

ひび割れ補修工法「エポウェット」の開発 Development of Epoxy Resin [EPOWET] for Crack Repair

小柳 光生 Mitsuo Koyanagi
川口 徹 Toru Kawaguchi
住野 正博 Masahiro Sumino

1. はじめに

ひび割れ注入補修工法のうち、エポキシ樹脂は、施工の簡便さや優れたひび割れ接着性能を有するなどの理由から最も使用実績の高い注入材である。しかし従来のエポキシ樹脂の場合、湿潤状態では接着性能が低下する、表面に漏れた場合に汚れの仕上げ処理が困難などの問題があった。今回、開発した注入材は、水可溶性のエポキシ樹脂であり、従来のエポキシ樹脂が有する優れた特性、施工性や充填性は確保しつつ、湿ったコンクリート面へも強い接着力を保持する新しいタイプのエポキシ樹脂である。表面に漏れた樹脂は濡れウェスで綺麗にふき取れる特長があるため、自動低圧注入工法と剥離性の仮シールを組み合わせることで、補修跡も残らず、美観に優れた補修材・補修工法として確立した。

2. ひび割れ補修に要求される内容

2.1 要求条件と補修工法

ひび割れを補修する場合、補修工法は以下の3種類に大別される。

- 1) 弾性エポキシ樹脂塗布によるシール
- 2) Uカットシール材充填工法
- 3) ひび割れ注入工法

このうち、1)は外部からの水の侵入に対し、表面部で保護する工法で、ひび割れ幅が小さく動きも少ないひび割れに対して用いられる。2)も同じく表面部で水の侵入を防ぐ工法であるが、可とう性エポキシ樹脂を使用すればひび割れ追従性を有する。しかしUカット跡が残るといった難点がある。3)はひび割れ内部にエポキシ樹脂などで注入、一体化することが出来る。ひび割れの動きが大きい場合はその近傍でひび割れが再発することもあるが、この注入工法は一般的なひび割れ補修工法として採用されている。ひび割れ状況に応じた一般的な補修工法の組合せをFig. 1に示す。

2.2 エポキシ樹脂系注入材の利点

注入工法に使用する注入材には、エポキシ樹脂、無機質系、アクリル系あるいは発泡ウレタンなどがあり、使用場所や要求性能に応じてそれぞれの特性に合った望ましい材料や工法を選定する必要がある。ただ現状として、一般にエポキシ樹脂系注入材を使用する機会が多いが、それはこの注入材には以下のような優れた利点があるからと思われる。

- ・施工が簡便で特殊な施工技術を要しないため、補修業者の制約が無いこと
- ・0.2mm程度の微細なひび割れへの充填性が良好なこと



Photo 1 2液混合型のエポウェット
Epowet made of mixing two materials



Photo 2 流動性の状況
Appearance of Flowing

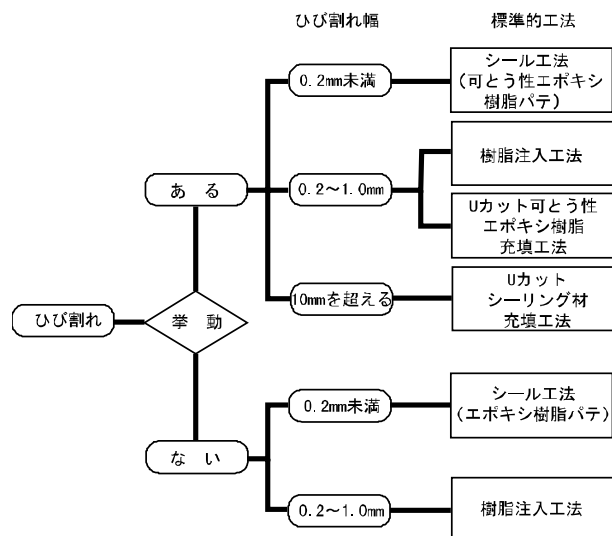


Fig. 1 要求に応じた補修工法の選定
Selection of the Repair method in demand

- ・高い付着強度や引張強度という優れた性能を有すること

2.3 従来のエポキシ注入工法の欠点

しかし、その一方、従来のエポキシ樹脂は湿気を嫌う性質があり、ひび割れ内部が湿った状態では付着性能を損なうという欠点があった。また、コンクリート表面に誤って付着すると、濡れ色となってその汚れが溶剤などでもなかなか除去できないので美観を損なう恐れがあった。そのため、これまで注入補修前のシール処理や事前のシート養生などには神経を使わざるを得ない。

これらの欠点をカバーする注入材として新たな開発を試みた。

3. ひび割れ補修跡を残さないための工法

最近の建物外壁のひび割れ幅は0.2~0.3mm以下が多く、以前のひび割れ幅より小さい傾向にある。これは補強筋比が増加していることやコンクリートの最大スランプが21cm 18cmとなり管理が厳しくなったこととも関係するように推察される。しかし、ひび割れ本数自体は依然として減少していない。Uカット充填補修を行うような大きなひび割れでない場合に、シール工法などで安易に表面補修して、後で補修跡が汚れて目立ち、美観を大きく損ねてしまった事例が多く報告されている。

一方、注入補修の場合も仮シールの選定を誤り、シール跡が目立つことも多い。そこで、ひび割れ補修跡を残さない工法として、剥離性の高い仮シール材が開発されているが、剥離性が高いために表面から漏れる恐れもあった。

ここに紹介する「エポウェット」工法は、水可溶性のエポキシ樹脂を注入材として、剥離性シール材とプラグ（自動式低圧樹脂注入用）を組み合わせた補修跡を残さない工法である（Photo.3 参照）。一般の外壁ひび割れ補修を対象とし、打ち放しコンクリート面の他、塗装仕上げ面にも適用できる。ただし塗装仕上げの場合、事前に剥離性シール材との剥がれ相性を確認しておく必要がある。注入後、翌日にシール材を剥がす際に、ひび割れで脆弱な塗装面を一部傷める場合もあるから、基本的には打ち放しコンクリート面に有利といえる。

4. 性能試験結果

4.1 引張強さ試験結果

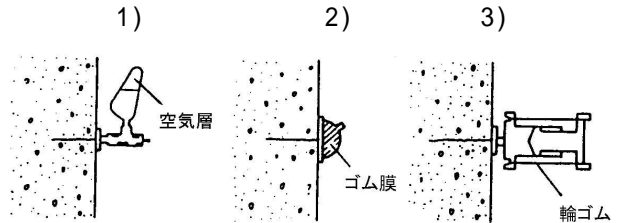
エポウェットの引張強さ試験を行った。試験方法はJIS 7113（プラスチックの引張試験方法）に準じた。20、50%RHの室内で製作し、試験時まで同室内で養生し、載荷時の養生条件は20、5、40の3ケースとした。試験結果から温度20、5、40それぞれの引張強さは13.4、18.9、15.7N/mm²であった。温度20、5、40それぞれの伸び変形は8.0、1.7、4.3%の伸びを示した。温度5になると、伸び変形は小さく冬季の条件を考慮すると、伸び変形はあまり期待できないが、引張強



Photo. 3 樹脂を付着させた時の汚れ具合 Dirty Level on the Wall Attached Epoxy Resin



Photo. 4 仮シールを剥がした状況 Under Remove the Sealant



注入原理

- 1)、2) は逆流防止弁からグリスポンプなどで注入材を入れ圧力タンクの空気圧やゴム膜の復元圧で注入する。
- 3) はポンプの必要がなく、輪ゴムの復元力で注入する。

注入材以外の主な使用材料例

仮止めシール材：

- ・グラウトシールペロン（世界長（株））
- ・剥離シール（コニシ（株））

注入器具：

- ・グラウトプラグA（世界長（株））
- ・ボンドシリンダー（コニシ（株））

Fig. 2 一般的な自動式低圧注入²⁾ Generally Injection Methods by Low Automatic Pressure

度は十分大きいことが分かる。なお引張弾性係数は、 $9 \times 10^9 \text{N/mm}^2$ 程度でこれはコンクリート弾性係数の1/2～1/3である

4.2 圧縮強さ試験結果

試験方法はJIS K 7208による。供試体形状は 50×100 である。20、50%RHの室内で製作・養生し、封かん養生と気中養生の2種類とした。試験の結果、材齢1週目の圧縮強さは封かん、気中それぞれ38.4、48.2 N/mm^2 であり、気中養生の方が多少強度は高かった。ただし圧縮時の弾性係数は680 N/mm^2 程度で、一般のコンクリート弾性係数の1/30程度と小さかった。

4.3 接着強さ試験結果

JIS R 5201（セメントの物理試験方法）に準じてコンクリート試験体を作製し、4週間養生を行った。接着面は、紙やすりを用いてレイタンスを取り除き、接着層の厚さが1mmになるように固定して試料を注入した。試験要因として、乾燥面と湿潤面の接着面2水準とした。その関係で乾燥面の調合は原液そのままであるが、湿潤面の調合は水が混ざる事態を考慮して加水10%の調合とした。樹脂の材齢7日で曲げ載荷試験を実施した。試験結果をTable 1に示す。

原液の場合、界面は乾燥した状態で注入したが、試験体3本中、2本で界面破断した。残りの1本は母材破断した。一応、3本の平均として取り扱おうと、接着強さは平均で9.5 N/mm^2 と高い接着強度を示した。

加水10%の場合、界面を湿潤状態にして試料を注入したが、いずれも母材破断を起こし、正確な接着強さを把握できなかったが、少なくとも平均で8.5 N/mm^2 以上の高い接着強度を有することが分かった。

いずれにしても従来のエポキシ樹脂は湿潤状態下で接着性状はかなり劣化するが、今回のエポキシ樹脂（エポウエット）は界面を湿潤にして注入しても特に接着性状が低下しない点に特長がある。

代表的な物性を整理してTable 2に示す。

5. 開発技術の特長

エポウエット工法の特長と適用範囲を以下に示す。

- ・美観性：注入孔から漏出しても容易に拭き取れるので、補修跡を汚さない。
- ・湿潤面への接着性：乾燥面だけでなく、湿った面へも強力に接着する。
- ・施工性：低圧注入工法、機械式注入工法などのいずれの注入工法にも適用できる低粘性を有している。
- ・耐久性：耐水性、耐薬品性および耐久性に優れている。
- ・環境性：臭気は弱く、有機系溶剤を全く使用していないので、環境に優しい材料である。

Table 1 接着強さ試験結果
Test Result of Bond Strength

調合	名称	接着強さ (N/mm ²)	破壊状況	備考
原液	No.1	9.00	母材破壊	界面は乾燥した状態で注入
	No.2	9.87	界面破壊	
	No.3	9.62	界面破壊	
	平均	9.50		
加水10%	No.1	8.06	母材破壊	界面は湿潤状態として注入
	No.2	8.38	母材破壊	
	No.3	9.24	母材破壊	
	平均	8.56		

Table 2 エポウエットの物性
Property of Epoxy Resin

	エポウエット (実績)	参考規格値	
接着強さ (N/mm ²)	9.5	6 以上	JIS A 6024 準拠
接着強さ (N/mm ²) 湿潤時*	8.6		
引張強度 (N/mm ²)	15.0	15 以上	
引張破壊伸び (%)	8.0	10 以下 (通常 2~5)	
引張弾性 (N/mm ²)	9×10^3		
圧縮強度 (N/mm ²)	48.2		
圧縮弾性 (N/mm ²)	6.8×10^2		



Photo. 5 引張試験の状況
Testing of Tensile Strength

- ・適用範囲：注入補修可能なひび割れ幅は0.2mmから1.0mmの範囲。

試験的には、ひび割れ幅0.1mm以上からほぼ注入可能だが、目詰まりなどを考慮して安全側に0.2mm以上が望ましい。



Photo. 6 ひび割れへの注入状況
Injection Epoxy Resin to Crack



Photo. 7 ひび割れ補修後の状況
Appearance of Crack Repaired

6. 施工手順

一般的な施工手順を以下に示す。

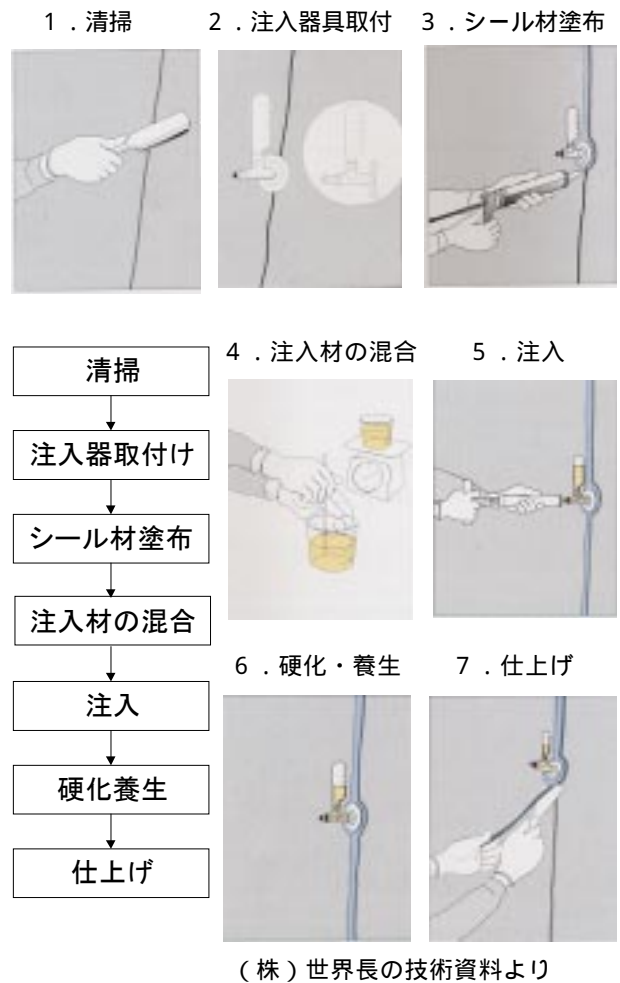
- 1) 清掃
- 2) シール材塗布とプラグ取付：剥離性のシール材は、例えば世界長（株）のグラウトシールペロンや コニシ（株）のはくりシールなどが良い。プラグは世界長（株）グラウトプラグA などの自動式低圧注入プラグを使用する。
- 3) エポウエットの調合：主剤と硬化剤の混合比は1：1 でよく練り混ぜる。
- 4) エポキシ樹脂注入：注入材をポンプに充填し、ゆっくりと注入する。グラウトプラグA では目盛り1.5まで注入し、タンクが空になったら再注入する。
- 5) 硬化・養生
- 6) シール材撤去：シール材およびプラグを皮スキなどで剥がし、撤去する。

7. まとめ

美観に優れたひび割れ注入材を開発し、注入材料については（株）セブンケミカルにて外販している。現在、数多くのひび割れ補修工事に適用され、支障なく施工されている。今後の課題として、粘性の面で従来の低粘性タイプよりもやや粘性が高いため、低粘性タイプの開発などメニューを揃えていきたい。また注入補修だけでなく、他の用途拡大に向けた検討を行っていきたい。

参考文献

- 1) 小柳光生，川口 徹：ひび割れ注入補修工法の開発 - エポウエット工法 - ；所内報告書 2001年7月
- 2) 建築保全センター：建築改修工事監理指針 平成10年版



(株)世界長の技術資料より

Fig. 3 施工手順
Procedure of Construction