

# コンクリート用の透明な表面 被覆と視認性評価方法

コンクリート素地の視認性が確保される表面被覆工法

国立研究開発法人 土木研究所

先端材料資源研究センター



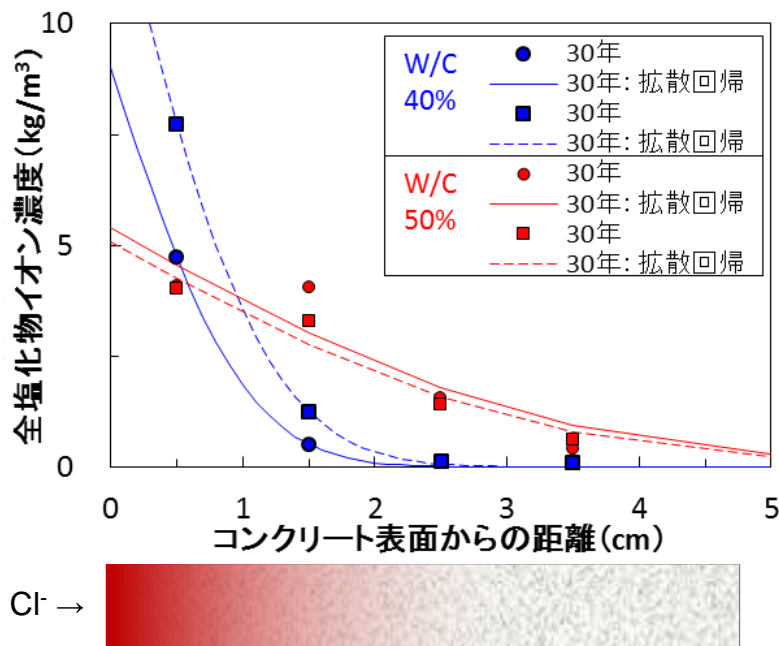
# ○コンクリート構造物の維持管理：劣化と防食/補修

- 維持管理時代にむけたコンクリート構造物の補修技術
- 5年毎点検と直接近接目視の義務化
- コンクリート構造物の劣化損傷
  - 塩害、ASR、凍害、中性化、化学物質、、、
- 対策の基本
  - 鉄筋の腐食抑制
  - 劣化促進物質の遮蔽
    - 密実なコンクリート
    - 表面被覆、注入/充填
- 新設、補修

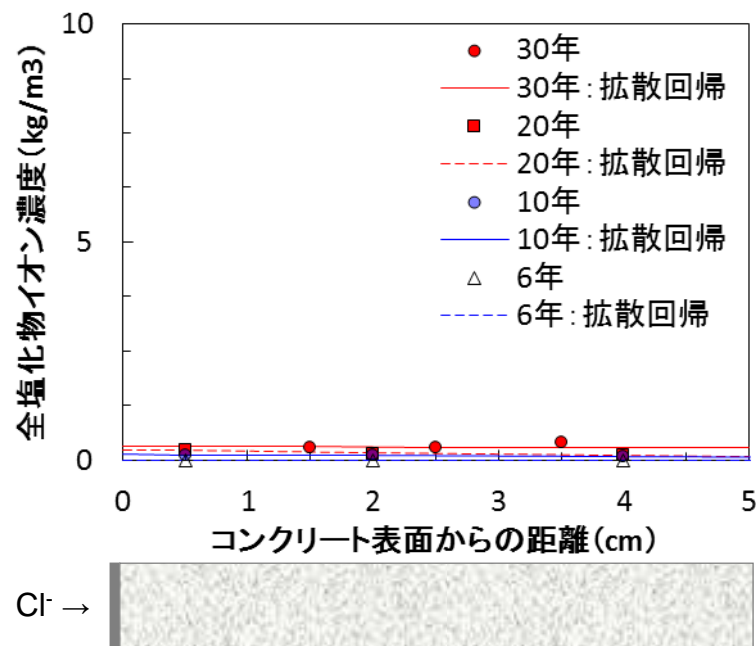


# ○表面被覆による耐久性向上

- 30年間の海洋飛沫帯暴露-駿河海岸
- 塩分の浸透の例



無塗装コンクリートへの塩分浸透

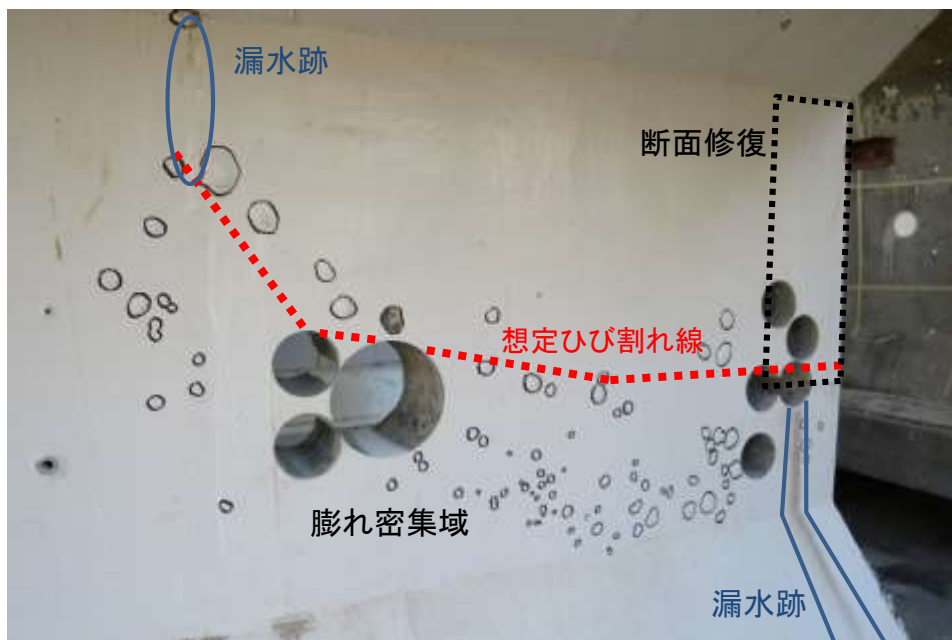


表面被覆(塗装)をすると  
→ 塩分浸透は長期間抑制できる

# ○表面被覆にからむコンクリート構造物の不具合

## 表面被覆内部でのコンクリート劣化の進行

- 被覆内コンクリート損傷の解剖調査例



表面被覆工および断面修復工による補修を施したコンクリート構造物の再劣化: 熊谷慎祐, 櫻庭浩樹, 宮田敦士, 佐々木徹, 西崎到, コンクリート構造物の補修、補強、アップグレード論文報告集, 日本材料学会, 2014

## 内在塩や下地不良による早期再劣化



コンクリート構造物の補修に関する研究, PC構造物の戦略的メンテナンスに向けて: 国立研究開発法人土木研究所 先端材料資源研究センター, 第43回PC技術講習会, 2015

# ○耐久性向上・補修対策としての表面被覆工とその課題

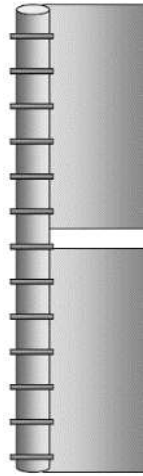
- 目的と性能
  - 劣化促進物質の遮蔽
  - (剥落防止)
  - 景観、美粧



- メリット
  - 劣化促進物質を比較的容易に遮蔽できる
  - 施工後の外観がきれいになる
- 課題
  - コンクリートの目視点検が困難になる
  - 内部の塩や水を封じ込めてしまう
  - ひび割れの進展や滲出物の発見が遅れる

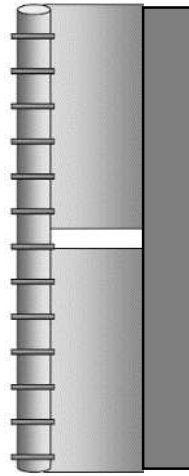
# ○透明な塗膜を実現し目視点検を可能にする

＜塗装無し＞



目視点検：○  
基材保護：×

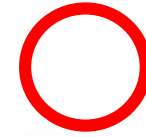
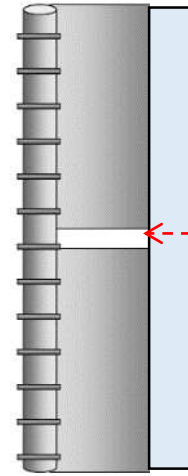
＜従来工ナリ塗装＞



目視点検：×

基材保護：○

＜透明塗装(開発品)＞



目視点検：○  
基材保護：○

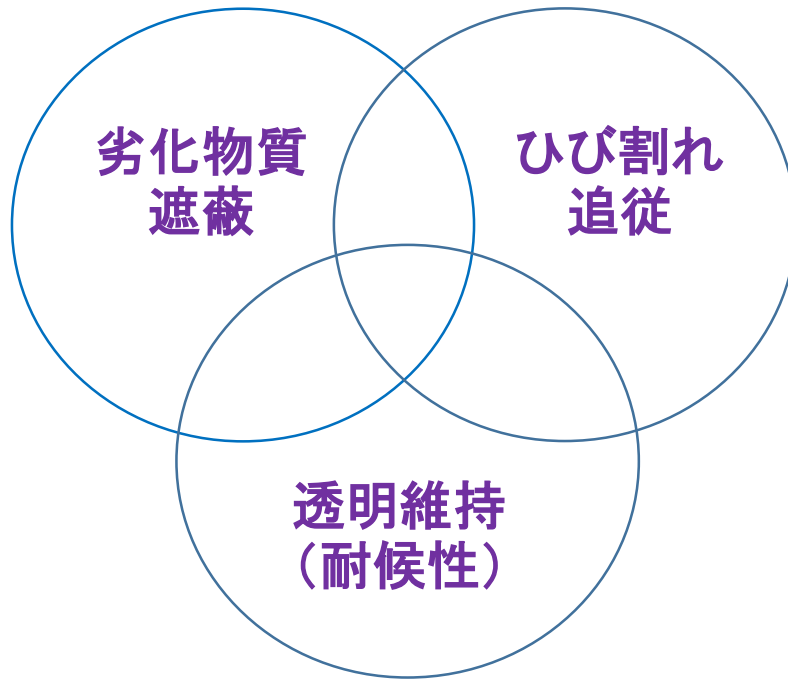
## ○表面保護対策の種類と特徴

	透明表面被覆 (本工法)	従来型(有色) 表面被覆	表面含浸 (シラン・けい酸)	はく落防止 透明	その他(ひび割 れ検知等)
劣化防止性能(特に ひび割れある場合)	○	○	△	○	△
剥落防止	△	△	×	○	×
施工のし易さ	優	良	優	可	
点検・維持管理	優	可	優	優	優
コスト	良	良	優	可	

(○:機能を有する △:条件によっては有効 ×:機能を有さない)

# ○透明なコンクリート保護材料の要素技術 ～開発の視点～

3つのキーとなる要素を塗膜に組み込む必要がある

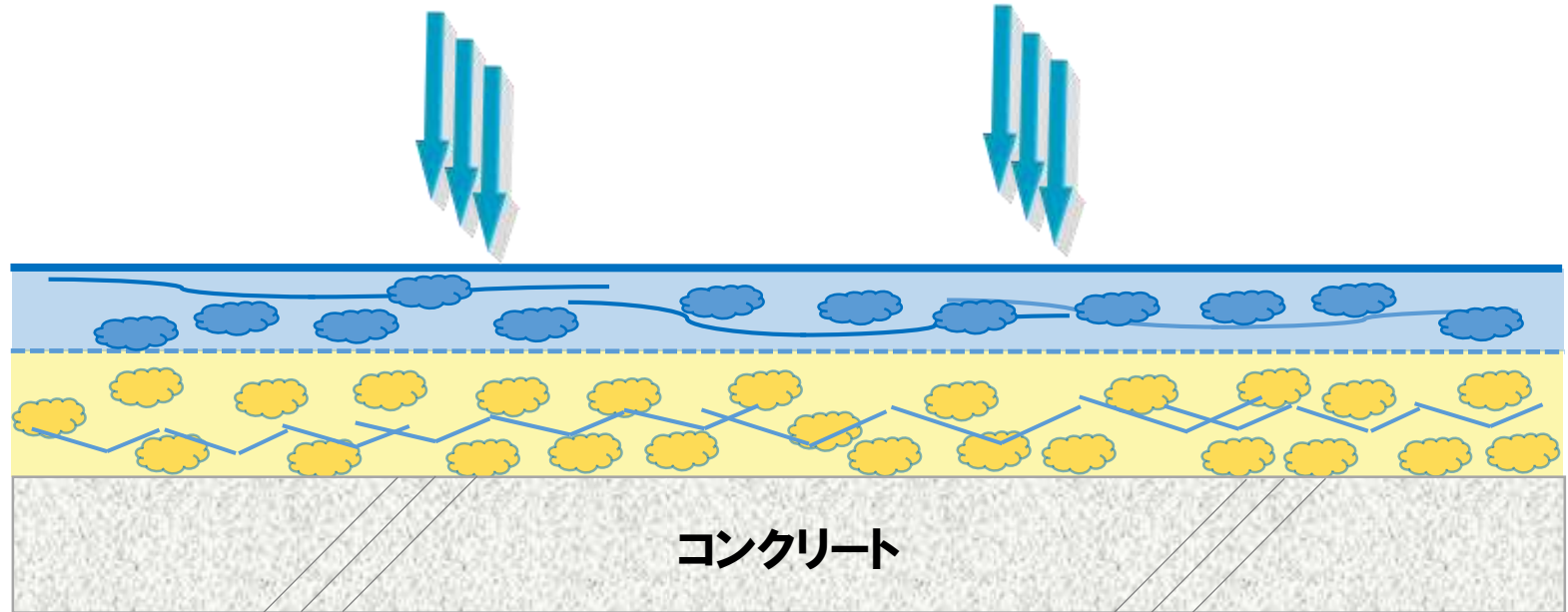


- 腐食促進物質を遮蔽する樹脂および顔料の選定
- コンクリートに発生するひび割れに対する追従性を有する樹脂選定
- 長期にわたり透明を維持する耐候性のよい樹脂の選定

本工法の透明な塗膜は、相反する事象に対しても最適なバランスをとり、必要とする膜性能を確立。

# 従来型有色被覆の遮蔽効果

二酸化炭素、水分、塩分



ふっ素樹脂  
(柔軟性、耐候性)

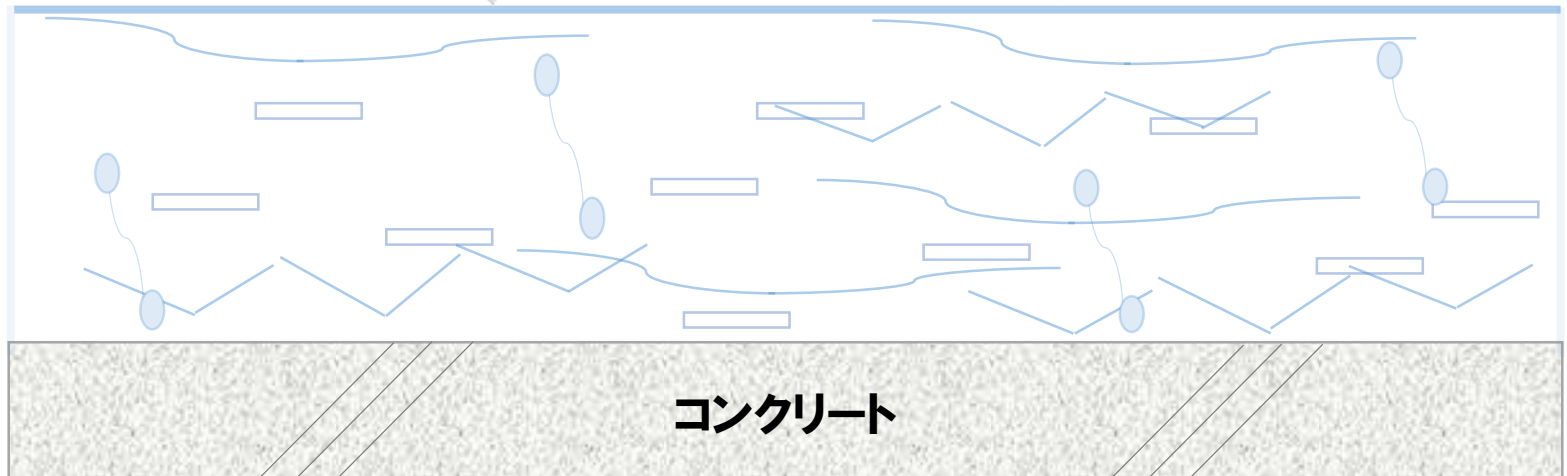
顔料  
(遮蔽性)

エポキシ樹脂  
(付着性、強靱性)


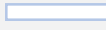




# 透明な本工法被覆の材料新技術

二酸化炭素、水分、塩分



クリア  
上塗  
750 μm

	アクリルシリコン樹脂 (柔軟性、耐候性)		りん片状透明顔料 (遮蔽性)
	エポキシ樹脂 (付着性、強靱性)		特殊増粘剤(厚膜性)

# ○表面被覆材の基本性能

- コンクリート構造物の補修対策施工マニュアル(案)
- 表面被覆・含浸工法編 が求める品質を満足

●表面被覆材の基本性能の例

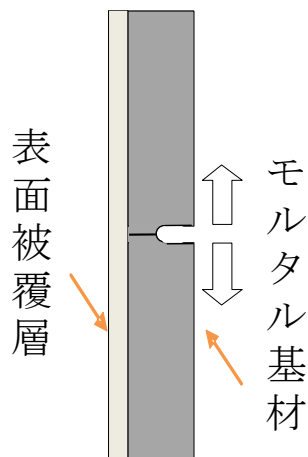
表面被覆材に求める品質\*等の照査

要求性能	照査項目		本工法
塩化物イオン遮蔽性	塩化物イオン透過量		$0.34 \times 10^3 \text{ mg/cm}^2 \cdot \text{日}$ 以下
酸素遮蔽性	酸素透過量		$4.7 \times 10^2 \text{ mg/cm}^2 \cdot \text{日}$
水蒸気遮蔽性	透湿量		$0.4 \text{ mg/cm}^2 \cdot \text{日}$
二酸化炭素遮蔽性	中性化深さ		0.0 mm
ひび割れ追従性	塗膜の伸び	標準養生後(20°C)	0.65 mm
		標準養生後(-20°C)	0.62 mm
		促進耐候性後	0.56 mm
付着性	付着強さ	標準養生後	$1.57 \text{ N/mm}^2$
		促進耐候性試験後	$2.96 \text{ N/mm}^2$
		温冷繰り返し試験後	$1.77 \text{ N/mm}^2$
		耐アルカリ性試験後	$1.68 \text{ N/mm}^2$

\* 土木研究所: コンクリート構造物の補修対策施工マニュアル(案) 表面被覆・含浸工法編

# ○ひび割れ追従性

試験方法 : ひび割れの入ったモルタル板に、本工法の方法を塗装し、塗膜を形成。  
28日間、23℃で乾燥させた塗膜を標準状態とし、標準状態の膜を23℃でひび割れ追従性を試験(常温試験)、標準状態の膜を-20℃で試験(低温試験)、標準状態の膜にキセノンランプを700時間照射後23℃で試験(促進耐候性試験)の3水準を実施した。  
(JSCE-K 532-2010に拠る)



条件	のび(最大荷重時)
常温試験	0.65mm
低温試験	0.62mm
促進耐候性試験	0.56mm

いずれの条件でも0.4mm以上の伸びがあり、コンクリート躯体の保護に有効  
塗膜は約1mmで破断

# ○視認性：ひび割れの可視性

試験方法：ひび割れの入ったモルタル板に、本工法の方法を塗装し、塗膜を形成。  
7日間室温(23℃)で乾燥させた塗膜を、引っ張り試験機で両端を引っ張り、その時の塗膜状態の変化を観察した。



変位:0.0 mm

引張開始前  
ひびを目視確認が可能



変位:0.7 mm

引張(変位)0.7mm時点  
ひびが白く変化

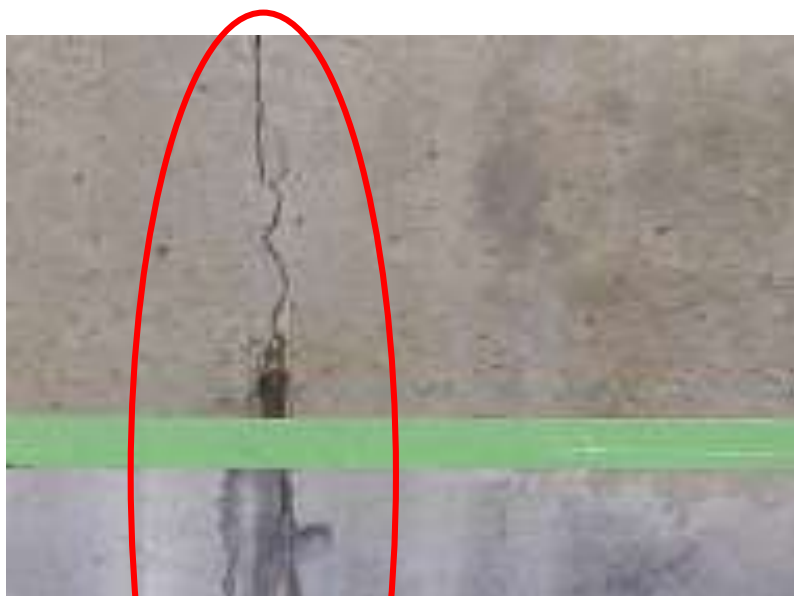


変位:1.0 mm

引張(変位)1.0mm時点  
塗膜が破断

ひび割れを十分目視で確認することができ、クラック追従性があり、透明を維持する樹脂を使用することの効果認められる。  
ひび割れが拡大し、0.7mm(変位)になると塗膜の外観異常(白化)が生じ、ひび割れの点検観察を容易にする効果があります。

# ○視認性：実際のコンクリート面での塗装状態



塗装面

無塗装面

ひび割れがあるところに塗装して塗膜を形成。  
塗装面においてもひび割れが目視で十分わかる。  
(施工前よりも視認性が向上)



被覆膜を通して背後の情景を視認可能



# ○視認性：透明な表面保護材料の定量的評価指標

現地視認性試験 写真まとめ  
 塗料名: タフガードクリアーⅡ

写真									
プライヤー種	タフガードクリアープライマー	タフガードEプライマー	タフガードE-VM用プライマー	タフガードR-Wプライマー	1液浸透シーラー	1液ファインシーラー	ファイン浸透シーラー	水性カチオンシーラー	ウルトラシーラーⅡ
目録判定(量材)	○	△	△	△	△	△	△	△	○

塗料名: タフガードクリアーⅡ(マスキング20%)

写真									
プライヤー種	タフガードクリアープライマー	タフガードEプライマー	タフガードE-VM用プライマー	タフガードR-Wプライマー	1液浸透シーラー	1液ファインシーラー	ファイン浸透シーラー	水性カチオンシーラー	ウルトラシーラーⅡ
目録判定(量材)	○	△	△	△	△	△	△	△	○

塗料名: タフガードクリアーⅡ(ガラススベーパー)

写真									
プライヤー種	タフガードクリアープライマー	タフガードEプライマー	タフガードE-VM用プライマー	タフガードR-Wプライマー	1液浸透シーラー	1液ファインシーラー	ファイン浸透シーラー	水性カチオンシーラー	ウルトラシーラーⅡ
目録判定(量材)	○	△	△	△	△	△	△	△	○

塗料名: タフガードクリアーⅡ(マスキング20%)

写真									
プライヤー種	タフガードクリアープライマー	タフガードEプライマー	タフガードE-VM用プライマー	タフガードR-Wプライマー	1液浸透シーラー	1液ファインシーラー	ファイン浸透シーラー	水性カチオンシーラー	ウルトラシーラーⅡ
目録判定(量材)	○	△	△	△	△	△	△	△	○

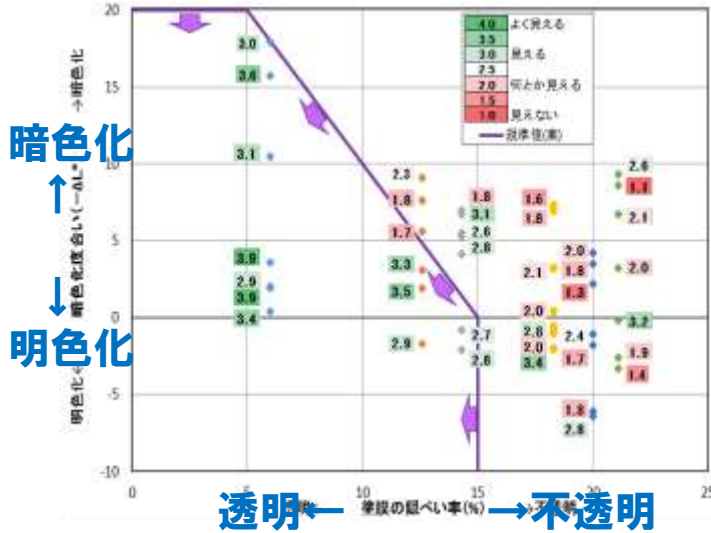
塗料名: タフガードクリアーⅡ(ガラススベーパー)

写真									
プライヤー種	タフガードクリアープライマー	タフガードEプライマー	タフガードE-VM用プライマー	タフガードR-Wプライマー	1液浸透シーラー	1液ファインシーラー	ファイン浸透シーラー	水性カチオンシーラー	ウルトラシーラーⅡ
目録判定(量材)	○	△	△	△	△	△	△	△	○



・視認性の定量的評価方法  
 → 塗膜の隠ぺい度試験を応用した  
 試験基準の提案

「コンクリート表面の視認性に関する表面  
 被覆材の評価方法(案)」の検討



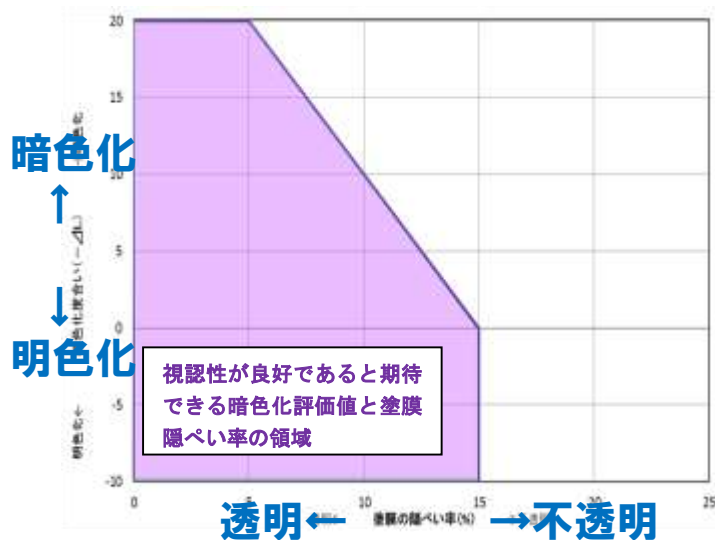
# ○視認性：透明な表面保護材料の定量的評価指標



- 土研資料 第4387号
- 「コンクリート表面の視認性に関する表面被覆材の評価方法(案)」を策定
- 土木研究所の [HPからダウンロード](https://www.pwri.go.jp/team/imarrc/) できます。
  - Topページ → iMaRRCの活動 → 近年の主な研究成果
  - <https://www.pwri.go.jp/team/imarrc/activity/tech-info.html>

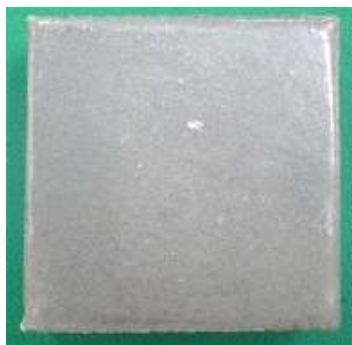
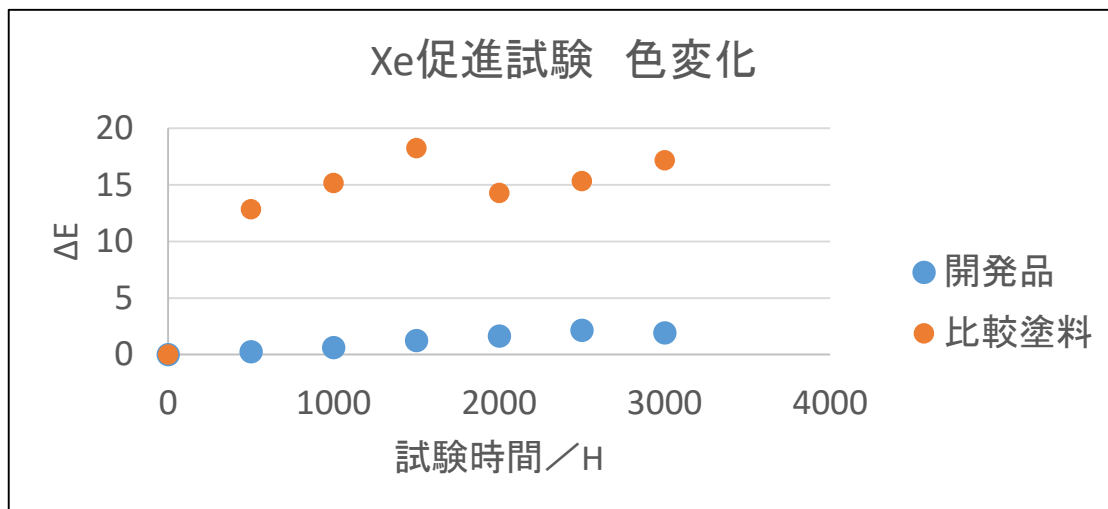
• 視認性の定量的評価方法  
→ 塗膜の隠ぺい度試験を応用した  
試験基準の提案

「コンクリート表面の視認性に関する表面被覆材の評価方法(案)」の判定図

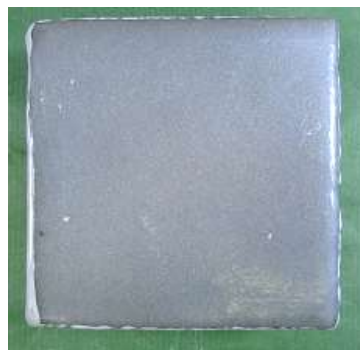


# ○視認性：耐候性

試験方法：7×7 ISOモルタルに各仕様を塗装し、23°C50%RHで28日養生したものを、JIS K 5600-7-7(キセノンランプ法)にて促進試験後、2000Hまで500H刻みで色相を測定した。



初期



促進耐候性試験2000H後

⇒促進耐候性試験後も大きな色変化がなく、視認性を維持できている。

屋外暴露による耐久性評価



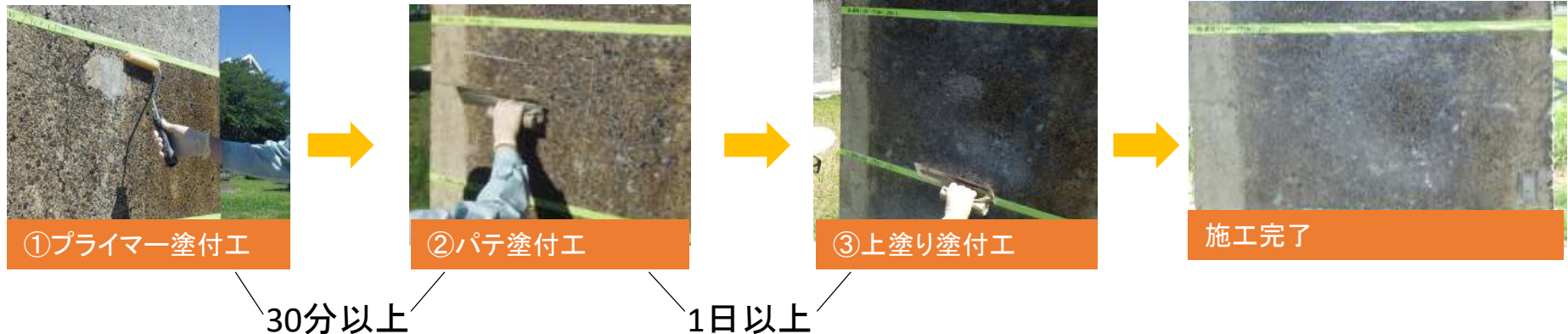


# ○塗装仕様と施工工程

## 施工工程

工 程	製品名 (一般名称)	使用量 (kg/m <sup>2</sup> )	目標膜厚 (μm)	施工方法	塗装間隔 (23℃)
素地調整	サンダーケレン・シンナー拭き・ブラシやエアブロー、その他規定された工法により、段差修正やレイタンス・塩分・油脂分などの異物や脆弱層を除去し、施工に適した状態にする。また、欠損部、鉄筋露出部や漏水がある場合は別途鉄筋防錆、埋め戻し等の断面修復や止水、導水処理を事前実施する。				
プライマー	タフガードクリアープライマー (アクリル樹脂速乾プライマー)	0.12~	—	はけローラー	30分~7日以内
パテ	タフガードクリアーパテ (柔軟形特殊クリアーパテ)	0.36	—	コテヘラ	16時間から5日以内
上塗り	タフガードクリアー上塗 (柔軟形特殊クリアー塗料)	0.92	750	コテヘラ	—

※プライマーおよびパテの使用量は、コンクリートの素地の状態によって大幅に変動します。 ※いずれの工程も無希釈にて塗装ください。



2日間で塗装が完了します。

従来工法では4日間かかっていましたが、工程短縮が可能となります。

# ○透明表面被覆工法：CC-B品質規定合格仕様

## — 特徴 —

- ◆ 鋼道路橋防食便覧CC-B品質規定に適合
- ◆ 施工後も、躯体の視認性を維持
- ◆ 2工程・最短1日で施工可能

## — 主な施工対象物 —

- ◆ コンクリート橋の梁・脚

## — 塗装仕様 —

- 1層目 タフガードクリヤープライマー  
(0.12kg/m<sup>2</sup>・はけ)
- 2層目 タフガードクリヤーパテ  
(0.60kg/m<sup>2</sup>・へら)



## 試験結果報告書

日本ペイント株式会社 殿

一般財団法人 日本塗料検査協会 東支部  
神奈川県藤沢市宮前3-6-3



依頼No.171108

報告日：平成29年 9月19日

支 部 長	担 当 者

品 名	タフガードクリヤー工法 CC-B仕様	試験受付日	平成29年 7月24日
		試験採取日	平成 年 月 日
		試験採取場所	提 出
製 造 者	日本ペイント株式会社	試 料 数 量	1

試 験 項 目	成 績	規 格	
		公益社団法人 日本道路協会 鋼道路橋防食便覧 (平成26年3月) コンクリート塗装材料の品質 CC-B	
塗 膜 の 外 観	塗膜は均一で、流れ・むら・はがれがない。	塗膜は均一で、流れ・むら・はがれのないこと。	
耐 候 性	促進耐候試験を300時間行ったのち、白亜化は無く、塗膜に割れ、はがれがない。	促進耐候試験を300時間行ったのち、白亜化はほとんど無く、塗膜に割れ、はがれのないこと。	
遮 塩 性	測定下限値 ( $0.34 \times 10^{-3}$ mg/cm <sup>2</sup> ・日)以下	塗膜の塩素イオン透過量が $10^{-3}$ mg/cm <sup>2</sup> ・日以下であること。	
耐 アルカリ性	水酸化カルシウムの飽和溶液に30日間浸漬しても、塗膜に膨れ・割れ・はがれ・軟化・溶出がない。	水酸化カルシウムの飽和溶液に30日間浸漬しても、塗膜に膨れ・割れ・はがれ・軟化・溶出のないこと。	
コンクリートとの付着性	25/25	25/25であること。	
ひびわれ追従性	42%	塗膜の伸びが4%以上あること。	

以 下 余 白

# ○道路橋上部工での施工例

(施工一年経過後)

©2018年 関東地区



側径間: 表面被覆工



道路上空: 剥落防止工

# ○道路橋下部工での施工例

◎2015年 中国地区



# ○道路橋下部工での施工例

## ◎施工箇所の1年経過後の状態



ひび割れ部などのコンクリート状態が目視確認可能



供用中の異常(付着不良や端部めくれ等)はみられていない

# ○道路橋上部工での施工例

◎2019年 中国地区

県歴史重要文化財の道路橋

コンクリートローゼ橋 施工面積:800m<sup>2</sup>



道路橋手前側に鋼桁歩道橋添架

# ○適用事例

◎2018年 中国地区、関東地区



鉄道橋高欄



道路橋(補修箇所が多い)



# ○適用事例

◎2017年 関東地区



施工状況(2017年9月)



火害を受けたコンクリート面を目視可能

## 躯体の変状を目視で継続確認するために本工法で表面被覆

### ◎主な適用実績

#### 橋梁

- ・NEXCO 中国支社小郡管理内
- ・NEXCO 中国支社津山管理内
- ・関東地区 国道橋梁修繕、市道橋梁修繕工事
- ・北陸地区 県道橋梁工事

#### その他

- ・ガス製造所 配管架台補修工事
- ・鉄道 信号中継所 庇・壁 修繕工事