

主筋付着性能を向上させた RC 造 内柱・梁接合部のせん断性状に関する有限要素解析

正会員 ○森田真司^{*1}
同 北山和宏^{*2}

鉄筋コンクリート 柱・梁接合部 主筋付着
有限要素解析 接合部せん断力

1. はじめに

鉄筋コンクリート造柱・梁接合部のせん断性状は接合部内に通し配筋された柱・梁主筋の付着性状により変化すると考えられるため、主筋の付着を絶縁した試験体^{[1],[2]}及び付着性状を向上させた試験体^[3]を作成し実験的研究を行ってきた。本研究では、柱・梁主筋の付着性能を良好にした試験体を対象として、内田・野口^[4]により開発された2次元有限要素解析プログラムを用いて解析を行い、接合部せん断性状を検討した。

2. 解析方法

2.1 解析対象試験体 対象とした試験体は、文献[3]の単調載荷した平面内柱・梁接合部試験体 M3 である。図-1 に対象試験体の配筋図を、図-2 に解析モデルの要素分割図を、表-1 に試験体諸元をそれぞれ示す。試験体 M3 は接合部内梁主筋の上下に鉄筋を抱合せ溶接し、表面積を増大させることで付着性状が良好となるよう設計した。加力は軸力を載荷せず柱頭に変位制御により単調載荷した。柱頭、柱脚及び左右梁端の境界条件は実験に従った。

2.2 解析モデル コンクリート要素は 8 節点の平面要素で表現した。応力-歪み関係の上昇域には Saenz モデルを用い、圧縮強度到達後の歪み軟化域には Kent-Park モデルを使用した。柱・梁主筋及び接合部横補強筋は線材要素とし、応力-歪み関係は Bi-linear 型とした。柱・梁の横補強筋は、積層要素として表現した。接合部内、左右梁付け根及び上下柱付け根部 (各 150mm) における柱・梁主筋とコンクリート要素間の付着のみボンド・リンク要素で表現した。付着-すべり量関係のうち付着強度は実験結果に基づき決定したが、すべり量は直接測定していなかったため、文献[5]を参考にして決定した。コンクリート要素内は分布ひび割れモデルを用いた。ただし曲げひび割れが発生した柱・梁危険断面にはクラック・リンク要素を設置した。接合部内の梁主筋に抱き合わせした試験体 M3 を対象とした解析 (モデル1) に加え、接合部内の梁主筋付着を絶縁したモデルを 1 体 (モデル2)、接合部内の柱・梁主筋とも抱き合わせ鉄筋とし付着を良好にしたモデルを 1 体 (モデル3)、計3体の解析を行った。モデル1及び3における抱き合わせ鉄筋は主筋の表面積を2倍、断面積を3倍とすることで再現した。

め、文献[5]を参考にして決定した。コンクリート要素内は分布ひび割れモデルを用いた。ただし曲げひび割れが発生した柱・梁危険断面にはクラック・リンク要素を設置した。接合部内の梁主筋に抱き合わせした試験体 M3 を対象とした解析 (モデル1) に加え、接合部内の梁主筋付着を絶縁したモデルを 1 体 (モデル2)、接合部内の柱・梁主筋とも抱き合わせ鉄筋とし付着を良好にしたモデルを 1 体 (モデル3)、計3体の解析を行った。モデル1及び3における抱き合わせ鉄筋は主筋の表面積を2倍、断面積を3倍とすることで再現した。

3. 解析結果

3.1 層せん断力-層間変形角関係 実験結果と解析で得られた層せん断力-層間変形角関係を重ねて図-3 に示す。試験体 M3 の解析 (モデル1) における初期剛性は実験値とほぼ一致した。モデル1の最大層せん断力は 149kN となり、実験における最大層せん断力

表-1 試験体諸元

(a) 梁部材		(b) 柱部材	
主筋 (上下とも)	4-D25	主筋	16-D22
断面積 (cm ²)	20.28	断面積 (cm ²)	61.92
鉄筋比 (%)	2.02	鉄筋比 (%)	2.08
補強筋	4-D10	補強筋	4-D10
補強筋間隔 (cm)	6	補強筋間隔 (cm)	6
補強筋比 (%)	1.6	補強筋比 (%)	1.6
(c) 接合部		※軸力は載荷していない また接合部内梁主筋は表面積が約2倍となっている。	
補強筋	2-D6		
補強筋間隔 (cm)	2@8.0		
断面積 (cm ²)	1.28		
補強筋比 (%)	0.16		

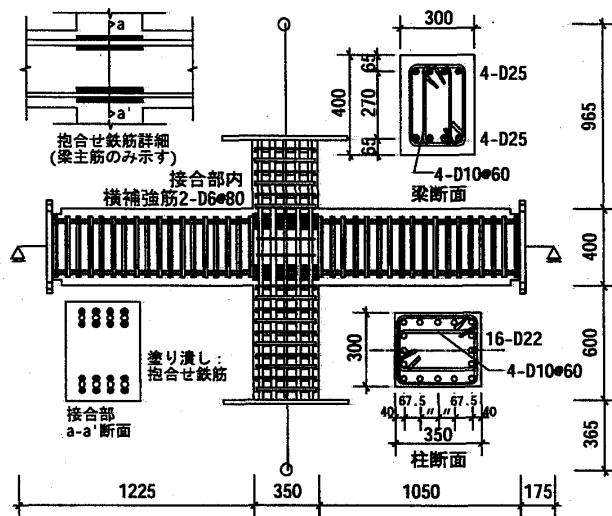


図-1 対象試験体の外形及び配筋図

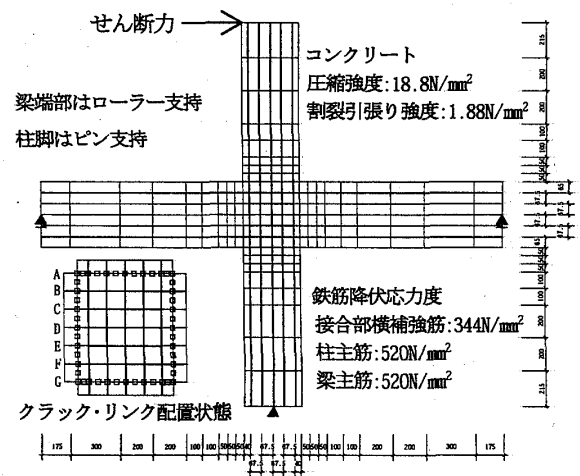


図-2 解析モデルの要素分割図

FEM Analysis on Shear Behavior of RC Beam-Column Joints given Good Bond along Beam and Column Bars

MORITA Shinji and KITAYAMA Kazuhiro

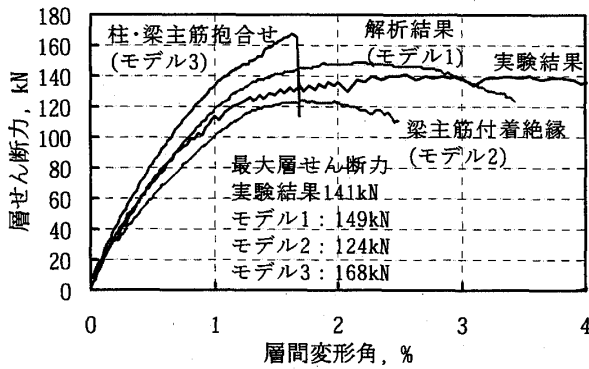


図-3 層せん断力-層間変形角関係

せん断力 141kN とほぼ一致した。梁主筋の付着を絶縁した解析における初期剛性は実験結果と比較して小さくなった。また最大層せん断力は 124kN となり実験値より 12%低くなった。柱・梁主筋の付着性状を良好にしたモデル 3 における初期剛性は実験値より大きくなり、最大層せん断力も 19%大きくなった。これは接合部中央のコンクリートが圧壊しても付着力によって接合部パネル内の広い範囲に応力が伝達されたからである。解析における破壊形式は、モデル 1 及び 2 では接合部せん断破壊であったが、モデル 3 では接合部内主筋の付着破壊によって耐力が低下した。

3.2 接合部水平せん断力分布 図-4 に接合部水平せん断力の接合部内における分布を示す。接合部水平せん断力は、接合部水平面におけるコンクリート節点のせん断応力度を積分して求めた。縦軸の記号 A~G は図-2 に示した接合部の水平面位置である。試験体 M3 を対象としたモデル 1 では梁主筋付着を絶縁したモデル 2 と比べ接合部の広い範囲で接合部せん断力が伝達されていることが分かる。また、柱・梁主筋とも付着を良好としたモデル 3 ではモデル 1 の同変形角時と比べ接合部せん断力が大きかった。水平面 A~G における接合部水平せん断力の最大値を柱断面積で除して求めた接合部せん断応力度と接合部せん断変形角との関係を図-5 に示す。梁主筋付着を絶縁したモデル 2 の接合部せん断応力度の最大値はモデル 1 の最大値と比較し 21.6%小さい値であった。接合部内の柱・梁主筋とも付着を良好にしたモデル 3 の接合部せん断応力度の最大値は梁主筋のみ付着良好であるモデル 1 と比べ 6.0%大きい値であった。柱・梁主筋とも付着良好とすることによって接合部の強度が上昇したが、層間変形角 $\theta=1.29\%$ でボンド・リンクの付着破壊が生じたため層せん断力が低下に転じた。

4. まとめ

- (1) 解析での最大層せん断力は実験による値とほぼ同一の値となった。接合部内の梁主筋付着を絶縁すると最大層せん断力は実験値より 12%小さくなり、接合部内の柱・梁主筋とも付着良好とすると 19%大きくなった。柱・梁主筋とも付着を良好とした場合、接合部内主筋の付着破壊によって耐力が決定した。
- (2) 接合部内の主筋付着性状が良好である解析モデルでは、接合部内コンクリートの広い範囲でせん断力が伝達され、接合部水平せん断応力度も付着を絶縁した場合と比較し 6.0%大きかった。

【参考文献】

[1] 田島, 北山, 奥田, 岸田: RC 内柱・梁接合部の破壊と柱・梁

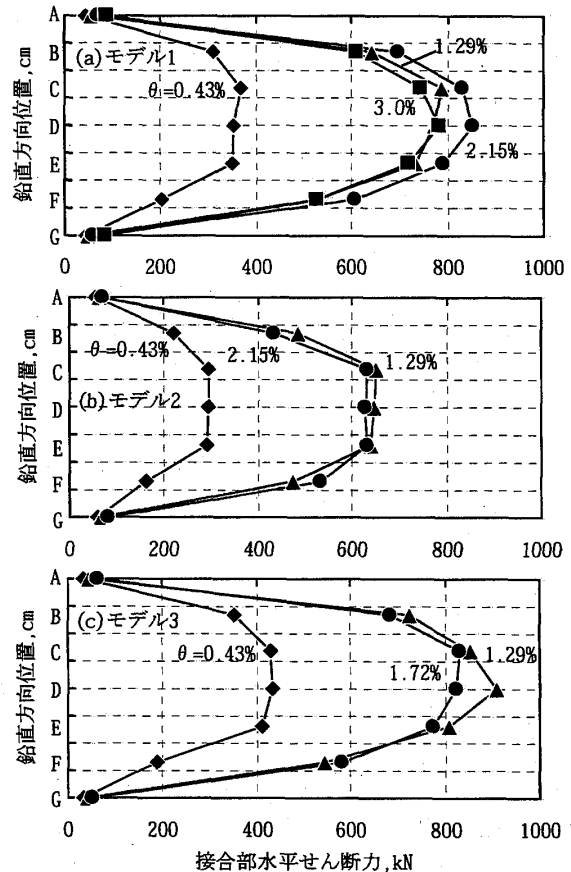


図-4 接合部水平せん断力分布

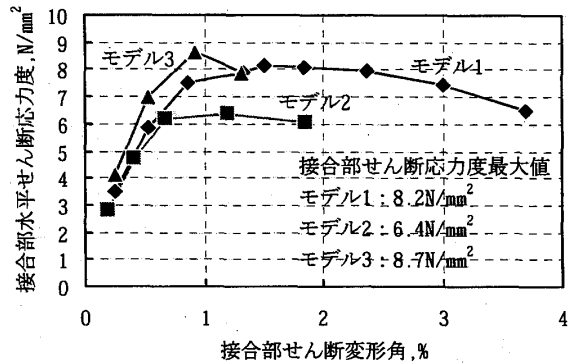


図-5 接合部水平せん断応力度-接合部せん断変形角関係

通し筋の付着性状との関係, コンクリート工学年次論文集, Vol. 22, pp. 697-702, 2000. [2] 森田, 北山, 岸田: RC 造柱・梁接合部の変形状と入力せん断力に関する研究, コンクリート工学年次論文集, Vol. 23, pp. 361-366, 2001. [3] 森田, 北山, 岸田, 西川: 主筋付着性状を考慮した鉄筋コンクリート造内柱梁接合部のせん断強度に関する研究, 日本建築学会構造系論文集, No. 585, pp. 131-137, 2004.11. [4] 内田, 野口: 混合構造接合部の有限要素解析, コンクリート工学年次論文集, Vol. 14, pp. 15-20, 1992. [5] 森田: 鉄筋コンクリート造柱・梁接合部のせん断破壊機構に関する研究, 博士論文, 2005.3. [6] 日本建築学会: 鉄筋コンクリート造建物の靱性保証型耐震設計指針・同解説, 1999.

*1 首都大学東京大学院工学研究科建築学専攻 COE リサーチフェロー 博士 (工学)

*2 首都大学東京大学院工学研究科建築学専攻 助教授・工博

*1 COE Research Fellow, Graduate School of Eng., Tokyo Metropolitan Univ., Dr. Eng.

*2 Assoc. Prof., Graduate School of Eng., Tokyo Metropolitan Univ., Dr. Eng.