

② ひび割れ注入工法

ひび割れ注入工法は、ひび割れに樹脂系あるいはセメント系注入材を注入し、ひび割れからの劣化因子の侵入を防止する工法である。微細なひび割れから大きなひび割れまで対応できる。注入量が管理しやすい自動式低圧注入工法が一般的であり、その施工例を図 6.1.1.2-2 に示す。

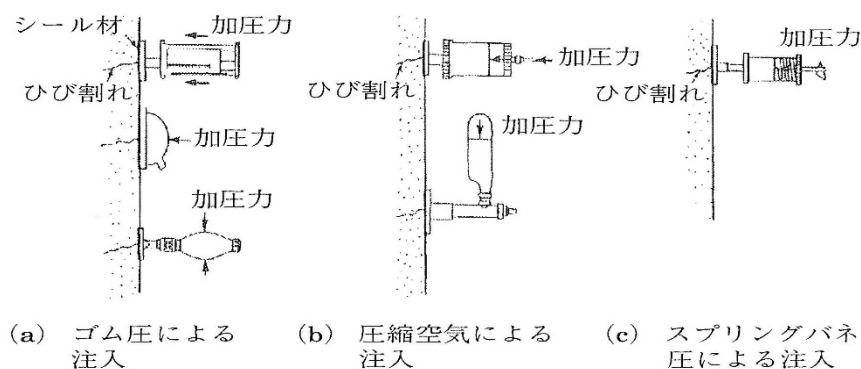


図 6.1.1.2-2 ひび割れ注入工法の施工例（低圧注入）

ひび割れ注入工法は、加圧注入された樹脂等がひび割れ部から漏出しないよう、あらかじめひび割れに沿ってシーリングする必要がある。シーリング材は、次の条件を考慮して選定する必要がある。

- ・加圧注入された注入材が漏出しないこと：コンクリートとの接着強さ
- ・シーリング作業が能率的に行えること：材料の取扱い性、作業性
- ・注入後の撤去が能率的に行えること：撤去の容易性（コンクリート面の非汚損性も含む）

参考にシーリング材の特徴を表 6.1.1.2-1 に示す。

表 6.1.1.2-1 注入材施工前のひび割れ部へのシーリング材の種類と特徴

種 類	特 徴 等
弾性シーリング材	◎溶剤型（カートリッジタイプ） 溶剤が揮発して硬化する 1 成分系で、作業性が良く扱い易い材料であるが、下地に対する高い接着力は期待できず、圧入時の注入材の漏れに十分注意する必要がある。撤去は容易である。 ◎湿気硬化型（カートリッジタイプ） 湿気硬化型 1 成分系ウレタン樹脂で硬化時間が多少長い、溶剤型と異なり肉やせがないので、器機の取り付けにも使用できる。硬化後はゴム状になり、撤去は容易である。
二成分系速硬化性エポキシ樹脂	可使時間が非常に短いので、少量ずつしか練り混ぜできず作業性に劣るが、下地に対する接着力もあり、引き続き注入作業工程に早期に取りかかる利点がある。シーリング材撤去に伴う下地の損傷に注意する必要がある。

③ ひび割れ充填工法

ひび割れ充填工法は、ひび割れに沿ってコンクリートをU字形等にカットし、弾性シーリング材、可とう性エポキシ樹脂、あるいはポリマーセメントモルタル等を充填する工法である。ひび割れ幅が比較的大きい場合及びひび割れ内部が遊離石灰等で塞がっている場合に用いられる。

コンクリートの温度変化等によるひび割れ幅の変動が大きい場合は、ポリウレタン樹脂や変成シリコン樹脂等の弾性シーリング材を充填する。また、ひび割れ幅の変動が小さい場合は、可とう性エポキシ樹脂等を充填する。一方、ひび割れ幅が変動しない場合は、ポリマーセメントモルタル等の硬質材料を充填する。

ひび割れから湧水がある場合には、急結セメント等による止水処理又は半割管やメッシュホース等の設置により湧水を外部へ安全に導水する対策を先行して行う必要がある。

無機系被覆工法とひび割れ充填工法を併用する場合の施工例を図 6.1.1.2-3 に示す。ひび割れ幅が変動する場合には、ひび割れ充填工法を施工する箇所で、表面被覆材を縁切りして施工する。

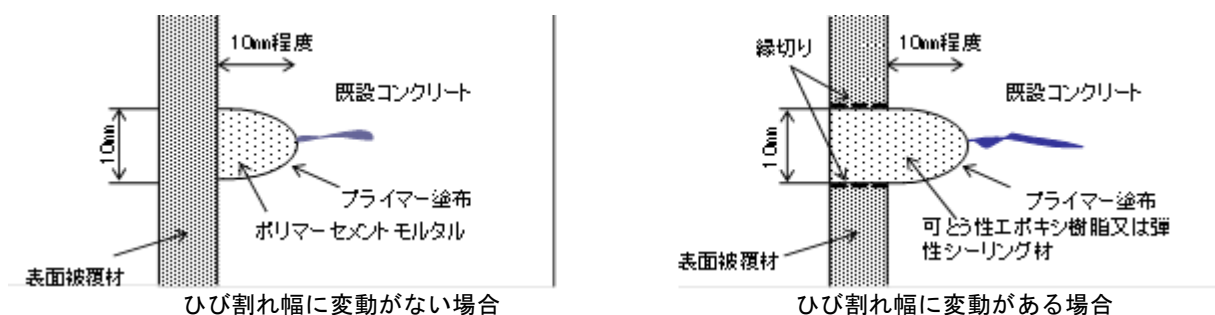


図 6.1.1.2-3 無機系被覆工法とひび割れ充填工法を併用する場合の施工事例

2. 施工手順

① ひび割れ被覆工法

ひび割れ被覆工法の施工手順は、ひび割れ部の清掃後にコンクリート表面の気孔等を樹脂で充填し、適切な補修材料によるひび割れ被覆工と養生を行う。

② ひび割れ注入工法

ひび割れ注入工法の施工手順は、ひび割れ部の清掃後に、ひび割れ表面へのシーリング及び注入と養生を行う。

なお、自動式低圧注入工法は注入精度が作業員の熟練度に左右されないという長所がある。

③ ひび割れ充填工法

ひび割れ充填工法の施工手順は、ひび割れに沿ってUカット等を行った後、ひび割れ部の清掃を行い、プライマー塗布、補修材充填と養生を行う。

3. その他の特徴

① ひび割れ被覆工法

ひび割れ被覆工法は、ひび割れ表面に施工する被覆材の厚さが薄いため早期の劣化に対する注意が必要である。また、貫通したひび割れで裏面の防水処理ができない場合、被覆材料の膨れ等が生じる可能性があるため適用できない。

② ひび割れ注入工法

一般的に用いられる自動式低圧注入工法の動作原理別の工法を表 6.1.1.2-2 に示す。使用する専用機器（注入圧 0.4 N/mm²以下）により下表のように区分される。

表 6.1.1.2-2 自動式低圧注入工法の種類

動作原理	工法名
ゴ ム	スクイズ工法
	シリンダー工法
	DG インジェクター工法
	ビックス工法
空気圧	SK グラウト工法
	エアロ工法
バ ネ	マイクロカプセル工法

③ ひび割れ充填工法

ひび割れに沿って行うコンクリートの切削には、U字形の他にV字形にカットする工法がある。V字形はカットが容易で施工性に優れるが、U字形は充填材の定着に優れるためU字形でカットすることが望ましい。

6(2) 工法の要求性能・品質規格

6(2) ア 樹脂系ひび割れ注入工法

樹脂系ひび割れ注入工法に使用する材料・工法は、表 6.2.1-1 の品質規格を満足しなければならない。

表 6.2.1-1 樹脂系ひび割れ注入工法に使用する材料・工法の品質規格（例）

要求性能項目		品質項目		照査方法	品質規格値(案)
基本的性能	粘性	粘度又は チキソトロピック係数		JIS K 6833	粘度 1.0Pa・s 以下 チキソトロピック係数 4 ± 1
	可使用性	可使用時間 ^{*1}		温度上昇法	30 分以上
	耐硬化収縮性	硬化収縮率		JIS A 6024	3%以下
	付着性	付着強さ	乾燥面	JIS A 6024	6.0 N/mm ² 以上
			湿潤面		3.0 N/mm ² 以上

*1 機械式注入工法の場合は、可使用時間の規定は適用しない。

【解説】

6(2) ア(ア) 品質項目

補修の効果が期待される期間中、ひび割れ補修工法の要求性能が保持されるよう、樹脂系ひび割れ注入工法に使用する材料・工法が有すべき品質規格を設定するものとし、表 6.2.1-1 に例示する。

ここに示す品質規格は、以下のひび割れを補修する際、当該工法に求められる性能を対象としている。ひび割れの発生要因等を検討の上、適切に準用されたい。

<上表に例示する品質規格の適用対象となるひび割れ>

- ・開水路コンクリートの温度変化によるひび割れ幅の変動（伸縮挙動）をほとんど生じていないもの。
- ・ひび割れ幅の適用範囲は、0.2～5.0 mm である。

6(2) ア(イ) 品質規格

樹脂系ひび割れ注入工法に使用する材料・工法の品質規格は、(一財)土木研究センター「コンクリートの耐久性向上技術の開発」等を参考に規定した。

1. 粘性

粘性は、注入材の施工性を左右する因子であり、粘性が低いほど流動性が良く、低圧で微細なひび割れへの高い注入性が得られるため、適切な粘性が要求される。

【照査方法】

照査方法は、JIS K 6833「接着剤—一般試験方法—第1部：基本特性の求め方」5.4 粘度の試験方法による。

【品質規格値】

粘性の品質規格値は、(一財)土木研究センター「コンクリートの耐久性向上技術の開発」等を参考に、粘度 $1.0 \text{ Pa} \cdot \text{s}$ 以下又はチキソトロピック係数 4 ± 1 とする。

2. 可使用性

可使用性は可使用時間で照査する。可使用時間は、材料の攪拌を開始してからひび割れの深部まで十分に注入するまでに必要な時間である。樹脂系ひび割れ注入材は、表 6.2.1-2 に示すように使用時の気温により、硬化する時間が変わり、気温が高くなると早くなる。ひび割れ注入時の作業時間を確保するため、可使用時間を規定した。

表 6.2.1-2 気温と粘度、硬化時間及び可使用時間(例)

気温 (°C)	5	15	25	35
粘度 (mPa・s)	250	500	1000	2000
硬化時間	24 h	12 h	6 h	3 h
可使用時間	4 h	2 h	1 h	0.5 h

【照査方法】

可使用時間は、温度上昇法により照査する。温度上昇法とは、混合物の試料 300g を 500 cc のポリ容器に採取し、試料の中央部に温度計又は熱電対温度計を設置し、一定時間ごとに試料の発熱温度を測定する。測定開始時は混合開始からとする。発熱温度が急激に立ち上がる材料は、その立ち上がり時間の 70 % を可使用時間とする。発熱温度の急激な立ち上がりの無い試料は、最高発熱温度到達時間の 50 % を可使用時間とする。

【品質規格値】

可使用時間の品質規格値は、(一財)土木研究センター「コンクリートの耐久性向上技術の開発」等を参考に 30 分以上とする。

3. 耐硬化収縮性

樹脂系のひび割れ注入材料は、硬化時に収縮する。このため、硬化収縮率が大きいとひび割れ内部の注入材やコンクリートに割れや空隙等の変状が生じ接着が損なわれるため、硬化時の収縮が小さいことが要求される。

【照査方法】

注入材料の硬化時の耐収縮性は、硬化収縮率を照査する。硬化収縮率の照査方法は、JIS A 6024:2015「建築補修用注入エポキシ樹脂」6.5 硬化収縮の試験方法に基づく。

【品質規格値】

硬化収縮率の品質規格値は、(株)高速道路総合技術研究所「構造物施工管理要領」を準用し、3.0%以下とする。

4. 付着性

ひび割れ注入工法は、注入材をひび割れによる空隙部に注入し既設コンクリートと付着させることにより劣化因子の侵入抑制が可能となるため、付着性は、開水路の耐久性を回復又は向上させる上で重要な性能項目の一つである。特に開水路の補修における施工条件や環境条件を考慮すると、湿潤条件下での施工となる場合や施工後に水にさらされる等様々な条件下での付着性が求められる。

【照査方法】

付着性は付着強さを照査する。付着強さの照査方法は、JIS A 6024:2015「建築補修用注入エポキシ樹脂」6.4 接着強さの試験方法に基づく。試験体の環境条件は、標準条件及び特殊条件のうち湿潤時の条件で行うものとする。

【品質規格値】

付着強さの品質規格値は、(株)高速道路総合技術研究所「構造物施工管理要領」等を準用し、標準条件における乾燥面では 6.0 N/mm² 以上、特殊条件における湿潤面では 3.0 N/mm² 以上とする。

6(2) イ 無機系ひび割れ注入工法

無機系ひび割れ注入工法に使用する材料・工法は、表 6.2.2-1 の品質規格を満足しなければならない。

表 6.2.2-1 無機系ひび割れ注入工法に使用する材料・工法の品質規格（例）

要求性能項目		品質項目	照査方法	品質規格値(案)
基本的性能	流動性	コンシステンシー	JSCE-K 542	45 秒以内
	耐膨張収縮性	膨張収縮率 (材齢 1 日目の測定)	JSCE-K 542	3%以下
	付着性	付着強さ（標準条件）	JSCE-K 542	4.0 N/mm ² 以上

【解説】

6(2) イ(ア) 品質項目

補修の効果が期待される期間中、ひび割れ補修工法の要求性能が保持されるよう、無機系ひび割れ注入工法に使用する材料・工法が有すべき品質規格を設定するものとし、上表に例示する。

ここに示す品質規格は、以下のひび割れを補修する際、当該工法に求められる性能を対象としている。ひび割れの発生要因等を検討の上、適切に準用されたい。

<表 6.2.2-1 に例示する品質規格の適用対象となるひび割れ>

- ・開水路コンクリートの温度変化によるひび割れ幅の変動（伸縮挙動）をほとんど生じていないもの。
- ・ひび割れ幅の適用範囲は、0.2～2.0 mm である。

6(2) イ(イ) 品質規格

無機系ひび割れ注入工法に使用する材料・工法の品質規格は、(株)高速道路総合技術研究所「構造物施工管理要領」等を参考に規定した。

1. 流動性

流動性は、注入材の施工性を左右し、流動性が高いほど低圧で微細なひび割れへの高い注入性が得られるため、適切な流動性が要求される。

【照査方法】

流動性はコンシステンシーを照査する。コンシステンシーの照査方法は、JSCE-K 542「コンクリート構造物補修用セメント系ひび割れ注入材の試験方法」5.2 コンシステンシーの試験方法に基づく。

【品質規格値】

コンシステンシーの品質規格値は、(株)高速道路総合技術研究所「構造物施工管理要領」を準用し、45 秒以内とする。

2. 耐膨張収縮性

無機系のひび割れ注入材料は、硬化時の膨張収縮が大きいと、コンクリートと注入材の付着性が確保されなくなるおそれがあることから、耐膨張収縮性が求められる。

【照査方法】

注入材料の耐膨張収縮性は、膨張収縮率を照査する。膨張収縮率の照査方法は、JSCE-K 542「コンクリート構造物補修用セメント系ひび割れ注入材の試験方法」5.5 膨張収縮率の試験方法に基づく。

【品質規格値】

膨張収縮率は、(株)高速道路総合技術研究所「構造物施工管理要領」を準用し、3.0%以下とする。

3. 付着性

ひび割れ注入工法は、注入材をひび割れによる空隙部に注入し既設コンクリートと付着させることにより劣化因子の侵入抑制が可能となるため、付着性は、開水路の耐久性を回復又は向上させる上で重要な性能項目の一つである。

【照査方法】

無機系ひび割れ注入材の付着性は、付着強さを照査する。付着強さの照査方法は、JSCE-K 542「コンクリート構造物補修用セメント系ひび割れ注入材の試験方法」5.10 接着強さの試験方法に基づく。試験の環境条件は標準条件とする。

【品質規格値】

付着強さの品質規格値は、(株)高速道路総合技術研究所「構造物施工管理要領」を準用し、標準条件で 4.0 N/mm²以上とする。

6(2) ウ 弾性シーリング材ひび割れ充填工法

弾性シーリング材ひび割れ充填工法に使用する材料・工法は、JIS A 5758 建築用シーリング材の F-20LM クラスとし、表 6.2.3-1 の品質規格を満足しなければならない。

表 6.2.3-1 弾性シーリング材ひび割れ充填工法に使用する材料・工法の品質規格（例）

要求性能項目		品質項目	試験方法	品質規格値(案)
基本的性能	伸縮追従性	耐久性区分	JIS A 1439 5.17	JIS A 5758 耐久性区分 8020 以上
	付着性	強度保持率	JIS A 1439 5.9	強度保持率 60%以上 (水中浸せき／標準)

【解説】

6(2) ウ(ア) 品質項目

補修の効果が期待される期間中、ひび割れ補修工法の要求性能が保持されるよう、弾性シーリング材ひび割れ充填工法に使用する材料・工法が有すべき品質規格を設定するものとし、表 6.2.3-1 に例示する。

ここに示す品質規格は、以下のひび割れを補修する際、当該工法に求められる性能を対象としている。ひび割れの発生要因等を検討の上、適切に準用されたい。

<上表に例示する品質規格の適用対象となるひび割れ>

- ・開水路コンクリートの温度変化によるひび割れ幅の変動（伸縮挙動）がある。
- ・ひび割れ幅の適用範囲は、0.4～5.0 mm である。

6(2) ウ(イ) 品質規格

弾性シーリング材ひび割れ充填工法に使用する材料・工法の品質規格は、（一財）建築保全センター「建築改修工事監理指針(上・下巻)（令和4年版）」（ひび割れUカット充てん用シーリング材の品質基準(案)）等を参考に規定した。

弾性シーリング材の材質区分は JIS A 5758「建築用シーリング材」における F-20LM とする。シーリング材の区分「F」は、グレージング以外に使用するシーリング材を示し、ペースト状の材料で施工時に隙間に充填後、硬化してゴム状になるものをいう。シーリング材の区分「20」は、初期の目地幅（12.0 mm）に対する±20%の拡大・縮小率を示す。

開水路コンクリートのひび割れは、温度変動によりひび割れ幅が挙動するため、次の考えにより拡大・縮小率を決定した。開水路のバレル長さを 15 m（想定されるスパン長 9～15 m の最大値を考慮）とし、その中央にひび割れが発生したものと考え、開水路躯体の線膨張係数を $10 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C}$ 、通水状態の夏季の開水路コンクリートの温度変化の最大値として 30°C とすれば、

$$7,500 \text{ mm} \times 10 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C} \times 30 ^\circ\text{C} = 2.25 \text{ mm}$$

安全を見て $\pm 20\%$ ($12.0 \text{ mm} \times \pm 20\% = \pm 2.4 \text{ mm}$) の拡大・縮小率とした。

シーリング材の区分「LM」は、低モジュラスを示し、60%モジュラスが 23°C で 0.4N/mm^2 以下、 -20°C で 0.6N/mm^2 以下となる。

1. 伸縮追従性

【照査方法】

ひび割れ充填用の弾性シーリング材料の伸縮追従性は、建築用シーリング材の耐久性区分で照査する。照査方法は JIS A 1439「建築用シーリング材の試験方法」5.17 耐久性試験に基づき行う。

【品質規格値】

品質規格値は、JIS A 5758「建築用シーリング材の耐久性区分」における「8020」以上とする。

「8020」の性能は、 80°C の加熱で -20% 変形するまで圧縮し、その後 -10°C に冷却して $+20\%$ 変形するまで引っ張る等の試験を行い、試験体に溶解、膨潤、ひび割れ等の異常が認められないものである。

2. 付着性

ひび割れ補修工法は、既設水路躯体に付着することにより躯体コンクリートへの劣化因子の侵入抑制が可能となるため、付着性は、開水路の耐久性を回復又は向上させる上で重要な性能項目の一つである。特に開水路の補修における施工条件や環境条件を考慮すると、湿潤面での施工性や長期間に亘る水没条件等様々な条件下での付着性が求められる。

【照査方法】

付着性は付着強さを照査する。付着強さの照査方法は、JIS A 1439「建築用シーリング材の試験方法」5.9 水浸せき後の接着性試験と 5.3 引張特性試験に基づき行い、双方の試験結果の付着強さの比「強度保持率（水中浸せき/標準）」を算出する。

【品質規格値】

強度保持率の品質規格値は、（一財）土木研究センター「コンクリートの耐久性向上技術の開発」のひび割れ注入材の基準を準用し、強度保持率（水中浸せき／標準）が 60 % 以上とする。

6(2)エ 可とう性エポキシ樹脂ひび割れ充填工法

可とう性エポキシ樹脂ひび割れ充填工法に使用する材料・工法は、表 6.2.4-1 の品質規格を満足しなければならない。

表 6.2.4-1 可とう性エポキシ樹脂ひび割れ充填工法に使用する材料・工法の品質規格（例）

要求性能項目		品質項目	照査方法		品質規格値(案)
基本的性能	耐引張性	引張強さ	JIS K 6251	標準条件	1.0 N/mm ² 以上
				低温条件	
				加熱劣化条件	
	伸び率		JIS K 6251	標準条件	30 % 以上
				低温条件	
				加熱劣化条件	
	接着性	引張接着強さ	JIS A 1439 5.20		最大引張応力 1.0 N/mm ² 以上
		引張接着時伸び率	JIS A 1439 5.20		最大荷重時伸び率 10% 以上

【解説】

6(2)エ(ア) 品質項目

補修の効果が期待される期間中、ひび割れ補修工法の要求性能が保持されるよう、可とう性エポキシ樹脂ひび割れ充填工法に使用する材料・工法が有すべき品質規格を設定するものとし、表 6.2.5-1 に例示する。

ここに示す品質規格は、温度変化による幅の変動（伸縮挙動）が小さいひび割れを補修する際、当該工法に求められる性能を対象としている。ひび割れの発生要因等を検討の上、適切に準用されたい。

6(2)エ(イ) 品質規格

可とう性エポキシ樹脂ひび割れ充填工法に使用する材料・工法の品質規格は、（一財）建築保全センター「建築改修工事監理指針(上・下巻)（令和4年版）」（ひび割れUカット充てん用可とう性エポキシ樹脂の品質基準(案)）を参考に設定した。

1. 耐引張性

【照査方法】

ひび割れ充填用の可とう性エポキシ樹脂の耐引張性は、引張強さ及び伸び率を照査する。引張強さ及び伸び率の照査方法は、JIS K 6251「加硫ゴム及び熱可塑性ゴム-引張特性の求め方」引張強さ及び伸び率試験に基づき行う。

なお、試験条件については、「建築改修工事監理指針(上・下巻)（令和4年版）」を参考に、ダンベル状試験片の形状はダンベル状 1 号形を用いるものとし、標準条件、低温条件、加熱劣化条件の各条件で養生した後、引張速度 200 ± 20 mm / min で試験を行う。

各養生条件を表 6.2.4-2 に示す。

表 6.2.4-2 可とう性エポキシ樹脂の引張強度及び伸び率試験の養生条件

試験条件	養生条件
標準条件	試験体を標準条件で 14 日間養生したのち、引張強さ、伸びを測定する。
低温条件	試験体を標準条件で 14 日間養生し、さらに $0 \pm 3^{\circ}\text{C}$ に調節した恒温室内に 16 時間保存したのち、恒温室内にて引張強さ、伸びを測定する。
加熱劣化条件	試験体を標準条件で 14 日間養生し、さらに $80 \pm 3^{\circ}\text{C}$ に調節した恒温器内に 14 日間置いたのち、標準条件に戻して引張強さ、伸びを測定する。

【品質規格値】

引張強さ及び伸び率の品質規格値は、いずれの条件においても、引張強度は 1.0 N/mm^2 以上、伸びは 30 %以上とする。

2. 接着性

【照査方法】

ひび割れ充填用の可とう性エポキシ樹脂の接着性は、引張接着強さ及び引張接着時伸び率を照査する。充填材が引張された時の接着強さを求めるもので、JIS A 1439「建築用シーリング材の試験方法」5.20 引張接着性試験 に基づき行う。

【品質規格値】

引張接着強さ及び引張接着時伸び率の品質規格値は、最大引張応力 1.0 N/mm^2 以上、最大荷重時伸び率 10 %以上とする。

6(2)オ ポリマーセメントモルタルひび割れ充填工法

ポリマーセメントモルタルひび割れ充填工法に使用する材料・工法は、表 6.2.5-1 の品質規格を満足しなければならない。

表 6.2.5-1 ポリマーセメントモルタルひび割れ充填工法に使用する材料・工法の品質規格（例）

要求性能項目		品質項目	照査方法	品質規格値(案)
基本的性能	付着性	付着強さ	JSCE-K 561 (標準条件*2)	1.5 N/mm ² 以上
	寸法安定性	長さ変化率	JIS A 1129*1	0.05 %以下

*1 ゲージプラグ付き金型に所定の材料をコテで充填し、温度 $23 \pm 2^{\circ}\text{C}$ 、湿度 $50 \pm 5\%$ の状態で 2 日間養生後、型枠を脱型したものを試験体とする。脱型後を基長として、温度 $23 \pm 2^{\circ}\text{C}$ 、湿度 $50 \pm 5\%$ の状態で 28 日後の長さ変化率を測定する。

*2 本工法を単独で施工し、補修箇所が通水表面に露出する場合は、現場条件に合わせて、多湿・低温・水中・乾湿繰り返し・温冷繰り返し条件での試験を併せて実施するものとする。

【解説】

6(2)オ(ア) 品質項目

補修の効果が期待される期間中、ひび割れ補修工法の要求性能が保持されるよう、ポリマーセメントモルタルひび割れ充填工法が有すべき品質規格を設定するものとし、表 6.2.5-1 に例示する。

ここに示す品質規格は、温度変化による幅の変動（伸縮挙動）が無いひび割れを補修する際、当該工法に求められる性能を対象としている。ひび割れの発生要因等を検討の上、適切に準用されたい。

6(2)オ(イ) 品質規格

ポリマーセメントモルタルひび割れ充填工法に使用する材料・工法の品質規格は、無機系被覆工法を参考に設定した。

1. 付着性

ひび割れ補修工法は、既設水路躯体に付着することにより躯体コンクリートへの劣化因子の侵入抑制が可能となるため、付着性は、開水路の耐久性を回復又は向上させる上で重要な性能項目の一つである。

【照査方法】

付着性は付着強さを照査する。付着強さの照査方法は、JSCE-K 561「コンクリート構造物用断面修復材の試験方法（案）」の標準条件における付着強さの試験方法に基づく。

【品質規格値】

付着強さの品質規格値は、「表 5.1.2-1 無機系被覆工法に使用する材料・工法の品質規格（例）」の標準条件における付着性の品質規格値を参考とし、乾燥面における付着強さ 1.5 N/mm² 以上とする。

2. 寸法安定性

充填材に用いるポリマーセメントモルタルは硬化後に収縮するが、その際の収縮が大きいとひび割れ内部で充填部が乖離し接着が損なわれるため、乾燥収縮による寸法変化が小さいことが要求される。

【照査方法】

寸法安定性の照査方法は、長さ変化率を照査する。試験方法は、JIS A 1129「モルタル及びコンクリートの長さ変化試験方法」に基づく。

【品質規格値】

長さ変化率の品質規格値は、「表 5.1.2-1 無機系被覆工法に使用する材料・工法の品質規格（例）」における寸法安定性の品質規格値参考とし、0.05 %以下とする。

6(3) 工法の施工

ひび割れ補修工法の標準的な施工手順を次に示す。

なお、材料・工法の相違によって、施工手順は異なる。

(1) ひび割れ注入工法

- 1) 準備工
- 2) 清掃
- 3) 注入用器具の設置
- 4) ひび割れ表面のシーリング
- 5) 注入
- 6) 養生
- 7) 注入用器具撤去
- 8) 表面仕上げ

(2) ひび割れ充填工法

- 1) 準備工
- 2) ひび割れ表面のUカット
- 3) 清掃
- 4) プライマー塗布
- 5) 充填
- 6) 養生

【解説】

(1) ひび割れ注入工法

ひび割れ注入工法の施工方法は、手動式・機械式注入工法、自動式注入工法の 2 種類がある。

自動式注入工法は、ゴムの復元力、空気圧やスプリングを使用した専用の注入用器具を用いて、注入圧 **0.4 MPa** 以下の低圧かつ低速で注入する工法である。エポキシ樹脂の自動式低圧注入器具(例)を図 6.3.1-1 に示す。

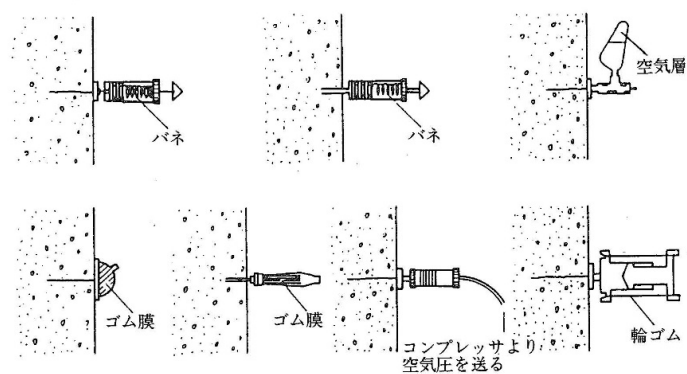


図 6.3.1-1 エポキシ樹脂の自動式低圧注入器具 (例)¹⁾

ひび割れ注入の材料の種類によっては溶剤を含むものがあり、火気に対する安全・衛生（換気等）に注意しなければならない。また、エポキシ樹脂等化学反応系の材料には皮膚への刺激等があるので、防護具を使用する。

1) 準備工

準備工については、「4(3)ア 準備工」を参照されたい。

2) 清掃

既設コンクリートとひび割れシーリング材及び注入用器具の付着を確保するため、ひび割れ部のコンクリート表面をワイヤブラシ等を用い、ひび割れに沿って幅 50 mm 程度のレイタンスや塵芥を除去し清掃する。



写真 6.3.1-1 ひび割れ部の清掃の例

¹⁾ 出典：(一財) 建築保全センター 建築改修工事監理指針(上・下巻) (令和4年版)

3) 注入用器具の設置

注入用器具（座金等）をひび割れ上に接着材（シーリング材）で取り付ける。取付間隔はひび割れ幅によって異なるが、ひび割れ幅が 0.2～1.0 mm の場合は、250～300 mm 程度を目安とする。

4) ひび割れ表面のシーリング

ひび割れ部表面をシーリング材により注入材が流出しないようにシーリングする。特に、自動式注入工法の場合は、微細なひび割れからも注入材が漏れることがあるので、幅広くシーリングすることが必要である。シーリング材は、エポキシ樹脂パテや合成ゴム系の剥離性シーラー等がある。

コンクリート表面が濡れていたり湿っていたりする場合は、ひび割れシーリング材の接着性の低下を招き、塗膜の膨れを生じることがあるため、コンクリート表面の含水率は高周波水分計で 8 % 以下であることを確認する。



写真 6.3.1-2 注入用座金の設置と
ひび割れ表面のシーリング状況



写真 6.3.1-3 注入用器具による注入例

5) 注入

シーリング材が硬化した後、注入用器具（シリンダー等）を取付け、注入圧力 0.4 N/mm² 以下で注入材を注入する。必要に応じて、注入材の補充（追加注入）を行う。なお、貫通ひび割れを伝って開水路背面から注入材が漏れるおそれのある場合は、協議の上、背面にシーリングを行うか又は背面より流出しない粘度の注入材を使用する。

エポキシ樹脂注入の施工にあたっては、ひび割れ毎に注入された樹脂の量を記録する。設計注入量と比較し、大幅に注入された場合は、内部にジャンカ等が有るか背面に流出している可能性があるため、原因を調査する。

6) 養生

注入完了後は、注入器具を取り付けたまま硬化養生をする。

7) 注入用器具撤去

注入材の硬化後、注入器具を撤去する。

8) 表面仕上げ

ディスクサンダー等でシーリング材を除去し、平滑な面に仕上げる。パテは、ディスクサンダーを用いて削り取るか、ポットガンを用いて加熱し軟らかくなったところを皮すき等で削り取る。

(2) ひび割れ充填工法

1) 準備工

準備工については、「4(3) ア 準備工」を参照されたい。

2) ひび割れ表面のUカット

Uカット用のブレードを用いて、ひび割れに沿ってU字形の溝を電動カッターで設けるものとする。溝幅 10 mm 程度、深さ 10～15 mm 程度が望ましく、ひび割れ幅が曲がりくねっている場合は、できるだけ小さいブレードを用いると良い。



写真 6.3.2-1 U字カットの例

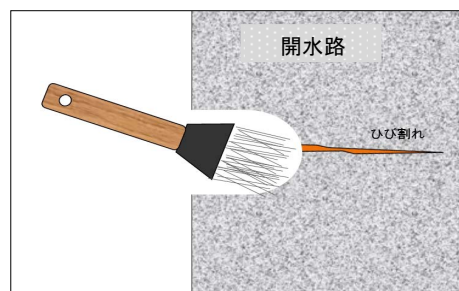


図 6.3.2-1 プライマー塗布

3) 清掃

Uカット後は、切粉の清掃を入念に行わないと充填材の接着不良を起こす原因となるので、溝内部の切粉等をワイヤブラシ、刷毛等で除去し、清掃する。

4) プライマー塗布

刷毛等でプライマーを溝内部に塗り残しのないよう均一に塗布する。プライマーは、充填材製造業者の指定するプライマーを使用する。

5) 充填

2 液性の充填材の場合は、製造業者が指定する配合比で混合し、色が均一になるまで十分練り混ぜてから、コーキングガンで気泡を巻き込まないように充填する。

溝内へ充填材をコーキングガンで空隙や打残しのないよう加圧しながら充填し、へらで押え既設コンクリートと密着させて表面を平滑に仕上げる。

6) 養生

充填材が硬化するまでは、ほこり等がつかないように、また、降雨のおそれがあるときは、シート等で必要な養生を行う。

6(4) 材料・工法の採用

ひび割れ補修に使用する材料・工法は、ひび割れの主たる原因及び評価・判定結果を踏まえて用いなければならない。

【解説】

ひび割れ補修材料・工法の種類と性能特性を以下に示す。

1. ひび割れ注入材

樹脂系ひび割れ注入材料・工法の代表的な材質の種類と性能特性を表 6. 4-1 に示す。

表 6. 4-1 樹脂系ひび割れ注入材料・工法の代表的な材質の種類と性能特性²⁾

項 目	エポキシ樹脂	ポリエステル樹脂	アクリル樹脂
接着性	◎	△	○
耐久性	◎	○	◎
耐水性	◎	△	◎
寸法安定性	◎	×	○
経済性	○	◎	○

凡例 ◎：優 ○：良 △：可 ×：不可

2. ひび割れ充填材

ひび割れ充填材料・工法の代表的な材質の種類と性能特性を表 6. 4-2 に示す。

表 6. 4-2 ひび割れ充填材料・工法の代表的な材質の種類と性能特性²⁾

項 目	弾性シーリング材		可とう性 エポキシ樹脂	ポリマーセメント モルタル
	ポリウレタン 樹脂	変成 シリコン樹脂		
変形追従性	◎	◎	△～○	×
乾燥面への接着性	○	○	◎	△
湿潤面への接着性	△	△	○	◎
耐候性	○	◎	△～○	◎
耐水性	△～○	△～○	○	○

凡例 ◎：優 ○：良 △：可 ×：不可

²⁾ 緒方紀夫・木曾茂・上田勝・吉田敦：コンクリートのひび割れ補修に関する現状、ハイウェイ技術、No.11,1998-10

3. ひび割れ注入及び充填材料・工法の材質と止水性等

ひび割れ注入材料・工法とひび割れ充填材料・工法に用いられる主な材質、及びその止水材としての性能を表 6.4-3 に示す。

表 6.4-3 ひび割れ注入及び充填材料・工法に用いられる主な材質とその止水性等²⁾

項目	注土工法			充填工法	
	アクリル系	ウレタン系	エポキシ系	エポキシ系	セメント系
止水性	○	△気泡あり	○	○	△
浸透性	○	△	△	－	－
変形に対する追従性	◎	×	△	△	×

凡例 ◎：優 ○：良 △：可 ×：不可

²⁾ 緒方紀夫・木曾茂・上田勝・吉田敦：コンクリートのひび割れ補修に関する現状、ハイウェイ技術、No.11,1998-10

第7章 断面修復工法

7(1) 工法の概要・特徴

断面修復工法は、内部鉄筋の腐食膨張や凍害、アルカリ骨材反応によるひび割れ等により欠損したコンクリートの修復、ジャンカ（豆板）等により劣化因子の遮断性能が著しく低下したコンクリートを除去した箇所の修復及び塩化物イオン等の劣化因子を含むコンクリートを除去した箇所の修復を目的とし、修復材を欠損、撤去部に充填する工法である。

(1) 材料

断面修復工法には、補修目的や開水路の設置環境により異なるが、無機系（ポリマーセメント系材料等）及び有機系（ポリマーモルタル等）の材料が用いられる。その選択にあたっては、各種断面修復材の特徴を十分に考慮しなければならない。

(2) 工法

断面修復工法の施工方法は、左官工法、吹付け工法、充填工法の3種類がある。

【解説】

(1) 材料

断面修復工法に用いられる無機系材料としては、セメントモルタル、ポリマーセメントモルタル、セメントコンクリート、有機系材料としてはポリマーモルタルがある。これらの断面修復材の特徴を表 7.1-1 に示す。

表 7.1-1 主な断面修復材の特徴

	断面修復材料	特 徴
無 機 系	セメントモルタル	・水路コンクリートと同程度の強度、弾性係数、熱膨張係数が得られる ・練混ぜ、施工が容易で大断面の施工に適している ・安価であるが、乾燥ひび割れが生じやすい
	ポリマーセメントモルタル	・練混ぜ、施工が比較的に容易であり、大断面の施工にも適している ・曲げ及び引張強度が高い ・劣化因子の遮断性に優れる ・セメントモルタルより多少高価である
	セメントコンクリート	・水路コンクリートと同程度の強度、弾性係数、熱膨張係数が得られる ・安価である ・比較的長い養生期間が必要である ・付着力の確保を別途検討する必要がある
有 機 系	ポリマーモルタル （結合材：エポキシ樹脂等）	・曲げ及び引張強度が高い ・水密性に優れる ・耐摩耗性、耐衝撃性、耐薬品性に優れる ・高価である ・紫外線劣化、熱劣化の可能性がある

断面修復材の選定にあたっては、断面修復工の適用後に鋼材に生じるマクロセル腐食の可能性についても留意する必要がある※。断面修復部と既設コンクリートの電位差が小さい断面修復材を選定する必要があり、修復対象のコンクリートに含まれる塩化物イオン濃度が高い場合、特に注意が必要である。

※塩化物イオン含有量が 2.0kg/m³ 以下であれば、断面修復を行っても顕著なマクロセル腐食の発生は見られない。
そのため、1986 年以前（コンクリート中の塩化物総量規制以前）に施工された構造物に対しては注意が必要である。

(2) 工法

断面修復工法は、施工方法の相違により、左官工法、吹付け工法、充填工法に分類される。
これらの 3 工法の特徴を表 7.1-2 に示す。

表 7.1-2 断面修復工法の特徴

施工法	左官工法	吹付け工法	充填工法
型枠設置	不 要	不 要	必 要
施工規模と 施工面	1 か所の施工面積が 0.5～1.0 m ² 程度の場合 や深さが比較的浅い 場合又は複雑な断面形 状の場合	1 か所の施工面積が数 10m ² 程度以上の場合や深さが比較 的深い場合又は型枠設置が難 しい場合	断面欠損部の容積が数 10m ³ と比較的大規模な場 合や深さが比較的深い場合 及び型枠設置が容易な場合
施工範囲	作業者の行動範囲	圧送距離 乾式：水平 150～200 m、鉛 直 100～150m程度 湿式：水平 100 m、鉛直 30 ～50 m 程度	ポンプ圧送及び運搬距離に よる
締固め	人力による	圧縮空気等の圧力による	圧送能力や材料の流動性に よる
充填性の 確保	施工者の熟練度及び鉄 筋配筋の狭隘程度が重 要	圧縮空気の圧力及び量、吹付 けノズルマンの熟練度、鉄筋 配筋の狭隘程度が重要	空気抜き装置の配置、鉄筋 配筋の狭隘程度、圧入方法 等が重要
材料の特徴	流動性が低く、粘稠性 がある 薄塗りは軽量モルタル が多い	流動性は低い 湿式は粘稠性があり、乾式は 速硬性がある	流動性がある
最小施工厚み	5 mm 以上	10 mm 以上	10 mm 以上

7(1) ア(ア) 施工の概要

1. 左官工法

左官工法は、型枠設置が不要であり、金ゴテや木ゴテ、ゴムヘラ等を用いて、あらかじめ練り混ぜた断面修復材を人力によって施工する。修復部が比較的小さい場合や、それらの施工場所が点在している場合に採用される。上向き、横向き、下向きの施工が可能であるが、上向き施工の場合には、施工不良が発生し易いため注意が必要である。

一般的に、横向き、上向きの場合、一層 10 mm 程度の施工厚であるが、厚塗りタイプで一層 30 mm 程度まで施工できる材料もあるので、品質規格を勘案して適切な材料を選択する必要がある。



写真 7.1.2-1 左官工法

2. 吹付け工法

吹付け工法は、型枠設置が不要であり、圧縮空気や遠心力を利用して、断面修復材を施工面に吹付け施工する。上向き、横向きの施工も可能であり、既設水路躯体との間に高い付着性が期待できる。

乾式工法と湿式工法があり、それぞれ専用の吹付け機を使用する。

乾式工法は、粉体と水又は混和液を別々に圧送して吹付ける工法で、鉄筋裏への充填等比較的大きな厚さの施工に適している。

湿式工法は、あらかじめ練り混ぜた断面修復材を吹付ける工法で、50 mm 以下の比較的小さい厚さの施工に適している。



写真 7.1.2-2 吹付け工法

3. 充填工法

充填工法は、断面修復部に型枠を設置して断面修復材を打ち込む。下向き、横向きの施工が可能であり、施工部が比較的大きな場合に採用される。

充填工法には、モルタル注入工法、打継ぎコンクリート工法、プレパックド工法があり、これらの特徴を以下に示す。

① モルタル注入工法

モルタル注入工法は、空気抜きを設けた型枠内にポンプ等を用いて、ポンプ圧力 2 MPa 程度で断面修復材のモルタルを圧送注入する。

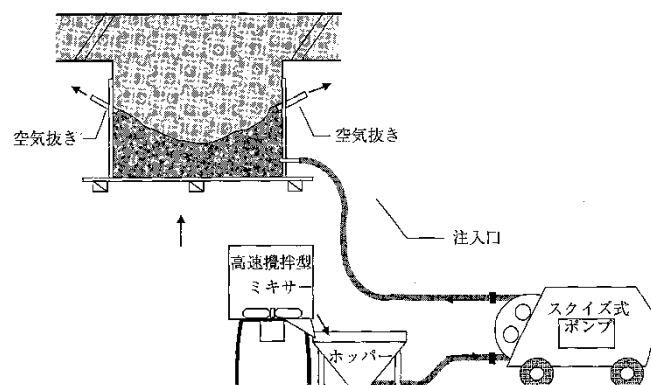


図 7.1.2-1 モルタル注入工法

② 打継ぎコンクリート工法

打継ぎコンクリート工法は、設置された型枠内にモルタル及びコンクリートをポンプ圧送やヘッド圧力等を利用して打ち込む。修復部が比較的大きな場合に適用される。

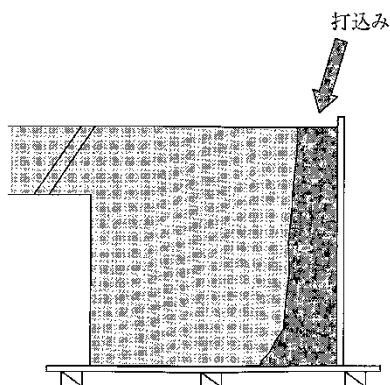


図 7.1.2-2 打継ぎコンクリート工法

③ プレパックド工法

プレパックド工法は、設置された型枠内にあらかじめ粗骨材を充填した後、モルタル又はセメントペーストを充填する。断面修復部が大面積で、かつ、その断面が厚い場合等に適用される。施工は全て気中で行うことが基本となる。

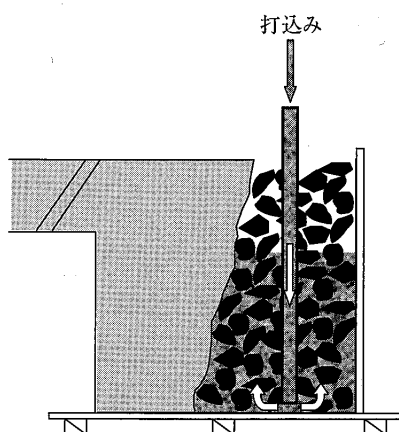


図 7.1.2-3 プレパックド工法

7(1) ア(イ) 施工手順

断面修復工法の主な施工手順は、既設水路の下地処理工の後、はつり工を行い、防錆処理工、断面修復工、養生工を行う。

7(2) 工法の要求性能・品質規格

7(2) ア 断面修復工法

断面修復工法に使用する材料・工法は、表 7.2.1-1 の品質規格を満足しなければならない。

表 7.2.1-1 断面修復工法に使用する材料・工法の品質規格(例)

要求性能項目		品質項目	照査方法		品質規格値(案)
基本的性能	付着性	付着強さ	JSCE-K 561 (乾湿・温冷繰返し回数は 10 サイクル ^{*1})	標準条件	1.5 N/mm ² 以上
				多湿条件	
				低温条件	
				水中条件 ^{*2}	1.0 N/mm ² 以上
				乾湿繰返し条件	
				温冷繰返し条件	
個別的性能	一体化性	圧縮強度	JSCE-K 561 (28 日間養生)		21.0 N/mm ² 以上
	寸法安定性	長さ変化率	JIS A 1129 ^{*3}		0.05 % 以下
	中性化抑止性	中性化速度	JIS A 1153 (4 週間)		中性化深さ 5 mm 以下 中性化速度係数 18 mm/ $\sqrt{t}$ (年) 以下 ^{*1}
	耐摩耗性	摩耗深さ	表面被覆材の水砂噴流摩耗試験 (案) (材齢 28 日、10 時間経過後 ^{*1})		標準供試体に対する平均摩耗深さの比が 1.5 以下
個別的性能	耐凍害性	相対動弾性係数	JIS A 1148 (A 法 300 サイクル)		85 % 以上

^{*1} 補修の効果が期待される期間を 20 年とした場合の例を示す。右欄に示す規格値 (案) も同じ。

^{*2} JSCE-K 561 (水中条件) における、供試体作製後、水中養生を開始するまでの気中養生は、温度 20 ± 2℃、相対湿度 60 ± 10% の状態で 7 日間行うものとする。また、全試験条件とも試験用供試体の被覆厚さは 20 mm を標準とする。

^{*3} ゲージプラグ付き金型に所定の材料をコテで充填し、温度 23 ± 2℃、湿度 50 ± 5% の状態で 2 日間養生後、型枠を脱型したものを実験体とする。脱型後を基長として、温度 23 ± 2℃、湿度 50 ± 5% の状態で 28 日後の長さ変化率を測定する。

【解説】

7(2) ア(ア) 品質項目

補修の効果が期待される期間中、断面修復工法の要求性能が保持されるよう、断面修復工法の材料・工法が有するべき品質規格を設定するものとし、表 7.2.1-1 に例示する。

ここに示す品質規格は、主に摩耗、中性化、凍害により劣化が生じている開水路の耐久性の回復又は向上を目的として行う断面修復工法の要求性能を対象としている。既設水路の変状等を検討の上、適切に準用されたい。

7(2) ア(イ) 品質規格

7(2) ア(イ)1) 付着性

断面修復工法は、躯体（既設水路コンクリート）に付着することにより中性化抑止性等その他の性能を発揮することが可能となるため、付着性は断面修復工法の性能を確保する上で重要な品質項目の一つである。

無機系の断面修復材は、適度な透湿性を有しているため、開水路特有の背面水や湿気的作用による膨れや剥がれが生じにくいと言えるが、農業水利施設に適用する場合は、多様な環境条件における付着性の確保が重要となる。特に開水路の補修においては、その施工条件や環境条件を考慮すると、多湿や低温条件における施工性及び長期間に亘る水没条件や乾湿・温冷の繰り返しといった様々な条件での付着性が求められる。

このため、付着性の照査は、これら想定される全ての条件で行う必要がある。

【照査方法】

試験方法は、(公社)土木学会基準 JSCE-K 561「コンクリート構造物用断面修復材の試験方法（案）」の付着強さ試験方法に基づき行うものとする。供試体の被覆厚さは 20 mm を標準とし、養生期間は製造業者が指定する期間、又は室温で 28 日間とする。また、水中条件での供試体の養生は、(一財)下水道事業支援センター「下水道コンクリート構造物の腐食抑制技術及び防食技術マニュアル、平成 29 年 12 月」に規定する「防食被覆層に関する品質試験方法」の規定を準用し、供試体作成後、別途、水中状態開始までの気中養生を温度 $20 \pm 2^{\circ}\text{C}$ （相対湿度 $60 \pm 10\%$ ）で 7 日間行うものとする。水中養生開始後の養生条件は、JSCE-K 561 に基づいて行う。

【品質規格値】

施工の初期値に該当する標準条件、多湿条件及び低温条件での品質規格は、 1.5 N/mm^2 以上とした。 1.5 N/mm^2 の妥当性については、これまでのところ理論的には明確になっていないが、水没環境にある日本下水道事業団が標準条件で 1.5 N/mm^2 の規格値を採用しており、この品質規格を参考にして決定している。また、促進劣化後に該当する水中条件、温冷繰り返し後及び乾湿繰り返し後の品質規格値は、試験時の養生条件の厳しさを考慮して、 1.0 N/mm^2 以上としている。なお、試験結果には、付着強さ試験後の破断面の位置と状況を明記するものとする。

7(2) ア(イ)2) 一体化性（圧縮強度）

断面修復材は、既設水路躯体（下地コンクリート）と同等の圧縮強度等の物性を有し、温度変化が生じても躯体と一体的に挙動することが要求される。

断面修復工法で一般的に使用されているポリマーセメントモルタルは、既設水路のコンクリートとほぼ同等の強度等の特性を有しているものが多い。

1. 圧縮強度 21.0 N/mm²以上
2. 静弾性係数 2~2.8×10⁴ N/mm² (コンクリート 2~2.8×10⁴ N/mm²)
3. 熱膨張係数 15×10⁻⁶/℃前後 (コンクリート 10×10⁻⁶/℃)

したがって、これらの性能を有する断面修復材は、温度変化が生じても躯体コンクリートと一体的に挙動するものと推察されるが、使用する断面修復材の性能が上記の内容と異なっている場合もあるため、主に材料の圧縮強度について照査する。

【照査方法】

本書では、躯体との一体化性を圧縮強度で評価する。断面修復材の圧縮強度試験は、(公社)土木学会基準 JSCE-K 561「コンクリート構造物用断面修復材の試験方法 (案)」の圧縮強度試験方法に基づくものとし、養生期間は室温で 28 日間とする。

【品質規格値】

既設水路躯体コンクリートの圧縮強度以上とし、標準的な現場打ち鉄筋コンクリート開水路の設計強度である 21.0 N/mm²以上を確保するものとする。

7(2)ア(イ)3) 寸法安定性 (長さ変化率)

開水路の断面修復覆工事では、断面修復材を薄厚で施工するため、被覆材に乾燥収縮によるひび割れが生じやすいことから、乾燥収縮による寸法変化が小さいことが必要とされる。そのため、断面修復材の硬化時の長さ変化率を測定し、乾燥収縮によるひび割れの発生を抑制する。

【照査方法】

試験方法は、セメントコンクリートやポリマーセメントモルタル系断面修復材等の標準的な試験方法である JIS A 1129「モルタル及びコンクリートの長さ変化測定方法」に基づくものとし、JIS に明記されていない事項は、「表 5.1.2-1 無機系被覆工法に使用する材料・工法の品質規格 (例)」の枠外 (*2) に基づき行う。なお、この試験方法には、具体的な養生方法、基長の測定時期に関して詳細な規定がないため、(株)高速道路総合技術研究所試験法 432「断面修復用吹付けモルタルの試験方法」の養生期間及び基長の測定時期を採用している。測定方法は、ダイヤルゲージ法による測定を標準とするが、これにより難しい場合は、JIS A 1129 に規定するコンパレータ方法又はコンタクトゲージ方法での測定によっても良い。

【品質規格値】

品質規格値は、(株)高速道路総合技術研究所がコンクリート構造物の断面修復材料に設定している基準値を参考にして、0.05%以下とする。

7(2)ア(イ)4) 中性化抑止性

断面修復材の中性化速度係数はコンクリートと比較して大幅に小さいが、中性化抑止性が要求される。

なお、無筋コンクリート開水路では、中性化抑止性は不要である。

【照査方法】

中性化抑止性の試験方法は、一般的なコンクリート表面被覆工法で用いられている JIS A 1153「コンクリートの中性化促進試験方法」に基づくものとする。

ただし、コンクリート基盤は型枠を取り外した後、材齢4週まで温度 $20 \pm 2^{\circ}\text{C}$ の湿潤状態で養生を行う。供試体は、基盤の測定面となる面（2面）に断面修復材を塗布し、また他の面（4面）にシーリング材を塗布した後、28日間の養生を行い、作成する。

【品質規格値】

品質規格値は、「表 5.1.2-1 無機系被覆工法に使用する材料・工法の品質規格（例）」における中性化抑止性の品質規格値を参考にし、中性化速度係数で $18 \text{ mm}/\sqrt{\text{年}}$ とする。

中性化速度係数は、中性化促進試験による中性化深さ（mm）を用いて以下の式により算定する。

＜中性化速度係数の数算定式＞

$$\sqrt{A} = C / t$$

ここで、A：中性化速度係数（ $\text{mm}/\sqrt{\text{年}}$ ）

C：平均中性化深さ（mm）＝中性化促進試験による

t：材齢（年）＝中性化促進試験 促進期間4週 $\div 0.077$ 年

なお、促進期間や試験方法、及び規格値の設定等の詳細については、「4(2)エ 要求性能毎の品質規格」【解説】に示す「照査方法と品質規格の考え方」1. 中性化抑止性 を参照のこと。

7(2)ア(イ)5) 耐摩耗性

断面修復材は、流水や混入土砂によるすり磨き及び衝撃によって選択的摩耗¹⁾が生じる。被覆材の摩耗が進行すると、鉄筋の被り不足や粗度係数の悪化による通水性の低下を招くおそれがあることから、耐摩耗性が要求される。

なお、セメント成分の溶脱による化学的劣化は、本書では照査対象としていない。

【照査方法】

断面修復工法の耐摩耗性は、開水路コンクリートに生じている選択的摩耗を考慮し、水流摩耗試験により評価することとした。水流摩耗試験としては、水砂噴流摩耗試験¹⁾に基づく。

¹⁾ 長束 勇、上野 和弘、渡嘉敷 勝、石井 将幸：水砂噴流摩耗試験機の試作とその性能評価、農業農村工学会論文集 No.266、2010.4、pp.25-31

なお、断面修復工法の効果が期待される期間を 20 年と想定した場合の水砂噴流摩耗試験（水圧 2 MPa）の試験条件は、「表 5.1.2-1 無機系被覆工法に使用する材料・工法の品質規格（例）」における中性化抑止性の品質規格値を参考にし、材齢 28 日のあらかじめ決められた補修材供試体 3 個の 10 時間後の平均摩耗深さを照査する。

【品質規格値】

品質規格値は、水砂噴流摩耗試験装置における、標準モルタルの 10 時間平均摩耗深さの基準値 A mm（＝3.5 mm）*1 と各補修材の平均摩耗深さ B mm の比「B/A」で規定する。品質規格値 B/A は、表 7.2.1-2 に示すとおりである。

また、被覆厚さの設計に際しては、表面被覆工の経年的な摩耗量を見込んだ上で必要な被覆厚さを検討するよう注意しなければならない。

表 7.2.1-2 補修材材料の耐摩耗性の品質規格値

材料の種類	標準モルタル供試体の 10 時間平均摩耗深さの基準値[A] (3.5 mm)*1 と各補修材の平均摩耗深さ[B]の比 (B/A)	参考*2： 補修材の許容平均摩耗深さ (10 時間) mm
無機系断面修復材	1.5 以下	5.2 以下 (1.5 [B/A] × 3.5 [A] = 5.25)

*1 標準モルタル供試体の平均摩耗深さの基準値 [A] 3.5 mm は、これまでに水砂噴流摩耗試験で得られた標準モルタル供試体 10 時間平均摩耗深さの母平均及び標準誤差より算出した値。

*2 補修材の許容平均摩耗深さ（10 時間）は、10 時間平均摩耗深さの基準値[A] (3.5mm) × B/A より算出した値。小数点 2 桁とした場合では計測が困難となるため、安全側に値の端数を切り捨てた小数点 1 位の値とした。

なお、促進期間や規格値の設定の詳細については、「4(2)エ 要求性能毎の品質規格」【解説】に示す「照査方法と品質規格の考え方」4. 耐摩耗性を参照のこと。

7(2)ア(イ)6) 耐凍害性

凍害のおそれのある地域では、断面修復材には耐凍害性が要求される。

【照査方法】

無機系の断面修復材は、有機系材料と比較して吸水しやすいため、凍害による劣化が生じやすい。したがって、JIS A 1148「コンクリートの凍結融解試験方法」（A 法、300 サイクル）に基づき、凍結融解作用に関する照査を行う。

【品質規格値】

(公社)土木学会「コンクリート標準示方書〔設計編〕」の凍害に関するコンクリート構造物の性能を満足するための凍結融解試験における相対動弾性係数の最小限界値を参考に、開水路の設置環境として、①気象条件として、凍結融解がしばしば繰り返される場合、②構造物の露出状態として、連続してあるいは、しばしば水で飽和される場合、③断面が薄い場合に相当するとして、相対動弾性係数 **85 %**以上とした。

7(2) イ 防錆材

断面修復工に使用する防錆材は、表 7.2.2-2 の品質規格を満足しなければならない。

表 7.2.2-2 断面修復工に使用する防錆材の品質規格(例)

要求性能項目		品質項目	試験方法	品質規格値(案)
基本的性能	耐アルカリ性	耐アルカリ性	(一社)日本建築学会「鉄筋コンクリート造建築物の耐久性調査・診断及び補修指針(案)・同解説」 鉄筋コンクリート補修用防錆材の品質基準(案)	塗膜に異常が認められないこと
	鉄筋との付着性	付着強さ		7.8 N/mm ² 以上
	防錆性	防錆率		防錆率 処理部 50 % 以上 未処理部 10 % 以上

【解説】

7(2) イ (ア) 品質項目

断面修復工法の効果が期待される期間中、断面修復工法の要求性能が保持されるよう、防錆材が有すべき品質規格を設定する。

7(2) イ (イ) 品質規格

防錆材は、鉄筋に対して腐食性因子の浸透を抑制し、鉄筋との強固な付着力を有し、かつ断面修復材との付着が良いことが求められ、補修部と未補修部のコンクリート境界部にマクロセルを形成することがない材料でなければならない。

防錆処理に用いる材料の品質規格は、日本建築学会「鉄筋コンクリート造建築物の耐久性調査・診断及び補修指針(案)・同解説」付 1.3 鉄筋コンクリート補修用防錆材の品質基準(案)に規定する試験方法及び品質規格値による。

7(2) イ (イ) 1) 耐アルカリ性

防錆材は、躯体（既設コンクリート）及び断面修復材と良好に付着する必要があるため、耐アルカリ性が要求される。

【照査方法】

耐アルカリ性の試験方法は、日本建築学会「鉄筋コンクリート造建築物の耐久性調査・診断及び補修指針(案)・同解説」鉄筋コンクリート補修用防錆材の品質基準(案)に基づいて行うものとする。

【品質規格値】

耐アルカリ性の品質規格値は、塗膜に異常が認められないこととする。

7(2)イ(イ)2) 鉄筋との付着性

防錆材は、鉄筋と良好に付着する必要があるため、鉄筋との付着性が要求される。

【照査方法】

鉄筋との付着性の試験方法は、(一社)日本建築学会「鉄筋コンクリート造建築物の耐久性調査・診断及び補修指針(案)・同解説」鉄筋コンクリート補修用防錆材の品質基準(案)に基づいて行う。

【品質規格値】

防錆材の鉄筋に対する付着強さの品質規格値として、鉄筋との付着強さ 7.8 N/mm^2 以上とする。これは、通常のコンクリートの鉄筋に対する付着強さが 9.8 N/mm^2 程度であり、この強度の 8 割以上あれば実用上問題がないと考え、 7.8 N/mm^2 以上としている。

7(2)イ(イ)3) 防錆性

防錆材は、錆の発生を防止する必要があるため、防錆材を塗布した鉄筋部分（処理部）と基材モルタル中の鉄筋部分（未処理部）の防錆性が要求される。

【照査方法】

防錆性の試験方法は、(一社)日本建築学会「鉄筋コンクリート造建築物の耐久性調査・診断及び補修指針(案)・同解説」鉄筋コンクリート補修用防錆材の品質基準(案)に基づいて行うものとする。

【品質規格値】

防錆性の品質規格値は、防錆材を塗布した部分（処理部）が、普通モルタルで覆う場合の錆の発生率の 50 %以下に抑制する（防錆率 50 %以上）こととする。

また、防錆材の塗布によってマクロセルを形成し、基材部（未塗布部分）の鉄筋腐食を促進しないことを求めるものとし、防錆材を塗布しない部分（未処理部）は、普通モルタルで覆う場合の錆の発生率の 110 %以下(防錆率 -10 %以上)に抑制するものとする。

7(3) 工法の施工

断面修復工法の標準的な施工手順を次に示す。

なお、材料・工法の相違によって、施工手順が多少異なる場合がある。

- (1) 準備工
- (2) 下地処理工
- (3) 断面修復箇所・範囲の特定、はつり方法の決定及びはつり工
- (4) 防錆処理工
- (5) 断面修復工(プライマー工、仕上げ工を含む)
 - ① プライマー工
 - ② 左官工法
 - ③ 吹付け工法
 - ④ 充填工法
- (6) 養生工

【解説】

断面修復工法の施工は、左官工法、吹付け工法（乾式、湿式）、充填工法の 3 種類であるが、いずれの工法も施工方法によって発揮する性能が大きく異なるため、該当する工法に応じた適切な施工を行うことが重要である。

(1) 準備工

準備工については、「4(3) ア 準備工」を参照されたい。

(2) 下地処理工

下地処理工については、「4(3) イ 下地処理工」を参照されたい。

(3) 断面修復箇所・範囲の特定、はつり方法の決定及びはつり工

下地処理後、断面修復工法を施工する箇所と範囲を特定し、構造物の耐力に影響を与えないように、コンクリートのはつり方法を決定する。断面修復の範囲とはつり形状の例を図 7.3-1 に、コンクリートのはつり方法とその特徴を表 7.3-3 に示す。

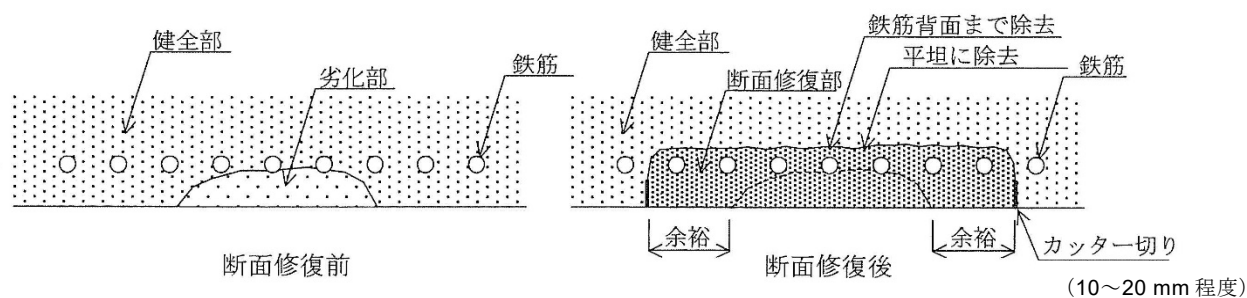


図 7.3-1 断面修復の範囲とはつり形状の例

内部鉄筋が腐食している場合の断面修復の範囲は、断面修復箇所の端部のフェザーエッジ（図 7.3-2 参照）を回避するため、劣化部の範囲より多少広く設定し、コンクリートカッターで切れ目（目安として 10～20 mm 程度）を入れ、鉄筋背面まではつり取ることとする。

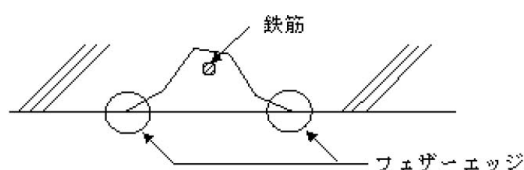


図 7.3-2 フェザーエッジの例

表 7.3-3 コンクリートのはつり方法とその特徴

はつり方法	特 徴
ハンマー＋ノミ、 電動ピック	コンクリートのはつり量が少ない時に用いる方法である。簡易な工具、施工機械で容易に行える方法であるが、はつり能力が低い。
エアーチッパー コンクリートブレーカ	コンクリートのはつり量が多い時に用いる方法である。コンプレッサーを使用するため、はつり能力が高い。健全なコンクリートにダメージを与えないように注意する必要がある。
ウォータージェット	コンクリートのはつり量に応じて水圧・水量を調整し、水でコンクリートをはつり取る方法である。健全なコンクリートへのダメージが少ないが、超高圧水噴射装置や水処理施設等の設備が必要となる。

(4) 防錆処理工

露出した鉄筋は、ケレン棒やディスクサンダー等により錆を除去した後、鉄筋防錆材を塗布する。

(5) 断面修復工(プライマー工、仕上げ工を含む)

断面修復工は、左官工法、吹付け工法及び充填工法の 3 種類があり、標準的な施工方法を以下に示す。

施工に際しては、温度管理を行い、必要に応じて寒中対策又は暑中対策を行う。

① プライマー工

既設開水路のコンクリートと断面修復材の付着力を向上させるため、専用のプライマーを塗布する。プライマーは、材料・工法の相違によって、使用量や施工方法が異なり、プライマーを必要としない場合もある。特に、開水路特有の施工条件における付着性能は、プライマーの性能により大きく異なることがあるため、注意が必要である。

② 左官工法

断面修復材を左官コテで塗布する工法であり、断面修復の厚さが大きい場合は、数回に分けて施工する。

左官工法は、使用材料の種類によって施工方法が異なるので、その材料に適した方法や条件で施工しなければならない。特に、使用する材料に応じて、施工時の天候・気温・湿度、被着面の状態・塗り間隔等、適した条件で行わなければならない。

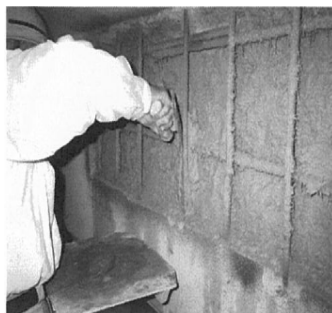


写真 7.3-3 左官工法の例

③ 吹付け工法

吹付け工法には、乾式と湿式がある。

乾式吹付け工法は、骨材を表乾状態程度にする水量若しくは全く水を添加しないで断面修復材を練り混ぜ、 0.7 N/mm^2 程度の圧縮空気により圧送し、吹付けノズル部分で所定の水を混入して吹付ける方法である。

湿式吹付け工法は、断面修復材の練混ぜ時に所定量の水を添加して、所要の流動性を確保した断面修復材をポンプ等で圧送し、圧縮空気を吹付けノズル部分で挿入して吹付ける方法である。両工法のシステムの例を図 7.3-4 及び図 7.3-5 に示す。

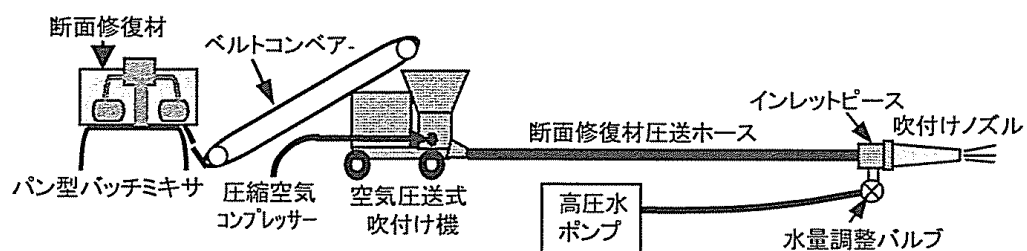


図 7.3-4 乾式吹付け工法のシステム例

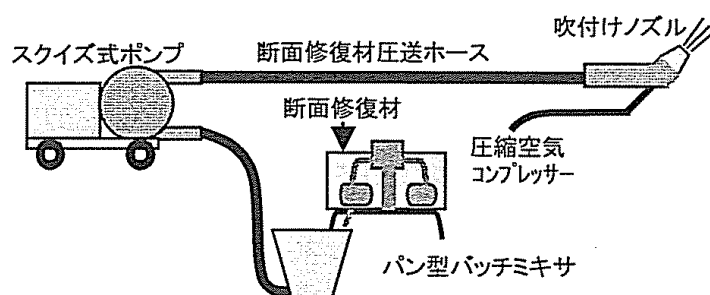


図 7.3-5 湿式吹付け工法のシステム例

吹付け作業では、所定の厚みになるよう凹凸や鉄筋の背面等に巣穴が発生しないように均一に吹付ける。厚みを管理するため、針金、鉄筋等により施工厚み管理のためのガイドを設置する。最大吹付け厚みは、天井面及び壁面で 20～50 mm 程度を目安とする。

多層施工を行う場合の層間の間隔及び吹付け界面の処理は、使用する断面修復材の特性値及び仕様に従うものとする。



写真 7.3-6 吹付け工法の例

④ 充填工法

充填工法は、対象となる修復断面に型枠を設置し、断面修復材をポンプ等を用いて注入する工法である。充填工法のシステムの例を図 7.3-7 に示す。

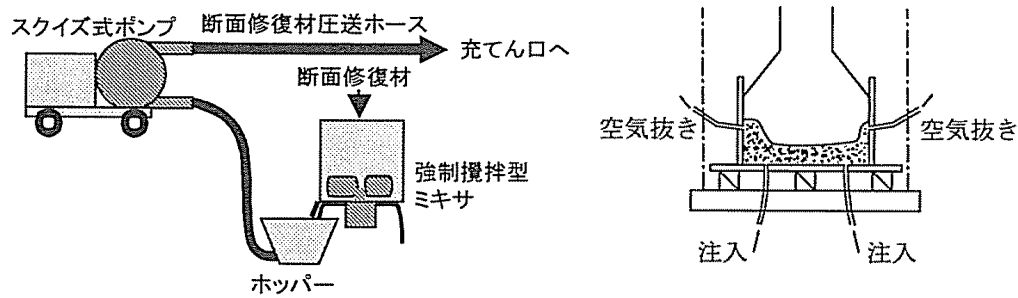


図 7.3-7 充填工法のシステム例

充填工法による断面修復は、設置された型枠のため充填状況を細部まで確認することが困難であり、充填開始時から施工完了までの手順及び手法、充填状況や完了時の確認方法等を明確にすることが重要である。

断面修復工の表面は、所定の形状寸法と表面状態が得られるよう仕上げを行う。部分的に凸部が生じた場合には、これを削り取るものとする。

(6) 養生工

断面修復後は、風や直射日光、降雨、外気温の影響を避け、適切な手法及び期間の養生を行う。

7(4) 材料・工法の採用

断面修復工法は、修復の対象となる断面の状況、部位、範囲及び規模、施工条件等を考慮して施工方法を決定しなければならない。

【解説】

断面修復工法は、施工部位、施工方向及び施工面積に応じて、図 7.4-1 のように適用される条件が決まる。開水路の断面修復は、施工面積が $0.5 \sim 1.0 \text{ m}^2$ /箇所の小規模かつ横向き及び下向き施工が一般的であり、左官工法による施工が多い。

補修部位の位置 施工の方向	頂版等	側壁等	底版等
施工規模 (施工面積)	上向き施工	横向き施工	下向き施工
小規模 ↓ 大規模			

*1 左官工法は、1 か所当たり $0.5 \sim 1.0 \text{ m}^2$ 以下の施工面積を目安とする。

*2 吹付け工法は、1 か所の施工面積が 10 m^2 以上の場合や、型枠の設置が困難な箇所に適している。

*3 充填工法は、欠損部の容積が 10 m^3 と大規模な場合や、型枠の設置が容易な箇所に適している。

図 7.4-1 断面補修工法の適用(イメージ図)

以上を踏まえて本書では、施工規模による施工方法の選定フローの例を図 7.4-2 に示す。施工規模、断面修復深さ及び型枠設置の可否により工法を選定し、例では、小規模な施工規模 (10 m^2 以下) の場合、左官工法が選定される。しかし、1 か所の施工面積が小さくとも施工箇所が近接して多い場合には、吹付け工法が適する場合もあるため、適宜、現場条件を考慮して決定する必要がある。

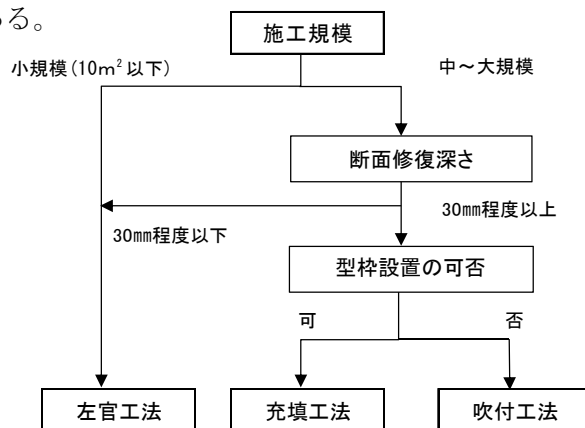


図 7.4-2 断面修復工法の選定例

第8章 目地補修工法

8(1) 工法の概要・特徴

目地補修工法は、目地材の劣化、脱落等により漏水等を生じている目地に対し、既設の目地部をカットし新規の目地材を充填(挿入)、又は、既設目地材の表面を被覆材で被覆する工法である。

(1) 材料

目地補修工法には、工法により異なるが、弾性シーリング材(シリコーン系、変成シリコーン系及びポリウレタン系)、フィルム系材料(アルミフィルム、ふっ素フィルム等)、有機系材料(エポキシ樹脂、ポリウレタン樹脂等)、ゴム系材料(エチレンプロピレンゴム等)が用いられる。

(2) 工法

目地補修工法には、目地充填工法、目地被覆工法、目地成型ゴム挿入工法等があり、そのうち目地被覆工法には、塗装方式、シート(テープ)貼付方式及びシート固定方式がある。それぞれ施工方法が異なる。

【解説】

(1) 材料について

1. 目地充填工法

目地充填工法には、弾性シーリング材が用いられる。弾性シーリング材としては、シリコーン系、変成シリコーン系及びポリウレタン系が主に使用されており、1液型(カートリッジ式)と2液混合型の2種類がある。いずれの材料も付着力を確保するため、各製品所定のプライマーを使用することが望ましい。

2. 目地被覆工法

目地被覆工法は工法により、塩ビ系シート、シリコーン樹脂、ラミネートフィルム等様々な材料が用いられている。いずれの材料も施工性・速硬化性、既設水路への追従性に優れている。

3. 目地成型ゴム挿入工法

目地成型ゴム材料としては、主にエチレンプロピレンゴムが使用されている他、クロロプレンゴムを用いているものがある。

(2) 工法について

1. 施工の概要

目地補修工法の施工方法は、以下の2種類に大別される。

一つは、目地補修材を充填又は挿入する部分をコンクリートカッター等により溝を切る等してはつり、既設目地部を除去した後に弾性シーリング材を充填、又は成型ゴムを挿入する方法である。目地充填工法及び目地成型ゴム挿入工法が該当する。

もう一つは、既設目地部の上にシート（テープ）をプライマー等により接着、又はコンクリートアンカーで固定する方法であり、目地被覆工法が該当する。本工法の場合、既存の目地材は存置される。目地補修工のひび割れ抑制については、「5(1)エ(ウ) 目地に起因するひび割れ」を参照のこと。

2. 施工手順

目地充填工法及び目地成型ゴム挿入工法の施工手順は、既設目地部の除去（充填又は挿入部の切断及びはつり、既設目地部の除去）と目地材の充填又は成型ゴムの挿入（新規の目地部・成型ゴムにプライマー塗布、目地材充填・成型ゴム挿入）と仕上げ工（目地端部の処理等）を行う。

目地被覆工法の施工手順は、塗装方式又はシート（テープ）貼付方式の場合、下地処理工の後にプライマー塗布、防水材塗布又はシート（テープ）貼付けを行う。

シート固定方式の場合は、下地処理工の後に、プライマーと止水のためのシーリング材を塗布し、シート固定（シート設置、コンクリートアンカーで固定）、仕上げ工（目地端部の処理等）を行う。

3. その他の特徴

① 目地充填工法

目地充填工法は、他工法と比較して安価で施工性に優れ、施工実績が多い。

現在使用されている弾性シーリング材は、気中部での使用を前提とした建築用シーリング材が多いため、水中環境に曝される開水路の補修事例において、比較的短期間のうちに、はがれ、脱落及び膨れが発生している事例も見受けられる。最近では、建築用シーリング材と比較して、多少硬く（中モジュラスタイプ）、止水性或耐水性が改善された土木用シーリング材が開発されている。

目地補修工法の断面の例を図 8.1-1 に示す。

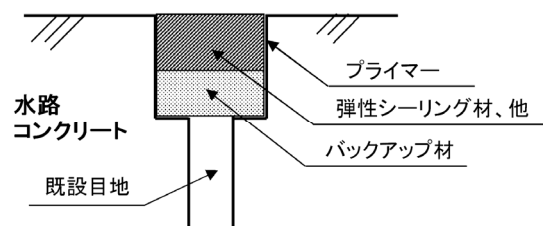


図 8.1-1 目地充填工法の断面

② 目地被覆工法

目地被覆工法は、塗装方式、シート（テープ）貼付方式及びシート固定方式の3つの方式がある。

i) 塗装方式

塗装方式は、比較的安価で施工性が良い反面、伸縮性能や付着耐久性に劣るため、現在は開水路での採用が少ない。近年、厚膜で追従性に優れた弾性タイプの塗装材が開発され、性能や耐久性の検証が行われている。

ii) シート（テープ）貼付方式

シート（テープ）貼付方式は、比較的新しい工法であり、施工が容易で品質が安定しているが、伸縮性や付着耐久性においての課題が残っている。目地の伸縮量が比較的小さい開水路（目地間隔の短い二次製品水路等）での適用事例がある。

iii) シート固定方式

シート固定方式は、シートの張り方に余裕を持たせた上で、コンクリートアンカーによりシートの両端を機械的に固定する。そのため、目地に特異な変動が生じる場合、例えば地盤沈下により、水平方向と上下方向の動きが想定される目地や、伸縮量が極端に大きい目地に対しても適用可能である。比較的高価で施工に手間がかかるが、比較的耐久性に優れる。

目地被覆工法の断面の例を図8.1-2、図8.1-3に示す。

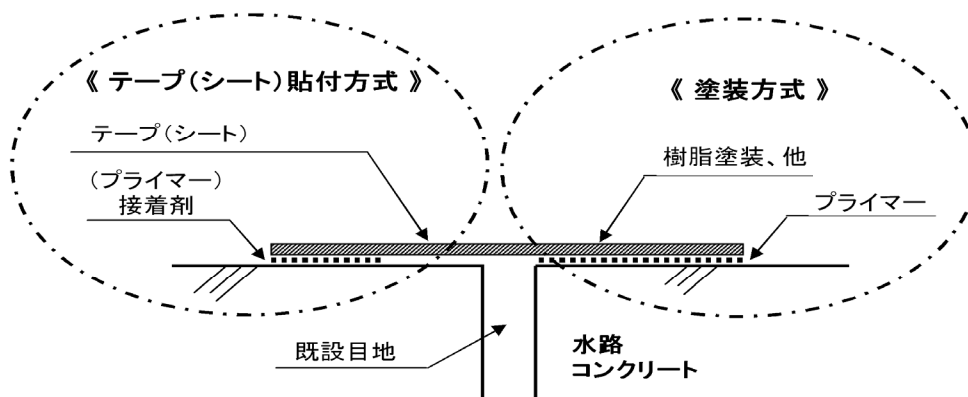


図 8.1-2 シート貼付方式の断面例

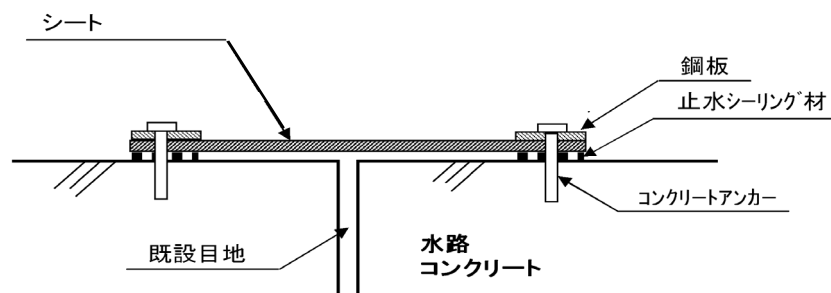


図 8.1-3 シート固定方式の断面例

③ 目地成型ゴム挿入工法

目地成型ゴム挿入工法は、既設目地を一定の幅でカットし、成型ゴムに接着材を塗布して圧縮した状態で挿入し、既設目地に接着する工法である。比較的に新しい工法であるが、施工事例が多く、製品毎に成型ゴムの材質や形状、性能が異なる。

成型ゴムは、外気に曝される表面に引張応力が生じるとオゾンによる劣化が促進される可能性がある。既設水路が一年間を通じ膨張・収縮することにより目地成型ゴムも膨張・収縮する。本工法は、成型ゴムの大気に露出する面の引張応力を小さくする、あるいは常に圧縮しているように工夫を施すことにより、オゾン劣化に対する耐久性を確保している。

なお、既設水路の壁厚が極端に薄い場合や、既設目地のひらき、ズレ、直線性等、現場条件によっては性能が発揮されない場合があるため、各製品が示す適用条件を確認のうえ、各現場に適したものを採用する必要がある。

目地成型ゴム挿入工法の断面の例を図 8.1-4 に示す。

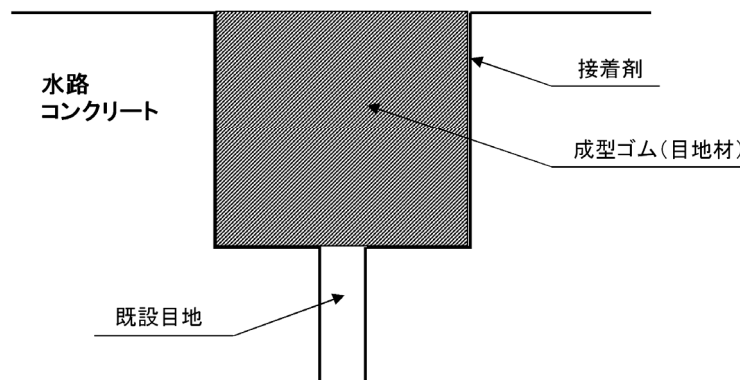


図 8.1-4 目地成型ゴム挿入工法の断面例