

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 6 月 29 日現在

機関番号：14501

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2012～2014

課題番号：24560687

研究課題名(和文) 角形鋼管柱に接合される合成梁の設計および構成法の合理化

研究課題名(英文) Design and improvement method of composite beam connected to RHS column

研究代表者

難波 尚 (Namba, Hisashi)

神戸大学・工学(系)研究科(研究院)・准教授

研究者番号：30314503

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 4,200,000円

研究成果の概要(和文)：角形鋼管柱に接合される合成梁の塑性変形能力に及ぼす柱幅厚比の影響を実験および有限要素解析で実施し、柱幅厚比が大きい場合、塑性変形能力が減少することを確認した。これは、鋼管壁の面外変形により、梁ウェブ接合部での軸力および曲げモーメントの伝達性能が減少することで梁端溶接部の梁下フランジの歪集中が生じるためである。本研究では、梁ウェブ接合部を水平スチフナで補強する工法を提案し、これにより、幅厚比の大きい合成梁の塑性変形能力を3倍に増加させることが可能である。

研究成果の概要(英文)：Static loading tests for composite beam are conducted to investigate the effects of width to thickness ratio of RHS column and also to develop the way to improve the rotation capacity. Tests results show significant reduction of rotation capacity with increase of width to thickness ratio of column. To provide horizontal stiffener at the beam web to column connection is effective to improve the rotation capacity of composite beam connected to RHS column.

研究分野：構造工学

キーワード：合成梁 塑性変形能力 最大耐力 柱梁接合部

## 様式 C - 19、F - 19、Z - 19 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

兵庫県南部地震で鋼骨組の梁端に破断が生じてから既に16年が経過している。この間に、梁の塑性変形能力に及ぼす溶接部詳細、鋼材の靱性、梁ウェブ接合部の曲げ耐力、溶接部の品質等といった多岐の因子の複雑な影響に関する理解が進められると伴に、梁端溶接接合部の設計および施工法にこれらの知見が細やかに反映され、着実に梁端溶接接合部の信頼性は向上していると言える。しかし、通常の鋼骨組では、床スラブと鉄骨梁を緊結した合成梁として設計・施工されるのが一般的であるにも拘らず、合成梁の塑性変形能力に関しては、未だ不明な点が多い。先の地震で破断の多くが、下フランジで生じていたことを考えると、合成梁が正曲げを受ける際のスラブと鉄骨梁の合成効果が、梁端の破断に影響を及ぼしたことに疑いの余地はない。梁端溶接接合部の更なる信頼性向上を図る上で、合成梁の塑性変形能力を検討する必要性は高い。

### 2. 研究の目的

(1) 基本性状の把握：角形鋼管柱の幅厚比を変数とした系統的な合成梁の塑性変形能力に関する実験資料を蓄積すると伴に、梁ウェブ接合部の曲げ耐力の低下が、正曲げを受ける合成梁の下フランジの歪性状に及ぼす影響を解明し、合成梁の梁溶接端接合部の合理的な設計法を提案する。

(2) 合成梁構成法の合理化：幅厚比の大きな角形鋼管柱に接合される合成梁の塑性変形能力は現行工法の場合、不十分となる恐れがあるため、この場合についての合理化工法を提案する。

スリット工法：柱とスラブの間に50mmのスリットを設けた工法の塑性変形能力の改善効果と剛性・耐力に及ぼす影響を明らかにし、この形式の構法の確立に向けた検討を行う。

梁ウェブ接合部補強工法：梁ウェブ接合部

を外ダイアフラムで補強し、梁ウェブ接合部の軸力および曲げモーメントの伝達性能を改善することで、合成梁が正曲げを受ける際のスラブとの合成作用を保持したまま、塑性変形能力を改善する工法を提案する。

### 3. 研究の方法

角形鋼管柱に接合される合成梁の基本性状および変形能力を改善するための合理化工法を提案するため、部分架構の静的載荷実験を実施すると共に、有限要素解析を実施した。

(1) 試験体 試験体形状は図1に示すT字形実大部分架構とし、柱支持点間距離を3000mm、柱心から梁端支持点までの距離を3000mmとした。スラブは有効厚さを80mmとし、スラブ幅は現行指針の有効幅を満足する1500mmとした。柱には、 $-350 \times 350 \times 12$  および  $16(D/t=29$  および  $22)$ BCR295材、梁にはH-500x200x10x16 (SM490A)を用いた。梁フランジ溶接部には複合円型スカラップを用い、溶接始末端には固形エンドタブを用いた。実験因子は鋼管幅厚比、コンクリートスラブの有無及びスリットの有無の他、梁ウェブ接合部を補強の有無である。図2にスリット詳細を示し、図3に梁ウェブ補強詳細を示す。

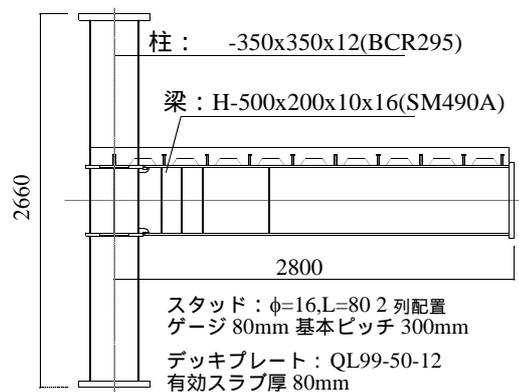


図1 合成梁試験体図

(2) 載荷方法 載荷は図3に示す載荷装置を用いて行い、正負漸増交番繰返し形式で行った。載荷制御は純鉄骨梁の全塑性耐力時の弾性部材角計算値を基準に $\pm 0.5$  pを1回行っ

た後 $\pm 2.0 p$ 、 $\pm 4.0 p$ 、 $\pm 6.0 p$ をそれぞれ2回ずつ繰り返すことを原則とし、明瞭な破壊が確認されるまで行った。荷重は下フランジ引張時を正方向として行った。

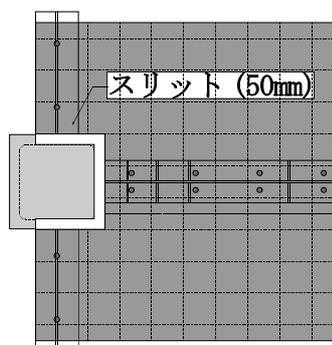


図2 スリット詳細

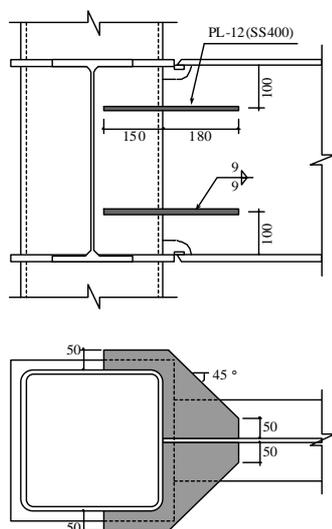


図3 梁ウェブ補強詳細

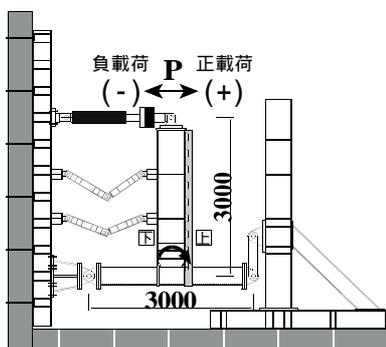


図4 荷重装置

#### 4. 研究成果

(1) 破壊状況及び荷重変形関係 図5に幅厚比29の鉄骨梁試験体(BS29)と合成梁試験体(CB29)の荷重-変形関係を示す。BS29は4.0

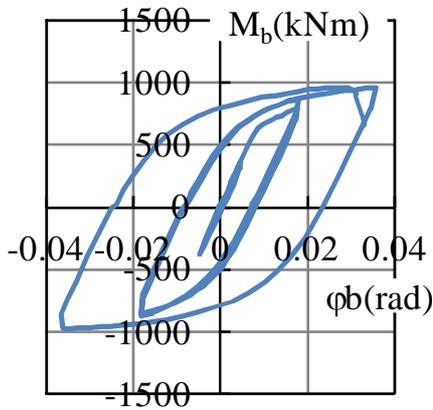
pサイクル1回目正荷重時にスカラップ底で初めて延性亀裂が確認された。その後安定して $\pm 4.0 p$ サイクルを1度繰り返した後、2度目の正荷重時にスカラップ底の延性亀裂進展により梁フランジが破断した。CB29は純鉄骨梁より早い2.0 pサイクル2回目正荷重時に下フランジスカラップ底で延性亀裂が発生した。その後4.0 pサイクルの1回目正荷重時途中の2.38 p時に、純鉄骨梁と同様に延性亀裂の進展により梁下フランジが破断した。他の試験体も同様にスカラップ底の亀裂により破壊に至った。

#### (2) 亀裂開口幅と累積塑性変形能力の関係

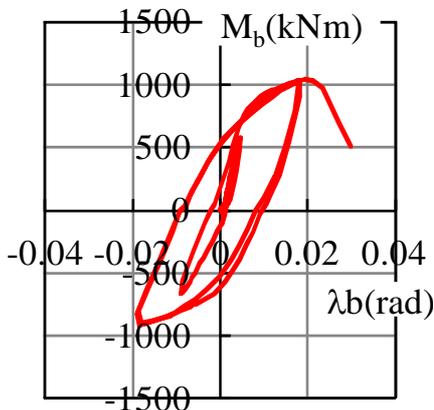
図6にスカラップ底の亀裂の開口幅と梁の累積塑性変形倍率の関係を示す。幅厚比29の合成梁試験体(CB29)の亀裂進展が最も著しく、幅厚比22の合成梁試験体(CB22)が最も亀裂進展が緩やかであった。スリットを設けた幅厚比29の合成梁試験体(CBS29M)は、同幅厚比の鉄骨梁試験体の亀裂進展状況と同様の挙動を示し、CB29に比べて亀裂発生および進展を軽減させていることが分かる。梁ウェブ接合部を補強した幅厚比29の合成梁試験体CB29Wでは、CB22に劣るものの、鉄骨梁試験体BS29よりも亀裂発生および進展が軽減されており、本研究で提案する梁ウェブ補強工法の有用性が確認できる。

#### (3) 最大耐力および累積塑性変形倍率

図7に各試験体の最大耐力および累積塑性変形倍率を示す。スリット型であるCBS29Wは、最大耐力が鉄骨梁試験体と同程度で、スリットを設けることで、最大耐力に対する合成効果が喪失していることが分かる。一方、梁ウェブ補強型のCB29Wは、同幅厚比の従来型合成梁よりも5%程度最大耐力が上昇している。累積塑性変形倍率については、従来型合成梁CB29は、鉄骨梁試験体の50%程度に減少している。一方、スリット型および梁ウェブ補強型では、鉄骨梁試験体BS29の20~30%程度の変形能力の上昇がみられる。



(a) 鉄骨梁試験体(BS29)



(b) 合成梁試験体(CB29)

図5 荷重 - 変形関係及び骨格曲線

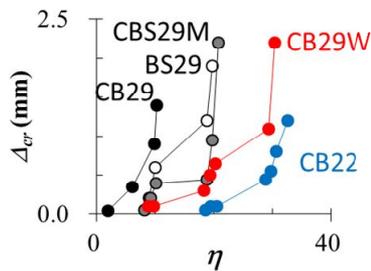


図6 亀裂開口幅と累積塑性回転角

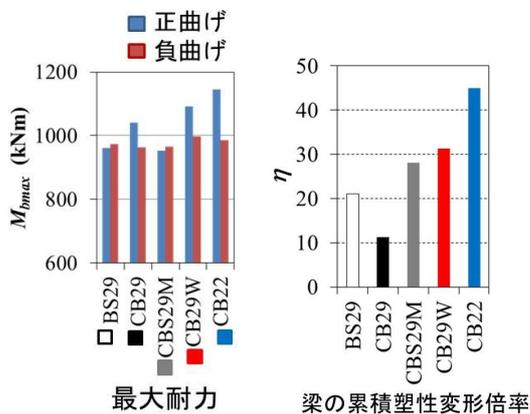


図7 最大耐力および変形能力

#### (4) 結論

幅厚比 29 の場合、合成梁試験体の累積塑性変形倍率は、鉄骨梁試験体の 50% に低下し、変形能力が不十分となる可能性がある。合成梁試験体の変形能力に及ぼす柱幅厚比の影響は大きく、幅厚比 22 の場合では、幅厚比 29 の 4 倍程度となる。スリット型および梁ウェブ補強型の工法は、いずれも幅厚比の大きい合成梁の変形能力を改善するのに有効であった。ただし、スリット型では耐力に対する合成効果が喪失し、鉄骨梁と同様の性能となるため、剛性および耐力の合成効果が維持される梁ウェブ補強型が有効と言える。

#### 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)

1) Eslami Mohammadreza, Namba Hisashi : Effects of Width-to-Thickness Ratio of RHS Column on the Elasto-Plastic Behavior of Composite Beam, Memoirs of the Graduate Schools of Engineering and System Informatics Kobe University 6, 1-6, 2014

〔学会発表〕(計 2 件)

1) 福岡大祐, 難波: 角形鋼管柱に接合される合成梁の塑性変形能力に関する実験, 日本建築学会大会梗概集, 2013

2) エスラミ モハメド, 難波 尚: Ultimate Flexural Strength of Composite Beam Connected to RHS Column, AIJ, 2013

〔図書〕(計 0 件)

〔産業財産権〕

出願状況 (計 0 件)

取得状況 (計 0 件)

#### 6. 研究組織

(1) 研究代表者

難波 尚 (Namba Hisashi)

神戸大学・大学院・工学研究科・准教授

研究者番号: 30314503

(2) 研究分担者

なし ( )

(3) 連携研究者

なし ( )