

塑性領域を考慮したラーメン高架橋の耐震補強法の提案

JR 東海 正会員 ○岩田秀治，フェロー 関雅樹，正会員 長縄卓夫

1. はじめに

兵庫県南部地震では鉄道ラーメン高架橋の一部に大きな被害が集中した。被災箇所は、主にせん断破壊型の柱であった。このため、既存の鉄道ラーメン高架橋の耐震補強は、せん断破壊型の柱の変形性能の向上を目的としている。標準工法として、柱全長を巻立てる鋼板補強を採用している¹⁾。鋼板補強の目的は鋼板により帯鉄筋量を増強し、柱のせん断耐力を向上することにより曲げ破壊型に改善することである。一方、既設鉄道高架橋柱の建設時の帯鉄筋量は中間部に比較して端部は密に配筋されている。そこで、鋼板補強時に柱端部の補強を省略することの可能性について着目した。

今回、塑性領域の $1.0D$ (D : 柱幅) に着目し、柱端部のせん断補強を省略した場合の耐震性能を研究した。ここでは解析と模型実験結果の検討内容を報告する。また、鋼板補強の代替工法としての繊維補強一種であるポリエステル繊維補強 (SRF 工法) についても実験を実施したので併せて報告する。

2. 耐震性能の検証

(1) FEM 解析および結果

鋼板補強により、せん断破壊型が曲げ破壊型に改善されれば、変形性能は向上する。一方、 $1.0D$ 程度とされる塑性領域の柱端部は損傷を許容すると考えられる。また、高架橋柱の下端部は土中にあることが一般的な実態である。具体的には、約 50cm 以上の

土被りがあり、更に約 10cm 以上の均しコンクリートが打設されていることが多い。この土中部は設計上、マス重量として考慮されるが、現設計の考え方では地震時での拘束効果は考慮されていない。兵庫県南部地震の高架橋柱の被災例では、損傷が地上部に集中し、地中部には損傷が確認できなかった。この事象などからも、土中部の拘束力は大きなものと推測できる。

本研究では、柱基部の補強省略ケースについての耐震性能の確認を FEM 解析と模型実験にて検証した。解析法としては、骨組モデルでの当該箇所の評価は不可能であるため、FEM 解析を用い、鋼板巻き補強での変形性能算定式¹⁾ 対照資料⁵⁾ を準用し評価した。この評価式は、本来、単純梁つまり 1 方向の剛性のみを考慮して、土被り部のハラミ出し量を算定するもので、今回はシェルモデルにより 2 方向の剛性を考慮している点が特徴である。

解析モデルは図 1 に示すように、柱かぶり前面をモデル化し、面外に主鉄筋の座屈力を載荷する。

ハラミ出し量、回転角の推移は、無補強 Case1 と全補強 Case3 の間に $1D$ 補強省略 Case2 がある。

また、Case4, 5 はポリエステル繊維巻き補強を行った場合の検証で、設計上のせん断破壊防止の最低巻き厚である^{2,3)}。Case5 は $1D$ 補強省略 Case4 に土被り部を土層にて模擬したもので、土の強度は実状を踏まえて設定した。解析結果を図 2, 図 3 に示す。

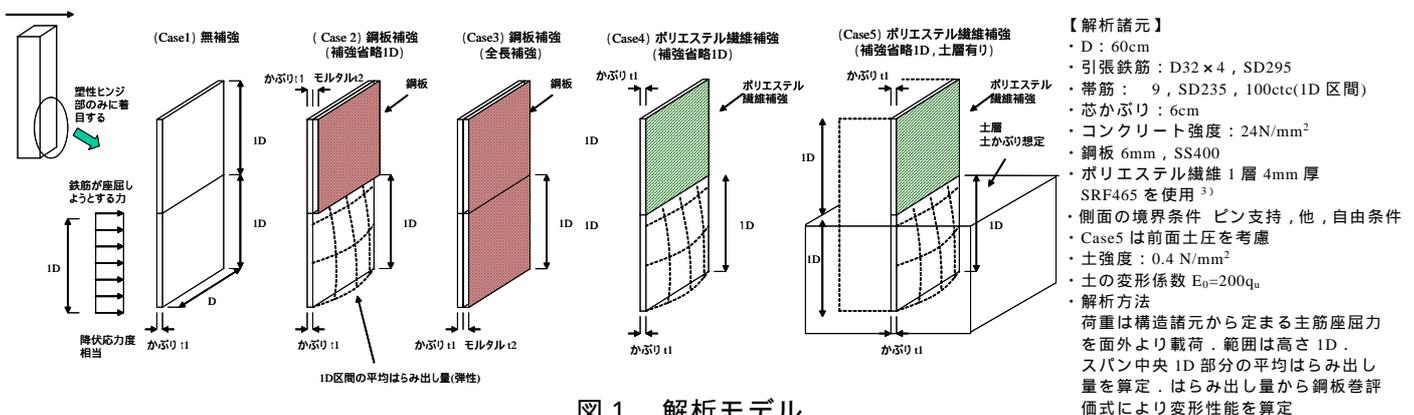


図 1 解析モデル

キーワード : 耐震補強工法, 耐震性能, 破壊形態, ラーメン高架橋, 地中部

連絡先 : JR 東海 技術開発部 〒485-0801 愛知県小牧市大山 1545-33 tel0568-47-5375, fax0568-47-5364

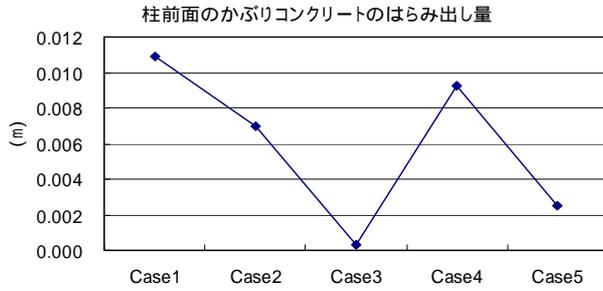


図2 解析結果（ハラミ出し量）

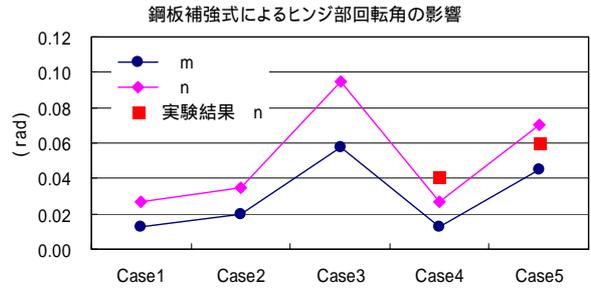
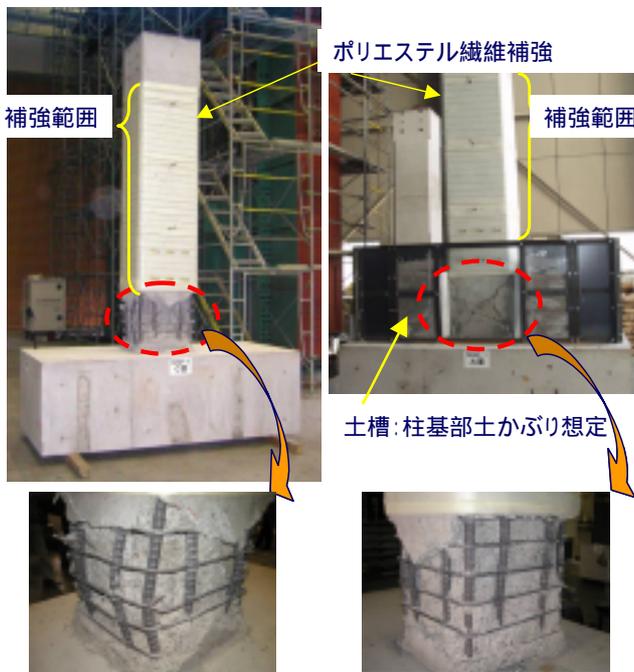


図3 解析・実験結果（回転角）

表1 荷重実験の諸元，結果

| Case | 柱断面 (mm) | 柱高さ (mm) | 引張鉄筋 | ポリエステル繊維補強範囲 (mm) | 土かぶり部 (mm) | 土層成分 | 土層強度 (N/mm ²) | 実験結果 (降伏耐力維持) |
|-------|----------|----------|----------------|------------------------|-------------------------|----------------------------|---------------------------|-----------------------|
| Case4 | 600×600 | 2900 | D32×4 SD295 | 600～2600 1.0D 区間無補強 | 土層なし | 砂：セメント：ベントナイト = 100：6：3 | 0.4N/mm ² | 6 -1 サイクル 変位 120mm |
| Case5 | | | | | 土層あり 土層高さ 600 (1.0D) | | | 8 -1 サイクル 変位 176mm |



【Case4】：土層なし
主筋座屈，はらみだし：大
帯鉄筋：フック延び

【Case5】：土層あり
主筋座屈，はらみだし：小
帯鉄筋：フック延びなし

写真1 荷重実験状況，結果

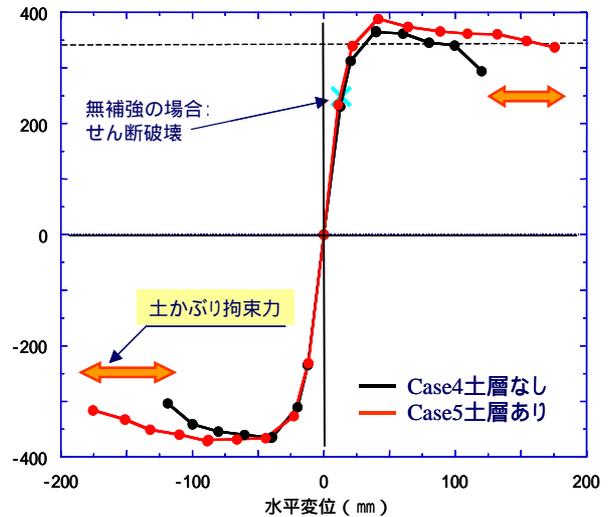


図4 荷重実験結果（荷重 - 変位）

脆性的なせん断破壊を防止でき，曲げ破壊タイプに移行し大きな変形性能を発揮した。

柱下端 1D 区間の補強を省略した場合でも，FEM 解析により，鋼板巻き補強の変形性能式が適用できる可能性が判明した。

土中部の拘束効果として，コンクリートの剥落防止と主筋の座屈防止が確認され，変形性能が向上した。

最後にご協力を賜った日建設計シビル 西山氏，清水建設 滝本氏ら多くの関係者に感謝します。

【参考文献】

- 1) 鉄道総合技術研究所編：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) 稲熊弘，関雅樹，鉄道高架橋柱のポリエステル繊維巻き補強に関する実験的研究，構造工学論文集，Vol.50A，2004.3
- 3) SRF 補強技術，構造品質保証研究所(株)発行，2003.1

(2) 荷重実験および結果

解析 Case4, 5 に関して，60cm 角の実物大の諸元の試験体による荷重実験を行った（表1，写真1）。

結果は，荷重-変位関係（図4）に示すように，土被りの影響により変形性能に相違が生じ，主筋座屈の抑制効果が確認できた。Case5 の解析値は粘性土として地盤反力係数の影響を考慮しており，解析値と同程度の結果が得られた（図3）。

3. まとめ

本研究で得られた知見は，以下のものである。

塑性領域の柱下端 1D 区間の補強を省略しても，