

令和 4 年 6 月 23 日現在

機関番号：14301

研究種目：基盤研究(B)（一般）

研究期間：2019～2021

課題番号：19H02286

研究課題名（和文）鋼構造骨組と免震支承の性能設計と最適化のための詳細有限要素解析システムの開発

研究課題名（英文）Development of detailed finite element analysis system for performance-based design and optimization of steel frames and base-isolation devices

研究代表者

大崎 純 (Ohsaki, Makoto)

京都大学・工学研究科・教授

研究者番号：40176855

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 13,200,000 円

研究成果の概要（和文）：鋼構造建築骨組の地震に対する性能向上を目的として、詳細な数値解析による性能評価法の確立のためのさまざまな手法とモデルを提案した。まず、鋼材料が繰返し塑性変形を受けたときの応答を評価するための材料モデルとして、延性的破壊モデルを提案し、それによって板のせん断破壊や骨組モデルの破壊挙動をシミュレートできることを示した。また、複雑な変形を受ける鋼材のモデルのパラメータを小規模な骨組の振動台実験によって同定できることを示した。さらに、高減衰ゴムを用いた免震支承の縮小モデルに2軸の繰返し載荷を与えて実験し、温度依存性を考慮した材料モデルを開発した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究の成果は、主に鉄骨構造の建築骨組の地震に対する性能の向上と、免震構造の性能評価の信頼性向上につながる。また、将来に向けて、詳細な数値解析に基づく耐震設計法の実用化に加えて、建築の設計法の科学的なアプローチへ向けての変革に貢献する。さらに、さまざまな不確定性を考慮した設計法を提案することにより、建築の耐震性能の合理的な説明が可能となる。

研究成果の概要（英文）：Various methods and models have been presented for precise numerical evaluation of performance of steel building structures for improvement of their seismic performance. First, a ductile fracture model is proposed for evaluation of responses of steel material under cyclic plastic deformation. It has been shown that shear fracture of a plate and fracture behavior of a frame model can be successfully simulated using the proposed model. Next, the elastoplastic material parameters have been identified from the results of shaking table test of small scale frame. Furthermore, a small scale model of high-damping rubber bearing has been tested under biaxial cyclic deformation as well as uniaxial deformation in high temperature state to develop its material model considering temperature dependence.

研究分野：建築構造

キーワード：最適化 免震支承 振動台実験 構成則 有限要素解析

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。

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

計算機技術と解析手法の発展により、建築骨組構造の部材、接合部などの終局挙動や免震・制振装置の応答を詳細な有限要素解析によって予測できるようになった。しかし、一般の骨組の設計段階では、塑性ヒンジモデルなどの簡便なマクロモデルが用いられる。一方、超高層骨組や大空間構造などの構造設計で用いられるモデルは、せん断型モデル、連続体近似モデルから部材と接合部で構成されるフルモデルに移行してきた。したがって、塑性ヒンジモデルを用いた現在の設計法が将来も継続することは考えられず、有限要素解析を用いた性能設計に発展するのは自然な流れである。しかし、そのためには以下のような学術的課題が残されている。

- (1) 骨組の有限要素解析に関する研究は多数存在するが、その精度検証には確率統計的な検討がなされていない。有限要素解析を鋼構造の性能設計に利用適用するためには、鋼材料の降伏応力のばらつきや残留応力の影響、施工誤差、荷重の不確定性などを考慮する必要がある。
- (2) 高減衰ゴムあるいは鉛プラグ入り免震支承を用いた骨組の設計では、材料の繰返し载荷時の劣化挙動や温度依存性などの特性を正確に表現できる構成則が用いられていないので、数値解析によって設計時に想定される免震支承の応答量は、動的加力実験の結果と大きく異なる場合がある。
- (3) 終局状態を考慮した性能設計を実用化するためには、骨組の崩壊挙動の高精度予測が必要である。しかし、現状では、例えばレベル3地震動に対する骨組の要求性能を確保するために必要となる部材・接合部やデバイスの性能を正確に定量化できない。
- (4) 詳細有限要素解析を実行するためには、モデル作成のために多くの時間を必要とし、また、有限要素解析結果から断面の応答量を求めることも困難である。

2. 研究の目的

本研究では、以下の目的を達成し、詳細有限要素解析と最適化手法を統合することにより、鋼構造骨組の耐震性能設計システムを開発する。

- (1) 免制振デバイスの履歴特性や、鋼材料の延性破断挙動を高精度で解析するための構成則を開発し、免震支承の縮小モデルの動的加力試験と立体骨組の振動台実験の多点計測でパラメータを同定して、支承の形状と骨組の断面を最適化するための手法を開発する。
- (2) ソリッド要素を用いた有限要素解析の結果を性能設計に利用するため、要素の応答から断面力などの部材の応答を求める手法を開発する。また、一例として中層骨組の性能設計を実施し、多数回の詳細有限要素解析による耐震性能設計の枠組を構築する。

3. 研究の方法

- (1) 鋼材の延性破壊後の破断を考慮した詳細有限要素解析での数値不安定性を解決するため、安定性が保証された陰解法を用い、常に正の剛性を維持する構成則を用いる新しいアルゴリズムを提案する。また、応力の3軸性を考慮した損傷変数を用いて鋼材の延性破壊をモデル化するための構成則を開発する。提案したアルゴリズムと構成則を用いると、鋼構造の延性破壊後の解析が可能となる。
- (2) 高減衰免震支承の履歴特性をモデル化するため、弾塑性、超弾性と粘性を重合した材料モデルを開発する。また、材料特性の温度依存性を検証するため、縮小モデルを用いた2軸繰返し载荷実験と、恒温槽を用いた高温時での単軸载荷実験を行う。
- (3) 点群データの平滑化手法と特徴点追跡手法を組み合わせた3次元時刻歴変位の多点計測手法を構築し、振動台実験によって有限要素解析の精度検証を行う。
- (4) 超並列計算のために開発された有限要素解析ソフトウェア ADVENTURECluster に、鋼材料の構成則をユーザーサブルーチンとして導入し、コンポーネントの詳細解析や骨組全体の解析を実行する。
- (5) 鋼構造物の露出柱脚モデルをソリッド要素を用いて解析し、複雑な構成則のモデル化のための基礎資料を得る。
- (6) 立体構造物の振動台実験による弾塑性繰返し材料特性の同定、鋼構造骨組の確率的性能設計法などの方法を提案する。

4. 研究成果

(1) 延性破壊を考慮した鋼材の構成則

研究代表者らが開発した鋼材の繰返し弾塑性構成則を拡張し、損傷変数を用いて鋼材の延性破壊をモデル化するための構成則を開発した。また、損傷変数と変形量の関係を応力3軸性を考慮してモデル化し、延性破壊のみならず、破断に至るまでの剛性低下を考慮できる構成則を提案した。この構成則を超並列計算のために開発された汎用有限要素解析ソフトウェアである ADVENTURECluster にユーザー関数としてインプリメントし、ノッチ付きロッドの単軸引張载荷および柱・梁部分骨組モデルの繰返し载荷実験の再現解析を行い、延性的な破壊現象による耐力低下まで、陰解法によって再現できることを示すとともに、大規模解析への適用可能性を確認した[1]。柱・梁部分骨組モデルの繰返し载荷結果を図1に示す。コントアは相当塑性ひずみ

応力の分布である。さらに、ノッチのある平板のせん断変形解析を行い、図 2(a)のようなせん断破壊を再現できることを示した。荷重と変形の関係は図 2(b)のようになり、延性破壊にともなう荷重低下後も解析を継続できることを確認した[1]。

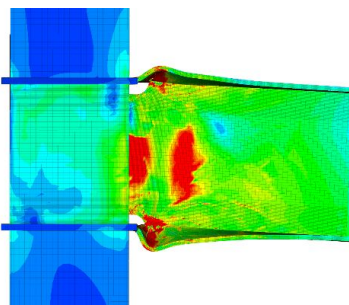
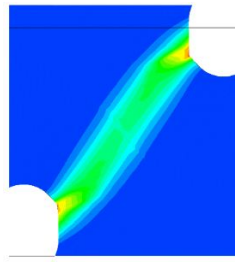
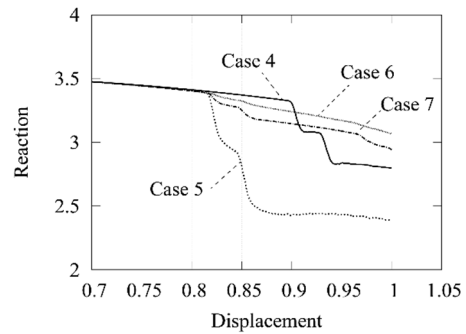


図 1 柱梁部分骨組モデルの繰返し載荷結果



(a) 相当塑性ひずみの分布



(b) 荷重と変形の関係

図 2 ノッチのある平板のせん断変形解析

(2) 確率的性能設計法と材料パラメータの同定法

材料や形状に不確実性を有する骨組の応答を確率的に評価して骨組部材の剛性を設計するため、以下のような方法を提案した。

断面性能があらかじめ与えられた離散値をとる骨組のロバスト最適化のため、区間の定められたパラメータのばらつきを考慮し、最悪応答量を放射基底関数 (RBF) を用いて近似する手法を提案した。

骨組の多目的ロバスト最適化問題を対象として、入力 (パラメータ) と出力 (応答量) の同時確率密度関数を混合ガウスモデルを用いて近似する方法を提案した。

骨組のロバスト最適化のため、多目的ベイズ最適化手法を提案した[2]。静的荷重を受ける図 3 のような平面骨組を対象として、全部材質量、制約条件の限界状態関数 (LSF) の平均、LSF の分散の 3 つの目的関数を最小化した。平面骨組の複数の LSF 間の相関を考慮する場合 (joint probability) と考慮しない場合 (individual probability) について、目的関数空間でのパレート解の分布の例を図 4(a), (b) に示す[2]。

平面骨組の信頼設計問題に対し、ガウス過程によって応答量を近似して確定的最適化問題を逐次的に解き、破壊確率を鞍点近似で精度良く計算する方法を提案した。

平面骨組の多目的信頼性設計のため、ガウス過程近似と Hypervolume を用いてサンプルを逐次追加する方法を提案した。

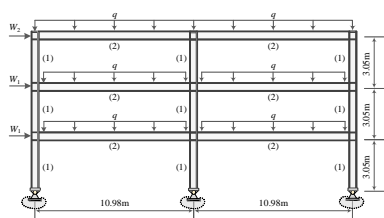
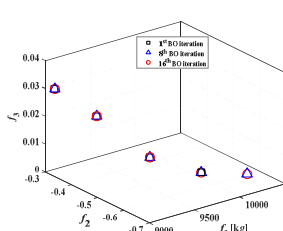
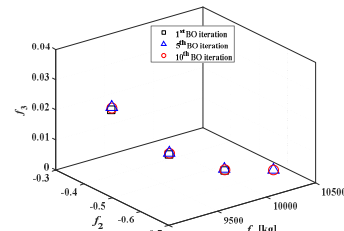


図 3 平面骨組の例

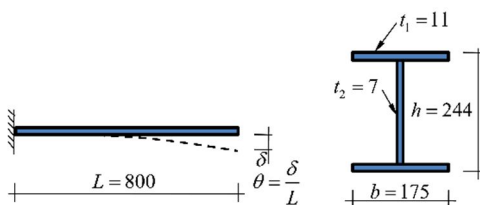


(a) joint probability

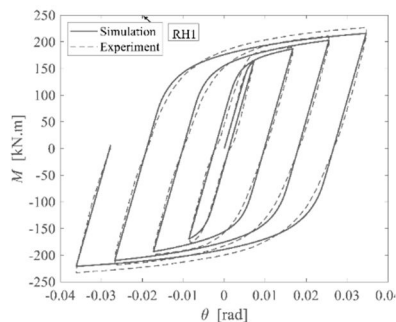


(b) individual probability

図 4 目的関数空間でのパレート解の分布



(a) 梁のモデル



(b) 曲げモーメントと回転角の関係

図 5 片持梁の弾塑性構成則の同定

さらに、複数の実験結果から得られた多数の計測量を用いて材料パラメータを同定するためのベイズ最適化手法を提案し、その精度を検証した[3]。図 5(a)のような片持梁の静的繰返し載荷

実験の結果から複合非線形硬化のパラメータを同定して得られた曲げモーメントと回転角の関係を図 5(b)に示す[3]。

(3) 振動台実験による鋼材の弾塑性パラメータの同定

鋼材の多軸繰返し構成則のパラメータを同定するため、簡易な骨組モデルの振動台実験を行った。骨組の全体モデルを図 6(a)に、骨組の中央に配置された塑性化試験体を図 6(b)に示す。複数の多軸加速度入力波から得られた骨組の応答量の時刻歴を用いて、試験体の多軸弾塑性構成則のパラメータを同定した。また、モーションキャプチャを用いた多点計測によって骨組の変位を高精度で計測できることを確認した。以上により、簡易な構造物の振動台実験によって材料定数を同定する手法を提案した。同定されたパラメータを用いた解析による塑性化試験体の上部の曲げモーメントの時刻歴を図 7 に示す。

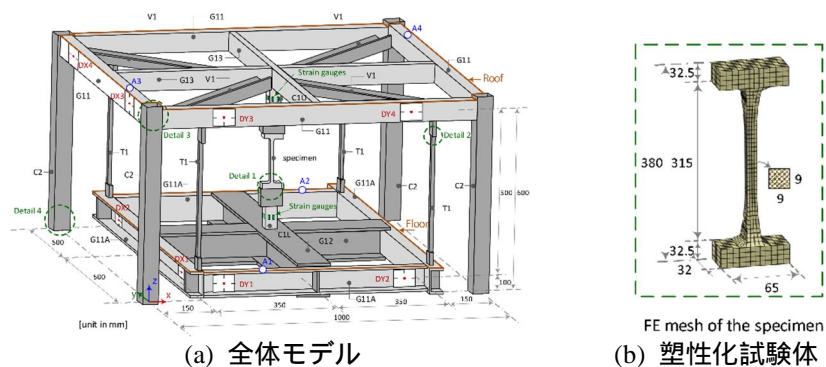


図 6 振動台実験の骨組モデル

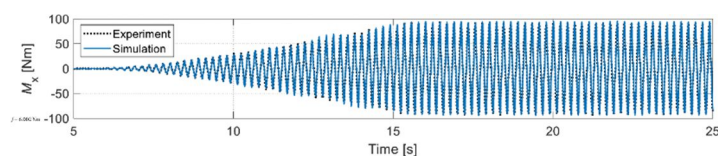


図 7 塑性化試験体の上部の曲げモーメントの時刻歴

(4) 高減衰ゴム免震支承の材料モデル

高減衰ゴム免震支承の履歴特性の温度依存性を考慮するため、履歴減衰と粘性減衰を粘性、超弾性と弾塑性材料を重ね合わせてモデル化する方法を開発し、簡単な免震支承モデルを用いて一般的特性を検証した[4]。重ね合わせモデルのイメージを図 8 に、縮小モデルの水平方向の荷重と変位の関係を図 9 に示す[4]。また、既往の免震支承実験で用いられた試験体の有限要素モデルを作成し、高減衰免震支承のエネルギー消費特性と温度分布をシミュレートできることを確認した。さらに、高減衰ゴムの材料モデルに対し、温度依存性を導入した。

高減衰支承の縮小モデルの静的載荷実験を実施し、単軸加振と楕円加振による荷重変位関係を検証した。実験に用いた治具と試験体を図 10 に示す。また、複数の単軸載荷の結果を用いて、上記の材料モデルのパラメータを同定した。さらに、恒温槽を用いてさまざまな温度での載荷を行い、材料定数の温度依存性について検討するとともに、高減衰ゴム免震支承を有する 10 層 RC 骨組の地震応答解析を行った。

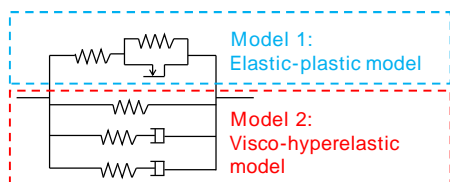


図 8 重ね合わせモデルのイメージ

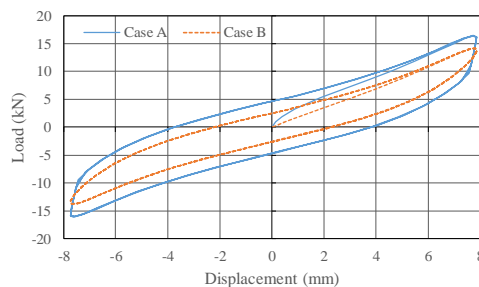


図 9 高減衰ゴム免震支承縮小モデルの荷重変位関係

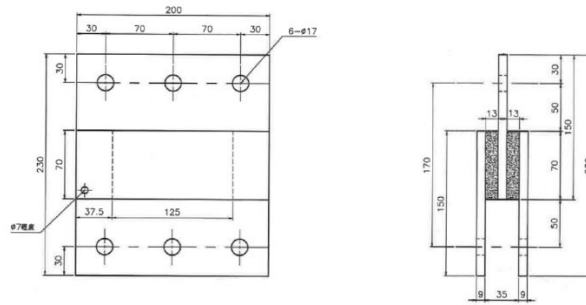


図 10 高減衰ゴム免震支承の縮小試験体と治具

(5) コンクリートの構成則

鉄筋コンクリート (RC) 構造物の地震時繰返し応答をシミュレートできるコンクリート構成則を開発し、立方体形状のモデルで繰返し軸方向載荷、せん断方向載荷に対する挙動を確認した。とくに、クラックのモデル化について、大規模有限要素解析においても収束性の問題が生じないような定式化について検討した。この構成則を ADVENTURECluster にユーザー関数としてインプリメントし、部材実験の再現解析を実施して実験との対応を確認するとともに、10 層 RC 構造物の E ディフェンス実験の再現解析を行い、大規模解析への適用可能性を確認した。また、RC 梁の静的載荷解析を実施し、要素サイズと荷重増分が変位反力関係に及ぼす影響を考察した。

文献

1. M. Ohsaki, J. Fujiwara, T. Miyamura and H. Namba, Implicit finite element analysis of ductile fracture of steel frame under cyclic deformation, Japan Architectural Review, Vol. 5(2), pp. 150-163, 2022.
2. B. Do, M. Ohsaki and M. Yamakawa, Bayesian optimization for robust design of steel frames with joint and individual probabilistic constraints, Engineering Structures, Vol. 245, Paper No. 112859, 2021.
3. B. Do and M. Ohsaki, Bayesian optimization for inverse identification of cyclic constitutive law of structural steels from cyclic structural tests, Structures, Vol. 38, pp. 1079-1097, 2022.
4. T. Miyamura, M. Ohsaki, J. Fujiwara and M. Yamamoto, Coupled structural and heat conduction FE analysis of laminated high damping rubber bearing, Earthquake Eng. Struct. Dyn., Vol. 50, pp. 2462-2487, 2021.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計14件（うち査読付論文 10件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 2件）

1. 著者名 B. Do, M. Ohsaki and M. Yamakawa	4. 巻 245
2. 論文標題 Bayesian optimization for robust design of steel frames with joint and individual probabilistic constraints	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Engineering Structures	6. 最初と最後の頁 112859
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.engstruct.2021.112859	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 B. Do and M. Ohsaki	4. 巻 51
2. 論文標題 Sequential sampling approach to energy-based multi-objective design optimization of steel frames with correlated random parameters	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Earthquake Eng. Struct. Dyn.	6. 最初と最後の頁 588-611
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/eqe.3581	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 B. Do and M. Ohsaki	4. 巻 38
2. 論文標題 Bayesian optimization for inverse identification of cyclic constitutive law of structural steels from cyclic structural tests	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Structures	6. 最初と最後の頁 1079-1097
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.istruc.2022.02.054	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 M. Ohsaki, J. Fujiwara, T. Miyamura and H. Namba	4. 巻 5
2. 論文標題 Implicit finite element analysis of ductile fracture of steel frame under cyclic deformation	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Japan Architectural Review, published online	6. 最初と最後の頁 150-163
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/2475-8876.12264	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 B. Do and M. Ohsaki	4. 巻 63
2. 論文標題 Gaussian mixture model for robust design optimization of planar steel frames	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Struct. Multidisc. Optim.	6. 最初と最後の頁 75-94
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s00158-020-02676-3	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 B. Do, M. Ohsaki and M. Yamakawa	4. 巻 64
2. 論文標題 Sequential mixture of Gaussian processes and saddlepoint approximation for reliability-based design optimization of structures	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Struct. Multidisc. Optim.	6. 最初と最後の頁 625-648
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s00158-021-02855-w	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 B. Do and M. Ohsaki	4. 巻 249
2. 論文標題 A random search for discrete robust design optimization of linear-elastic steel frames under interval parametric uncertainty	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Comp. & Struct.	6. 最初と最後の頁 106506
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.compstruc.2021.106506	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 T. Miyamura, M. Ohsaki, J. Fujiwara and M. Yamamoto	4. 巻 50
2. 論文標題 Coupled structural and heat conduction FE analysis of laminated high damping rubber bearing	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Earthquake Eng. Struct. Dyn.	6. 最初と最後の頁 2462-2487
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/eqe.3455	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 澤本佳和, 大崎 純	4. 巻 85(767)
2. 論文標題 繰り返し変位履歴を受ける梁端の局部座屈と破断を伴う鉄骨梁の塑性変形能力評価	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 日本建築学会構造系論文集	6. 最初と最後の頁 105-115
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3130/1ijs.85.105	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 藤原 淳, 大崎 純, 田川浩之, 宮村倫司, 山下拓三	4. 巻 26(63)
2. 論文標題 数値震動台によるCFT柱の繰り返し曲げせん断解析のV&V	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 490-495
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3130/aijt.26.490	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 B. Do and M. Ohsaki	4. 巻 20142
2. 論文標題 Multi-objective robust design optimization of planar steel frames using a Gaussian mixture model	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Summary of Technical Papers of Annual Meeting, Architectural Institute of Japan	6. 最初と最後の頁 283-284
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 無
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 宮村倫司, 大崎 純, 藤原 淳, 山本雅史	4. 巻 20110
2. 論文標題 免震支承に用いる高減衰ゴムの材料モデルに関する検討	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 日本建築学会大会学術講演梗概集(関東)B1	6. 最初と最後の頁 219-220
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 無
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 山下拓三, 磯部大吾郎, 宮村倫司, 大崎 純	4. 巻 26
2. 論文標題 有限要素法による10階建て鉄筋コンクリート造建物と室内家具の地震応答解析	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 計算工学講演会論文集	6. 最初と最後の頁 457-461
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 無
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 宮村倫司, 藤原 淳, 大崎 純, 山本雅史	4. 巻 20107
2. 論文標題 高減衰積層ゴム免震支承を用いた免震建物の構造・熱連成を考慮した地震応答解析の検討	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 日本建築学会大会学術 講演梗概集(東海)B1	6. 最初と最後の頁 303-304
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 無
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14件(うち招待講演 0件/うち国際学会 6件)

1. 発表者名 藤原 淳, 山下拓三, 大崎 純, 宮村倫司
2. 発表標題 ソリッド要素を用いた鋼構造建物の露出柱脚のモデル化と解析
3. 学会等名 第24回計算工学講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 宮村倫司, 大崎 純, 山下拓三, 山本雅史
2. 発表標題 高減衰ゴム免震支承の構造・熱連成解析とEディフェンス実験の比較
3. 学会等名 日本建築学会大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 藤原 淳, 大崎 純, 宮村倫司
2. 発表標題 詳細有限要素法を用いた非線形構造物の振動特性同定
3. 学会等名 第42回情報・システム・利用・技術シンポジウム
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 山下拓三
2. 発表標題 地震被害のVR映像生成のための三次元点群の平滑化
3. 学会等名 第42回情報・システム・利用・技術シンポジウム
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 M. Ohsaki, J. Fujiwara and T. Miyamura
2. 発表標題 An explicit ductile fracture model based on SMCS criterion for large-scale FE-analysis of steel structures under cyclic loading
3. 学会等名 7th Asian-Pacific Congress on Computational Mechanics (APCOM2019) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 J. Fujiwara, T. Yamashita, M. Ohsaki and T. Miyamura
2. 発表標題 An elastoplastic seismic response analysis of exposed column base of steel building modeled with solid finite elements
3. 学会等名 7th Asian-Pacific Congress on Computational Mechanics (APCOM2019) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 T. Miyamura, M. Ohsaki, T. Yamashita and M. Yamamoto
2. 発表標題 Comparison between coupled structural and heat conduction analysis of laminated high damping rubber bearing and its full-scale test
3. 学会等名 7th Asian-Pacific Congress on Computational Mechanics (APCOM2019) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 T. Yamashita, D. Isobe, T. Miyamura and M. Ohsaki
2. 発表標題 Seismic response analysis of 10-story RC building and furniture inside it
3. 学会等名 Computational Engineering and Science for Safety and Environmental Problems (COMPSAFE2020) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 M. Ohsaki, J. Fujiwara and T. Miyamura
2. 発表標題 A ductile fracture model for large-scale FE-analysis of steel structures under cyclic loading
3. 学会等名 Computational Engineering and Science for Safety and Environmental Problems (COMPSAFE2020) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 J. Fujiwara, M. Ohsaki and T. Miyamura
2. 発表標題 Dynamic characteristics identification of exposed column bases of steel building structures modeled by solid finite elements
3. 学会等名 Computational Engineering and Science for Safety and Environmental Problems (COMPSAFE2020) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 青木 崇, 山下拓三
2. 発表標題 画像処理技術による振動台実験の応答変位計測の精度検証
3. 学会等名 日本建築学会大会学術講演梗概集(関東)B1
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 宮村倫司, 大崎 純, 藤原 淳, 山本雅史
2. 発表標題 免震支承に用いる高減衰ゴムの材料モデルに関する検討
3. 学会等名 日本建築学会大会学術講演梗概集(関東)B1
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 B. Do and M. Ohsaki
2. 発表標題 Multi-objective robust design optimization of planar steel frames using a Gaussian mixture model
3. 学会等名 Proc. Annual Meeting of AIJ, Kanto
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 T. Yamashita, T. Miyamura, M. Ohsaki and J. Fujiwara
2. 発表標題 Comparision of multipoint seismic response data of 10-story RC building between detailed fem and E-Defense shake table test
3. 学会等名 14th World Congress in Computational Mechanics (WCCM-ECCOMAS 2020)
4. 発表年 2020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	宮村 倫司 (Miyamura Tomoshi) (30282594)	日本大学・工学部・准教授 (32665)	
研究分担者	山下 拓三 (Yamashita Takuzo) (40597605)	国立研究開発法人防災科学技術研究所・地震減災実験研究部門・主任研究員 (82102)	
研究分担者	木村 俊明 (Kimura Toshiaki) (60816057)	名古屋市立大学・大学院芸術工学研究科・講師 (23903)	
研究分担者	藤原 淳 (Fujiwara Jun) (80817049)	国立研究開発法人防災科学技術研究所・地震減災実験研究部門・主幹研究員 (82102)	
研究分担者	山本 雅史 (Yamamoto Masashi) (90416587)	株式会社竹中工務店 技術研究所・その他部局等・研究員 (移行) (92502)	

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
---------	---------