

平成 21 年 5 月 18 日現在

研究種目：基盤研究（C）

研究期間：2007～2008

課題番号：19560571

研究課題名（和文） 鋼構造段違い柱梁接合部パネルの力学性状

研究課題名（英文） A Study on the elasto-plastic behaviors of joint panels at the connection of steel column with two different depth H-shaped beams

研究代表者

桑原 進（KUWAHARA SUSUMU）

大阪大学・大学院工学研究科・准教授

研究者番号：10243172

研究成果の概要：本研究では、鋼構造柱梁接合部パネル、特に左右の梁せいが異なる場合（段違いパネルと称す）の剛性・耐力推定式を提案することを目的としている。角形鋼管両側段違いパネルと円形鋼管片側段違いパネルの実験を行い、従来の剛性・耐力提案式と実験結果がよく対応することを示す一方、いままで想定していなかった新たな崩壊機構が存在することを明らかにした。実験結果と有限要素解析結果にもとづき、あらたな崩壊機構の想定とそれより導かれる耐力式の提案を行い、実験結果との良好な一致を示した。これにより日本建築学会「鋼構造接合部設計指針」に掲載されている従来の段違いパネルの剛性・耐力式を円形鋼管パネルならびに、両側段違いパネルに拡張することが可能となった。また、段違いパネルにとりつく直交梁の影響について、有限要素解析結果に基づいて検討したところ、剛性耐力に及ぼす影響は数%程度であり、設計においてはほとんど影響がないことが明らかとなった。

## 交付額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2007年度	2,000,000	600,000	2,600,000
2008年度	1,500,000	450,000	1,950,000
年度			
年度			
年度			
総計	3,500,000	1,050,000	4,550,000

研究分野：工学

科研費の分科・細目：建築学・建築構造・材料

キーワード：鋼構造、柱梁接合部パネル、異形パネル、段違いパネル、崩壊機構、全塑性耐力

## 1. 研究開始当初の背景

柱梁接合部パネルは地震時に大きなせん断力が作用する部位である。既往の研究によれば、パネルの断面と柱断面が同じ場合、パネルが柱に比べて早期に降伏し、構造体の剛性・耐力に大きく影響を及ぼすことが指摘されている。したがって、構造体全体の力学性状・崩壊性状を解析的に検討するためには、パネル

の力学性状を正確に把握し、モデル化することが必要である。柱梁接合部の研究は従来から数多く行われてきており、研究成果が柱梁接合部の設計に反映されている。筆者らも通しダイアフラム形式の角形鋼管・円形鋼管柱梁接合部パネルの力学性状を実験より把握し、力学モデルならびにパネルを意識した耐震設計法を提案している。

これらの柱梁接合部の研究は左右の梁に段差のない図1左のような標準的な接合部を対象に行われているが、現実の鉄骨造骨組はこのような標準的な接合部だけでなく、図1右のような左右で梁断面を変化させ、梁に段差を設けた接合部（以下段違いパネルと称する）を用いる場合が数多くみられる。このような段違い接合部に関する研究はH形鋼柱骨組接合部では中尾、平野、福地らが、角形鋼管柱骨組接合部では筆者らが行っている。研究の結果、筆者らは図2に示すような崩壊機構（ハッチ部分が塑性化部位）が存在することを明らかにするとともに、その剛性・耐力の算定法を示している。本成果は「鋼構造接合部設計指針」に引用され、広く一般に段違い接合部の設計法を提示している。しかしながら、円形鋼管柱を対象とした段違いパネル、また、左右の梁フランジ位置が上下ともにそろっていない場合（図3参照、両側段違いパネル）については実験による検討が皆無であり、それらに対するデータの蓄積、設計式の提案が望まれていた。

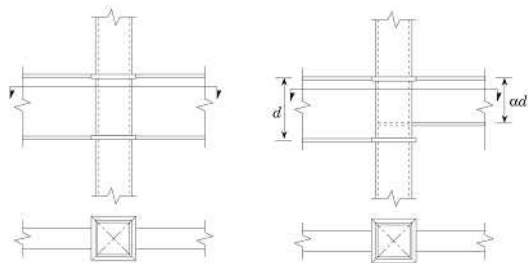


図1 標準型パネルと段違いパネル

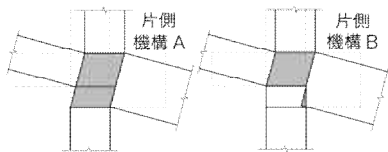


図2 片側段違いパネルの崩壊機構

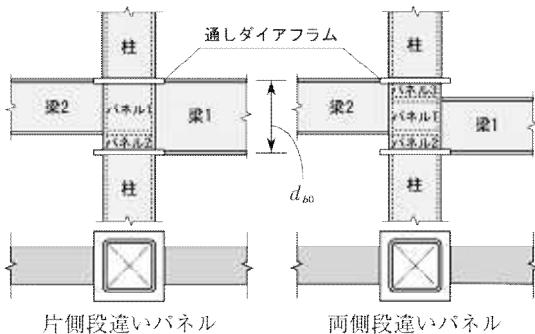


図3 両側側段違いパネル

## 2. 研究の目的

鋼構造における柱梁接合部において、左右の梁せいが異なる場合の接合部パネル（段違

いパネル）を研究対象とし、既往の実験結果がなかった、柱が円形鋼管の片側段違いパネル（左右の梁の一方のフランジ位置が同じ場合）と、柱が角形鋼管の両側段違いパネル（左右両側の梁せいと梁フランジ位置が異なる場合）の実験を行い、剛性・耐力推定式を提案する。これにより日本建築学会の鋼構造接合部設計指針に掲載されている角形鋼管またはH形鋼柱・片側段違いパネルの耐力算定式をより一般的に、両側段違いパネル、円形鋼管柱梁接合部に拡張することを目的とする。また、これまで平面架構に対して検討を行ってきたが、実際の骨組においては、直交梁がとりつくことが考えられる。直交梁が段違いパネルにとりつく場合の影響については未だ明らかにされておらず、本研究では有限要素解析によりその剛性・耐力に及ぼす影響について検討を行う。

## 3. 研究の方法

段違いパネルの力学性状を把握するため、図4に示す載荷装置により柱梁接合部を取り出した十字形部分架構に繰返しせん断力を用いさせ、パネルの剛性、耐力、崩壊性状を確認した。試験体は、崩壊機構をパラメータとした円形鋼管柱・H形鋼梁の十字形部分骨組（片側段違いパネル）と角形鋼管柱・H形鋼梁の十字形骨組（両側段違いパネル）各3体の計6体である。初年度は機構A、機構Bを想定した円形鋼管柱片側段違いパネル試験体、角形鋼管柱両側段違いパネル試験体について各1体、計4体の実験を行ったが、設計で想定したパネルの降伏応力度よりも実際の試験体での降伏応力度が高くなったため、機構Aを想定した試験体で梁が先行降伏したり、機構Bで崩壊してしまった。2年目は改めて機構Aの試験体を設計し実験を行った。後述するが、機構Aを想定した角形鋼管柱両側段違いパネル試験体において、機構Bに類似した新しい機構（機構C）が観察されたため、改めて、有限要素解析により実験の検証を行った。これらの結果・考察より塑性解析の手法を利用してパネルの耐力算定式を導出し、実験結果との比較によりその妥当性を検証する。また、直交梁の影響については、有限要素法による解析を行い、考察する。

## 4. 研究成果

従来の片側段違いパネルの研究結果、並びに標準型パネルの耐力式より、角形鋼管柱、円形鋼管柱、H形鋼柱による片側、両側段違いパネルの剛性・耐力推定式を提案した。なお、崩壊機構は、図2、図5に示すようなパネル全体が塑性化する機構Aとパネルと一部と梁フランジの一部と梁ウェブの一部が塑性化する機構Bを想定している。

円形鋼管柱片側段違いパネル，角形鋼管柱両側段違いパネルの十字形部分架構による繰返しせん断加力実験を行い，前者においては想定した崩壊機構の通りに破壊（写真 左参照）し，その剛性・耐力とともに で提案したものとよく対応した．一方，後者においては，機構Bを想定した試験体と推定式はよい対応を示したものの，機構Aを想定した試験体において写真 1 右のようなパネルフランジが面外に変形するような破壊性状を示した．

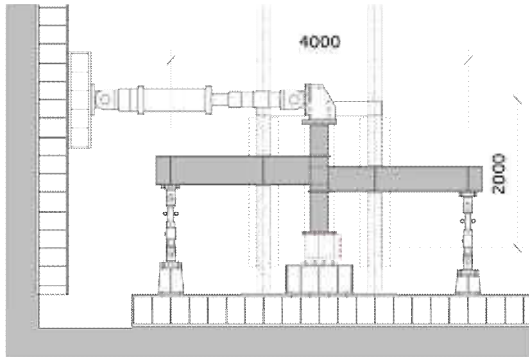


図4 荷装置と十字形部分架構

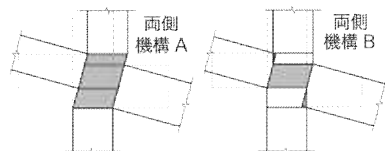


図5 両側段違いパネルの崩壊機構

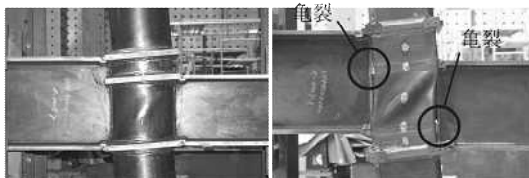


写真1 段違いパネルの破壊状況

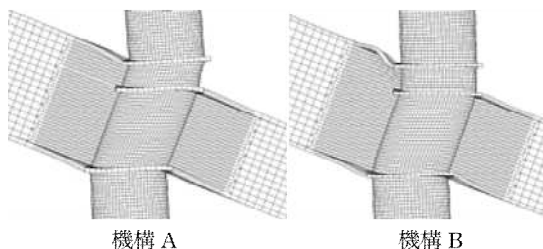


図6 有限要素解析による変形状態（10倍）

実験の検証を行うため，有限要素解析を行った．図6には円形鋼管柱片側段違いパネルの解析結果（変形を10倍で表示）を示す．また，図7には角形鋼管柱両側段違いパネルの解析結果を示す．いずれも実験と同様な崩壊性状を示すことが確認できた．また，角形鋼管柱両側段違いパネルの実験で観察された機

構Cが解析においても同様に現れ，パネルフランジの面外変形を梁ウェブ周りの応力状態を明らかにすることができた．

実験結果ならびに解析結果より，角形鋼管柱両側段違いパネルでパネルフランジの面外変形を伴うあらたな崩壊機構Cを図8に示すようなモデル化を行い，塑性解析の手法を利用して導出される耐力推定式を提案した．この推定式の結果は，実験・有限要素解析により得られる崩壊性状・耐力とはよく対応した．

段違いパネルにとりつく直交梁の影響について，有限要素解析結果に基づいて検討したところ，剛性・耐力に及ぼす影響は数%程度であり，設計においてはほとんど影響がないことが明らかとなった．

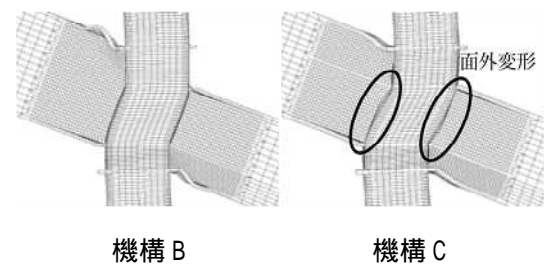


図7 有限要素解析による変形状態（10倍）

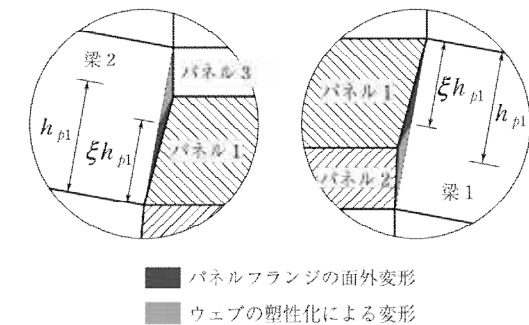
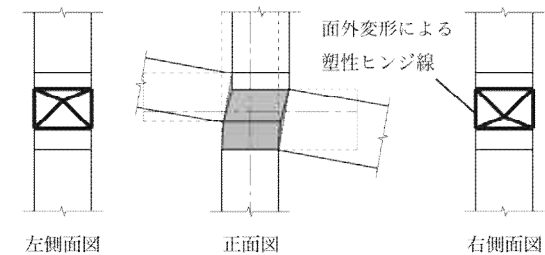


図8 両側段違いパネルの崩壊機構（機構C）

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0件)  
現在投稿準備中

〔学会発表〕(計6件)

国次俊旭・桑原進・福田浩子：左右の梁せいが異なる鋼構造柱梁接合部パネルの力学性状 その3.パネル全体の塑性化を想定した場合：実験概要，日本建築学会大会(仙台)，2009.8.(投稿中)

桑原進・国次俊旭・福田浩子：左右の梁せいが異なる鋼構造柱梁接合部パネルの力学性状 その4.パネル全体の塑性化を想定した場合：考察，日本建築学会大会(仙台)2009.8.(投稿中)

国次俊旭・桑原進・福田浩子：左右の梁せいが異なる鋼構造柱梁接合部パネルの力学性状 パネル全体の塑性化を想定した場合：実験概要，日本建築学会近畿支部研究報告集，2009.6.(投稿中)

桑原進・国次俊旭：左右の梁せいが異なる鋼構造柱梁接合部パネルの力学性状 その1.円形鋼管柱・H形鋼梁片側段違いパネルと角形鋼管柱・H形鋼梁両側段違いパネル試験体・実験方法，日本建築学会大会(広島)，2008.9.

国次俊旭・桑原進：左右の梁せいが異なる鋼構造柱梁接合部パネルの力学性状 その2.十字架構載荷実験結果および考察，日本建築学会大会(広島)，2008.9.

国次俊旭・桑原進：左右の梁せいが異なる鋼構造柱梁接合部パネルの力学性状 円形鋼管柱・H形鋼梁片側段違いパネルと角形鋼管柱・H形鋼梁両側段違いパネル，日本建築学会近畿支部研究報告集，2008.6.

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

桑原 進 (KUWAHARA SUSUMU)  
大阪大学・大学院工学研究科・准教授  
研究者番号：10243172

### (2) 研究分担者

向出 静司 (MUKAIDE SEIJI)  
大阪大学・大学院工学研究科・助教  
研究者番号：20423204

### (3) 連携研究者

なし