

第 8 章
柱梁接合部

第8章 柱梁接合部

8.1 データベースの項目

以下に本研究において作成した試験体データベースの項目を示す。ただし、8.2節以降の検討で必要のない項目については未入力のものもある。

8.1.1 文献情報

101-ID情報

- 1) ID：部材毎に通し番号を付ける。柱梁接合部はBCJの後ろに“-"に続けて形状を表す符号(I, E, T, L)および通し番号3桁を付ける(例えば, BCJ-I 001等)。
- 2) 実験主体：実験実施の主体を記載する。
- 3) 試験体名称：文献に記載されている試験体の名称を付ける。
- 4) 部材名称：架構試験体の一部などで、試験体名称と異なる場合に名称を設ける。

102-文献情報

- 1) 文献番号：主たる論文について文献収集リストで付与した通し番号を記載する。
- 2) 関連文献番号：主たる論文に関連する文献収集リストで付与した通し番号を記載する。複数記載可。
- 3) 情報：主たる文献で必要な情報(タイトルや雑誌名)を表示させる。

8.1.2 試験体情報

201-一般情報

- 1) スケール：実断面に対して縮小された場合の規模。例えば1/2など
- 2) 形状：試験体の形状を記入する。例えば十字形、ト形など
- 3) 直交梁：直交梁の有無を記入する。取り付かない場合「無し」、1面に取り付く場合「1面」、2面に取り付く場合「2面」と記入する。
- 4) スラブ：スラブの有無を記入する。梁にスラブが取り付く場合「有り」、取り付かない場合「無し」を記入する。
- 5) 梁段差：取り付く梁の段差の有無。
- 6) 梁偏心：取り付く梁の偏心の有無。
- 7) 配筋の対称性：主筋の配置について対称性を記載する。柱、梁を別に記載する。
- 8) 打設方向：試験体の柱の軸方向と同じ方向からの打設を鉛直、柱・梁側面からの打設を水平とする。
- 9) 打設打継：試験体途中での打継の有無。ある場合、打継面の処理方法。
- 10) 備考：上記に関する内容の補足またはその他明記しておくべき事項。

202-材料情報

- a. コンクリートの材料特性について記載する。ただし、柱、梁、柱梁接合部をそれぞれ記載するものとする。
 - 1) 設計強度：当該文献に記載されている目標強度で、試験体の設計時に用いた強度。
 - 2) 圧縮強度：当該文献に記載されている最大圧縮強度を記載する。
 - 3) 圧縮強度時歪み：当該文献に記載されている最大圧縮強度時歪みを記載する。
 - 4) 引張強度：当該文献に記載されている引張強度を記載する。その値を割裂強度から算定し

ている場合は、「算定値」を選択し、その値を記載する。また、直接引張実験から算定している場合は、「実験値」を選択し、その値を記載する。その他、算定方法が不明な場合は「-」を選択する。

- 5) ヤング係数：当該文献に記載されているヤング係数を記載する。その値の算定方法（AIJRC規準式（コンクリート強度から算定する式で2）の圧縮強度を用いた場合）、JIS A1149式（実験結果より算定する）、「-」（算定方法が記載されていない）を選択する。値がない場合は「-」を選択する。
- b～g. 鉄筋の材料特性について記載する。ただし、b～gの各項目において複数種の鉄筋が用いられている場合は鉄筋の種類だけ記載する。なお、記載すべき鉄筋は b. 柱主筋, c. 柱補強筋, d. 梁主筋, e. 梁補強筋, f. 接合部補強筋, g. スラブ筋とする。
- 0) 鉄筋径
 - 1) 降伏強度：当該文献に記載されている降伏強度を記載する。その値の算定方法（降伏点、0.2%耐力、「-」（算定方法が記載されていない））を選択する。値がない場合は「-」を選択する。
 - 2) 降伏歪み：当該文献に記載されている降伏歪みを記載する。その値が材料実験から得られた値を用いて算定されていれば「実験値」とする。その他、算定方法が不明な場合は「-」を選択する。
 - 3) 引張強度：当該文献に記載されている引張強度を記載する。
 - 4) 引張強度歪み：当該文献に記載されている引張強度歪み度を記載する。
 - 5) ヤング係数：当該文献に記載されているヤング係数を記載する。その値を実験で得られる降伏強度および降伏歪みを用いて算定している場合は「実験値」と記載する。その他、算定方法が不明な場合は「-」を選択する。
 - 6) 備考：上記に関する内容の補足またはその他明記しておくべき事項。

203-部材形状情報

- a.～d. （下，上）柱，（右，左）梁：ト形およびL形の梁の情報は右梁に，T形およびL形の柱の情報は下柱に記入する。
- 1) 断面形状：矩形または円形などのコンクリート外部の形状。ただし，柱梁接合部では，矩形のみを収集対象とする。
 - 2) 幅：矩形断面において，加力方向に対して直交する辺の長さ。
 - 3) せい：矩形断面において，加力方向に対して平行する辺の長さ。
 - 4) 有効せい：矩形断面において，圧縮縁から引張鉄筋の降伏時引張力の重心位置（以下，引張鉄筋塑性重心位置）までの長さ。
 - 5) コア断面積：外周部せん断補強筋に囲まれた断面積
 - 6) 被りコンクリート厚さ：矩形断面の場合，幅とせいのかぶり厚さをそれぞれ記入。
 - 7) スパン：対象部材の支点・加力点から接合部側中心までの材軸方向長さ
 - 8) 備考：上記に関する内容の補足またはその他明記しておくべき事項。
- e. 柱梁接合部
- 1) 断面形状：矩形または円形などのコンクリート外部の形状。柱梁接合部では，矩形のみを収集対象としている。

第8章 柱梁接合部

- 2) 幅：矩形断面において、加力方向に対して直交する辺の長さ。
- 3) せい：矩形断面において、加力方向に対して平行する辺の長さ。
- 4) 有効せい：矩形断面において、圧縮縁から引張鉄筋塑性重心位置までの長さ。
- 5) コア断面積：外周部せん断補強筋に囲まれた断面積
- 6) 被りコンクリート厚さ：矩形断面の場合、幅とせいのかぶり厚さをそれぞれ記入。
- 7) 梁の偏心量：梁芯と柱芯の水平方向の偏心量。
- 8) 備考：上記に関する内容の補足またはその他明記しておくべき事項。

f～g. (左梁付き, 右梁付き) スラブ

- 1) 厚さ：スラブ厚を記入する。
- 2) 梁直交方向長さ：梁の材軸方向と直交する方向の（梁側面からスラブ端部までの）長さを記入する。
- 3) 梁方向長さ：梁の材軸方向の（柱のフェースからスラブ端部までの）長さを記入する。
- 4) 梁スラブ上端段差：スラブが取り付く梁の上端とスラブの上端に段差がある場合、段差の寸法を記入する。スラブ上端が梁上端より低い場合を正とする。また、段差がない場合は「0」を記入する。
- 5) 備考：上記に関する内容の補足またはその他明記しておくべき事項。

h. 直交梁

- 1) 断面形状：矩形または円形などのコンクリート外部の形状。ただし、柱梁接合部では、矩形のみを収集対象とする。
- 2) 幅：矩形断面において、水平方向の辺の長さ。
- 3) せい：矩形断面において、鉛直方向の辺の長さ。
- 4) 一体性：柱梁接合部との一体性の有無を記入する。直交梁端部と柱梁接合部のコンクリートが縁切られている場合は「無」とする。

i. 全体形状

- 1) 階高さ：十字形およびト形では上下の柱のスパンの和、T形およびL形では下柱のスパンの2倍とする。
- 2) 梁スパン：十字形およびT形では左右の梁のスパンの和、ト形およびL形では右梁のスパンの2倍とする。

204-柱主筋情報, 206-梁主筋情報, 209-スラブ筋情報

- 1) 本数：全主筋本数
- 2) 呼び名：鉄筋の形状と径を表す記号。（例えば D19 や $\phi 9$, #4 など）
- 3) 種類：主筋の種類。例えば SD345 など
- 4) 継手有無：主筋が部材内で継手使用の有無。
- 5) 継手長さ：主筋の継手がある場合はその長さ。
- 6) 備考：継手の位置情報など、その他継手に関して追記すべき情報。
- 7) 定着方法：柱梁接合部（スラブ筋の場合直交梁）への定着方法を記入する。「通し」「直線」「フック付」「折り曲げ」「U字」「機械式」「折り曲げ+フック付」「折り曲げ+機械式」「折り曲げ+直線」「直線+折り曲げ」「直線+機械式」「フック付+機械式」「その他」のいずれかとする。

- 7-2) 定着長さ：梁主筋は柱フェースからの水平投影定着長さ，柱主筋は梁フェースからの鉛直投影長さ。
- 7-3) 定着長さの部材せいに対する比：梁主筋の場合は柱せいに対する比，柱主筋の場合は梁せいに対する比。
- 8) 主筋位置情報：鉄筋の位置，それぞれの位置に配された本数，当該位置の鉄筋の径，当該位置の鉄筋の降伏強度の順に必要な段数だけ欄を設ける。位置の基点は，①柱にあつては，十字形およびT形接合部では正載荷時に下柱の端部断面で圧縮となる側，ト形およびL形接合部では梁のとりつかない側とし，②梁および③スラブにあつては梁上端面とする。
- 9) 引張主筋比：引張主筋の総断面積の部材の断面積（柱にあつてはコンクリートの全断面積，梁にあつては有効断面積（幅×有効せい））に対する比。ただし，柱断面にあつては引張縁からせいの1/4の範囲にある主筋を引張主筋とする。
- 10) 主筋比：主筋の総断面積の部材の全断面積に対する比。

205・柱せん断補強筋情報，207・梁せん断補強筋情報

- 1) 形状：部材断面における補強筋形状。2種類ある場合は外周部とその内部の形状を記載する。（例えば，中子筋のある矩形のせん断補強筋の場合，「矩形・中子」）
- 2) 呼び名：鉄筋の形状と径を表す記号。（例えば D19 や $\phi 9$ ，#4 など）
- 3) 間隔：1，2 は部材長さ方向で間隔が変わる場合，狭い領域（例えばヒンジ領域）と広い領域の間隔。1種類のみの場合，「狭い箇所」欄に記載する。位置：3 は狭い領域の長さ と位置が分かる情報を記載。
- 4) 種類：補強筋の種類。例えば SD295 など
- 5) 1-4 有効本数：幅方向とせい方向の補強筋（中子筋を含む）の足の数（図 8.1.1）。3) で記載した狭い箇所と広い箇所がある場合は，それぞれ記載し，部材長において補強筋が等間隔の場合は，「狭い箇所」欄にのみ記載する。
- 6) 1，2 外周補強筋間距離：外周補強筋の中心間距離（図 8.1.2）。
- 7) 有効横支持長さ：はば方向およびせい方向に対して，各主筋間最短距離の最大値（図 8.1.3 の C_i 参照）。下図で横方向から載荷する場合，図中の C_i がせい方向の長さとなる。
- 8) 定着性状：1 は定着性状を示す。例えば，フックの有無，重ね継手，溶接，その他（機械式継手など）。フック形状：2 はフックがある場合はフック角度で例えば，90 や 135 度。継手長さ：重ね継手を選択した場合の継手長さ。
- 9) せん断補強筋比：せん断補強筋の断面積の当該区間のコンクリート断面積に対する比

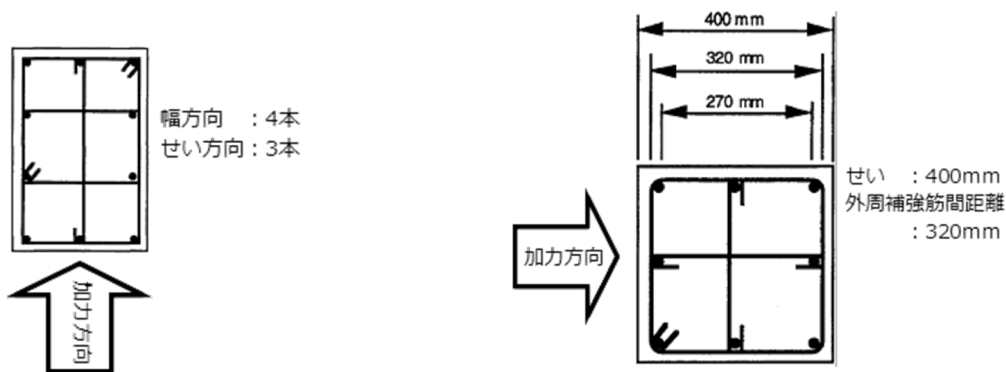


図 8.1.1 補強筋有効本数

図 8.1.2 補強筋間距離

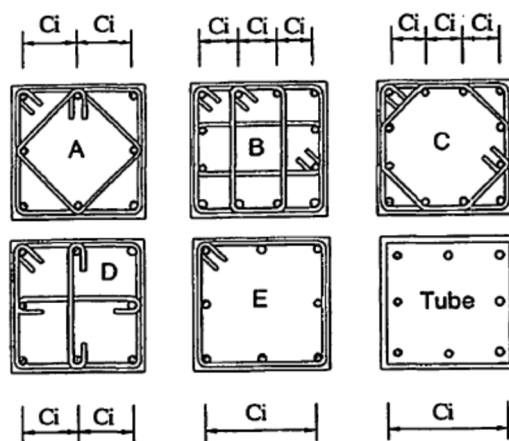


図 8.1.3 有効横支持長さの定義

208・柱梁接合部補強筋情報

- 0) 本数：柱梁接合部内に配された横補強筋の組数。
- 1) 形状：部材断面における補強筋形状。2種類ある場合は外周部とその内部の形状を記載する。(例えば、中子筋のある矩形のせん断補強筋の場合、「矩形・中子」)
- 2) 呼び名：鉄筋の形状と径を表す記号。(例えば D19 や $\phi 9$, #4 など)
- 3) 間隔：柱梁接合部内に配された横補強筋の間隔。
- 4) 種類：補強筋の種類。例えば SD295 など
- 5) 1-2 有効本数：幅方向とせい方向の補強筋（中子筋を含む）の足の数（図 8.1.1）。
- 6) 1-2 外周補強筋間距離：外周補強筋の中心間距離（図 8.1.2）。
- 7) 有効横支持長さ：はば方向およびせい方向に対して、各主筋間最短距離の最大値（図 8.1.3 の C_i 参照）。同図で横方向から載荷する場合、図中の C_i がせい方向の長さとなる。
- 8) 定着性状：1 は定着性状を示す。例えば、フックの有無、重ね継手、溶接、その他（機械式継手など）。フック形状：2 はフックがある場合はフック角度で例えば、90 や 135 度。継手長さ：重ね継手を選択した場合の継手長さ。
- 9) 横補強筋比：接合部横補強筋の総断面積の上下の梁主筋に囲まれた柱梁接合部の鉛直断面積（柱幅と梁の上下の主筋の重心間距離の積）に対する比

8.1.3 加力・計測情報

301-加力情報

- 1) 加力形式：部材の加力形式を示す。例えば、柱頭水平加力、梁端鉛直加力、等。
- 2) 加力方向：1 は部材が水平に加力される方向を示す。「一方向」「二方向」「斜め」のいずれか。2 は正載荷時の加力の向きを示す。
- 3) 載荷履歴：加力載荷の履歴を示す。例えば、単調片押し、繰り返し、ランダムなど
- 4) 軸力の種類：柱に作用させる軸力の種類を示す。一定軸力または変動軸力を選択する。
- 5) 1, 2 軸力：部材に作用させる軸力の値を示す。一定軸力の場合は、変動軸力の欄は「-」と記載する。変動軸力の場合は、下限値と上限値（例えば-300~400 など）を記載する。
- 3, 4 軸力比：作用軸力をコンクリート断面積とコンクリートの圧縮強度の積で除した値。
- 6) 軸力の作用位置：作用させる軸力の位置を示す。例えば、偏心が無く部材断面に作用している場合は「中心」、偏心して作用している場合は「偏心」を選択する。
- 7) 鉛直ジャッキと取り付け方：鉛直ジャッキが部材にどのように取り付けられているかを示す。例えば、ピン支持、ローラー支持、その他など。また当該鉛直ジャッキの導入軸力の種類（図 8.1.4 参照）を記載する。
- 8) 反力のとり方：ト形部分架構では梁せん断力による柱の変動軸力が上下どちらの柱に生じるか（もしくは上下の比率）、T形部分架構では柱せん断力による梁の変動軸力が左右どちらの梁に生じるか（もしくは左右の比率）を記載する。
- 9) 備考

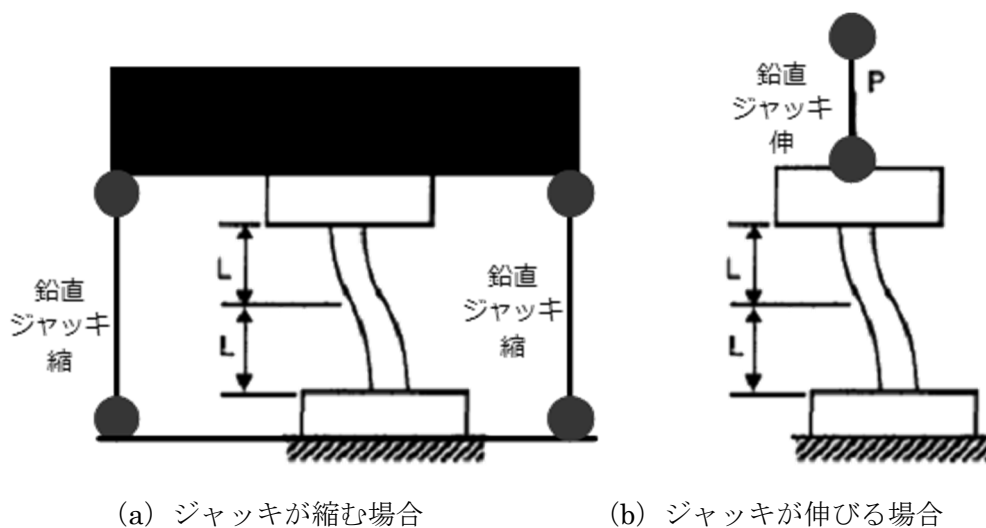


図 8.1.4 鉛直ジャッキの軸力種類（試験体に圧縮軸力を作用させる場合）

302-計測情報

- 1) 部材応力の計測方法：部材が負担している応力（せん断力，軸力）の計測方法について示す。ジャッキの荷重をロードセルで計測している値が示されている場合は「間接」、部材の応力をロードセルなどで直接計測している場合は「直接」を選択し、不明の場合「-」と記載する。
- 2) 部材変位の計測方法：加力により生じる部材の変位の計測方法について示す。部材角や軸方向変位を算定するためのデータが直接計測されている場合は「直接」、計測データを用いて上記変位の算定する必要がある場合は、「間接」を選択し、不明の場合「-」と記載す

る。

8.1.4 実験結果情報

柱梁接合部にあつては、部材としての荷重変形関係は接合部せん断応力度と接合部せん断変形角の関係をを用いることとする。しかし、文献における報告では実験時に直接計測できないこれらについての記載がないものがほとんどであるため、以下では多くの実験で加力時の制御に用いている部分架構の層せん断力と層間変形角の関係についての情報もあわせて記載するものとする。

401・データ特性情報

- 1) 水平応力データの有無：層せん断力データについての情報を示す。アナログデータ（論文紙面上の情報）、デジタルデータの有無。データがある場合、それらが包絡線上のデータ、または全データかを示す。P- Δ （ジャッキによる分を含む）の補正の必要があるかどうかを示す。補正が必要であり、文献内の情報から可能である場合、「必要（可）」、補正が必要だが文献内の情報からできない場合、「必要（不可）」とする。
- 2) 備考：上記の補足またはその他必要な情報を記載。
- 3) 水平変形データの有無：層間変形角データについての情報を示す。アナログデータ（論文紙面上の情報）、デジタルデータの有無。データがある場合、それらが包絡線上のデータ、または全データかを示す。
- 4) 備考：上記の補足またはその他必要な情報を記載。
- 5) 鉛直変形データの有無：鉛直変形データについての情報を示す。アナログデータ（論文紙面上の情報）、デジタルデータの有無。データがある場合、それらが包絡線上のデータ、または全データかを示す。部材の鉛直変形として使用するために、補正の必要性の有無について示す。
- 6) 備考：上記の補足またはその他必要な情報を記載。
- 7) 接合部せん断応力度のデータの有無：接合部せん断応力度のデータについての情報を示す。アナログデータ（論文紙面上の情報）、デジタルデータの有無。データがある場合、それらが包絡線上のデータ、または全データかを示す。
- 8) 備考：上記の補足またはその他必要な情報を記載。
- 9) 接合部せん断変形角のデータの有無：接合部せん断変形角のデータについての情報を示す。アナログデータ（論文紙面上の情報）、デジタルデータの有無。データがある場合、それらが包絡線上のデータ、または全データかを示す。
- 10) 備考：上記の補足またはその他必要な情報を記載。

402・剛性情報

- 1) 第1折れ点：実験データ（接合部せん断変形角－接合部せん断応力度関係の包絡線）から得られる初期剛性の値を示す。正負交番載荷の場合は、正負の値を示す。
- 2) 第2折れ点：実験データ（接合部せん断変形角－接合部せん断応力度関係の包絡線）から得られる第2折れ点の割線剛性の値を示す。正負交番載荷の場合は、正負の値を示す。
- 3) 第2折れ点後（正勾配）：実験データ（接合部せん断変形角－接合部せん断応力度関係の包絡線）から得られる第2折れ点以降の正勾配を接線剛性の値で示す。正負交番載荷の場合は、正負の値を示す。

- 4) 耐力低下（負勾配）：実験データ（接合部せん断変形角－接合部せん断応力度関係の包絡線）から得られる耐力低下時の負勾配を接線剛性の値で示す。正負交番載荷の場合は、正負の値を示す。

403・強度情報

- 1) 第1折れ点：実験データ（接合部せん断変形角－接合部せん断応力度関係の包絡線）から得られる第1折れ点の強度の値を示す。正負交番載荷の場合は、正負の値を示す。
- 2) 第2折れ点：実験データ（接合部せん断変形角－接合部せん断応力度関係の包絡線）から得られる第2折れ点の強度の値を示す。正負交番載荷の場合は、正負の値を示す。
- 3) 第3折れ点：実験データ（接合部せん断変形角－接合部せん断応力度関係の包絡線）から得られる第3折れ点の強度の値を示す。正負交番載荷の場合は、正負の値を示す。

404・変形情報

- 1) 第1折れ点：実験データ（接合部せん断変形角－接合部せん断応力度関係の包絡線）から得られる第1折れ点の変形の値を示す。正負交番載荷の場合は、正負の値を示す。
- 2) 第2折れ点：実験データ（接合部せん断変形角－接合部せん断応力度関係の包絡線）から得られる第2折れ点の変形の値を示す。正負交番載荷の場合は、正負の値を示す。
- 3) 第3折れ点：実験データ（接合部せん断変形角－接合部せん断応力度関係の包絡線）から得られる第3折れ点の変形の値を示す。正負交番載荷の場合は、正負の値を示す。
- 4) 第4折れ点：実験データ（接合部せん断変形角－接合部せん断応力度関係の包絡線）から得られる第4折れ点の変形の値を示す。正負交番載荷の場合は、正負の値を示す。

405・減衰情報

- 1) ポテンシャルエネルギー：接合部せん断変形角－接合部せん断応力度関係の各変形角におけるポテンシャルエネルギーを示す。
- 2) 履歴吸収エネルギー：接合部せん断変形角－接合部せん断応力度関係の各変形角における履歴吸収エネルギー量を示す。
- 3) 等価粘性減衰定数：接合部せん断変形角－接合部せん断応力度関係の各変形角における記載されている等価粘性減衰定数を示す。

406・破壊モード

- 1) 実験時破壊モード：実験で得られている破壊モード。正負交番載荷の場合は、正負の値を示す。分類は、J：梁・柱主筋降伏前の接合部破壊，BJ：梁主筋降伏後の接合部破壊，CJ：柱主筋降伏後の接合部破壊，B：梁曲げ破壊，C：柱曲げ破壊，A：主筋の定着破壊とする。
- 2) 計算時破壊モード：文献中で計算された最小の終局強度を破壊モードとする。正負非対称の部材の場合は、正負の値を示す。

407・損傷状態情報（ひび割れや鉄筋降伏，圧縮破壊，主筋座屈などの損傷状態を示す情報）

荷重および変形は、文献での記載情報にあわせ接合部せん断応力度と接合部せん断変形角，層せん断力と層間変形角のいずれかもしくは両方を示すものとする。また、正負交番載荷の場合は正負の値をそれぞれ示す。

- 1) せん断ひび割れ：実験で得られているせん断ひび割れ時の荷重と変形の値。
- 2) 主筋降伏：実験で得られている最初に主筋が降伏した時の荷重と変形の値。

第8章 柱梁接合部

- 3) 接合部補強筋降伏：実験で得られている最初にせん断補強筋が降伏した時の荷重と変形の値。
- 4) かぶりコンクリート剥落：実験で得られているかぶりコンクリートが剥落した時の荷重と変形の値。
- 5) 最大耐力：実験で得られている最大耐力に達した時の荷重と変形の値。
- 6) 備考：
- 7) ひび割れ情報：ひび割れ図の有無，ある場合はそのデータの保存を行い，そのファイル名称を記載。またひび割れが計測されている部材角を記載する。
- 8) その他の損傷情報：ひび割れ幅や長さなどさらに詳細な情報を計測の有無について記載。
- 9) 備考：

408-デジタルデータ

- 1) ファイル名：デジタルデータをテキスト形式で保存。そのファイル名称を記載。

8.2 収集データの特性

8.2.1 収集データの概要

検討に用いる試験体のデータは、1975 年から 2017 年までに国内の査読付学術論文集等に発表された鉄筋コンクリート造柱梁接合部試験体である。T 形接合部および L 形接合部については、試験体数の不足を補うため、上記の収集データのほかに 1975 年から 2013 年に日本建築学会大会の学術講演梗概集に発表された試験体のデータも収集した。

さらに、以下に示す平成 24 年度以前に実施された国土交通省建築基準整備促進事業で行われた実験の試験体は、上記収集範囲の文献に発表されていない場合であっても検討対象の試験体に含めた。

- ・平成 20 年度 課題 6：鉄筋コンクリート造の柱はり接合部のせん断破壊に関する実験[8-1]
- ・平成 21 年度 課題 6：鉄筋コンクリート造の各種柱はり接合部の耐力評価に関する実験[8-2]
- ・平成 22～23 年度 課題 29：鉄筋コンクリート造の壁はり接合部等の耐力評価に関する実験 [8-3] [8-4]
- ・平成 22～24 年度 課題 27-1：長周期地震動に対する鉄筋コンクリート造建築物の安全性検証方法に関する検討[8-5] [8-6]

収集対象とした試験体は鉄筋コンクリート造の柱梁接合部を 1 つだけ含む部分架構試験体であり、以下のようなものは鉄筋コンクリート造以外あるいは異形の柱梁接合部試験体は収集の対象に含めていない。

- ・鉄骨鉄筋コンクリート造やプレストレスト鉄筋コンクリート造
- ・腰壁等の壁付試験体
- ・ピロティ架構の 1 階柱頭の柱梁接合部
- ・杭が接続する柱－基礎梁柱接合部
- ・柱と梁の入隅部にハンチを設けた試験体
- ・サ字形試験体等

このようにしてデータを収集した試験体の数は 1558 体である。ただし、次節以降の検討では以下のような試験体は用いないこととした。これらはせん断終局強度式をそのまま適用することが難しい、あるいは適用できるかどうかを検討すること自体が研究の対象であると考えられるものである。

- ・軽量コンクリート、繊維補強コンクリートを用いた試験体
- ・柱梁接合部に対して鋼板で補強するなど特殊な補強をした試験体
- ・斜め筋等特殊な配筋や、接合部内の主筋に付着除去などの特殊な処理がなされた試験体
- ・柱梁接合部内もしくは梁端、柱端に鉄筋継手を有する試験体
- ・十字形接合部で梁または柱主筋が柱梁接合部内に定着された試験体
- ・柱端もしくは梁端のみ主筋量を増し柱・梁の部材端以外の部分にヒンジ形成を計画した試験体

第8章 柱梁接合部

- ・柱梁接合部に貫通孔を設けた試験体
- ・梁幅が柱幅より大きい試験体
- ・スラブ付試験体
- ・水平2方向に加力された試験体
- ・水平斜め方向に載荷した立体試験体
- ・変動軸力を作用させた試験体
- ・上下の柱で長さや断面形状が異なる，左右の梁でスパンや梁断面形状が異なる，上下の柱でせん断力が異なるなど非対称な形状・加力方法の試験体
- ・柱，梁の加力点あるいは支点がピンではない試験体

調査対象とした文献数および検討に用いた試験体の数を掲載誌別に表 8.2.1 に示す。また，検討に用いた試験体の発表年ごとの数を図 8.2.1 に示す。なお，試験体数は他文献で既発表のものは除外し重複しないようにしてある。検討に用いた試験体の引用文献および各文献から引用した試験体の数は 8.8 節に示した。

試験体の形状は実験時の応力状態によって分類し，上下の柱および左右の梁のすべてにモーメントが生じているものを十字形接合部，上下の柱および1つの梁にモーメントが生じているものをト形接合部，左右の梁および1つの柱にモーメントが生じているものをT形接合部，1つの梁と1つの柱のみにモーメントが生じているものをL形接合部とした。

試験体の破壊形式は便宜的に梁（柱）主筋降伏前の接合部破壊型（J型），梁（柱）主筋降伏後の接合部破壊型（BJ（CJ）型），梁（柱）降伏型（B（C）型），梁（柱）主筋の定着破壊型（A型），梁（柱）主筋降伏後の定着破壊型（BA（CA）型）に分類し，破壊形式の判別は論文中の記述を採用した。ただし，J型の試験体で梁または柱主筋の降伏が論文中に明記されているものに関してはBJ型・CJ型に訂正した。また，破壊形式についての記述がない試験体については，接合部に損傷が集中したなどの記述のある試験体はJ，BJ型，そのうち主筋の降伏が明記されているものをBJ型とし，接合部に損傷は見られず梁に損傷が集中したなどの記述のある試験体はB型とした。次節以降の検討に用いた試験体について，このようにして分類した各破壊形式の試験体数を表 8.2.2 に示す。L形接合部では柱と梁が近づく方向（以下，閉じる方向）の加力と柱と梁が遠ざかる方向（以下，開く方向）で性状が異なり破壊形式も異なって報告されている場合が多いため，破壊形式は加力の方向別に示してある。閉じる向きと開く方向で試験体数が異なっているのは，一方向加力の試験体があるためである。

梁，柱の主筋が降伏する前に柱梁接合部が破壊したJ型の試験体はいずれの形状でも全体の15～25%程度であった。一方，柱梁接合部に損傷がほとんど生じないB型もしくはC型の試験体は形状ごとにやや差があるがそれぞれの試験体のうち20～40%程度であった。

表 8.2.1 文献調査で参照した文献数と引用した試験体数

	文献数	評価式の精度検証に用いた試験体数
日本建築学会構造系論文集	24	110
構造工学論文集	18	33
コンクリート工学論文集	2	4
コンクリート工学年次論文集	263	648
日本建築学会大会学術講演梗概集	35	108
その他	1	2
計	343	905

※ 国土交通省基準整備促進事業による実験の試験体は報告書とは別に成果が発表されている論文集等を引用文献として文献数に加えた

※ 梗概集等で、同一年に同題でその1, その2のように連番で発表された文献は、まとめて文献数に加えた

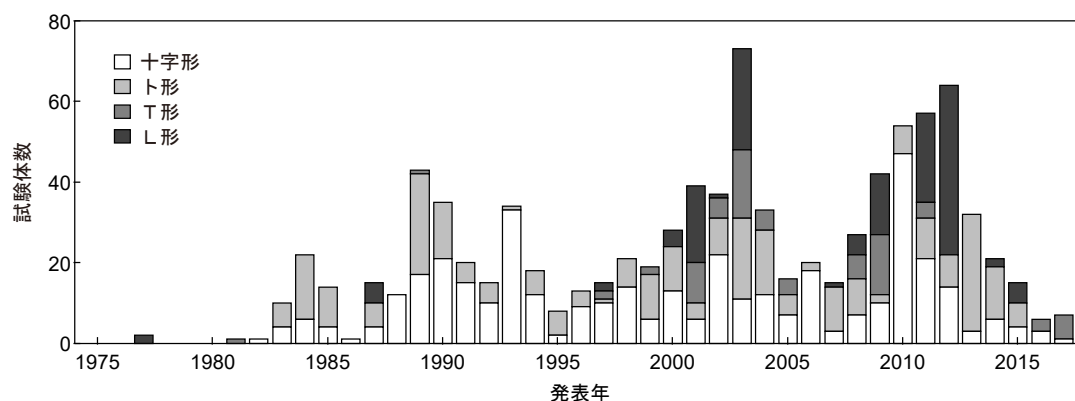


図 8.2.1 精度検証に用いた発表年ごとの試験体数

表 8.2.2 破壊形式別の試験体数

破壊形式	十字形	ト形	T形	L形	
				閉じる向き	開く向き
J	68	72	14	32	22
BJ, CJ	221	117	21	45	46
B, C	96	58	16	44	53
A	—	30	3	17	1
BA, CA	—	7	23	5	4
不明・未記載	4	1	4	7	7
計	389	285	81	150*	133*

※ 閉じる向きの試験体のうち17体は閉じる向きのみの一方向載荷

8.2.2 試験体の諸元

柱梁接合部の強度等に影響を与えるとされる因子のうち、コンクリート強度、梁主筋降伏強度、梁引張主筋比、柱鉄筋比、接合部横補強筋比、柱軸力比、十字形接合部を除く各形状の接合部における主筋定着長さについて、検討に用いる試験体における範囲を表 8.2.3 に示し、これら因子および主筋定着形式について破壊形式別の度数分布を図 8.2.2～図 8.2.5 に示す。図 8.2.5 の L 形接合部の破壊形式は主筋定着長さを除いて閉じる方向の加力のものである。また、試験体のスケールを判断するための試験体の階高もあわせて示した。

検討に用いた試験体は、試験体の階高（柱の反曲点間距離）で 1500～2000(mm)程度の試験体が多く、実建造物の階高さが 3000～4000(mm)であることから試験体のスケールは 1/2～1/3 程度の試験体が多かったといえる。試験体の階高が 3000(mm)以上の実大程度の試験体は、T 形試験体、L 形試験体では全体の 20～30%と比較的多かった。

コンクリート強度は実験時の圧縮強度が 30(N/mm²)前後が最も多く、60(N/mm²)を超える超高強度コンクリートを用いた試験体は全体の 16%であった。主筋の降伏強度は 300～450(N/mm²)が多く、主筋降伏前に接合部破壊が生じた J 型の試験体では降伏強度が 600(N/mm²)を超える高強度鉄筋も比較的多く用いられている。接合部横補強筋にも 600(N/mm²)を超える高強度鉄筋が用いられている例が比較的多くあった。

各因子ともに現在の設計指針[8-7]の規定を考慮して設計されている試験体が多く、主筋の定着長さは設計指針の規定を満足する範囲、接合部横補強筋量は設計指針における最低補強量程度の試験体数が最も多かった。

ト形、T 形、L 形接合部における梁・柱主筋の定着方法についてみると、ト形接合部では梁主筋の定着方法を折り曲げもしくは U 字形とした試験体が全体の 43%で、定着金具を用いた機械式定着が 57%であった。一方、T 形および L 形接合部では機械式定着の工法開発にともなって近年行われた実験が多く、機械式定着を用いた試験体が T 形接合部では 90%以上、L 形接合部では 70%以上であった。

また、柱梁接合部の破壊形式や終局強度におよぼす柱と梁の曲げ終局強度時の層せん断力の比（柱－梁曲げ強度比）の影響があるとの指摘があり[8-8]、収集した試験体について柱－梁曲げ強度比の度数分布を示したのが図 8.2.6 である。柱降伏型に設計することが多い T 形接合部は梁－柱曲げ強度比とした。柱－梁曲げ強度比は、平面保持を仮定しコンクリートの応力にはストレスブロックを用いて求めた梁および柱の曲げ終局モーメントを節点モーメントに換算し、柱の曲げ強度の和の梁の曲げ強度の和に対する比とした。この際、ト形接合部の柱および T 形接合部の梁にあっては水平力の载荷によって報じる変動軸力は考慮せず、初期軸力を用いて断面の終局モーメントを算定した。L 形接合部では梁および柱の曲げ終局モーメントには水平力の载荷によって生じる変動軸力を考慮した。

試験体のほとんどは柱－梁曲げ強度比 1.5 以上に分布し、柱－梁曲げ強度比 2.0 以上の試験体も少なくない。特に柱梁接合部には破壊が生じず安全性を確認したとされる梁または柱曲げ破壊型（B・C 型）となった試験体は、L 形接合部以外では柱－梁曲げ強度比 1.5 以上のものがほとんどである。また、L 形接合部の開く方向で柱－梁曲げ強度比が 1～1.5 の範囲の試験体は柱曲げ破壊とされているが、実験における最大層せん断力は柱曲げ終局時計算値に比べて著しく小さいものである。超高層 RC などを除くと一般には柱－梁曲げ強度比は 1.0～1.5 程度で設計されている

ことを考えると、次節以降のこれら試験体群全体に対する検討結果についても注意が必要と考えられる。

表 8.2.3 検討に用いる試験体の諸元の範囲

	十字形	ト形	T形	L形
試験体数 (在来 / 機械式定着)	389	285 (123 / 162)	81 (8 / 73)	150 (44 / 106)
コンクリート圧縮強度 $\sigma_B(\text{N/mm}^2)$	8.1~190	8.4~179	19.2~70.6	20.1~72.0
梁主筋降伏強度 $\sigma_y(\text{N/mm}^2)$	310~1428	327~1172	323~805 ^{*1}	361~805
接合部横補強筋強度 $\sigma_{wy}(\text{N/mm}^2)$	204~1479	250~1463	258~1127	233~1481
梁引張主筋比 $p_t(\%)$	0.48~3.18	0.63~4.64	0.59~1.67	0.36~1.90
柱鉄筋比 $p_g(\%)$	0.62~6.29	0.62~5.51	0.95~3.45	1.00~3.82
接合部横補強筋比 $p_{jw}(\%)$	0.0~2.10	0.0~1.38	0.13~0.67	0.0~0.75
柱軸力比 $N_c / b_c D_c \sigma_B$	-0.33~0.43	-0.22~0.60	0.0のみ	0.0のみ
梁スパン $L(\text{mm})$	700~5500	1400~5250 ^{*2}	1600~5100	1200~4000 ^{*2}
階高 $H(\text{mm})$	700~2830	1000~3000	1420~3830 ^{*3}	1200~3830 ^{*3}
梁主筋定着長さの 柱せいに対する比	—	0.50~1.0 ^{*5}	0.67~1.0 ^{*4*5}	0.67~1.0 ^{*5} (上端) 0.60~1.0 ^{*5} (下端)
柱-梁曲げ強度比	0.60~4.42	0.51~6.80	0.46~2.96 ^{*6}	0.59~3.89 (閉) 0.59~4.20 (開)

※1 柱主筋降伏強度

※2 梁加力点から接合部中心までの距離の2倍

※3 柱加力点から接合部中心までの距離の2倍

※4 柱主筋定着長さの梁せいに対する比

※5 スタブ等の突出部を設けその中に定着している場合は1.0とした

※6 梁-柱曲げ強度比

第8章 柱梁接合部

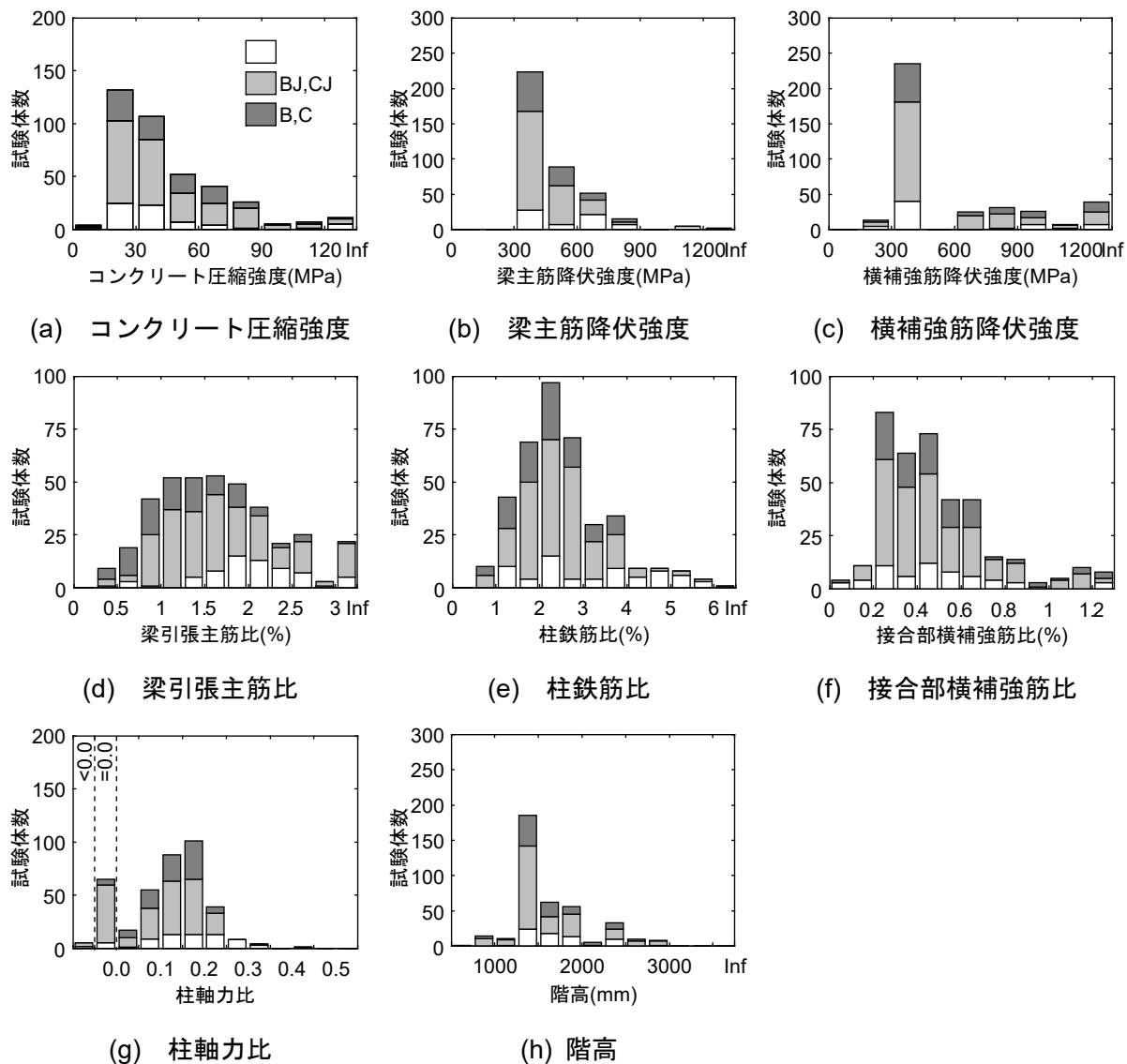


図 8.2.2 十字形接合部試験体の特性

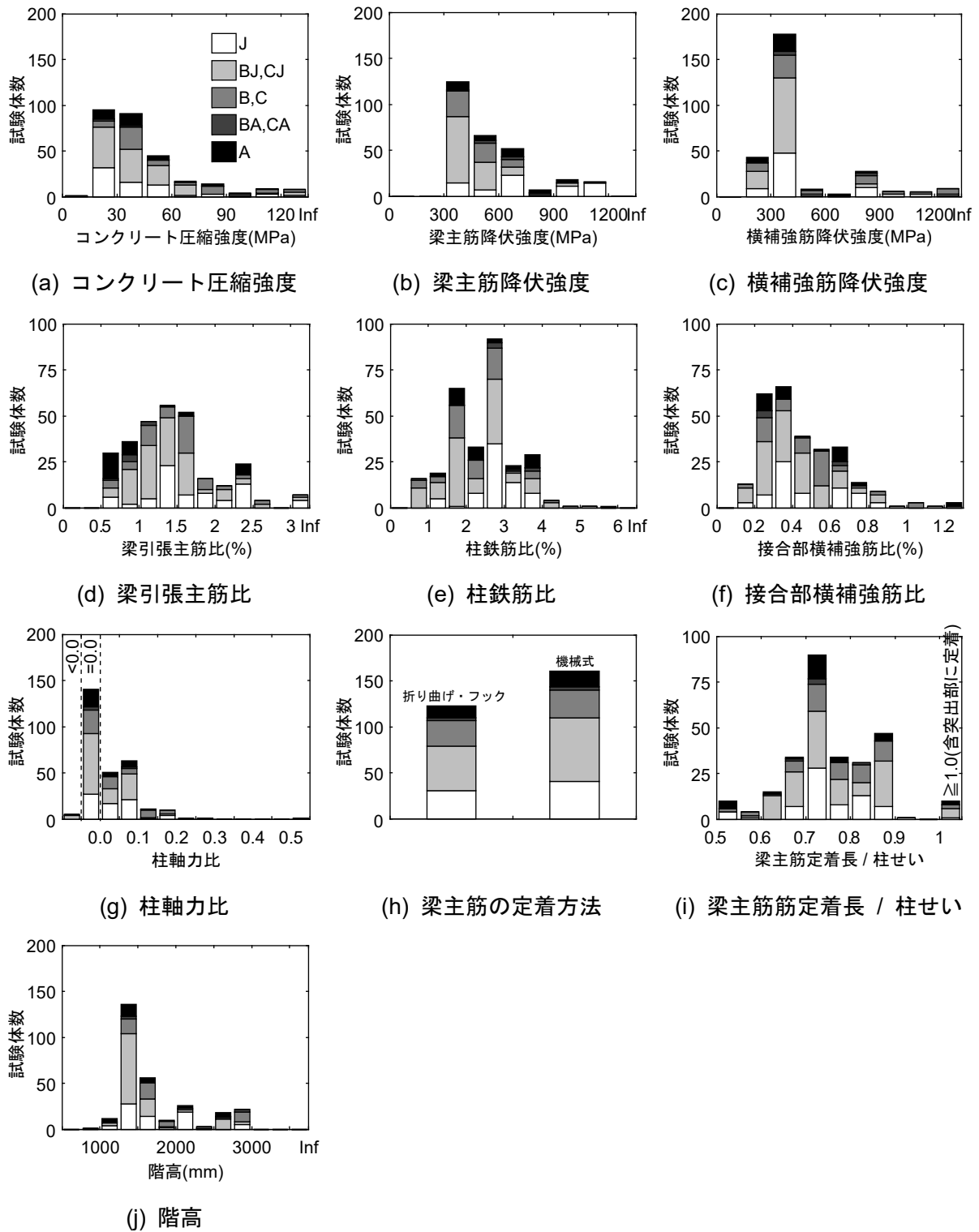


図 8.2.3 ト形接合部試験体の特性

第8章 柱梁接合部

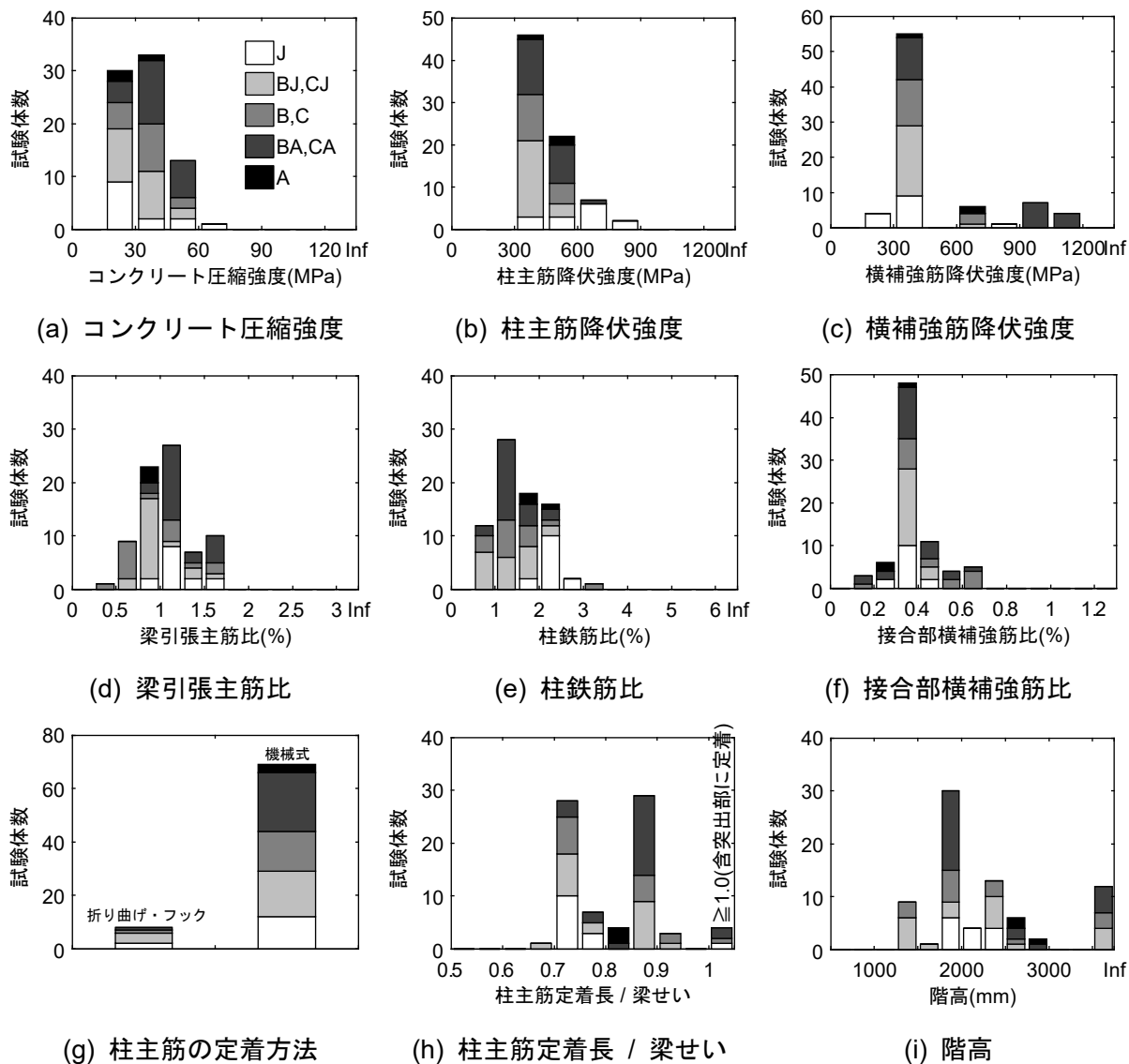


図 8.2.4 T形接合部試験体の特性

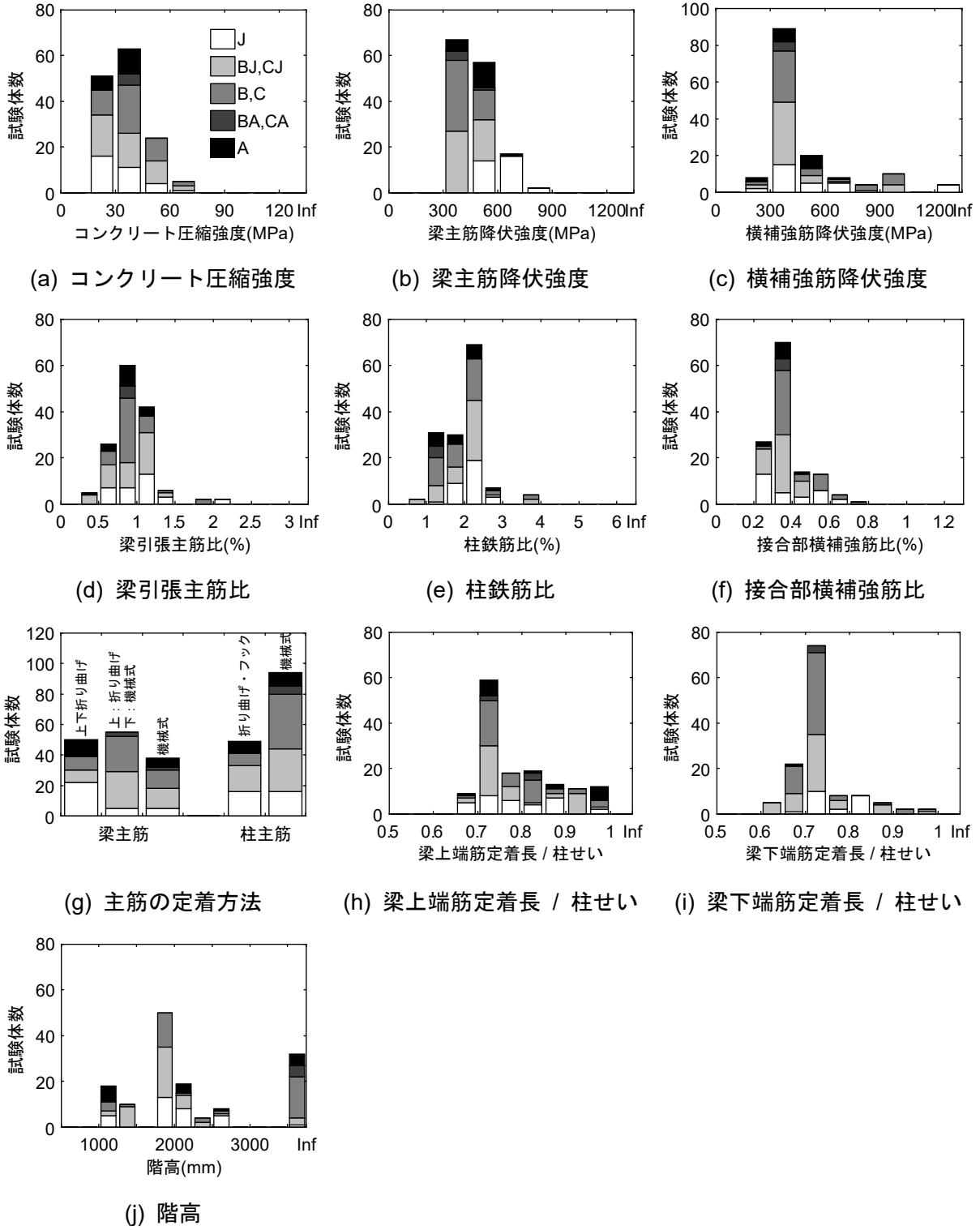


図 8.2.5 L形接合部試験体の特性

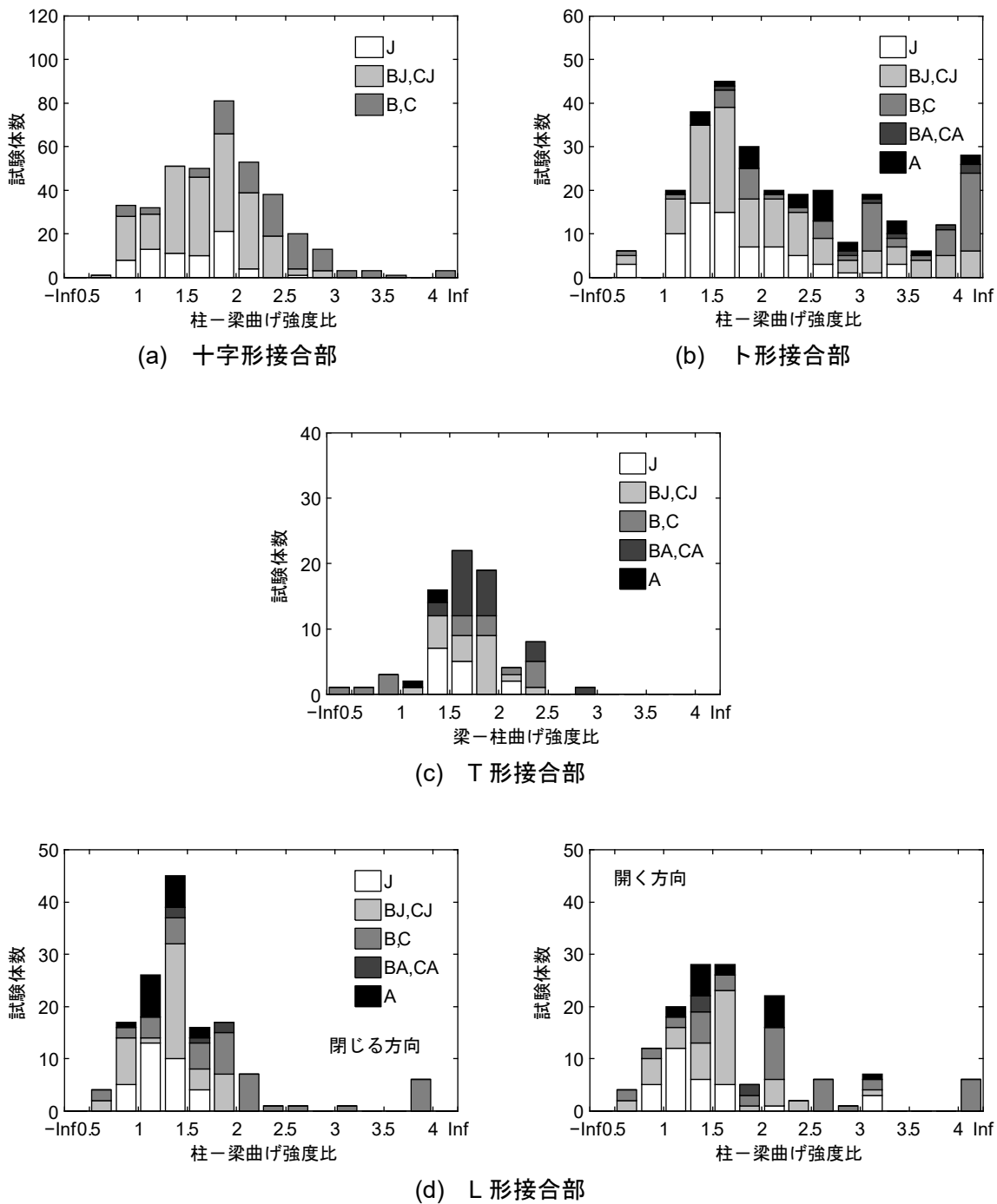


図 8.2.6 試験体の柱-梁曲げ強度比

8.3 収集データの信頼度分析

収集した試験体のデータについては、コンクリート圧縮強度、鉄筋の降伏強度の記載がないものはなかった。コンクリート、鉄筋のヤング係数やコンクリートの引張強度については記載があったのは半数程度であった。

試験体形状については数値の記載がない試験体はほとんどなかったが、梁断面形状および柱、梁スパン長さの記載がないものがそれぞれ数体あった。

鉄筋位置の記載がない文献は比較的多く、次節以降で検討に用いた試験体 856 体のうち 181 体では文献中に柱、梁の主筋位置の記載がなく以下の方法で推定した。すなわち、①他の文献にも同一の試験体と判断される試験体の記述があり、そちらには主筋位置の記載がある場合はその値、②引張鉄筋比、曲げ終局強度計算値が計算方法とともに記載されていて逆算が可能である場合はその値、③同一研究機関による他の実験シリーズに関する文献では主筋位置の記載があり、当該試験体と主筋位置が同一と判断される場合はその値、④文献中に断面の図が記載されている場合は拡大した図面上で主筋位置を計測、とした。

加力方法については、ト形接合部で梁せん断力により柱に生じる変動軸力が上下の柱にどのように生じるか（上柱あるいは下柱のみ軸力が変動するのかなど）、あるいは正加力の向きが明記されていないものが全体の 4 割程度であった。これらが明記されていない場合は、柱軸力を載荷するためのジャッキ等がとりついている側の柱の軸力を一定とし、加力の向きは文献中にあるひび割れ図、主筋のひずみの図などから判断した。T形接合部についても同様に柱せん断力の変動に伴う梁軸力の変動がどのようになるのか実験時の条件が明記されていないものが 3 割程度あった。梁に初期軸力を載荷しない T形接合部の場合は、多くの加力装置では梁先端で引張軸力を反力としてとることができないと判断し、文献中に境界条件が明記されていないものは柱が近づく側の梁に柱せん断力に釣り合う圧縮軸力が生じるものと仮定することとした。

実験結果については、接合部せん断変形角、接合部せん断応力度の数値の記載がある文献は少なく、文献中に接合部せん断変形角と接合部せん断応力度の関係が示されているものは、文献収集した範囲では存在しなかった。接合部せん断応力度は文献により定義に差も見られた。そのため、後述するように本研究では接合部せん断応力度は文献に記載の層せん断力の実験値から統一した方法で換算することとした。また、破壊形式についても研究者により判断にばらつきがみられたが、本研究では基本的に文献に記載された破壊形式を採用している。

8.4 実験値の定義

8.4.1 接合部せん断力

接合部せん断力あるいは接合部せん断応力度は実験において直接計測することができないので、何らかの仮定をおいて梁せん断力もしくは層せん断力から換算する必要がある。そのため、実験の報告では直接計測可能な層せん断力等を実験値として記載し、接合部せん断力の記載がないものも多い。また、接合部せん断力の記載がある場合であっても、接合部せん断力を求める際の換算式の文献によるばらつきも見られた。

そこで、本研究では文献に記載の最大耐力時の層せん断力から以下のように接合部の水平せん断力を算定したものを実験値とした。

すなわち、接合部せん断力は梁端（柱フェース位置）での引張主筋の引張力から次式により算出する。

$$V_{jh} = \begin{cases} T + T' - V_c & \text{(十字形)} \\ T - V_c & \text{(ト形)} \\ T + T' + N_b - \alpha V_c & \text{(T形)} \\ T & \text{(L形：閉じる方向)} \\ T - V_c & \text{(L形：開く方向)} \end{cases} \quad \text{(式 8.1)}$$

ここで、

V_{jh} : 接合部の水平せん断力

T, T' : 左右の梁の引張鉄筋の引張力

L_b, L_b' : 左右の梁の加力点から接合部中心（梁軸心と柱軸心の交点）までの距離

L, L' : 左右の梁の加力点から柱フェースまでの距離

L_c, L_c' : 上下の柱の加力点から接合部中心までの距離

N_b : 梁の初期軸力

V_c : 柱せん断力で層せん断力に等しいものとする。

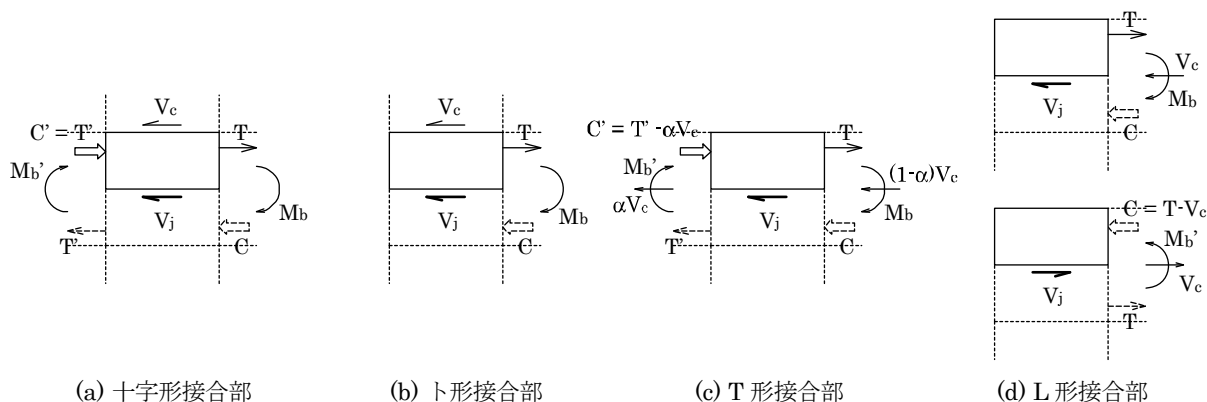


図 8.4.1 接合部のせん断力

接合部せん断力の換算方法を統一するため、文献中に最大耐力時等の接合部せん断力の記載がある場合であってもすべて上式により換算したものを実験値とした。

ここで、梁主筋の引張力は、層せん断力から換算される梁端のモーメントから(1) 応力中心間距離を梁の有効せいの $7/8$ あるいは 0.9 倍として、梁端のモーメントを応力中心間距離で除す、(2) 平面保持を仮定した断面解析により求めた断面のモーメントと鉄筋の引張力の関係から推定、のいずれかにより算出した。(2)の断面解析では、鉄筋の応力度-ひずみ度関係をバイリニア形とし、コンクリートの応力度-ひずみ度関係を Fafitis-Shah モデルとした。また、T形接合部やL形接合部では断面解析では実験時の境界条件に応じた断面のモーメントと軸力の関係を考慮した。

次節以降の評価式の精度検証では、弾性剛性および復元力特性の検討では(1)の応力中心間距離を仮定した方法を用い、応力中心間距離はそれぞれ有効せいの $7/8$ 倍および 0.9 倍とした。ひび割れ強度およびせん断強度の検討では(2)の断面解析による方法を用いた。強度の評価式の検証で断面解析による方法を用いたのは、コンクリート断面に対する鉄筋量やコンクリートと鉄筋の強度の比などは試験体によりさまざまであること、L形接合部やT形接合部では梁であっても加力にともなう変動軸力が生じるため軸力の影響を考慮することが必要であることから、一律に応力中心間距離を仮定することは不相当であると判断したためである。一方、弾性剛性についてはこれらの影響は小さいと考え、簡便な(1)の方法を用いた。

接合部せん断応力度は、接合部せん断力を日本建築学会「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」[8-7]（以下、学会靱性指針）に定義されている接合部の有効面積で除したものとし、接合部の有効幅およびせいは以下の通りとした。

b_j : 柱梁接合部の有効幅(mm)で次式による

$$b_j = b_b + b_{a1} + b_{a2} \tag{式 8.2}$$

b_b : 梁幅

b_{a1} : $b_1/2$ 又は $D_j/4$ の小さい方の数値 (mm)

b_{a2} : $b_2/2$ 又は $D_j/4$ の小さい方の数値 (mm)

b_1, b_2 : 梁両側面から梁に平行する柱側面までの長さ (mm)

D_j : 柱せい, 又は 90 度折曲げ筋水平投影長さ(mm)

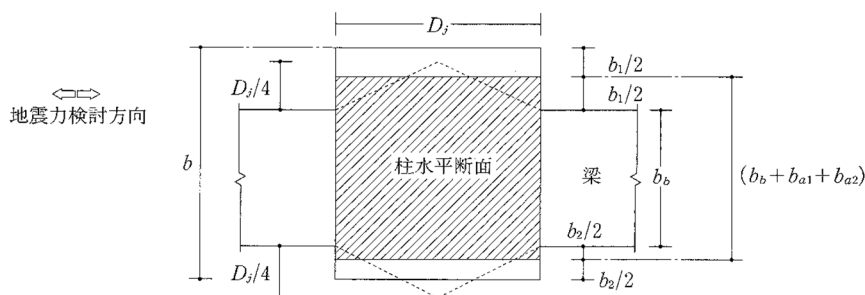


図 8.4.2 柱梁接合部の有効断面

また、T形接合部やL形接合部では柱主筋が柱梁接合部内に定着されるため、鉛直せん断力が問題となる場合もある。しかし、柱では断面中央に主筋（いわゆる中段筋）が配されることも多

第 8 章 柱梁接合部

く、柱主筋の引張力から接合部せん断力を明確に求められないことも多い。そこで、接合部の鉛直せん断力は必要に応じて次式[8-7]により水平せん断力から換算することとした。

$$V_{jv} = V_{jh} \frac{D_b}{D_c} \quad (\text{式 8.3})$$

ここで、

V_{jv} : 接合部の鉛直せん断力

D_b : 梁せい

D_c : 柱せい

8.4.2 せん断変形角および弾性剛性

接合部せん断応力度と接合部せん断変形角の関係における弾性剛性であり、本研究で収集した文献の範囲では評価式の精度検討に用いることのできる実験値として弾性剛性の記載があるものはなかった。また、文献中に接合部せん断応力度と接合部せん断変形角の関係が図示された文献はいくつかあったが、弾性剛性が読み取れるものはなかった。

そこで、本研究では建築基準整備促進事業により行われた実験の試験体[8-1]～[8-6]について、それぞれの事業主体より提供された実験の測定データより以下のようにして算出した。

東大試験体[8-1]～[8-4]

柱梁接合部の変形は接合部パネルの 4 つの辺の相対変形[8-9]として測定され、ここでは接合部のせん断変形角 γ_p は上下の柱端の断面中心を結んだ線と左右の梁端の断面中心を結んだ線のなす角の変化量として定義され、これに斜めひび割れにより分割された接合部パネルの回転角を加えたものが接合部のフェース（辺）位置での変形量となる。（図 8.4.3）

しかし、精度検証を行う評価式で扱うせん断変形角は接合部パネルの変形をせん断変形だけで表わした場合のものである。そこで、本研究の精度検証に用いるせん断変形角の実験値は、測定された隣り合う 4 組の接合部パネルのフェースの相対回転角の平均とする。すなわち、図 8.4.3 中の記号を用い、次式により算出した。

$$\gamma = \gamma_p + \frac{{}_p\theta_{cu} + {}_p\theta_{cl} + {}_p\theta_{bl} + {}_p\theta_{br}}{2} \quad (\text{式 8.4})$$

初期剛性の実験値は、このようにして定めた接合部せん断変形角と前項で定義した接合部せん断応力度の関係において、原点と正負の斜めひび割れ発生点のうち先に生じた方の点を結んだ割線剛性とする。

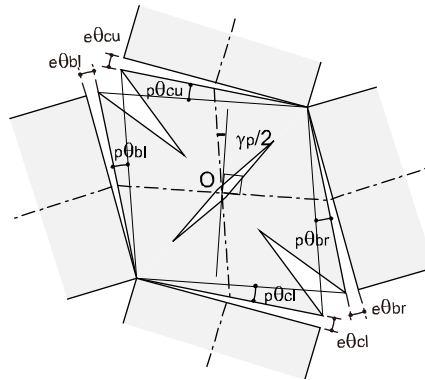


図 8.4.3 文献 8-9 における柱梁接合部の変形成分

清水試験体[8-5]・京大試験体[8-6]

柱梁接合部の変形は、接合部パネルの対角方向の伸縮量が測定されており、これから次式により平均のせん断変形角が算出されている。

$$\gamma = \frac{\sqrt{I_b^2 + I_d^2}}{2I_b I_d} (\delta_1 - \delta_2) \quad (\text{式 8.5})$$

ここで、

I_b, I_d : 接合部パネルの幅および高さ(mm)

δ_1, δ_2 : 接合部パネルの対角方向の伸縮量(mm)

初期剛性の実験値は、この接合部せん断変形角と前項の接合部せん断応力度の関係において、第1加力サイクル（層間変形角 0.1%）の正負のピークを結んだ割線剛性とする。

8.4.3 ひび割れ点

接合部パネルの斜めひび割れ発生点である。文献にひび割れ発生時の層せん断力（もしくは梁せん断力）の値が記載されている試験体のみを対象とする。

前述のようにひび割れ発生時の接合部せん断応力度は、層せん断力から接合部せん断力に換算し、接合部の有効面積で除したものとした。また、接合部せん断力に換算する際の梁主筋の引張力は断面解析によって求めた梁端断面のモーメントと鉄筋の引張力の関係から推定した。

8.4.4 梁主筋降伏時

梁主筋に降伏が生じた点であり、文献に層せん断力（もしくは梁せん断力）の値が記載されている試験体のみを対象とする。多段配筋の試験体については、1段目の梁主筋が降伏した時点とする。文献に梁降伏時として実験結果の記載がある場合であっても、1段目主筋降伏、全主筋降伏等の明確な記載がない試験体については検討の対象から除外した。

8.4.5 終局強度

最大の層せん断力を発揮した点の応力ある。文献に最大耐力時の層せん断力（もしくは梁せん

第 8 章 柱梁接合部

断力) の値が記載されている試験体のみを対象とする。

最大耐力時の接合部せん断力は、前述のように層せん断力から換算した。接合部せん断力に換算する際の梁主筋の引張力は断面解析によって求めた梁端断面のモーメントと鉄筋の引張力の関係から推定した。

8.5 評価式とその精度

8.5.1 弾性剛性

本項では接合部せん断応力度と接合部せん断変形角の関係における弾性剛性に関する評価式の精度を検証する。

評価式と算定に用いる数値

2007年版建築物の構造関係技術基準解説書[8-10]（以下、技術基準解説書）の付録および学会靱性指針[8-7]の解説では、接合部せん断応力度と接合部せん断変形角の関係における弾性剛性、すなわちせん断剛性 G は次式により算定できるとされている。

$$G = \frac{E}{2(1+\nu)} \quad (\text{N/mm}^2) \quad (\text{式 8.6})$$

ここで、

E : コンクリートのヤング係数(N/mm²)

ν : コンクリートのポアソン比

コンクリートの材料定数は学会靱性指針[8-7]に従い次式により算定する。ただし、コンクリートの圧縮強度 σ_B は文献中に記載された実験時のコンクリート圧縮強度の試験値とする。

$$E = 20.6 \times 10^3 \times \left(\frac{\gamma}{2.3} \right)^{1.5} \times \left(\frac{\sigma_B}{19.6} \right)^{0.5} \quad (\text{式 8.7})$$

$$\nu = 4.08 \times 10^{-4} \cdot \sigma_B + 0.169 \quad (\text{式 8.8})$$

ここで、

σ_B : コンクリートの圧縮強度(N/mm²)

γ : コンクリートの単位体積重量で、特に調査しない場合は 2.3 とする

評価式の精度

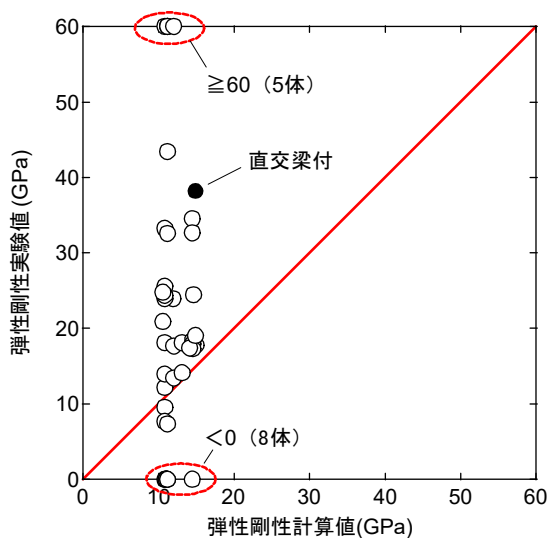
本研究で収集した文献の範囲では評価式の精度検討に用いることのできる実験値として文献中に接合部せん断応力度と接合部せん断変形角の関係における弾性剛性の記載があるものはなかった。また、文献中に接合部せん断応力度と接合部せん断変形角の関係が図示された文献はいくつかあったが、弾性剛性が読み取れるものはなかった。

そのため、評価式の精度検証は 8.2 節に記した平成 24 年度以前の建築基準整備促進事業により実施された実験の詳細な測定データの提供を受け、それらを対象に行った。

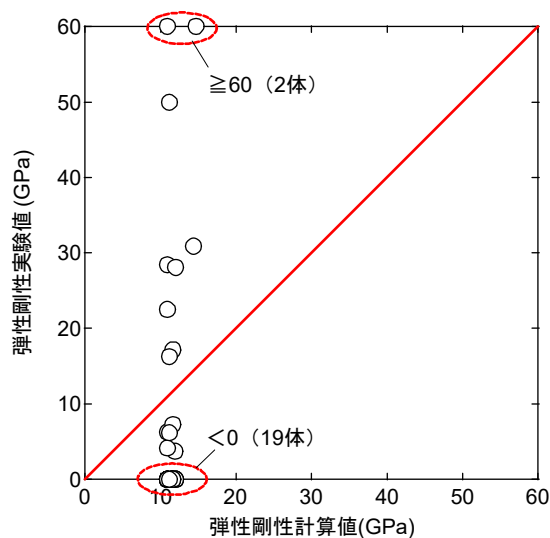
実験値の計算値に対する比の平均値および標準偏差を表 8.5.1 に、計算値と実験値の関係を図 8.5.1 に示す。ひじょうに小さい変形の範囲であるため測定での誤差が大きく、実験値にひじょうに大きなばらつきがあった。

表 8.5.1 弾性剛性の評価精度

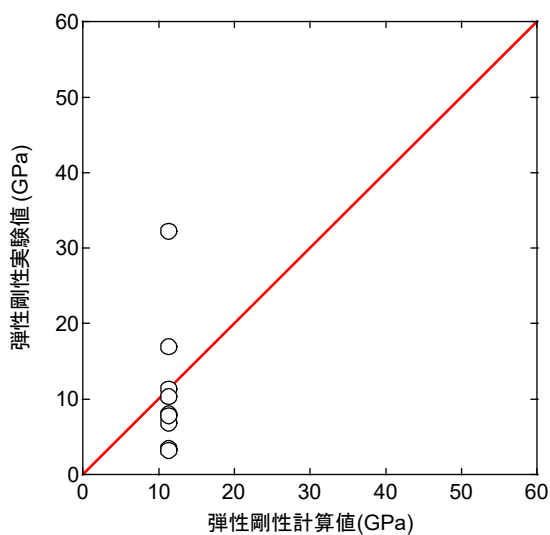
	十字形	ト形	L形
試験体数	41	33	9
平均	-0.36	-0.76	0.98
最大	38.5	25.0	2.85
最小	-81.0	-49.1	0.28
標準偏差	15.9	10.0	0.79



(a) 十字形試験体



(b) ト形試験体



(c) L形試験体

図 8.5.1 弾性剛性の実験値と計算値

8.5.2 ひび割れ強度

本項では柱梁接合部の斜めひび割れ強度に関する評価式の精度を検証する。

(1) 学会性能評価指針

評価式と算定に用いる数値

日本建築学会「鉄筋コンクリート造建物の耐震性能評価指針（案）・同解説」[8-11]（以下、学会性能評価指針）では、柱梁接合部の斜めひび割れ（せん断ひび割れ）発生点のせん断応力度は、次に示す主応力度式で表わすことができるとされている。

$$\tau_{jc} = \sqrt{f_t^2 + f_t \cdot \sigma_0} \quad (\text{N/mm}^2) \quad (\text{式 8.9})$$

ここで、

f_t : コンクリートの引張強度で以下による。

$$f_t = 0.4\sqrt{\sigma_B} \quad (\text{N/mm}^2)$$

σ_B : コンクリートの圧縮強度(N/mm²)

σ_0 : 軸圧縮応力度

ひび割れ強度の算定にあたっては、コンクリートの引張強度（割裂強度）の記載が文献中にある場合であっても、学会性能評価指針に従いコンクリートの圧縮強度 σ_B から引張強度を算出する。その際、コンクリートの圧縮強度 σ_B は文献中に記載された実験時のコンクリート圧縮強度の試験値とする。

評価式の精度

対象は文献中にひび割れ発生時の層せん断力もしくは梁せん断力が記載された試験体とした。試験体の概要を表 8.5.2 示す。

実験値の計算値に対する比の平均値および標準偏差を表 8.5.3 に、計算値と実験値の関係を図 8.5.1 に示す。いずれの形状の場合にも実験値の計算値に対する比の平均は 1 に近いが、ばらつきは比較的ある。

表 8.5.2 ひび割れ強度評価の精度検証に用いた試験体の諸元

	十字形	ト形	T形	L形
試験体数	162	66	5	19
コンクリート強度 (N/mm ²)	13.6~190	21.7~174	23.0~39.5	25.6~39.5
梁主筋降伏強度 (N/mm ²)	326~1172	378~1172	473~735*	380~735
横補強筋降伏強度 (N/mm ²)	204~1423	271~1423	258~428	258~428
梁引張主筋比 (%)	0.46~3.13	0.82~2.70	0.75~1.67	0.36~1.86
接合部横補強筋比 (%)	0~1.62	0.22~1.01	0.24~0.34	0.22~0.38
柱軸力比	-0.03~0.33	0~0.15	0	0

※ 柱主筋降伏強度

表 8.5.3 ひび割れ強度の評価精度

	十字形	ト形	T形	L形	
				閉じる	開く
試験体数	162	66	5	17	18
平均	0.92	1.07	1.22	1.15	0.97
最大	2.22	2.07	1.40	1.59	1.50
最小	0.36	0.53	0.95	0.59	0.63
標準偏差	0.30	0.31	0.17	0.32	0.20

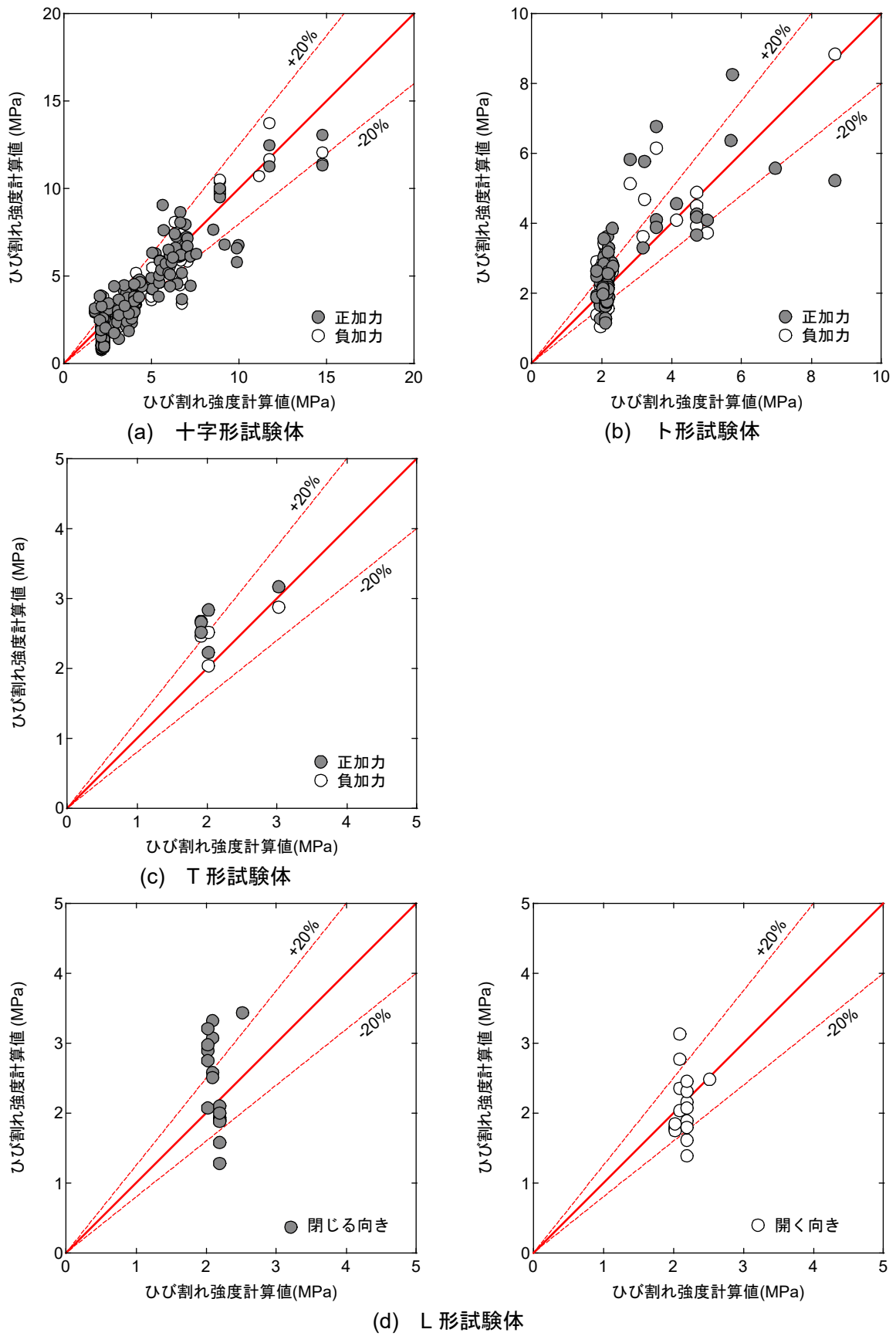


図 8.5.2 ひび割れ強度の実験値と計算値

(2) 学会靱性指針

評価式と算定に用いる数値

学会靱性指針[8-7]でも同様に、柱梁接合部の斜めひび割れ（せん断ひび割れ）発生点のせん断応力度は主応力度式（式 8.9）で表わすことができるとされている。

ただし、コンクリートの引張強度の評価が異なる。

f_t : コンクリートの引張強度で以下による。

$$f_t = 0.47\sqrt{\sigma_B} \text{ (N/mm}^2\text{)}$$

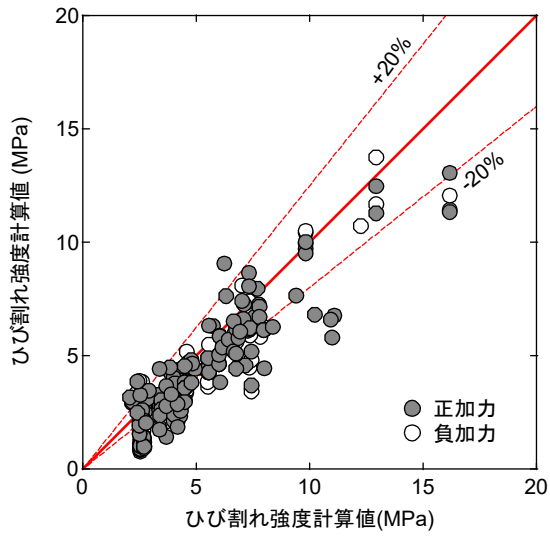
評価式の精度

精度検証に用いる試験体は学会性能評価指針の場合と同様に文献中にひび割れ発生時の層せん断力もしくは梁せん断力が記載された試験体である（表 8.5.2）。

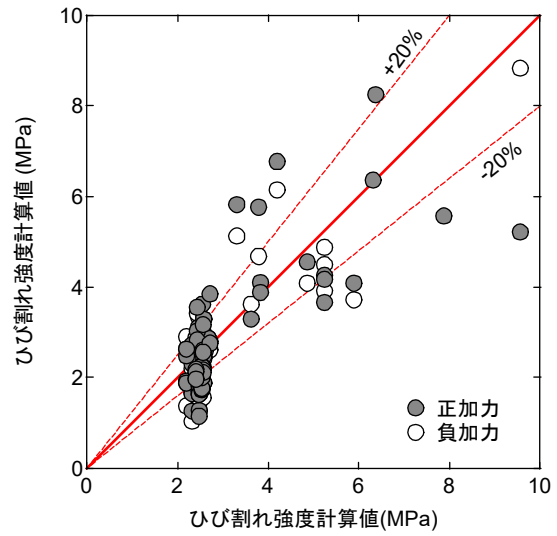
実験値の計算値に対する比の平均値および標準偏差を表 8.5.4 に、計算値と実験値の関係を図 8.5.3 に示す。前項の学会性能評価指針に比べるとコンクリートの引張強度を大きく評価するため、全体として実験値の計算値に対する比は小さくなった。

表 8.5.4 ひび割れ強度の評価精度（学会靱性指針）

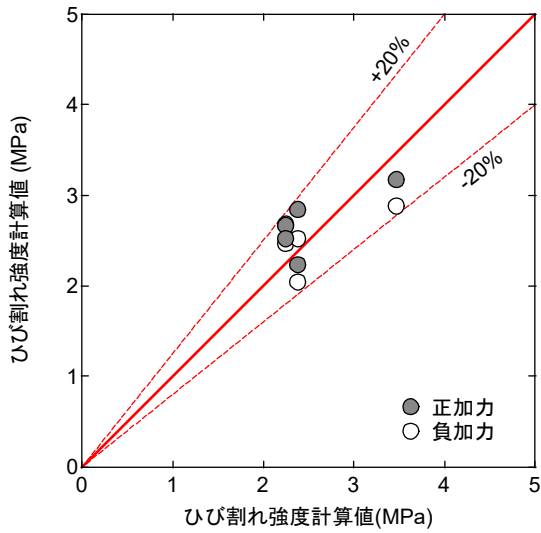
	十字形	ト形	T形	L形	
				閉じる	開く
試験体数	162	66	5	17	18
平均	0.81	0.91	1.04	0.98	0.83
最大	2.02	1.76	1.19	1.36	1.28
最小	0.30	0.45	0.83	0.50	0.54
標準偏差	0.26	0.26	0.14	0.27	0.17



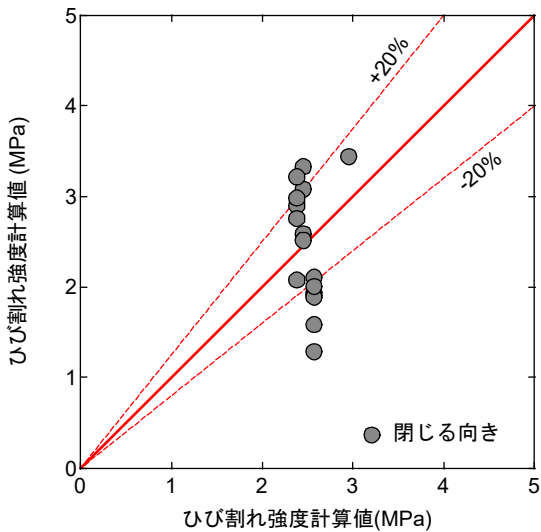
(a) 十字形試験体



(b) T形試験体



(c) T形試験体



(d) L形試験体

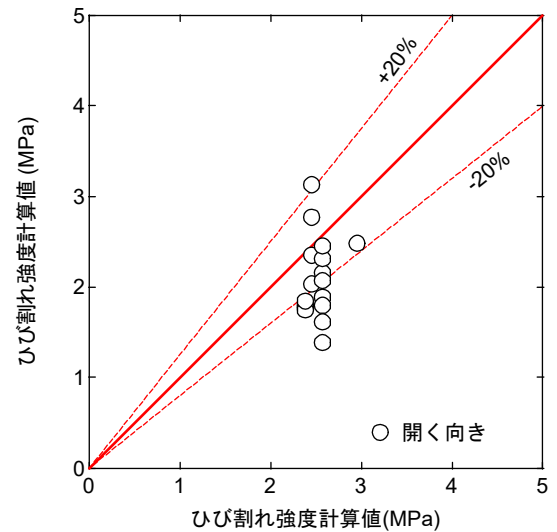


図 8.5.3 ひび割れ強度の実験値と計算値 (靱性指針)

第8章 柱梁接合部

8.5.3 せん断終局強度

本項では柱梁接合部のせん断終局強度に関する評価式の精度を検証する。

評価式と算定に用いる数値

技術基準解説書[8-10]の付録および学会靱性指針[8-7]では、柱梁接合部のせん断終局強度 V_{ju} は次式により算定できるとされている。

$$V_{ju} = \kappa \phi F_j b_j D_j \quad (\text{N}) \quad (\text{式 8.10})$$

ここで、

κ : 柱梁接合部の形状による係数で下記による

$\kappa=1.0$: 十字形柱梁接合部

$\kappa=0.7$: ト形および T 形柱梁接合部

$\kappa=0.4$: L 形および Γ 形柱梁接合部

ϕ : 直交梁の有無による補正係数で下記による

$\phi=1.0$: 両面直交梁付き柱梁接合部

$\phi=0.85$: 上記以外の柱梁接合部

F_j : 柱梁接合部のせん断強度の基準値で次式による

$$F_j = 0.8 \sigma_B^{0.7} \quad (\text{N/mm}^2) \quad (\text{式 8.11})$$

σ_B : コンクリートの圧縮強度(N/mm²)

b_j : 柱梁接合部の有効幅(mm)で次式による

$$b_j = b_b + b_{a1} + b_{a2} \quad (\text{式 8.12})$$

b_b : 梁幅

b_{a1} : $b_1/2$ 又は $D/4$ の小さい方の数値 (mm)

b_{a2} : $b_2/2$ 又は $D/4$ の小さい方の数値 (mm)

b_1, b_2 : 梁両側面から梁に平行する柱側面までの長さ (mm)

D_j : 柱せい, 又は 90 度折曲げ筋水平投影長さ(mm)

せん断終局強度の算定にあたっては、コンクリートの圧縮強度 σ_B は文献中に記載された実験時のコンクリート圧縮強度の試験値とする。

評価式の精度

対象は梁および柱主筋降伏前の接合部破壊（J型）と報告されている試験体とし、最大耐力時の接合部せん断力のみの記載があり最大耐力時の層せん断力および梁せん断力の記載がない試験体は検討に用いないこととした。また、十字形、T形接合部で左右の梁の長さが異なる試験体は層せん断力と梁端モーメントの関係が一意ではなくなるため除外した。

i. 十字形接合部

十字形接合部について、検討に用いた試験体の数および諸元の範囲を表 8.5.5 に示す。また、実験値の計算値に対する比の平均値、標準偏差、不合格率を表 8.5.6 に示す。不合格率は実験値の計算値に対する比が 1 を下回った試験体の比率である。

図 8.5.4 にはコンクリート圧縮強度とせん断終局時のせん断応力度実験値の関係を示す。図中には計算値をあわせて示した。実線は直交梁がないもしくは片側のみの場合（式 8.9 における $\phi=0.85$ ）で、破線は両側直交梁付の場合（ $\phi=1.0$ ）である。実験値、計算値とも接合部せん断力および接合部せん断終局強度を式 8.10 中の柱梁接合部の有効幅と柱せい（水平せん断力の場合）もしくは梁せい（鉛直せん断力の場合）の積で除した応力度で示してある。

実験値の計算値に対する比の平均は 1.21、標準偏差は 0.21、不合格率は 0.14 であった。学会靱性指針の解説によれば補正係数 ϕ を乗じない計算値がおおむね実験値に対応するとされており、直交梁なしの試験体の際に乘じる補正係数 0.85 の逆数が 1.18 であるので、本研究の範囲でも同様の結果といえる。一方、標準偏差、不合格率は指針解説中に記載の値（標準偏差 0.13、不合格率 0.06）より大きかった。また、技術基準解説書の適用範囲であるコンクリート強度 $60(\text{N}/\text{mm}^2)$ 以下の試験体に限った場合にも平均、標準偏差、不合格率とも超高強度コンクリートを含む場合とほとんど変わらなかった。

ii. ト形接合部

ト形接合部について、検討に用いた試験体の数および諸元の範囲を表 8.5.7 に示す。また、実験値の計算値に対する比の平均値、標準偏差、不合格率を表 8.5.8 に示す。試験体数等は梁主筋の定着方法が U 字、90 度折り曲げ、180 度フック付のいずれか（以下、在来工法）と定着金具を用いたもの（以下、機械式定着）に分けた。さらに、在来工法の試験体については実験時のコンクリート圧縮強度が $60(\text{N}/\text{mm}^2)$ を超えない場合についても分けて示した。本来、式 8.10 は機械式定着の場合は適用範囲外であるが、文献[8-12]も同様の強度式を採用していることから機械式定着の場合も参考に示した。ただし、文献[8-12]も適用範囲はコンクリート圧縮強度が $60(\text{N}/\text{mm}^2)$ までであり、また試験体によっては構造規定を満足していない場合があることに留意する必要がある。

図 8.5.5 にはコンクリート圧縮強度とせん断終局時のせん断応力度実験値の関係を示す。図中には計算値をあわせて示した。実験値、計算値とも接合部せん断力および接合部せん断終局強度を式 8.10 中の柱梁接合部の有効幅と梁主筋定着部の水平投影長さ（水平せん断力の場合）もしくは梁せい（鉛直せん断力の場合）の積で除した応力度で示してある。実験値は水平せん断応力度と鉛直せん断応力度のうち大きい方を示した。なお、本研究で収集したデータの範囲では両側に直交梁を有し J 型破壊となったト形試験体はなかった。

第8章 柱梁接合部

実験値の計算値に対する比は、在来工法では平均は 1.25、標準偏差は 0.34、不合格率は 0.24、機械式定着では平均は 1.28、標準偏差は 0.23、不合格率は 0.09 であった。全体としては十字形接合部の場合と同様、直交梁なしの試験体の際に乗じる補正係数 0.85 を乗じない計算値がおおむね実験値と対応するか、やや小さく評価している。一方、在来工法については標準偏差、不合格率は十字形接合部の場合より大きく、指針解説中に記載の値（標準偏差 0.24、不合格率 0.08）より大きかった。機械式定着の場合のほうが標準偏差、不合格率とも小さかった。また、技術基準解説書の適用範囲であるコンクリート強度 $60(\text{N}/\text{mm}^2)$ を超える在来工法の試験体数が少ないため、コンクリート強度 $60(\text{N}/\text{mm}^2)$ 以下の試験体に限った場合も全体に対する場合とほとんど結果は変わらなかったが、不合格率はやや小さくなった。

iii. T形接合部

T形接合部について、検討に用いた試験体の数および諸元の範囲を表 8.5.9 に示す。また、実験値の計算値に対する比の平均値、標準偏差、不合格率を表 8.5.10 に示す。試験体数等は柱主筋の定着方法が U 字、180 度フック付のいずれか（在来工法）と定着金具を用いたもの（機械式定着）に分けた。収集した試験体の範囲では在来工法の試験体で実験時のコンクリート圧縮強度が $60(\text{N}/\text{mm}^2)$ を超えるものはなかった。ト形接合部と同様に、機械式定着の場合についても式 8.10 による計算結果参考を示した。試験体によっては文献[8-12]の材料強度の範囲、構造規定を満足していない場合があることに留意する必要がある。

図 8.5.6 にはコンクリート圧縮強度とせん断終局時のせん断応力度実験値の関係を示す。図中には計算値を実線であわせて示した。実験値、計算値とも接合部せん断力および接合部せん断終局強度を式 8.10 中の柱梁接合部の有効幅と柱せい（水平せん断力の場合）もしくは柱主筋の定着長さ（鉛直せん断力の場合）の積で除した応力度で示してある。実験値は水平せん断応力度と鉛直せん断応力度のうち大きい方を示した。なお、試験体データを収集した範囲において両側に直交梁を有し J 型破壊となった試験体はなかった。

在来工法の試験体は 2 体と少ないが、実験値の計算値に対する比は 0.93~1.05 であり、計算値が実験値を平均的にとらえているといえる。しかし、本来この評価式は実験値に対して下限を与えるように設定されており、評価式による評価は危険側ともいえる。機械式定着の試験体も試験体数が十分多いとはいえないが、同様に実験値の計算値に対する比の平均はおおむね 1 であり、12 体中の 4 体で実験値が計算値を下回る結果となった。

iv. L形接合部

L形接合部について、検討に用いた試験体の数および諸元の範囲を表 8.2.2 に示す。また、実験値の計算値に対する比の平均値、標準偏差、不合格率を表 8.5.12、表 8.5.13 に示す。試験体数等は柱・梁主筋の定着方法が折り曲げ、U 字、180 度フック付のいずれか（以下、在来工法）と定着金具を用いたもの（以下、機械式定着）に分けた。収集した試験体の範囲では在来工法の試験体で実験時のコンクリート圧縮強度が $60(\text{N}/\text{mm}^2)$ を超えるものはなかった。ト形、T形接合部と同様に、機械式定着の場合についても式 8.10 による計算結果参考を示した。試験体によっては文献[8-12]の材料強度の範囲、構造規定を満足していない場合があることに留意する必要がある。

また、図 8.5.7 にはコンクリート圧縮強度とせん断終局時のせん断応力度実験値の関係を示す。

図中には計算値を実線であわせて示した。実験値，計算値とも接合部せん断力および接合部せん断終局強度を式 8.10 中の柱梁接合部の有効幅と梁主筋定着部の水平投影長さ（水平せん断力の場合）もしくは柱主筋の定着長さ（鉛直せん断力の場合）の積で除した応力度で示してある。実験値は水平せん断応力度と鉛直せん断応力度のうち大きい方を示した。なお，試験体データを収集した範囲において両側に直交梁を有する試験体はなかった。

閉じる方向については，実験値の梁主筋の定着方法に加えて柱上面のコンクリートを拘束するためのかんざし筋等の補強量，配筋詳細の影響も大きく，比較的ばらつきが大きかった。実験値の計算値に対する比は在来工法で 1.50，機械式定着で 1.48 と十字形，ト形と比べても大きく，不合格率も極めて小さく実験値の下限を与える評価式といえる。補正係数 ϕ の乗じない計算値に対しても平均としては 1.2~1.3 程度の余裕度がある結果となった。

一方，開く方向については，実験値の計算値に対する比は在来工法で 1.01，機械式定着で 1.13 であり，不合格率もそれぞれ 0.36，0.25 と大きかった。試験体数は多くないが標準偏差は 0.12（在来工法），0.17（機械式定着）と比較的小さかった。全体としては，評価式は実験値に対して下限というよりは平均に近い値を与える結果であった。

終局強度による破壊形式の判別精度

一般に接合部せん断終局強度が梁または柱の曲げ終局時を接合部に生じるせん断力を上回ることを確認することで柱梁接合部の破壊を防止する設計が行われている。そこで，ここでは接合部せん断終局強度の梁または柱曲げ終局時の接合部せん断力に対する比（以下，接合部せん断余裕度）による破壊形式の判別精度を検討する。検討対象は主筋降伏後も含め主筋の定着破壊が生じた試験体は除いたものとした。

文献中に接合部せん断余裕度の記載がある場合があるが，文献に記載の材料強度等からすべて計算しなおした。その際，接合部せん断終局強度は式 8.9 によった。梁または柱の曲げ終局時の接合部せん断力は実験の最大耐力時と同様に式 8.1 による。ただし，式 8.1 中の梁主筋の引張力は，実務設計での一般的な方法に近くなるよう梁曲げ降伏型試験体（試験体の梁曲げ終局時の層せん断力が柱曲げ終局時の層せん断より小さい場合）では梁引張主筋の降伏時の引張力とし，柱曲げ降伏型試験体（試験体の柱曲げ終局時の層せん断力が梁曲げ終局時の層せん断より小さい場合）では柱曲げ終局時の梁端モーメントを梁の有効せいの 7/8 倍で除して得られる引張主筋の引張力とした。また，梁または柱の曲げ終局時の柱せん断力は，技術基準解説書[8-10]に示された以下の略算式によって断面の終局モーメントを算出し，柱または梁フェース位置で終局モーメントに達するものとして柱せん断力に換算して求めた。ここで，T 形および L 形接合部では実験中に梁に柱せん断力と釣り合う分の変動軸力が生じるがこれは無視した。また，柱の軸力には梁の曲げ終局時の梁せん断力による変動分を考慮した。

梁の曲げ終局モーメント

$$M_u = 0.9a_t\sigma_y d \quad (\text{式 8.13})$$

ここで，

a_t : 引張主筋の断面積

σ_y : 引張主筋の降伏強度

第8章 柱梁接合部

d : 梁の有効せい(mm)

柱の終局モーメント

引張側の1段目の鉄筋のみを考慮した式 8.14 と、多段配筋を考慮した式 8.15 による曲げ終局モーメントのうち大きい方を断面の曲げ終局モーメントとする。

$$M_u = \begin{cases} 0.8a_t\sigma_y D + 0.4ND & (N_{min} \leq N < 0) \\ 0.8a_t\sigma_y D + 0.5ND \left(1 - \frac{N}{bDF_c}\right) & (0 \leq N \leq 0.4bDF_c) \\ \left(0.8a_t\sigma_y D + 0.12bD^2 F_c\right) \left(\frac{N_{max} - N}{N_{max} - 0.4bDF_c}\right) & (0.4bDF_c < N \leq N_{max}) \end{cases} \quad (\text{式 8.14})$$

ここで、

N_{max} : 中心圧縮時終局強度 ($=bDF_c + a_g\sigma_y$)

N_{min} : 中心引張時終局強度 ($= -a_g\sigma_y$)

N : 柱軸方向力

a_t : 引張主筋断面積

a_g : 柱主筋全断面積

b : 柱断面幅

D : 柱断面せい

σ_y : 柱主筋降伏強度

F_c : コンクリートの圧縮強度

$$M_u = \begin{cases} 0.5a_g\sigma_y g_1 D + 0.5Ng_1 D & (N_{min} \leq N < 0) \\ 0.5a_g\sigma_y g_1 D + 0.5ND \left(1 - \frac{N}{bDF_c}\right) & (0 \leq N \leq N_b) \\ \left(0.5a_g\sigma_y g_1 D + 0.024(1 + g_1)(3.6 + g_1)bD^2 F_c\right) \left(\frac{N_{max} - N}{N_{max} - N_b}\right) & (0.4bDF_c < N \leq N_{max}) \end{cases} \quad (\text{式 8.15})$$

ここで、

$N_b = 0.22(1 + g_1)bDF_c$

g_1 : 引張筋重心と圧縮筋重心との距離の全せいに対する比

実験における最大耐力と比較する梁および柱の曲げ終局強度は、略算値と精算値の両方を求めた。略算値は前述の技術基準解説書[8-10]に示された梁および柱の曲げ終局モーメント（式 8.13~8.15）によった。一方、精算値は断面の終局モーメントを、鉄筋の応力度-ひずみ度関係をバイリニア形、コンクリートの応力度-ひずみ度関係を Fafitis-Shah モデルとした平面保持を仮定した断面解析により求め、圧縮縁のコンクリートのひずみ度が 0.3%に達した時のモーメントとした。ただし、高強度鉄筋を用いている場合などのように主筋降伏時のモーメントがこれを上回

る場合には、主筋降伏時のモーメントを終局強度とした。また、断面解析を用いた精算ではト形接合部、T形接合部、L形接合部については実験時の加力方法に応じて生じる梁や柱の変動軸力を考慮した。

i. 十字形接合部

十字形接合部について、**図 8.5.8** に試験体の諸元から求めた接合部せん断余裕度の度数分布を破壊形式別に示す。J型と報告されている68体のうち接合部せん断余裕度が1以上であった試験体は3体(4%)であった。せん断余裕度1以上の試験体242体のうち152体(63%)はJ型あるいはBJ型と報告されており柱梁接合部の損傷が大きかったことがわかる。一方、接合部せん断余裕度1以下の試験体140体のうち75体(54%)はB型あるいはBJ型であり、梁・柱主筋の降伏が生じていた。

図 8.5.12 には接合部せん断余裕度と実験における最大層せん断力の試験体の曲げ終局強度時層せん断力の計算値(梁曲げ終局時と柱曲げ終局時の小さい方)に対する比の関係を示す。接合部せん断破壊は生じないとされる接合部せん断余裕度1以上の試験体であっても最大耐力の実験値が梁曲げ終局強度時計算値、柱曲げ終局強度時計算値のいずれにも達していない試験体があり、その試験体数は接合部せん断余裕度1以上の試験体のうち略算値に対しては13%、精算値に対しては23%であった。

ii. ト形接合部

ト形接合部について、**図 8.5.9** に試験体の諸元から求めた接合部せん断余裕度の度数分布を破壊形式別に示す。接合部せん断余裕度が1以上であったにもかかわらず梁・柱主筋の降伏前に接合部破壊が生じたJ型の試験体は在来工法ではJ型の試験体31体のうちの2体(10%)、機械式定着ではJ型の試験体41体のうち0体であった。十字形接合部と同様、接合部せん断余裕度1以上の試験体にも柱梁接合部の損傷が大きい試験体も多く、在来工法では73体中の35体(48%)、機械式定着では99体中の57体(58%)がJ型あるいはBJ型であった。一方、接合部せん断余裕度1以下であっても実験ではB型、BJ型となった試験体もあり、接合部せん断余裕度1以下の試験体のうち在来工法では30%が、機械式定着では21%で主筋の降伏が生じていた。

図 8.5.13 には接合部せん断余裕度と実験における最大層せん断力の試験体の曲げ終局強度時層せん断力の計算値(梁曲げ終局時と柱曲げ終局時の小さい方)に対する比の関係を示す。十字形接合部と同様に接合部せん断破壊は生じないとされる接合部せん断余裕度1以上の試験体であっても最大耐力の実験値が梁曲げ終局強度時計算値、柱曲げ終局強度時計算値のいずれにも達していない試験体があり、その試験体数は接合部せん断余裕度1以上の試験体のうち在来工法では略算値に対して16%、精算値に対して21%、機械式定着では略算値に対して22%、精算値に対しては30%であった。

iii. T形接合部

T形接合部について、**図 8.5.10** に試験体の諸元から求めた接合部せん断余裕度の度数分布を破壊形式別に示す。在来工法のJ型の試験体は2体と少ないが、いずれもせん断余裕度1以下であった。一方、機械式定着ではJ型の試験体12体のうち4体は接合部せん断余裕度1以上であっ

第 8 章 柱梁接合部

た。機械式定着では C 型あるいは CJ 型の試験体が 32 体であったが、そのうち 2 体では接合部せん断余裕度は 1 以下の試験体であった。

図 8.5.14 には接合部せん断余裕度と実験における最大層せん断力の試験体の曲げ終局強度時層せん断力の計算値（梁曲げ終局時と柱曲げ終局時の小さい方）に対する比の関係を示す。接合部せん断余裕度 1 以上の範囲で実験値が曲げ終局強度計算値を大きく下回る試験体はなく、特に柱の終局曲げモーメントの略算値は計算値が小さい傾向にあり実験値は計算値を大きく上回った。柱の曲げ終局モーメントを断面解析により精算した場合には、接合部せん断余裕度 1 以上の範囲で実験値が計算値を下回ったのは 57 体中 14 体（25%）であったが、その比は最小でも 0.87 であった。

iv. L 形接合部

L 形接合部について、図 8.5.10 に試験体の諸元から求めた接合部せん断余裕度の度数分布を破壊形式別に示す。在来工法の試験体数は少ないが、閉じる方向、開く方向とも J 型の試験体は接合部せん断余裕度 1 以下であった。一方、B (C) 型あるいは BJ (CJ) 型の試験体では閉じる方向は 15 体中 14 体が、開く方向では 10 体中 2 体が接合部せん断余裕度 1 以下であったが主筋の降伏が生じていた。機械式定着では、閉じる方向では接合部せん断余裕度 1 以上で J 型となった試験体はなかったが、開く方向では J 型の試験体 11 体のうち 1 体が接合部せん断余裕度 1 以上であった。また、接合部せん断余裕度 1 以下の試験体のうち、閉じる方向では 61%、開く方向では 69%の試験体が B (C) 型あるいは BJ (CJ) 型と報告されており、主筋に降伏が生じていた。

図 8.5.15、図 8.5.16 に接合部せん断余裕度と実験における最大層せん断力の試験体の曲げ終局強度時層せん断力の計算値（梁曲げ終局時と柱曲げ終局時の小さい方）に対する比の関係を示す。変動軸力の考慮の有無もあり略算値と精算値で終局モーメントの計算値の差が大きいが、閉じる方向ではせん断余裕度 1 以上で実験値が計算値を下回ったものはなかった。一方、開く方向の加力では接合部せん断余裕度 1 以上であっても、精算値に対して在来工法では 83%の試験体で、機械式定着の試験体では 44%の試験体で実験値が計算値を下回った。

表 8.5.5 せん断終局強度の検討に用いる試験体（十字形接合部）の概要

	全体	$18 \leq \sigma_B \leq 60(\text{N/mm}^2)$
試験体数	66	54
コンクリート強度 (N/mm ²)	8.1~190	21.6~57.0
梁主筋降伏強度 (N/mm ²)	357~1428	357~1364
横補強筋降伏強度 (N/mm ²)	226~1423	226~1276
梁引張主筋比 (%)	0.46~3.13	0.46~3.13
接合部横補強筋比 (%)	0~1.62	0~1.62
柱軸力比	-0.33~0.43	-0.33~0.43

表 8.5.6 せん断終局強度計算値に対する実験値の比（十字形接合部）

	全体	$18 \leq \sigma_B \leq 60(\text{N/mm}^2)$
試験体数	66	54
平均	1.21	1.23
最大	1.72	1.72
最小	0.77	0.80
標準偏差	0.21	0.22
変動係数	0.17	0.18
不合格率	0.14	0.15

表 8.5.7 せん断終局強度の検討に用いる試験体（ト形接合部）の概要

	在来工法		機械式定着
	全体	$18 \leq \sigma_B \leq 60(\text{N/mm}^2)$	
試験体数	29	24	34
コンクリート強度 (N/mm ²)	8.4~88.9	19.0~51.5	23.8~174
梁主筋降伏強度 (N/mm ²)	327~1092	373~1092	428~1172
横補強筋降伏強度 (N/mm ²)	271~877	271~877	301~1368
梁引張主筋比 (%)	0.71~4.64	0.83~4.64	0.63~2.70
接合部横補強筋比 (%)	0~1.17	0~1.17	0.25~0.78
柱軸力比	0~0.60	0~0.60	0~0.11
柱主筋定着長さの梁せいに対する比	0.51~0.90	0.51~0.90	0.5~1.0

表 8.5.8 せん断終局強度計算値に対する実験値の比（ト形接合部）

	在来工法		機械式定着
	全体	$18 \leq \sigma_B \leq 60(\text{N/mm}^2)$	
試験体数	29	24	34
平均	1.25	1.24	1.28
最大	2.01	2.01	1.88
最小	0.71	0.71	0.92
標準偏差	0.34	0.33	0.23
変動係数	0.27	0.27	0.19
不合格率	0.24	0.21	0.09

表 8.5.9 せん断終局強度の検討に用いる試験体（T形接合部）の概要

	在来工法		機械式定着
	全体	$18 \leq \sigma_B \leq 60(\text{N/mm}^2)$	
試験体数	2	同左	12
コンクリート強度 (N/mm ²)	23.0~32.1	同左	23.0~70.6
柱主筋降伏強度 (N/mm ²)	473~540	同左	431~741
横補強筋降伏強度 (N/mm ²)	258~278	同左	258~795
柱鉄筋比 (%)	1.69~2.62	同左	1.69~2.62
接合部横補強筋比 (%)	0.31~0.41	同左	0.25~0.41
柱軸力比	0	同左	0
柱主筋定着長さの梁せいに対する比	0.75~0.79	同左	0.75~1.0

表 8.5.10 せん断終局強度計算値に対する実験値の比（T形接合部）

	在来工法		機械式定着
	全体	$18 \leq \sigma_B \leq 60(\text{N/mm}^2)$	
試験体数	2	同左	12
平均	0.99	同左	1.06
最大	1.05	同左	1.19
最小	0.93	同左	0.85
標準偏差	0.09	同左	0.11
変動係数	0.09	同左	0.10
不合格率	0.50	同左	0.33

表 8.5.11 せん断終局強度の検討に用いる試験体（L形接合部）の概要

	在来工法		機械式定着
	全体	$18 \leq \sigma_B \leq 60(\text{N/mm}^2)$	
試験体数	15	同左	14
コンクリート強度 (N/mm ²)	20.5~40.2	同左	25.6~72.0
梁主筋降伏強度 (N/mm ²)	455~805	同左	458~805
横補強筋降伏強度 (N/mm ²)	278~1481	同左	278~780
梁引張主筋比 (%)	0.36~1.90	同左	0.54~1.90
接合部横補強筋比 (%)	0.0~0.52	同左	0.22~0.67
柱軸力比	0	同左	0
梁主筋定着長さの柱せいに対する比	0.75~0.83(閉)	同左	0.69~1.00(閉)
	0.76~0.96(開)		0.67~1.00(開)

表 8.5.12 せん断終局強度計算値に対する実験値の比（L形接合部 / 閉じる方向）

	在来工法		機械式定着
	全体	$18 \leq \sigma_B \leq 60(\text{N/mm}^2)$	
試験体数	15	同左	13
平均	1.50	同左	1.48
最大	2.03	同左	1.72
最小	1.01	同左	0.71
標準偏差	0.33	同左	0.29
変動係数	0.22	同左	0.20
不合格率	0	同左	0.08

表 8.5.13 せん断終局強度計算値に対する実験値の比（L形接合部 / 開く方向）

	在来工法		機械式定着
	全体	$18 \leq \sigma_B \leq 60(\text{N/mm}^2)$	
試験体数	11	同左	8
平均	1.01	同左	1.13
最大	1.19	同左	1.33
最小	0.76	同左	0.83
標準偏差	0.12	同左	0.17
変動係数	0.12	同左	0.15
不合格率	0.36	同左	0.25

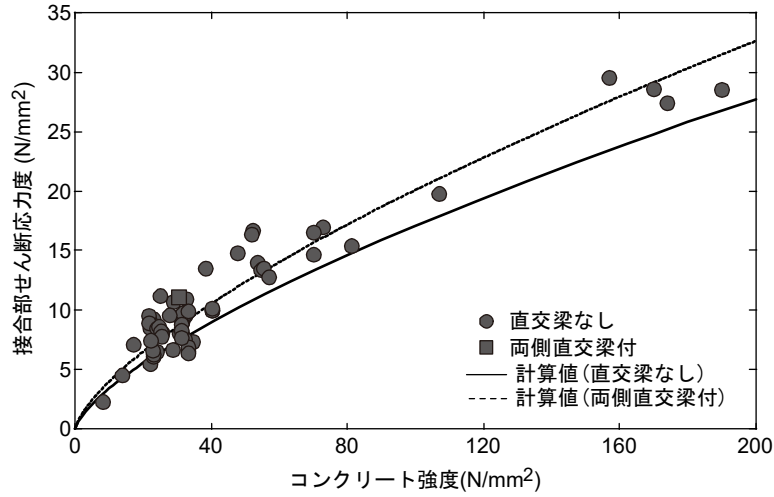


図 8.5.4 コンクリート強度とせん断終局強度の関係（十字形接合部）

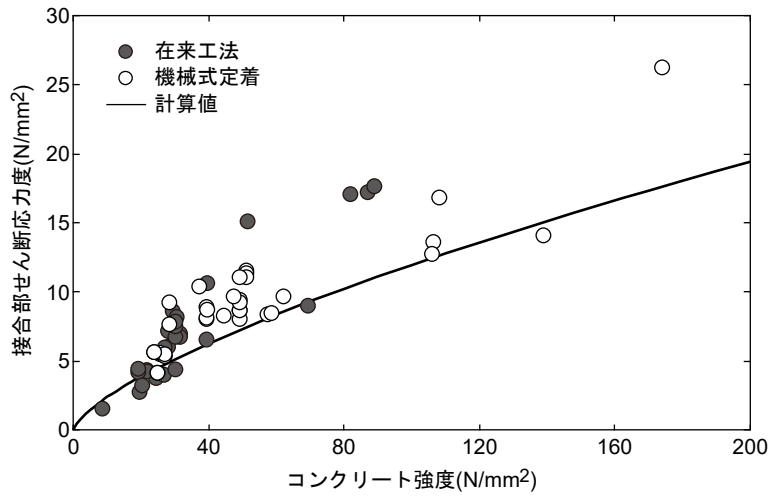


図 8.5.5 コンクリート強度とせん断終局強度の関係（T形接合部）

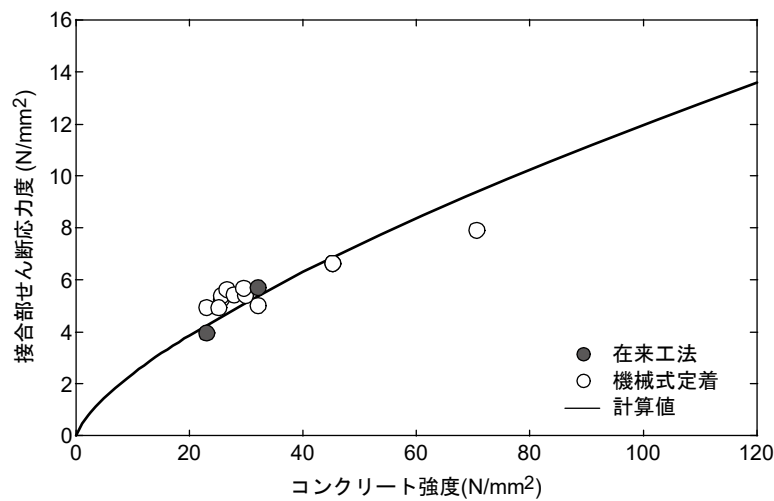
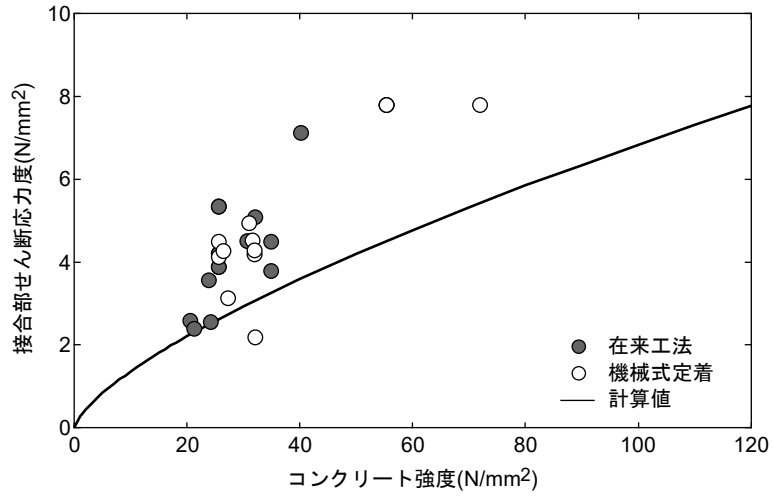
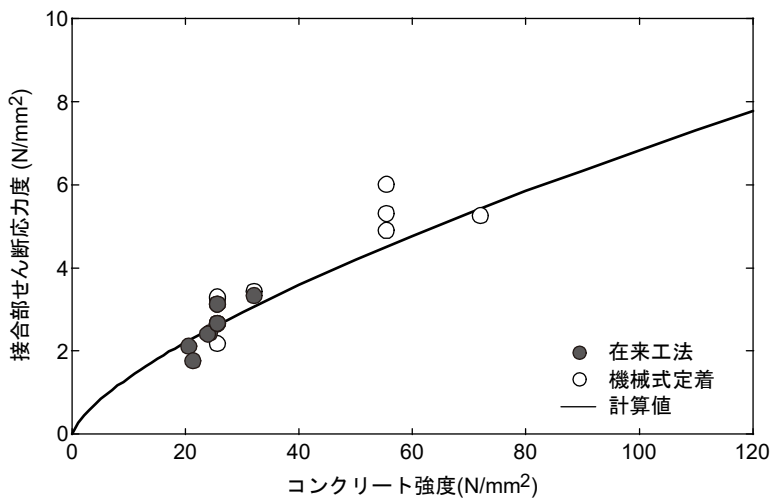


図 8.5.6 コンクリート強度とせん断終局強度の関係（T形接合部）



(a) 閉じる方向



(b) 開く方向

図 8.5.7 コンクリート強度とせん断終局強度の関係 (L 形接合部)

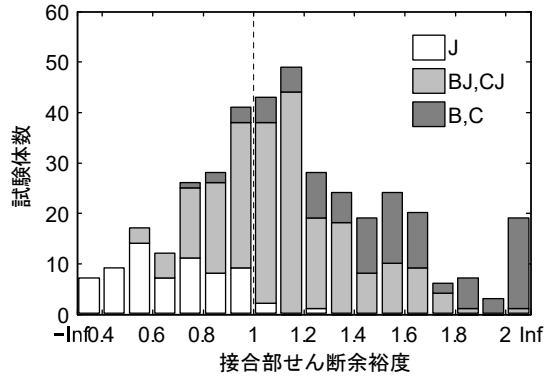


図 8.5.8 接合部せん断余裕度と破壊形式（十字形接合部）

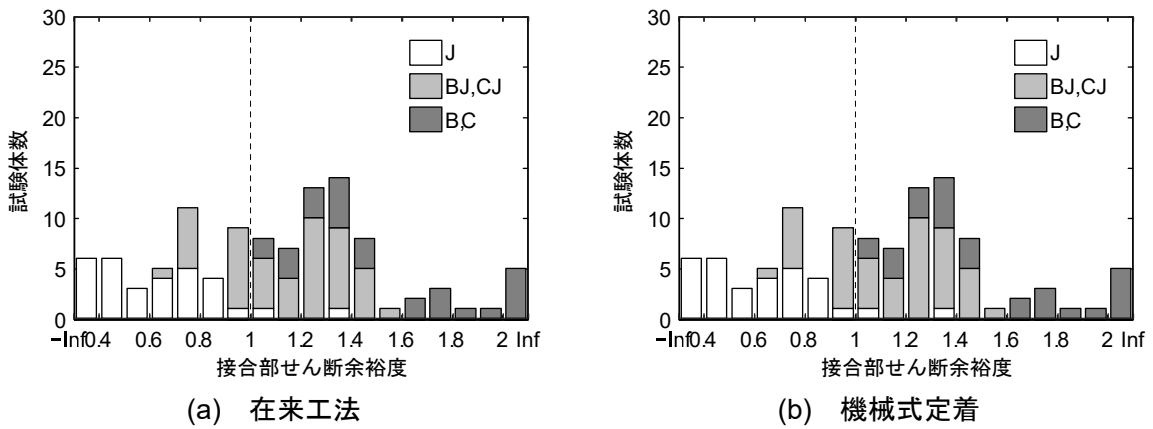


図 8.5.9 接合部せん断余裕度と破壊形式（T形接合部）

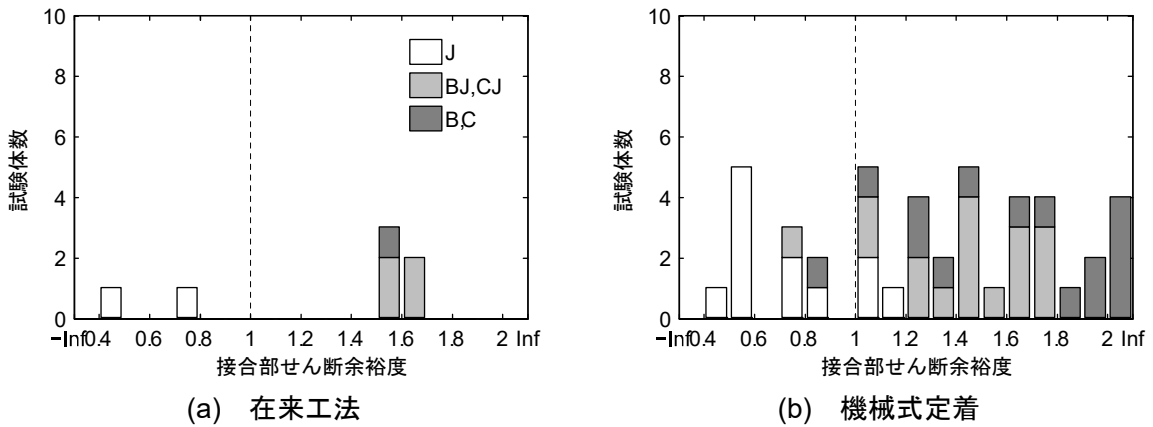
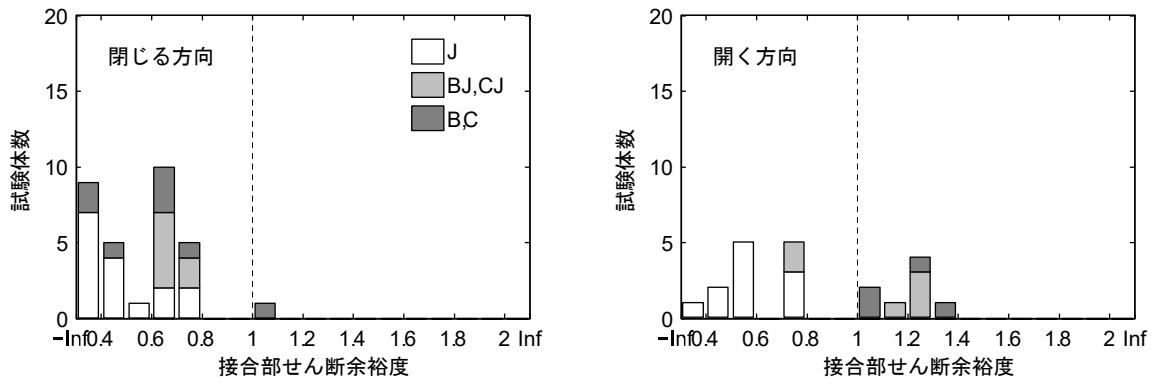
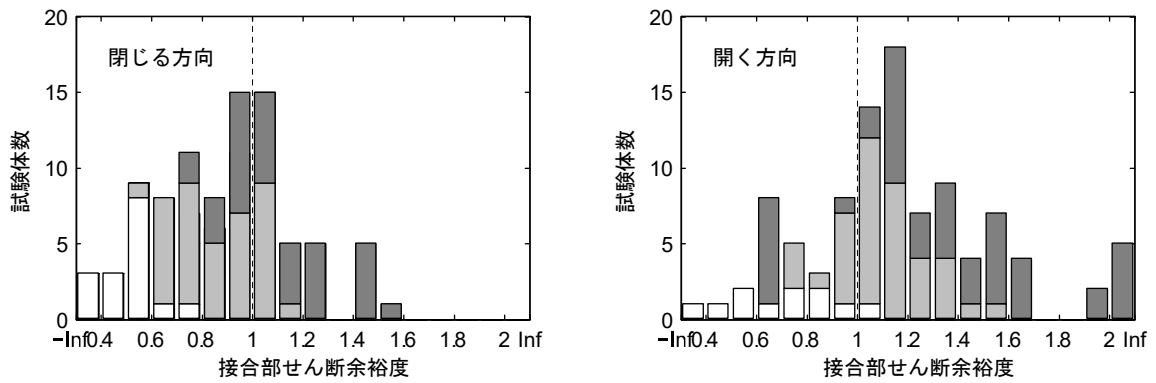


図 8.5.10 接合部せん断余裕度と破壊形式（T形接合部）

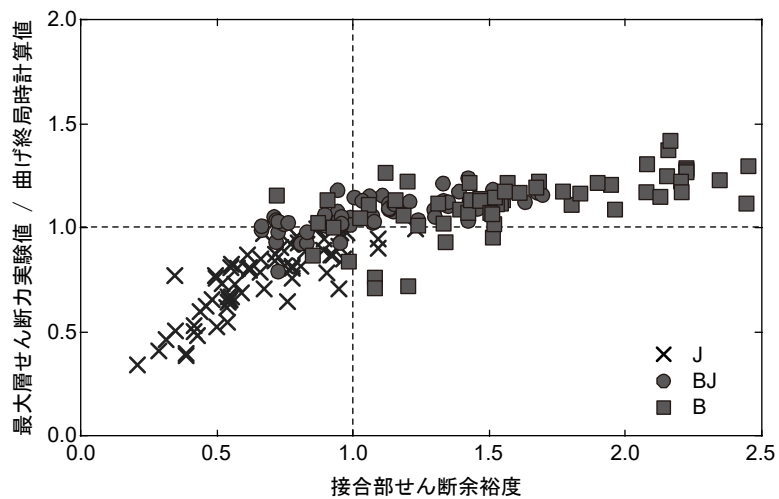


(a) 在来工法

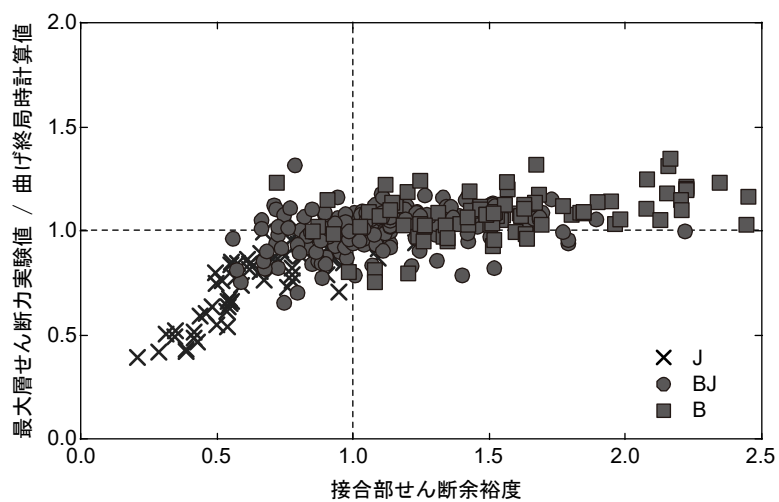


(b) 機械式定着

図 8.5.11 接合部せん断余裕度と破壊形式 (L形接合部)

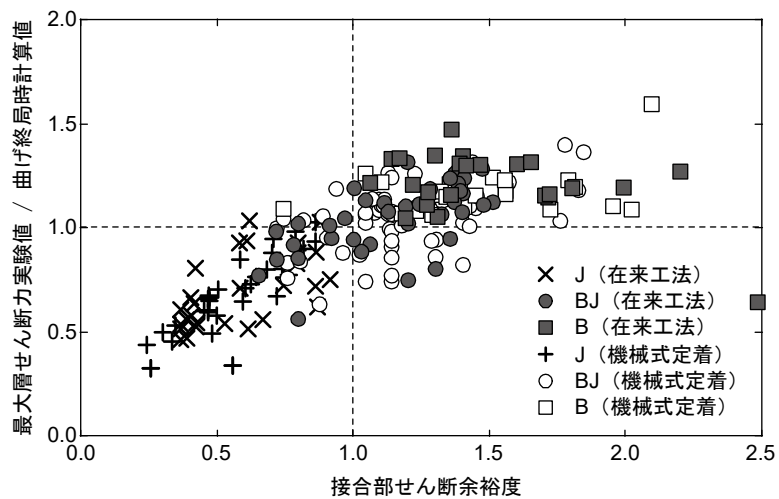


(a) 略算式

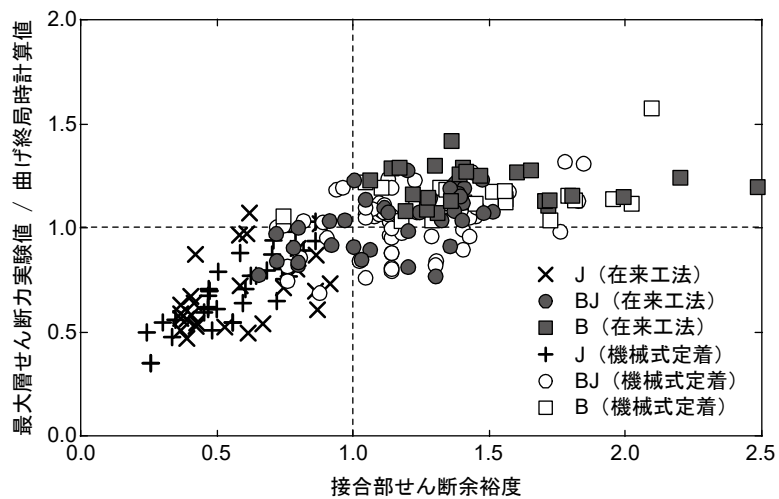


(b) 精算式

図 8.5.12 接合部せん断余裕度と最大耐力（十字形接合部）

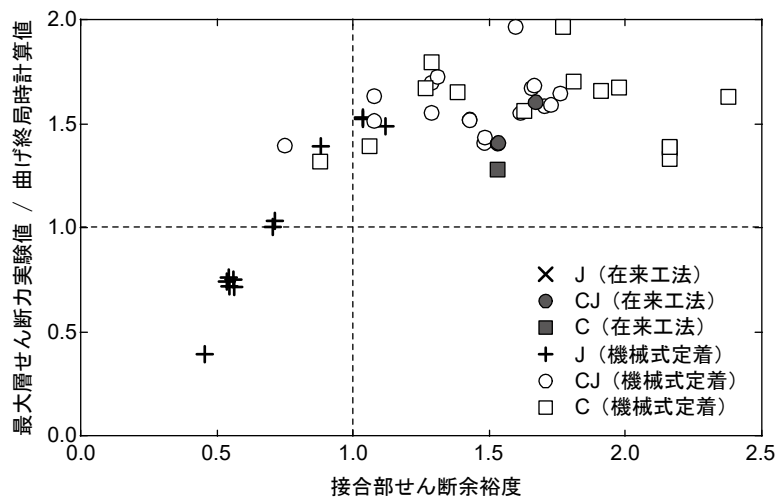


(a) 略算式

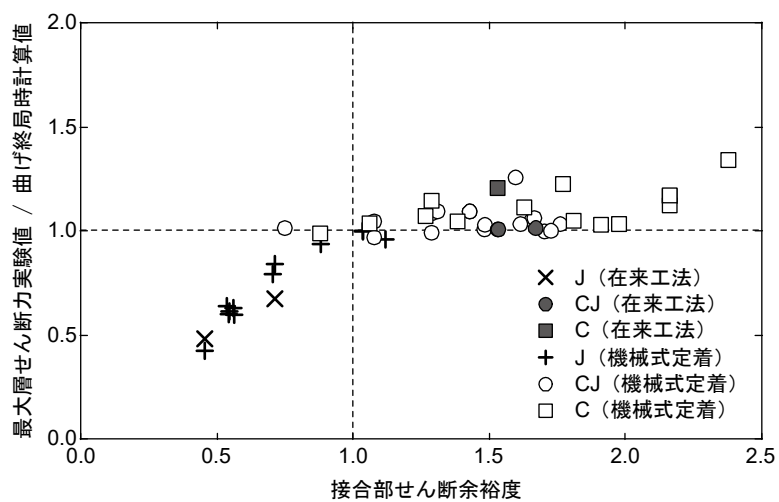


(b) 精算式

図 8.5.13 接合部せん断余裕度と最大耐力 (ト形接合部)

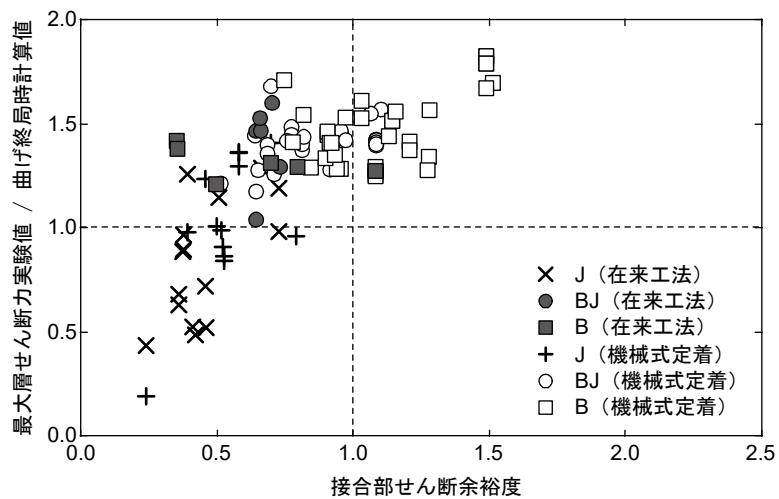


(a) 略算式

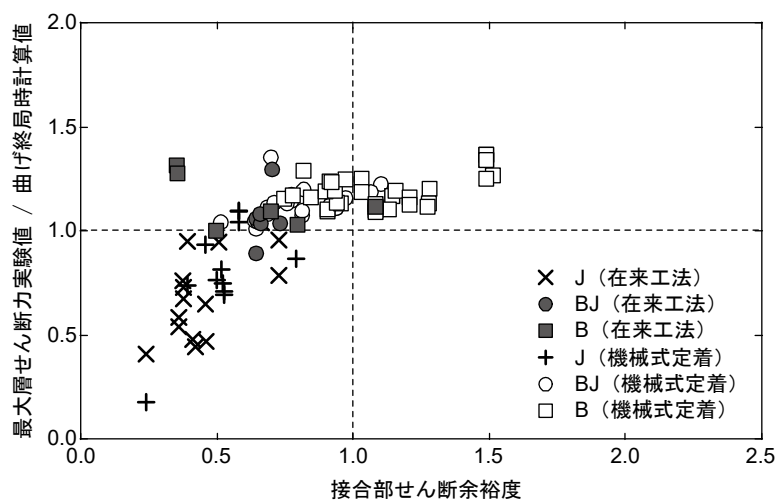


(b) 精算式

図 8.5.14 接合部せん断余裕度と最大耐力 (T形接合部)

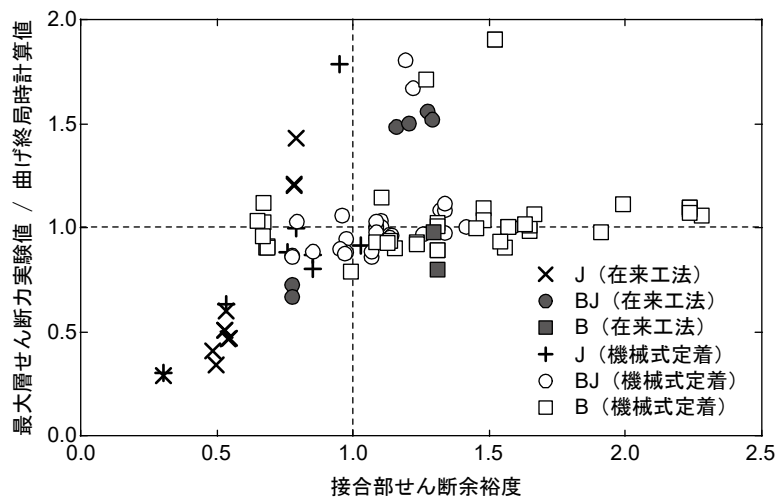


(a) 略算式

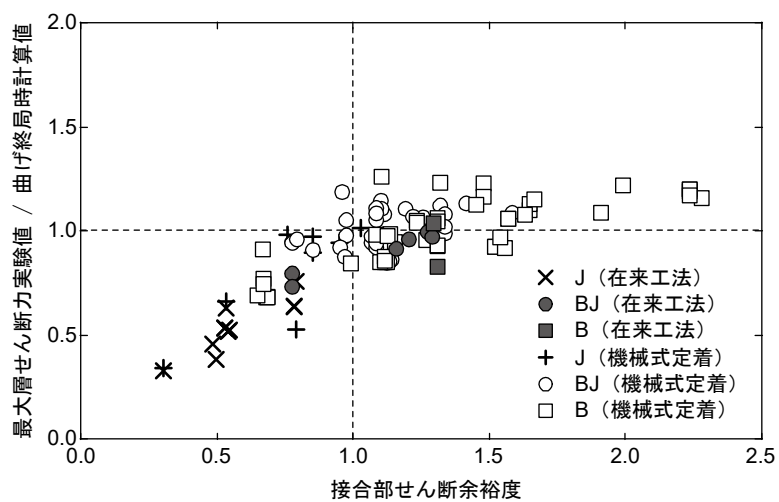


(b) 精算式

図 8.5.15 接合部せん断余裕度と最大耐力 (L 形接合部 閉じる方向)



(a) 略算式



(b) 精算式

図 8.5.16 接合部せん断余裕度と最大耐力 (L 形接合部 開く方向)

8.5.4 接合部の変形をせん断ばねでモデル化する場合の復元力特性

本項では、接合部の復元力特性を接合部せん断応力度と接合部せん断変形角の関係としてモデル化した場合の精度を検討する。

評価式と算定に用いる数値

学会性能評価指針[8-11]では接合部に作用するせん断力とせん断変形との関係の骨格曲線は、せん断ひび割れ発生時、パネルコンクリートの圧壊開始点、最大耐力点、耐力低下点を結んだ四つ折れ線でモデル化するように定めている。各特性点は以下の通りである。

a) せん断ひび割れ発生点

$$\tau_{sc} = \sqrt{f_t^2 + f_t \cdot \sigma_0} \quad (\text{式 8.16})$$

$$\gamma_{sc} = \tau_{sc} / G_c \quad (\text{式 8.17})$$

ここで、

$f_t = 0.4\sqrt{\sigma_B}$: コンクリートのひび割れ強度(N/mm²)

σ_B : コンクリートの圧縮強度(N/mm²)

σ_0 : 柱軸応力度(N/mm²)

G_c : コンクリートのせん断剛性

b) パネルコンクリート圧壊開始点

$$\tau_{fc} = 0.85\tau_{ju} \quad (\text{式 8.18})$$

$$\gamma_{fc} = 0.4\% \quad (\text{式 8.19})$$

ここで、 τ_{ju} は式 8.16 による。

c) 最大耐力点

$$\tau_{ju} = \kappa\phi F_j \quad (\text{式 8.20})$$

$$\gamma_{ju} = 1.0\% \quad (\text{式 8.21})$$

ここで、

κ : 柱梁接合部の形状による係数で下記による

$\kappa=1.0$: 十字形柱梁接合部

$\kappa=0.7$: ト形および T 形柱梁接合部

$\kappa=0.4$: L 形および Γ 形柱梁接合部

ϕ : 直交梁の有無による補正係数で下記による

$\phi=1.0$: 両面直交梁付き柱梁接合部

$\phi=0.85$: 上記以外の柱梁接合部

F_j : 柱梁接合部のせん断強度の基準値で次式による

$$F_j = 0.8\sigma_B^{0.7} \quad (\text{N/mm}^2) \quad (\text{式 8.22})$$

σ_B : コンクリートの圧縮強度(N/mm²)

d) 耐力低下点

$$\tau_{jd} = 0.8\tau_{ju} \quad (\text{式 8.23})$$

$$\gamma_{fc} = 2.0\% \quad (\text{式 8.24})$$

上記の評価式の適用にあたっては、コンクリートの圧縮強度は報告に記載の値とし、コンクリートのせん断剛性は 8.5.1 項に示した弾性剛性の評価法に従い式 8.6 によった。

評価式の精度

復元力特性の評価式の精度検証は 8.2 節に記した平成 24 年度以前の建築基準整備促進事業により実施された実験の詳細な測定データの提供を受け、それらを対象に行った。

復元力特性の適合度を定量的に評価することは難しいが、ここでは実験で測定された接合部のせん断力とせん断変形角の関係の包絡線(各加力サイクルのピーク時の点を結んだもの)と式 8.16～式 8.24 による骨格曲線を比較して図 8.5.17 に示す。各図の試験体は同一の材料を用い柱・梁はそれぞれ同形状でかつ梁配筋が同一であり、すなわち接合部のモデル化にあたっては骨格曲線が同一となる試験体である。また、試験体はいずれも梁主筋の降伏後に接合部に破壊と変形が集中する破壊となったものである。

接合部にひび割れが生じた後の剛性は試験体によりばらつきがあり、柱配筋や接合部横補強筋の量の影響を受けていることがわかる。また、学会性能評価指針では梁降伏型の架構では梁主筋降伏時の接合部のせん断応力度が骨格曲線上の第 2 折れ点(圧壊開始点)のせん断応力度以下であればそれ以上接合部の変形は増大しないとされている。しかし、試験体 B01・B04, 試験体 1N～4, 試験体 L01～L03・M01～M02 のように計算上は梁主筋降伏時のせん断応力度が圧壊開始時のそれ以下であっても、主筋降伏後に接合部の変形が増大していた。

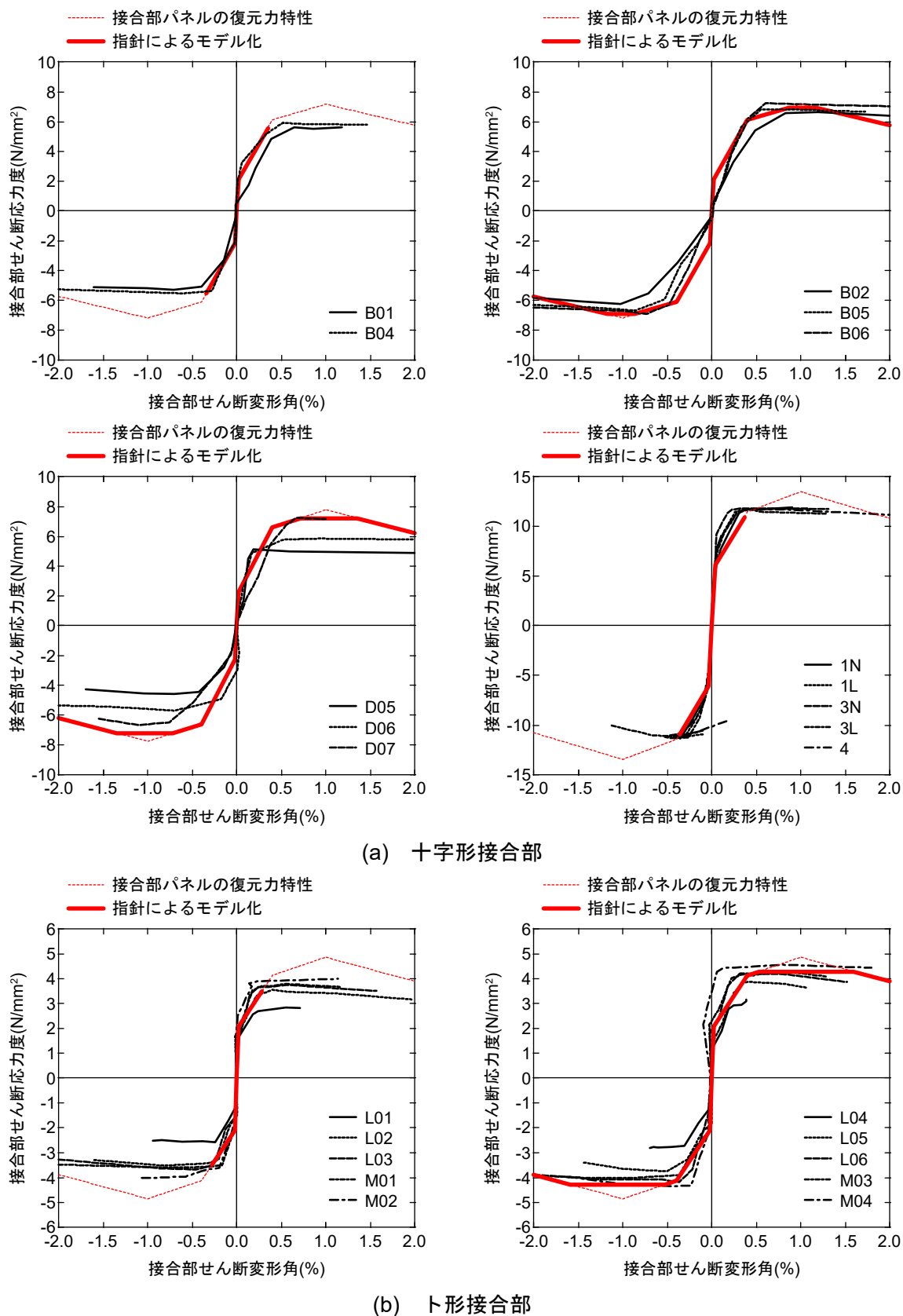


図 8.5.17 接合部の復元力特性の計算値と実験値

8.5.5 柱梁接合部の終局モーメント

本項では、塩原・楠原の提案する柱梁接合部のモーメントに対する抵抗機構に基づいた終局強度についての検討を行う。

これは、梁および柱の主筋が柱梁接合部内で降伏することにより柱梁接合部が伝達できるモーメントが上限に達するとするもので、終局強度はこのときに柱梁接合部に作用するモーメントとして表わされる[8-13][8-8]。

また、主筋の降伏の前にコンクリートが柱梁接合部内で圧壊して接合部の破壊が生じる現象は、従来は接合部のせん断破壊と呼ばれている。一方、塩原はこの現象をやはり柱梁接合部のモーメントに対する抵抗機構に基づいて説明し、コンクリートが終局状態に達すると同時に主筋が降伏する破壊を釣り合い破壊、このときの主筋量を接合部の釣り合い破壊を生じさせないための限界補強量と呼んでいる。そして、降伏時の主筋の引張力がこの限界補強量より多い場合に主筋降伏前の接合部破壊が生じるとしている[8-13][8-14]。

以下では、釣り合い鉄筋量と接合部の破壊形式の関係および接合部の終局モーメントを考慮した場合の部分架構の終局強度の推定精度についての検討を行うこととした。

(1) 十字形接合部

文献[8-15]に示された計算式に従い、限界補強量および接合部の終局モーメントを以下のように算定する。

限界補強量

まず、釣り合い破壊時の接合部中央のコンクリートストラットの幅を表わす係数 ξ_1 を次の2次方程式を解くことにより得る。このとき、部材端のせん断力の影響は無視し、さらに接合部横補強筋及び柱中段筋のひずみは小さいものとしてこれらの応力も無視している。なお、梁の上端と下端で配筋が異なる場合は鉄筋の断面積等は上下の平均を用いた。

$$\frac{1}{1+R^2} g_b \frac{(T_{b1}+T_{b2})/2}{E_s A_b} + \frac{1}{1+1/R^2} g_c \frac{(T_{c1}+T_{c2})/2}{E_s A_c} = \frac{1-\xi_1 - (\xi_{2x} + \xi_{2y})}{\xi_1} \epsilon_u \quad (\text{式 8.25})$$

ここで、

T_{b1} , T_{c1} : 梁および柱の引張側主筋の引張力で以下による (これらを式 8.25 に代入することで ξ_1 に関する2次方程式となる)

$$T_{b1} = \frac{1}{1+R^2} \xi_1 b_c D_b \beta_1 \beta_3 f_c \quad (\text{式 8.26})$$

$$T_{c1} = \frac{1}{1+1/R^2} \xi_1 b_c D_c \beta_1 \beta_3 f_c - \frac{N_c}{2} \quad (\text{式 8.27})$$

T_{b2} , T_{c2} : 梁および柱の圧縮側主筋の引張力で以下による

$$T_{b2} = \frac{1}{2} (1 - g_b) b_b D_b \beta_3 f_c \quad (\text{式 8.28})$$

第8章 柱梁接合部

$$T_{c2} = \frac{1}{2}(1 - g_c)b_b D_c \beta_3 f_c - \frac{N_c}{2} \quad (\text{式 8.29})$$

ξ_1 : 接合部中央のコンクリートストラットの幅の接合部パネルの頂点から接合部パネルの対角線までの距離に対する比

ξ_{2x} , ξ_{2y} : 接合部入隅部のコンクリートストラットの幅の梁せいおよび柱せいに対する比で以下による

$$\xi_{2x} = \frac{1}{\beta_1} \frac{T_{b2}}{b_b D_b \beta_3 f_c} = \frac{1}{2\beta_1} (1 - g_b) \quad (\text{式 8.30})$$

$$\xi_{2y} = \frac{1}{\beta_1} \frac{T_{c2} + N_c/2}{b_b D_c \beta_3 f_c} = \frac{1}{2\beta_1} (1 - g_c) \quad (\text{式 8.31})$$

N_c : 柱軸力

b_b , b_c : 梁および柱の断面の幅

D_b , D_c : 梁および柱の断面のせい

g_b , g_c : 梁および柱の引張側の主筋と圧縮側の主筋の距離の断面せいに対する比

R : 柱梁接合部のアスペクト比 ($= D_b/D_c$)

f_c : 接合部のコンクリートの圧縮強度

ϵ_u : コンクリートの終局ひずみで 0.3% とする

β_1 , β_3 : コンクリートの応力分布をストレスブロックに置換する場合の係数で ACI 規準による

E_s : 鉄筋のヤング率

A_b , A_c : 梁および柱の引張主筋の断面積

得られた ξ_1 を用いて釣り合い破壊時のモーメント M_{jb} は次式により算定する。

$$M_{jb} = \left[\frac{1}{2} (M_{jh} + M_{jv}) \right] / \left[1 - \frac{1}{2} \left(\gamma_h \frac{D_b}{H} + \gamma_v \frac{D_c}{L} \right) \right] \quad (\text{式 8.32})$$

ただし,

$$M_{jh} = \frac{1}{1+R^2} \left(g_b - \frac{1}{1+R^2} \beta_1 \xi_1 \right) \beta_1 \xi_1 b_c D_b^2 \beta_3 f_c + \frac{1}{4} (1 - g_b)^2 b_b D_b^2 \beta_3 f_c \quad (\text{式 8.33})$$

$$\gamma_h = 2g_b \quad (\text{式 8.34})$$

$$M_{jv} = \frac{1}{1+1/R^2} \left(g_c - \frac{1}{1+1/R^2} \beta_1 \xi_1 \right) \beta_1 \xi_1 b_c D_c^2 \beta_3 f_c + \frac{1}{4} (1 - g_c)^2 b_b D_c^2 \beta_3 f_c \quad (\text{式 8.35})$$

$$\gamma_v = 2g_c \quad (\text{式 8.36})$$

以上の結果を用いて限界補強量を算定する。

$$T_{bb} = \frac{1}{1+R^2} \xi_1 b_c D_b \beta_1 \beta_3 f_c - \frac{T_{hy}}{2} + \frac{M_{jb}}{H} \quad (\text{式 8.37})$$

$$T_{c1} = \frac{1}{1+1/R^2} \xi_1 b_c D_c \beta_1 \beta_3 f_c - \frac{N_c + T_{my}}{2} + \frac{M_{jh}}{L} \quad (\text{式 8.38})$$

ここで、

T_{hy} : 接合部の横補強筋の降伏強度

T_{my} : 柱の中段筋の降伏強度

H : 柱スパン

L : 梁スパン

終局モーメント

十字形接合部の終局モーメントは次式により算定する。

$$M_{ju} = \left[\frac{1}{2} (M_{jh} + M_{jv}) \right] / \left[1 - \frac{1}{2} \left(\gamma_h \frac{D_b}{H} + \gamma_v \frac{D_c}{L} \right) \right] \quad (\text{式 8.39})$$

ただし、

$$M_{jh} = \left(g_b - \frac{T_{b1} + T_{hy}/2}{b_c D_b \beta_3 f_c} \right) \left(T_{by} + \frac{T_{hy}}{2} \right) D_b + \frac{1}{4} (1 - g_b)^2 b_b D_b^2 \beta_3 f_c \quad (\text{式 8.40})$$

$$\gamma_h = g_b + 2 \frac{T_{b1} + T_{hy}/2}{b_c D_b \beta_3 f_c} \quad (\text{式 8.41})$$

$$M_{jv} = \left(g_c - \frac{T_{c1} + (N_c + T_{my})/2}{b_c D_c \beta_3 f_c} \right) \left(T_{c1} + \frac{N_c + T_{my}}{2} \right) D_c + \frac{1}{4} (1 - g_c)^2 b_b D_c^2 \beta_3 f_c \quad (\text{式 8.42})$$

$$\gamma_v = g_c + 2 \frac{T_{c1} + (N_c + T_{my})/2}{b_c D_c \beta_3 f_c} \quad (\text{式 8.43})$$

ここで、

T_{b1} : 梁の引張側主筋の引張力で、梁の引張主筋の降伏強度 T_{by} と限界補強量 T_{bb} の小さい方

$$T_{b1} = \min(T_{by}, T_{bb})$$

T_{c1} : 柱の引張側主筋の引張力で、柱の引張主筋の降伏強度 T_{cy} と限界補強量 T_{cb} の小さい方

$$T_{c1} = \min(T_{cy}, T_{cb})$$

ただし、算出される梁圧縮側主筋の応力は以下の制限を満足する必要がある。

$$T_{by} \geq T_{b2} \geq -T_{by} \quad \text{かつ} \quad T_{b2} \geq -E_s \varepsilon_u A_b = -\frac{\varepsilon_u}{\varepsilon_y} T_{by} \quad (\text{式 8.44})$$

ここで、

T_{b2} : 梁の圧縮側主筋引張力で次式による

$$T_{b2} = \frac{1}{2}(1 - g_b)b_b D_b \beta_3 f_c - \frac{T_{hy}}{2} - \frac{M_{ju}}{H} \quad (\text{式 8.45})$$

ε_y : 鉄筋の降伏ひずみ

式 8.44 を満足しない場合は T_{b2} の値を式 8.44 の制限の値とし、式 8.40 に代えて式 8.46 を、式 8.41 に代えて式 8.47 を式 8.39 に代入する。

$$M_{jh} = \left\{ 1 - \left(1 + \frac{b_c}{b_b} \right) \frac{T_{b1} + T_{hy}/2}{b_c D_b \beta_3 f_c} \right\} \left(T_{b1} + \frac{T_{hy}}{2} \right) D_b - (1 - \alpha_b) \left\{ (1 - g_b) - \frac{b_c}{b_b} \frac{(1 + \alpha_b) T_{b1} + T_{hy}}{b_c D_b \beta_3 f_c} \right\} T_{b1} D_b \quad (\text{式 8.46})$$

$$\gamma_h = 1 + 2 \left\{ \left(1 - \frac{b_c}{b_b} \right) \frac{T_{b1} + T_{hy}/2}{b_c D_b \beta_3 f_c} + (1 - \alpha_b) \frac{b_c}{b_b} \frac{T_{b1}}{b_c D_b \beta_3 f_c} \right\} \quad (\text{式 8.47})$$

ここで、

α_b : 梁の引張主筋と圧縮側主筋の応力の比 ($= T_{b2} / T_{b1}$)

同様に柱圧縮側主筋の応力も以下の制限を考慮する。

$$T_{cy} \geq T_{c2} \geq -T_{cy} \quad \text{かつ} \quad T_{c2} \geq -E_s \varepsilon_u A_c = -\frac{\varepsilon_u}{\varepsilon_y} T_{cy} \quad (\text{式 8.48})$$

ここで、

T_{c2} : 柱の圧縮側主筋引張力で次式による

$$T_{c2} = \frac{1}{2}(1 - g_c)b_b D_c \beta_3 f_c - \frac{N_c + T_{my}}{2} - \frac{M_{ju}}{L} \quad (\text{式 8.49})$$

式 8.48 を満足しない場合は T_{c2} の値を式 8.48 の制限の値とし、式 8.42 に代えて式 8.50 を、式 8.43 に代えて式 8.51 を式 8.39 に代入する。

$$M_{jv} = \left\{ 1 - \left(1 + \frac{b_c}{b_b} \right) \frac{T_{c1} + (N_c + T_{my})/2}{b_c D_c \beta_3 f_c} \right\} \left(T_{c1} + \frac{N_c + T_{my}}{2} \right) D_c - (1 - \alpha_c) \left\{ (1 - g_c) - \frac{b_c}{b_b} \frac{(1 + \alpha_c) T_{c1} + (N_c + T_{my})}{b_c D_c \beta_3 f_c} \right\} T_{c1} D_c \quad (\text{式 8.50})$$

$$\gamma_v = 1 + 2 \left\{ \left(1 - \frac{b_c}{b_b} \right) \frac{T_{c1} + (N_c + T_{my})/2}{b_c D_c \beta_3 f_c} + (1 - \alpha_c) \frac{b_c}{b_b} \frac{T_{c1}}{b_c D_c \beta_3 f_c} \right\} \quad (\text{式 8.51})$$

ここで、

α_c : 柱の引張主筋と圧縮側主筋の応力の比 ($= T_{c2} / T_{c1}$)

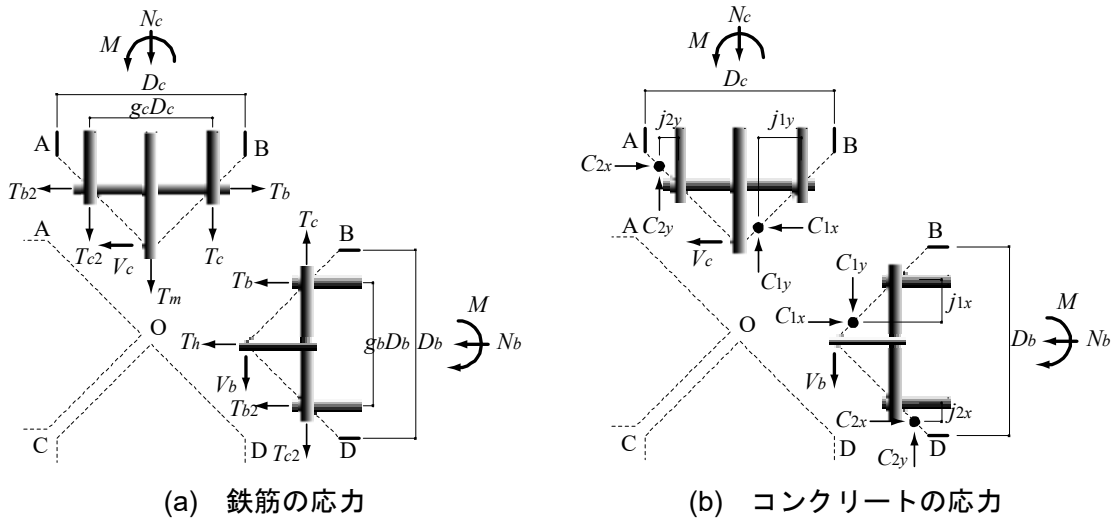


図 8.5.18 十字形接合部の仮想断面上の応力[8-15]

(2) ト形接合部

文献[8-16]に示された計算式に従い、限界補強量および接合部の終局モーメントを以下のように算定する。

限界補強量

まず、釣り合い破壊時の接合部中央のコンクリートストラットの幅を表わす係数 ξ_1 を次の2次方程式を解くことにより得る。このとき、部材端のせん断力の影響は無視し、さらに接合部横補強筋、柱中段筋および梁主筋の定着端でひび割れを横切る部分のひずみは小さいものとしてこれらの応力も無視している。なお、梁の上端と下端で配筋が異なる場合は鉄筋の断面積等は上下の平均を用いた。

折り曲げ定着の場合

$$\frac{1}{1+R_h^2}(1-K)\left\{g_b - \left(1 - \frac{R_h}{R}\right)\frac{1-g_b}{2}\right\} \frac{(T_{b1} + T_{b3})/2}{E_s A_b} + \frac{1}{1+1/R_h^2} g_c \frac{(T_{c1} + T_{c2})/2}{E_s A_c} = \left(\frac{1+g_b}{2} - \frac{1-g_c}{2} \frac{R_h}{R} - \frac{\xi_1}{1+1/R_h^2}\right) \frac{\epsilon_u}{\xi_1} \quad (式 8.52)$$

ただし

$$K = \frac{R_h}{R} \left(1 - g_c - \xi_{2y} - \xi_{2x} \frac{R}{R_h}\right) / \left(\frac{1+g_b}{2} - \xi_{2x}\right) \quad (式 8.53)$$

ここで

T_{b1} , T_{c1} : 梁および柱の引張側主筋の引張力で以下による

$$\begin{aligned} T_{b1} &= \frac{1}{1+R_h^2} \xi_1 b_c D_b \beta_1 \beta_3 f_c - T_{ah} \\ &= \frac{1}{1-\alpha_a} \frac{R_h}{\sqrt{1+R_h^2}} \left(\frac{1}{1+R_h^2} \xi_1 b_c D_b \beta_1 \beta_3 f_c\right) \end{aligned} \quad (式 8.54)$$

$$T_{c1} = \frac{1}{1+1/R_h^2} \frac{R}{R_h} \xi_1 b_c D_c' \beta_1 \beta_3 f_c - T_e - T_{av} - N_c$$

$$\cong \frac{1}{1+1/R_h^2} \frac{R}{R_h} \left(1 - \frac{\lambda}{2}\right) \xi_1 b_c D_c \beta_1 \beta_3 f_c + (1-\lambda)T_{av} + \frac{R}{2}T_{ah} - \frac{1}{2}N_c$$
(式 8.55)

T_{b2} , T_{c2} : 梁および柱の圧縮側主筋の引張力で以下による

$$T_{b2} = \frac{1}{2}(1-g_b)b_b D_b \beta_3 f_c - T_{ah}$$
(式 8.56)

$$T_{c2} = \frac{1}{2}(1-g_c)b_b D_c \beta_3 f_c - T_e - T_{av} - N_c$$

$$\cong \frac{1}{2}(1-g_c)b_b D_c \beta_3 f_c - \frac{1}{1+1/R_h^2} \frac{R}{R_h} \frac{\lambda}{2} \xi_1 b_c D_c \beta_1 \beta_3 f_c + (1-\lambda)T_{av} + \frac{R}{2}T_{ah} - \frac{1}{2}N_c$$
(式 8.57)

T_{b3} : 梁主筋の定着端における応力で引張主筋の応力の α_a 倍とする (以下の検討では $\alpha_a=0.5$ とした)

T_{ah} , T_{av} : 梁主筋の定着端で斜めひび割れを横切る位置での引張力の水平および鉛直成分で以下による

$$T_{ah} = \frac{R_h}{\sqrt{1+R_h^2}} T_{b3} = \frac{R_h}{\sqrt{1+R_h^2}} \alpha_a T_{b1}, \quad T_{av} = \frac{1}{\sqrt{1+R_h^2}} T_{b3} = \frac{1}{\sqrt{1+R_h^2}} \alpha_a T_{b1}$$

ξ_1 : 接合部中央のコンクリートストラットの幅の接合部パネルの頂点から接合部パネルの対角線までの距離に対する比

ξ_{2x} , ξ_{2y} : 接合部入隅部のコンクリートストラットの幅の梁せいおよび柱せいに対する比で以下による

$$\xi_{2x} = \frac{1}{\beta_1} \frac{T_{b2}}{b_b D_b \beta_3 f_c} = \frac{1}{2\beta_1} (1-g_b)$$
(式 8.58)

$$\xi_{2y} = \frac{1}{\beta_1} \frac{T_{c2} + T_e + N_c}{b_b D_c \beta_3 f_c} = \frac{1}{2\beta_1} (1-g_c)$$
(式 8.59)

N_c : 柱軸力

b_b , b_c : 梁および柱の断面の幅

D_b , D_c : 梁および柱の断面のせい

g_b , g_c : 梁および柱の引張側の主筋と圧縮側の主筋の距離の断面せいに対する比

R : 柱梁接合部のアスペクト比 (= D_b/D_c)

R_h : 梁の有効せいの主筋定着長さに対する比 (= $R(1+g_b)/2\lambda$)

λ : 梁主筋定着長さの柱せいに対する比

f_c : 接合部のコンクリートの圧縮強度

ϵ_u : コンクリートの終局ひずみで0.3%とする

β_1 , β_3 : コンクリートの応力分布をストレスブロックに置換する場合の係数でACI規準による

E_s : 鉄筋のヤング率

A_b , A_c : 梁および柱の引張主筋の断面積

なお、本来は外側主筋の応力 T_e は上柱のモーメントと下柱のモーメントが等しくなるように定めるため ξ_1 の値に応じて変化し、精確に求めるためには収束計算等が必要となる。しかし、ここでは簡単のため式 8.55 と式 8.57 では、梁および柱の主筋間距離比を 1 とし、上下の柱のモーメントが等しいことを表わす条件式で 2 次項を無視することによって得られる以下の簡略式を代入して式変形を行っている。(接合部横補強筋、柱中段筋の応力は無視)

$$T_e \cong \frac{\lambda T_{c1} - (1 - \lambda) N_c - \lambda T_{av} - RT_{ah}}{2 - \lambda} \quad (\text{式 8.60})$$

機械式定着の場合

$$\begin{aligned} \frac{1}{1 + R_h^2} (1 - K) \left\{ g_b - \left(1 - \frac{R_h}{R} \right) \frac{1 - g_b}{2} \right\} \frac{(T_{b1} + T_{b3})/2}{E_s A_b} + \frac{1}{1 + 1/R_h^2} g_c \frac{(T_{c1} + T_{c2})/2}{E_s A_c} \\ = \left\{ \frac{1 + g_b}{2} - \frac{1 - g_c}{2} \frac{R_h}{R} - \left(1 - K \frac{1}{1 + R_h^2} \right) \xi_1 \right\} \frac{\varepsilon_u}{\xi_1} \end{aligned} \quad (\text{式 8.61})$$

ただし

$$K = \frac{R_h}{R} \left(\frac{1 - g_c}{2} - \xi_{2y} \right) / \left(\frac{1 + g_b}{2} - \frac{1 - g_c}{2} \frac{R_h}{R} \right) \quad (\text{式 8.62})$$

ここで、機械式定着にあつては T_{ah} 、 T_{av} はゼロとし、他の記号は折り曲げ定着の場合と同様とする。

得られた ξ_1 を用いて釣り合い破壊時のモーメント M_{jb} は次式により算定する。

$$M_{jb} = \left[\frac{1}{2} (M_{jh} + M_{jv}) \right] / \left[1 - \frac{1}{2} \left(\gamma_h \frac{D_b}{H} + \gamma_v \frac{D_c}{L} \right) \right] \quad (\text{式 8.63})$$

ただし、

$$M_{jh} = \frac{1}{1 + R_h^2} \left(g_b - \frac{1}{1 + R_h^2} \beta_1 \xi_1 \right) \beta_1 \xi_1 b_c D_b^2 \beta_3 f_c + 2g_b T_{ah} + \frac{1}{4} (1 - g_b)^2 b_b D_b^2 \beta_3 f_c \quad (\text{式 8.64})$$

$$\gamma_h = 2g_b \quad (\text{式 8.65})$$

$$\begin{aligned} M_{jv} &= \frac{1 - 2e}{1 + 1/R_h^2} \left(g_c - 2e - \frac{1 - 2e}{1 + 1/R_h^2} \beta_1 \xi_1 \right) \beta_1 \xi_1 b_c D_c^2 \beta_3 f_c + \frac{1}{4} (1 - g_c)^2 b_b D_c^2 \beta_3 f_c \\ &= \frac{1}{1 + 1/R_h^2} \left(\frac{R}{R_h} \right)^2 \left(g_c - \frac{1}{2} \left(1 - \frac{R}{R_h} \right) - \frac{1}{1 + 1/R_h^2} \beta_1 \xi_1 \right) \beta_1 \xi_1 b_c D_c^2 \beta_3 f_c \\ &\quad + \frac{1}{4} (1 - g_c)^2 b_b D_c^2 \beta_3 f_c \end{aligned} \quad (\text{式 8.66})$$

$$\gamma_v = 2g_c \quad (\text{式 8.67})$$

ここで、

T_a : 梁主筋定着端で斜めひび割れを横切る引張力で以下による

第8章 柱梁接合部

$$T_a = \begin{cases} \alpha_a T_{b1} & (\text{在来工法, } \alpha_a = 0.5) \\ 0 & (\text{機械式定着}) \end{cases}$$

T_{ah} : T_a の水平成分で以下による

$$T_{ah} = \frac{R_h}{\sqrt{1+R_h^2}} T_a$$

e : 正負の斜めひび割れの交点の偏心量の柱せいに対する比

$$e = \frac{1}{2} \left(1 - \frac{R}{R_h} \right)$$

以上の結果を用いて限界補強量を算定する。設計での適用を念頭に、算出される値が安全側となるよう、接合部横補強筋および柱帯筋の応力はゼロ、柱中段筋の応力は降伏強度としている。

$$T_{bb} = \frac{1}{1+R_h^2} \xi_1 b_c D_b \beta_1 \beta_3 f_c + T_{ah} + \frac{M_{jb}}{H} \quad (\text{式 8.68})$$

$$T_{cb} = \frac{1}{1+1/R_h^2} \xi_1 b_c D_c' \beta_1 \beta_3 f_c - T_{my} - T_e - T_{av} - N_c + r \frac{2M_{jb}}{L} \quad (\text{式 8.69})$$

ただし、

$$T_e = \frac{1}{g_c} \left[\frac{1}{4} \left\{ \frac{\beta_1 \xi_1}{1+R_h^2} R^2 \left(g_b + g_c - \frac{1}{2} \left(1 - \frac{R}{R_h} \right) - \beta_1 \xi_1 \right) - \frac{1}{4} \frac{b_b}{b_c} \left(R^2 (1-g_b)^2 + (1-g_c)^2 \right) \right\} b_c D_c \beta_3 f_c \right. \\ \left. - \frac{1}{\sqrt{1+R_h^2}} \left[\frac{g_b R}{2} R_h + \left(\lambda - \frac{1-g_c}{2} \right) \right] T_a \right] - \frac{T_{my} + N_c}{2} \quad (\text{式 8.70})$$

ここで、

T_{my} : 柱の中段筋の降伏強度

H : 柱スパン

L : 梁スパン

r : 梁側の主筋が引張となる柱の梁せん断力による変動軸力の梁せん断力に対する比 (以下の検討では加力方法によらず $r=0.0$ とした)

終局モーメント

ト形接合部の終局モーメントはいかに従って算出される 3 つの終局モーメントのうち最小のものとする。

a) 柱梁接合部の斜めひび割れ面の終局モーメント

$$M_{ju1} = \left[\frac{1}{2}(M_{jh} + M_{jv}) \right] \left/ \left[1 - \frac{1}{2} \left(\gamma_h \frac{D_b}{H} + \gamma_v \frac{D_c}{L} \right) \right] \right. \quad (\text{式 8.71})$$

ただし,

$$M_{jh} = \left(g_b - \frac{T_{b1} - T_{sy} - T_{ah}}{b_c D_b \beta_3 f_c} \right) (T_{b1} - T_{sy} - T_{ah}) D_b + 2g_b \left(T_{ah} + T_{sy} + \frac{T_{hy}}{2} \right) D_b + \frac{1}{4} (1 - g_b)^2 b_b D_b^2 \beta_3 f_c \quad (\text{式 8.72})$$

$$\gamma_h = g_b + 2 \frac{T_{b1} - T_{sy} - T_{ah}}{b_c D_b \beta_3 f_c} \quad (\text{式 8.73})$$

$$M_{jv} = \left\{ (g_c - 2e) - \frac{T_{c1} + T_m + T_e + T_{av} + N_c}{b_c D_c \beta_3 f_c} \right\} (T_{c1} + T_{my} + T_e + T_{av} + N_c) D_c + \frac{1}{4} (1 - g_c)^2 b_b D_c^2 \beta_3 f_c \quad (\text{式 8.74})$$

$$\gamma_v = 2 \left\{ (1 - r) g_c + r \left(2e + 2 \frac{T_{c1} + T_{my} + T_e + T_{av} + N_c}{b_c D_c \beta_3 f_c} \right) \right\} \quad (\text{式 8.75})$$

ここで,

T_{b1} : 梁の引張側主筋の引張力で, 梁の引張主筋の降伏強度 T_{by} と限界補強量 T_{bb} の小さい方

$$T_{b1} = \min(T_{by}, T_{bb})$$

T_{c1} : 柱の引張側主筋の引張力で, 柱の引張主筋の降伏強度 T_{cy} と限界補強量 T_{cb} の小さい方

$$T_{c1} = \min(T_{cy}, T_{cb})$$

T_{my} : 柱の中段筋の降伏強度

T_{hy} : 接合部横補強筋の降伏強度

T_{sy} : 接合部の斜めひび割れを横切る柱帯筋の降伏強度

T_a : 梁主筋定着端で斜めひび割れを横切る引張力で以下による

$$T_a = \begin{cases} \alpha_a T_{b1} & (\text{在来工法, } \alpha_a = 0.5) \\ 0 & (\text{機械式定着}) \end{cases}$$

T_{ah} , T_{av} : 梁主筋の定着端で斜めひび割れを横切る位置での引張力の水平および鉛直成分で以下による

$$T_{ah} = \frac{R_h}{\sqrt{1+R_h^2}} T_a, \quad T_{ah} = \frac{1}{\sqrt{1+R_h^2}} T_a$$

T_e : 外側の柱主筋の引張力で以下による

$$\begin{aligned} T_e = & \left[\frac{R}{2} \left\{ \left(g_b - \frac{T_{b1} - T_{ah} - T_s}{b_c D_b \beta_3 f_c} \right) (T_{b1} - T_{ah} - T_s) - 2 \left(g_s T_s + g_b \frac{T_h}{2} \right) \right\} \right. \\ & + \frac{1}{2} \left\{ \left(g_c - 2e - \frac{T_{c1} + T_{my} + T_{av} + N_c}{b_c D_c \beta_3 f_c} \right) (T_{c1} + T_{my} + T_{av} + N_c) - 2g_c (T_{my} + N_c) \right\} \\ & \left. - \frac{1}{4} \left\{ R^2 (1-g_b)^2 + (1-g_c)^2 \right\} b_b D_c \beta_3 f_c - \frac{1}{\sqrt{1+R_h^2}} \left[\frac{g_b R}{2} R_h + \left(\lambda - \frac{1-g_c}{2} \right) T_a \right] \right. \\ & \left. / \left\{ \left(\frac{3}{2} g_c + e \right) + \frac{T_{c1} + T_{my} + T_{av} + N_c}{b_c D_c \beta_3 f_c} \right\} \right] \end{aligned} \quad (式 8.76)$$

ただし、算出される梁圧縮側主筋の応力は以下の制限を満足する必要がある。

$$T_{by} \geq T_{b2} \geq -T_{by} \quad \text{かつ} \quad T_{b2} \geq -E_s \varepsilon_u A_b = -\frac{\varepsilon_u}{\varepsilon_y} T_{by} \quad (式 8.77)$$

ここで、

T_{b2} : 梁の圧縮側主筋引張力で次式による

$$T_{b2} = \frac{1}{2} (1-g_b) b_b D_b \beta_3 f_c - T_{hy} - T_{sy} - T_{ah} - \frac{M_{ju1}}{H} \quad (式 8.78)$$

ε_y : 鉄筋の降伏ひずみ

式 8.77 を満足しない場合は T_{b2} の値を式 8.77 の制限の値とし、式 8.72 に代えて式 8.79 を、式 8.73 に代えて式 8.80 を式 8.71 に代入する。

$$\begin{aligned} M_{jh} = & \left\{ 1 - \left(1 + \frac{b_c}{b_b} \right) \frac{T_{b1} - T_{ah} - T_{sy}}{b_c D_b \beta_3 f_c} \right\} (T_{b1} - T_{ah} - T_{sy}) D_b \\ & - (1-\alpha_b) \left\{ (1-g_b) - 2 \frac{b_c (1+\alpha_b) / 2 \cdot T_{b1} + T_{ah} + T_{sy} + T_{hy}}{b_b D_b \beta_3 f_c} \right\} T_{by} D_b \end{aligned} \quad (式 8.79)$$

$$\begin{aligned} \gamma_h \cong & 1 + 2 \left\{ \left(1 - \frac{b_c}{b_b} \right) \frac{T_{b1} - T_{sy} - T_{ah}}{b_c D_b \beta_3 f_c} + (1-\alpha_b) \frac{b_c}{b_b} \frac{T_{b1}}{b_c D_b \beta_3 f_c} - 2 \frac{b_c}{b_b} \frac{T_{ah} + T_{sy} + T_{hy} / 2}{b_c D_b \beta_3 f_c} \right\} \end{aligned} \quad (式 8.80)$$

ここで、

α_b : 梁の引張主筋と圧縮側主筋の応力の比 ($=T_{b2} / T_{b1}$)

同様に柱圧縮側主筋の応力も以下の制限を考慮する。

$$T_{cy} \geq T_{c2} \geq -T_{cy} \quad \text{かつ} \quad T_{c2} \geq -E_s \varepsilon_u A_c = -\frac{\varepsilon_u}{\varepsilon_y} T_{cy} \quad (\text{式 8.81})$$

ここで、

T_{c2} : 柱の圧縮側主筋引張力で次式による

$$T_{c2} = \frac{1}{2}(1 - g_c) b_b D_c \beta_3 f_c - T_{my} - T_e - T_{av} - N_c - (1 - r) \frac{2M_{ju1}}{L} \quad (\text{式 8.82})$$

式 8.81 を満足しない場合は T_{b2} の値を式 8.81 の制限の値とし、式 8.74 に代えて式 8.83 を、式 8.75 に代えて式 8.51 を式 8.84 に代入する。

$$M_{jv} = \left\{ 1 - \left(1 + \frac{b_c}{b_b} \right) \frac{T_{c1} + (N_c + T_{my})/2}{b_c D_c \beta_3 f_c} \right\} \left(T_{c1} + \frac{N_c + T_{hy}}{2} \right) D_c - (1 - \alpha_c) \left\{ (1 - g_c) - \frac{b_c (1 + \alpha_c) T_{c1} + (N_c + T_{my})}{b_b D_c \beta_3 f_c} \right\} T_{c1} D_c \quad (\text{式 8.83})$$

$$\gamma_v \cong 1 + 2 \left\{ \left(1 - \frac{b_c}{b_b} \right) \frac{T_{c1} + (N_c + T_{my})/2}{b_c D_c \beta_3 f_c} + (1 - \alpha_c) \frac{b_c}{b_b} \frac{T_{c1}}{b_c D_c \beta_3 f_c} \right\} \quad (\text{式 8.84})$$

ここで、

α_c : 柱の引張主筋と圧縮側主筋の応力の比 ($=T_{c2} / T_{c1}$)

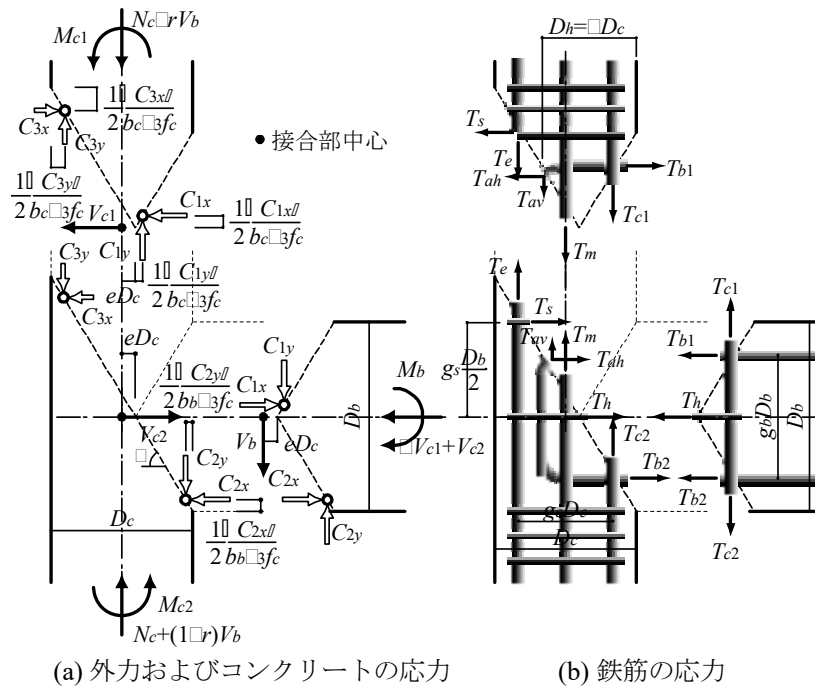


図 8.5.19 ト形接合部の斜めひび割れによる仮想断面上の応力[8-16]

b) 外側柱主筋と横補強筋の降伏による終局モーメント

$$M_{ju2} = \left[\frac{1}{2} (M_{jh} + M_{jv}) \right] / \left[1 - \frac{1}{2} \left(\gamma_h \frac{D_b}{H} + \gamma_v \frac{D_c}{L} \right) \right] \quad (式 8.85)$$

ただし,

$$M_{jh} = 2 \left\{ 2g_b \left(T_{ah} + T_{sy} + \frac{T_{hy}}{2} \right) D_b + (g_s - g_b) T_s D_b + \frac{1}{4} (1 - g_b)^2 b_b D_b^2 \beta_3 f_c \right\} \quad (式 8.86)$$

$$\gamma_h = 2g_b \quad (式 8.87)$$

$$M_{jv} = 2 \left\{ 2g_c \left(T_{cy} + T_{av} + \frac{T_{my} + N_c}{2} \right) D_c - 2 \left(\frac{1 + g_c}{2} - \lambda \right) T_{av} D_c + \frac{1}{4} (1 - g_c)^2 b_b D_c^2 \beta_3 f_c \right\} \quad (式 8.88)$$

$$\gamma_v = 2 \cdot 2(1 - r)g_c \quad (式 8.89)$$

ここで,

T_a : 梁主筋定着端で斜めひび割れを横切る引張力で以下による

$$T_a = \begin{cases} \alpha_a T_{by} & (\text{在来工法, } \alpha_a = 0.5) \\ 0 & (\text{機械式定着}) \end{cases}$$

T_{ah} , T_{av} : 梁主筋の定着端で斜めひび割れを横切る位置での引張力の水平および鉛直成分で以下による

$$T_{ah} = \frac{R_h}{\sqrt{1 + R_h^2}} T_a, \quad T_{av} = \frac{1}{\sqrt{1 + R_h^2}} T_a$$

柱梁接合部の斜めひび割れ面の終局モーメントの場合と同様に圧縮側の主筋の応力を考慮する。

$$T_{by} \geq T_{b2} \geq -T_{by} \quad \text{かつ} \quad T_{b2} \geq -E_s \varepsilon_u A_b = -\frac{\varepsilon_u}{\varepsilon_y} T_{by} \quad (式 8.90)$$

ここで,

T_{b2} : 梁の圧縮側主筋引張力で次式による

$$T_{b2} = \frac{1}{2} (1 - g_b) b_b D_b \beta_3 f_c - T_{hy} - T_{sy} - T_{ah} - \frac{M_{ju2}}{H} \quad (式 8.91)$$

式 8.90 を満足しない場合は T_{b2} の値を式 8.90 の制限の値とし, 式 8.86 に代えて式 8.92 を, 式 8.87 に代えて式 8.93 を式 8.85 に代入する。

$$M_{jh} = 2 \times \left[2g_b \left(T_{ah} + T_{sy} + \frac{T_{hy}}{2} \right) D_b + (g_s - g_b) T_s D_b + \left\{ (1 - g_b) - \frac{b_c T_{b2} + T_{hy} + T_{sy} + T_{ah}}{b_b D_b \beta_3 D_b} \right\} \times (T_{b2} + T_{hy} + T_{sy} + T_{ah}) D_b \right] \quad (式 8.92)$$

$$\gamma_h = 2 \left(1 - 2 \frac{b_c T_{b2} + T_{hy} + T_{sy} + T_{ah}}{b_b D_b \beta_3 f_c} \right) \quad (式 8.93)$$

同様に柱圧縮側主筋の応力も以下の制限を考慮する。

$$T_{cy} \geq T_{c2} \geq -T_{cy} \quad \text{かつ} \quad T_{c2} \geq -E_s \varepsilon_u A_c = -\frac{\varepsilon_u}{\varepsilon_y} T_{cy} \quad (\text{式 8.94})$$

ここで、

T_{c2} : 柱の圧縮側主筋引張力で次式による

$$T_{c2} = \frac{1}{2}(1-g_c)b_b D_c \beta_3 f_c - T_{my} - T_e - T_{av} - N_c - (1-r) \frac{2M_{ju2}}{L} \quad (\text{式 8.95})$$

式 8.94 を満足しない場合は T_{b2} の値を式 8.94 の制限の値とし、式 8.88 に代えて式 8.96 を、式 8.89 に代えて式 8.97 を式 8.85 に代入する。

$$M_{jv} = 2 \times \left[2 \left\{ 1 - 2 \frac{b_c}{b_b} \frac{T_{cy} + (T_{av} + T_{my} + N_c)/2}{b_c D_c \beta_3 f_c} \right\} \left(T_{cy} + \frac{T_{av} + T_{my} + N_c}{2} \right) D_c \right. \\ \left. + 2 \left(\lambda - \frac{1}{2} \right) T_{av} D_c \right] \quad (\text{式 8.96})$$

$$- (1 - \alpha_c) \left\{ (1 - g_c) - \frac{b_c}{b_b} \frac{2 \cdot 2 \left(T_{cy} + (T_{av} + T_{my} + N_c)/2 \right) - (1 - \alpha_c) T_{cy}}{b_c D_c \beta_3 f_c} \right\} T_{cy} D_c \left. \right] \\ \gamma_v \cong 2 \cdot 2(1-r) \left(1 - 2 \frac{b_c}{b_b} \frac{(1 + \alpha_c) T_{cy} + T_{my} + T_{av} + N_c}{b_c D_c \beta_3 f_c} \right) \quad (\text{式 8.97})$$

ここで、

α_c : 圧縮側主筋の応力の比 ($= T_{c2} / T_{cy}$)

c) 柱端のひび割れ面の終局モーメント

$$M_{ju3} = \left[\frac{1}{2} (M_{jh} + M_{jv}) \right] \left/ \left[1 - \frac{1}{2} \left(\gamma_h \frac{D_b}{H} + \gamma_v \frac{D_c}{L} \right) \right] \right. \quad (\text{式 8.98})$$

ただし、

$$M_{jh} = 2g_b \left(T_{ah} + T_{sv} + \frac{T_{hv}}{2} \right) D_b + \frac{1}{4} (1-g_b)^2 b_b D_b^2 \beta_3 f_c \quad (\text{式 8.99})$$

$$\gamma_h = 2g_b \quad (\text{式 8.100})$$

$$M_{jv} = \left\{ 2 \left(\lambda - \frac{1-g_c}{2} \right) - \frac{T_{cy} + T_{my} + T_e + N_c}{b_c D_c \beta_3 f_c} \right\} (T_{cy} + T_{my} + T_e + N_c) D_c \\ + 2 \left(\lambda - \frac{1-g_c}{2} \right) T_{av} D_c + \frac{1}{4} (1-g_c)^2 b_b D_c^2 \beta_3 f_c \quad (\text{式 8.101})$$

$$\gamma_v = 2 \cdot 2r \left\{ \left(\frac{1+(1-r)/r \cdot g_c}{2} - \lambda \right) + \frac{T_{cy} + T_{my} + T_e + N_c}{b_c D_c \beta_3 f_c} \right\} \quad (\text{式 8.102})$$

ここで、

T_a : 梁主筋定着端で斜めひび割れを横切る引張力で以下による

第8章 柱梁接合部

$$T_a = \begin{cases} \alpha_a T_{by} & (\text{在来工法, } \alpha_a = 0.5) \\ 0 & (\text{機械式定着}) \end{cases}$$

T_{ah} , T_{av} : 梁主筋の定着端で斜めひび割れを横切る位置での引張力の水平および鉛直成分で以下による

$$T_{ah} = \frac{R_h}{\sqrt{1+R_h^2}} T_a, \quad T_{av} = \frac{1}{\sqrt{1+R_h^2}} T_a$$

T_e : 外側の柱主筋の引張力で以下による

$$T_e = \left[\left(\lambda - \frac{1-g_c}{2} - \frac{T_{c1} + T_{my} + N_c}{b_c D_c \beta_3 f_c} \right) (T_{c1} + T_{my} + N_c) - g_c (T_{my} + N_c) - R \left(g_b \frac{T_h}{2} + g_s T_s \right) \right. \\ \left. - \frac{1}{8} \left\{ R^2 (1-g_b)^2 + (1-g_c)^2 \right\} b_b D_b \beta_3 f_c - \frac{1}{\sqrt{1+R_h^2}} \left[g_b R \cdot R_h + \left(\lambda - \frac{1-g_c}{2} \right) \right] T_a \right] \\ \left/ \left\{ \frac{3}{2} g_c - \left(\lambda - \frac{1}{2} \right) + \frac{2(T_{c1} + T_{my} + N_c)}{b_c D_c \beta_3 f_c} \right\} \right.$$

(式 8.103)

柱梁接合部の斜めひび割れ面の終局モーメントの場合と同様に圧縮側の主筋の応力を考慮する。

$$T_{by} \geq T_{b2} \geq -T_{by} \quad \text{かつ} \quad T_{b2} \geq -E_s \varepsilon_u A_b = -\frac{\varepsilon_u}{\varepsilon_y} T_{by} \quad (\text{式 8.104})$$

ここで,

T_{b2} : 梁の圧縮側主筋引張力で次式による

$$T_{b2} = \frac{1}{2} (1-g_b) b_b D_b \beta_3 f_c - T_{hy} - T_{sy} - T_{ah} - \frac{M_{ju2}}{H} \quad (\text{式 8.105})$$

式 8.104 を満足しない場合は T_{b2} の値を式 8.104 の制限の値とし, 式 8.99 に代えて式 8.106 を, 式 8.100 に代えて式 8.107 を式 8.98 に代入する。

$$M_{jh} = \left\{ (1-g_b) - \frac{\alpha_b T_{b1} + T_{ah} + T_s + T_h}{b_b D_b \beta_3 f_c} \right\} (\alpha_b T_{b1} + T_{ah} + T_s + T_h) D_b \\ + 2g_b \left(T_{ah} + T_{sy} + \frac{T_{hy}}{2} \right) D_b \quad (\text{式 8.106})$$

$$\gamma_h = (1+g_b) + 2 \frac{b_c}{b_b} \frac{\alpha_b T_{b1} + T_{ah} + T_{sy} + T_{hy}}{b_c D_b \beta_3 f_c} \quad (\text{式 8.107})$$

同様に柱圧縮側主筋の応力も以下の制限を考慮する。

$$T_{cy} \geq T_{c2} \geq -T_{cy} \quad \text{かつ} \quad T_{c2} \geq -E_s \varepsilon_u A_c = -\frac{\varepsilon_u}{\varepsilon_y} T_{cy} \quad (\text{式 8.108})$$

ここで,

T_{c2} : 柱の圧縮側主筋引張力で次式による

$$T_{c2} = \frac{1}{2}(1 - g_c)b_c D_c \beta_3 f_c - T_{my} - T_e - T_{av} - N_c - (1 - r) \frac{2M_{ju2}}{L} \quad (\text{式 8.109})$$

式 8.108 を満足しない場合は T_{b2} の値を式 8.108 の制限の値とし、式 8.101 に代えて式 8.110 を、式 8.102 に代えて式 8.111 を式 8.98 に代入する。

$$M_{jv} = \left\{ 2\lambda - \left(1 + \frac{b_c}{b_b} \right) \frac{T_{cy} + T_{my} + T_e + N_c}{b_c D_c \beta_3 f_c} \right\} (T_{cy} + T_{my} + T_e + N_c) D_c + \left\{ 2\lambda - \frac{b_c T_{av} + 2(T_{cy} + T_{my} + T_e + N_c)}{b_b} \right\} T_{av} D_c - (1 - \alpha_c) \left\{ (1 - g_c) - 2 \frac{b_c (1 + \alpha_c) / 2 \cdot T_{cy} + T_e + T_{my} + T_{av} + N_c}{b_b} \right\} T_{cy} D_c \quad (\text{式 8.110})$$

$$\gamma_h \cong 2 \left\{ (1 - 2\lambda) + 2r \left(1 - \frac{1 - r}{r} \frac{b_c}{b_b} \right) \frac{T_{cy} + T_{my} + T_e + N_c}{b_c D_c \beta_3 f_c} + 2(1 - r) \left((1 - \alpha_c) \frac{b_c}{b_b} \frac{T_{cy}}{b_c D_c \beta_3 f_c} - \frac{b_c}{b_b} \frac{T_{av}}{b_c D_c \beta_3 f_c} \right) \right\} \quad (\text{式 8.111})$$

ここで、

α_c : 縮側主筋の応力の比 ($= T_{c2} / T_{cy}$)

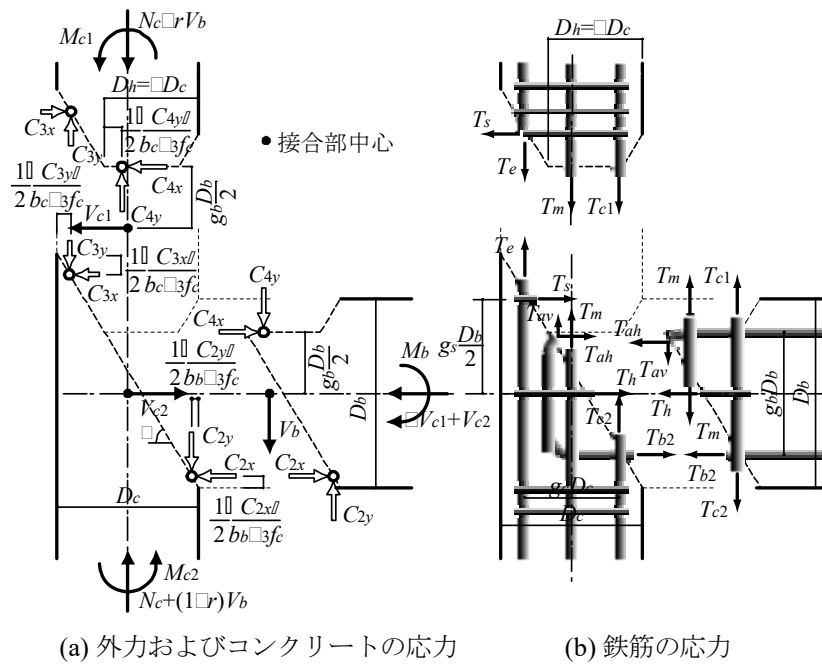


図 8.5.20 ト形接合部の柱端と斜めひび割れによる仮想断面上の応力[8-16]

(3) L 形接合部

文献[8-4]の付録に示された計算式に従い、限界補強量および接合部の終局モーメントを以下のように算定する。

限界補強量

まず、釣り合い破壊時の接合部中央のコンクリートストラットの幅を表わす係数 ξ_1 を次の 2 次方程式を解くことにより得る。このとき、部材端のせん断力の影響は無視し、さらに接合部横補強筋及び柱中段筋のひずみは小さいものとしてこれらの応力も無視している。

$$\left\{ \left(\frac{1}{1+R_e^2} \right)^2 \frac{R_e}{R} \lambda_h \frac{1+\alpha_b}{2} \frac{b_c D_b \beta_1 \beta_3 f_c}{E_s A_b} + \left(\frac{1}{1+1/R_e^2} \right)^2 \frac{R}{R_e} \lambda_v \frac{1+\alpha_c}{2} \frac{b_c D_c \beta_1 \beta_3 f_c}{E_s A_c} \right\} \xi_1^2 = \left\{ 1 - \xi_1 - \left(\frac{1-g_b}{2} \frac{D_b}{D_b'} + \frac{1-g_c}{2} \frac{D_c}{D_c'} \right) \right\} \varepsilon_u \quad (\text{式 8.112})$$

ただし、

$$R_e \equiv \frac{l_{dv} - \frac{1-g_b}{2} D_b}{l_{dh} - \frac{1-g_c}{2} D_c} = \frac{\lambda_h - \frac{1-g_b}{2}}{\lambda_v - \frac{1-g_c}{2}} R$$

$$D_b' = l_{dv} + \frac{1-g_c}{2} D_c R_e$$

$$D_c' = l_{dh} + \frac{1-g_b}{2} D_b / R_e$$

ここで、

ξ_1 : 接合部中央のコンクリートストラットの幅の接合部パネルの頂点から梁と柱の定着端を結ぶ線までの距離

b_b, b_c : 梁および柱の断面の幅

D_b, D_c : 梁および柱の断面のせい

g_b, g_c : 梁および柱の引張側の主筋と圧縮側の主筋の距離の断面せいに対する比

l_{dh}, l_{dv} : 梁および柱主筋の定着長さ

λ_h : 梁主筋定着長さの柱せいに対する比

λ_v : 柱主筋定着長さの梁せいに対する比

R : 柱梁接合部のアスペクト比 (= D_b/D_c)

f_c : 接合部のコンクリートの圧縮強度

ε_u : コンクリートの終局ひずみで 0.3% とする

β_1, β_3 : コンクリートの応力分布をストレスブロックに置換する場合の係数で ACI 規準による

E_s : 鉄筋のヤング率

A_b, A_c : 梁および柱の引張主筋の断面積

α_b, α_c : 梁および柱主筋の定着端における引張力の部材端での引張力に対する比 (以下

の検討では0.5とする)

得られた ξ_1 を用いて釣り合い破壊時のモーメント M_{jb} は次式により算定する。

$$M_{jb} = \left[\frac{1}{2} (M_{jh} + M_{jv}) \right] / \left[1 - \frac{1}{2} \left(\gamma_h \frac{D_b}{H} + \gamma_v \frac{D_c}{L} \right) \right] \quad (式 8.113)$$

ただし、

$$M_{jh} = \frac{1}{1+R_e^2} \left(\lambda_v + \frac{1-g_c}{2} \frac{R_e}{R} \right) \left\{ g_b - 2e - \frac{1}{1+R_e^2} \left(\lambda_v + \frac{1-g_c}{2} \frac{R_e}{R} \right) \beta_1 \xi_1 \right\} \beta_1 \xi_1 b_c D_b^2 \beta_3 f_c + \frac{1}{8} (1-g_b)^2 b D_b^2 \beta_3 f_c \quad (式 8.114)$$

$$\gamma_h = 2g_b \quad (式 8.115)$$

$$M_{jv} = \frac{1}{1+1/R_e^2} \left(\lambda_h + \frac{1-g_b}{2} \frac{R}{R_e} \right) \left\{ g_c - 2e - \frac{1}{1+1/R_e^2} \left(\lambda_h + \frac{1-g_b}{2} \frac{R}{R_e} \right) \xi_1 \beta_1 \right\} \xi_1 \beta_1 b_c D_c^2 \beta_3 f_c + \frac{1}{8} (1-g_c)^2 b D_c^2 \beta_3 f_c \quad (式 8.116)$$

$$\gamma_v = 2g_c \quad (式 8.117)$$

以上の結果を用いて次のように限界補強量を算定する。

$$T_{bb} = \frac{1}{1+R_e^2} \left(\lambda_v + \frac{1-g_c}{2} \frac{R_e}{R} \right) \xi_n b D_b \beta_1 \beta_3 f_c + \frac{2M_{jb}}{H} \quad (式 8.118)$$

$$T_{cb} = \frac{1}{1+1/R_e^2} \left(\lambda_h + \frac{1-g_b}{2} \frac{R}{R_e} \right) \xi_n b D_c \beta_1 \beta_3 f_c + \frac{2M_{jb}}{L} \quad (式 8.119)$$

終局モーメント

加力の方向別にそれぞれ以下のように算定する。

a) 開く方向

$$M_{ju} = \left[\frac{1}{2} (M_{jh} + M_{jv}) \right] / \left[1 - \frac{1}{2} \left(\gamma_h \frac{D_b}{H} + \gamma_v \frac{D_c}{L} \right) \right] \quad (式 8.120)$$

ただし、

$$M_{jh} = \left(g_b - 2e - \frac{T_{b1}}{b_c D_b \beta_3 f_c} \right) T_{b1} D_b + \frac{g_b}{2} T_h D_b + \frac{1}{8} (1-g_b)^2 b_c D_b^2 \beta_3 f_c \quad (式 8.121)$$

$$\gamma_h = 4 \left(e + \frac{T_{by}}{b_c D_b \beta_3 f_c} \right) \quad (\text{式 8.122})$$

$$M_{jv} = \left(g_c - 2e - \frac{T_{c1}}{b D_c \beta_3 f_c} \right) T_{c1} D_c + \frac{g_c}{2} T_m D_c + \frac{1}{8} (1 - g_c)^2 b_c D_c^2 \beta_3 f_c \quad (\text{式 8.123})$$

$$\gamma_v = 4 \left(e + \frac{T_{c1}}{b_c D_c \beta_3 f_c} \right) \quad (\text{式 8.124})$$

ここで、

T_{b1} : 梁の引張側主筋の引張力で、梁の引張主筋の降伏強度 T_{by} と限界補強量 T_{bb} の小さい方

$$T_{b1} = \min(T_{by}, T_{bb})$$

T_{c1} : 柱の引張側主筋の引張力で、柱の引張主筋の降伏強度 T_{cy} と限界補強量 T_{cb} の小さい方

$$T_{c1} = \min(T_{cy}, T_{cb})$$

T_h : 接合部横補強筋の引張力で、降伏強度と次式による値の小さい方

$$T_h = \frac{1}{g_b} \left\{ \frac{g_c}{R} T_{mv} + \frac{1}{4} \left\{ (1 - g_b)^2 - \frac{1}{R^2} (1 - g_c)^2 \right\} b_b D_b \beta_3 f_c \right\}$$

T_m : 柱の中段筋の引張力で、降伏強度と次式による値の小さい方

$$T_m = \frac{1}{g_c} \left\{ R g_b T_{hy} + \frac{1}{4} \left\{ R^2 (1 - g_b)^2 - (1 - g_c)^2 \right\} b_b D_c \beta_3 f_c \right\}$$

e : 接合部芯と斜めひび割れの交点の偏心量

$$e = \frac{1}{2} \frac{\left((1 - \lambda_v) \lambda_h + (1 - \lambda_h) \lambda_v \right) - \left(\frac{1 + g_b}{2} \frac{1 - g_c}{2} + \frac{1 - g_b}{2} \frac{1 + g_c}{2} \right)}{(\lambda_v + \lambda_h) - \left(\frac{1 - g_b}{2} + \frac{1 - g_c}{2} \right)}$$

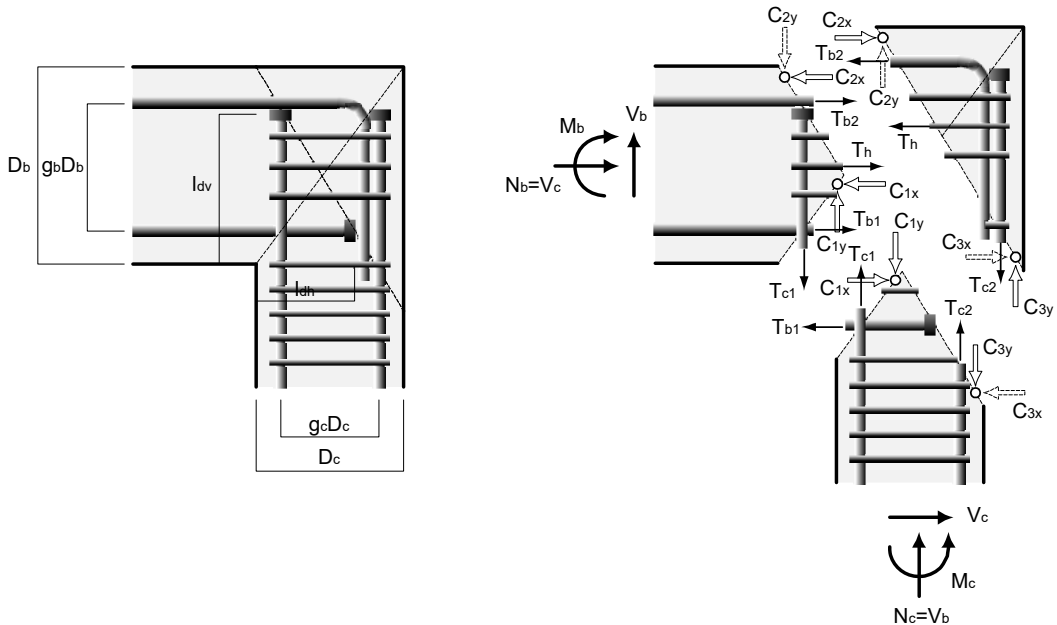


図 8.5.21 L 形接合部の開く方向での仮想断面上の応力[8-4]

b) 閉じる方向

$$M_{ju} = \left[\frac{1}{2} (M_{jh} + M_{jv}) \right] / \left[1 - \frac{1}{2} \left(\gamma_h \frac{D_b}{H} + \gamma_v \frac{D_c}{L} \right) \right] \quad (式 8.125)$$

ただし,

$$M_{jh} = \frac{2}{\sqrt{1+1/R^2}} \left\{ g_b + \frac{1}{R^2} \left(\lambda - \frac{1-g_c}{2} \right) \right\} T_{by} D_b + g_b T_{hy} D_b + \frac{1}{4} (1-g_b)^2 b_b D_b^2 \beta_3 f_c \quad (式 8.126)$$

$$\gamma_h = 2g_b \quad (式 8.127)$$

$$M_{jv} = g_c T_{my} D_c + \frac{1}{4} (1-g_c)^2 b_b D_c^2 \beta_3 f_c \quad (式 8.128)$$

$$\gamma_v = 2g_c \quad (式 8.129)$$

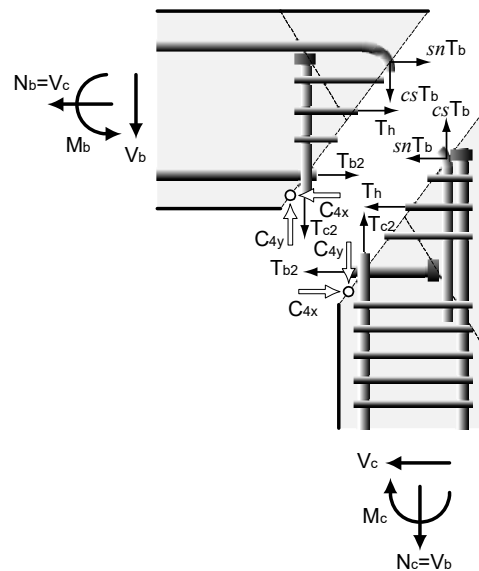


図 8.5.22 L 形接合部の開く方向での仮想断面上の応力[8-4]

(4) 評価式の精度

限界補強量

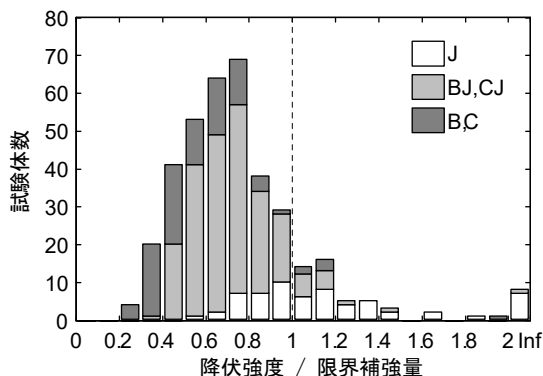
図 8.5.23 に試験体の諸元から求めた主筋の降伏強度の限界補強量に対する比の度数分布を試験体の形状別に示す。降伏強度の限界補強量に対する比が 1 を超えると主筋降伏前にコンクリートが終局状態に達することを表わしている。L 形接合部では開く方向のみ評価式があるので、閉じる方向は示していない。

いずれの形状の場合も 1 より小さい（主筋量は限界補強量以下）範囲にも J 型の試験体が含まれている。理由との 1 つとして、塩原らのモデルでは主筋は接合部に生じる斜めひび割れを横切る位置で降伏するとしているのに対し、実験の多くでは柱・梁フェースでのみ鉄筋のひずみを測定しており、必ずしも接合部内での主筋の降伏の有無は確認されていないことが考えられる。主筋降伏前の接合部破壊を生じさせないための設計式として用いるには安全側の評価とはいえず、

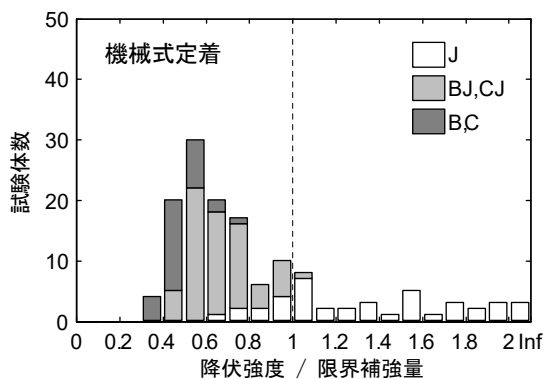
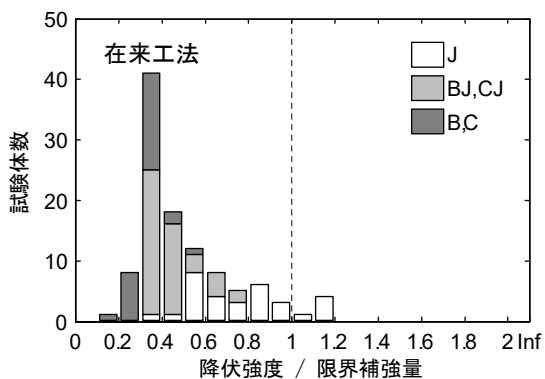
第8章 柱梁接合部

ばらつきに対して一定の配慮が必要といえる。

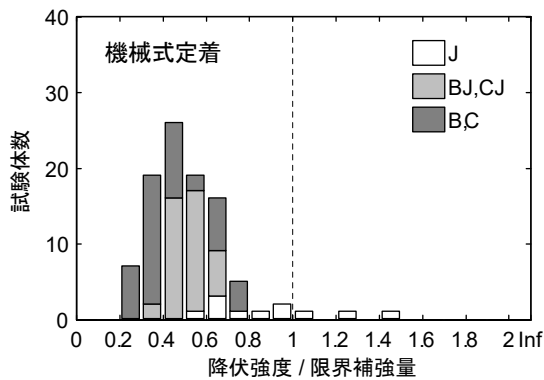
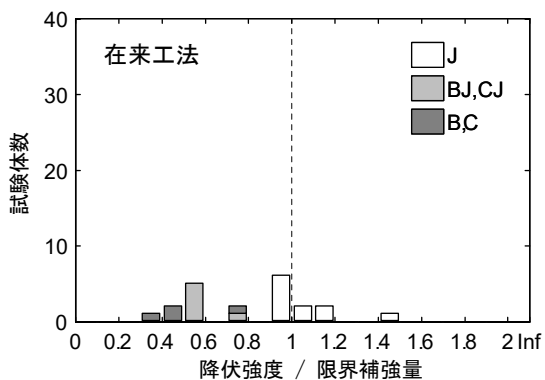
一方、梁や柱の主筋の降伏が確認されている B 型、BJ 型の試験体のほとんどでは主筋量は限界補強量以下であった。



(a) 十字形接合部



(b) ト形接合部



(c) L形接合部 (開く方向)

図 8.5.23 接合部の限界補強量と破壊形式

終局モーメント

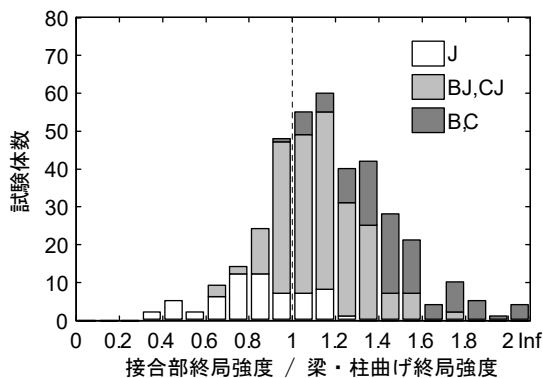
図 8.5.24 に接合部の終局強度時の層せん断力の梁・柱の曲げ終局時の小さい方に対する比の度数分布を示す。ここで、梁・柱の曲げ終局強度は平面保持の仮定を用い、コンクリートの応力分布を矩形のストレスブロックに置換して求めたものである。この比が 1 以下だと梁・柱の曲げ強度が発揮されないと考えられるものである。接合部の破壊、あるいは損傷が大きかったと考えられる J 型、BJ 型が必ずしも 1 以下の範囲にあるわけではない。これは、特にこの比が 1 に近い範囲では接合部の変形も大きくひび割れの拡大やコンクリートの圧壊が避けられないことも一因と考えられる。B 型、つまり梁曲げ破壊となった試験体のほとんどは接合部の終局強度は梁・柱の曲げ終局強度以上であった。

図 8.5.25 に接合部の終局強度時の層せん断力の梁・柱の曲げ終局時の小さい方に対する比と実験における最大層せん断力の梁・柱の曲げ終局時層せん断力に対する比の関係を示す。図中の破線が最大層せん断力の計算値になる。また、表 8.5.14 に実験値の計算値に対する比の平均等をまとめたものを示す。ただし、表中の値は、接合部の終局強度時の層せん断力計算値が梁・柱の曲げ終局時の計算値の小さい方より小さい試験体のみを対象とした場合である。

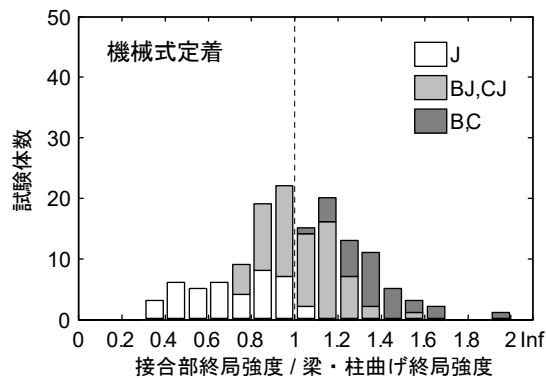
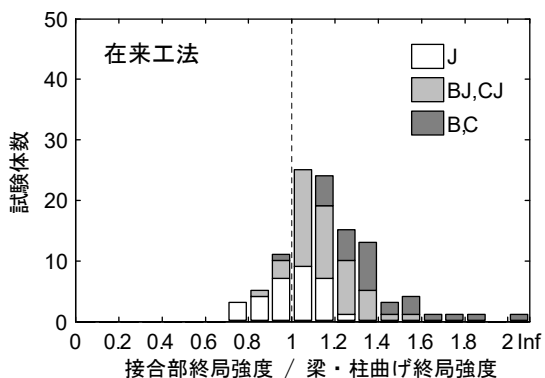
十字形接合部では破壊形式によらず計算値は概ね実験値と適合しており、ばらつきも比較的小さい。ト形接合部では、機械式定着では計算値は実験値と適合しているといえる。一方、在来工法（折り曲げ定着）の場合では計算値は実験値に対して過大評価であり、特に J 型の試験体ではその差が大きい。計算値が過大評価となるのは、計算にあたって折り曲げ部での応力を一律に柱フェースでの応力の 0.4 倍と仮定しているが、これが大きすぎるためである可能性がある。L 形接合部の閉じる方向では限界補強量の評価がないこともあり全体的に計算値の適合性は悪い。一方、開く方向ではばらつきはそれほど大きくないが、全体的に計算値は過大評価の傾向があるといえる。

表 8.5.14 終局強度の評価精度

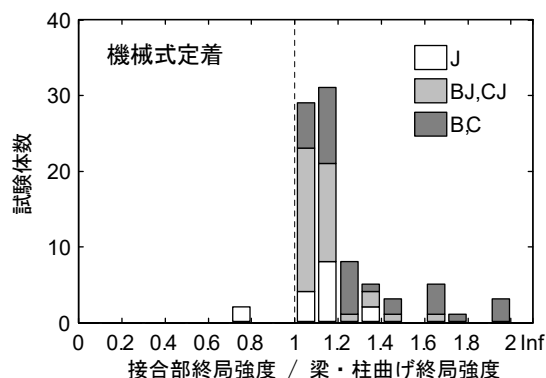
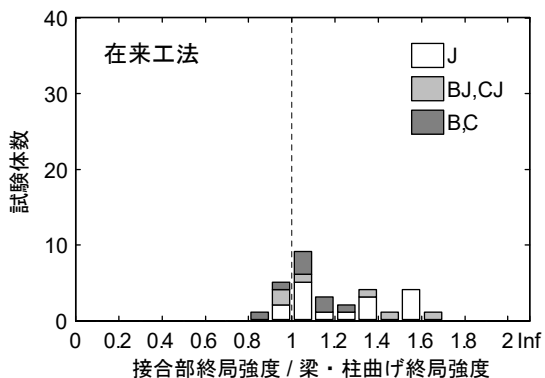
	十字形	ト形		L 形			
				閉じる		開く	
		在来	機械式	在来	機械式	在来	機械式
試験体数	102	17	61	5	—	14	19
平均	1.02	0.77	1.01	1.11	—	0.76	0.97
最大	1.53	1.30	1.32	1.72	—	1.45	1.22
最小	0.69	0.56	0.59	0.79	—	0.60	0.59
標準偏差	0.15	0.18	0.16	0.35	—	0.21	0.19
変動係数	0.15	0.24	0.16	0.32	—	0.28	0.19



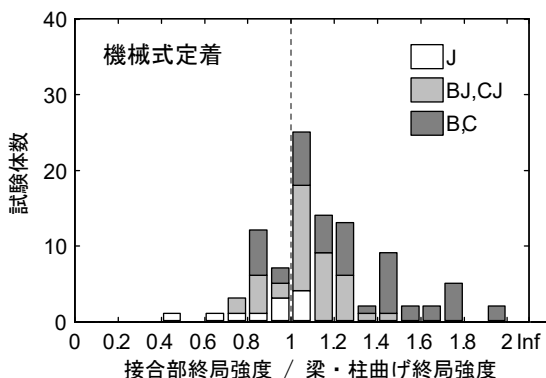
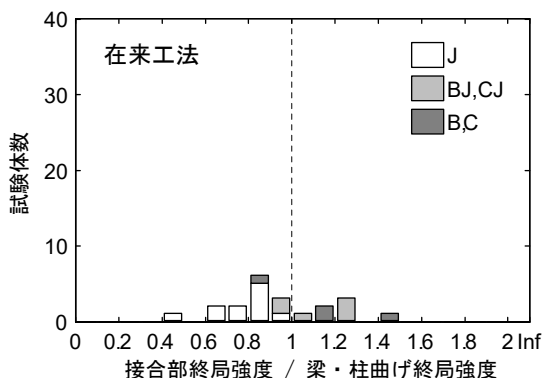
(a) 十字形接合部



(b) ト形接合部

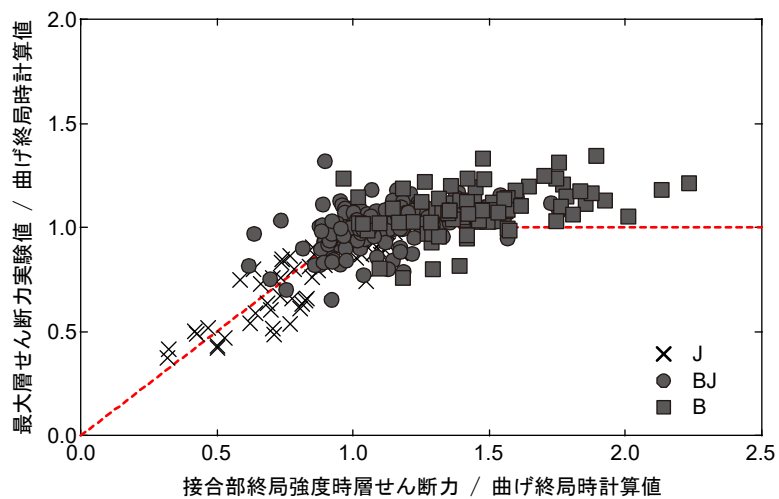


(c) L形接合部（閉じる方向）

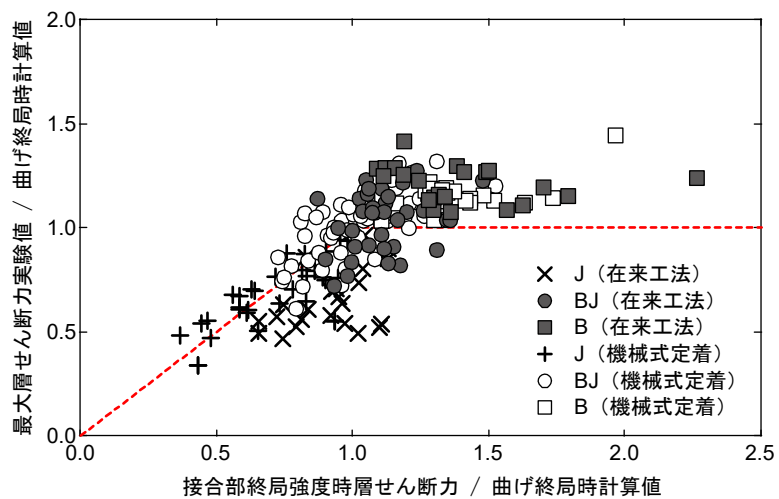


(d) L形接合部（開く方向）

図 8.5.24 接合部の終局強度と破壊形式

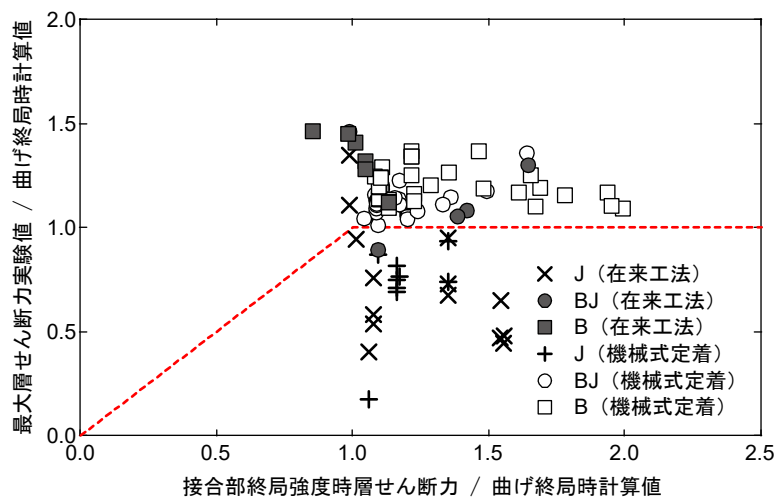


(a) 十字形接合部

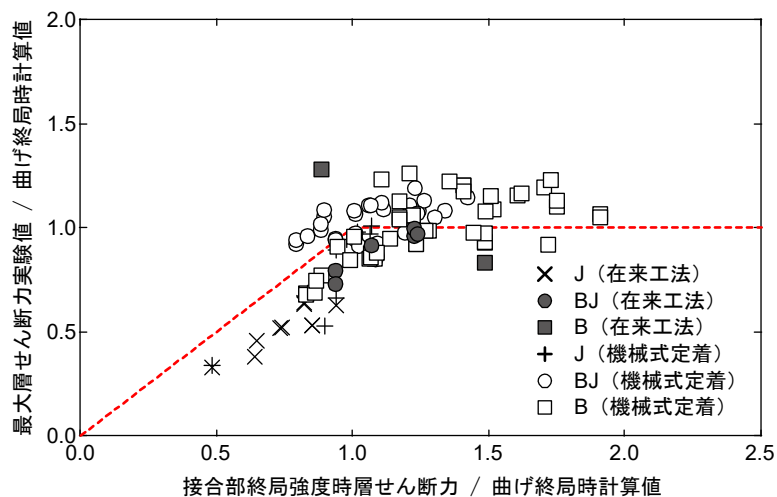


(b) ト形接合部

図 8.5.25 接合部の終局強度と最大耐力



(c) L形接合部（閉じる方向）



(d) L形接合部（開く方向）

図 8.5.25 接合部の終局強度と最大耐力（つづき）

8.5.6 部分架構の降伏強度および終局強度

梁や柱の部材実験では、梁または柱のみをとりだし、両端に加力用のスタブを設けて部材端は固定端とみなす試験体が多い。しかし、実際の架構では柱や梁は柱梁接合部に接合されており、柱梁接合部の状態によっては必ずしも部材端は固定端とみなせない状態となる。そのため、架構内では部材実験で確認された性能が発揮されない可能性も否定できない。

一方、柱梁接合部の実験は柱と梁の反曲点で切り出された部分架構で行われることが多く、実際の架構により近いと考えられる。そこで、本項では柱梁接合部部分架構について、梁または柱の強度評価式により推定される強度と実験値の比較を行い、評価式の精度を検討する。

(1) 梁主筋降伏時の層せん断力

梁主筋降伏時のモーメントは、略算値と精算値の両方を求めた。略算値は、梁の主筋量が釣り合い鉄筋比以下の場合に適用できる次式によった。

$$M_y = a_t \sigma_y j \quad (\text{式 8.130})$$

ただし、

$$j = \frac{7}{8} d$$

ここで、

a_t : 引張主筋の断面積

σ_y : 引張主筋の降伏強度

d : 梁の有効せい (多段配筋の場合は鉄筋の重心位置)

精算値は、鉄筋の応力度-ひずみ度関係をバイリニア形、コンクリートの応力度-ひずみ度関係を Fafitis-Shah モデルとした平面保持を仮定した断面解析で1段目の主筋が降伏したときのモーメントとした。

このようにして求めた梁断面の降伏モーメントを、危険断面を柱フェース位置として層せん断力に換算した。

$$Q_y = \frac{\Sigma M_y}{(1 - D_c/L)H} \quad (\text{式 8.131})$$

ここで、

M_y : 梁断面の降伏モーメント

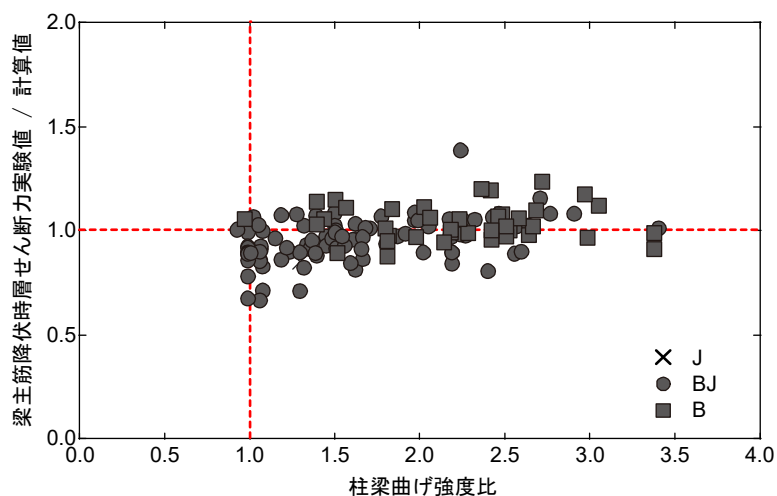
L : 梁のスパン長さ

H : 柱のスパン長さ

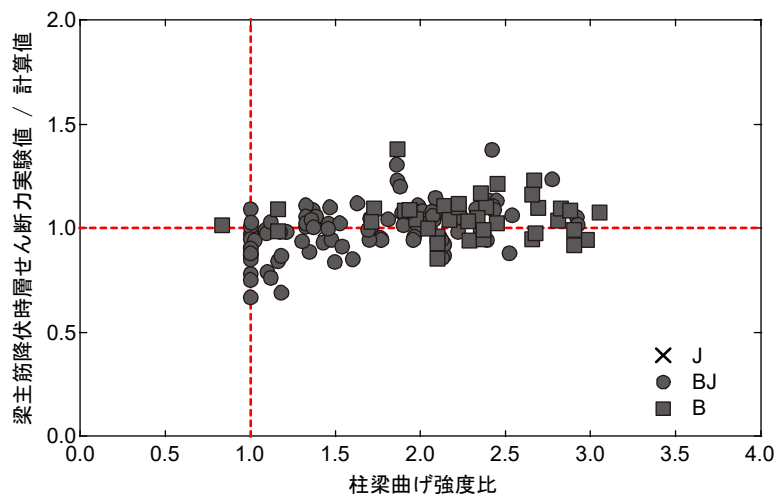
D_c : 柱断面のせい

第8章 柱梁接合部

十字形接合部およびト形接合部について、実験値の計算値に対する比を図 8.5.26, 図 8.5.27 に示す。実験値は、8.4.4 で述べた通り多段配筋の場合には1段目の主筋降伏時である。実験値の計算値に対する比の平均は、十字形部分架構では略算値に対して0.97, 精算値に対しては1.00であった。ト形部分架構では略算値に対して0.95, 精算値に対して0.97となった。ばらつきは大きくないが、全体として計算値は実験値を精度よく評価しているものの、やや過大に評価する傾向となった。また、柱と梁の曲げ強度の比が小さい(1に近い)試験体のほうが実験値の計算値に対する比が小さくなる傾向があった。

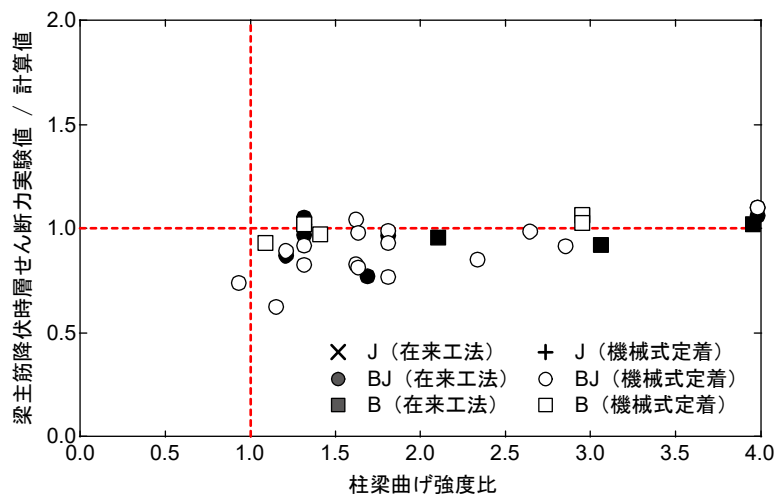


(a) 略算値

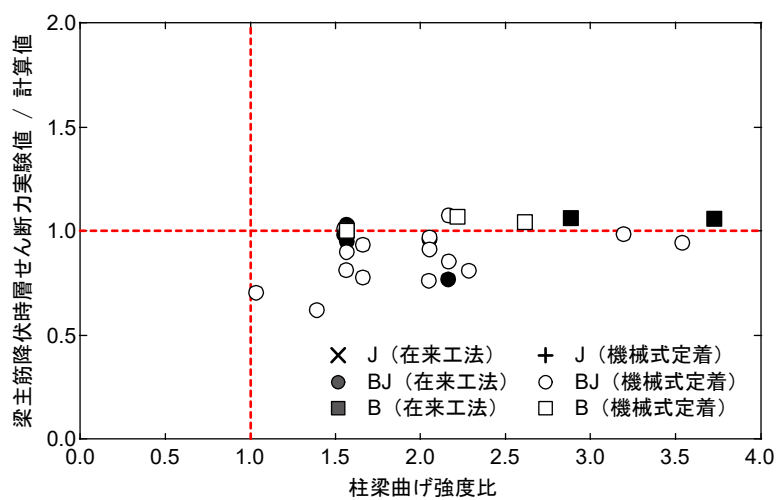


(b) 精算値

図 8.5.26 梁主筋降伏時層せん断力の実験値と計算値 (十字形接合部)



(a) 略算値



(b) 精算値

図 8.5.27 梁主筋降伏時層せん断力の実験値と計算値 (ト形接合部)

(2) 梁・柱の曲げ終局時の層せん断力

断面の終局モーメントの略算値は前述の技術基準解説書[8-10]に示された梁および柱の曲げ終局モーメント（式 8.13~8.15）によった。このとき、T形およびL形接合部では梁に柱せん断力と釣り合う分の変動軸力が生じるがこれは無視した。また、ト形およびL形接合部では柱の軸力には梁の曲げ終局時の梁せん断力による変動分を考慮した。

一方、精算値は断面の終局モーメントを、鉄筋の応力度－ひずみ度関係をバイリニア形、コンクリートの応力度－ひずみ度関係を Fafitis-Shah モデルとした平面保持を仮定した断面解析により求め、圧縮縁のコンクリートのひずみ度が 0.3%に達した時のモーメントとした。ただし、高強度鉄筋を用いている場合などのように主筋降伏時のモーメントがこれを上回る場合には、主筋降伏時のモーメントを終局強度とした。また、断面解析を用いた精算ではト形接合部、T形接合部、L形接合部については実験時の加力方法に応じて生じる梁や柱の変動軸力を考慮した。

梁・柱の曲げ終局時の層せん断力は、柱フェースまたは梁フェースで終局モーメントに達するものとして、次式により終局モーメントから換算した。

$$Q_{bu} = \begin{cases} \frac{\Sigma M_{bu}}{(1 - D_c/L)H} & (\text{十字形, ト形}) \\ \frac{\Sigma M_{bu}}{(1 - D_c/L)H/2} & (\text{T形, L形}) \end{cases} \quad (\text{式 8.132})$$

$$Q_{cu} = \begin{cases} \frac{\Sigma M_{cu}}{H} & (\text{十字形, ト形}) \\ \frac{M_{cu}}{H/2} & (\text{T形, L形}) \end{cases} \quad (\text{式 8.133})$$

ここで、

M_{bu} , M_{cu} : 梁および柱断面の曲げ終局モーメント

L : 梁のスパン長さ

H : 柱のスパン長さ

D_c : 柱断面のせい

図 8.5.28～図 8.5.32 に梁曲げ終局強度時に対する実験値の比を示す。図の横軸は柱梁曲げ強度比（柱曲げ終局時と梁曲げ終局時の比、T形接合部では梁柱曲げ強度比）であり、図中の破線が計算値を示している。検討の対象は主筋が降伏している B 型、BJ 型の試験体とした。ただし、これらの中でも現在の耐震設計の枠組みでは設計されない接合部せん断余裕度が 1 以下の試験体は除外した。

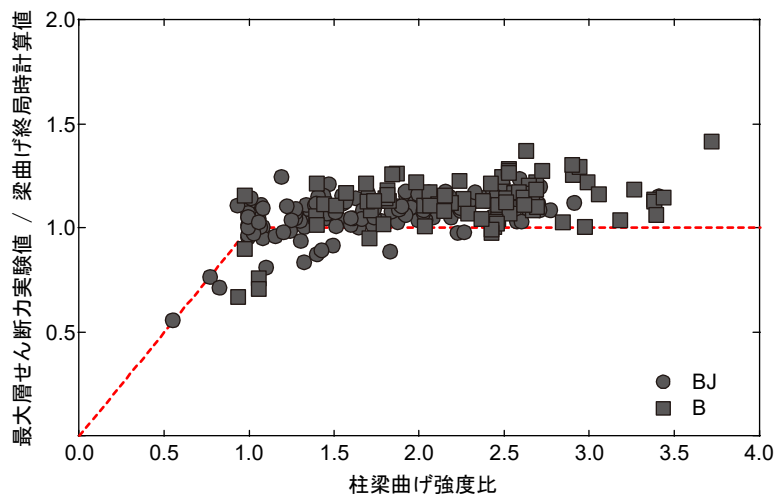
十字形接合部の場合、実験値の計算値に対する比の平均は略算値に対して 1.06、精算値に対して 1.02 となった。ばらつきも小さく計算値の評価精度は高いといえるが、柱と梁の曲げ強度に近い範囲には実験値が計算値を大きく下回る試験体が存在する。

ト形接合部の場合、実験値の計算値に対する比の平均は略算値に対して 1.09、精算値に対して 1.07 となった。精算値に対してみると、柱と梁の曲げ強度に近い範囲では実験値は計算値を下回

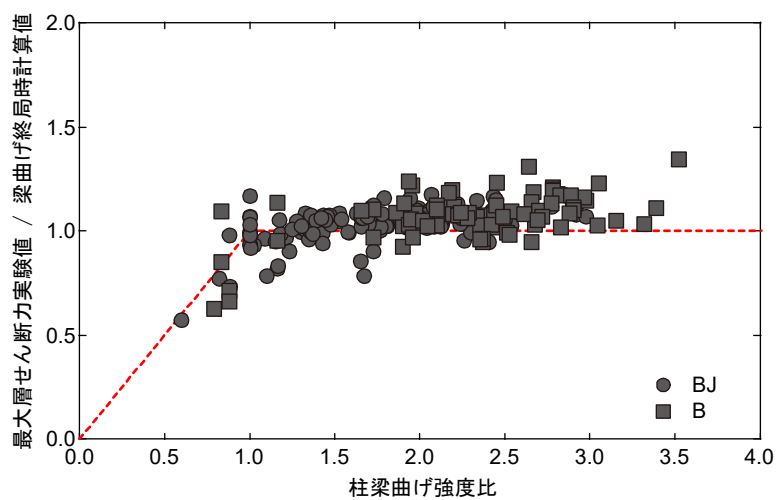
っている。一方、略算値の場合は、柱の曲げ強度時のほうが小さく計算値が柱曲げ強度時で決まる範囲では計算値が実験値を過小評価しており、ばらつきも大きかった。

T形接合部の場合、実験値の計算値に対する比の平均は略算値に対して1.55、精算値に対しては1.06となった。精算値は実験値に対して精度よく推定しているといえる。略算値では柱の曲げ強度が小さい範囲で実験値に対して計算値が小さく、柱の曲げ強度の略算値は実験値に対して過小評価となった。

L形接合部の場合、閉じる方向では実験値の計算値に対する比の平均は略算値に対して1.48、精算値に対して1.17となった。略算値では梁に生じる圧縮軸力を考慮しておらず、そのため計算値は実験値に対して過小評価となった。精算値ではばらつきは小さいがやや過小評価といえる。一方、開く方向では実験値の計算値に対する比の平均は略算値に対して1.07、精算値に対して1.02となった。略算値では梁の引張軸力を考慮していない分やや計算値は実験値に対して過大評価する傾向があるが、柱の曲げ強度が小さい範囲では計算値は実験値を過小評価している。精算値と実験値はよく適合しているが、十字形接合部やト形接合部の場合と同様に柱と梁の曲げ強度が近い範囲では計算値を下回る試験体が多く存在した。

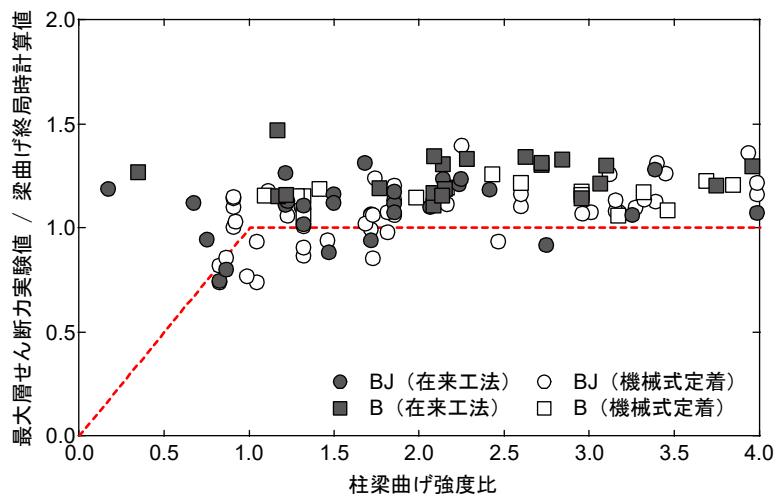


(a) 略算値

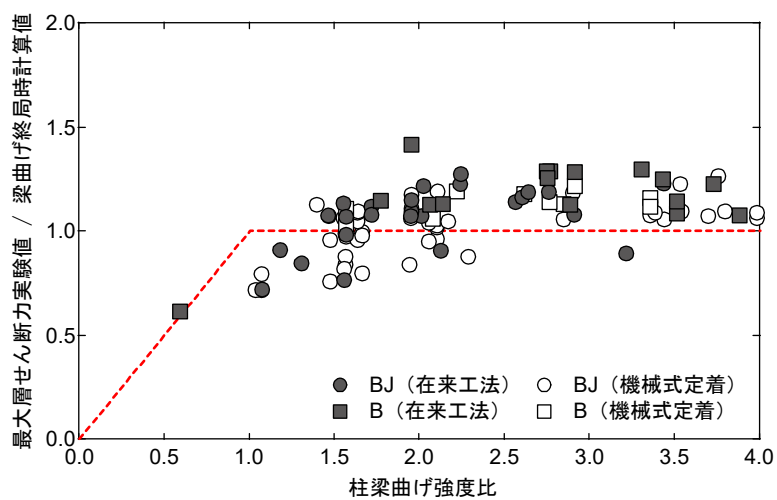


(b) 精算値

図 8.5.28 最大層せん断力実験値と梁・柱曲げ終局時計算値（十字形接合部）

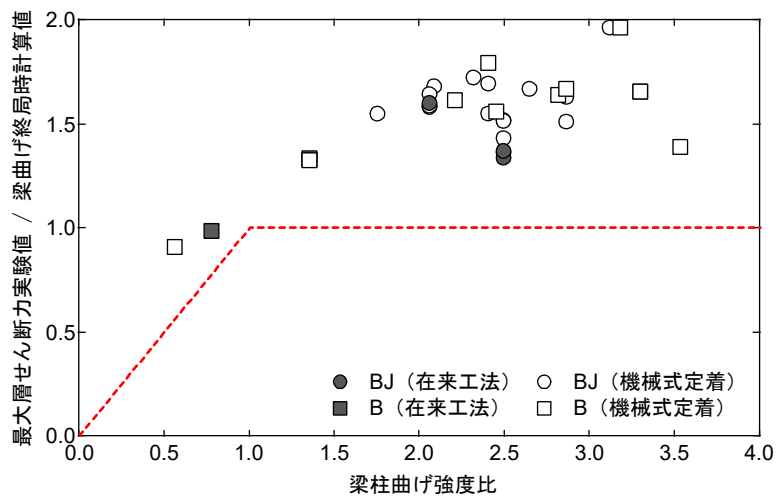


(a) 略算値

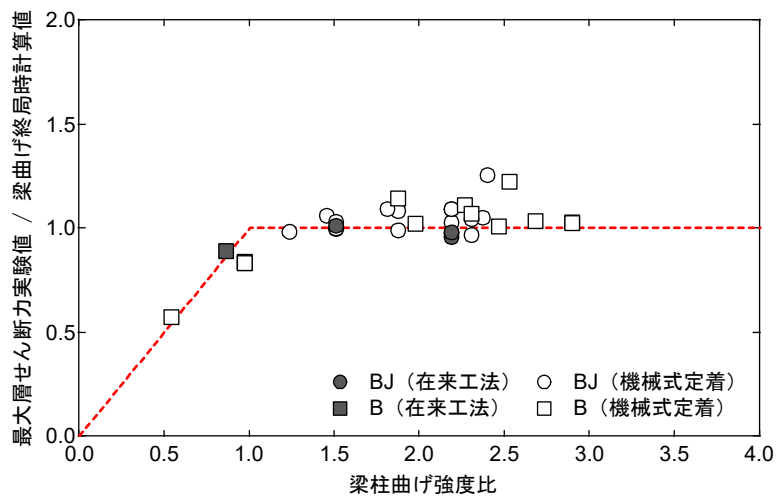


(b) 精算値

図 8.5.29 最大層せん断力実験値と梁・柱曲げ終局時計算値 (ト形接合部)

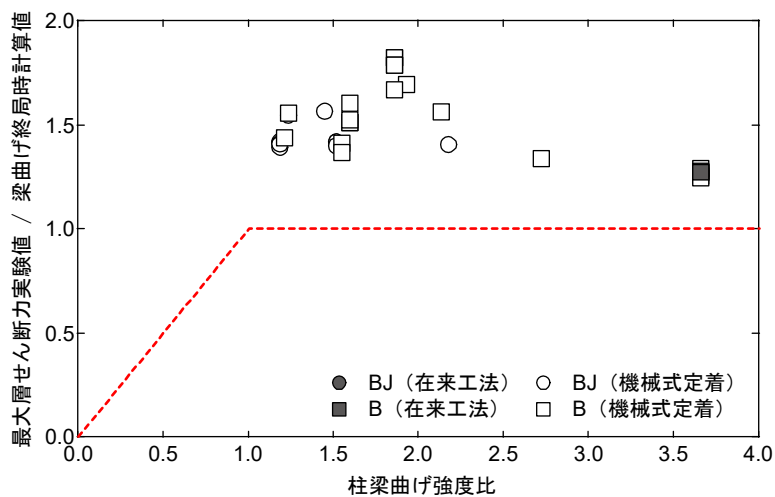


(a) 略算値

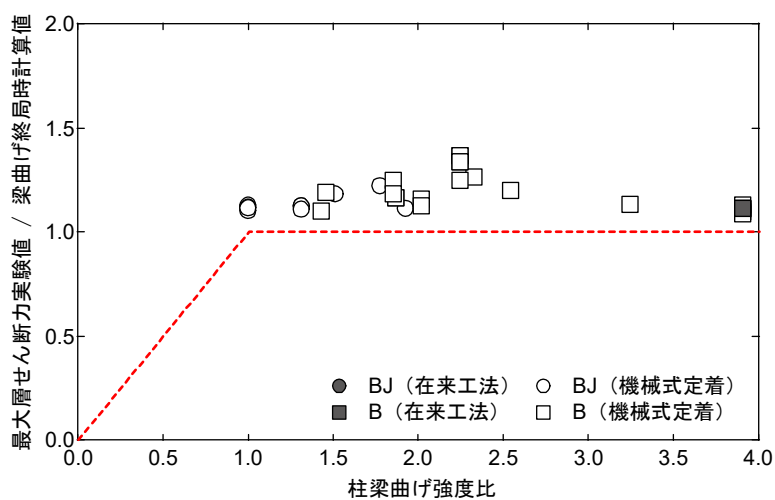


(b) 精算値

図 8.5.30 最大層せん断力実験値と梁・柱曲げ終局時計算値 (T形接合部)

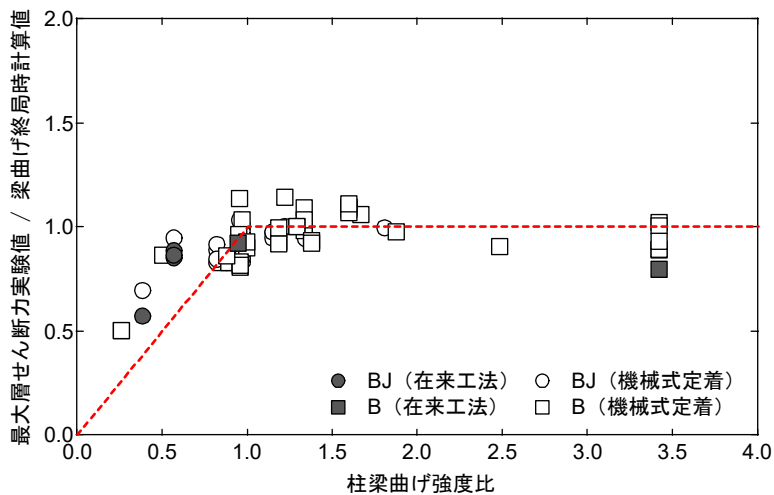


(a) 略算値

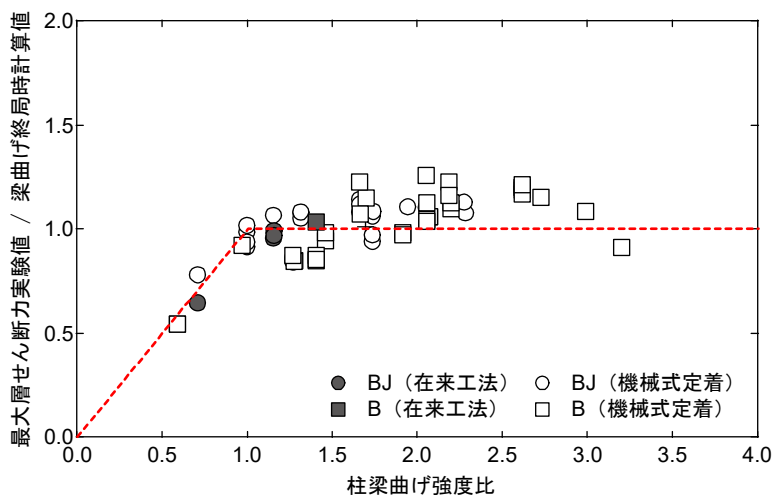


(b) 精算値

図 8.5.31 最大層せん断力実験値と梁・柱曲げ終局時計算値 (L形接合部 閉じる方向)



(a) 略算値



(b) 精算値

図 8.5.32 最大層せん断力実験値と梁・柱曲げ終局時計算値 (L形接合部 開く方向)

8.6 まとめ

本章では、柱梁接合部の既往の実験データを整理した。さらに、既往の評価式による計算値と実験値との比較、検討を行い、各評価式の精度について示した。検討の結果を以下にまとめる。

(1) 試験体データベースについて

十字形、ト形の試験体に比べるとT形、L形の試験体の数は少なく、特に主筋を折り曲げ定着の試験体の数が少ない。また、柱梁接合部の性状に影響を及ぼすとの指摘がある柱と梁の曲げ強度の比が2を超える試験体が多く、実務で用いられる1~1.5程度の範囲にある試験体が少なかった。

本研究で収集した試験体の諸元の範囲は8.2節の述べた通りであるが、普通コンクリートに対して主筋、横補強筋によらず900(N/mm²)を超える鉄筋を用いるなど、材料強度のバランスが実構造物とは異なり著しく悪いものも見られ、さらに前述の柱梁曲げ強度比のように試験体のもつ構造特性が実構造物のそれとは異なるものも少なくない。そのため、データベースに収集された試験体データを用いてさまざまな設計因子の影響の検討を行う場合などは注意が必要である。また、近年の工法開発に伴う実験では、本研究では除外しているが鉄筋継手の有無などの違いのみの試験体も見られ、そのため単純に統計処理をすると結果的にその試験体に重み付けをしていることと同等になってしまう場合があることに注意が必要である。

論文集等に発表された文献では紙面の制約もあるのであろうが、試験体の諸元、実験結果とも十分に記載されていない例も多かった。特に柱、梁の鉄筋位置の情報が欠けている文献が比較的多かった。また、加力における試験体端部の拘束条件、ジャッキ等の制御方法などが十分に記述されていないものも多かった。いずれも実験データの信頼性の検証には不可欠な情報であり、文献中への記載が増えることが望まれる。

実験結果については、主筋の降伏の有無が明記されていない文献もあり、また、実験結果のうちひび割れ発生時や主筋降伏時の荷重や変形の記載がない文献も多く、評価式の精度検証に際しても最大耐力時に比べると検討に用いることができる試験体が著しく少なくなった。

(2) 評価式の精度検証の結果について

接合部せん断変形角と接合部せん断応力度関係における弾性剛性について

弾性剛性をコンクリートのせん断剛性率で表わした評価式についての検討を行った結果

- ・実験値のばらつきが大きく、精度を評価することが難しかった。

ひび割れ強度について

日本建築学会の設計指針[8-7][8-11]に提案されている主応力に基づく評価式についての検討を行った結果

- ・実験値の学会性能評価指針[8-11]による計算値に対する比の平均値は十字形で0.92, ト形で1.07, T形で1.22, L形の閉じる方向で1.15, 開く方向で0.97と比較的精度はよい。標準偏差は0.17~0.32であった。
- ・実験値の学会靱性指針[8-7]による計算値に対する比の平均値は十字形で0.81, ト形で0.91, T形で1.04, L形の閉じる方向で0.98, 開く方向で0.83と比較的精度はよかったが、学会性能評

第8章 柱梁接合部

価指針に比べるとコンクリートのひび割れ強度を大きく評価するため、計算値はやや実験値に対して過大評価となる傾向となった。標準偏差は0.14～0.26であった。

接合部せん断終局強度について

日本建築学会の設計指針[8-7]に提案されている強度式についての検討を行った結果

・梁、柱の主筋が降伏する前に接合部破壊が生じた試験体の、最大耐力時接合部せん断力実験値の評価式による計算値に対する比の平均値は、折り曲げ定着を用いた在来工法および機械式定着を用いた試験体全体に対して、十字形接合部で1.21、ト形接合部で1.26、T形接合部で1.02、L形接合部では閉じる方向で1.49、開く方向で1.06であった。コンクリート強度60(N/mm²)を超える試験体がある十字形、ト形接合部では、技術基準解説書[8-10]の適用範囲外であるこれらを除き、さらに機械式定着を用いた試験体も除くと十字形接合部で1.23、ト形接合部で1.24、T形接合部で0.99、L形接合部では閉じる方向で1.50、開く方向で1.01となった。

・梁、柱の主筋が降伏する前に接合部破壊が生じた試験体の最大耐力時接合部せん断力実験値が評価式による計算値以下であった試験体の比率は、十字形接合部で0.14、ト形接合部で0.16、T形接合部で0.36、L形接合部では閉じる方向で0.04、開く方向で0.32であり、T形およびL形の開く方向では実験値の下限を与えるよう設定された評価式としては危険側の推定値であった。技術基準解説書の適用範囲内に限定すると、不合格率は十字形接合部ではほとんど変わりはなく0.15で、ト形接合部、T形接合部ではやや大きくなり0.21および0.50、L形接合部では閉じる方向および開く方向に対してそれぞれ0.04および0.32であった。

・ト形、T形、L形接合部で機械式定着を用いた試験体では、梁、柱の主筋が降伏する前に接合部破壊が生じた試験体の最大耐力時接合部せん断力実験値の評価式による計算値に対する比の平均値は在来工法のものとは大きな差はなく、ト形接合部ではばらつきが在来工法に比べてやや小さかった。

接合部の変形をせん断ばねでモデル化する場合の復元力特性について

学会性能評価指針[8-11]に提案されている骨格曲線と実験値の比較を行った結果

・ひび割れ後の剛性は試験体によるばらつきがあり、評価式には含まれていない柱配筋や接合部横補強筋の影響を受けていると考えられる。

・第2折れ点（圧壊開始点）以下のせん断応力度であっても、主筋の降伏後に接合部の変形の増大が生じていた。

接合部の終局モーメントについて

塩原らの提案する接合部の終局モーメントについて検討を行った結果

・梁主筋量が限界補強量以下の試験体のほとんどでB型およびBJ型の破壊となり主筋の降伏が生じていた。一方、限界補強量以下であっても主筋降伏前の接合部破壊であるJ型の試験体も多く存在した。

・実験値の計算値に対する比の平均は、十字形で1.02、ト形の在来工法では0.77、機械式では1.01、L形の在来工法では閉じる方向では1.11、開く方向で0.76、機械式では閉じる方向では該当する試験体がなく、開く方向では0.97であった。十字形および機械式定着を用いたト形、L形

接合部では推定精度はよく、ばらつきも小さいが、折り曲げ定着を用いた在来工法の試験体に対しては計算値が実験値を過大評価する傾向となった。

部分架構の強度について

・梁主筋降伏時の層せん断力の評価精度は略算値、精算値とも比較的よく実験値の計算値に対する比は 0.95 から 1.0 であった。ただし、柱と梁の曲げ強度の比が 1 に近い試験体では実験値が計算値に比べて小さくなる試験体も多かった。

・梁および柱の曲げ終局時層せん断力の評価精度は、精算値では比較的精度がよく実験値の計算値に対する比は 1.02 から 1.07 であった。略算値の場合、梁曲げ終局強度で決まる十字形およびト形試験体では推定精度は比較的よく、実験値の計算値に対する比はそれぞれ 1.06 および 1.09 であった。柱曲げ終局強度で決まる場合のト形接合部および T 形接合部では、柱曲げ終局強度は実験値を小さく評価していた。また、柱と梁の曲げ強度の比が 1 に近い試験体では実験値が計算値に比べて小さくなる試験体も多かった。

(3) 今後の課題

- ・本節のデータベースについての中で述べたように、T 形および L 形接合部の試験体は少なく、実験結果の蓄積が必要である。
- ・本研究での精度検証のほとんどは直交梁やスラブのない平面試験体を対象としたものであり、より実構造物に近い直交梁やスラブを有する試験体についての検討が必要である。また、これらは試験体数自体も少ないため、実験結果の蓄積も必要といえる。
- ・本研究では 2 方向加力を行った場合については対象外としているが、2 方向加力された場合については評価方法の確立も含め今後の課題である。
- ・柱梁接合部の復元力特性に関しては評価方法も含めて研究は十分とはいえない。また、復元力特性の検証には複雑な柱梁接合部の変形を詳細に測定する必要がある、測定方法の共有化と実験データの蓄積が今後必要である。

8.7 参考文献

- [8-1] 東京大学：平成 20 年度建築基準整備促進補助金事業 課題 6「鉄筋コンクリート造の柱はり接合部のせん断破壊に関する実験」調査報告書，2009 年 4 月
- [8-2] 東京大学，大林組：平成 21 年度建築基準整備促進補助金事業 課題 6「鉄筋コンクリート造の柱はり接合部の耐力評価に関する実験」調査報告書，2010 年 3 月
- [8-3] 東京大学，大林組：平成 22 年度建築基準整備促進事業 課題 29「鉄筋コンクリート造の壁はり接合部等の耐力評価に関する実験」調査報告書，2011 年 3 月
- [8-4] 東京大学，大林組：平成 23 年度建築基準整備促進事業 課題 29「鉄筋コンクリート造の壁はり接合部等の耐力評価に関する実験」調査報告書，2012 年 3 月
- [8-5] 大林組，鹿島建設，小堀研究所，清水建設，大成建設，竹中工務店：平成 22 年度建築基準整備促進事業 課題 27-1「長周期地震動に対する鉄筋コンクリート造建築物の安全性検証方法に関する検討」調査報告書，2011 年 3 月
- [8-6] 大林組，鹿島建設，小堀研究所，清水建設，大成建設，竹中工務店：平成 24 年度建築基準整備促進事業 課題 27-1「長周期地震動に対する鉄筋コンクリート造建築物の安全性検証方法に関する検討」調査報告書，2013 年 3 月
- [8-7] 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，日本建築学会，1999
- [8-8] 塩原等：鉄筋コンクリート柱梁接合部：終局強度と部材端力の相互作用，日本建築学会構造系論文集，Vol. 74, No. 635, pp. 121-128, 2009. 1
- [8-9] 楠原文雄，塩原等：接合部回転角を含む RC 造柱梁接合部部分架構の変形成分と応力およびその測定法，コンクリート工学年次論文集，Vol. 28, No. 2, pp. 355-360, 2006.7
- [8-10] 国土交通省住宅局建築指導課・国土交通省国土技術政策総合研究所・建築研究所・日本建築行政会議監修：2007 年版 建築物の構造関係技術基準解説書，2007
- [8-11] 日本建築学会：鉄筋コンクリート造建物の耐震性能評価指針（案）・同解説．日本建築学会，2004
- [8-12] 日本建築総合試験所：機械式鉄筋定着工法設計指針，日本建築総合試験所，2006.1
- [8-13] 塩原等：鉄筋コンクリート柱梁接合部：見逃された破壊機構，日本建築学会構造系論文集，Vol. 73, No. 631, pp. 1641-1648, 2008.9
- [8-14] 塩原等：鉄筋コンクリート柱梁接合部：梁曲げ降伏型接合部の耐震設計，日本建築学会構造系論文集，Vol. 74, No. 640, pp. 1145-1154, 2009.6
- [8-15] 楠原文雄，塩原等：鉄筋コンクリート造十字形柱梁接合部の終局モーメント算定法，日本建築学会構造系論文集，Vol. 75, No. 657, pp. 2027-2035, 2010.11
- [8-16] 楠原文雄，塩原等：鉄筋コンクリート造ト形柱梁接合部の終局モーメント算定法，日本建築学会構造系論文集，Vol. 78, No. 693, pp. 1949-1958, 2013.11

8.8 試験体の引用文献

文献 番号	引用試験体数			
	十字形	ト形	T形	L形
[8.A1]				2
[8.A2]			1	
[8.A3]	1			
[8.A4]		6		
[8.A5]	4			
[8.A6]	6			
[8.A7]		16		
[8.A8]	2			
[8.A9]	2			
[8.A10]		10		
[8.A11]	1			
[8.A12]		5		
[8.A13]	1	1		
[8.A14]	3			
[8.A15]				5
[8.A16]	6			
[8.A17]	2			
[8.A18]	4			
[8.A19]		18		
[8.A20]	8			
[8.A21]	2			
[8.A22]		7		
[8.A23]	7			
[8.A24]			1	
[8.A25]	4			
[8.A26]	5			
[8.A27]		4		
[8.A28]	5			
[8.A29]		4		
[8.A30]	3			
[8.A31]		2		
[8.A32]	4	4		
[8.A33]		1		
[8.A34]	1			
[8.A35]		4		
[8.A36]	6			
[8.A37]	2			
[8.A38]	3			
[8.A39]	1			
[8.A40]	2			
[8.A41]	2			

文献 番号	引用試験体数			
	十字形	ト形	T形	L形
[8.A42]	1			
[8.A43]		5		
[8.A44]	4			
[8.A45]	2			
[8.A46]	1			
[8.A47]	2			
[8.A48]	4			
[8.A49]	9			
[8.A50]	1	1		
[8.A51]	5			
[8.A52]	9			
[8.A53]	2			
[8.A54]	1			
[8.A55]	8			
[8.A56]		6		
[8.A57]	4			
[8.A58]	2	2		
[8.A59]		4		
[8.A60]	6			
[8.A61]	1			
[8.A62]	2			
[8.A63]		2		
[8.A64]		2		
[8.A65]	1			
[8.A66]	3			
[8.A67]	4			
[8.A68]	2	1		
[8.A69]			2	2
[8.A70]	6			
[8.A71]	3			
[8.A72]	5			
[8.A73]		3		
[8.A74]		4		
[8.A75]			2	
[8.A76]		3		
[8.A77]		2		
[8.A78]	1	1		
[8.A79]	4			
[8.A80]	1	1		
[8.A81]		4		
[8.A82]	1			

第 8 章 柱梁接合部

文献 番号	引用試験体数			
	十字形	卜形	T形	L形
[8.A83]	8			
[8.A84]	4			
[8.A85]		6		
[8.A86]		5		
[8.A87]				4
[8.A88]	2			
[8.A89]		2	2	5
[8.A90]				8
[8.A91]			2	4
[8.A92]		2		
[8.A93]	3			
[8.A94]	1			
[8.A95]			2	2
[8.A96]			4	
[8.A97]	3			
[8.A98]	3			
[8.A99]	5			
[8.A100]	6			
[8.A101]	2			
[8.A102]	3			
[8.A103]		3		
[8.A104]		2		
[8.A105]		4	1	1
[8.A106]			4	
[8.A107]	1			
[8.A108]	1			
[8.A109]	1			
[8.A110]				4
[8.A111]	1			
[8.A112]			4	
[8.A113]			4	4
[8.A114]	5			
[8.A115]	2			
[8.A116]		11		
[8.A117]		7		
[8.A118]			9	
[8.A119]				11
[8.A120]		2		
[8.A121]				6
[8.A122]	6			
[8.A123]		7		
[8.A124]	1			
[8.A125]			5	

文献 番号	引用試験体数			
	十字形	卜形	T形	L形
[8.A126]		3		
[8.A127]	3			
[8.A128]		5		
[8.A129]	2			
[8.A130]		1		
[8.A131]	2			
[8.A132]		5		
[8.A133]	3			
[8.A134]	2			
[8.A135]			4	
[8.A136]	6	2		
[8.A137]	4			
[8.A138]	3			
[8.A139]	3			
[8.A140]	1			
[8.A141]	1			
[8.A142]		8		
[8.A143]	2	3		1
[8.A144]	1			
[8.A145]	1			
[8.A146]		6		
[8.A147]	1			
[8.A148]	1			
[8.A149]	2	2		
[8.A150]	2	1		
[8.A151]			1	1
[8.A152]				4
[8.A153]			5	
[8.A154]	2	1		
[8.A155]	6			
[8.A156]			2	2
[8.A157]	1	1		
[8.A158]			6	6
[8.A159]			7	
[8.A160]				7
[8.A161]	1			
[8.A162]	26			
[8.A163]		3		
[8.A164]	2			
[8.A165]		4		
[8.A166]	6			
[8.A167]	2			
[8.A168]	4			

文献 番号	引用試験体数			
	十字形	ト形	T形	L形
[8.A169]	7			
[8.A170]	1			
[8.A171]	1			
[8.A172]	1			
[8.A173]				8
[8.A174]		1		
[8.A175]		1		
[8.A176]		6		
[8.A177]		2		
[8.A178]				3
[8.A179]	5			
[8.A180]	4			
[8.A181]	7			
[8.A182]				6
[8.A183]				5
[8.A184]			4	
[8.A185]	2			
[8.A186]	4			
[8.A187]	2			
[8.A188]		1		
[8.A189]	1			
[8.A190]	1			
[8.A191]	2			
[8.A192]				8
[8.A193]				5
[8.A194]		4		
[8.A195]	2			
[8.A196]	1			
[8.A197]				5
[8.A198]		3		

文献 番号	引用試験体数			
	十字形	ト形	T形	L形
[8.A199]				9
[8.A200]	1			
[8.A201]				10
[8.A202]				3
[8.A203]				2
[8.A204]		28		
[8.A205]		1		
[8.A206]	2			
[8.A207]	1			
[8.A208]		8		
[8.A209]		3		
[8.A210]	2			
[8.A211]	1	1		
[8.A212]	2			
[8.A213]	1			
[8.A214]				2
[8.A215]		1		
[8.A216]	2			
[8.A217]	2			
[8.A218]		4		
[8.A219]		1		
[8.A220]		1		
[8.A221]				5
[8.A222]			3	
[8.A223]	1			
[8.A224]	2			
[8.A225]			2	
[8.A226]	1			
[8.A227]			4	

- [8.A1] 若林実他：L字形およびT字形骨組で構成される鉄筋コンクリート柱はり接合部の応力伝達機構に関する一実験，日本建築学会大会学術講演梗概集，構造系，pp. 1801-1802，1977.10
- [8.A2] 素木三郎他：RCフレームの梁主筋定着形式と弾塑性挙動に関する実験的研究(その2)，日本建築学会大会学術講演梗概集，構造系，pp. 1467-1468，1981.9
- [8.A3] 中村信行他：繰返し加力を受けるSFRC造柱梁接合部の耐力・変形性状，コンクリート工学年次論文報告集，Vol. 4，pp. 445-448，1982.6
- [8.A4] 山崎章他：太径ねじ鉄筋D51(SD40)の機械的定着法に関する実験研究，コンクリート工学年次論文報告集，Vol. 5，pp. 413-416，1983.6
- [8.A5] 林静雄他：柱はり切望部内に通し筋筋されたはり主筋の付着に関する実験，コンクリート工学年次論文報告集，Vol. 5，pp. 421-424，1983.6
- [8.A6] 小林裕他：鉄筋コンクリート造柱-梁接合部の実験的研究，コンクリート工学年次論文報告集，Vol. 6，pp. 653-656，1984.7

第 8 章 柱梁接合部

- [8.A7] 金田和浩他：外端柱・梁接合部におけるせん断破壊と定着破壊の相関，コンクリート工学年次論文報告集，Vol. 6，pp. 665-668，1984.7
- [8.A8] 石橋一彦他：機械式鉄筋継手を有するはり・柱接合部の実験的研究，コンクリート工学年次論文報告集，Vol. 7，pp. 601-604，1985.6
- [8.A9] 北山和宏他：梁主筋の付着をよくした柱梁接合部の耐震性能，コンクリート工学年次論文報告集，Vol. 7，pp. 605-608，1985.6
- [8.A10] 金田和浩他：交番荷重下の RC 外部柱・梁接合部の挙動に与える接合部補強の効果，コンクリート工学年次論文報告集，Vol. 7，pp. 613-616，1985.6
- [8.A11] 城政他：梁の塑性ヒンジ発生域制御による RC 骨組の復元力特性改善，コンクリート工学年次論文報告集，Vol. 8，pp. 629-632，1986.6
- [8.A12] 森田司郎他：RC 外部柱・梁接合部の耐力と変形性状，コンクリート工学年次論文報告集，Vol. 9，No. 2，pp. 175-180，1987.6
- [8.A13] 藤井栄他：二方向載荷をうける RC 外部柱・梁接合部の挙動，コンクリート工学年次論文報告集，Vol. 9，No. 2，pp. 181-186，1987.6
- [8.A14] 後藤康明他：RC 内部柱梁接合部とその周辺の補強効果について，コンクリート工学年次論文報告集，Vol. 9，No. 2，pp. 187-192，1987.6
- [8.A15] Virach RUNGROJSARATIS 他：A STUDY OF ULTIMATE STRENGTH OF REINFORCEMENT CONCRETE CORNER CONNECTION JOINTS SUBJECTED TO NEGATIVE MOMENT，コンクリート工学年次論文報告集，Vol. 9，No. 2，pp. 687-692，1987.6
- [8.A16] 渡辺一弘他：鉄筋コンクリート内部柱・梁接合部の耐力と変形性状，コンクリート工学年次論文報告集，Vol. 10，No. 3，pp. 497-500，1988.6
- [8.A17] 上村智彦他：鉄筋コンクリート内部梁・柱接合部の破壊性状に関する実験的研究，コンクリート工学年次論文報告集，Vol. 10，No. 3，pp. 519-524，1988.6
- [8.A18] 藤原幹弘他：2 方向地震力を受ける立体柱梁接合部の弾塑性性状，コンクリート工学年次論文報告集，Vol. 10，No. 3，pp. 525-530，1988.6
- [8.A19] 角徹三他：鉄筋コンクリート柱・はり外部接合部を含む架構の靱性評価，日本建築学会構造系論文報告集，No. 401，pp. 87-96，1989.7
- [8.A20] 木村秀樹他：高強度コンクリートを用いた柱・梁接合部の実験的研究，コンクリート工学年次論文報告集，Vol. 11，No. 2，pp. 525-530，1989.6
- [8.A21] 北山和宏他：高せん断力を受ける鉄筋コンクリート造内柱・梁接合部の挙動，コンクリート工学年次論文報告集，Vol. 11，No. 2，pp. 531-536，1989.6
- [8.A22] 城攻他：RC 外部柱梁接合部のせん断抵抗性状に及ぼす接合部補強筋等の影響，コンクリート工学年次論文報告集，Vol. 11，No. 2，pp. 537-542，1989.6
- [8.A23] 後藤康明他：RC 十字形柱はり接合部のせん断抵抗性状に対するせん断補強筋の効果について，コンクリート工学年次論文報告集，Vol. 11，No. 2，pp. 543-548，1989.6
- [8.A24] 佐野友治他：鉄筋コンクリート屋上階柱はり接合部(T 形接合部)の挙動，日本建築学会大会学術講演梗概集，C，構造 II，pp. 477-478，1989.9
- [8.A25] 河口俊朗他：高強度鉄筋と高強度コンクリートを用いた柱・はり接合部の実験，コンクリート工学年次論文報告集，Vol. 12，No. 2，pp. 627-632，1990.6
- [8.A26] 寺岡勝他：高強度コンクリートを用いた RC 内柱・梁接合部の強度と変形性状，コンクリート工学年次論文報告集，Vol. 12，No. 2，pp. 633-638，1990.6
- [8.A27] 城攻他：高強度コンクリートを用いた外部柱梁接合部の剪断抵抗性状について，コンクリート工学年次論文報告集，Vol. 12，No. 2，pp. 639-644，1990.6
- [8.A28] 菊田繁美他：高配筋梁を用いた柱梁部分架構の実験的研究，コンクリート工学年次論文報告集，Vol. 12，No. 2，pp. 645-650，1990.6

- [8.A29] 林和也他：RC造外部柱・梁接合部内折り曲げ梁主筋の定着補強に関する研究，コンクリート工学年次論文報告集，Vol. 12，No. 2，pp. 657-662，1990.6
- [8.A30] 石川祐次他：鉄筋コンクリート内部梁・柱接合部のせん断耐力に関する実験研究，コンクリート工学年次論文報告集，Vol. 12，No. 2，pp. 669-674，1990.6
- [8.A31] 角徹三他：RC柱はり外部接合部の挙動に与える載荷履歴の影響，コンクリート工学年次論文報告集，Vol. 12，No. 2，pp. 685-690，1990.6
- [8.A32] 藤井栄他：鉄筋コンクリート内部梁、外部接合部の性状の比較，コンクリート工学年次論文報告集，Vol. 12，No. 2，pp. 691-696，1990.6
- [8.A33] 西山峰広他：プレストレストコンクリート梁柱ト型骨組の履歴復元力特性と接合部せん断性状に関する実験研究，日本建築学会構造系論文報告集，No. 429，pp. 31-40，1991.11
- [8.A34] JuanJoseCASTRO 他：SEISMIC BEHAVIOR OF HALF PRECAST BEAM-COLUMN JOINTS，コンクリート工学年次論文報告集，Vol. 13，No. 2，pp. 1069-1074，1991.6
- [8.A35] 角徹三他：高強度コンクリートを用いた鉄筋コンクリート柱・はり外部接合部のせん断抵抗性状に関する研究，コンクリート工学年次論文報告集，Vol. 13，No. 2，pp. 469-474，1991.6
- [8.A36] 柏崎隆志他：超高強度鉄筋コンクリート造内柱・梁接合部のせん断性能に関する実験的研究，コンクリート工学年次論文報告集，Vol. 13，No. 2，pp. 475-478，1991.6
- [8.A37] 李祥浩他：高強度材料を用いたRC内柱梁接合部における梁主筋の定着性能，コンクリート工学年次論文報告集，Vol. 13，No. 2，pp. 495-500，1991.6
- [8.A38] 林和也他：梁芯が柱芯に偏芯接合した内部柱・梁接合部に関する実験研究，コンクリート工学年次論文報告集，Vol. 13，No. 2，pp. 507-512，1991.6
- [8.A39] 遠藤芳雄他：軽量コンクリートを用いたRC柱・梁接合部の耐震性能，コンクリート工学年次論文報告集，Vol. 13，No. 2，pp. 513-518，1991.6
- [8.A40] 角彰他：SRC造およびRC造柱・梁接合部に関する実験的研究，コンクリート工学年次論文報告集，Vol. 13，No. 2，pp. 531-536，1991.6
- [8.A41] 菊田繁美他：柱梁接合部の付着劣化性状に関する実験研究，コンクリート工学年次論文報告集，Vol. 14，No. 2，pp. 369-372，1992.5
- [8.A42] 李祥浩他：高強度RC造内柱・梁接合部のせん断強度，コンクリート工学年次論文報告集，Vol. 14，No. 2，pp. 379-384，1992.5
- [8.A43] 城攻他：高強度材料を用いたRC外部柱梁接合部の剪断抵抗性能，コンクリート工学年次論文報告集，Vol. 14，No. 2，pp. 391-396，1992.5
- [8.A44] 柏崎隆志他：超高強度鉄筋コンクリート造内柱・梁接合部の梁主筋付着性能に関する実験的研究，コンクリート工学年次論文報告集，Vol. 14，No. 2，pp. 397-400，1992.5
- [8.A45] 早川幸孝他：高強度鉄筋コンクリート造柱-はり接合部の静・動的加力実験，コンクリート工学年次論文報告集，Vol. 14，No. 2，pp. 437-440，1992.5
- [8.A46] 山田守他：連続繊維を梁主筋とした柱梁内部接合部の挙動，コンクリート工学年次論文報告集，Vol. 14，No. 2，pp. 619-624，1992.5
- [8.A47] 和泉信之他：はり主筋の定着形式が異なるRC壁柱・はり接合部に関する実験的研究，日本建築学会構造系論文報告集，No. 448，pp. 101-110，1993.6
- [8.A48] 市川昌和他：プレキャスト十字型柱・はり接合部の変形能と強度に関する実験的研究，日本建築学会構造系論文報告集，No. 453，pp. 131-140，1993.11
- [8.A49] 竹崎真一他：高強度材料を用いたRC内柱・梁接合部の耐震性能に関する研究，コンクリート工学年次論文報告集，Vol. 15，No. 2，pp. 21-26，1993.6
- [8.A50] 麻生直木他：高強度コンクリート(Fc600)、高強度主筋(SD490)を用いた柱、梁接合部の力学性状，コンクリート工学年次論文報告集，Vol. 15，No. 2，pp. 553-558，1993.6
- [8.A51] 角彰他：RC造内部柱-梁接合部の変形特性に関する実験的研究，コンクリート工学年次論文報告集，Vol. 15，No. 2，pp. 559-564，1993.6

第 8 章 柱梁接合部

- [8.A52] 林和也他：高強度材料を用いた RC 内柱梁接合部の主筋付着性状と復元力特性，コンクリート工学年次論文報告集，Vol. 15，No. 2，pp. 583-588，1993.6
- [8.A53] 大久保全陸他：スリーブ接合によるプレキャスト鉄筋コンクリート梁柱接合部の弾塑性性状に関する研究，コンクリート工学年次論文報告集，Vol. 15，No. 2，pp. 689-694，1993.6
- [8.A54] 三瓶昭彦他：プレキャスト鉄筋コンクリート造梁下端筋の柱・梁接合部への定着方法に関する実験的研究，コンクリート工学年次論文報告集，Vol. 15，No. 2，pp. 695-700，1993.6
- [8.A55] カストロ ホワン ホセ他：プレキャストコンクリートの柱梁接合部の耐震性状に関する研究，日本建築学会構造系論文集，No. 455，pp. 113-126，1994.6
- [8.A56] 宮崎史他：接合部にはり主筋を機械式定着した部分架構の強度と靱性，コンクリート工学年次論文報告集，Vol. 16，No. 2，pp. 717-722，1994.6
- [8.A57] Juan J. Castro 他：Seismic Behavior of Precast Beam-Column Joints with Eccentricity，コンクリート工学年次論文報告集，Vol. 16，No. 2，pp. 829-834，1994.6
- [8.A58] 金田和浩他：SD490 を用いた RC 柱梁接合部のせん断強度と定着性能，コンクリート工学年次論文報告集，Vol. 17，No. 2，pp. 309-314，1995.6
- [8.A59] 窪田敏行他：はり主筋を機械式定着した外柱・はり接合部の破壊性状，コンクリート工学年次論文報告集，Vol. 17，No. 2，pp. 1189-1194，1995.6
- [8.A60] 田畑健他：高強度材料を用いた RC 柱梁接合部の補修に関する実験的研究，構造工学論文集，Vol. 42B，pp. 149-160，1996.3
- [8.A61] 深澤協三他：高せん断力を受ける RC 造立体内柱はり接合部に関する実験的研究，構造工学論文集，Vol. 42B，pp. 161-168，1996.3
- [8.A62] 姜柱他：RC 骨組内の柱・梁接合部の入力せん断力と梁通し筋の付着に関する研究，構造工学論文集，Vol. 42B，pp. 169-179，1996.3
- [8.A63] 石田健吾他：二方向地震力を受ける鉄筋コンクリート隅柱・梁接合部のせん断耐力，コンクリート工学年次論文報告集，Vol. 18，No. 2，pp. 953-958，1996.6
- [8.A64] 奥田明久他：機械式定着法を用いた鉄筋コンクリート造ト型柱梁接合部の動的な定着性状に関する研究，コンクリート工学年次論文報告集，Vol. 18，No. 2，pp. 971-976，1996.6
- [8.A65] 大久保全陸他：梁端下端筋限定曲げ降伏機構を有する梁柱部分骨組の水平加力時挙動，コンクリート工学年次論文報告集，Vol. 19，No. 2，pp. 867-872，1997.6
- [8.A66] 吉野正弘他：梁曲げ降伏後に接合部破壊する RC 造内部梁・柱接合部の力学的挙動，コンクリート工学年次論文報告集，Vol. 19，No. 2，pp. 987-992，1997.6
- [8.A67] 小田稔他：高強度鉄筋コンクリート造中柱梁接合部の梁主筋の付着性状，コンクリート工学年次論文報告集，Vol. 19，No. 2，pp. 993-998，1997.6
- [8.A68] 川合拓他：高強度材料を用いた RC 柱梁接合部の力学的性状に関する実験的研究，コンクリート工学年次論文報告集，Vol. 19，No. 2，pp. 1011-1016，1997.6
- [8.A69] 下中裕史他：鉄筋コンクリート T 字型、L 字型柱・梁接合部のせん断耐力，コンクリート工学年次論文報告集，Vol. 19，No. 2，pp. 1023-1028，1997.6
- [8.A70] 後藤康明他：RC 骨組の内部柱梁接合部における梁主筋定着と破壊性状の関係，コンクリート工学年次論文報告集，Vol. 20，No. 3，pp. 505-510，1998.6
- [8.A71] 立石眞男他：柱梁接合部における梁曲げ降伏後の破壊形式に関する実験的研究，コンクリート工学年次論文報告集，Vol. 20，No. 3，pp. 517-522，1998.6
- [8.A72] 武田信治他：鉄筋コンクリート造内部梁・柱接合部の補強筋の力学的挙動，コンクリート工学年次論文報告集，Vol. 20，No. 3，pp. 541-546，1998.6
- [8.A73] 中西三和他：鉄筋コンクリート造ト型柱梁接合部の力学的性状に及ぼす載荷速度の影響に関する実験的研究，コンクリート工学年次論文報告集，Vol. 20，No. 3，pp. 553-558，1998.6
- [8.A74] 村上雅英他：ト型骨組試験によるはり主筋を機械式定着した接合部の破壊性状，コンクリート工学論文集，Vol. 9，No. 1，pp. 1-9，1998.1

- [8.A75] 宮内靖昌他：柱主筋を圧接コブ定着とした RC 架構の力学性状に関する研究，コンクリート工学年次論文報告集，Vol. 21，No. 3，pp. 313-318，1999.6
- [8.A76] 山田高史他：変動軸力を受ける鉄筋コンクリート造外柱梁接合部の力学的性状に関する実験的研究，コンクリート工学年次論文報告集，Vol. 21，No. 3，pp. 637-342，1999.6
- [8.A77] 濱田真他：引張軸力を受ける RC 外部柱梁接合部に関する実験的研究，コンクリート工学年次論文報告集，Vol. 21，No. 3，pp. 667-672，1999.6
- [8.A78] 立石眞男他：柱梁接合部の破壊形式と補強方法の有効性に関する実験的研究，コンクリート工学年次論文報告集，Vol. 21，No. 3，pp. 673-678，1999.6
- [8.A79] 森田真司他：RC 内柱梁接合部のせん断強度に及ぼす梁主筋付着と柱軸力の影響，コンクリート工学年次論文報告集，Vol. 21，No. 3，pp. 679-684，1999.6
- [8.A80] 楊成旭他：プレストレストコンクリート柱梁接合部のせん断抵抗機構に関する実験的研究，コンクリート工学年次論文報告集，Vol. 21，No. 3，pp. 685-690，1999.6
- [8.A81] 木村秀樹他：梁主筋端部に鉄筋こぶ定着を用いた高強度コンクリート外部柱・梁接合部の力学性状に関する研究，コンクリート工学年次論文報告集，Vol. 21，No. 3，pp. 691-696，1999.6
- [8.A82] Safaa ZAID 他：TEST OF NEW REINFORCING DETAIL FOR REINFORCED CONCRETE INTERIOR BEAM-COLUMN JOINT，構造工学論文集，Vol. 46B，pp. 561-569，2000.3
- [8.A83] 中野智晴他：壁梁が柱に偏心して取り付く場合の RC 接合部の力学的挙動，構造工学論文集，Vol. 46B，pp. 571-582，2000.3
- [8.A84] 高崎雄太他：梁曲げ降伏する鉄筋コンクリート造内部梁・柱接合部の補強筋の挙動，コンクリート工学年次論文報告集，Vol. 22，No. 3，pp. 691-696，2000.6
- [8.A85] 川勝康志郎他：梁主筋を機械式定着した外部柱・梁接合部のせん断性状，コンクリート工学年次論文報告集，Vol. 22，No. 3，pp. 703-708，2000.6
- [8.A86] 柴田浩二他：機械式に定着された外柱梁接合部の構造性能に関する研究，コンクリート工学年次論文報告集，Vol. 22，No. 3，pp. 1231-1236，2000.6
- [8.A87] 田畑卓他：鉄筋コンクリート造 L 形柱梁接合部のせん断性状に及ぼす主筋定着の影響，日本建築学会大会学術講演梗概集，C，構造 II，pp. 823-824，2000.7
- [8.A88] 石田健吾他：鉄筋コンクリート十字型柱梁接合部の実大実験，コンクリート工学年次論文報告集，Vol. 23，No. 3，pp. 343-348，2001.6
- [8.A89] 田畑卓他：RC 造ト・T・L 形柱梁接合部のせん断および定着性状，コンクリート工学年次論文報告集，Vol. 23，No. 3，pp. 373-378，2001.6
- [8.A90] 青田晃治他：最上階柱梁接合部におけるプレート定着工法に関する研究，コンクリート工学年次論文報告集，Vol. 23，No. 3，pp. 391-396，2001.6
- [8.A91] 雀建宇他：L 字形及び T 字形接合部のせん断耐力に及ぼす接合部の配筋ディテールの影響，コンクリート工学年次論文報告集，Vol. 23，No. 3，pp. 397-402，2001.6
- [8.A92] サトウ アフォンソ トシイチ他：梁にプレストレスのある RC 外部柱梁接合部のせん断抵抗機構，コンクリート工学年次論文報告集，Vol. 23，No. 3，pp. 409-414，2001.6
- [8.A93] 石川裕次他：梁主筋に高強度鉄筋(USD685)を用いた柱・梁接合部の力学性状，コンクリート工学年次論文報告集，Vol. 23，No. 3，pp. 415-420，2001.6
- [8.A94] 増田安彦他：外殻プレキャストを用いた梁と RC 柱の接合部の力学性状に関する研究，コンクリート工学年次論文報告集，Vol. 23，No. 3，pp. 655-660，2001.6
- [8.A95] 大和田義正他：機械式定着金物を柱頭柱主筋の定着に使用した L 字形、T 字形接合部の耐力と変形性能—機械式定着工法の構造性能に関する研究 (No.12)，日本建築学会大会学術講演梗概集，C-2，構造 IV，pp. 257-258，2001.9
- [8.A96] 成瀬忠他：柱主筋のプレート定着工法に関する研究 (その 3) T 型架構実験の概要と結果，日本建築学会大会学術講演梗概集，C-2，構造 IV，pp. 261-262，2001.9

第 8 章 柱梁接合部

- [8.A97] 工藤祐也他：配筋の異なる RC 造柱・梁接合部の耐震性能に関する実験的研究，コンクリート工学年次論文集，Vol. 24，No. 2，pp. 349-354，2002.6
- [8.A98] 黒澤亮太郎他：RC 造偏心柱梁接合部の耐震性能に関する実験的研究，コンクリート工学年次論文集，Vol. 24，No. 2，pp. 361-366，2002.6
- [8.A99] 山崎慎介他：偏心を有する RC 内部柱梁接合部における接合部せん断入力量と破壊形式の関係，コンクリート工学年次論文集，Vol. 24，No. 2，pp. 379-384，2002.6
- [8.A100] 松本聡裕他：梁が柱に偏心接合する場合の内部梁・柱接合部の力学的挙動，コンクリート工学年次論文集，Vol. 24，No. 2，pp. 385-390，2002.6
- [8.A101] 鈴木武文他：十字形内柱・梁接合部の補強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. 24，No. 2，pp. 403-408，2002.6
- [8.A102] 細矢博他：柱主筋位置が柱梁接合部の構造性能に与える影響，コンクリート工学年次論文集，Vol. 24，No. 2，pp. 427-432，2002.6
- [8.A103] サトウ アフォンソ トシイチ他：梁主筋降伏後に接合部せん断破壊した RC 外部柱梁接合部の実験，コンクリート工学年次論文集，Vol. 24，No. 2，pp. 439-444，2002.6
- [8.A104] 小島陽一他：変動軸力を受ける鉄筋コンクリート造 T 形柱梁接合部の定着法に関する実験的研究，コンクリート工学年次論文集，Vol. 24，No. 2，pp. 445-450，2002.6
- [8.A105] 中澤春生他：主筋を機械式定着した鉄筋コンクリート造柱梁接合部の構造性能に関する実験，コンクリート工学年次論文集，Vol. 24，No. 2，pp. 847-852，2002.6
- [8.A106] 沼田卓也他：機械式定着金物を柱頭柱主筋の定着に使用した T 字形接合部の耐力と変形性能—機械式定着工法の構造性能に関する研究 (No.13)，日本建築学会大会学術講演梗概集，C-2，構造 IV，pp. 555-556，2002.8
- [8.A107] 森田真司他：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研究，コンクリート工学年次論文集，Vol. 25，No. 2，pp. 457-462，2003.7
- [8.A108] 高谷真次他：柱梁接合部内機械式継手の付着性状に関する実験的研究，コンクリート工学年次論文集，Vol. 25，No. 2，pp. 463-468，2003.7
- [8.A109] 近藤龍哉他：新しい配筋方法による RC 造柱梁接合部のせん断耐力に関する実験的研究，コンクリート工学年次論文集，Vol. 25，No. 2，pp. 469-474，2003.7
- [8.A110] 岡野裕他：RC 造 L 字形柱梁接合部の破壊性状と補強効果に関する実験的研究，コンクリート工学年次論文集，Vol. 25，No. 2，pp. 475-480，2003.7
- [8.A111] 石橋一彦他：梁が曲げ降伏する内柱・梁接合部の破壊を抑制する斜補強筋の効果，コンクリート工学年次論文集，Vol. 25，No. 2，pp. 481-486，2003.7
- [8.A112] 沼田卓也他：機械式定着工法を用いた T 字形接合部の耐力と変形性能，コンクリート工学年次論文集，Vol. 25，No. 2，pp. 487-492，2003.7
- [8.A113] 井上寿也他：機械式定着工法による曲げ降伏先行型・L 形および T 形 RC 造部分架構の終局耐力と変形性能，コンクリート工学年次論文集，Vol. 25，No. 2，pp. 499-504，2003.7
- [8.A114] 辻哲郎他：偏心を有する RC 造内柱梁接合部のせん断破壊性状に関する実験的研究，コンクリート工学年次論文集，Vol. 25，No. 2，pp. 529-534，2003.7
- [8.A115] 東川敬子他：梁が柱に偏心して接続する RC 造十字型柱梁接合部の実験，コンクリート工学年次論文集，Vol. 25，No. 2，pp. 541-546，2003.7
- [8.A116] 鬼海正臣他：機械式に定着された外柱梁接合部の構造性能に関する研究，コンクリート工学年次論文集，Vol. 25，No. 2，pp. 907-912，2003.7
- [8.A117] 竹内博幸他：円形定着板により機械式定着された T 形接合部に関する実験的研究，コンクリート工学年次論文集，Vol. 25，No. 2，pp. 913-918，2003.7
- [8.A118] 石渡康弘他：円形定着板により機械式定着された T 形接合部に関する実験的研究，コンクリート工学年次論文集，Vol. 25，No. 2，pp. 919-924，2003.7

- [8.A119] 中村一彦他：円形定着板により機械式定着されたL形接合部に関する実験的研究，コンクリート工学年次論文集，Vol. 25，No. 2，pp. 925-930，2003.7
- [8.A120] 井口良平他：梁主筋に定着板を用いた外柱・梁接合部の破壊性状に関する実験的研究，コンクリート工学年次論文集，Vol. 25，No. 2，pp. 943-948，2003.7
- [8.A121] 井上寿也他：機械式定着工法によるL形RC造部分架構での柱梁接合部のせん断余裕度と横補強筋の効果（その1 実験計画と実験結果），日本建築学会大会学術講演梗概集，C-2，構造IV，pp. 523-524，2003.9
- [8.A122] 小林宗悟他：鉄筋コンクリート造内部梁・柱接合部の破壊性状への接合部アスペクト比の影響，構造工学論文集，Vol. 50B，pp. 67-76，2004.3
- [8.A123] 井上寿也他：機械式定着工法によるRC外柱梁部分架構の終局耐力と変形性能に関する実験，コンクリート工学年次論文集，Vol. 26，No. 2，pp. 397-402，2004.6
- [8.A124] 上原修一他：RC造柱梁十字形接合部の破壊機構に関する基礎的研究，コンクリート工学年次論文集，Vol. 26，No. 2，pp. 415-420，2004.6
- [8.A125] 石橋一彦他：機械式定着を最上階T形柱梁接合部の柱主筋に使用する工法の実験的研究，コンクリート工学年次論文集，Vol. 26，No. 2，pp. 421-426，2004.6
- [8.A126] 真田暁子他：超高強度材料を用いた外柱梁接合部に関する実験的研究，コンクリート工学年次論文集，Vol. 26，No. 2，pp. 463-468，2004.6
- [8.A127] 丸田誠他：170 N/mm²を超える高強度コンクリートを用いた内柱梁接合部の挙動，コンクリート工学年次論文集，Vol. 26，No. 2，pp. 469-474，2004.6
- [8.A128] 渡部杏子他：梁主筋を機械式定着した高強度コンクリート造外柱梁接合部の変形性能，コンクリート工学年次論文集，Vol. 26，No. 2，pp. 481-486，2004.6
- [8.A129] 石川裕次他：接合部一体型プレキャスト柱・梁接合部の力学的挙動，コンクリート工学年次論文集，Vol. 26，No. 2，pp. 505-510，2004.6
- [8.A130] YUE Wei 他：PC外柱梁接合部の力学性状に及ぼす鋼材定着位置の影響，コンクリート工学年次論文集，Vol. 26，No. 2，pp. 661-666，2004.6
- [8.A131] 坂田弘安他：PC圧着関節を用いた損傷制御架構の柱梁接合部せん断性状に関する実験研究，日本建築学会構造系論文集，No. 588，pp. 141-147，2005.2
- [8.A132] 長谷川勇樹他：梁主筋を機械式定着した高強度鉄筋コンクリート造外柱梁接合部の構造性能，コンクリート工学年次論文集，Vol. 27，No. 2，pp. 373-378，2005.6
- [8.A133] 増田安彦他：機械式継手を用いた高強度コンクリート造十字型柱梁接合部の力学性状に関する研究，コンクリート工学年次論文集，Vol. 27，No. 2，pp. 379-384，2005.6
- [8.A134] 上甲尚典他：200N/mm²級超高強度繊維補強コンクリートを用いた柱梁接合部の復元力特性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，pp. 691-696，2005.6
- [8.A135] 清水弥一他：柱主筋定着板工法における最上階T形柱梁接合部の実験的研究（その5 スパイラル筋と逆U字筋を用いた試験体の耐力と変形性能），日本建築学会大会学術講演梗概集，C-2，構造IV，pp. 281-282，2005.9
- [8.A136] 渡辺英義他：超高強度コンクリートを用いたRC柱梁接合部の構造性能，日本建築学会構造系論文集，No. 603，pp. 123-130，2006.5
- [8.A137] 高森直樹他：実大RC内柱・梁接合部に関する実験的研究，コンクリート工学年次論文集，Vol. 28，No. 2，pp. 283-288，2006.7
- [8.A138] 田中信也他：RC造内部梁・柱接合部への柱端からの鉛直方向力に関する研究，コンクリート工学年次論文集，Vol. 28，No. 2，pp. 289-294，2006.7
- [8.A139] 澤田和宏他：鉄筋コンクリート造内部梁・柱接合部のせん断入力量と付着指標の変化に伴う梁主筋付着性状，コンクリート工学年次論文集，Vol. 28，No. 2，pp. 307-312，2006.7
- [8.A140] 上原修一他：緊張PC鋼棒により横補強したRC造柱はり接合部の弾塑性性状，コンクリート工学年次論文集，Vol. 28，No. 2，pp. 313-318，2006.7

第8章 柱梁接合部

- [8.A141] 祐本和也他：RC造柱梁十字形接合部の面外補強効果に関する実験的研究，コンクリート工学年次論文集，Vol. 28, No. 2, pp. 325-330, 2006.7
- [8.A142] 足立将人他：梁主筋を機械式定着およびU型定着したRC造ト形接合部の抵抗機構，コンクリート工学年次論文集，Vol. 29, No. 3, pp. 217-222, 2007.7
- [8.A143] 楠原文雄他：多軸複合応力を受ける鉄筋コンクリート造柱梁接合部の復元力特性と損傷特性，コンクリート工学年次論文集，Vol. 29, No. 3, pp. 235-240, 2007.7
- [8.A144] 上原修一他：緊張PC鋼棒で外部横補強したRC造柱梁十字形接合部の補強効果に関する研究，コンクリート工学年次論文集，Vol. 29, No. 3, pp. 253-258, 2007.7
- [8.A145] 宮内靖昌他：梁主筋を後挿入するプレキャストRC柱梁接合部の力学性状，コンクリート工学年次論文集，Vol. 30, No. 3, pp. 301-306, 2008.7
- [8.A146] 諸伏勲他：機械式定着工法を用いた高強度ト型柱梁接合部の降伏時変形に関する研究，コンクリート工学年次論文集，Vol. 30, No. 3, pp. 349-354, 2008.7
- [8.A147] 鈴木裕介他：斜補強筋および鋼繊維補強高強度コンクリートを用いたRC造柱・梁接合部の弾塑性挙動に関する実験的研究，コンクリート工学年次論文集，Vol. 30, No. 3, pp. 361-366, 2008.7
- [8.A148] 佐川隆之他：高強度梁主筋を接合部内機械式継手とした十字型接合部の構造性能に関する実験，コンクリート工学年次論文集，Vol. 30, No. 3, pp. 367-372, 2008.7
- [8.A149] 増田安彦他：接合部・梁一体型プレキャスト架構の力学性状に関する研究，コンクリート工学年次論文集，Vol. 30, No. 3, pp. 571-576, 2008.7
- [8.A150] 高稻宜和他：多数回繰返し地震荷重を受けるRC柱梁接合部の構造特性，コンクリート工学年次論文集，Vol. 30, No. 3, pp. 985-990, 2008.7
- [8.A151] 田川浩之他：機械式定着工法によるSRC造T形，L形柱梁接合部の構造性能に関する実験的研究，コンクリート工学年次論文集，Vol. 30, No. 3, pp. 1387-1392, 2008.7
- [8.A152] 高橋文美他：機械式定着を用いたRC造L形柱梁接合部の履歴性状に関する実験的研究，日本建築学会大会学術講演梗概集，C-2，構造IV，pp. 145-146, 2008.9
- [8.A153] 後藤佑生他：機械式定着を用いたRC造T形柱梁接合部の履歴性状に関する実験的研究，日本建築学会大会学術講演梗概集，C-2，構造IV，pp. 151-152, 2008.7
- [8.A154] 大久保香織他：Fe180N/mm²の超高強度コンクリートを用いた鉄筋コンクリート造柱梁接合部の耐震性能，コンクリート工学年次論文集，Vol. 31, No. 2, pp. 271-276, 2009.6
- [8.A155] 松本智夫他：梁が偏心して取付いたRC造中柱接合部のせん断耐力性状に関する実験的研究，コンクリート工学年次論文集，Vol. 31, No. 2, pp. 283-288, 2009.6
- [8.A156] 石岡拓他：プレキャスト鉄筋コンクリート造骨組の最上階主筋の定着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. 31, No. 2, pp. 289-294, 2009.6
- [8.A157] 楠原文雄他：柱と梁の曲げ終局強度が等しい十字形鉄筋コンクリート造柱梁接合部の破壊性状，コンクリート工学年次論文集，Vol. 31, No. 2, pp. 313-318, 2009.6
- [8.A158] 足立将人他：機械式定着工法によるRC造T形およびL形柱梁部分架構の構造性能に及ぼす直交梁の影響，コンクリート工学年次論文集，Vol. 31, No. 2, pp. 349-354, 2009.6
- [8.A159] 鈴木淳史他：最上階T型RC造柱梁接合部に機械式定着を用いる場合の構造方式に関する実験的研究，コンクリート工学年次論文集，Vol. 31, No. 2, pp. 355-360, 2009.6
- [8.A160] 清原俊彦他：最上階L形柱梁接合部に機械式定着を用いる場合の構造方式に関する実験的研究，コンクリート工学年次論文集，Vol. 31, No. 2, pp. 361-366, 2009.6
- [8.A161] 高津比呂人他：鋼繊維混入超高強度コンクリートを用いた柱梁接合部に関する実験的研究，コンクリート工学年次論文集，Vol. 31, No. 2, pp. 559-564, 2009.6
- [8.A162] 楠原文雄他：柱と梁の曲げ強度の比が小さい鉄筋コンクリート造十字形柱梁接合部の耐震性能，日本建築学会構造系論文集，Vol. 75, No.656, pp. 1873-1882, 2010.10
- [8.A163] 迫田丈志他：機械式定着工法を用いた外部柱・梁接合部の終局強度に与える接合部アスペクト比の影響に関する実験的研究，構造工学論文集，Vol. 56B, pp. 67-74, 2010.3

- [8.A164] 杉本訓祥他：梁端部に機械式継手を設けた柱梁接合部架構の静的載荷実験，コンクリート工学年次論文集，Vol. 32, No. 2, pp. 247-252, 2010.6
- [8.A165] 三浦耕太他：梁主筋に機械式定着工法を用いたト形接合部の形状が構造性能に与える影響に関する実験的研究，コンクリート工学年次論文集，Vol. 32, No. 2, pp. 259-264, 2010.6
- [8.A166] 高橋俊之他：多数回繰り返し変形を受ける RC 造柱梁接合部の劣化性状，コンクリート工学年次論文集，Vol. 32, No. 2, pp. 283-288, 2010.6
- [8.A167] 尾崎英介他：画像計測に基づく RC 造柱梁接合部の損傷評価，コンクリート工学年次論文集，Vol. 32, No. 2, pp. 301-306, 2010.6
- [8.A168] 田尻清太郎他：RC 造十字型柱梁接合部の局部変形に関する実験的研究，コンクリート工学年次論文集，Vol. 32, No. 2, pp. 325-330, 2010.6
- [8.A169] 田尻清太郎他：RC 造十字形柱梁接合部の履歴吸収エネルギーに及ぼす補強筋量・軸力・付着の影響に関する実験的研究（その 1, 2）, C-2, 構造 IV, pp. 441-444, 2010.7
- [8.A170] 鈴木裕輔他：鋼繊維補強コンクリートおよび斜補強筋を用いた高強度 RC 造柱・梁接合部の弾塑性挙動に関する実験的研究，構造工学論文集，Vol. 57B, pp. 551-558, 2011.3
- [8.A171] 佐藤えり香他：左右の梁せいの異なる鉄筋コンクリート造柱梁接合部の力学性状に関する実験研究，構造工学論文集，Vol. 57B, pp. 559-564, 2011.3
- [8.A172] 澤田晃成他：多数回繰り返し変形を受ける RC 梁部材の劣化性状に関する研究，コンクリート工学年次論文集，Vol. 33, No. 2, pp. 247-252, 2011.6
- [8.A173] 加藤史明他：機械式定着を用いた RC 造最上階 L 形柱梁接合部の構造方式に関する実験的研究，コンクリート工学年次論文集，Vol. 33, No. 2, pp. 289-294, 2011.6
- [8.A174] 傳野悟史他：超高強度材料を用いた鉄筋コンクリート造柱梁接合部に関する実験的研究，コンクリート工学年次論文集，Vol. 33, No. 2, pp. 307-312, 2011.6
- [8.A175] 楠原文雄他：架構内での変形を模した境界条件による鉄筋コンクリート造外部柱梁接合部部分架構の実験，コンクリート工学年次論文集，Vol. 33, No. 2, pp. 343-348, 2011.6
- [8.A176] 三本菅良太他：RC 造ト形接合部の立面形状が復元力特性に与える影響に関する実験，コンクリート工学年次論文集，Vol. 33, No. 2, pp. 361-366, 2011.6
- [8.A177] 岡田大介他：折曲げ定着された RC 外柱梁架構の柱梁接合部せん断破壊と定着破壊の相互関係，コンクリート工学年次論文集，Vol. 33, No. 2, pp. 673-678, 2011.6
- [8.A178] 後藤尚哉他：鉄筋コンクリート柱梁 L 字形接合部の応力伝達に関する実験的研究，日本建築学会大会学術講演梗概集，C-2, 構造 IV, pp. 475-476, 2011.7
- [8.A179] 楠原文雄他：柱幅が大きく柱梁曲げ強度比が小さい鉄筋コンクリート造十字形柱梁接合部の実験，日本建築学会大会学術講演梗概集，C-2, 構造 IV, pp. 495-496, 2011
- [8.A180] 石木健士朗他：RC 十字形柱梁接合部パネルの破壊機構に関する実験的研究，C-2, 構造 IV, pp. 497-498, 2011
- [8.A181] 佐川隆之他：多数回繰り返し外力を受ける鉄筋コンクリート造柱梁接合部の静的載荷実験（その 1, 2），日本建築学会大会学術講演梗概集，C-2, 構造 IV, pp. 747-750, 2011.7
- [8.A182] 益尾潔他：機械式柱主筋・外定着による RC 造最上階 L 形柱梁接合部の構造性能（その 1, 2），日本建築学会大会学術講演梗概集，C-2, 構造 IV, pp. 477-480, 2011.8
- [8.A183] 吉村匡裕他：機械式定着を用いた RC 造 L 形柱梁接合部の柱頭部拘束筋の効果に関する実験的研究（その 1, 2），日本建築学会大会学術講演梗概集，C-2, 構造 IV, pp. 481-484, 2011.8
- [8.A184] 野崎博他：機械式定着による RC 造ト形、T 形柱梁接合部における横補強筋鋼種の影響（その 1 実験概要），日本建築学会大会学術講演梗概集，C-2, 構造 IV, pp. 533-534, 2011.8
- [8.A185] 楠原文雄他：鉄筋コンクリート造十字形柱梁接合部の強度に及ぼす柱・梁のスパン長さの影響，日本地震工学会大会-2011 梗概集，pp. 368-369, 2011
- [8.A186] 澤口香織他：鉄筋コンクリート造柱梁接合部の塑性域における多数回繰り返し挙動 その 1 静的載荷実験および梁の復元力モデル，日本建築学会構造系論文集，Vol.77, No.677, pp. 1123-1129, 2012.7

第8章 柱梁接合部

- [8.A187] 傅野悟史他：多数回繰り返し変形を受ける RC 造柱梁接合部の劣化性状 無補強，梁端部補強，補修に関する実験的研究，構造工学論文集，Vol.58B，pp. 15-24，2012.3
- [8.A188] 佐島悠太他：途上国の不適切な構造詳細を有する RC 外柱梁接合部の小型模型実験による性能評価，構造工学論文集，Vol.58B，pp. 41-47，2012.3
- [8.A189] 中村聡宏他：袖壁補強骨組を対象とした外付け梁補強工法に関する研究，構造工学論文集，Vol.58B，pp. 49-56，2012.3
- [8.A190] 西倉幾他：袖壁・腰壁・垂れ壁付き柱梁十字型接合部の剛域設定の評価に関する実験的研究，コンクリート工学年次論文集，Vol. 34，No. 2，pp. 229-234，2012
- [8.A191] 楠原文雄他：鉄筋コンクリート造十字形柱梁接合部部分架構の履歴エネルギー吸収能に関する検討，コンクリート工学年次論文集，Vol. 34，No. 2，pp. 270-276，2012
- [8.A192] 堀田久人他：鉄筋コンクリート柱梁 L 字形接合部せん断強度に及ぼす主筋配筋の影響に関する実験的研究，コンクリート工学年次論文集，Vol. 34，No. 2，pp. 283-288，2012
- [8.A193] 吉村匡裕他：機械式定着工法を用いた最上階外部柱梁接合部の構造性能向上に関する実験的研究，コンクリート工学年次論文集，Vol. 34，No. 2，pp. 289-294，2012
- [8.A194] 三本菅良太他：柱せい・梁せいより定まる接合部立面形状を考慮した RC 造外部柱梁接合部の終局強度と変形に関する実験的研究，コンクリート工学年次論文集，Vol. 34，No. 2，pp. 295-300，2012
- [8.A195] 澤木講治郎他：鉄筋コンクリート造柱・梁接合部パネル内に鋼板バンドを用いた場合の力学性状，コンクリート工学年次論文集，Vol. 34，No. 2，pp. 307-312，2012
- [8.A196] 竹内卓也他：鋼板によりせん断補強した RC 造柱梁接合部の性能に関する基礎的研究，コンクリート工学年次論文集，Vol. 34，No. 2，pp. 313-318，2012
- [8.A197] 吉武謙二他：梁および柱の軸方向鉄筋の定着仕様が接合部性能に及ぼす影響，コンクリート工学年次論文集，Vol. 34，No. 2，pp. 541-546，2012
- [8.A198] 西村康志郎他：鉄筋コンクリート外柱梁接合部材の耐震性能に梁主筋量と接合部横補強筋量が与える影響に関する実験（その 1，2），C-2，構造 IV，pp. 481-484，2012.9
- [8.A199] 楠原文雄他：鉄筋コンクリート造 L 形柱梁接合部の耐震性能に及ぼす柱梁曲げ強度比の影響に関する実験，日本建築学会大会学術講演梗概集，C-2，構造 IV，pp. 485-486，2012.9
- [8.A200] 富永暖子他：直交梁を有する十字型柱梁接合部が 2 方向入力を受ける場合に耐震性能評価（その 1～3），日本建築学会大会学術講演梗概集，C-2，構造 IV，pp. 511-516，2012.9
- [8.A201] 益尾潔他：機械式柱主筋外定着による RC 造 L 形柱梁接合部の構造性能一統報 1，2，日本建築学会大会学術講演梗概集，C-2，構造 IV，pp. 531-534，2012.9
- [8.A202] 加藤史明他：微小突出形 RC 造 L 形柱梁接合部に機械式定着具を用いる際の柱頭部拘束筋の影響に関する実験的研究 その 1，2，日本建築学会大会学術講演梗概集，C-2，構造 IV，pp. 535-538，2012.9
- [8.A203] 青島雄大他：主筋の折曲げ形状が RC 造 L 字型接合部における定着性能に及ぼす影響に関する実験的研究，日本建築学会大会学術講演梗概集，C-2，構造 IV，pp. 551-552，2012.9
- [8.A204] 楠原文雄他：柱と梁の曲げ強度の比が小さい鉄筋コンクリート造ト形柱梁接合部の耐震性能，日本建築学会構造系論文集，Vol. 78，No.693，pp. 1939-1948，2013.11
- [8.A205] 李日兵他：途上国のせん断補強筋がないト形柱梁接合部の耐震補強法に関する基礎実験，コンクリート工学年次論文集，Vol. 35，No. 2，pp. 223-228，2013
- [8.A206] 焦博文他：主筋に機械式継手を有する鉄筋コンクリート造十字形柱梁接合部の耐震実験，コンクリート工学年次論文集，Vol. 35，No. 2，pp. 295-300，2013
- [8.A207] 川嶋裕司他：鉄筋コンクリート造柱梁接合部パネルに施した鋼板補強が破壊性状に及ぼす影響，コンクリート工学年次論文集，Vol. 35，No. 2，pp. 301-306，2013
- [8.A208] 西村 英一郎，清原 俊彦，田才 昇，楠 浩一：機械式定着を用いた梁柱接合部降伏が生じる可能性のある RC ト形柱梁接合部に関する実験的研究，コンクリート工学年次論文集，Vol.36 No.2，pp. 187-192，2014.7

- [8.A209] 佐藤 衛, 太田 哲朗, 鈴木 裕介, 前田 匡樹: RC 造ト形柱梁接合部の構造性能に及ぼす定着工法及び横補強筋量の影響, コンクリート工学年次論文集, Vol.36 No.2, pp. 193-198, 2014.7
- [8.A210] 諏訪田 晴彦, 小豆畑 達哉: 柱梁曲げ強度比が小さい RC 造段差梁-柱接合部の耐震性能に関する実験的研究, コンクリート工学年次論文集, Vol.36 No.2, pp. 223-228, 2014.7
- [8.A211] 五十嵐 大騎, 八十島 章: 低強度コンクリート柱梁接合部の耐震性能に関する実験的研究, コンクリート工学年次論文集, Vol.36 No.2, pp. 235-240, 2014.7
- [8.A212] 佐々木 成紀, 瑞慶覧 長尚, 古谷 章, 中西 三和: 長周期地震動を受ける超高層 RC 造建物の柱梁接合部の性能に関する実験的研究, コンクリート工学年次論文集, Vol.36 No.2, pp. 241-246, 2014.7
- [8.A213] 高津 比呂人, 木村 秀樹, 小島 正朗, 依田 和久: 高炉スラグ高含有セメントを用いた 100N/mm² 級高強度コンクリート構造部材の実験的研究, コンクリート工学年次論文集, Vol.36 No.2, pp. 379-384, 2014.7
- [8.A214] 益尾 潔, 堂下 航, 足立 将人, 田川 浩之: 機械式柱主筋定着方式による最上階 RC 造 L 形接合部の構造性能, 日本建築学会構造系論文集, Vol.79 No.697, pp. 411-418, 2014.3
- [8.A215] 李 曰兵, 真田 靖士: 袖壁増設による既存 RC ト形柱-梁接合部の耐震補強, 日本建築学会構造系論文集, Vol.79 No.705, pp. 1657-1665, 2014.11
- [8.A216] 岸田 慎司, 福山 拓真, 村田 義行: 部分的に高強度化した鉄筋を柱および梁主筋に用いた RC 造十字形柱梁接合部の実験, コンクリート工学年次論文集, Vol.37 No.2, pp. 277-282, 2015.7
- [8.A217] 周 よしき, 楠原 文雄, 塩原 等: 長期せん断力下の鉄筋コンクリート造十字形柱梁接合部の耐震実験, コンクリート工学年次論文集, Vol.37 No.2, pp. 289-294, 2015.7
- [8.A218] 太田 哲朗, 小池 拓矢, 鈴木 裕介, 前田 匡樹: 柱梁曲げ耐力比の小さい RC 造ト形柱梁接合部の構造性能に及ぼす接合部横補強筋の影響に関する実験的研究, コンクリート工学年次論文集, Vol.37 No.2, pp. 295-300, 2015.7
- [8.A219] 中西 崇, 清原 俊彦, 田才 晃: 機械式定着工法を用いた RC ト形柱梁接合部の変形性能に直交梁が及ぼす影響に関する実験的研究, コンクリート工学年次論文集, Vol.37 No.2, pp. 301-306, 2015.7
- [8.A220] 片江 拡, 北山 和宏: 3 方向加力される鉄筋コンクリート立体隅柱接合部の耐震性能に関する実験研究, 日本建築学会構造系論文集, Vol.80 No.713, pp. 1133-1143, 2015.7
- [8.A221] 堀田 久人, ムンフチョロン トップシンバートル: RC 造柱梁 L 形接合部のせん断強度に及ぼす引張主筋折曲げ半径の影響に関する実験的研究, 日本建築学会構造系論文集, Vol.80 No.718, pp. 1923-1930, 2015.12
- [8.A222] 市川 覚, 李 曰兵, 真田 靖士, バアル ファオマルバグ: 機械式定着を用いた T 形柱梁接合部の実験, コンクリート工学年次論文集, Vol.38, No.2, pp. 619-624, 2016.7
- [8.A223] 董 添文, 花井 伸明, 内田 和弘, 白川 敏夫: RC 段差梁柱接合部における応力伝達に関する研究, コンクリート工学年次論文集, Vol.38, No.2, pp. 301-306, 2016.7
- [8.A224] 岩田 希, 田才 晃, 斉藤 純毅, 北嶋 圭二: 鉄筋コンクリート造十字形柱梁接合部を対象とした多数回繰返し載荷実験, コンクリート工学年次論文集, Vol.38, No.2, pp. 313-318, 2016.7
- [8.A225] Bah Alpha Oumar Bagou, 市川 覚, 李 曰兵, 真田 靖士: 定着補強筋を配した T 形柱梁接合部の性能に梁柱曲げ耐力比が与える影響, コンクリート工学年次論文集, Vol.39 No.2, pp. 199-204, 2017.7
- [8.A226] 上野 卓実, 上原 修一, 青田 興明: RC 造ヒンジリロケーション柱梁接合部のせん断補強法に関する研究, コンクリート工学年次論文集, Vol.39 No.2, pp. 229-234, 2017.7
- [8.A227] 村井 克成, 市川 覚, 真田 靖士, Bah Alpha Oumar Bagou: 機械式定着部に対する横補強筋量を変動因子とする T 形柱梁接合部の実験, コンクリート工学年次論文集, Vol.39 No.2, pp. 481-486, 2017.7