

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 5 年 5 月 30 日現在

機関番号：32665

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2020～2022

課題番号：20K04778

研究課題名（和文）地方自治体との協働による都市の損傷評価と耐震指標の提案

研究課題名（英文）Assessment of urban seismic damage and proposal of urban seismic index in cooperation with local government

研究代表者

田嶋 和樹 (TAJIMA, Kazuki)

日本大学・理工学部・教授

研究者番号：60386000

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）：自治体が保有する建物データと損傷スペクトルに基づくRC造建物群の地震損傷評価手法を活用し、実在する地域内のRC造建物群の地震損傷評価を試みた。想定地震に対する建物の損傷度を事前に評価し、耐震化の優先順位を付けることが地域の安全性を効果的に高める上で有効である。また、対象地域は大地震時に津波被害が想定されるため、津波避難ビルを含む多くの避難所を有している特長がある。このような地域の特徴を考慮した耐震指標を検討するため、避難経路沿いに建つ建物の崩壊に伴う道路閉塞が避難距離に及ぼす影響について検討し、迂回避難距離が地域の耐震指標に影響を及ぼす可能性があることを示した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

損傷スペクトルに基づくRC造建物群の地震損傷評価手法と自治体が保有する建物データを活用することにより、想定地震動に対する個々のRC造建物の損傷度を比較的簡便に予測できる。予測された損傷評価の結果を用いることにより、限られた予算の中で実施しなければならない建物の耐震化においては、地域の状況に応じた優先順位付けが可能となる。また、避難所および避難経路の設定などにも役立てることが可能となる。今後、RC造建物以外の建物にも適用できる手法を開発することにより、自治体毎に地域の特徴を反映し、戦略的に防災を意識したまちづくりを行うことが可能となる。

研究成果の概要（英文）：Seismic damage to RC buildings in a real area was evaluated using building data held by local governments and seismic damage evaluation method for RC buildings based on damage spectra. Assessing in advance the degree of damage to buildings against expected earthquakes and prioritizing seismic upgrades are effective ways to effectively improve the safety of the community. In addition, the target area is characterized by many evacuation centers, including tsunami evacuation buildings, because tsunami damage is expected to occur in the event of a major earthquake. In order to propose a seismic index for the entire target area that takes into account the characteristics of the area, the effect of road closure due to the collapse of buildings along the evacuation route on the evacuation distance was examined, showing that the detour evacuation distance may affect the seismic index for the area.

研究分野：建築構造

キーワード：鉄筋コンクリート 損傷指標 損傷スペクトル 地域防災 耐震化 避難経路

## 1. 研究開始当初の背景

各自治体は、都市防災を推進するにあたり、自治体毎にハザードマップを作製して公開し、住民や事業者に災害リスクの可能性を示している。近年では、ハザードマップを活用したまちづくりを推進する事例も紹介されているが、その数はまだ少なく、多くの自治体では単なる情報提供の域を出ていない。その背景には、自治体の人材不足といった社会的な問題点の存在を否定できないが、学術的な問題点に着目すれば、ハザードマップは都市の防災力を向上させるための検討ツールとしての機能を保有していないことが挙げられる。つまり、都市防災に関わる種々の施策によって、都市の防災力がどの程度向上するのか測定することが困難であり、限られた予算の中でどの施策を選定すべきか判断することができない。したがって、都市防災に関する施策の効果を測定可能なシステムの構築が必要であり、都市の防災力を数値化する手法を確立しなければならない。このような広範な課題に対して、本研究では大地震時の都市の建物被害に焦点を当て、「都市は大地震に対してどの程度安全なのか？」という問いに対し、その最適解を得るための「建物群の地域特性を考慮した都市の耐震指標」の提案を試みる。その際、地域が抱える問題点についても柔軟に対応可能な耐震指標を検討することが必要であり、自治体職員が都市防災に関する施策の有効性を測定する材料として活用可能な耐震指標とすることが極めて重要である。

以上のことから、本研究課題では、地域特性を有する建物群によって形成される都市が、様々な大地震のシナリオの下でどの程度の損傷を受けるのか推定し、地方自治体職員と協働してその結果を分析することにより、実用性の高い都市の耐震性能を指標化できるか検討を試みる。

## 2. 研究の目的

本研究の目的は、自治体との協働を通じて、「建物群の地域特性を考慮した都市の耐震指標」を提案することである。本研究ではこれまで開発を進めてきた「損傷スペクトルに基づく RC 造建物群の地震損傷評価手法」を実在する地域に適用し、都市の耐震指標の提案に向けた検討を進める。検討を進めるにあたっては、研究者の学術的な観点だけで良否を判断せず、自治体職員の意見を反映し、実用的な都市の耐震指標を検討する。そして、地域の特性に応じた都市防災に関する施策を講じる根拠として十分な資料を提供可能な都市の安全性評価システムの構築を目指す。なお、本研究は自治体と連携する一連の検討に基づく活動の端緒であるため、本申請では RC 造建物を主な検討対象とする。これは、現時点で保有する「損傷スペクトルに基づく RC 造建物群の地震損傷評価手法」を活用することに加え、自治体において避難所や津波避難ビルとして指定している RC 造建物群の耐震安全性評価の必要性が高いためである。

## 3. 研究の方法

本研究では、具体的に以下の 4 つの研究課題に取り組んだ。なお、COVID-19 の流行により、自治体との連携が困難となる時期があったため、その期間は課題 I および課題 II に中心的に取り組むことにした。

### 課題 I：自治体保有の建物データの可視化とそれに基づく建物群の地域特性の分析

自治体が保有する建物群のデータに基づき、地域の建物群の建設年代、建物高さ、構造形式、用途を地図上で可視化した。また、対象地域内の建物の現況を全数調査し、建物情報を補完した。また、国土交通省が主導する PLATEAU[1]の利用について検討し、日本全国に本研究手法を展開できる可能性があることを確認した。

### 課題 II：損傷スペクトルに基づく RC 造建物群の被害想定と既往の被害想定との比較

自治体の地震被害想定に用いられている南海トラフ想定地震動データを用いて損傷スペクトルを作成し、課題 I で作成した地図上で建物毎に損傷指標を可視化した。また、損傷スペクトルを用いた損傷評価の課題である実効入力の評価に取り組むため、対象地域の 3 つの公共建物や都内の建物に設置した地震計の観測記録と各建物近傍の地震観測記録を比較し、地震動の実効入力について検討した。

### 課題 III：地震入力シナリオにおける建物群の損傷評価に基づく都市の強みと弱点の分析

過去の大地震の記録波（東北地方太平洋沖地震、熊本地震）を用いて、対象地域の RC 造建物群の損傷状態の違いを可視化した。また、課題となっていた旧耐震基準で設計された建物に対する損傷評価手法の見直しを図り、従来手法よりも建物の損傷度を高精度に推定可能な評価手法の構築を行った。さらに、当該自治体は津波避難ビルを含めて多くの避難所を有している特長があり、地震時における避難所までの避難経路の確保も重要であることから、避難経路に面した建物の耐震性能の把握が重要であることを確認した。

### 課題 IV：都市の強みと弱点を反映可能な都市全体の耐震指標の提案

過去の大地震に対する試算を行い、本手法によって抽出される損傷度の高い建物から優先的に耐震化を図ることで、早期に地域の安全性の向上が可能であることを確認した。また、都市全体の耐震指標の算出に向けた検討の 1 つとして、避難経路沿いの建物に着目し、崩壊建物の道路閉塞による迂回避難距離をパラメータとした耐震補強の優先順位付け手法について検討した。

#### 4. 研究成果

##### 課題Ⅰ：自治体保有の建物データの可視化とそれに基づく建物群の地域特性の分析

本研究では、静岡県沼津市より提供された沼津市役所周辺地域の建物データを用いた。なお、当該地域には、地震発生時などの防災拠点となる市庁舎や小・中学校、市民センターなどの公共施設が多い。また、津波避難ビルとしての活用が求められる RC 造建物が多いことから、対象建物を RC 造建物 277 棟とする。図-1 に当該地域の建物データをプロットしたマップを示す。マップの作成に際しては、地理情報システム ArcGIS を使用した。図-1(a) に竣工年に基づいて判別した建物の耐震基準を示す。新耐震建物が約 58%、旧耐震建物が約 42% であり、旧耐震建物の割合が比較的高い地域である。また、市役所や小中学校などいくつかの公共施設は旧耐震建物と判別しているが、実際に当該地域の全数調査を実施し、耐震補強が施されていることを確認した。図-1(b) に対象建物の用途係数マップを示す。静岡県建築構造設計指針・同解説において、用途係数 I は、I = 1 および I = 1.25 の 2 種類に分類されている。I = 1.25 となる建物用途は、庁舎・学校・診療所などの災害時に機能を特に保持する必要がある建物や津波避難ビルなどである。対象地域においては、全体の約 23% の建物が I = 1.25 に該当しており、そのうち 1/3 程度が津波避難ビルに指定されている。海に近い対象地域南部では建物規模の大きい集合住宅が、北部では庁舎や学校などの公共施設が津波避難ビルに指定されている場合が多い。なお、図-1(a) を参照することにより、津波避難ビルとして指定されている建物は新耐震建物であることが分かる。図-1(c) に対象建物の用途種別マップを示す。対象地域の建物用途は、住宅または兼用住宅が全体の約 77% を占めており、対象地域内の大部分が住宅地となっている。また、その他の用途として、店舗・事務所等と病院・診療所等が 6~7% と概ね同数であり、公共施設が約 3% となっている。なお、その他の用途とは、倉庫・車庫・変電所などである。大通り沿いは事務所や店舗、兼用住宅が多数見られる地区となっており、地域北部には市庁舎や小学校、市民文化センターといった公共施設が多くなっている地区が見られる。

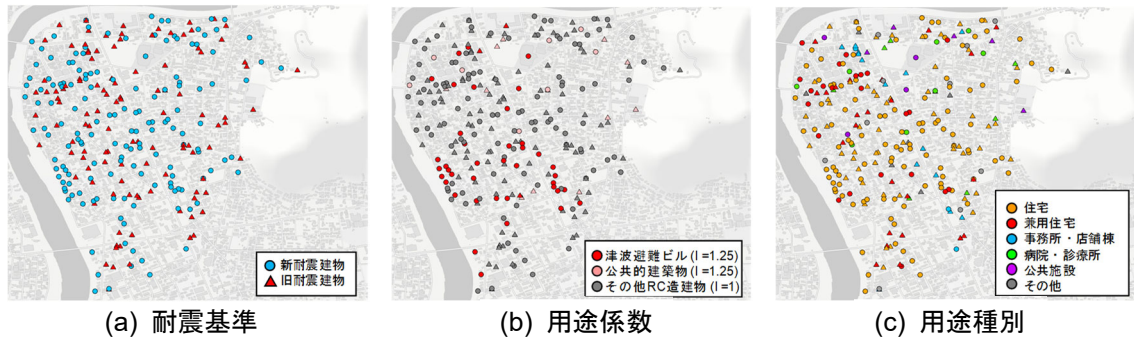


図-1 対象地域の RC 造建物状況

また、国土交通省が整備を進めている PLATEAU のデータを ArcGIS と連携することにより、より詳細に建物データの可視化が可能であることを確認した。図-2 に示すように、特に PLATEAU は建物高さデータを保有する点が本研究において有効であり、建物高さ情報を用いて建物の固有周期を略算し、損傷スペクトルを用いた損傷評価手法に適用することが可能となる。また、3D 都市モデルを活用することにより、都市防災に関する詳細な分析が可能になると考えられる。

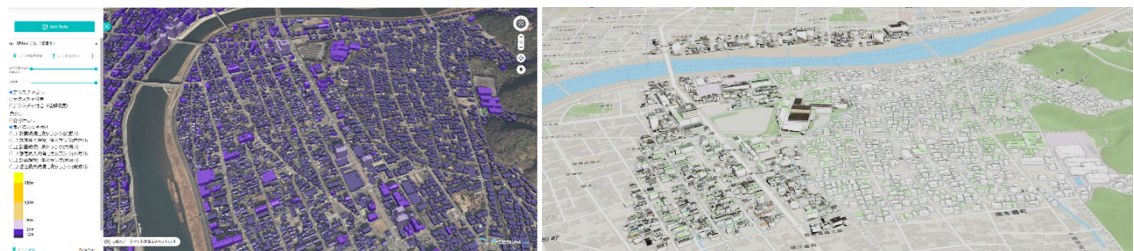


図-2 PLATEAU と ArcGIS の連携による対象地域の可視化

##### 課題Ⅱ：損傷スペクトルに基づく RC 造建物群の被害想定と既往の被害想定との比較

損傷スペクトルとは、建物を等価 1 質点系でモデル化し、弾性 1 次固有周期  $T_0$  (sec) と損傷指標 DI の関係を表したものである。損傷指標 DI は、損傷カテゴリと対応させることによって具体的な損傷状態を評価する。本研究では、損傷指標式として以下に示される  $DI_d$  式を採用している。

$$DI_d = [(1-\alpha_2)(\mu-\mu_e) / (\mu_{mon}-1)] + \alpha_2 [(E_{H,PHC} + E_{H,FHC}) / (E_{Hmon} + E_{H,FHC})]^{1/2} \quad (1)$$

ここで、 $\mu$  : 変位塑性率、 $\mu_e$  : 降伏時変形に対する最大弾性変形の比、 $\mu_{mon}$  : 単調水平載荷時の終局塑性率、 $E_{H,PHC}$  : 主要半サイクルに対応する地震時の履歴エネルギー吸収量、 $E_{H,FHC}$  : 従



属半サイクルに対応する地震時の履歴エネルギー吸収量,  $E_{Hmon}$ : 単調水平載荷時の履歴エネルギー吸収量,  $\alpha_2$ : 定数である。

図-3 に熊本地震, 東北地方太平洋沖地震, 想定される南海トラフ地震の各損傷スペクトル算出結果を示す。なお, 熊本および東北の地震波は防災科学技術研究所 K-NET, KiKnet の観測波, 南海トラフ想定地震は内閣府[2]による工学的基盤の加速度波形を対象地域の地盤状況を考慮して表層地盤の加速度波形に変換した波を適用する。また, 本検討では EW, NS 各方向の損傷指標の平均値を採用している。新耐震建物は, 熊本地震および東北地方太平洋沖地震では比較的長周期の範囲において, 南海トラフ想定地震では短周期の範囲において, 小破以下の被害と中破程度の被害の境界となる損傷指標  $D_{Id}=0.2$  を超えている。一方, 旧耐震建物は, いずれの地震波においても短周期帯で損傷指標が大きな値となっていることから, 低層建物での甚大な被害が予測される。図-4 に当該地域で想定される南海トラフ想定地震における損傷マップを示す。旧耐震建物は中破程度(損傷度 II)と大破程度(損傷度 III)が概ね同数であり, 新耐震建物においても約 1/3 が中破程度となっている。なお, 建物群の損傷指標の平均値  $D_{Id\_Ave}$  は 0.39 であった。

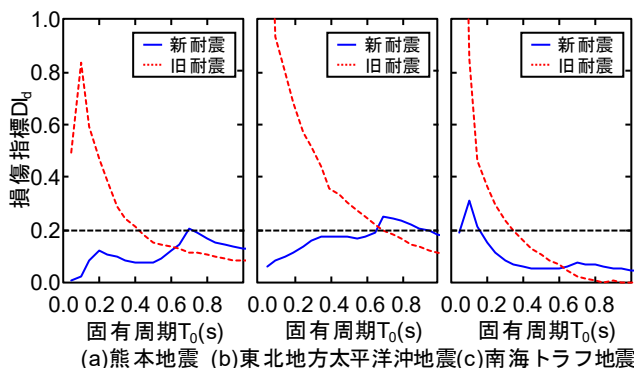


図-3 損傷スペクトル

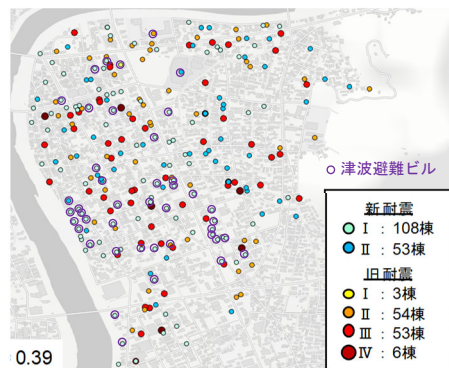


図-4 南海トラフ想定地震損傷マップ

また, 損傷スペクトルを用いた損傷評価における課題の 1 つとして, 地震動の実効入力の評価が挙げられる。現在は検討対象とする RC 造建物近傍の観測点における記録波を入力地震動としているが, これまでの検討において損傷度を過大評価するという知見を得ている。この要因の 1 つは RC 造建物が有する余力であり, 例えばスラブ筋の耐力に対する寄与などが考えられる。本手法では, これを強度上昇係数として考慮している。しかし, もう 1 つの要因として建物への地震動の実効入力の影響が考えられる。これは, 地盤-建物間における相互作用が建物の応答を低減する方向に作用するということであり, 建物の慣性力によって逸散波が生じて地震荷重が低減する「慣性の相互作用」と基礎が地盤を拘束し地震荷重が低減する「入力の相互作用」が挙げられる。現時点では, 本研究においてこれらの影響も強度上昇係数に含めている状況にある。この点について検討するために, 本研究では都内の 2 つの建物と今回の検討対象地域における 3 つの公共建物に地震計を設置し, 地震観測を行った。なお, 残念ながら検討対象地域に設置した地震計では研究期間内に検討可能な地震動が記録されなかったため, ここでは都内の学校校舎に設置した地震計で観測した 2021 年 10 月 28 日の茨城県南部で発生した地震の記録波を対象として検討を行った。図-5 に茨城県南部地震の地表面地震波および建物内で観測した地震波を示す。併せて, 入力損失式として次式に示す土木学会式を適用した地震波を示す。

$$H(\omega) = \begin{cases} \left| \frac{\sin(\omega D_f / V_s)}{\omega D_f / V_s} \right|^2 & \omega \leq \omega_n \\ 0.405 & \omega > \omega_n \end{cases} \quad (2)$$

$$\omega_n = \pi V_s / (2D_f) \quad (3)$$

ここで,  $D_f$ : 基礎の根入れ深さ[m],  $V_s$ : 基礎周辺地盤のせん断波速度である。なお, 入力損失式の適用にあたっては, 地表面地震波のフーリエスペクトルに対して入力損失式を適用し, 逆フーリエ変換を行った。また, 図-6 に加速度応答スペクトルと速度応答スペクトルを示すが, 土木学会式を適用することで, 建物内地震波の応答と概ね近似する結果が得られた。

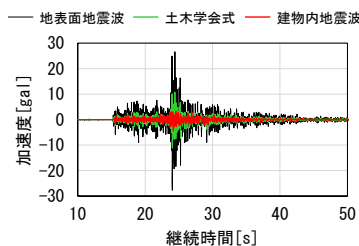


図-5 茨城県南部地震

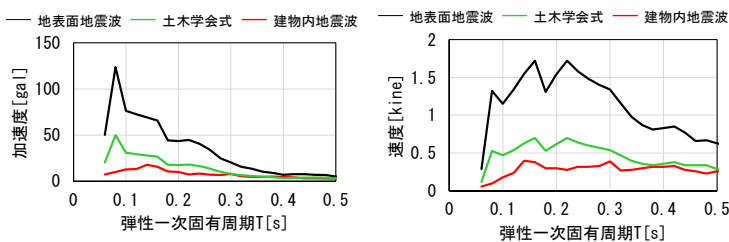


図-6 加速度応答スペクトルと速度応答スペクトル

課題III：地震入力シナリオにおける建物群の損傷評価に基づく都市の強みと弱点の分析

図-7に熊本地震と東北地方太平洋沖地震の発生を想定した地震損傷マップを示す。熊本地震によるRC造建物群の損傷状態を見新耐震建物はほとんどが小破以下であるのに対し、旧耐震建物は中破程度と大破程度が概ね同数となっている。また、倒壊程度となった建物は0棟であった。一方、東北地方太平洋沖地震による損傷状態は、新耐震建物の大半が熊本地震と同様に小破以下であるのに対し、旧耐震建物の多くは大破程度となっており、倒壊程度となった建物も6棟となった。この要因としては、旧耐震建物の損傷スペクトルにおける損傷指標値が比較的長周期の範囲まで大きくなっており、損傷状態が中破程度となる $DI_d = 0.5$ よりも大きくなる範囲が他の地震波よりも広がったことによるものと考えられる。このことから、本地域に東北地方太平洋沖地震と同様の地震動が入力された場合、旧耐震建物のほとんどが甚大な被害となることが予想される。また、津波避難ビル状況を確認すると、いずれの地震においても概ね損傷度Iであり、安全性が確認できる。一方、津波避難ビルの近隣には大きな損傷度III（大破）以上の被害を受ける建物が存在している。そのため、建物の倒壊による避難道路の閉塞が生じた場合、避難が困難になる場合があることが想定される。

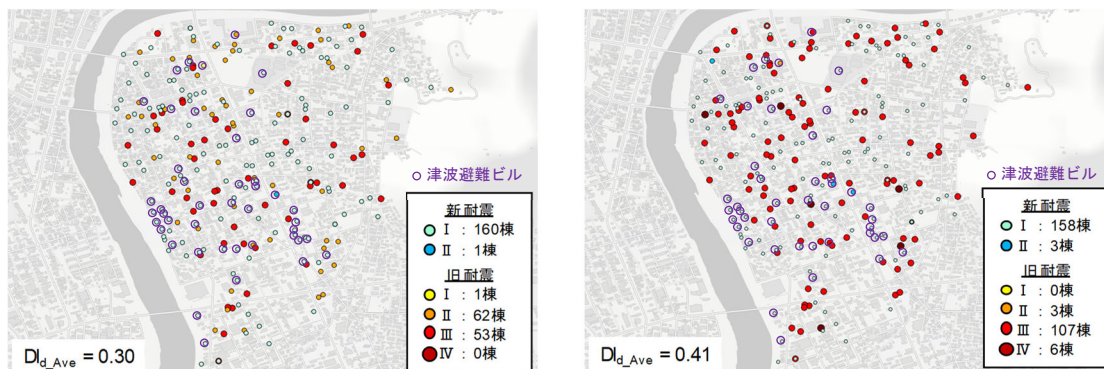


図-7 地震損傷マップ（左：熊本地震，右：東北地方太平洋沖地震）

課題IV：都市の強みと弱点を反映可能な都市全体の耐震指標の提案

当該地域の耐震化率を合理的に向上させる手段について検討するにあたり、当該地域の平均損傷指標 $DI_{d,Ave}$ に着目する。図-8に $DI_{d,Ave}$ —耐震化率関係を示す。図-8(a)は南海トラフ想定地震に関して、対象地域内の建物をランダムに耐震化した場合および損傷度の大きい建物から順番に耐震化を進めた場合について検討した結果である。耐震化率の目標値を定めた場合、ランダムに耐震化を行うよりも損傷度順に耐震化を進める方が、損傷指標を小さくできる。また、都市の損傷指標の目標値を定めた場合、損傷度順に耐震化を行うことで、より低い耐震化率で目標を達成できると考えられる。図-8(b)は地震波の違いによる損傷指標の変化について検討したものであるが、損傷度順に耐震化を進めた場合、耐震化率70%を境として南海トラフ想定地震による $DI_{d,Ave}$ の値が大きくなっている。これより、今後の耐震化の方針としては、南海トラフ想定地震を対象とすることが妥当であるといえる。

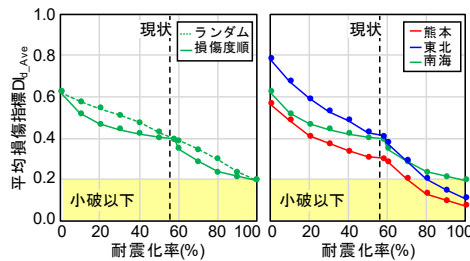


図-8  $DI_{d,Ave}$ —耐震化率関係

また、前述した通り、津波避難ビルを多く指定している当該地域においては崩壊建物の道路閉塞による迂回避難距離に着目することが必要であると考えられる。そこで、熊本県益城町を対象として、熊本地震における記録波を用いた検討を行った（図-9）。なお、全建物から1人のみ避難すると仮定し、出発点から最も近い一時避難場所へ避難するとした。また、前面道路に面している崩壊建物は15棟であった。これらの建物について、崩壊を防いで道路閉塞を解消した場合の迂回距離の解消率に着目したところ、図中の①、②、③の建物の耐震補強を優先すべきであることが確認された。

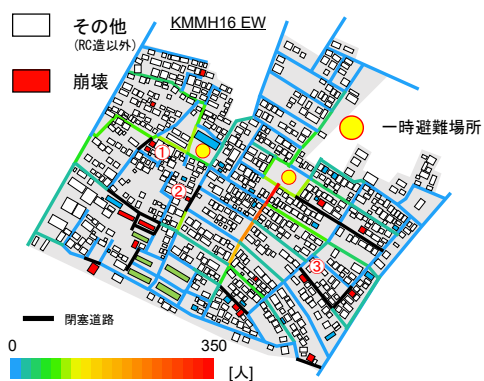


図-9 地震損傷と避難ルート使用率

参考文献

- [1] 国土交通省 PLATEAU : <https://www.mlit.go.jp/plateau/>
- [2] 中央防災会議：南海トラフ巨大地震の想定被害について（第一次報告），防災対策推進検討会議 南海トラフ巨大地震対策検討WG，2012.8

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計5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 0件）

1. 著者名 今関慶, 田嶋和樹, 長沼一洋	4. 巻 45
2. 論文標題 旧耐震基準で設計された低層RC造建物における復元力特性の構築	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 コンクリート工学年次論文集	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) 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 伊豆川瞬也, 田嶋和樹, 長沼一洋	4. 巻 45
2. 論文標題 旧耐震基準で設計されたRC造ピロティ 建物の崩壊過程における柱軸力の再分配挙動	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 コンクリート工学年次論文集	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) 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 今関慶, 田嶋和樹, 長沼一洋	4. 巻 44
2. 論文標題 旧耐震基準で設計された低層RC造建物における終局塑性率の算定	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 コンクリート工学年次論文集	6. 最初と最後の頁 1051-1056
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 河野圭一郎, 田嶋和樹, 長沼一洋	4. 巻 43
2. 論文標題 三次元非線形FEM解析に基づく有壁RC造骨組のねじれ抵抗機構の考察	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 コンクリート工学年次論文集	6. 最初と最後の頁 415-420
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 M. Ichikawa, K. Tajima, K. Naganuma	4. 巻 17
2. 論文標題 REDEFINED SYSTEM FOR SEISMIC DAMAGE EVALUATION OF REINFORCED CONCRETE BUILDINGS	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Conference Proceedings of 17th World Conference on Earthquake Engineering	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) 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 -

〔学会発表〕 計12件 (うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件)

1. 発表者名 田嶋和樹, 今関慶, 甲斐聖人, 長沼一洋
2. 発表標題 損傷スペクトルを用いた既存不適格RC造建築物に対する地震損傷評価手法の検討 (その1) 旧耐震基準で設計されたRC造集合住宅建物の代表例の構築
3. 学会等名 日本建築学会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 今関慶, 田嶋和樹, 甲斐聖人, 長沼一洋
2. 発表標題 損傷スペクトルを用いた既存不適格RC造建築物に対する地震損傷評価手法の検討 (その2) 既存不適格RC造建築物に適用可能な復元力特性の検討
3. 学会等名 日本建築学会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 甲斐聖人, 田嶋和樹, 今関慶, 長沼一洋
2. 発表標題 損傷スペクトルを用いた既存不適格RC造建築物に対する地震損傷評価手法の検討 (その3) 損傷カテゴリーの再検討および適用性の検討
3. 学会等名 日本建築学会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 松浦巧, 今関慶, 伊豆川瞬也, 田嶋和樹, 長沼一洋
2. 発表標題 旧耐震基準で設計された低層RC造建物に対する復元力特性の構築 その1 旧耐震基準で設計された低層RC造建物の代表例の構築
3. 学会等名 日本建築学会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 伊豆川瞬也, 今関慶, 松浦巧, 田嶋和樹, 長沼一洋
2. 発表標題 旧耐震基準で設計された低層RC造建物に対する復元力特性の構築 その2 柱主筋の抜け出し挙動に着目した骨組解析モデルの構築
3. 学会等名 日本建築学会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 今関慶, 松浦巧, 伊豆川瞬也, 田嶋和樹, 長沼一洋
2. 発表標題 旧耐震基準で設計された低層RC造建物に対する復元力特性の構築 その3 復元力特性の構築
3. 学会等名 日本建築学会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 甲斐聖人, 田嶋和樹, 長沼一洋
2. 発表標題 乾燥収縮ひずみ予測式を適用したRC造有開口耐震壁の構造性能に関する非線形FEM解析
3. 学会等名 日本建築学会
4. 発表年 2022年



1. 発表者名 松浦巧, 伊藤綾哉, 田嶋和樹, 長沼一洋
2. 発表標題 実在するRC造建物群に対する地震損傷評価手法の検討, その1 沼津市の検討対象地域におけるRC造建物群の概要
3. 学会等名 日本建築学会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 伊藤綾哉, 松浦巧, 田嶋和樹, 長沼一洋
2. 発表標題 実在するRC造建物群に対する地震損傷評価手法の検討, その2 検討対象地域におけるRC造建物群に対する損傷評価
3. 学会等名 日本建築学会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 今関慶, 田嶋和樹, 長沼一洋
2. 発表標題 損傷スペクトルを用いた既存RC造校舎に対する耐震補強前後の地震損傷評価
3. 学会等名 日本建築学会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 甲斐聖人, 田嶋和樹, 長沼一洋
2. 発表標題 乾燥収縮の影響を考慮したRC造有開口耐震壁の構造性能に関する非線形FEM解析
3. 学会等名 日本建築学会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 伊藤綾哉, 田嶋和樹, 長沼一洋
2. 発表標題 RC造建物群に対する地震損傷評価体系の再定義, その3 既往手法と改良手法の比較
3. 学会等名 日本建築学会
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
---------------------------	-----------------------	----

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