

# コンクリート構造物におけるひび割れ注工法に関する基礎的研究

○千葉工業大学 学生員 室川 学  
千葉工業大学 栗原美和  
千葉工業大学 正会員 伊東良浩

## 1. はじめに

本研究は、コンクリート構造物における補修工法としてのひび割れ注工法に着目して、注入による補修を行った供試体を使用して、注工を実施する際の各種注入材料の選択基準、また注入処理を行ったコンクリートの特性を明確にする目的で実施したものである。

## 2. 実験方法

### 2.1 実験手順

- 実験は、注入後に、乾燥収縮や温度等により注入箇所引ひずみが生じた場合に、ひずみが注入箇所におよぼす影響を求める為に実施した。以下に実験手順を示す。
- (1) 試験体は、中心に異形鉄筋(D13・長さ 38cm)を配置し、 $10 \times 10 \times 38(\text{cm})$ の矩形鉄筋コンクリートを作製する。
  - (2) 養生後、曲げ載荷試験機によりひび割れを発生させる。
  - (3) 注入は試験体表面のひび割れ部分をコーティングし、低圧注入により行う。
  - (4) 再曲げ載荷試験を行い、注入材ひび割れ幅が曲げ変形に及ぼす影響を調べる。
  - (5) 共振周波数測定を実施し、試験体の損傷を確認する。

### 2.2 供試体

表1、表2に示す配合・強度のコンクリートを用い、発生ひび割れ幅保持用の異形鉄筋(D13・長さ 38cm)を試験体中央に配置し、 $10 \times 10 \times 38(\text{cm})$ の矩形鉄筋コンクリートを作製する。

### 2.3 ひび割れ作製

コンクリートは28日間気中養生を行った後、ひび割れを中央に発生させる為に供試体の一面(打設側面)の中央に切り欠きを約1cm入れた。次に曲げ載荷試験機により、ひび割れを作製した。ひび割れの幅は $0.2 \cdot 0.5 \cdot 1.0\text{mm}$ の3種類を目標とした。曲げ載荷は3等分点載荷とし切り欠き面を底面にした。切り欠き部分の側面にはπゲージを取り付け、ひび割れ幅を測定した。

### 2.4 注入処理

注入は試験体表面のひび割れ部分に3種類の注入を実施する。表3に実験に用いたコンクリートと注入材の物性値を示す。エポキシ樹脂は弾性係数・圧縮強度ともコンクリートとほぼ同様の値であることから、圧縮特性としてはコンクリートに近い性質を持つことが分かる。セメント系樹脂は、非常に弾性係数が高いが圧縮強度は一

番低い。このことから、脆性的性質を持つことが分かる。アクリル系樹脂は、塑性的性質を持つことが分かる。

### 2.5 再曲げ載荷試験

試験方法を図1に示す。なお、ここでの破壊荷重は、三等分点載荷においてのひずみ量が急増し始める時の載荷荷重とした。

### 2.6 共振周波数測定

供試体の損傷を確認する為に、打音法による共振周波数測定を実施する。本研究では次の各実験段階で周波数を測定する。( )供試体作製時( )切り欠き作製時( )ひび割れ作製時( )注入処理後( )載荷荷重が5kN増加ごと

表1 示方配合

| 粗骨材の最大寸法(mm) | w/c | s/c                        | 水                          | セメント                       | 細骨材                        | 粗骨材                        | AE 剤                       |
|--------------|-----|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| (%)          | (%) | ( $\text{kg}/\text{m}^3$ ) | ( $\text{kg}/\text{m}^3$ ) | ( $\text{kg}/\text{m}^3$ ) | ( $\text{kg}/\text{m}^3$ ) | ( $\text{kg}/\text{m}^3$ ) | ( $\text{kg}/\text{m}^3$ ) |
| 20           | 60  | 46.5                       | 184                        | 333                        | 842                        | 881                        | 0.0063                     |

表2 強度試験結果

| 材齢 | 密度                         | 圧縮強度                       | 弾性係数                       |
|----|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| 日  | ( $\text{g}/\text{cm}^3$ ) | ( $\text{N}/\text{mm}^2$ ) | ( $\text{N}/\text{mm}^2$ ) |
| 28 | 2.3                        | 42.3                       | $2.85 \times 10^4$         |

表3 注入材の強度

|                                | コンクリート             | エポキシ樹脂             | アクリル系樹脂            | セメント系樹脂            |
|--------------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| 弾性係数( $\text{N}/\text{mm}^2$ ) | $2.85 \times 10^4$ | $2.72 \times 10^4$ | $0.42 \times 10^4$ | $9.21 \times 10^4$ |
| 圧縮強度( $\text{N}/\text{mm}^2$ ) | 42.3               | 49.4               | 26.6               | 20.2               |

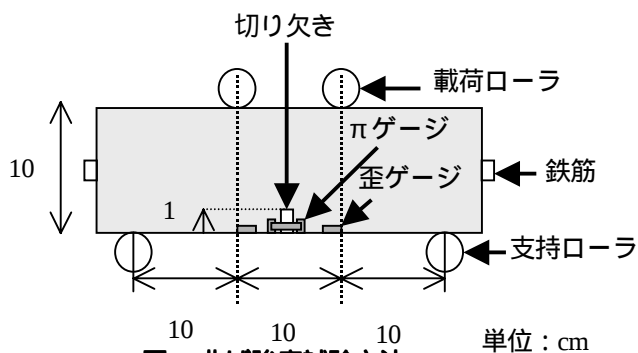


図1 曲げ強度試験方法

キーワード：注入材，共振周波数，ひび割れ幅

〒275-0016 千葉県習志野市津田沼 2-17-1, Fax:047-478-0474, Tel:047-478-0440, e-mail:g0077010@cc.it-chiba.ac.jp

### 3. 試験結果

#### 3.1 曲げ載荷試験結果

図2にひび割れ幅0.5mmにセメント系樹脂を注入した場合の、再曲げ試験結果を示す。図2中のAを破壊荷重とした。ここで降伏荷重は三等分点載荷におけるひずみ量が急増し始める時の荷重とした。Bは最大ひずみとした。最大ひずみとは、各供試体が曲げ載荷試験により経験した最大ひずみのことである。表4に各注入材における破壊荷重を示す。なお、元のコンクリートにおける平均ひび割れ発生荷重は2.7kNであった。

表4 各注入材における破壊荷重

|       | エポキシ樹脂 | アクリル系樹脂 | セメント系樹脂 |
|-------|--------|---------|---------|
| 0.2mm | 22.1kN | 4.0kN   | 4.7kN   |
| 0.5mm | 17.7kN | 12.3kN  | 6.9kN   |
| 1.0mm | 17.5kN | 8.9kN   | 15.0kN  |

#### 3.2 損傷後の試験体の劣化状況

図3に縦波共振周波数と曲げ載荷試験での最大ひずみとの関係を示す。

- (1) エポキシ樹脂は1700 $\mu$ までは緩やかに周波数が低下し、1700 $\mu$ を境に大きく低下した。これより、比較的大きなひずみまで付着を保っていると考えられる。
- (2) アクリル系樹脂は、エポキシ樹脂よりも500Hz低い値から、エポキシ樹脂とほぼ同じ傾きで低下している。しかし大きく周波数が低下している位置が1200 $\mu$ あたりである。このことから、アクリル系樹脂はエポキシ樹脂より早い段階で付着切れが生じる。
- (3) セメント系樹脂は挙動にばらつきがあり、早い段階で付着が切れるものがあったと考えられる。

図4に曲げ載荷試験での破壊荷重と破壊荷重時のひずみとの関係を示す。初期ひび割れ幅が大きくなるものは、各注入材とも破壊時のひずみが大きい。このことから、ひび割れ幅が大きくなると注入材の伸び量も増え、大きなひずみに耐えることが分かる。

エポキシ樹脂を見ると、初期ひび割れ幅が大きいものほどひずみ量が増加し、反対に降伏荷重は低下している。ひび割れ幅に関わらず十分注入が行われていると考え、ひび割れ幅の大きいものは降伏時のひずみが大きく、降伏荷重は小さいと考えられる。0.2mmのアクリル系樹脂とセメント系樹脂の結果に関しては、ひび割れ幅が小さい為、注入材の入りが悪かったなど考えられた。

#### 3.3 顕微鏡による注入充填度の確認

各注入材のひび割れ注入充填度を確かめる為、顕微鏡（KEYENCE 製 VH-Z25 型）を使用した。ここでは、再曲げ載荷試験後の試験体に対して、レンズ倍率100倍で注入材がひび割れの先端まで充填されたかを確認した。ひび割れ幅0.2mm・0.5mmのセメント系樹脂に関しては、未充填箇所が観察された。実験者の未熟練の影響もあるが、セメント系樹脂では、ひび割れ幅が小さくなるにつれて、注入が困難になると考えられた。

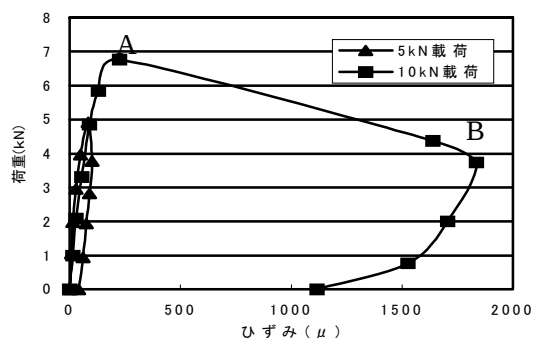


図2 セメント系樹脂0.5mm 曲げ載荷試験結果

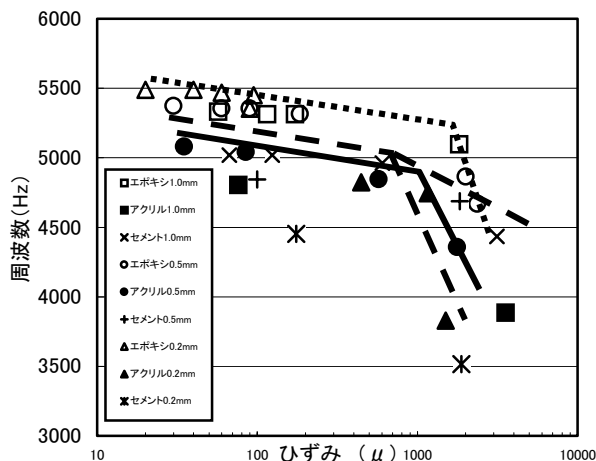


図3 縦波共振周波数と最大ひずみとの関係

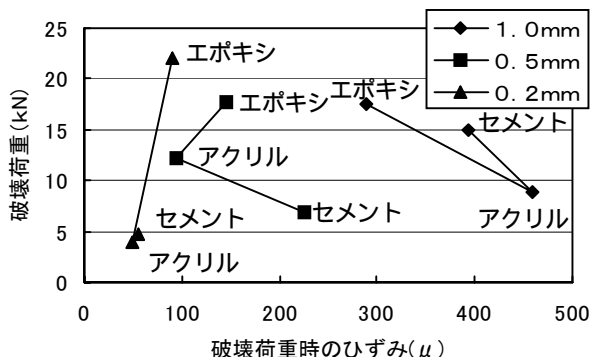


図4 破壊荷重と破壊荷重時のひずみとの関係

### 5. まとめ

それぞれの注入材の注入効果を比較したところ以下のような結果となった。

- (1) エポキシ樹脂：大きな変形に追随し、破壊荷重も大きい。
- (2) アクリル系樹脂：大きな変形にも追随するが、破壊荷重が小さい。
- (3) セメント系樹脂：細かいひび割れでは、注入が難しく、これにより、破壊荷重が小さくなる場合が考えられる。