

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 6 月 24 日現在

機関番号：22303

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2012～2014

課題番号：24560675

研究課題名(和文)鉄骨部材がRC部材に直交して埋め込まれる接合部の応力伝達機構の解明

研究課題名(英文)Elucidation of the stress transfer mechanism of joint embedded by orthogonalizing the steel member to the RC member

研究代表者

北野 敦則 (KITANO, Atsunori)

前橋工科大学・工学部・准教授

研究者番号：80250471

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 4,100,000円

研究成果の概要(和文)：鉄骨部材と鉄筋コンクリート部材が直交する接合部の応力伝達機構の解明を目的に実験的研究を行った。対象とする接合部は、柱RCはりS構造の外部接合部とし、実大の約1/2スケールの試験体を12体製作し、加力は地震時の応力状態を再現するように繰り返し静的加力を行った。実験の結果、接合部の破壊状況には、支圧破壊と掻き出し破壊の2つの破壊モードがあること、掻き出し破壊耐力は既往の耐力式で評価可能であるが、内部要素の支圧耐力とほぼ同程度になること、最大耐力にRC部材せいの影響は少ないがRC部材幅の影響は無視できないこと、掻き出し破壊モードの変形性能は支圧破壊よりも脆性的であること等を明らかにした。

研究成果の概要(英文)：The experimental study was carried out for the purpose of the elucidation of stress transfer mechanism of the joint in which the steel member is orthogonalized to reinforced concrete member. The joint as an object was an exterior joint of the S beam to RC column structure. The twelve specimens as an about 1/2 scales was prepared. The followings were clarified as a result of the experiment. In the failure mode of the joint, there are two failure modes of bearing failure and raking out failure. The ultimate strength of raking out failure could be evaluated past design equation, but it was almost equivalent bearing failure strength. Though at the maximum strength, the effect of the RC member depth is little, the effect of the RC member width can not be disregarded. The deformability of the raking out failure mode was brittle than the bearing failure mode.

研究分野：建築構造学

キーワード：柱RCはりS構造 柱梁接合部 支圧破壊 掻き出し破壊 終局せん断耐力

1. 研究開始当初の背景

現在、建築様式の多種多様なニーズに応えるため、単一構造部材だけではなく RC 柱鉄骨梁構造や RC コア壁構造外周鉄骨骨組の様に、RC 部材と鉄骨部材を適材適所に配置した合成構造が開発されており、構造物の安全性、経済性、施工性を考えると今後もこのような合成構造が採用されていくと考えられる。それらの構造は鋼とコンクリートを接合する部分が少なくとも存在する。現在、その接合部は既往の設計規準・指針類を用いて設計することが出来れば良いが、既往の設計規準類にない接合部については、構造実験あるいは解析手法によってその構造の安全性を検証する必要がある。しかしながら、そのような設計規準類にない接合部について安全性を検証することは非常に難しい。そこで多種多様な鋼とコンクリート接合部を網羅した設計法の確立が望ましい。また、日本建築学会の「鋼コンクリート合成構造運営委員会」では合成構造関係の規準類の見直しが図られ、合成構造規準類の親規準となる合成構造規準の策定がされており、子規準として従来の SRC 規準、SRC 配筋指針や CFT 規準などを位置づけ、合成構造の多様化に対応する方向で活動している¹⁾。その一環として 2011 年 2 月に日本建築学会より「鋼コンクリート構造接合部の応力伝達と抵抗機構」²⁾が発刊された。この書では、鋼とコンクリートの接合部に関して、その接合部を柱梁接合部や柱脚の様な部位別ではなく、接合部を力の作用する方向により「直交する接合部」、「直列的に結合する接合部」、「並列的に結合する接合部」の 3 種類に分類し、それぞれの応力伝達機構や抵抗機構について記述されている。このように分類することによって、鉄骨部材と RC 部材との間の基本的な応力伝達によって多種多様な鋼コンクリート接合部の設計法に対応できるようにしてある。しかしながら、概要論のみで実施設計する資料としては物足りない内容となっている。この要因として、鋼とコンクリートが接合されているこのような部位の研究資料は、その部位に特化し、特殊な補強を施された試験体についてその性能を評価するための実験ばかりであり、応力伝達機構を明らかにするという目的で行われた研究資料は希少であるためである。設計する構造物を想定する崩壊形式になるよう設計するためには、応力伝達機構や抵抗機構に基づき、接合部を精度良く設計しなければならない。

2. 研究の目的

本研究では「直交する接合部」の中でも研究資料が極めて少なく、設計法の確立まで至っていない「鉄骨部材が RC 部材に埋め込まれる接合部」を対象に、応力伝達機構および抵抗機構の解明および最適な補強方法の提案、さらには設計法の確立を目的に研究を行う。特に研究資料が極めて少ない T 形接合部を

対象とし、その応力伝達機構を明確にすることを目的とする。

3. 研究の方法

RC 部材と鉄骨部材が直交する接合部のうち、研究資料が極めて少ない T 形接合部について、実験的資料の蓄積と応力伝達機構の解明を目的に、接合部せん断抵抗性能および破壊性状の把握に主眼をおいた実験的研究を行った。

試験体は図 1 に示すように、実大の約 1/2 の平面 T 形試験体とし、RC 部材に鉄骨部材が直交して埋め込まれる形状とした。一般に RC 柱 S 梁接合部では、接合部の鉄骨に補強が施されることが多いが、鉄骨部材から RC 部材への応力伝達機構を単純に評価するために、本研究では鉄骨部材に補強はしていない。試験体は全て接合部の破壊を想定し設計を行った。

実験変数は、鉄骨の埋込み深さ、RC 部材幅と RC 部材せいとし、12 体の試験体を製作した。また、抵抗機構による接合部の内部要素 (S 部材幅) とそれ以外の外部要素の各耐力負担を見るために、内部要素と外部要素の間の応力伝達を絶縁するために空隙を設けた試験体も製作した。

加力は RC 部材に軸力を導入後、一定軸力を保持したまま、RC 部材に正負漸増水平方向繰り返し強制変位を与えた。

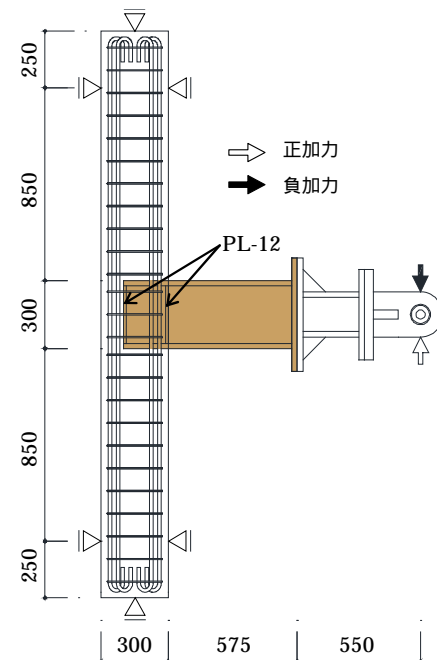
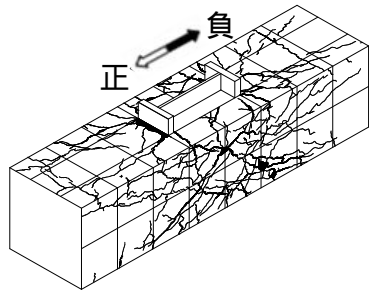


図 1 試験体概要 (基準試験体)

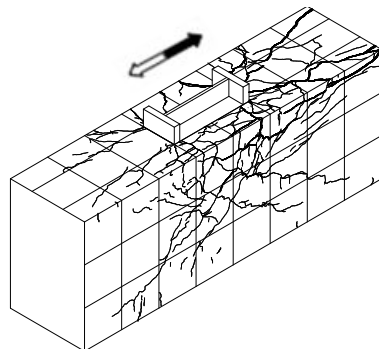
4. 研究成果

(1) 破壊性状

図 2 に破壊状況の一例を示す。S 部材の埋込みが浅い試験体は、深い試験体に比べ S 部材が掻き出されるようなひび割れが顕著に生じ、せん断ひび割れの発生はあまり見られ



RC 部材せい 300mm
鉄骨埋込み深さ 200mm



RC 部材せい 450mm
鉄骨埋込み深さ 200mm

図 2 最終破壊状況

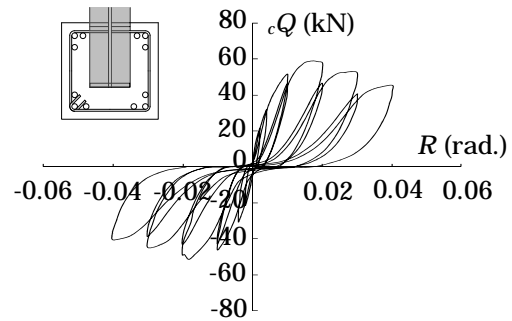
なかった。柱幅を大きくした試験体は、柱幅の小さい試験体に比べコンクリート表面に生じるひび割れの数はいくつか少なく、コンクリートの剥落も見られなかった。

最大荷重発揮時には、S 部材の埋込み始点において、鉄骨フランジ隅角部から RC 部材の材軸方向へ進展する割裂ひび割れが生じるとともに、S 部材引張側の埋込み近傍において、鉄骨フランジとコンクリートの間に隙間が生じた。また、鉄骨フランジおよびウェブで囲まれた領域とそれより外側のコンクリートとの間にも隙間が観察された。

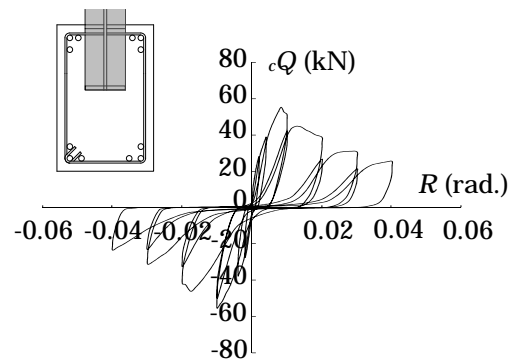
(2) 荷重変形関係

図 3 に荷重変形関係の一例を示す。鉄骨部材の埋込み深さの違いは破壊性状および耐力に与える影響が大きく、埋込みが浅い場合は荷重変形関係のループ形状が逆 S 字形状となった。鉄骨部材の埋込み深さが同じ場合、RC 部材せいの違いによる影響は見られなかったが、RC 部材幅が違う場合、最大耐力後の耐力低下に影響を及ぼす。

また、破壊モードの違いを比較すると揺出し破壊した試験体より支圧破壊した試験体の方が最大耐力は大きく最大耐力発揮時の変位も大きくなった。さらに、耐力の劣化割合も揺出し破壊した試験体の方が大きい。したがって、破壊モードの違いが最大耐力時の変位と最大耐力以降の耐力劣化割合に影響を与えていることが分かった。



RC 部材せい 300mm
鉄骨埋込み深さ 200mm



RC 部材せい 450mm
鉄骨埋込み深さ 200mm

図 3 荷重変形関係

(3) 最大耐力

鉄骨部材の埋込みが深い場合、既往の設計式で比較的良い対応を示しているが、埋込みが浅い場合は過大評価となる。また、S 部材の埋込み長さが RC 部材せいの半分程度以下の場合、内部要素の最大抵抗力は、S 部材埋込み始点の引張側コンクリートの揺出し破壊に支配される。さらに、内部要素の最大抵抗力に及ぼす RC 部材せいの影響は小さく、S 部材の埋込み長さの絶対値を用いて評価できるが、RC 部材幅の影響は無視できない。

なお、S 部材の埋込み長さが小さい T 形接合部の場合、内部要素の支圧耐力と揺出し破壊耐力がほぼ同程度になることに注意する必要があるが、支圧耐力は揺出し破壊を考慮した設計式の構築が必要である。

< 引用文献 >

- 1) 日本建築学会：「今後の合成構造の展開を考える」, 2012 年度日本建築学会大会 (東海) 構造部門 (SCCS) パネルディスカッション資料, 2012 年 9 月
- 2) 日本建築学会：鋼コンクリート構造接合部の応力伝達と抵抗機構, 2011. 2
- 3) 西村泰志, 堀江耕平, 岡本宗一郎, 永峰頌

子：柱 RC・梁 S とする梁貫通形式 L 字形および T 字形柱梁接合部の応力伝達機構と抵抗機構，日本建築学会構造系論文集，第 78 巻，第 688 号，pp.1167-1174，2013.6

4)日本建築学会：鉄筋コンクリート造建物の靱性保証型耐震設計指針・同解説，1999.8

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

〔雑誌論文〕(計 1 件)

北野 敦則，馬場 望，柱 RC 梁 S 造 T 形柱梁接合部における RC 部材の断面形状が内部要素の支圧耐力に与える影響，日本コンクリート工学会年次論文集，査読有，Vol.37，2015，印刷中

〔学会発表〕(計 4 件)

北野 敦則，津崎 一潤，西村 康志郎，後藤 康明，鉄骨梁が RC 柱に直交して埋め込まれる T 形接合部に関する実験的研究 その 1 試験体概要及び破壊性状，日本建築学会大会学術講演梗概集(北海道)，構造 ，2013，1455～1456

津崎 一潤，北野 敦則，西村 康志郎，後藤 康明，鉄骨梁が RC 柱に直交して埋め込まれる T 形接合部に関する実験的研究 その 2 荷重変形関係及び最大耐力，日本建築学会大会学術講演梗概集(北海道)，構造 ，2013，1457～1458

北野 敦則，馬場 望，鉄骨梁の埋込みが浅い柱 RC 梁 S 造 T 形柱梁接合部の力学的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(近畿)，構造 ，2014，1319-1320

北野 敦則，馬場 望，柱 RC 梁 S 造 T 形柱梁接合部における内部要素の支圧耐力に関する実験的研究，日本建築学会大会学術講演梗概集(関東)，構造 ，2015，印刷中

〔図書〕(計 件)

〔産業財産権〕

出願状況(計 0 件)

名称：

発明者：

権利者：

種類：

番号：

出願年月日：

国内外の別：

取得状況(計 0 件)

名称：

発明者：

権利者：

種類：

番号：

出願年月日：

取得年月日：

国内外の別：

〔その他〕

ホームページ等

6. 研究組織

(1)研究代表者

北野 敦則(KITANO Atsunori)

前橋工科大学・工学部・准教授

研究者番号：80250471

(2)研究分担者

(3)連携研究者

(4)研究協力者

西村 康志郎(NISHIMURA Koshiro)

馬場 望(BABA Nozomu)