

令和元年6月10日現在

機関番号：14301

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2016～2018

課題番号：16K18185

研究課題名(和文) 局部座屈と破断が柱梁溶接接合部の累積変形能力に及ぼす影響

研究課題名(英文) Effect of local buckling and fracture on cumulative deformation capacity of moment connection

研究代表者

高塚 康平 (Takatsuka, Kouhei)

京都大学・工学研究科・助教

研究者番号：90758351

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,200,000円

研究成果の概要(和文)：多数回繰返し塑性変形を受ける柱梁溶接接合部を対象に、梁端接合部に生じる局部座屈が梁フランジ接合部の破断までの変形能力に及ぼす影響を分析し、以下の成果を得た。

(1) 柱梁溶接接合部を対象とした繰返し載荷実験および有限要素法解析を行い、繰返し塑性変形により徐々に局部座屈が進展し弾性剛性や曲げ耐力が低下する様子を定式化した。(2) 先行研究で提案した破断までの変形能力の予測法を、様々な梁断面寸法に対しても適用できるように拡張した。(3) 局部座屈による亀裂進展の鈍化を弾性剛性の低下と対応させ、この弾性剛性の低下を見かけの変形振幅の低下とみなすことで、局部座屈を伴い破断する場合の変形能力を予測した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

現在の鉄骨建築物の柱梁溶接接合部は十分な変形能力を発揮するまで破断しないように設計がなされており、梁端接合部で局部座屈が発生することが想定される。梁端接合部で局部座屈が発生すると弾性剛性や曲げ耐力の低下が懸念されるが、これらの低下は設計では考慮されていない。本研究の成果により、設計で使用されるような幅厚比の小さい梁を含む梁端接合部の弾性剛性や曲げ耐力の低下を追跡でき、かつ局部座屈の進展に伴う亀裂進展の鈍化も考慮した破断までの損傷の進展を予測できる。

研究成果の概要(英文)：In this study, the effect of local buckling occurred at moment connection on deformation capacity before fracture of beam flange connection was investigated. The obtained results are as follows.

(1) Cyclic loading tests and finite element analyses are conducted for steel moment connection, and decreases of elastic stiffness and flexural strength due to local buckling are formulated. (2) The evaluation method of fracture which proposed in previous studies is extended to various beam section. (3) It is found that crack propagation with local buckling before fracture can be estimated by considering that slowdown of crack propagation is correspond to the decrease of elastic stiffness, and considering that the decrease of elastic stiffness is correspond to apparent decrease of deformation amplitude.

研究分野：建築学

キーワード：鉄骨構造 柱梁接合部 スカラップ 局部座屈 載荷実験 有限要素法解析 変形能力 復元力特性

様式 C-19、F-19-1、Z-19、CK-19（共通）

1. 研究開始当初の背景

南海トラフを震源とした海溝型地震である東海・東南海・南海地震により、長周期成分が卓越した長時間にわたる地震動が発生し、甚大な被害の発生が危惧されている。超高層建物が海溝型長周期地震動を受けると、2次設計のクライテリアに近い大きさの応答が何度も生じることが指摘されており^①など、柱梁接合部では多数回の繰返し塑性変形が生じ、鋼構造建物の場合では梁端接合部で局部座屈や延性破断が生じ耐力が大きく低下する場合が考えられる。さらに、梁端接合部の破断や局部座屈による耐力低下が多層に亘って生じると柱が長柱化するため、設計で想定していない部分層崩壊型への移行や倒壊に至ることが考えられる。

梁端接合部の破断に関しては、1994年のアメリカのNorthridge地震や1995年の兵庫県南部地震の被害を契機に、梁端接合部のディテールや鋼材が改良されるとともに、梁端接合部に十分な曲げ耐力をもたせることで変形能力を確保する設計がなされている^②。また、梁材や柱材に用いる断面に関しても、幅厚比が小さく十分な塑性変形能力が期待できる鋼材が設計で使用されている。しかし、こうした改良や対策を施した接合部であってもなお、多数回繰返し変形を受け局部座屈により徐々に耐力が低下する場合や梁端接合部で延性亀裂が進展し、耐力が大きく低下する可能性が指摘されている。

以上から、繰返し変形を受けた場合で局部座屈や延性亀裂により耐力が大きく低下するまでの変形能力の評価は重要と考えられる。なお、局部座屈により耐力が徐々に低下する場合の変形能力の評価では、加藤らの研究^③に基づき単調載荷時と繰返し載荷時の復元力特性を対応させる履歴則が広く用いられるが、幅厚比が小さく繰返し毎に耐力が大きく低下することなく徐々に低下する場合は、その履歴則はあまり対応しない。また、破断する場合の変形能力の評価法として Miner 則^④などが用いられるが、評価結果のばらつきが大きいことが知られている。

2. 研究の目的

- (1) 柱梁溶接接合部の部分架構を対象とした載荷実験を行い、局部座屈を伴い破断するまでの繰返し数や累積塑性変形倍率を分析する。
- (2) 局部座屈の進展に伴い弾性剛性や曲げ耐力が低下する現象を理論的に検討する。
- (3) 上記(1)と(2)の検討を踏まえ、局部座屈を伴い破断する場合の変形能力の予測法を構築する。
- (4) 構築した変形能力の予測法を解析に組み込み、梁端の破断や局部座屈による耐力劣化を組み込んだ時刻歴応答解析を行い、地震応答中の梁端接合部の破断や劣化が建物の耐震性能に及ぼす影響を分析する。
- (5) 上記(1)～(4)の結果を分析し、梁端接合部の変形能力の違いや応答履歴の違いを考慮しつつ、構築した変形能力の予測方法を用いない簡便な破断判定方法の構築を目指す。

3. 研究の方法

- (1) 梁端接合部に生じる局部座屈が最大耐力到達時や破断時の変形能力に及ぼす影響を分析するために、梁の幅厚比・スカラップの有無・載荷履歴をパラメータとして取り上げ、梁端接合部をスチフナで補剛しない柱梁溶接接合部の部分架構を対象に繰返し載荷実験を実施し、局部座屈を伴い梁フランジが破断するまでの繰返し数や累積塑性変形倍率を調べる。そして、先行研究で実施した梁端接合部をスチフナで補剛した場合の実験結果^⑤などと比較することで、各パラメータが変形能力や破壊性状に及ぼす影響を分析する。
- (2) 繰返し変形により徐々に進展する局部座屈に伴う弾性剛性の曲げ耐力の低下現象を検討するために、上記(1)の実験で用いた梁端接合部を対象に極限解析を用いた解析的・理論的な検討を行う。そして、実験で観察された局部座屈の進展に伴う弾性剛性や曲げ耐力の低下や面外変形量の変化と比較し、その妥当性を検証する。
- (3) 先行研究^⑥に倣い、上記(1)で計測した梁端接合部に生じる亀裂の発生やサイクル毎の進展を分析する。そして、先行研究で提案した梁端接合部に生じる亀裂に着目した破断予測法を修正し、局部座屈を伴う場合も含めた破断までの変形能力の評価法を構築する。
- (4) 海溝型長周期地震動を受ける鋼構造建物において、梁端での局部座屈や破断による弾性剛性や曲げ耐力の変化が建物の応答に及ぼす影響を分析するために、変形能力に影響するパラメータとしてスカラップの有無・幅厚比を取り上げ、上記(3)で構築した破断予測法を組み込んだ時刻歴応答解析を実施し、各パラメータが建物の応答や吸収エネルギーに及ぼす影響を分析する。
- (5) 上記(4)の結果から、梁端に生じる応答の大きさと破断時の損傷度の関係を分析し、上記(1)の実験結果や上記(2)の解析結果を踏まえ、上記(3)で構築した破断予測法を用いない簡便な破断判定手法の構築を目指す。

4. 研究成果

- (1) 局部座屈を伴い梁フランジが破断する柱梁溶接接合部の変形能力の分析

平成 27 年度（2015 年度）以前の先行研究で実施したノンスカラップ形式柱梁溶接接合部を対象に実施した載荷実験^⑦に引き続き、平成 28 年度（2016 年度）はスカラップ形式柱梁溶接接合部を対象に一定振幅載荷実験を行った。FB ランクとの境界に近い FA ランクおよび FB ランク中程の H 形鋼の 2 種類を梁に用い、梁端接合部に局部座屈発生を抑制するためのスチフナを設けないことで、スカラップ形式柱梁接合部の変形能力に幅厚比が及ぼす影響を分析した。この実験結果より、局部座屈が明瞭に発生する前にスカラップ底から亀裂が発生・進展し、局部座

屈が明瞭に発生した頃には亀裂が梁フランジを貫通し、その後数回の繰返し载荷の後破断した。図 1 に示すように、梁端をスチフナで補剛し局部座屈の発生を抑制した既往のスカラップ形式の実験結果と本実験を、すなわちプロット○と△・◇を比較すると、破断までの繰返し数はほぼ同程度であった。本実験で対象としたように幅厚比が小さい梁に関しては、局部座屈がスカラップ底で発生・進展する亀裂に及ぼす影響は少ないため、ノンスカラップ形式の場合とは異なり、破断までの変形能力や曲げ耐力に影響が現れにくいことが分かった。

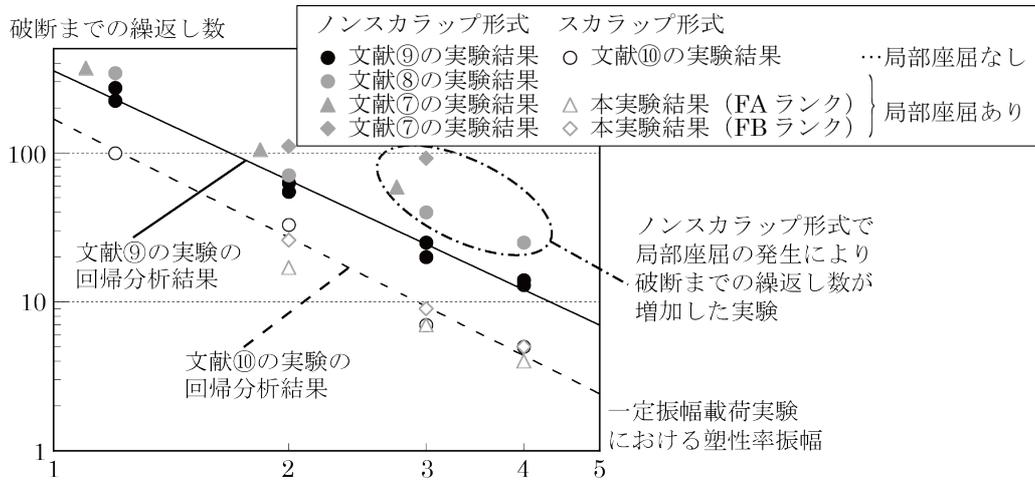


図 1 破断までの繰返し数と塑性率振幅の関係

続いて、平成 27 年度の先行研究^⑧において局部座屈が破断までの変形能力に及ぼす影響が明らかとなったノンスカラップ形式の柱梁溶接接合部を対象に、変動振幅载荷実験を行った。FB ランク中程の H 形鋼を梁に用い、2 種類の振幅を組み合わせた単純な変動振幅履歴とすることで、振幅の変化が局部座屈の進展に及ぼす影響を分析した。この実験結果より、前半の振幅から後半の振幅へと振幅が増加する場合は、前半の振幅で発生・進展していた局部座屈がそのまま進展することが分かった。一方、前半の振幅から後半の振幅へと振幅が減少する場合は、前半の振幅で発生・進展していた局部座屈が後半の振幅に切り替わった時点でほぼ進展しなくなることが分かった。局部座屈の進展は载荷中の最大変形と累積塑性変形量によって決まると考えられる。

(2)繰返し変形により徐々に進展する局部座屈の解析的検討

ノンスカラップ形式柱梁接合部を対象とし、単調载荷を受けた場合の荷重-変形関係を極限解析により検討した。塑性化以降の大変形時の耐力の推移を適切に評価するために、有限変形と微小変形の違いや歪硬化を新たに組み込んだことで、実験結果と同等に幅厚比が小さい梁であるほど局部座屈の進行に伴う耐力劣化挙動が緩やかとなる傾向がより適切に捉えられた。ただし、梁が塑性化してから局部座屈が明瞭に発生するまでの間の荷重-変形関係は十分に再現できなかった。極限解析では、部材が全塑性相当の状態に達した場合を想定しているため、部分的に塑性化している降伏直後などにはあまり対応しないことが一因であると考えられる。

繰返し変形により局部座屈が進行する場合は、単調载荷の場合とは異なりさほど大きな塑性変形が生じずかつ明瞭な耐力劣化挙動が現れない状態で耐力が徐々に低下するため、繰返し変形を受けた場合に関しては前述の極限解析による検討はあまり適さないと判断した。そこで、繰返し変形による局部座屈の検討では、有限要素法解析による検討を行った。幅厚比が FA から FB ランクの 20 種類の梁断面を対象に、塑性率振幅 2.5~4.0 の 4 種類の振幅の検討とし、繰返し毎の弾性剛性や曲げ耐力の変化を分析した。その結果、図 2 に示すように最大曲げ耐力に到達した時点の累積塑性変形倍率 η_{loc} を基準とすることで、幅厚比が小さく多数回の繰返し変形を受けてもほとんど局部座屈が進展しなかった場合を除き、弾性剛性の変化の推移を梁の幅厚比や塑性率振幅によらずおおよそ統一的に表現できることが分かった。

上記の有限要素法解析結果を踏まえ、単調载荷時と繰返し载荷時の復元力特性の折れ線モデル、および局部座屈による復元力特性の変化モデルを構築した。そして、図 3 に示すように本モデルを用いて上記(1)の実験結果を再現できることを確認した。

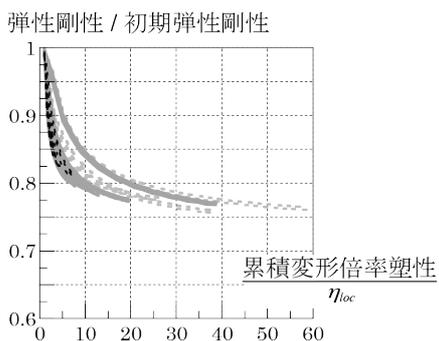


図 2 繰返し毎の弾性剛性の推移の一例

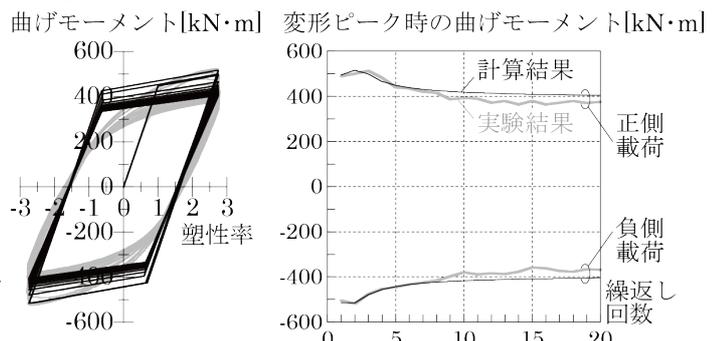


図 3 実験結果とモデルによる計算結果の比較の一例

(3) 局部座屈を伴い梁フランジが破断する場合の変形能力の予測方法

先行研究^⑥では、梁フランジ溶接部において生じた亀裂に着目し、その進展を定式化することで破断予測法を提案している。本検討では、上記(1)の実験で観測された図 4 に示す局部座屈が生じることで亀裂進展が鈍化する現象を、局部座屈により見かけの塑性率振幅が低下するとみなした。すなわち、一定振幅を受け局部座屈を伴い梁フランジが破断する場合の変形能力を、漸減振幅を受け局部座屈を伴わず破断する変形能力として算出を試みた。本検討では、見かけの塑性率振幅の減少と上記(2)で構築した弾性剛性の低下と対応させることで、文献^⑥の破断予測法を拡張した。そして、図 5 に示すように、局部座屈により亀裂が鈍化する現象を破断まで追跡できることを確認した。

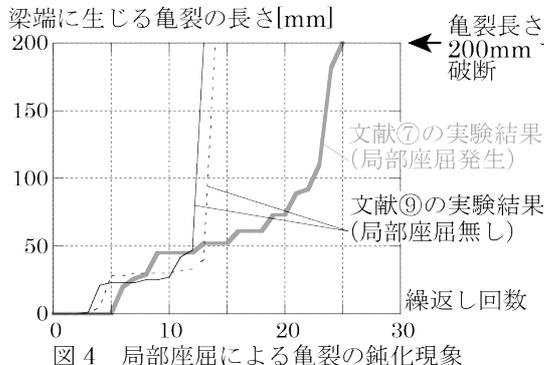


図 4 局部座屈による亀裂の鈍化現象

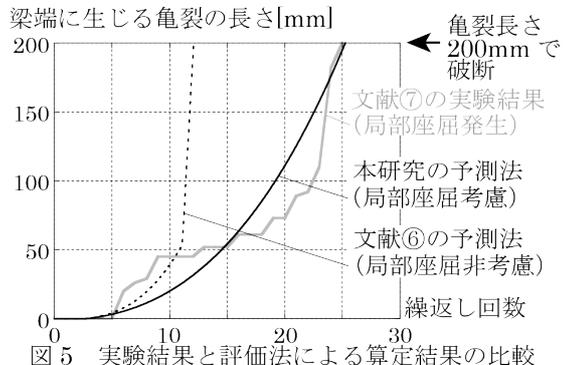


図 5 実験結果と評価法による算定結果の比較

(4) 任意の梁断面に対する破断までの亀裂進展性状の分析

海溝型長周期地震動を受ける鋼構造建物において、梁端での局部座屈や破断による弾性剛性や曲げ耐力の変化が建物の応答に及ぼす影響を分析するためには、骨組内の様々な梁断面寸法に対応した破断予測法を構築する必要がある。そこで、上記(1)の実験や先行研究の実験研究を踏まえ、梁の最大回転角と梁フランジ端の材軸方向歪の 2 種類に着目して、数種類の梁断面における破断までの亀裂進展性状を分析した。そして、先行研究で提案した破断予測法を任意の梁断面に対して適用できるように定式化を行った。梁断面寸法が異なることで亀裂進展性状が変化することやその傾向は再現することができたが、上記(3)とは異なり任意の梁断面に対する破断予測法の精度は十分とは言えなかったため、超高層建物を対象とした時刻歴応答解析による検討へは進まず、破断予測法の精度向上を進めた。また、上記(3)と同様に上記(2)の分析で作成した梁の復元力特性の変化モデルをもとに、任意の梁断面寸法に対し局部座屈を伴い梁フランジが破断する場合の破断予測法を構築した。

[参考文献]

- ① 吹田啓一郎, 北村有希子, 五藤友規, 岩田知孝, 釜江克宏: 高度成長期に建設された超高層建物の長周期地震動に対する応答特性, 想定南海トラフ地震の関西地域における予測波を用いた検討, 日本建築学会構造系論文集, 第 611 号, pp.56-61, 2007.1
- ② 日本建築学会: 鋼構造接合部設計指針, 2012
- ③ 加藤勉, 秋山宏: 鋼構造部材の耐力(その 4), 日本建築学会論文報告集, 第 151 号, pp.15-20, 1968.9
- ④ Milton A. Miner and Santa Monica: Cumulative Damage in Fatigue, American Society of Mechanical Engineers, Journal of Applied Mechanics, Vol.67, pp.159-164, 1945
- ⑤ 高塚康平, 真鍋義貴, 吹田啓一郎, 田中剛, 津嘉田敬章, 蘇鐘鈺: スカラップの有無が変形能力に及ぼす影響, 塑性歪履歴を受ける鋼構造柱梁溶接接合部の変形能力 その 2-, 日本建築学会構造系論文集, 第 77 巻, 第 673 号, pp.453-459, 2012.03
- ⑥ 高塚康平, 吹田啓一郎, 田中剛: 海溝型長周期地震動の応答による柱梁接合部の接合詳細や梁断面寸法の違いを考慮した損傷度評価, 日本建築学会構造工学論文集, Vol.60B, pp.249-256, 2014.03
- ⑦ 辻都子, 高塚康平, 吹田啓一郎, 梅田敏弘: 局部座屈が破断までの変形能力に及ぼす影響, 塑性歪履歴を受ける鋼構造柱梁溶接接合部の変形能力 その 18, 日本建築学会大会学術講演梗概集, 構造Ⅲ, pp.709-710, 2014.09
- ⑧ 原田周, 高塚康平, 吹田啓一郎: 幅厚比が変形能力に及ぼす影響, 塑性歪履歴を受ける鋼構造柱梁溶接接合部の変形能力 その 24, 日本建築学会大会学術講演梗概集, 構造Ⅲ, pp.1231-1232, 2016.08
- ⑨ 吹田啓一郎, 田中剛, 佐藤篤司, 真鍋義貴, 津嘉田敬章, 蘇鐘鈺: 梁端接合部の最大曲げ耐力が変形能力に及ぼす影響, 塑性歪履歴を受ける鋼構造柱梁溶接接合部の変形能力 その 1, 日本建築学会構造系論文集, 第 76 巻, 第 664 号, pp.1135-1142, 2011.06
- ⑩ 高塚康平, 真鍋義貴, 吹田啓一郎, 田中剛, 津嘉田敬章, 蘇鐘鈺: スカラップの有無が変形能力に及ぼす影響, 塑性歪履歴を受ける鋼構造柱梁溶接接合部の変形能力 その 2, 日本建築学会構造系論文集, 第 77 巻, 第 673 号, pp.453-459, 2012.03

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計 11 件)

- ① 川上健, 高塚康平: 梁端溶接止端部の歪に着目した破断予測, 塑性歪履歴を受ける鋼構造柱梁応接接合部の変形能力 その 30, 日本建築学会大会学術講演梗概集, 査読無, 構造Ⅲ, 2019.09 (予定)
- ② 川上健, 高塚康平: 塑性歪履歴を受ける鋼構造柱梁応接接合部の変形能力, その 30 梁端溶接止端部の歪に着目した破断予測, 日本建築学会近畿支部研究報告集, 査読無, 2019.06 (予定)
- ③ 高塚康平, 川上健: 任意の梁断面に対する亀裂進展則の検証, 塑性歪履歴を受ける鋼構造柱梁応接接合部の変形能力 その 29, 日本建築学会大会学術講演梗概集, 査読無, 構造Ⅲ, pp.1207-1208, 2018.09
- ④ 川上健, 高塚康平: 任意の梁断面に対する亀裂進展則の検討, 塑性歪履歴を受ける鋼構造柱梁応接接合部の変形能力 その 28, 日本建築学会大会学術講演梗概集, 査読無, 構造Ⅲ, pp.1205-1206, 2018.09
- ⑤ 原田周, 高塚康平: 局部座屈を伴い破断するノンスカラップ形式柱梁接合部の変形能力評価, 塑性歪履歴を受ける鋼構造柱梁応接接合部の変形能力 その 27, 日本建築学会大会学術講演梗概集, 査読無, 構造Ⅲ, pp.1203-1204, 2018.09
- ⑥ 原田周, 高塚康平: 塑性歪履歴を受ける鋼構造柱梁応接接合部の変形能力, その 26 局部座屈を伴い破断するノンスカラップ形式柱梁接合部の変形能力評価, 日本建築学会近畿支部研究報告集, 査読無, 第 58 号・構造系, pp.345-348, 2018.06
- ⑦ 川上健, 高塚康平: 塑性歪履歴を受ける鋼構造柱梁応接接合部の変形能力, その 25 任意の梁断面に対する亀裂進展則の構築, 日本建築学会近畿支部研究報告集, 査読無, 第 58 号・構造系, pp.341-344, 2018.06
- ⑧ 原田周, 高塚康平: 局部座屈後の耐力低下の解析的検討, 塑性歪履歴を受ける鋼構造柱梁溶接接合部の変形能力 その 26, 日本建築学会大会学術講演梗概集, 査読無, 構造Ⅲ, pp.797-798, 2017.08
- ⑨ 川上健, 高塚康平: スカラップの有無と幅厚比の違いが及ぼす影響, 塑性歪履歴を受ける鋼構造柱梁溶接接合部の変形能力 その 25, 日本建築学会大会学術講演梗概集, 査読無, 構造Ⅲ, pp.795-796, 2017.08
- ⑩ 原田周, 高塚康平: 塑性歪履歴を受ける鋼構造柱梁応接接合部の変形能力, その 24 局部座屈後の耐力低下の解析的検討, 日本建築学会近畿支部研究報告集, 査読無, 第 57 号・構造系, pp.165-168, 2017.06
- ⑪ 川上健, 高塚康平: 塑性歪履歴を受ける鋼構造柱梁応接接合部の変形能力, その 23 スカラップの有無と幅厚比の違いが及ぼす影響, 日本建築学会近畿支部研究報告集, 査読無, 第 57 号・構造系, pp.161-164, 2017.06
- ⑫ 原田周, 高塚康平, 吹田啓一郎: 幅厚比が変形能力に及ぼす影響, 塑性歪履歴を受ける鋼構造柱梁溶接接合部の変形能力 その 24, 日本建築学会大会学術講演梗概集, 査読無, 構造Ⅲ, pp.1231-1232, 2016.08
- ⑬ 原田周, 高塚康平, 吹田啓一郎: 塑性歪履歴を受ける鋼構造柱梁溶接接合部の変形能力, その 22 幅厚比が変形能力に及ぼす影響, 日本建築学会近畿支部研究報告集, 査読無, 第 56 号・構造系, pp.401-404, 2016.06

〔学会発表〕(計 10 件)

- ① 川上健, 高塚康平: 梁端溶接止端部の歪に着目した破断予測, 塑性歪履歴を受ける鋼構造柱梁応接接合部の変形能力 その 30, 日本建築学会大会学術講演会, 2019.09 (予定)
- ② 川上健, 高塚康平: 塑性歪履歴を受ける鋼構造柱梁応接接合部の変形能力, その 30 梁端溶接止端部の歪に着目した破断予測, 日本建築学会近畿支部研究会, 2019.06 (予定)
- ③ 高塚康平, 川上健: 任意の梁断面に対する亀裂進展則の検証, 塑性歪履歴を受ける鋼構造柱梁応接接合部の変形能力 その 29, 日本建築学会大会学術講演会, 2018.09
- ④ 川上健, 高塚康平: 任意の梁断面に対する亀裂進展則の検討, 塑性歪履歴を受ける鋼構造柱梁応接接合部の変形能力 その 28, 日本建築学会大会学術講演会, 2018.09
- ⑤ 原田周, 高塚康平: 塑性歪履歴を受ける鋼構造柱梁応接接合部の変形能力, その 26 局部座屈を伴い破断するノンスカラップ形式柱梁接合部の変形能力評価, 日本建築学会近畿支部研究会, 2018.06
- ⑥ 川上健, 高塚康平: 塑性歪履歴を受ける鋼構造柱梁応接接合部の変形能力, その 25 任意の梁断面に対する亀裂進展則の構築, 日本建築学会近畿支部研究報告会, 2018.06
- ⑦ 原田周, 高塚康平: 局部座屈後の耐力低下の解析的検討, 塑性歪履歴を受ける鋼構造柱梁溶接接合部の変形能力 その 26, 日本建築学会大会学術講演会, 2017.08
- ⑧ 川上健, 高塚康平: スカラップの有無と幅厚比の違いが及ぼす影響, 塑性歪履歴を受ける鋼構造柱梁溶接接合部の変形能力 その 25, 日本建築学会大会学術講演会, 2017.08
- ⑨ 原田周, 高塚康平: 塑性歪履歴を受ける鋼構造柱梁応接接合部の変形能力, その 24 局部座屈後の耐力低下の解析的検討, 日本建築学会近畿支部研究報告会, 2017.06
- ⑩ 川上健, 高塚康平: 塑性歪履歴を受ける鋼構造柱梁応接接合部の変形能力, その 23 スカラ

- ップの有無と幅厚比の違いが及ぼす影響，日本建築学会近畿支部研究報告会，2017.06
- ⑪ 原田周，高塚康平，吹田啓一郎：幅厚比が変形能力に及ぼす影響，塑性歪履歴を受ける鋼構造柱梁溶接接合部の変形能力 その24，日本建築学会大会学術講演会，2016.08
 - ⑫ 原田周，高塚康平，吹田啓一郎：塑性歪履歴を受ける鋼構造柱梁溶接接合部の変形能力，その22 幅厚比が変形能力に及ぼす影響，日本建築学会近畿支部研究報告会，2016.06

[その他]

①研究会での発表：

Kouhei Takatsuka : Analysis of Hysteretic Restoring Force Characteristics of Welded Moment Connection with Local Buckling, Proceedings of The 20th SEEBUS, pp.229-238, 2018.11

②ホームページ：

<http://www.suita-lab.archi.kyoto-u.ac.jp/faculty/takatsuka/index.html>

6. 研究組織

(1)研究分担者

(2)研究協力者

- ①研究協力者氏名：吹田 啓一郎
ローマ字氏名：SUITA, keiichiro
- ②研究協力者氏名：原田 周
ローマ字氏名：HARADA, shu
- ③研究協力者氏名：川上 健
ローマ字氏名：KAWAKAMI, ken

※科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。