
⑤ コンクリート部材の補修補強に あたっての事前・事後処理

講義の目的

・ コンクリート構造物の補修補強工法のうち、代表的な工法である
表面被覆工法、断面修復工法、ひび割れ修復工法に特化し、
以下の内容を理解する研修

- ・ コンクリート構造物の補修方針の決定～工法の選定
- ・ 材料・工法の選定や施工上の留意点
- ・ 補修の不具合事例に学ぶ



補修＝機能回復であるが、現実には早期に再劣化して、期待した機能回復を満足していない事例が多く見受けられる。これら不具合を解消するため、補修に関わる基本理念から徹底して必要な知識を学ぶもの。

講義の構成

- はじめに
- 要求性能に基づく補修工法の選定方法
- 補修工法選定上の留意点
- コンクリート構造物の特徴
- 耐久性確保の方法
- 事前処理
- 表面処理工法
- 断面修復工法
- ひび割れ修復工法
- おわりに

補修 = 機能回復 であるが...

早期に再劣化して、期待した機能回復が満足していない事例もある



このような不具合は...

- ①事前処理(日常管理、調査時など)
- ②劣化状況の判断(調査時など)
- ③材料選定(設計時など)
- ④工事管理(施工時など)

における不備(判断ミス、選定ミス、管理ミスなど)
に起因することが多い

はじめに

補修を成功させるためには・・・

- ①事前処理(水処理)
- ②劣化状況の判断
- ③材料・工法の選定
- ④工事管理

における

判断ミス、選定ミス、管理ミスをなくす。

コンクリート構造物の補修方針
の決定～工法の選定

材料・工法の選定や施工上の
留意点

要求性能に基づく補修工法の選定方法(その1)

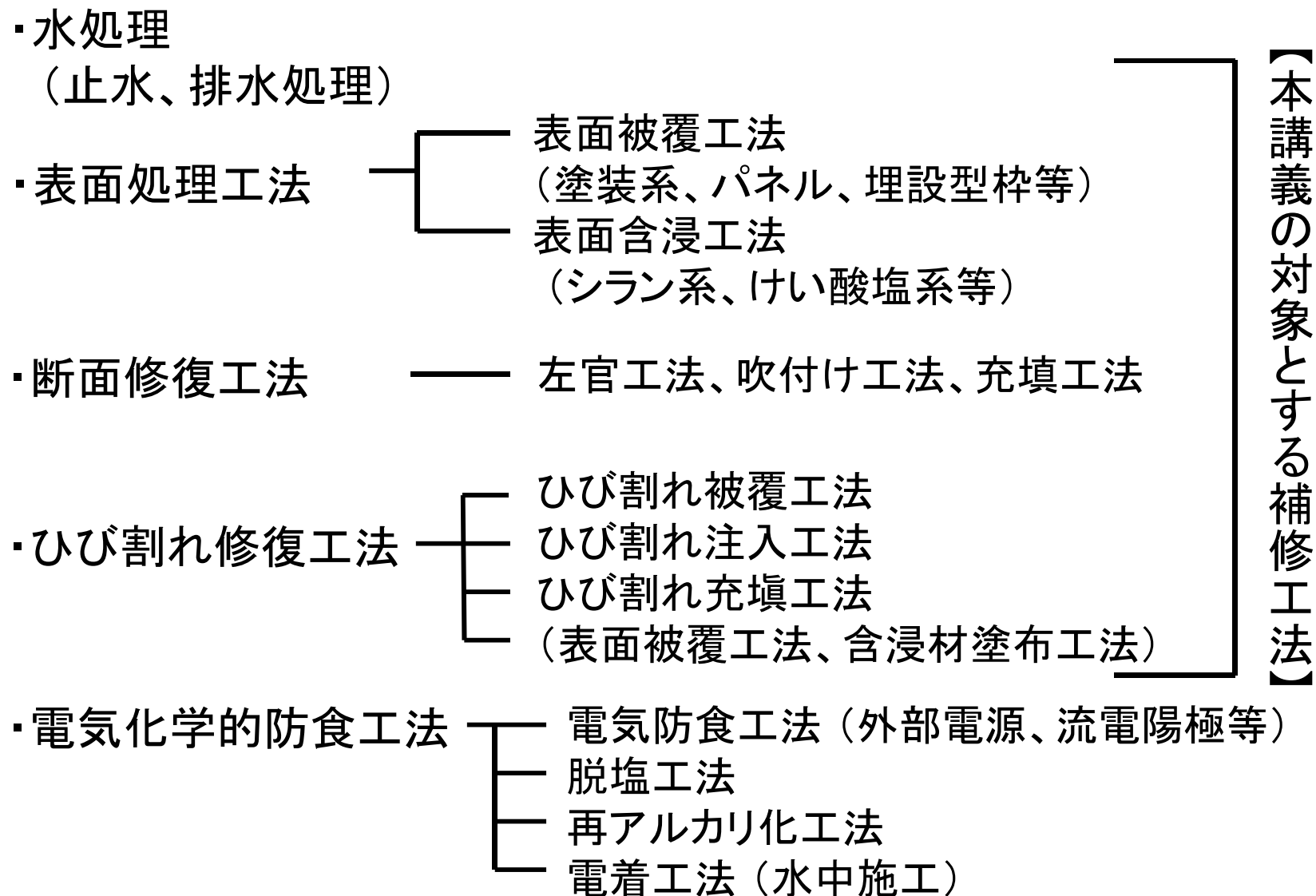
- ミスを抑制するには

- 構造物の要求性能や劣化状況に基づき、**補修方針を決定**
- 補修方針に合致した**対策工法の選定**
- 性能を発揮するための**品質・施工管理**



要求性能に基づく補修工法の選定方法(その2)

■主な補修工法



補修工法選定上の留意点(その1)

• どの工法を選択するか？選定上の留意点

塩 害・中 性 化				
劣化状態	変状なし (塩分量が発錆限界以下)	変状無し (鉄筋腐食が始まる)	ひび割れや浮き、錆汁	耐力値低下が懸念される劣化
水処理	・実施が基本	・実施が基本	・実施が基本	・補修内容は同左。ただし、延命措置と考え、再構築を計画する
表面含浸	・全ての面を覆う必要あり ・表面被覆に比べ遮断性は低い ・性能に差がある ・耐久性の実証データは少ない ・表面被覆や断面修復の付着性を阻害する可能性	・同左 ・既に内部に入った塩分に対しては効果が無い（内部拡散の可能性）	・同左 ・断面修復工法が行われる場合には、断面修復後に実施	
表面被覆	・全ての面を覆う必要あり ・定期的な塗り替えが必要。被覆材が劣化すると滞水が生じ塩分浸透が促進	・同左 ・既に内部に入った塩分に対しては効果が無い（内部拡散の可能性）	・同左 ・断面修復工法が行われる場合には、断面修復後に実施	
断面修復		・ハツリ規模に対する耐力の照査が必要 ・第三者被害が想定される箇所では剥落防止対策が必要	・同左	

- ・塩害での、鉄筋の腐食膨張によるひび割れの場合は、ひび割れの修復のみを行っても、鉄筋の腐食は止められないので、さらなる腐食の進行による再劣化が予想される。このため、ひび割れ修復工法は採用されず、腐食した鉄筋のはつり出し、鉄筋のさびの除去、交換を行ったうえで断面修復を行う必要がある。
- ・ひび割れ箇所のコンクリートに浮きがある場合には、ひび割れ修復工法は採用せずに、浮きの部分をはつり取って断面修復を行うか、巻立て等の落下防止対策を行う必要がある。

補修工法選定上の留意点(その2)

凍害				
劣化状態	変状無し	表面的な劣化	骨材の露出や剥落	かぶりコン剥落、鉄筋露出・腐食
水処理	・実施することが基本	・実施することが基本	・劣化の進行によって滞水しやすくなる	
表面被覆材		・内部の水の凍結は防げない、背面や継目から水の浸入がある場合、内部に水を閉じ込め、凍害が進行する恐れ ・定期的な塗り替えが必要、被覆材が劣化すると滞水が生じ凍害が促進	・同左 ・断面修復工法が行われる場合には、断面修復後に実施	
表面含浸		・被覆に比較して遮断性能は低い ・内部の水の凍害は防げない。背面や継目から水の浸入がある場合、内部に水を閉じ込め、凍害が進行する恐れ ・性能に差がある ・耐久性についての実証データは少ない ・表面被覆や断面修復に付着性を阻害する可能性	・同左 ・断面修復工法が行われる場合には、断面修復後に実施	
ひび割れ注入			・ひび割れ発生部に対してはひび割れ注入が行われる場合がある。ただし、浮いている部分は除去して断面修復を実施すべき	
断面修復			・はつり規模により耐力の照査が必要 第三者被害が想定される箇所では剥落防止対策が必要	・ 同左

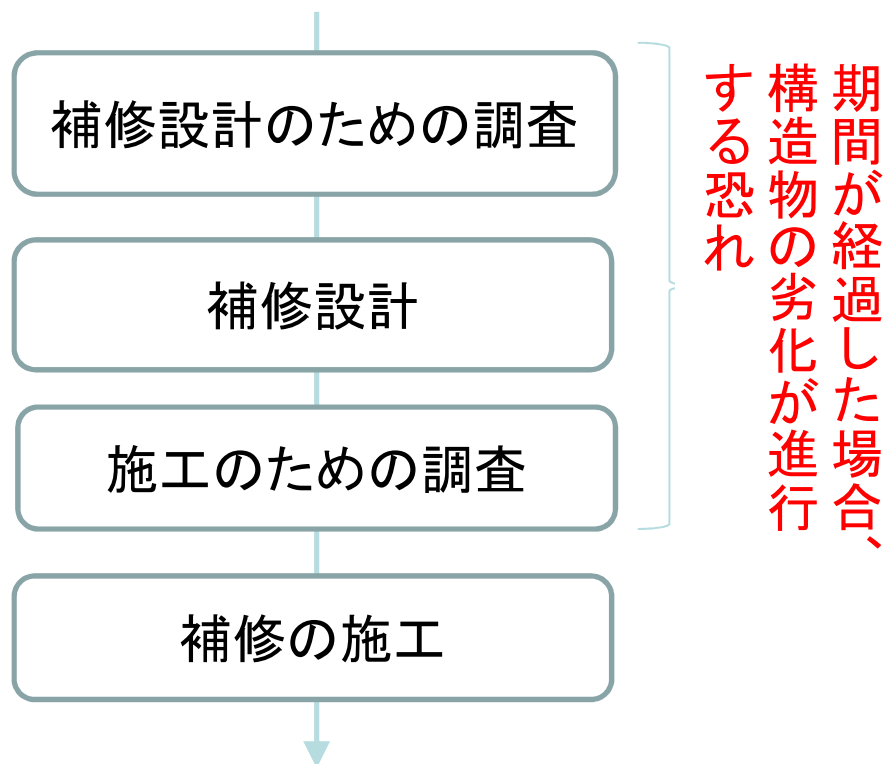
補修工法選定上の留意点(その3)

アルカリシリカ反応				
劣化状態	膨張はあるが、ひび割れ無し	ひび割れ発生	ひび割れ進展	ひび割れ増大、耐力低下が懸念される劣化
水処理	・実施することが基本	・実施することが基本	・実施することが基本	・実施することが基本
表面被覆材		・背面や継目から水の浸入がある場合、内部に水を閉じ込め、アルカリシリカ反応が進行する恐れ ・定期的な塗り替えが必要。被覆材が劣化すると滞水が生じアルカリシリカ反応が促進 ・膨張追従性のある表面被覆材を使用	・同左 ・ひび割れ注入と併用	・同左
表面含浸	・被覆に比較して遮断性能が低い ・背面や継目から水の浸入がある場合、内部に水を閉じ込め、ASRが進行する恐れ ・性能に差がある ・耐久性の実施データが少ない ・表面被覆や断面修復の付着性を阻害する可能性	・同左 ・膨張が収束していない場合は、新たなひび割れから浸入	・同左 ・ひび割れ注入と併用	・同左
ひび割れ被覆・充填		・膨張が収束されていない場合は、ひび割れ追従性が必要	・同左 ・ひび割れ注入と併用	・同左
ひび割れ注入		・膨張が収束されていない場合は、ひび割れ追従性が必要	・同左	・同左
断面修復				・残存膨張による影響を考慮
その他		・現状のひび割れの有害性を検討し、補修の必要性がない場合は経過観察	・同左	

補修工法選定上の留意点(その4)

■施工のための調査

- ・ 構造物の現況と補修設計条件の整合を確認することが重要



注視すべき項目

- ・ ひび割れの有無やひび割れ幅
- ・ ひび割れからの漏水(漏水跡), 析出物や錆汁の有無
- ・ 浮き, 剥離, 剥落の発生範囲

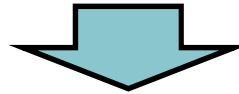


- ・ 設計条件と施工条件とが整合しない場合, 補修設計を変更

コンクリート構造物の特徴(その1)

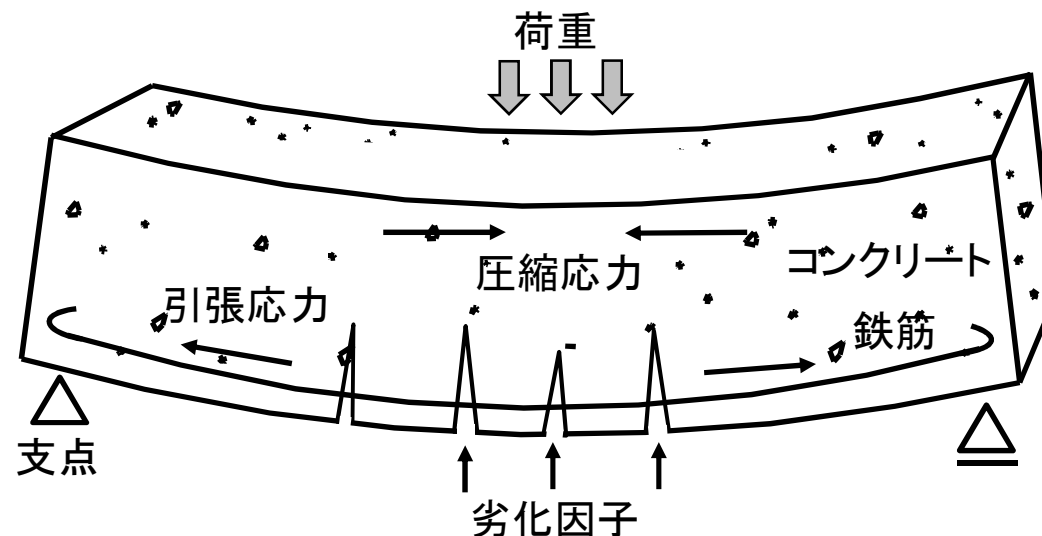
■ひび割れの原理

- コンクリートは圧縮に強く、引張に弱い材料
- 引張に対しては鋼材で補強することにより抵抗



この考えに基づき、土木構造物に広く用いられているものが鉄筋コンクリート

- ・ コンクリートは圧縮には十分抵抗できるが、引張に対しては、わずかな引張応力でひび割れが発生する。



鉄筋コンクリートはりに発生するひび割れ

コンクリート構造物の特徴(その2)

■ ひび割れの分類

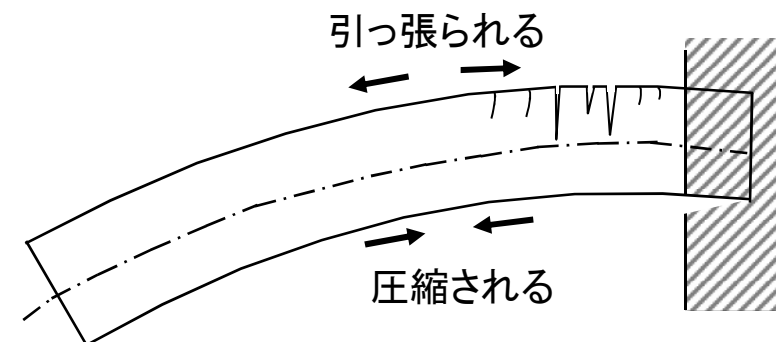
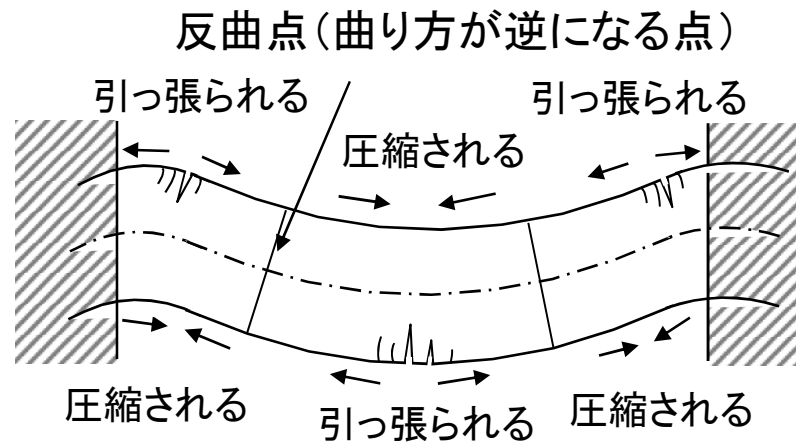
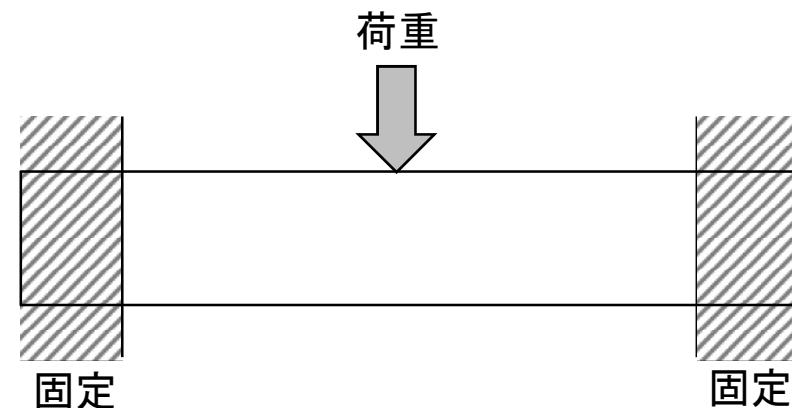
ひび割れの種類は大別すると以下の3つに分類できる。

- ① 外力によるひび割れ
- ② 変形の拘束によるひび割れ
- ③ 内部の膨張によるひび割れ

コンクリート構造物の特徴(その3)

①外力によるひび割れ

外力により発生するひび割れは、引っ張られる方向と垂直に発生すると考えられる

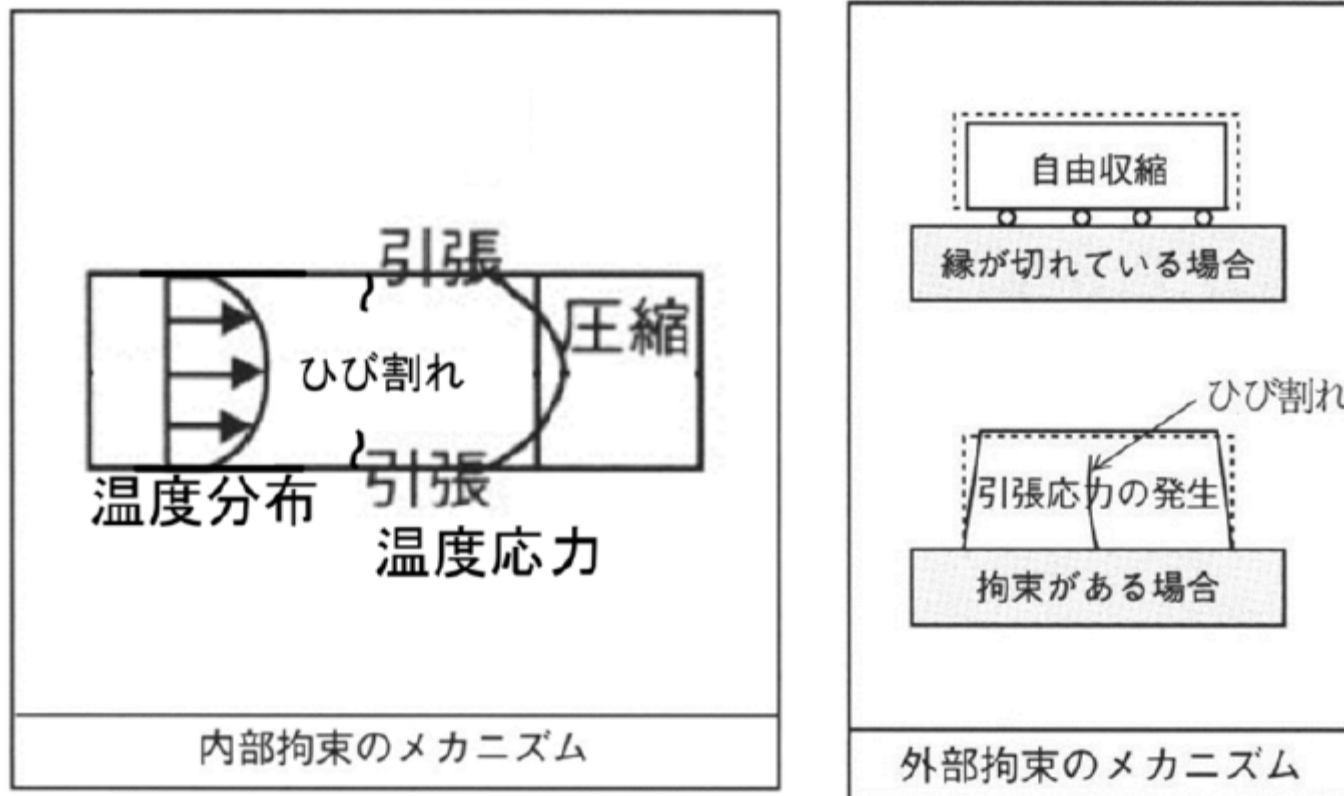


様々な支持条件における鉄筋コンクリートはりのひび割れ

コンクリート構造物の特徴(その4)

②変形の拘束によるひび割れ

- ・コンクリートは様々な要因により収縮する。
- ・コンクリートの収縮変形が拘束されると、コンクリートに引張応力が作用、コンクリートの引張強度を上回るとひび割れが発生。



収縮の拘束により生じるひび割れの発生メカニズム

コンクリート構造物の特徴(その5)

③コンクリート内部の膨張により発生するひび割れ

- 多くは中性化、塩害、凍害、アルカリシリカ反応などコンクリート構造物の劣化によるもの。
- コンクリート中の物質の膨張よりコンクリート中に引張応力を発生させ、これがコンクリートの引張強度を超えたときに発生



塩害



凍害



アルカリシリカ反応

各劣化形態によるひび割れ

耐久性確保の方法

橋の設計にあたっては、設計供用期間を定めなければならない（H29道路橋示方書）。塩害対策を例にとると、設計において塩害が懸念されるコンクリート橋では、設計で想定する期間内において変状が最小限となるように対策を施す必要がある。

□塩害対策の例

かぶりの増加

- 塩害劣化の抑制策としてかぶりの確保は非常に重要
- 現行の道路橋示方書では、以下の事項を考慮し規定
 - －コンクリートの水セメント比に応じた塩分浸透性の違いを考慮
 - －目標とする耐久性を100年として考慮



かぶりの確保が不十分で塩害劣化を生じた例

事前処理(その1)

凍害、塩害、アルカリシリカ反応は、ともに水分の浸入が一因である。予防対策として、コンクリート表面に長時間の水掛かりや滞水が生じないように、水回りを検討し、適切に排水処理を行うことが重要であり、最も基本的な措置である。

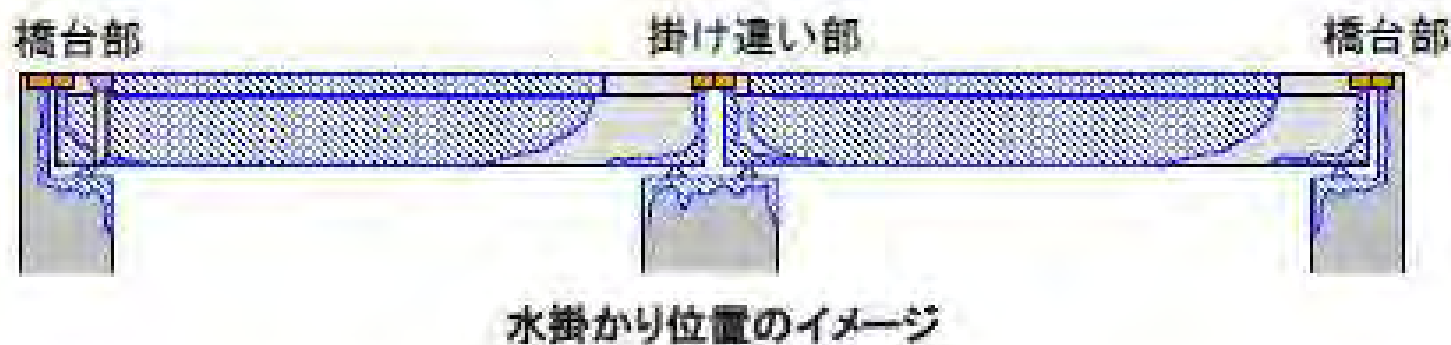
■水分に供給に伴う損傷の特徴(塩害の例)



事前処理(その2)

■水分の供給に伴う損傷の特徴(塩害の例)

- ・ 凍結抑制剤による塩害劣化は、凍結抑制剤を含んだ融雪水による水掛かり箇所で顕著であることが確認されている。
- ・ 各橋梁において、凍結抑制剤による塩害が生じやすい部位を把握しなければならない。



事前処理(その3)

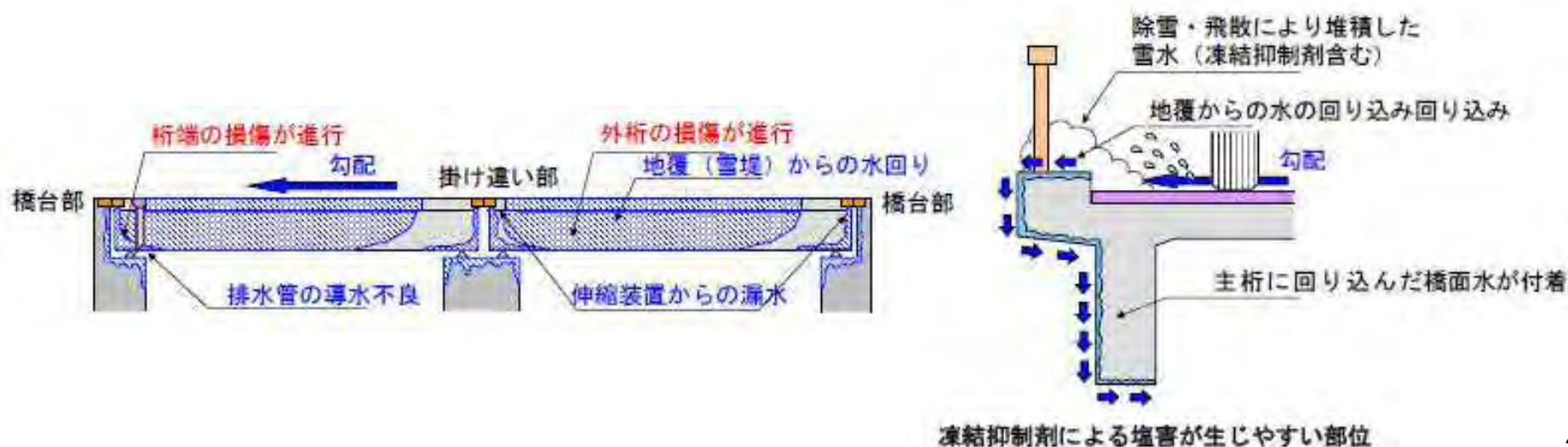
■水分の供給に伴う損傷の特徴(塩害の例)

1) 桁端部(横桁、床版を含む)

桁端部は伸縮装置から凍結抑制剤の塩分を含んだ漏水が付着しやすく、最も塩害の生じやすい箇所。

2) 外桁(耳桁)

路肩部に除雪・飛散により堆積した凍結抑制剤を含む雪が地覆を超えて外桁表面を流れることで塩化物を供給。

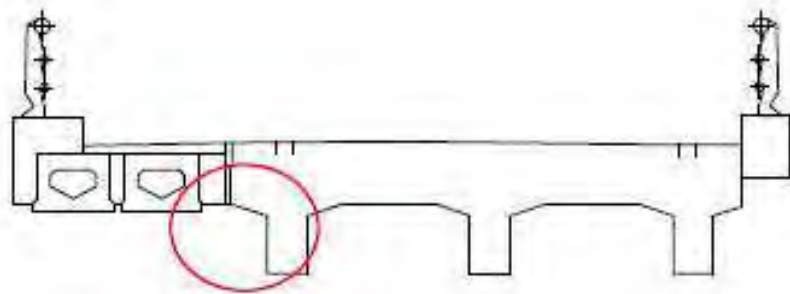


事前処理(その4)

■水分の供給に伴う損傷の特徴(塩害の例)

3) 上下線分離橋や拡幅部等の構造目地

- 目地材を介して接触している場合は、目地材の防水機能不良により、凍結抑制剤を含んだ路面水の漏水が生じる。
- 構造目地では湿潤となりやすく、長期期間にわたり凍結抑制剤を含んだ路面水が供給されるため、塩害を促進しやすい。



構造目地により塩害が生じやすい部位の例



構造目地からの漏水により塩害が生じた事例

事前処理(その5)

■水分の供給に伴う損傷の特徴(塩害の例)

4) 排水管周り

排水施設の不備により、水分が部材に掛かることで塩害を生じる。

- 排水管の長さ不足や破損により、路面排水が橋体に掛かる。
- 排水柵の土砂詰りにより、路面に滞水が生じ床版上面に浸透。
- 排水柵の取付不良により、後打ちコンクリートから漏水が生じる。



排水管の破損事例

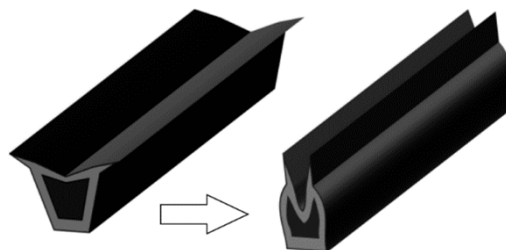
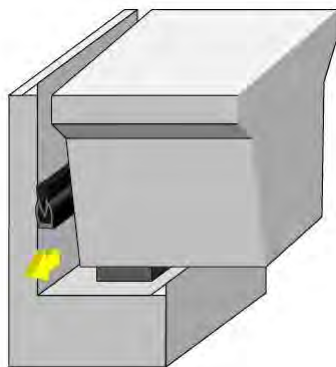
事前処理(その6)

■主な事前処理(水処理)

方針	対策工法	備考
日常管理で 実施すべき 内容	排水樹、排水溝、排水管の清掃	ゴミ、落ち葉、土砂の排除 年１回程度実施が望ましい。
	排水管・スラフトーンの流末処理	位置、経、長さ、向きの工夫
	路面の凹凸補修	
	橋座面の土砂除去	年１回程度実施が望ましい。
	高耐久舗装材の採用	必要に応じ実施。適用する場合にはブラスト 処理等を行い、付着を確保する。
	桁端部、外桁の洗浄	特に重要度の高い橋梁等で橋座面の土砂除 去に合わせて実施をするのが望ましい。
水の供給 の遮断	水切り設置	
	床版防水設置	
	伸縮装置の非排水化	必要に応じ桁遊間止水工法の適用を検討 橋梁の桁間、桁端から下部工への雨水の落下対策
	地覆目地部止水	
	排水管の交換(VP管)	腐食が見られる場合に実施。
	構造物の上面に僅かな勾配を 設ける	健全な排水の漏水を防ぐ。

事前処理(その7)

■施工事例 水の供給の遮断-水切り工



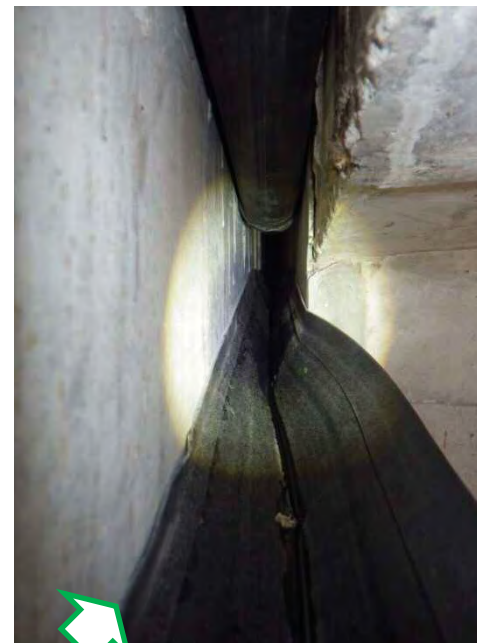
設置方法のイメージ



真空引きした後、
先導ワイヤに接続

押し出し成形により
長手方向に連続した
止水、排水が可能

真空引きして断面
を狭めた状態で、
横から遊間に挿入



位置を確定した後、
真空を解放



遊間を貫通させたところ

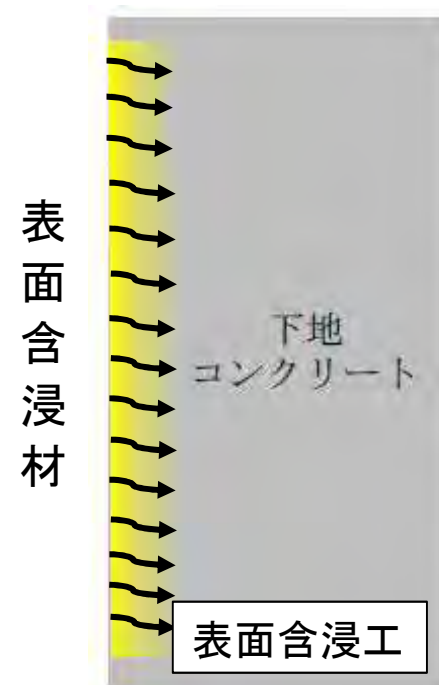
表面処理工法(その1)

■ 表面処理工法

コンクリートの劣化や鋼材の腐食の原因となる劣化因子の侵入を防止、抑制することを目的とした工法



□ 特徴

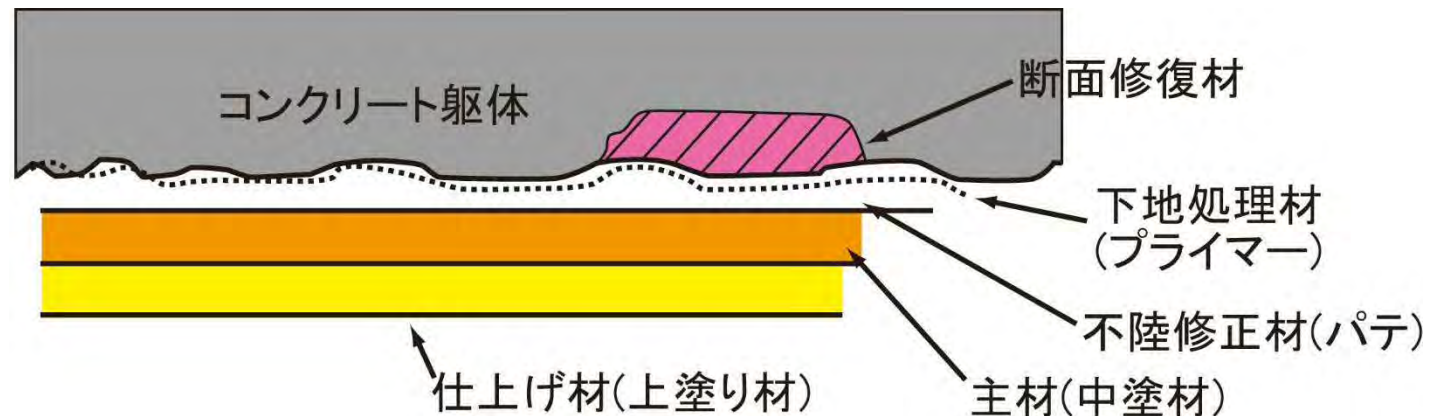


- コンクリート表面を被覆する「[表面被覆工](#)」、コンクリート表層部へ含浸させる「[表面含浸工](#)」がある。

表面処理工法(その2)

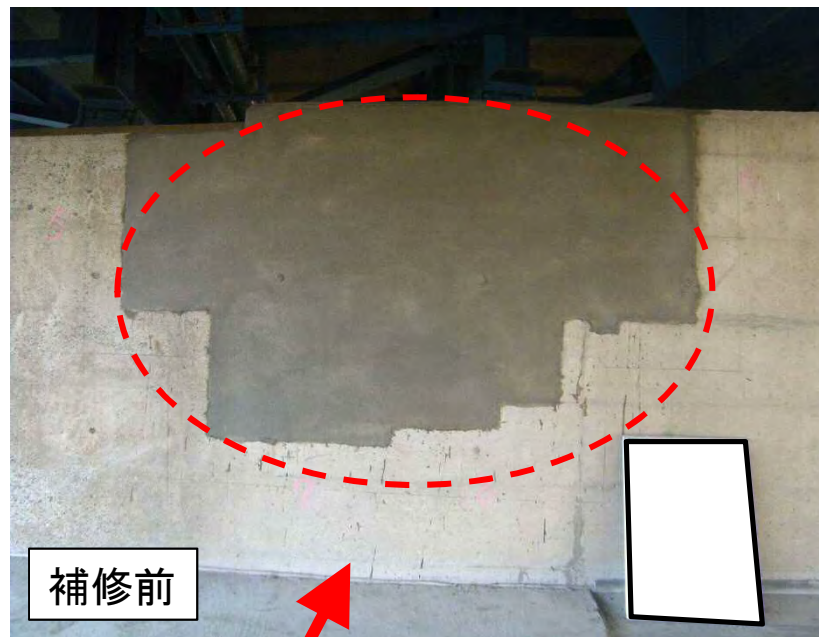
■ 表面被覆工法

コンクリート表面を塗膜等で覆うことで、水分(およびそれに含まれる塩分)の浸透を防ぐ工法である。塗膜は経年劣化するので、環境や塗膜の品質にもよるが、10～10数年の間隔で、定期的な塗り替えが必要。

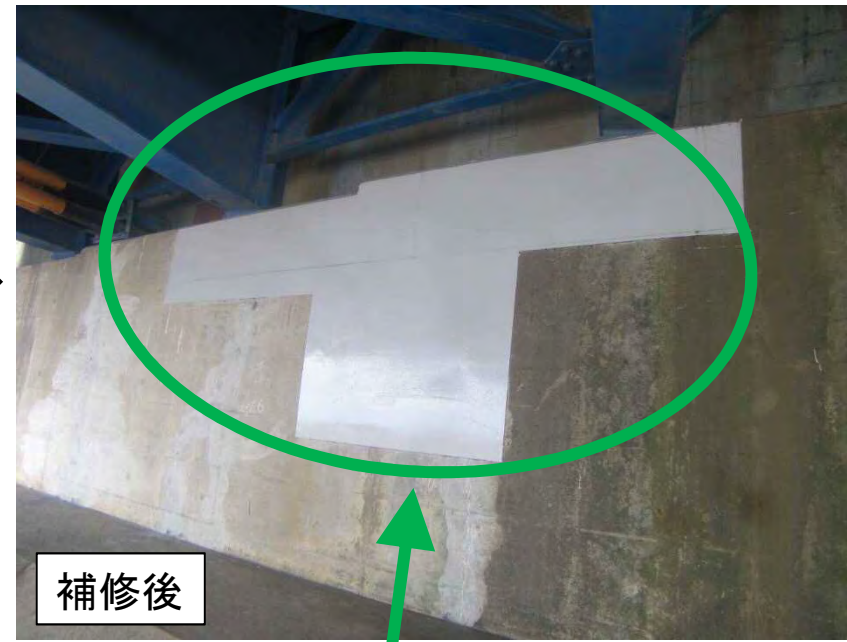
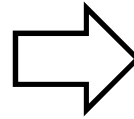


表面処理工法(その3)

□施工事例



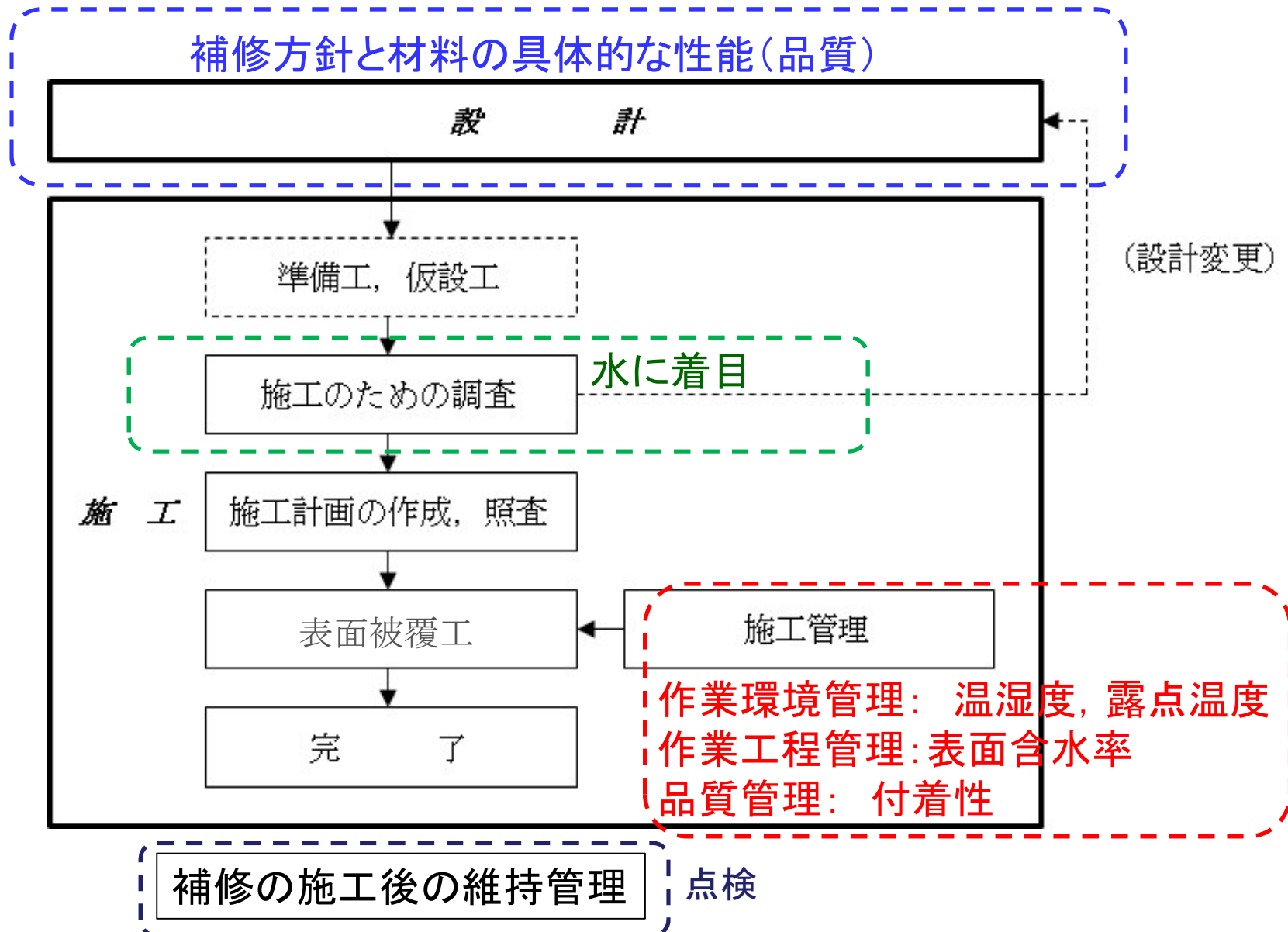
断面修復工(施工済)



表面被覆工

表面処理工法(その4)

■ 表面被覆工法 補修の流れ



表面処理工法(その5)

■表面被覆材に求める具体的な性能

○基本的性能

- 耐久性: 付着性、耐候性、耐アルカリ性
- 施工性

○劣化機構に応じて必要となる性能

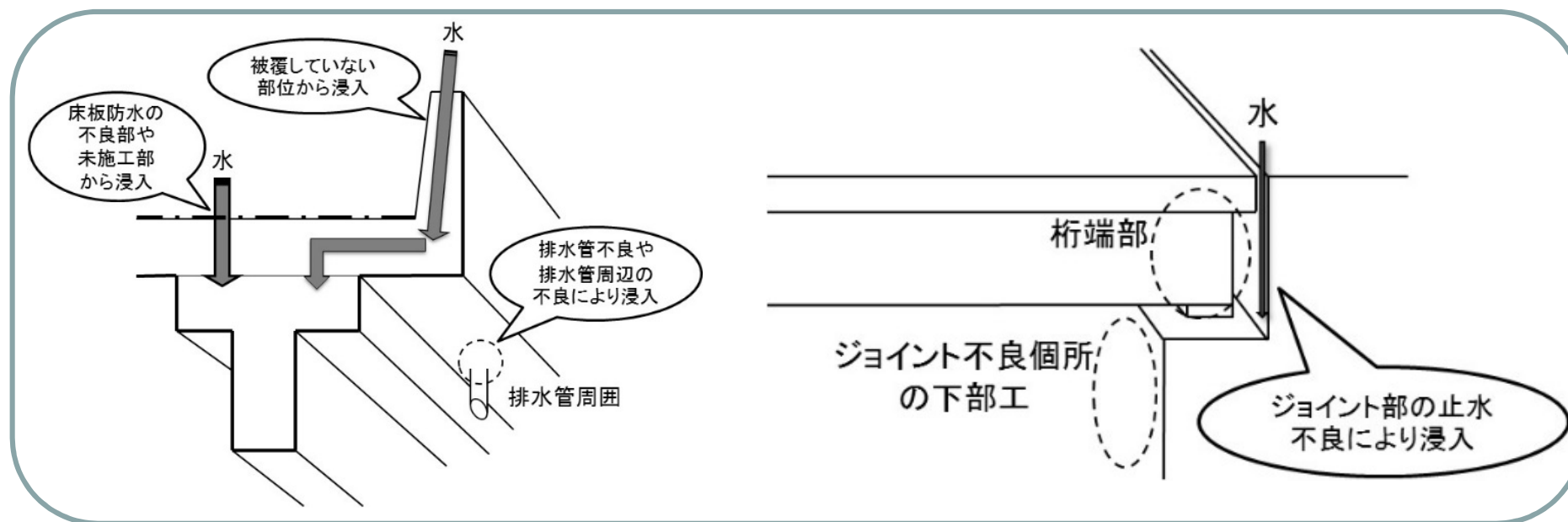
補修に求められる性能	具体的な性能	劣化機構			
		塩害	中性化	凍害	ASR
劣化因子の遮断	遮塩性	◎	○	○	○
	二酸化炭素遮蔽性		◎		
	酸素遮蔽性	△	← 塩害対策に必要な性能		
	凍結融解抵抗性			◎	
	ひび割れ追従性	○	○	○	○
水分の制御/遮断 (水分コントロール)	遮水性	○		◎	◎
	水蒸気遮蔽性			○	◎

◎: 主として必要なもの, ○: 副次的に必要なもの, △: 場合により必要となるもの

表面処理工法(その6)

■表面被覆工法 施工のための調査

補修対象部位に供給される水分に関する調査



水分によって変状が生じやすい箇所の例

硬化前に補修材料が水と接触すると硬化後の品質が悪くなり、
所定の性能が得られない

⇒ 施工前に、水掛かりの状況の把握、適切な水処理

表面処理工法(その7)

■表面被覆工法 施工上の留意点

＜選定時＞

- ・ 被覆を施すとコンクリートの表面状態を目視観察できない。
内部で劣化が進行した場合、ひび割れや浮きの状態が、被覆を施していない状態と違った形態で顕在化することがある。

□ 凍害対策

表面を被覆しても内部の水の凍結は防げない。背面や継目などから水の浸入がある場合、内部に水分が保持されることがある。

□ 塩害

外部からの侵入抑制は可能であるが、既に内部に入った塩分の拡散はできないので、内部塩分量の調査が必要である。

□ アルカリシリカ反応

構造物に上面や背面からの水の供給がある場合、表面被覆を施すと内部に水を溜め込み、アルカリシリカ反応の進行が促進する可能性がある。

表面処理工法(その8)

■表面被覆工法 必要な施工管理項目の例

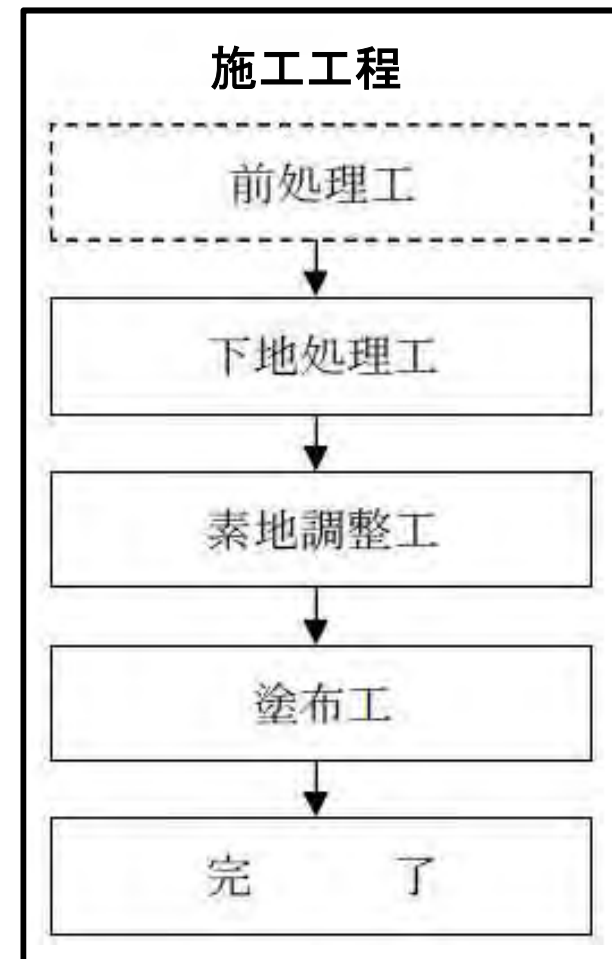
<施工時>

□ 前処理工

下地コンクリートにひび割れや断面欠損などがある場合、表面被覆工法の施工に先立ち、ひび割れ修復工法、断面修復工法などにより補修する必要がある。

□ 下地処理工

施工面に不陸や脆弱部などがある場合、凸部を削る、不陸修正材により擦り付けるなど、施工面を平滑にする必要がある。



表面処理工法(その9)

■表面被覆工法 必要な施工管理項目の例

管理項目		表面被覆工法	
		樹脂系	PCM系
作業環境	気象条件	○	○
	温湿度	○	○
	露点温度	○	△
	風	○	○
	粉じん等	○	○
	飛来塩分	○	○
	照度	○	○
	養生環境, 時間	○	○
作業工程	施工数量	○	○
	施工工程の進捗	○	○
	表面含水率(コンクリート面)	○	△
	塗布予定面の状態	○	△
	塗り重ね面の状態	○	○
	補修材料の種類, 配合, 攪拌方法, 可使時間, 塗装間隔	○	○
	補修材料の使用量	○	○

○:必要, △:選定した補修材料の種類に応じて判断

表面処理工法(その10)

■表面被覆工法 品質管理における管理項目の例

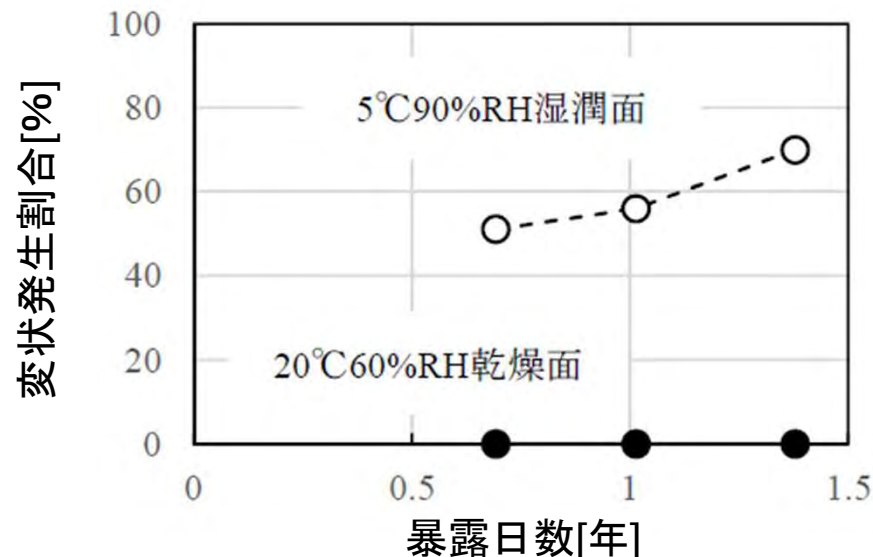
管理項目	管理方法	頻度	判定基準
塗布予定面の状態	目視	下地処理完了後	変状や、段差、不陸などがないこと
	プルオフ法や反発度法など※1	下地処理完了後	表面被覆・含浸工に支障がないこと
付着塩分量※1	ガーゼ拭き取り法など	素地調整完了後	100mg/m ² 以下
被膜厚さ(施工段階)	ウェット塗膜厚ゲージや補修材料の使用量など	施工日毎	施工計画書のとおりであること
仕上がり状態	目視, 打音検査など	各層完了後	異常がないこと
付着強さ (表面被覆工法)	「附属資料A 表面被覆材の付着性試験方法(案), プルオフ法」に準拠	施工完了後	1.0N/mm ² 以上および界面破壊がないこと
撥水性 (シラン系表面含浸工法)	水を噴霧後に目視など	施工完了後	撥水性を有すること
	浸透性コンクリート保護材の塗布判別方法(案)	施工完了後	1ロット5測定点全てが1%未満であること

表面処理工法(その11)

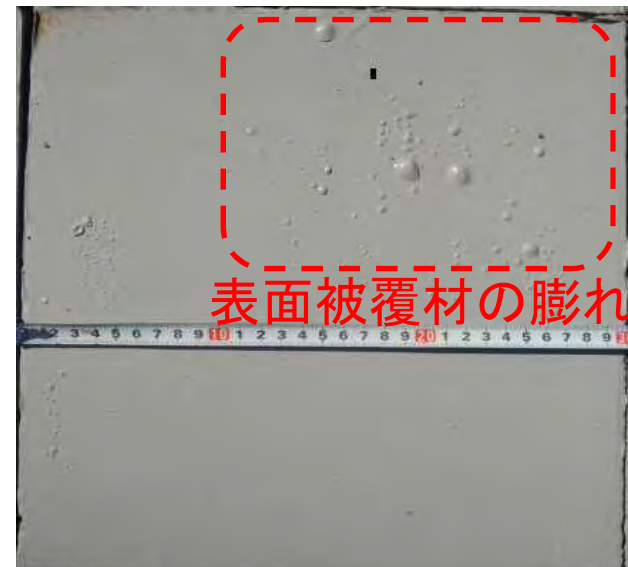
■ 表面被覆工法 補修後の維持管理

□ 点検の頻度

- ・ 補修後1年程度(季節一巡)で初回点検を実施し、その後は適切な頻度で実施するのがよい。
- ・ 施工条件が不適切な場合、補修後1年以内に補修箇所の再劣化が生じるおそれがある。
- ・ 早期に不具合が生じた場合、補修工事で何らかの不具合があり、構造物の劣化を抑制できなかった可能性が考えられる。



施工条件の相違が表面被覆材の変状の発生に及ぼす影響の例



変状が生じた表面被覆材の例

表面処理工法(その12)

■表面被覆工法 補修後の維持管理

補修工法に応じて点検項目と方法を適切に設定

補修工法	点検項目 (点検の際に着目すべき点)	点検方法
表面被覆工法	浮き, 膨れ	触診による検査
	剥がれ	目視
	ひび割れ	目視, クラックスケール
	漏水, 遊離石灰, 錆汁などの 滲出	目視
	変退色, 白亜化, 光沢の低下などの美観の低下	目視, 触診による検査, 光沢度計など
	発泡, ピンホール	目視
	縮み	目視



浮き, 膨れ



剥がれ



縮み



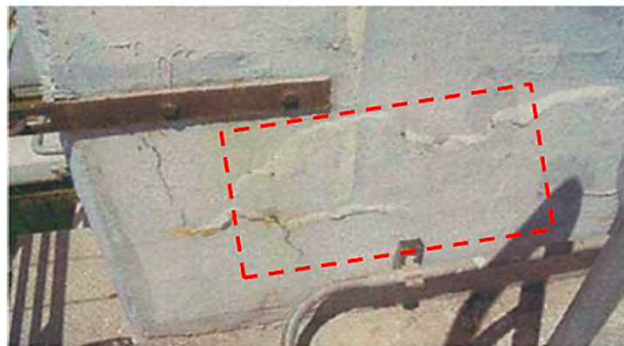
触診に用いる器具

再劣化事例－表面被覆工法

■表面被覆材の剥がれ、ひび割れ、浮き

□発生状況および原因

- 海岸に面した堰のゲート操作室において表面被覆材の剥がれ、表面被覆材の表面に不規則なひび割れや浮きが確認された。
- 塩分の浸透を抑える目的で表面被覆を行ったが、既に内部に入った塩分の拡散で塩害が進行した。
- 表面被覆を行ったことで、構造物表面へのひび割れの現れ方が変化し、あたかもASRを疑うようなひび割れ形態を示した。



a) 不規則なひび割れが見られる箇所（ASRを疑う）



・塗装の構成
アクリルウレタン樹脂
ポリブタジエン樹脂
エポキシ樹脂
クレタプライマー（塩害）
b) 塗装をはがした状態



c) 浮きコンクリートを剥がしたところ、鉄筋腐食による浮きであったことを確認（かぶり厚さは3～4cm）

□防止のために考慮すべき事項

- 塩分による鉄筋腐食、ひび割れが確認される場合は、塩分の除去、腐食鉄筋の交換が必要であり、表面被覆工法のみでは不十分であった。
- 塩害の初期であれば、表面被覆は有効であったと考えられる。ただし、定期的なメンテナンス（塗り替え等）も必要である。

再劣化事例－表面被覆工法

■表面被覆材の大きな膨れ

□発生状況および原因

- 橋脚全面に塗布された樹脂系被覆材に大きな膨れが発生した。
- 中塗りの混合不良や配合比の間違いにより、中塗りの硬化不良が生じ、中塗りと不陸調整材との付着力が不十分であった可能性がある。
- 表面被覆材背面から水分が浸入して表面被覆材に圧力が作用し、その圧力によって中塗りと不陸調整材との付着力が不十分であった部位に膨れが生じたと推定される。



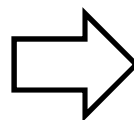
□防止のために考慮すべき事項

- 中塗りの硬化不良を防ぐため、攪拌方法や補修材料の使用量などの作業工程を適切に管理することが必要であった。
- 上部構造の水処理、下部構造への水分浸入を抑制する必要があったと考えられる。

断面修復工法(その1)

■断面修復工法

コンクリートの劣化や鋼材の腐食等によって欠損したコンクリート断面、または許容限度以上の劣化因子を含むコンクリート部分を除去し、その後の断面を供用開始時の性能および形状、寸法に戻す工法



□特徴

- ・工法には「左官工法」、「モルタル注入工法」、「吹付け工法」がある。
- ・特に新旧コンクリート一体化のために下地処理が重要な工程であり、処理には「人力施工」、「ブラスト」、「ウォータージェット」がある。

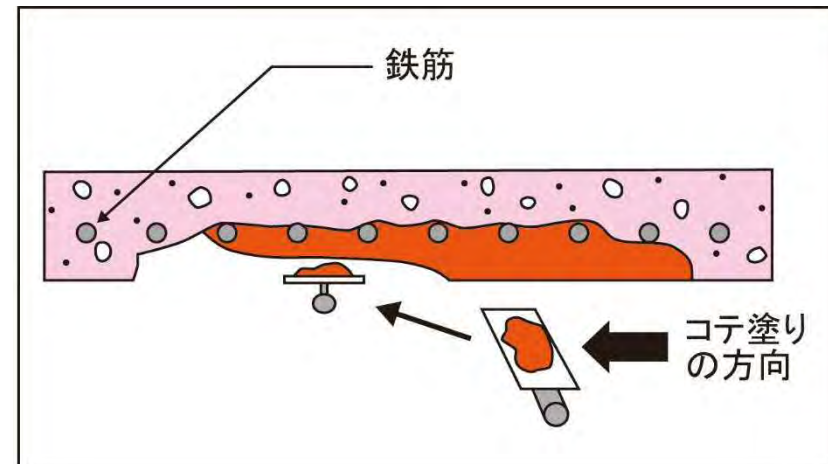
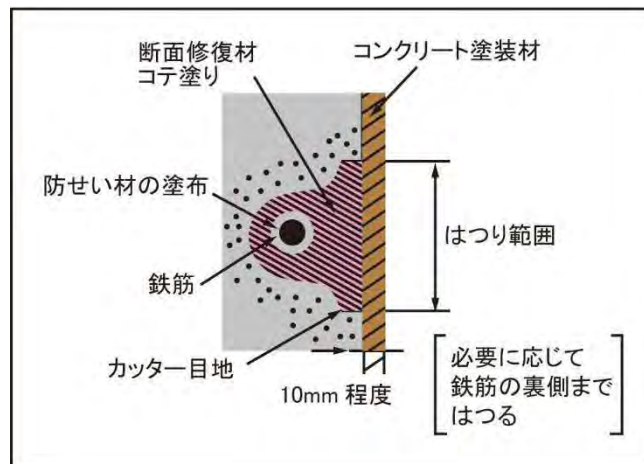
断面修復工法(その2)

■左官工法

- ・劣化部をはつり取り、ポリマーセメントモルタルの**コテ塗り左官仕上げにて断面を修復する工法**
- ・劣化状態が**初期段階であり、鉄筋のかぶり程度の損傷や、構造物の損傷が局所的な場合**に適用される

□特徴

- ・型枠設置が不要
- ・断面修復箇所が小規模や点在箇所に適用
- ・施工方向は全方向(上向き、下向き、横向き)に対応



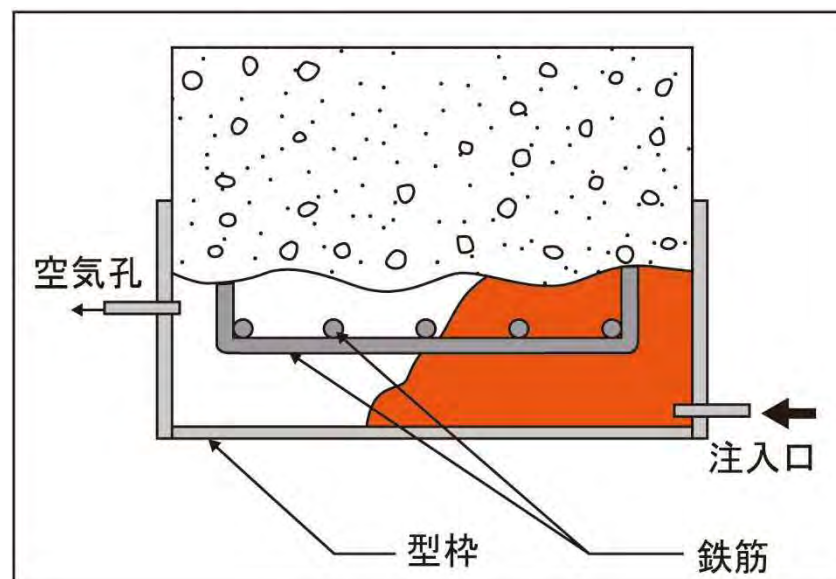
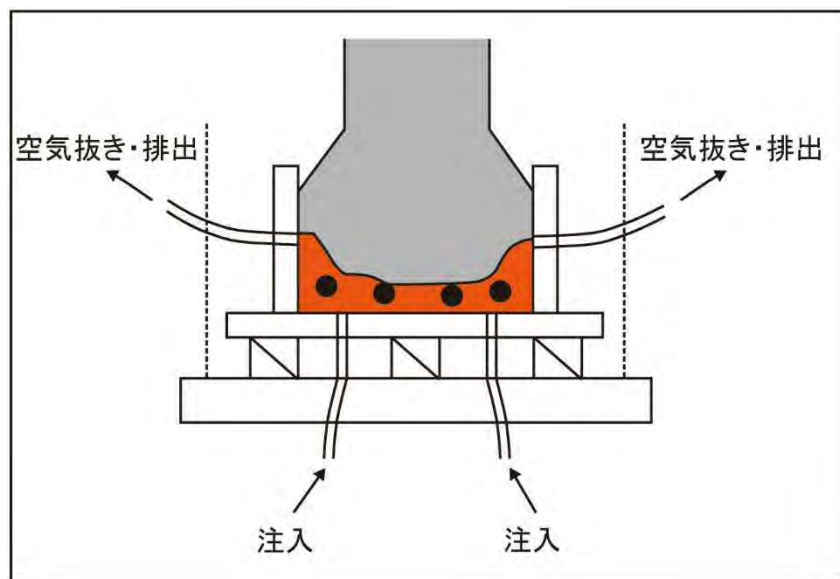
断面修復工法(その3)

■ 充填工法

- ・劣化部をはつり取り、その周囲に型枠を設置してモルタルを注入することで断面を修復する工法
- ・修復面積がある程度大きく、鉄筋のかぶり以上を撤去した場合に適用
- ・充填工法は、型枠を設置し、モルタル注入することで断面を修復する工法であるため、型枠が設置できない狭隘な箇所には適切ではない。

□ 特徴

- ・連続した断面修復箇所や修復厚さが厚い箇所での適用事例が多い
- ・施工方向は型枠設置により各方面可能



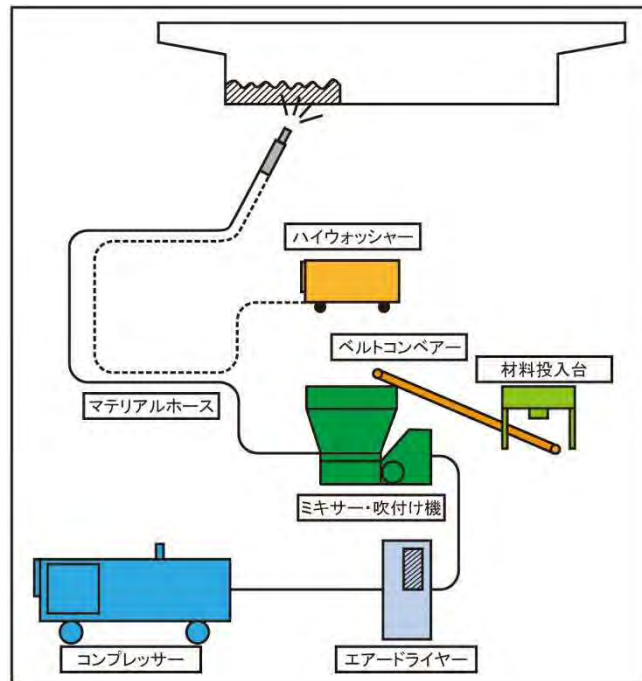
断面修復工法(その4)

■吹付け工法

- ・劣化部をはつき取り、ポリマーセメントモルタルなどを圧縮空気により吹付け断面を修復する工法
- ・劣化が進行し、断面修復範囲が中大規模となる場合に適用されることが多い
- ・「乾式吹付け工法」と「湿式吹付け工法」の2種類に分類される
- ・施工環境に留意する必要がある

□特徴

- ・型枠設置が不要(主に大規模更新)
- ・連続した断面修復箇所や修復厚さが厚い箇所での適用事例が多い
- ・施工方向は主に上向き、横向きの施工に使用



・空練りしたコンクリートやモルタルに粉体状の急結剤を加え、吹き付け機のノズル部に圧送して、ノズル部で水を加える方式



・水を加えて混練りしたコンクリートやモルタルにポリマーディスバージョンを加えてノズル部に圧送する方式

出典元: (一社)プレストレスト・コンクリート建設業協会

断面修復工法(その5)

■補修方針と要求性能

補修方針と断面修復材に求める品質項目との関係

補修方針 断面修復材に 求める性能		劣化因子 の遮断	不動態皮 膜の保護	劣化部分 の断面の 回復	構造体の 耐力回復
断面修復材 (材料単体)	凍結融解抵抗性	○			
	中性化抵抗性	○	○		
	塩分浸透抵抗性	○	○		
	マクロセル腐食防止 (電気抵抗)		○		
	ひび割れ抵抗性	○	○		○
	強度				○
	弾性係数				○
付着界面	付着強度			○	○
	劣化因子遮断性*	○	○		

※付着界面の劣化因子遮断性は、付着強度で評価する。

断面修復工法(その6)

■ 断面修復材に求める品質とその照査方法

具体的な性能	要求性能	照査方法と留意点	
		セメントモルタル、ポリマーセメントモルタル (メーカー開発のプレミックス品)	高流動コンクリート
材料	—	・プレミックス品は下記の各性能を照査	・JIS規格を満足
施工性	適切な施工が可能	・製造メーカーの配合に従い、粘性、流動性を確認	・「高流動コンクリートの配合設計・施工指針」(土木学会)を参照
耐凍害性 (凍害地域)	部材に求める性能と同等	・凍結融解試験(JIS A 1148) ・コンクリートのW/Cによる見なし規定はNG (空気量管理が困難なため)	・凍結融解試験(JIS A 1148) ・W/Cによる照査 (ただしAEコンクリートであること)
中性化抵抗性	部材に求める要求と同等	・中性化促進試験(JIS A 1153)	・中性化促進試験(JIS A 1153) ・W/Cによる照査
塩分浸透抵抗性 (塩害地域)	部材に求める要求性能と同等以上	・浸漬試験(JSCE-G 572) ・電気泳動法, ポリマーを含まない配合で試験 ・W/Cがコンクリートより5%以上小さい	・浸漬試験(JSCE-G 572) ・電気泳動法 ・W/Cによる照査
ひび割れ抵抗性	ひび割れが生じない	・暴露試験 ・乾燥湿潤試験	・長さ変化試験(JIS A 1148) (類似配合の既存結果の確認で可)
強度	養生終了時の強度確認	・試験方法は□40mm, ϕ 50mm, ϕ 100mmいずれでも可(試験方法は資料編に掲載)	・JIS A 1108(ϕ 100mm)による
	標準養生28日の圧縮強度も試験により確認(要求性能は設定しない)		

断面修復工法(その7)

■付着面に求める性能

性能項目	要求レベル	評価方法と留意点
付着強度	密着している	・建研式接着力試験方法による ・付着強度の平均値が1.5N/mm^2以上, 最低値が0.75N/mm^2以上
		・断面修復材の性能試験において, ブリーディング水が認められないこと
一般環境での耐久性	密着している	・暴露試験または乾燥湿潤試験を実施 ・付着強度の平均値が1.0N/mm^2以上, 最低値が0.5N/mm^2以上
ひび割れ抵抗性も同じ試験法		
水中での耐久性	密着している	・水中耐久性試験を実施 ・付着強度の平均値が1.0N/mm^2以上, 最低値が0.5N/mm^2以上

断面修復工法(その8)

■ 留意点

<選定時>

- 劣化部の十分な除去が必要である。
- 塩害で鉄筋の腐食が確認された際は、鉄筋裏まではつり取る。
- 必要に応じて鉄筋の交換を行う。
- はつりを行った状態で、構造体としての耐力が確保されることを事前に確認しなければならない。

<施工時>

- 事前処理として、施工前に水掛かりの状態把握、適切な水処理が必要である。

断面修復工法(その9)

■ 留意点

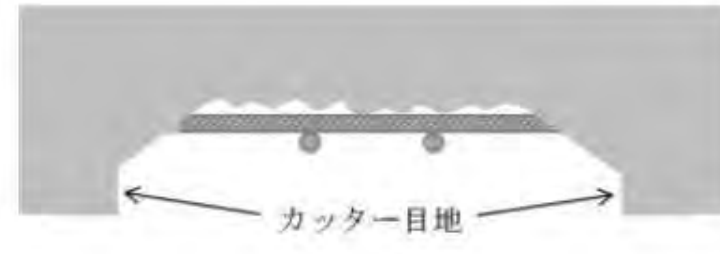
＜施工時＞

□ 既存コンクリートのはつり(1)

- はつり後、ひび割れ、浮き、フェザーエッジがある場合は取り除く。



(1) フェザーエッジの例
(断面修復材が薄くなり、ひび割れ生じやすい)



(2) 良い例

- 逆打ちの充填工法の場合、不陸が大きくならないよう、はつり形状に注意を払う。
- 劣化部の除去は、ひび割れ部や鉄筋腐食部の全てを除去。
- ブレーカー等ではつる場合、鉄筋を痛めないようにする。
- 打撃の衝撃で既存コンクリートに微細なひび割れが生じる場合があるので注意が必要。

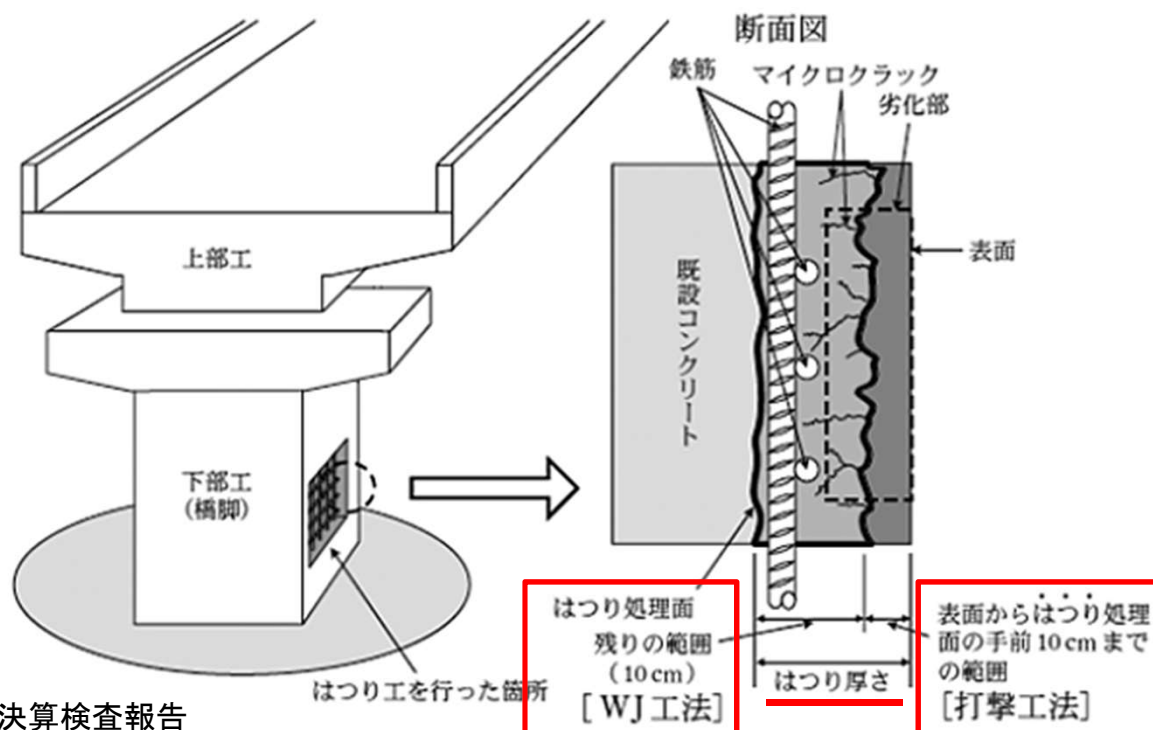
断面修復工法(その10)

■留意点

<施工時>

□ 既存コンクリートのはつり(2)

- ウォータージェットを使用する際は、はつり厚さが大きい場合、経済性等の観点から打撃工法との併用を検討する必要がある。
- 下地コンクリートの表面が平滑な場合、目荒らしを行う。



出典元: 平成25年度決算検査報告
会計検査院

打撃工法とWJ工法を併用した設計の概念図

断面修復工法(その11)

■ 留意点

< 施工時 >

□ 鉄筋の処理

- 塩害環境、ASRなどによる鉄筋の損傷が著しい場合は、交換、増設等を行う。
- 塩害環境の場合、鉄筋に著しい腐食が無くても、塩分の付着がある場合には、塩分を丁寧に除去する。また、必要に応じて防錆処理を行う。

□ 吸水防止処理

- 断面修復材の水分が下地コンクリートに吸収されないように、下地コンクリート表面に吸水防止処理を施さなければならない。
- 処理手法は、補修箇所や施工環境、使用する断面修復材の性質等に応じて適切に選択しなければならない。

断面修復工法(その12)

□マクロセル腐食

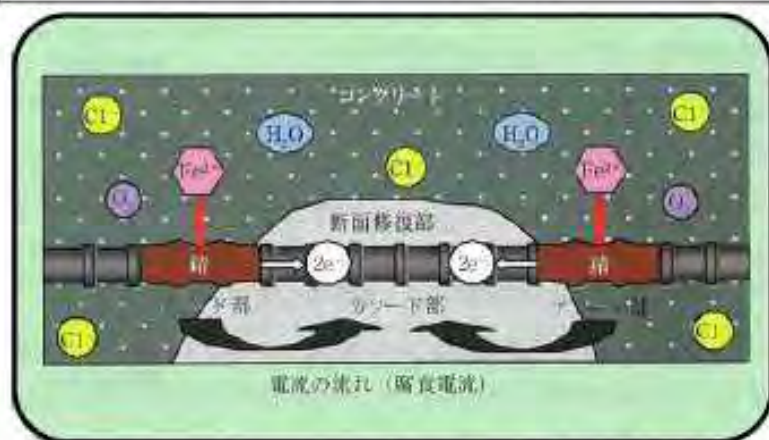
断面修復時、既設部の塩化物イオン濃度が高いまま断面修復を行うと、断面修復部と既設部に電位差が生じ、電流が発生する。

【マクロセル腐食電流】



鉄筋の腐食を増進させる。

塩害による劣化を受けた部材を安易に断面修復しない！



マクロセル腐食※の概念と再劣化例

※塩害環境下のRC構造物において欠損部より酸素、水、塩化物イオンの浸透が不均一（電位差が生じ）となり局所的に鉄筋腐食が進行する。



断面修復工法(その13)

■留意点

<施工時>

□断面修復材の管理、および計量・混合

- 計量は現場で行うため、バラツキが大きくなるリスクが高い。
- 適した粘性を有しているか、適切な方法で確認しなければならない。
- 練混ぜは製造メーカーの指定方法に従い、十分な練混ぜ混合をしなければならない。
- 施工可能時間を確認し、適切な粘性が保持できる時間内に作業を完了させなければならない。

□断面修復材の施工

- 左官工法、吹付け工法において塗り重ねを行う場合は、界面でドライアウトが生じないように施工しなければならない。
- 断面修復材は施工厚さが薄いことから、季節毎の環境に注意しなければならない。

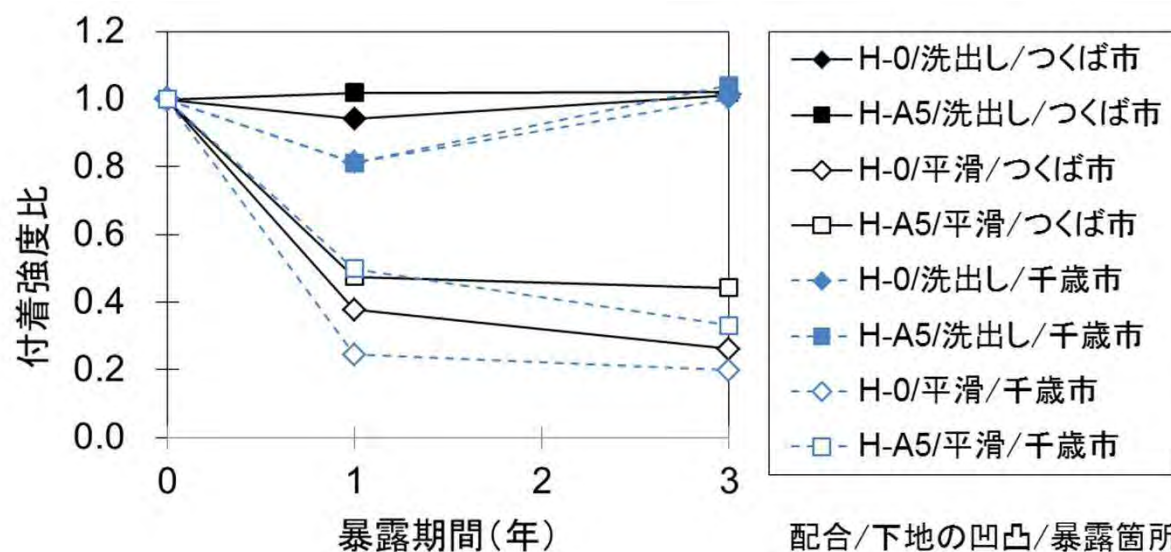
断面修復工法(その14)

■補修後の維持管理

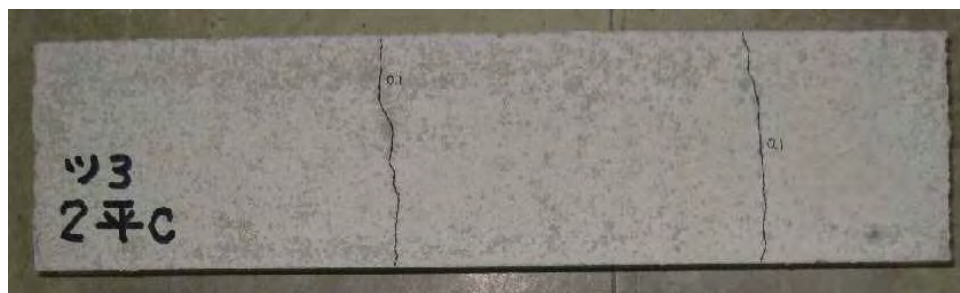
□ 点検の頻度

- 初回点検は補修完了から1年程度で実施し、その後は適切な頻度で実施するのがよい。
- 変状は、補修完了から1年までの間で生じるものが比較的多い。

- ↓
- ・ 断面修復材の暴露結果1年で大きく低下し、その後の低下は僅か



暴露試験での付着強度の変化



暴露1年でのひび割れ



暴露3年でのひび割れ

断面修復工法(その15)

■補修後の維持管理

断面修復後の点検は、その断面修復材の部分に加えて、下地コンクリートとの付着界面に対して点検を行うことが重要である。

断面修箇所における点検ポイントの例

対象	点検項目 (着目すべきポイント)	点検方法
断面修復材	ひび割れ	目視, クラックゲージ
	ひび割れからの漏水	目視
	ひび割れからの錆汁	目視
	スケーリング	目視
付着界面	浮き, 剥がれ, 剥落	目視, 打音, クラックゲージ
	漏水	目視
	錆汁	目視

再劣化事例－断面修復工法

■断面修復材の剥落

□発生状況および原因

- 橋梁(上部構造)の鉄筋の腐食による断面修復材の剥落が発生。
- 鉄筋位置における腐食発生限界を超える塩化物イオン濃度、不確実な付着面処理、断面修復材の乾燥収縮が原因と推測される。



a) 断面修復材の剥落前



b) 断面修復材の剥落後

□防止のために考慮すべき事項

- はつりを鉄筋背面まで実施し、鉄筋位置での塩化物イオンを除去、付着界面の処理、防錆対策が必要である。
- 乾燥収縮の少ない断面修復材の選定をすべきである。

再劣化事例－断面修復工法

■断面修復部付近の表面被覆材の密集した膨れ

□発生状況および原因

- 塩害劣化したPC桁を断面修復工法（ポリマーセメントモルタル）および表面被覆工法（樹脂系被覆材）により補修したが、断面修復箇所の下側境界部付近を中心に、表面被覆材に多数の膨れが生じた。
- 地覆部や舗装端部等から浸透した水分が被覆された桁内に浸透滞留した。特に、主桁ひび割れや断面修復背面の肌すき等を伝わった水分が、断面修復箇所下部等を中心に集中し、多数の膨れを生じさせたと考えられる。



桁の切断面（断面修復部が見える）



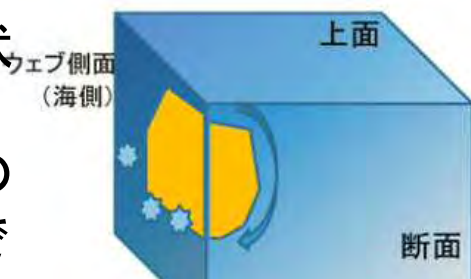
密集した膨れ



断面修復部とコンクリートの境界に沿って、ひび割れ・漏水跡。その延長上に密集した膨れが発生。

□防止のために考慮すべき事項

- 水分の浸入状況を考慮した工法や材料の選定が必要である。



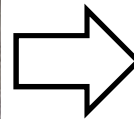
密集した膨れ近傍の状況

ひび割れ修復工法(その1)

■ ひび割れ修復工法

コンクリートの劣化や初期欠陥等によって生じたひび割れに対し、コンクリートのひび割れ部を塞ぐことで劣化因子の侵入防止やコンクリートの一体化を図り、コンクリートの劣化進行を抑制する工法。

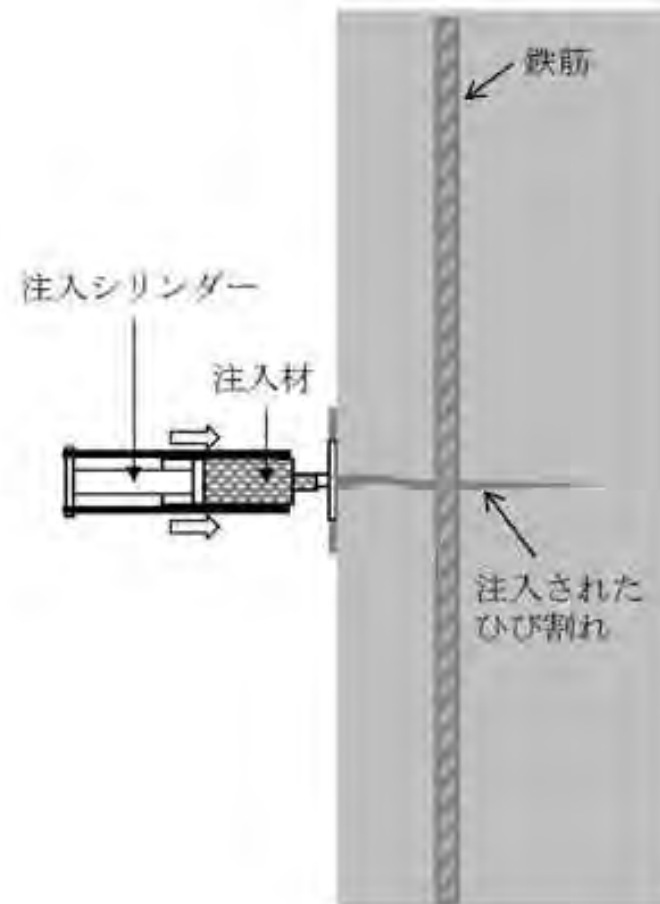
ひび割れ修復工法には、「ひび割れ被覆工法」、「充填工法」、「注入工法」がある。



ひび割れ修復工法(その2)

■ひび割れ注入工法

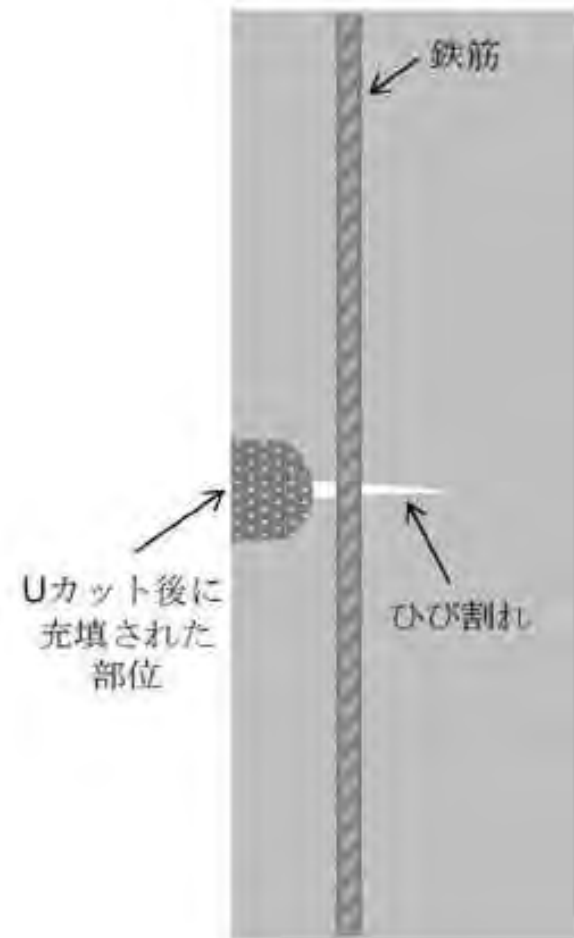
ひび割れ注入工法は、コンクリートに生じたひび割れに注入材を充填させることによって、ひび割れへの劣化因子(水や塩分等)の浸入を防止し、コンクリート構造物の耐久性等を向上させることを目的とした工法



ひび割れ修復工法(その3)

■ひび割れ充填工法

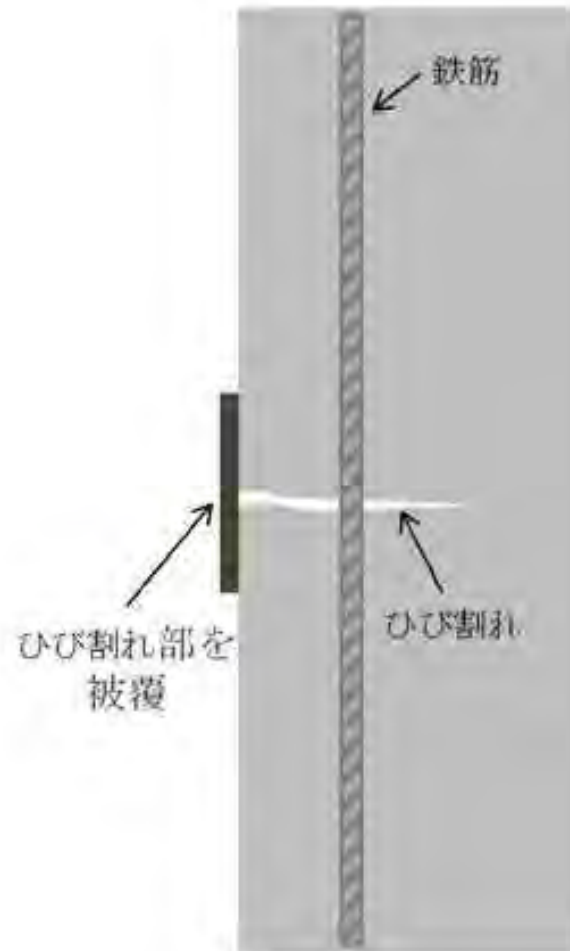
ひび割れ充填工法は、コンクリート表面のひび割れをU字もしくはV字に切削し、その切削部に充填材を充填させることによって、構造物のコンクリート表面のひび割れからの劣化因子(水や塩分等)の浸入を防止することを目的とした工法



ひび割れ修復工法(その4)

■ひび割れ被覆工法

微細なひび割れ(幅約0.2mm以下)の上に塗膜を構成、防水性、耐久性を向上させる工法で、ひび割れ部分のみを被覆する工法



ひび割れ修復工法(その5)

施工例

ひび割れ注入工法



出典:コンクリート構造物の補修対策マニュアル(土木研究所編)他

ひび割れ修復工法(その6)

■ひび割れ注入工法(ミニ知識)

自動低圧注入器具の主な種類

ゴム式



バネ式



- ・注入圧の変化が可能
- ・一回の注入量を多くできる
- ・継ぎ足しが困難

圧力式



風船式



- ・注入圧を変化し難い
- ・一回の注入量が少ない
- ・継ぎ足しが容易

- ☆注入材やひび割れ幅などによる使い分けは基本的には、ない
- ☆注入圧力は0.4MPa以下であるが、器具毎に圧力管理には熟練が必要
- ☆注入材と注入器具がセットになっている工法が多い
- ☆シール材はなるべく多く使用して、注入圧力による剥がれを防止する

ひび割れ修復工法(その7)

■ 注入工法の要求性能

要求性能	求められる具体的な性能や留意点	
	樹脂系	セメント系
劣化因子の浸入防止・抑制	注入材の充填性・ <u>密着性(一体性)</u>	
ひび割れの進行・拡大の防止	注入材の接着性・追従性	注入材の接着性
鋼材の腐食抑制	ひび割れ部に露出した <u>鋼材の保護</u> コーティング	



要求性能を満足する設計・施工が必要

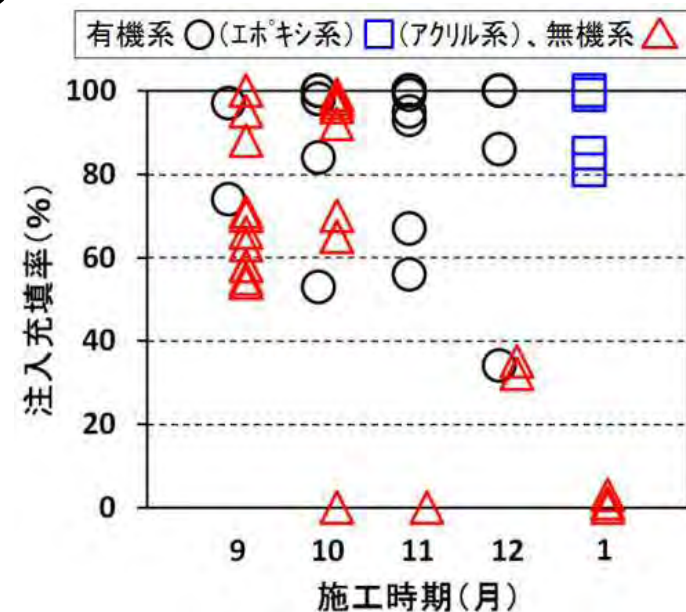
ひび割れ修復工法(その8)

■設計・施工の現状

- ①ひび割れ幅や部位による定型的な材料選択
- ②ひび割れ深さを考慮していない数量設計
- ③析出物による注入工法の敬遠
→注入充填率が低下？



析出物があると、注入出来ないとの理由でUカット充填工法を採用する事例も多い



深さ10cmまでの注入材の注入充填率
(注入充填率が低いケースも多い)

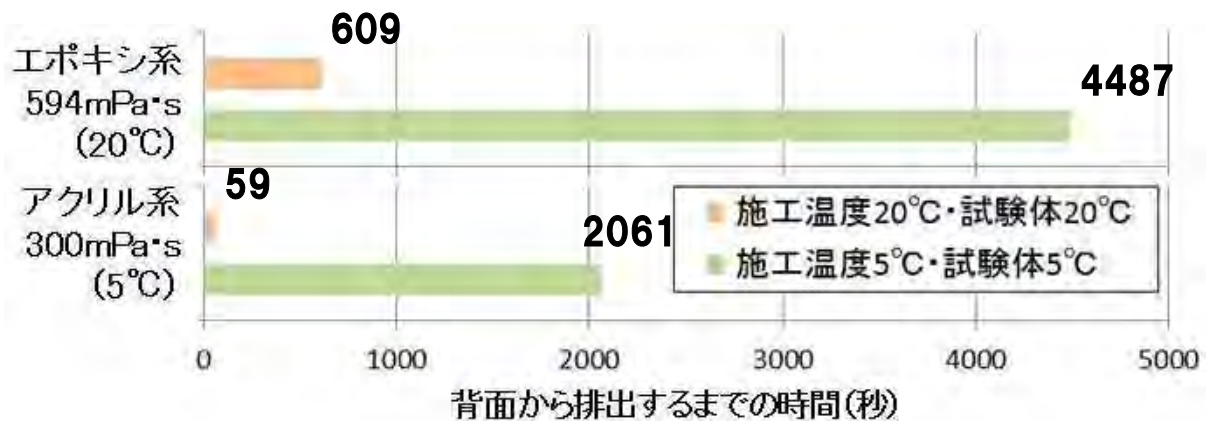
ひび割れ修復工法(その9)

■ひび割れ注入材の性質(1)

- ・注入材は施工温度に影響し易い
 - 粘性や硬化時間が温度によって変化する
- ・粘度が低いと注入し易く、粘度が高いと注入し難い
 - 粘度の低い注入材は、ひび割れ幅が広いと流下しやすい
 - 粘度の高い注入材は、ひび割れ幅が狭いと入りにくい



割裂ひび割れを入れた
φ10×20cm円柱供試体に
樹脂系注入材を注入



常温環境と低温環境では、注入材の粘性と硬化時間が変化するため、注入完了までの時間が異なる

ひび割れ修復工法(その10)

■ひび割れ注入材の性質(2)

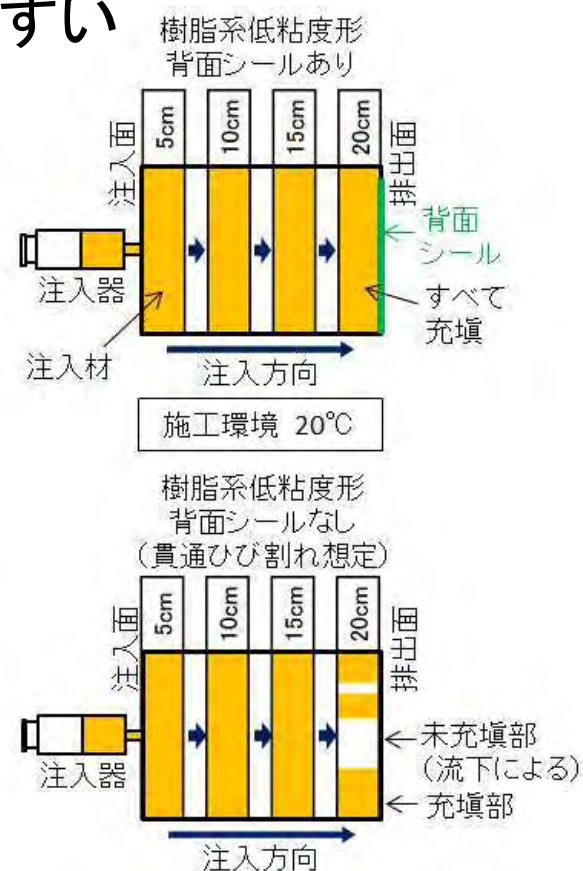
環境条件等によって注入充填状態が悪くなる

- ・貫通ひび割れ
→ 粘性の低い注入材は流下しやすい



未充填部

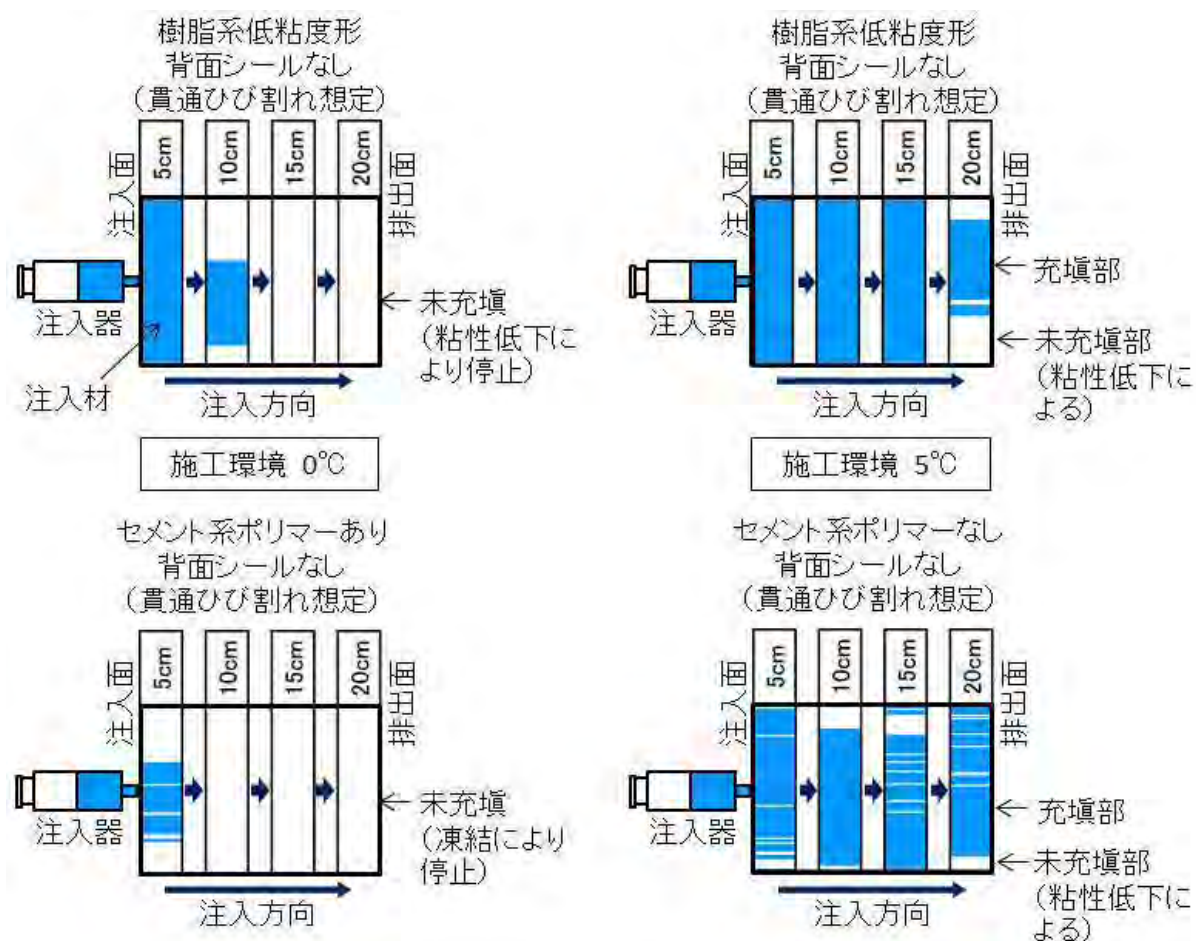
充填部



ひび割れ修復工法(その11)

■ひび割れ注入材の性質(3)

- ・低温での施工 → 凍結で停滞・停止, 充填不良



ひび割れ修復工法(その12)

■ひび割れ注入材の選定の留意点(1)

樹脂系ひび割れ注入材の選定例

	硬質系				軟質系		
	超低粘度	低粘度	中粘度	高粘度	低粘度	中粘度	高粘度
粘度(mPa・s)	250以下	1000以下	20000以下	—	1000以下	20000以下	—
表面ひび割れ幅(mm)	0.1～	0.2～1.0	0.5～5.0	1.0～5.0	0.2～1.0	0.5～5.0	1.0～5.0
ひび割れ幅と深さとの関連	狭・深:○ 広・深:×	狭・深:○ 広・深:△	狭・深:△ 広・深:○	狭・深:× 広・深:○	狭・深:○ 広・深:△	狭・深:△ 広・深:○	狭・深:× 広・深:○
貫通ひび割れ	△※4	○※4	○	○	○※4	○	○
挙動有	×				○		
寒冷環境	○※1	○(一般用 or冬用) ※2	×	×	○(一般用 or冬用) ※2	×	×
湿潤環境	○(水中硬化型)△(一般用)※3						

※1: 低温での超低粘度は常温の低粘度と同等の粘度となる(ただし、高温には不向き)

※2: 低温での冬用＝常温の一般用(ただし、低温での一般用でも粘性増＋硬化時間増だけのため、養生時間(硬化時間)が確保できれば低温使用は問題ない)

※3: 一般用は多少の湿潤に対応した製品が多い(ただし、常時湿潤には不可)

※4: 低粘性では、排出面で流下する可能性あり

ひび割れ修復工法(その13)

■ひび割れ注入材の選定の留意点(2)

セメント系ひび割れ注入材の選定例

	ポリマーなし		ポリマーあり	
	貫通なし	貫通あり	貫通なし	貫通あり
表面ひび割れ幅 (mm)	0.1～5.0	0.1～0.5 ※1	0.1～5.0	0.1～1.0 ※1
ひび割れ幅と 深さとの関連	狭・深:○ 広・深:△	狭・深:△ 広・深:×	狭・深:○ 広・深:△	狭・深:○ 広・深:×
貫通ひび割れ	○	△※1	○	△※1
挙動有	×			
寒冷環境	△※2		○※2	
湿潤環境	○※3			

※1: 非常に低粘性のため、排出面で流下する可能性あり

※2: 耐凍害性があり、凍結しない温度以上での適用が原則

※3: ただし、常時湿潤箇所には適用に検討が必要(止水効果のある材料等)

ひび割れ修復工法(その14)

■ひび割れ充填材の選定の留意点(3)

ひび割れ充填材の選定例

	樹脂系		セメント系
	可とう性エポキシ樹脂	シーリング材	
対象となる表面 ひび割れ幅（mm）	1.0 以上		
貫通ひび割れ	○		
挙動有り	○		×
湿潤環境	△ ※1		
寒冷環境	△ ※2		○ ※3

○:適用可、△:一部適用可、×:適用負荷

※1:水分供給源の止水対策を施していないひび割れへの適用は不可

※2:下地コンクリートの温度も含めて、製品の適用最低温度以下での適用は不可

※3:0℃以下の環境での適用は不可

ひび割れ修復工法(その15)

■ひび割れ注入工法の施工時の留意点(1)

標準的な施工手順

- 1) ひび割れ面の清掃(前処理)
- 2) 注入口の決定と注入器具の設置
→ 注入間隔を状況に応じて狭める検討(標準間隔に固執しない)
- 3) シール材の塗布
→ 標準使用量に固執しないことも必要
- 4) 注入器具の固定とシール材の硬化確認
- 5) ひび割れ注入材の調合と攪拌
- 6) 注入作業(注入量・注入状況)
→ シールからの漏れ確認、注入器の残存確認
→ 注入作業は下から上
- 7) ひび割れ注入材の硬化確認
→ 注入材が硬化する前に注入器具を外すと未充填となる
- 8) 注入器具とシール材の撤去
- 9) 表面仕上げ(必要に応じて)、および後片付け

ひび割れ修復工法(その16)

■ ひび割れ注入工法の施工時の留意点(2)

□ 一般的な留意点

- 1) 降雨、降雪時に対応した養生を実施
- 2) 注入口に詰まりがないか確認
- 3) 対象ひび割れだけでなく、近傍の微細ひび割れもシールする
→ ひび割れは内部でつながっている場合が多い
- 4) ひび割れ注入材の調合は指定された分量を正確に計量する
- 5) 調合後は速やかに注入を実施
- 6) 樹脂系ひび割れ注入材は、屋内作業では換気に十分注意する
- 7) 樹脂系ひび割れ注入材は、火気の近くでは作業しない
- 8) ひび割れ注入材が硬化するまで注入器具とシールは撤去しない

ひび割れ修復工法(その17)

■ひび割れ注入工法の施工時の留意点(3)

環境条件において留意する点

・温度管理と可使時間・硬化時間

- 1) 高温時：樹脂系は可使時間が短くなり、流動性が向上
- 2) 低温時：樹脂系は可使時間が長くなり、流動性が低下
セメント系は凍結に注意

☆ 施工空間、注入材料の温度管理だけでなく、
注入するひび割れ内のコンクリート温度管理も重要
(特に寒冷地域の冬期施工)

☆樹脂系は可使時間・硬化時間の管理が必要

ひび割れ修復工法(その18)

■ひび割れ注入工法の施工技術

ひび割れ注入工法の析出物対処方法(例)

☆析出物によるひび割れ注入工法の敬遠の実状

- 1) 調査時に析出物を除去して調査していない
→ 析出物の生成深さを調査していない
- 2) 設計時に析出物があると注入出来ないと判断
→ 析出物の発生原因を理解していない
- 3) 施工時に設計通りにしか施工しない
→ ひび割れの現地状況を把握していない
- 4) 施工時に析出物の削り粉が詰まり注入出来ない
→ 注入作業の熟練度が不足



切り込み(クロスカット)による析出物の閉塞深さ
調査とその調査箇所を注入口とした注入方法

ひび割れ修復工法(その19)

■ひび割れ注入工法の施工技術(1)

析出物の閉塞深さ調査方法

一般的な方法

☆小径コア(φ5×10～20cm)による調査

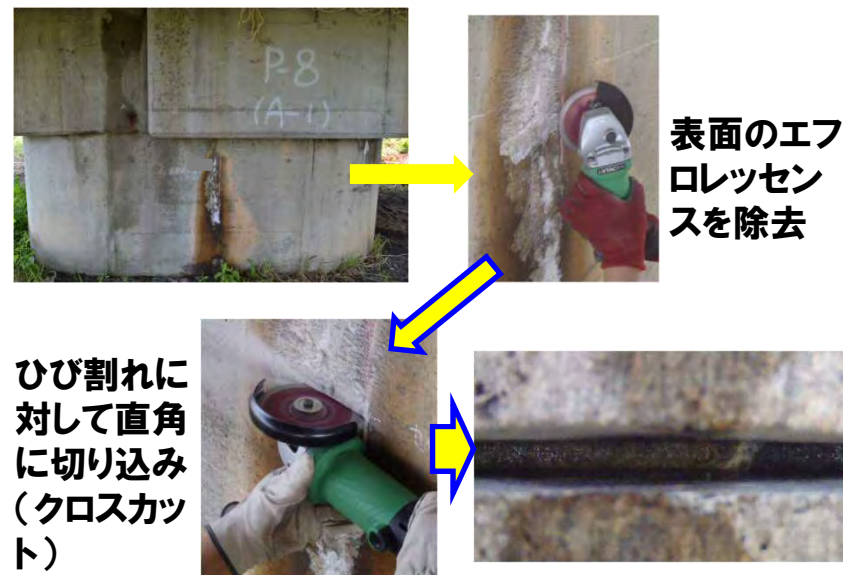


ルーペ等を用いた目視で、コア孔内とコア側面のひび割れの閉塞の有無と閉塞深さを確認・測定

切り込み(クロスカット)方法

☆切り込み(クロスカット)による調査

表面のエフロレッセンスを除去し、ひび割れに直交する切り込み(刃厚2.3mm、深さ1～2cm)を入れて内部を確認



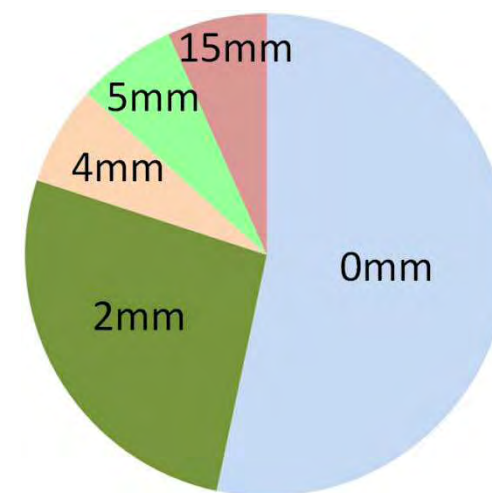
ルーペ等を用いた目視やデジタルカメラの近接撮影で切り込み内部のひび割れの閉塞の有無と閉塞深さを確認・測定

ひび割れ修復工法(その20)

■ひび割れ注入工法の施工技術(2)

析出物の閉塞深さ調査結果例

調査 番号	橋梁名	部位	表面ひび 割れ幅 (mm)	表面のエフ ロレッセンス 最大厚さ (mm)	表面からの閉塞深さ (mm)	
					コア 側面・孔内	クロス カット
1	橋梁①	橋台	0.8	4	2	—
2	橋梁②	橋脚	0.3	2	0	—
3		橋脚	0.3	1	15	—
4	橋梁③	橋台	0.2	1	0	—
5	橋梁④	橋脚	0.4	1	0	—
6	橋梁⑤	床版	0.2	1	0	—
7	橋梁⑥	橋台	0.2	1	5	—
8		橋台	0.2	2	0	—
9		床版	0.2	10	2	—
10		床版	0.2	2	2	0
11	橋梁⑦	橋台	0.2	6	4	4
12	橋梁⑧	橋脚	0.2	10	0	0
13		橋脚	0.2	4	0	0
14	橋梁⑨	橋台	0.2	3	0	0
15		橋台	0.1	2	2	2



・析出物は表面付近に多く、ひび割れの閉塞深さは0～5mm程度

ひび割れ修復工法(その21)

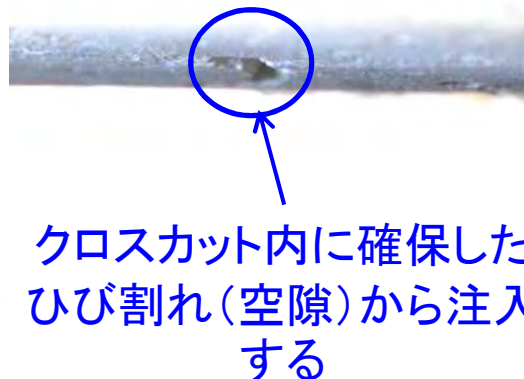
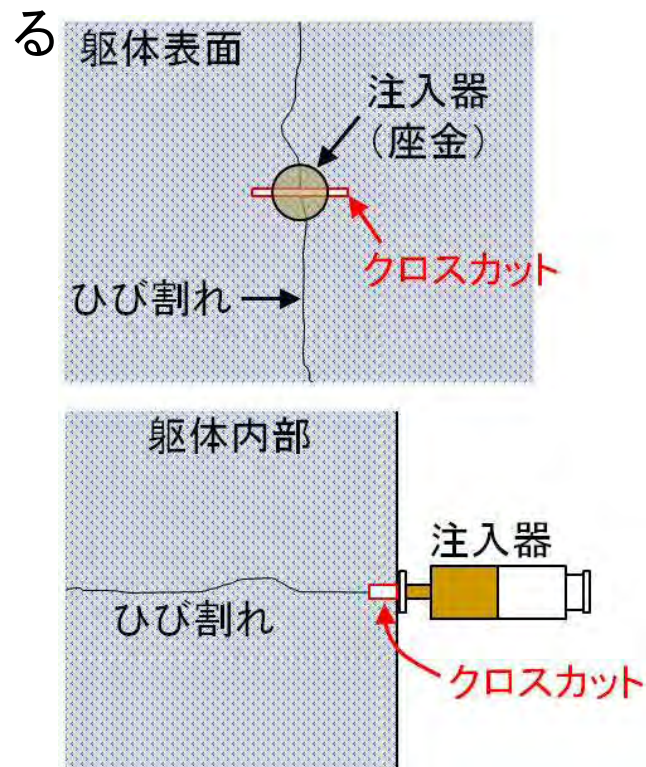
■ひび割れ注入工法の施工技術(3)

☆クロスカットによる注入口の確保

＝表面ひび割れ閉塞を部分的に除去可能

＝注入口の確保可能→閉塞深さ調査後を利用できる

- ・座金タイプの注入器であれば取付可能
- ・析出物を除去する電気工具を活用(深さ10mm程度)
- ・クロスカット内にひび割れ(空隙)が確認出来れば、注入口が確保される



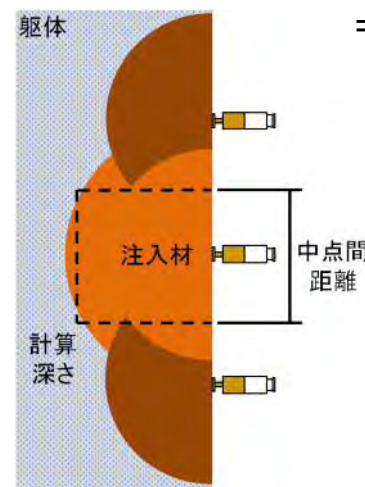
ひび割れ修復工法(その22)

■ひび割れ注入工法の施工技術(4)

☆抽出物が出ているひび割れへの試験注入の結果例

- ・注入作業は10月(日最高気温16.4℃、日最低気温2.4℃)
- 低温による注入遅延を想定し、注入器は2日後に撤去

	位置 №	表面ひび 割れ幅 (mm)	注入量 (ml)	計算注入深さ 3m (m)		計算 充填割合 (%)	注入口 処理方法	方法別 平均深さ (m)	方法別 平均充填 割合(%)
ひび割れ A	A1	0.20	86.7		1.55	51.7	通常注入	3.07	84.9
	A2	0.10	114.7		4.68	100.0			
	A3	0.30	164.7		2.29	76.3			
	A4	0.20	188.7		3.93	100.0			
	A5	0.30	204.7		2.90	96.7			
	A6	0.20	221.7		5.68	100.0	クロスカット	6.15	100.0
	A7	0.30	251.7		4.79	100.0			
	A8	0.10	143.7		7.98	100.0			
	A9	0.05	105.0		10.00	100.0	小径コア	10.00	100.0
ひび割れ B	B1	0.10	22.0		0.86	28.7	通常注入	0.82	27.5
	B2	0.20	24.0		0.71	23.7			
	B3	0.10	22.0		0.90	30.0			
	B4	0.10	111.7		4.65	100.0	クロスカット	4.97	100.0
	B5	0.10	97.7		5.28	100.0			
	B6	0.10	36.3		2.14	71.3	小径コア	1.79	59.7
	B7	0.10	23.7		1.44	48.0			
ひび割れ C	C1	0.05	31.7		2.76	92.0	小径コア	2.76	92.0
	C2	0.05	26.0		4.33	100.0	通常注入	2.57	63.4
	C3	0.05	6.0		0.80	26.7			



計算深さ
＝注入箇所の注入量
÷(注入箇所のひび
割れ幅
×前後の注入器との
中点間距離)

例えば、ひび割れA
のA6は、
 $221.7\text{ml} \div (0.20\text{mm} \times (22\text{cm} + 17\text{cm}) / 2)$
＝ 568.46cm
＝ 5.68m

クロスカット・小径コアの注入箇所
の注入量が多くなる傾向
→注入口の断面積が増加したため、
注入材が入りやすくなった



- ・析出物が出ているひび割れでも
クロスカット等で注入可能である
ことを確認
- ・注入効率を上げる方法としても
有効

※[ひび割れA]No,A1～A5:析出物なし、No,A6～A8:析出物あり、[ひび割れB]No,B1～B5:析出物あり

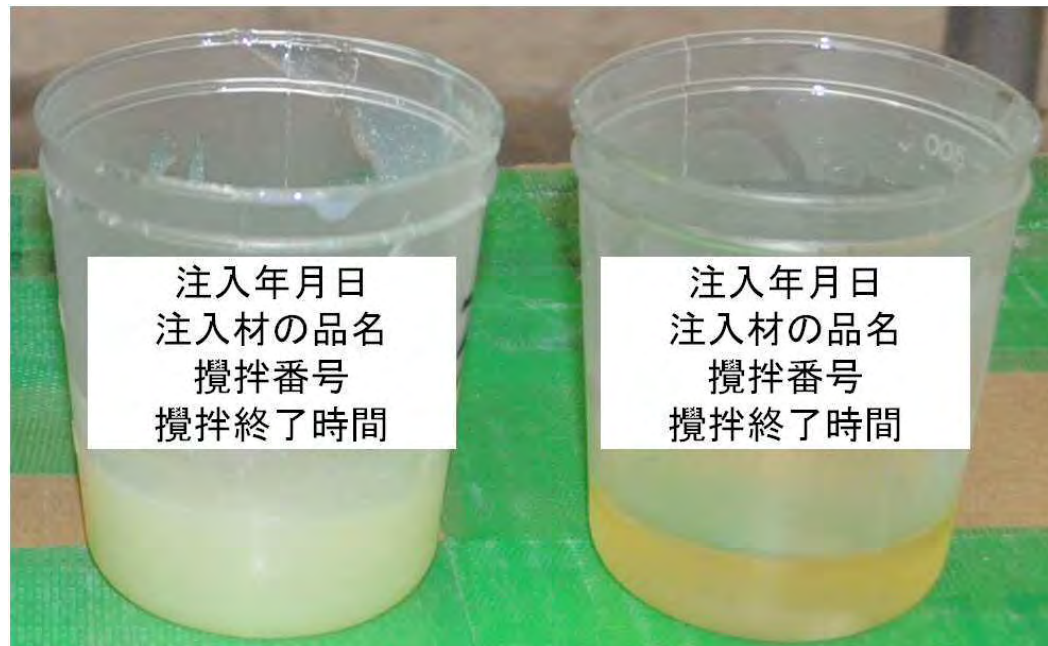
ひび割れ修復工法(その23)

■ひび割れ注入後の品質管理方法(1)

☆注入材の硬化確認方法(案)

- ・実際に注入した注入材を少量残して、硬化までの時間と硬化確認を行う
 - 同一攪拌の注入材で実施する
 - 粘性状態や硬化確認は、カップを傾ける・攪拌棒などを差し込む等で確認できる

これにより、注入時の注入材の粘性状態、硬化までの時間や硬化確認ができるため、注入器撤去の際の逆流による未充填等を防止できる



ひび割れ修復工法(その24)

■ひび割れ注入工法のまとめ

- ・施工空間、注入材料、コンクリート、それぞれの温度によって、注入材の流動性や硬化時間等が変化し、それが未充填につながるケースもある



注入施工時の温度管理が重要

- ・状況に応じた注入材の選定と確実な施工が未充填等を防止



環境条件の把握ときめ細かな施工管理が重要



注入後の品質向上が期待できる

※ただし、確実な充填＝強度回復ではない

ひび割れ修復工法(その25)

■補修後の維持管理(1)

□ 点検の頻度

- 初回点検は補修完了から1年程度で実施し、その後は適切な頻度で実施するのがよい。
- 変状は、補修完了から1年までの間で生じるものが比較的多い。その多くは、ひび割れからの漏水や析出物の再発であり、ひび割れ内部への水分供給が原因である。
- 存置環境によっては、数年後に再発するケースもある。



ひび割れ注入後（10ヶ月後）の漏水と析出物



ひび割れ充填後（約1年後）の析出物

ひび割れ修復後の変状

ひび割れ修復工法(その26)

■補修後の維持管理(2)

□ 点検項目と方法

ひび割れ修復工法の点検ポイントの例

対象	点検項目 (着目すべきポイント)	点検方法
ひび割れ注入 工法	表面ひび割れ幅	目視, クラックゲージ
	漏水	目視
	析出物	目視
	錆汁	目視
ひび割れ充填 工法	浮き, 剥がれ, 縮み	目視, 触診, 打音
	変色 (紫外線劣化)	目視
	漏水	目視
	析出物	目視
	錆汁	目視

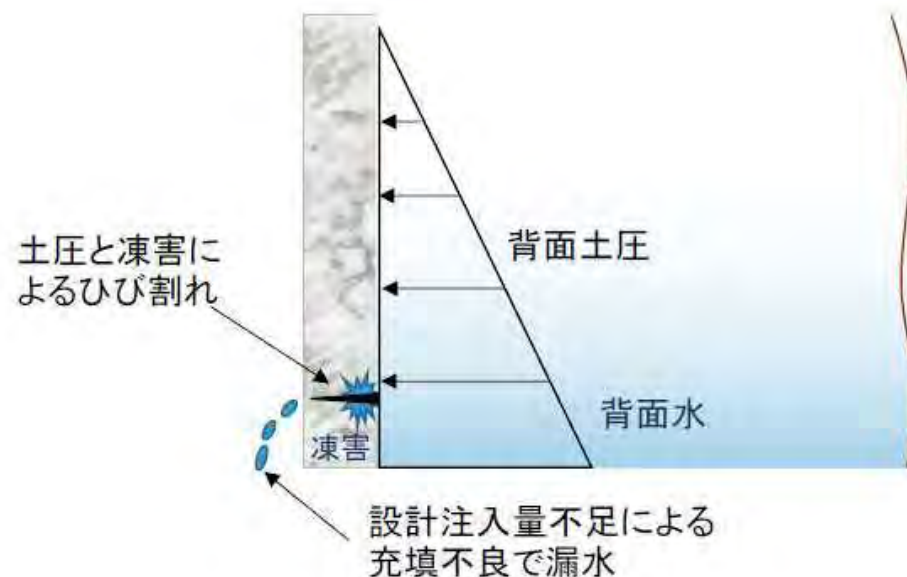
- ・これらの検査によって変状が確認され、詳細な点検が必要と判断された場合は詳細点検を実施する必要がある。
- ・特に漏水や析出物が再発した場合は、ひび割れ修復工法による改善効果は低下しているため、早急に確認することが望ましい。

再劣化事例－ひび割れ修復工法

■ひび割れ注入箇所からの漏水とエフロレッセンスの析出

□発生状況および原因

- エポキシ樹脂注入材によるひび割れ注入工法で、樋門の翼壁のひび割れが補修されたが、補修箇所からの漏水とエフロレッセンスの析出が発生した。
- 水抜き孔の排水不良、設計注入量の不足、そのためひび割れの充填が不十分となり、ひび割れから水分が浸透し、その水分が凍結融解を繰り返したことが原因と考えられる。



□防止のために考慮すべき事項

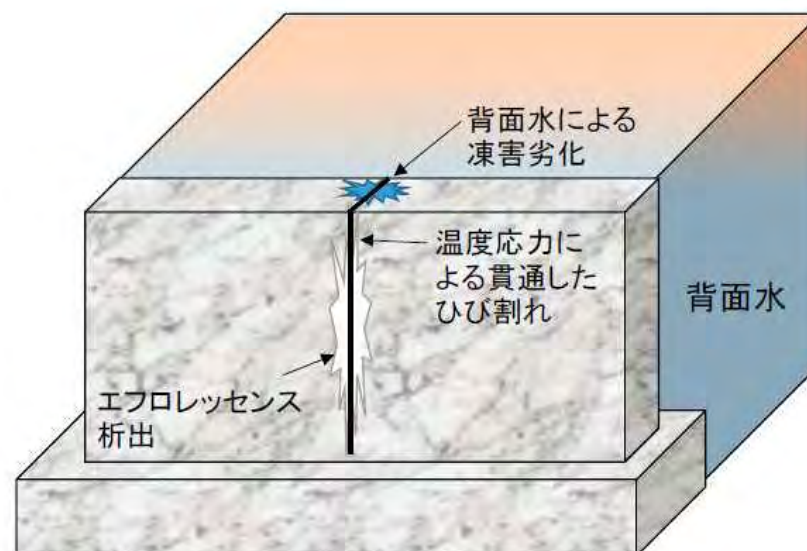
- 背面水の処理（水抜き孔の増加等）、設計注入量の見直しが必要である。

再劣化事例－ひび割れ修復工法

■ひび割れUカット充填箇所の凍結による劣化

□発生状況および原因

- ひび割れUカット充填工法により、樋門の翼壁のひび割れが補修されたが、補修箇所が凍害により劣化した。



□防止のために考慮すべき事項

- 背面水の処理不足による凍害劣化。
- エフロレッセンスを除去しなかったこと。
- ひび割れ充填工法を採用したことが原因と考えられる。

■補修・補強の調査(診断)・設計で留意してほしい点

- 劣化等の状態を的確に把握(診断)
 - 変状の進行具合や劣化の原因を的確に調査
 - 耐荷力への影響の有無(予測)が重要
 - コンクリートの変状はひび割れから始まる
- 要求性能に応じた工法選択(設計)
 - 補修・補強の目的を明確に
 - 何を直す(守る)のか…コンクリート？鉄筋？
 - 何故直すのか…劣化防止、防食、安全性確保など
 - 方法の一つではない(対策に万能なものはない)

■補修・補強の施工で留意してほしい点

- 施工時の温度管理(特に冬期施工)

- 固化前の補修材は一般的に低温に弱い

- 施工温度が5℃以上でも、コンクリートが冷えている場合

- 接着が悪くなる、硬化が遅くなる、流動性が悪くなる

- 水分供給状態の管理

- 施工時に乾燥していても…

- 施工後に水分供給がある箇所は要注意！

- 可能な限り、水分供給を先に処理することが重要

- 対策方法の施工方法を理解する

- 施工手順や使用材料の特性を把握する

- 仮設材等が重要な方法もある

■補修・補強後の維持管理で留意してほしい点

• 補修後の点検と診断

- 対策箇所以外で劣化が進行している場合もある
- 対策によって、別の不具合が生じるケースもある
 - マクロセル腐食など
- 対策箇所は元々劣化し易い位置付けが多い
 - 水みち、滞雪する、風が当たりやすいなど
 - 補修界面は再劣化し易い