

平成 30 年 6 月 18 日現在

機関番号：15401

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2015～2017

課題番号：15K06296

研究課題名(和文) 鋼構造骨組における組立補強材を用いた部材接合システムに関する研究

研究課題名(英文) Study on connections stiffened with built-up members in steel frame structures

研究代表者

田川 浩 (TAGAWA, HIROSHI)

広島大学・工学研究科・教授

研究者番号：70283629

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,800,000円

研究成果の概要(和文)：本研究により次の成果を得た。(1) H形鋼柱とH形鋼梁が非交差となる場合の高力ボルト接合法を構築した。(2) 側面鋼板で補強されたスプリットティを用いた角形鋼管柱とH形鋼梁との接合法を構築した。(3) 鋼管ブレースの圧縮耐力向上のため偏心配置された補強割込み板による接合法を構築した。(4) 座屈拘束丸鋼ダンパーを梁下フランジに配置した柱梁接合法を構築した。(5) 方杖とH形鋼部材との接合部の山形鋼による補強法を構築した。

研究成果の概要(英文)：The results of this study outline as follows. (1) Bolted connections for non-intersecting H-section beam and column were developed. (2) T-stub connections stiffened with side steel plates were developed for the connection of the rectangular hollow section column and H-section beam. (3) Connections of hollow section braces with eccentrically installed splice plates were developed for compressive strength improvement of the braces. (4) The beam-column connections with round steel bar dampers were developed. (5) Stiffening methods of connections for the knee brace and H-section member were developed.

研究分野：建築構造学

キーワード：山形鋼 ブレース 変形性能 接合部補強 圧縮補強 載荷実験 ガセットプレート 剛性評価

1. 研究開始当初の背景

鋼構造骨組における過去の地震被害において、柱梁接合部が破断し建物が大きく傾斜した例やブレース接合部が大きく変形しブレースが十分に性能を発揮できなかった例が見られる。地震被害軽減のため鋼構造骨組における接合部の改良は大きな課題となっており、国内外を問わず多くの研究が行われている。一方、耐震補強に関する研究も活発に行われており、柱梁接合部やブレース接合部の補強工法に関する研究例は多い。既存骨組に補強部材を接合する場合には既存部材の損傷を防ぐためスチフナ等を溶接する機会が多いが現場での溶接には種々の困難が生じる。新築の場合においても溶接を極力用いない接合法の有効性が指摘されている。

2. 研究の目的

本研究では鋼構造骨組の接合部（主として柱梁接合部とブレース接合部）の高性能化を目的として、剛性・耐力および施工性に優れた接合法を構築する。複数の部材で構成される組立補強材を想定し、種々の形式の接合部に導入する。荷重を受ける接合部の応力状態や変形性能を明らかにするために、載荷実験および有限要素解析を実施し、構築した接合法の構造性能を詳細に分析する。

3. 研究の方法

(1) H形鋼柱とH形鋼梁が非交差となる場合の高力ボルト接合法

鉄骨建築において、壁の取り付けを容易にするため側柱などに梁を偏心させて取り付ける例が増えている。さらに柱を外表面および外周大梁を芯から外側に出すことで室内側には柱を出さず床面積を有効に活用することを意図した例も見られる。本研究項目では図1に示す非交差型H形柱梁高力ボルト接合形式を提案し構造性能を検討した。

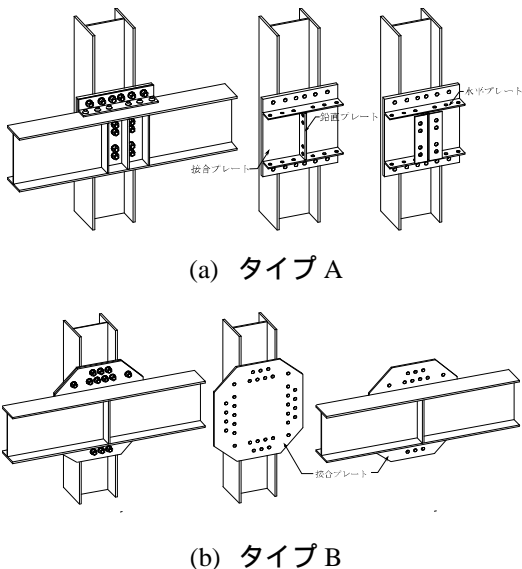


図1 非交差型H形柱梁高力ボルト接合

図2に示すT字形の試験体による非交差型接合部の繰返し載荷実験を行い、構造性能を明らかにした。さらに有限要素解析により、実験結果を再現するとともに、接合部の回転剛性を検討する上で重要となる接合部各要素の回転角等を分析した。

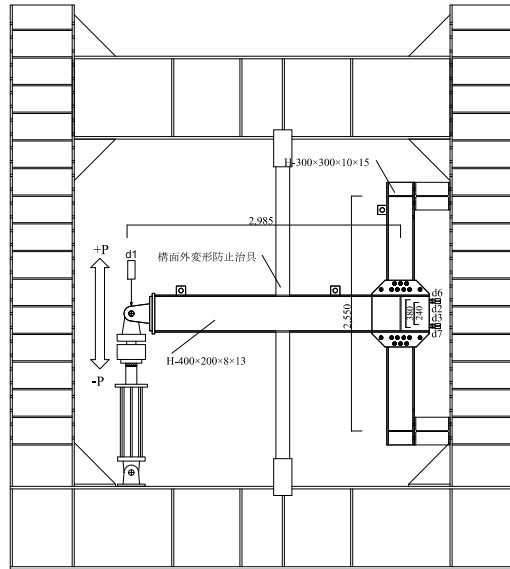


図2 載荷方法および変位測定位置

(2) 側面鋼板で補強されたスプリットティ形式の角形鋼管柱-H形鋼梁接合法

一般に角形鋼管柱梁接合部では通しダイアフラムなどによる溶接接合が用いられる。一方で高力ワンサイドボルトを使用することで、角形鋼管柱梁接合部にスプリットティ高力ボルト接合を適用できる。しかし、ダイアフラムを用いた溶接接合と比べると、鋼管柱フランジの面外変形により接合部剛性が低下する。そこで本研究項目では、図3に示すスプリットティの側面に鋼板を溶接し、鋼管柱ウェブと摩擦接合することで、鋼管フランジ面外変形を抑止できる接合形式を提案し構造性能を検討した。

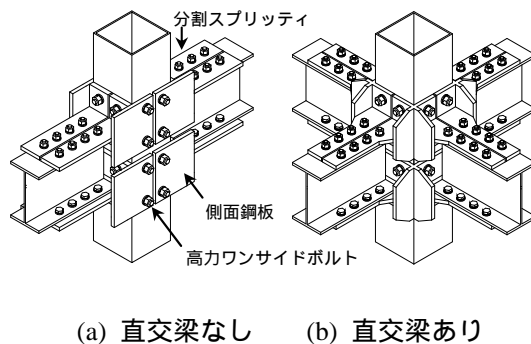


図3 側面鋼板補強されたスプリットティ接合

接合部の変形性能を分析するため図4に示す十字形部分骨組の繰返し載荷実験を実施した。柱には角形鋼管 $-250 \times 250 \times 12$ 、梁にはH形鋼 $H-300 \times 150 \times 6.5 \times 9$ を用いた。スプリットティにはCT- $390 \times 200 \times 11 \times 17$ を用いた。

実験では無補強試験体 1 体と提案補強試験体 2 体の合計 3 体の荷重実験を行い、提案補強法の効果を確認するとともに、良好な変形性能を発揮するための留意点を明らかにした。

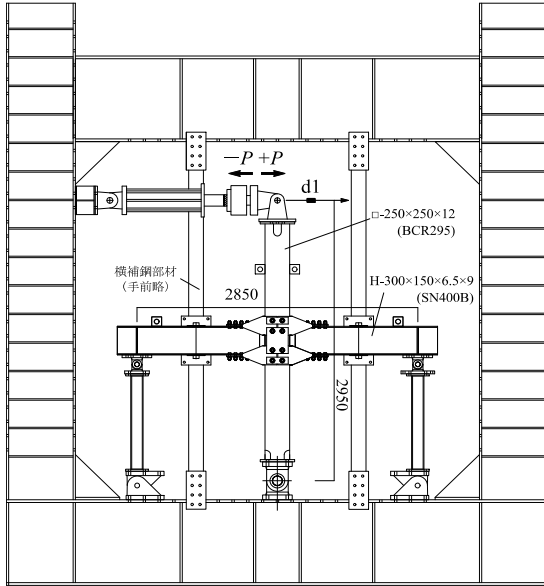


図 4 試験体セットアップ

(3) 偏心配置された割込み板による鋼管ブレース接合法

鋼管ブレースは鉄骨構造に幅広く利用されており、その接合形式の 1 つに割込み板とガセットを一面摩擦接合する形式がある。既往の研究で、ガセットが一面摩擦接合され偏心した系を対象に理論的検討および圧縮荷重実験が行われており、偏心の影響で圧縮耐力が低下することが明らかにされている。そこで本研究項目では図 5 に示すように割込み板を偏心させることで鋼管とガセットプレートとの材軸を一致させ、耐力を上昇させる接合形式を提案し構造性能を検討した。

性能確認のために荷重実験を実施した。図 6 に示すように試験体は左端部を固定し、右端部はローラー支承を用いて鉛直移動と回転を拘束し、油圧ジャッキにより荷重 P をブレース軸方向に作用させた。実験結果を分析し、ガセットと割込み板の両方に塑性ヒンジが形成される首折れ座屈が生じると提案の効果が小さくなること、首折れが抑止できた場合でも割込み板に塑性ヒンジが形成される場合には効果がないこと、対称偏心配置よりも逆対称偏心配置の方が効果が大きいことなどを明らかにした。

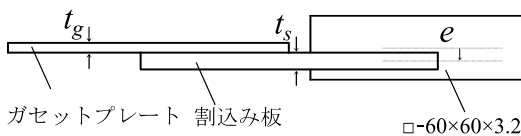


図 5 ガセットと割込み板の位置関係

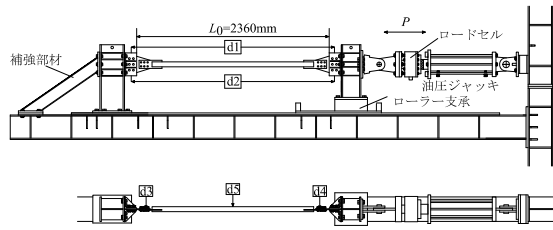


図 6 荷重測定方法

(4) 座屈拘束丸鋼ダンパーを梁下フランジに配置した柱梁接合法

大地震時における鉄骨造建物被害において柱梁溶接接合部の破断が見られることから様々な研究が行われている。履歴型ダンパーを梁端接合部に設置する研究も行われており、柱と梁を弾性域に留めることで柱梁接合部の損傷を軽減することが可能となる。

本研究項目では、図 7 に示す座屈拘束された丸鋼ダンパーを梁下フランジに配置した柱梁接合部を提案し構造性能を検討した。軸降伏型の履歴ダンパーであるため高剛性が期待できる。さらにダンパーは小型でありスペースを有効活用できる。

図 8 に示す提案接合部を有する T 字形試験体の繰返し荷重実験を行い、構造性能を分析した。実験パラメータとして、芯材である丸鋼の長さ及び径を考慮した。さらに有限要素解析を行い実験では観察できないダンパー内部の挙動を明らかにした。

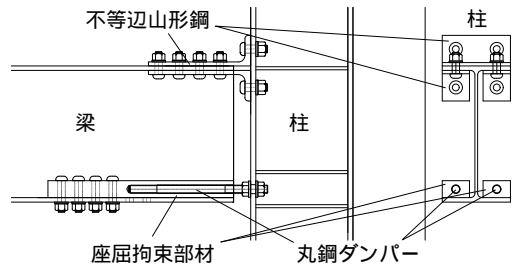


図 7 接合部概要

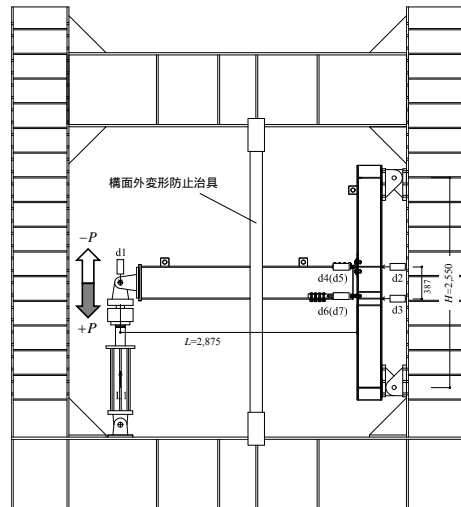


図 8 荷重方法および変位測定位置

(5) 方杖とH形鋼部材との接合部の山形鋼による補強法

近年、既存鉄骨建物の耐震改修が進められている。柱梁接合部の補強法の1つに図9に示す方杖による補強がある。方杖接合部はH形鋼の局部破壊を防ぐためにスチフナを溶接するのが一般的であるが、現場でのスチフナ溶接作業が困難となる場合が多い。

本研究項目では方杖のエンドプレート接合に対する補強のために、図10に示すような山形鋼およびリブ付き山形鋼を用いた補強法を提案し構造性能を明らかにした。補強部の耐力評価式を構築するとともに、図11に示す荷重実験(比較のための無補強試験体の例)により補強効果を確認した。

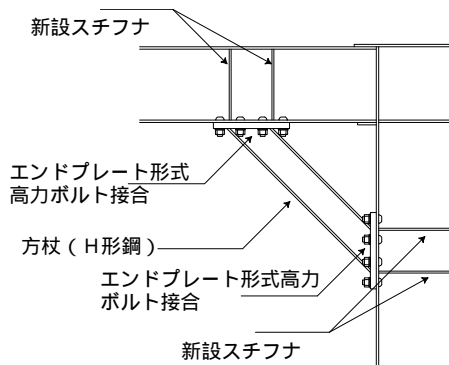


図9 方杖による柱梁接合部補強例

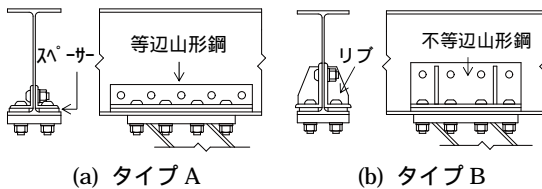


図10 提案補強詳細

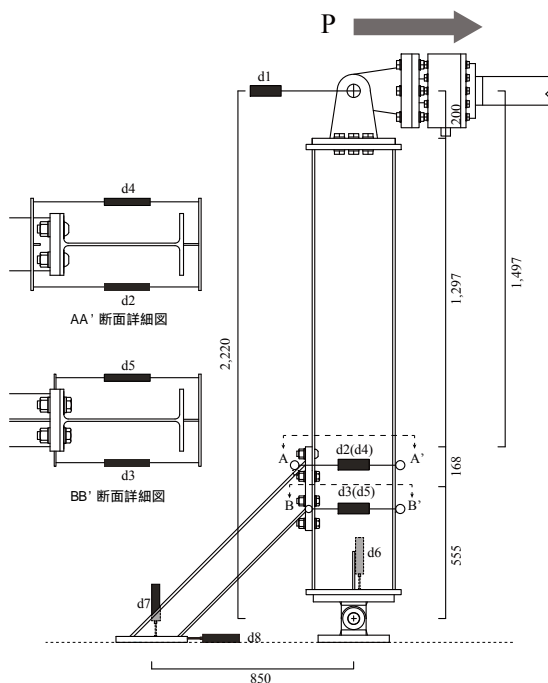


図11 荷重方法および変位測定位置

4. 研究成果

本研究では次の5種類の接合形式を提案し、実験および有限要素解析により構造性能を明らかにした。

- (1) H形鋼柱とH形鋼梁が非交差となる場合の高力ボルト接合法
- (2) 側面鋼板補強されたスプリットティを用いた角形鋼管柱とH形鋼梁との接合法
- (3) 鋼管プレースの圧縮耐力向上のため偏心配置された補強割込み板による接合法
- (4) 座屈拘束丸鋼ダンパーを梁下フランジに配置した柱梁接合法
- (5) 方杖とH形鋼部材との接合部の山形鋼による補強法

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計1件)

Hiroshi Tagawa, Yuki Tanaka and Shohei Moriwake, Eccentric installation of splice plates for compressive strength improvement of rectangular hollow section braces, Bulletin of Earthquake Eng., Online ver., 2018.5, 査読有 <https://doi.org/10.1007/s10518-018-0395-8>

〔学会発表〕(計15件)

田川 浩, 井居功成, 陳星辰: 側面鋼板補強されたスプリットティ形式接合部の改良に関する研究, 日本建築学会中国支部研究報告集, 第41号, pp181-184, 2018年3月

中岡勇大, 田川浩, 吉田真一郎, 陳星辰: 非交差型H形断面柱梁高力ボルト接合部の剛性と施工性の向上に関する研究, 日本建築学会中国支部研究報告集, 第41号, pp197-200, 2018年3月

名古屋勇太, 田川浩: 座屈拘束された丸鋼ダンパーを有する柱梁接合部に関する研究, 日本建築学会大会学術講演梗概集, 構造, pp733-734, 2017年8月

小野公治, 田川浩: 方杖接合部の山形鋼を用いた補強に関する研究, 日本建築学会大会学術講演梗概集, 構造, pp745-746, 2016年8月

吉田真一郎, 田川浩: 非交差型H形断面柱梁高力ボルト接合部に関する研究, 日本建築学会中国支部研究報告集, 第39号, pp265-268, 2016年3月

6. 研究組織

(1) 研究代表者

田川 浩 (TAGAWA Hiroshi)
 広島大学・大学院工学研究科・教授
 研究者番号: 70283629