

令和 6 年 5 月 12 日現在

機関番号：32682

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2020～2023

課題番号：20K04799

研究課題名（和文）免震構造のロバスト性を考慮した構造安全性評価 - レジリエントな免震建物の構造計画 -

研究課題名（英文）Evaluation of Structural Safety Considering Robustness of Seismically Isolated Structures: Resilience-Oriented Structural Planning for Seismically Isolated Buildings

研究代表者

小林 正人 (Kobayashi, Masahito)

明治大学・理工学部・専任教授

研究者番号：50373022

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 2,500,000円

研究成果の概要（和文）：南海トラフ沿いの大規模地震や大阪府上町断層帯の内陸地震等、免震構造には従来の設計想定レベルを大きく超える地震動への対応が求められている。この対応には免震建物の安全余裕度の評価が必要不可欠となるが、免震構造はロバスト性・冗長性に乏しいという特性を有している。本研究では、免震構造のロバスト性・冗長性を考慮した構造安全性評価法の構築を目的として、免震データベースによる設計動向の調査と地震動入力レベルに対するロバスト性・冗長性を考慮した免震構造の余裕度評価を実施した。さらに、これらの分析結果を踏まえて、余裕度確保を指向した設計法の提案を行った。

研究成果の学術的意義や社会的意義

国内外を問わず、想定外事象に対するシステムの性能として、レジリエンスの概念が様々な分野で重要視されるようになってきている。レジリエンスの向上には冗長性やロバスト性を高めることが有効である。建築防災の観点で免震構造は大きな期待を背負っているが、地震動レベルの増大に対してはロバスト性・冗長性が低いという特性を有している。本研究で提案する免震構造の余裕度評価の方法と余裕度確保を指向した設計法は、免震構造による建築物および都市のレジリエンスの確保に貢献するものと考えられる。

研究成果の概要（英文）：Seismically isolated buildings are required to cope with earthquake ground motions such as large-scale earthquakes along the Nankai Trough and inland earthquakes in the Osaka Uemachi Fault Zone that greatly exceed conventional design levels. To cope with these situations, it is essential to evaluate the safety margins of seismically isolated buildings, but seismically isolated structures lack robustness and redundancy. In this study, with the aim of developing a structural safety evaluation method that takes into account the robustness and redundancy of seismically isolated buildings, we conducted a survey of design trends using the database and evaluated the margins of seismically isolated buildings in consideration of their robustness and redundancy with respect to earthquake ground motion levels. Based on the results of these analyses, we proposed a design method that is oriented toward ensuring safety margins.

研究分野：建築構造

キーワード：建築構造・材料 免震 構造設計 安全余裕度 ロバスト性 冗長性 レジリエンス

様式 C - 19、F - 19 - 1 (共通)

1. 研究開始当初の背景

切迫度が高まる南海トラフ沿いの大規模地震や大阪府上町断層に代表される活断層による内陸地震の想定等、免震構造にはこれまでの設計想定レベルを大きく超える地震動への対応が求められている。免震構造設計指針(日本建築学会 2013)は、設計想定レベルを超える地震動に対しても安全性を確保できる目標性能の設定を求めている。これには想定される損傷の把握と安全余裕度の評価が必要不可欠となるが、免震構造にはロバスト性・冗長性が低いという特性があり、これを踏まえた構造安全性評価の統一的手法は未だ構築されていないという状況があった。

2. 研究の目的

本研究では、免震構造のロバスト性・冗長性を考慮した構造安全性評価法の構築を目的として、免震データベースによる設計動向の調査と地震動入力レベルに対するロバスト性・冗長性を考慮した免震構造の余裕度評価を実施する。さらに、これらの分析結果を踏まえて、余裕度確保を指向した設計法の提案を行う。

3. 研究の方法

本研究の目的を達成するために主に次の2つの検討を行う。

(1) 免震データベースによる設計動向の調査

確認検査機関(日本建築センターおよび日本建築総合試験所)の公表資料に基づいて、特に第3期(1995年阪神淡路大震災を契機として計画棟数が急増した1995年から1999年まで)と第4期(建築基準法が改正された2000年から長周期地震動への対策が通知された2016年まで)を分析する。

(2) 地震動入力レベルに対する冗長性を考慮した免震構造の余裕度評価と設計法

多数の実地震動記録と漸増動的地震応答解析を用いて、特に積層ゴムのハードニング特性の有無に着目し、免震構造の余裕度を確率論的に評価する。また、免震構造の上部構造におけるDs値と塑性率の関係式を用いて損傷評価を行い、確率論的評価結果と比較する。さらに、耐震構造との比較に基づき、免震構造における余裕度評価の新たな考え方を提示するとともに、余裕度確保を指向した設計法を提案する。

4. 研究成果

(1) 免震データベースによる設計動向の調査

ビルディングレター(日本建築センター機関誌)およびGBRC(日本建築総合試験所機関誌)に、1995年~2016年に掲載された基礎免震建物(柱頭免震・中間階免震は除く)1243棟を主な検討対象とした。1995年~2000年とした3期は627棟、2001年~2011年とした4-1期は495棟、2012年~2016年とした4-2期は121棟であった。分析は建物の長辺方向とし、分析に必要なデータが掲載されている免震建物のみを対象とした。

固有周期と設計用せん断力係数の関係

レベル2地震動に対する免震層目標変位時の固有周期(以下、固有周期とする)の推移を図1に示す。中央値は、前後1年を加えた3年間にわたる値である。個々の免震建物で固有周期は大きく異なるが、中央値に着目すると固有周期は年々増加していることがわかった。建築基準法改正後の2002年~2004年での変化が大きい。それ以降も1年あたり0.03s程度の

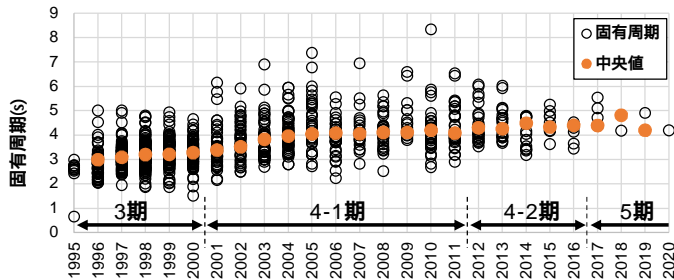
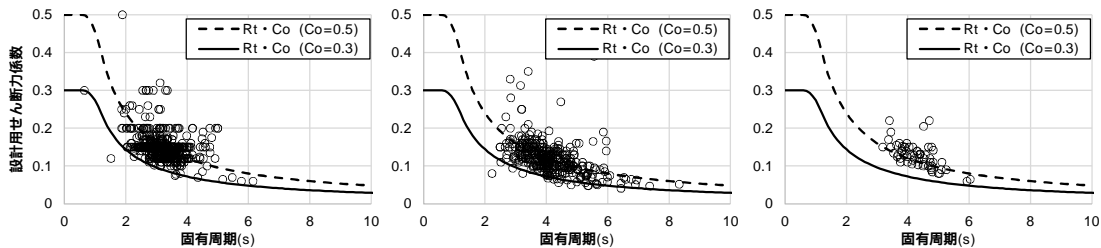


図1 固有周期の推移



(a) 3期

(b) 4-1期

(c) 4-2期

図2 固有周期と設計用せん断力係数の関係

割合で増加していた。3期、4-1期、4-2期の期間内で中央値を平均するとそれぞれ3.2s、3.9s、4.4sとなり、年代による固有周期の変化が確認できた。

固有周期と設計用せん断力係数の関係を図2に示す。3期との比較から、4-1期と4-2期の固有周期の増加に伴う設計用せん断力係数の減少が確認できたが、4期以内での顕著な傾向の変化は確認されなかった。

免震層の最大応答変位と水平クリアランスの関係

免震層の最大応答変位に対する水平クリアランスの比を相対度数分布として表したものを図3に示す。3期では1.75以上2未満、4-1期では1.5以上1.75未満、4-2期では1.25以上1.5未満が最も多くの割合を占めていた。4期は建築基準法改正により告示波の適用が義務化されているため、設計用地震動の変遷について考慮する必要はあるが、最大応答変位に対する水平クリアランスの余裕度が、3期に対して相対的に低下していることがわかった。また、この傾向が特に4-2期に強く表れていることも確認された。

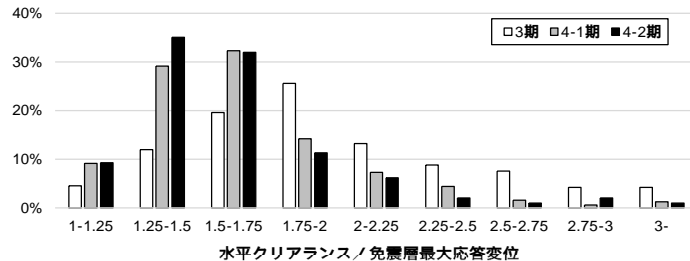


図3 免震層最大応答変位に対する水平クリアランスの比

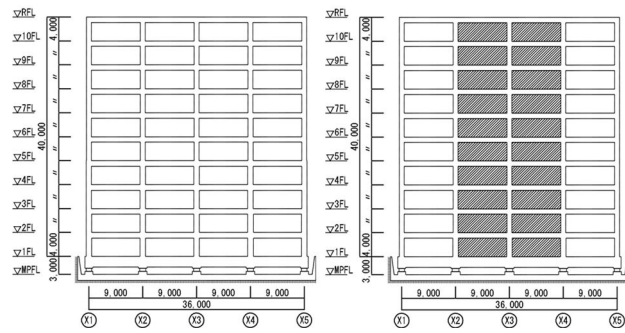
(2) 地震動入力レベルに対する冗長性を考慮した免震構造の余裕度評価と設計法

免震構造の上部構造の耐力を D_s 値として評価することで、冗長性の乏しさを捉えることを試み、また D_s 値と塑性率の関係を定式化し、これを用いた損傷評価手法を提案した。さらに、この損傷評価手法を応用し、地震動レベルと塑性率の関係に基づき、免震構造と耐震構造とを比較することによって免震構造の余裕度を評価する新たな考え方を提案した。

免震構造の上部構造における損傷評価

免震構造モデルは10階建鉄筋コンクリート造の基礎免震構造とし、一般的な設計クライテリアを満足するように設計した。検討対象モデルは純ラーメンモデル、連層耐震壁モデルとし、代表軸組図を図4に示す。損傷評価は上部構造および免震層からなる2質点系モデルを対象としているため、上部構造を荷重増分解析結果により1質点系に置換し、限界変形までのひずみエネルギーが等価となるように1階せん断力係数と建物変形角の関係を完全弾塑性型とした。免震層は2段階のハードニングを考慮した非線形弾性の積層ゴムおよび完全弾塑性型の鋼材ダンパーから構成されている。

免震構造の上部構造における D_s 値と塑性率 μ の関係は本研究による検討から式(1)を導出した。なお、式中の q_b を擬似脆性化指標と呼ぶこととし、式(2)によって定義した。



(a)純ラーメンモデル (b)連層耐震壁モデル

図4 検討対象モデルの代表軸組図

$$D_s = \sqrt{(1 + q_b) / (2\mu - 1 + q_b)} \quad (1) \quad q_b = 1 / \beta^2 \gamma \varphi \quad (2)$$

ここで、 β は免震周期 T_f に対する上部構造部固有周期 T_u の比、 γ は総質量 M に対する上部構造部質量 M_u の比、 φ は積層ゴムの初期剛性に対するハードニング後における剛性の倍率を示す。地震動倍率を n で表し、上部構造のせん断力が降伏せん断力に達するときの地震動倍率を n_0 とする。入力地震動はJMA-Kobe NS位相とする告示波とし、極めて稀に発生する地震動レベルを地震動倍率1.0とした。地震動倍率 n に対する上部構造の塑性率 $\mu(n)$ は次式で表される。

$$\begin{aligned} n > n_0 & \quad \mu(n) = \{(1 + q_b) / D_s(n)^2 - q_b + 1\} / 2 \\ n \leq n_0 & \quad \mu(n) = e \alpha_u(n) / \alpha_{uy} \end{aligned} \quad (3)$$

ここで、 $e \alpha_u(n)$ は上部構造弾性時のせん断力係数、 α_{uy} は上部構造の降伏せん断力係数を示す。耐震構造の場合には、地震動倍率 n に対する上部構造の塑性率 $\mu(n)$ は次式で表される。

$$\begin{aligned} n > n_0 \quad \mu(n) &= \{n^2(2\mu_1 - 1) + 1\}/2 \\ n \leq n_0 \quad \mu(n) &= n\sqrt{2\mu_1 - 1} \end{aligned} \quad (4)$$

損傷評価に基づく免震構造と耐震構造の比較

地震動倍率 n に対する免震層の変形 δ_m および塑性率 μ をそれぞれ図 5、6 に示す。黒実線は式(3)による免震構造を示す。灰色実線は式(4)による耐震構造を示し、地震動倍率 1.0 における塑性率 μ_1 を 2.0 としている。プロットは比較のために、免震構造モデルに基整促波 (SZ1、CH1、OS1) および上町断層帯地震 (A3 ゾーン・フラットタイプ 3A、3B、3C およびパルスタイプ 3B、3C) を入力地震動としたときの最大応答塑性率を示している。このときの地震動倍率は、免震層の最大応答変形による等価剛性と総質量から算出した等価周期における、告示波に対する入力地震動の擬似速度応答スペクトル値の比としている。

式(1)を導出する過程で、上部構造および免震層のせん断力係数は等しいとした仮定を設けているため、図 5 に示すように、上部構造のせん断力が降伏せん断力に達すると、それ以降の免震層の変形は δ_{m0} で一定となる。連層耐震壁モデルは純ラーメンモデルと比較して上部構造の降伏せん断力が大きくなるため、免震層の変形 δ_{m0} および地震動倍率 n_0 は大きくなる。

図 6 に示すように、耐震構造では塑性化に伴うエネルギー吸収が効果的に作用するため、地震動倍率 n の増加に対する塑性率 μ の増加は緩やかである。一方、免震構造では地震動倍率 n_0 までは塑性率の増加は小さいが、これを超えると急激に増加する。図 6 における免震構造と耐震構造の交点は塑性率が一致する点であり、そこに至るまでの地震動倍率においては耐震構造と比較して免震構造の塑性率が小さく、免震構造が優位性を保てる領域となる。この交点における地震動倍率および塑性率は純ラーメンモデルと比較して連層耐震壁モデルの方が大きくなり、耐震構造に対する優位性を保つ地震動倍率が大きくなる。

極めて稀に発生する地震動レベルを超える基整促波や上町断層帯地震による応答塑性率は、1.0 を超え塑性化に至る場合もある。また、地震動倍率が大きい地震動であれば、耐震構造よりも大きな塑性率を示し、免震構造の優位性を保てない領域に至る場合もある。このように、地震動倍率の変化に対して免震構造の上部構造における塑性率を連続的に評価することにより、設計想定範囲を超える地震動レベルに対する損傷の程度を把握することが可能となる。また、耐震構造においても同様の評価を行い、これらと比較することで、免震構造が優位性を保てる範囲を把握することができ、目標とすべき余裕度の妥当性を判断することが可能となる。

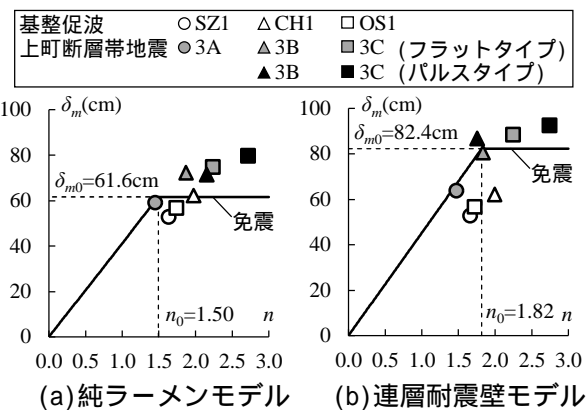


図 5 地震動倍率 n に対する免震層変形 δ_m

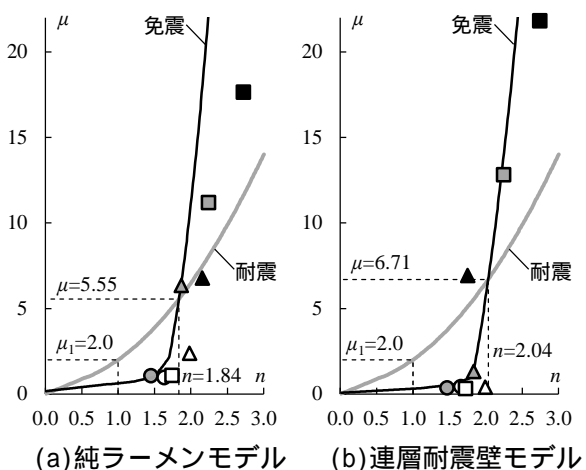


図 6 地震動倍率 n に対する塑性率 μ

免震層および上部構造の限界状態に対する耐震安全性評価

損傷評価による免震層の変形と上部構造の塑性率の関係を図 7 に示す。日本建築構造技術者協会による性能数値表に基づく建物の状態を表 1 に示し、図 7 中に破線で示している。なお、日本建築構造技術者協会による性能数値表には、せん断ひずみにおける中破の記載はないが、限界ひずみとなる 400%以下を中破とし、中破を超える状態を大破とした。地震動倍率 n を 1.0 から 0.1 刻みで白いプロットで示し、黒いプロットは地震動倍率 n が 1.0、1.5 を示している。

図 7 より、地震動倍率 n が 1.3 のとき、純ラーメンモデルおよび連層耐震壁モデルにおける建物の状態は共に「小破」に分類される。地震動倍率 n が 1.7 のとき、純ラーメンモデルおよび連層耐震壁モデルにおける建物の状態は共に「中破」となる。純ラーメンモデルにおいては、塑性率が急激に進展し、擬似脆性化を示す領域にある。一方、連層耐震壁モデルは免震層変形が大きくなるが、塑性率は 1.0 以下である。建物の状態は同じ「中破」の判定となるが、その意味合いは両モデルで大きく異なる。

免震構造としての余裕度を確保するためには、純ラーメンモデルにおいては上部構造の耐力を向上させる必要があり、連層耐震壁モデルにおいては上部構造の限界状態に対する余裕度は確保されているため、設計クリアランスの確保など免震層の余裕度を向上させる必要があるこ

とが、図7より読み取れる。このように示すことで、損傷評価による免震層および上部構造の応答値を同時に把握することができるとともに、設計想定範囲を超えた地震動レベルに対して連続的に応答値を把握すること、すなわち免震構造の冗長性を把握することができる。したがって、設計想定範囲を超える地震動レベルの応答値を把握することができるため、余裕度を踏まえた免震構造の設計を容易に行うことが可能となった。また、応答値と建物の損傷状態を対応させた性能数値表を用いることにより、免震構造における免震層および上部構造の限界状態に対する耐震安全性評価が可能となった。

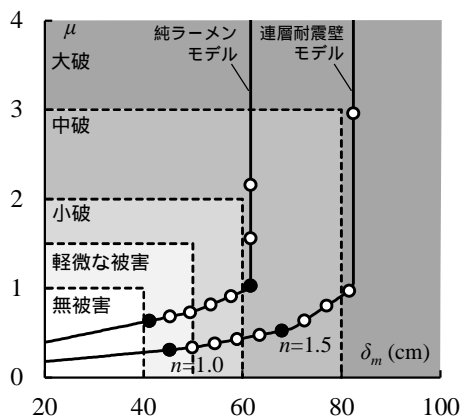


図7 損傷評価による免震層変形 δ_m と塑性率 μ の関係

表1 性能数値表に基づく建物の状態

建物の状態	無被害	軽微な被害	小破	中破
層塑性率	1.0	1.5	2.0	3.0
		($\mu_u/2.0$)	($\mu_u/1.5$)	(μ_u^*)
せん断ひずみ (せん断変形 ^{*2)})	200%	250%	300%	400%
	(40 cm)	(50 cm)	(60 cm)	(80cm)

*1: RC造フレーム構造における層塑性率の性能限界値 μ_u を3.0とする。

*2: ゴム総厚は20 cmとしてせん断変形を算出している。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計6件（うち査読付論文 5件／うち国際共著 0件／うちオープンアクセス 5件）

1. 著者名 KOBAYASHI Masahito, ZHU Zeyu, SENDA Yuto	4. 巻 89
2. 論文標題 EARTHQUAKE RESPONSE PREDICTION OF SEISMICALLY ISOLATED BUILDINGS BASED ON RESPONSE SPECTRUM METHOD CONSIDERING CHANGES IN CHARACTERISTICS OF LEAD RUBBER BEARINGS DUE TO REPEATED DEFORMATION (PART 2): IMPROVEMENT OF PREDICTION ACCURACY BY EQUIVALENT DAMPING FACTOR CALCULATION METHOD USING EFFECTIVE DUCTILITY FACTOR	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 Journal of Structural and Construction Engineering (Transactions of AIJ)	6. 最初と最後の頁 54～62
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.3130/aijs.89.54	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 KOBAYASHI Masahito, NITTA Satoshi	4. 巻 89
2. 論文標題 地震応答スペクトルの周期特性を考慮した長周期長時間地震動に対する免震建物の速度応答評価式の提案	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 Journal of Structural and Construction Engineering (Transactions of AIJ)	6. 最初と最後の頁 10～21
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.3130/aijs.89.10	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 Kobayashi Masahito, Sato Keita, Sato Kazunori	4. 巻 6
2. 論文標題 Earthquake response prediction of seismically isolated buildings based on the response spectrum method considering changes in characteristics of lead rubber bearings due to repeated deformations	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） 10.1002/2475-8876.12388	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 KOBAYASHI Masahito, SATO Keita, SATO Kazunori	4. 巻 87
2. 論文標題 EARTHQUAKE RESPONSE PREDICTION OF SEISMICALLY ISOLATED BUILDINGS BASED ON RESPONSE SPECTRUM METHOD CONSIDERING CHANGES IN CHARACTERISTICS OF LEAD RUBBER BEARINGS DUE TO REPEATED DEFORMATION	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 1123 ~ 1132
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3130/aijs.87.1123	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 IZAWA Yasukazu, KOBAYASHI Masahito	4. 巻 88
2. 論文標題 PROPOSAL OF SEISMIC SAFETY EVALUATION METHOD FOR SEISMICALLY ISOLATED BUILDINGS CONSIDERING REDUNDANCY FOR EARTHQUAKE GROUND MOTION LEVELS	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Journal of Structural and Construction Engineering (Transactions of AIJ)	6. 最初と最後の頁 746 ~ 757
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3130/aijs.88.746	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 IZAWA Yasukazu, KOBAYASHI Masahito	4. 巻 28
2. 論文標題 EVALUATION OF SAFETY MARGIN OF SEISMICALLY ISOLATED BUILDINGS CONSIDERING HARDENING CHARACTERISTICS OF LAMINATED RUBBER BEARING	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 AIJ Journal of Technology and Design	6. 最初と最後の頁 91 ~ 96
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3130/aijt.28.91	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23件 (うち招待講演 0件 / うち国際学会 3件)

1. 発表者名 K. Funada, S. Kaneko, Y. Izawa & M. Kobayashi
2. 発表標題 SAFETY-MARGIN EVALUATION OF SUPERSTRUCTURE AND ISOLATION INTERFACE OF SEISMICALLY ISOLATED BUILDINGS
3. 学会等名 18th World Conference on Earthquake Engineering (WCEE2024) (国際学会)
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 Z. ZHU & M. Kobayashi
2. 発表標題 EARTHQUAKE RESPONSE PREDICTION BASED ON RESPONSE SPECTRUM CONSIDERING CHARACTERISTIC CHANGE IN LRB
3. 学会等名 18th World Conference on Earthquake Engineering (WCEE2024) (国際学会)
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 M. Kobayashi & Y. Izawa
2. 発表標題 DESIGN TRENDS ON SEISMICALLY ISOLATED BUILDINGS AFTER THE 1995 GREAT HANSHIN-AWAJI EARTHQUAKE
3. 学会等名 18th World Conference on Earthquake Engineering (WCEE2024) (国際学会)
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 井澤保一, 小林正人
2. 発表標題 地震動入力レベルに対する冗長性を考慮した免震構造の余裕度評価と設計法の提案
3. 学会等名 第16回日本地震工学シンポジウム
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 石原大暉, 小林正人
2. 発表標題 設計用地震応答スペクトルの周期特性を考慮した長周期地震動に対する減衰補正式の提案
3. 学会等名 第16回日本地震工学シンポジウム
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 千田悠人, ZHU ZEYU, 小林正人
2. 発表標題 有効塑性率を用いた減衰定数算定に基づく鉛プラグ挿入型積層ゴムの繰返し変形による特性変化を考慮した応答スペクトル法
3. 学会等名 第16回日本地震工学シンポジウム
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 金子 奨, 船田恭佑, 井澤保一, 小林正人
2. 発表標題 大振幅地震動に対する免震構造の上部構造と免震層の 損傷状態に着目した余裕度評価に関する検討
3. 学会等名 第16回日本地震工学シンポジウム
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 小林正人, 平田憲史
2. 発表標題 性能評価シートに基づく免震建物の設計動向の分析 - 1995 年以降に計画された免震建物を主な対象として -
3. 学会等名 日本建築学会大会学術講演梗概集 (近畿)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 井澤保一, 小林正人
2. 発表標題 地震動レベルに対する損傷評価および耐震構造との比較に基づく免震構造の余裕度評価
3. 学会等名 日本建築学会大会学術講演梗概集 (近畿)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 船田恭佑, 金子 奨, 井澤保一, 小林正人
2. 発表標題 上部構造と免震層の限界値を同時に考慮した免震構造の余裕度評価
3. 学会等名 日本建築学会大会学術講演梗概集 (近畿)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 千田悠人, ZHU ZEYU, 小林正人
2. 発表標題 免震部材の繰返し変形による特性変化を考慮した応答スペクトル法に基づく地震応答予測 (その6) 応答スペクトル法の改善を目的とした有効塑性率による減衰定数算定
3. 学会等名 日本建築学会大会学術講演梗概集 (近畿)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 ZHU ZEYU, 千田悠人, 小林正人
2. 発表標題 免震部材の繰返し変形による特性変化を考慮した応答スペクトル法に基づく地震応答予測 (その7) 有効塑性率を用いた減衰定数の算定法による予測精度の改善
3. 学会等名 日本建築学会大会学術講演梗概集 (近畿)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 石原大暉, 新田哲史, 小林正人
2. 発表標題 応答スペクトル法による免震建物の地震応答予測に関する研究 (その8) 擬似速度応答スペクトルの性質を踏まえた長周期地震動に対する速度応答評価式の提案
3. 学会等名 日本建築学会大会学術講演梗概集 (北海道)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 新田哲史、石原大暉、小林正人
2. 発表標題 応答スペクトル法による免震建物の地震応答予測に関する研究（その9）表層地盤の影響を考慮した長周期地震動に対する速度応答評価式の提案
3. 学会等名 日本建築学会大会学術講演梗概集（北海道）
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 井澤保一、小林正人
2. 発表標題 漸増動的地震応答解析により評価した免震構造の上部構造における降伏耐力と応答塑性率の関係
3. 学会等名 日本建築学会大会学術講演梗概集（北海道）
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 金子奨、森崎健、井澤保一、位田拓磨、小林正人
2. 発表標題 免震層と上部構造の損傷状態を考慮した免震構造の耐震余裕度と性能評価
3. 学会等名 日本建築学会大会学術講演梗概集（北海道）
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 井澤保一、小林正人
2. 発表標題 地震動レベルの増大に伴う応答塑性率の変化に着目した免震構造と耐震構造の比較
3. 学会等名 日本地震工学会・大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 佐藤啓太、小林正人
2. 発表標題 鉛プラグ挿入型積層ゴムの繰返し変形による特性 変化を考慮した応答スペクトル法に基づく免震建物の地震応答予測 有効塑性率を用いた等価線形化法
3. 学会等名 日本地震工学会・大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 佐藤啓太、小林正人
2. 発表標題 免震部材の繰返し変形による特性変化を考慮した応答スペクトル法に基づく地震応答予測 (その 5)地震動継続時間と減衰定数の算定法が地震応答予測に及ぼす影響
3. 学会等名 日本建築学会大会学術講演梗概集 (東海)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 白井貴裕、齋藤雄太、位田拓磨、小林正人
2. 発表標題 中間階免震建物のデータベースの構築と設計動向の調査
3. 学会等名 日本地震工学会・大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 オウホウ、森崎健、小林正人
2. 発表標題 漸増動的地震応答解析に基づく免震建物の安全余裕度とロバスト性評価に関する研究 (その 1) 免震構造と耐震構造の比較
3. 学会等名 日本建築学会大会学術講演梗概集 (関東)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 森崎健, オウホウ, 小林正人
2. 発表標題 漸増動的地震応答解析に基づく免震建物の安全余裕度とロバスト性評価に関する研究(その2)多質点系モデルを用いたパラメトリック・スタディ
3. 学会等名 日本建築学会大会学術講演梗概集(関東)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 赤江宇宙, 小林正人
2. 発表標題 地震動の特性が免震建物の上部構造の応答塑性率に及ぼす影響
3. 学会等名 日本建築学会大会学術講演梗概集(関東)
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
研究協力者	井澤 保一 (Izawa Yasukazu)	日本設計	
研究協力者	藤森 智 (Fujimori Satoru)	松田平田設計	

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