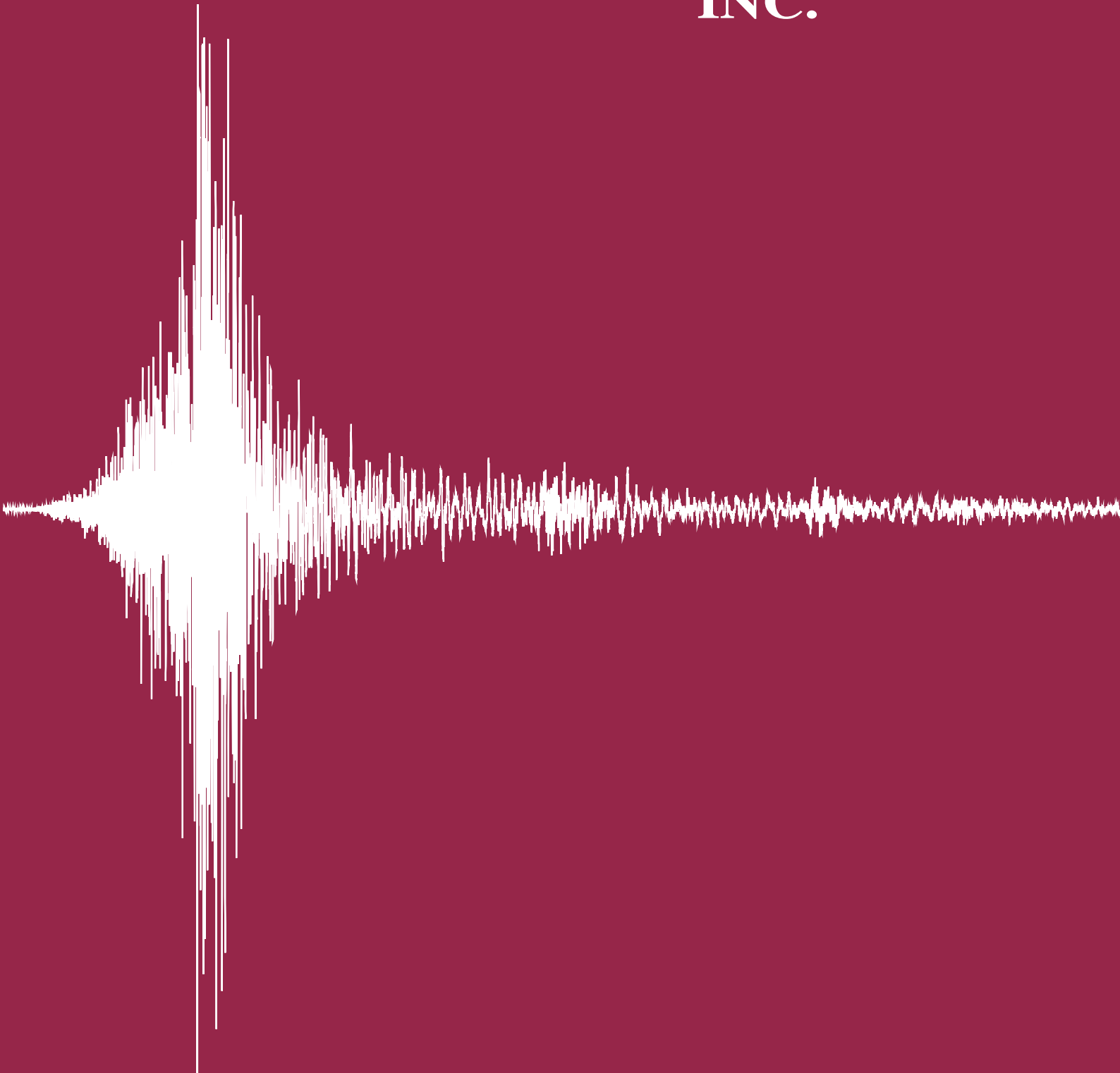


2020年

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 | 中 島 正 愛 | |
| | 常 務 取 締 役 | 加 藤 研 一 | |
| | 取 締 役 | 佐 藤 周 吾 | 大 堀 正 博 |
| | | 櫻 井 隆 喜 | 小 川 一 郎 |
| | | 伊 藤 康 行 | 吉 貝 滋 稔 |
| | | 藤 野 篤 哉 | 兼 近 稔 |
| | 取締役相談役 | 五十殿 侑 弘 | |
| | 監 査 役 | 市 橋 克 典 | 小 栗 薫 |
| 執 行 役 員 | 社長執行役員 | 中 島 正 愛 | 執行役員 神 田 克 久 |
| | 常務執行役員 | 加 藤 研 一 | 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、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ます。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」の最前線に立つ人材確保には、縦割りを超えた有機的な「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いては、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」が必須です。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。

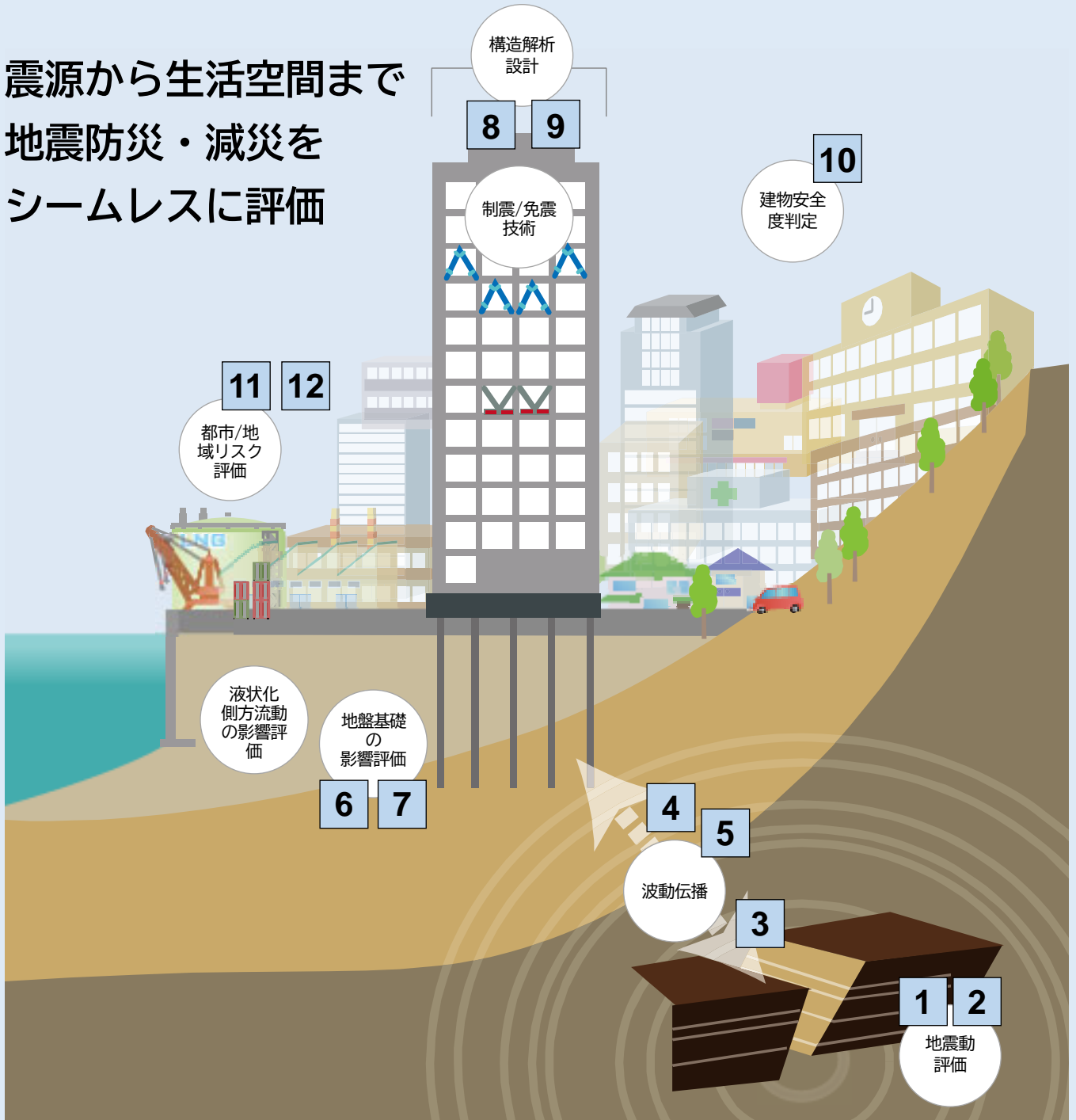
2020年6月

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
米国工学会アカデミー 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



2019年度学会優秀発表の受賞

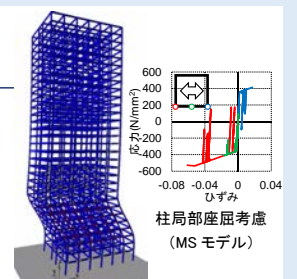
一般社団法人日本建築学会による2019年度 日本建築学会大会（北陸）構造部門 鉄骨構造分野 若手優秀発表賞を安本宏が、同部門・振動分野 若手優秀発表賞を谷沢智彦が受賞いたしました。各々の発表タイトルは「長周期地震動に対する超高層鉄骨造建築物の地震応答解析（その2）長周期地震動に対する応答評価」、「MeSO-net システムと連動した既設地震計を利用した3次元地盤-建物連成系の地震応答解析」です。

（公社）日本地震工学会による2019年度 日本地震工学会大会 優秀発表賞を友澤裕介が「フィリピン海プレートの形状を踏まえた伊予灘周辺の震源特性・不均質減衰構造・サイト増幅特性の推定」の発表にて受賞いたしました。

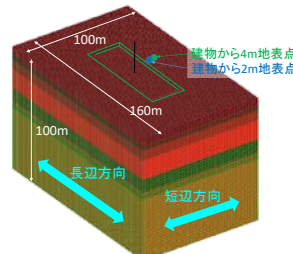
これらは若手研究者を対象とし、優れた学会発表に対して贈られる賞です。受賞を契機として今後も更なる研究開発に取り組んでまいります。



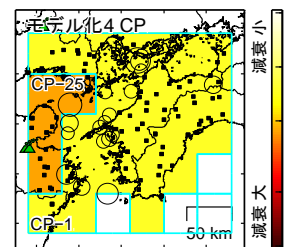
左から、安本、谷沢、友澤



超高層建築物の地震応答



地盤-建物連成系モデル

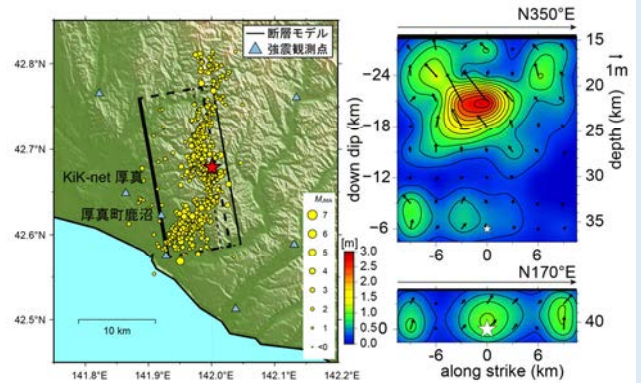


推定した不均質減衰構造

1 2018年北海道胆振東部地震の震源過程

2018年9月6日に発生したM_{JMA}6.7の北海道胆振東部地震は、震源が37kmと深かったのですが、厚真町鹿沼では震度7が観測されました。さらに、震源域周辺の複数の観測点では、100cm/sを超える大きな速度パルスが観測されています。この地震の震源過程を分析し、このような強震動の生成要因を探ることは、将来の地震動予測にとって重要です。

当社は東京大学と共同で、強震波形と測地データを用いて、2枚の断層面を設定し、この地震の震源過程解析を行いました。解析の結果、断層が大きくすべったのは深さ22km付近となり、震源に比べて約15km浅いことがわかりました。また、パルス状の波形は断層が大きくすべった部分から放出され、KiK-net厚真など一部観測点では表層で大きく増幅された可能性があることがわかりました。今後はこの種の知見を蓄積し、地震動予測の高精度化に繋げていく予定です。



断層モデル・余震分布 断層面上のすべり分布
震源域周辺の強震観測点分布（上図が断層浅部、下図が深部）

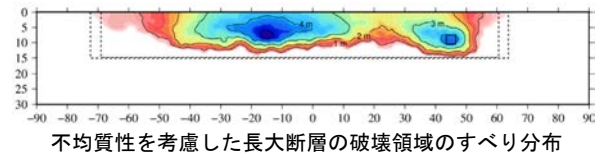
（本研究は東京大学との共同研究で実施したものです。）

2 震源断層の不均質性を考慮した動学的シミュレーションと断層パラメータのスケールリング

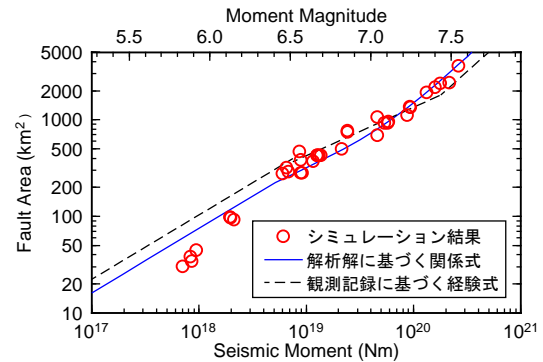
動学的断層モデルは、断層面上の物理条件に基づいて破壊の進展と停止をシミュレーションすることができます。評価においては断層面にかかる応力分布を仮定しますが、これまで断層全体に同じ値を想定して計算を行う例が多くありました。しかし実際の地震では、この応力分布は大きい部分や小さい部分がある不均質性を持ちます。

当社ではこれらの不均質性を考慮した動学的シミュレーションにより、実地震データだけでは不足している多数ケースの断層の破壊領域を評価し、マグニチュードと破壊領域などの関係を示すスケールリング則の検討を行いました。スケールリング則の高度化により、将来発生が懸念される大地震の震源特性の評価精度の向上が期待されます。

今後もより詳細な検討を継続し、大地震の地震動予測精度の向上に繋げていく予定です。



不均質性を考慮した長大断層の破壊領域のすべり分布



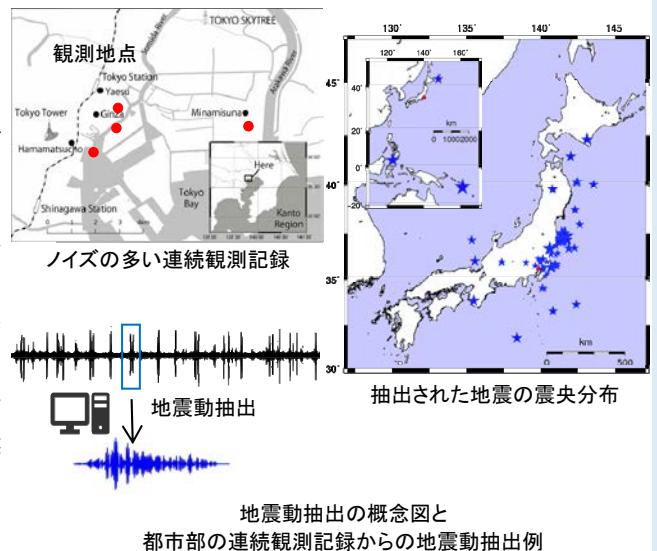
シミュレーションによるマグニチュードと破壊域のスケールリング

（本研究は東京電力ホールディングスと協働で実施したものです。）

3 連続地震観測記録から地震動を抽出する手法の開発

近年、記録器や記録媒体の技術発展により、地震動記録を着実に収録できるようになったものの、膨大なデータから地震動を抽出する作業に多くの労力を費やす必要がありました。当社では、ノイズが多い都市部においても連続地震観測記録から地震動を簡便に抽出する手法を開発しました。

地震動抽出の際、ばらつきが小さく、地震動に対するノイズの期待値が小さい周波数に注目しました。この手法により、ノイズが多い東京都心での地表観測においても、精度よく簡便に地震動記録を抽出することが可能となりました。半年間で地図に示す5000km以上離れた海外の地震を含む120地震の記録を得ました。今後は開発手法を様々なビッグデータに適用予定です。

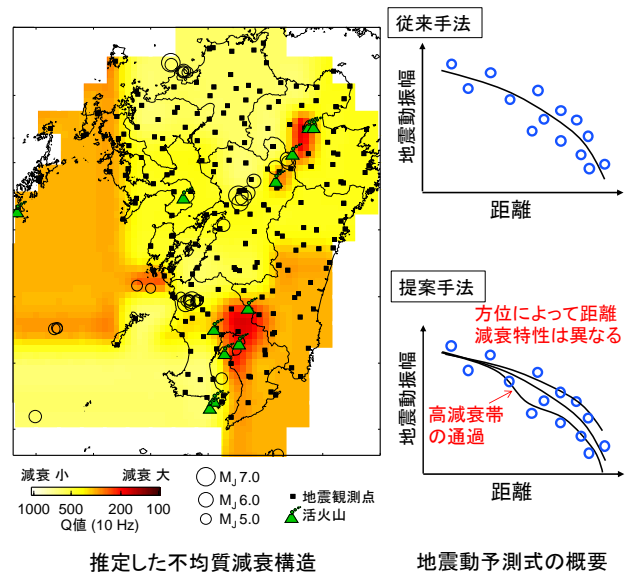


地震動抽出の概念図と
都市部の連続観測記録からの地震動抽出例

4 地震波伝播の不均質性を考慮した地震動予測式の構築

当社では地震動予測のばらつきを減らすため、検討地域ごとの特徴を考慮した地震動評価に取り組んでいます。地震動は、震源×伝播×増幅の組み合わせで予測されます。このうち伝播に着目し、従来は対象領域で均質な値を仮定していたものから、空間的にミクロな値を推定する技術へと発展させました。九州地方に適用した結果を見ると、活火山の周辺はその他の地域よりも地震波の減衰が大きく、当該地域の特徴が現れています。

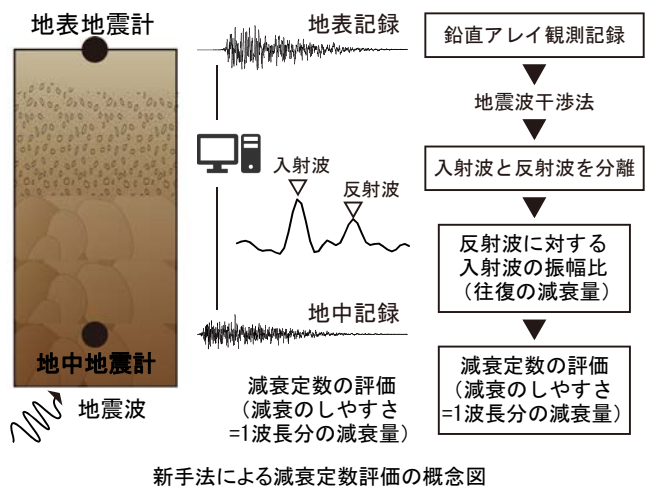
従来手法と提案手法で距離に対して地震動振幅が減衰する予測式の概要を示しています。推定したミクロな伝播を加味することで、より現実に近い複雑な伝播の特性を表現することができ、予測精度が向上した地震動予測式を構築できることがわかりました。今後、様々な地域に適用予定です。



5 地震波干渉法による地盤減衰評価の実装と展開

地震波が地盤を通過する際、地盤の軟らかさによって地震波が増幅すると同時に振幅が小さくなる減衰も発生します。地震が起きた時に揺れやすい場所か揺れにくい場所かは、地盤の軟らかさと減衰のしやすさ(減衰定数)が関係します。

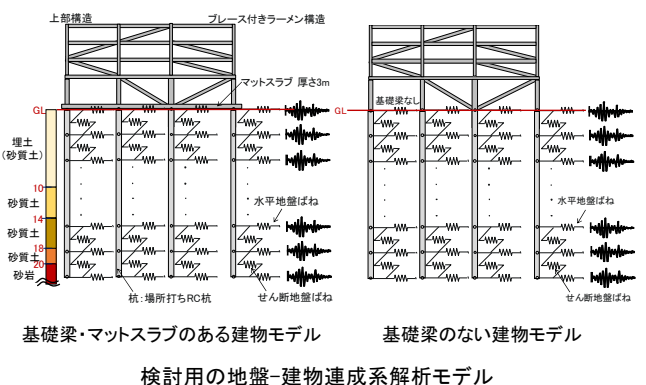
近年、場所ごとに異なる減衰定数を求める新手法(地震波干渉法を適用した方法)が開発されました。新手法では地中から上向きに伝播する入射波と地表で反射した波を分離し、その振幅比から減衰定数を求めます。従来手法と比較して、新手法は地盤モデルや波動伝播理論の仮定が必要なく、観測記録から減衰定数を直接的に求められることが特徴です。当社では従来手法と共に新手法も整備して、複数の方法で地盤減衰が評価可能です。現在、新手法を数多くの地震観測記録に適用中です。



6 基礎構造合理化に向けた火力発電所大型架構の地盤-建物連成系の解析的検討

火力発電所大型架構の基礎構造形式は、一般的には基礎位置に基礎梁またはマットスラブが設けられ、上部構造からの慣性力を均して杭基礎および地盤に伝達する架構形式となっています。基礎構造のコスト低減や、施工の合理化のためには、基礎梁がない形式が有効と考え、新しい基礎構造形式の構築に向けた検討を行いました。

従来の基礎梁(マットスラブ)がある建物と、基礎梁が無い建物を、地盤と杭・建物を連成させてモデル化して両者を比較することで、基礎梁が無いことの利点や、新たに生じる課題を把握しました。今後も検討を継続し、新しい基礎構造形式の適用性の確立を目指します。



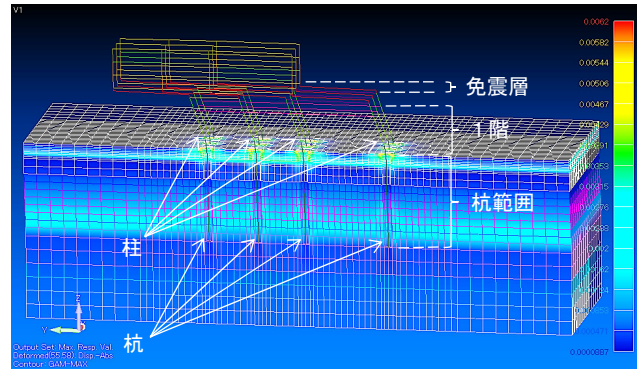
7 地盤の非線形性を考慮した線路上空建築物の動的一体評価手法の構築

線路上空に建築物を建設する場合には、通常は線路階の基礎梁がなく杭頭に1階の柱のみが接続する“1柱1杭”の構造になります。また、線路上空建築物が、超高層建物や免震建物になる場合は、動的解析による耐震安全性の確認が求められます。このような剛基礎がない建物の耐震性評価には、建物と杭基礎の一体モデルによる地震応答解析により詳細な解析が必要となります。

当社では、地盤の非線形性を考慮した3次元FEMモデルによる詳細解析や質点系モデルによる簡易モデルの逐次非線形解析を実施し、線路上空建築物の合理的な動的評価法の構築に向けた検討を行っています。

(資料提供:JR東日本)

中間層免震の線路上空建築物の
3次元 FEM 一体モデルによる地震応答解析



地盤の最大せん断ひずみのコンター図(変形倍率は100倍)

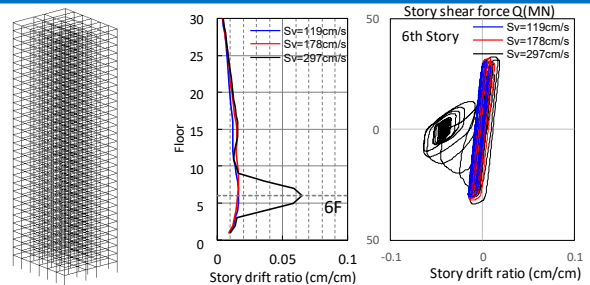
8 長周期地震動に対する超高層鉄骨造建築物の安全性検証方法の検討

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、建設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ます。そのため、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、1990年代の超高層鉄骨造建築物を模擬した建物モデルについて、長周期地震動に対するIDA*を実施しました。また部材の性能が建物全体の倒壊する限界性能に及ぼす影響を把握するため、梁の破断性能や柱断面を増した部材特性を与えた解析を実施し、部材性能の向上が倒壊性能の向上につながることを確認しました。今後は倒壊性能を念頭に置いた耐震安全性評価法の構築を目指します。

本研究は国交省建築基準整備促進事業S29の一環として実施しました。

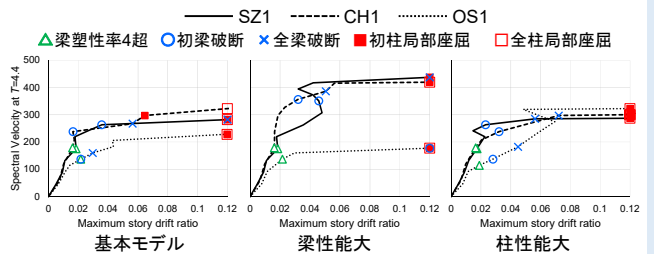
*IDA : 漸増動的解析(入力レベルを漸増していく地震応答解析)



建物モデル

入力地震動の漸増に伴う応答の変化

(1990年代鉄骨造) (層間変形角、層せん断力-層間変形角関係)

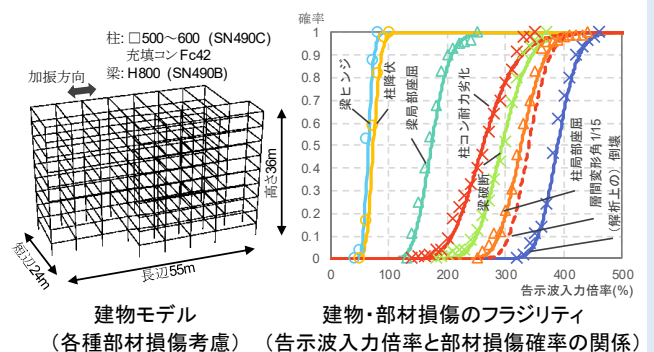


長周期地震動の速度応答スペクトルと最大層間変形角の関係

9 構造部材の詳細損傷評価やリスク評価を取り込んだ建物耐震性能評価手法の高度化

建物の性能評価では、特定の地震動に対する安全性を評価しますが、建物を構成する構造部材や地震入力のばらつきを考慮した性能評価を明示的に行うことはありません。しかし、実建物の挙動や損傷状況をより現実に即して評価するためには、それらのばらつきの考慮が必要です。当社では各種構造部材の損傷を詳細に評価できる解析手法を開発し、それを用いた、各種のばらつきを考慮した建物・部材損傷の確率評価手法を開発しています。同時に、米国で開発され今や国際標準となりつつある地震リスク評価手法(FEMA-P58)の枠組みに基づき、部材単位の損傷評価に基づいた被害額や復旧期間などの損失を評価する技術を開発しています。

当社では、これまで開発してきた詳細で高精度な地震力評価手法や、構造部材の詳細な損傷評価手法及びリスク評価手法に基づき、建物の総合的な耐震性能評価手法の構築を進めています。

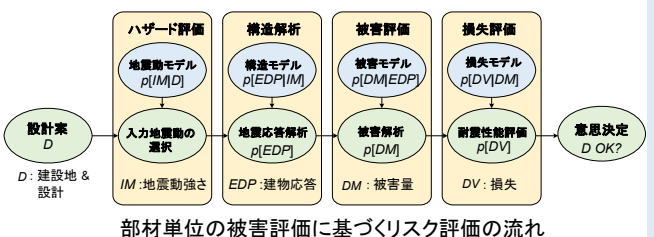


建物モデル

(各種部材損傷考慮)

建物・部材損傷のフラジリティ

(告示波入力倍率と部材損傷確率の関係)



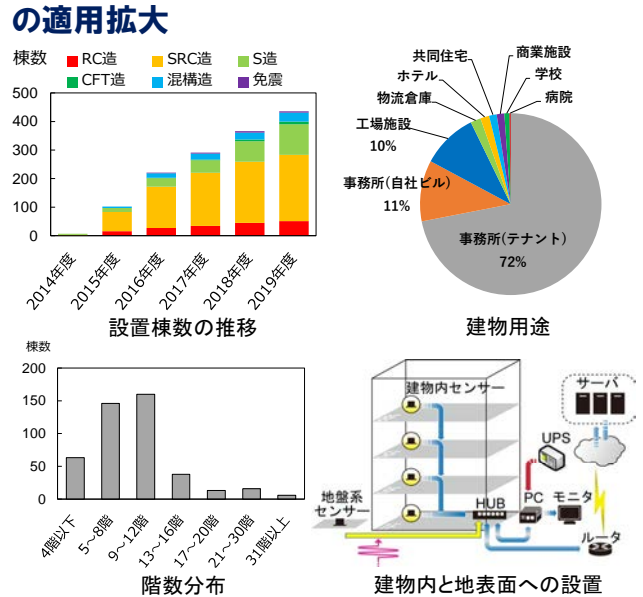
部材単位の被害評価に基づくリスク評価の流れ

10 建物安全度判定支援システム『q-NAVIGATOR®』の適用拡大

建物安全度判定支援システム q-NAVIGATOR®は、2019年度も70棟の建物に設置され、2015年の事業展開から年々適用が拡大しています。2020年4月末現在、計442棟に導入されました。昨年度は工場施設への設置が増加し、多様な構造形式、高さ、用途の建物へ適用されています。新たな適用事例として、TMD®により制震補強した建物では、建物内に加えて TMD®の上下にも地震計を設置して、その効果検証を行っております。また建物内だけでなく、地表面に地震計を設置して地盤の揺れも計測し、建物-基礎-地盤の相互作用評価や土木分野におけるモニタリングへの適用も期待されています。

これまでシステムが観測した地震数は660にのぼり、記録数は9,000を超えます。今後は蓄積された観測記録の分析を進め、地震後の建物耐震性能の評価に関する研究を進めるとともに、分析レポートの作成など設置後のサービスの充実にも取り組んでいく予定です。

*TMD: Tuned Mass Damper 錘の揺れにより建物振動を抑制する装置

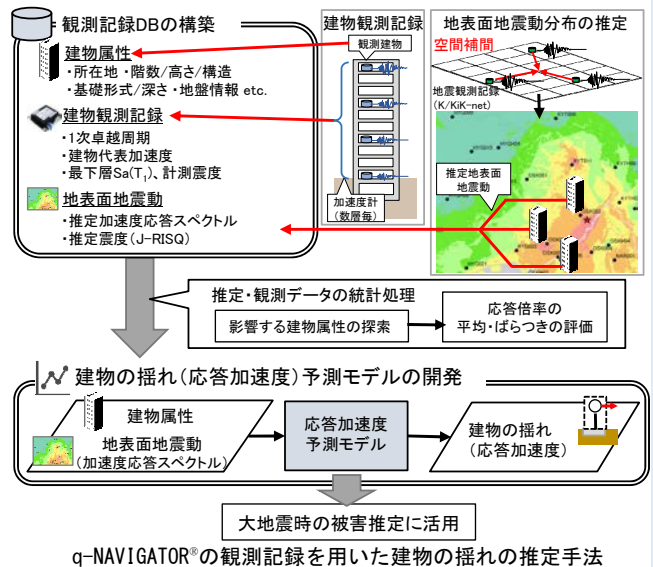


11 官民研究開発投資拡大プログラム(PRISM)による研究課題の継続採択

科学技術イノベーションの創出のために政府が創設した枠組みに、「官民研究開発投資拡大プログラム(PRISM)」があります。当社は昨年度に引き続き、PRISMの研究課題「官民データ連携による応急対応促進」において、(国研)防災科学技術研究所から委託を受け、研究業務を実施しました。

本研究では、q-NAVIGATOR®の展開により得られた多数の建物の地震観測記録と、公的機関により設置された地表地震計の記録を比較し、統計的に分析することで、地震観測を実施していない建物であってもその揺れ(応答加速度)を推定する手法を開発しました。併せて、建物の地震観測記録が地震防災に広く活用される未来を目指し、地震観測データの共有を推進するための調査・研究を実施しました。

今後も当社は、各研究機関との連携と保有技術の活用により、我が国の防災力向上に貢献していきます。

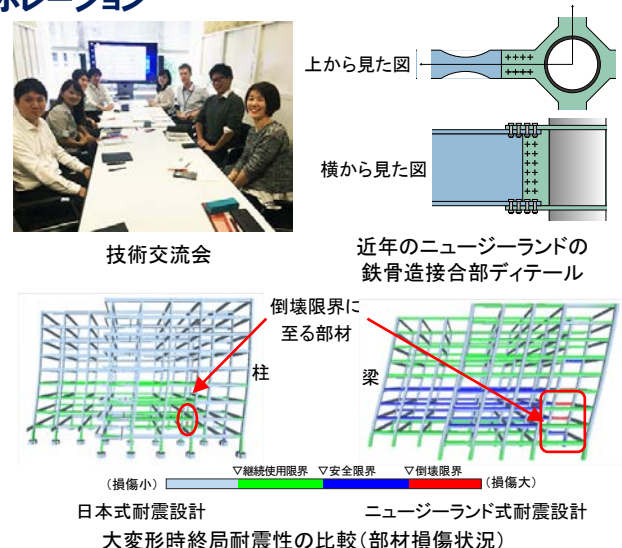


12 海外の若手構造技術者との共同研究を通じたコラボレーション

当社では毎年1~2名程度の若手構造技術者を海外の構造設計事務所や大学等の研究機関から招聘し、各種建築構造の設計手法や耐震安全性の比較、海外の先進的な知見を取り入れたリスク評価などをテーマとした共同研究を実施しています。

例えば、ニュージーランドの構造設計事務所から若手構造技術者を1名招き、東京近郊に位置する9階建の鉄骨造建物について日本式、ニュージーランド式の両方で耐震設計と時刻歴応答解析による耐震性能評価を行いました。それぞれの手法の強みや課題を整理し、国際会議へ論文投稿しています。

これらの海外の構造技術者との共同研究を通じたコラボレーション活動により、当社の取り組みや保有技術を海外の若手技術者へ展開するとともに、海外の最新の技術・知見を取り入れています。



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

©KOBORI RESEARCH COMPLEX INC. 2020