

軸方向鉄筋の途中定着部をせん断補強した橋脚の変形挙動の解析的検討

JR 東日本(株)研究開発センター 正会員 ○森山 智明

JR 東日本(株)研究開発センター 正会員 小林 薫

1. はじめに

鉄道構造物の耐震補強工事は、兵庫県南部地震での被災状況を踏まえ、RC ラーメン高架橋柱を先行し行われてきた。鉄道高架橋柱については、実物規模の試験体による交番載荷試験等が行われ、各種の工法が開発され実用化されている。今後、補強工事の対象となる RC 橋脚は、断面高さと幅の比が3～6と長方形となること、鉄筋の途中定着を有するものがあるなど、鉄道高架橋柱とは形状、配筋が異なるため、高架橋柱の技術をそのまま適用することはできない場合が考えられる。

特に鉄筋の途中定着を有する橋脚は、引張鉄筋が不連続となるため地震のような大きな交番繰り返し荷重が作用した場合の弱点となる。このことから、RC 巻き立てや鋼板巻き補強が行われているが、曲げ補強を行うことは基礎に対する負担や工事費が高くなるといった問題点もある。

本検討では、鉄筋の途中定着を有する橋脚の経済的な耐震補強工法の開発を目的として、非線形 FEM 解析により途中定着部にせん断補強のみを行った場合の部材の変形挙動の検討を行った。

2. 解析モデルの概要

基本ケースとなる無補強時（case-0）の解析モデルを図-1 に示す。解析と実験結果を比較するため、山本らが行った交番載荷実験¹⁾に用いられた試験体と同じ形状としている。引張鉄筋比は、 $p_t=0.60\%$ であり、実橋脚との縮尺は1/4程度となる。鉄筋の段落し部（カットオフ点）は、載荷高さ1.5mの1/2で鉄筋量を1/2としている。case-1～4として、試験体の外周に腹巻状のせん断補強することを想定し、橋脚幅150cmのうちの20cm分（両側10cm+10cm）の側面の要素のせん断鉄筋量を $p_w=0.5, 1.0, 1.5, 2.0\%$ としている。 $p_w=1.0\%$ で高さ方向10cmピッチに断面1cm²の鋼材で補強することに相当する。載荷は、降伏変位 $\delta_y=9.5\text{mm}$ を1 δ_y とし1, 2, 4, 6, 8 δ_y と2サイクルずつ交番載荷している。

検討には、2次元非線形 FEM 解析プログラム「WCOMD」²⁾を用いた。本プログラムは、ひび割れを有する鉄筋コンクリート構造の材料構成則が考慮されており、経路依存性を考慮した解析が可能である。

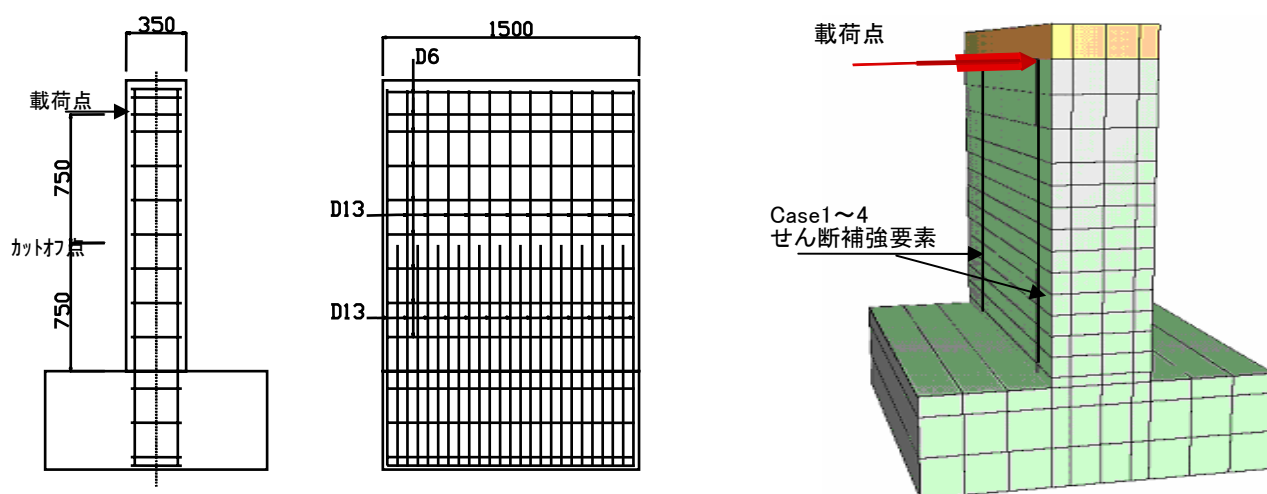


図-1 解析モデル概要

キーワード 耐震補強, せん断補強, 途中定着, 非線形 FEM 解析, 交番載荷

連絡先 〒331-8513 埼玉県さいたま市日進町 2-0 JR 東日本研究開発センターフロンティアサービス研究所 TEL 048-651-2552

3. 解析結果

無補強時（case-0）の解析結果と実験値の $P-\delta$ 曲線の比較を図-2 に、case-0～3 での最大変位時の変形とひび割れの形状を図-3 に示す。無補強時（case-0）の解析、実験値とも $P-\delta$ 曲線は、 $4\delta_y$ の2サイクル目に急激に耐力が低下し、その時のひび割れ性状は、カットオフ点での損傷が激しくなっている。この結果は、カットオフ点の斜めひび割れがX状に交差して発達し、急激に耐力が低下している山本氏らの実験と良くあっている。case-1 では、カットオフ点と基部にひび割れが見られ、無補強と同様にカットオフ点での曲率の突出が見られている。Case-2,3 のように、せん断補強量の増加に伴い、カットオフ点のひび割れによる損傷少なくなり、ひび割れによる損傷位置は、カットオフ点から基部に移行している。

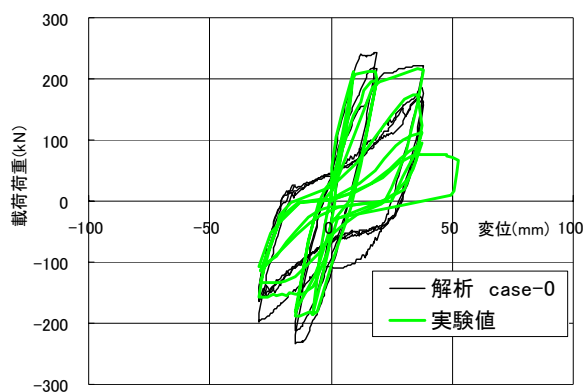


図-2 $P-\delta$ 曲線(case-0 無補強)

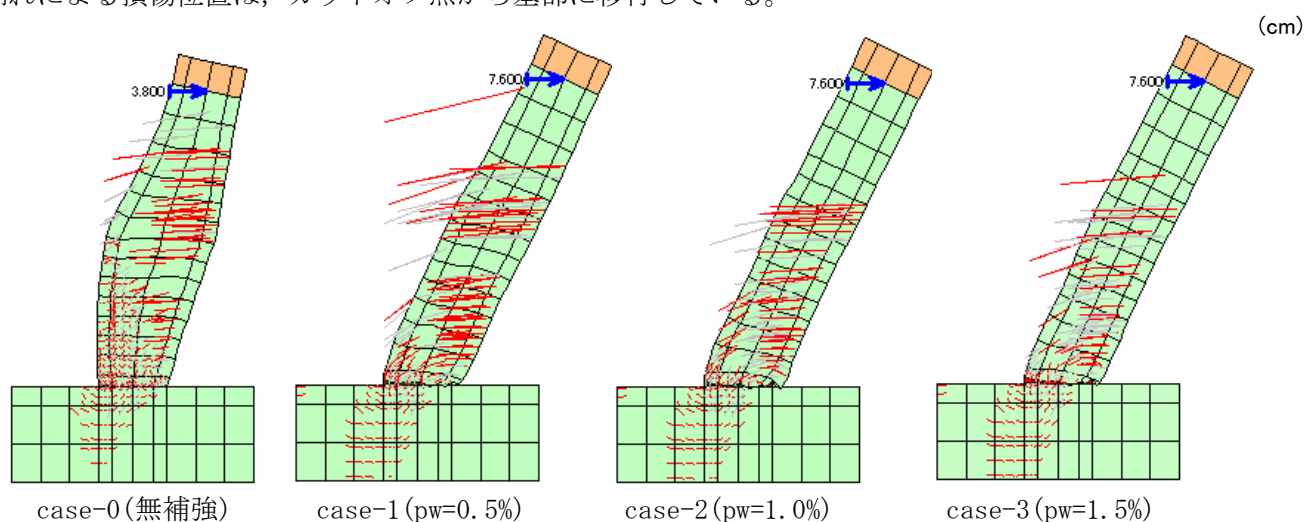


図-3 最大変位時の変形とひび割れ状態

case-0～4 の $P-\delta$ 曲線の包絡線を図-4 示す。最大変位は、せん断補強により $8\delta_y$ 程度に変形が増加するが、カットオフ点での損傷が抑えられた場合、基部の損傷で変形性能が決まるため、補強量による傾向は見られなかった。

4. まとめ

解析結果では、基部とカットオフ点で同時に降伏する形状においても、せん断補強のみでもカットオフ点から基部への損傷となり、変形性能は増加する結果となった。しかし、2次元解析で奥行き方向が解析上考慮されているか、カットオフ点付近の主鉄筋の付着割裂が抑えられるかなどの解決しなければならない課題も多い。今度は、これらの検討を基に実験を行い確認していく予定である。

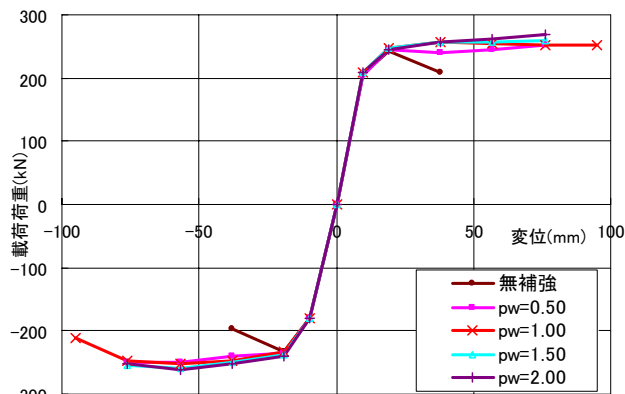


図-4 $P-\delta$ 曲線の包絡線

【参考文献】1) 山本強, 石橋忠良, 大坪正行, 小林晋爾: 鉄筋を途中定着した橋脚の耐震補強に関する実験的研究, 土木学会論文集, No.348/V-1, pp.61-70, 1984.4,

2) 岡村甫, 前川宏一: 鉄筋コンクリートの非線形解析と構成則, 技法堂出版, 1991