㎡	1.76㎡/日
	0.07㎡未満/枚	150,000円/㎡	11,780円/㎡	261,780円/㎡	1.00㎡/日

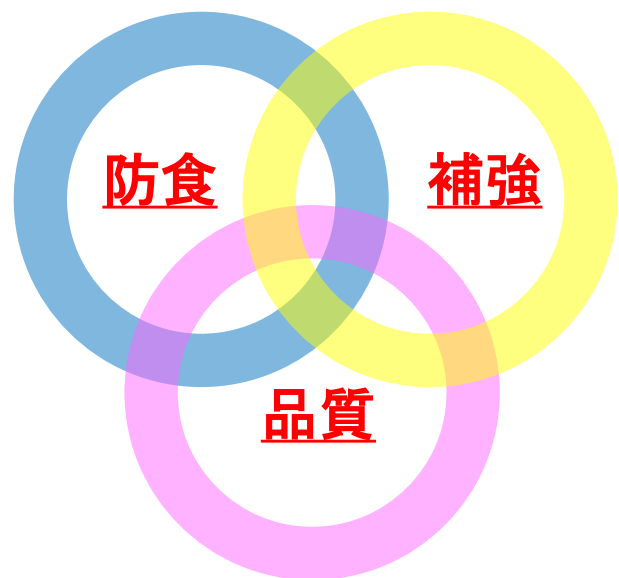
※ケレン、塗装、経費、消費税別

※総施工量=1日分の施工量未満の場合、工事費は一式価格

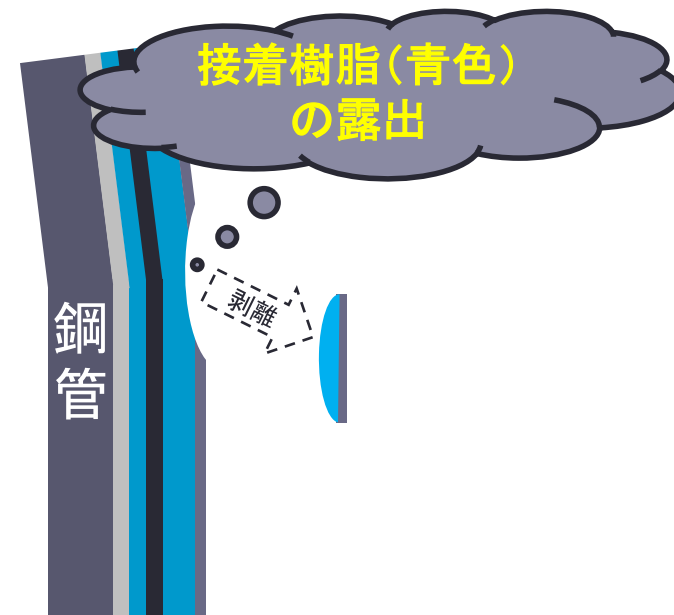
R5年度東京都労務単価

# SCFR工法

# SCFR工法 (Sekisui Carbon Fiber Sheet Repair Construction Method)



+



従来工法を超える

## 長寿命化

各段階に  
て  
最適な工  
法

維持管理を容易にする

## 警告機能

新設 or I : 健全  
損傷度 a



II : 予防保全段階  
損傷度 c、i



III : 早期措置段階  
損傷度 c、ii



IV : 緊急措置段階  
損傷度 e、iii



# 1、現状

## ■道路付帯設備の状況

2017年2月 広島県 福山市

高さ約7メートルの街路灯が突然倒れ、  
走行中の乗用車に直撃し、運転手が負傷  
根元部分が腐食



2017年5月 福岡県 北九州市

道路照明灯の根元が腐食して  
倒壊し、車道をふさぐ



2016年2月 大阪府 池田市

照明柱が根元部分の腐食により倒壊  
女子児童が重傷  
1996年に設置(20年経過)  
耐用年数は約25年であった



2013年7月 兵庫県 神戸市

中央分離帯に設置されていた照明柱(φ150)が根元から腐食し倒壊  
走行中の乗用車に衝突  
照明柱は昭和54年に設置され、30年以上経過



《亜鉛メッキ耐用年数》

大気中 & 都市地帯・・・平均40年

土壌中 ...平均16.4～33年

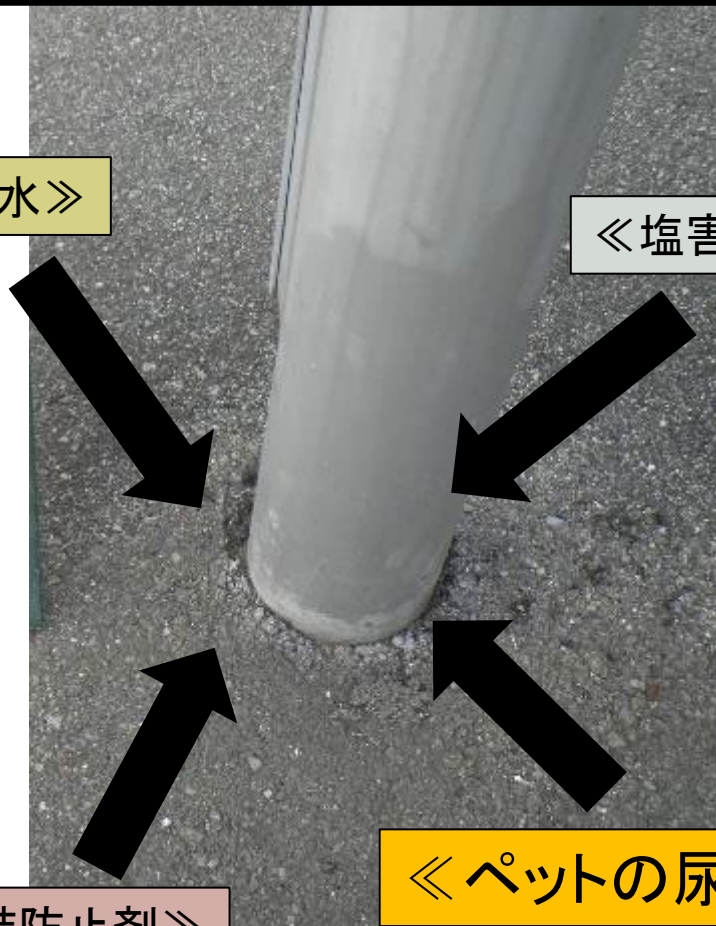
※(一社)日本溶融亜鉛鍍金協会による調査

《雨水》

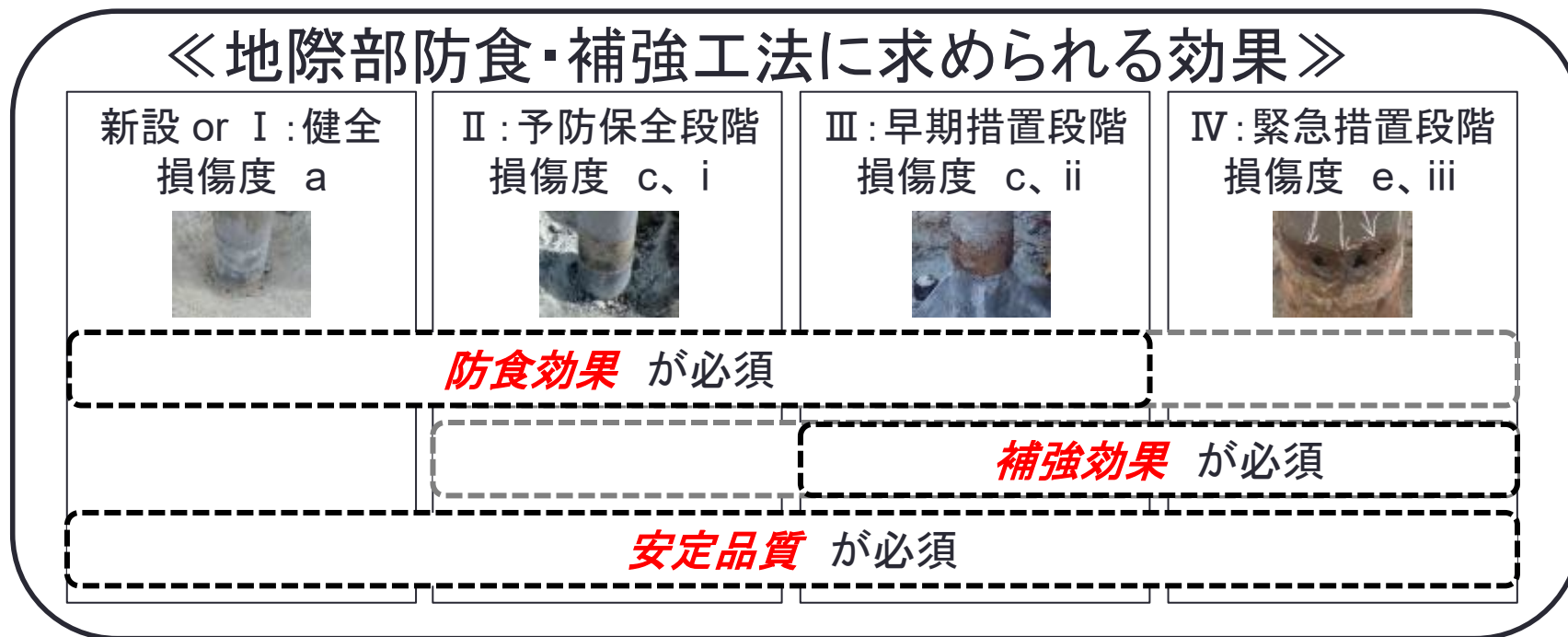
《塩害》

《凍結防止剤》

《ペットの尿》



設置後、20～30年程度経過している道路付帯設備が増加しており、  
全国的にみて近年、標識・照明などの倒壊事故が増えている



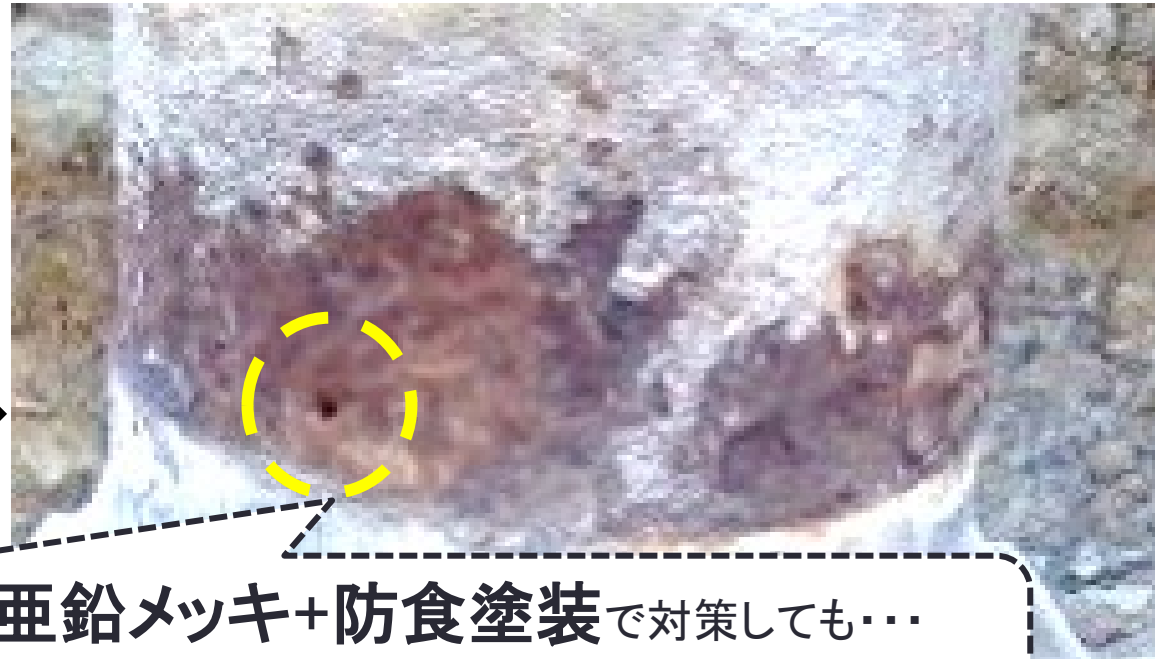
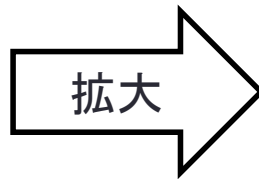
○代表的な地際部防食・補強工法

	防食塗装		シート貼付工法		鋼板溶接による補強	
防食効果	△	防食効果を発揮 ( <u>効果は薄い</u> )	○	<u>シート高密着貼付時</u> 高い防食効果を発揮	×	母材 - 鋼板への滞水発生 により腐食促進の恐れあり
補強効果	×	なし	×	十分な補強効果は <u>見込めない</u>	○	鋼板の厚み分 板厚増加が可能
安定品質	○	熟練度不要	△	シート高密着貼付に <u>熟練度要</u>	△	溶接作業に <u>熟練度要</u>
維持管理	○	目視点検可能	×	<u>目視点検困難</u>	×	<u>目視点検困難</u>

溶融亜鉛メッキ+防食塗装(タールエポキシ樹脂塗料)※新設時



設置年数: **10年**



溶融亜鉛メッキ+防食塗装で対策しても…  
**10年で貫通孔食発生**の事例あり



鋼管自体の減厚期間を考慮すると、…

**数年にてメッキ+防食塗装が消滅**

地際部では、塗装処理での防食効果は薄い

## 鋼板溶接による補修・補強

早期措置段階、緊急措置段階(腐食が大きい) ⇒ 腐食要因の多い設置位置

短期間で...



鋼板ごと貫通孔食発生



鋼板ごと貫通孔食発生

補修・補強工事直後は耐力回復可能だが、同じ要因にて、短期間で鋼板ごと貫通孔食が発生

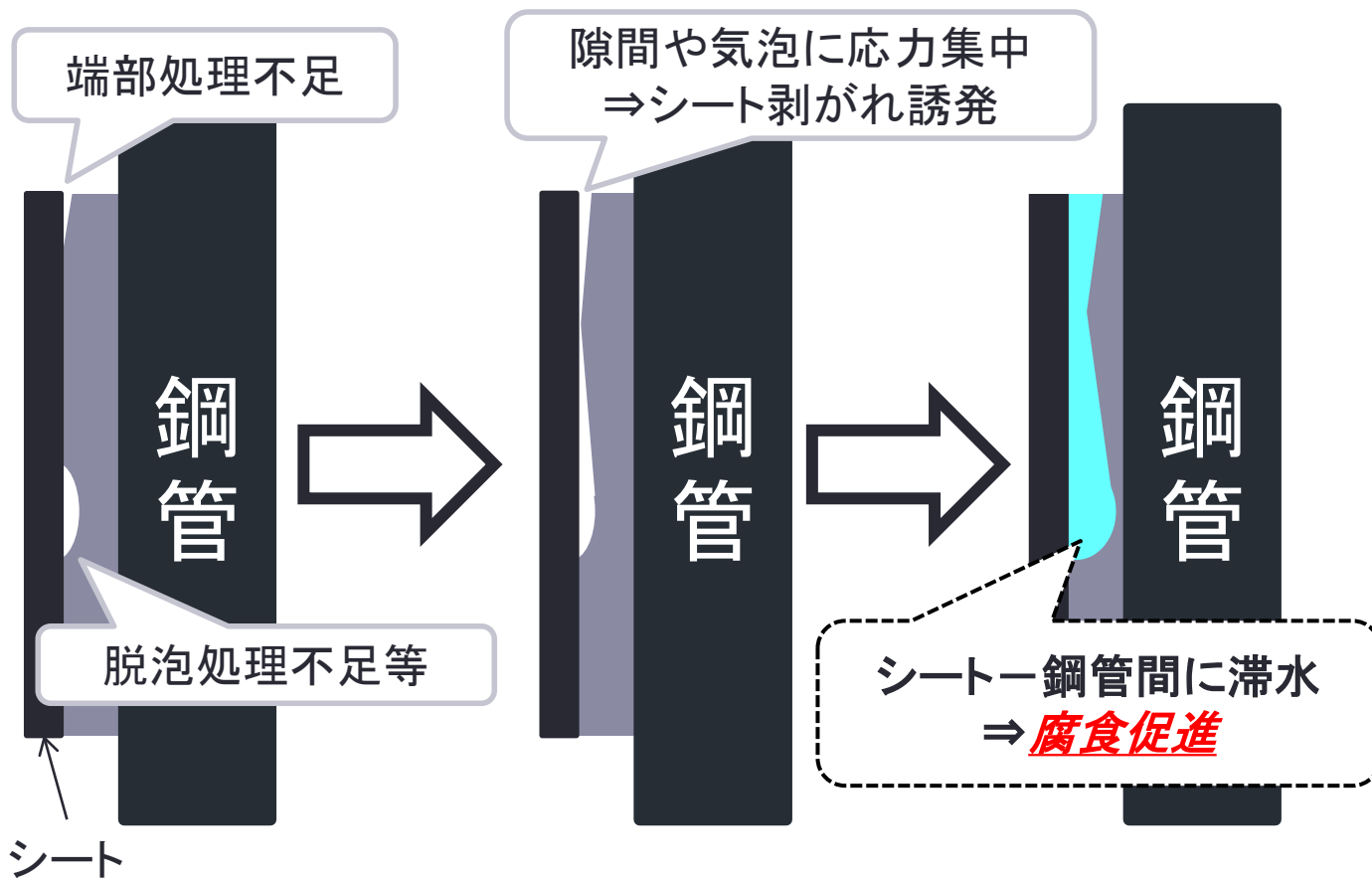
⇒ 鋼板による補修・補強では、短期間での延命が限界





《地際部》  
柱揺動時の応力が集中

シート密着力が不足すると...



シート密着性が低いとシート剥がれを誘発し、短寿命化の恐れあり

⇒ 簡単に誰でも } 施工可能だが... 高品質な施工には、熟練度が必要

## 2、SCFR工法

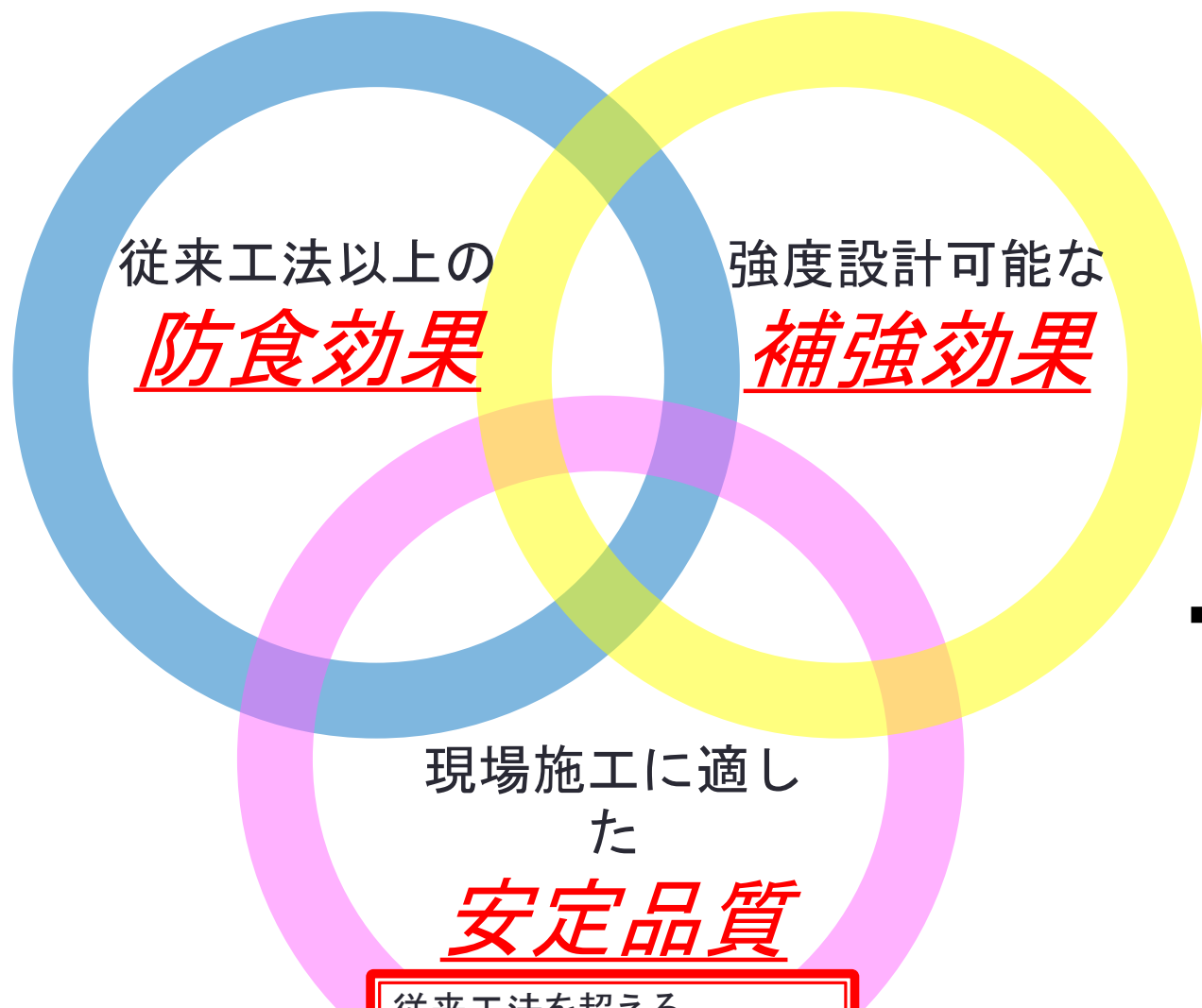
## ●SCFRシートをグリース状接着樹脂にて、鋼管等に接着させる工法



炭素繊維強化プラスチックシートが剥がれにくい構造

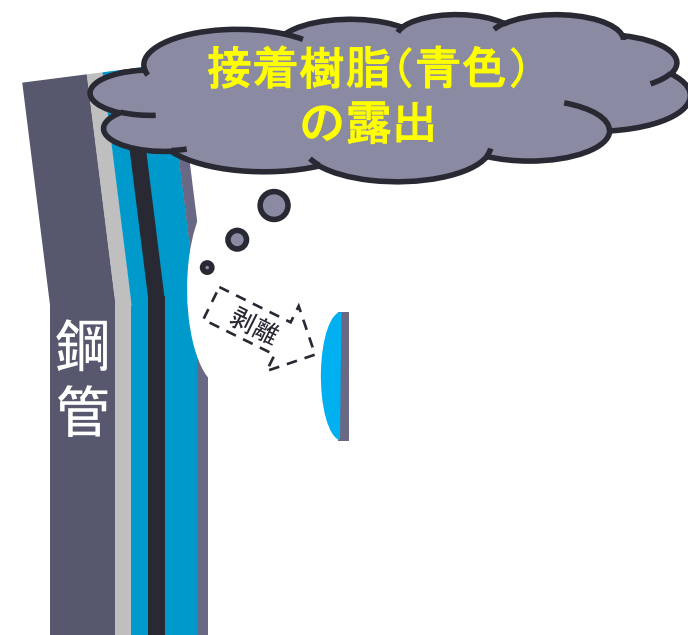
⇒安定して「防食効果」&「耐力増加効果」を発揮

# 『すだれ状』CFRPシート + 『グリーンズ状』接着樹脂



従来工法を超える  
**長寿命化**

+



維持管理を容易にする  
**警告機能**

《長寿命化のロジック》

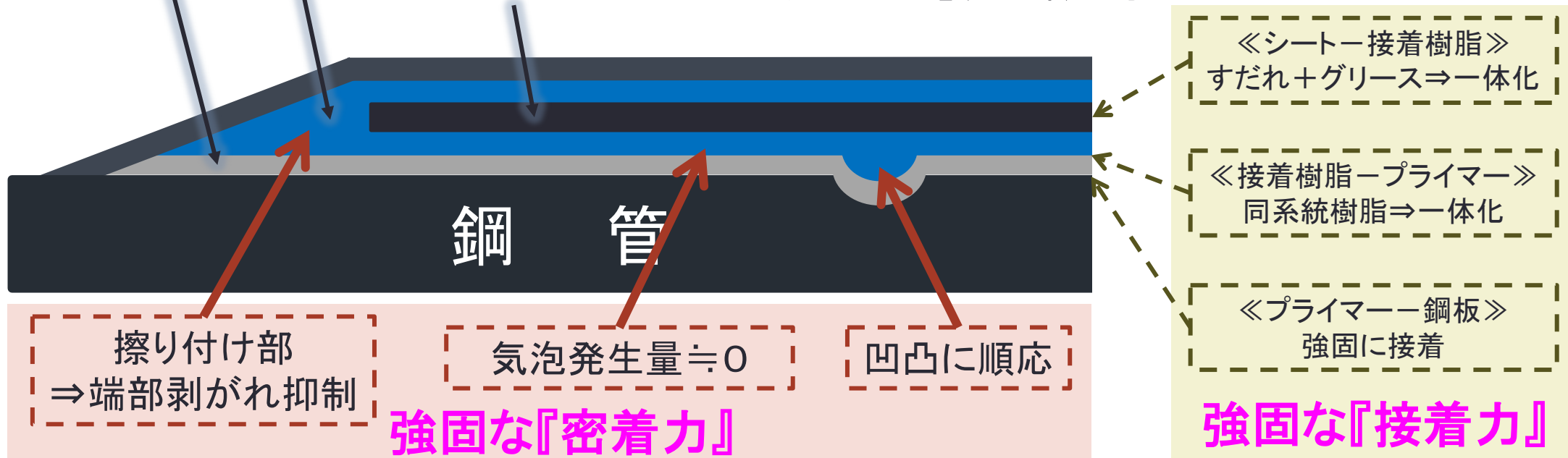
$$\langle \text{寿命} \rangle = \frac{\langle \text{余裕板厚}\{\text{耐力}\} \rangle \text{UP} \uparrow}{\langle \text{腐食速度} \rangle \text{DOWN} \downarrow} = \frac{(\text{現存板厚} + \text{SCFRシート}) - \text{限界板厚}}{\text{内部腐食} + \text{外部腐食}}$$

**大幅UP↑↑**

《プライマー》・・・「鋼板と強固に接着」可能なエポキシ樹脂（接着樹脂と同系統）

《接着樹脂》・・・「グリース状」エポキシ樹脂

《SCFRシート》・・・「すだれ状」炭素繊維強化プラスチックシート



**SCFRシートが剥がれにくい構造**

⇒従来工法以上の期間『外部腐食≒0』を維持可能！！

《長寿命化のロジック》

$$\langle \text{寿命} \rangle = \frac{\langle \text{余裕板厚}\{\text{耐力}\} \rangle \text{UP} \uparrow}{\langle \text{腐食速度} \rangle \text{DOWN} \downarrow} = \frac{(\text{現存板厚} + \text{SCFRシート}) - \text{限界板厚}}{\text{内部腐食} + \text{外部腐食}}$$

大幅UP↑↑

SCFRシート ≒ 鋼板換算0.4mm

$$(0.333\text{mm}) \times (2.45 \times 10^5 \text{N/mm}^2) \div (2.00 \times 10^5 \text{N/mm}^2) = 0.408\text{mm}$$

0.333mm・・・SCFRシート設計厚さ

2.45 × 10<sup>5</sup>N/mm<sup>2</sup>・・・SCFRシートのヤング率2.00 × 10<sup>5</sup>N/mm<sup>2</sup>・・・鋼板のヤング率

プライマー

⇒ 鋼管と強固に接着

必要十分な『接着強度』

※強度試験により確認

SCFRシート  
& 接着樹脂  
& プライマー  
⇒ 一体化

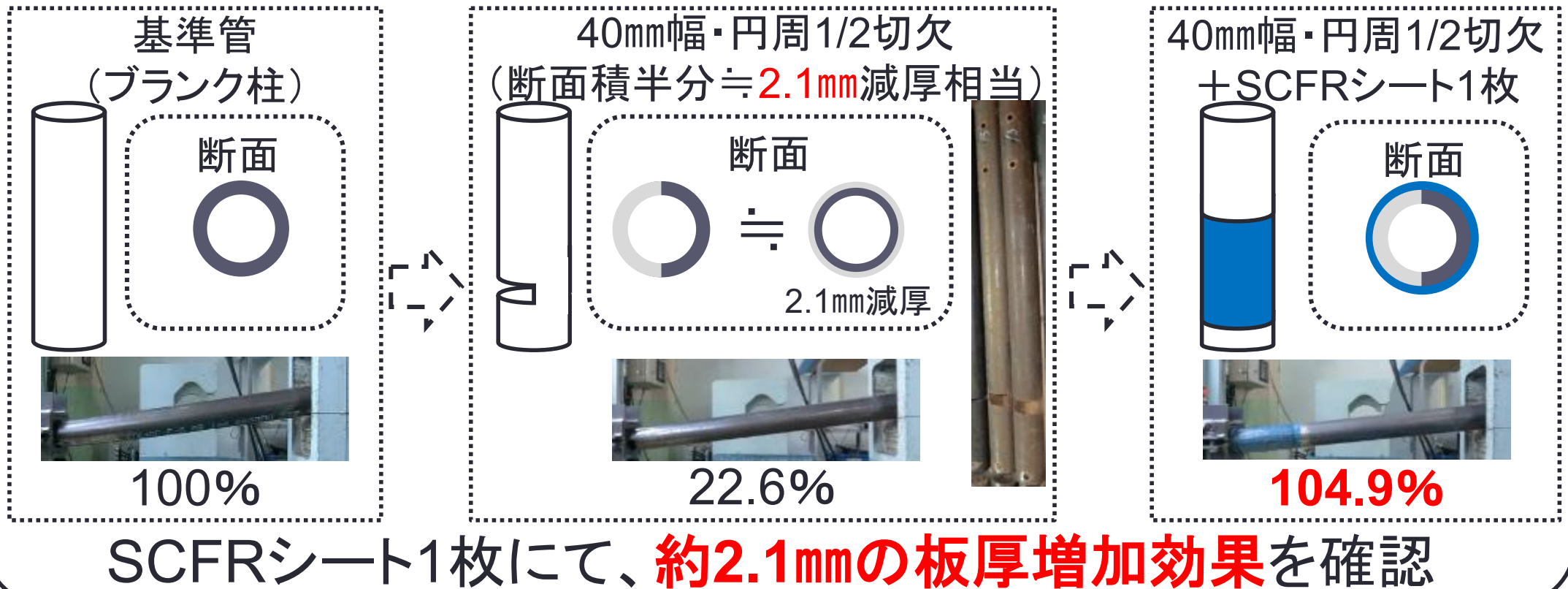
計算上、(0.4mm × 枚数)の板厚増加効果を発揮

⇒ 理論上、以下の計算式を満たすことで限界板厚時の耐力以上となる

$$[\text{限界板厚時の断面積}] \leq [\text{現存断面積}] + [\text{鋼管柱外周}(\text{直径} \times \pi) \times 0.4\text{mm} \times \text{枚数}]$$

設計上、必要十分な耐力増加が可能！！

## φ89.1 (板厚4.2mm) 曲げ試験 (静荷重試験)



「SCFRシート (鋼板換算0.4mm)」  
& 「接着樹脂」が一体化

「**SCFRシート & 接着樹脂の複合体**」  
として強度を発揮

実際には、計算 (0.4mm × 枚数) 以上の板厚増加効果を発揮!

## 現場での品質安定性

	布状シート	板状シート	すだれ状シート(SCFR工法)
汎用性	○ 現地で、施工位置に合わせて形状変更可能	× 対象毎に専用金型(テーパ・角柱・H鋼等)が必要	○ 現地で、施工位置に合わせて形状変更可能
凹凸対応	△ シートの変形により対応 シート貼付け前に不陸調整が必要	× 基本的に対応不可	○ 接着剤の充填により対応 シート貼付け前不陸調整不要
シート安定性	× 現地にて硬化作業実施 →硬化作業に熟練度要	○ 工場にて硬化済	○ 工場にて硬化済
脱泡作業	△ 必要(除去可能量:大)	× 必要(除去可能量:小)	○ 不要
端部処理	× 接着剤≠端部処理材	× 接着剤≠端部処理材	○ 接着剤=端部処理材

接着樹脂による端部処理

工場にて硬化済

柱形状にあわせて、形状変更可能



『現場での』補修・補強工法として最適



## 《平均寿命の計算式》

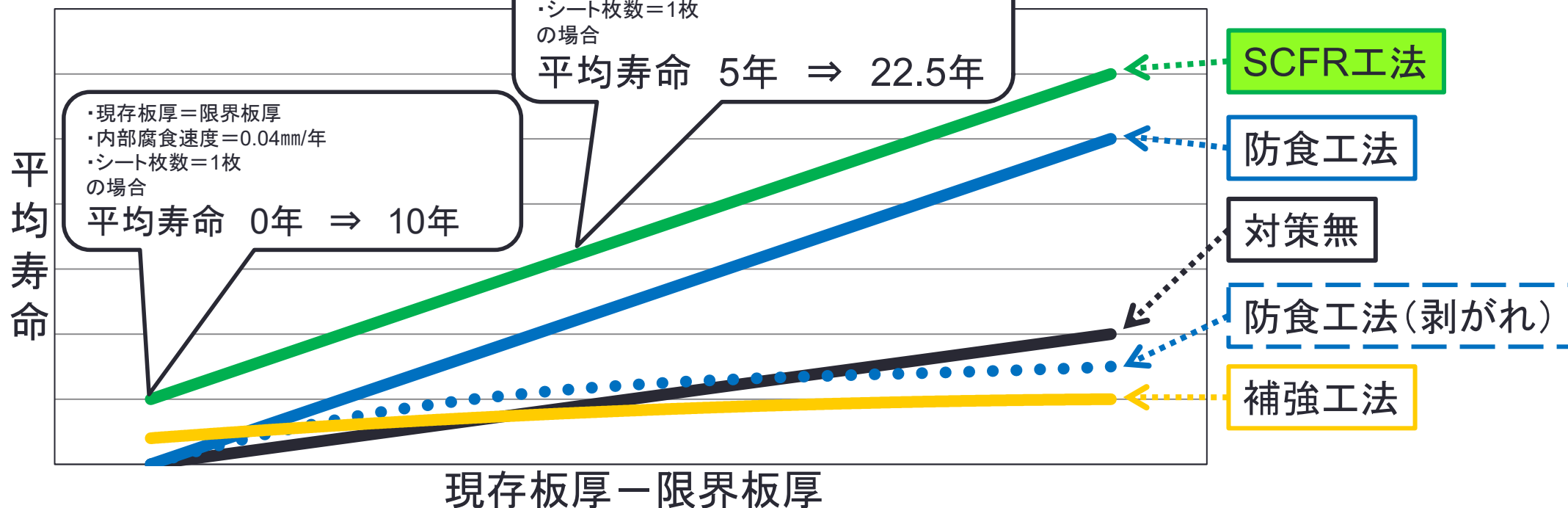
$$\text{対策前の平均寿命} = \frac{\text{現存板厚} - \text{限界板厚}}{\text{腐食速度} < \text{内部腐食} + \text{外部腐食} > (0.1\text{mm/年})}$$

※附属物(標識、照明施設等)点検要領に基づく

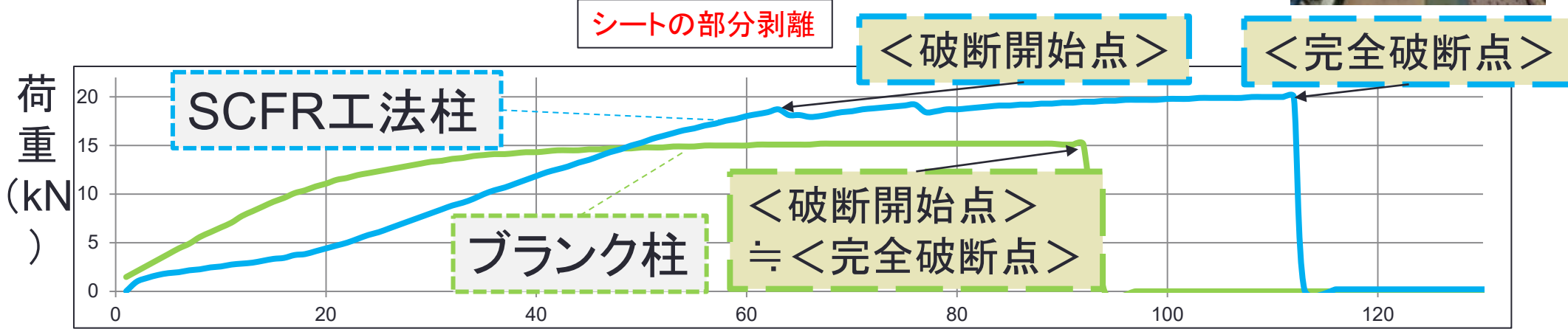
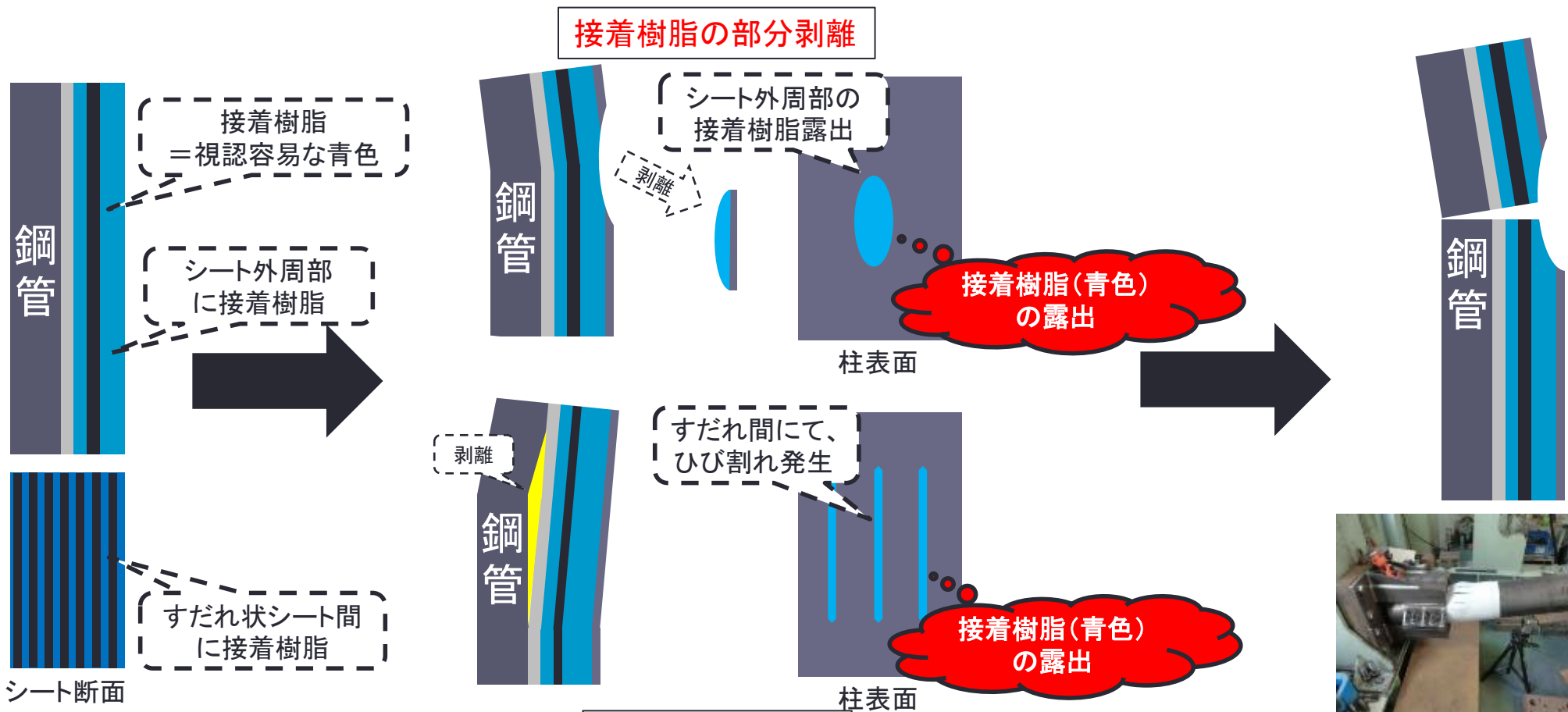
材料の平均寿命  
 上塗塗装・・・25～30年  
 ※50～60(μm)÷2(μm/年)  
 シート&接着剤・・・50年以上  
 ※紫外線に対する保護状態にて  
 ⇒上塗塗装の剥がれ(青色の露出)があった場合、上塗塗装を再塗布

$$\text{SCFR工法後の平均寿命} = \frac{(\text{現存板厚} + 0.4[\text{mm}] \times \text{枚数}) - \text{限界板厚}}{\text{内部腐食速度}}$$

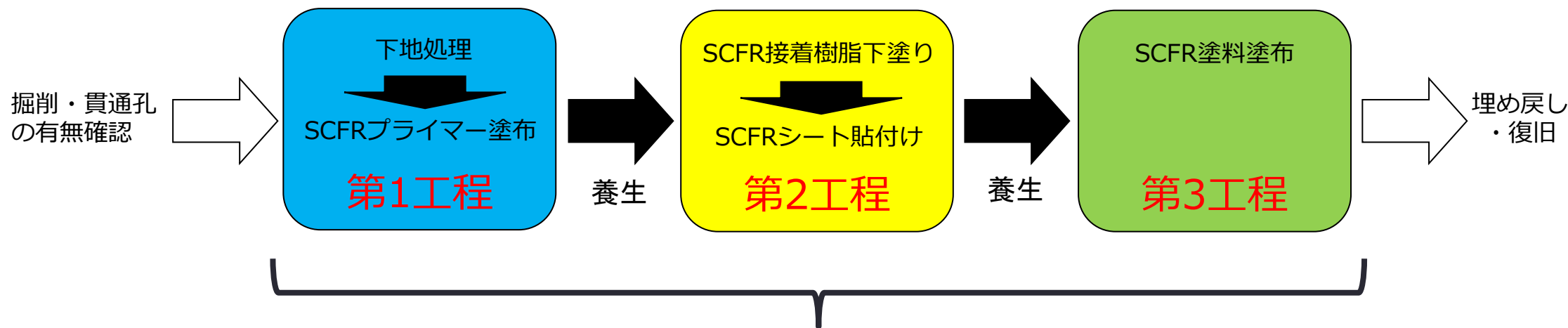
## 《平均寿命》



**SCFR工法の平均寿命 > 従来工法の平均寿命**



目視確認可能な前兆発生 ⇒ 突発での倒壊を抑制可能



SCFR工法 標準価格(Φ165×H300) 1基当り価格【材料費・貼付手間(参考価格)】

材料費 ¥35,030	+	施工手間 ¥23,330	+	諸雑費(4%) ¥930	=	工事費計 ¥59,290
----------------	---	-----------------	---	-----------------	---	-----------------

※令和4年度 東京都労務単価  
10基以上 / 半径250m以内位置

m<sup>2</sup>単価 = ¥226,000

- ※土工・復旧、経費は含まず
- ※10基未満は工事費一式価格
- ※半径に応じて基準基数変更

施工：2011年3月



10年経過



確認：2021年10月



10年経過



**健全な状態を維持！**

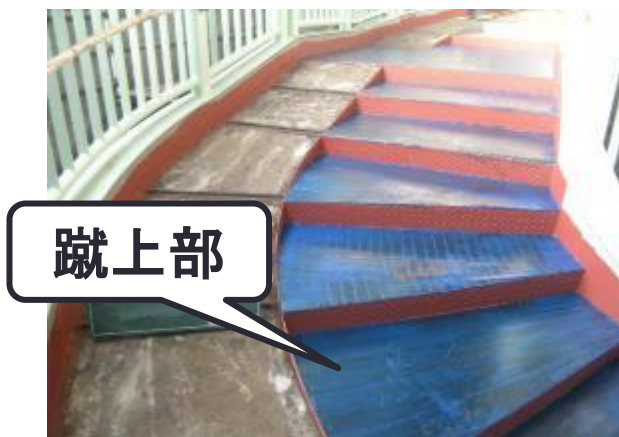
# 3、実績



道路照明柱



道路標識柱



歩道橋



公園遊具

幅広い用途に適用可能！

《施工前》

板厚

車道側・・・7mm(減厚なし)

歩道側・・・1mm未滿



ケレン時に発生した貫通孔食

《SCFRシート6層貼り付け》



2.4mm以上の板厚増加に相当

《根巻鉄筋コンクリート》



「錆発生」  
&  
「現存板厚 ≒ 限界板厚 - 1.4 mm」  
※断面積(平均板厚)計算

SCFR工  
法  
施工後

「外部腐食 ≒ 0」  
&  
現存板厚 ≒ 限界板厚 + 1.0mm  
{限界板厚 - 1.4mm + (0.4mm × 6)}

「腐食予防(外部腐食 ≒ 0)」&「限界(管理)板厚以上の耐力確保」

⇒緊急措置段階であったが、**緊急での撤去・更新を回避**(20年以上の延命)

ご清聴有難う御座いました

問い合わせ先: 一般社団法人 SCFR工法協会  
TEL/FAX: 078-951-2154  
MAIL: [scfr-kouhou@fukoku-kk.com](mailto:scfr-kouhou@fukoku-kk.com)