

2012年  
KOBORI   
RESEARCH  
COMPLEX  
INC.

# 世界に誇れる地震に強い強靱な国造りの推進を

本年3月31日、内閣府の有識者研討会は、2011年3月11日に発生した東日本大震災を踏まえ、南海トラフで想定される震源域が連動し、最大級でマグニチュード9クラスの地震が起きた場合の震度分布と津波高さの推計結果を公表しました。



公表によりますと、関東から四国・九州にかけての広い範囲で強い揺れとなり、震度7が想定される市町村は、10県153の市町村に及んでいます。津波については関東から九州に至る太平洋沿岸の広い範囲で大津波が想定され、満潮位で10m以上が想定される地域は11都県90市町村、同20m以上が想定される市町村は6都県23市町村に及びとしています。先に地震調査研究推進本部が、今後30年以内に南海トラフで発生する東海地震の確率は88%、東南海地震70%、南海地震では60%として公表した際の地震規模は、マグニチュード8クラスであり、本検討結果で示すマグニチュード9クラスの地震は対象としていません。しかるに、東日本大震災で得た数多くの教訓を無駄にしないためにも、官民を問わずこれまでの対策の見直しは、もはや避けて通る事は許されないでしょう。

更に当発表前日の30日、文科省は首都直下での発生が予測される震度分布を公表しています。これは首都直下型で被害が最大の東京湾北部地震（マグニチュード7.3）が起きた場合を想定しており、これまでに中央防災会議が発表した首都直下地震では、最大予測震度が6強でしたが、地震を発生させるプレート境界部が従来予想より約10km浅いことが判明したため、東京都東部、東京と神奈川の境界域で震度7が分布することが明らかになりました。

これら一連の発表により、日本列島の地震危険度の異常な高さを、改めて思い知らされたわけですが、公表されたような巨大地震が起きた暁には、我が国は計り知れない大打撃を被ることは極めて明白です。

地球が誕生したのが今から46億年前、さらに大陸から分離し現在のような日本列島が形成されたのは、1万3千年程前と言われていますが、我々が把握できる過去の大地震の履歴は、古文書や津波堆積物等からの推測に頼ることになりますので、残念ながら全容の解明にはおのずと限界があると言わざるを得ません。その限られた過去の履歴情報からとはいえ、日本列島は今まさに地震活動期に入ったと見られていることを勘案しますと、これら一連の発表は極めて重く受け止めなくてはなりません。もはや想定外では許されません。国民挙げて危機意識を共有して、世界に誇れるような地震に強い強靱な国造りをソフト、ハードの両面から着実に進めることが強く求められています。

2012年6月

代表取締役社長 五十殿 侑弘  
工学博士

## 会社概要

社名	株式会社小堀鐸二研究所 (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
所在地	〒107-8502 東京都港区赤坂6丁目5番30号
事業内容	1. 構造物に関する解析、設計、監理及びコンサルティング 2. 耐震・免震・制震構造に関する調査、研究開発、設計、解析及びコンサルティング並びに機材・製品の販売 3. 地震動並びに地盤特性に関する研究開発及びコンサルティング 4. 原子力施設、海洋施設、宇宙開発施設等の特殊構造物並びに先端技術領域の研究開発及びコンサルティング 5. コンピュータのソフトウェアに関する研究開発

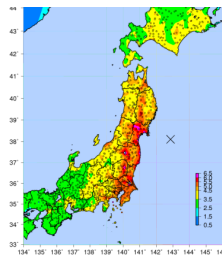
# 研究トピックス

## 防災科学技術研究所の長周期地震動に関する事例・対策検討業務を受託

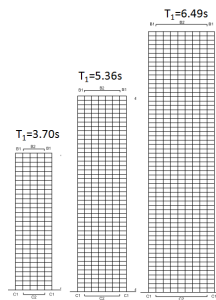
(独)防災科学技術研究所が実施する「長周期地震動予測地図作成等支援業務」のうち、「長周期地震動予測地図やその成果物の効果的な活用に関する検討等」として、長周期地震動に関する事例や対策を収集・整理し、**予測地図の解説書の作成及びその成果等の効果的な普及のための検討業務を受託実施しました。**

主な検討内容としては、長周期地震動に関連した、東北地方太平洋沖地震以前の地震の被害事例や実大実験、被害低減対策を調査し、得られた知見をまとめました。また、南海トラフ沿いの断層モデルで評価された大都市部の長周期地震動に対して超高層ビルモデルの応答解析を行い、その被害を推定し、**場所や超高層ビルの高さによる違いを考察しました。**

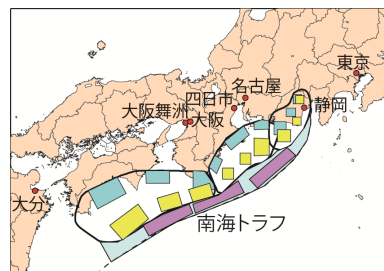
さらに、長周期地震動予測地図の解説書作成の一環として、長周期地震動の包括的な揺れの尺度として計測震度を拡張した**長周期震度**や超高層ビルの基本情報に基づいて地点ごとの揺れのスペクトルにより**耐震診断を行うシステム**等を提案しています。



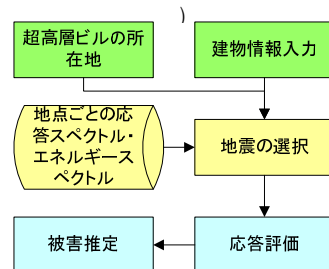
東北地方太平洋沖地震の長周期震度分布



超高層応答解析モデル



南海トラフの断層モデル

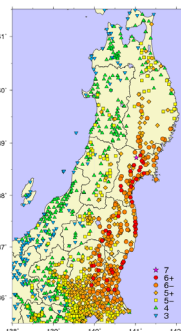


長周期地震動に対する耐震診断システム

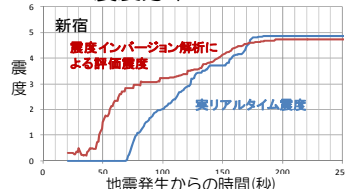
## 震度インバージョン解析による東北地方太平洋沖地震の強震動震源検討と早期地震速報への適用

東北地方太平洋沖地震の震度分布を用いて**震度インバージョン解析**を実施し、震源の短周期地震波発生域が宮城県沖震央の内陸寄りと福島県沖南方にあることを明らかにし、宮城県沖では破壊開始から60秒までとその40秒後の2回、近傍で短周期地震動が発生したことも分かりました。また、歴史地震との類似性についても検証し、**断層モデルや強震動評価**に役立てています。

また、緊急地震速報は震源の広がりや考慮できないため、今回の地震では関東など遠方で、震源距離やマグニチュードを適切に評価できず震度を過小評価する問題が生じました。それを解決するため、**リアルタイムの震度インバージョン解析による震度予測手法**を開発しました。今回の地震に適用すると、首都圏では震度3以上の揺れを事前に予測できることが分かりました。



震度分布



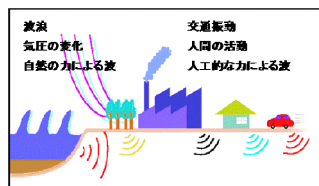
震度インバージョン解析による短周期地震波発生域

リアルタイム震度分布からインバージョン解析を用いて推定した新宿の震度

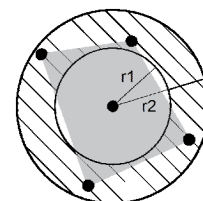
## 国交省の基準整備促進事業を受託(第4年度)

本事業は、国土交通省が建築基準法等に係る技術基準の整備と見直しを図ることを目的とし、民間事業者等から調査者を募る公募事業です。公募事業のうち、「10. 地震力の入力と応答に関する基準の合理化に関する検討」を4年連続して受託し、表層地盤の加速度増幅率Gsに与える工学的基盤の傾斜の影響の整理に関する検討について調査・検討を行いました。工学的基盤の傾斜の有無を調べるための簡便な方法として、人体には感じない**微小な地表面の振動(微動)**を測定して、その地点での揺れの周期を評価する方法に着目しました。

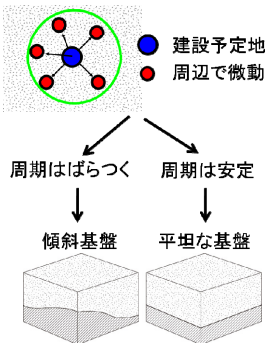
基盤が傾斜しているサイトでは周期が空間的にばらつくことに対して、基盤が平坦なサイトでは周期は安定しており、地盤調査で詳細に調べられた複数サイトの測定に基づいてその違いを明らかにしました。空間的な周期のばらつきが、基盤傾斜の有無で有意に違うことを利用して、**建設地点周辺の微動測定から基盤傾斜の有無を判別する手法**を提案しています。



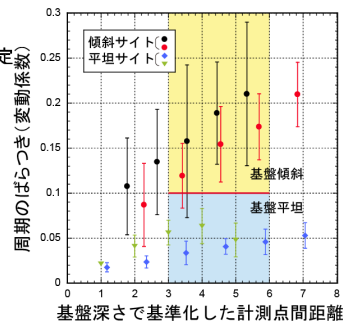
微動の振動源



微動計測点の範囲



基盤傾斜の有無の判別方法



計測点間距離と周期のばらつきの関係

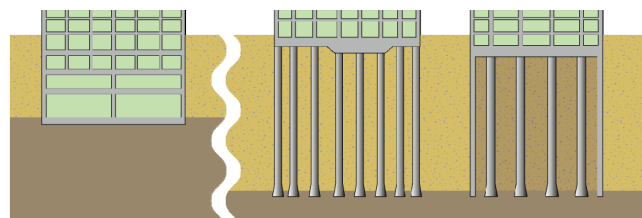
## 国交省総プロ「超高層建築物の入力評価に関する調査業務」を受託

国土交通省では、総合技術開発プロジェクト「地震動情報の高度化に対応した建築物の耐震性能評価技術の開発」の中で、地震入力評価のための地震観測を実施しており、**観測記録が得られた超高層建物3棟に関する解析的検討**が、総合評価方式で出件し、技術提案を経て受託に至りました。

東京湾岸部に建つ対象3建物は、基礎形式が、直接基礎、連壁+杭基礎、杭基礎、と各々異なっています。一般に、地震時の地表面と基礎の動きは異なり、その差は**入力損失**と呼ばれています。本検討の主目的は、基礎形式による入力損失の違いを、観測記録に基づいて実証的に検討することです。

検討の結果、**入力損失の程度は、基礎形式によって異なるだけでなく、建物への入力が地表面の地震動よりも大きくなる場合もあり得ることが、分かってきました。**

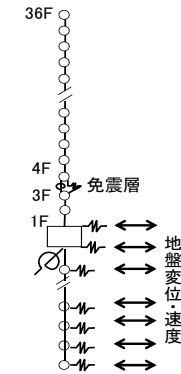
シミュレーション解析では、実務設計で用いる解析手法による検討に加えて、地盤の非線形挙動を適切に反映するために、当社で開発整備を進めてきた地盤・建物系用の3次元 FEM 解析プログラムを用いた検討を実施しました。



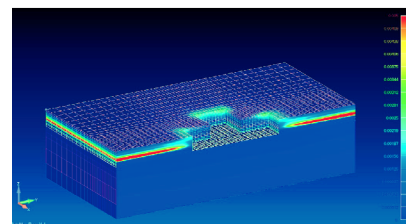
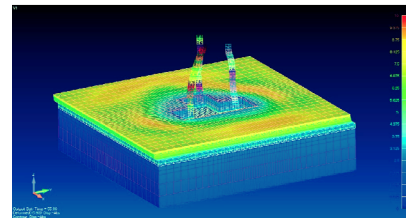
A 直接基礎

B 杭基礎

C 連壁+杭基礎



実務設計に用いる解析手法による建物Bのモデル化



建物Aの3次元FEM解析

## 東北地方太平洋沖地震で沈下被害を受けた学校建物の被害調査とその要因分析

東北地方太平洋沖地震では、宮城県の大崎市古川で**杭基礎の学校の沈下被害**が生じました。当社では、東北大学と共同で建物の被害調査と地震応答解析による要因分析を実施しました。

被災した学校が建つ古川は、川の流域平野の中に位置しており、深さ5m程度まではN値がほぼ0の腐植土、深さ20m程度までN値10以下の砂と粘土が続き、基礎盤は深さ70m程度です。この影響で、古川の揺れは周辺より大きく、兵庫県南部地震のJMA神戸に匹敵する大きさとなっています。

建物の被害調査では、最大80cm程度の沈下が確認され、掘削調査で杭頭の破損が確認されました。その杭を引抜いて地中部を調査した結果、曲げひび割れのみで、**今回の沈下が杭頭の損傷により生じたことが分かりました。**

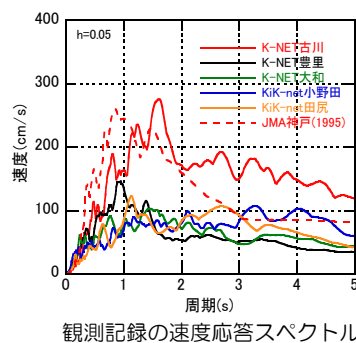
この被害要因を分析するために、建物-杭-地盤の非線形相互作用を考慮した地震応答解析を行った結果、今回の沈下被害は、**杭頭付近の腐植土層の影響**で、その大部分を杭が負担して杭頭が損傷したことが要因であると推測されました。



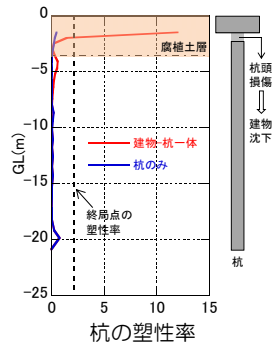
学校建物の沈下被害



杭頭の損傷状況



観測記録の速度応答スペクトル

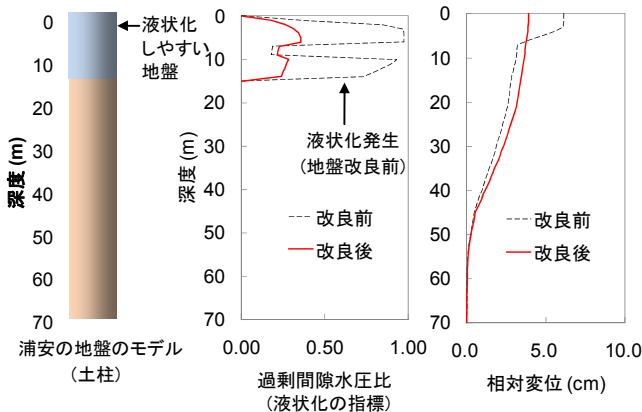


杭の塑性率

## 液状化被害と液状化シミュレーション

東北地方太平洋沖地震では、首都圏の臨海部で大規模な液状化が発生しました。特に浦安では旧海岸線より海側の埋め立て地ではほぼ全面的に液状化が発生しましたが、一部の地区では地盤改良がなされていたため液状化が発生しませんでした。

液状化現象を再現するため、地震時の地盤のシミュレーション解析を行い、本地震時に**液状化が発生する様子や地盤改良による液状化抑制が再現**できました。今回液状化被害が多かったのは、地震の継続時間が長かったことに加え、地盤が揺れやすい周期の成分が地震動に多く含まれていたことが原因と推定されます。このように、シミュレーション解析により、液状化被害の分析と地盤改良効果の検討を行うことができます。

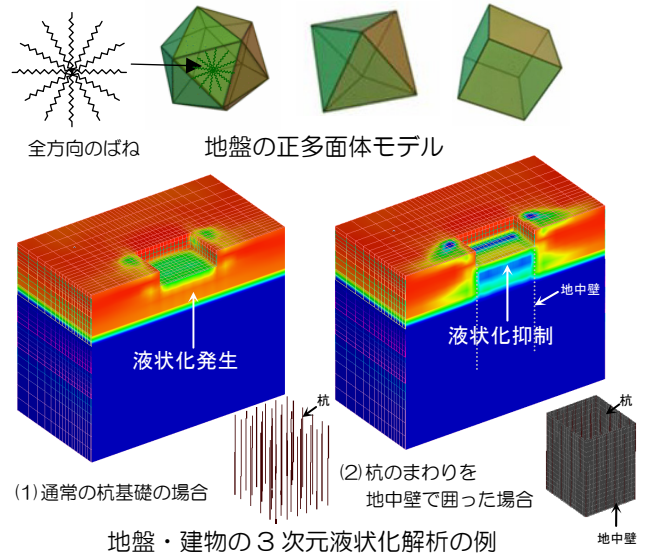


東北地方太平洋沖地震における浦安の地盤の液状化解析

## 3次元液状化解析プログラムの開発

効果的な液状化対策のためには、地盤と建物を忠実に再現した液状化シミュレーションを行うことが重要です。そのため、当社は**独自の3次元液状化解析プログラムの開発**を継続的に行っており、昨年度は地盤の正多面体モデルを実装しました。これで、地盤のさまざまな方向の変形の影響が解析に反映されるようになり、より**精度良く地盤の液状化解析**を行うことが可能になりました。

当社ではこの3次元液状化解析プログラムを活用して、異なるタイプの基礎の液状化予測を比較するなど、**液状化対策技術の充実**を図っています。また、3次元の解析では地盤と建物を非常に細かく要素に分割するため大規模な計算を行う必要があり、複数の計算機を同時に運用する並列計算の技術も活用して計算時間を短縮するように工夫を図っていきます。



地盤・建物の3次元液状化解析の例

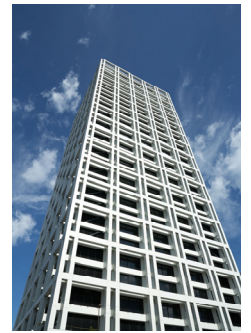
## 高性能制震装置の普及拡大

世界最高レベルの制震性能を誇る**制震装置 HiDAX**（ハイダックス）は、これまで20棟以上の超高層ビルに適用されており、2008年度日本建築学会賞(技術)の受賞実績を有しています。

これらの制震技術は一般高層建築以外の分野へも適用され、大空間屋根の振動制御にも**オイルダンパ HiDAM**（ハイダム）が採用されました。また、新設、既設を問わず、排気筒・火力発電所の煙突などの塔状構造物や各種産業プラントなどにも適用可能な、高性能・大速度対応の**新開発オイルダンパ Nu-DAM**も実用化し、多くの適用実績を挙げています。



三井住友海上駿河台新館



赤坂Kタワー

制震装置 HiDAX の適用建物

## 免震住宅「テラス渋谷美竹」の構造設計・監理

当社が㈱UG都市建築から業務委託を受け構造設計を行った「テラス渋谷美竹」は、渋谷の一等地の建替事業(共同住宅+事務所+店舗)であり、**地上3階と4階の間に免震層**を設けることにより、高い耐震安全性を確保しています。

2009年2月構造設計業務開始、同年12月性能評価取得、2010年2月大臣認定取得、同年2月工事着工を経て、2012年5月免震装置の設置工事を完了しました。現在、免震層上部躯体を施工中であり、2013年2月の竣工に向けて**設計監理業務**を遂行しています。



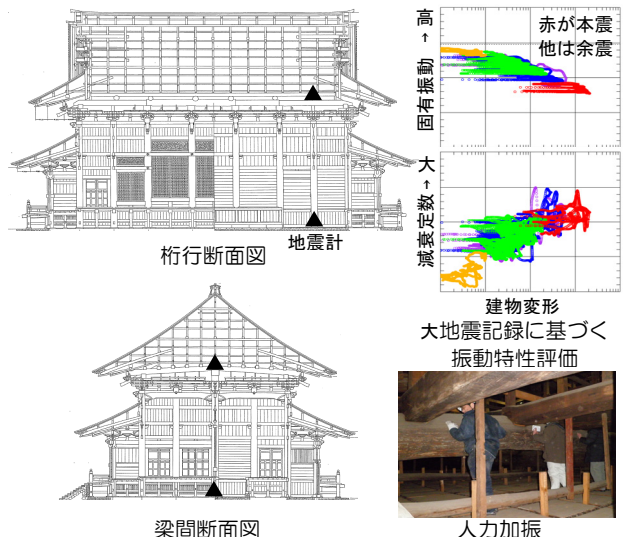
施工状況

## 日光山輪王寺本堂(三仏堂)の振動特性評価

実建物の振動特性の把握では、記録に基づく評価が重要ですが、伝統木造建築では地震観測の事例が少ないのが現状です。

「日光の社寺」として世界遺産に登録されている、重要文化財の**日光山輪王寺本堂(三仏堂)**では、東北地方太平洋沖地震の本震と余震・誘発地震において、貴重な加速度波形記録が得られています。当社では、財団法人日光社寺文化財保存会から業務を受託し、**記録に基づく建物の振動特性評価**を行いました。

固有周期や減衰定数の時間変化を検討した結果、建物変形が大きいほど、固有周期は長くなり、減衰定数は増加することが分かりました。また、本震後に微動測定と人力加振を行い、本震によって変化した固有振動数や減衰定数が、本震前の微動測定の結果と同程度にまで戻っていることを確認しました。



人力加振

## 首都直下地震の建物応答評価

関東圏では、首都直下地震の発生が懸念されており、想定震度や想定被害が公表されて、その対策が喫緊の課題となっています。東京大学地震研究所では、文部科学省の**首都直下地震防災・減災特別プロジェクト**の一環として首都直下地震動の評価を実施してきました。

その地震動が建物応答に及ぼす影響を評価するために、地震研究所内に東京工業大学和田名誉教授を中心にサブワーキンググループが作られ、当社も参加を要請されて、**建物の応答評価と損傷判定**を担当しました。

それによって、想定した首都直下地震では超高層建物には影響はほとんどないものの、軟弱地盤の地域では震度6強で**中層建物に被害が出る可能性がある**ことが分かりました。その結果は、建築学会と地震学会後援の特別シンポジウム「地震学と耐震工学の橋渡し-想定地震動による建物応答-」にて発表され、注目を集めました。

## 日本建築学会の長周期関連検討業務

日本建築学会では、内閣府より過去5年間にわたり「長周期地震動対策に関する検討業務」を受託し、昨年度は3月11日に発生した東北地方太平洋沖地震に関する各種調査内容を、取りまとめました。

その中には地震動や観測記録の収集・分析、被害状況の分析、応急危険度判定実施状況、2次部材や家具什器の被害状況、超高層ビルの在館者へのアンケート等が含まれており、当社はこのうち、**超高層ビルの地震観測記録の収集・分析や、超高層ビルの地震後の応急危険度判定の実例**などの収集・分析を担当しました。

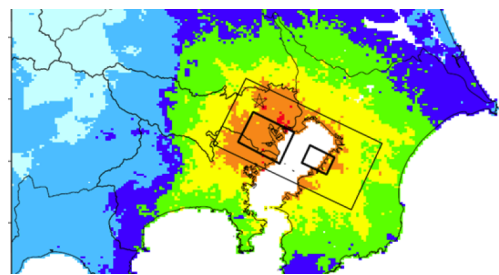
その結果、超高層ビルの揺れの大きさと被害の関係や、地震後のいち早い復旧を実現するための事前準備の重要性や、被災度判定システムの有効性を確認することができました。また、長時間揺れ続ける地震動に対して、在館者の体感や行動難度に関する基本情報を得ることができました。

## 既存超高層ビルの長周期地震動対応

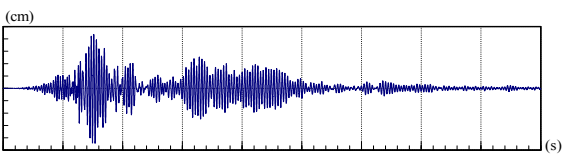
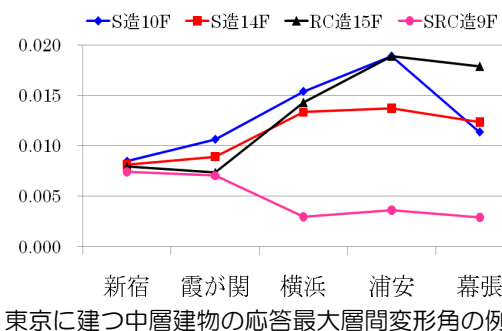
東北地方太平洋沖地震では、東京や大阪の地震動の大きさが設計レベルを大きく下回っていたため、超高層ビルに構造的被害はなかったものの、長周期地震動により長時間揺れ続け、多くの人々がその間の不安感や恐怖感を実際に体感しました。

今後高い確率での発生が懸念されている南海トラフの東海・東南海・南海地震では、東京では東北地方太平洋沖地震の2~3倍、また名古屋や大阪では数倍程度の揺れが予想されており、今回のような非構造部材のさらなる被害に加えて、構造的被害の可能性が高いと考えられています。

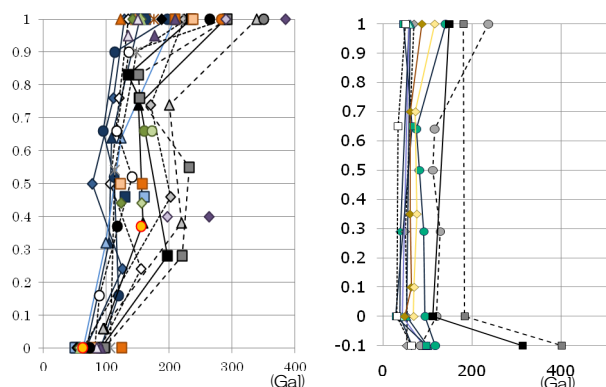
当社では、南海トラフの地震により構造被害が予想される**既存の超高層ビル**について、長周期地震動の作成やその被害想定に基づき、被害軽減のための**制震改修に関する検討を実施**しており、各超高層ビルの特性に応じた最適な改修法をビルオーナーに提案できるような態勢を整えています。



東大地震研究所による首都直下地震の想定震度

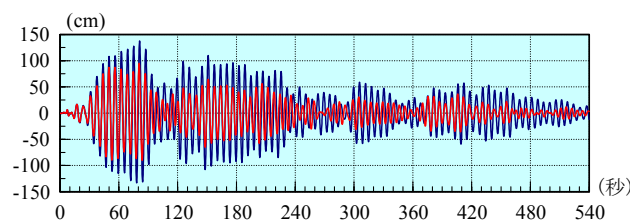


東日本大震災での東京の超高層ビルの観測記録例



東京の超高層ビルの最大加速度

免震建物の最大加速度



制震改修による応答低減効果の例



予想される構造被害例



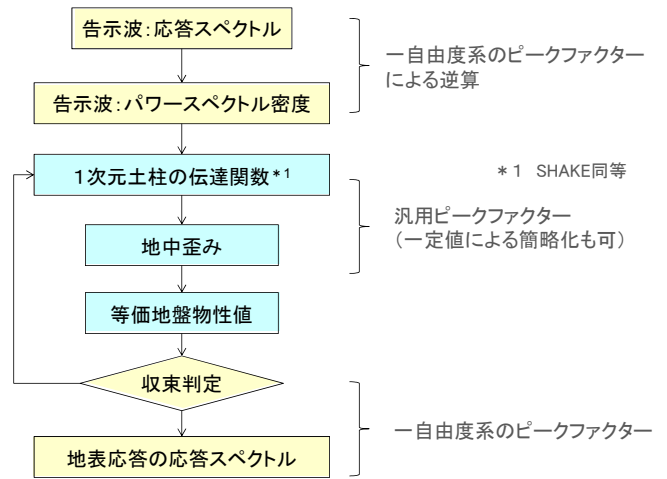
超高層ビルの室内状況

いずれも E-defense での実験による

## (社)日本風力発電協会の「地震照査における応答スペクトル法の追加に向けた検討」業務

2007年の建築基準法改正に伴い、高さ60mを超える風力発電施設は、超高層ビル並に時刻歴応答計算による安全性確認が求められるようになりました。一方、風力発電施設の競争力を強化するためには、**評価・認定手続きの効率化**が求められています。

本業務は、日本風力発電協会から依頼され、地震安全性照査の効率化に向けて**応答スペクトル法の導入**を目指しています。風力発電施設の地震応答を応答スペクトル法で評価する際には、低減衰域での振幅補正係数や地盤増幅の評価が課題となりますが、本業務では、**地盤増幅評価について新たな提案**を行いました。本提案法は、建築基準法の詳細法より高い計算精度が得られていることから、関係方面から評価を受け、IEC(国際電気標準会議)に提案する方向で調整が進められています。



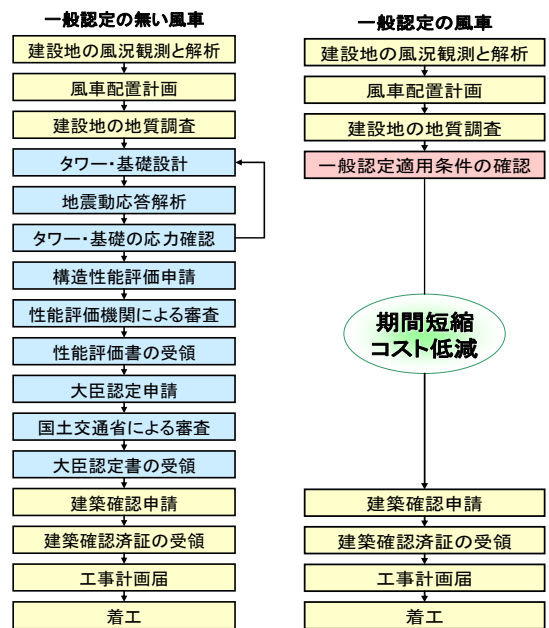
計算アルゴリズム：応答スペクトルの地盤増幅特性評価

## 風力発電設備支持構造の一般認定取得

我国の風力発電の代表的企業である(株)日本製鋼所の委託により、**風力発電設備として日本初となる『一般認定』**を取得しました。これにより、取得した大臣認定を基に適用範囲のチェックのみで建築確認申請が可能となります。一般認定は4タイプのタワーと基礎で取得しており、建設地の条件に応じ最適な支持構造を選択することが可能です。

適用可否判定の適用条件は、①敷地、②地質、③支持地盤、④積雪荷重、⑤暴風時風圧力、⑥地震力、⑦年平均風荷重、⑧疲労荷重の8項目です。それぞれ数項目のみの確認で適用の可否が判断でき、特に、個別認定で必要な流体解析による地形風の算定、地震応答解析による地盤増幅算定、時刻歴風荷重解析による疲労荷重算定等の複雑な解析を実施することなく、容易に荷重条件を判断することが可能な規準を設定しています。

この一般認定取得により、1基ごとに指定性能評価機関による『性能評価』と『大臣認定』申請の手続きを行う必要がなくなる為、**個別認定風力発電機と比較して着工までの期間及びコストの大幅な低減を実現**できます。



着工までの設計および許認可手続のフロー

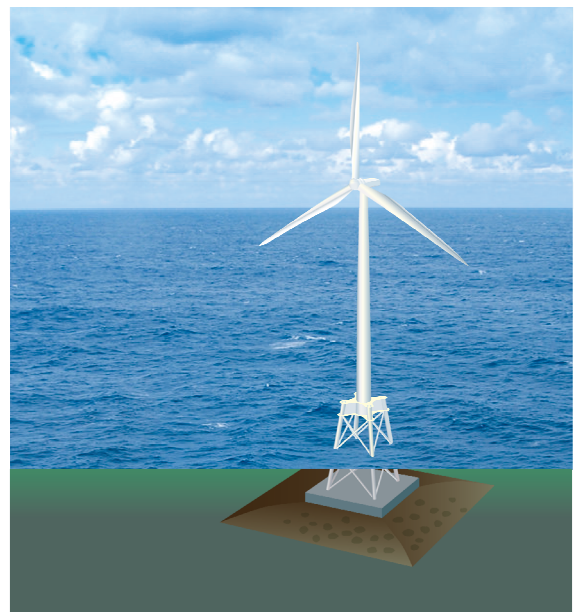
## 北九州沖の洋上風力発電設備の大臣認定取得

地球環境問題を背景に再生可能エネルギーが注目され、風力発電設備のニーズがますます高まっており、海外では大規模な洋上風車建設が積極的に推し進められています。日本においても**2012年度の稼働を目指して洋上風車の建設計画**が進められています。

独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)と電源開発(株)は共同で、洋上風力発電システム実証研究として、北九州沖でのハイブリッド重力式(ジャケットと重力式のハイブリッド)の洋上風車の建設計画を進めています。風車は(株)日本製鋼所製が採用されています。

陸上と同様に洋上においても、高さ60mを超える風力発電設備には、超高層と同等の地震応答解析が義務づけられ、地震動の策定、地盤ばねの評価、海水の影響を考慮した地震応答解析が必要となっています。

洋上風車や数多くの陸上風車において大臣認定取得の実績がある当社は、業務委託を受け、風車タワーの地震応答解析を実施し、**国土交通大臣の認定**を取得しました。



## 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（海溝型、直下型）・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<sup>2</sup>DAM)の適用・コンサルティング
- ◇ 制震装置(DUOX、HDS)の適用・コンサルティング
- ◇ スーパーRC フレーム構法の設計・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
- ◇ 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)の国交大臣認定対応



〒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)