

鉄筋の付着性状に与えるエポキシ樹脂注入ひび割れ補修の影響

北海道大学大学院工学院 学生会員 ○山本 健太  
北海道大学大学院工学研究院 正会員 古内 仁  
北海道大学大学院工学研究院 張 大偉  
北武コンサルタント(株) 正会員 渡辺 忠朋

**1. はじめに** コンクリートのひび割れに対する補修工法の1つにエポキシ樹脂によるひび割れ注入工法がある。ひび割れ幅が許容値以上になると、炭酸ガス、塩化物イオンあるいは水等の浸透を促し鉄筋腐食の原因の1つとなっている。ひび割れ補修は、一般にこのような環境因子の侵入を防ぐことを目的に実施されているため、補修後の部材の力学的な挙動についてはあまり注目されておらず、そのような観点から行われた研究は少ない。本研究では、荷重作用で生じたひび割れを対象として、エポキシ樹脂の注入が鉄筋の付着性状に与える影響について調査することを目的とした。

**2. 実験概要** 実験は、コンクリート角柱に埋め込まれた鉄筋の両引き1軸引張試験により行われた。供試体は、図1に示すように断面100×100mmのコンクリート角柱中央部に長さ800mmのD16鉄筋を埋め込んだものである。実験変数は、表1に示すようにひび割れ補修時の載荷荷重の大きさとして、2体の供試体を用意した。T03-Rは、コンクリート表面ひび割れ幅が0.3mmとなる荷重を最大荷重とし、除荷・再載荷を繰り返した。供試体TY-Rは、鉄筋の最大軸方向ひずみが降伏ひずみの1.25倍程度(約2250μ)となる荷重で除荷・再載荷を繰り返した。載荷試験装置には、オートグラフ精密万能試験機(負荷容量250kN)を用いた。

コンクリートには、早強ポルトランドセメント、天然の粗骨材および細骨材を使用した。試験は材齢14日以降で行われ、実測したコンクリートの圧縮強度は23.3N/mm<sup>2</sup>である。鉄筋にはSD345D16を使用した。実測の降伏強度は356.3N/mm<sup>2</sup>、降伏ひずみは1781μである。

鉄筋にワイヤーストレインゲージを設置するために、試験区間においてリブ両面に深さ3.2mmの溝切り加工を行った。溝切り加工区間の断面積は、推定で177.8mm<sup>2</sup>となり、公称断面積に比べて10.5%減少することとなった。ワイヤーストレインゲージを加工された溝内に片面31枚(図1参照)設置した。

供試体は、繰り返し載荷回数が2000回に達したとき、それぞれの最大荷重を保持したまま、発生した全てのひび割れに対してポリエステル系接着剤でシーリングを行い、専用インジェクターを用いてエポキシ樹脂(2液混合型の低粘性タイプ)の注入を行った。供試体は、24時間の養生を行った後に試験を再開し、さらに5000回もしくは6000回の繰り返し載荷を行った。

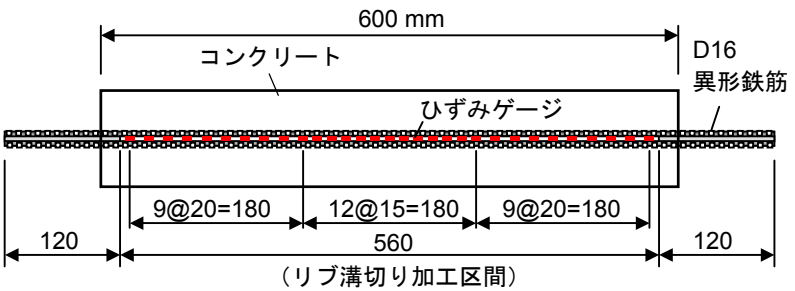


図1 実験供試体

**3. 実験結果および考察** 供試体 T03-R は4箇所、TY-Rは3箇所にひび割れが発生した。図2にひび割れ展開図と最大荷重時と除荷時の鉄筋のひずみ分布を示す。ひずみ分布は、両供試体とも載荷回数が1000、3000、5000回目のものであるが、3000回目と5000回目はひび割れ補修後の計測値である。なお、図には、発生した順にひび割れの位置にA、B、C・・・の記号を付した。最大荷重時において、ひび割れ箇所

表-1 実験変数

| 供試体   | ひび割れ補修時の載荷荷重       | 繰り返し載荷回数 |
|-------|--------------------|----------|
| T03-R | 表面ひび割れ幅が0.3mmとなる荷重 | 7000回    |
| TY-R  | 鉄筋が降伏するときの荷重       | 8000回    |

キーワード ひび割れ補修, エポキシ樹脂, 注入工法, 鉄筋, 付着応力

連絡先 〒060-8628 北海道札幌市北区北13条西8丁目 北海道大学大学院工学院 TEL 011-706-6182

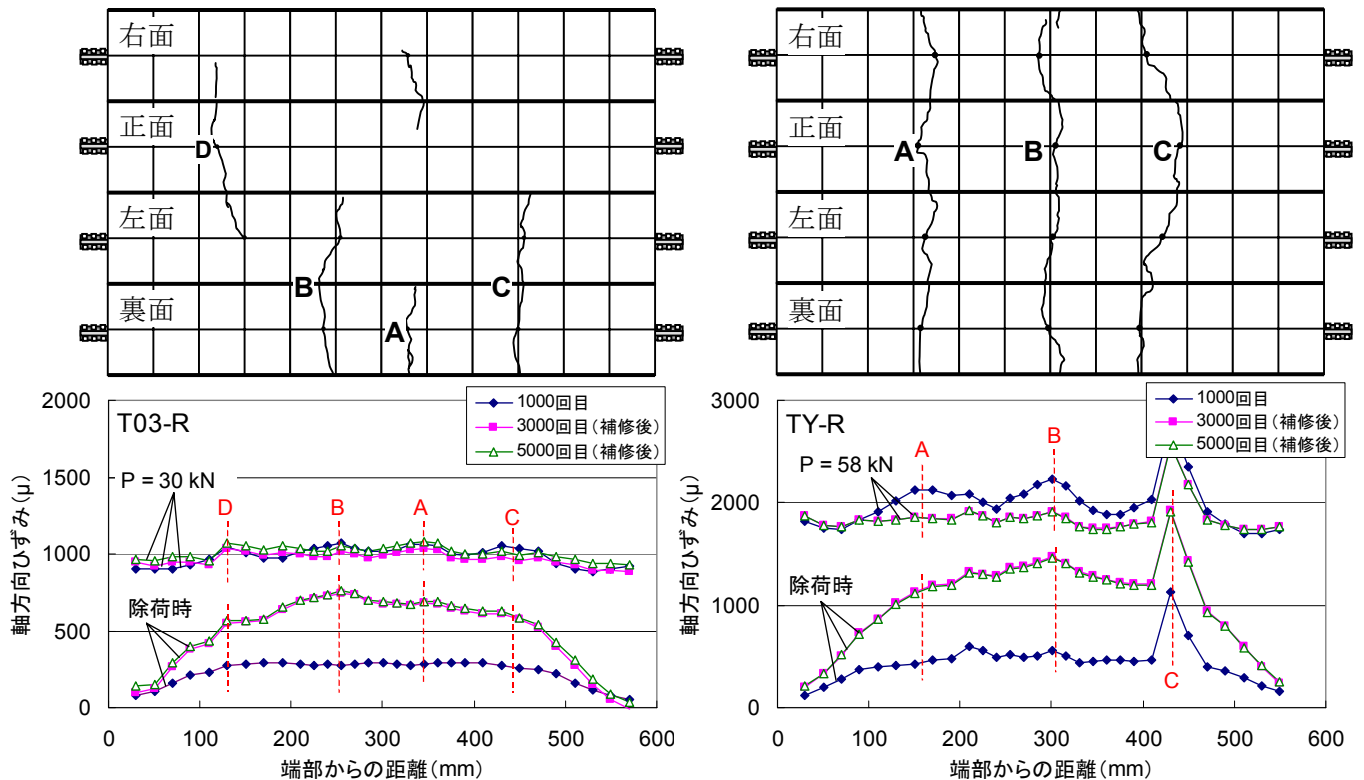


図2 ひび割れ展開図と鉄筋のひずみ分布

はその周囲に比べて鉄筋のひずみが増加し、凸状の分布となる。

T03-R では、ひび割れ補修前（1000 回目）と補修後（3000 回目と 5000 回目）で比較すると、最大荷重時のひずみの値はひび割れ B と C で  $50 \sim 80 \mu$  ほど減少した。一方、樹脂注入量の多い TY-R では、ひび割れ補修後の各ひび割れ部におけるひずみはおおよそ  $300 \mu$  減少していた。この結果に対して、実験終了後に供試体を切断して内部の状況を観察したところ、図 3 に見られるようにひび割れ部の鉄筋界面にエポキシ樹脂が行き渡っていることが確認された。したがって、ひび割れ補修後のひび割れ部でのひずみの減少は、コンクリートとの付着が復活したためであると思われる。ひび割れ幅の大きい TY-R が T03-R に比べて、鉄筋表面に行き渡った樹脂の面積が大きいことから妥当な結果であったとみることができる。

両供試体ともひび割れ補修前（1000 回目）の除荷時の残留ひずみの分布は 1 つの大きな凸型の形状（TY-R では 1 箇所過大なひずみとなった）となっている。一方、ひび割れ補修後の除荷時（3000 回目と 5000 回目）では、全体的に残留ひずみが大きくなった。これは、樹脂の注入を最大荷重時に行っているため、除荷時には硬化した樹脂が抵抗してひび割れが閉じることできなくなったためであり（樹脂の弾性変形分だけが減少していると思われる）、擬似的なプレストレスの効果をもたらしている。TY-R は、T03-R に比べて樹脂注入量が多いため残留ひずみが大きく、より大きなプレストレス効果を得ている。

両供試体ともひび割れ補修前（1000 回目）の除荷時の残留ひずみの分布は 1 つの大きな凸型の形状（TY-R では 1 箇所過大なひずみとなった）となっている。一方、ひび割れ補修後の除荷時（3000 回目と 5000 回目）では、全体的に残留ひずみが大きくなった。これは、樹脂の注入を最大荷重時に行っているため、除荷時には硬化した樹脂が抵抗してひび割れが閉じることできなくなったためであり（樹脂の弾性変形分だけが減少していると思われる）、擬似的なプレストレスの効果をもたらしている。TY-R は、T03-R に比べて樹脂注入量が多いため残留ひずみが大きく、より大きなプレストレス効果を得ている。

**4. おわりに** 以上のことから、構造物に生じたひび割れの注入補修の際に、作用している荷重によってひび割れの状態が異なり、補修後の鉄筋の付着等の力学特性に影響を及ぼす可能性があることが示された。

**謝辞：** ひび割れ注入補修を行うにあたり、ショーボンド建設(株)の船谷智浩氏、木村有志氏および山口雅史氏のご協力をいただきました。ここに感謝の意を表します。

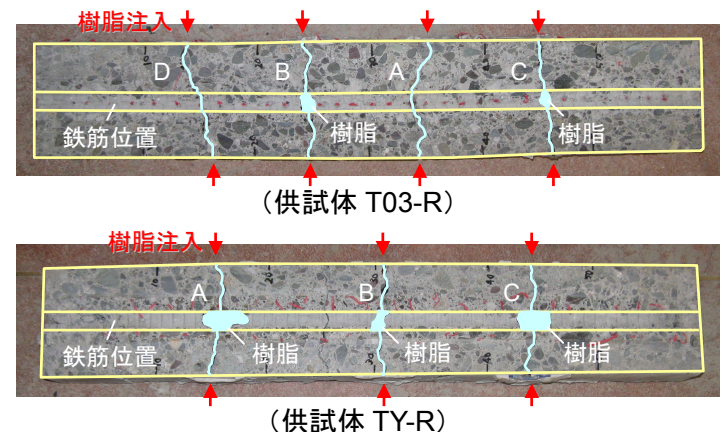


図3 ひび割れ補修剤の充填状況