

令和 5 年 6 月 10 日現在

機関番号：32689

研究種目：基盤研究(A)（一般）

研究期間：2019～2022

課題番号：19H00813

研究課題名（和文）レジリエンス強化のための備災マネジメントと南海トラフ地震・津波の影響地域への適用

研究課題名（英文）Disaster management of structures and infrastructures affected by the anticipated Nankai Trough earthquake for resilience enhancement

研究代表者

秋山 充良（Akiyama, Mitsuyoshi）

早稲田大学・理工学術院・教授

研究者番号：00302191

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 35,200,000円

研究成果の概要（和文）：南海トラフ地震による強震動と津波による被害は極めて甚大なものであると試算されており、そこからの早期復旧・復興を可能にする一層のレジリエンス強化が求められる。本研究では、「速やかな機能回復に貢献する発災前の一連の取り組み」を備災マネジメントと定義し、【1】地域ごとの災害廃棄物量の予測と、それに応じた処理プロセスの事前検討、【2】地域ごとの損壊インフラ構造物数の予測と、それに応じた緊急仮設構造物の事前製作、のための基礎検討を行った。

研究成果の学術的意義や社会的意義

地震や災害リスクに関係する学術論文に発表されている内容の多くは、リスクの大小を提示するのみであり、単なるアセスメントに終始している。リスク評価の結果はレジリエンス強化のための入力情報として使用されるべきであり、レジリエンス強化につながるマネジメントや早期の機能回復をもたらす技術の充実・研究開発の一層の進展が求められている。本研究は、この流れに沿ったものでもあり、先端のマルチハザードリスク評価を用いて構造物から生じる災害廃棄物量と構造物の損壊数を予測するとともに、それらを入力情報として、レジリエンス強化のための災害廃棄物処理と仮設橋梁の提案を行なったものである。

研究成果の概要（英文）：The damage of structures and infrastructure systems due to a strong earthquake and tsunami caused by the anticipated Nankai Trough earthquake would be extremely devastating, and further resilience enhancement should be required to enable early recovery and reconstruction from the disaster. In this study, several numerical and experimental research which can contribute to enhancing the resilience have been conducted; especially [1] framework for estimating the disaster waste debris caused by the anticipated Nankai Trough earthquake and for the disposal of disaster waste, and [2] prediction of the number of damaged bridges due to tsunami and development of emergency temporary bridges.

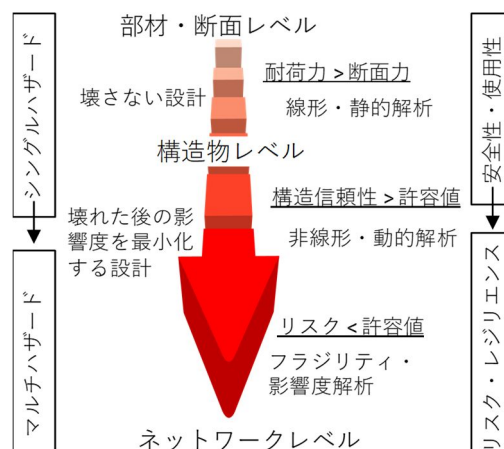
研究分野：防災工学，構造工学，地震工学

キーワード：南海トラフ地震 レジリエンス 備災マネジメント 災害廃棄物 地震ハザード 津波ハザード 緊急仮設橋 プレキャスト

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。

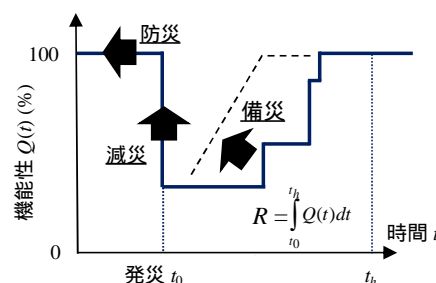
1. 研究開始当初の背景

右図は、インフラ構造物の安全性評価手法の歴史を模式的にまとめたものである。実務的には、許容応力度設計法から限界状態設計法へ移行し、そこで行われる構造計算は、計算機の発達にあわせて線形から非線形計算、さらには静的から動的解析が行われるようになった。一方で、将来的に発生する地震や津波の強度を確かに予測できない現状では、構造物の有する耐荷力を上回る応答が生じる可能性をゼロにすることはできない。そこで、リスク概念を構造設計に応用し、耐荷力を上回る応答が生じたときに引き起こされる影響度の分析や、復旧に要する日数などの検討が行われるようになった。その際、想定する作用も、単独の強震動だけを考慮するところから、強震動と津波、あるいは強震動と地滑りなどのマルチハザードの考慮が行われるようになり、研究代表者も、この流れを受けた研究活動を行ってきた。



一方、南海トラフ地震による強震動と津波の影響を受ける地域にあるインフラ構造物・建物を対象としたリスク評価を行うと、そのハザードレベルの過酷さから極めて多くの構造物が強震動あるいは津波により損傷・倒壊する結果となる。経済的損失額や復旧に要する日数の算定は、被害の全体像の把握には役立つものの、今必要であるのは、単なるアセスメントではなく、被害軽減や早期復興の具体的な対策を含んだマネジメントである。一方、構造物の被害を軽減するためのアプローチは、新設構造物に対しては高度化した耐震設計法を適用することであり、既存構造物に対しては耐震補強を施すことであった。しかし、南海トラフ地震による強震動の影響を受けると予想される地域にある既存構造物は、特に市町村レベルにおいて耐震補強が施されていないインフラ構造物・建物の割合が極めて高く、昨今の地方自治体の財務状況からも、その劇的な改善は期待できない。また、津波の影響を受ける地域にある既存構造物の津波被害を低減できる確かな補強技術は、そもそも存在しない。

この状況に鑑み、強震動と津波のマルチハザード下にある構造物が南海トラフ地震により相当数、損傷・倒壊することを前提として、都市の速やかな機能回復に貢献する取り組みを実践する必要がある。本研究では、防災・減災・備災を右図のように位置づけ、本研究では「速やかな機能回復に貢献する発災前の一連の取り組み」を備災マネジメントと定義し、特に、災害廃棄物と緊急仮設構造に関する課題に取り組んだ。研究課題の核心をなす学術的問いは“南海トラフという圧倒的な巨大ハザードに対して、その影響地域の早期復興に貢献できる事前の取り組みは何か”であり、レジリエンス強化につながる備災技術を展開する起点と本研究を位置づけるため、以降に示す一連の取り組みを行った。



2. 研究の目的

南海トラフ地震による強震動と津波による被害は極めて甚大なものであると試算されており、そこからの早期復旧・復興を可能にする一層のレジリエンス強化が求められる。研究代表者・分担者のこれまでの研究活動、および地震・津波被災地の調査経験から、

【1】地域ごとの災害廃棄物量の予測と、それに応じた処理プロセスの事前検討

【2】地域ごとの損壊インフラ構造物数の予測と、それに応じた緊急仮設構造の事前製作がレジリエンス強化に特に有効であると確信し、南海トラフ地震の影響地域への実装を進めることを本研究の目的とした。構築してきたマルチハザード下にある構造物のリスク評価手法を応用することで、南海トラフ地震による災害廃棄物量および構造物の損壊数のリスクカーブを市町村別に作成し、それに応じた廃棄物処分場の最適配置や処理マニュアルの作成、あるいは、急速施工を可能にする緊急仮設構造の提案とその必要数の提示、までを行った。

3. 研究の方法

ここでは、前記の【1】と【2】の中で行った取り組みの概要を報告する。

3.1 災害廃棄物量の推定

想定される南海トラフ地震の地震動と津波の両方から発生する災害廃棄物のリスクを推定する手順は、(I) 南海トラフ地震と解析対象地域の構造物に関するデータ収集、(II) 確率論的地震・津波ハザード解析、(III) 地震・津波フラジリティ評価、(IV) 地震・津波破壊確率の推定、

(V) 災害廃棄物の量に関連する発生単位の推定、そして(VI) 災害廃棄物の量を求めるリスク推定とリスクカーブ生成の6フェーズからなる。GISを利用して解析地域のリスクカーブを推定するには、個々の構造物から発生する災害廃棄物を計算し、合計する。国土交通省国土地理院が提供する全ての構造物をGIS上で考慮し、災害廃棄物量を推計する。なお、一部のインフラ(橋梁やダムなど)はGISに含めていないが、既往研究からこれらのインフラから発生する災害廃棄物の量は総量に比べれば無視できる程度である。

フェーズ(I)で南海トラフ地震に伴う断層運動と解析エリア毎の全ての構造物の情報を収集した後、フェーズ(II)では解析エリアを小さなグリッドセルに分割し、地理的条件や位置が地震と津波の強さに与える影響を考慮する。各グリッドセルでは、断層パラメータに関連する不確実性を考慮したモンテカルロ法に基づき、地震・津波ハザードカーブを推定している。なお、南海トラフ地震が数十年以内に発生する確率が非常に高いため、南海トラフ地震が発生した場合の条件付きの地震・津波ハザードカーブを求めている。フェーズ(IV)では、ハザードカーブを含むグリッドデータと構造物の位置を含むレイヤーをGIS上で重ね合わせ、解析エリア内にある個々の構造物の地震・津波破壊確率を算出する。破壊確率は、全確率の定理から、脆弱性曲線とハザード曲線を畳み込むことで推定している。

大災害の後には、様々な種類の災害廃棄物が発生する。災害廃棄物量を定量化するために、構造物の詳細や材料、家財道具、事務機器や消耗品など、すべての情報を入手するのは困難である。そこで、フェーズ(V)では、過去の日本における地震被害で報告された災害廃棄物量と被災構造物数に基づいて災害廃棄物に関連する原単位を決定した。フェーズ(VI)では、1つの構造物から発生する災害廃棄物を破壊確率と災害廃棄物量に関連する原単位を乗じることで算出する。構造物の全数に対してそれを繰り返し実施することで、災害廃棄物量の総量が推計される。

3.2 プレキャストコンクリートブロックを連結した緊急仮設橋

2011年東北地方太平洋沖地震で発生した津波により、太平洋沿岸部にある多数の橋梁が倒壊・流出した。橋梁が被災地の復旧・復興活動に果たす役割は極めて大きく、その損傷は道路ネットワークの機能低下に直結する。2011年東北地方太平洋沖地震の際には、国道45号線に架かる一部の橋梁において、自衛隊が所有する機動支援橋が本復旧までの緊急仮設橋として使用され、被災直後の救助・救急活動に貢献した例が報告されている(右写真参照)。このような教訓を例に、南海トラフ地震など、次の災害への備えを高度化する必要がある。



南海トラフ地震による強震動と津波の影響を受ける地域にある橋梁、あるいは橋梁を含む道路ネットワークのリスク評価結果によると、そのハザードレベルの過酷さから、2011年東北地方太平洋沖地震と同等、あるいはそれ以上の深刻な被害が見込まれている。一方、構造物被害を起因とする経済的損失額や道路ネットワークの機能回復に要する日数の算定は、被害の全体像の把握には役立つものの、そのリスク低減や、復旧・復興に要する時間の短縮、つまりレジリエンス強化に貢献するハード的対策の研究例は少ない。

従来、構造物の被害を軽減するためのアプローチは、新設構造物に対しては高度化した耐震設計法を適用することであり、既存構造物に対しては耐震補強を施すことである。しかし、南海トラフ地震による強震動の影響を受けると予想される地域にある既存構造物は、特に市町村レベルにおいて耐震補強が施されていない構造物の割合が高く、昨今の地方自治体の財務状況からも大幅な改善は期待できない。また、津波の影響を受ける地域に置かれる構造物の対津波設計法や既存構造物の補強技術は、まだ開発途上にある。

この背景のもと、南海トラフ地震による強震動と津波により、既存橋梁が相当数、損傷・倒壊することを前提として、被災後の状況下でも早期架設が可能な緊急仮設橋をプレキャスト製の鉄筋コンクリート(RC)にて実現するための研究に取り組んだ。開発にあたり、橋梁の急速施工(Accelerated Bridge Construction, ABC)に関わる米国での技術開発や、上の写真に示されるような機動支援橋などを参考にした。ABCでは、橋梁建設時にプレキャスト部材を活用することで、施工期間の短縮化や、施工により生じる交通渋滞や施工コストの抑制、さらには、現場作業の安全性向上を目指した技術開発が行われている。これら既存研究に対して、プレキャスト製のRCブロックを使用し、被災後の状況でも簡易に連結可能な桁構造の開発を目指した。特に、橋桁部材に着目し、ブロック端部に設けた鋼材のかみ合わせと炭素繊維シートを用いた継手構造によりRCブロックを連結した桁の曲げ・せん断実験の結果を得た。また、継手構造を有しないRC桁から得られる曲げやせん断耐力の大きさに基づき、継手部に必要なCFC補強法などを実験的に同定した。

4. 研究成果

本研究により得られた成果を以下にまとめて示す。

4.1 災害廃棄物に関連した成果:

1) ハザードカーブを推定する際、地理的条件や位置が地震や津波の強さに及ぼす影響を取り入

- れるため、解析地域を小さなグリッドセルに分割した。南海トラフ地震の発生を想定したモンテカルロ法ベースの確率論的ハザード解析を行い、断層運動に伴う不確実性を考慮して各グリッドセルの地震・津波ハザードカーブを求めた。
- 過去の地震で観測された建造物の損傷やハザードの強さ、過去の災害廃棄物量の報告データを用いて、地震・津波フラジリティ曲線と災害廃棄物量の原単位をそれぞれ経験的に作成した。また、三重県と統計解析に用いた市町村の地域特性を比較することで、本論文で得られた原単位の適用可能性を検証した。
 - 地震・津波の破壊確率は、ハザードカーブとフラジリティカーブを畳み込むことで算出した。建造物の位置データとハザードカーブ付きグリッドデータをGIS上で重ね合わせ、個々の建造物の破壊確率を推定している。南海トラフ地震による地震動と津波の両方の破壊確率を比較することで、最終的な建造物の破壊確率は得ている。災害廃棄物のリスクは、破損した建造物の数に発生単位を乗じることで推定した。
 - 災害廃棄物のリスクは、建造物の数や位置、地震や津波の強さによって異なる。想定される南海トラフ地震による津波浸水深が無視できるほど小さい地域では、災害廃棄物に関連するリスクカーブは、地震動強さのみによって決定される。一方、海岸線に近い場所に建造物が多い地域では、地震と津波の両方の影響を考慮しないと災害廃棄物量が過小評価される可能性があることを指摘した。災害廃棄物のリスク推定には、地震動や津波などのマルチハザードを考慮することが重要である。
 - 可燃ごみの処理に要する時間は、災害廃棄物の総量と焼却施設の処理能力から算出された。三重県では、南海トラフ地震により、超過確率の高い災害廃棄物が大量に発生すると考えられる。災害廃棄物の悪影響を軽減するためには、処理能力の向上や他県との連携を促進する対策が重要である。
 - 本研究では、南海トラフ地震の三重県への影響に焦点を当てたが、地震・津波ハザード、地震動や津波を受ける建造物の脆弱性、発生単位が示されれば、提案した災害廃棄物のリスク推定手法は他の地域にも適用可能である。想定地震による地震動や津波の数値シミュレーション、建造物の脆弱性評価、GISを用いた建造物の種類や位置の情報などに基づき、地震と津波の両方のハザードに曝される地域における建造物の信頼性を推定することができる。しかし、1つの建造物から発生する災害廃棄物に関連する原単位については、文献にほとんど情報がない。本研究で示した原単位は、統計解析で用いた自治体と同様の特徴を持つ地域に適用できると考える。一方、例えば人口が多く、高層建築物の密度が高い地域では、原単位を修正する必要がある。

4.2 緊急仮設橋に関連した成果

- ABC コンセプトに基づき、プレキャスト RC ブロックと鋼製シアキおよび CFRP シートからなる接合部を用いた仮設橋の開発を行った。研究の目的は、南海トラフ地震の発生を想定し、流体力により流失した橋梁上部構造を迅速に再構築し、耐震性を向上させることにある。そこで、ブロックとブロックの接合による RC 梁の曲げおよびせん断性能について実験的検討を行った。また、接合部の構造詳細 (CFRP シートの接着長さ) を設計するために、3次元非線形 FEA を実施した。
- 提案するプレキャスト RC ブロックの断面は、軽量化と十分な曲げ剛性を両立させるため、I 字型に設計された。RC ブロックは鋼製シアキと CFRP シートで連結できるため、橋桁の組み立てに特別な材料や施工が不要である。プレハブ部材の輸送や現場での取り扱いが容易であることは、災害後の環境下で適用される仮設橋梁部材にとって不可欠な要素である。
- 曲げモーメントを受ける鋼製シアキは、RC ブロック間の引張鉄筋に引張力が十分に伝達されないため、荷重の増加に伴い局所的に開口変形を示す。CFRP シート補強は、鋼製シアキの過大な変形を防止し、連結していない一体型の RC 梁と同等の曲げ耐力を発揮することができた。しかし、CFRP シートの接着長が十分でないと、引張鉄筋の降伏前に CFRP シートが早期に剥離し、梁の脆性破壊を引き起こした。
- 部材軸直角方向に繊維を配向させた CFRP シートは、縦方向の CFRP シートの剥離に抵抗し、RC 梁に高いじん性を与えることができる。しかし、緊急仮設橋の性能要求や現場作業時間の増加を考慮すると、部材軸直角方向の CFRP シート巻きは過剰な補強と考えられる。
- 提案した接合部の存在は、せん断耐力に悪影響を及ぼさない (せん断耐力は低下しない)。提案接合部を有する梁のせん断スパンは、せん断キーの存在により見かけ上 2 つの領域に分けられ、接合部を有しない一体型 RC 梁に比べ、せん断スパン / 深さ比が小さくなる。その結果、提案接合部で接合された梁のせん断強度が向上した。
- 提案された接合部を有する供試体の曲げ挙動を数値解析により再現するために、3次元非線形有限要素解析を実施した。有限要素モデルで無視したゴムパッドの効果や鋼製せん断キー間の余裕を考慮すると、予測された挙動は実験結果と一致した。3次元非線形有限要素解析による CFRP-コンクリート界面の最大接合応力に関連するモデルの不確実性を考慮しながら、提案接合部を有する実大 RC 梁の設計法を提示した。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計38件（うち査読付論文 38件 / うち国際共著 24件 / うちオープンアクセス 2件）

1. 著者名 Jia Siyi, Akiyama Mitsuyoshi, Han Bing, Xie Huibing, Frangopol Dan M.	4. 巻 100
2. 論文標題 Structural identification via the inference of the stochastic volatility model conditioned on the time-dependent bridge deflection	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Structural Safety	6. 最初と最後の頁 102279 ~ 102279
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.strusafe.2022.102279	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 該当する
1. 著者名 Alhamid Abdul Kadir, Akiyama Mitsuyoshi, Aoki Koki, Koshimura Shunichi, Frangopol Dan M.	4. 巻 99
2. 論文標題 Stochastic renewal process model of time-variant tsunami hazard assessment under nonstationary effects of sea-level rise due to climate change	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Structural Safety	6. 最初と最後の頁 102263 ~ 102263
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.strusafe.2022.102263	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 該当する
1. 著者名 Alhamid Abdul Kadir, Akiyama Mitsuyoshi, Ishibashi Hiroki, Aoki Koki, Koshimura Shunichi, Frangopol Dan M.	4. 巻 94
2. 論文標題 Framework for probabilistic tsunami hazard assessment considering the effects of sea-level rise due to climate change	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Structural Safety	6. 最初と最後の頁 102152 ~ 102152
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.strusafe.2021.102152	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 該当する
1. 著者名 Xin Jiyu, Akiyama Mitsuyoshi, Miyazato Shinichi, Frangopol Dan M., Lim Sopokhem, Xu Zhejun, Li Ao	4. 巻 18
2. 論文標題 Effects of galvanostatic and artificial chloride environment methods on the steel corrosion spatial variability and probabilistic flexural capacity of RC beams	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Structure and Infrastructure Engineering	6. 最初と最後の頁 1506 ~ 1525
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1080/15732479.2022.2061016	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 該当する

1. 著者名 Srivaranun Supasit, Akiyama Mitsuyoshi, Masuda Keisuke, Frangopol Dan M., Maruyama Osamu	4. 巻 18
2. 論文標題 Random field-based reliability updating framework for existing RC structures incorporating the effect of spatial steel corrosion distribution	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Structure and Infrastructure Engineering	6. 最初と最後の頁 967 ~ 982
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1080/15732479.2021.1995445	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 該当する

1. 著者名 Xin Jiyu, Akiyama Mitsuyoshi, Frangopol Dan M., Zhang Mingyang	4. 巻 18
2. 論文標題 Multi-objective optimisation of in-service asphalt pavement maintenance schedule considering system reliability estimated via LSTM neural networks	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Structure and Infrastructure Engineering	6. 最初と最後の頁 1002 ~ 1019
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1080/15732479.2022.2038641	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 該当する

1. 著者名 Hasan Md Abul, Akiyama Mitsuyoshi, Kojima Keisuke, Izumi Naoki	4. 巻 363
2. 論文標題 Shear behavior of reinforced concrete beams repaired using a hybrid scheme with stainless steel rebars and CFRP sheets	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Construction and Building Materials	6. 最初と最後の頁 129817 ~ 129817
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.conbuildmat.2022.129817	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 該当する

1. 著者名 Ishibashi Hiroki, Akiyama Mitsuyoshi, Fujiwara Masanori, Uno Yoshiki, Hiromitsu Taro	4. 巻 27
2. 論文標題 Precast RC Blocks with Connections Composed of Steel Shear Keys and CFRP Sheets for the Superstructure of Temporary Bridges in a Postdisaster Situation	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Journal of Bridge Engineering	6. 最初と最後の頁 4022061
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1061/(ASCE)BE.1943-5592.0001907	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 Brito Miguel B., Akiyama Mitsuyoshi, Seto Tetsuta, Honda Riki, Ishigaki Naomitsu	4. 巻 26
2. 論文標題 Shaking Table Test of a Friction Sliding System on a Concrete Member with Variable Curvature Fabricated by a Three-dimensional Printer	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Journal of Earthquake Engineering	6. 最初と最後の頁 8332 ~ 8358
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1080/13632469.2021.1991515	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 Orcesi Andre, O' Connor Alan, Diamantidis Dimitris, Sykora Miroslav, Wu Teng, Akiyama Mitsuyoshi, Alhamid Abdul Kadir, Schmidt Franziska, Pregnotato Maria, Li Yue, Salarieh Babak, Salman Abdullahi M., Bastidas-Arteaga Emilio, Markogiannaki Olga, Schoefs Franck	4. 巻 32
2. 論文標題 Investigating the Effects of Climate Change on Structural Actions	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Structural Engineering International	6. 最初と最後の頁 563 ~ 576
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1080/10168664.2022.2098894	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 該当する

1. 著者名 AOKI Koki, AKIYAMA Mitsuyoshi, ISHIBASHI Hiroki, KOJIMA Takayuki, KOSHIMURA Shunichi	4. 巻 78
2. 論文標題 PROBABILISTIC TSUNAMI HAZARD ANALYSIS USING RADIAL BASIS FUNCTION NETWORK AND QUASI-MONTE CARLO SIMULATION AND ITS APPLICATION TO RISK ESTIMATION OF DISASTER WASTE CAUSED BY THE ANTICIPATED NANKAI TROUGH EARTHQUAKE	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Journal of Japan Society of Civil Engineers, Ser. A1 (Structural Engineering & Earthquake Engineering (SE/EE))	6. 最初と最後の頁 1 ~ 16
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2208/jscejseee.78.1_1	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 AOKI Koki, FUSE Yuzuki, ISHIBASHI Hiroki, AKIYAMA Mitsuyoshi, KOSHIMURA Shunichi	4. 巻 78
2. 論文標題 EFFECT OF DAMAGE TO BRIDGES UNDER SEISMIC AND TSUNAMI HAZARDS ON PROBABILISTIC CONNECTIVITY OF ROAD NETWORK	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Journal of Japan Society of Civil Engineers, Ser. A1 (Structural Engineering & Earthquake Engineering (SE/EE))	6. 最初と最後の頁 I_127 ~ I_137
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2208/jscejseee.78.4_I_127	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 Jia Siyi, Akiyama Mitsuyoshi, Han Bing, Frangopol Dan M.	4. 巻 N/A
2. 論文標題 Probabilistic structural identification and condition assessment of prestressed concrete bridges based on Bayesian inference using deflection measurements	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Structure and Infrastructure Engineering	6. 最初と最後の頁 1~17
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1080/15732479.2023.2192508	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 該当する

1. 著者名 Alhamid Abdul Kadir, Akiyama Mitsuyoshi, Aoki Koki, Koshimura Shunichi, Frangopol Dan M.	4. 巻 N/A
2. 論文標題 Life cycle risk assessment of building portfolios subjected to tsunamis under non stationary sea level rise based on a compound renewal process	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Earthquake Engineering & Structural Dynamics	6. 最初と最後の頁 N/A
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/eqe.3857	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 該当する

1. 著者名 Srivararanun Supasit, Akiyama Mitsuyoshi, Yamada Taiki, Frangopol Dan M., Xin Jiyu	4. 巻 279
2. 論文標題 A novel combined experimental-machine learning approach to estimate the probabilistic capacity of RC beams with spatially correlated rebar corrosion in transverse and longitudinal directions	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Engineering Structures	6. 最初と最後の頁 115588 ~ 115588
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.engstruct.2023.115588	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 該当する

1. 著者名 Alhamid Abdul Kadir, Akiyama Mitsuyoshi, Ishibashi Hiroki, Aoki Koki, Koshimura Shunichi, Frangopol Dan M.	4. 巻 94
2. 論文標題 Framework for probabilistic tsunami hazard assessment considering the effects of sea-level rise due to climate change	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Structural Safety	6. 最初と最後の頁 102152 ~ 102152
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.strusafe.2021.102152	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 該当する

1. 著者名 Srivarunun Supasit, Akiyama Mitsuyoshi, Bocchini Paolo, Christou Vasileios, Frangopol Dan M., Fukushima Hiroyuki, Masuda Keisuke	4. 巻 93
2. 論文標題 Effect of the interaction of corrosion pits among multiple tensile rebars on the reliability of RC structures: Experimental and numerical investigation	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Structural Safety	6. 最初と最後の頁 102115 ~ 102115
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.strusafe.2021.102115	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 該当する

1. 著者名 Zhang Mingyang, Akiyama Mitsuyoshi, Shintani Mina, Xin Jiyu, Frangopol Dan M.	4. 巻 91
2. 論文標題 Probabilistic estimation of flexural loading capacity of existing RC structures based on observational corrosion-induced crack width distribution using machine learning	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Structural Safety	6. 最初と最後の頁 102098 ~ 102098
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.strusafe.2021.102098	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 該当する

1. 著者名 Ishibashi Hiroki, Akiyama Mitsuyoshi, Kojima Takayuki, Aoki Koki, Koshimura Shunichi, Frangopol Dan M.	4. 巻 50
2. 論文標題 Risk estimation of the disaster waste generated by both ground motion and tsunami due to the anticipated Nankai Trough earthquake	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Earthquake Engineering & Structural Dynamics	6. 最初と最後の頁 2134 ~ 2155
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/eqe.3440	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 該当する

1. 著者名 Li Yue, Ruan Xin, Akiyama Mitsuyoshi, Zhang Mingyang, Xin Jiyu, Lim Sopokhem	4. 巻 223
2. 論文標題 Modelling method of fibre distribution in steel fibre reinforced concrete based on X-ray image recognition	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Composites Part B: Engineering	6. 最初と最後の頁 109124 ~ 109124
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.compositesb.2021.109124	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 該当する

1. 著者名 Srivaranun Supasit、Akiyama Mitsuyoshi、Masuda Keisuke、Frangopol Dan M.、Maruyama Osamu	4. 巻 18
2. 論文標題 Random field-based reliability updating framework for existing RC structures incorporating the effect of spatial steel corrosion distribution	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Structure and Infrastructure Engineering	6. 最初と最後の頁 967 ~ 982
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1080/15732479.2021.1995445	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 該当する

1. 著者名 Raju Ramiz Ahmed、Akiyama Mitsuyoshi、Lim Sopokhem、Kakegawa Tatsuya、Hosono Yuka	4. 巻 303
2. 論文標題 A novel casting procedure for SFRC piles without shear reinforcement using the centrifugal forming technique to manipulate the fiber orientation and distribution	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Construction and Building Materials	6. 最初と最後の頁 124232 ~ 124232
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.conbuildmat.2021.124232	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 榎山大樹、銭城、Miguel B. BRITO、石垣直光、秋山充良、本田利器	4. 巻 77
2. 論文標題 Dプリンターを活用したローコスト摩擦振子型免震橋梁の地震時応答に及ぼす寸法効果の影響	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 土木学会論文集A1	6. 最初と最後の頁 I_1-I_13
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 Brito Miguel B.、Akiyama Mitsuyoshi、Ichikawa Yoshitaka、Yamaguchi Hiroki、Honda Riki、Ishigaki Naomitsu	4. 巻 49
2. 論文標題 Bidirectional shaking table tests of a low cost friction sliding system with flat inclined surfaces	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Earthquake Engineering & Structural Dynamics	6. 最初と最後の頁 817 ~ 837
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/eqe.3266	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 Hasan Md Abul, Akiyama Mitsuyoshi, Kashiwagi Koya, Kojima Keisuke, Peng Long	4. 巻 265
2. 論文標題 Flexural behaviour of reinforced concrete beams repaired using a hybrid scheme with stainless steel rebars and CFRP sheets	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Construction and Building Materials	6. 最初と最後の頁 120296 ~ 120296
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.conbuildmat.2020.120296	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 Zhang Mingyang, Nishiya Naoki, Akiyama Mitsuyoshi, Lim Sopokhem, Masuda Keisuke	4. 巻 264
2. 論文標題 Effect of the correlation of steel corrosion in the transverse direction between tensile rebars on the structural performance of RC beams	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Construction and Building Materials	6. 最初と最後の頁 120678 ~ 120678
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.conbuildmat.2020.120678	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 Ishibashi Hiroki, Akiyama Mitsuyoshi, Frangopol Dan M., Koshimura Shunichi, Kojima Takayuki, Nanami Kengo	4. 巻 17
2. 論文標題 Framework for estimating the risk and resilience of road networks with bridges and embankments under both seismic and tsunami hazards	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Structure and Infrastructure Engineering	6. 最初と最後の頁 494 ~ 514
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1080/15732479.2020.1843503	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 該当する

1. 著者名 藤原昌紀, 弘光太郎, 宇野洋志城, 秋山充良	4. 巻 42(2)
2. 論文標題 災害後の緊急仮設橋を想定したプレキャストRCブロック連結桁と曲げ・せん断実験による継手部の性能検証	5. 発行年 2020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 469-474
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 石橋寛樹, 小島貴之, 秋山充良, 越村俊一	4. 巻 76(4)
2. 論文標題 南海トラフ地震による強震動と津波を受ける道路ネットワークのリスク・レジリエンス評価手法の提案と構造物の補強優先度判定への適用	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 土木学会論文集A1	6. 最初と最後の頁 I_32-I_46
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 石橋寛樹, 小島貴之, 秋山充良, 越村俊一	4. 巻 76(1)
2. 論文標題 強震動と津波ハザードの連続性を考慮した橋梁・盛土構造物の信頼性評価法の提案と南海トラフ地震を想定したケーススタディ	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 土木学会論文集A1	6. 最初と最後の頁 41-60
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 Akiyama Mitsuyoshi, Frangopol Dan M., Ishibashi Hiroki	4. 巻 16
2. 論文標題 Toward life-cycle reliability-, risk- and resilience-based design and assessment of bridges and bridge networks under independent and interacting hazards: emphasis on earthquake, tsunami and corrosion	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Structure and Infrastructure Engineering	6. 最初と最後の頁 26 ~ 50
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1080/15732479.2019.1604770	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 該当する

1. 著者名 Brito Miguel B., Akiyama Mitsuyoshi, Ichikawa Yoshitaka, Yamaguchi Hiroki, Honda Riki, Ishigaki Naomitsu	4. 巻 -
2. 論文標題 Bidirectional shaking table tests of a low cost friction sliding system with flat inclined surfaces	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Earthquake Engineering & Structural Dynamics	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/eqe.3266	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 該当する

1. 著者名 Hasan Md Abul, Yan Kekui, Lim Sopokhem, Akiyama Mitsuyoshi, Frangopol Dan M.	4. 巻 -
2. 論文標題 LCC-based identification of geographical locations suitable for using stainless steel rebars in reinforced concrete girder bridges	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Structure and Infrastructure Engineering	6. 最初と最後の頁 1~27
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1080/15732479.2019.1703758	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 該当する

1. 著者名 石橋寛樹, 小島貴之, 秋山充良, 越村俊一	4. 巻 76
2. 論文標題 強震動と津波ハザードの連続性を考慮した橋梁・盛土構造物の信頼性評価法の提案と南海トラフ地震を想定したケーススタディ	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 土木学会論文集A1	6. 最初と最後の頁 41-60
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 小島貴之, 石橋寛樹, 秋山充良, 越村俊一	4. 巻 66A
2. 論文標題 南海トラフ地震により生じる津波災害廃棄物量のリスク評価	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 構造工学論文集	6. 最初と最後の頁 159-169
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 He Zheng-Shu, Supasit Srivaranun, Akiyama Mitsuyoshi, Frangopol Dan M.	4. 巻 16
2. 論文標題 Life-cycle reliability-based design and reliability updating of reinforced concrete shield tunnels in coastal regions	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Structure and Infrastructure Engineering	6. 最初と最後の頁 726~737
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1080/15732479.2019.1674343	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 該当する

1. 著者名 Zhang Mingyang, Song Huijuan, Lim Sopokhem, Akiyama Mitsuyoshi, Frangopol Dan M.	4. 巻 192
2. 論文標題 Reliability estimation of corroded RC structures based on spatial variability using experimental evidence, probabilistic analysis and finite element method	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Engineering Structures	6. 最初と最後の頁 30 ~ 52
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.engstruct.2019.04.085	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 該当する

1. 著者名 Moya Luis, Mas Erick, Yamazaki Fumio, Liu Wen, Koshimura Shunichi	4. 巻 36
2. 論文標題 Statistical analysis of earthquake debris extent from wood-frame buildings and its use in road networks in Japan	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Earthquake Spectra	6. 最初と最後の頁 209 ~ 231
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1177/8755293019892423	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 該当する

〔学会発表〕 計11件 (うち招待講演 3件 / うち国際学会 8件)

1. 発表者名 櫻山大樹, 山口大貴, Benjamin Brito, 銭城, 秋山充良, 石垣直光, 高橋宏和, 本田利器
2. 発表標題 白型滑り面を有するFPIS橋脚の地震時挙動の寸法依存性に着目した震動実験およびその解析的検討
3. 学会等名 令和2年度土木学会全国大会第75回年次学術講演会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 青木康貴, 秋山充良, 越村俊一, 小島貴之, 石橋寛樹
2. 発表標題 メタモデルを用いた確率論的津波ハザード解析手法の提案と南海トラフ地震による津波災害廃棄物量のリスク評価への応用
3. 学会等名 令和2年度土木学会全国大会第75回年次学術講演会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 石橋寛樹, 藤原昌紀, 朱純亮, 楊柳新, 弘光太郎, 森賢宇, 宇野洋志城, 秋山充良
2. 発表標題 プレキャストRCブロックの連結による緊急仮設橋用の桁構造の開発と曲げ・せん断実験による性能検証
3. 学会等名 令和2年度土木学会全国大会第75回年次学術講演会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Ishibashi, H., Kojima, T., Akiyama, M., Koshimura, S., Frangopol, D.M., and Nanami, K.
2. 発表標題 Framework to assess risk and resilience of road networks under seismic and subsequent tsunami hazards
3. 学会等名 17th World Conference on Earthquake Engineering (17WCEE) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Brito, M.B., Akiyama, M., Yamaguchi, H., Honda, R., and Ishigaki, N.
2. 発表標題 Improving the seismic resilience of RC bridge piers through the use of a low-cost friction sliding system
3. 学会等名 17th World Conference on Earthquake Engineering (17WCEE) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Akiyama, M.
2. 発表標題 Practical implementation of anti-catastrophe concept in terms of structural control and restoration
3. 学会等名 17th World Conference on Earthquake Engineering (17WCEE) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Shunichi Koshimura
2. 発表標題 How Modeling and Simulation Can Help Improve Coastal Communities' Preparation, Defense, and Recovery from Disaster: Insights from Japan's Experiences
3. 学会等名 US - Japan Relationship Conference Series (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Shunichi Koshimura
2. 発表標題 Integrating real-time simulation, earth observation, and geo-informatics for assessing tsunami impact
3. 学会等名 27th IUGG General Assembly (International Union of Geodesy and Geophysics) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Shunichi Koshimura
2. 発表標題 Real-time Tsunami Inundation and Damage Forecasting in Japan - Present and Future
3. 学会等名 27th IUGG General Assembly (International Union of Geodesy and Geophysics) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Ishibashi, H., Kojima, T., Nanami, K., Akiyama, M., and Frangopol, D.M., 2019
2. 発表標題 Risk Estimation of Bridges and Bridge Networks under Seismic and Subsequent Tsunami Hazards
3. 学会等名 Proceeding of the 16th East Asia-Pacific Conference on Structural Engineering & Construction (EASEC-16) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Masuda, K., Srivaranun, S., Akiyama, M.
2. 発表標題 Updating the Reliability of Existing RC Structures in a Marine Environment incorporating Spatial Variations
3. 学会等名 Proceeding of the 16th East Asia-Pacific Conference on Structural Engineering & Construction (EASEC-16) (国際学会)
4. 発表年 2019年

〔図書〕 計3件

1. 著者名 秋山 充良、石橋 寛樹	4. 発行年 2019年
2. 出版社 早稲田大学出版部	5. 総ページ数 152
3. 書名 南海トラフ地震	

1. 著者名 Akiyama, M., Soliman, M., Biondini, F. and Frangopol, D.M.	4. 発行年 2019年
2. 出版社 American Society of Civil Engineers	5. 総ページ数 31
3. 書名 Chapter 1 in Life-Cycle Assessment, Design, and Maintenance of Structures and Infrastructure System	

1. 著者名 Shunichi Koshimura	4. 発行年 2019年
2. 出版社 Tsunami	5. 総ページ数 9
3. 書名 In Encyclopedia of Ocean Sciences, 3rd Edition	

〔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	高橋 良和 (Takahashi Yoshikazu) (10283623)	京都大学・工学研究科・教授 (14301)	
研究分担者	松崎 裕 (Matsuzaki Hiroshi) (10506504)	防衛大学校(総合教育学群、人文社会科学群、応用科学群、電気情報学群及びシステム工学群)・システム工学群・准教授 (82723)	
研究分担者	越村 俊一 (Koshimura Shunichi) (50360847)	東北大学・災害科学国際研究所・教授 (11301)	
研究分担者	佐藤 靖彦 (Sato Yasuhiko) (60261327)	早稲田大学・理工学術院・教授 (32689)	
研究分担者	本田 利器 (Honda Riki) (60301248)	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	宮里 心一 (Miyazato Shinichi) (60302949)	金沢工業大学・工学部・教授 (33302)	追加：2019年9月26日

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

米国	Lehigh University			
中国	Tongji University			
イタリア	Politecnico di Milano			