

令和 4 年 5 月 17 日現在

機関番号：12601

研究種目：基盤研究(A)（一般）

研究期間：2017～2021

課題番号：17H01302

研究課題名（和文）連続した大地震に対する鉄骨造建物の安全性・機能維持評価と耐震設計法の確立

研究課題名（英文）Establishment of seismic design and evaluation method of safety function continuity of steel buildings against multiple strong earthquakes

研究代表者

山田 哲（Yamada, Satoshi）

東京大学・大学院工学系研究科（工学部）・教授

研究者番号：60230455

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 32,900,000円

研究成果の概要（和文）：これまでの耐震設計、耐震研究でわかっていなかった、熊本地震のような強い地震を連続して受けた場合の鉄骨造建物の耐震性能を、体系的な実験と解析により検証した。その結果、構造骨組については、現在の耐震設計方法に準拠し、柱の性能を高くしておけば、設計で想定する程度の地震に対しては5回以上受けても倒壊しないこと、設計レベルの2倍程度の強さの地震に対しても3回は耐えられることを明らかにした。ただし、設計レベル以上の大地震を経験すると、内壁の損傷により建物の機能が失われることから、非構造部材の損傷を回避することが建物の機能維持のための必要な対策となる。

研究成果の学術的意義や社会的意義

繰り返し大地震を受ける鉄骨造建物の耐震性能について、体系的な実験と解析による検討を世界に先駆けて行った。その結果、現在の耐震設計法により設計された骨組については、倒壊の起点となる柱の局部座屈発生を回避することで、設計レベルを2倍程度上回るような強い地震を複数回受けても倒壊しないことを明らかにした。一方で、建物の機能を司る非構造部材については、内壁が比較的早期に損傷を受け、骨組が繰り返し変形していく間に危険な状態になることも明らかとなった。これらの新しい知見は、近年建物の要求耐震性能となってきた大地震時の機能維持実現のためにも、有用な成果となっている。

研究成果の概要（英文）：In this study, the seismic performance of steel buildings under multiple strong earthquakes such as the Kumamoto earthquake was examined by systematic experiments and analysis. From analytical results of inelastic response analysis on middle and low-rise steel buildings, it was found that it did not collapse even after receiving five earthquakes of design level strength. Furthermore, it was found that it does not collapse even if it receives three earthquakes that are twice as strong as the design level. However, if a large earthquake above the design level is experienced, the function of the building will be lost due to damage to the inner wall, so avoiding damage to non-structural elements is a necessary measure for maintaining the function of the buildings.

研究分野：建築構造学

キーワード：鉄骨構造 耐震性能 連続地震 非構造部材 機能維持

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

従来の耐震設計・耐震研究は、建物の使用期間に1度経験するかしないかの大地震に対して倒壊を回避することを最低目標としてきた。その上で、自然現象である地震の強さが設計における想定を上回ることを視野に入れ、入力波の強さをパラメーターとした解析や実験により、設計レベルの入力ではどの程度の損傷を受けるのか、そしてどの程度の強さの地震にまで耐えられるかという研究が行われてきた。これは、

- 1) 建物が大きな損傷を受ける強い地震は、連続して発生しないと考えられてきたこと。
 - 2) 鉄骨造建物の耐震研究において、最大耐力以降、倒壊に至るまでの挙動に関する研究がまだ十分ではなく、1度の大地震に対する倒壊までの余裕度評価自体も先端的な研究課題であること。
 - 3) 建物で構造が受ける損傷の程度と非構造部材が受ける損傷の関係や、非構造部材の損傷の程度と地震後の機能喪失の関係についても、あまり検討ができていないこと。
- などの理由による。

研究を立案した2016年の4月には熊本地震が発生し、最大震度が7となる地震が連続して起こったことで、これまで、建物が強い地震を連続して受けないと思い込んでいたことが誤りであったことが明らかとなった。国内に限らず海外においても、大地震後にやや強い余震を受けた場合の影響についての検討がわずかにあったものの、連続して大地震が起こることを想定した耐震研究は行われておらず、鉄骨造建物が設計レベル、あるいはそれを上回る強い地震を連続して受けた場合、外壁や内装等の非構造部材を含む建物の損傷・残存耐震性能はどの程度か？どこまで建物としての機能を維持できそうか？1度の地震で受ける損傷との関係はどうなっているか？といったことがわかっていない状況であった。

2. 研究の目的

これまでの耐震設計、耐震研究は、建物の使用期間に1度経験するかしないかの大地震に対して倒壊を回避することを最低目標としてきた。熊本地震のように設計レベル、あるいはそれを上回る強い地震を連続して受けた場合に、非構造部材を含む鉄骨造建物の損傷・残存耐震性能はどの程度か？どこまで建物としての機能を維持できそうか？1度の地震で受ける損傷との関係はどうなっているか？といったことはわかっていない。本研究では、一般的な中低層の鉄骨造建物について、設計レベル、あるいはそれを上回る強い地震を連続して受けた場合に、非構造部材を含む建物の損傷・残存耐震性能や建物としての機能がどの程度残るかを体系的な実験ならびに解析により定量的に評価し、倒壊防止だけでなく機能維持限界も視野に入れた耐震設計法を構築するための基礎を固める。

3. 研究の方法

中低層の鉄骨造建物を対象として、非構造部材を取り付けた実大の部分架構について、連続して作用する大地震を想定した繰り返し載荷実験を行い、構造要素、非構造部材それぞれの損傷の推移を把握し、耐震性能ならびに建物としての機能の低下を評価する。併せて、骨組レベルの地震応答解析により、一般的な中低層の鉄骨造建物について、設計レベル、あるいはそれを上回る強い地震を連続して受けた場合に、非構造部材を含む建物の損傷・残存耐震性能や建物としての機能がどの程度残るかを定量的に評価する。

4. 研究成果

4.1 複数回の大地震を受ける実大鉄骨骨組の載荷実験

現行の耐震設計法では、建物は1度の大地震に対して倒壊しないことを最低限の目標として設計されているが、熊本地震のように強い地震を複数回受ける場合にどのように損傷が蓄積するのか、また、繰り返し作用する大地震に対してどの程度の耐震性能があるかはわかっていない。さらには、地震を受けて構造部材が大きく損傷しなかった場合であっても、内外装材といった非構造部材に大きな損傷が生じた事例が確認されている¹⁾など。さらに、現在では非構造部材は構造設計において、外力を負担せず構造部材に影響を与えないものとして扱われているが、非構造部材がその力学特性として、水平剛性や耐力を建物に付与することが確認されており²⁾など、建物の耐震性能に影響を及ぼすことが考えられる。そのため、大地震を複数回受けた場合の建物の耐震性能や機能の変化について明らかにするためには、構造部材だけでなく非構造部材を含めた検討を行う必要がある。そこで、複数回の大地震を受ける鉄骨造建物への損傷の蓄積、そして耐震性能および機能への影響を評価することを目的として、非構造部材を取り付けた実大鉄骨骨組に対し、複数回の大地震を想定した繰り返し載荷実験を実施した。

試験体は、一般的な中低層鉄骨造建物の中間層を想定した1層1スパン(6m×2.5m、高さ3.5m)の鉄骨骨組を使用した。試験体の柱には冷間成形角形鋼管を、大梁にはH形鋼を用いた。なお、現行の耐震基準で設計された建物同様、梁端部に塑性ヒンジが生じ梁崩壊型のメカニズムを形成するように部材断面を決定した。また、柱梁接合部は、通しダイアフラム形式による工場溶接とし、現在、中低層の鉄骨造建物で一般に用いられている構法を再現した実験とするため、一方の構面の梁端にはスカラップ(35R+10R)を設け、他方の構面の梁端はノンスカラップとした。非

構造部材については、軽量鉄骨下地乾式間仕切り壁(LGS 壁)を取り付けた骨組(以下、LGS 骨組)と ALC 版外壁(ALC 壁)を取り付けた骨組(以下、ALC 骨組)の2種類を準備した。一方の構面は全ての LGS 壁が上梁の下に取り付いており、もう一方の構面は一部の LGS 壁が上梁の下から持ち出して取り付いており、上梁の下に取り付いている部分には開口が設けられている。ALC については、一方の構面には開口を設けず、他方の構面には窓とドアを想定した開口を1つずつ設けた。

載荷は、2台のオイルジャッキを各構面の上部に取付け、地震力を模擬する水平力を加えた。加力は長辺方向への載荷とし、両構面に同じ変位を与えた。載荷履歴は、地震応答解析結果³⁾を整理して、1回の地震動に対応する載荷履歴を1セットとした。その上で、複数回の大地震を模擬する複数セットの載荷を行い、セット毎に最大層間変形角(R_{max})を変化させた。ここで、最大振幅によって地震動の強さをレベル1から4までの4段階で設定した。レベル1における層間変形角の上限は、構造部材が地震動を受けた際に弾性に留まる範囲である $R_{max}=1/200$ と設定し、レベル2,3における層間変形角の上限を、それぞれレベル1の2倍、4倍($R_{max}=1/100, 1/50$)と設定した。なお、ジャッキ押し側を正載荷と定義した。複数回の大地震を想定した載荷終了後は、鉄骨骨組の残存耐震性能を確認するため、一定振幅での繰り返し載荷(LGS 骨組:1/33, ALC 骨組:1/50)を実施した。

この実験からは、以下の知見を得た。

- 1) 本実験では、鉄骨骨組や ALC 壁に損傷がほとんど確認されていない程度の変形においても、LGS 壁には大きな損傷が確認された。ある程度以上の損傷を受けた LGS では、繰り返し載荷の中で損傷が進展していった。大地震を受ける鉄骨造建物の機能は、内壁である LGS 壁の損傷進展に支配される。
- 2) 鉄骨骨組は、最大振幅 1/200 以下の載荷を3回、最大振幅 1/100 の載荷を2回、最大振幅 1/75 ~ 1/50 の載荷を3回受け、梁端部に小さな損傷が生じて、層レベルでは水平耐力を維持した。
- 3) 梁端部にスカラップを設けた構面と梁端部をノンスカラップとした構面に同一の変形を与えた場合、スカラップのある梁端がほぼ全断面破断するまでの繰り返し載荷を受けても、ノンスカラップの梁端では溶接始末端部にわずかな亀裂が生じたのみであった。複数回の大地震に対するリダンダンシーを確保する上では、ノンスカラップの接合部ディテールのように、破壊の起点となる応力集中箇所を排除した設計を行うことが有効である。
- 4) 非構造部材の取り付け方や種類によって、負担するせん断力が変わる。本実験においては、特に非構造部材による影響を大きく受けたのは LGS 壁が全て面内に取り付いている場合であり、LGS 壁が試験体全体の 33%程度 of せん断力を負担した。



(a) E 構面

(b) W 構面

写真1 実験状況(LGS 骨組)

4.2 複数回の大地震を受ける鉄骨骨組の応答解析

これまで、連続して作用する大地震による建物の損傷の影響はどのようなものになり、耐震性能はどの程度担保されているのかということは、耐震設計基準では考慮されていなかった。例えば、日本の耐震基準では、建物が経験する可能性のある1度の大地震に対して倒壊・崩壊しないことを目標と定めているが、大地震が繰り返し作用した場合は想定されていない。現在、鉄骨造骨組は大地震に対する塑性設計が行われており、耐震部材の損傷を許容することで地震による入力エネルギーを吸収し、安全を担保しているが、大地震を繰り返して受けた場合には、損傷が累積することから、1度の大地震で想定されるより大きな損傷を受け、崩壊しやすくなると思われるが、大地震が繰り返し作用する場合の耐震性能に関する検討は行われていない。本研究では、大地震が繰り返し作用する場合の耐震部材への損傷の累積や骨組全体の変形状態の推移、倒壊挙動など、繰り返し作用する大地震に対する耐震性能を明らかにすることを目的として、大地震を繰り返し入力する鉄骨造骨組の弾塑性応答解析を行った。

応答解析は、変形性能の高い部材によって構成される耐震性能の高い骨組に対するシリーズと、梁崩壊型ではあるが柱に局部座屈が発生する骨組に対するシリーズについて行った。

変形性能の高い部材によって構成される骨組に対するシリーズでは、柱部材の局部座屈による劣化の影響は考慮せず、骨組の終局状態は梁の延性破壊によって決まる。これは、現行の耐震設計による鉄骨造建物の中で、最も耐震性能が高いと考えられるものに相当する。一方、比較的

早期に柱に局部座屈が発生する骨組に対するシリーズでは、梁崩壊型のメカニズムを構成するものの、1階柱下端に比較的早期に局部座屈が発生することで、耐震性能が低下することが危惧されるもので、現行の耐震設計による鉄骨造建物の中で、最も耐震性能が低いと考えられるものに相当する。

解析では、階高 3.5m、スパン 7m の無限均等ラーメンを用いた。1 スパンあたりの重量は 400kN とし、柱は、BCR295 による角形鋼管、梁は SN400 の H 形鋼とし、柱脚は露出型柱脚とした。解析モデルのパラメーターとしては、層数と柱脚部の条件とし、6 体のモデルを用いた。このうち、層数は固有周期の違いによる影響を見るために、3 層、6 層、9 層の 3 種類を設定した。変形性能の高い部材によって構成される骨組に対するシリーズでは柱梁耐力比は 1.5 とした。一方、梁崩壊型ではあるが柱に局部座屈が発生する骨組に対するシリーズでは、柱の幅厚比と柱梁耐力比をパラメーターとして設定した。部材の復元力特性としては、梁についてはバウシinger 効果を考慮した履歴モデル^{4),5)}などを用い、露出形柱脚については軸力の影響を考慮したスリップ型の履歴モデル⁶⁾を用いた。柱については、形性能の高い部材によって構成される耐震性能の高い骨組に対するシリーズでは梁と同様の履歴モデルを用いたが、梁崩壊型ではあるが柱に局部座屈が発生する骨組に対するシリーズでは、局部座屈による耐力低下を考慮した履歴モデル⁷⁾を用いた。入力波については、10 の地震記録について、地動最大速度(PGV)に基づき PGV=0.5m/s (設計レベル) 0.75 m/s、および 1.0m/s の 3 つの入力レベルに調整したものをを用いて、連続した大地震が作用した場合の応答を求めた。

繰り返し大地震を受ける鉄骨造骨組の耐震性能を把握するために行った応答解析からは、以下の知見を得た。

- 1) 変形性能の高い部材によって構成される骨組の場合、設計レベルの強さである PGV=0.5m/s の大地震だけでなく、その 1.5 倍の強さである PGV=0.75m/s や 2 倍の強さである PGV=1.0m/s の大地震を 5 回繰り返し受けても、多くの場合、構造骨組は安定した動作を示す。ただし、繰り返し大地震を受ける中で、梁端が延性破壊に至る場合もある。
- 2) 変形性能の高い部材によって構成される骨組については、終局状態に至らない範囲で構造骨組が構造が抵抗できる大地震の回数は、設計レベルの 1.5 倍である PGV=0.75 m/s 以下では 5 回以上、設計レベルの 2 倍である PGV=1.0 m/s に対して 3 回と、十分な余裕がある。
- 3) 連続して入れる入力波を変化させた場合の影響や、入力レベルを変化させる場合の影響は、構造骨組の挙動が安定している場合は顕著には表れない。
- 4) 梁崩壊型の骨組であっても、塑性化部位となる 1 階柱下端に局部座屈が発生し耐力が低下すると 1 階柱上端も塑性化し柱崩壊型のメカニズムを形成する。また、1 階のせん断抵抗の低下による損傷集中が起こり、層間変形角も増加する。さらに大地震が続くと、柱上端にも局部座屈が発生することで急激に復元力を失い倒壊する。
- 5) 繰り返し作用する大地震に対して倒壊する可能性を下げるには、柱の幅厚比を小さくすること、柱梁耐力比を大きくすることが有効である。
- 6) 倒壊する可能性が 10%以下となることをクライテリアとして設定すると、柱の幅厚比が建築基準法における FA の下限値である $D_c/t=29.45$ で、柱梁耐力比も下限値となる $cM_p / bM_p \geq 1.5$ の場合、設計レベルである PGV=0.5m/s の大地震に対して鉄骨造建物の構造骨組は 4 回耐えることができる。柱の幅厚比を $D_c/t=20$ にすることで、柱梁耐力比を 1.5(以上)としても、設計レベルである PGV =0.5 m / s および設計レベルの 1.5 倍である 0.75m/s の大地震に対しては 5 回以上、PGV =1.0 m/s 大地震に対しても 4 回耐えることができる。
- 7) 梁崩壊型ではあるが柱に局部座屈が発生する骨組の場合、連続して入れる入力波を変化させた場合の影響は顕著には表れないが、入力レベルを変化させる場合の影響は、入力レベルを上げていった場合の方が、下げていった場合に比べ構造骨組の損傷の程度は高くなる。

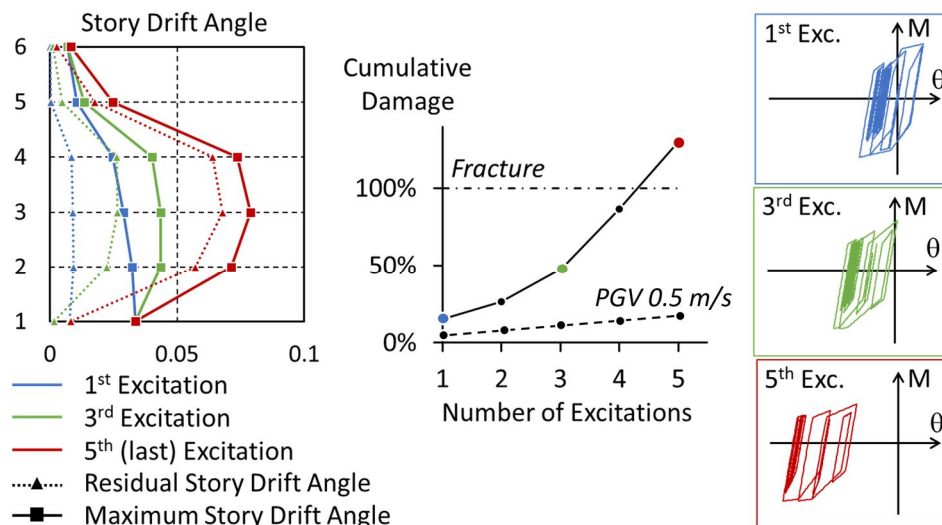


図 2 応答解析結果の例(変形性能の高い部材によって構成される骨組)

参考文献

- 1) 伊山 潤 ほか：熊本地震で被災した鉄骨造文教施設の被害調査の概要 . 日本建築学会技術報告集, 第 24 巻, 第 56 号, pp.183-188, 2018.2
- 2) 松岡 祐一 ほか：非構造部材が鉄骨造建物の全体挙動に及ぼす影響-外装材と間仕切り壁の力学特性を表す履歴モデルの提案-. 構造工学論文集, Vol.59B, pp.191-199, 2013.3
- 3) Randy Tenderan, et al: Seismic Performance of Ductile Steel Moment-Resisting Frames Subjected to Multiple Strong Ground Motions. Earthquake Spectra, Vol. 35, No. 1, pp. 289-310, 2019.2
- 4) 秋山 宏,高橋 誠:鋼構造剛接骨組の耐震性に及ぼすバウシンガー効果の影響,日本建築学会構造系論文報告集,第 418 号,pp.49-57,1990.12
- 5) 山田 哲, 松本由香: 梁部材の終局挙動が鋼構造多層骨組の耐震性能に与える影響, 日本建築学会構造系論文集 第 535 号, pp.133-140, 2000.9
- 6) 山田 哲, 秋山 宏, 貞許美和: スリップ型の復元力特性を有する柱脚の弾塑性挙動が鋼構造多層骨組の終局耐震性能に及ぼす影響, 日本建築学会構造系論文集 第 502 号, pp.141-147, 1997.12
- 7) S. Yamada, T. Ishida, Y. Jiao, Hysteretic behavior of RHS columns under random cyclic loading considering local buckling, International Journal of Steel Structures. 18 (2018) 1761-1771.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計6件（うち査読付論文 6件／うち国際共著 0件／うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 八木尚太郎, 清家剛, 山田哲, 石田孝徳, 吉敷祥一, 上瀧敬太	4. 巻 Vol.26, No.64
2. 論文標題 鉄骨骨組に取り付けた窓と扉を含む ALC 外壁の大変形時まで再現した実大載荷実験	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 日本建築学会技術報告集	6. 最初と最後の頁 869-874
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 上瀧 敬太, 石田 孝徳, テンデラン ランディ, 吉敷 祥一, 山田 哲	4. 巻 27
2. 論文標題 複数回の地震動を想定した実大鉄骨骨組の載荷実験	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 鋼構造年次論文報告集	6. 最初と最後の頁 646-657
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 Tenderan Randy, Ishida Takanori, Jiao Yu, Yamada Satoshi	4. 巻 35
2. 論文標題 Seismic Performance of Ductile Steel Moment-Resisting Frames Subjected to Multiple Strong Ground Motions	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Earthquake Spectra	6. 最初と最後の頁 289 ~ 310
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1193/111217EQS235M	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 Randy Tenderan, Takanori Ishida and Satoshi Yamada	4. 巻 25
2. 論文標題 Cumulative Damage of Beam in Steel Moment Resisting Frames subjected to Multiple Strong Ground Motions	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 鋼構造年次論文集	6. 最初と最後の頁 484-491
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Tenderan Randy, Ishida Takanori, Yamada Satoshi	4. 巻 252
2. 論文標題 Effect of column strength deterioration on the performance of steel moment-resisting frames subjected to multiple strong ground motions	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Engineering Structures	6. 最初と最後の頁 113579 ~ 113579
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.engstruct.2021.113579	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Ishida Takanori, Tenderan Randy, Kohtaki Keita, Kishiki Shoichi, Iyama Jun, Hasegawa Takashi, Seike Tsuyoshi, Yamada Satoshi	4. 巻 242
2. 論文標題 Experimental study on full-scale steel moment-resisting frames with nonstructural walls subjected to multiple earthquakes	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Engineering Structures	6. 最初と最後の頁 112549 ~ 112549
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.engstruct.2021.112549	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計17件 (うち招待講演 0件 / うち国際学会 4件)

1. 発表者名 テンデランランディ, 上瀧敬太, 石田孝徳, 八木尚太郎, 吉敷祥一, 伊山潤, 長谷川隆, 清家剛, 山田哲
2. 発表標題 Cyclic Loading Test of Full-Scale Steel Frame with ALC Exterior Wall (Part 1: Outline of the test and experimental progress)
3. 学会等名 日本建築学会大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 上瀧敬太, 石田孝徳, テンデランランディ, 八木尚太郎, 吉敷祥一, 伊山潤, 長谷川隆, 清家剛, 山田哲
2. 発表標題 Cyclic Loading Test of Full-Scale Steel Frame with ALC Exterior Wall (Part 2: Load-deformation relationship and ultimate behavior of steel frame)
3. 学会等名 日本建築学会大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 八木尚太郎, 清家剛, 山田哲, 石田孝徳, 吉敷祥一, 伊山潤, 三浦謙二, 上瀧敬太, 芝村朋宏, 中川棕太郎
2. 発表標題 鉄骨骨組に取り付けた窓と扉を含む ALC 外壁の大変形時まで再現した実大載荷実験 その1 実験概要及び無開口面の挙動と損傷
3. 学会等名 日本建築学会大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 中川棕太郎, 清家剛, 山田哲, 石田孝徳, 吉敷祥一, 伊山潤, 三浦謙二, 上瀧敬太, 八木尚太郎, 芝村朋宏
2. 発表標題 鉄骨骨組に取り付けた窓と扉を含む ALC 外壁の大変形時まで再現した実大載荷実験 その2 開口面の挙動と損傷
3. 学会等名 日本建築学会大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 上瀧敬太, 石田孝徳, テンデランランディ, 八木尚太郎, 吉敷祥一, 伊山潤, 長谷川隆, 清家剛, 山田哲
2. 発表標題 多数回の地震動を想定した実大鉄骨骨組の実験 (その6: ALC外壁付き骨組の実験結果その2および考察)
3. 学会等名 日本建築学会関東支部
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 上瀧敬太, 石田孝徳, テンデランランディ, 八木尚太郎, 吉敷祥一, 伊山潤, 長谷川隆, 清家剛, 山田哲
2. 発表標題 多数回の地震動を想定した実大鉄骨骨組の実験 (その5: ALC外壁付き骨組の実験概要および実験結果その1)
3. 学会等名 日本建築学会関東支部
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Yamada Satoshi, Kotaki Keita, Ishida Takanori, Tenderan Randy, Seike Tsuyoshi, Kishiki Shoichi, Hasegawa Takashi, Iyama Jun, Yagi Shotaro, Sakurada Shougo
2. 発表標題 Experimental Study on Full Scale Steel Frame Considering Multiple Strong Earthquakes Part 1: Outline of the specimen
3. 学会等名 日本建築学会大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Tenderan Randy, Kotaki Keita, Ishida Takanori, Yamada Satoshi, Seike Tsuyoshi, Kishiki Shoichi, Hasegawa Takashi, Iyama Jun, Yagi Shotaro, Sakurada Shougo
2. 発表標題 Experimental Study on Full Scale Steel Frame Considering Multiple Strong Earthquakes Part 2: Loading history and measurement plan
3. 学会等名 日本建築学会大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Sugawara Atsushi, Kotaki Keita, Ishida Takanori, Tenderan Randy, Yamada Satoshi, Seike Tsuyoshi, Kishiki Shoichi, Hasegawa Takashi, Iyama Jun, Tatsumi Nobuhiko
2. 発表標題 Experimental Study on Full Scale Steel Frame Considering Multiple Strong Earthquakes Part 3: Test result part 1
3. 学会等名 日本建築学会大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Kotaki Keita, Ishida Takanori, Tenderan Randy, Yamada Satoshi, Seike Tsuyoshi, Kishiki Shoichi, Hasegawa Takashi, Iyama Jun, Tatsumi Nobuhiko, Sugawara Atsushi
2. 発表標題 Experimental Study on Full Scale Steel Frame Considering Multiple Strong Earthquakes Part 4: Test result part 2
3. 学会等名 日本建築学会大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Keita Kotaki, Takanori Ishida, Randy Tenderan, Shoichi Kishiki, Satoshi Yamada
2. 発表標題 Experimental Study on Full Scale Moment Resisting Frame Subjected to Multiple Set of Cyclic Loading Histories,
3. 学会等名 the 10th International Symposium on Steel Structures (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 上瀧 敬太, 石田 孝徳, テンデラン ランディ, 八木 尚太郎, 吉敷 祥一, 伊山 潤, 長谷川 隆, 清家 剛, 山田 哲
2. 発表標題 多数回の地震動を想定した実大鉄骨骨組の実験 (その5: ALC外壁付き骨組の実験概要および実験結果その1)
3. 学会等名 日本建築学会関東支部研究報告会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 上瀧 敬太, 石田 孝徳, テンデラン ランディ, 八木 尚太郎, 吉敷 祥一, 伊山 潤, 長谷川 隆, 清家 剛, 山田 哲
2. 発表標題 多数回の地震動を想定した実大鉄骨骨組の実験 (その6: ALC外壁付き骨組の実験結果その2および考察)
3. 学会等名 日本建築学会関東支部研究報告会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Tenderan Randy, Ishida Takanori, Yamada Satoshi
2. 発表標題 STRUCTURAL BEHAVIOR OF STEEL MOMENT-RESISTING FRAMES SUBJECTED MULTIPLE STRONG GROUND MOTIONS CONSIDERING COLUMN STRENGTH DETERIORATION
3. 学会等名 16th East Asia-Pacific Conference on Structural Engineering & Construction (EASEC16) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Randy Tenderan, Takanori Ishida, Satoshi Yamada
2. 発表標題 Beam Damage Evaluation of Steel Structure Subjected to a Series of Strong Ground Motion Part 3: Case Study using Combination of Various Ground Motion Intensities
3. 学会等名 日本建築学会大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Randy Tenderan, Takanori Ishida, Satoshi Yamada
2. 発表標題 Beam Damage Evaluation of Steel Structure Subjected to Multiple Strong Ground Motion
3. 学会等名 the 9th International Symposium on Steel Structures (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Randy Tenderan, Takanori Ishida and Satoshi Yamada
2. 発表標題 Seismic Performance of Ductile Steel Moment Resisting Frames Subjected to Multiple Earthquakes Considering Cumulative Damage of Beam to Fracture
3. 学会等名 Proceedings of the 13th Annual Meeting of Japan Association for Earthquake Engineering (国際学会)
4. 発表年 2017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
研究分担者	吉敷 祥一 (Kishiki Shoichi) (00447525)	東京工業大学・科学技術創成研究院・教授 (12608)	

6. 研究組織（つづき）

	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
研究分担者	伊山 潤 (Iyama Jun) (30282495)	東京大学・大学院工学系研究科(工学部)・准教授 (12601)	
研究分担者	清家 剛 (Seike Tsuyoshi) (60236065)	東京大学・大学院新領域創成科学研究科・教授 (12601)	
研究分担者	長谷川 隆 (Hasegawa Takashi) (70355999)	国立研究開発法人建築研究所・構造研究グループ・研究員 (82113)	
研究分担者	石田 孝徳 (Ishida Takanori) (80746339)	横浜国立大学・大学院都市イノベーション研究院・准教授 (12701)	
研究分担者	田中 剛 (Tanaka Tsuyoshi) (90243328)	神戸大学・工学研究科・教授 (14501)	

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