

SS工法技術資料

コンクリート・基礎クラックひび割れエポキシ樹脂注入補修工法

自動式低圧樹脂注入工法とは

定義 空気圧、ゴム圧およびバネ圧などを利用して加圧できる専用器具を用いて、コンクリートに発生したひび割れに補修材料（エポキシ樹脂あるいは無機系注入材）を注入する工法である。低圧の定義は 0.4N/mm^2 以下の加圧と規定している。

特徴

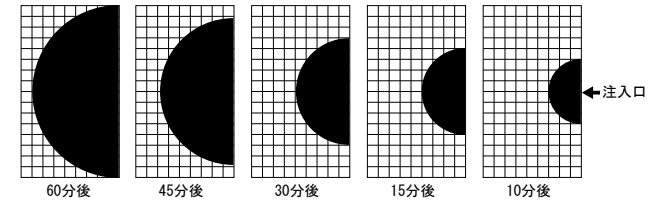
1. 専用器具に補修材料を充填すれば、後は人手が不要で、補修材料は専用器具の加圧で自動的にひび割れ内に注入される。
2. 注入の作業は簡便であり、補修材料が確実に安定してひび割れに注入できるので、施工管理上の手落ちが少ない。
3. 補修材料を充填する専用器具は透明度が高いので、肉眼で補修材料の充填量を把握することができる。従って、ひび割れに補修材料が注入される状況や注入量が正確に把握できる。
4. ひび割れへの注入状況は、図2.1.に示すように同心円状に綺麗に広がり、注入圧力によってひび割れやはがれを助長することがない。

開発元：ビルシステム株式会社

〒177-0034東京都練馬区富士見台1-2-7

Tel：03-3990-4393 Fax：03-3990-4309

URL：www.bsystem.co.jp Mail：bs@bsystem.co.jp



スリットの幅：1.0mm、注入圧力： 0.1N/mm^2 、エポキシ樹脂の粘度： $6000\text{mPa}\cdot\text{s}$

図2.1.1 注入時の樹脂の挙動

5. 建設省(当時)の総プロ「建築物の耐久性向上技術の開発」や官民連帯共同研究「外装材の補修・改修技術開発」などの対象工法であり、諸官公庁の改修のための仕様書に採用されている。

6. ひび割れに注入する補修材料としては、エポキシ樹脂のみでなく、無機系注入材も使用でき、

湿潤面への適用も可能である。

SS (スタティック・スクイズ) 工法
ビルシステム株式会社



ゴムの復元力で注入

自動式低圧樹脂注入工法で補修したひび割れ部の耐久性について

建設省(当時)官民連帯共同研究抜粋(1989～1998 年)

1. 背景と目的

コンクリートのひび割れやモルタルの浮きにエポキシ樹脂を注入して補修する工事では、従来、手動によりグリガンを用いて注入する方法が採用されてきた。この方法は、施工する技能者の経験に左右されること、また、ひび割れ幅による注入効果の制限がある。

一方、低圧で自動的に注入する自動式低圧樹脂注入工法は、上記の問題点を解決し、特に、手動式では注入が困難とされていた微細なひび割れにも十分に注入を可能にした。

この工法は、本共同研究の開始当時(1989年)、従来の手動式工法に比較して実績も少なく、工法、使用材料にも標準化されたものがなかった。そこで、本共同研究で自動式低圧樹脂注入工法を検証するとともに、標準施工指針を作成するための基礎資料を得るために実施した。

2. 研究の概要

鉄筋コンクリート試験体(150×150×600mm)を用い、中央集中載荷による曲げ試験で、中央部にひび割れを強制的に発生させた。そのひび割れに自動式低圧樹脂注入工法でエポキシ樹脂を注入し、屋外暴露を行った後、補修後の接着性

状を曲げ試験で評価した。また、促進中性化試験で補修部の中性化の進行および鉄筋の腐食状況を調査した。

(1) エポキシ樹脂の種類

- ・硬質形エポキシ樹脂

- ・軟質形エポキシ樹脂(伸び率50%以上、100%以上)

(2) 試験条件

- ① 屋外暴露試験：建設省(当時)建築研究所

- ② 促進中性化試験：20℃、60%RH、CO₂濃度5%

(3) 屋外暴露材齢

注入後暴露試験開始前、1年、3年、5年

3. 結 論

- (1) 自動式低圧樹脂注入工法でひび割れを補修した場合、エポキシ樹脂の種類(硬質形、軟質形)に関係なく、暴露5年経過しても接着性状が低下しない。
- (2) 自動式低圧樹脂注入工法でひび割れを補修した場合、各工法のひび割れ部の中性化深さは10mm 以下である。
- (3) 自動式低圧樹脂注入工法でひび割れを補修した場合、中性化促進試験では、促進5年後で50mm 程度(硬質形エポキシ樹脂)である。また、軟質形エポキシ樹脂では100mm 以上である。
- (4) シーリング工法は、促進3年で全補修断面(150mm 以上)が中性化し、促進5年でも同様な結果であった。



写真3.3.1 試験体の作製状況



写真3.3.2 暴露試験状況(建設省建築研究所：つくば市)



写真3.3.3 曲げ試験状況

4. 試験結果
4.1 接着性状

(1) 屋外暴露試験による曲げ強度の変化

屋外暴露年数と曲げ強度の比率との関係を図3.4.2に示す。図は補修前の曲げ強度を100とした比率で表した。エポキシ樹脂の種類に関係なく、暴露年数が5年経過しても補修前の曲げ強度を上回っており、接着性状が低下しないことが確認された。

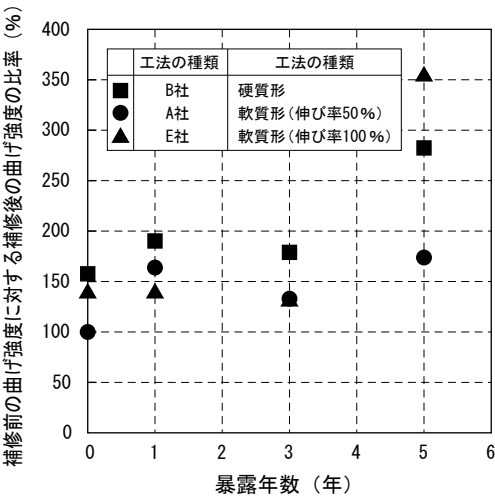


図3.4.2 屋外暴露年数による強度変化

4.2 中性化深さ

(1) 自動式低圧樹脂注入工法の比較

屋外暴露5年で中性化深さを自動式低圧樹脂注入工法の各社工法で比較した結果を図3.4.3に示す。屋外暴露5年経過しても、各工法の中性化深さは10mm以下であり、エポキシ樹脂がひび割れ面に完全に接着しているため、その部分の中性化が進行しにくいものと云える。

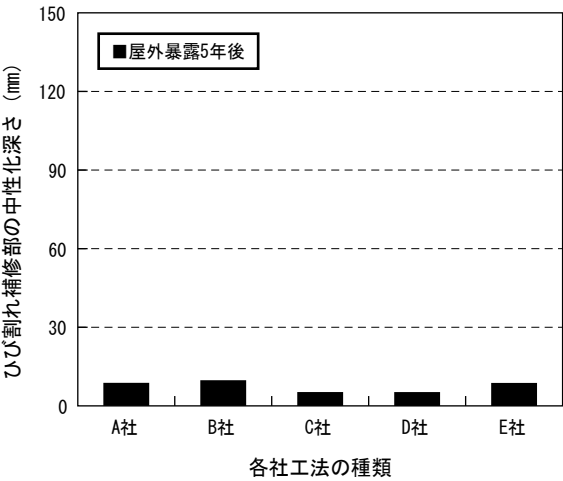


図3.4.3 各工法の比較

(2) 屋外暴露試験による中性化深さの変化

屋外暴露年数に伴う中性化深さの変化を図3. 4. 4. に示す。エポキシ樹脂の種類に関係なく、暴露年数が5年経過しても自動式低圧樹脂注入工法を用いると中性化深さは10mm 以下である。また、シーリング工法でも同程度の中性化深さであった。

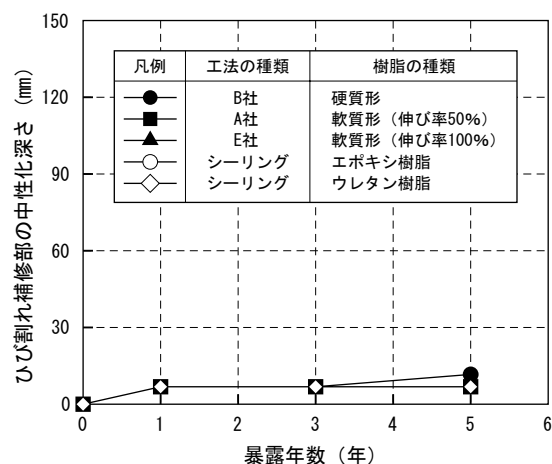


図3. 4. 4 中性化深さの経時変化

(3) 中性化促進試験による中性化深さの変化

中性化促進年数に伴う中性化深さの変化を図3. 4. 5. に示す。エポキシ樹脂の種類を比較すると、硬質形エポキシ樹脂を用いると促進5年経過しても50mm 程度の中性化であるが、軟質形エポキシ樹脂では促進5年で100mm 以上の中性化になる。しかし、シーリング工法では、促進3年で全補修断面が中性化し、促進5年でも同様な結果であった。中性化促進試験による結果から、自動式低圧樹脂注入工法の方が、シーリング工法に比較して補修断面が中性化しにくいと云える。

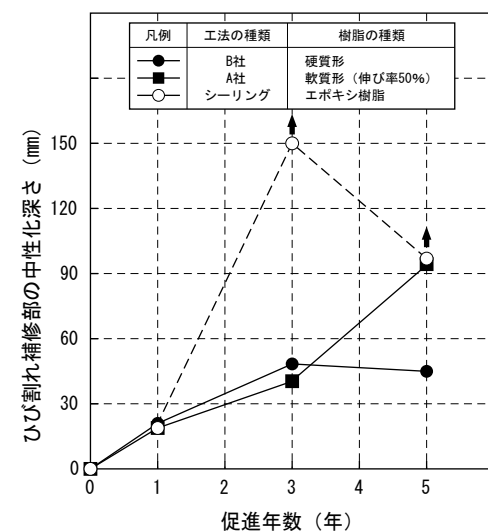


図3. 4. 5 中性化促進試験による中性化深さの経時変化

関連資料

1. 建築改修工事共通仕様書（平成14 年度抜粋）

【国土交通省大臣官房官庁営繕部】

4.3.1
適用範囲
4.3.2
ひび割れ部改修
一般事項
4.3.4
樹脂注入工法

3節 コンクリート打放し仕上げ外壁の改修

この節は、コンクリート打放し仕上げ外壁の改修に適用する。

外壁ひび割れ部から漏水している場合又は、ひび割れ部から錆汁がでている場合は、事前に監督職員と協議を行う。

- (a) エポキシ樹脂注入の施工に当たって、各ひび割れ毎に使用した注入量を測定し、監督職員に報告し、必要に応じて協議を行う。
- (b) 注入工法の種類は、次により、適用は、特記による。特記がなければ自動式低圧エポキシ樹脂注入工法とする。
- (1) 自動式低圧エポキシ樹脂注入工法
- (2) 手動式エポキシ樹脂注入工法
- (3) 機械式エポキシ樹脂注入工法
- (c) 自動式低圧エポキシ樹脂注入工法
- (1) ひび割れに沿って幅50mm程度 度の汚れを除去し、清掃する。
- (2) 注入間隔は、特記による。特記がなければ200～300mm間 隔とする。
- (3) 注入器具又は台座をひび割れが中心にくるようにして、仮止めシール材等で取り付ける。
- (4) 仮止めシール材は、製造所の仕様により、2成分形の場合は、主剤と硬化剤を正確に計量し、均一になるまで混練りする。
- (5) ひび割れ部に沿って仮止めシール材をパテヘラ等で幅30mm、厚さ2mm程度 にシールする。
- なお、裏面に注入材料が漏れるおそれのある場合は、監督職員と協議し、裏面に仮止めシール材を行うか又は裏面より流出しない粘度の注入材を使用する。
- (6) エポキシ樹脂の注入量は、特記による。
- (7) エポキシ樹脂注入材料は、製造所の仕様により、主剤と硬化剤を正確に計量し、均一になるまで混練りする。
- (8) 混練りしたエポキシ樹脂を注入器具に入れ、ゴム、パネ、空気圧等により、注入圧を0.4N/m²以下として注入する。
- (9) 注入時は、台座やシール部からの漏れをチェックし、注入器具内のエポキシ樹脂の減量状態を確認して、足りない場合は補充する。
- なお、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。
- (10) エポキシ樹脂注入材の硬化を見計らい仮止めシール材及び注入器具を適切な方法で撤去し、清掃を行う。

<< 中 略 >>

(f) 検 査

- コア抜き取りによるひび割れ部の注入状況の検査は、次により、適用は、特記による。
- (i) 抜き取り個数は、ひび割れ長さ500mmまでは3個とし、500mmを超える場合は、500mmごと又はこの端数につき1個のコアを採取する。
- (ii) コアの形状は、径50mm、深さ70mmとする。
- (iii) 抜き取り部分の補修方法は、特記による。

2. 保全工事共通仕様書（平成13 年度抜粋）【都市基盤整備公団】

4節 コンクリート打放し工法修繕

3.4.1
適用範囲
3.4.2
自動式低圧
樹脂注入工法

本節は、外壁等コンクリート打放し工法（MF工法、PC工法、在来工法）の修繕工事に適用する。

1 本項は、外壁等のコンクリートひび割れ幅が1.0mm未満の場合に、自動式低圧樹脂注入工法を用いてエポキシ樹脂注入を行う修繕に適用する。

2 材 料

- (1) 材料は、JIS A 6024（建築補修用注入エポキシ樹脂）による硬質形を標準とし、適用区分は3.4.1表及び3.4.2表による。なお器具の品質は3.4.3表による。

3.4.1表 注入用エポキシ樹脂の適用区分

低 粘 度 形	ひび割れ幅0.5mm未満
中 粘 度 形	ひび割れ幅1.0mm未満

3.4.2表 施工時期による使用区分

一 般 用	主として春秋及び夏季に用いるものをいう。(10～35℃)
冬 用	主として冬季に用いるものをいう。(5～15℃)

3.4.3表 自動式低圧樹脂注入工法用器具の品質

試験項目		判定基準
容器の容量		樹脂の貯留量が最大で15cc～70ccの範囲であること
最大加圧		容器の加圧力が最大0.4N/mm ² 以下の構造であること
安全性	a)	作業中に、風圧や軽い接触で剥落等の危険がないこと
	b)	注入作業中に、樹脂の漏れや破裂等の危険性がないこと
部位への対処機能		床、壁及び天井等あらゆる部位に施工可能なこと
樹脂の補充性		容器が空になったとき、直ちに樹脂の追加が可能な構造であること
経済性		樹脂がゲル化して半硬化するまで設置可能なもの

- (2) 台座固定用接着剤
台座固定用接着剤は、エポキシ樹脂系又はホットメルト系接着材等で、注入完了後容易に剥離が可能なものとする。接着剤の品質は製造所の仕様による。
- (3) 仮止め用シール材
仮止め用シール材は、注入材料製造所の製品とし、種類は弾性シール材又は二成分形速硬性エポキシ樹脂とし、注入完了後、容易に剥離が可能でその跡が残らないものとする。
- (4) 保管、取扱い
エポキシ樹脂の保管、取扱いは、次による。
- イ 3.4.1表で使用するエポキシ樹脂は、同一製造所の製品とする。
- ロ 製造年月日から6ヶ月を経過した製品は、使用してはならない。
- ハ 材料の搬入数量、使用数量、空缶の数量については監督員の確認を受ける。

3 工法

- (1) 器具取り付け位置の決定
- イ ひび割れの長さ、幅、深さ等を調査し、器具取り付けの位置を決定する。
 - ロ 取り付け間隔は25cm を標準とするが、現場の状況により決定し、取り付けの位置及び間隔は監督員の確認を受ける。
- (2) 器具の固定とひび割れ部のシール
- イ ひび割れ箇所の器具取り付け周囲の5cm程 度をワイヤーブラシ、圧搾空気等を用いて清掃する。塗料や、吹付け仕上げ材が施工してある場合は、原則として取り除く。また、台座は接着剤で固定する。
 - ロ ひび割れ部分にはエポキシ樹脂が漏れないように仮止めシールをする。
- (3) 注入
- イ 注入は接着及びシール材が硬化後に行う。
 - ロ 注入用エポキシ樹脂は、計量器を用い、定められた重量比の主剤及び硬化剤を計り取り、できるだけ空気が混じらないように色が均一になるまで混練りする。
 - ハ 1回の混合量は3kg以内とする。
 - ニ 混練りしたエポキシ樹脂は速やかに注入容器に満たし、注入を開始する。その際、ひび割れ幅、深さ等を考慮して器具への充填量を調整する。
 - ホ 固定部やシール材より注入用エポキシ樹脂の漏れがないか確認する。

4 養生、撤去

- (1) 注入後、原則として器具を取り付けたまま12時間以上養生する。
- (2) 養生後、器具を取外し、シールを除去し清掃する。

5 現場試験

- (1) エポキシ樹脂ひび割れ注入範囲及び注入量（確認）の測定試験
- イ 試験方法
施工箇所を無作為に3箇所以上選り出し、注入部の両端2箇所でもコア抜き取り試験を行う。なお、コアの径は50mmとし、深さは鉄筋を避け70mm程度とする。
 - ロ 確認事項
樹脂がひび割れの長さ、幅、深さに充填されているか、また、形状から注入量を算出し、その注入量を注入容器残量から同程度の注入量かを確認する。
- (2) 注入器具の圧力試験
- 注入器具の一端に圧力計を装着した後、樹脂を規定量充填し、所定の圧力に達しているかを確認する。
- (3) 試験後の穴埋め処理
- 試験後の穴埋め処理等は、3.2.3による。

3. JISA6024 建築補修用注入エポキシ樹脂（1998 年版抜粋）

1. 適用範囲 この規格は、主としてモルタル、タイル、コンクリートなどのひび割れ、浮きの補修及びアンカーピンの固定に用いられる主剤と硬化剤からなる建築物の補修用注入エポキシ樹脂（以下、エポキシ樹脂という。）について規定する。
3. 種類及び記号 エポキシ樹脂は、その硬化物の引張破壊伸び、粘性及び施工時期によって、表1、表2及び表3のとおり区分する。

表1 エポキシ樹脂の種類

種類	記号	区分内容
硬質形	1	引張破壊伸びが ⁶ 10%以下のもの。
軟質形	2	引張破壊伸びが ⁵ 50%以上のもの。

表2 粘性による区分

種類	記号	区分内容
低粘度形	L	主としてひび割れの補修に用いる低粘度のもの。
中粘度形	M	主としてひび割れ、浮きの補修に用い、中粘度で揺変性を付与したもの。
高粘度形	H	主として大きなひび割れ、浮きの補修に用い、高揺変性を付与したもの。アンカーピンの固定には硬質形を用いる。

表3 施工時期による区分

種類	記号	区分内容
一般用	R	主として春季、夏季及び秋季に用いるもの。
冬 用	W	主として冬季に用いるもの。

4. 品 質

- a) エポキシ樹脂は、均質で、接着に有害と認められる異物の混入があってはならない。
- b) エポキシ樹脂は、ひび割れ及び浮きに注入でき、硬化後均質な硬化物とならなければならない。
- c) エポキシ樹脂は、5.1によって試験し、表4又は表5の規定に適合しなければならない。
- d) エポキシ樹脂は、常温常湿⁽¹⁾において、有効期間又は有効期限まで保存してa)～c)の規定に適合しなければならない。
- 注⁽¹⁾：常温常湿とは、JIS Z 8703に規定する、温度5～35℃、湿度45～85%をいう。

表4 硬質形エポキシ樹脂の品質

試験項目		試験条件	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	
粘性	粘度 mPa・s	23±0.5℃	100～1,000		5,000～20,000		—		
	チキソトロピック インデックス	23±0.5℃	—		5±1		—		
	スランプ性 mm	15±2℃	—		—		—	5以下	
		30±2℃	—		—		5以下	—	
接着強さ N/mm ²		標準条件	6.0以上		6.0以上		6.0以上		
		特殊 条件	低温時	—	3.0以上	—	3.0以上	—	3.0以上
			湿潤時	3.0以上		3.0以上		3.0以上	
			乾湿繰返し時	3.0以上		3.0以上		3.0以上	
硬化収縮率 %		標準条件	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		
	体積変化率	—	5以下		5以下		5以下		
引張強さ N/mm ²		標準条件	15.0以上		15.0以上		15.0以上		
引張破壊伸び %		標準条件	10以下		10以下		10以下		
圧縮強さ N/mm ²		標準条件	—		—		50.0以上		

表5 軟質形エポキシ樹脂の品質

試験項目		試験条件	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	
粘性	粘度 mPa・s	23±0.5℃	100～1,000		5,000～20,000		—		
	チキソトロピック インデックス	23±0.5℃	—		5±1		—		
	スランプ性 mm	15±2℃	—		—		—	5以下	
		30±2℃	—		—		5以下	—	
接着強さ N/mm ²		特殊条件	標準条件		3.0以上		3.0以上		
			低温時	—	1.5以上	—	1.5以上	—	1.5以上
			湿潤時	1.5以上		1.5以上		1.5以上	
			乾湿繰返し時	1.5以上		1.5以上		1.5以上	
硬化収縮率 %		標準条件	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		
	体積変化率	—	5以下		5以下		5以下		
引張強さ N/mm ²		標準条件	1.0以上		1.0以上		1.0以上		
		低温時	1.0以上		1.0以上		1.0以上		
		加熱劣化時	1.0以上		1.0以上		1.0以上		
引張破壊伸び %		標準条件	50以上		50以上		50以上		
		低温時	50以上		50以上		50以上		
		加熱劣化時	50以上		50以上		50以上		

5.7.2 試験体 5.1 b) の試料をJIS K 7113の5. (試験片) に示す寸法の試験片が得られる金型に充てんし、5.1 a) の試験室の状態7日間養生し、脱型したものを用いる。ただし、硬質形は1号試験片、軟質形は2号試験片とする。

5.7.3 試験器具 試験器具は、次のとおりとする。

a) 恒温機 表8の試験温度80±3℃を14日間以上保持できるもの。

b) 試験機 破断荷重が試験機の容量の15～85%に相当するもの。

5.7.4 試験方法 試験はJIS K 7113の7. (操作) に従い、引張強さと及び引張破壊伸びはJIS K 7113の8. (計算) に従い算出する。ただし、試験速度は、硬質形は5mm / m in、軟質形は20mm / m inとする。

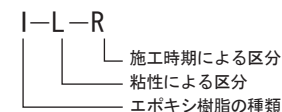
5.8 硬質形エポキシ樹脂の圧縮強さ

5.8.1 試験体 5.1 b) の試料を5.5.1に示す金型に充てんし、5.1 a) の試験室の状態7日間養生し、脱型したものを用いる。

6. 検 査 エポキシ樹脂は、JIS Z 9001によってロットの大きさを決定し、合理的な抜取検査方式によって試料を抜き取り、4.の規定に適合しなければならない。

なお、4.d) については、品質に影響を及ぼす技術的生産条件を変更したときに行う。

7. 製品の呼び方 エポキシ樹脂の呼び方は、記号によって次のとおりとする。



8. 表示 エポキシ樹脂の容器には、容易に消えない方法で次の事項を表示しなければならない。

a) 規格の名称、種類の名称又は記号

b) 製造業者名又はその略号

c) 製造年月日又はその略号

d) 有効期間又は有効期限

e) 硬化剤の種類

f) 主剤と硬化剤の混合比

g) 初期硬化性

h) 正味質量

i) 取扱い注意事項

8. 取扱い注意事項 エポキシ樹脂の容器には、次の事項を記載しなければならない。

a) 保管には直射日光を避け、常温⁽¹⁾で行う。

b) 気温5℃以上で使用する。

共同研究「外壁補修・改修技術の耐久性評価」報告書

8.まとめ

「外壁補修・改修技術の耐久性評価」としてコンクリートのひび割れを、エポキシ樹脂注入によって補修した場合について、その耐久性を平成元年4月から共同研究として取り組んできたが、エポキシ樹脂注入によるコンクリートのひび割れ補修は、その機能を十分に果たすことが出来ると判断される。

この度の研究で行った各評価項目についての纏めは、以下の通りである。

1) 自動式低圧樹脂注入工法によるひび割れ注入性

自動式低圧樹脂注入工法でのひび割れ補修は、メーカーの違いによる注入方式に関わりなく、十分に注入される。

2) ひび割れ補修によるコンクリート強度の回復

① 注入されたエポキシ樹脂が硬質であるか軟質であるかに関わりなく、補修後のコンクリート強度は初期のコンクリート強度を上回り、かつ経年による強度の低下が観察されないことから、エポキシ樹脂注入によるコンクリートのひび割れ補修は、その機能を十分に果たすことが出来る。

② 軟質エポキシ樹脂によるひび割れ補修が、硬質エポキシ樹脂と同等若しくはそれ以上の補修効果を発揮することが観察されたが、軟質エポキシ樹脂でひび割れ補修した時のひび割れに対する作用・効果について明らかにすることが出来なかった。今後の課題と考える。

3) コンクリートの中性化に対する影響

エポキシ樹脂によるひび割れ補修が、中性化を促進するなどの悪影響は観察されないことから、影響が無いものと判断される。

4) 鉄筋腐食への影響

エポキシ樹脂によるひび割れ補修が、コンクリート中の鉄筋腐食を促進するなどの悪影響は観察されないことから、影響が無いものと判断される。

以上

平成10年3月

建設省建築研究所

低圧樹脂注入工法協議会

謝 辞

コンクリートのひび割れに、エポキシ樹脂などを注入して補修する方法は、昭和30年代後半から行われていましたが、ひび割れ幅が小さければ小さいほど、高圧で注入しなければ、良く入らないと考えられていました。

昭和51年、ゴムの復元力を応用した自動式低圧樹脂注入工法の特許が出願されてから、数社で類似工法の研究が行われ、上記の他、バネ圧、空気圧等を応用した注入器具が開発され、5～6社から自動式低圧樹脂注入工法が上梓されました。

本工法の普及を諮るため、今泉勝吉工学院大学教授(当時)のご指導を戴いて、本工法を上梓した各社が大同団結し、昭和61年12月1日に低圧樹脂注入工法協議会を設立致しました。

当協議会は、建設省建築研究所等共同研究実施規定(昭和51年4月1日建設省訓第4号)に基づく、建設省建築研究所との共同研究を締結致しました。

この間の研究に関しては、建設省建築研究所の上村克郎所長(当時)、楡木堯第2研究部長(当時)、本橋隼司主任研究員(当時)のご指導を仰ぎながら、自動式低圧樹脂注入工法の基礎技術の確立、注入の理論、長期耐久性の確認などの研究成果を得ることが出来ました。

自動式低圧樹脂注入工法は、平成元年には住宅都市整備公団の「保全工事共通使用書」、平成4年には建設省の「建築改修工事共通仕様書」に採用になり、休息に普及して参りました。

注入工事後の検査は、いまだに非破壊試験では不可能に近く、それゆえに注入工事は、用いた工法の信頼性と施工者の技量の上に成り立っております。

当協議会の会員各社は、お互いに競合会社でありながら一致団結し、節度を守って過当競争などに陥ることなく、今日の秩序ある市場を築けましたことは、素晴らしいか委員の団体であることを誇りに思っております。

ここに、上記の各氏をはじめ、建設省、住宅都市整備公団等の所管庁、学会、ゼネコン、及び専門工事業の皆様にご多大なご指導とご支援を戴きました事を心より感謝申し上げます。

社会資本である建造物の寿命を延ばす自動式低圧樹脂注入工法は、地球環境に最も優しい工法の一つと確信しております。本工法が益々発展する事を記念して謝辞に代えさせていただきます。

平成10年3月

低圧樹脂注入工法協議会
会長 篠原 順 郎