

寒冷地用低粘度形エポキシ樹脂を使用した冬期施工におけるひび割れ注入工法

日本国土開発 正会員 ○山内 匡
 (国研) 土木研究所 正会員 内藤 勲
 日本国土開発 正会員 千賀 年浩
 日本国土開発 萩原 正志

1. はじめに

コンクリートのひび割れ補修工法のひとつである注入工法は、低速で時間をかけて注入する自動式低圧注入工法と、短時間で注入できる機械式注入工法の2種類に分けられる。注入材には、エポキシ樹脂やアクリル樹脂などの有機系、セメント系、ポリマーセメント系が用いられている。現在、有機系の注入材を使用する場合は、主材と硬化材を混合したものを注入器に入れ、ゴムやバネの復元力、空気圧などを利用した専用器具を用いて注入する自動式低圧注入工法が主体となっている。他方、有機系のなかでも硬化時間の短い注入材を使用する場合には、注入器内で樹脂が硬化してしまうため、注入直前に主材と硬化材を混合できる機械式注入工法が採用されている。

有機系のなかでも一般的に使用されているエポキシ樹脂注入材は、JIS A 6024において低粘度形、中粘度形、高粘度形に分けられ、その使用環境温度は、低温時では硬化不良や接着不良の原因となるため、5.0℃以上が推奨されている。ひび割れ注入工法の補修対象はひび割れ幅 0.2~5.0mm が一般的であり、ひび割れ幅が小さい場合には、低粘度形(粘度 100~1,000mPa・s)が使用される場合が多い。しかし、冬期施工においては、低温によりエポキシ樹脂の粘度は高くなり、特に積雪寒冷地においては、ひび割れ内部のコンクリート温度が5.0℃以下になることも十分に想定され、更なる高粘度化による流動性や充填性への影響、また硬化不良への影響が懸念される。

本報では、エポキシ樹脂に溶剤ではなく、反応性の希釈剤を加えて低粘度化を図り、-5℃までの環境温度でも使用可能なエポキシ樹脂¹⁾を採り上げ、冬期施工におけるひび割れ注入工法の充填性について、ひび割れ模擬供試体を用いて実施した注入充填性試験結果を述べる。

表-1 エポキシ樹脂の品質

試験項目	試験条件	試験値	規格値
粘度(mPa・s)	23℃	250	100~1000
接着強さ(N/mm ²)	23℃	8.5	6.0以上
硬化収縮率(%)	23℃	2	3.0以下
引張強さ(N/mm ²)	23℃	59.8	15.0以上

なお、本エポキシ樹脂は硬化時間が短いため(試験条件 20℃; 可使時間 13分)、本来は機械式注入工法を採用しているが、冬期施工においては、低温環境によって硬化時間が長くなるため、自動式低圧注入工法への適用についても検討を行った。

2. 試験概要

エポキシ樹脂の品質を表-1に示す。同表には、JIS A 6024(建築補修用注入エポキシ樹脂)の硬質形エポキシ樹脂(低粘度形)の規格値を示す。また、図-1には、材料温度の違いによる本エポキシ樹脂の粘度への影響を示す。5℃以下において、急激な高粘度化を示すが、-5℃の環境温度においても、表-1に示す低粘度形の粘度規格値を満足している。なお、以上の試験結果は主剤と硬化剤を体積比 2:1 で混合・攪拌したものである。

ひび割れ模擬供試体は、既往の研究²⁾を参考に、内径 107mm(厚さ 3.1mm)×長さ 200mmの硬質塩化ビニル管を型枠として、コンクリート(W/C=52.1%, G_{MAX}=20mm, 普通ポルトランドセメント使用)を打込んで作製した円柱供試体を、脱型せずに 28日間水中養生した後、引張荷重によって割裂させて幅 0.2~0.4mm程度のひび割れを再現させたものである(写真-1)。

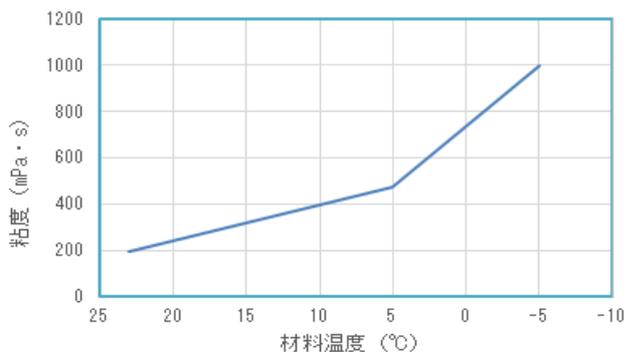


図-1 材料温度による粘度への影響

キーワード ひび割れ注入工法, 寒冷地, 低粘度形, エポキシ樹脂, 充填性

連絡先 〒107-8466 東京都港区赤坂 4-9-9 日本国土開発(株)土木本部 TEL 03-5410-5860

注入充填性試験は、冬期施工において、ひび割れ内部のコンクリート温度が 5.0℃以下になることを想定して、使用環境(室内)および注入材の温度を 5℃、ひび割れ模擬供試体の温度を 5℃と-5℃に調整して実施した。また、注入方法については、機械式注入工法と自動式低圧注入工法の2種類とし、ひび割れ模擬供試体を水平にして縦ひび割れとした状態で、注入面のひび割れにシールを施した後、ひび割れの中心から注入した。排出面のひび割れについては、貫通ひび割れ模擬し、解放した状態で注入した。注入充填性試験のケースを表-2 に示す。なお、機械式注入工法は主剤と硬化剤を別々に充填したカートリッジをハンドガンに装着し、ミキシングスティックで混合しながら注入するタイプの工法を採用した。



写真-1 ひび割れ模擬供試体作製状況

表-2 試験ケース

ケース	環境温度	注入材温度	注入方法	供試体温度
①	5℃	5℃	機械式	5℃
②				-5℃
③			自動式	5℃
④				-5℃

各ケースとも翌日にシール材の除去を行い、7日間以上養生してから、充填状態の確認を行った。充填性の評価は、ひび割れ模擬供試体の注入面から 5cm, 10cm, 15cm の位置で輪切りに切断し、各切断面と排出面の計4断面について、ひび割れ部の注入材充填分布をルーペで 1mm 単位毎に目視計測して行った³⁾。

3. 試験結果

各ケースの注入材充填分布を図-2 に示す。いずれのケースにおいてもひび割れ部に注入材がほぼ充填されていることが分かる。環境温度が 20℃の場合、低粘度材料は粘性が低く流動性が高いために、排出面側のひび割れにそって注入材が流下してしまう傾向があることが報告⁴⁾されているが、環境温度が 5℃の場合には、粘性が高くなり、そうした傾向は確認されなかった。注入材が注入開始から排出面に排出した時間は、機械式注入の場合、ケース①で 15 分、ケース②では 18 分であり、一方、自動式低圧の場合、ケース③で 25 分、ケース④では 2 時間 30 分であった。短時間で注入できる機械式注入では、ひび割れ内部のコンクリート温度が 5.0℃の場合(ケース①)に比べ、

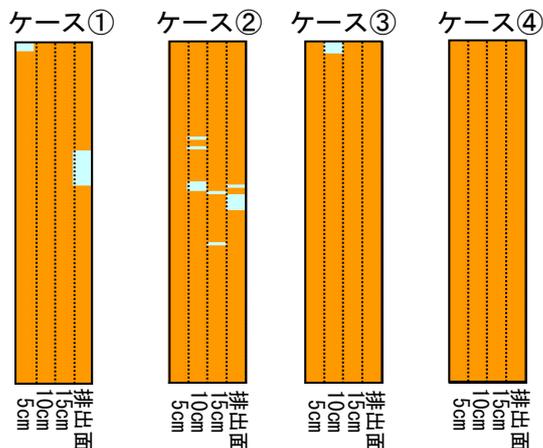


図-2 各ケースの注入材充填分布

-5℃の場合(ケース②)の方が、未充填部が若干多くみられるが、これは注入後の注入材の高粘度化によって流動性が低下したことが原因と考えられる。自動式低圧についても、同様な傾向がみられることが予想されたが、充填率は 100%であった。これは低速で注入に時間をかけたことで、注入材が十分に拡がったことが原因と考えられる。

4. まとめ

低温によりエポキシ樹脂の粘度は高くなるものの、供試体温度が-5℃の場合においても、機械式注入工法および自動式低圧注入工法に関わらず、充填性への大きな影響は確認されなかった。本試験結果においては、ひび割れ内部のコンクリート温度が 5.0℃以下になる場合、-5℃までの環境温度でも使用可能な寒冷地用低粘度形エポキシ樹脂を用いて、自動式低圧注入工法を採用することにより、十分なひび割れ充填性が得られることが確認された。

参考文献

- 1) 山内匡, 子田康弘, 亀井雅大: 浸透系エポキシ樹脂の床版防水への適用効果に関する実験的検討, 土木学会第 70 回年次学術講演会, V-573, 2015.9
- 2) 山本昌宏, 谷村成, 藤井隆史, 安藤尚, 綾野克紀: 微細なひび割れを持つコンクリート試験体の作製方法とそれをもちいたひび割れ補修材の性能確認試験方法に関する研究, コンクリート構造物の補修・補強, アップグレード論文報告集, 第 12 巻, pp.467-472, 2012.11
- 3) 内藤勲, 田口史雄: 小径コアによるひび割れ注入後の充填評価方法に関する検討, 土木学会第 68 回年次学術講演会, V-390, 2013.9
- 4) 内藤勲, 島田昭典: 冬期施工におけるひび割れ注入工法の流動性と充填性, 第 59 回北海道開発技術研究発表会, 2016.2