

損傷を受けた鋼板巻き立て補強RC柱の補修後の動的特性に関する実験的研究

パシフィックコンサルタンツ(株) 正会員 ○松枝 修平
 (財)鉄道総合技術研究所 正会員 豊岡 亮洋 正会員 岡本 大
 正会員 田所 敏弥 正会員 谷村 幸裕

1. はじめに

兵庫県南部地震以降、主に、せん断破壊形態の部材に対して耐震補強が実施されてきた。鉄道RCラーメン高架橋では、一般に、鋼板巻き立て補強が行われている¹⁾。新潟県中越地震では、耐震補強した柱は軽微な損傷であった²⁾が、東海地震、南海地震、東南海地震等の大規模地震時には、ある程度の損傷を受けることが想定される。近年、損傷を受けた鋼板巻き立て補強柱の復旧方法に関する研究³⁾が行われているが、筆者らは、早期復旧を目的として、損傷したコアコンクリートを除去せずに、補修材を充填する方法を提案し、その効果について静的載荷実験により確認した⁴⁾。今回、同様な補修方法に対して、振動台実験装置を用いた加振実験により補修効果について検討したので報告する。

2. 実験概要

実験に用いる試験体の諸元を、図1に示す。試験体は、鉄道RCラーメン高架橋の柱の1/2モデルとし、400mm角のRC柱に補強鋼板 $t=4.5\text{mm}$ を巻き立てた後に、間詰めモルタル20mmを打設した試験体である。せん断スパン比は $a/d=5.4$ (a :せん断スパン, d :有効高さ)とした。また、配筋は、帯鉄筋比 $p_w=0.19\%$ 、引張鉄筋比 p_t は 1.07% とした。軸力 N は、 312kN (軸応力 $\sigma_N=1.77\text{N/mm}^2$)とした。使用材料の強度は、試験体のコンクリートの圧縮強度が $f_c=33.3\text{N/mm}^2$ 、軸方向鉄筋の降伏強度が $f_{sy}=361\text{N/mm}^2$ 、帯鉄筋が $f_{wy}=371\text{N/mm}^2$ 、鋼板が $f_{sy}=294\text{N/mm}^2$ である。間詰めモルタルは、補強工法で一般的に用いられているセメント系材料を用いた¹⁾。

実験は、振動台上に、試験体および図2に示す載荷装置を設置し、加振した。加振波は、図3に示す正弦波5波を基準とし、試験体の応答加速度が徐々に大きくなるように、振幅調整したものをを用いた。本実験では、試験体を損傷させるための加振実験と補修後の加振実験を行っているが、前者を「初期損傷時」の実験、後者を「補修後」の実験とする。両者とも同様な加振方法とした。

3. 補修材および補修方法

補修材料は、早期復旧を目的として、比較的安価で震災時にどの地域でも入手が可能と考えられる、無収縮セメントスラリーとし、3日強度が既存RC柱の設計基準強度程度に達する早強タイプを用いた。補修材の諸元は、 $W/C=32\%$ 、水温 24°C 、練り上がり温度 32°C 、J14ロート流下時間 4.9sec である。補修方法は、損傷したコアコンクリートは撤去せずに、セメントスラリーを注入する方法とした。具体的には、まず、写真1に示すように、補強鋼板がはらみ出した $1D$ (D :部材高さ)区間の上部、中部、下部に、注

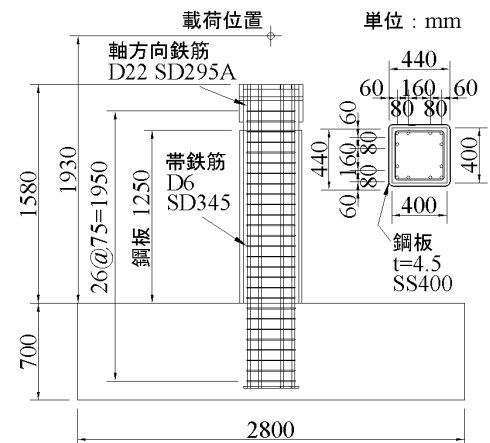


図1 試験体諸元

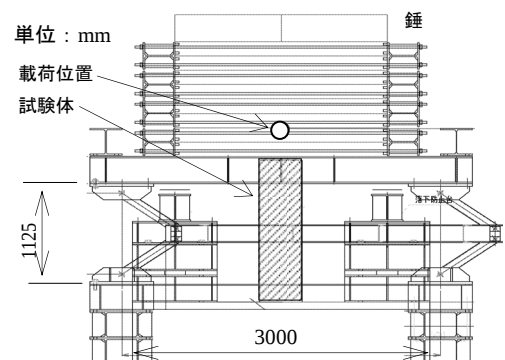


図2 載荷装置

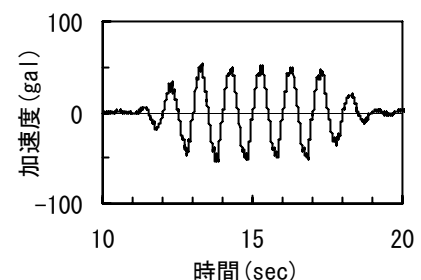


図3 入力波

キーワード 鋼板巻き立て補強, 補修, 振動台実験, 耐震

連絡先 〒163-0730 東京都新宿区西新宿 2-7-1 パシフィックコンサルタンツ(株) TEL 03-3344-1304

入用のパイプ($\phi 10\text{mm}$)を設置した。次に、柱下部に急結無収縮モルタルによりシーリングを行い、補修材の目詰まりを防ぐため、下部から水通しを行った後、補修材を注入した。なお、鋼板のはらみ出しが小さい上部では、補修材はほとんど注入できなかった。

4. 実験結果

図4および図5に、初期損傷時および補修後における試験体天端の応答加速度と水平変位の関係を示す。図4は、正側の最大応答加速度が400gal（軸方向鉄筋降伏前）に達したとき、図5は、正側の最大応答加速度が700galに達したときの履歴図をそれぞれ示す。また、図中には、骨格曲線の計算値¹⁾を示す。

図4に示すように、初期载荷時に比べて補修後の初期剛性は小さくなる傾向を示した。正側では、補修後の割線剛性（最大加速度の点と原点を結んだ線の傾き）は初期損傷時の55%となった。一方、負側では22%となった。剛性が小さくなる傾向は、静的载荷実験による既往の研究⁴⁾と同様な結果であった。また、図5より、正側では、最大応答加速度は同程度まで回復した。一方、負側では、初期損傷時には600gal程度まで応答しているのに対して、補修後には60mm程度の水平変位から剛性が低下し、応答加速度は約200galで頭打ちとなった。補修後の加振終了後に、補強鋼板を除去して内部の損傷状況を確認したところ、初期損傷時に、負側载荷時に引張鉄筋となる一部の軸方向鉄筋が低サイクル疲労により破断していたことが判明し、これが約200galで加速度が頭打ちとなった原因と考えられる。図5より、実験結果と計算値を比較すると、初期損傷時の最大変位は、正側载荷はM点⁵⁾程度で、負側载荷はN点⁵⁾を超えていた。以上より、初期損傷時に最大応答がN点以下の場合には補修効果が期待できるものの、N点を超えるような大きな応答を生じた場合には軸方向鉄筋の破断が生じる場合があり、補修効果が得られない可能性があると考えられる。

5. まとめ

本研究により、以下の知見を得た。

- ① 補修後の軸方向鉄筋降伏前における剛性については、既往の研究の静的载荷実験と同様に、小さくなる傾向を示した。
- ② 補修後の応答加速度については、初期損傷時に損傷がM点程度であった正側は初期損傷時と同程度となったが、負側は初期損傷時にN点を超える変位を経験し、鉄筋の破断が生じていたことから補修効果が得られなかった。以上より、N点までの損傷では補修効果は得られ、N点を超えるような損傷では補修効果が得られない可能性があることがわかった。

参考文献

- 1) 既存鉄道コンクリート高架橋柱等の耐震補強設計・施工指針 鋼板巻立て補強編, 1999.7, 2) 管野貴浩他：新潟県中越地震を受けた鋼板巻き耐震補強高架橋の調査, No.23, SED, 2005.2, 3) 稲熊弘他：鉄道高架橋の鋼板巻き補強柱の復旧方法に関する実験的研究, コンクリート工学年次論文集, Vol.27, No.2, 2005, 4) 松枝修平他：損傷を受けた鋼板巻き立て補強RC柱の補修効果に関する研究, コンクリート年次論文集(投稿中), 2010, 5) (財)鉄道総合技術研究所：鉄道構造物等設計標準・同解説（コンクリート構造物）



写真1 補修材の注入状況

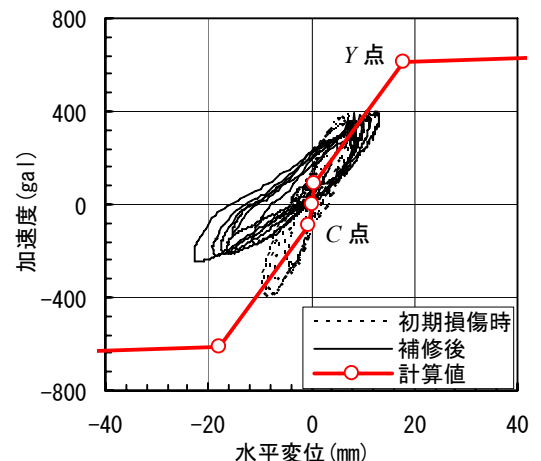


図4 応答加速度—変位関係
(正側最大応答加速度 400gal 時)

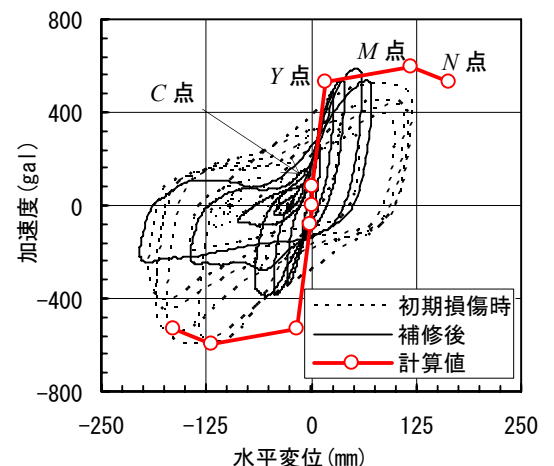


図5 応答加速度—変位関係
(正側最大応答加速度 700gal 時)