

材料・施工編

北海道におけるコンクリート構造物の性能保全技術指針

[材料・施工編：目次]

1 章 総 則.....	1
1.1 適用の範囲	1
1.2 材料選定における基本方針.....	1
2 章 材料の概要	2
2.1 有機系材料	2
2.1.1 エポキシ樹脂.....	2
2.1.2 ポリウレタン樹脂	4
2.1.3 ポリウレア樹脂	6
2.1.4 アクリル樹脂.....	7
2.1.5 ビニルエステル樹脂	8
2.1.6 フッ素樹脂.....	9
2.1.7 ポリマーモルタル（樹脂モルタル）	10
2.1.8 シリコーン樹脂	11
2.1.9 シラン	12
2.1.10 含浸性防錆剤.....	14
2.2 無機系材料	16
2.2.1 コンクリート.....	16
2.2.2 無収縮モルタル（グラウト）材	18
2.2.3 ポリマーセメントモルタル	19
2.2.4 ケイ酸塩（Na, Li）	21
2.2.5 混和材料	23
3 章 材料の品質	25
3.1 ひび割れ補修工法.....	25
3.1.1 樹脂系	25
3.1.2 無機系	29
3.2 断面修復工法	32
3.2.1 左官工法	32
3.2.2 吹付工法	35
3.2.3 充填工法	38
3.3 含浸材塗布工法.....	41
3.3.1 シラン系	41
3.3.2 ケイ酸塩系	44
3.4 表面被覆工法	46
3.4.1 有機系	46
3.4.2 無機系	51

4 章 施工の留意事項.....	55
4.1 ひび割れ補修工法.....	55
4.2 断面修復工法	59
4.3 含浸材塗布工法.....	64
4.4 表面被覆工法	67
参考資料.....	71
参.1 材料の性能試験結果	71
参.2 補修対策検討参考資料	80

1 章 総則

1.1 適用の範囲

- (1) 本編は北海道におけるコンクリート構造物に使用する材料の選定及び施工に適用するものとする。
- (2) コンクリート構造物に使用する材料の概要及び低温環境下で特に着目する品質について、各対策工法に基づき示すものとする。

【解 説】

(1) について

材料・施工編は、北海道のコンクリート構造物に使用する材料の選定及び施工について記載した。北海道のコンクリート構造物は積雪寒冷地にあり凍結融解作用を強く受け、また塩害環境下にあるなど、温暖な地域に比べて過酷な使用環境下に置かれている。本編では一般環境下での材料選定に加え、積雪寒冷地特有の条件下での材料選定についても示すこととした。また、施工においては低温環境下での温度管理や品質確保の重要性等を示し、耐久性向上及び再劣化防止に着眼した取りまとめを行った。

(2) について

使用材料については、積雪寒冷地における品質性能に関し取りまとめた文献が少ないのが現状である。本編では一般的環境下における品質性能のほかに、低温環境下での品質性能を可能な限り調査し、対策工法に着眼して取りまとめを行ったものである。

1.2 材料選定における基本方針

- (1) コンクリート構造物に使用する材料は、コンクリート構造物の要求性能、耐久性評価の結果などを考慮するとともに、地域特性、施工条件等を十分踏まえた上で総合的な評価を行い対策工法（補修・補強用等）に応じて適切に選定しなければならない。
- (2) 使用材料の選定では、品質が明確なものを採用しなければならない。

〔解 説〕

(1) について

コンクリート構造物に使用する材料は、対策工法に応じて適切に選定することが重要である。構造物の供用期間と耐用期間の関係を考慮して決定されることが重要であるが、対策部位、施工量、環境、施工時期などを十分踏まえた検討を行うことが望ましい。

(2) について

コンクリート構造物に使用する材料は、品質が明確なものを選定することを原則とする。

積雪寒冷地の構造物に使用する材料に着目すれば、可能な限り低温環境下での性能が確認されている材料を選定することが望ましい。また耐久性向上の観点からは、耐寒性能を確保する事を基本として、施工性、付着性、耐荷性等を十分把握した上で材料選定を行うことが重要である。

3章においては、低温環境下での品質確認項目（案）を示した。これは各機関の品質規定項目を参考にするとともに、施工環境や耐久性向上等を勘案して推奨すべき確認項目として記載したものである。よって、地域特性や使用材料の特徴などに応じ、適宜品質確認項目の設定を行うのが良い。

2章 材料の概要

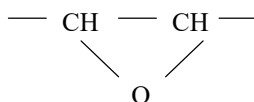
2.1 有機系材料

2.1.1 エポキシ樹脂

エポキシ樹脂とは、分子中に2個以上のエポキシ基を持った化合物と硬化剤（フェノール、アミン等の分子中に活性水素を有する化合物）とが、付加重合し立体構造を形成して硬化する熱硬化性樹脂を指す。

【解 説】

エポキシ樹脂は硬化剤を選択することによって、軟質から硬質まで多様な性能を得ることが可能であるため、コンクリート構造物の補修分野においては注入材や接着剤、塗料等の幅広い分野で最も多く利用される材料である。



図一解 2.1 エポキシ基

1) 材料の特性

a)長所

- ・金属や木材等を含む種々の材料に対して接着性に優れる
- ・硬化剤によって幅広い柔軟性（硬化特性）を得ることができる
- ・耐水性（遮水性）、電気特性（電気絶縁性）の他、各種物質の透過阻止性に優れる
- ・硬化収縮が極めて小さく、形状安定性に優れる

b)短所

- ・紫外線劣化を受けやすい
- ・湿潤環境下では、接着不良を起こす場合がある
- ・低温硬化性に劣る

2) 代表的な用途

a)ひび割れ補修材料

幅広い柔軟性（硬化特性）が得られ、ひび割れ細部への充てん性が高いため、ひび割れ注入材料として最も使用実績が多い材料である。また材料特性（柔軟性）を活かし、ひび割れ幅の変動が生じ得る補修対象について利用されることが多い。ただし、ひび割れ内部が湿潤（漏水）状態にあるときは、接着不良を生じる場合があるため、他材料を選定する必要がある。

b)コンクリート表面被覆材料

物質の透過阻止性や接着性、ひび割れ追従性等に優れるため、下地調整材（プライマー）や不陸調整を目的としたパテ、中塗り材（主材）として最も多く利用されている。なお、エポキシ樹脂は紫外線による劣化を生じやすいため、上塗り材（仕上げ材）には他の被覆材料が適用されることが

多い。

c)各種の接着材料

接着を目的とした用途において最も多く利用されている材料であり、各種繊維シート接着工法（FRP 工法）や鋼板接着工法等に使用する接着剤として利用されている。また、金属等の材料との接着性も良好であることから、後打ちアンカー等の注入材の適用実績も多い。

3) 使用上の留意点

a)気温の影響

エポキシ樹脂の粘性や硬化特性は気温の影響を大きく受け、特に気温が低い場合には粘性が低下（柔軟性が低下）するとともに、硬化に時間を要する。低温環境下で使用する場合には、防寒（給熱）養生を行うことが必須であり、主剤と硬化剤の混合不良が生じないように配慮する必要がある。施工温度として 5℃以上を標準とする製品が多い。

b)水の影響

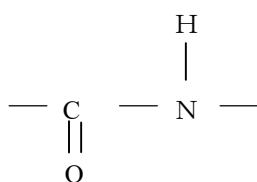
一般にエポキシ樹脂は湿潤面への接着性が著しく低下するため、接着面を強制的に乾燥させるか、または他の接着材料を選定するのが望ましい。

2.1.2 ポリウレタン樹脂

ポリウレタン樹脂とは、組織中にウレタン結合を繰り返し持つ化合物であり、ポリイソシアネート化合物とポリオール化合物の反応として主に得られる熱硬化性樹脂である。

【解 説】

使用する主剤（ポリオール化合物）と硬化剤（ポリイソシアネート化合物）との組み合わせにより、ゴムのような柔らかい硬化物からプラスチックのような硬質な物まで得ることが可能である。コンクリート構造物に対しては耐候性に優れた特徴を活かし、主に表面被覆材料や目地材料として利用されている。



図－解 2.2 ウレタン結合

1) 材料の特性

a)長所

- ・ 耐候性に優れる
- ・ 低温時の硬化性、伸び性能に優れる
- ・ 低弾性から高弾性率まで幅広い材料が得られる
- ・ 耐磨耗性に優れる

b)短所

- ・ 湿度（水分）の影響を受けやすく、異常発泡や接着不良を起こす場合がある
- ・ 耐アルカリ性に劣る

2) 代表的な用途

a)ひび割れ補修材料

エポキシ樹脂と同様に、材料特性（柔軟性）を活かしひびわれ幅の変動が生じ得る補修対象について利用されることが多い。また、硬化剤（ポリイソシアネート化合物）が水と反応して発泡膨張する性質を利用し、漏水対策としても利用される。

b)コンクリート表面被覆材料

主剤、硬化剤の組み合わせにより低温硬化性、低温伸縮性能に優れた被覆材を作ることができ、中塗り主材や上塗り仕上げ材として多く用いられる。耐候性に優れる仕上げ材としては、アクリルウレタン塗料やフッ素樹脂塗料が利用されている。

c)目地材料

構造物間の接合部等に充填し、気密性や水密性を確保すると共に、熱などによる膨張収縮の吸収等に利用される。代表的材質としては、シリコーン系、ポリサルファイド系、ポリウレタン系等がある。

3) 使用上の留意点

a)気温の影響

低温環境下でも硬化するが，施工温度として 2～5℃以上を標準とする製品が多い．

b)湿度の影響

硬化剤のポリイソシアネートは水との反応性が高いため，降雨時や多湿箇所での使用時には塗膜の過剰発泡等に留意する必要がある．この場合，所定の硬化塗膜を形成できない可能性があるため，降雨時には作業の中止なども検討する必要がある．

c)材料の保管

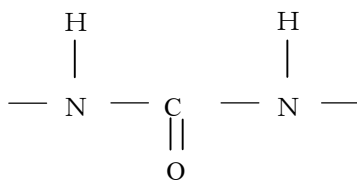
上記の通り，硬化剤は水との反応性が高いため，水分混入防止に留意する必要がある．

2.1.3 ポリウレア樹脂

ポリウレア樹脂とは、ポリイソシアネート化合物とポリアミン化合物とが反応し、化学的に安定したウレア結合（尿素結合）により得られる熱硬化性樹脂である。

【解 説】

ポリイソシアネート化合物とポリアミン化合物の反応時間は短く数秒から数十秒で硬化するため、混合システムとしてはノズルを介した吹付け機械施工が一般的である。そのためコンクリート構造物の補修分野では、防水材としての利用が主体である。



図－解 2.3 ウレア結合

1) 材料の特性

a)長所

- ・硬化速度が速いため空気中の湿度（水）などの環境影響を受けにくい
- ・低温環境下においても速硬性を有する
- ・耐酸性に優れる

b)短所

- ・硬化塗膜はウレタン樹脂よりも柔軟性に劣り、比較的高価である
- ・機械施工が主であり、混合材の配合比、温度管理等に留意

2) 代表的な用途

a)防食塗装

速硬性や耐薬品性、耐酸性に優れた特徴を活かし、下水道施設のライニング等で実績が多い。

b)防水材

硬化が早く発泡や膨れを生じにくいため厚膜（1～2 mm）による防水層の形成が可能であり、橋梁床版防水材や建築屋上防水材として利用されている。

3) 使用上の留意点

a)気温の影響

機械施工ではシステムにより温度調整を行うため低温環境下での施工が可能であるが、一般に施工温度は5℃以上が標準である。

b)速硬性の影響

硬化反応が早く施工は機械施工（吹付け工法）が一般的であるため、混合システムを含めた機械設備の日常整備を行う必要がある。

c)材料の保管

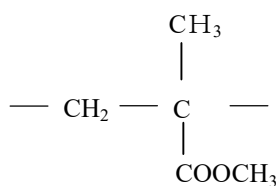
ポリウレタン樹脂と同様に、水との反応性が高いポリイソシアネート（硬化剤）を使用するため、水分の混入を避けることが必須である。

2.1.4 アクリル樹脂

アクリル酸やメタクリル酸の誘導体を主成分とする樹脂の総称であり、一般的には熱可塑性樹脂のメタクリル酸エステル樹脂（MMA）を示す。

【解 説】

アクリル樹脂は、ゴム状弾性体から硬質樹脂まで幅広い物性が得られ用途も多彩である。MMAはモノマー（単量体）としても利用される。コンクリート構造物の補修分野では、低温硬化性が要求される施工環境で適用されることが多く、エポキシ樹脂と同様に幅広い用途で利用されている。



図－解 2.4 メタクリル酸エステル樹脂

1) 材料の特性

a)長所

- ・ ゴム状弾性体から高弾性まで幅広い物性が得られる
- ・ 合成樹脂の中では耐候性に特に優れる
- ・ 透明性，耐衝撃性に優れる
- ・ 低温硬化性に優れる

b)短所

- ・ エポキシ樹脂に比べると硬化収縮が大きい
- ・ 高温時の可使時間が短い
- ・ 揮発性が高く特有の臭気強い

2) 代表的な用途

a)目地材，表面被覆材，結合材，ひび割れ注入材

ゴム性弾性体から高弾性までの幅広い物性を活かし利用されることが多い。

b)セメント用混和材

合成樹脂エマルジョンとして多く利用される。

3) 使用上の留意点

a)気温の影響

重合反応により低温環境下においても短時間の強度発現性を有するため，施工温度-10℃程度まで対応が可能である。

b)配合の影響

主剤に対する硬化剤，硬化促進剤の配合比が小さいため，計量，混合，攪拌に注意を要する。

a)材料の保管

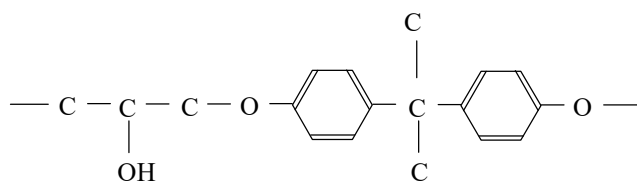
硬化剤は危険物指定となり，火気，加熱，摩擦等を避け保管する必要がある。

2.1.5 ビニルエステル樹脂

ビニルエステル樹脂は、エポキシ樹脂とアクリル酸との反応生成樹脂であり、主鎖にビスフェノール骨格を持ち、側鎖に不飽和エステル基を持つ熱硬化性樹脂である。

【解 説】

ビニルエステル樹脂は、エポキシ樹脂とポリエステル樹脂の両者の特徴を兼ね備える。コンクリート構造物の補修分野では、耐酸性が要求される特殊な環境下での表面被覆材料（ライニング）として適用が多い。



図－解 2.5 ビニルエステル樹脂

1) 材料の特性

a)長所

- ・粘度が低く取り扱いが容易である
- ・耐薬品性に優れる
- ・低温硬化性に優れる
- ・硬化促進剤の添加量により、可使時間や硬化時間を調整できる

b)短所

- ・エポキシ樹脂に比べると硬化収縮が大きい
- ・高温時の可使時間が短い
- ・空気中の酸素により硬化阻害を生じる

2) 代表的な用途

a)ライニング，表面被覆材

速硬性や耐酸性を活かし，下水道施設や温泉施設の腐食防止対策への使用が多い。

3) 使用上の留意点

a)気温の影響

低温環境下でも硬化するが，施工温度により硬化促進剤の添加量を調整する必要がある。

b)配合の影響

主剤に対する硬化剤，硬化促進剤の配合比が小さいため，計量，混合，攪拌の際は留意する。また，3成分系では硬化促進剤の添加が必要であり，添加量，添加時期に留意する必要がある。

c)材料の保管

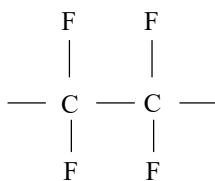
硬化剤は危険物指定となり，火気，加熱，摩擦等を避け，換気の良い冷暗所に保管する。

2.1.6 フッ素樹脂

フッ素樹脂とは炭化水素分子内の水素原子の全部あるいは一部が、フッ素原子（F）に置き換えられた構造を有する高分子の総称である。

【解 説】

フッ素樹脂は、炭素間結合の周りを安定性のある大きなフッ素原子で囲んでおり、化学的に安定的な構造を有する。樹脂系材料の中でも表面の摩擦係数が極めて小さく、また耐候性に優れることから、各種の上塗り塗料として利用されている熱可塑性樹脂である。



図－解 2.6 フッ素樹脂

1) 材料の特性

a)長所

- ・耐薬品性，耐候性，耐熱性に優れる
- ・撥水性に優れる
- ・絶縁性能が高い

b)短所

- ・表面接着性に劣る
- ・比較的高価である

2) 代表的な用途

a)上塗りと塗装材

高耐候性を活かし、表面被覆上塗り材として利用することが多い。

b)はく離剤

3) 使用上の留意点

a)気温の影響

施工温度として 5℃以上を標準とする製品が多い。

b)材料の保管

硬化剤にはイソシアネートを使用するため、ウレタン系材料と同様に水分の混入を避けることが必須である。

2.1.7 ポリマーモルタル（樹脂モルタル）

結合材としてセメントの代わりにエポキシ樹脂や不飽和ポリエステル樹脂を使用し、骨材および充填材を固化したものである。ポリマーセメントモルタルに比較して速硬性および接着性、物質透過阻止性に優れ、コンクリート構造物の補修分野では小規模の緊急工事や薄層の断面修復工等に使用されることが多い。

【解 説】

主成分はエポキシ系、アクリル系、ポリエステル系、ビニルエステル系に分類され、配合する樹脂の特性により硬化材の性状や物性が異なる。コンクリート構造物の補修分野ではエポキシ系やアクリル系の液状樹脂を配合した製品が多く利用され、軽量骨材を使用して薄層の施工を可能とした製品も開発されている。

1) 材料の特性

a)長所

- ・水分をはじめとする各種物質の透過阻止性に優れる
- ・強度特性、接着性、耐摩耗性に優れる
- ・速硬性があり、配合により硬化性の調整が可能となる

b)短所

- ・硬化収縮率や温度依存性が大きい
- ・配合する樹脂の性状により、低温硬化性や湿潤面への接着性が劣る場合がある
- ・比較的高価である
- ・電気絶縁性が高いため、断面修復材として使用する場合にはマクロセル腐食対策を検討する必要がある

2) 代表的な用途

a)断面修復材

耐摩耗性に優れるため建築床材としての実績が多く、土木分野では速硬性を活かした小規模の緊急工事に利用されている。また、断面修復材として一般に適用されるポリマーセメントモルタルに比較して各種の物質透過阻止性や接着性に優れるため、特に薄層の断面修復工への適用性が高い。

3) 使用上の留意点

a)気温の影響

施工温度として5℃以上を標準とする製品が多い。気温5℃未満の低温環境下では、低温硬化性に優れるアクリル樹脂系材料等を選定する等の対策を講じる必要がある。

b)ひび割れ（われ、はがれ）の影響

母材コンクリートに比較して硬化収縮や線膨張係数が大きいため、断面修復材として使用する場合には補修対象の範囲の大きさや厚さに注意する必要がある。

2.1.8 シリコン樹脂

ケイ素（Si）と酸素の結合（シロキサン結合）であり，側鎖にアルキル基などを持つポリマーの総称である．有機ケイ素化合物とも称され，耐熱性，耐寒性に優れる製品も多くコーティング材，接着剤，撥水剤等に幅広く使用される．

【解 説】

シリコン樹脂は主骨格のシロキサン結合や側鎖のアルキル基によって他の有機系材料にない特徴を有している．

1) 材料の特性

a) 長所

- ・耐熱性，耐寒性，耐候性に優れる
- ・電気絶縁性に優れる
- ・撥水性，消泡性，離型性（非粘着性）を有する

b) 短所

- ・塗装などの仕上げ材が付着しにくい
- ・強酸，強アルカリによって分解劣化促進の可能性がある

2) 代表的な用途

a) シーリング材，撥水剤，耐候性塗料他

他の有機系材料にない特徴を有することから，各分野（土木・建築，医療，電気・電子等）において高耐久性を求める場合で適用性が高い．

3) 使用上の留意点

a) 気温の影響

施工温度として 5℃以上を標準とする製品が多い．

b) 配合の影響

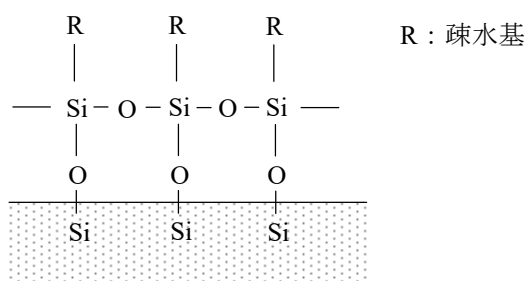
2 成分系では主剤に対する硬化剤，硬化促進剤の配合比が小さいため，計量，混合，攪拌の際は留意する．

2.1.9 シラン

シランは一般に有機ケイ素化合物のモノマーを指し、シリコーン樹脂に包括される。アルコキシシラン、アルキルシリコネート等の種類があり、吸水防水層を形成し外部からの水分や塩化物イオンの浸入を抑制する機能を付与する。

【解 説】

コンクリート表面から含浸させ、表層部に疎水層を形成することによって吸水防止効果を付与するが、コンクリート中の細孔は充填されないため内部からの水蒸気透過性を有する。コンクリート構造物の補修分野では凍害や塩害劣化対策として使用することが多く、凍結防止剤が散布される橋梁では地覆コンクリートの耐久性向上を目的として適用されている。また、浸透性を高める希釈液によって水系、溶剤系、無溶剤系に分類され、適用する部位や外気温の影響等によって選定するのが望ましい。



図－解 2.7 シラン系構造

1) 材料の特性

a)長所

- ・浸透性に優れるが、コンクリート内部からの水蒸気透過性を保持する
- ・無色透明のため、コンクリート表面の視認性を阻害しない
- ・施工が容易であり、比較的安価である

b)短所

- ・浸透性は下地コンクリートの配合や乾燥状態に影響を受けるため、既設構造物に適用する場合には留意する必要がある
- ・常時水中に浸かる部位では期待する効果が得られない場合がある
- ・疎水基は有機（炭素を含む）であるため、紫外線劣化を受けやすい

2) 代表的な用途

a)表面含浸材

コンクリート表面に塗布することによって、劣化を受けやすい表層に新たな機能（撥水、吸水抑制、飛来塩分等の浸透抑制）を付与する。

3) 使用上の留意点

a)気温の影響

一般に気温 0～5℃以上での施工を標準とする製品が多く、特に水系を低温環境下で使用する場合には材料の凍結に注意する必要がある。また、夏期の施工では乾燥が緩やかに進み、主成分が蒸発

しにくい水系を選定するのが望ましい。

b)母材コンクリートの影響

先行劣化を受けたコンクリートに使用した場合，吸水抑制効果の発現に至らなかったひび割れ箇所から水分が供給され，凍結によって凍結余剰水が発生するものの，表面含浸材によって組織は疎水化されているため凍結余剰水の流動抵抗性が増大し，水圧が高まることで凍害劣化（スケーリング）を生じることがある．そのため，ひび割れが存在する既設部材に適用する場合，表面含浸材を施工する前にひび割れの補修，コンクリートの改質等を確実に行う必要がある¹⁾。

c)表面水分率の影響

シランは水分に接触すると瞬時に固着反応を生じるため，コンクリート表層の含水率が高い場合にはその部分で浸透挙動が収束し，十分な補修効果が得られないことがある。

d)材料の保管

特に水系以外の材料では，主成分となるシランが水との反応性に富むため，水分の混入を防止することが必須となる。

2.1.10 含浸性防錆材

含浸性防錆材は気化性防錆材とも称され、防錆効果を持つアミンや亜硝酸塩等がコンクリート内部に浸透、拡散し、鋼材周囲に化学的な保護被膜を形成することによって、鉄筋の腐食を抑える機能を付与する。

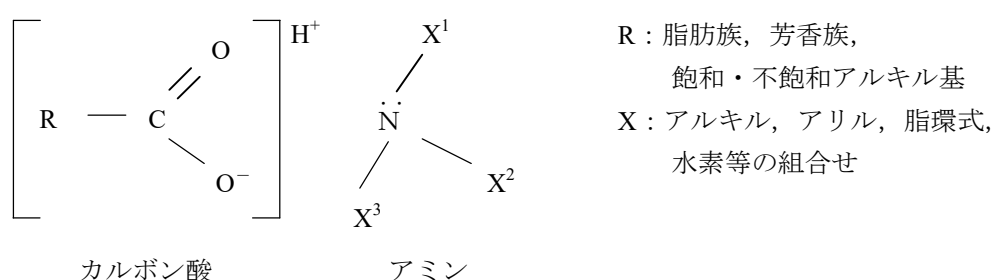
【解 説】

含浸性防錆材の主成分としてアミンや亜硝酸塩等が多く用いられている。

アミンは、窒素原子を持つ化合物であり、鋼材表面吸着することによって防錆効果を発揮する。コンクリート構造物の補修分野で使用される両極性のアミン系気化性防錆材は、両極性のアミノカルボン酸塩として鉄筋上のマイクロセル腐食部の陽極、陰極のそれぞれに吸着するため、電位差を下げることによって鋼材の腐食を抑制する材料である。

亜硝酸塩は、亜硝酸イオン(NO_2^-)と鉄イオン(Fe^{2+})との反応により不動態被膜が再生される為、防錆性（鉄イオン Fe^{2+} の溶出防止）が高く、従来から塗布型に限らず混合型の防錆材としても利用される材料であるが、成分の溶出により毒性を呈する場合もあるため立地条件や周辺環境への配慮が必要である。

含浸性防錆材は製品の選定目安等が未整備であり、短期材齢から乾湿繰り返しを受ける厳しい室内実験に比べると、環境がやや穏やかな実構造物では速効性が小さいことに留意する必要があるが、長期的にはその防錆効果を期待できる材料である²⁾。ただし、コンクリート面の劣化が顕著な状態で、内在する塩化物イオン量が発錆限界を上回る場合には適用を極力避けるのが望ましく（アミン系においては、鉄筋近傍で 4kg/m^3 まで使用可）、塩化物イオンを除去する等の対策を検討する必要がある³⁾。なお、防錆材の主成分は気化性（揮発性）が高いため、コンクリートの表層部に疎水層を形成するシラン系含浸材に配合する製品が実用化されており、防水と防錆の相乗効果によってさらに高い防錆機能を期待している。



図一解 2.8 アミノカルボン酸塩

1) 材料の特性

a)長所

- ・浸透、拡散性に優れる
- ・無色透明のため、コンクリート表面の視認性を阻害しない
- ・施工が容易であり、比較的安価である

b)短所

- ・反応が遅効的である
- ・コンクリート表面を乾燥状態にする必要があるため、既設構造物に適用する場合には留意する必要がある
- ・引火性があり、臭気を伴うため取扱いに留意する必要がある
- ・亜硝酸塩系の材料には毒性を有するものがある

2) 代表的な用途

a)防錆材

コンクリート表面に塗布することによって、内部に浸透、拡散し、鋼材表面に防錆被膜を形成する。なお断面修復を行う際に、含浸性防錆材を鉄筋に直接塗布することで、鋼材の長期的な腐食速度の減少効果が期待できる。

3) 使用上の留意点

a)気温の影響

0℃以下の低温環境下では、コンクリートへの浸透、拡散効果に影響を与える場合があるため、一般に気温 5℃以上での施工を標準とする製品が多い。

b)表面水分率の影響

アミンは水に溶解しやすいため、コンクリート表層の含水率が高い場合にはその部分で浸透挙動が収束し、十分な補修効果が得られないことがある。また水中部への適用は不可である。

c)防錆効果の持続性

気化性防錆材のメカニズムに関する実証実験は、近年始まったばかりであり、効果の持続性を確認する為の定期的モニタリングを行う事が望ましい³⁾。

d)周辺環境への影響

亜硝酸塩系の材料には成分の溶出により毒性を有する製品も存在するため、適用条件を検討した上で製品を選定する必要がある。

e)材料の保管

アミンは引火性があるため火気厳禁とし、保管や運搬等は消防法等の関係法令に従う必要がある。

2.2 無機系材料

2.2.1 コンクリート

コンクリートとは、水硬性のセメントと水からなる結合材に、細骨材、粗骨材、混和材（剤）を混合して練り混ぜた複合材料である。

【解 説】

コンクリートは、建設分野で最も多く利用されている構造材料であり、広義にはアスファルトコンクリートやレジンコンクリート等も含まれる。一般的な性質として、圧縮力に対しては大きな抵抗を示すが、引張力やせん断力に対する抵抗が小さいため、引張抵抗性が高い鉄筋と組み合わせた鉄筋コンクリート構造（RC 構造）として利用される。コンクリート構造物の補修分野では、部材の打替えや大断面の修復に利用されることが多い。

1) 材料の特性

a)長所

- ・圧縮抵抗性が高い
- ・セメント種類や混和材（剤）の添加により、様々な性能を付加することができる
- ・比較的安価であり、材料の入手が容易である

b)短所

- ・引張やせん断抵抗性が小さい
- ・材料の特性上、乾燥収縮ひずみを受ける

2) 代表的な用途

a)部材の打替え

橋梁構造物では、床版コンクリートや地覆コンクリートをはじめとする各部材の打替えに適用する。なお、床版コンクリートの打替えにおいて早期交通解放を必要とする場合には早強コンクリートが適用され、地覆コンクリート等の薄部材では収縮ひび割れを抑制するために膨張材等の混和材を添加することが多い。

b)大断面修復

コンクリート部材の断面修復工において、修復断面が大きい場合（修復厚さ 10～20 cm 程度以上）に適用する。ただし、修復断面が薄い場合には収縮ひび割れを生じる可能性が高いため、必要に応じてひび割れ防止対策を検討する必要がある。

c)床版上面補修（増厚）

床版コンクリート上面が著しく劣化（砂利化）している場合に、床版剛性の回復を目的として上面補修（増厚）工法を適用する。なお、既設橋梁における床版上面の補修は早期交通解放が望まれることが多いため、一般に特殊セメントあるいは速硬性混和材を用いた超早強コンクリートが利用される。

また、床版上面の補修や増厚を行う際に厚さ 5～6 cm 程度の薄層でコンクリートを打設する場合には、繊維を添加することによって走行車両の衝撃荷重に伴う割れや収縮ひび割れを抑制するとともに、繊維の架橋効果による引張強度とじん性の向上を期待する。ただし、繊維の混入により充てん性を含むワーカビリティが低下するため、部材断面の寸法や鉄筋の配置（鉄筋のあき）等を考慮した上で計画する必要がある。

3) 使用上の留意点

a) 気温の影響

日平均気温が 4℃以下となることが予想される場合には寒中コンクリート、25℃を超える時期に施工する場合には暑中コンクリートの施工要領に準じた処置が必要となる。

b) ひび割れの影響

コンクリートは、水和反応によって消費されない余剰水の逸散による乾燥収縮、既設コンクリートとの接触面に生じる拘束応力、部材厚さが大きい場合（一般に 80 cm 以上）に生じる温度応力等により、ひび割れを生じやすい材料である。そのため、補修材料として使用する場合には、必要に応じてひび割れ防止対策を検討する必要がある。

c) 修復厚さの影響

コンクリートの修復厚さは粗骨材の最大寸法に制約を受けるとともに、特に鉄筋構造物の場合には鉄筋かぶりや鉄筋のあき等を考慮して、適用する部位・部材の形状に応じて検討する必要がある。

4) その他

また近年では、フライアッシュセメントを利用したコンクリート技術の研究も進み、アルカリシリカ反応やひび割れ抑制に対しての効果が報告されている。これらの材料についても、今後、補修・補強工法への適用性等について検討する必要がある。

2.2.2 無収縮モルタル（グラウト）材

無収縮モルタル（グラウト）材とは、セメントや細骨材に収縮低減材（膨張材）を基材とした混和材を調合したモルタル（グラウト）材の総称である。

【解 説】

無収縮モルタル（グラウト）材は、充填後に乾燥の影響を受けない表面露出が少ない間隙に適用されることが多く、コンクリート構造物の補修分野ではその特性を活かして、橋梁支承モルタルの補修やプレパックドコンクリート等の各種グラウト材として利用されることが多い。また近年では、予め各種の材料を混合したプレミックスタイプが主流であり、汎用性が高い材料の一つとなっている。

1) 材料の特性

a)長所

- ・ 無収縮性、材料分離抵抗性に優れる
- ・ 補修対象（母材）をコンクリートとする場合、圧縮、曲げ、引張強度の機械的性能や、熱膨張係数、ポアソン比等の各種物性が母材に近い
- ・ 流動性（セルフレベリング性能）、間隙への充てん性に優れる

b)短所

- ・ 材料の特性上、乾燥収縮ひずみを受ける

2) 代表的な用途

a)橋梁支承モルタル、各種基礎モルタル

流動性（セルフレベリング性能）および強度特性を活かして、各種の基礎モルタルとして適用されることが多い。ただし、セメントや膨張材等の硬化材として練り混ぜ水を使用するため、乾燥収縮の影響は避けられず、特に面的に広い範囲を対象とする場合には、湿潤養生等の処置を行う必要がある。

b)充填グラウト材

流動性に優れるため、プレパックドコンクリートを始めとする、各種の充填グラウト材として利用されている。ただし、補修・補強分野では、ポリマー混合材によりさらに接着性能を高めたポリマーセメントモルタル（スラリー）を充填材や注入材として使用する場合は多い。

3) 使用上の留意点

a)気温の影響

一般に気温 5～30℃の範囲での施工が標準となっているため、普通コンクリートと同様に、低温環境下では寒中コンクリートの施工要領に準じた処置が必要となる。ただし、近年では寒冷用のプレミックス製品が開発されており、5℃以下（ただし、練混ぜ水が凍結しない気温の範囲）の低温環境下での施工が可能となっている。

b)ひび割れの影響

無収縮性は、乾燥による影響が少ない、露出面が小さい場合に発揮されるため、適用する部位・部材の形状を考慮して、適用の可否や混和剤の種類等を検討する必要がある。また、一般に硬化時に発熱体となるセメント量が多いため、部材厚が大きくなる場合には水和熱抑制型等の特殊セメントを適用するのが望ましい。

2.2.3 ポリマーセメントモルタル

モルタルにポリマー混和剤を混和して、普通セメントモルタルの性状や物性を改善した材料であり、接着性や曲げ引張り強度、水密性などが優れ、断面修復材として一般に広く利用される。

【解 説】

ポリマーセメントモルタルは、練り混ぜ水の一部を合成樹脂エマルジョンまたは合成ゴムラテックスに置き換え、セメントの水和反応とポリマーフィルム効果によって強固な硬化体を形成し、一般的なセメントモルタルの性状を著しく改善したものである。コンクリート構造物の補修分野では多岐の用途で使用されており、断面修復材としては左官工法や吹付工法に適用するのが主体であるが、ひび割れ抵抗性等の特性を活かして充填工法にも適用される。近年では、予め各種の材料を混合したプレミックスタイプが主流となっている。

また混和するポリマーの種類によって、SBR系（スチレンブタジエンゴム）、PAE系（ポリアクリル酸エステル）、EVA系（エチレン酢酸ビニル）等に分類され、配合比や混和するポリマーの性質によって硬化体の性能が異なる。

1) 材料の特性

a) 長所

- ・ 曲げおよび引張強度、接着性等の力学的性能に優れる
- ・ ポリマーフィルムの形成により水密・気密性が向上するため、劣化因子の侵入に対する抵抗性に優れる（中性化抵抗性、塩化物イオンの浸透抑制、凍結融解抵抗性）
- ・ 形状寸法安定性に起因するひび割れ抵抗性に優れる

b) 短所

- ・ 弾性係数や圧縮強度の低いポリマーが混和されるため、プレーンモルタルに比較して圧縮強度や静弾性係数が低くなる傾向がある
- ・ セメントモルタルに比較して高価となる

2) 代表的な用途

a) 断面修復材

乾燥収縮が少なく接着性に優れ、熱膨張係数も母材コンクリートとほぼ同等であることから、コンクリート構造物の断面修復材として多く使用されている。

b) ひび割れ注入、充填材

母材コンクリートとの接着性に優れ、微粒子セメントとの組み合わせにより細部への注入が可能であることから、ひび割れ補修材として広く利用されている。ただし、エポキシ樹脂を主体とした有機系材料に比較して変形性能に劣るため、ひび割れ幅の変動が小さい場合に適用するのが標準である。

c) 表面被覆材

物質透過阻止性を有するため、表面被覆中塗り材等として利用されている。

3) 使用上の留意点

a) 気温の影響

気温 5～30℃の範囲での施工が望ましく、低温環境において使用する場合には練混ぜ水が凍結しない範囲での施工が原則となる。また空気乾燥時や強風時は、表面の早期乾燥防止に留意する。

b) 混和ポリマーの種類による影響

一般に流通するプレミックス製品として、SBR 系および PAE 系が多く用いられている。ただし、SBR 系は防水性や長期接着性、中性抵抗性に優れ、PAE 系では耐水性や初期接着性、耐アルカリ性に優れるとされるが、実用面においてこれらの特性を考慮した材料選定は行われていないのが現状である。コンクリート構造物の補修分野では、混和ポリマーの種類に寄らず、要求する品質を明確にした上で使用する材料の性能試験結果を照査する必要がある。

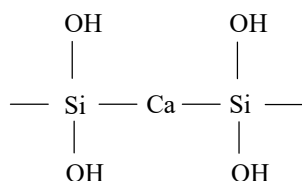
2.2.4 ケイ酸塩 (Na, Li)

ケイ酸塩は、ケイ酸アルカリ金属塩を主成分とする液状材料であり、コンクリート中の水酸化カルシウムとの反応によって生成する C-S-H (ケイ酸カルシウム水和物) 系の結晶が、細孔や空隙を充填することによって組織を緻密化する材料である。

【解 説】

ケイ酸塩系含浸材は主成分の混合割合により反応型（ナトリウム系）と固化型（リチウム系）に分類され、固化型は浸透性アルカリ付与材とも称される。

反応型は、水分の存在下で水酸化カルシウムとの化学的結合による結晶化が緩やかに進行するが、再び水分が供給されると溶解し、水分の移動に伴って内部へ含浸する性質を有する。一方、固化型は、含浸初期段階の溶液状態では反応型と同様に C-S-H ゲルを生成するが、材料自体の乾燥によって難溶性の固化物を生成して組織を緻密化する。また近年では、反応型と固化型の両方の機能を併せ持つ製品も開発されている。



図一解 2.9 ケイ酸塩系構造

1) 材料の特性

a)長所

- ・コンクリート中の細孔や空隙を充填するため滞水する部位への適用が可能である
- ・アルカリ性の付与効果がある
- ・材料は無機であるため紫外線の影響を受けない
- ・無色透明のため、コンクリート表面の視認性を阻害しない
- ・施工が容易であり、比較的安価である

b)短所

- ・改質速度が緩慢であるため、適用する部位を検討する必要がある
- ・組織の緻密化によりコンクリート内部からの水蒸気透過性を阻害する場合がある

2) 代表的な用途

a)表面含浸材

コンクリート表面に塗布することによって、含浸部の細孔や空隙を充填し、コンクリート組織の緻密化、ぜい弱部の固化を目的として利用される。

3) 使用上の留意点

a)気温の影響

一般に、気温 5℃以上での施工を標準とする製品が多い。特に反応型は、湿潤養生によって浸透効果や水和反応を促すのが標準となるため、低温環境下で使用する場合には施工部の凍結に注意す

る必要がある。

b)表面水分率の影響

ケイ酸塩系は、主成分の種類によって固化反応段階における水分の要不要（湿潤養生または自然乾燥）が異なるが、施工前の下地は乾燥状態もしくは湿っている程度を推奨する製品が多い。

c)中性化の影響

コンクリートの中性化は、炭酸化反応によってモルタル中の水酸化カルシウムが減少する劣化機構であるため、ケイ酸塩系の固化反応を阻害する場合がある。そのため、既設構造物に使用する場合には、施工方法について留意する必要がある。

d)アルカリシリカ反応の影響

ケイ酸塩系は、中性化したコンクリートに対してアルカリ性の回復を目的として使用することがあるため、特に既設構造物に使用する場合にはアルカリシリカ反応の疑いがないか確認する必要がある。

e)材料の取扱い

ケイ酸塩系の中には、「有機溶剤中毒予防規則」の適用を受けるものもある。保管や取扱いに関する法令として、「消防法」、「危険物の規則に関する政令」、「危険物の規則に関する規則」等が挙げられるため、材料の選定についてはこれらの安全性に対して留意する必要がある⁴⁾。

2.2.5 混和材料

混和材料はその使用量に応じて、粉体系材料を主体とした混和材と、その容積を無視できる液体系材料を主体とした混和剤に分類され、コンクリートやセメントモルタルの性能を改善する目的で使用される。

〔解 説〕

混和材料は、主にレディーミクストコンクリートやセメントモルタルに添加され、強度や耐久性の向上、ワーカビリティ改善、凝結速度の調整等の多岐にわたる機能を付加するものである。本節では、適用実績が多い材料について、以下にその特徴を示す。

表－解 2.1 混和材料の特徴

分類	種類	主成分	機構・効果	備考
混和材	膨張材	カルシウムサルフォ アルミネート系 生石灰系	水和反応により、エトリンガイトや水酸化カルシウムを生成して膨張し、硬化体の組織を緻密化する。	JIS A6202
混和剤	耐寒剤	高性能 AE 減水剤 含窒素無機化合物	コンクリートの凍結温度を下げ、初期強度を促進させる。	北海道開発局 設計要領
	流動化剤	ナフタリン系 メラミン系 ポリカルボン酸系	流動化剤がセメント粒子の表面に吸着し、静電的反発力を付与することによってセメント粒子を分散させる。	JSCE-D101
	収縮低減剤	アルキレンオキサイド	セメント硬化体中の自由水の表面張力を低下させ、乾燥収縮を低減させる。	JASS5 M-420
	鉄筋コンクリート 用防錆材	亜硝酸塩 アミン類 リン酸塩	防錆効果を持つ亜硝酸イオン等が、破壊された鋼材周囲の不動態被膜を再生して鉄筋の腐食を抑える。	JIS A6205

【参考文献】

- 1) 遠藤裕丈，田口史雄，河上聖典，藤田裕司，村中智幸：シラン系表面含浸材による道路橋地覆コンクリートのスケーリング抑制効果-追跡調査3年目の評価-，寒地土木研究所月報 No.668，2009年1月
- 2) 遠藤裕丈，田口史雄，山脇剛：表面含浸工法による既設コンクリート構造物の鉄筋腐食抑制効果の基礎的評価，国土技術研究会，2010年10月
- 3) 北海道開発局：道路設計要領【第3集橋梁】参考資料，p.3-コ B-15，2012年4月改訂
- 4) 土木学会：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），pp.61，2012年7月

3章 材料の品質

3.1 ひび割れ補修工法

3.1.1 樹脂系

(1) 施工環境

施工時および養生期間中について、外気温 5℃以上を原則とする。

(2) 耐久性

低温環境下において、十分な耐久性（ひび割れ追従性）を有する材料を選定すること。

【解 説】

(1) について

樹脂系材料の多くは低温時の硬化特性が低下する場合があります、特にひび割れ注入（充填）材料として適用実績が多いエポキシ樹脂系材料は、低温環境下において粘性が著しく高く（ネバリが強くなる）なるため、施工時の外気温に留意する必要があります。ひび割れ補修材の適応外気温は、低温対応型の材料でも 5℃以上が一般的であり、施工時および養生期間中（1～2 日間程度）の外気温がこれを下回ることが予想される場合には防寒養生を行なうか、または 5℃以下の低温環境でも十分な施工性（流動性）や硬化特性が得られる材料を選定する必要があります。

また、使用材料の品質を確認する条件は、注入工法、充填工法等それぞれの工法に添った要求性能により設定することとなり、ひび割れの幅、挙動等による条件を勘案し定める必要がある。

(2) について

表一解 3.2～3.3 に示すように、ひび割れ補修工に使用する樹脂系材料の品質として、ひび割れ追従性や付着性等を規定する場合が多い。これはひび割れ補修工が、コンクリート構造物に生じたひび割れから水分や二酸化炭素等の劣化因子の浸透を遮断することを目的としているため、ひび割れ幅の変動に追従する性能が求められる。但し(1) 同様に、各対策の要求性能を十分勘案し、必要となる材料の品質を確認することが重要である。

表一解 3.1 低温環境下の樹脂系ひび割れ補修材の品質確認項目(案)

品質項目	単位	確認方法		備考
1) 適応外気温	℃	製品カタログ, 施工実績	—	○
		自記式温度計等による外気温の計測		◎
2) 粘度 (粘性)	$\times 10^{-3}\text{Pa}\cdot\text{S}$	製品カタログ等	JIS K6833 JIS A6024	△
3) 硬化時間	hr (min)	製品カタログ等	総合技術プロセス エクト(H1.5)	◎
		現地養生の供試体による硬化時間の確認, 施工実績		△
4) 伸び率 進行性のひび割れ (2種・3種)の場合	%	製品カタログ等	JIS K7161, JIS K7162	○
		追跡調査におけるひび割れ幅の変動計測 (われ・はがれの有無)	—	—

◎：品質を保証（担保）するため、必ず性能を確認すべき項目

○：品質への影響が大きいと、性能を確認すべき項目

△：品質に影響するため、性能を確認するのが望ましい項目

—：品質について基準が規定されていない、または確認方法が確立していない項目

1) 適応外気温

エポキシ樹脂を主体とする樹脂系材料はごく微小な分子で構成されているため、一般にひび割れ細部まで注入が可能となるが、その性能は粘度（粘性）に依存する。そのため、低温環境下における施工では注入材料の粘度（粘性）が増加するため、期待する補修効果を得られない場合がある。したがって、使用する樹脂系材料が所定の性能を発揮するためには、製品メーカーが指定（推奨）する外気温を遵守することが原則である。

2) 粘度（粘性）

粘度（粘性）は、施工時（未硬化）における材料の取り扱いやすさを表すものであり、硬化後の品質を示す指標ではない。ただし、粘度（粘性）がひび割れ細部への充てん性に影響を与えるため、特に低温環境下の注入工法に使用する場合には留意する必要がある。

3) 硬化時間

樹脂系材料の硬化は温度依存性を有するため、製品メーカーが指定（推奨）する硬化時間（養生期間）を確認するとともに、その期間中の外気温（養生温度）に留意する必要がある。特に厳しい低温環境下で施工する場合には、現地供試体の作成により硬化特性を調査するか、または低温硬化特性に優れるアクリル樹脂系材料を使用する等の対策を講じるのが望ましい。

4) 伸び率

補修後にひび割れ幅の変動が予想される場合には、樹脂系材料特有の柔軟性（伸び率、可とう性）を期待することが多いが、柔軟性は温度に依存するため、低温環境下ではひび割れ追従性が低下し、注入（充填）材料に割れやはがれを生じる場合がある。特に厳しい低温環境下で適用する場合には、製品メーカー等による低温時の品質試験結果を確認するか、または追跡調査により再劣化の有無を経過観察するのが望ましい。

表一解 3.2 樹脂系ひび割れ補修材の品質管理基準の例（その1）

	品質項目	単位	建設省総合技術開発プロジェクト(H1.5)	構造物施工管理要領〔保全編〕(H24.7)	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(H14.9)
			(財)土木研究センター	東日本高速道路(株)	(社)日本建築学会
施工性	適応外気温	℃	—	5～30	5 以上
	適応ひび割れ幅	mm	0.2～5.0	0.2～5.0	—
	表面含水率	%	—	—	10 以下(表面数mm)
	養生日数	日	—	1～2	夏場 15hr, 冬場 24hr
	粘度	$\times 10^{-3}\text{Pa}\cdot\text{S}$	エポキシ樹脂系 1 種:1,000 以下 2 種:4±1 (フィットロビック係数) 3 種:1,000 以下 シーラント系 だれを認めず	エポキシ樹脂系 1 種:1,000 以下 2 種:4±1 (フィットロビック係数) 3 種:1,000 以下 ※参考値 【JIS K6833】	エポキシ樹脂系 低粘度:100～1,000 中粘度:5,000～20,000, 5±1(フィットロビック係数) 【JIS A6024】
	スランプ性	mm	—	—	エポキシ樹脂系 高粘度:5 以下 (15±2℃, 30±2℃)
	可使時間	min	エポキシ樹脂系 30 以上 シーラント系 240 以上	エポキシ樹脂系 30 以上 ※参考値, 機械式は適用外 【温度上昇法】	—
ひび割れ追従性	硬化時間	hr	エポキシ樹脂系 1 種:16 以内 2 種:16 以内 3 種:24 以内 シーラント系 24 以内	—	—
	収縮率	%	エポキシ樹脂系 0.1 以下	エポキシ樹脂系 3.0 以下 【JIS A6024】	エポキシ樹脂系 3 以下 【JIS A6024】
	伸び率	%	エポキシ樹脂系 1 種:— 2 種:50 以上 3 種:100 以上 シーラント系 800 以上	エポキシ樹脂系 1 種:— 2 種:50 以上 3 種:100 以上 【JIS K7161, JIS K7162】	—
	加熱変化	%	—	—	エポキシ樹脂系 5 以下(質量, 体積変化) 【JIS A6024】

表一解 3.3 樹脂系ひび割れ補修材の品質管理基準の例（その2）

	品質項目	単位	建設省総合技術開発プロジェクト(H1.5)	構造物施工管理要領〔保全編〕(H24.7)	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(H14.9)
			(財)土木研究センター	東日本高速道路㈱	(社)日本建築学会
耐荷性	初期硬化性	N/mm ²	—	—	エポキシ樹脂系 2 以上 【JIS A6024】
	曲げ強度	N/mm ²	—	—	エポキシ樹脂系 30 以上 【JIS A6024】
	圧縮強度	N/mm ²	—	—	エポキシ樹脂系 高粘度:50 以上 【JIS A6024】
付着性	付着強度	N/mm ²	エポキシ樹脂系 6 以上、たわみ量 10 mm 以上で破壊すること	エポキシ樹脂系 乾燥面:6 以上 湿潤面:3 以上 【JIS A6024】	エポキシ樹脂系 標準養生:6 以上 低温湿潤, 乾湿繰返し: 3 以上 【JIS A6024】
	付着力耐久性 保持率	%	エポキシ樹脂系 60 以上 シーラント系 60 以上	エポキシ樹脂系 60 以上 【JIS A6024】	エポキシ樹脂系 60 以上 【JIS A6024】

3.1.2 無機系

(1) 施工環境

施工時および養生期間中について、外気温 5℃以上を原則とする。

(2) 耐久性

低温環境下において、十分な耐久性（付着性）を有する材料を選定すること。

【解 説】

(1) について

無機系材料の硬化は温度依存性を有するものが多く、低温環境下においては硬化速度が著しく低下するため外気温に留意する必要がある。一般に流通する無機系ひび割れ補修材の適応外気温は 5～10℃以上とされており、特に硬化特性を左右する養生期間中（1～2 日間程度）の外気温がこれを下回ることが予想される場合には、防寒養生を行なう必要がある。また、ドライアウト防止のために先行注入を必要とする材料では、補修対象のコンクリートが極度に冷却している場合に、注入する清水が凍結する恐れがあることに留意する必要がある。

(2) について

表一解 3.5～3.6 に示すように、ひび割れ補修工に使用する無機系材料の品質として、ひび割れ追従性や付着性等を規定する場合が多い。ひび割れ補修工において、無機系材料はエポキシ樹脂をはじめとする有機系に比較して接着力に劣るため、ひび割れ追従性や付着力が課題となる場合があり、ひび割れ幅の変動が小さい場合に適用するのが一般的である。

表一解 3.4 低温環境下の無機系ひび割れ補修材の品質確認項目(案)

品質項目	単位	確認方法		備考 ※1
1) 適応外気温	℃	製品カタログ, 施工実績	—	◎
		自記式温度計等による外気温の計測		◎
2) 収縮率	%	製品カタログ等	JSCE-K 542	◎
3) 圧縮強度	N/mm ²	製品カタログ等		○
		現地養生の供試体による圧縮強度の確認, 施工実績		△
4) 付着強度	N/mm ²	製品カタログ等		◎

※1：品質確認項目の凡例は表一解 3.1 を参照

1) 適応外気温

低温環境下ではセメント硬化体の強度発現は緩慢に進み、特に温度依存性が大きいポリマー成分を導入する材料ではその傾向が顕著となる。したがって、使用する無機系材料が所定の性能を発揮するためには、製品メーカーが指定（推奨）する外気温を遵守することが原則である。

2) 収縮率, 3) 圧縮強度, 4) 付着強度

無機系材料は変動が小さい（環境温度による日変化程度）ひび割れ補修に適用することが多いため、補修対象とするコンクリートとの一体化を目的とする場合がある。このとき、使用する材料の力学的性能を補修対象のコンクリートと同等以上に設定するのが望ましいが、無機系

材料の強度発現は温度依存性を有するため、低温環境下で使用する場合には留意する必要がある。特に厳しい低温環境下で施工する場合には、現地供試体の作成により強度特性を確認する等の対策を講じるのが望ましい。収縮率や付着強度を現地供試体で確認することが困難な場合は、材料の計量や攪拌が十分に行われているか確認することを目的として、圧縮強度を確認するのが望ましい。但し、供試体による圧縮試験の実施が現実的でない等の場合は、テストハンマーによる非破壊調査を実施するなど、適宜品質の確保を目的とした対応が必要である。

表一解 3.5 無機系ひび割れ補修材の品質管理基準の例（その1）

	品質項目	単位	建設省総合技術開発プロジェクト(H1.5)	構造物施工管理要領〔保全編〕(H24.7)
			(財)土木研究センター	東日本高速道路㈱
施工性	適応外気温	℃	—	5～30
	適応ひび割れ幅	mm	ポリアセメント系 5.0～	超微粒子無機系 0.2～2.0 ポリアセメントスラリー系 0.8～5.0
	養生日数	日	—	1～2
	流下時間	sec	—	超微粒子無機系 45 以内 ポリアセメントスラリー系 45 以内 【JSCE-K 542】
	保水係数	%	—	超微粒子無機系 30～65 ポリアセメントスラリー系 30～65 【JSCE-K 542】
	粘度	$\times 10^{-3}\text{Pa}\cdot\text{S}$	ポリアセメント系 1,000 以下	—
	可使時間	min	ポリアセメント系 30 以上	—
ひび割れ追従性	収縮率	%	ポリアセメント系 0.1 以下	超微粒子無機系 3.0 以下 ポリアセメントスラリー系 3.0 以下 【JSCE-K 542】
耐荷性	曲げ強度	N/mm^2	—	超微粒子無機系 4 以上 ポリアセメントスラリー系 4 以上 【JSCE-K 542】
	圧縮強度	N/mm^2	—	使用する構造物の 設計基準強度以上 【JSCE-K 542】

表－解 3.6 無機系ひび割れ補修材の品質管理基準の例（その 2）

	品質項目	単位	建設省総合技術開発プロジェクト(H1.5)	構造物施工管理要領〔保全編〕 (H24.7)
			(財)土木研究センター	東日本高速道路㈱
付着性	付着強度	N/mm ²	<u>ポリマーセメント系</u> 6 以上	<u>超微粒子無機系</u> 4 以上 <u>ポリマーセメントスラリー系</u> 4 以上 【JSCE-K 542】
	付着力耐久性 保持率	%	<u>ポリマーセメント系</u> 60 以上	—
	吸水率	%	—	<u>超微粒子無機系</u> 15 以下 <u>ポリマーセメントスラリー系</u> 15 以下 【JSCE-K 542】

3.2 断面修復工法

3.2.1 左官工法

(1) 施工環境

施工時および養生期間中について、外気温 5℃以上を原則とする。

(2) 耐久性

低温環境下において、十分な耐久性（付着性）を有する材料を選定すること。

【解 説】

(1) について

断面修復材料の硬化は温度依存性を有するものが多く、低温環境下においては硬化速度が著しく低下するため、施工時の外気温に留意する必要がある。修復材料の適応外気温は、アクリル樹脂を添加する低温対応型の材料でも 3℃程度以上であり、一般に流通する材料において所要の性能を発揮するための適応外気温は 5～10℃以上が目安である。そのため、特に硬化特性を左右する養生期間中の外気温がこれを下回ることが予想される場合には、防寒養生を行なう必要がある。

(2) について

表一解 3.8～3.9 に示すように、左官工法における断面修復材料の品質として、付着性や耐荷性等を規定する場合が多い。これは断面修復工が、劣化や欠損したコンクリート部材について原形復旧することを目的としているため、既存コンクリート面（母材）と一体化できる性能を求めているものである。また、圧縮強度をはじめとする耐荷性は、補修対象とする部材に生じる応力を検討した上で規定すべき性能であるが、一般に耐久性等に影響を与える材料の緻密性と圧縮強度には相関性を有するため、修復材料の全体的な物性を評価する一指標となり得る。

表一解 3.7 低温環境下の左官工法における断面修復材の品質確認項目（案）

品質項目	単位	確認方法		備考 ※1
1) 適応外気温	℃	製品カタログ、施工実績	—	◎
		自記式温度計等による外気温の計測	—	◎
2) 修復材の外観 (温冷繰返し試験後)	—	製品カタログ等	JIS A6909	○
		施工後（養生後）における被覆材の外観変状の確認（われ・はがれの有無）		○
		追跡調査における被覆材の外観変状の確認（われ・はがれの有無）	—	—
3) 圧縮強度	N/mm ²	製品カタログ等	JIS R5201	○
		現地養生の供試体による圧縮強度の確認、施工実績	JIS A6203 JIS A1172	△
4) 付着強度	N/mm ²	製品カタログ等	JSCE-K531	◎
		現地養生の供試体による付着強度の確認、施工実績	JIS A6909 JIS A6203 JIS A6916	△

※1：品質確認項目の凡例は表一解 3.1 を参照

1) 適応外気温

左官工法に使用する材料はポリマーセメントモルタルまたはポリマーモルタル（樹脂モルタル）が一般的であり、強度発現は硬化段階の環境温度に依存する。これらは、温度依存性が大きいポリマー成分の混入率に左右されるため、使用する材料が所定の性能を発揮するためには、製品メーカーが指定（推奨）する外気温を遵守することが原則である。

2) 修復材の外観，4) 付着強度

断面修復材は、劣化コンクリートの置換えや欠損したコンクリート断面の修復を目的として適用することが多いため、補修対象とするコンクリートとの一体化が重要となる。母材コンクリートとの一体化は、修復材にわれやはがれが生じていないこと、所定の付着強度を有すること（プライマーを含むシステム全体）であり、低温環境下で使用する場合には留意する必要がある。特に厳しい低温環境下で施工する場合には、現地供試体の作成により付着性を確認する等の対策を講じるのが望ましい。

3) 圧縮強度

圧縮強度に代表される耐荷性は、補修対象とする部位（部材）に応じてその要求性能を検討する必要がある。例えば、圧縮応力を負担しない部位（部材）では、必ずしも力学的な性能を要求することではなく、母材コンクリートと一体化していることが原則である。ただし、圧縮強度は施工時に簡易に確認できる性能であり、製品メーカーが保証する各種の性能を担保する指標となり得るため、特に厳しい低温環境下で施工する場合には品質を確認するのが望ましい。

表一解 3.8 左官工法における断面修復材の品質管理基準の例（その1）

	品質項目	単位	構造物施工管理要領〔保全編〕(H24.7)	表面保護工法設計施工指針(案)(H20.11)	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(H14.9)	土木工事標準仕様書(H15.3)
			東日本高速道路(株)	(社)土木学会	(社)日本建築学会	東日本旅客鉄道(株)
施工性	適応外気温	℃	5～30	—	5～35	—
	硬化時間	hr	1 以上※参考値【JIS R5201】	0.5～7(CM) 0.5～10(PCM) ※メーカー調査結果	—	1 以上【JIS R5201】
	厚塗り性	—	—	—	—	厚塗り性の良いもの ※24hr 静置後の外観
	外観	—	断面修復材は均一で、われ、はがれ、ふくれのないこと（温冷繰返し試験後）【JIS A6909】	—	—	—

表－解 3.9 左官工法における断面修復材の品質管理基準の例（その2）

	品質項目	単位	構造物施工管理 要領〔保全編〕 (H24.7)	表面保護工法設 計 施 工 指 針 (案)(H20.11)	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(H14.9)	土木工事標準仕 様書(H15.3)
			東日本高速道路 (株)	(社)土木学会	(社)日本建築学 会	東日本旅客鉄道 (株)
付 着 性	ひび割れ耐久性	—	—	—	供試体と試験基 板にひび割れが 生じないこと (PM) 【日本建築学会】	—
	収縮率	%	0.05 以下 【JIS A1129-3】	0.02～0.08(PCM) ※マーカ調査結果	0.15 以下(PCM) 【JIS A6203】	—
	硬化収縮性	—	硬化に伴う発熱 により反りかえ りがないこと 【JIS A1129-3】	—	—	—
	熱膨張係数	$\times 10^{-5}/^{\circ}\text{C}$	2.0 以下 【JIS K6911】	1.0(CM) 0.8～1.7(PCM) ※マーカ調査結果	—	—
	付着強度 (コンクリート)	N/mm^2	1.5 以上 (湿潤時、耐アルカリ 性試験後、温冷 繰返し試験後) 【JIS A6909】	2.2(CM) 1.8～3.4(PCM) 2.4～2.8(PM) ※マーカ調査結果	1.0 以上(PCM) (標準時、温冷繰 返し後) 【JIS A6203】 1.0 以上(PM) (5℃, 20℃, 温冷 繰返し後) 【JIS A6916】	1.5 以上 【JSCE-K531】
	付着強度 (塗装塗膜)	N/mm^2	1.0 以上 (温冷繰返し試験 後) 【JIS A6909】 ※塗装工を併用	—	—	1.0 以上 【JSCE-K531】
耐 久 性	透水量	g	—	—	20.0 以下(PCM) 【JIS A6916】 0.5 以下(PM) 【JIS A6909】	—
	吸水量	$\text{mm}\ell/\text{hr}$	—	—	0.5 以下(PCM) 【JIS A6203】	—
耐 荷 性	圧縮強度	N/mm^2	補修設計で定め た設計基準強度 以上 【JIS R5201】	45～75(CM) 10～60(PCM) 50～60(PM) ※マーカ調査結果	20.0 以上(PCM) 【JIS A6203】 20.0 以上(PM) 【JIS A1172】	24.0 以上 【JIS R5201】
	静弾性係数	kN/mm^2	—	27(CM) 12～21(PCM) ※マーカ調査結果	—	—
	曲げ強度	N/mm^2	—	—	6.0 以上(PCM) 【JIS A6203】 10.0 以上(PM) 【JIS A1172】	—

3.2.2 吹付工法

(1) 施工環境

施工時および養生期間中について、外気温 5℃以上を原則とする。

(2) 耐久性

低温環境下において、十分な耐久性（付着性）を有する材料を選定すること。

【解 説】

(1) について

断面修復材料の硬化は温度依存性を有するものが多く、低温環境下においては硬化速度が著しく低下するため、施工時の外気温に留意する必要がある。吹付工法に適用できる修復材料の適応外気温は 5～10℃以上が一般的であり、特に硬化特性を左右する養生期間中の外気温がこれを下回ることが予想される場合には、防寒養生を行なう必要がある。

(2) について

表一解 3.11～3.12 に示すように、吹付工法における断面修復材料の品質として、付着性や耐荷性等を規定する場合が多い。これは左官工法と同様に、断面修復工が劣化や欠損したコンクリート部材について原形復旧することを目的としているため、既存コンクリート面（母材）と一体化できる品質を求めているものである。また、吹付工法は補修対象が面的に広い（概ね 10m² 程度以上）場合に適用するのが一般的であるため、中性化や塩害といった各種の劣化機構に対する性能を期待することもある。圧縮強度をはじめとする耐荷性は、左官工法と同様に修復材料の全体的な物性を評価する一指標となり得るものであり、特に吹付工法に関しては施工方法や使用機器の性能による品質のバラつきを把握できる場合もある。

表一解 3.10 低温環境下の吹付工法における断面修復材の品質確認項目(案)

品質項目	単位	確認方法		備考 ※1
1) 適応外気温	℃	製品カタログ，施工実績	—	◎
		自記式温度計等による外気温の計測	—	◎
2) 修復材の外観（温冷繰返し試験後）	—	製品カタログ等	—	—
		施工後（養生後）における被覆材の外観変状の確認（われ・はがれの有無）		—
		追跡調査における被覆材の外観変状の確認（われ・はがれの有無）		—
3) 凍結融解抵抗性	%	製品カタログ等	JHS432	○
4) 圧縮強度	N/mm ²	製品カタログ等		○
		現地養生の供試体による圧縮強度の確認，施工実績		△
5) 付着強度	N/mm ²	製品カタログ等		◎
		現地養生の供試体による付着強度の確認，施工実績		△

※1：品質確認項目の凡例は表一解 3.1 を参照

1) 適応外気温

吹付工法に使用する材料はポリマーセメントモルタルが一般的であり、強度発現は硬化段階の環境温度に依存する。これらは、温度依存性が大きいポリマー成分の混入率に左右されるため、使用する材料が所定の性能を発揮するためには、製品メーカーが指定（推奨）する外気温を遵守することが原則である。

2) 修復材の外観, 5) 付着強度

断面修復材は、劣化コンクリートの置換えや欠損したコンクリート断面の修復を目的として適用することが多いため、補修対象とするコンクリートとの一体化が重要となる。母材コンクリートとの一体化は、修復材にわれやはがれが生じていないこと、所定の付着強度を有すること（プライマーを含むシステム全体）であり、低温環境下で使用する場合には留意する必要がある。特に厳しい低温環境下で施工する場合には、現地供試体の作成により付着性を確認する等の対策を講じるのが望ましい。

3) 凍結融解抵抗性

一般に吹付工法は面的に広い補修を対象とするため、低温環境下では修復材自体に凍結融解作用を生じる可能性が高くなる。そのため、補修後に凍害の影響を受ける部位（部材）を対象とする場合には、耐凍害性を有する材料を選定する必要がある。

4) 圧縮強度

左官工法と同様に、圧縮強度に代表される耐荷性は補修対象とする部位（部材）に応じてその要求性能を検討する必要がある。特に吹付工法に関しては施工方法や使用機器の性能による品質のバラつきを把握できる場合もある。そのため、圧縮強度は施工時に簡易に確認できる性能であり、製品メーカーが保証する各種の性能を担保する指標となり得るため、特に厳しい低温環境下で施工する場合には品質を確認するのが望ましい。

表一解 3.11 吹付工法の品質管理基準の例（その1）

	品質項目	単位	構造物施工管理要領〔保全編〕 (H24.7)	表面保護工法設計施工指針 (案)(H20.11)
			東日本高速道路㈱	(社)土木学会
施工性	硬化時間	hr	—	～7(CM) 3～8(PCM) ※メーカー調査結果
	ひび割れ抵抗性	—	幅 0.05 mm以上のひび割れが発生しないこと 【JHS432】	—
	充てん性	—	有害な空隙がないこと(鉄筋背面) 【JHS432】	—
付着性	寸法安定性 収縮率	%	0.05 以下 【JHS432】	0.04～0.05(CM) 0.035～0.08(PCM) ※メーカー調査結果
	付着強度 (コンクリート)	N/mm ²	1.5 以上 【JHS432】	2.1～2.7(CM) 2.0～3.5(PCM) ※メーカー調査結果

表一解 3.12 吹付工法の品質管理基準の例（その2）

	品質項目	単位	構造物施工管理要領〔保全編〕 (H24.7)	表面保護工法設計施工指針 (案)(H20.11)
			東日本高速道路㈱	(社)土木学会
付着性	熱膨張係数	$\times 10^{-5}/^{\circ}\text{C}$	2.0 以下 【JHS432】	0.9～1.0(CM) 0.9～1.7(PCM) ※メーカ調査結果
耐久性	中性化抵抗性	—	補修設計で定めた中性化速度係数 と同等※参考値 【JHS432】	—
	凍結融解抵抗性	—	負荷後の相対動弾性係数 60%, かつ 付着強度 1.5 N/mm^2 以上※参考値 【JHS432】	—
	遮塩性	—	補修設計で定めた拡散係数と同等 ※参考値 【JHS432】	—
耐荷性	圧縮強度	N/mm^2	補修設計で定めた設計基準強度以 上 【JHS432】	35～75(CM) 30～60(PCM) ※メーカ調査結果
	静弾性係数	kN/mm^2	補修設計で定めた値と同等 【JHS432】	19～27(CM) 14～21(PCM) ※メーカ調査結果

3.2.3 充填工法

(1) 施工環境

施工時および養生期間中について、外気温5℃以上を原則とする。

(2) 耐久性

低温環境下において、十分な耐久性（収縮・膨張性）を有する材料を選定すること。

【解 説】

(1) について

断面修復材料の硬化は温度依存性を有するものが多く、低温環境下においては硬化速度が著しく低下するため、施工時の外気温に留意する必要がある。充填工法に適用できる修復材料の適応外気温は5℃以上が一般的であり、特に硬化特性を左右する養生期間中の外気温がこれを下回ることが予想される場合には、防寒養生を行なう必要がある。

(2) について

表一解 3.14～3.15 に示すように、充填工法における断面修復材料の品質として、付着性や耐荷性等を規定する場合が多い。充填工法は、プレパックドコンクリート工法に使用するグラウト材や橋梁支承モルタル等を対象とするため、狭小部への充てん性や硬化後の寸法安定性（収縮・膨張性）が重要となる。これらの充填材料は、ポリマーセメントスラリーや無収縮グラウト材（モルタル）等のセメント系材料が主体であるため、乾燥・硬化収縮を完全に避けることは困難であるが、施工上留意すべき指標である。また、圧縮強度をはじめとする耐荷性は、補修対象とする部材に生じる応力を検討した上で規定すべき性能であるが、一般に耐久性等に影響を与える材料の緻密性と圧縮強度には相関性を有するため、修復材料の全体的な物性を評価する一指標となり得る。

表一解 3.13 低温環境下の充填工法の品質確認項目(案)

品質項目	単位	確認方法		備考 ※1
1) 適応外気温	℃	製品カタログ，施工実績	—	◎
		自記式温度計等による外気温の計測	—	◎
2) 凍結融解抵抗性	%	製品カタログ等	JHS432	○
3) 寸法安定性	%	製品カタログ等	JSCE-F522	◎
4) 圧縮強度	N/mm ²	製品カタログ等	JHS432	○
		現地養生の供試体による圧縮強度の確認， 施工実績	JSCE-G522 JIS A1180 JIS R5201	△

※1：品質確認項目の凡例は表一解 3.1 を参照

1) 適応外気温

充填工法に使用する材料はポリマーセメントスラリーまたは無収縮グラウト材（モルタル）が一般的であり、強度発現は硬化段階の環境温度に依存する。特にポリマー成分は温度依存性が大きいいため、使用する材料が所定の性能を発揮するためには、製品メーカーが指定（推奨）する外気温を遵守することが原則である。

2) 凍結融解抵抗性

一般に充填工法は修復容積が大きい補修を対象とすることが多いため、低温環境下では修復材自体に凍結融解作用を生じる可能性が高くなる。そのため、補修後に凍害の影響を受ける部位（部材）を対象とする場合には、耐凍害性を有する材料を選定する必要がある。

3) 寸法安定性

低温環境下では充填材料の流動性が低下するため、硬化後の寸法安定性（収縮・膨張性）に影響を与える可能性が大きい。そのため、硬化特性等に対して温度依存性が大きい成分を含む材料を使用する場合には、品質を確認するのが望ましい。

4) 圧縮強度

圧縮強度に代表される耐荷性は、補修対象とする部位（部材）に応じてその要求性能を検討する必要がある。充填工法は、修復容積が大きく圧縮応力を負担する部位（部材）に適用する場合があるため、力学的な性能を要求することも多い。また、圧縮強度は施工時に簡易に確認できる性能であり、製品メーカーが保証する各種の性能を担保する指標となり得るため、特に厳しい低温環境下で施工する場合には品質を確認するのが望ましい。

表一解 3.14 充填工法の品質管理基準の例（その1）

	品質項目	単位	建設省総合技術開発プロジェクト(H1.5)	構造物施工管理要領〔保全編〕(H24.7)	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(H14.9)
			(財)土木研究センター	東日本高速道路㈱	(社)日本建築学会
施工性	硬化時間	hr	—	—	3～12(CM) ～15(PCM) ※メーカー調査結果
	養生日数	日	—	1～3(プレキャストコンクリート) 3～7(打継ぎコンクリート)	—
	ひび割れ抵抗性	—	—	幅 0.05 mm以上のひび割れが発生しないこと 【JHS432】	—
	充てん性	—	—	有害な空隙がないこと (鉄筋背面) 【JHS432】	—
	流動性	sec	20～75 【JSCE-F521】	20～75※参考値 【JSCE-F521】	—
	ブリーディング率	%	0.0～1.0 【JSCE-F522】	0.0～1.0 【JSCE-F522】	—
付着性	寸法安定性 膨張率	%	0.0～5.0 【JSCE-F522】	0.0～5.0 【JSCE-F522】	0.034～0.08(CM) 0.03～0.05(PCM) ※メーカー調査結果
	乾燥収縮性	—	5×10 ⁻⁴ 以下 (コンクリート, 3 カ月) 20×10 ⁻⁴ 以下 (モルタル, 3 カ月) 【JIS A1129】	5×10 ⁻⁴ 以下 (3 カ月) 【JIS A1129】	—

表一解 3.15 充填工法の品質管理基準の例（その2）

	品質項目	単位	建設省総合技術開発プロジェクト(H11.5)	構造物施工管理要領〔保全編〕(H24.7)	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(H14.9)
			(財)土木研究センター	東日本高速道路㈱	(社)日本建築学会
付着性	熱膨張係数	$\times 10^{-5}/^{\circ}\text{C}$	—	2.0 以下 【JHS432】	1.1～1.4(CM) ※メーカー調査結果
	付着強度 (コンクリート)	N/mm^2	—	1.5 以上 【JHS432】	1.6～2.7(CM) 2.0～2.3(PCM) ※メーカー調査結果
	付着強度 (塗装塗膜)	N/mm^2	—	1.0 以上 【JIS A6909】	—
耐久性	中性化抵抗性	—	—	補修設計で定めた中性化速度係数と同等※参考値 【JHS432】	—
	凍結融解抵抗性	—	—	負荷後の相対動弾性係数 60%，かつ付着強度 $1.5 \text{ N}/\text{mm}^2$ 以上※参考値 【JHS432】	—
	遮塩性	—	—	補修設計で定めた拡散係数と同等 【JHS432】	—
耐荷性	圧縮強度	N/mm^2	20 以上($200 \text{ kg f}/\text{cm}^2$) 【JIS A1180, JSCE-G522,JIS R5201】	補修設計で定めた設計基準強度以上 【JSCE-G522】	45～65(CM) 25～50(PCM) ※メーカー調査結果
	静弾性係数	kN/mm^2	—	—	23～32(CM) 17～21(PCM) ※メーカー調査結果

3.3 含浸材塗布工法

3.3.1 シラン系

(1) 施工環境

施工時および養生期間中について、外気温 5℃以上を原則とする。

(2) 耐久性

低温環境下において、十分な耐久性（吸水・透水抑制）を有する材料を選定すること。

【解 説】

(1) について

低温環境下におけるシラン系含浸材の性能低下に関しては、未だ研究段階にあるのが実情である。ただし、含浸材は常温において水系または溶剤系、無溶剤系の材料であるため、冬期間に施工する場合には材料が凍結しないことが原則であり、一般に流通するシラン系材料では施工時の外気温を 0～5℃以上に設定している。そのため、製品によりその仕様が異なるが、施工時の外気温が 5℃を下回ることが予想される場合には防寒養生等を行なう必要がある。

(2) について

表一解 3.17～3.18 に示すように、含浸材塗布工に使用するシラン系材料の品質として、浸透深さを含む耐久性を規定する場合が多い。シラン系含浸材は、コンクリート部材に対して劣化因子となる水分の浸透抑制を目的としているため、塗布面に十分な吸水防止層を形成することが重要となる。特にコンクリート構造物の耐凍害性を向上させるためには、コンクリート内部への水分供給を抑制することが効果的であり、吸水・透水抑制に関する耐久性は重要な指標となる。

表一解 3.16 低温環境下のシラン系含浸材の品質確認項目(案)

品質項目	単位	確認方法		備考 ※1
1) 適応外気温	℃	製品カタログ, 施工実績	—	◎
		自記式温度計等による外気温の計測	—	◎
2) 表面水分量	%	高周波水分計による表面含水率の計測	—	○
3) 浸透深さ	mm	製品カタログ等	JSCE-K571	◎
		現地養生の供試体による浸透深さの確認, 施工実績		○

※1：品質確認項目の凡例は表一解 3.1 を参照

1) 適応外気温

シラン系含浸材は常温において水系または溶剤系にあるため、施工時に凍結しないことが原則である。なお、凍結の恐れがある場合には水系材料の適用を避けるのが望ましいが、使用する材料が所定の性能を発揮するためには、製品メーカーが指定（推奨）する外気温に留意する必要がある。

2) 表面水分量

シランは水分に接触すると瞬時に固着反応を生じるため、コンクリート表層の含水率が高い場合にはその部分で浸透挙動が収束し、十分な補修効果が得られないことがある。また、低温環境下ではコンクリート表層の水分が凍結する恐れがあるため、表面水分率の管理には留意する必要がある。

3) 浸透深さ

シランの浸透深さに温度依存を有する等の知見は確認されていないが、浸透深さの確認は施工時に簡易に確認できる性能であり、製品メーカーが保証する各種の性能を担保する重要な指標となり得る。そのため、特に厳しい低温環境下で施工する場合には、母材コンクリートの性状による影響に加えて、環境温度による浸透深さの影響を確認するのが望ましい。

表一解 3.17 シラン系含浸材の品質管理基準の例（その1）

	品質項目	単位	道 路 設 計 要 領 (H22)	構造物施工管理 要領〔建設編〕 (H24.7)	表面保護工法設 計 施 工 指 針 (案)(H20.11)	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(H14.9)
			北海道開発局	東日本高速道路 (株)	(社)土木学会	(社)日本建築学 会
施 工 性	施工温度	℃	最低 5 程度	—	—	—
	水分量	%	雨天時の施工は 原則不可	—	—	10 以下
	外観	—	—	外観を変化させ ないこと 【JSCE-K571】	—	変化がないこと (塗布後) 【日 本 建 築 学 会】
	密度	—	—	性能試験で用い た材料と施工で 用いる材料の照 合 【JIS K5601】	—	—
耐 久 性	浸透深さ	mm	6 以上 ※ W/C=45 % 以 下の部材では浸 透性の確認試験 を実施	4.0 以上 【JSCE-K571】	—	1.0 以上 【日 本 建 築 学 会】
	吸水性	—	—	透水、吸水を抑 制すること ※実施するのが 望ましい 【JSCE-K571】	吸水抑制率 グレード A (80%以上)	吸水比 0.10 以下 (標準時、耐アル カリ性試験後、温 冷繰返し後) 吸水比 0.20 以下 (促進耐候性試験 後) 【日 本 建 築 学 会】
	透水比	—	—		透水抑制率 グレード A (80%以上)	透水比 0.10 以下 【日 本 建 築 学 会】

表－解 3.18 シラン系含浸材の品質管理基準の例（その2）

	品質項目	単位	道 路 設 計 要 領 (H22)	構造物施工管理 要領〔建設編〕 (H24.7)	表面保護工法設 計 施 工 指 針 (案)(H20.11)	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(H14.9)
			北海道開発局	東日本高速道路 (株)	(社)土木学会	(社)日本建築学 会
耐 久 性	透湿比	—	—	透湿性を有する こと ※実施するのが 望ましい 【JSCE-K571】	透湿比 グレード B (80～60%)	—
	中性化抵抗性	—	—	—	中性化抑制率 グレード C (10%以下)	—
	遮塩性	mm	3 以下	塩化物イオン浸透 抑制率 90%以上 (耐候性試験後) 【JSCE-K571】	塩化物イオン浸透 抑制率 グレード A (80%以上)	3.0 以下 【日本建築学 会】

3.3.2 ケイ酸塩系

(1) 施工環境

初冬から厳冬期の施工を避けることを原則とする。

(2) 耐久性

低温環境下において、十分な耐久性（透水抑制）を有する材料を選定すること。

【解 説】

(1) について

ケイ酸塩系は粘性が高いため、浸透性能を高めることと水和（固化）反応を促す理由から水を併用して施工する製品が多い。このため、施工後のコンクリートの含水率が高い状態で厳冬期を迎えるとコンクリートは凍害を起こす危険性がある。なお、一般に流通するケイ酸塩系材料では、施工時の外気温を 5℃以上に設定している製品が多いが、やむを得ない事情によって施工する場合には防寒対策を講じる、凍結防止剤との接触を避ける等、凍害に留意する必要がある¹⁾。

(2) について

表一解 3.20 に示すように、含浸材塗布工に使用するケイ酸塩系材料の品質として、統一された試験項目は制定されていないのが現状であるため、製品の選定に当っては寒地土木構造物での施工実績を有し、かつ追跡データ等のデータを有する製品を選定するのが望ましい。ケイ酸塩系含浸材は、コンクリート表層部に含浸させ細孔内部に不溶性の結晶体を生成することによって、水分や二酸化炭素の浸透を抑制したり、アルカリ性を付与して鉄筋の腐食環境を改善することを目的として利用される。コンクリート構造物の耐凍害性に関しては、水分浸透を抑制する効果を有することに加えて、細孔部に含浸材が充填されコンクリートぜい弱部の固化が期待されるため、一定の補修効果が得られる。

表一解 3.19 低温環境下のケイ酸塩系含浸材の品質確認項目(案)

品質項目	単位	確認方法		備考 ※1
1) 適応外気温	℃	製品カタログ，施工実績の確認	—	◎
		自記式温度計等による外気温の計測	—	◎
2) 透水比 (透水係数，透水量)	—	採取したコンクリートコアによる加圧透水性試験，現地における透水量試験	JSCE-K572	◎

※1：品質確認項目の凡例は表一解 3.1 を参照

1) 適応外気温

固化型ケイ酸塩系は材料自体の乾燥により固化が進行するが、反応型では浸透性能を高めるとともに水酸化カルシウムとの反応を促進するため、コンクリートが湿潤状態にあることが原則となる。またこれらの反応は緩慢に進行するため、低温環境下において所定の期間（一般には養生期間中）母材コンクリートを湿潤状態に保つことは、凍害を引き起こす危険性がある。したがって、初冬から厳冬期にかけての反応型ケイ酸塩系材料の適用を避けるのが望ましく、固化型を使用する場合においても所定の性能を発揮するためには、製品メーカーが指定（推奨）

する外気温に留意する必要がある。

2) 透水比（透水係数，透水量）

けい酸塩系含浸材による表層部の改質効果（緻密化）を確認するため，現場から採取したコンクリートコアを試験体とする加圧透水性試験や現場において実施する透水量試験が最も多く多用されている²⁾。なお，けい酸塩系含浸材の固化反応は緩やかに進行するため，これらの性能確認試験は施工完了直後ではなく，施工後 28 日以上経過した後に実施する必要がある。

表－解 3.20 ケイ酸塩系含浸材の品質管理基準の例

	品質項目	単位	道路設計要領(H22)	表面保護工法設計施工指針(案)(H20.11)
			北海道開発局	(社)土木学会
施工性	施工温度	℃	初冬から厳寒期の施工は原則不可	—
	吸水性	—	—	吸水抑制率 グレード C (60%以下)
耐久性	透水比	—	—	透水抑制率 グレード C (60%以下)
	透湿比	—	—	透湿比 グレード B (80～60%)
	中性化抵抗性	—	—	中性化抑制率 グレード B (30～10%)
	遮塩性	mm	—	塩化物イオン浸透抑制率 グレード C (60%以下)

3.4 表面被覆工法

3.4.1 有機系

(1) 施工環境

施工時および養生期間中について、外気温 5℃以上を原則とする。

(2) 耐久性

低温環境下において、十分な耐久性（付着性）を有する材料を選定すること。

【解 説】

(1) について

有機系材料の多くは低温時の硬化特性が低下する場合があります。特にプライマーや主材として適用実績が多いエポキシ樹脂系材料は、低温環境下において粘性が著しく高く（ネバリが強くなる）なるため、施工時の外気温に留意する必要がある。有機系材料の適応外気温は 5℃程度以上が一般的であり、施工時の外気温がこれを下回ることが予想される場合には防寒養生を行なう必要がある。

(2) について

表一解 3.22～3.25 に示すように、表面被覆工に使用する有機系材料の品質として、耐候性、ひび割れ追従性、耐久性、付着性等を規定する場合が多い。これは表面被覆工が、コンクリート表面から水分や二酸化炭素等の劣化因子の浸透を遮断することを目的としており、その性能を保持できる品質を求めているものである。そのため、コンクリート構造物の耐凍害性を向上させるためには、水分浸透の遮断効果の他、被覆システム自体の凍結融解抵抗性や、伸び性能（ひび割れ追従性）が重要となる。

表一解 3.21 低温環境下の有機系表面被覆材の品質確認項目(案)

品質項目	単位	確認方法		備考 ※1
1) 適応外気温	℃	製品カタログ、施工実績	—	◎
		自記式温度計等による外気温の計測	—	◎
2) 修復材の外観 (温冷繰返し試験後)	—	製品カタログ等	JSCE-K511	○
		施工後（養生後）における被覆材の外観変状の確認（われ・はがれの有無）	JIS A6909	○
		追跡調査における被覆材の外観変状の確認（われ・はがれの有無）	JIS K5400 JIS K5600	△
3) 凍結融解抵抗性	%	製品カタログ等	JIS A6909	△
4) 付着強度	N/mm ²	製品カタログ等	JSCE-K531	◎
		現地養生の供試体による付着強度の確認	JIS A6909	△
			JIS A6910 JIS K531	

※1：品質確認項目の凡例は表一解 3.1 を参照

1) 適応外気温

表面被覆工法に使用する有機系材料は、主材やプライマーとしてエポキシ樹脂、上塗材としてエポキシ樹脂やウレタン樹脂、フッ素樹脂等が適用されているが、これらの硬化特性は環境温度に依存する。そのため、使用する材料が所定の性能を発揮するためには、製品メーカーが指定（推奨）する外気温を遵守することが原則である。なお、特に厳しい低温環境下で施工する場合には、低温硬化性に優れるアクリル樹脂系材料を適用する等の対策を講じるのが望ましい。

2) 修復材の外観、4) 付着強度

表面被覆材は、水分をはじめとする劣化因子の浸透抑制を目的として適用することが多いため、補修対象とするコンクリートとの一体化が重要となる。母材コンクリートとの一体化は、被覆材にわれやはがれが生じていないこと、所定の付着強度を有すること（プライマーを含むシステム全体）であり、低温環境下で使用する場合には留意する必要がある。特に厳しい低温環境下で施工する場合には、現地供試体の作成により付着性を確認する等の対策を講じるのが望ましい。

3) 凍結融解抵抗性

一般に表面被覆工法は面的に広い補修を対象とするため、補修後に凍害の影響を受ける部位（部材）を対象とする場合には、耐凍害性を有する材料を選定する必要がある。ただし、エポキシ樹脂を主体とする有機系材料は、遮水効果が非常に高いため被覆材自体に凍結融解作用を生じる可能性は低い。そのため、製品カタログ等に記載される凍結融解試験等の耐凍害性は、母材コンクリートの質量減少率等を評価するものであることに留意する必要がある。

表一解 3.22 有機系表面被覆材の品質管理基準の例（その1）

	品質項目	単位	建設省総合技術開発プロジェクト (H1.5)	構造物施工管理要領〔保全編〕 (H24.7)	表面保護工法設計施工指針 (案)(H20.11)	土木工事標準仕様書(H15.3)
			(財)土木研究センター	東日本高速道路(株)	(社)土木学会	東日本旅客鉄道(株)
施工性	適応外気温 相対湿度	℃, %	—	—	気温 5～40 湿度 85 以下	—
	表面含水率	%	—	8 以下 【高周波水分計】	—	—

表一解 3.23 有機系表面被覆材の品質管理基準の例（その2）

	品質項目	単位	建設省総合技術開発プロジェクト (H1.5)	構造物施工管理要領〔保全編〕 (H24.7)	表面保護工法設計施工指針 (案)(H20.11)	土木工事標準仕様書(H15.3)
			(財)土木研究センター	東日本高速道路(株)	(社)土木学会	東日本旅客鉄道(株)
耐候性	外観	—	均一で流れ・むら・ふくれ・はがれのないこと (標準養生後) 白亜化がほとんどなく被覆にわれ、はがれがないこと (耐候性試験 300 時間後) 【JIS K5400】	均一で流れ・むら・ふくれ・はがれのないこと (標準養生後) 白亜化がほとんどなく、ふくれ・われ・はがれがないこと (促進耐候性試験後) 【JSCE-K511】 ふくれ・われ・はがれのないこと (温冷繰返し、耐アルカリ性試験後) 【JIS A6909】 7(10)日間で塗膜にふくれ・われ・はがれのないこと (耐湿試験後) 【JIS K5600】	白亜化がほとんどなく、われ、はがれのないこと 光沢保持率：80%以上 色差△E: 3.00 以下 ※サンシャインカーボンアーク灯 1,000 時間〔標準〕2,000 時間〔高耐久〕、セノンアークランプ灯 1,500 時間〔標準〕3,000 時間〔高耐久〕 【JSCE-K511】	塗膜は均一で、流れ、むら、膨れ、割れおよび剥がれがないこと 【JIS K5600】 促進耐候性試験 3,000 時間後に白亜化がなく、塗膜に膨れ、割れ、剥がれのないこと 【JSCE-K511】
ひび割れ追従性	伸び	mm	■塩害 0.1 以上 0.2 以上 【梁供試体の曲げ載荷試験】 ■ASR 伸び率 100% 以上 (中塗り材、柔軟形厚膜) 伸び率 50% (中塗り材、柔軟形)	0.4(0.8)以上 (標準養生後〔常温時〕) 0.2(0.4)以上 (標準養生後〔低温時〕、促進耐候性試験後〔常温時〕) 【JSCE-K532】	0.15～0.40 未満 (低追従) 0.40～1.00 未満 (中追従) 1.00 以上 (高追従) 【JSCE-K532】	0.2 以上 (常温時) 【JSCE-K532】
耐久性	遮塩性	$\times 10^{-3} \text{mg} / \text{cm}^2 \cdot \text{日}$	■塩害 1.0 以下 (1 種) 10.0 以下 (2 種)	5.0 以下 【JSCE-K521】	0.1 以下 【拡散セル方式】 発色しないこと 【JSCE-K524】	—
	酸素透過阻止性	$\times 10^{-2} \text{mg} / \text{cm}^2 \cdot \text{日}$	—	5.0 以下 【JSCE-K521】	1.0 mol/m ² ・年 【JSCE-K521〔A 法：差圧法〕】	5.0 以下 (標準養生後)
	遮水性	g	■ASR 20 mmℓ/m ² ・日 以下 (柔軟形厚膜、硬質形) 30 mmℓ/m ² ・日 以下 (柔軟形) ※水蒸気透過阻止性	—	0.2 以下 【JSCE-K532】	—

表－解 3.24 有機系表面被覆材の品質管理基準の例（その 3）

	品質項目	単位	建設省総合技術 開発プロジェクト (H1.5)	構造物施工管理 要領〔保全編〕 (H24.7)	表面保護工法設 計 施 工 指 針 (案)(H20.11)	土木工事標準仕 様書(H15.3)
			(財)土木研究セン ター	東日本高速道路 (株)	(社)土木学会	東日本旅客鉄道 (株)
耐久 性	水蒸気透過阻止 性	mg/cm ² ・日	—	5.0 以下 【JIS Z0208】	1.5 以上 (撥水系, 高透湿) 0.5～1.5 (撥水系, 中透湿) 0.5 以下 (防水系, 低透湿) 【JSCE-K531】	10 以下(標準養 生後) 【JIS K531】
	中性化抑止性	mm	—	1 以下 【JIS A1153】	1 以下 【JIS A1171】	3 以下(促進中性 化試験 10 周後)
	耐アルカリ性	—	塗膜に変化がないこと(水酸化カルシウム飽和溶液 30 日間浸漬後) 【JIS K5400】	—	ふくれ, われ, はがれ, 軟化, 溶出がないこと 【JIS A6909】	水酸化カルシウム飽和溶液に 30 日間浸しても, 塗膜に膨れ, 割れ, 剥がれ, 軟化, 溶出のないこと
	耐酸性	—	—	—	ふくれ, われ, はがれ, 軟化, 溶出がないこと 【日本下水道事業団】	—
	凍結融解抵抗性	—	—	—	はがれ, われ, ふくれがないこと 【JIS A6909】	—
	硫黄透過阻止性	—	—	—	侵入深さが設計厚さの 10%以下かつ 200 μm 以下(厳しい環境) 侵入深さが設計厚さの 5%以下かつ 100 μm 以下(再補修が困難な環境) 【日本下水道事業団】	—
	防汚性	—	—	—	△L*-7 以上(Ⅰ種, 屋外) △L*-5 以上(Ⅱ種, トンネル) ※明度差 【土木研究所】	—

表－解 3.25 有機系表面被覆材の品質管理基準の例（その 4）

	品質項目	単位	建設省総合技術 開発プロジェクト (H1.5)	構造物施工管理 要領〔保全編〕 (H24.7)	表面保護工法設 計 施 工 指 針 (案)(H20.11)	土木工事標準仕 様書(H15.3)
			(財)土木研究セン ター	東日本高速道路 (株)	(社)土木学会	東日本旅客鉄道 (株)
付 着 性	付着強度 (コンクリート)	N/mm ²	■塩害 界面破壊がない こと 【JIS A6910】 ■ASR 1.0 以上(10 kg f/ cm ²)	1.0 以上 (標準養生以後、 促進耐候性試験 後、温冷繰返し 後、耐アルカリ性試 験後) 【JIS A6909】	1.0 以上(標準) 0.7 以上(柔軟) 凝集破壊 ※一般環境 【JSCE-K531】 1.5 以上(標準) 1.2 以上(吸水) ※水没環境 【日本下水道事 業団】	1.0 以上 (標準養生後) 0.7 以上 (耐アルカリ性試験 後) 【JIS K531】 平均 1.0 以上か つ最低 0.5 以上 (施工後 14 日以 上) 【JIS A6909】
	剥落防止性 (押抜き荷重)	kN	—	—	1.5 以上 【首都高速道路 公団】	1.5 以上 (標準養生後)

3.4.2 無機系

(1) 施工環境

施工時および養生期間中について、外気温 5℃以上を原則とする。

(2) 耐久性

低温環境下において、十分な耐久性（付着性、ひび割れ追従性）を有する材料を選定すること。

【解 説】

(1) について

無機系被覆システムは、低温時に主材（セメント系材料）の硬化特性が低下する場合があります。またプライマーやパテとして適用実績が多いエポキシ樹脂系材料は、低温環境下において粘性が著しく高く（ネバリが強くなる）なるため、施工時や養生期間における外気温に留意する必要があります。そのため、無機系材料の適応外気温は 5℃程度以上が一般的であり、施工時の外気温がこれを下回ることが予想される場合には防寒養生を行なう必要がある。

(2) について

表一解 3.27～3.28 に示すように、表面被覆工に使用する無機系材料の品質として、耐候性、ひび割れ追従性、耐久性、付着性等を規定する場合が多い。これは表面被覆工が、コンクリート表面から水分や二酸化炭素等の劣化因子の浸透を遮断することを目的としており、その性能を保持できる性能を求めているものである。そのため、コンクリート構造物の耐凍害性を向上させるためには、水分浸透の遮断効果の他、被覆システム自体の凍結融解抵抗性や、伸び性能（ひび割れ追従性）が重要となる。特に、無機系被覆システムでは、主材としてポリマーセメント系材料を適用が主体であり、凍結融解を生じ得る材料自体の吸水を完全に避けることは困難であるため、凍害対策として適用する場合には留意が必要である。

表一解 3.26 低温環境下の無機系表面被覆材の品質確認項目(案)

品質項目	単位	確認方法		備考 ※1
1) 適応外気温	℃	製品カタログ、施工実績	—	◎
		自記式温度計等による外気温の計測	—	◎
2) 修復材の外観 (温冷繰返し試験後)	—	製品カタログ等	JSCE-K511 JIS A6909 JIS K5600	○
		施工後（養生後）における被覆材の外観変状の確認（われ・はがれの有無）		○
		追跡調査における被覆材の外観変状の確認（われ・はがれの有無）		△
3) 凍結融解抵抗性	%	製品カタログ等	—	◎
4) 付着強度	N/mm ²	製品カタログ等	JSCE-K531	◎
		現地養生の供試体による付着強度の確認	JIS A6909	△
			JIS A6910 JIS K531	

※1：品質確認項目の凡例は表一解 3.1 を参照

1) 適応外気温

表面被覆工法に使用する無機系材料は、主材としてポリマーセメントモルタルの適用実績が多く、またプライマーとして温度依存性を有するエポキシ樹脂を使用する製品が多い。そのため、使用する材料が所定の性能を発揮するためには、製品メーカーが指定（推奨）する外気温を遵守することが原則である。

2) 修復材の外観， 4) 付着強度

表面被覆材は、水分をはじめとする劣化因子の浸透抑制を目的として適用することが多いため、補修対象とするコンクリートとの一体化が重要となる。母材コンクリートとの一体化は、被覆材にわれやはがれが生じていないこと、所定の付着強度を有すること（プライマーを含むシステム全体）であり、低温環境下で使用する場合には留意する必要がある。特に厳しい低温環境下で施工する場合には、現地供試体の作成により付着性を確認する等の対策を講じるのが望ましい。

3) 凍結融解抵抗性

一般に表面被覆工法は面的に広い補修を対象とするため、低温環境下では被覆材自体に凍結融解作用を生じる可能性が高くなる。そのため、補修後に凍害の影響を受ける部位（部材）を対象とする場合には、耐凍害性を有する材料を選定する必要がある。

表－解 3.27 無機系表面被覆材の品質管理基準の例（その 1）

	品質項目	単位	構造物施工管理要領 〔保全編〕(H24.7)	表面保護工法設計施工 指針(案)(H20.11)	土木工事標準仕様書 (H15.3)
			東日本高速道路㈱	(社)土木学会	東日本旅客鉄道(株)
施工性	適応外気温 相対湿度	℃，％	－	気温 5～40 湿度 85 以下	－
	表面含水率	％	8 以下 【高周波水分計】	－	－
耐候性	外観	－	均一で流れ・むら・ふくれ・はがれの ないこと(標準養生後) 白亜化がほとんど なく、ふくれ・われ・は がれがないこと (促進耐候性試験後) 【JSCE-K511】 ふくれ・われ・はがれ のないこと(温冷繰返 し、耐アルカリ性試験後) 【JIS A6909】 7(10)日間で塗膜にふく れ・われ・はがれのな いこと(耐湿試験後) 【JIS K5600】	3,000 時間 (テック 1) 1,000 時間 (テック 2) 300 時間 (テック 3) 【JSCE-K511】	塗膜は均一で、流れ、 むら、膨れ、割れおよ び剥がれがないこと 【JIS K5600】 促進耐候性試験 3,000 時間後に白亜化がな く、塗膜に膨れ、割れ、 剥がれのないこと 【JSCE-K511】

表－解 3.28 無機系表面被覆材の品質管理基準の例（その2）

	品質項目	単位	構造物施工管理要領 〔保全編〕(H24.7)	表面保護工法設計施工 指針(案)(H20.11)	土木工事標準仕様書 (H15.3)
			東日本高速道路㈱	(社)土木学会	東日本旅客鉄道(株)
ひび割れ追従性	伸び	mm	0.4(0.8)以上 (標準養生後〔常温時〕) 0.2(0.4)以上 (標準養生後〔低温時〕, 促進耐候性試験後〔常 温時〕)	0.1～0.40 未満 (低追従) 0.40～1.00 未満 (中追従) 1.00 以上 (高追従)	0.2 以上(常温時) 【JSCE-K532】
			【JSCE-K532】	【JSCE-K532】	
耐久性	遮塩性	$\times 10^{-3}\text{mg}/\text{cm}^2 \cdot \text{日}$	5.0 以下 【JSCE-K521】	0 mm(標準) 【JSCE-524】 0.1 以下 (ランク 1) 1.0 以下 (ランク 2) 10.0 以下 (ランク 3) 【JHS417】	—
	酸素透過阻止性	$\times 10^{-2}\text{mg}/\text{cm}^2 \cdot \text{日}$	5.0 以下 【JSCE-K521】	$20 \times 10^{-12}\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{S} \cdot \text{Pa})$ 【JSCE-K521〔A 法 : 差圧法〕】	5.0 以下(標準養生後)
	遮水性	g	—	0.2 以下 (ランク 1) 1.0 以下 (ランク 2) 5.0 以下 (ランク 3) 【JSCE-K523】	—
	水蒸気透過阻止性	$\text{mg}/\text{cm}^2 \cdot \text{日}$	5.0 以下 【JIS Z0208】	3.0 以上(高透湿) 1.5 以上(中透湿) 0.5 以上(低透湿) 【JIS K522】	10 以下(標準養生後) 【JIS K531】
	中性化抑止性	mm	1 以下 【JIS A1153】	0 (ランク 1) 1 以下 (ランク 2) 2 以下 (ランク 3) 【JIS A1153】	3 以下(促進中性化試験 10 周後)
	耐アルカリ性	—	—	—	水酸化カルシウム飽和溶液 に 30 日間浸しても、塗 膜に膨れ、割れ、剥が れ、軟化、溶出のない こと
付着性	付着強度 (コンクリート)	N/mm^2	1.0 以上 (標準養生以後、促進耐 候性試験後、温冷繰返 し後、耐アルカリ性試験後) 【JIS A6909】	1.0 以上(標準形) 0.7 以上(柔軟形) 【JSCE-K531】	1.0 以上 (標準養生後) 0.7 以上 (耐アルカリ性試験後) 【JIS K531】 平均 1.0 以上かつ最低 0.5 以上(施工後 14 日以 上) 【JIS A6909】
	剥落防止性 (押抜き荷重)	kN	—	—	1.5 以上 (標準養生後)

【参考文献】

- 1) 北海道開発局：道路設計要領【第3集橋梁】参考資料，p.3-コ B-12，2012年4月改訂
- 2) 土木学会：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），pp.69，2012年7月

4 章 施工の留意事項

4.1 ひび割れ補修工法

ひび割れ補修工法の施工は、適切な施工環境および施工後の要求性能を十分に確保するように実施しなければならない。また、下記に示すような工程毎に即した対策を検討するのがよい。

- (1) 材料は、種類や環境条件に応じて適切な管理・保管方法を検討する。
- (2) 施工の実施においては、気象条件や作業環境に十分な留意が必要である。
- (3) 下地処理は入念に行い、良好な施工条件を準備することが重要である。
- (4) 材料や工具の取り扱いについて十分に把握していなければならない。
- (5) 要求性能を十分に発揮するように、所定の期間、適切な養生を実施する。

【解 説】

ひび割れ補修工法の施工にあたっては、施工方法や材料特性に関する十分な知識を有する技術者と熟練技能者の下で行い、ひび割れの発生原因、劣化の有無や種類、ひび割れ発生状況や進行性の有無など、補修目的を十分に理解した上で実施することが必要である。特に積雪寒冷時期においては、所要の品質を確保するための施工環境の確保が重要となるため、雰囲気中の温湿度管理や結露対策などに留意する必要がある。

なお、本項で示す留意点は、冬季施工を推奨するものではなく、積雪寒冷時期の施工は可能な限り避けるようにすることが望ましい。

(1) について

材料の保管方法については、製造会社の「製品安全データシート(MSDS)」を参照し、適切な管理を実施することが重要である。

- 1) 保管場所は原則として日射や風雨に晒されない屋内とし、温度や湿度などが材料特性に影響がないような環境で保管することとする。なお、樹脂材料や有機溶剤などの保管に際しては、法令で保管方法や保管量などが規定されている材料もあるため、関係法令を遵守すること。
- 2) 無機系材料を長期間保管する場合など、保管方法によって品質に大きな影響を及ぼす可能性がある場合には、直射日光を避けた場所で、直接床や地面に置かずパレットや栈木等の上に静置させて空気の滞留を防ぎ、ビニールシート等で覆うなどの対策を実施して、品質劣化要因(冷却や湿気)との接触を避けることが重要である。
- 3) 補修材料は、一度開封したものを使い切ることが基本である。ごく短期間でやむを得ず残留した材料を保管する場合には、確実に密閉する必要がある。
- 4) 有機系材料や液体の材料(プライマー材、シーラー材、樹脂注入材、混和剤等)は凍結作用を受けないよう、保管場所の気温に十分留意する必要がある。また、セメント系材料などの粉体材料においては、空気中の湿気や水分を吸収すると軽微な水和反応を起こして風化することに留意が必要となる。
- 5) その他、使用する機材においても、保管方法が品質に悪影響を及ぼす場合も考えられる。例えば、材料の計量に供する秤、材料の攪拌に用いる機器など、寒冷な状況における作動が不安定になることもある。

(2) について

- 1) 以下に示すような施工環境では十分な品質の確保が困難であるため、必要な対策を講じない場合には、原則として施工を行ってはならない。
 - a) 躯体表面が凍結している場合.
 - b) 躯体表面が低温で、材料の性能を十分発揮できない可能性がある場合.
 - c) 躯体表面の水分量が 8% 以上の場合.
 - d) 硬化養生中を含め、強風や流水の恐れがある場合.
 - e) 硬化養生中を含め、結露を生じる可能性がある場合.
 - f) 躯体表面が脆弱な場合.
 - g) 躯体表面が十分な付着が得られない程度に汚れている場合.
- 2) 上記のような施工環境においても十分な品質を確保するために、以下のような具体策を講じる方法がある。
 - a) 給熱(保温)養生により躯体を 5℃ 以上まで加温する. ひび割れ内部、床版背面など補修対象部位の全体を考慮することが重要である.
 - b) 躯体の加温による上部からの融雪水対策として、排水設備を設置する.
 - c) 気象状況が安定した後に、表面を清掃・乾燥させてから施工を実施する.
 - d) 補修面が養生途中に融雪水や土砂などに晒された場合、所定範囲の清掃・撤去を実施するなどの再施工を検討する.
 - e) エフロレッセンスの発現部位は、漏水、躯体含水比に注意を払う. 状況により止水対策を検討する.
- 3) 作業空間においては、火災や空気環境等に留意する必要がある.
有機溶剤などの引火性材料では、火気厳禁とすることがもちろんであるが、冬季施工時の給熱養生の際に、強風や降雪、その他の外的要因により、囲いシート等が給熱器具に接触して火災の原因となるため、適切に作業環境を整える必要がある.
防寒養生など密閉された空間での作業及び休憩時においては、換気だけでなく給熱機器の配置にも留意して施工することが望ましい. また、閉断面の水路などでは、発電機から排出される二酸化炭素が滞留することも想定され、防寒養生を練炭などで実施した場合は燃焼不良による一酸化炭素の発生など、作業員の安全に影響を及ぼすこともあるため、単に温度や湿度だけでなく、その他の事象についても留意して施工する必要がある.

(3) について

- 1) ひび割れ補修における下地処理は、シール材の接着の良否に影響を及ぼし、シール材の接着が不十分となった場合、注入材の漏洩により、注入材の充てん不良や充てん不足となることもあるため、入念に施工する必要がある. したがって、補修表面の汚れ(レイタンス、塵埃、型枠の油分、表面に付着した塩分等)をワイヤブラシ、ディスクサンダーによる研磨やエアブロー、高圧水洗浄、洗浄剤の使用により完全に除去することが必要となる.
- 2) シール材や注入材の材質によっては、望ましくない下地処理の方法があることに留意する必要がある. 例えば、樹脂系シール材施工部への高圧水による下地処理は、水分の影響により付着性状が十分得られないこともある. そのため、モルタル水分計で表面含水率 8% 以下に管理するなど、十分に乾燥させなければならない.
また、雰囲気中の温度が低い場合には、洗浄水の凍結が懸念されることや、洗浄水に混入した凍結防止剤とシール材との相性なども十分考慮した上で、下地処理方法を選定する必要がある.

- 3) 注入材に無機系(セメント系)の材料を用いる場合には、ひび割れ界面が乾燥している場合、ドライアウト現象や目詰まりによる注入不良などを生じることにも想定されるため、注入材の充てん作業に先立って、事前通水を実施することもある。特に寒冷な雰囲気の中で通水作業を実施する場合には、湿潤下地の凍結に特に留意する必要がある。
- 4) 注入孔の削孔はミストドリルを使用し、ひび割れ内部の粉塵除去を考慮する。

(4) について

- 1) ひび割れ注入における注入材は、低圧注入工法による方法が一般的であり、あらかじめ攪拌混合した注入材を小分けにして注入することとなる。有機系、無機系材料ともに規定の配合を遵守することはもちろんであるが、各材料が十分に混ざり合わさるように攪拌することが重要である。有機系材料では、雰囲気中の温度によりその粘性が大きく異なり、温度が低い場合には十分な攪拌が困難なこともある。また、無機系の注入材では、温度による流動性への影響はあまりないが、攪拌機器の性能が十分でない場合など注入材がダマ状となり、所要の流動性が得られないことや攪拌機器の隅角部に粉体が残留するなど、所定の配合でない注入材となることも懸念されるため注意を要する。
- 2) 十分に攪拌した注入材料は、可使時間あるいは凝結開始前に注入作業が完了するように注入すること。可使時間は材料の種類や気温等により異なるため、施工環境に合わせて設定する必要がある。特に、加温養生環境で注入作業をする場合には、冬季にもかかわらず比較的温暖な環境になっている場合もあり、可使時間が十分確保されない場合もあるなど、単に材料を寒冷タイプにしているだけでは十分でないこともある。
無機系の注入材では、例えば、付加的な機能として粉体状のポリマーが混入している材料では、攪拌時間が短い場合、ポリマー成分が十分機能しないこともあるため、製造会社が推奨する事項を厳守して攪拌することが必要となる。
- 3) 材料によっては、皮膚への付着や吸引等により刺激性等の障害が生じる場合があるため、保護具(防塵マスク、ゴム手袋、保護メガネなど)を着装する必要があるが、万が一使用中に気分の悪化や目に入った場合は、応急処置を行い医師の診察が必要である。
- 4) 使用道具の整備は、一定の施工品質を確保する上で重要である。使用材料が付着した容器や工具は、シンナー等の溶剤やウェスによってこまめに拭き取ることが有効である。

(5) について

- 1) 材料の硬化反応は温度の影響を大きく受けるため、製造会社が推奨する温度範囲内(概ね 5℃～35℃)で使用する。なお、写一解 4.1 に示すような自記温(湿)度計により、養生期間中に養生内外の温度(湿度)を記録することは施工管理上有効である。
低温環境下での給熱方法として、施工規模、対象構造物の種類あるいは施工条件等により投光器・練炭・ジェットヒーター・ジェットファーネス等を適切に配置して実施される。構造物の種類や立地環境によっては、躯体背面からの冷却や、ひび割れ内部に水分が凍結していることもあり、施工中だけでなく、施工開始の2～3日前から対象躯体の給熱および保温を行うなど、現場の状況に応じて余裕のある養生を実施することが望ましい。給熱養生を行う際は、補修箇所を間接的に温める工夫により、初期乾燥ひび割れ等の不具合を防止することとする。
- 2) 硬化遅延や初期凍害等の可能性のある場合には、早期強度発現性のある材料を選定するなどの配慮を要する。
- 3) 低温環境下における品質低下や積雪による工事の遅延等を防止するために、工事発注者と施工者

は、防寒養生の設置の可否について事前にあるいは随時協議した上で工事を実施することが望ましい。



写一解 4.1 自記温度計

4.2 断面修復工法

断面修復工法の施工は、適切な施工環境および施工後の要求性能を十分に確保するように実施しなければならない。また、下記に示すような工程毎に即した対策を検討するのがよい。

- (1) 材料は、種類や環境条件に応じて適切な管理・保管方法を検討する。
- (2) 施工の実施においては、気象条件や作業環境に十分な留意が必要である。
- (3) はつり工および下地処理は入念に行い、良好な施工条件を準備することが重要である。
- (4) 材料や工具の取り扱いについて十分に把握していなければならない。
- (5) 要求性能を十分に発揮するように、所定の期間、適切な養生を実施する。

【解 説】

断面修復工法の施工にあたっては、施工方法や材料特性に関する十分な知識を有する技術者と熟練技能者の下で行い、損傷や変状の発生原因、劣化の有無や種類、変状の進行性の有無など、補修目的を十分に理解した上で、実施することが必要である。特に積雪寒冷時期においては、所要の品質を確保するための施工環境の確保が重要となるため、雰囲気中の温湿度管理や結露対策などに留意する必要がある。

なお、本項で示す留意点は、冬季施工を推奨するものではなく、積雪寒冷時期の施工は可能な限り避けるようにすることが望ましい。

(1) について

材料は性質や荷姿が様々であるため、保管方法については、製造会社の「製品安全データシート(MSDS)」を参照し、材料毎に適切な管理を実施することが重要である。

- 1) 保管場所は原則として日射や風雨に晒されない屋内とし、温度や湿度などが材料特性に影響がないような環境で保管することとする。なお、樹脂材料や有機溶剤などの保管に際しては、法令で保管方法や保管量などが規定されている材料もあるため、関係法令を遵守すること。
- 2) 無機系材料を長期間保管する場合など、保管方法によって品質に大きな影響を及ぼす可能性がある場合には、直射日光を避けた場所で、直接床や地面に置かずパレットや栈木等の上に静置させて空気の滞留を防ぎ、ビニールシート等で覆うなどの対策を実施して、品質劣化要因(冷却や湿気)との接触を避けることが重要である。
- 3) 補修材料は、一度開封したものは使い切ることが基本である。ごく短期間でやむを得ず残留した材料を保管する場合には、確実に密閉する必要がある。
- 4) 有機系材料や液体材料(プライマー材、混和材等)が凍結した場合、所要の性能が得られなくなることが懸念されるため、解凍後の性能への影響を製造業者に確認する必要がある。また、セメント系材料などの粉体材料においては、空気中の湿気や水分を吸収すると軽微な水和反応を起こして風化することに留意が必要となる。
- 5) その他、使用する機材においても、保管方法が品質に悪影響を及ぼす場合も考えられる。例えば、材料の計量に供する秤、材料の攪拌に用いる機器など、寒冷な状況における作動が不安定になることもある。

(2) について

- 1) 以下に示すような施工環境では十分な品質の確保が困難であるため、必要な対策を講じない場合には、原則として施工を行ってはならない。
 - a) 躯体表面が凍結している場合.
 - b) 躯体表面が低温で、材料の性能を十分発揮できない可能性がある場合.
 - c) 躯体表面の水分量が 8% 以上の場合.
 - d) 硬化養生中を含め、強風や流水の恐れがある場合.
 - e) 硬化養生中を含め、結露を生じる可能性がある場合.
 - f) 躯体表面が脆弱な場合.
 - g) 躯体表面が十分な付着が得られない程度に汚れている場合.

- 2) 上記のような施工環境においても十分な品質を確保するために、以下のような具体策を講じる方法がある.

給熱(保温)養生により躯体を 5℃ 以上まで加温する.

躯体の加温による上部からの融雪水対策として、排水設備を設置する.

気象状況が安定した後に、表面を清掃・乾燥させてから施工を実施する.

補修面が養生途中に融雪水や土砂などに晒された場合、所定範囲の清掃・撤去を実施するなど
の再施工を検討する.

- 3) 作業空間においては、火災や空気環境等に留意する必要がある.

有機溶剤などの引火性材料では、火気厳禁とすることはもちろんであるが、冬季施工時の給熱養生の際に、強風や降雪、その他の外的要因により、囲いシート等が給熱器具に接触して火災の原因となるため、適切に作業環境を整える必要がある.

防寒養生など密閉された空間での作業及び休憩時においては、換気だけでなく給熱機器の配置にも留意して施工することが望ましい. また、閉断面の水路などでは、発電機から排出される二酸化炭素が滞留することも想定され、防寒養生を練炭などで実施した場合は燃焼不良による一酸化炭素の発生など、作業員の安全に影響を及ぼすこともあるため、単に温度や湿度だけでなく、その他の事象についても留意して施工する必要がある.

(3) について

- 1) はつり工は、断面修復工の目的に応じ、所定のはつり深さまで既設コンクリートを除去する行為である. はつり工では、劣化因子の除去や劣化部の除去を目的に行われ、前者の例としては、塩害劣化における過剰な塩化物イオンを含むコンクリートの除去、後者の例としては、凍害劣化などに起因した浮き部の撤去などがある. 劣化因子の除去を目的とする場合のはつり作業では、所定の厚さを完全に除去する必要がある. 一方、劣化部を除去する目的で適用される場合、浮きや脆弱部を完全に撤去し、堅牢な下地が露出するまではつりとる必要がある. 場合によっては、当初見込んでいた劣化厚さよりもはつり厚さが大きくなる場合や逆に小さくなる場合もある. 必要以上に既設コンクリートを撤去することは構造上の懸念もあり、場合によっては支保工など補助工法を併用することを検討すべき場合もある. また、はつり深さが当初の想定よりも深くなった場合には、選定した断面修復材や修復方法が合理的とならないこともある. 同様にはつり深さが当初の想定よりも小さくなった場合、選定した材料の最小施工厚さまで除去するか、その厚さに応じた断面修復材や修復方法を再選定するかを判断する必要も生じ得る. したがって、断面修復工におけるはつり作業では、その目的、選定されている材料の特徴、断面修復方法の適用性などについて十分な知識や経験を要する. 既往の施工では、以下のような補助的な方法によりはつり

深さの妥当性を検討した事例がある。

- a) 硫化水素による劣化：EPMAによるイオウ浸透深さの分析
- b) 凍害劣化による劣化：蛍光エポキシ樹脂含浸法による劣化深さの把握
- c) 中性化による劣化：フェノールフタレイン噴霧による中性化部の除去

上述のように、断面修復工法におけるはつり作業は、その目的や躯体の劣化状況によって、当初想定したとおりになるとは限らない。それに加えて、内部鋼材の配筋状態や発錆状況によっては、はつり深さを変更する場合も想定しておく必要がある。

はつり面が堅牢か否かの判定については、ハンマーによる打音検査が一般的であるが、定性的な判断となっているため、必要に応じて、技術士（建設部門）、上級土木技術者（メンテナンス、あるいは鋼構造及びコンクリート）、コンクリート診断士などの技術者の判断を求めるなども必要となる。

- 2) 劣化コンクリートの除去範囲が 100m² 程度以上のハツリ作業や、腐食鉄筋の錆落とし作業は、ウォータージェット工法によることがある。これを低温環境下において用いる場合には、作業の数時間前よりポンプ設備を暖運転するなどにより使用水の凍結を防止し、処理水の排水処理を迅速に行うことで次工程の鉄筋の防錆処理について留意するなど、水の取り扱いには注意を要する。除去範囲が 10m² 程度以下のハツリ作業はハンマー、ピックハンマー、ハンドブレイカー等の手ハツリで行い、ハツリ範囲は事前にカッターで深さ 10 mm 程度の切り込みを入れ、フェザーエッジが生じないようにする。また施工条件等を勘案しショットブラスト等の工法についても適宜検討するのがよい。
- 3) はつり工が完了した下地コンクリート面には、必要に応じて断面修復材料の性能が十分に発揮されるようにプライマー処理や吸水調整等が実施されることがある。プライマー材は、躯体の状況（例えば、湿潤であるか否か）や用いる断面修復材との相性などに留意して選定する必要がある。また、低温環境下においては、湿潤下地を凍結させないように留意が必要である。また、発錆した鉄筋や著しい孔食などがある場合は、防錆処理や用心鉄筋などを配置するなどの処置を講じることが望ましい。その際、鉄筋の防錆処理は、鉄筋の節部を残し断面修復材との付着に悪影響を与えないように実施する必要がある。
- 4) 補修計画時期と施工時期に大きな間隔がある場合や、補修計画時よりも劣化範囲が進行していることが判明した場合は、管理者との協議により補修範囲や補修工法を適切に再設定しなければならない。

(4) について

- 1) 断面修復工法における材料は、セメント系、ポリマーセメント系およびポリマー系に大別されるが、いずれの材料を用いる場合でも、規定の配合を遵守することはもちろんであるが、各材料が十分に混ざり合わさるように攪拌することが重要である。
- 2) 断面修復工法における施工方法には、左官、充てんおよび吹付けなどの方法がある。
左官工法及び吹付け工法による場合は、大きな凹凸や鉄筋背面などに未充てん部が生じることがないように、入念に施工すること。
吹付け工法による場合は、コンプレッサーや発電機などの機械設備を要することや圧送距離に制約がある場合もあり、機械設備の配置を事前に計画すること。吹付け工法のうち、乾式工法では、ノズル先端付近でモルタルとなるため、所定の配合比であるか否かを試吹きや抜き取り検査などによって確認する必要がある。
充てん工法による場合は、型枠設置から充てん作業までの期間に雨水などの流入がないように処

置を講じることや、下端に水抜き孔を設けるなどの処置を講じることが必要となる。注入材料の流動性は高く、ほぼ液圧として作用し、施工中の振動や充てん圧力が加わるため、設置する型枠を強固かつ高精度に組み立てなければならない。

- 3) ハンドミキサーで混練りする場合は、材料の種類により羽根の形状を選択する。なお、無機系材料の混練りにおいて、アルミニウム製の羽根を使用した際には、容器や骨材により削られ、アルカリ成分と反応して材料が発泡し強度低下を生じることがあるので、鋼製のものなどを使用するのが望ましい。過剰な練り混ぜによる空気は、材料の強度特性や凍結融解に対する抵抗性を低下させる可能性があるため、施工においては過剰な空気が混入しないよう十分に注意する必要がある。
- 4) 使用材料が無機系の場合は、混練水には清浄水を使用し、攪拌は空気を巻き込まないように行い、発生した気泡はできるだけ除去する。付加的な機能として粉体状のポリマーが混入している注入材では、攪拌時間が短い場合、ポリマー成分が十分機能しないこともあるため、製造会社が推奨する事項を遵守して攪拌することが必要となる。
- 5) 使用材料が有機系の場合は、主剤と硬化剤は所定の配合比率にしたがい、過不足なく計量し、攪拌機等により均一に混合することが重要である。配合比を間違えると硬化不良の原因となり得るため、計量器を用いて重量を計ること。また、所定の配合比を遵守した場合でも、十分な攪拌を実施しなければ、所定の硬化物を得られないため、特に容器の隅の攪拌には注意を払うこと。
- 6) 断面修復材の練り混ぜにおいては、製造会社が定める仕様(配合・配合順序・練り混ぜ機械・練り混ぜ時間など)に従うことが原則となる。プレミックス製品を使用する場合は、製造会社指定以外の添加剤(凍結防止、凝結促進剤等)を使用しない事とする。気象条件および材料の種類によってワーカビリティや強度発現時間が異なる。強度発現性の早い材料は、練り混ぜ中から硬化反応が進み、流動性の低下が施工性に影響を与えることもある。したがって、事前に試験施工を行い、下記に示すような施工特性を十分に確認しておくことが重要である。
 - a) 練り上がり温度
 - b) 練り混ぜ方法
 - c) 練り混ぜ時間
 - d) 各層の吹付け間隔
 - e) 可使時間以内に使い切る事のできる量の設定
- 7) 十分に攪拌した修復材料は、可使時間あるいは凝結開始前に修復作業が完了するようにしなければならない。可使時間は材料の種類や気温等により異なるため、施工環境に合わせて設定する必要がある。特に、加温養生環境で修復作業をする場合には、冬季にもかかわらず比較的温暖な環境になっている場合もあり、可使時間が十分確保されない場合もあるなど、単に材料を寒冷タイプにしているだけでは十分でないこともある。
- 8) 施工する部位の向きや断面修復の施工厚さが厚い場合は、数回に分けて施工する必要もある。その際、各層間で十分な付着が得られるよう留意すること。必要に応じて目荒らしやプライマー、水の塗布など躯体接触面と同様の処置を講じることとも検討すること。
- 9) 材料によっては、皮膚への付着や吸引等により刺激性等の障害が生じる場合があるため、適切な保護具(防塵マスク、ゴム手袋、保護メガネなど)を着装する必要があるが、万が一使用中に気分の悪化や目に入った場合は、応急処置を行い医師の診察が必要である。
- 10) 使用道具の整備は、一定の施工品質を確保する上で重要である。使用材料が付着した容器や工具は、シンナー等の溶剤やウェスによってこまめに拭き取ることが有効である。

(5) について

- 1) 材料の硬化反応は温度の影響を大きく受けるため、製造会社が推奨する温度範囲内(概ね 5℃～35℃)で使用する。

低温環境下での給熱方法として、施工規模、対象構造物の種類あるいは施工条件等により投光器・練炭・ジェットヒーター・ジェットファーンネス等を適切に配置して実施される。構造物の種類や立地環境によっては、躯体背面からの冷却がある可能性もある。現場の状況に応じて、下記に示すような養生対策を検討し、材料の運搬や打設時の材温低下をある程度抑制する工夫が望まれる。

- a) 施工開始の2～3日前から対象躯体の給熱および保温を行う。
- b) 保温効果が大きい輸送管路を最短距離で用いる。
- c) 保温効果の大きい型枠を用いる。
- d) 骨材や練り混ぜ水を適宜加温する。

給熱量は、材料の水和熱も考慮し適度に調節する。給熱養生を行う際は、補修箇所を間接的に暖める工夫により、初期ひび割れ等の不具合を防止することとする。

- 2) 施工した材料が所定の強度を発現するまでは、衝撃や振動を作用させないように留意する。また、硬化遅延や初期凍害等の可能性がある場合には、早期強度発現性のある材料を選定するなどの配慮を要する。
- 3) 風や直射日光は断面修復材表面水の蒸発を促進させ、所定の品質が得られないことや表面ひび割れが発生するなどの不具合を生じる恐れもある。特に冬季施工においては養生面や型枠面が寒風にさらされると、初期凍害の原因となる場合があるため、シート囲いを行う際は留意しなければならない。
- 4) 低温環境下では、打設した断面修復材の養生に際し、凝結および硬化反応が相当に遅延することもあり留意が必要である。また、早期に荷重を受ける構造物では、衝撃や振動によりひび割れ等の問題が生じやすくなることや、付着不良を防止するために、状況に応じて強度発現性の早い材料を用いるなどの対策が必要である。養生の終了後、特に養生面が水和反応や給熱により高温になっている場合は、急激な温度降下によりひび割れを生じることがあるため、雰囲気中だけでなく断面修復材自体の温度管理を実施することが望ましい。また、断面修復材の硬化熱は、徐々に温度降下させるなどの工夫も必要である。
- 5) 低温環境下における品質低下や積雪による工事の遅延等を防止するために、工事発注者と施工者は、防寒養生の設置の要否について事前にあるいは随時協議した上で工事を実施することが望ましい。また、積雪寒冷時期に施工することが予想される場合には、必要となる防寒(雪)養生等の仮設備を計画する必要がある。
- 6) 適切な養生は耐久性向上を図る重要な要素であるが、断面修復部や打継部の界面に対し、必要に応じて適切な防水処理を行うことも効果的である。

例) 界面への含浸材の付与、被膜養生、ポリマーセメント層の付与等

4.3 含浸材塗布工法

含浸材塗布工法の施工は、適切な施工環境および施工後の要求性能を十分に確保するように実施しなければならない。また、下記に示すような工程毎に即した対策を検討するのがよい。

- (1) 材料は、種類や環境条件に応じて適切な管理・保管方法を検討する。
- (2) 施工の実施においては、気象条件や作業環境に十分な留意が必要である。
- (3) 下地処理は入念に行い、良好な施工条件を準備することが重要である。
- (4) 材料や工具の取り扱いについて十分に把握していなければならない。
- (5) 要求性能を十分に発揮するように、所定の期間、適切な養生を実施する。

【解 説】

含浸材塗布工法の施工にあたっては、施工方法や材料特性に関する十分な知識を有する技術者と熟練技能者の下で行い、使用する材料の特性を把握して、補修目的を十分理解した上で実施することが必要である。特に積雪寒冷時期においては、所要の品質を確保するための施工環境の確保が重要となるため、雰囲気中の温湿度管理や結露対策などに留意する必要がある。なお、本項で示す留意点は、冬季施工を推奨するものではなく、積雪寒冷時期の施工は可能な限り避けるようにすることが望ましい。

(1) について

材料の保管方法については、製造会社の「製品安全データシート(MSDS)」を参照し、適切な管理を実施することが重要である。

- 1) 保管場所は原則として日射や風雨に晒されない屋内とし、温度や湿度などが材料特性に影響がないような環境で保管することとする。なお、有機溶剤や溶剤で希釈されたシラン系材料などの保管に際しては、法令で保管方法や保管量などが規定されている材料もあるため、関係法令を遵守すること。
- 2) 材料を長期間保管する場合など、管理方法によって品質に大きな影響を及ぼす可能性がある場合には、直射日光を避けた場所で、直接床や地面に置かずパレットや栈木等の上に静置させて空気の滞留を防ぎ、ビニールシート等で覆うなどの対策を実施して、品質劣化要因(冷却や湿気)との接触を避けることが重要である。
- 3) 含浸材料の容器は、一度開封したものは使い切ることが基本である。ごく短期間でやむを得ず残留した材料を保管する場合には、確実に密閉する必要がある。水系のシラン系及びけい酸塩系含浸材料は、低温環境下においては凍結のおそれがあり、水系以外の含浸材料の主成分は、水と反応して浸透性の低下などの原因となる場合もあることから、管理材料の保管には留意を要する。
- 4) その他、使用する機材においても、保管方法が品質に悪影響を及ぼす場合も考えられる。例えば、材料の計量に供する秤、材料の攪拌に用いる機器など、寒冷な状況における作動が不安定になることもある。

(2) について

- 1) 以下に示すような施工環境では十分な品質の確保が困難であるため、必要な対策を講じない場合には、原則として施工を行ってはならない。
 - a) 躯体表面が凍結している場合。

- b) 躯体表面が低温で、材料の性能を十分発揮できない可能性がある場合.
 - c) 躯体表面の水分量が 8% 以上の場合.
 - d) 硬化養生中を含め、強風や流水の恐れがある場合.
 - e) 硬化養生中を含め、結露を生じる可能性がある場合.
 - f) 躯体表面が脆弱な場合.
 - g) 躯体表面が十分な付着が得られない程度に汚れている場合.
- 2) 上記のような施工環境においても十分な品質を確保するために、以下のような具体策を講じる方法がある.
- a) 給熱(保温)養生により躯体を 5℃ 以上まで加温する.
 - b) 躯体の加温による上部からの融雪水対策として、排水設備を設置する.
 - c) 気象状況が安定した後に、表面を清掃・乾燥させてから施工を実施する.
 - d) 補修面が養生途中に降雨、降雪、融雪水や土砂などに晒された場合、所定範囲の清掃・撤去を実施するなどの再施工を検討する.
- 3) 作業空間においては、火災や空気環境等に留意する必要がある.
- 有機溶剤などの引火性材料では、火気厳禁とすることはもちろんであるが、冬季施工時の給熱養生の際に、強風や降雪、その他の外的要因により、囲いシート等が給熱器具に接触して火災の原因となるため、適切に作業環境を整える必要がある.
- 防寒養生など密閉された空間での作業及び休憩時においては、換気だけでなく給熱機器の配置にも留意して施工することが望ましい。また、閉断面の水路などでは、発電機から排出される二酸化炭素が滞留することも想定され、防寒養生を練炭などで実施した場合は燃焼不良による一酸化炭素の発生など、作業員の安全に影響を及ぼすこともあるため、単に温度や湿度だけでなく、その他の事象についても留意して施工する必要がある。

(3) について

- 1) 下地処理は、材料の浸透性を確保する上で非常に重要である。コンクリート表面の劣化(浮き、欠損、ひび割れ、脆弱部)やその他の変状(打継ぎ、コールドジョイント、豆板、木コン、欠損、著しい凹凸)は含浸性に対する阻害要因となるため確実に除去を行い、状況に応じて含浸を阻害しない材料により断面修復することが必要である。
- 2) 補修表面の汚れ(レイタンス・塵埃・油脂類・付着塩分など)はブラスト処理等による研磨やエアブロー、高圧水洗浄、洗浄剤の使用により完全に除去し、研磨時の粉化物も確実に除去する。低温環境下において液体によって洗浄を行う際は、洗浄液を加温して処理液は速やかに回収するなど、洗浄液の凍結による含浸性に対する阻害要因を除去する必要がある。

(4) について

- 1) 使用時に材料の分離や沈殿物などが認められた場合は、製造会社に使用の可否を確認する必要がある。
- 2) 現在使用されている表面含浸工法における含浸材は、所定の量を数回にわたって塗布することが一般的であり、製品によって乾燥状態あるいは湿潤状態で塗布するように製造会社によりその施工方法が指定されている。したがって、同じ含浸工法でも使用する材料の種類や製造会社によって、その塗布回数や塗布量、塗布時の表面の状態は異なることに留意すること。また、塗布するコンクリート面の性状を十分把握し、シラン系及びけい酸塩系等の材料の使用量を判断する必要がある。

- 3) 所要の塗布量を所定の方法で施工した場合の含浸材の浸透深さは、躯体の含水状況や空隙の状況、温度や湿度などの作業環境、施工方法による材料のロス率の差異など種々の条件で異なる。品質管理項目として浸透深さが規定されている場合には、施工した躯体から試料を採取して浸透深さを確認することが望ましい。ただし、施工規模や構造上の懸念など直接的な試料の採取が合理的でない場合も少なからずあるため、できるだけ同様の環境となるように用意したコンクリート平板などによる確認が実施されることが多い。また、鋼材腐食の抑制を期待した材料の場合には、電気化学的な手法により鋼材の腐食環境の改善やその経時的な効果をモニタリングすることも実施されている。
- 4) 有機溶剤で希釈されたシラン系材料などを使用する際は、消防法などの関係法令に従うものとする。材料によっては、皮膚への付着や吸引等により障害が生じる場合があるため、保護具(防塵マスク、ゴム手袋、保護メガネなど)を着装する必要があるが、万が一使用中に気分の悪化や目に入った場合は、応急処置を行い医師の診察が必要である。
- 5) 含浸材料は、製造会社が指定する可使用時間以内に使い切る事のできる量に合わせて使用し、余った場合は適切に処分しなければならない。可使用時間は材料の種類や気温等により異なるため、実際の状況に合わせて設定する必要がある。
- 6) 使用工具等の整備は、一定の施工品質を確保する上で重要である。使用材料が付着した容器や工具は、シンナー等の溶剤やウェスによってこまめに拭き取ることが有効である。

(5) について

- 1) 材料の浸透性能は気温や湿気、躯体の含水状態などの影響を受けるため、施工開始から養生期間中において製造会社が推奨する温度範囲内(概ね 5℃～35℃)で使用する。低温環境下での給熱方法として、施工規模、対象構造物の種類あるいは施工条件等により投光器・練炭・ジェットヒーター・ジェットファーンレス等を適切に配置して実施される。構造物の種類や立地環境によっては、躯体背面からの冷却がある場合があり、施工中だけでなく、施工開始の 2～3 日前から対象躯体の給熱および保温を行う、雨天時の湿気や結露の対策として除湿機の設置や送風機により湿った空気を排出するなど、現場の状況に応じて余裕のある養生を実施することが望ましい。
- 2) 低温環境下で凍結の恐れがある場合、水で希釈したシラン系材料またはけい酸塩系材料を使用すると、施工後の高い含水率による凍害劣化の原因となる可能性がある。そのため、溶剤系や無溶剤系を選定するのが望ましいが、やむを得ず使用する場合は施工後の養生についても留意する必要がある。
- 3) 低温環境下における品質低下や積雪による工事の遅延等を防止するために、工事発注者と施工者は、防寒養生の設置の要否について事前あるいは随時協議した上で工事を実施することが望ましい。また、積雪寒冷時期に施工することが予想される場合には、必要となる防寒(雪)養生等の仮設備を計画する必要がある。
- 4) 表面含水率の測定には、高周波水分計を用いることが一般的であるが、機器の製造会社や型番などによっては、必ずしも同じ値とはならないこともあるため、同じ施工単位における表面水分の管理には、同じ機器を用いること。

4.4 表面被覆工法

表面被覆工法の施工は、適切な施工環境および施工後の要求性能を十分に確保するように実施しなければならない。また、下記に示すような工程毎に即した対策を検討するのがよい。

- (1) 材料は、種類や環境条件に応じて適切な管理・保管方法を検討する。
- (2) 施工の実施においては、気象条件や作業環境に十分な留意が必要である。
- (3) 下地処理は入念に行い、良好な施工条件を準備することが重要である。
- (4) 材料や工具の取り扱いについて十分に把握していなければならない。
- (5) 要求性能を十分に発揮するように、所定の期間、適切な養生を実施する。

【解 説】

表面被覆工法の施工にあたっては、施工方法や通気性、通湿性、耐候性、耐凍害性などの材料特性に関する十分な知識を有する技術者と熟練技能者の下で行い、補修目的を十分に理解した上で実施することが必要である。特に積雪寒冷時期においては、所要の品質を確保するための施工環境の確保が重要となるため、雰囲気中の温湿度管理や結露対策などに留意する必要がある。なお、本項で示す留意点は、冬季施工を推奨するものではなく、積雪寒冷時期の施工は可能な限り避けるようにすることが望ましい。

(1) について

材料の保管については、製造会社の「製品安全データシート(MSDS)」を参照し適切な管理を実施することが重要である。

- 1) 保管場所は原則として日射や風雨に晒されない屋内とし、温度や湿度などが材料特性に影響がないような環境で保管することとする。なお、樹脂材料や有機溶剤などの保管に際しては、法令で保管方法や保管量などが規定されている材料もあるため、関係法令を遵守すること。
- 2) 無機材料を長期間保管する場合など、管理方法によって品質に大きな影響を及ぼす可能性がある場合には、直射日光を避けた場所で、直接床や地面に置かずパレットや栈木等の上に静置させて空気の滞留を防ぎ、ビニールシート等で覆うなどの対策を実施して、品質劣化要因(冷却や湿気)との接触を避けることが重要である。
- 3) 補修材料は、一度開封したものは使い切ることが基本である。ごく短期間でやむを得ず残留した材料を保管する場合には、確実に密閉する必要がある。
- 4) 有機系材料などの液体材料(プライマー材・パテ材・中塗り材・上塗り材)が凍結した場合、所要の性能が得られなくなることが懸念されるため、解凍後の性能への影響を製造会社に確認する必要がある。また、セメント系材料などの粉体材料においては、空気中の湿気や水分を吸収すると軽微な水和反応を起こして風化することに留意が必要である。
- 5) その他、使用する機材においても、保管方法が品質に悪影響を及ぼす場合も考えられる。例えば、材料の計量に供する秤、材料の攪拌に用いる機器など、寒冷な状況における作動が不安定になることもある。

(2) について

- 1) 以下に示すような施工環境では十分な品質の確保が困難であるため、必要な対策を講じない場合には、原則として施工を行ってはならない。

- a) 躯体表面が凍結している場合.
 - b) 躯体表面が低温で、材料の性能を十分発揮できない可能性がある場合.
 - c) 躯体表面の水分量が8%以上の場合.
 - d) 硬化養生中を含め、強風や流水の恐れがある場合.
 - e) 硬化養生中を含め、結露を生じる可能性がある場合.
 - f) 躯体表面が脆弱な場合.
 - g) 躯体表面が十分な付着が得られない程度に汚れている場合.
- 2) 上記のような施工環境においても十分な品質を確保するために、以下のような具体策を講じる方法がある.
- a) 給熱(保温)養生により躯体を5℃以上まで加温する.
 - b) 躯体の加温による上部からの融雪水対策として、排水設備を設置する.
 - c) 気象状況が安定した後に、表面を清掃・乾燥させてから施工を実施する.
 - d) 補修面が養生途中に融雪水や土砂などに晒された場合、所定範囲の清掃・撤去を実施するなどの再施工を検討する.
- 3) 作業空間においては、火災や空気環境等に留意する必要がある.
- 有機溶剤などの引火性材料では、火気厳禁とすることはもちろんであるが、冬季施工時の給熱養生の際に、強風や降雪、その他の外的要因により、囲いシート等が給熱器具に接触して火災の原因となるため、適切に作業環境を整える必要がある.
- 防寒養生など密閉された空間での作業及び休憩時においては、換気だけでなく給熱機器の配置にも留意して施工することが望ましい. また、閉断面の水路などでは、発電機から排出される二酸化炭素が滞留することも想定され、防寒養生を練炭などで実施した場合は燃焼不良による一酸化炭素の発生など、作業員の安全に影響を及ぼすこともあるため、単に温度や湿度だけでなく、その他の事象についても留意して施工する必要がある.
- (3) について
- 1) 下地処理は、材料の付着強度を確保する上で非常に重要である. コンクリート表面に平滑性を欠く要因(脆弱部、段差、空隙)があると、材料塗布後早期にふくれ、割れ、はがれなどの不具合を生じる可能性がある. したがって、研磨やパテ材などにより均一な下地表面に処理しなければならない. また、コンクリート内部に存在する空隙が対策後の再劣化を助長するケースもあり、対策部位の状況把握には十分留意する必要がある.
 - 2) 素地調整作業では、表面被覆材(プライマーやパテ材、あるいは断面修復材など)の付着に有害な物質(レイトランス、塵埃、油脂類、離型剤、塩分、錆汁など)を除去する. 素地調整の方法としては、ウォータージェット工法や高圧水洗浄による洗浄方法、ブラストやディスクサンダー等の動力工具による研磨方法、ブラシ・ウェス・エアブローで除去する方法などがある. これらのうち、低温環境下で行う洗浄方法では、洗浄水の処理を速やかに行うなど、洗浄水の凍結による作業の遅れが無いように留意すること.
 - 3) プライマー処理を行う際に下地表面が湿っていると、接着不良や硬化阻害、塗膜のふくれの原因となるため、コンクリート表面を十分に乾燥させる必要がある.

(4) について

- 1) 表面被覆工法は、主として使用中塗り材の材料の種類によって、有機系と無機系がある. また、第三者被害を防止するために連続繊維(ガラス繊維、ビニロン繊維など)強化プラスチック

(FRP)としたものも適用されている。通常の塗装の構成は、下地処理の後、プライマーの塗布、パテ材塗布(素地の状態によっては省略も可)、中塗り材塗布、上塗り材塗布であり、中塗り材や上塗り材は単層ではなく複層とする場合も多い。塗装の目的(伸び能力や劣化因子の遮断能力、美観向上性能、視線誘導効果、はく落防止性能、耐摩耗性など)や施工条件(工期短縮への対応、湿潤面への塗布など)などによって、種々の塗装仕様がある。

補強を目的として実施される連続繊維接着工法も広義では、表面被覆工法の範疇にあるが、ここでは、主としてコンクリートの劣化を抑制あるいは遅延させる目的に実施される表面被覆工法の施工について記述する。

- 2) 表面被覆工法における材料は、無機系および有機系に大別されるが、いずれの材料を用いる場合でも、規定の配合を遵守することはもちろんであるが、各材料が十分に混ざり合わさるように攪拌することが重要である。
- 3) 十分に攪拌した材料は、可使時間あるいは凝結開始前に塗布作業が完了するようにしなければならない。特に、加温養生環境で塗布作業をする場合には、冬季にもかかわらず比較的温暖な環境になっている場合もあり、可使時間が十分確保されない場合もあるなど、単に材料を寒冷タイプにしているだけでは十分でないこともある。
無機系の塗布材では、加温養生環境における乾燥にともなう水分の逸散などに起因した不具合を生じることもあり、留意する必要がある。
- 4) 材料によっては、皮膚への付着や吸引等により刺激性等の障害が生じる場合があるため、保護具(防塵マスク、ゴム手袋、保護メガネなど)を着装する必要があるが、万が一使用中に気分の悪化や目に入った場合は、応急処置を行い医師の診察が必要である。
- 5) 被覆材料は、製造会社が指定する可使時間以内に使い切る事のできる量に合わせて使用し、余った場合は適切に処分しなければならない。可使時間は材料の種類や気温等により異なるため、実際の状況に合わせて設定する必要がある。
- 6) あらかじめ試験施工を行い、工程ごとの施工性能(材料の練り混ぜ性、塗布作業性、仕上がり性など)や施工後に期待される効果とその信頼性を確認することにより、使用する材料の特性を把握しておくことが重要である。
- 7) 使用工具等の整備は、一定の施工品質を確保する上で重要である。使用材料が付着した容器や工具は、シンナー等の溶剤やウェスにてこまめに拭き取ることが有効である。
- 8) 材料の攪拌は、全体が均一になるまで十分に混合すること。即乾性のものや遅延剤や促進剤などを混入する場合、複層にて分割施工する場合などでは、攪拌不足による不具合を生じやすいため、特に留意のこと。

(5) について

- 1) 材料の硬化反応は温度の影響を大きく受けるため、製造会社が推奨する温度範囲内(概ね 5℃～35℃)で使用する。低温環境下での給熱方法として、施工規模、対象構造物の種類あるいは施工条件等により投光器・練炭・ジェットヒーター・ジェットファーンエス等を適切に配置して実施される。構造物の種類や立地環境によっては、躯体背面からの冷却や、ひび割れ内部に水分が凍結していることもあり、施工中だけでなく、施工開始の 2～3 日前から対象躯体の給熱および保温を行うなど、現場の状況に応じて余裕のある養生を実施することが望ましい。給熱養生を行う際は、補修箇所を間接的に温める工夫により、初期乾燥ひび割れ等の不具合を防止することとする。
- 2) 被覆材料の塗布においては、工程ごとに所定の硬化(固化あるいは指触乾燥)状況を確認した後、次の工程に移らなければならない。施工した材料が所定の状態となるまでは、十分な養生期間を

設けるよう留意する。

- 3) 低温環境下における品質低下や積雪による工事の遅延等を防止するために、工事発注者と施工者は、防寒養生の設置の要否について事前あるいは随時協議した上で工事を実施することが望ましい。

【参考文献】

- 1) セメント協会：すぐに役立つ セメント系補修・補強材料の基礎知識，2011 年 8 月 25 日
- 2) 公益社団法人土木学会：表面保護工法設計施工指針(案)，2005 年 4 月
- 3) 公益社団法人土木学会：コンクリート標準示方書[施工編]，2012 年 12 月

参考資料

参. 1 材料の性能試験結果

補修・補強材料の性能（物性）は、各製品メーカーが各種の公的試験規格または自社規格に準じて実施されているが、低温環境下での使用を前提とした温度条件によって試験が実施されている事例は少ないのが実情である。

本指針では、低温環境下における補修・補強材料の性能低下および施工上の留意点等について一考察を示すとともに、各製品メーカーの協力のもと、補修・補強材料について性能試験結果を調査した。なお、調査範囲は、本小委員会に参加する会社の製品、ならびに一般に流通する補修・補強材料について無作為に抽出していることに留意されたい。

1) 調査方法

a)期間：平成 23 年 8 月～10 月

b)方法：対象製品について性能試験結果および製品カタログ等の技術資料を受領

2) 調査範囲

調査範囲は、低温環境下において特に性能（物性）の変質が懸念される材料を抽出している。

表一解 参.1 調査範囲と低温環境での性能試験実施状況

工法分類	材料種別	調査範囲	低温環境下での試験実施数
1.ひび割れ補修工	1-1.樹脂系	7 社（ 7 製品）	1 社（1 製品）※室温 5,10℃
	1-2.無機系	6 社（ 6 製品）	1 社（1 製品）※室温 5℃
2.断面修復工	2-1.ポ リマーセメントモルタル	10 社（14 製品）	1 社（1 製品）※室温 5℃
	2-2.ポ リマーモルタル（樹脂モルタル）	7 社（ 7 製品）	1 社（1 製品）※室温 5,10℃
	2-3.セメントモルタル（グラウト材を含む）	10 社（10 製品）	3 社（3 製品）※室温 5℃
	2-4.鉄筋防錆材	8 社（10 製品）	該当なし
3.含浸材塗布工	3-1.シラン系	4 社（ 4 製品）	該当なし
	3-2.ケイ酸塩系（アルカリ付与材を含む）	7 社（ 7 製品）	1 社（1 製品）※室温 5℃
4.表面被覆工	4-1.有機系	3 社（ 4 製品）	該当なし
	4-2.無機系	3 社（ 3 製品）	該当なし ※凍結融解試験 2 社実施

1.ひび割れ補修工							
1-1.樹脂系							
分 類	エポキシ樹脂						
	A社	B社	C社	D社	E社	F社	G社
試験温度	℃	5℃、10℃、20℃	JISに準拠	JISに準拠【JISA6024】	23℃	JISに準拠【JISA6024】	JISに準拠【JISA6024】
試験湿度	%	—	—	—	—	—	—
適応施工温度	℃	5～30	5～	5～15	5～35	5～	5～35
適応ひび割れ幅	mm	—	0.2～1.0	0.2～1.0	0.05以上	0.2以上	0.2～
比重	mPa・s	1.13	1.15±0.05	1.2±0.10	1.10	1.1	1.1±0.05【JISK7112】
粘度	mPa・s	—	300～700	100～1000	590【JISA6024】	428【JISA6024】	100±50
チヤロビック係数	—	—	—	5【JISA6024】	—	5±1【JISA6024】	—
スランプ性	cm	—	—	—	—	5以下【JISA6024】	—
圧縮強度	N/mm ²	50【JISK7208】	50以上/1.0×10 ³ 以上	—	43.3～59.1【JISA6024】	50以上【JISA6024】	45
曲げ強度	N/mm ²	40【JISK7023】	【総プロ1種】適合	—	—	—	40
引張強度	N/mm ²	20【JISK7113】	【JISA6024】適合	36.1【JISA6024】	—	15.0以上【JISA6024】	20
硬度	HDD	80【JISK7215】	—	—	—	—	75
引張せん断付着強度	N/mm ²	—	10以上【JISK6850】	—	—	—	12
付着強度	N/mm ²	7.1【JISA6024】	—	7.1【JISA6024】	7.9【JISA6024】	3.0～6.0以上【JISA6024】	—
収縮率	%	—	—	2.0【JISA6024】	2.0【JISA6024】	3以下【JISA6024】	—
付着力耐久性保持率	%	—	—	115【JISA6024】	68【JISA6024】	—	—
硬化時間	hr	4～9	16hr以内/30min以上	32分/23℃	—	—	—
可保時間	min	30	50～100	40～130±10～50	30～50	40～150±20～50	—
シャルピ衝撃強さ	kJ/m ²	6.2【JISK6911】	—	—	—	—	—
加熱変化(質量)	%	—	—	—	3.2～3.9【JISA6024】	5以下【JISA6024】	—
加熱変化(体積)	%	—	—	—	3.1～3.6【JISA6024】	5以下【JISA6024】	—
引張破壊伸び率	%	—	—	2.0【JISA6024】	1.7～2.3【JISA6024】	—	—
材料価格(参考)		3,300円/kg	3,700円/kg	3,800円/kg	3,800円/kg	3,800円/kg	3,900円/kg
1-2.無機系							
分 類	ポリマーセメントスラリー						微粒子セメント
	A社	B社	C社	D社	E社	F社	
試験温度	℃	20℃一定	20℃±2℃室内	—	5℃、20℃±2℃	20℃環境下	20℃±2℃、W/C=70%
試験湿度	%	65%	—	—	65%±10%	—	—
適応施工温度	℃	5～35	5～35	5～35	10～30	5～35	5～30
適応ひび割れ幅	mm	0.5～	0.05～	0.2～	0.1～	0.2～2.0	0.2～2.0
曲げ強度	N/mm ²	9.3【JISA1171】	5.3【JISA1171】	9.2【NSKS-003】	4.8【JISA1171】 5℃環境下	7.9【JISA1171】	4.6【NSKS-003】 水中養生
引張強度	N/mm ²	—	—	—	—	—	—
付着強度	N/mm ²	2.6	5.1【JISA6024】	5.39【NSKS-003】	3.2【JISA6024】 5℃環境下	6.2【JHS414】	4.6【NSKS-003】 水中養生
圧縮強度	N/mm ²	52.5【JISA1171】	37.9【JISA1171】	—	32【JISA1171】 5℃環境下	26.0【JISA1171】	29.4【JISR5201】 水中養生
粘度	mPas	—	—	—	290【JISK6833】	—	39【B型回転粘度計】
流下時間	sec	20℃±2℃	27【JISK6833】	14.1～21.3【NSKS-003】	—	22【JSCF-F521】	12.2【JAポット】
保水係数	%	65%±10%	—	0.57【NSKS-003】	—	0.43【JHS414】	—
収縮率	%	—	0.2【JISA1129】	0.59【NSKS-003】	0.19【JISA6024】	1.63【JHS414】	0.94【NSKS-003】
吸水率	%	—	1.4%【NSKS-003】	3.1【NSKS-003】	2.2【NSKS-003】	3.3【JHS414】	12.2【NSKS-003】
材料価格(参考)		4,410円/kg	1,720円/kg	840円/kg	2,070円/kg	1,330円/kg	2,000円/kg

2 断面修復工

2-1. ポリマーセメントモルタル

分 類		アクリル系						
		SBR系	アクリル系					
		左官	左官					吹付
		A社	B社	C社①	D社	E社①	F社	G社②
試験温度	℃	20℃	20℃	20℃環境下	—	5℃、20℃±2℃	20℃	—
試験湿度	%	60%	80%	—	—	65±10%	65℃	—
施工温度	℃	5～35	3～40	5～35	—	10～35	5～35	5～
比重	g/cm ³	2.15	1.8	2.10	1.86	約2.15	2.10	1.77
フロー値	mm	—	120～180	168【JISA1171】	—	170【JISR5201】	—	直後176【JISA1171】
可使時間	min	—	60分(20℃)	30分	80分	—	27	—
凝結時間	hr	—	300～350分	—	—	4時間30分(硬化時間) 【NEXCO,JISR5201】	—	—
外観		—	—	—	—	割れ、剥がれ、膨れなし	異常なし	—
厚塗性		—	—	—	—	—	—	—
硬化収縮性	%	0.043【JHS432】	0.042【JHS416】	0.048【JISA1129】	—	0.04【JHS432】	0.022【JISA1129】	—
熱膨張性	×10 ⁻⁵ /℃	1.3【JHS432】	1.5【JHS416】	1.08【JHS416】	—	1.3【JHS432】	1.08【JHS416】	0.91【JHS432】
圧縮強度	N/mm ²	49.5【JISA1171】	47.8	51【JISA1171】	37.9【JISA6916】	43【JISA1171】 5℃環境下	45.5	42.9【JHS432】
静弾性係数	kN/mm ²	—	17.50	20.4【JISA1149】	—	19.5【JISA1149】	24.80	—
曲げ強度	N/mm ²	9.6【JISA1171】	9.6	9.4【JISA1171】	8.3【JISA6916】	8.5【JISA1171】 5℃環境下	8.2	9.8【JHS432】
引張強度	N/mm ²	—	—	—	—	—	—	—
付着強度(コンクリート)	N/mm ²	2.5【建研式】	1.5【建研式】	2.2【JISA1171】	1.4【JISA6916】	1.8【JISA1171】 5℃環境下	2.4【建研式】	2.1【JISA1171】
付着強度(塗装)	N/mm ²	—	—	—	—	—	—	—
遮塩性	cm ² /年	—	—	0.44【JSCE-G572】	—	6mm/材令91日 【JISA1171】	—	—
中性化抵抗性	mm/√週	—	1.93mm/√週	0.036【JISA1171】	—	0/材令91日【JISA1153】	—	—
凍結融解抵抗性	%	—	95 【300サイクル】	相対動弾性90.8% 【300サイクル】	—	99.9 【JISA1148(A)重量変化率】	—	負荷後の相対動弾性 99%
表面水分率	%	—	—	—	—	—	—	—
材料価格(参考)		531,450円/m ³	448,000円/m ³	630,000円/m ³	—	540,000円/m ³	444,000円/m ³	497,000円/m ³

分 類		アクリル系		ベオバ系		PAE系		EVA系
		吹付		左官	吹付	左官・吹付	左官	左官
		E社②	C社②	H社①	H社②	I社	G社①	J社
試験温度	℃	20℃±2℃	20℃環境下	20℃	20℃	20℃±2℃	—	20℃
試験湿度	%	65±10%	—	—	—	—	—	—
施工温度	℃	10～35	5～35	5以上	5以上	5～40	5～	3～
比重	g/cm ³	1.99	2.15	2.12	2.05	2.15	1.75	2.00
フロー値	mm	160【JISA1171】	165【JISA1171】	172【JISR5201】	178【JISR5201】	175【JISR5201】	直後172【JISA1171】	130
可使時間	min	—	30分	60分(20℃)	60分(20℃)	—	30	—
凝結時間	hr	4時間30分(硬化時間)	—	始4:15終7:10	始5:10終7:10	始2:20終5:10	始50終60【JISA1147】	始1:10終4:10
外観		割れ、剥がれ、膨れなし	—	—	—	割れ、剥がれ、膨れなし	—	—
厚塗性		—	—	異常なし	異常なし	—	—	5～60
硬化収縮性	%	0.04【JHS432】	0.047【JISA1129】	0.035【JISA1129】	0.048【JISA1129】	0.046【JISA1129】	0.02【JHS416】	—
熱膨張性	×10 ⁻⁵ /℃	1.3【JHS432】	1.08【JHS416】	1.7【JHS416】	1.58【JHS416】	—	1.3【JHS416】	—
圧縮強度	N/mm ²	43.7【JHS432】	46【JISA1171】	43.9【JISA1108】	40.8【JISA1108】	66.2【JISR5201】	52【JHS416】	52.9【JISR5201】
静弾性係数	kN/mm ²	21.8【JHS432】	18.6【JISA1149】	19.2(圧縮1/3割線)	16.0(圧縮1/3割線)	—	—	—
曲げ強度	N/mm ²	11.1【JHS416】	8.7【JISA1171】	9.84【JISR5201】	9.10【JISR5201】	9.4【JISR5201】	10.5【JHS416】	6.9【JISR5201】
引張強度	N/mm ²	—	—	3.51【JISA1113】	3.40【JISA1113】	—	—	—
付着強度(コンクリート)	N/mm ²	2.4【JHS432】	2.5【JISA1171】	2.37【建研式】	2.36【建研式】	2.5【建研式】	2.15【JISA1171】	2.3【JISA6203】
付着強度(塗装)	N/mm ²	—	—	—	—	—	2.79【JHS416】	—
遮塩性	cm ² /年	0.749	0.31【JSCEG572】	—	1.28(実効)0.59(見掛)	—	—	—
中性化抵抗性	mm/√週	0.98	0.031【JISA1171】	—	1.41【JHS432】	0.0【JISA1171】	—	—
凍結融解抵抗性	%	相対動弾性103%	相対動弾性92.8%	—	101	—	—	—
表面水分率	%	—	—	—	—	5.3【高周波水分計】	—	—
材料価格(参考)		481,600円/m ³	630,000円/m ³	441,650円/m ³	423,500円/m ³	393,750円/m ³	525,000円/m ³	483,330円/m ³

2-2.樹脂モルタル								
分 類		エポキシ樹脂						アクリル樹脂
		A社	B社	C社	D社	E社	F社	G社
試験温度	℃	5℃、10℃、20℃	—	JISに準拠	—	23℃	—	—
試験湿度	%	—	—	JISに準拠	—	—	—	—
施工温度	℃	5～	5～35	5～	5～	5～35	5～	-10以上
比重	g/cm ³	0.7	0.75±0.10	0.70±0.10	0.75±0.10【JISK6833】	0.75【JISA1174】	1.20±0.10【JISK7112】	0.83【JISK7112】
可使時間	min	10～60【温度上昇法】	50【温度上昇法】	30以上【温度上昇法】	55【温度上昇法】	30～50	90±15	—
凝結時間	hr	3～16	8～9	—	—	—	—	—
厚塗性	—	—	30mm	—	—	だれ0mm【NSKS005】	—	—
硬化収縮性	%	—	—	—	—	0.006【JCI】 乾燥収縮0.027 【JISA1404】	—	—
熱膨張性	×10 ⁻⁵ /℃	3.1	—	—	—	—	—	—
圧縮強度	N/mm ²	39.8～41.2【JISR5201】	32.0【JISR5201】	20以上【JISK7208】	29【JISR5201】	29.1～30.3【NSKS005】	30以上【JISR5201】	20以上【JISK7208】
静弾性係数	kN/mm ²	—	—	—	—	—	—	—
曲げ強度	N/mm ²	16.2～17.6【JISR5201】	19.8【JISR5201】	11以上【JISK7203】	14【JISR5201】	18.4～18.7【NSKS005】	15以上【JISR5201】	10以上【JISK7203】
圧縮弾性率	N/mm ²	—	—	—	—	—	—	800以上【JISK7208】
引張せん断付着強度	N/mm ²	11.8～13.2【JISK6850】	—	—	—	—	—	—
付着強度(コンクリート)	N/mm ²	2.2～2.3【JISA6909】	2.5【建研式】	2.0以上【JISA6909】	3【JISA5371】	2.3～2.5【NSKS005】	2.4【建築改修設計指針】	2以上/母材破壊
外観	—	—	形状に異常がなく、だれを生じない【社内】	—	形状に異常がなく、だれを生じない【JISA5371】	—	—	—
透水量	g	0【JISA1404】	—	—	—	0【JISA1404】	—	—
吸水量	%	0.15	—	—	0.1mℓ	0.2【JISA6203】	—	—
材料価格(参考)		1,772,730円/m ³	2,400,000円/m ³	2,380,000円/m ³	2,850,000円/m ³	2,550,000円/m ³	2,700,000円/m ³	2,407,000円/m ³

2-3.セメントモルタル(グラウト材)								
分 類		セメント系						
		A社	B社	C社	D社	E社	F社	G社
試験温度	℃	5℃,20℃	—	5℃,20℃	20℃	5℃,20±2℃	20℃	20℃±2℃
試験湿度	%	—	—	80%	—	65±10%	—	—
施工温度	℃	5~35	5~35	5~35	5~35	5~35	5~35	5~30
比重	g/cm ³	2.21【JISA1116】	1.85	1.87	2.2	2.2	1.92	—
粘度	mPa・s	9.5S【JSCE-F541】	—	—	—	—	—	—
流動性	sec	—	—	8±2【Jポート,JSCE-F541】	6~10【Jポート,JISA1147】	8±2試験法312【JHS312】	—	6.8【JHS-312】
可使時間	min	—	—	—	30	—	30分	—
凝結時間	hr	始発15~20終結20~30【JISA1147】	始発4~15終結5~19	—	始発3~10終結5~14	—	—	始発5~35終結7~45
体積変化	%	—	—	—	—	—	0.045【JISA1129】	—
ブリーディング率	%	0.0【JSCE-F542】	0.0	0【JISA1123】	0.0【JSCE-F542】	0【JHS312】	0.0【JSCE-F542】	0【JHS312】
収縮性	%	—	0.35~0.53	—	0.3以下【JSCE-F542】	0.05【JHS312】5℃環境下	—	—
熱膨張係数	×10 ⁻⁵ /℃	—	—	—	—	—	1.05	—
圧縮強度	N/mm ²	75.8【JSCE-G541】	53.2~67.8	50.5~71.3【JISA1108】	45【JIS1108】	58.9【JISA1108】5℃環境下	59.0【JIS1108】	51.2【JISR5201】
静弾性係数	kN/mm ²	—	—	29.5【JSCE-G502】	—	2.5【JISA1149】5℃環境下	27.5【JISA1149】	—
曲げ強度	N/mm ²	—	—	—	—	9.1【JISA1171】5℃環境下	—	9.6【JISR5201】
付着強度(モルタル)	N/mm ²	—	2.5	—	鉄筋3.12【JHS312】	鉄筋引抜き3.1【JHS312】	モルタル2.4【建研式】	3.2【JHS312】
接着曲げ強度(コンクリート)	N/mm ²	—	—	—	—	—	—	—
遮塩性	—	—	—	0.13kg/m ³ 【JASS5T-502】	—	—	0.25cm ² /年【JSCE-G572】	5.8/3ヶ月(NaCl-5%)
材料価格(参考)		277,500円/m ³	296,000円/m ³	281,250円/m ³	309,380円/m ³	325,600円/m ³	480,000円/m ³	524,400円/m ³
分 類		ポリマーセメント系(充填用グラウト材)						
		H社	I社	J社				
試験温度	℃	—	20℃	20℃±2℃				
試験湿度	%	—	—	—				
施工温度	℃	—	5~35	5~35				
比重	g/cm ³	1.83	1.7	2.2				
粘度	mPa・s	2900【JISK6833】	—	—				
流動性	sec	—	—	7.8【Jポート,JSCE-F521】				
可使時間	min	30以上【温度上昇法】	80	—				
凝結時間	hr	—	—	始発4~6終結7~9				
体積変化	%	—	—	0.0【JSCE-F522】				
ブリーディング率	%	—	—	モルタル0【JSCE-F522】				
収縮性	%	—	0.02【JHS416】	モルタル0.14コンクリート0.03【JISA1129】				
熱膨張係数	×10 ⁻⁵ /℃	—	1.12【JHS416】	1.3【JHS432】				
圧縮強度	N/mm ²	37.8【JISR5201】	40.3【JISA6916】	49.4【JSCE-G522】				
静弾性係数	kN/mm ²	4.1【JISR5201】	—	—				
曲げ強度	N/mm ²	13.9【JISA1106】	9.8【JISA6916】	7.7【JISR5201】				
付着強度(モルタル)	N/mm ²	—	1.3【JISA6916】	2.3【JHS432】				
接着曲げ強度(コンクリート)	N/mm ²	5.7【JISA1106】	—	コンクリート2.06				
遮塩性	—	—	—	—				
材料価格(参考)		—	315,900円/m ³	440,000円/m ³				

2-4.鉄筋防錆剤								
分 類		亜硝酸リチウム系						塩分吸着型
		A社①	B社①	C社	D社	E社	F社	G社
試験温度	℃	—	—	—	—	20℃	20℃±2℃	20℃
試験湿度	%	—	—	—	—	—	65±10%	—
適応施工温度	℃	5～40	5～35	23	5～35	5～35	10～35	5～
可使時間	min	60	—	60	—	30	15	30
乾燥時間	hr	—	8以内【JHS415】	—	8時間以内【JIS415】	3	4.5【JHS415】	—
比重	g/cm ³	約2.0	1.71	1.66	—	2.08	1.90	2.00
フロー値	mm	200～250【JISA1171】	—	—	—	—	165	210±20
粘度	mPa・s	—	—	—	—	—	—	—
外観	—	—	異常なし【JHS415】	—	—	—	異常なし【JHS415】	—
防錆性	—	処理部92.7未処理部12.3【日本建築学会】	異常なし【JHS415】	異常なし【日本鉄道施設協会】	錆・膨れ・割れを認めない【JHS415】	70%【建築学会】	異常なし【JHS415】	処理98.1未処理19.9【日本建築学会】
圧縮強度	N/mm ²	—	—	—	32.7【JISA1171】	—	29【JISA1171】	53.9【JISA1171】
曲げ強度	N/mm ²	—	—	—	6.8【JISA1171】	—	8.5【JISA1171】	10.4【JISA1171】
付着強度(鉄筋)	%	—	114【JHS415】	—	106【JHS415】	—	110【JHS415】	96【JHS415】
	N/mm ²	—	—	—	—	—	—	15.8【JHS415】
付着強度(コンクリート)	N/mm ²	1.5【建研式】	乾燥2.63湿潤2.55【建研式】	1.5	2.1【JISA1171】	—	—	2.45【建研式】
硬度	HDD	—	—	—	—	—	—	—
耐アルカリ性	—	異常なし【JHS415】	異常なし【JHS415】	—	異常なし【JHS415】	異常なし【JHS415】	異常なし【JHS415】	異常なし【JHS415】
透水量	g	—	0.5【JISA1404】	—	—	—	—	—
材料価格(参考)		376円/m ² (標準0.5mm)	1,980円/m ² (標準1mm)	—	670円/m ² (標準1mm)	800円/m ² (標準0.4mm)	850円/m ² (標準1mm)	2,200円/m ² (標準1mm)
分 類		錆転換型						
		A社②	B社②	H社				
試験温度	℃	—	20℃	23℃				
試験湿度	%	—	65%	—				
適応施工温度	℃	0～50	5～35	5～35				
可使時間	min	—	—	—				
乾燥時間	hr	2～3	1【JHS415】	30/23℃				
比重	g/cm ³	1.2	1.17	—				
フロー値	mm	—	—	1.2±0.1				
粘度	mPa・s	10～20	70	—				
外観	—	乳白色液状	—	白色液体				
防錆性	—	—	—	500時間以上なし【JISK5400】				
圧縮強度	N/mm ²	—	—	53【JISK7181】				
曲げ強度	N/mm ²	—	—	53【JISK7171】				
付着強度(鉄筋)	%	—	92%【JHS415】	—				
	N/mm ²	1.1【建研式】	—	—				
付着強度(コンクリート)	N/mm ²	2.4【建研式】	—	7.1【JISA6024】				
硬度	HDD	2H～3H【JISK5600】	—	—				
耐アルカリ性	—	—	—	—				
透水量	g	—	—	—				
材料価格(参考)		1,253円/m ² (0.2kg/m ²)	3,740円/m ² (0.34kg/m ²)	—				

3.含浸材塗布工

3-1.シアン系

分 類		A社	B社	C社	D社
試験温度	℃	—	—	23℃±2℃	—
試験湿度	%	—	—	50±5%	—
適応施工温度	℃	5以上40未満	0～	0～	0～
表面水分率	%	8以下	—	5以下	5
養生	—	—	なし	塗布後24h乾燥	—
比重	g/cm ³	0.88	0.98～1.2	—	0.9【25℃】
沸点	℃	—	98℃	—	—
粘度	mPa・s	0.95	10.0	—	—
PH	—	—	6～8	—	—
有効成分濃度	%	—	80	90	80
浸透深さ	mm	3.43【JSCE-K571】	6～7	30(2kg/m ² 塗布)	3.43【JSCE-K571】
塩化物イオン浸透減少率	%	100%【JSCE-K571】	—	80%【JSCE-K571】	90%【JSCE-K571】
中性化抵抗性	mm/√週	18%【JSCE-K571】	なし	80%【JSCE-K571】	32%【JSCE-K571】
凍結融解抵抗性	%	—	—	—	100【JSCE-G501】 (300サイクル質量減少率)
透水比	%	—	—	80%【JSCE-K571】	—
水蒸気透過性	g/m2/日	92% 【JSCE-K571,社内】	—	—	—
吸水比	%	92%【JSCE-K571】	—	80%【JSCE-K571】	90%【JSCE-K571】
材料価格(参考)		1,800円/m ² (0.2～0.3)	1,190円/m ² (0.170/m ²)	3,700円/m ² (0.20/m ²)	1,800円/m ² (0.20/m ²)

3-2.ケイ酸塩系

分 類		ナトリウム系					リチウム系	
		A社	B社	C社	D社	E社	F社	G社
試験温度	℃	—	5℃～40℃	—	—	20℃	—	—
試験湿度	%	—	—	—	—	—	—	—
適応施工温度	℃	5～40	5以上40未満	5以上40未満	3～	0～	凍結しないこと	5～35
表面水分率	%	指触乾燥後に塗布	—	—	—	—	湿润面まで	7%以下
養生	—	散水	散水湿润30～45min/回	散水	散水	散水	—	—
比重	g/cm ³	1.24以上	1.21～1.27(20℃)	1.22～1.27【20℃】	—	1.25～1.35	1.05～1.15	1.10
粘度	mPa・s	7.1(20℃)	1.0～15.0(20℃)	7.32【20℃】	—	—	1～10【B型粘度計】	1.7
PH	—	11.3以上	11.0～15.0(20℃)	—	—	—	10～12【PHメータ】	—
有効成分濃度	%	31.5wt	23～30	24～26	—	33	—	—
浸透深さ	mm	1～2	最大40	最大40	—	0.03【ICI-SC】	—	—
圧縮強度	N/mm ²	—	—	—	43.0【JISR5201】	—	—	—
曲げ強度	N/mm ²	—	—	—	8.36【JISR5201】	—	—	—
付着強度(コンクリート)	N/mm ²	—	—	—	2.82【JISA6909】	—	—	—
遮塩性	cm ² /sec	0.82	2×10 ⁻⁸ (実効拡散係数)	0.54(拡散係数比率)	—	—	—	—
中性化抵抗性	mm/√週	49%【JSCE-K571】	30%【JSCE-K571,社内】	4.75mm/4週【JSCE-K571】	1.0/3ヶ月【CO ₂ 濃度5%】	0.36mm/30日【JHS417】	—	—
凍結融解抵抗性	%	101%【JISA6204】 300サイクル・相対動弾性係	80%以上 【JISA1148,1200サイクル】	相対動弾性係数95 【500サイクル】	—	88%【JISA6204】 300サイクル・相対動弾性係	—	—
耐衝撃試験	—	—	—	—	合格【JISA6916】	—	—	—
透水比	%	27% 【JSCE-K571,社内】	30% 【JSCE-K571,社内】	—	6.4【JISA1404】	—	—	—
水蒸気透過性	g/m2/日	77% 【JSCE-K571,社内】	108% 【JSCE-K571,社内】	—	—	—	—	—
吸水比	%	—	81% 【JSCE-K571,社内】	—	7.3 【JISR5201】	—	—	—
材料価格(参考)		2,500円/m ² (0.2kg/m ²)	3,100円/m ² (0.20/m ²)	3,500円/m ²	—	—	536円/m ² (0.2kg/m ²)	680円/m ² (0.4kg/m ²)

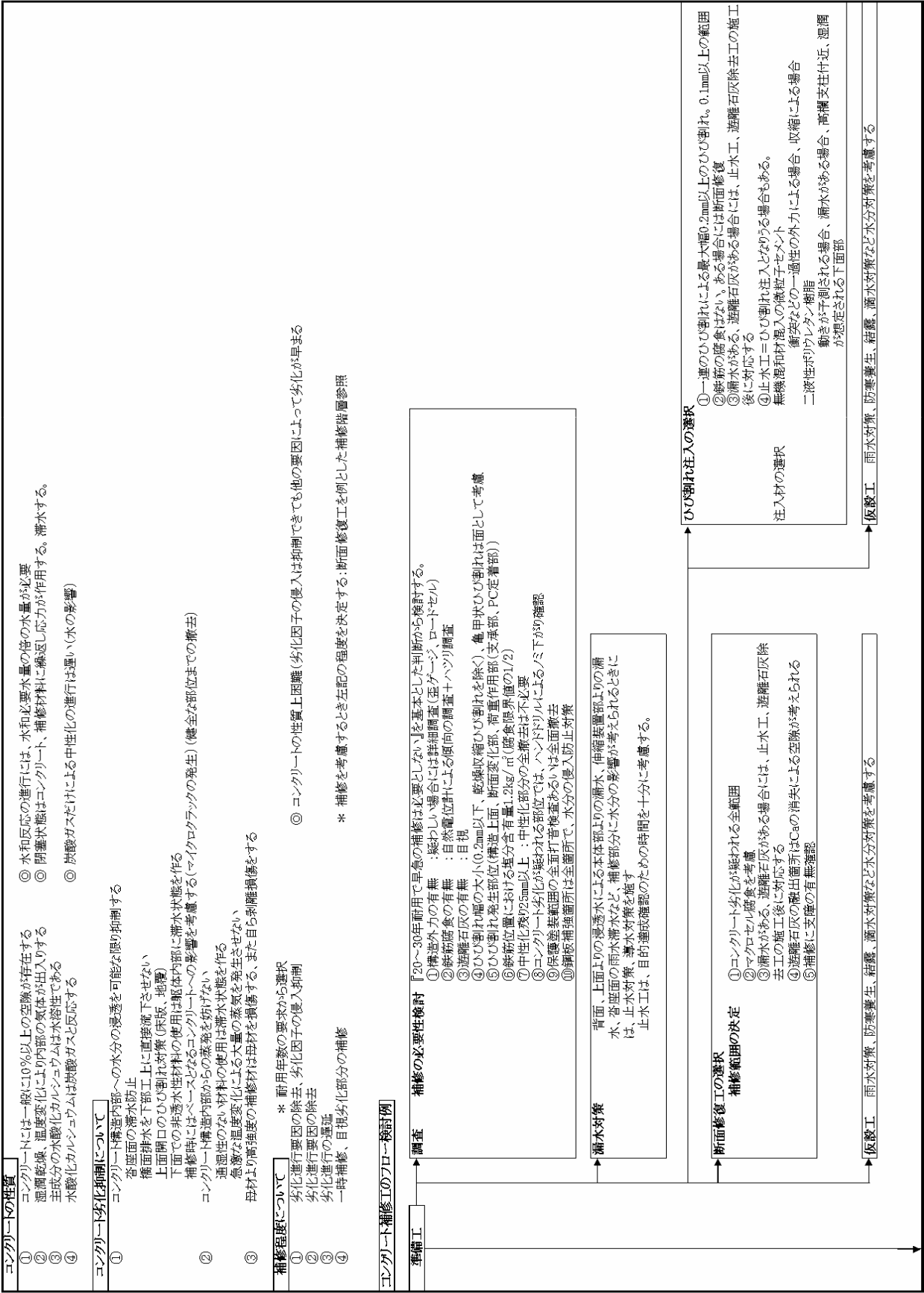
4.表面被覆工

4-1.有機系

分 類		A社	B社①	B社②	D社
試験温度	℃	20℃	-	-	-
試験湿度	%	65%	-	-	-
適応施工温度	℃	5～35	5～35	5～35	-
比重	g/cm ³	1.69	-	0.90±0.10	-
可使時間	hr、min	20min	-	-	-
外観、厚塗性等	mm	われ、だれなし	-	-	-
遮塩性	cm ² /年	-	0.7×10 ⁻³ mg/cm ² ・日以下 【JSCE-K521】	-	0.7×10 ⁻³ mg/cm ² ・日以下 【JSCE-K521】
塩化物イオン透過阻止率	%	-	-	100%【JSCE-K571】	-
中性化抵抗性	mm/√週	0mm【社内法】	0.0mm【JISA1153】	-	0.0mm【JISA1153】
摩耗量	g	0.15【JISK7204】	-	-	-
耐衝撃性	-	異常なし【JISA6916】	-	-	-
耐ひび割れ性	-	異常なし【JISA6916】	-	-	-
透水量、透水率	g、%	0.g【JISA1404】	-	-	-
透水抑制率	%	-	-	88%【JSCE-K571】	-
吸水抑制率	%	-	-	89%【JSCE-K571】	-
酸素透過阻止性	mg/cm ² ・日	-	0.1×10 ⁻² 【JSCE-K521】	-	1.2×10 ⁻² 【JSCE-K521】
水蒸気透過阻止性	mg/cm ² ・日	-	3.8【JISZ0208】	-	3.0【JISZ0208】
付着強度(コンクリート面)	N/mm ²	3.0【JISA6916】	-	-	2.30
ひび割れ追従性	mm	-	-	-	2.2(標準条件) 【JSCE-K533】
ひび割れ追従性	mm	-	-	-	0.4(低温0℃) 【JSCE-K533】
ひび割れ追従性	mm	-	-	-	1.6(耐候性3,000hr後) 【JSCE-K533】
材料価格(参考)		11,400円/set(12kg)	8,050円/m ²	-	1,660円/m ²

4-2.無機系				
分 類		A社	B社	C社
試験温度	℃	20℃±2℃	－	20℃±2℃
試験湿度	%	－	－	－
適応施工温度	℃	5～30	5～40	5～35
表面水分率	%	－	湿潤面施工可能	－
比重	g/cm ³	－	約1.5	1.4
フロー値、スランプ値	cm、mm	286mm【JISR5201】	200～240mm	49mm【JISA1171】
可使時間	min	50～70min	－	－
厚塗性	mm	1～3	－	－
凍結融解特性	%	102%【JISA1148】 300サイクル・相対動弾性係数	－	101%【JISA1148】 300サイクル・相対動弾性係数
遮塩性	cm ² /年	4.0mm(3ヵ月) 【JISA1171】	－	－
中性化抵抗性	mm/√週	2.0(3ヵ月) 【JISA1171】	0mm (23℃,60%,5%CO ₂ ,10週)	－
摩耗量	g	－	－	2.714【JISK7204】 1,000回転
硬化収縮性	%	0.08(σ28) 【JISA1171】	－	0.04【JHS416】
熱膨張性	×10 ⁻⁵ /℃	－	－	1.4【JHS416】
促進耐候性	－	－	異常なし(3,000hr後)	－
水蒸気透過性	mg/cm ² ・日	－	5.0(耐候性3,000hr後) 【JISZ0208】	－
酸素遮断性	mg/cm ² ・日	－	0.01(耐候性3,000hr後)	－
圧縮強度	N/mm ²	47.6【JISR5201】	－	40.6【JISA1171】
曲げ強度	N/mm ²	10.3【JISR5201】	－	9.06【JISA1171】
引張強度	N/mm ²	－	－	3.57【ダンベル型直接引張】
引張終局ひずみ	%	－	－	0.85【ダンベル型直接引張】
付着強度(コンクリート面)	N/mm ²	2.6【JISA1171】	1.5【建研式】	1.7【JHS416】
ひび割れ追従性	mm	－	0.6(標準条件) 【JSCE-K533】	－
ひび割れ追従性	mm	－	0.4(低温0℃) 【JSCE-K533】	－
ひび割れ追従性	mm	－	0.4(耐候性3,000hr後) 【JSCE-K533】	－
材料価格(参考)		125,000円/袋(20kg)	1,700円/m ² (合計材料費)	670,800円/m ³

参. 2 補修対策検討参考資料



- 81 -

準備工					
ひび割れ注入		注入範囲、注入間隔の明示			
墨出し		雨水対策、足場通路などの仮設準備工			
仮設工		ハンンドリルによる割孔 割孔径 6mm、割孔長 5cm程度、状況により長孔も必要		注意	割孔粉塵によるひび割れの目詰りに注意、ミストドリルの使用が望ましい
注入孔の割孔		ひび割れ表面と内部を高圧洗浄機により洗浄する		注意	樹脂系材料を使用する場合には、洗浄後に躯体の乾燥を待つ
ひび割れ内部の洗浄		ひび割れ表面のシール、注入プラグ設置、封孔をする			
目止め		◎ ひび割れ幅、現場条件により、無機系材料による注入、発泡ウレタン樹脂による注入を選択		注意	下端より注入を行い、内部空気の追い出しを計る。連絡完了の確認が必要 最上段の注入孔より高い位置に空気抜き孔が必要 一連のひび割れの中で同時注入は行わない
注入工		◎ ポリマーセメント注入はプライマー処理が困難なためドライアウトが生じる			漏水、遊離石灰のあるところは、2液性ポリウレタン樹脂による注入(止水工) 無機系注入材は圧縮が早く加圧する必要がある
片付け清掃		注入プラグ、シール材の撤去			
準備工					
		◎ 漏水止水工、断面修復工、ひび割れ注入工を必要とする時は、その施工後			
含浸材塗布工		◎ 含浸材はコンクリート内に遊離している水酸化カルシウムと反応して、その効果がある。遊離石灰の融出箇所はCaの補充が必要			
墨出し		塗布範囲の明示			
仮設工		雨水対策、足場通路などの仮設準備工			
塗布範囲の洗浄		作業手段 高圧洗浄機により最大水量により行い、水の浸透量を確認する		注意	浸透量で含浸材の使用量を定める 多大な浸透が見られる時は、無機系材料使用のセメント水溶液を塗布し、含浸材の効果を確認する
塗布工		作業手段 刷毛またはローラーにより塗布する		注意	規定量は目安であり、塗布量は現場の実情に合わせて 塗布量について、現場の実情を判断できる技術者、技能工が必要となる
シラン系含浸材		(撥水材) 雨水の浸透を防止する。地盤部、巻断面水路などの水に浸漬する部位(材料選定に注意)		注意	水分の浸透が考えられる躯体の下面、下面が通湿しない側面への使用は避ける
ケイ酸塩系含浸材		(改質材) マイクロクラックが凝結される部位、シラン系使用困難部位			
片付け清掃					
準備工					
		◎ 床版に生じた劣化事象への対策(断面修復、ひび割れ注入、床版下面遊離石灰、マイクロクラック対策)		注意	塗膜防水は、シート防水に比してピンホール、ブリスタリングが生じやすい 車道、歩道の取り合い部、床面排水装置幹部、防水工端部のしまい方 補修工では、一体に行うことが困難、分割部分の接縫 樹脂系塗布材の使用時には乾燥状態を確保(冬期施工防寒上屋の結露) アスファルト舗設時の高温対策
橋面防水工		作業手段 刷毛またはローラーにより塗布する ひび割れ追従性、アスファルト高温対策に有効なセメント系が望まれる			
塗布防水					
塗膜防水					
シート防水					
準備工					
		◎ 発錆の原因対策(対策が可能な原因:漏水、配水)		注意	1. 種クレンでも完全な錆の除去は困難(孔食をクレンで対応することは無効) 活版を残したクレン(3種クレン)でも対応可能な防錆材の選択 塗布材の耐腐蝕性に注意
鋼材防錆工		鋼材の重なり部分、入隅部、孔食に対応できる防錆工			

断面修復工を例とした補修階層検討資料

	補修グレード				低い	
	高い	補修グレード		低い	低い	
	劣化進行要因の除去 劣化因子の侵入抑制	劣化進行要因の除去 コンクリート性状の確認(強度、中性化、塩分濃度)	劣化進行の遅延(現状維持)	目視劣化部分の補修		
補修範囲の決定	コンクリート性状の確認(強度、静弾性係数、中性化率、空隙率、塩分濃度、鉄筋かぶり)鉄筋腐食傾向の確認(自然電位測定)鉄筋ハズリ出し調査損傷部位、範囲を確認し補修範囲を決めるマクロセル腐食に配慮、電位差少=広範囲	鉄筋腐食傾向の確認(自然電位測定)鉄筋腐食が確認されるとき、ハズリ出し調査損傷部位、範囲を確認し補修範囲を決めるマクロセル腐食に配慮、電位差少=広範囲	コンクリート性状の確認(シメントハンマー、テストハンマー)	目視により損傷部位を確認し、補修範囲を決める		
カット・目地工	フェザーエッジの防止、美観の確保	フェザーエッジの防止、美観の確保	フェザーエッジの防止			
ハズリ工	ウォータージェットによる新鮮部分までの完全除去損傷部位を完全に除去する(設計変更の考慮)	マイクログラックの発生を少なくする考慮、損傷部位を完全に除去する(設計変更の考慮)	マイクログラックの発生を少なくする考慮、目視範囲の損傷部位を完全に除去する	目視範囲の損傷部位を除去する		
ハズリ後処理	ハズリ細屑の高圧洗浄0.2mm以上のひび割れ処理(下から順番に、空気抜き、充填確認)、漏水止水処理(時間を掛けて完全に)(設計変更の考慮)	ハズリ細屑の水洗い清掃0.2mm以上のひび割れ処理(下から順番に、空気抜き、充填確認)、漏水止水処理(時間を掛けて完全に)(設計変更の考慮)	ハズリ細屑の水洗い清掃0.2mm以上のひび割れ処理、漏水止水処理(時間を掛けて完全に)	ハズリ細屑の水洗い清掃0.2mm以上のひび割れ処理、漏水止水処理(再漏水は再補修)		
下地改質	ケイ酸塩系含浸材保護遊離石灰燐出部にCaの補給	含浸材保護、水により再ゲル化しない材料の使用ケイ酸塩系含浸材塗布	施工しない	施工しない		
鉄筋防錆	鉄筋のハズリ出し、一種ケレン、結束線は交換する鉄筋防錆材塗布、背面までムラ無く孔食程度で鉄筋交換、定着長の確保(設計変更の考慮)かぶり不足鉄筋は、旧鉄筋を撤去し、新しく組立なおしてかぶりを確保(設計変更)	鉄筋のハズリ出し、ケレン鉄筋防錆材塗布、背面までムラ無く鉄筋断面欠損で鉄筋交換、定着長の確保(設計変更の考慮)かぶり不足鉄筋は、旧鉄筋を撤去し、新しく組立なおしてかぶりを確保(設計変更)	鉄筋のハズリ出し、ケレン鉄筋防錆材塗布、背面までムラ無く	鉄筋腐食が見られるときは、一時補修としない		
下地処理	補修材の極端な凹凸を避けるため、コンクリートハズリ部の極端な凹凸を埋める補修材の付着効果を高めるため、下地含水比調整、無機接着材の塗布フェザーエッジが出来ない、ベースト漏れが生じない堅固な型枠、攻め枠の考慮締固め、養生を適切に行う	補修材の極端な凹凸を避けるため、コンクリートハズリ部の極端な凹凸を埋める無機補修材 遮潤ポリマー 乾燥フェザーエッジが出来ない、ベースト漏れが生じない堅固な型枠、攻め枠の考慮締固め、養生を適切に行う				
型枠打設工	フェザーエッジが出来ない、ベースト漏れが生じない堅固な型枠、攻め枠の考慮締固め、養生を適切に行う	フェザーエッジが出来ない、ベースト漏れが生じない堅固な型枠、攻め枠の考慮締固め、養生を適切に行う	フェザーエッジが出来ない、ベースト漏れが生じない堅固な型枠、養生を適切に行う	型枠工を必要とするときは、一時補修としない		
吹付け工	入隅部の充填、上向の空気運行人に注意を払うハネ返りの再使用はしない	入隅部の充填、上向の空気運行人に注意を払うハネ返りの再使用はしない	入隅部の充填、上向の空気運行人に注意を払うハネ返りの再使用はしない	吹付け工を必要とするときは、一時補修としない		
左官仕上げ	補修材は無機セメントモルタルによる。プライマーは使用しない。湿潤を要求することからポリマーセメントの使用は困難	補修材は無機セメントモルタルによる。プライマーの使用は控える。湿潤を要求することからポリマーセメントの使用は困難	補修材は無機セメントモルタルが望ましい。	補修材は無機セメントモルタルが望ましい。		
界面防水工	水の浸入を防止する。異質(鉄、塩ビ)材との界面には防水工、コンクリート界面の場合には、養生後注工の施工	異質(鉄、塩ビ)材との界面には防水工、コンクリート界面の場合には、養生後注工の考慮	養生後に界面部の仕上げを考慮	養生		
含浸材保護	含浸材による保護工、防水工。珪酸塩系+シラン系での処理を行う	含浸材による保護工、防水工。珪酸塩系+シラン系での処理を行う	含浸材による保護工	施工しない		
	湿潤面より下位で、シラン系含浸材を使用するときは、防水工を施工して後とする	湿潤面より下位で、シラン系含浸材を使用するときは、防水工を施工して後とする	その他保護材料の選択は水蒸気透過性を無視しない	施工しない		