

報告

[2095] RC柱・S梁接合部のせん断耐力

正会員 ○坂口 昇（清水建設技術研究所）
 富永博夫（清水建設構造設計部）
 村井義則（清水建設構造設計部）
 河内 武（清水建設技術研究所）

1. はじめに

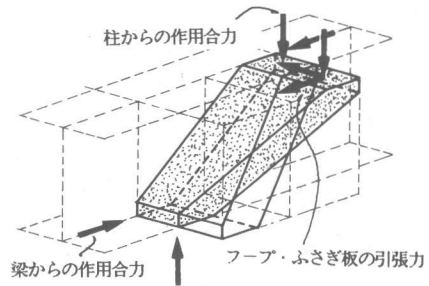
鉄筋コンクリート柱（RC柱）と鉄骨梁（S梁）で構成される架構における柱梁接合部では、柱幅と梁幅が大きく異なることや、相互の応力伝達がコンクリートと鉄骨の支圧や摩擦に依存すること等、一般的なRC造やS造に比べて、特殊な条件が多い。筆者等は、先にH形鋼の梁がRC柱を貫く形式の架構を提案し、構造体として十分な耐震安全性を有すること、ふさぎ板で接合部コンクリートを拘束することにより耐力、剛性が向上すること等を示した。^{[1][2]}本論では、柱主筋、梁鉄骨のひずみ測定結果を基にして、応力伝達及び破壊メカニズムについて検討し、接合部パネルのせん断耐力について明らかにする。

2. 実験概要

RC柱とS梁で構成される実大の十字形架構について地震力を想定した加力実験を行った。RC柱断面は、650角で主筋は12-D32、S梁はH-594×302×14×23である。接合部パネルコンクリートの周囲はふさぎ板と称する薄い鋼板で覆れている。試験体の概要を図-1に示す。設計耐力は〔接合部<柱<梁〕の関係にある。なお、試験体及び加力方法の詳細については参考文献[1]、[2]を参照されたい。

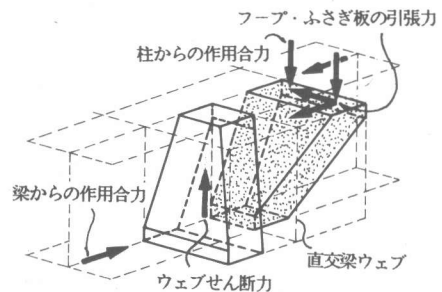
3. 応力伝達機構

柱及び梁の曲げモーメント・せん断力は、接合部内のS梁ウェブ（接合部ウェブ）とふさぎ板、及び、コンクリート部分を介して相互に伝達される。^[1]ここでは、コンクリート部分による応力伝達



応力伝達経路として接合部ウェブと並列関係にあり、ストラットの耐力は接合部ウェブの耐力に加算できる。

(a) 対角方向ストラット



ストラットによって接合部ウェブに応力が伝達される。ストラットの耐力は接合部ウェブの耐力に加算できない。

(b) 鉛直に近いストラット

図-2 コンクリートストラットによる応力伝達機構

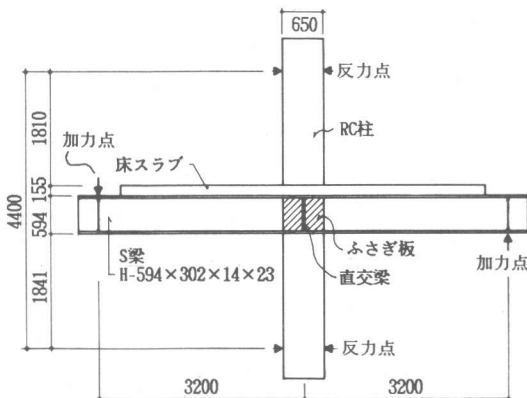
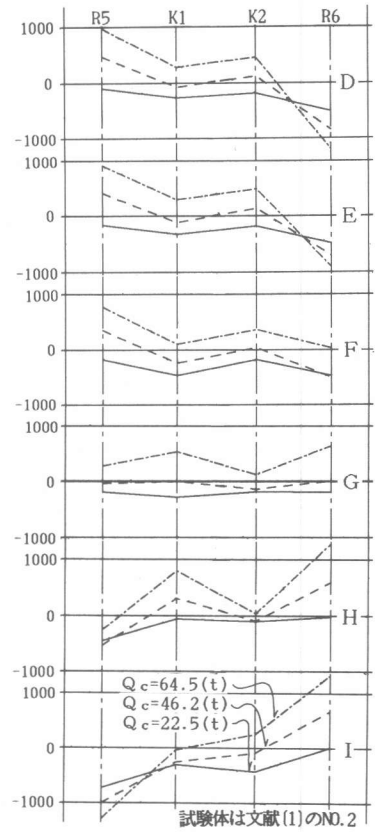


図-1 試験体概要

機構について検討する。図-2(a)は接合部パネル内対角方向のコンクリートストラットを示す。斜線部分は上柱コンクリートの圧縮力が対角方向のS梁の下フランジ内側に伝達される状況を示す。柱コンクリート圧力のうち、梁フランジ外の接合部に作用する部分も、ふさがり板及びフープ筋の引張反力を得て、対角方向のフランジに向うと考えられる。これにより、柱の曲げモーメントが梁に伝達される。図-2(b)は上柱の圧縮域から鉛直に近い角度で下フランジ内側に達するストラットを示す。このストラットが内側からフランジを押すことにより、接合部ウェブにせん断力を生じさせる。なお、図では、主筋の引張力・圧縮力はコンクリートの圧縮力に、フランジの引張力はフランジの圧縮力にそれぞれ加算されるとして省略した。また、対称形にあるストラットについても省略した。

4. 主筋、フランジのひずみ

図-3に主筋の軸方向ひずみ(両面の平均)の同一断面での分布を示す。接合部の境界付近では、柱断面は平面保持が成立せず、接合部パネルのせん断変形の影響を受ける。図-4に主筋の曲げひずみ(両面の差)の分布を示す。接合部の境界部で曲率が大きくなっているのは接合部のせん断変形に起因すると考えられる。図-5にフランジのひずみ分布を示す。接合部の中央附近にも大きいひずみが認められるが、これは図-2(b)に示したストラットによって接合部ウェブの中央部のせん断変形が大きくなったことが原因と考えられる。



試験体は文献(1)のNO.2

記号については図-4を参照されたい

図-3 主筋の軸方向ひずみ分布

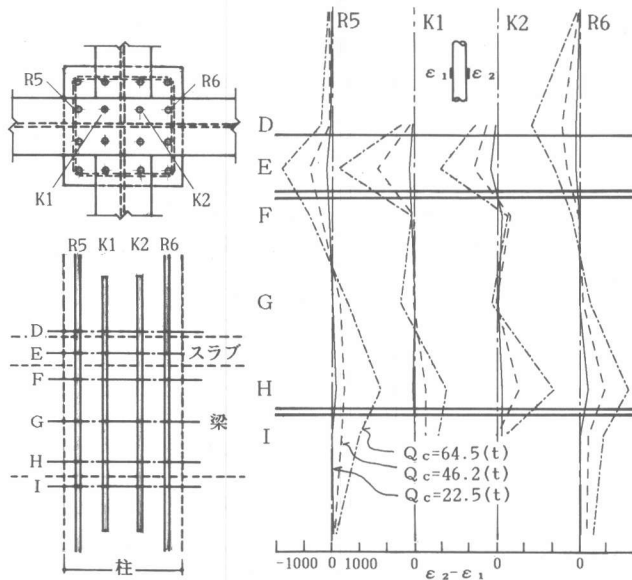
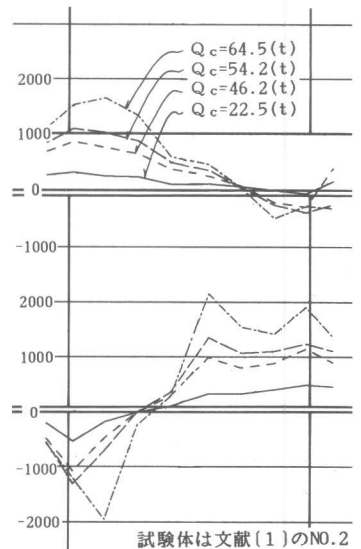


図-4 主筋の曲げひずみ分布 試験体は文献(1)のNO.2



試験体は文献(1)のNO.2

図-5 フランジの軸方向ひずみ分布

5. 破壊メカニズム

接合部パネルの破壊メカニズムを図-6に模式的に示す。これらは主筋、フランジ及びウェブのひずみ測定にもとづいて構築したものである。同図には、接合部内のS梁に作用するコンクリート圧力の合力と、それにより決まる接合部ウェブのせん断応力度の分布も示す。梁から作用する力が全てフランジに集中するとしてウェブの応力を無視すれば、接合部ウェブのせん断応力度分布は、柱軸に平行な線上では一定と仮定できる。したがって梁軸に平行な線上の分布は、柱から作用する圧力を外側から積分した形で近似できる。

図-6(a)は接合部ウェブが弾性域にある時で、柱コンクリート圧力及び接合部内コンクリートストラットの作用により、S梁には同図の中段に示すような分布圧力が加わる。その結果、接合部ウェブのせん断応力度は中央部が最大の曲線分布となる。(b)は接合部ウェブの降伏が中央部から徐々に外端部に広がり、それにつれて図-2(b)の鉛直に近いストラットの応力も増加しなくなる。(c)では接合部ウェブがほぼ全面に渡って降伏している。この段階では対角方向ストラットの負担力も上限に達していると考えられ、架構の耐力も決定される。接合部ウェブのひずみは主筋間でのみ測定したが、最大荷重時にはほぼ全ての測定点で降伏が認められた。

耐力を決定する要因として、接合部パネルの降伏の他に、柱主筋の降伏、柱コンクリートの圧壊、梁フランジの降伏・座屈等があげられる。今回の実験では、主筋、フランジの降伏も観察された。接合部のせん断変形が大きくなると主筋の局部曲げが大きくなり、これが原因で降伏することがある。また、ウェブの降伏により接合部のフランジの降伏も早まるようである。したがって柱・梁の耐力を確保する上でも接合部パネルの剛性を高めることが特に重要となる。

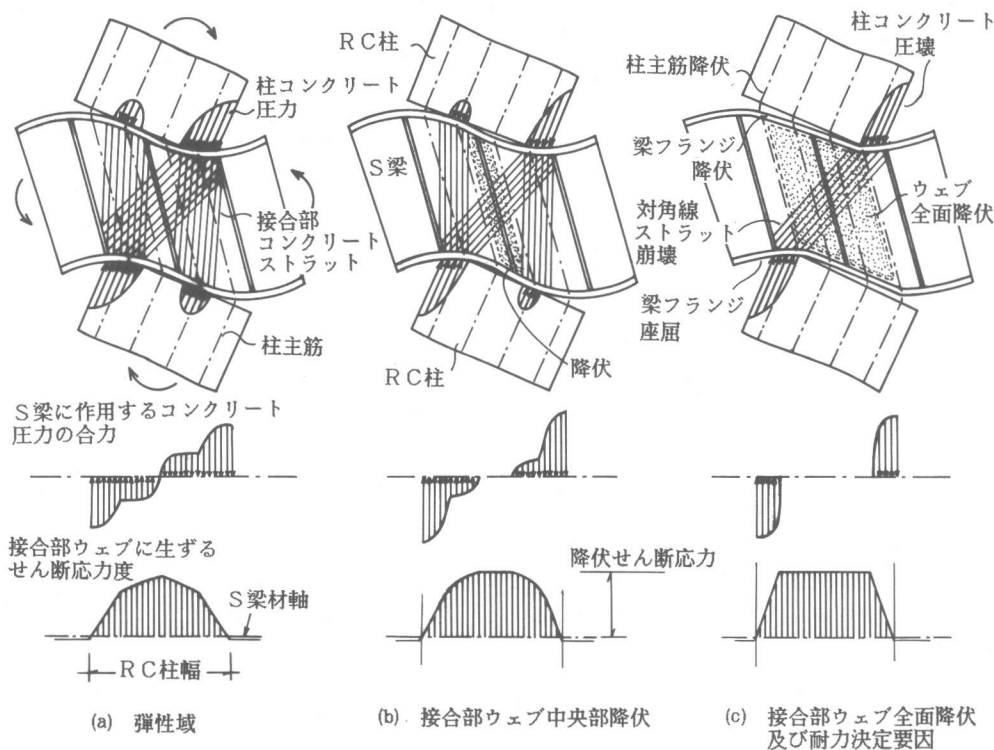


図-6 破壊メカニズム

6. せん断耐力

接合部ウェブの中央部が降伏する荷重の算定には、せん断応力分布を知る必要があるが、これは接合部に作用する外力の分布に依存する。梁から作用する力はほぼフランジに集中すると仮定できるが、柱から作用する力の分布は複雑である。そこで接合部ウェブのせん断応力分布から逆にこれを求めてみる。図-7は実験によるせん断応力を最大値で規準化して示したもので、平均値は折線に置換できる。これが接合部に作用する梁側のせん断力の分布と等しいと仮定すれば、柱からの作用力は図-8のように表せる。最大せん断応力の位置が中央から左にずれているのは、スラブの影響により、右梁の曲げモーメント・せん断力が、左梁より大きいためと考えられる。上柱の作用力の50%、下柱の作用力の60%は、それぞれ柱面から $1/6D_c$ (D_c : 柱成)の間に集中していることがわかる。

図-9に接合部コンクリートの負担せん断力 cQ_c を示した。これはせん断力度分布から求められる接合部ウェブ、ふさぎ板の負担せん断力 wQ_c 、 fQ_c を接合部に作用するせん断力 pQ_c から差し引いて求めた。最大耐力時には測定結果より、ウェブ、ふさぎ板が主筋間距離(49cm)の間で全面的に降伏しているとして算定した。コンクリート部分の有効せん断断面を、フランジ幅 \times 柱成とすれば、平均せん断力度は $t_f=0$ (t_f : ふさぎ板の厚さmm)の場合で 74kgf/cm^2 、 $t_f=3.2$ で 82kgf/cm^2 、 $t_f=6$ で 88kgf/cm^2 となる。

7. まとめ

接合部の応力伝達、破壊メカニズムを定性的にはあるが明らかにした。接合部ウェブが全面的に降伏するとともに、対角方向ストラットの負担力が上限に達することにより最大耐力が決まる。接合部パネルの変形が大きくなると主筋の降伏も早まる。せん断耐力は、接合部ウェブ、ふさぎ板及びコンクリート部分の耐力の和として算定できる。コンクリートの終局時せん断力度は $70\sim 90\text{kgf/cm}^2$ とみることができる。

<参考文献>

- 坂口昇、富永博夫 他：鉄筋コンクリート柱と鉄骨梁接合部の耐力及び変形、コンクリート工学年次論文報告集 9-2, pp.211-216, 1987
- 富永博夫、村井義則 他：鉄筋コンクリート柱と鉄骨梁で構成される架構(RC S S構法)の耐力及び変形性能(その5, その6)、建築学会大会梗概集 pp.1321-1324, 1987

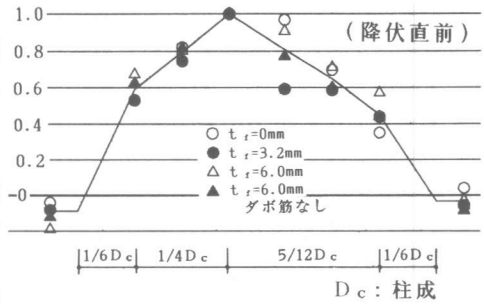


図-7 接合部ウェブのせん断応力分布

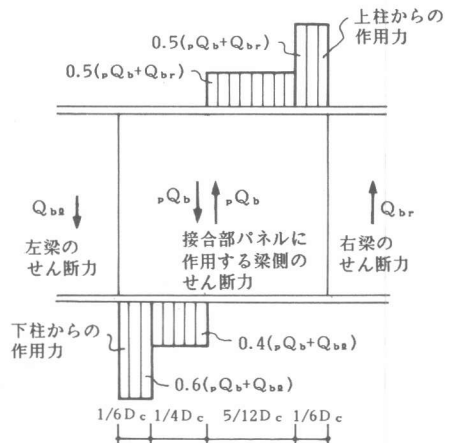


図-8 柱の作用力分布

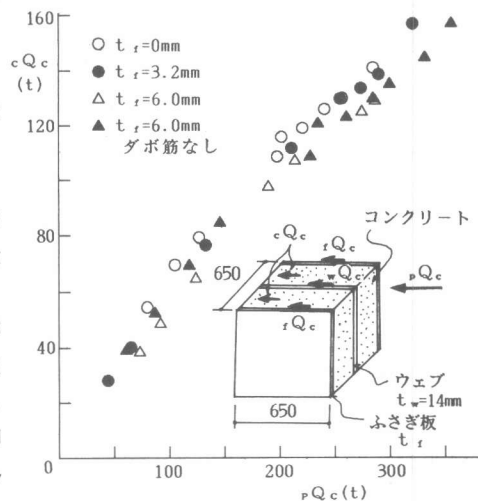


図-9 接合部コンクリートの負担せん断力