

# 大損傷を受けた RC 柱のエポキシ樹脂モルタルによる補修効果確認実験

東海旅客鉄道(株) 正会員 ○稲熊 弘 フェロー 関 雅樹

## 1. はじめに

兵庫県南部地震以降、損傷を受けた RC 部材の補修方法や補修後の復元性能に関する研究は、数多く報告されている<sup>1)</sup>。本研究では、鉄道 RC ラーメン高架橋の接合部を模擬した柱試験体を用いて、損傷度をパラメータとしたエポキシ樹脂モルタルによる補修効果を交番載荷試験により確認したので報告する。

## 2. 実験概要

### (1) 試験体の諸元

試験体は、高架橋の柱上端部をモデル化した同一試験体 3 体である。試験体の材料特性値を表 1 に、試験体の配筋図を図 1 に示す。

表 1 試験体の材料特性値

|     | コンクリート                     |                             | 軸方向鉄筋(D16)                    |                               |                             | 帯鉄筋(φ4)                       |                               |                             |
|-----|----------------------------|-----------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-----------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-----------------------------|
|     | $f_c$<br>N/mm <sup>2</sup> | $E_c$<br>kN/mm <sup>2</sup> | $f_{sy}$<br>N/mm <sup>2</sup> | $f_{su}$<br>N/mm <sup>2</sup> | $E_s$<br>kN/mm <sup>2</sup> | $f_{sy}$<br>N/mm <sup>2</sup> | $f_{su}$<br>N/mm <sup>2</sup> | $E_s$<br>kN/mm <sup>2</sup> |
| TC3 |                            |                             |                               |                               |                             |                               |                               |                             |
| TC4 | 28.8                       | 28.8                        | 379                           | 554                           | 187                         | 534                           | 589                           | 206                         |
| TC5 |                            |                             |                               |                               |                             |                               |                               |                             |

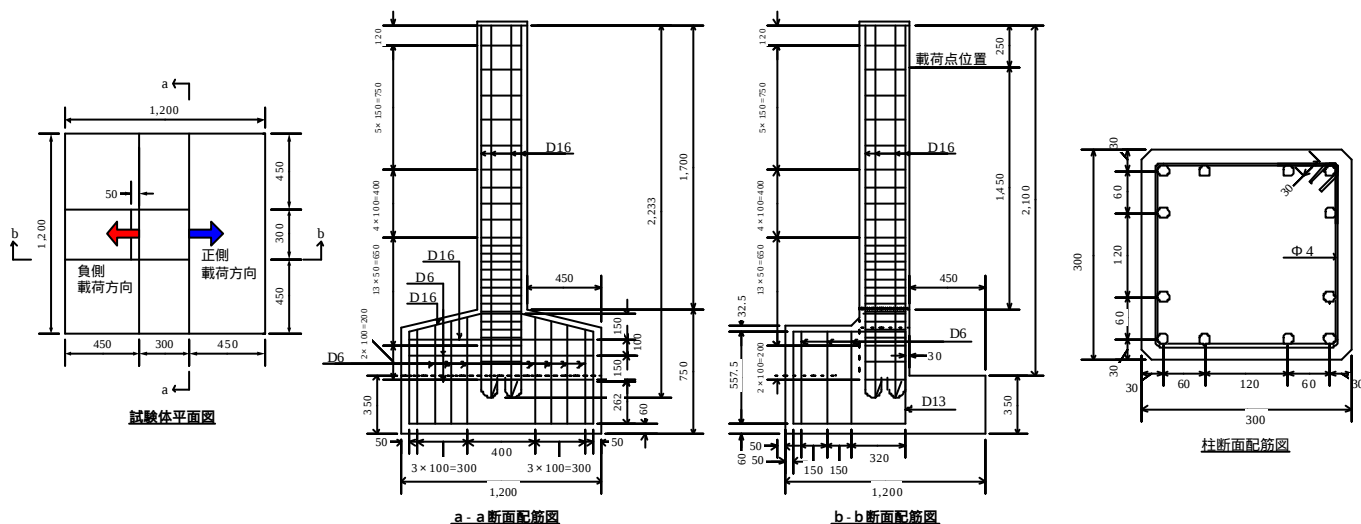


図 1 試験体 (TC3, TC4, TC5) の配筋図

### (2) 実験方法

実験パラメータは、損傷レベル<sup>4)</sup>における損傷度である。実験方法は、交番載荷試験により各試験体を損傷させ、ひび割れ注入及び断面修復による補修を行ったのち、再度、交番載荷試験を実施した。

### (3) 載荷方法

載荷方法は、計算降伏荷重の 75% の予備載荷と降伏変位 ( $1\delta_y$ ) の整数倍の変位 ( $\pm 1\delta_y$ ,  $\pm 2\delta_y$ ,  $\pm 3\delta_y \dots$ ) での橋軸直角方向を対象とした交番載荷とし、繰り返し回数は正負 1 回ずつとした。なお、降伏変位の設定は、柱基部の最外縁の主鉄筋に貼り付けたひずみゲージの測定値が、鉄筋の引張試験により求めた降伏ひずみ ( $2,030\mu$ ) に達した時点の変位とした。

載荷終了範囲は、TC3 は負勾配領域における降伏荷重、TC4 は負勾配領域における降伏荷重の 70% を低下した荷重、TC5 は負勾配領域における降伏荷重の 50% を低下した荷重とした。TC3, TC4, TC5 の補修後の試験体 (補修後の試験体番号をそれぞれ TCR3, TCR4, TCR5 とする。) の載荷については、もとの試験体と同変位の載荷制御とし、負勾配領域における降伏荷重の 50% を下回るまで載荷した。

正負交番載荷中の軸力は、3 試験体ともに一定軸力 294kN を載荷した。なお、TC5 及び TCR5 については、各載荷ステップにおける負側載荷後の水平荷重ゼロ時に、422 kN まで軸力を一時的に増載荷させた。

キーワード：RC ラーメン高架橋、損傷レベル 4、交番載荷試験、補修効果、エポキシ樹脂モルタル

〒485-0801 愛知県小牧市大山 1545 番 33 TEL (0568)47-5374 FAX(0568)47-5364

#### (4) 補修方法

ひび割れ注入材はエポキシ樹脂を用い、基部から柱幅の1.5倍の高さの範囲に施工した。断面修復材はエポキシ樹脂モルタルを用い、座屈した鉄筋から被り30mmの厚さを確保できるように、アプローチをとって補修した。エポキシ樹脂モルタルの材料物性値を表2に示す。

鉄筋の補修については、主鉄筋は座屈したまま使用し、帯鉄筋も再利用を基本とし、フックが外れたものは曲げ加工、破断したものはフレア溶接による補修を行った。

表2 エポキシ樹脂モルタルの材料物性値

| 補修材料名      | 試験時材令<br>(日) | 圧縮強度<br>( $\text{N/mm}^2$ ) | 弾性係数<br>( $\text{kN/mm}^2$ ) | ポアソン比 |
|------------|--------------|-----------------------------|------------------------------|-------|
| エポキシ樹脂モルタル | 23           | 66.4                        | 13.6                         | 0.272 |

### 3. 実験結果

(1) TC3の降伏変位は13mm、降伏荷重は79.9kNであった。 $+3\delta y$ で最大荷重95.9kNに到達し、 $-7\delta y$ の載荷時において、かぶりコンクリートの剥落と同時に降伏荷重を下回った。

(2) TCR3の変位13mm時の荷重は58.9kNであり、最大荷重は $+3\delta y$ で96.6kNであった。 $-5\delta y$ で降伏荷重を下回り、 $+8\delta y$ で耐荷重40.9kN、 $-8\delta y$ 載荷時で軸力保持不能となった。

(3) TC4の降伏変位は正側で14mm、負側で13mmであったが、その他の試験体との比較のため、降伏変位13mm、降伏荷重80.9kNとした。最大荷重は $-2\delta y$ で98.3kNに到達し、 $-7\delta y$ で降伏荷重を低下、 $+8\delta y$ において載荷荷重が降伏荷重の70%を下回った。

(4) TCR4の変位13mm時の荷重は61.9kNであり、最大荷重は $+3\delta y$ で98.5kNであった。 $+5\delta y$ で降伏荷重を下回り、 $-6\delta y$ で耐荷重53.1kN、 $+7\delta y$ 載荷時において軸力保持不能となった。

(5) TC5の降伏変位は13mm、降伏荷重は80.1kNであった。 $-2\delta y$ で最大荷重96.7kNに到達し、 $-6\delta y$ において降伏荷重を下回った。 $-7\delta y$ 載荷後の軸力増載荷時において、軸力保持不能となった。

(6) TCR5の変位13mm時の荷重は64.0kNであり、最大荷重は $-2\delta y$ で108.9kNであった。 $-5\delta y$ で降伏荷重を下回り、 $-6\delta y$ で帯鉄筋の破断とともに、軸力保持不能となった。各試験体の初載荷時と補修後載荷時の荷重-変位履歴曲線を図2, 3, 4に示す。

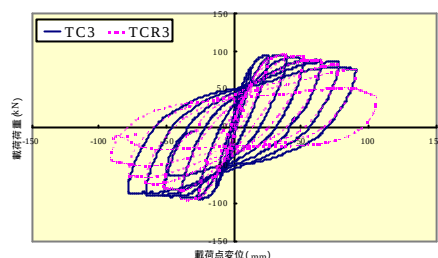


図2 TC3 / TCR3のP - δ履歴曲線

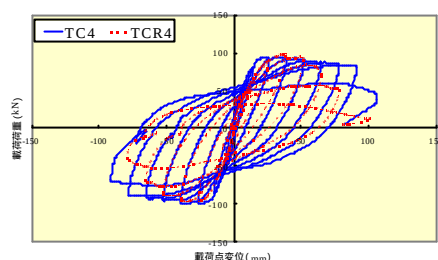


図3 TC4 / TCR4のP - δ履歴曲線

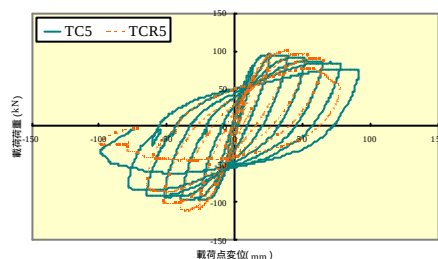


図4 TC5 / TCR5のP - δ履歴曲線

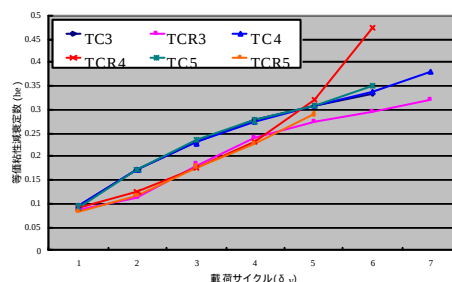


図5 等価粘性減衰定数の比較

### 4. 考察・まとめ

初期剛性の復元率は、TCR3で68%、TCR4で81%、TCR5で76%であった。一方、変形性能の復元率はTCR3で85%、TCR4で75%、TCR5で70%であった。また、図5に等価粘性減衰定数の比較を示すが、補修後の各試験体とも18%程度の低下であった。

このことから、本実験では、損傷レベル4の大損傷領域においても、エポキシ樹脂注入とエポキシ樹脂モルタルによる断面修復を行えば、損傷程度に係わらず、最大耐荷重は損傷前と同等以上に復元可能であるものといえる。一方、変形性能については、被災度が増すほど復元効果が低下するため、塑性領域の帯鉄筋の交換、柱外周被覆補強等が別途必要である。また、初期剛性についても、既性能に復元できないため、恒久処置として、柱の曲げ剛性を向上できる外面被覆等の補強が必要であるものと考えられる。

#### 【参考文献】

- たとえば、石橋忠良・津吉毅・小林薫・小林将志：大変形正負交番載荷を受けるRC柱の損傷状況及び補修効果に関する実験的研究，土木学会論文集，No.648 / V-47，55-69，2000.5
- 鉄道総合技術研究所編：鉄道構造物等設計標準・同解説 耐震設計，1999.10