

令和 5 年 6 月 9 日現在

機関番号：12608

研究種目：若手研究

研究期間：2020～2022

課題番号：20K14868

研究課題名（和文）軸力と曲げを受ける柱材の不安定挙動の解明と構造性能評価

研究課題名（英文）Elucidation of stability and evaluation of the structural performance of the Beam-Column subjected to Axial Force with Bending Moment

研究代表者

三井 和也（Mitsui, Kazuya）

東京工業大学・環境・社会理工学院・助教

研究者番号：60862224

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,300,000円

研究成果の概要（和文）：本申請は繰返し荷履歴が矩形断面部材の局部座屈により決定される最大耐力や耐力劣化挙動といった構造性能に及ぼす影響を構造実験と弾塑性数値解析により明らかにしている。まず、同一形状の試験体に対し、複数種の対称系および非対称系の振幅の繰返し荷実験を実施し、荷履歴が耐力劣化挙動に及ぼす影響を実験的に検証する。また、鋼材の弾塑性構成式の設定がシミュレーション結果に影響を及ぼすため、繰返し素材引張試験を実施し、素材引張試験を有限要素法数値解析により模擬することで、弾塑性構成式の材料特性を決定する係数を同定する。最後に、矩形断面部材の評価指標に基づき、単調荷と繰返し荷時の構造性能の関係性を検討する。

研究成果の学術的意義や社会的意義

地震時において鋼構造建築物の部材に入力される水平力は、地震の規模や発生位置において数多のパターンが想定される一方で、構造実験において検証できる荷パターンは極めて限定的であり、実際の地震動が構造体に及ぼす影響を正確に把握できているか不明である。本研究では、単調荷から数多の繰返し荷の構造実験および有限要素法解析を実施し、単調荷と繰返し荷の関係性を明らかものとしている。有限要素法解析によって信頼性の高い繰返し荷を実施するには、硬化則の材料定数の設定が重要となるが、本申請ではその設定方法についても詳細な議論を行い、今後、本申請を利用・活用することでスムーズな研究が行える。

研究成果の概要（英文）：This application aims to clarify the effects of cyclic loading history on structural performance, such as the maximum load determined by local buckling and the deterioration behavior of rectangular cross-section members, through structural tests and FE analyses. First, cyclic loading tests with several types of symmetric and asymmetric amplitudes are conducted on specimens of the same geometry to experimentally verify the effects of loading protocols on the deterioration behavior. In addition, since the setting of the constitutive equation of steel influences the simulation results, cyclic material tests are conducted, and the coefficients that determine the material properties of the constitutive equation are identified by simulating the material tensile tests using finite element method numerical analysis. Finally, the relationship between the structural performance under monotonic and cyclic loading is investigated based on the evaluation index for rectangular members.

研究分野：工学，建築学，建築構造，材料

キーワード：溶接組立部材 矩形断面部材 局部座屈 弾塑性構成式 劣化挙動 繰返し荷実験

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、研究者個人に帰属します。

1. 研究開始当初の背景

溶接工程の省力化や建物重量の低減という社会的なニーズの高まりから高強度鋼材の開発が進み、柱材へと適用されつつある。鋼材の高強度化により鋼構造建築物の柱材は板要素が薄く、細い部材でも従来と同程度の荷重を保持することが可能となった。一方で、鋼構造建築物の剛性は部材の断面寸法に依存する。したがって、鋼材の薄肉化に伴い骨組の剛性が低下し、骨組を構成する部材や板要素において「座屈」と呼ばれる変形が生じやすくなった。もう一方で、2011年の東北地方太平洋沖地震や2016年の熊本地震のような短時間に複数回の強振動が発生する地震が観測されている。あるいは、東北地方太平洋沖地震のような海溝型地震に起因する長周期地震動が高層建築物に作用すると、柱梁部材には多数回の繰返し荷重が作用することも観測されている。部材に作用する外力はこれら地震動に応じて大きく異なるため、構造物が倒壊に至るまでの繰返し地震動と部材の挙動の関係性を明らかとすることが求められている。これまでに繰返し荷重と鋼構造骨組の矩形断面部材の耐力劣化挙動に関する検討は数多く実施されているが^{1), 2)など}、既往の実験的な研究で実施されている繰返し載荷履歴は対称系が多く、その履歴の種類も限定的であり、地震動のような任意の応答に対して、十分な検討が行えているのかすら不明である。

鋼構造骨組の倒壊挙動の要因は部材の座屈と接合部の破断であるが、前述のように、近年の鋼構造建築物では、薄い鋼板が積極的に使用されており、座屈現象が発生しやすい状況にあると考えられることから、繰返し載荷履歴が矩形断面部材の局部座屈により決定される最大耐力や耐力劣化挙動といった構造性能に及ぼす影響や単調載荷と繰返し載荷の関係性を明らかにすることは極めて重要であるといえる。ただし、数多の載荷履歴を構造実験によって実施することは現実的ではないため、有限要素法数値解析による補完的な検討も考えられる。しかし、繰返し載荷実験を有限要素法によりシミュレーションする場合、鋼材の弾塑性構成式による影響を大きく受けるため、材料非線形性を高精度で再現できるような構成式を適用する必要がある。既往研究では構造実験から得られた荷重-変位関係のバウシinger部に対する整合性を高めるため、線形移動硬化則あるいは等方硬化則との混合硬化則を採用することが多い。さらに、精緻に鋼材の材料非線形性を再現できる等方硬化則と非線形性移動硬化を合わせたChabocheモデル³⁾、や下負荷面モデル⁴⁾のような材料構成式も提案されている。これら構成式は汎用構造解析プログラムで利用できるため、本申請ではこれら材料構成式を活用し、有限要素法によるシミュレーションによって、構造実験のシミュレーションも行う。

2. 研究の目的

上記の背景を踏まえ、本申請では繰返し載荷履歴が矩形断面部材の局部座屈により決定される最大耐力や耐力劣化挙動といった構造性能に及ぼす影響を構造実験と有限要素法による弾塑性数値解析により明らかにすることを目的とする。まず、片持ち梁形式の部材に単調および繰返し水平力を作用させた構造実験を実施する。繰返し水平力は同一形状の試験体に対し、複数種の対称系の漸増・一定振幅および非対称系の振幅を実施し、載荷履歴が耐力劣化挙動に及ぼす影響を実験的に検証する。また、実験結果を補完すべく、有限要素法による数値シミュレーションも実施する。前述のように鋼材の弾塑性構成式の設定がシミュレーション結果に影響を及ぼすため、繰返し素材引張試験を実施し、素材引張試験を有限要素法数値解析により模擬することで、種々の弾塑性構成式の材料特性を決定する係数を同定する。この同定結果を踏まえ、矩形断面部材の評価指標である新規幅厚比尺度に基づき、単調載荷と繰返し載荷時の構造性能の関係性を検討する。

3. 研究の方法

(3.1) 繰返し曲げせん断を受ける矩形断面部材の構造実験

単調載荷実験および繰返し載荷実験を実施し、実験変数である断面形状と載荷履歴の違いが、矩形断面部材の局部座屈により決定される最大耐力や耐力劣化挙動といった構造性能に及ぼす影響を確認する。本申請では溶接組立矩形断面部材を試験体として選定し、断面を構成する鋼材は550 N/mm²級鋼（Gr. 55）である。試験体の断面形状はFig. 1に示す□-125×125×4.5、□-110×110×3.2、□-125×125×3.2の3種類である。公称幅厚比はそれぞれ27.8, 34.5, 39.1であり、繰返し載荷を実施した場合、延性き裂の発生に先行して局部座屈が発生すると推定した幅厚比を設定している。試験体柱脚のエンドプレートから載荷位置までのせん断スパンは553 mmである。

載荷は片持ち梁形式であり、載荷点における曲げ構面外方向への水平移動は拘束されている。変位計はFig. 1に示すように試験体柱頭の水平および鉛直変位と、試験体柱脚のエンドプレートの水平変位および柱脚エンドプレートの回転を計測し、これらの計測結果から回転角 θ を求めている。本申請内の構造実験では、載荷履歴が矩形断面部材の局部座屈により決定される最大耐力や耐力劣化挙動といった構造性能に及ぼす影響を

明らかにすることを目的として、Fig. 2 に例示する荷履歴を採用している。荷履歴は単調荷(Mono.)と Fig. 2(a)の対称形繰返し荷、Fig. 2(b)の非対称形繰返し荷としている。非対称形ループを有する荷履歴は断層近傍のパルス性地震動が構造性能に及ぼす影響を把握するために設定した Near-Fault 荷履歴(N.F.)であり、一方向に残留変形が蓄積される場合の構造性能の変化を確認することを目的としている。

(3.2) 有限要素法による構造実験のシミュレーション

部材の構造性能に影響を及ぼす因子は多岐に渡る。曲げせん断を受ける矩形断面部材に関する諸変数を構造実験により把握することは困難であるため、有限要素法数値解析のような計算機を使用したシミュレーションは必要不可欠である。一方で、繰返し荷を受ける部材の弾塑性挙動は鋼材の構成式に影響されるため、有限要素法による弾塑性解析では鋼材特性を正しく反映した弾塑性構成式を設定する必要がある。本申請では繰返し荷を受ける部材の弾塑性数値解析を実施するべく、単調および繰返し素材試験を実施する。繰返し素材試験結果を用いて、Chaboche モデル³⁾や下荷面モデル⁴⁾のような等方硬化則と非線形形移動硬化則を組合わせた材料構成式で必要とされる各係数の同定作業を行い、繰返し素材試験により同定した構成式を用いて本申請で実施した構造実験のシミュレーションを試みる。

(3.3) 新規幅厚比区分による矩形断面部材の構造性能の整理

部材の応力勾配を考慮した弾性局部座屈耐力と全塑性モーメントに基づく指標である新規幅厚比尺度²⁾ S_H によって、繰返し荷履歴と矩形断面部材の構造性能を整理する。

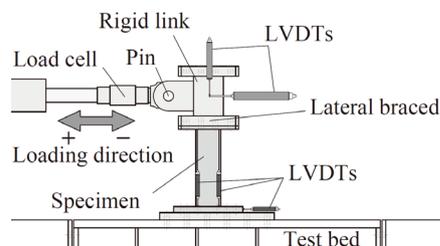


Fig. 1 試験体形状

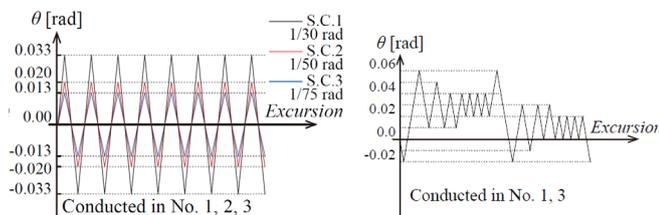


Fig. 2 荷履歴

4. 研究成果

(4.1) 繰返し曲げせん断を受ける矩形断面部材の構造実験

Fig. 3 に荷履歴ごとの曲げモーメント-回転角関係を、Fig. 4 には荷終了後の試験体の崩壊形状を例示する。なお、荷履歴と塑性変形能力といった構造性能との関係性については、(4.3)で議論するものとし、本節では実験で確認された現象についてのみ記載する。漸増繰返し荷を受ける試験体では、ループの最大回転角が単調荷で確認された最大耐力時の回転角 $\theta_{max,m}$ を上回ると局部座屈が発生し、局部座屈の進展とともに耐力が明瞭に低下する。単調荷で確認された最大耐力時の回転角 $\theta_{max,m}$ 以上の回転角となる定振幅荷を矩形断面部材が受ける場合、荷履歴の進展に伴い、局部座屈が進展し、耐力も低下する。一方、回転角 $\theta_{max,m}$ よりも小さい定振幅荷を矩形断面部材が受ける場合、局部座屈が発生することなく、ある回数以上の繰返し荷後、部材端の溶接部に延性き裂が発生し、延性き裂が進展することで終局状態が決定される。

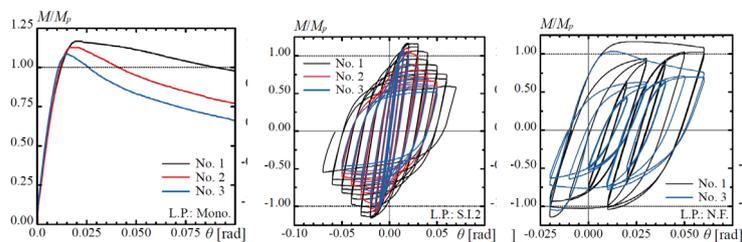


Fig. 3 曲げモーメント-回転角関係

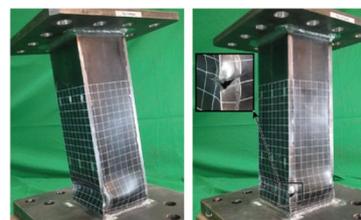


Fig. 4 試験体の終局状態

(4.2) 有限要素法による構造実験のシミュレーション

本申請で使用した鋼材は構造実験で使用した 550 N/mm² 級鋼 (Gr. 55) と建築用鋼材として広く利用される SN400B, SN490B である。単調素材引張試験には JIS 5 号試験片を、繰返し素材試験には試験部の直径が 3 mm、試験部長さが 7 mm の円形試験片を使用している。繰返し荷の荷履歴は引張側を正として、正負交番漸増繰返し型の Type A と Ratcheting 型の Type B の 2 パターンを実施している。これら素材試験結果に対し

て、汎用有限要素法解析プログラム MSC. Marc Mentat 2021 で使用可能な材料構成式である Chaboche モデルと下負荷面モデルを曲げせん断を受ける矩形断面部材の弾塑性数値解析で使用するべく、繰返し素材試験結果を用いて材料構成式で必要とされる各係数の同定作業を行った。Fig. 5 に示すように、緑実線で示す単調素材引張試験の材料データに等方硬化則を適用した結果は塑性ひずみ進行すると応力が大きくなり、繰返し素材試験結果と大きく異なる結果が得られた。緑破線で示す単調素材引張試験の材料データに線形移動硬化則を適用した結果は、Type B の引張応力に対する再現精度は高いものの、Type B の圧縮応力や Type A に対しては全体的に応力が小さく、繰返し素材試験結果を十分に再現できていない。赤線で示す Chaboche モデルと青線で示す下負荷面モデルは、Type A, B を通じて、等方硬化による応力上昇量やバウシinger部の挙動を再現できており、単調素材引張試験の材料データに等方硬化則や線形移動硬化則を適用した再現結果より良好な結果が得られた。

同定した Chaboche モデルと下負荷面モデルを用いて、(4.1)で実施した構造実験の再現解析を汎用有限要素法解析プログラム MSC. Marc Mentat 2021 により行う。解析モデルは 8 節点ソリッド要素により構成されている。解析モデルでは溶接部は再現していない。材料データは Chaboche モデルと下負荷面モデルである。これらに加え、単調の素材引張試験結果を真応力度-対数塑性ひずみ関係に変換した材料データに対し、等方硬化則あるいは線形移動硬化則を適用した場合についても検討を行っている。初期不整はその最大振幅が断面幅の 1/2000 となる、1 次固有モードに基づいた形状を与えている。

Fig. 6 に構造実験結果と有限要素法に基づく再現解析の結果の比較を示す。ここでは幅厚比が最も小さい No. 1 と最も大きい No. 3 の単調載荷と小振幅から大振幅までを含んだ Near-Fault の繰返し載荷の比較を示す。Fig. 6(a)に示す単調載荷では単調素材引張試験の材料データに等方硬化則や線形移動硬化則を適用した結果と比較し、Chaboche モデルでは構造実験で得られた最大耐力とほとんど同等の値を得られたが、No. 1 では最大耐力を迎える回転角が構造実験よりやや大きい結果となった。一方、下負荷面モデルの結果は単調素材引張試験の材料データに等方硬化則や線形移動硬化則を適用した結果とほとんど同じ結果が得られた。ただし、下負荷面モデルでは初期降伏応力度に到達する以前に塑性ひずみが蓄積される、鋼材の実挙動を模擬した材料構成式であるため、単調素材引張試験の材料データに等方硬化則や線形移動硬化則を適用した結果よりも早期に初期剛性が低下し、下負荷面モデルでは構造実験により近い挙動が得られた。

繰返し載荷である Near-Fault では単調素材引張試験の材料データに等方硬化則や線形移動硬化則を適用した結果と Chaboche モデル、下負荷面モデルによる結果に顕著な差が生じている。緑実線の単調素材引張試験の材料データに等方硬化則を適用した結果では、履歴の進行に伴い降伏曲面が大きくなるため、構造実験では塑性化が進行するような小さな振幅でも弾性的な挙動を示し、その再現精度は十分なものではない。また、バウシinger部における構造実験との誤差が顕著である。緑破線の線形移動硬化則を適用した再現結果は早期に耐力と剛性が低下しており、安全側の評価には繋がるものの、部材の繰返し弾塑性挙動を精度よく再現できる硬化則ではない。Chaboche モデルや下負荷面モデルでは載荷履歴の進行に伴う耐力の劣化度合や耐力の劣化挙動が構造実験と精度よく一致している。なお、局部座屈の変形状態については Chaboche モデルや下負荷面モデルも同様に構造実験と同様の変形状態が再現されている。

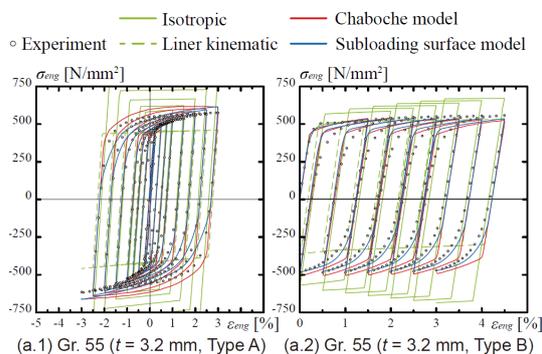


Fig. 5 有限要素法による素材試験の再現

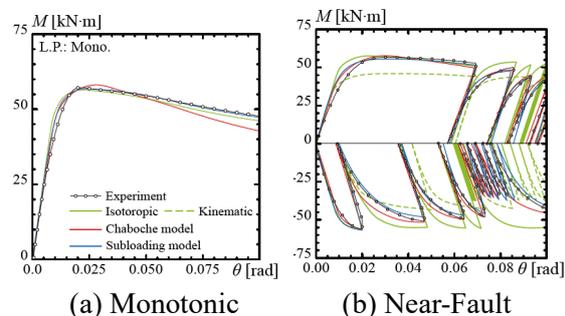


Fig. 6 有限要素法による構造実験の再現

(4.3) 新規幅厚比区分による矩形断面部材の構造性能の整理

部材の応力勾配を考慮した弾性局部座屈耐力と全塑性モーメントに基づく指標である新規幅厚比尺度 1S_H によって、繰返し載荷履歴と矩形断面部材の構造性能を整理する。

まず、単調載荷と繰返し載荷時の最大耐力について述べる。Fig. 7(a)に縦軸を単調載荷時における最大耐力 $M_{\max,m}$ の全塑性モーメント M_p に対する耐力比 $M_{\max,m}/M_p$ とし、横軸を新規幅厚比区分 S_H とした結果を示す。結果に示すように、 S_H に降伏応力度の影響が加味されているため、材料強度が変化した場合でも耐力比は同一の線形関係を示す

ことが確認された。Fig. 7(b)に繰返し載荷時の最大耐力 $M_{\max,c}$ を単調載荷時の最大耐力 $M_{\max,m}$ により基準化した結果を示す。横軸は繰返し載荷時の曲げモーメント-回転角関係から得られた骨格曲線より抽出した最大耐力時における塑性回転角 $\theta_{\max,s}$ を単調載荷における最大耐力時の塑性回転角 $\Sigma\theta_{\max,m}$ によって基準化した値としている。Fig. 7(b)に示すように、単調載荷の最大耐力時の回転角 $\theta_{\max,m}$ より小さい振幅の一定振幅載荷の一部では最大耐力の値が単調載荷時を上回る。これは座屈波形の進展による耐力劣化より、鋼材の等方硬化による耐力上昇が上回ったことが要因である。一方、振幅の小さな一定振幅載荷の一部を除いたほとんどの場合で最大耐力は単調載荷時の値を下回る。その低下率は繰返し載荷時の骨格曲線より抽出した最大耐力時における塑性回転角 $\theta_{\max,c}$ と単調載荷における最大耐力時の塑性回転角 $\Sigma\theta_{\max,m}$ の比率に対して相関がある。

繰返し載荷下で座屈を伴う部材のエネルギー吸収量評価に Manson-Coffin 式に類似の関係を適用した既往の検討においては、載荷振幅とエネルギー吸収量の関係の定式化も試みられている。例えば文献 5)では、一定軸力下で繰返し載荷を受ける H 形鋼柱を対象とした検討により、初期より面外変形を生ずるような振幅での定振幅載荷下において、載荷振幅と累積エネルギー吸収量が両対数軸上で線形に対応するとともに、その延長上に単調載荷時の変形能力が位置することが確認されている。本解析中、振幅の極めて小さい載荷履歴を除く各ケースについて、塑性片振幅を θ_p にて基準化した値 D と累積エネルギー吸収量 $\eta_{e,u,c}$ との関係を Fig. 8 に例示する。ここでは損傷に寄与しないと思われる小振幅のサイクルは除去しており、定振幅載荷以外のものは累積塑性率を有効サイクル数で除した平均値として振幅を仮定している。また、塑性変形能力評価点に至るまでの有効サイクル数によりマーカを区別するとともに、単調載荷時の $\theta_{u,m}$ に対する $\eta_{e,u,m}$ の値を黒プロットで示している。 $\theta_{u,m}$ 付近までの領域を細かく区切った振幅を適用した本解析では、複数の履歴にて有効サイクル数が同一となり、当該領域にて振幅と累積エネルギー吸収量は左肩下りの傾向を示すものの、サイクル数が同一となる履歴内で η_e が最小となる履歴のみをプロットすれば、部材ごとに振幅とエネルギー吸収量がおおむね線形に対応し、その勾配は部材によらずおおむね同様となっている。よって、箱形断面部材を対象とした本研究においても文献 5)に示されたものと同様の傾向を見出せる。

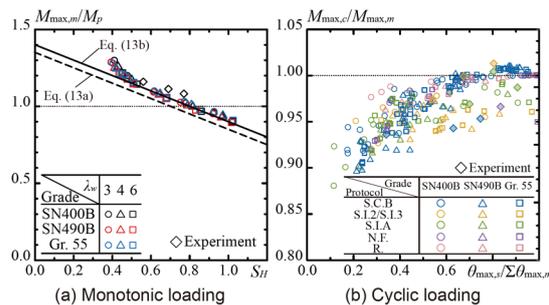


Fig. 7 単調と繰返し載荷の最大耐力

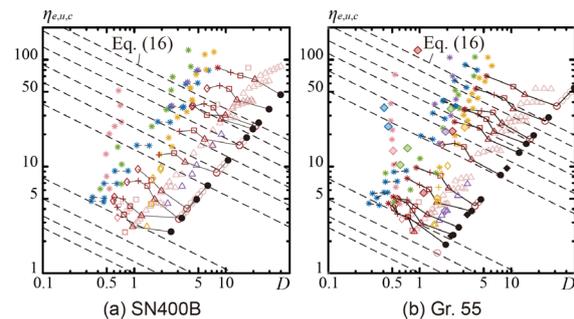


Fig. 8 有限要素法による構造実験の再現

<引用文献>

- 1) K. Sato, K. Ikarashi: Local Buckling Behavior and Evaluation Method for Structural Performance of Square Hollow Section Members under Bending Shear Force, Journal of Structural and Construction Engineering (Transactions of AIJ), Vol. 82, No. 731, pp. 123–133, 2017. 1, DOI: <https://doi.org/10.3130/aijs.82.123> (in Japanese)
- 2) A. Sato, K. Mitsui: Experimental Study on Square Steel Tubular Columns under Compressive Axial Force with One End Cyclic Bending Moment, Journal of Structural and Construction Engineering (Transactions of AIJ), Vol. 82, No. 735, pp. 701–711, 2017. 5, DOI: <https://doi.org/10.3130/aijs.82.701> (in Japanese)
- 3) J.L. Chaboche, G. Rousselier: On the Plastic and Viscoplastic Constitutive Equations—Part I: Rules Developed With Internal Variable Concept, ASME Journal of Pressure Vessel Technology, Vol. 105, Issue. 2, pp. 153–158, 1983. 5, <https://doi.org/10.1115/1.3264257>
- 4) K. Hashiguchi: Constitutive Equations of Elastoplastic Materials With Elastic-Plastic Transition, ASME Journal of Applied Mechanics, Vol. 47, Issue 2, pp. 266–272, 1980. 6, <https://doi.org/10.1115/1.3153653>
- 5) T. Suzuki, K. Tamamatsu: Experimental Study on Energy Absorption Capacity of Columns of Low STFFL Structures Part 1 Energy Absorption Capacity of H-shaped Steel Columns Subjected to Monotonic Loading and Cyclic Loading with Constant Deflection Amplitudes, Transactions of the Architectural Institute of Japan, Vol. 279, pp. 65–75, 1979. 5, DOI: https://doi.org/10.3130/aijsaxx.279.0_65

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計3件（うち査読付論文 3件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 3件）

1. 著者名 MITSUI Kazuya, IKARASHI Kikuo, KOBASHI Tomoki, KUWADA Ryohei	4. 巻 87
2. 論文標題 STRENGTH AND BEHAVIOR OF ELASTIC DISTORTIONAL BUCKLING FOR COLD-FORMED CHANNEL MEMBER UNDER COMPRESSION	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Journal of Structural and Construction Engineering (Transactions of AIJ)	6. 最初と最後の頁 139 ~ 148
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3130/aijs.87.139	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 MITSUI Kazuya, IKARASHI Kikuo	4. 巻 86
2. 論文標題 BUCKLING STRENGTH AND BEHAVIOR OF ELASTIC LOCAL BUCKLING FOR COLD-FORMED CHANNEL MEMBER UNDER COMPRESSION	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of Structural and Construction Engineering (Transactions of AIJ)	6. 最初と最後の頁 1685 ~ 1692
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3130/aijs.86.1685	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Mitsui Kazuya, Kuwada Ryohei	4. 巻 6
2. 論文標題 Elastic coupled local buckling strength of I shaped steel member in uniform bending	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 JAPAN ARCHITECTURAL REVIEW	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/2475-8876.12355	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

〔学会発表〕 計6件（うち招待講演 2件/うち国際学会 2件）

1. 発表者名 三井和也
2. 発表標題 圧縮力が作用する薄板軽量形鋼のゆがみ座屈耐力に関する研究
3. 学会等名 日本建築学会大会学術講演梗概集
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Kazuya Mitsui
2. 発表標題 DISTORTIONAL BUCKLING OF COLD-FORMED CHANNEL MEMBER UNDER COMPRESSION
3. 学会等名 The22ndTaiwan-Japan-KoreaJointSeminaronEarthquakeEngineeringforBuildingStructures (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 松本樹, 三井和也, 五十嵐規矩夫
2. 発表標題 高強度矩形断面部材の材料構成則が繰返し履歴挙動に及ぼす影響
3. 学会等名 鋼構造シンポジウム2023
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 松本樹, 三井和也, 五十嵐規矩夫
2. 発表標題 高強度鋼材の素材繰返し試験結果を用いた材料構成則の定数同定
3. 学会等名 日本建築学会大会 (近畿)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 定慶一郎, 松本樹, 三井和也, 五十嵐規矩夫
2. 発表標題 箱形断面部材の座屈を伴う変形挙動の解析精度に及ぼす材料構成則とその定数による影響
3. 学会等名 日本建築学会大会 (近畿)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Itsuki Matsumoto, Kazuya Mitsui, Kikuo Ikarashi
2. 発表標題 Effect of Loading Protocol on Hysteretic Response and Stiffness Deterioration of Steel Hollow Structural Section Columns
3. 学会等名 The 23rd Taiwan - Korea - Japan Joint Seminar on Earthquake Engineering for Building Structures (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2022年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関