

論文 RCS 接合部の水平圧縮束による応力伝達におよぼす軸力の効果

前田 安美^{*1}・馬場 望^{*2}・西村泰志^{*3}

要旨：本研究は、はり貫通形式 RCS 接合部の内部パネルから外部パネルへの応力伝達機構に関して、鉄骨フランジ上下面に形成される水平圧縮束による応力伝達におよぼす軸力の影響を実験的に検討した。その結果、水平圧縮束による内部パネルから外部パネルへの応力伝達に関して、軸力の影響はほとんど見られないことが示された。

キーワード：RCS 接合部、はり貫通形式、水平圧縮束、応力伝達機構

1. 序

柱は鉄筋コンクリート（以下、RC という）造、はり鉄骨（以下、S という）造で構成された柱 RC はり S 混合構造の柱はり接合部（以下、RCS 接合部という）に関して、合理的な設計法を確立するためには、S 部分から RC 部分、特に内部パネルから外部パネルへの応力伝達機構を実験的および理論的に明らかにする必要がある。

直交梁のないはり貫通形式 RCS 接合部の内部パネルから外部パネルへの応力伝達は内部パネルと外部パネルとの間のねじりモーメント¹⁾によるものと、鉄骨フランジ上下面に形成される水平圧縮束²⁾によるものが存在することが既往の研究によって明らかにされている。既報³⁾では、水平圧縮束によってなされる内部パネルから外部パネルへの応力伝達の効果について実験的に検討した。本報は、既報で示された水平圧縮束による応力伝達におよぼす軸力の影響を実験的に検討するものである。

2. 応力伝達機構の一考察

図-1 は、既報で示された RCS 接合部の水平圧縮束による内部パネルから外部パネルへの

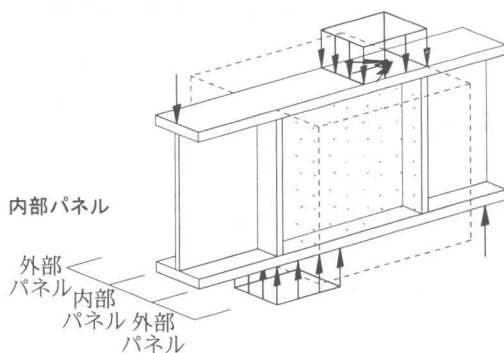
応力伝達機構を示している。はりが逆対称荷重を受けることに伴って、図-1(a) に示すように、内部パネルでは鉄骨フランジ上下面のてこ機構に基づく支圧力が生じる。一方、鉄骨フランジ上下面の支圧力によって生じる摩擦力 C_E は、鉄骨フランジ上下面に集中的にせん断補強筋が配置されているならば、せん断補強筋の引張力 T_b によって外部パネルに伝達され、外部パネルでは、図-1(b-1) および (b-2) に示すように、アーチ機構とトラス機構を形成して外力に抵抗することを示している。

既報では、てこ機構に基づく支圧力によって生じる摩擦力 C_E が、水平圧縮束を形成する要因となり、その圧縮束に作用する力は鉄骨フランジ上下面のせん断補強筋の引張力 T_b として外部パネルに伝達され、アーチ機構とトラス機構を形成して外力に抵抗することを明らかにした。しかし、図-1(a) に示すてこ機構に基づく摩擦力は、軸力の作用により増加することが考えられるため、水平圧縮束による内部パネルから外部パネルへの応力伝達の効果は増大すると推察される。そこで本報では、実験変数を用軸力の有無および接合部のせん断補強筋の有無とし、鉄骨フランジ上下面に形成される水平

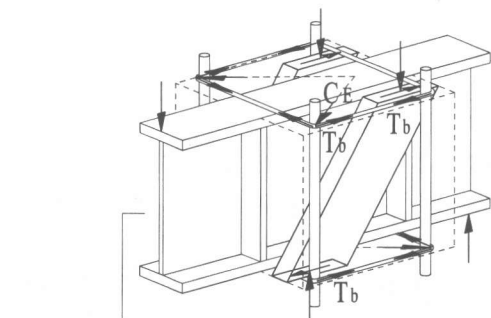
*1 大阪工業大学大学院博士前期課程 (正会員)

*2 大阪工業大学大学院博士後期課程 工修 (正会員)

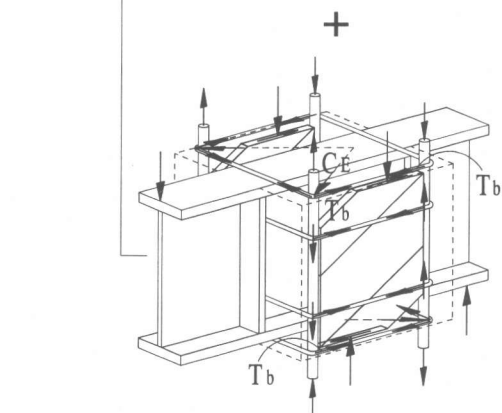
*3 大阪工業大学教授 工学部建築学科 工博 (正会員)



(a) コ機構



(b-1) アーチ機構



(b-2) トラス機構

図-1 水平圧縮束による応力伝達

圧縮束によってなされる内部パネルから外部パネルへの応力伝達におよぼす軸力の効果を実験的に検討する。なお、接合部のせん断補強筋の有無は、既報でも実験変数として用いたが、図-1(b-2)に示すトラス機構の耐力を検討するためのものである。

3. 実験計画

図-2は計画された試験体の接合部詳細を示す。水平圧縮束による応力伝達におよぼす軸力の効果を検討するために、計4体の試験体が製作された。各試験体とも図-3に示すように、内部パネルと外部パネルとの間に幅3mmのスリットを設けることによって、内部パネルから外部パネルへの応力伝達におよぼすねじりモーメントの影響が除去されている。

BC-0およびBCD-0試験体は、柱軸力が負荷されていない試験体、BC-0-02およびBCD-0-02試験体は、軸力比0.2に対応する軸力が柱に負荷される試験体である。これらを比較することで、水平圧縮束による応力伝達におよぼす作用軸力の影響を調べることができる。また、BCシリーズの試験体は、図-1(b-2)に示すトラス機構の釣合を成立させる接合部内のせん断補強筋が配筋されていない試験体であり、BCDシリーズの試験体は、図-1に示す抵抗機構をすべて含まれると考えられる試験体である。従って、BCシリーズとBCDシリーズを比較することで、水平圧縮束による応力伝達によって形成されるトラス機構の耐力を調べることができる。

図-4に試験体の形状寸法および鉄骨詳細を示す。試験体は交換可能な補助梁を取り付けることによって、所定の形状寸法となるようにし、実大の1/3程度の模型を想定している。いずれの試験体とも形状寸法およびS梁のディテールは同じであり、梁端の降伏が先行しないように、また、内部パネルがせん断破壊しないように設計されている。なお、接合部のせん断補強筋をコの字形にして、外部パネルとの間を接続していないのは、内部パネルと外部パネルとの間のねじりモーメントの影響を除去するためである。表-1に使用材料の力学的特性を示す。

実験は柱両端をピン支点とし、はり両端に正負2回の漸増繰り返し载荷を行うものである。

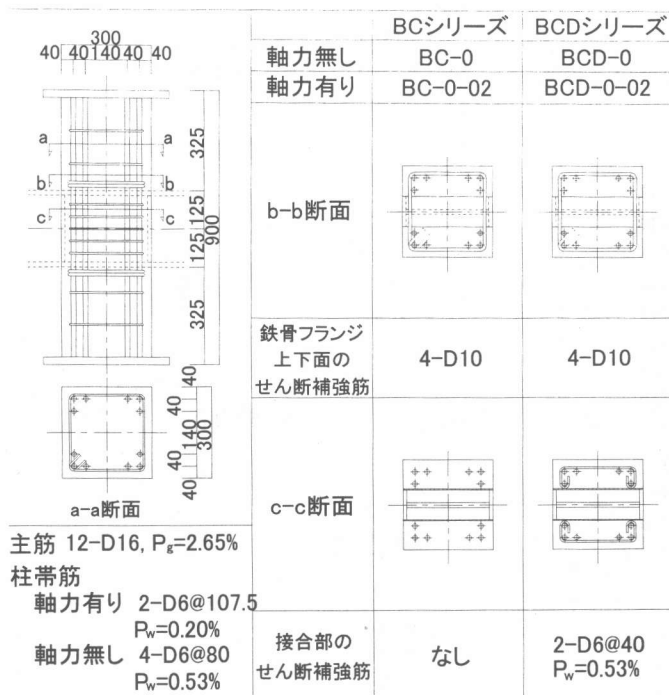


図 - 2 RC 柱および接合部の詳細

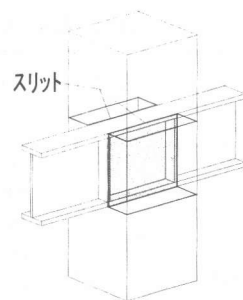


図 - 3 スリットの状況

4. 実験結果とその考察

図 - 5 は各試験体の最終破壊状況を示す。また、表 - 2 に各試験体の代表的なひび割れ発生荷重および最大荷重を示す。

柱の曲げひび割れ、接合部のせん断ひび割れおよび鉄骨フランジ上下面のコンクリートの圧壊荷重は、軸力が負荷された試験体は、負荷されない試験体よりも大きい。各試験体の柱はり接合部に生じたせん断ひび割れに着目すると、BCシリーズの試験体では、柱材軸とせん断ひび割れとのなす角度が小さい。一方、BCDシリーズの試験体は、柱材軸とのなす角度が比較的大きいひび割れ状況が観察された。

図 - 6 は各試験体の履歴曲線を示す。縦軸ははり両端に負荷された荷重の平均値 Q_0 、横軸は相対変位角 R である。いずれの試験体とも、すべりを伴った逆 S 字形の履歴曲線を示している。接合部のせん断補強筋が配筋されていない BC シリーズの試験体では、軸力が作用した BC-0-02 試験体の方が最大耐

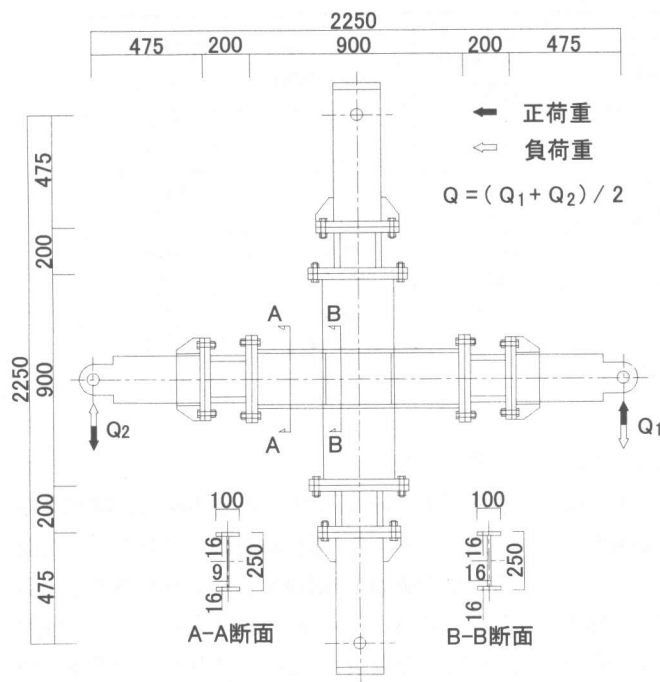


図 - 4 試験体の形状寸法

表 - 1 使用材料の力学的性質

材料 \ 強度		降伏強度	引張強度	備考
		(MPa)		
鉄骨	PL9	419	523	1
		289	437	2
		281	439	3
	PL12	285	446	1
		257	413	2
		283	445	3
	PL16	257	421	1
		261	422	2
		260	440	3
主筋	D16	358	537	-
柱帯筋	D6	340	519	-
接合部帯筋	D10	343	495	-
	D6	350	516	-
材料 \ 強度		圧縮強度	割裂強度	備考
		(MPa)		
コンクリート		22.7	2.52	1, 2
		27.2	2.38	3

備考 1 : BCD-0 試験体

2 : BC-0 試験体

3 : BCD-0-02, および BC-0-02 試験体

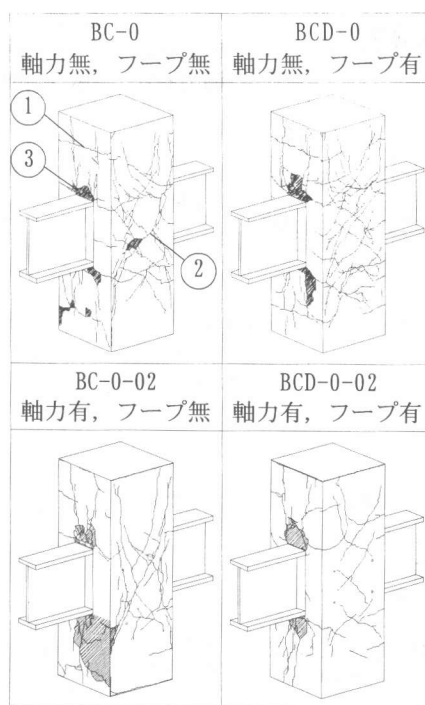


図 - 5 最終破壊状況

表 - 2 ひび割れ発生荷重および最大荷重

試験体名	正負	曲げひび割れ ①*(kN)	接合部せん断 ひび割れ② (kN)	コンクリートの 圧壊③(kN)	最大荷重 (kN)
BC-0 軸力無, フープ無	正荷重	27.9	35.5	17.5	54.5
	負荷重	-37.7	-37.7	-20.3	-53.5
BCD-0 軸力無, フープ有	正荷重	23.0	40.8	19.9	61.8
	負荷重	-31.6	-28.1	-10.1	-55.6
BC-0-02 軸力有, フープ無	正荷重	61.1	61.1	45.3	63.4
	負荷重	-62.4	-62.4	-44.6	-63.0
BCD-0-02 軸力有, フープ有	正荷重	61.4	62.0	20.4	71.5
	負荷重	-57.6	-65.8	-36.1	-65.8

*) ①②③ : 図-5 に示すひび割れ

力発揮後の耐力低下は大きい, 接合部のせん断補強筋が配筋されている BCD シリーズの試験体では, 軸力が作用した BCD-0-02 試験体の耐力低下はほとんど見られなかった。なお, BC-0-02 試験体の最終サイクルの 2 回目で履歴性状が変化しているのは, 接合部分から柱部分にわたってコンクリートが大きく剥落し, 主筋が座屈したことにより破壊性状が変化したため

と考えられる。

図 - 7 は各試験体の履歴曲線の包絡線を示したものである。縦軸は梁両端に負荷された荷重の平均値 Q_0 を部材接合部の柱断面のモーメントに置換し, bD^2F_c で無次元化した値, 横軸は相対変位角 R である。軸力が作用する試験体は, 軸力が作用していない試験体よりも若干剛性が大きくなっているが, 最大耐力は, 軸力

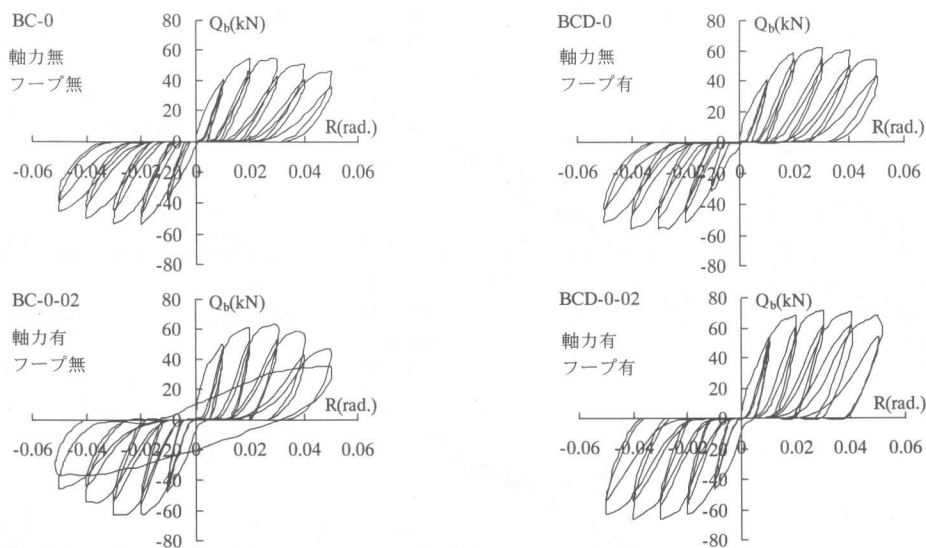


図 - 6 履歴曲線

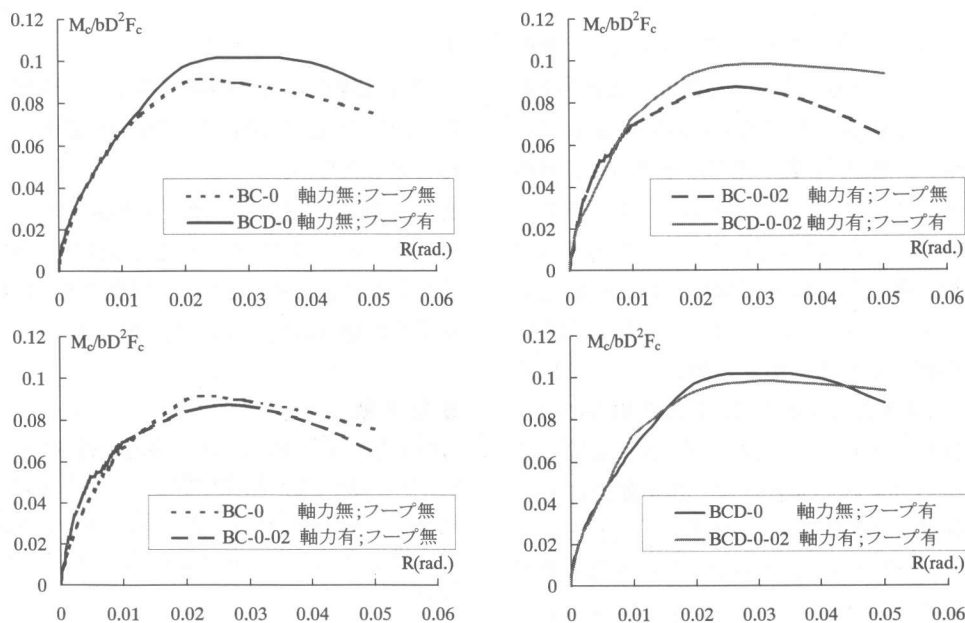


図 - 7 包絡線

の有無による違いはほとんど見られない。また、トラス機構の影響を調べるため、BCシリーズとBCDシリーズを比較すると、BC-0試験体とBCD-0試験体およびBC-0-02試験体とBCD-0-02試験体との耐力差はどちらも11%程度であった。したがって、作用軸力に関わらず、水

平圧縮束による応力伝達によって外部パネルに形成されたトラス機構の耐力は、接合部耐力の約1割を占めるものと考えられる。

図 - 8 に鉄骨フランジ上下面に集中的に配置されたせん断補強筋 (B点およびD点) のひずみ分布を示す。縦軸はB点のひずみ、横軸

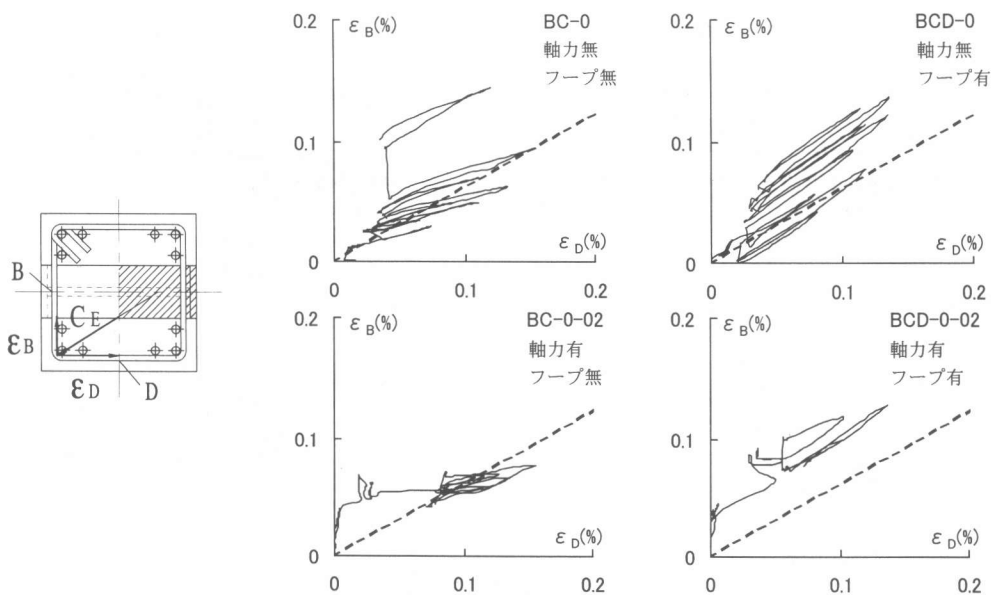


図 - 8 鉄骨フランジ上下面のせん断補強筋のひずみ状況

は D 点のひずみである。図中の破線は、摩擦力によって引き起こされると仮定した水平圧縮束に生ずる圧縮力の作用線の方向を示している。なお、破線は、図 - 8 に示すように、摩擦力は鉄骨フランジ上下面の半分の面積の中央に作用するものとして、その中心と、せん断補強筋の折り曲げ部を結んで求められたものである。ひずみ分布は、BC シリーズでは、想定した作用線よりも若干小さい傾きとなっているが、各試験体ともほぼ想定された作用線に沿った分布となっている。また、せん断補強筋に発現されるひずみの大きさは、作用軸力によって、あまり大きな差は見られない。これらのことから、鉄骨フランジ上下面に形成される水平圧縮束による内部パネルから外部パネルへの応力伝達には、柱軸力の有無は影響しないと考えられる。

5. 結語

はり貫通形式 RCS 接合部に関して、鉄骨フランジ上下面に形成される水平圧縮束によってなされる内部パネルから外部パネルへの応力伝達におよぼす軸力の効果を実験的に検討した結

果、

- 1) 水平圧縮束による内部パネルから外部パネルへの応力伝達に関して、柱軸力の影響はほとんど見られない。
- 2) 本実験の範囲では、水平圧縮束による内部パネルから外部パネルへの応力伝達によって外部パネルに形成されるトラス機構の耐力は柱はり接合部耐力の約 1 割程度であった。

参考文献

- 1) 馬場 望, 鳥井拓三, 西村泰志: 柱 RC・はり S とするはり貫通形式内部柱はり接合部の内部パネルから外部パネルへの応力伝達, 日本建築学会構造系論文集 第 513 号, pp.173-180, 1998.11
- 2) Tauqir M. Sheikh, Gregory G. Deierlein, Joseph A. Yura, and James O. Jirsa: Beam-Column Moment Connections for Composite Frames Part 1, Journal of Structural Engineering, Vol. 115, No. 11, pp.2858-2876, November, 1989
- 3) 前田安美, 馬場 望, 西村泰志: はり貫通形式 RCS 接合部の水平圧縮束による応力伝達の効果, コンクリート工学年次論文報告集, Vol.22, No.3, pp1147-1152, 2000