

## 第2編 コンクリート構造物表面保護要領

平成30年 7月

阪神高速道路株式会社

## 第3章 設計

### 3.3 表面保護工の選択基準

- (1) 表面保護工の種別は、コンクリート構造物の保護対象部位と損傷の程度や、その周辺環境に合わせて下表に示すA～F種より選定する。

表-3.3.1 表面保護工の種別

種別	コンクリート構造物の部位、使用条件等
A 種	コンクリートの質感を生かした予防保全に用いる種別である。
B 種	既設の鉄筋コンクリート、プレストレストコンクリート構造物の中性化により劣化、もしくはひび割れ、鉄筋腐食等が発生したコンクリートの補修、および新設の鉄筋コンクリート、プレストレストコンクリート構造物の中性化や塩害の予防保全に用いる種別である。
C 種	劣化の進行により、コンクリート片の剥落による第三者影響が懸念される部位に用いる種別である。
D 種	塗り替えが困難な部位や、特に著しい腐食が予想される環境（主に塩害環境）に置かれた構造物等の特定部位の重防食のために用いる種別である。
E 種	排気ガスやほこりによる汚れを防止もしくは軽減するために用いる種別である。
F 種	ASR による劣化の補修のために用いる種別である。

- (2) 表面保護工の種別選定時には、設計対象構造物と類似環境に位置する他の施工事例（施工後の経過等）を考慮することが望ましい。

#### 【解説】

##### (1)について

本章では表面保護工に対する要求性能に対し、種別を A 種～F 種の 6 種類に分類した。その基本的な選択例を図一解 3.3.1 に示す。ただし、例えば、塩害においては、調査時に外観上の浮きや剥離等が顕在化していない場合であっても、内在塩分による鉄筋腐食が生じる可能性も考えられる。このように、画一的に図一解 3.3.1 によるのではなく、個々の構造物の状況をふまえて、適切な補修方法を検討すること。

また、複合劣化（塩害・ASR・中性化等）が懸念される場合においても、図一解 3.3.1 によらず損傷の原因を検討した上で、適切な補修方法を検討すること。

### 第3章 設計

---

#### ① A種

ひび割れに対する追従性や塗膜自体の柔軟性は期待しないが、コンクリートの素地の持つ質感を生かしながら予防保全を目的として行う表面保護工である。

#### ② B種

塩害予防や、従来から発生しているコンクリートの中性化やひび割れ等について用いる中防食を目的とし、塗膜に柔軟性を持たせたものである。

#### ③ C種

B種の目的に加え、劣化の進行により、コンクリート片の落下による第三者に対する影響が及ぶ可能性があると考えられる部位に部分的に用いる。

#### ④ D種

塗装の塗り替えが困難な場所や、塩害に対する環境条件が特に厳しい地域に設置される構造物や、海水飛沫等の掛け具合を考慮して同一部材であっても特に塗り分けを必要とするような部位の重防食のために用いる。

#### ⑤ E種

料金所付近の高欄等、車両の排気ガスやほこりによる汚れを軽減する場合に用いる。

#### ⑥ F種

ASRにより劣化したコンクリート構造物に用いる。

#### (1)、(2)について

表面保護工法の選択についてのフローチャートを図一解3.3.1に示す。また、フローチャートの判定は、以下を参考とする。

#### ① ひび割れ「有り」

各構造物、部位毎に「道路構造物の点検要領」を参照し、ひび割れがSもしくはAと判定され、かつ補修が必要と判断された場合。

#### ② 塩害「著しい」

塩害により劣化・損傷が生じている、もしくは、劣化・損傷は生じていないものの、塩化物イオンの侵入が著しく損傷発生が予想される場合。

## 第3章 設計

### 3.4 表面保護工の品質基準

表面保護工の種別は、表-3.4.1 に示す性能レベルを満足するものでなければならぬ。なお、性能確認試験は公的機関で実施すること。

表-3.4.1 各種別に対して要求される性能レベル

種別 性能の区分	予防保全		中防食		高耐久	重防食	ASR						
	A種		B種	C種	D種	E種	F種						
	撥水系 (含浸)	セメント系					撥水系 (含浸)	撥水系 (塗膜)	防水系				
耐アルカリ性	水酸化カルシウムの飽和溶液に30日間浸漬しても外観変化、あるいは塗膜に膨れ、割れ、剥がれ、軟化、溶出のこと。												
一体性（気中） (N/mm <sup>2</sup> )	-	0.5以上	2.0以上	母材破壊 または 2.0以上	2.0以上		-	0.3以上	0.3以上				
一体性 (水中・半水中) (N/mm <sup>2</sup> )													
非吸水性 (g/m <sup>2</sup> ・日)	3.5以下		1.0以下		1.2以下	2.5以下	3.5以下	3.5以下	1.2以下				
透湿性 (g/m <sup>2</sup> ・日)	30以上	-	-	-	-	-	30以上	15以上	5以上				
Cl <sup>-</sup> 遮断性 (mg/cm <sup>2</sup> ・日)	(10 <sup>-2</sup> 以下)	10 <sup>-2</sup> 以下	10 <sup>-3</sup> 以下		(10 <sup>-4</sup> 以下) 10 <sup>-3</sup> 以下	-	-	-	-				
O <sub>2</sub> 遮断性 (mol/m <sup>2</sup> ・年)	-	-	1.00以下		0.34以下	-	-	-	-				
ひび割れ追従性 (mm)	-	-	0.4以上		0.7以上	-	-	0.7以上					
耐候性 (促進耐候性)	促進耐候性試験を1500時間行った後、白亜化はほとんどなく（JIS K 5600 8.6における等級1以下）、塗膜に膨れ、割れ、剥がれのないこと。				注1)	促進耐候性試験を1500時間行った後、白亜化はほとんどなく（JIS K 5600 8.6における等級1以下）、塗膜に膨れ、割れ、剥がれのないこと。							
耐候性 (色差・光沢保持率)	-				色差1.5以下 光沢保持率90%以上		-						
剥落防止性 (押抜き変位・荷重)	-			押抜き変位 10mm以上 において 1.5kN以上 注2) 3)	-								
ひび割れ可視性 注4)	-						促進耐候性試験を 1500時間行った後、 ひび割れ可視性に 支障のないこと。						

注1) 促進耐候性試験を3000時間行った後、白亜化はほとんどなく（JIS K 5600 8.6における等級1以下）、塗膜に膨れ、割れ、剥がれのないこと。

注2) 最大荷重を発揮した後に、急激な強度低下を示さないこと。

注3) 表面被覆材の破壊形態が、脆性的な破壊を示さないこと。

注4) コンクリート表面のひび割れ等損傷の可視性を求める場合に適用する。

#### 【解説】

① 各種性能レベルの考え方を以下に示す。なお、性能レベルの評価分類については「参考資料 1-1」に再録している。

### 第3章 設計

---

#### 1) 耐アルカリ性

耐アルカリ性については、いずれの種別にあっても要求されるものであって、明確な性能レベルの相違を各種別間で設けなかった。

#### 2) 一体性

平成19年改定より前では、B、D、E種の一体性を「気中 $1\text{N/mm}^2$ 以上、水中、半水中 $0.7\text{N/mm}^2$ 以上」としていた。しかし、平成9年度に実施した共通試験結果より、B、D、E種では、一体性「(気中、水中、半水中ともに) $2\text{N/mm}^2$ 以上」の性能レベルを満足することが確認されたため、平成19年版では「 $2\text{N/mm}^2$ 以上」へ変更している。

また、ASRに対応するF種については、用いる塗膜のひび割れ追従性の観点から一体性はむしろ小さな方が良いため「 $0.3\text{N/mm}^2$ 以上」としている。なお、A種の撥水系(含浸)については一体性の基準を設定しにくいため、平成19年版と同様に性能レベルを設けていない。

C種では、主な破壊形態(表面被覆材の一体性として望ましい順に、基板破壊、塗材内の凝集破壊もしくは塗材間の界面破壊、基板と塗材間との界面破壊)も確認する。一体性試験の各供試体試験面において、複数の破壊形態がある場合、合算した破壊面積の最大値を用いる等総合的に判断する。また、平成28年度に実施した性能確認試験結果より、現存する表面被覆材では、促進耐候性試験を1500時間行った後においても、一体性「 $2\text{N/mm}^2$ 以上」の性能レベルを有することが確認されたため、劣化後も同等の性能を有することが望ましい。

#### 3) 非吸水性

中性化、塩害、ASRのいずれにも関連する性能であり、全ての種別に対して基準を設けた。重防食のD種およびASR膨張の観点から吸水が極めて小さいことが要求されるF種の防水系については非吸水性「 $1.2\text{g/m}^2 \cdot \text{日}$ 以下」とし、予防保全を目的とするA種については「 $3.5\text{g/m}^2 \cdot \text{日}$ 以下」としている。

平成19年改定より前では、重防食のD種およびF種の防水系については「橋脚 $1.6\text{g/m}^2 \cdot \text{日}$ 以下、高欄 $1.2\text{g/m}^2 \cdot \text{日}$ 以下」としていた。しかし、平成9年度に実施した共通試験結果より、D、F種では、高欄の非吸水性「 $1.2\text{g/m}^2 \cdot \text{日}$ 以下」の性能レベルを満足することが確認されたため、平成19年版では橋脚と高欄の区別を削除して高欄の性能レベルを採用した。また、平成9年度に実施した共通試験結果より、B、C種では、非吸水性「 $1.0\text{g/m}^2 \cdot \text{日}$ 以下」を満足することが確認されたため、「 $2.5\text{g/m}^2 \cdot \text{日}$ 以下」から「 $1.0\text{g/m}^2 \cdot \text{日}$ 以下」としている。

### 第3章 設計

#### 4) 透湿性

予防保全あるいはASRで要求される性能項目である。主として撥水系を想定しており、ASRに対する応急措置として用いることのできるA種の撥水系（含浸）は透湿性「 $30\text{g}/\text{m}^2 \cdot \text{日以上}$ 」とし、F種の撥水系（塗膜）では性能レベルを「 $15\text{g}/\text{m}^2 \cdot \text{日以上}$ 」としている。さらに、F種の防水系においても、透湿性が大きいことが好ましいため透湿性「 $5\text{g}/\text{m}^2 \cdot \text{日以上}$ 」としている。

平成19年改定より前では、F種の防水系において透湿性「 $0 \sim 5\text{g}/\text{m}^2 \cdot \text{日}$ 」を採用していたが、現状では、多くの工法が透湿性「 $5\text{g}/\text{m}^2 \cdot \text{日以上}$ 」の性能レベルを満たすため、平成19年改定時に性能レベルを変更している。

#### 5) 塩化物イオン遮断性（Cl<sup>-</sup>遮断性）

重防食のD種は、本来、塩化物イオン遮断性「 $10^{-4}\text{mg}/\text{cm}^2 \cdot \text{日以下}$ 」であるべきであるが、試験精度等の問題（一般的な測定器では、「 $10^{-4}\text{mg}/\text{cm}^2 \cdot \text{日以下}$ 」を測定することが困難）から「 $10^{-3}\text{mg}/\text{cm}^2 \cdot \text{日以下}$ 」でも使用できるものとして（「 $10^{-4}\text{mg}/\text{cm}^2 \cdot \text{日以下}$ 」）を加えている。

その他の中防食については塩化物イオン遮断性「 $10^{-3}\text{mg}/\text{cm}^2 \cdot \text{日以下}$ 」とし、予防保全のセメント系は「 $10^{-2}\text{mg}/\text{cm}^2 \cdot \text{日以下}$ 」とした。また、予防保全の撥水系（含浸）は本来、塩化物イオン遮断性「 $10^{-2}\text{mg}/\text{cm}^2 \cdot \text{日以下}$ 」が望ましいが、フリーフィルムによる測定が不可能なため性能レベルの設定が困難である。よって（「 $10^{-2}\text{mg}/\text{cm}^2 \cdot \text{日以下}$ 」）としてその精神を反映させている。

#### 6) 酸素遮断性（O<sub>2</sub>遮断性）

測定の結果得られた酸素透過量が必ずしも鋼材腐食量の直接的な目安とならないため、重防食のD種と中防食のB、C種のみで規定し、D種では酸素遮断性「 $0.34\text{mol}/\text{m}^2 \cdot \text{年以下}$ 」、B種およびC種については「 $1.00\text{mol}/\text{m}^2 \cdot \text{年以下}$ 」としている。

平成19年改定より前では、D種では酸素遮断性「脚： $1.00\text{mol}/\text{m}^2 \cdot \text{年以下}$ ；高欄： $0.34\text{mol}/\text{m}^2 \cdot \text{年以下}$ 」、B種およびC種については「脚： $2.28\text{ mol}/\text{m}^2 \cdot \text{年以下}$ ；高欄： $1.00\text{mol}/\text{m}^2 \cdot \text{年以下}$ 」としていた。しかし、平成9年度に実施した共通試験結果より、D種では高欄の酸素遮断性「 $0.34\text{mol}/\text{m}^2 \cdot \text{年以下}$ 」、B、C種のでは「 $1.00\text{mol}/\text{m}^2 \cdot \text{年以下}$ 」の性能レベルを満足することが確認されたため、平成19年改定時に橋脚と高欄の区別を削除して高欄の性能レベルを採用している。

#### 7) ひび割れ追従性

一般的に良好な性能が要求されているB、C、D種およびコンクリートの膨張が生じる可能性を有しているASRに対応するF種で性能レベルを設けた。F種については、ひび割れ追従性「 $0.7\text{mm以上}$ 」とし、B(C)種については「 $0.4\text{mm以上}$ 」、D種については「 $0.7\text{mm以上}$ 」としている。

平成19年改定より前では、B、D種についてひび割れ追従性「 $0.10\text{mm以上}$ 」としていた。しかし、平成9年度に実施した共通試験結果より、B種では「 $0.4\text{mm以上}$ 」、D

### 第3章 設計

種では「0.7mm以上」の性能を満足することが確認されたため、平成19年改定時に性能レベルを変更している。

耐汚染に対応するE種では、適用部位を考慮するとひび割れ追従性を有することが望ましいが、現状の技術レベルでは耐汚染性と柔軟性を両立させた品質を得ることが困難なので、耐汚染性を重視し、平成19年版と同様にひび割れ追従性の性能レベルは特に設けていない

#### 8) 耐候性

耐候性については促進耐候性試験をD種は3000時間、D種以外は1500時間行った後、白亜化はほとんどなく、塗膜に膨れ、割れ、剥がれのないこととする。D種、E種はこれに加えて京阪神地区（東神戸大橋暴露試験場）における6ヶ月の暴露試験結果をふまえ、色差1.5以下、光沢保存率90%以上を要求した。

なお、撥水系（含浸）については、撥水系（含浸）材料を塗布したスレート板の促進耐候性試験後の外観は、表面が荒れた状態であり、試料未塗布のスレート板の表面状態とあまり差がなく、外観から劣化状況を把握することが困難な場合があるため、促進耐候性試験を1500時間行った後、撥水性が原状試験片と変わりないことを確認すればよい。

促進耐候性試験の時間は、材料の性能向上により各技術基準においても一般的に試験時間が延長される現状を反映し、平成19年版ではD種を3000時間、それ以外を1500時間と設定していた。現状では、JIS A 6909にて品質が3種に分類され、最も品質の高い順に「耐候形1種2500時間、耐候形2種1200時間、耐候形3種600時間」と設定されており、土木学会では「高耐久3000時間以上、標準1500時間以上」(JSCE K 511-2013、「表面保護工法設計施工指針（案）」(土木学会、平成17年4月))と設定されている。また、試験時間は、キセノンランプを照射した場合(JIS K 5600)の時間とした。現状では、評価技術が確立されていないため、今後の研究および実績等により将来的に試験時間を再設定することが望まれる。

白亜化の確認は、JIS K 5600 8.6の粘着テープを使用する方法で行う。また、白亜化がほとんどない状態とは、JIS K 5600 8.1の等級表に示される等級1以下とする。

#### 9) 剥落防止性

中防食のC種における使用条件は、「劣化の進行により、コンクリート片の剥落による第三者影響が懸念される部位に用いる種別である。」としている。同じ中防食であるB種の使用条件に加え、コンクリート片の落下による第三者影響を抑止する性能が求められることとなるが、従来のC種ではコンクリート片の剥落防止性の性能レベル規定がなかった。

現在、剥落防止性を評価する試験方法としては、土木学会基準としてJSCE-K533-2 013「コンクリート片の剥落防止に適用する表面被覆材の押し抜き試験方法（案）」があり、他機関における剥落防止性の評価性能レベルとしては、押抜き荷重1.5kN以上を規定されていることから、本要領でもこれを準用することとした。なお、土木学会では、「表面被覆材がコンクリート面に貼り付けられていることを考慮して安全率3

### 第3章 設計

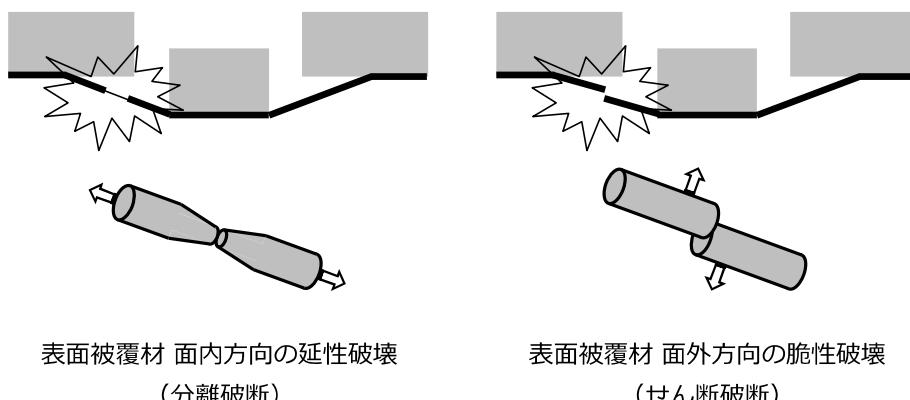
を考えると、およそ 50kg ( $\approx 0.5\text{kN}$ ) の質量のコンクリート片の剥落を防止する性能とみなせる。」としている（土木学会論文集 E2, Vol.68, No.1, 1-8, 2012）。

本改定における剥落防止性の性能レベルとして、耐荷重強度のみの規定ではなく、点検時に剥落による表面被覆材の損傷箇所の変位が把握できることも重要であると考え、目視確認が容易に行える程度の変形性能として押抜き変位 10mm 以上での強度発揮 1.5kN 以上を求めるとした。

また、剥落による変位と共に、急激な強度低下を示す表面被覆材では、変形に追従した剥落片の保持性能に乏しく、点検により損傷を発見する以前に剥落片が落下に至る恐れがあることから、押抜き試験において最大荷重を発揮した後に、急激な強度低下を示さないことを付記した。

さらに、平成 26 年度実施の性能確認試験および近年発生した表面被覆材施工後の再劣化によるコンクリート片剥落事例の双方における破壊形態を参考にすると、押抜き試験において図一解 3.4.2 に示すように、面内方向（例えば、シートに用いられる繊維方向）に延性破壊（塑性変形の後に分離破断）することを基本とし、面外方向（例えば、シートに直行する荷重方向）に脆性破壊（塑性変形を伴わないせん断破断）を示さないことが、損傷が進行した場合においても剥落片の保持に有効であることから、押抜き試験における表面被覆材の破壊形態としては、脆性的な破壊を示さないことを合わせて付記した。

なお、平成 26 年度実施の押抜き試験により、急激な強度低下を示すものと判断された試験体は、脆性的な破壊形態を呈することを確認しており、急激な強度低下と破壊形態には一定の相関性がみられた。よって、剥落防止性を評価するにあたっては、これらを総合的に判断し、破壊に至るまでの性状を把握するとよい。



図一解 3.4.2 表面被覆材の破壊形態

#### 10) ひび割れ可視性（ひび割れ等の可視化を求める場合）

従来のF種は、ASR抑制対策として適用する種別であり、塗色は白色系を標準としている。ASRの特徴として、対策後も膨張やひび割れ等の劣化が継続する場合があるが、白色系の表面保護工の施工後は、躯体の外観が直接観察できず、劣化の進展が把握しづらくなるという維持管理上の課題がある。この課題に対応するため、本改定で

### 第3章 設計

---

は、透明な表面保護工に対応した新たな要求性能として、「ひび割れ可視性」を必要に応じて追加できることとし、従来用いられてきた白色系の表面被覆材とともに、両者を併存させることとした。ここで、「ひび割れ可視性」とは、“点検時に、表面保護工を通して、ひび割れ等の軸体表面の変状が視認できる性能”として定義した。

あわせて、ひび割れ可視性について、可視光線透過率やヘーズ値（曇価）に着目し、目標とする性能レベルの定量化について検討を行った。予め可視光線透過率やヘーズ値（曇価）を段階的に変化させたひび割れ可視性評価プレートを作成し、実構造物でひび割れ幅の確認が可能な範囲について調査を実施した結果、可視光線透過率50%以上、ヘーズ値（曇価）60%以下であれば、0.1mmのひび割れ幅を明確に確認可能であった。これにより、ひび割れ可視性を担保しうる両指標のしきい値の当面の目安として、上記の値を参考としてよい。

- ② 前改定より前のF種は撥水系（塗膜）と防水系の2種に分類していたが、平成19年改定時には新たに撥水系（含浸）を追加した。これは、ASRについて平成5年から平成9年にかけて実施した表面保護工の暴露試験より、撥水系（含浸）の表面含浸材もASRの抑制対策として効果を発揮する結果が得られたことを反映させたものであった。ただし、撥水系（含浸）の材料は、開発後、耐用年数を確認するための十分な年数が、未だに経過していないもの多いため、適用の際に耐用年数について考慮する必要がある。