

けい酸塩系表面含浸工法



【 総 合 資 料 】







## CONTENTS

1. 目的・概要・特徴
2. メカニズム
3. 抑制効果
  - 水密性
  - 塩害抑制
  - 中性化抑制
  - 凍結融解・アルカリ骨材反応抑制
4. 選定
5. アセットマネジメントへの貢献
6. 比較表
7. 施工仕様
8. 施工工程
  - 総合工程
  - 含浸工程手順
9. 施工管理
10. 注意点・材料品質
11. 性能試験〈抜粋〉
12. 工事写真
13. 価格表

## エバープロテクトの目的

---

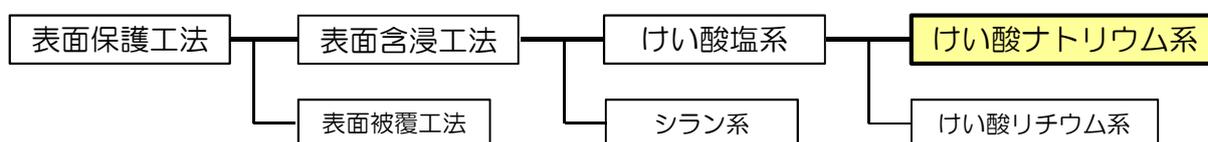
エバープロテクトは、コンクリート構造物（橋梁・高架橋・トンネル・PCコンクリート・各種コンクリート二次製品及び建築物等）の長寿命化や耐久性向上のために、コンクリートの劣化抑制及び補修工法を目的として開発した**珪酸塩系含浸コンクリート保護材**です。

## エバープロテクトの概要

---

エバープロテクトをコンクリートの表層部に含浸させて、コンクリート表層部分に保護層を形成することで、コンクリート構造物の劣化因子【雨水・炭酸ガス・塩化物イオン・その他】の侵入・拡散を抑制することにより、長期耐久性を有するコンクリートにします。

土木学会 コンクリートライブラリー119 『表面保護工法 設計施工指針（案）』より



新設コンクリート〈予防保全〉・既設コンクリート〈維持保全〉を問わず性能を発揮します。

国土交通省 新技術情報提供システム【NETIS】

登録番号：KT-080005-V（設計比較対象技術）

技術名称：珪酸塩系含浸コンクリート保護材

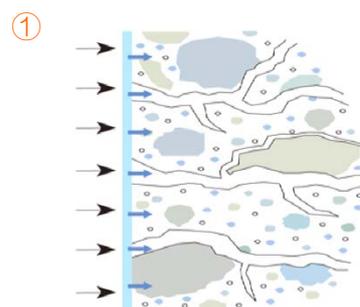
## エバープロテクトの特徴

---

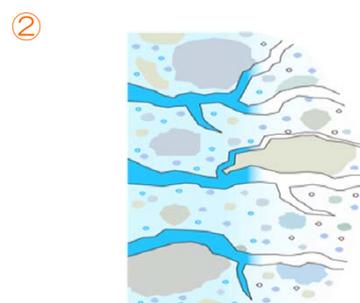
- ◇ コンクリートの水密性（緻密性）の向上  
不透水性・防水性の効果を発揮します
- ◇ コンクリート構造物の劣化抑制効果  
塩害・中性化・凍害・アルカリ骨材反応等の抑制効果を発揮します
- ◇ 施工性が良いため、工期短縮に貢献
- ◇ コンクリート意匠の美観・景観の維持
- ◇ ライフサイクルコストの縮減とアセットマネジメントに貢献
- ◇ 環境に配慮した安全な無機質材料
- ◆ 材料の特性  
けい酸ナトリウム・けい酸カリウムを主成分とした、水溶液です。  
※ 主成分の粒子直径は **ナノメートル** の超微粒子です。（1nm=10<sup>-9</sup>μm）

## エバープロテクトのメカニズム

- ① コンクリートの表層部が、ほどよく乾燥した表面に、エバープロテクト（以下、EP）を満遍なく、低圧で散布または刷毛塗りをして塗布します。



- ② 毛細作用により、コンクリート内に存在する空隙にEPが浸透しEPと空隙中の水酸化カルシウム等とが反応して、EPの特性であるコロイドの効能作用により、安定した構造の反応ゲル《C-S-Hゲル》を形成します。



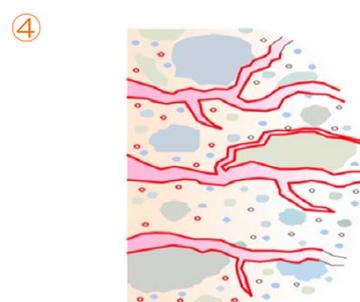
- ③ 水分が吸収される際に、さらに空隙の内部へ未反応EPが拡散することで、新たな反応ゲルを形成します。

\*反応ゲルにより空隙孔の径は、より小さく《緻密》なります。



- ④ 時間の経過とともに空隙中に形成される反応ゲルは、厚み（深さ）を持った層になります。

EPは、コンクリートの表層部に多重の劣化抑制効果をもった含浸保護層を形成します。



### エバープロテクトによる反応ゲル《C-S-Hゲル》の特長

- ◆ 毛細管空隙をゲル空隙にします → 水密（緻密）性を高めます
- ◆ 多孔質で、剛性を持っています → ゲル構造が安定します
- ◆ 比表面積が極大になります → 吸着力性能があります

エバープロテクトは、表層部の空隙中にマイクロなコンクリートをつくります

## エバープロテクトの抑制効果

### i 水密性効果

コンクリート構造物の劣化要因に、共通する **水** の浸入を抑制します！！

多孔質材料のコンクリートは、透水性を持っています。それは、毛細管空隙が連続していることによります。従って、毛細管空隙の量を少なくすること、空隙径を小さくすることが、水密性（防水性能）の向上につながります。

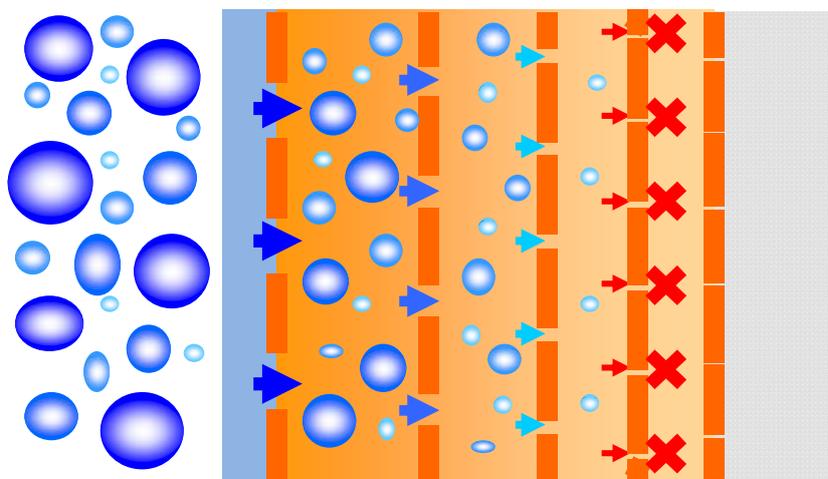
水密性（耐久性）の良いコンクリートをつくるには、材料・調合（水セメント比 W/C）施工等を十分考慮して構築しますが、完全に空隙がなくなることはありません。

ちなみに、コンクリート中の約15%は空隙です。（一般コンクリートの場合）

そこで、

**エバープロテクト**が、コンクリート表層部に含浸することで、水密性は向上します。

**エバープロテクト**による反応ゲルの形成層（**含浸保護層**）が、空隙径を小さくします。



表面では、水を吸収しますが、内部（表層部）では含浸保護層が形成されているため、空隙径〔毛細管空隙等〕が、反応ゲルで小さく〔ゲル空隙〕なり、水密性が向上して、水の浸入をコンクリートの表層部で抑制します。 《半透膜原理》

※ 反応ゲル《C-S-Hゲル》は、空隙径の直径が1～10 nmのゲル空隙になります。

この大きさは、水の分子団（min 40 nmぐらい）が通過できない空隙径です。

エバープロテクトは、ある程度の水分を吸収して不透水（防水）効果を発揮します。

## ii 塩害抑制効果

塩害とは

鋼材は、高アルカリ性（pH=12 以上）のコンクリート中では、鋼材表面に不動態皮膜（厚さ3nm程度）を形成しています。

塩化物イオン（飛来塩分・凍結防止剤等）が、コンクリート中に浸透・拡散することで一定量の塩化物イオン濃度が鋼材の位置まで達すると、不動態皮膜が破壊されて腐食が始まります。

鋼材の腐食は、酸素と結合して酸化第一鉄・酸化第二鉄など、いわゆる錆びになります。

鋼材が腐食するのは、酸化・還元の化学反応で、水と酸素が必要になります。

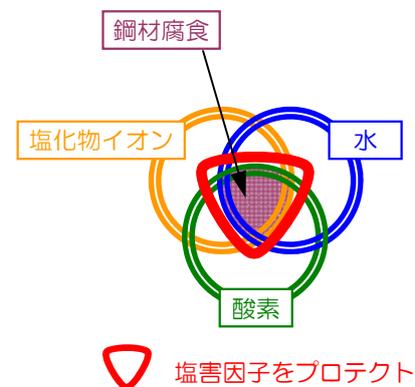
鋼材が錆びる時の膨張圧（体積が2～4倍に膨張）による引張応力が、コンクリートの引張強度を超えると、かぶり部分にひび割れが入り、進行すると、ひび割れ幅が大きくなり、そのひび割れから、塩化物イオン・酸素・水分などの腐食因子が侵入するために腐食は加速し、鋼材とコンクリートの付着が低下して、剥離を引き起こしたり、鋼材の断面減少など伴い、コンクリート構造物の機能を低下させる現象 のこと

そこで、

**エバープロテクト**により、塩害が抑制できます！！

### ◆ エバープロテクトの水密（緻密）性の効果により

- ① 水の浸入を抑制
- ② 塩化物イオンの拡散を抑制  
※ 拡散媒体（水）がない
- ③ 酸素の侵入・拡散を抑制



### ◆ エバープロテクトの吸着力の効果により

塩化物イオンを含浸保護層の反応ゲルが吸着し、浸透・拡散を抑制  
⇒ 反応ゲルにより、多孔質で比表面積が極大になっているため

### ◆ エバープロテクトの含浸保護層の濃度により

塩化物イオン濃度と水酸化物イオン濃度の比率（ $\text{Cl}^-/\text{OH}^-$ ）が、安定しているので鋼材腐食発生限界濃度を維持（抑制）します … 不動態皮膜が破壊されない  
⇒ エバープロテクトが反応する際、 $\text{OH}^-$ を生成するので、分母が大きくなるため

### iii 中性化抑制効果

中性化とは

大気中の二酸化炭素 (CO<sub>2</sub>) がコンクリート内部へ侵入して、CO<sub>2</sub>が細孔溶液中に溶解し、炭酸イオン (炭酸水素イオン) になります。炭酸イオンと水酸化カルシウムから供給されるカルシウムイオンが反応し炭酸カルシウムを生成します。また、各種セメント水和物とも反応し炭酸化します。この炭酸化反応には、水分が必要になります。

炭酸化により細孔溶液の pH が低下し本来アルカリ性であるコンクリートが、アルカリ性を失い中性化領域が拡大していきます。\*中性化しても、コンクリートの基本性能は変わりません

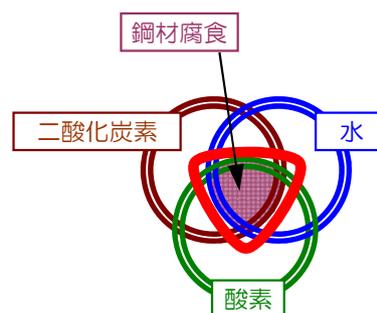
pHの低下《中性化》に伴い、鋼材表面の不動態皮膜が消失し、水分と酸素の供給により、鋼材腐食が生じ進行するとコンクリートにひび割れや剥離を起し、鋼材の断面減少によりコンクリート構造物の機能を低下させる現象 のこと

そこで、

**エバープロテクトにより、中性化が抑制できます！！**

#### ◆ エバープロテクトの水密（緻密）性の効果により

- ① 水の浸入を抑制
- ② 二酸化炭素の侵入・拡散を抑制
- ③ 酸素の侵入・拡散を抑制  
⇒ 気体の拡散速度が小さくなる
- ④ 二酸化炭素の溶解を抑制 …水が無いため



 中性化因子をプロテクト

#### ◆ エバープロテクトの吸着力の効果により

反応ゲルがカルシウムイオンを吸着《保護》しているため、炭酸化反応を起こさないように抑制

⇒ コンクリート中のCa(OH)<sub>2</sub>を維持します…高いpHを保持

#### iv 凍結融解（凍害）抑制効果

凍害とは

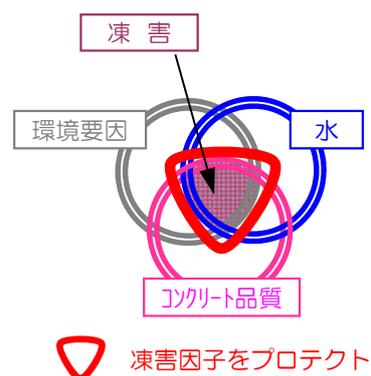
コンクリート中の水分が0℃以下になった時に、水が凍結膨張（約9%の体積膨張）によって発生するものであり、凍結と融解の繰返しによって、コンクリート表面にスケリング、ポッピング外及び、ひび割れなどコンクリートが徐々に劣化する現象 のこと

そこで、

**エバープロテクト**により、凍結融解が抑制できます！！

##### ◆ エバープロテクトの水密（緻密）性の効果により

- ① 水の浸入を抑制
- ② 空隙径が小さいため、水の凍結を抑制  
⇒ ゲル空隙の結合水は氷らないため
- ③ 微細な空隙体（ゲル空隙）で満ちているため、静水圧（膨張）を緩和する自由空隙が存在する



#### v アルカリ骨材反応抑制効果

アルカリ骨材反応とは

コンクリートの細孔溶液中（セメントペースト中）に存在する余剰な水酸化アルカリと、アルカリシリカ反応性鉱物を含有する骨材〈反応性骨材〉が、コンクリート中に十分な水分が存在すると反応して、コンクリートに異常な膨張及びそれに伴うひび割れを発生させ、コンクリートが劣化・崩壊する現象 のこと

そこで、

**エバープロテクト**により、アルカリ骨材反応が抑制できます！！

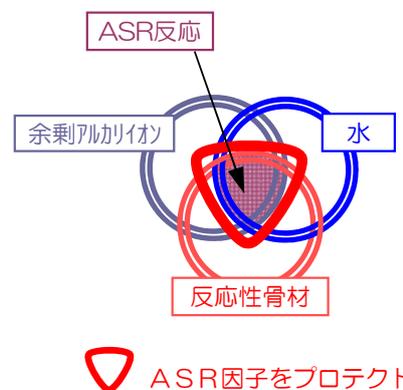
##### ◆ エバープロテクトの水密（緻密）性の効果により

水の浸入を抑制

##### ◆ エバープロテクトの吸着力の効果により

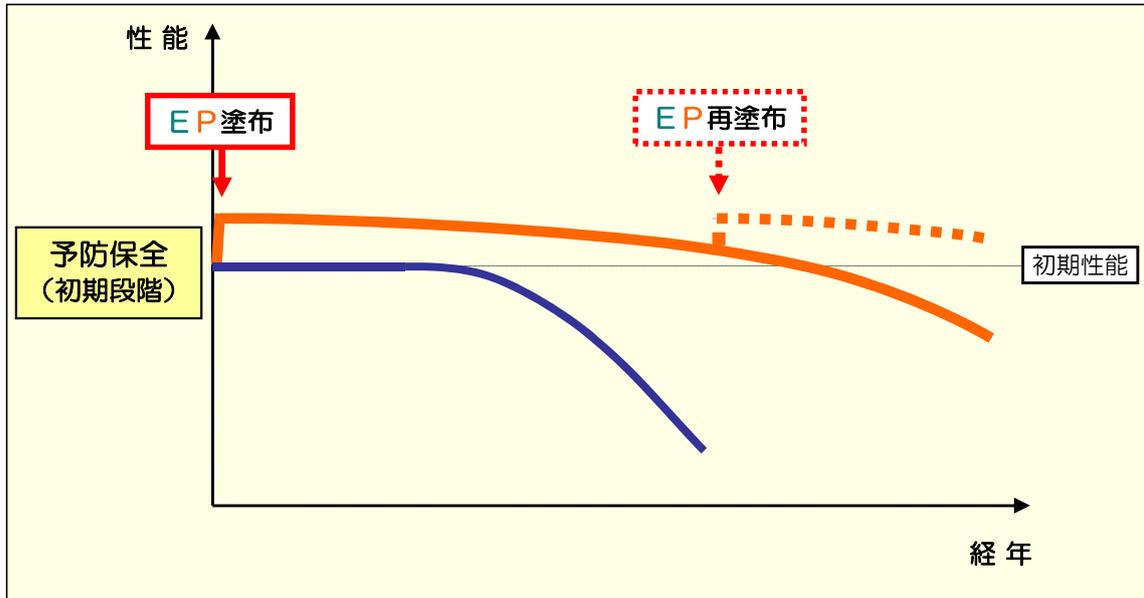
細孔溶液中の余剰アルカリイオン（ $\text{Na}^+$ 、 $\text{K}^+$ ）が、EPの含浸層に吸着《遷移》するため、アルカリの量（濃度）が減少するため

⇒ 含浸層全体が、負電荷の電磁場になるため

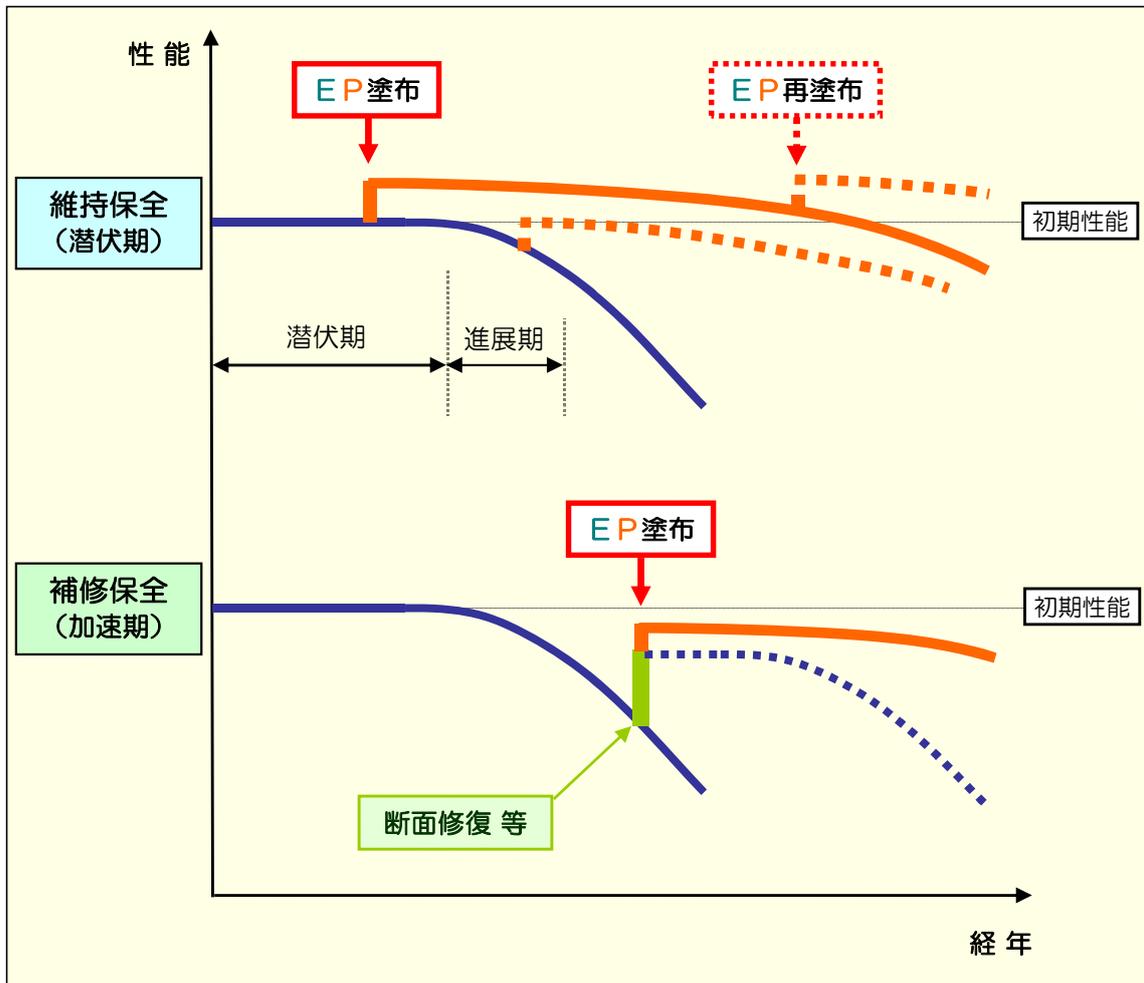


# エバプロテクトの選定

## i 新設コンクリート構造物の場合



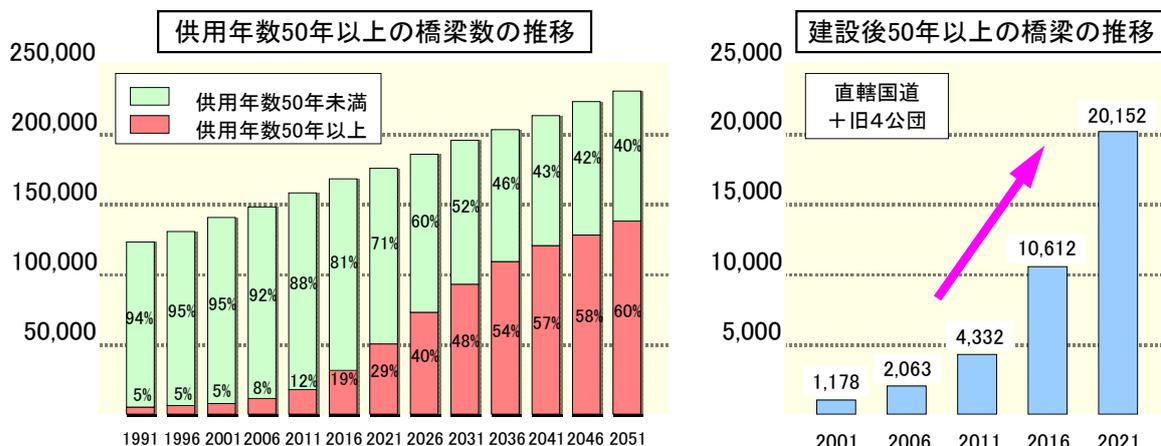
## ii 既設コンクリート構造物の場合



## アセットマネジメント への貢献

国土交通省の動きとして「平成15年度道路政策のポイント」において、「高度成長期に建設された道路構造物の更新時期の平準化、トータルコストの縮減などを旨として、道路の管理手法にアセットマネジメントの考え方を導入し、効率的・効果的な維持管理を行います」と明示しています。

我が国では、高度成長期に大量のコンクリート構造物が建設され、その割合は、例えば橋梁で、全橋梁数の約40%を占めています。また、建設後50年以上経過した橋梁は10年後には現在の約4倍、20年後には約1.7倍に達し、コンクリート構造物の高齢化が今後集中的に進むこととなります。



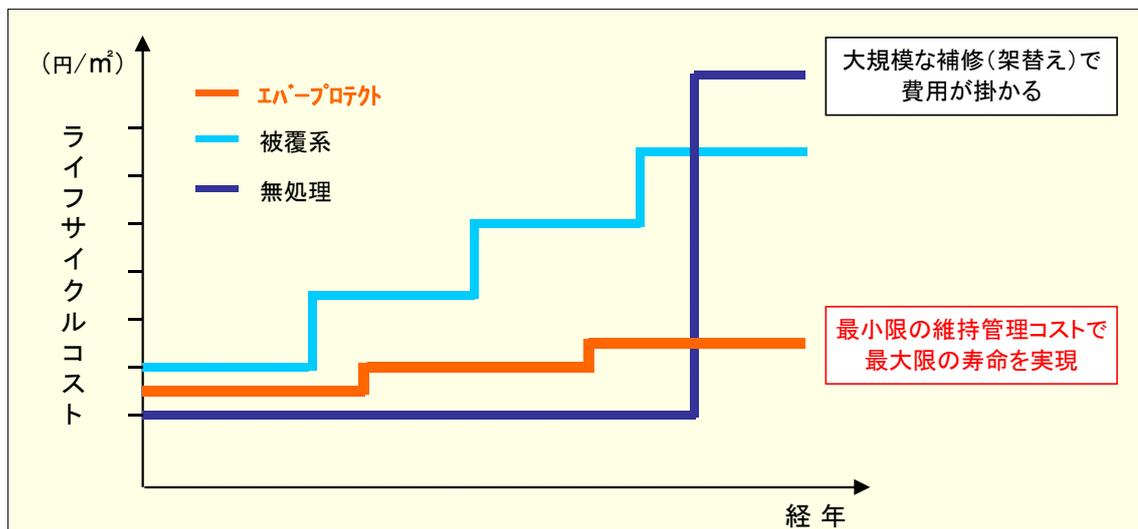
出典：国土交通省資料及び旧4公団資料より

今後は、適切な補修による既設構造物の延命化や新設構造物の長寿命化、さらには、補修・更新費用の平準化・最小化を図るとともに管理の高度化、社会的（環境）影響の少ない計画・工法等の検討が必要となります。

そこで、

エバープロテクトが、「アセットマネジメント」に貢献します。

ライフサイクルコストの縮減（最小化）を図れます！！



大規模な補修(架替え)で費用が掛かる

最小限の維持管理コストで最大限の寿命を実現

## エバープロテクトとの比較

### ◆ コンクリート構造物の表面保護工法 比較表

	珪酸塩系含浸コンクリート保護材 エバープロテクト	有機系浸透性吸水防止材 シラン系	有機系表面被覆材 EP・シリコン系
環境負荷 (安全性)	無機材料のため環境負荷は ない	有機材料のため環境負荷は ある	有機材料のため環境負荷は ある
施工設備	軽装備	軽装備	重装備
作業性	天候に左右されにくい 但し、多少乾燥時間必要	天候に左右される 乾燥期間(2~3日)必要	特に、天候に左右される 完全乾燥必要
工期	短い	短い	通常
仕上り	コンクリート意匠のまま 素地の状態	コンクリート意匠のまま 多少の光沢がある	塗装の仕上色 施工直後は綺麗
耐久性	無機材のため材料劣化なし 15~20年毎に再塗布が好ましい	紫外線により材料劣化する 3~8年毎に塗替え	紫外線により材料劣化する 7~12年毎に塗替え
美観性	コンクリート意匠を維持 粉塵・他等が付着し難い	数年で粉塵・他等で汚れる 撥水効果の低減	数年で粉塵・他等で汚れる 塗膜の膨れ・メクレがある
劣化抑止性	長期間、効果を発揮	短期間、効果を発揮	塗膜の耐久期間、効果発揮
ひび割れ追従性	ある コンクリートの内部で効果発揮	ない	ある 但し、塗膜の耐久性による
価格 (材工)	3,900 円/m <sup>2</sup>	3,000 円/m <sup>2</sup>	7,000 円/m <sup>2</sup> ~ 12,000 円/m <sup>2</sup>
塗替え施工	表面を洗浄後、塗布作業	旧皮膜を除去後、塗装作業 除去工事費が発生	旧塗膜を除去後、塗装作業 除去工事費が発生
ライフサイクルコスト	安い	やや高い	高い

## エバープロテクトの施工仕様

### i 標準仕様

材 料	標準梱包	標準施工面積
エバープロテクト	1 缶 12 kg	50 m <sup>2</sup>
	1 缶 2.4 kg	10 m <sup>2</sup>

※施工面積は、あくまで標準施工面積ですので、実際は使用量を算出（ロス計上）してください

#### 〔 荷 姿 〕



(12kg/缶)



(2.4kg/缶)

### ii 標準塗布量

エバープロテクト 標準塗布量	
1 m <sup>2</sup> 当りの 標準塗布量	0.24 (kg)
一次 標準塗布量	0.12 (kg)
二次 標準塗布量	0.12 (kg)

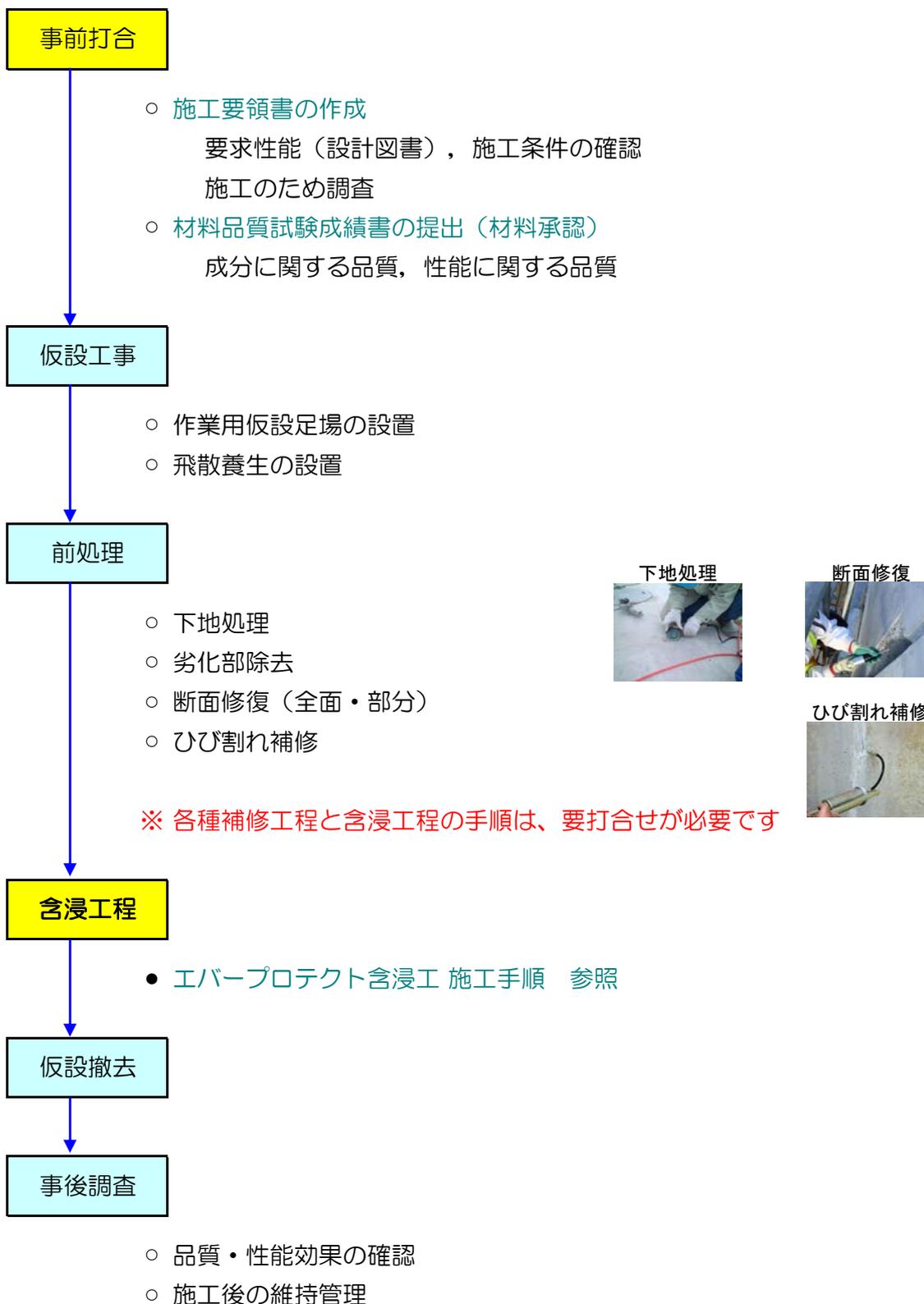
※コンクリート構造物の変状（経年劣化・環境 等）・施工向き等のロス率を考慮し、施工使用量を決定します

### iii 主要使用機械

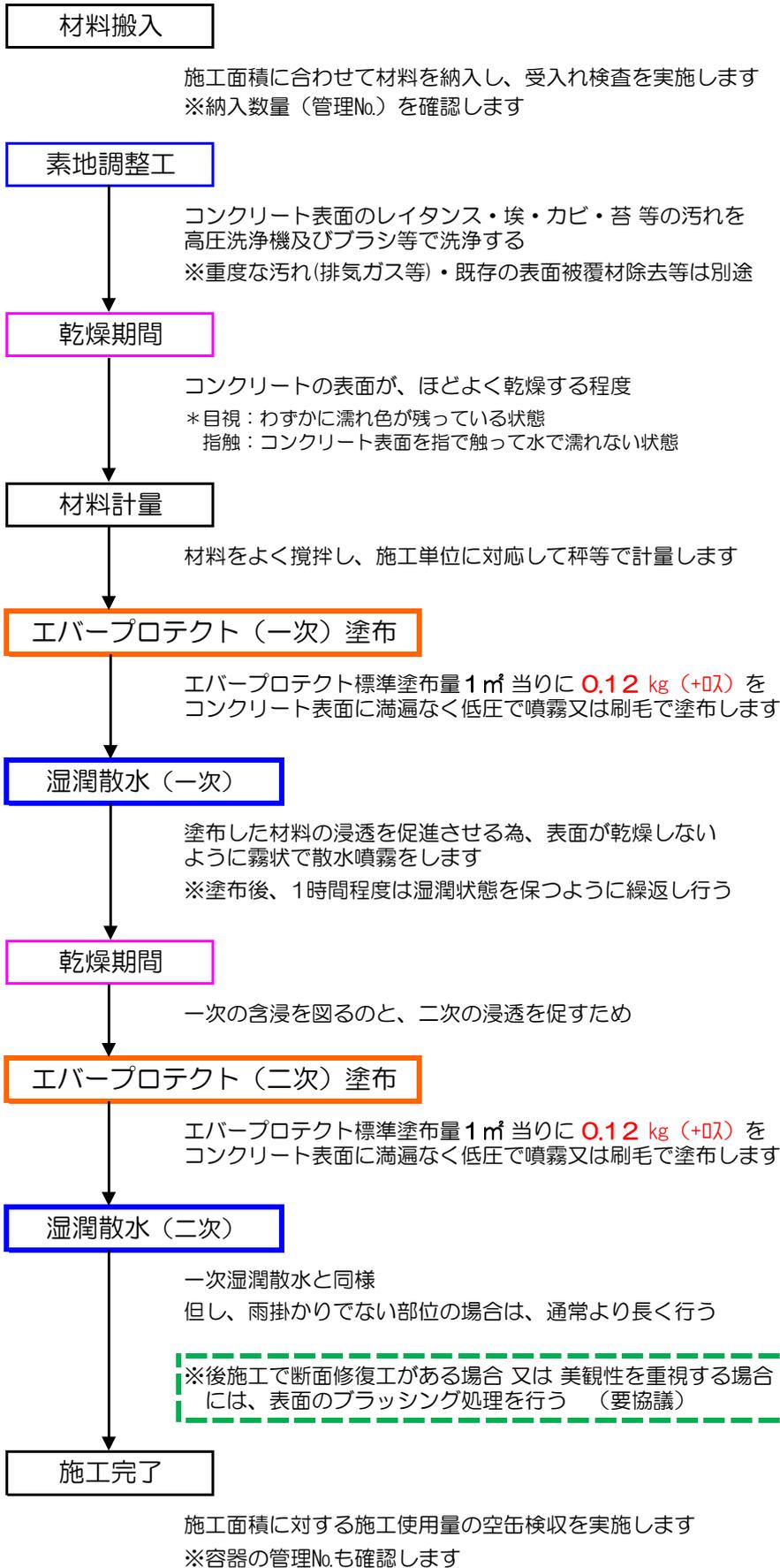
機 械	高圧洗浄機	機 械	ミニ動噴	機 械	噴霧器
型 式	KYC-100E-1	型 式	GS51E	型 式	BH-593
規 格	~4.0 MPa	規 格	8・16・25 kgf/m <sup>2</sup>	規 格	660 ml/分
目 的	高圧洗浄 塗布・散水	目 的	塗布・散水	目 的	塗布・散水

## エバープロテクトの施工工程

### i 総合作業工程手順書



## ii エバープロテクト含浸工 施工手順



## エバープロテクトの施工管理

### i 材料品質管理

- 荷姿は、ポリ容器で 12 kg/缶または 2.4 kg/缶 です
- 材料納入時は、封印シールが貼られています
- 材料納入時に、使用予定数量（缶数）及び管理No. の確認をします
- 保管する場合は、指定された保管場所にて管理します
- 材料使用時は、施工単位ごとに秤等を用いて計量をします
- 施工完了時に、使用数量の空缶（缶数）及び管理No. の確認をします

### ii 施工品質管理

- 施工品質管理は、施工単位・各工程ごとに施工状況を撮影して管理します
  - ・ エバープロテクト含浸工 施工手順に準じて撮影します・・・前頁参照
- 材料使用数量〔一次塗布完了時・施工完了時〕を撮影して管理します

### iii 出来高管理

- 施工面積・施工単位に対応して、施工使用量を管理します
  - ・ 一次塗布完了時に施工範囲・施工使用量を管理します
  - ・ 二次塗布完了時に施工範囲・施工使用量を管理します

### iv 施工使用量確認

施工面積 (○○○ m <sup>2</sup> )	標準塗布量	ロス (標準計上10%)	施工使用量
一次塗布	kg	kg	kg
二次塗布	kg	kg	kg
合計	kg	kg	kg
計算方法			
一次	○○○ m <sup>2</sup> ×0.12kg/m <sup>2</sup>	△△kg× 0.10	△△kg+◇◇kg
二次	○○○ m <sup>2</sup> ×0.12kg/m <sup>2</sup>	△△kg× 0.10	△△kg+◇◇kg
合計	○○○ m <sup>2</sup> ×0.24kg/m <sup>2</sup>	△△kg× 0.10	△△kg+◇◇kg

※ロス率は、下地コンクリートの性状・施工向き・施工方法等を考慮する必要があります

## 施工上の注意点

---

- 1) 施工に際しては、外気温 1℃以上を目安に、塗布・施工を行って下さい。
- 2) 使用前に容器内の溶液をよく攪拌してから計量作業をして下さい。
- 3) 一時保管する場合は、残液容器に異物の入らないように必ずキャップを閉めて下さい。
- 4) 材料は、ガラス等に付着し易いため、養生を施工前に行ってください。  
\*特に、工事車両・一般車両・建物・眼鏡等の確認をして下さい
- 5) 材料は無害ですが、アルカリ性のため皮膚の弱い方や飛散して目に入るおそれがある場合、保護眼鏡・マスク・手袋・長袖などを使用してください。
- 6) 目に入ったり皮膚に付着した場合は、直ちに清水で15分以上洗って下さい。  
\*不快感が拭えないときは、医者診断を受けて下さい。

## 保管・輸送上の注意

---

- 1) 容器は直射日光を避けて、通常の貯蔵施設に貯蔵して下さい。
- 2) 容器を転倒・落下・衝撃・損傷等を加えて粗暴な取扱いをしないで下さい。
- 3) 本製品は、輸送に関して危険物に該当しません
- 4) 残液・空容器は、「廃棄物処理法」「リサイクル法」に基づいて適切な処理をして下さい。

## エバープロテクトの材料品質

---

	項目	品質基準値
1	外 観	粘性のある無色・無臭の液体
2	比 重	1.20 以上
3	p H	11 以上
4	主成分含有量	22% ~24% ( $X_2SiO_2 \cdot nH_2O$ )
5	危険有害性	不燃性・毒性なし

製品安全データシート (MSDS) に示されている内容を要約

※ 施工後のコンクリートからも、有害物質 (カドミウム・水銀等) の検出はされません  
浸出試験データ・・・JWWA Z 108(2004)「水道用資機材-浸出試験方法」

## エバープロテクト性能試験（抜粋）

### i 塩害に関する性能試験

日本コンクリート工学協会規準 JCI-SC2 「塩分を含んだコンクリート中における補強棒鋼の促進腐食試験方法—オートクレーブ法—」に準拠した性能試験を実施しました。

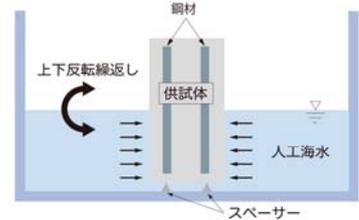
〔供試体〕

コンクリート 水セメント比 : 70%  
 練り混ぜ水 : NaCl換算で3.27%(人工海水)を  
 水3倍に希釈したもの

寸法  $\phi 100 \times 200$  円柱 鋼材2本入り (かぶり2cm)

〔試験方法〕

供試体を、1年間暴露実施 (人工海水に浸せき 乾湿繰返し)



〔試験結果〕

記号	番号	発せい面積 2本合計 mm <sup>2</sup>	発せい面積率 %
A 塗布 有り	1	1223	15.0
	2	1900	23.3
	3	2072	25.4
	平均	—	21.2
AB	1	2454	30.0
B 塗布 無し	1	5591	68.5
	2	5170	63.3
	平均	—	65.9



### ii 中性化に関する性能試験

日本工業規格 JIS A 1153 「コンクリートの促進中性化試験方法」に準拠した性能試験を実施しました。

〔促進条件〕

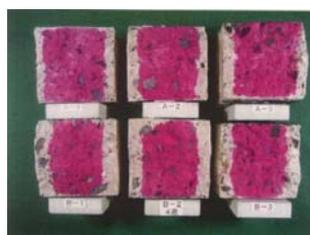
温度 $20 \pm 2^\circ\text{C}$ ・相対湿度 $60 \pm 5\%$ ・二酸化炭素濃度  $5 \pm 0.2\%$

〔試験結果〕

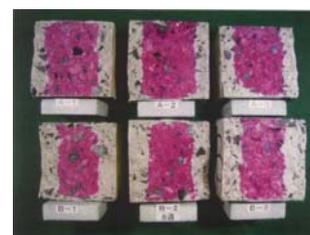
(平均値)	1 週	4 週	8 週
EP塗布あり	5.9	11.9	17.5
ブランク	10.3	17.6	23.4
比較(差)	4.4	5.7	5.9
抑制率	43%	32%	25%



割裂面 (促進中性化期間: 1週)



割裂面 (促進中性化期間: 4週)



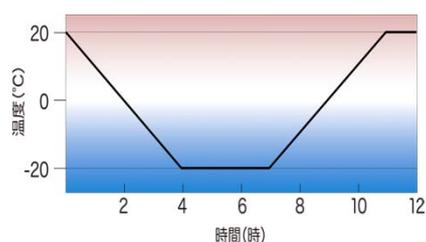
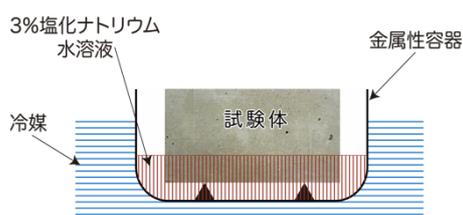
割裂面 (促進中性化期間: 8週)

### iii 凍結融解に関する性能試験

国際材料構造試験研究機関連合 RILEM CDF 「コンクリートの耐凍結融解試験方法」に準拠した性能試験を実施しました。

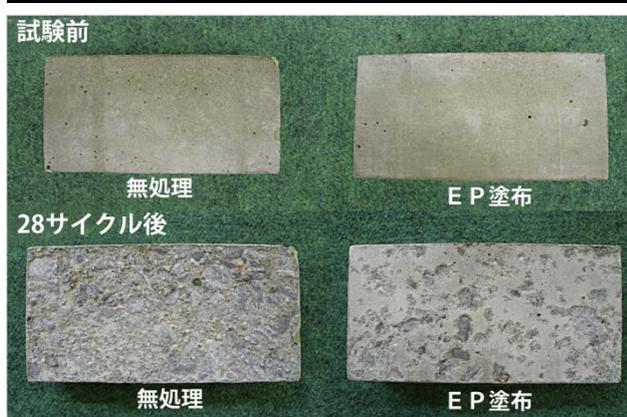
#### 〔促進条件〕

塗布面を3%塩化ナトリウム水溶液に26日間浸漬し吸水させる  
その後、塗布面を下に3%塩化ナトリウム水溶液に浸漬、さらに容器ごと冷媒に浸し12時間で20℃～-20℃を1サイクルとし凍結融解を28サイクル繰り返した。



#### 〔試験結果〕

	総スケール量 (g)			単位面積当りスケール量 (g/m <sup>2</sup> )
	6 サイクル	14 サイクル	28 サイクル	
EP塗布	2.16	7.45	12.49	625
無処理	9.46	27.47	48.01	2401



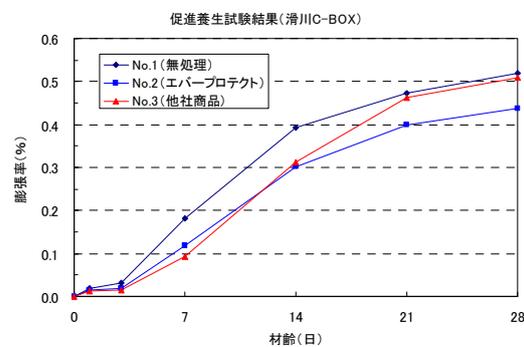
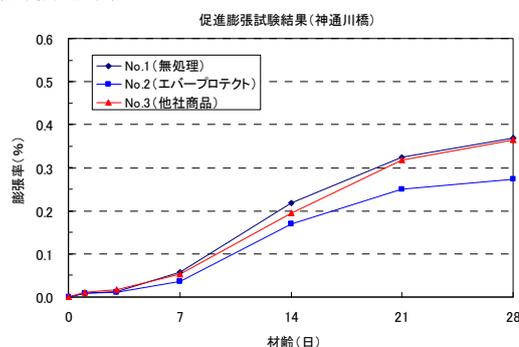
### iv アルカリ骨材反応に関する性能試験

米国材料試験協会規準 ASTM C 1260 「カナダ法促進膨張試験方法」に準拠した性能試験を実施しました。

#### 〔供試体〕

アルカリ骨材反応を起こしている実構造物よりコンクリートコアを採取  
\*神通川橋及び滑川IC-BOXより (旧 日本道路公団協力)

#### 〔試験結果〕



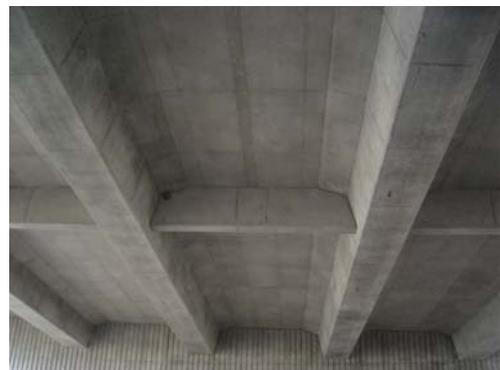
試験前供試体 材齢28日供試体  
コンクリートコア供試体 (神通川橋)



試験前供試体 材齢28日供試体  
コンクリートコア供試体 (滑川IC-BOX)

## エバープロテクトの工事写真

---





## エバープロテクトの価格表

---

### 公表価格 【 設計単価 】

#### i 標準工事費（材工共）

3,900 円 / m<sup>2</sup>

#### ii 規格・摘要

コンクリート構造物 表面保護工法 のうち  
表面含浸工 《 けい酸塩系表面含浸材 塗布工 》

#### iii 見積条件

- 基準施工規模 300 m<sup>2</sup> 以上
- 仮設備費 別途
- 他併用補修工 別途

#### iv その他

- 既設コンクリートの場合、コンクリートの変状等により塗布量が増える場合がありますので、価格の協議（調査・試験施工）を考慮してください。
- 小規模施工面積の場合は、割増価格となります。

---

## 【参考文献】

- |                       |   |              |
|-----------------------|---|--------------|
| 表面保護工法 設計施工指針（案）      | ： | 土木学会         |
| コンクリート標準示方書 設計編       | ： | 土木学会         |
| コンクリート標準示方書 施工編       | ： | 土木学会         |
| コンクリート標準示方書 維持管理編     | ： | 土木学会         |
| コンクリートのひび割れ調査、補修・補強指針 | ： | 日本コンクリート工学協会 |
| コンクリート診断技術 '12        | ： | 日本コンクリート工学協会 |
| セメント・コンクリート材料科学       | ： | 技術書院         |
| コンクリートの材料科学           | ： | 森北出版         |
| コンクリートの劣化と補修がわかる本     | ： | セメントジャーナル社   |
| 図解 コンクリート構造物の総合診断法    | ： | オーム社         |

## エバープロテクト 総合資料

---

2012年 4月 1日 改訂

株式会社 エバープロテクト

〒103-0023

東京都中央区日本橋二丁目6番13号 山三ビル8F

TEL 03-6231-1151

FAX 03-6231-1153

本資料の内容を無断で複写複製（コピー）することをお断りします。