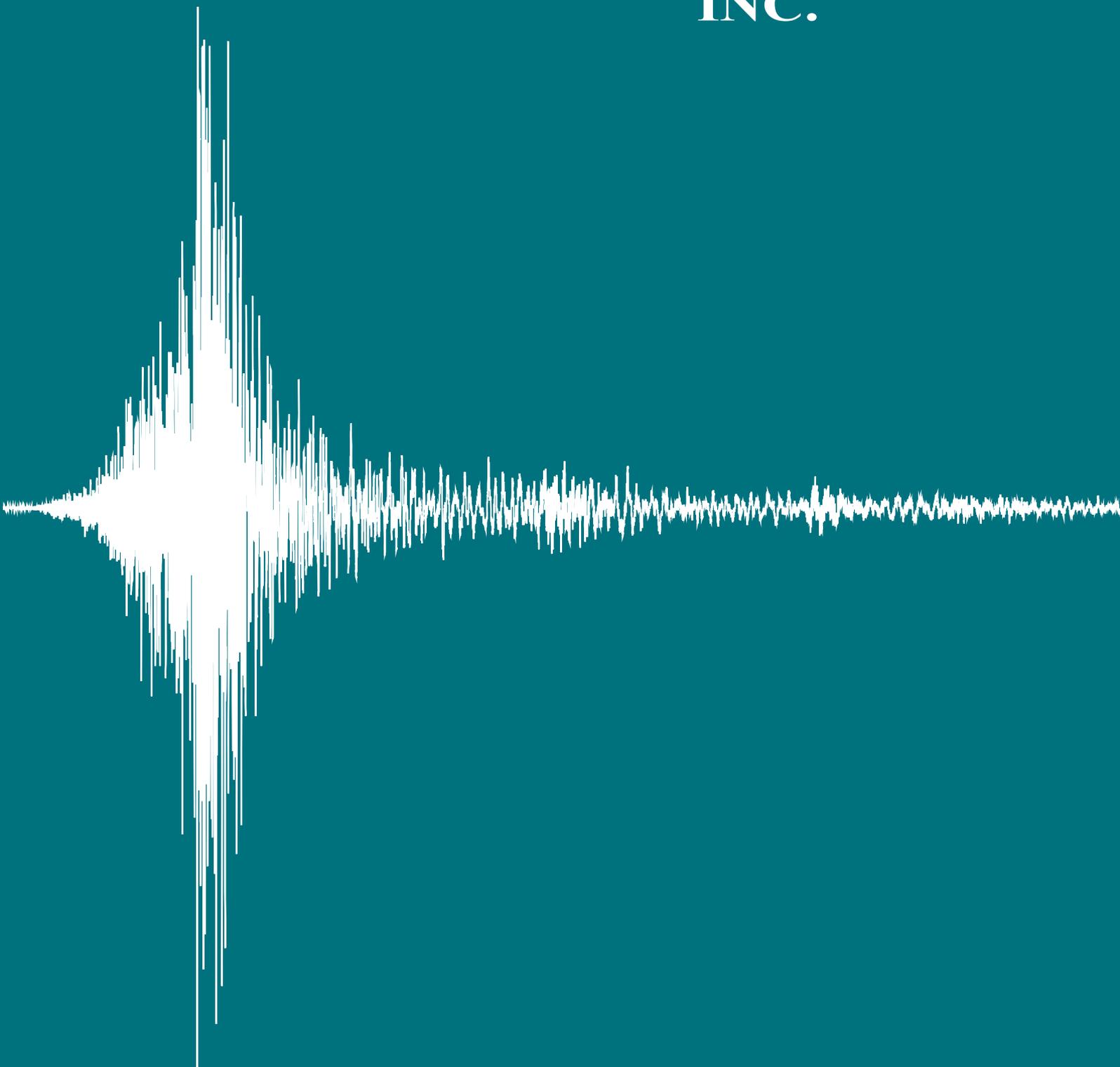


2019年  
KOBORI   
RESEARCH  
COMPLEX  
INC.



## 会社概要

企 業 名	株式会社 小堀鐸二研究所 通称「小堀研」 (英文名 KOBORI RESEARCH COMPLEX INC.)		
設 立	1986年11月1日		
登 録	一級建築士事務所東京都知事登録 第29193号 ISO9001 認証MSA-QS-3912		
資 本 金	2000万円		
株 主	電源開発株式会社 東芝エネルギーシステムズ株式会社 株式会社日立製作所 三井不動産株式会社 三菱地所株式会社 かたばみ興業株式会社 八千代エンジニアリング株式会社 株式会社アルテス		
所 在 地	〒107-8502 東京都港区赤坂 6-5-30 TEL 03-5561-2421 FAX 03-5561-2431		
取 締 役 および 監 査 役	代表取締役社長 常務取締役 取締役 取締役相談役 監査役	中 島 正 愛 加 藤 研 一 佐 藤 周 吾 小野木 隆 浩 角 川 清 春 藤 野 篤 哉 五十殿 侑 弘 市 橋 克 典	大 堀 正 博 小 川 一 郎 吉 貝 滋 稔 兼 近 稔 小 栗 薫
執 行 役 員	社長執行役員 常務執行役員	中 島 正 愛 加 藤 研 一	執行役員 神 田 克 久 佐 藤 周 吾

## 社長メッセージ

我が国の安寧に欠かせない地震災害の抑止と軽減について、当研究所は創設以来、耐震工学に関わる「先進技術」の開発に、災害の「予測」「予防」「対応」という三つの側面から取り組んでまいりました。現在は、地震発生から強震動の生成に至る過程、地盤条件に伴う強震動の増幅特性、構造物・基礎・地盤の相互作用、構造物の応答評価と制震機構による応答制御、地震時の構造物健全度判定、リスク評価、BCP対応など、「予測」「予防」技術の進化に努めるとともに、これら技術のICT等を援用したシームレスな融合をもって、発災時「対応」の高度化に注力しているところです。詳細につきましては次頁以降をご覧ください。

迫り来る少子化と急速なグローバル化への対応は、我が国が直面する喫緊の課題です。災害の「予測」「予防」「対応」に関与できる人的資源の確保には、縦割りを超えた、タイムリーで有機的な「人的資源の融合」が求められます。またグローバル展開における秘訣は、各国や地域が持つ固有の歴史、文化、生活等を理解した上で我が国の長を訴求する、「適応の心構え」です。当研究所は、産官学をまたぐ人的ネットワークづくりや、海外の有力大学や民間事業者等との共同研究・事業の推進を通じて、産官学の融合を指向する人材やグローバル化に伍してゆける人材を養成することを、使命の一つとして精進を重ねてまいり所存です。

一層のご指導とご鞭撻を謹んでお願い申し上げます。

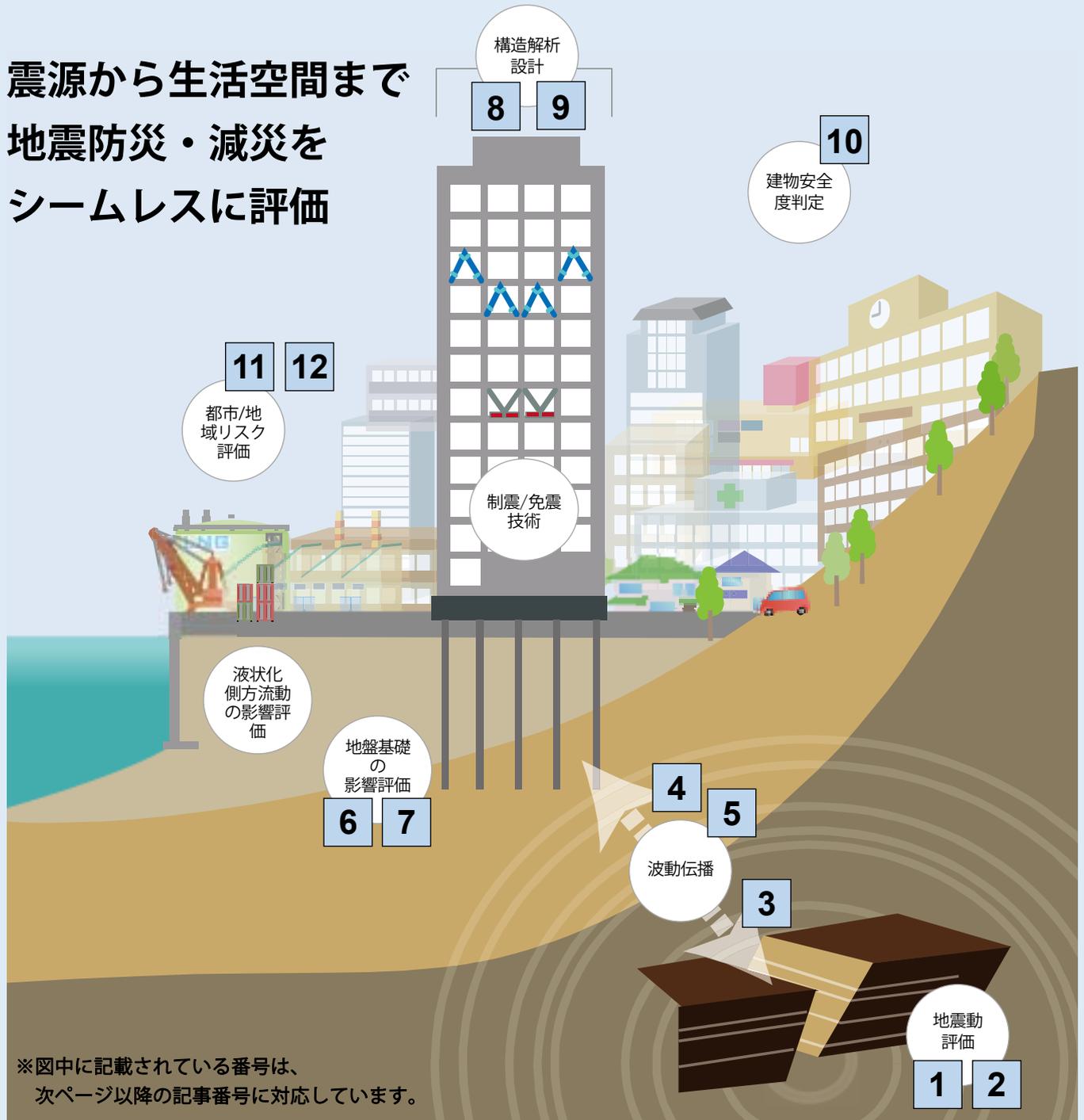
2019年6月

なかしま まさよし  
中島 正愛

株式会社 小堀鐸二研究所 社長  
京都大学 名誉教授  
国際地震工学会 会長  
米国工学アカデミー 外国人会員



# 震源から生活空間まで 地震防災・減災を シームレスに評価



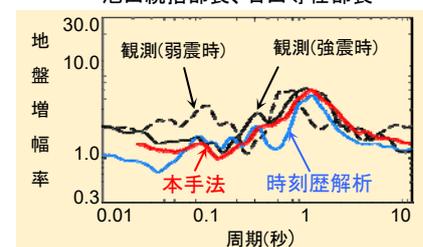
## 2018年度日本地震工学会論文賞の受賞

(公社)日本地震工学会による2018年度日本地震工学会論文賞を、池田孝統括部長、加藤研一副所長、石田寛専任部長が、「地震観測記録に基づく地盤増幅率の非線形性のモデル化」(日本地震工学会論文集、第18巻)にて受賞しました。

地震発生時の被害推定に用いられる地震動評価では、表層地盤の地盤増幅特性を考慮します。表層地盤は、震動が大きくなると地盤が歪んで見かけ上軟らかくなり、固有周期が変化する非線形性の特徴があることから、これを考慮した地盤増幅率の評価が重要です。この影響は時刻歴応答解析でも評価できますが、そのためには詳細な地盤データが必要であり、広範囲の調査は困難です。これに対し、詳細な地盤情報を用いずに強震時にも適用できる地盤増幅率の評価法を、地震観測記録の分析に基づいて開発しました。この知見を、広範囲を対象とした地震ハザード評価等に活用していく予定です。



左から、加藤副所長、福和日本地震工学会会長、池田統括部長、石田専任部長

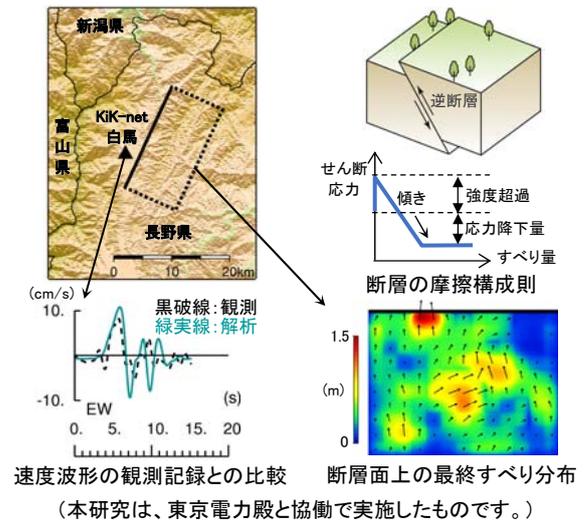


東北地方太平洋沖地震(K-NET 豊里)の地盤増幅率のシミュレーション

## 1 動学的断層モデルによる2014年長野県北部の地震の強震動シミュレーション

動学的断層モデルは、断層面内の各部のすべりが相互に影響し合う効果を物理的に解ける特長があり、断層の摩擦構成則のパラメータの設定が必要となります。パラメータをどのように設定すると動学的断層モデルで地震観測記録を再現できるかを検討することは重要です。

そこで、2014年11月22日に発生した逆断層型である長野県北部の地震(M<sub>J</sub> 6.7)を対象とし、摩擦構成則のパラメータの空間分布を運動学的なインバージョン(逆解析)結果から適切に与えることにより、動学的断層モデルで断層面上の最終すべり分布と震源近傍の強震動の両方を再現できることを確認しました。

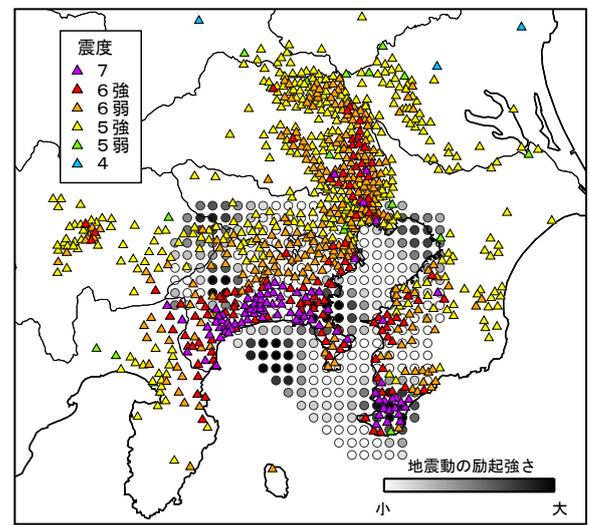


## 2 1923年大正関東地震の地震動シミュレーション

1923年(大正12年)関東地震(M<sub>J</sub> 7.9)は、10万人を超える死者・行方不明者を出し、首都圏に甚大な被害を及ぼした海溝型地震です。このような海溝型地震は繰り返し発生することが懸念されており、当時の地震動を再現することが防災上重要です。

当社では、地震動を再現するために、住家などの被害に基づく震度データを用いて、地震動を強く励起する場所(強震動生成域)を推定する震度インバージョン解析を行いました。その結果、三浦半島、房総半島、東京湾北部の直下など、複数の強震動生成域が推定されました。この情報に基づき震源モデルを構築し、首都圏の地震動を評価できるように整備しています。

これらの評価結果を耐震設計に反映し、首都圏の防災に役立てていく予定です。

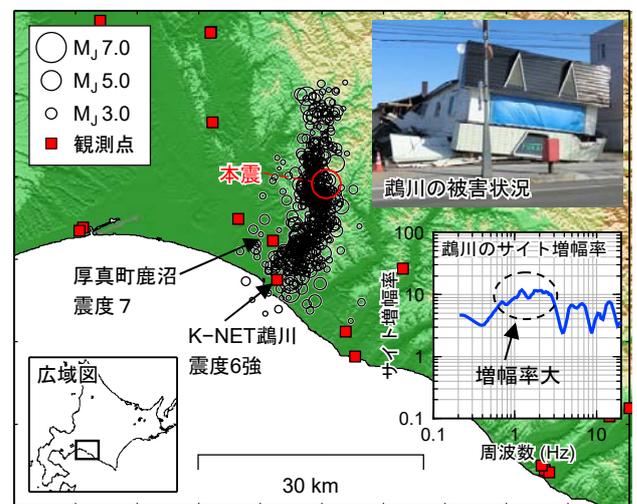


## 3 2018年北海道胆振東部地震の震源特性・伝播経路特性・サイト増幅特性の推定

2018年9月6日に発生した北海道胆振東部地震(M<sub>J</sub> 6.7)では、厚真町鹿沼で震度7を観測しました。厚真町を中心に広範囲で土砂崩れが発生し、鷗川では建物被害が発生しました。この地震による被害要因の分析や震源特性の分析は、将来の地震動予測の高精度化に資するものとなります。

当社は北海道電力殿と共同で震源域周辺の被害調査を実施しました。さらに、地震観測記録を用いて震源特性・伝播経路特性・サイト増幅特性の推定を行いました。その結果、本震の震源特性は既往の経験式と比べると2倍程度大きかったことが分かりました。また、建物被害が集中した鷗川は、サイト増幅特性が大きいことを明らかにしました。

今後より詳細な検討を進める予定です。



## 4 超高層・免震建築物の耐震性検討に資する入力地震動評価

超高層建築物や免震建築物などの固有周期の長い構造物では、耐震性の検討にあたり長周期地震動への対応が重要です。2016年に国土交通省から、南海トラフ沿いの巨大地震による長周期地震動への対策の必要性が示されました。これに加えて、関東地域では1923年大正関東地震などの相模トラフ沿いの巨大地震への配慮も求められており、独自に地震動を評価する必要があります。また、立地や建築物の状況により、関東地震だけでなく、建設地周辺で過去に発生した地震や今後の発生が想定されている地震を考慮した地震動評価が重要となります。

当社では、新しい知見を適宜反映しながら、地震動評価技術を開発・整備しています。今後も公的機関等の動向に注目し、設計支援を継続して参ります。

渋谷駅桜丘口地区第一種市街地再開発事業に伴う建設工事



建築主：渋谷駅桜丘口地区市街地再開発組合

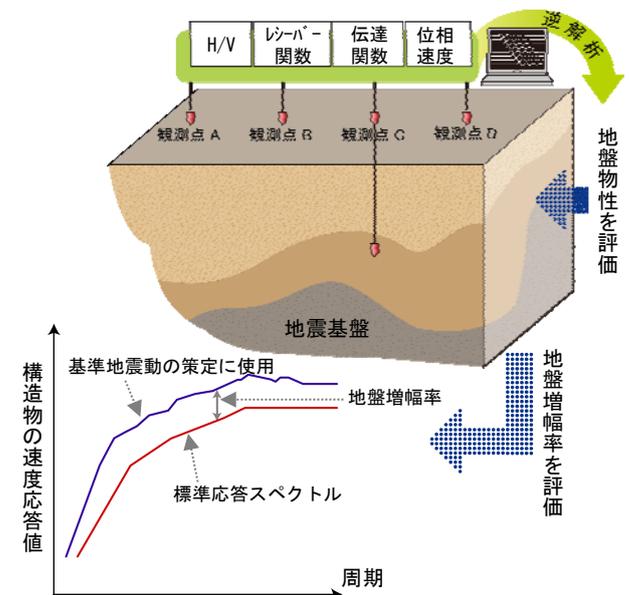
入力地震動評価の適用例

## 5 原子力施設の適合性審査支援

原子力規制委員会では、国内の原子力施設の新規制基準への適合性の審査が進められています。審査項目の一つとして、地震時の安全性を確保するために、基準地震動の策定があります。

2019年3月に同委員会において、震源を特定せず策定する地震動の基準となる、地震基盤上の標準応答スペクトルが提示されました。基準地震動は上記スペクトルに敷地ごとの地盤増幅率を加味する必要があり、各敷地のS波速度構造や地盤減衰が地盤増幅率に寄与します。

当社は最新知見を反映し、鉛直アレイ観測や水平アレイ観測に基づく地下構造評価手法を開発し、上記地盤物性の評価やこれに基づく地盤増幅率の評価を実施しています。これらに加えて、地震動評価においても原子力施設の適合性審査を支援しており、継続的な研究開発も進めています。

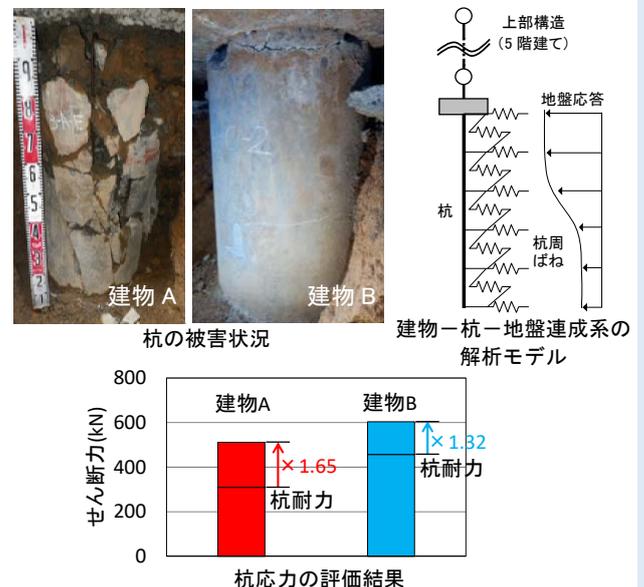


## 6 2016年熊本地震で被災した杭基礎建物のシミュレーション解析

2016年熊本地震では、熊本市内の同一敷地内の杭基礎建物において、上部構造はいずれもほぼ無被害であるものの、杭が軸力保持不能となり沈下・傾斜が生じた建物と、杭は損傷したが軸力保持不能には至らず、沈下・傾斜は生じなかった建物が確認されました。

前者の建物Aと後者のBでは、使用されていた杭が異なっていたことから、その違いに着目して、建物-杭-地盤の非線形相互作用を考慮した解析を行い、両建物の被害状況の違いについて検討しました。

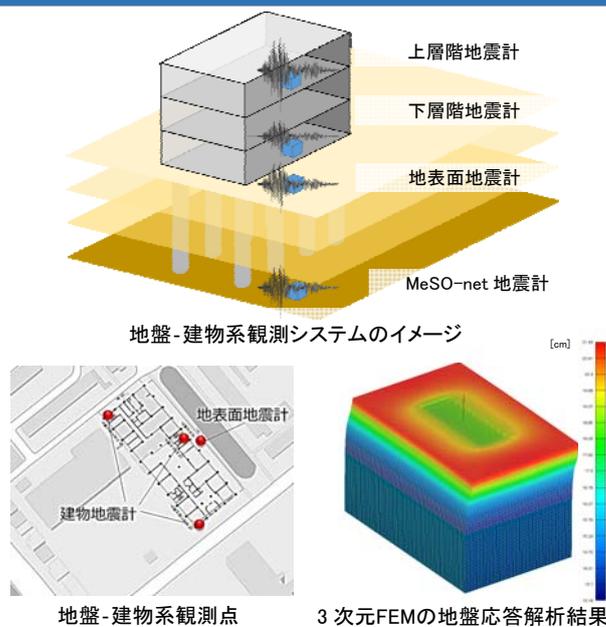
解析では、両建物とも杭応力は耐力を超えましたが、Aの方が耐力に対する杭応力の比率は大きくなり、相対関係は実被害と対応する結果となりました。今後も検討を重ねて、シミュレーション解析の精度を向上するとともに、この検討を踏まえて、建物-杭-地盤連成系の解析手法の高度化に取り組みます。



## 7 MeSO-net システムと連動した建物地震計による地震観測と地盤-建物連成系解析モデルの整備

建物の地震時応答は、建物周辺地盤の揺れ方と綿密に関連しています。現在、文部科学省「首都圏を中心としたレジリエンス総合力向上プロジェクト」において、地盤-建物系に設置された地震計のデータの収集が進められています。MeSO-netを含めた建物と地盤双方に複数の地震計を配した地盤-建物系観測システムの記録を分析し、地震時の建物の健全性評価や、継続利用可否を判断する方法を構築しています。また昨年度は、地盤を3次元有限要素法(FEM)によりモデル化することで、建物近傍と、遠方の地盤の振動特性の違いを把握しました。今後は建物に関しても、立体フレームとしてモデル化し、詳細解析モデルの整備を進めていきます。

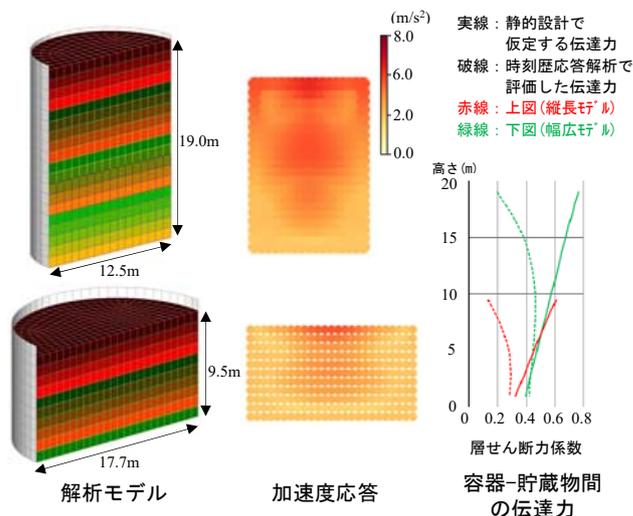
また、地震観測とその分析を継続的に実施し、当社の保有する解析技術を検証するとともに、応答評価法のさらなる高度化を目指します。



## 8 容器構造物の地震時荷重に関する時刻歴応答解析を用いた検討

近年の火力発電や代替エネルギー発電の需要の高まりを受けて、それらに使用する燃料の貯蔵施設(容器構造物)の耐震安全性の検討が求められています。容器構造物に対する従来の設計では地震による動的効果を荷重として静的に考慮しますが、大地震に対する検討や動的な検討は通常実施されていません。容器構造物は容器に比べて貯蔵物の重量が大きく、大地震時には貯蔵物自体のふるまいが容器構造物全体の応答に大きな影響を与えることが考えられます。

そこで、当社が保有する3次元FEMプログラムを用いて貯蔵物と容器間の荷重伝達を考慮した非線形時刻歴応答解析を行い、貯蔵物の地震慣性力が容器に及ぼす圧力の性状や分布を考察しました。これにより従来の設計手法では、容器構造物の合理的な設計が難しいことがわかりました。容器構造物の地震時の動的性状には未解明な部分も多く、今後も継続した検討と解析技術の向上に努めます。



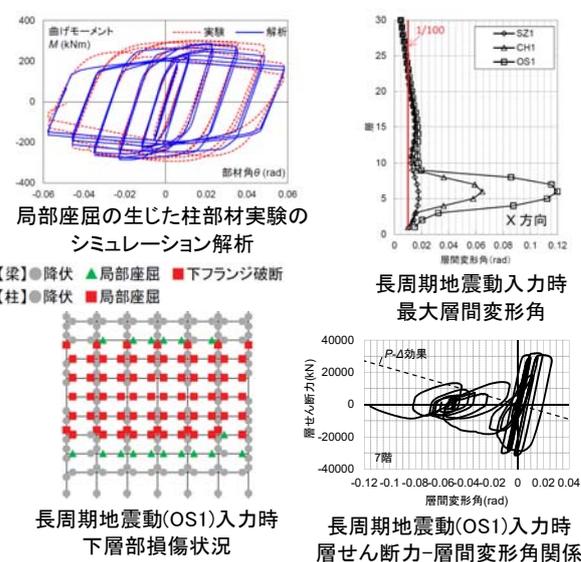
## 9 長周期地震動に対する超高層鉄骨造建築物の安全性検証方法に関する検討

現在の超高層建築物等の性能評価で用いられている設計用長周期地震動は、地域により従来の告示波の2倍程度の応答が想定される場合があり、層間変形角と層(部材)塑性率を指標とする従来の耐震安全性評価などではなく、梁部材や柱部材の限界性能に基づいた評価が望まれています。

そこで、当社では、昨年度まで継続して開発を続けてきた梁の局部座屈・下フランジ破断、また、柱の局部座屈を考慮可能なモデルを用いて、長周期地震動で想定される大変形下の地震応答解析を実施しました。

今後は建築物が倒壊・崩壊するまでの余裕度を踏まえ、性能評価で用いる耐震安全性判定基準を提案する予定です。

本研究は国交省基準整備促進事業S29の一環として実施しました。

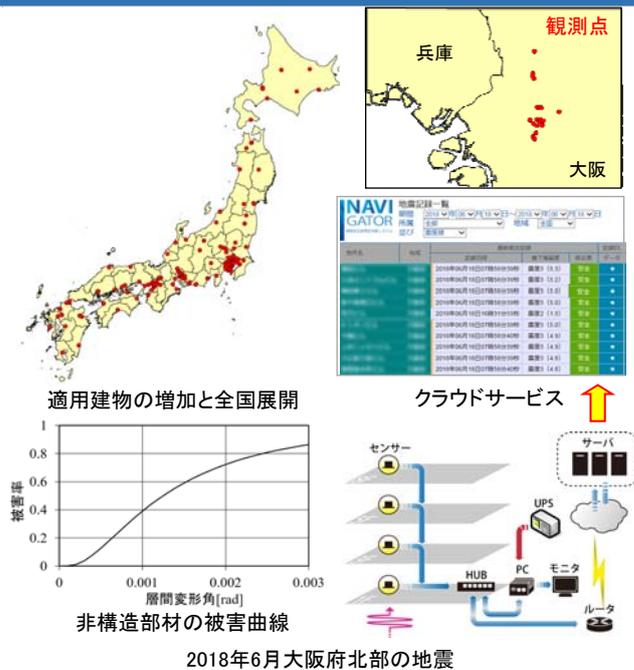


## 10 『q-NAVIGATOR』の全国展開と非構造部材の被害分析

2015年から事業展開している地震計による建物安全度判定支援システムq-NAVIGATORにつきましては、2019年4月末現在、事業用建物をはじめとして、様々な業態の会社や団体の建物計372棟に採用され、建物の高さや用途によらず幅広く適用されています。

2018年6月に発生した大阪府北部の地震では、大阪を中心に計127棟で地震を検知し、全棟で正常に稼働しました。遠隔サーバにバックアップされた建物の判定結果をインターネットで閲覧するクラウドサービスは、迅速な応急対応に効果を発揮し、高い評価を受けました。2018年9月の北海道胆振東部地震でも同様に確認されました。

調査・研究によってシステムの改良にも取り組んでいます。例えば、大阪府北部の地震では、建物オーナー、ビル管理者の協力により非構造部材の被災状況を調査し、q-NAVIGATORの観測記録との関係性を分析しました。得られた結果に基づいて、今後の非構造部材の被害推定に役立てていきます。

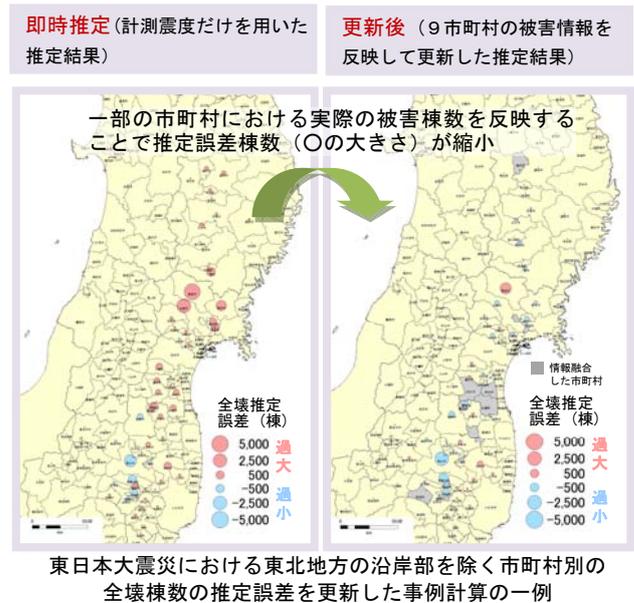


## 11 戦略的イノベーション創造プログラム(SIP) 関連業務の継続受注

科学技術イノベーションを実現するために政府が創設したプログラムであるSIPの課題のひとつ「災害情報収集システムのリアルタイム被害推定システムの研究開発」では、2014年度から2018年度までプロジェクト全期間の5年間にわたり、内閣府から研究を委託された(国研)防災科学技術研究所から、その業務の一部を受注、実施しました。

本業務では、計測震度などの揺れの強さに基づく建物被害棟数の推定に、現地の被害画像や、一部の限られた地域で確認した被害棟数など、実際の被害の情報を反映して更新する手法を、「ベイズ推定」という統計手法を応用して開発しました。この手法は、被災地全体の被害状況の迅速かつ精度良い把握を目指したものです。

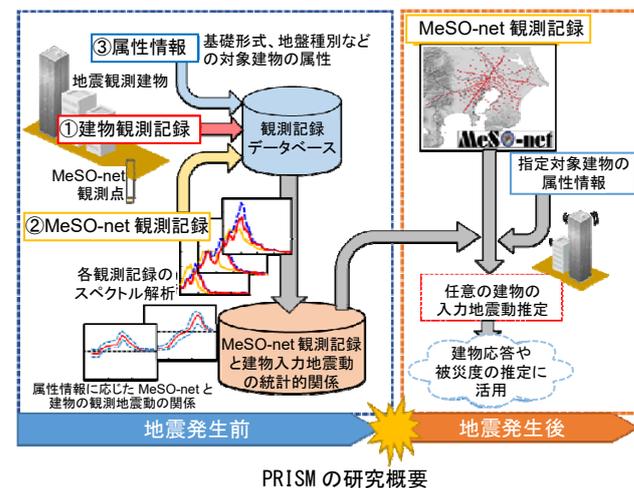
今後も、各種研究機関との連携を強め、防災分野における最先端の技術開発を担ってまいります。



## 12 公募型研究開発課題の採択

官民研究開発投資拡大プログラム(PRISM)の枠組みに基づく研究課題「官民データ連携による応急対応促進～地震分布の詳細化による早期復旧技術の開発～」の中で、(国研)防災科学技術研究所に研究課題が採択され、研究業務を実施しました。本研究では、建物地震観測記録と首都圏地震観測網(MeSO-net)の観測記録を比較することで、建物に入力される地震動を推定する手法を開発しています。

また、(国研)科学技術振興機構による未来社会創造事業公募テーマ「ひとりひとりに届く危機対応ナビゲーターの構築」に研究課題が採択されました。本研究では、大災害時の危機対応において現場の一人一人が適切に行動できるよう支援するシステムやアプリケーションの開発を目指し、探索研究を行っています。



## 小堀鐸二研究所の技術

地震の発生から建物応答、応答制御までトータルに評価

- ◇ 地震動評価（南海トラフ地震、直下地震など）・コンサルティング
- ◇ 液状化を含む相互作用解析と対策・コンサルティング
- ◇ 超高層建物の構造設計・振動解析、コンサルティング
- ◇ 制震装置（HiDAX、HiDAM、Nu-DAM、HDS）の適用・コンサルティング
- ◇ 免震構造の構造設計・コンサルティング
- ◇ 地震時の実挙動評価のための動的耐震診断・コンサルティング
- ◇ BCP 対応技術（被災モニター、緊急地震速報など）・コンサルティング
- ◇ お客様の技術サポート（オーナーズコンサルティング）
- ◇ 爆発・衝突現象などの特殊解析・コンサルティング
- ◇ 制震・免震改修の設計・コンサルティング
- ◇ 超高工作物（風力発電タワー、煙突など）の大臣認定対応



〒107-8502 東京都港区赤坂6丁目5番30号  
TEL : (03)5561-2421 FAX : (03)5561-2431  
URL : <http://www.kobori-takken.co.jp>  
E-mail : [info@kobori-takken.co.jp](mailto:info@kobori-takken.co.jp)

©KOBORI RESEARCH COMPLEX INC. 2019