

参考資料-4

擁壁

変状部の起因と補修方法

目 次

1. 変状部の起因	1
2. 変状部の補修方法	2
3. 断面修復工法	8
4. 止水工法	12

1. 変状部の起因

劣化状態コンクリート変状の種類と劣化機構は一般的に下表に示される。

表資 4-1 変状部の起因

変状の種類		定義	発生要因	構造物に及ぼす影響
①	ジャンカ	打設されたコンクリートの一部に粗骨材が多く集まってできた空隙の多い構造物の不良部分をいう。「豆板」ともいう。	コンクリートを打設するときの材料の分離、締め固め不足、型枠下端からのセメントペーストのれ等によって生じる。	空隙部分と同様に炭酸ガスや水に対する抵抗性が無く、コンクリートの中性化抑制効果をほとんど示さない。ジャンカ部に鋼材が存在する場合、早期に腐食する。
②	コールドジョイント	設計段階で考慮する打ち継ぎ目とは異なり、コンクリートの打ち継ぎ時間の間隔を過ぎて打設した場合に、前のコンクリートの上から重ねて打ち込まれたコンクリートが一体化しない状態となって、打ち継いだ部分に不連続な面が生じることをいう。このコンクリート面は脆弱であり、ひび割れが生じていることが多く、構造物の耐力、耐久性、水密性を著しく低下させる原因となる。	前に打ち込まれたコンクリートの硬化程度(凝結程度)が最大の発生要因であり、この硬化程度は、コンクリートの配(調)合、環境温度等の自然条件、養生方法、コンクリートの練り混ぜから打ち込み終了までの製造及び運搬、打ち込み及び締め固めの影響を受ける。	(a)強度:コールドジョイント部のコンクリート強度は健全な部分と比較して、強度が低下する (b)耐久性:中性化の進行が構造物の内部まで生じ、鋼材腐食を早期に引き起こし耐久性を低下させる。 (c)耐力:打ち重ね部が梁のせん断スパン中央にある場合は、打ち重ね部に「ずれ」が発生し耐力の低下を招く恐れがある。 (d)変形:打ち重ね部の引張り強度が低く、ひび割れが誘発されやすいため、一体打ちのコンクリートに比較して変形が大きくなる。
③	ひび割れ	コンクリートが硬化して構造物の供用が開始されると、供用中の荷重条件や環境条件によりコンクリートに引張応力が作用しひび割れが発生することがある。腐食環境にさらされる構造物では鋼材腐食に対する耐久性が大幅に低下する。	コンクリートは温度低下や乾燥によって収縮する。同じ部材の中で温度や湿度に大きな違いが発生して、断面内でひずみが大きく異なる場合や、温度低下や乾燥の進行による収縮が外部から拘束された場合に、ひびわれが発生する。	発生したひび割れが過大なものでない限り構造物の安全性能に大きな影響を及ぼす事は少ないが、ひび割れは鉄筋腐食の原因となるとともに、寒冷地ではひび割れを通して進入した水分が凍結融解作用をひきおこす。
④	浮き、剥離	コンクリート内部でひび割れが連続したり、施工時の欠陥が供用中の振動や変形によって欠陥どうしが連続して、表面付近のコンクリートが内部コンクリートと一体性を失い浮きが生じ、劣化が進むと剥離する。	鋼材が腐食すると、腐食物質は元の体積の2~4倍程度まで膨張するため、その膨張圧によってコンクリート内部にひび割れが入り、浮きが発生する。この様な浮きは腐食が進行すると剥離となる。	圧縮側コンクリートの場合には断面の減少に伴う耐力や剛性の低下、さらには剥離によって露出した鋼材の腐食による耐力や剛性の低下、耐久性の低下も問題となる。
⑤	さび(錆汁)	コンクリート中の鋼材が腐食して茶色や褐色の腐食生成物がコンクリート表面ににじみだしたものである。鉄筋やPC鋼材の腐食が原因となった錆汁は、これらの鋼材にあったひび割れを伴う場合が多い。	ひび割れ、中性化、塩害等さまざまな要因がある。塩化物イオン、中性化により鉄筋表面の不導体被膜が破壊され、鉄が酸素と反応し腐食が進行する。	コンクリート中で鋼材が腐食した場合、錆汁だけではなく、膨張圧によって、ひび割れ、浮き、剥離を伴う場合が多い。また鋼材腐食に起因した構造物の性能低下が大きい。
⑥	エフロレッセンス	コンクリート中の可溶性物質やコンクリート周辺に存在する可溶性物質が、水分とともに貫通したひび割れを通してコンクリート表面に移動し、水分の逸散や空気中の炭酸ガスとの反応によって析出したものである。	地下水や雨水など外部の水が貫通ひび割れやコンクリートの表面を移動することによって、コンクリート中の可溶性成分が表面に移動し、ひび割れ周辺などに綿状あるいはつらら状に成長したものである。	エフロレッセンスは水分が移動した結果として表れるため、水密性が求められる構造物ではその性能が低下している。またひび割れ部では鋼材腐食による耐久性の低下も問題となる。
⑦	表面劣化(粗骨材の露出)	外部からの二酸化炭素や無機酸、有機酸等の侵入により、内部の水化物の分解・反応生成物の溶出によって表層部のモルタルが失われ粗骨材が露出する。	コンクリートを構成するカルシウム化合物はアルカリ環境下では化学的に安定であるが、中性・酸性条件下では不安定となり分解が生じる。	短期的には、汚れやエフロレッセンスの発生による美観の低下が生じる。さらに、溶出が長期間継続すると水和組織の多孔化とそれに伴う強度低下が生じる。

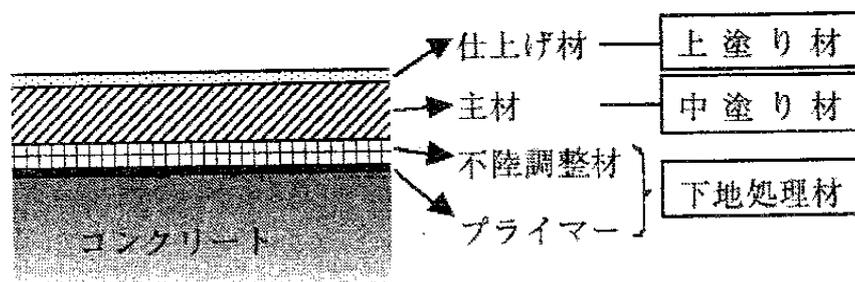
2. 変状部の補修方法

変状部の補修工法について、大別すると、以下の工法がある。

(1) 表面保護工

1) 塗装材被覆工法

コンクリート表面を塗装材により被覆する工法であり、構造物の劣化原因となる水、酸素、塩分、炭酸ガス、硫酸等のコンクリート内への浸透防止、汚れ防止や、美観対策があげられる。主に劣化防止のため施される工法で、本対象区間においては、劣化変状をおこなっているため、断面修復工と組み合わせて、表面保護を行うのが望ましい。



図資 4-1 塗装材被覆工法の例

2) 含浸塗布工法

コンクリート表面に含浸材を塗布することで、劣化因子の浸透を防止したり、コンクリートにアルカリ性を付与させたり、鋼材の防錆効果、あるいは脆弱部の強化などを行う工法である。

しかし、一般に含浸材の浸透は、表面近傍に限られ既存コンクリートの影響を受けやすく、安全衛生上、水道規格に適合した材料を選定するなど性能の信頼性については、あらかじめ試験なので確認する必要がある。

3) 防水工法

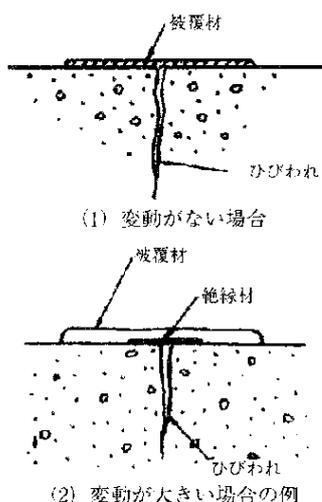
防水工法は橋梁構造物の耐久性、耐荷性能を保持するための一手法である。

シート系と塗装系の工法がある。

(2) ひび割れ処理工法

ひび割れ処理工法の選定に当たっては、ひび割れの現象および原因に応じて、選定する必要があり、補修目的を防水性、または耐久性を目的とするのか、現状のひび割れの状態を把握し、補修工法の選定を行う。

1) 表面処理工法



図資 4-2 表面処理の例

微細なひび割れ(一般に 0.2 mm 以下)の上に塗膜を形成させ、ひび割れ部分を被覆する方法と、全面を被覆する方法がある。

この工法は、

- ①ひび割れ内部の処理ができない、
- ②ひび割れが活性の場合はひび割れの動きに追従できないことなどの、欠点がある。

2) 注入工法

この工法は、ひび割れに樹脂あるいはセメント系の材料を注入して、防水性、耐久性を向上させるものであり、仕上げ材がコンクリートから浮いている場合の補修にも採用される。

注入工法は、防水性、耐久性の向上を目的とするほか、コンクリート構造物全体に発生したひび割れの補修工法として、適用可能である。

注入工法により、以下の 3 工法に分類される。

表資 4-2 エポキシ樹脂注入工法

	ひび割れ幅	注入用具	注入圧	注入時間	その他
手動式	0.25～5.0mm	グリースポンプ	低圧～高圧	人力によるため時間が長く掛かる	注入圧や速度の加減がし易い
機械式	0.25mm以下	自動混合注入機	高圧		1箇所当りの注入量が確認しにくい
自動式	0.25～5.0mm	ゴム圧、バネ圧等のカプセル	低圧	低圧で自動圧入する	注入管理がし易い

3) 使用材料

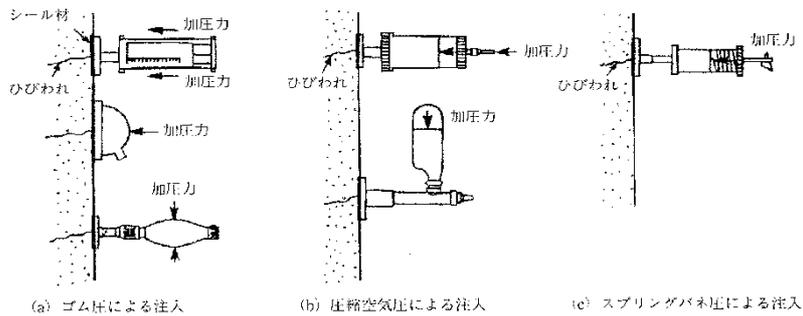
注入材料には、エポキシ樹脂系やアクリル樹脂等の有機系、セメント系、ポリマーセメント系などがある。

エポキシ樹脂系は①コンクリートやモルタルとの接着性にすぐれている、②躯体の一体化を図ることができる、③耐久性に優れているなどの利点がある。

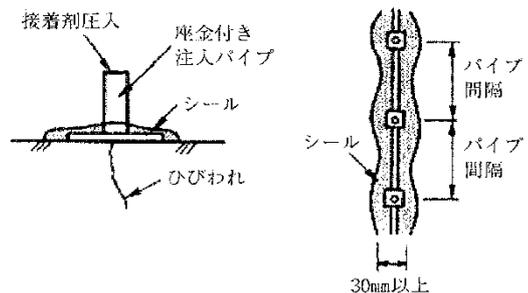
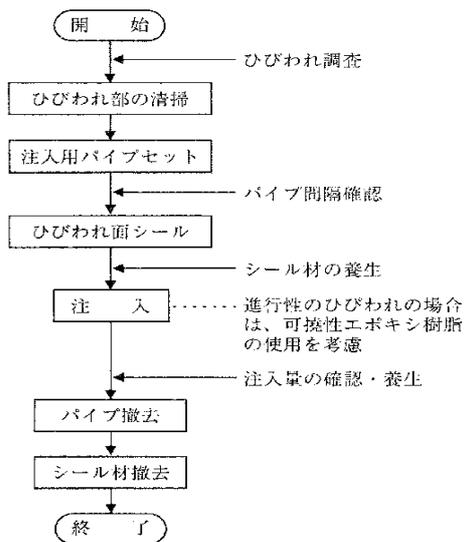
セメント系およびポリマーセメント系は①エポキシ樹脂系に比べ安価である、②熱膨張率がコンクリートに近い、③湿潤箇所でも使用可能である、④鉄筋に対する防錆効果がある等の特徴を有している。

表資 4-3 建設補助用注入エポキシ樹脂の品質(JIS A 6024)

		低粘度形		中粘度形		高粘度形		
		一般用	冬用	一般用	冬用	一般用	冬用	
粘度	粘度混合物 (mPa·s, 20°C)	100~ 1,000	100~ 1,000	5,000~ 20,000	5,000~ 20,000	-	-	
	チキソトロピックインデックス(20°C)			5±1	5±1	-	-	
	スランプ性 (mm)	15±2°C 30±2°C	- -	- -	- -	- 5以下	5以下	
初期硬化性 (N/mm ²) {kgf/cm ² }	標準条件	2	-	2	-	2 {20.4}以上	-	
	低温条件	-	2 {20.4}以上	-	2 {20.4}以上	-	2 {20.4}以上	
接着強さ	標準条件	6 {61.2}以上	6 {61.2}以上	6 {61.2}以上	6 {61.2}以上	6 {61.2}以上	6 {61.2}以上	
	特殊条件	低温時	-	3 {30.6}以上	-	3 {30.6}以上	-	3 {30.6}以上
		湿潤時	3 {30.6}以上	3 {30.6}以上	3 {30.6}以上	3 {30.6}以上	3 {30.6}以上	3 {30.6}以上
		乾湿 繰り返し時	3 {30.6}以上	3 {30.6}以上	3 {30.6}以上	3 {30.6}以上	3 {30.6}以上	3 {30.6}以上
硬化収縮	硬化収縮率(%)	3以下	3以下	3以下	3以下	3以下	3以下	
加熱変化	質量変化率(%)	5以下	5以下	5以下	5以下	5以下	5以下	
	体積変化率(%)	5以下	5以下	5以下	5以下	5以下	5以下	
曲げ強さ (N/mm ²) {kgf/cm ² }		30 {306}以上	30 {306}以上	30 {306}以上	30 {306}以上	30 {306}以上	30 {306}以上	
圧縮強さ (N/mm ²) {kgf/cm ² }		-	-	-	-	50 {510}以上	50 {510}以上	



図資 4-3 自動式低圧注入工法の施工概念図



ひび割れ幅(mm)	パイプ間隔(mm)
0.3以下	50~100
0.3~0.5	100~200
0.5~1.0	150~250
1.0以上	200~300

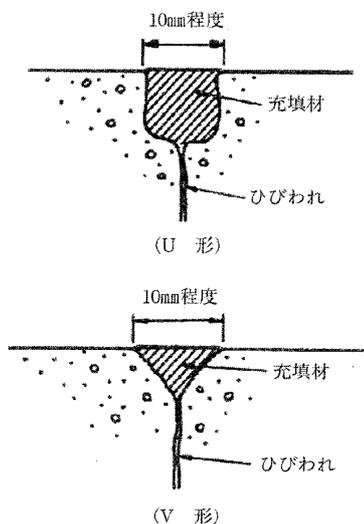
施工手順
ひび割れ注入工法のフローチャートと注入パイプの設置関係を示す。

注入工法のフローチャート

4) 充填工法

0.5 mm 以上の比較的大きな幅のひび割れの補修に適する工法で、ひび割れに沿ってコンクリートをカットし、その部分に補修材を充填する工法である。

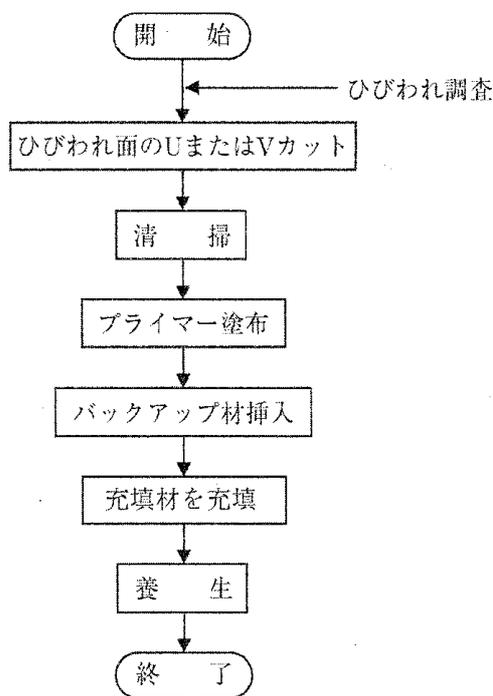
この工法は、鉄筋が腐食していない場合と、鉄筋が腐食している場合とで補修の方法が異なる。



ひび割れに沿ってコンクリートをV型またはU字にカットした後、このカットした部分に、充填する。

ポリマーセントを充填する場合は、剥落を生じやすいため、Uカット型を採用するのが、望ましい。

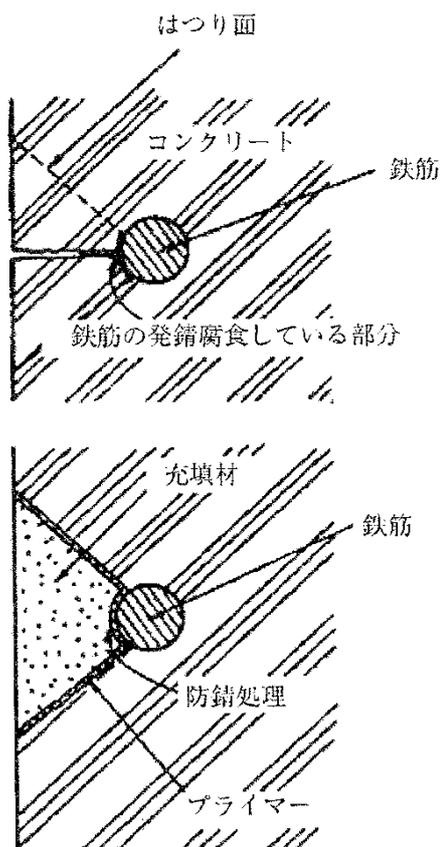
図資 4-4 鉄筋が腐食していない場合の充填工法の例



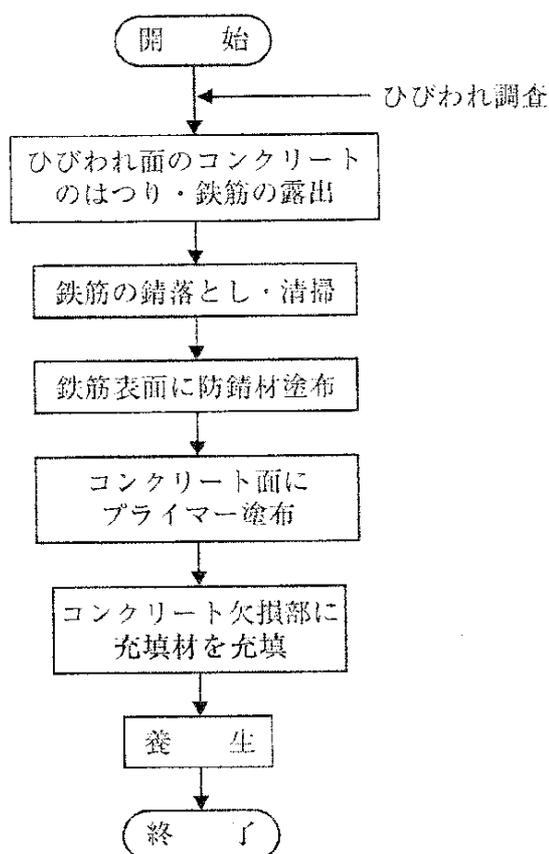
左記に鉄筋が腐食していない場合の充填工法のフローチャートを示す。

なお、充填材には可撓性エポキシ樹脂および、ポリマーセントモルタル等がある。

鉄筋が腐食していない場合の、充填工法のフローチャート



図資 4-5 鉄筋が腐食している場合の
充填工法の例



鉄筋が腐食した場合の
充填工法フローチャート

鉄筋が腐食している場合の留意事項

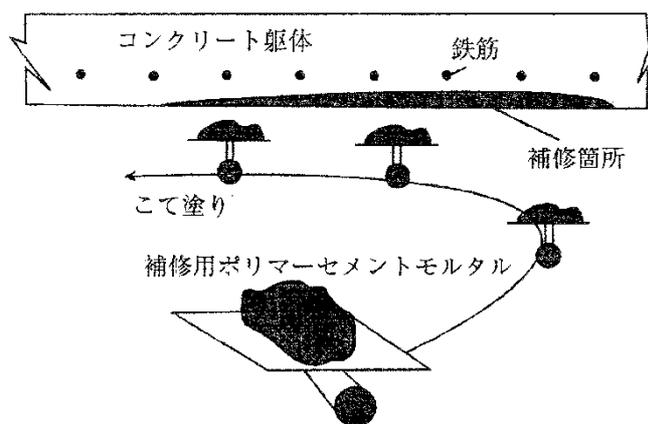
- ①腐食した鉄筋の錆を完全に除去する。
- ②ひび割れが発生していない部分の鉄筋も腐食していることが多いので、この部分も含めて補修する。
- ③ひび割れは進行性で、ひび割れが拡大することが多いので、変形追従性の大きい補修材料を使用する。

3. 断面修復工法

劣化したコンクリートを除去した後に断面を修復する工法である。

(1) 左官仕上げ工法

比較的小規模な断面の修復に適用する工法である。修復部位と修復厚さの関係は天井など、上裏面では 20 mm 程度以下、壁、柱などの垂直面では 50 mm 程度以下であるとされている。



施工手順

- ①プライマーを刷毛等で塗布する。
- ②プライマーの指触乾燥以内にコテ、ヘラ等でモルタル状の材料をはつり面にすりつけながら充填する。
- ③左官コテで表面を平滑に仕上げて形状を修復する。

図資 4-6 左官仕上げ工法の例

(2) 吹付け工法

吹付け工法とは、コンクリートやモルタルを圧縮空気によって、吹付け施工する方法である。補修断面が比較的大規模な場合び適用され、乾式吹付け工法と湿式吹付け工法に大別される。

吹付け工法の長所と短所

・長所

- ①締め固め・振動作業が不要。
- ②必要な型枠数が少ない。
- ③型枠にかかる側圧が少ない。
- ④広い範囲に薄く施工可能。
- ⑤斜面や上面に型枠を設置しないで施工可能。
- ⑥複雑な形状の製造に対応可能。
- ⑦型枠工等の軽減で施工時間が短縮される。

・短所

- ①施工精度が機械操作者の能力に左右される。
- ②急結材等の特殊な混和材が必要になる。
- ③配合条件(水セメント比等)が限定される。
- ④硬化条件(強度・耐久性等)が変動しやすい。
- ⑤吹付け機械の能力に施工が左右される。
- ⑥跳ね返った材料の処理が必要になる。

(3) プレパックド工法

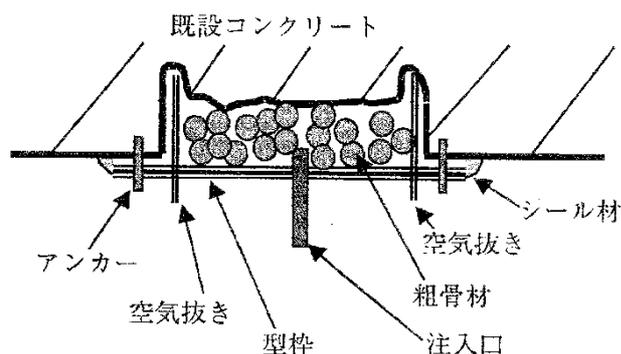
断面欠損部が小さな場合には、左官小手でモルタルを塗りつける方法がつかわれる。

しかし断面欠損が大きい場合には、左官コテで塗りつける工法では充填するモルタルを厚くすると重量で付着したモルタルが剥離する恐れがあるので、1回仕上げ厚をあまり厚く出来ない。そのため何層も塗り重ねる必要があるため、施工時間がかかるといった問題点がある。

それらを改善する方法として断面欠損部にあらかじめ粗骨材を型枠の中に詰めておき、詰めた粗骨材間の空隙中にモルタル、樹脂などを注入充填してコンクリートとする工法である。

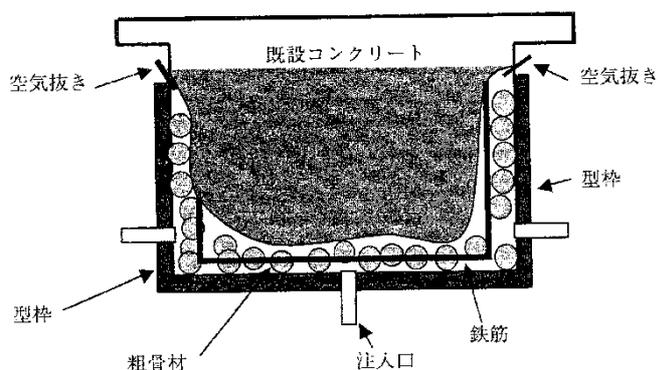
施工手順

- 1) 断面欠損の浮き、劣化したコンクリートを取り除き、鉄筋がさびている場合は防錆処理を施す。
- 2) 劣化断面が大きな場合は、補修部分全体が剥離する恐れがあるので、アンカーボルトを打設し、充填部剥離防止処理を施しておく。
- 3) 壁等で型枠内の空気が上に集まる場合は、型枠上部に空気抜パイプを設置する。空気抜きパイプの設置に関しては、空気溜まりが出来ないように配置する。



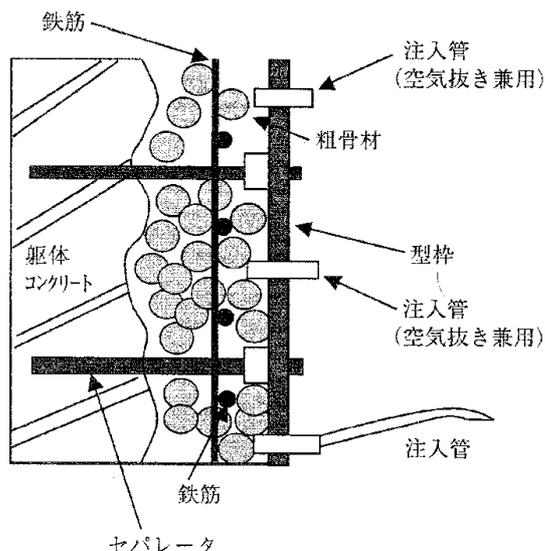
図資 4-7 天井部注入口と空気抜きの設置状況

- 4) 粗骨材を投入するに当たり、モルタルを充填する場合は、10 mm ～20 mm の碎石、あるいは川砂利を使用する、エポキシ樹脂の場合には流動性が良いので5 mm ～10 mm の粗骨材で良いと考えられる。粗骨材の投入は、圧搾空気で吹き込むなどの方法で、型枠内に奥の方から順番に充填する。
- 5) 注入パイプを設置する。



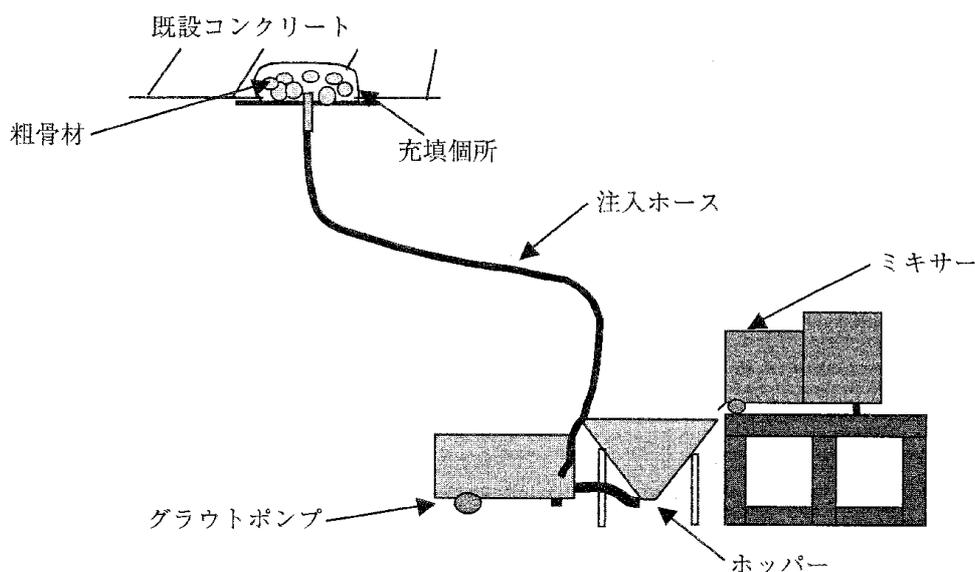
図資 4-8 梁部分の注入口、空気抜きの設置状況

- 6) プレパックド工法の充填材には、型枠の隅々まで行き渡るような流動性と、硬化後、乾燥収縮しないといった安定性と、強度が要求される。材料の品質データ、使用実験を調査し、使用材料を選定する。
- 7) 注入は内部の空気に逃げを想定しながらゆっくりと行う。空気抜きから良質なモルタルが流出することを確認するまで行う。流出するモルタルが所定の品質の物であることを確認した後に、バルブを閉め、次の注入箇所に移り替える。



図資 4-9 壁部の注入管、空気抜き設置状況

- 8) 以下、養生を終えた後型枠を脱型する。



図資 4-10 充填方法概念図

4. 止水工法

鉄筋コンクリート構造物における、ひび割れと水に関するものは大きな問題であり、ひび割れから水が進入して鉄筋の腐蝕を促進し、コンクリート構造物の耐久性低下や不都合を生じるとともに美観なども著しく損ねており、また継ぎ目の無いコンクリート構造物は現実にはあり得ず、この継ぎ目からの漏水は鉄筋に損傷を与えたり、電気系統に影響を与える場合がある。

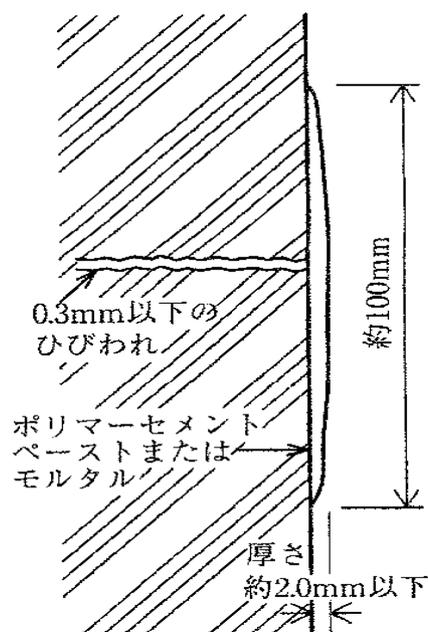
止水工法とは、ひび割れや継ぎ目からの漏水減少を止め、コンクリートの中の鋼材の錆の成長を抑制する補修工法である。

(1) ひび割れの補修方法

表資 4-4 ひび割れ幅に対する補修法と補修材料

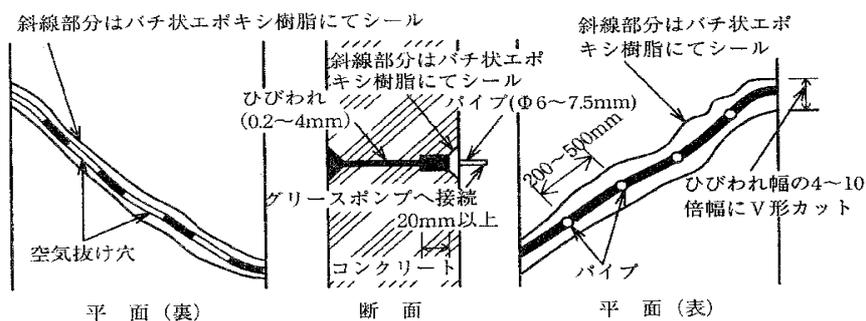
ひび割れ幅	補修法	ひび割れの進行	シーリング材	注入材料
<0.3mm	シーリング法	している	弾性系材料	注入せず
		していない	ポリマーセメント系	注入せず
0.2～4.0mm	樹脂注入法	している	弾性シーリング材 パテ状エポキシ樹脂	エポキシ樹脂 弾性シーリング材
		していない	パテ状エポキシ樹脂	エポキシ樹脂
>3.0mm	材料圧入法	している	弾性シーリング材 パテ状エポキシ樹脂	ポリマーセメント系 エポキシ樹脂
		していない	パテ状エポキシ樹脂	ポリマーセメント系 エポキシ樹脂
>0.3mm	電動式機械 圧入法	していない	ホットメルト型 シーリング材	エポキシ樹脂

(2) 表面シーリング工法



図資 4-11 表面シーリング工法の概念図

(3) 充填・注入工法



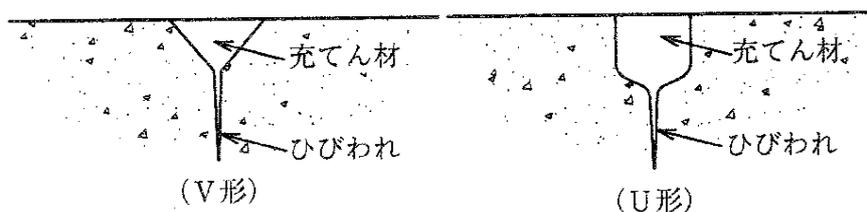
図資 4-12 貫通ひび割れの補修法

対象となるひび割れ幅は、0.2 mm ～4.0 mm の貫通ひび割れの場合が多く、充填溝のサイズは、ひび割れ幅の 10～5 倍を一辺とする二等辺三角形とし、ひび割れ幅が 600 mm に達する場合は、200mm ～500 mm 間隔に樹脂注入口を設け、 $\phi 6\sim 7.5$ mm のパイプをコンクリート表面に V 字形カット内に挿入・固定する。

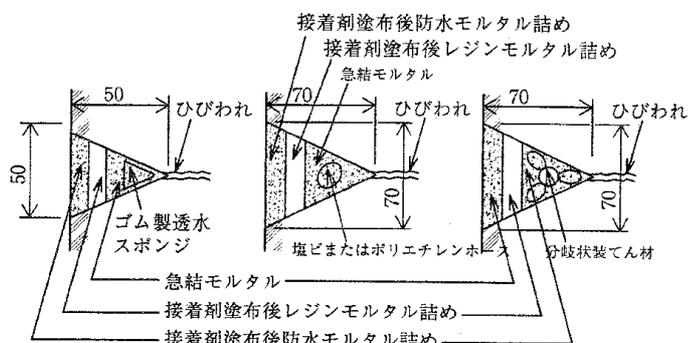
注入は、最下部、最端部の 1 点から注入し、反対側の空気抜け穴から樹脂が漏出したのを確認した上で、隣接するパイプに移動する。

表資 4-13 注入方法による区分

	ひび割れ幅	注入用具	注入圧	注入時間	その他
手動式	0.25～5.0mm	グリースポンプ	低圧～高圧	人力によるため時間が長く掛かる	注入圧や速度の加減がし易い
機械式	0.25mm以下	自動混合注入機	高圧		1箇所当たりの注入量が確認しにくい
自動式	0.25～5.0mm	ゴム圧、バネ圧等のカプセル	低圧	低圧で自動圧入する	注入管理がし易い



図資 4-13 充填用溝

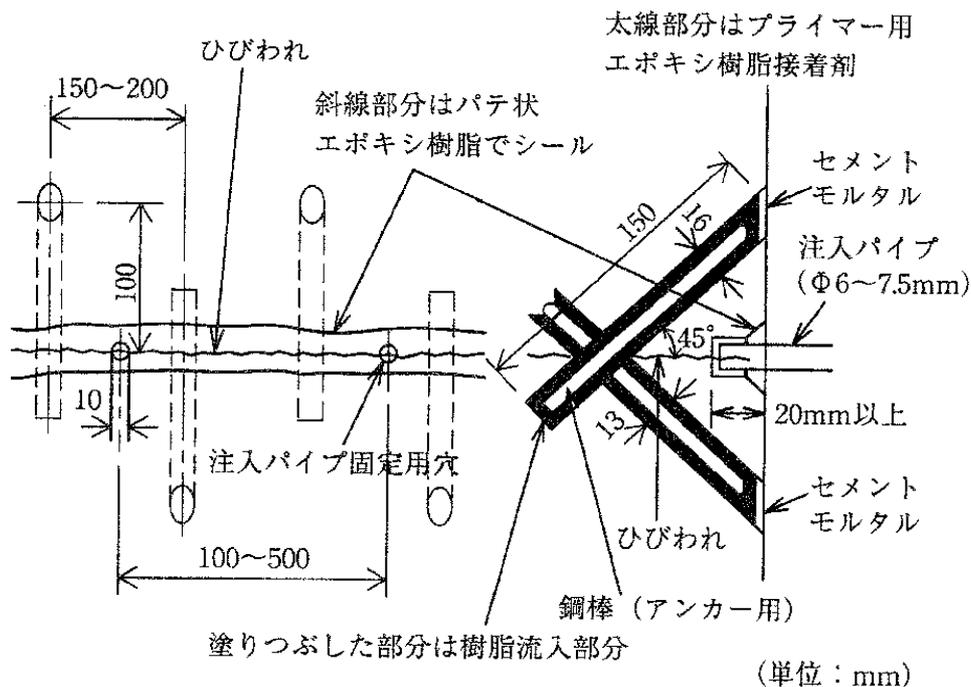


図資 4-14 漏水状態での補修法

(4) アンカー補強を必要とする補修工法

コンクリートにひび割れが発生した場合、原因が材料・施工からくる収縮ひび割れ以外は、構造的に保持し得る一体強化をしなければならない。

この場合は、ひび割れを介して新しく穴をあけ、樹脂を注入し、表面の除錆・脱脂した鋼棒またはパイプを挿入し、一体化を図る補修工法が採られる。



図資 4-15 アンカー工法