交番載荷を受ける RC 柱の破壊挙動分析

横浜国立大学大学院　○大内　惇暉　正会員　藤山知加子
東日本旅客鉄道(株)　正会員　細川　良美　小林　寿子

1.　研究目的

鉄道高架橋柱の耐震補強工法の一つとして，一面耐震補強の研究が行われている[1)2)]．本研究では，補強効果だけでなく，施工誤差や実験における載荷治具などの境界条件が検討結果に及ぼす影響を把握することを目的として，非線形有限要素解析（コード名：COM3）を実施した．

2.　解析モデル

2.1　モデル概要

実験[2)]をもとに作成したモデルを**図 1** に示す．図中に赤色で示される要素は載荷治具を表しており，鋼材の弾性係数を用いた弾性要素で再現した．柱部上部から弾性要素を介して軸力を与え，柱を囲う治具側面の節点に Y 方向に強制変位を与えた．**表 1** に試験体の緒元を示す．**表 2** は材料試験結果から得られた材料特性値を示す．

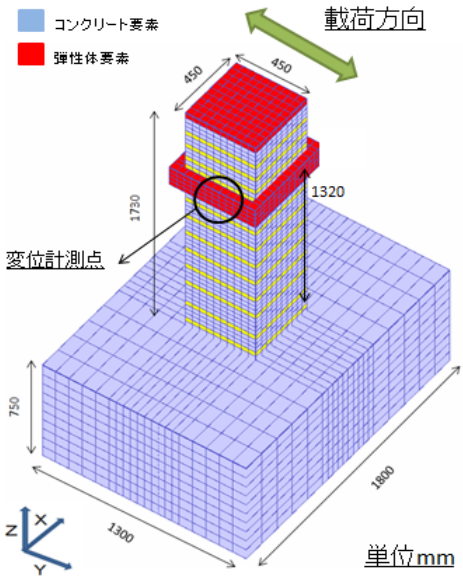

図 1　解析モデル全体図

表 1　試験体諸元

試験体	断面寸法 B(mm)×H(mm)	主鉄筋 径	主鉄筋 本数	主鉄筋 引張鉄筋	帯鉄筋 径	帯鉄筋 ピッチ	軸力 (N/mm²)
解析モデル1（補強なし）	450×450	D22	16	5	D10	150	0.98
解析モデル2（ワイヤー補強）							

表 2　材料特性値

材料特性	弾性係数 (N/mm²)	引張強度 (N/mm²)	ポアソン比	単位体積重量 (kn/mm²)	降伏強度 (N/mm²)	圧縮 (N/
軸方向鉄筋	194000	562	0.3	76.4	369.4	–
帯鉄筋	194000	569.1	0.3	76.4	384.4	–
柱部コンクリート	25000	1.9	0.2	25	–	23
フーチング部コンクリート	25000	1.9	0.2	25	–	25

2.2　解析ケース

解析は 3 ケース実施した．ケース A では，施工誤差による主鉄筋の配置のずれが交番載荷に与える影響を調べるため，主鉄筋位置をそれぞれ外側と内側とに偏在させたモデルを作成し比較した（**図 2**）．ケース B では，治具の接触面積（回転拘束度合い）が与える影響を調べるため，治具の高さを 144mm と 56mm にしたモデルで比較検討した．ケース C では，鋼板のみを接着した場合と，接着した鋼板を高強度細径ワイヤーによって固定した一面補強のモデルについて検討を行った．

3.　解析結果および考察

3.1　ケース A（鉄筋配置）

図 3 に，ケース A の水平荷重および治具位置での水平変位の関係を示す．初期剛性はいずれも実験[2)]と近い値を示しているが，変位 75mm 以前の載荷初期では A-1 のほうが，以降では A-2 の方が，耐荷力が大きかった．**図 4** は変位 25mm 時の柱中央断面のせん断ひずみコンター図である．モデル A-1 の方が断面の中央部にひずみが集中する傾向であった．

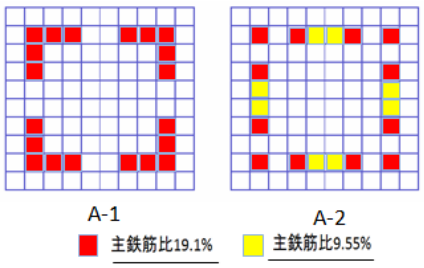

図 2　主鉄筋配置と要素鉄筋比

キーワード　耐震補強工法　交番載荷　一面補強　鉄筋偏在　拘束治具
連絡先　〒240-8510 神奈川県横浜市保土ヶ谷区常盤台 79-5 横浜国立大学院　045-339-4045

© Japan Society of Civil Engineers

以上より，鉄筋偏在により損傷状態に差はみられるものの，全体挙動への影響は比較的小さいと言える．

3.2　ケース B（治具拘束）

図 5 に，ケース B の荷重変位曲線を示す．拘束の大きい B-1 の方が初期剛性，最大耐力が大きく，また大変形後も耐荷力の低下が小さかった．変形および主ひずみコンター図（**図 6**）を見ると， B-1 ではせん断変形が支配的であり，断面内部の損傷が大きかった．一方，B-2 では曲げ変形が卓越していた．以上より，治具の拘束条件は，損傷および破壊モードに影響を及ぼすと言える．

3.3　ケース C（一面補強）

ケース C は柱の載荷方向の一面に鋼板を付けたモデル(C-1)と鋼板部分からU字型にコアコンクリートを囲うよう高強度細径ワイヤー通したモデル(C-2)を比較検討した。**図 7** に，ケース C の荷重変位曲線を示す．ワイヤーを併用した C-2 のほうが，2 回目以降の交番載荷において耐荷力の低下は小さい傾向であった．しかし，途中で解析の収束性が低下し，実験 [2] と同等の大変位を与えることができなかったため，ワイヤーによる補強効果の検討には至らなかった．鋼板の固定方法によって補強効果が異なる可能性を示唆しているため，今後モデルの改善が必要である．

4.　まとめ

(1) 本研究の検討範囲では，鉄筋偏在による全体挙動への影響は比較的小さかった．

(2) 治具の拘束条件は，損傷および破壊モードに影響を及ぼすことがある．

(3) 鋼板一面補強工法において，鋼板の固定方法によって補強効果が異なる可能性が示唆された．

[参考文献]
1) 小林 薫　石橋 忠良　RC 柱の一面から施工する耐震補強工法の鋼板補強効果に関する実験的研究，土木学会論文集 E2(材料・コンクリート構)，Vol71，No. 1，pp. 48-57，2015
2) 細川 良美　菅野 貴浩　小林 寿子　ワイヤーロープを使用した柱一面からの補強における変形性能に関する実験的検討，コンクリート工学年次論文集 Vol. 42(投稿中)

[謝辞]
横浜国立大学　前川宏一教授に貴重な助言をいただきました．記して深く感謝いたします．

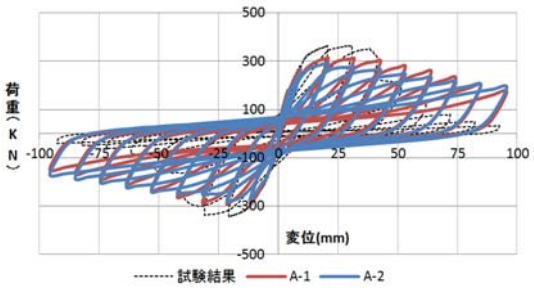

図 3　荷重変位関係(ケース A)

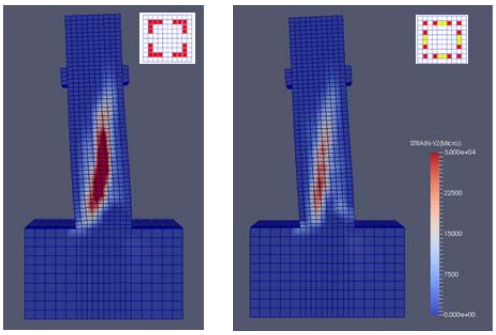

図 4　せん断ひずみコンター図(ケース A)

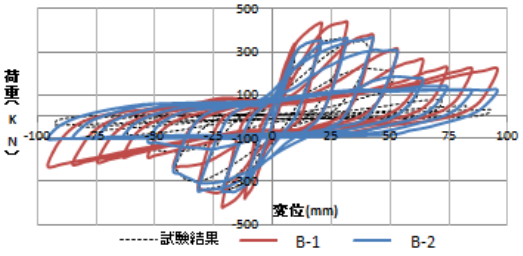

図 5　荷重変位関係(ケース B)

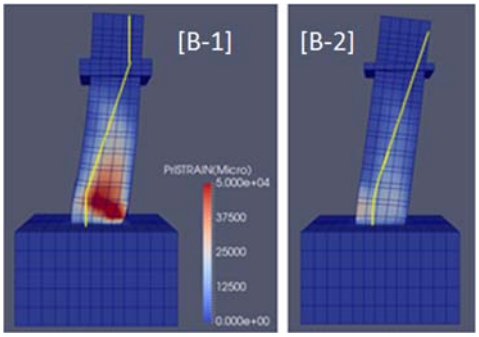

図 6　主ひずみコンター図(ケース B)

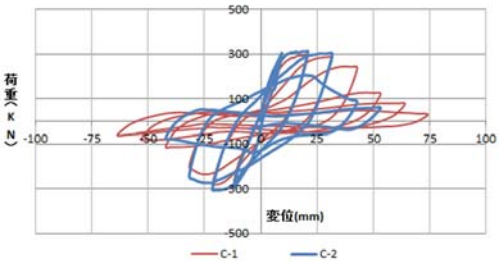

図 7　荷重変位関係(ケース C)

© Japan Society of Civil Engineers