

第V部門

アクリル樹脂を用いたコンクリートひび割れ注入材に関する研究

立命館大学理工学部 学生員 ○鹿島 篤志 正会員 井上 真澄
立命館大学大学院理工学研究科 Saphouvong Khamhou
立命館大学理工学部 正会員 高木 宣章 正会員 児島 孝之

1.はじめに

優れた伸び能力を有するアクリル樹脂がエポキシ樹脂に替わる補修材料として注目されている。本研究では、アクリル樹脂の基本的な性能と注入材としての適応性を把握するために JIS および日本道路公団規格 (JHS) 試験方法に準じて各種試験を実施した (実験1)。さらに補修対象となる母材コンクリートの含水状態、養生環境が注入材の補修効果におよぼす影響を明らかにするため、ひび割れを導入したコンクリート部材による曲げ載荷試験を行った (実験2)。

2.実験概要

表1に実験1の試験項目、試験方法と規格値を示す。注入材には、アクリル樹脂と比較用として汎用的なエポキシ樹脂

を二種類選定し、比較検討を行った。アクリル樹脂は非常に粘性が低いことから粘度調整材として超軽量粉末 ($\text{SiO}_2 > 99.9\%$ 、高純度無水シリカ、比表面

積: $110 \pm 20 \text{ m}^2/\text{g}$ 、比重: $5.0 \times 10^{-2} \text{ g/m}^3$) を使用した。アクリル樹脂の増粘材添加量は主剤(100)に対する質量比で6水準(0、1、2、3、4、5)とした。実験2のパラメータを図1に示す。コンクリート打設後材齢28日まで水中養生を行い、曲げひび割れの導入を行った。除荷時のひび割れ幅は0.2mm程度に管理した。水中養生3日後に3水準(1、7、28日)の室内乾燥を行った。その後樹脂注入を行い、3水準の暴露条件で28日間養生し、曲げ載荷試験(図2参照)を行った。樹脂注入方法は自然流入(自重)とした。供試体寸法は $100 \times 100 \times 400 \text{ mm}$ とし、圧縮側に D10(SD295)を2本配置した。鉄筋を圧縮側に配置したのは、ひび割れ補修後の注入材の補修効果のみを明確に把握することと、導入するひび割れ幅を0.2mmで確保するためである。水中暴露はひび割れ注入位置から下 $20 \pm 10 \text{ mm}$ まで浸漬した。載荷方法はスパン300mmの2等分点集中載荷とした。

3.実験結果および考察

3.1 アクリル樹脂の物性試験

粘度 図3に粘度を示す。粘度は増粘材質量比の増加に伴い高くなった。増粘材質量比3以下で JH 規格値 $1000 \text{ mPa}\cdot\text{s}$ 以下を満たしたが、4以上では規格値を超えひび割れ注入材としての適用は難しい。よって、以下の実験では増粘材質量比3以下で検討した。

表1 物性試験の試験方法、規格値(実験1)

試験項目	試験方法	規格値
粘度	JIS K 6833	1種*: $1000 \text{ mPa}\cdot\text{s}$ 以下
可使時間	温度上昇法	30min 以上
収縮率	JIS A 6024	3.0%以下
伸び率	JIS K 7113	2種*: 50%以上
モルタル付着強さ	JIS A 6024	乾燥面: 6 N/mm^2 湿潤面: 3 N/mm^2
付着耐久性保持率	JIS A 6024	60%以上

1種…ひび割れ進行度 A(日変化または温度変化によるひび割れの挙動および構造に起因するひび割れの発生を対象とし、異常なひび割れ幅の進行がないもの。)
2種…ひび割れ進行度 B(完全にひび割れの進行が止まった保証が得られない場合。)

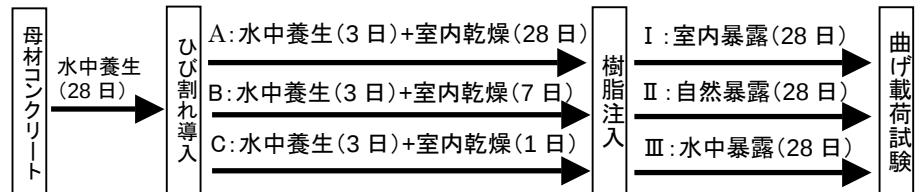


図1 曲げ載荷試験の実験パラメータ(実験2)

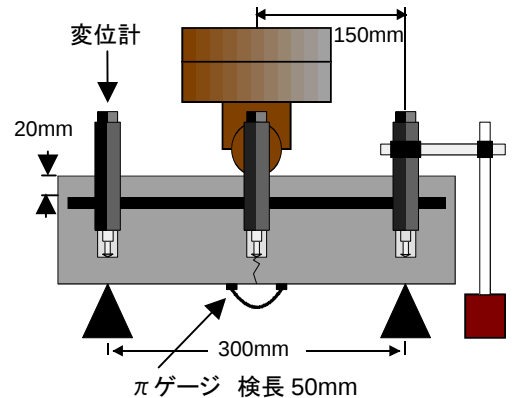


図2 曲げ載荷試験方法(実験2)

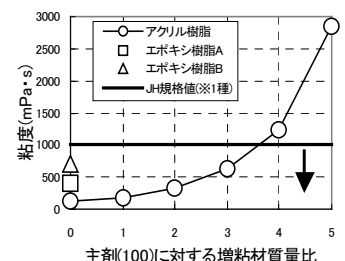


図3 粘度

可使時間・収縮率 可使時間、収縮率ともに増粘材質量比に関わらず、ほぼ一定の値を示し規格値を満足した。

伸び率・引張強度 図4、5に伸び率、引張強度を示す。伸び率は増粘材質量比に関わらず JH 規格値である 50% 以上を満たした。引張強度は増粘材質量比に関わらずほぼ一定の値を示したが、比較用エポキシ樹脂と比較して著しく強度が低い。

モルタル付着強さ 図6に乾燥面、湿潤面におけるモルタル付着強さを示す。乾燥面では増粘材質量比 1、2 の場合で JH 規格値 6N/mm^2 以上を満たし、それ以外の場合でも規格値に近い値を示した。比較用のエポキシ樹脂が規格値に至らなかった理由として、母材破壊を生じたためと考えられる。湿潤面では増粘材質量比 0 のみ規格値 3N/mm^2 を満たすが増粘材を混入すると幾分値が低い。アクリル樹脂は湿潤面で付着特性を発揮するとの報告¹⁾もあり、また同一パラメータの付着試験結果のばらつきも大きいことから、再検討の必要がある。

付着耐久性保持率 付着耐久性保持率は増粘材質量比 2 以外は JH 規格値である 60% 以上を満たしており、ほぼ全ての増粘材質量比で JH 規格値を満たした。

3. 2 曲げ載荷試験

注入材の充填状況 増粘材質量比 0、比較用エポキシ樹脂 2 種類においてはひび割れに対して注入材充填が良好であったが、増粘材質量比 1、2 においてはひび割れ深さに対して約 1/3 しか充填してないのがあった。

注入前の乾燥条件の影響 図7に注入後自然暴露した場合の注入前乾燥条件とひび割れ発生荷重の関係を示す。幾分変動はあるが乾燥期間が 1 日のひび割れ発生荷重の値は明らかに 7 日、28 日に比べて小さい値を示した。これは、乾燥期間 1 日におけるひび割れ断面ではコンクリート表面の含水率が高く樹脂の付着強度が低下したものと考えられる。室内乾燥期間 7 日と 28 日ではひび割れ発生荷重は同程度の値を示した。アクリル樹脂の増粘材質量比に着目すると、増粘材質量比 0 は比較用の 2 種類のエポキシ樹脂と同程度の値を示した。増粘材質量比 1、2 の場合でひび割れ発生荷重が低いのは注入材充填が不十分であったためと考えられる。

注入後の曝露条件の影響 図8に注入前室内乾燥 28 日における注入後暴露条件とひび割れ発生荷重の関係を示す。樹脂の種類に関わらず室内曝露、自然曝露、水中曝露の順でひび割れ発生荷重は低下する傾向にある。曝露条件、乾燥条件に関わらず増粘材未混入のアクリル樹脂はエポキシ樹脂と同程度の値を示した。

4. まとめ

- 1) アクリル樹脂の増粘材質量比は主剤 100 に対して 3 以下が適当である。
- 2) アクリル樹脂はエポキシ樹脂に比べ強度は低い、優れた伸び能力を有する。
- 3) アクリル樹脂がひび割れに対して充分充填し、かつ、注入前の母材コンクリート表面がある程度の乾燥状態であれば比較用エポキシ樹脂と同程度の補修効果が期待できる。

参考文献 1) 林大介、坂田昇、金氏眞：「アクリル樹脂系ひび割れ注入材の初期硬化性および接着強さ」コンクリート構造物の補修、補強、アップグレードシンポジウム論文報告集 第1巻 pp.85-88 2001

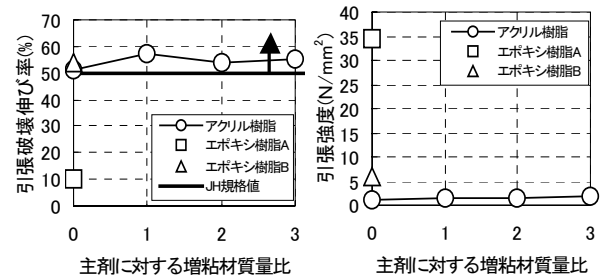


図4 伸び率

図5 引張強度

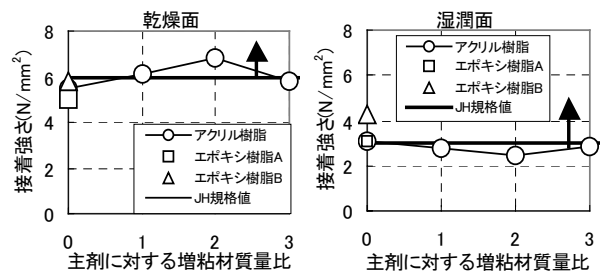


図6 モルタル付着強さ

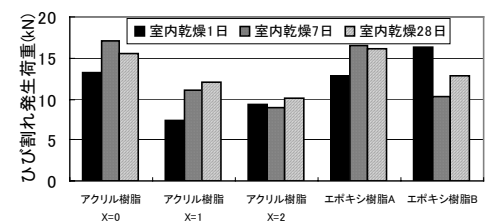


図7 注入前の乾燥条件とひび割れ発生荷重の関係(自然暴露)

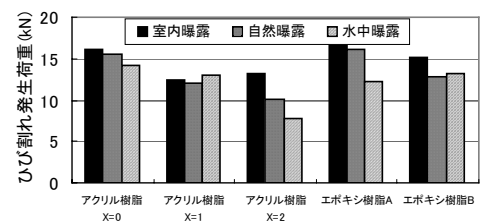


図8 注入後の曝露条件とひび割れ発生荷重の関係(室内乾燥 28 日)