

解析雑誌

Vol.38 2015.5

Topics

【イベント出展報告】

- 防災産業展 in 仙台

【イベントのご案内】

- 気象・環境テクノロジー展

【取り組みのご紹介】

- 粒子法による構造解析の事例紹介

【ニュース】

- 簡易立体振動解析ツール「Quick-RESP」無料
ベータ版の提供開始

Technical Reports

- 間柱型制振構造物の多質点系振動モデル化に対する適用性の検討
その1 ダンパー性能変動による適用性の検討
その2 ダンパー配置の不均一さと適合限界に対する検証
- 常時微動を用いた浅部地下構造探査による地盤構造の推定

Journal of Analytical Engineering



気象防災に取り組む

エンジニアリング営業部
ストックマネジメント室
保志克則

本号では、気象防災を取り上げます。本編中にも一部気象防災に関連する記事が含まれていますのでご参照頂ければと思います。気象防災は、地震防災に対する防災的課題という意味合いで、地震防災の肝である揺れや津波に対する弊社の取り組みについては、他号の巻頭言や記事等に記載されていますので、そちらに譲りたいと思います。

ここでの気象防災は、断層のズレに由来する地震災害に対し、気圧変動に伴う暴風・豪雨に由来する自然災害とし、その発生メカニズム、発災後の経過とその対策などを検討対象としています。具体的な気象災害としては、台風による暴風や高潮、竜巻、土砂災害、河川の増水・氾濫や都市型の内水氾濫などが挙げられます。これらの災害に対して、気象観測や、河川・ダムなどでの水位や流速のモニタリング、気象予測やシミュレーションなどを利用して、災害発生の有無や発生確率、ピンポイントとはいかないまでも、ある程度の発生時間帯や発生域を特定することができるようになって来ています。

弊社でも、本編中に一部掲載しましたが、以下のような取り組みを実施しています。

- (1) 都市部での増風域の特定や起伏のある山間部などでの暴風域の特定と暴風の程度の評価
- (2) 崖崩れや土石流といった土砂災害の再現解析や土砂の流下過程の解析及び対策効果の評価
- (3) 河川の増水・氾濫や都市型の内水氾濫での氾濫流の進行過程の解析や水位、流速の評価
浸水過程に対応した避難シミュレーション、避難経路指示標識の設置場所や避難指示発動のタイミングの検討
- (4) 氾濫流の地下街への流下状況の評価及び(3)と同様の避難シミュレーション

こうした取り組みを通じて、災害過程の同定や災害リスクの評価だけでなく、防げるはずの自然災害は、防ぎたいという思いがあります。こうした災害事例の一つとして、数年前に関西で発生した小規模な河川での水難事故があります。事故は、突発的、局所的に発生した集中豪雨が、上流部で河川に流入し、水位が急激に上昇し、川遊びをしていた十数名が流され、うち数名が死亡したという事故でした。当時、キャンプ場などが設置される山間部での河川ではなく、都市部での河川で、このような災害が起きるものかと強く思いました。豪雨の発生は、予測されていますし、レーザー計測やGISを用いた水文解析により、どの河川が、どれくらいの時間で、どの程度増水するかは、わかっているはずではないかと思ったからです。

近年の気象予測は、高精度かつ高密度化した気象観測データを基に、高速・リアルタイム気象シミュレーションにより実施されています。その結果、台風の規模や進路予測、豪雨の発生時間帯や発生域の特定は、格段に向上しました。ダムや河川の水位や流速のモニタリング、崖崩れや土石流を引き起こす前兆となる地盤変状のモニタリングも盛んに行われています。避難指示、勧告、命令を出すタイミングとその効果についても各種の研究がなされています。こうした取り組みにより、前述した水難事故のような防げるはずの自然災害は、防げるようになって来ていると思います。

地震災害は、一旦大地震が発生すると、人的、物的被害は、莫大なものになります。これに対し、気象災害は、大震災に比べ被害規模については、相対的に小さなものと言えますが、このところの地球温暖化や丘陵地帯への都市化や交通網の進展等の影響により、毎年何らかの災害が発生しています。その発生頻度が高いため、私たちに防災、減災対策という観点で、良い面、悪い面さまざまな教訓を与えてくれます。防げるはずの気象災害をできるだけ未然に防ぎ、その教訓を大地震発生時の対策に生かす。耐風設計に対する耐震設計、高潮対策に対する津波対策、洪水や土石流避難に対する地震・津波避難など生かすべき共通項は、たくさんあると思います。

解析雑誌 Vol.38 2015.5

巻頭言 気象防災に取り組む	エンジニアリング営業部 保志克則	02
Topic 1		
● 防災産業展 in 仙台（2015/3/15～17 開催）出展報告		04
Topic 2		
● 気象・環境テクノロジー展（2015/7/22～24 開催）出展内容のご案内		06
Topic 3		
● 粒子法による構造解析の事例紹介		12
Topic 4		
● 簡易立体振動解析ツール「Quick-RESP」無料ベータ版を提供開始		18
Technical Report 1		
● 間柱型制振構造物の多質点系振動モデル化に対する適用性の検討		20
その1 ダンパー性能変動による適用性の検討	鈴木壮、會田裕昌、梁川幸盛、宇佐美祐人、木村まどか	
Technical Report 2		
● 間柱型制振構造物の多質点系振動モデル化に対する適用性の検討		22
その2 ダンパー配置の不均一さと適合限界に対する検証	會田裕昌、鈴木壮、梁川幸盛、宇佐美祐人、木村まどか	
Technical Report 3		
● 常時微動を用いた浅部地下構造探査による地盤構造の推定		26
-秦野盆地を対象として-	落合努、先名重樹、馬赫、犬伏徹志、荏本孝久	
Editor's Note		
● From Editors		35

防災産業展 in 仙台（2015/3/15～17 開催） 出展報告

第3回国連防災世界会議が2015年3月14日から18日仙台にて開催されました。構造計画研究所はこの会議の関連事業として位置づけされていた「防災産業展 in 仙台」に出展いたしました。以下において、今回の出展内容についてご紹介いたします。今後、構造計画研究所はJBP(日本防災プラットフォーム Japan Bosai Platform)の一員として、日本で培った最新の防災技術をグローバル市場に展開していきます。

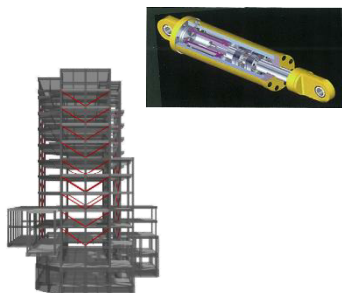
■出展概要

防災産業展 in 仙台

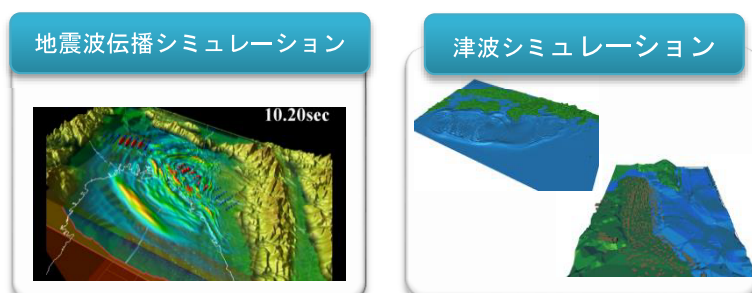
会 期	2015年3月15日(日)～17日(火)
会 場	夢メッセみやぎ(仙台市宮城野区港3丁目1-7)
主 催	内閣府、宮城県、日刊工業新聞社
出展テーマ	構造物の耐震対策、自然災害シミュレーション、避難シミュレーション、震災シミュレータ

■出展内容

①：構造物の耐震対策



②：自然災害シミュレーション

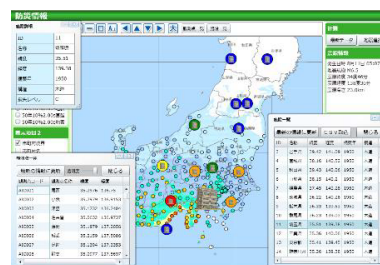


③：避難シミュレーション



避難時のボトルネックを発見することによって、避難計画に役立ちます。

④：震災シミュレータ



発災時の情報・各拠点の被災状況を可視化します。

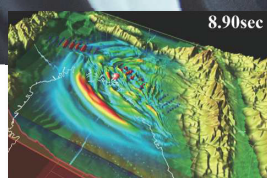
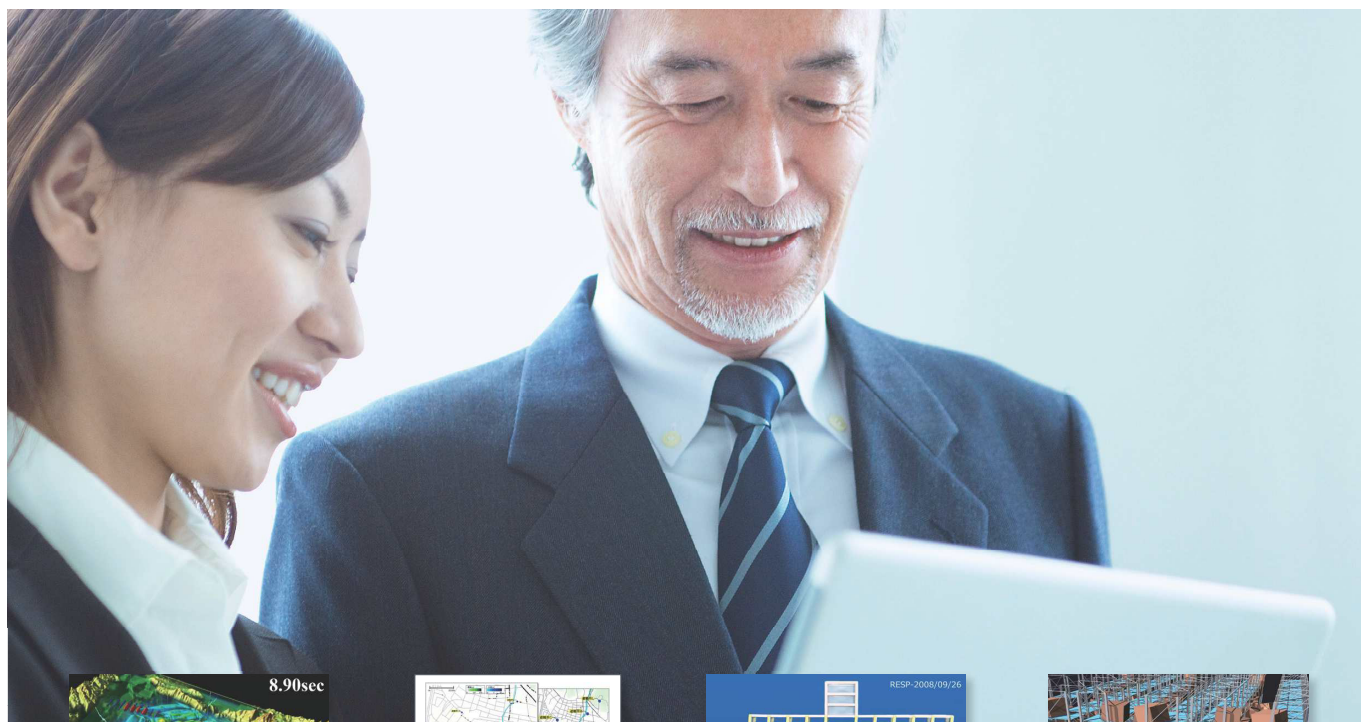
防災産業展 in 仙台 展示ブース風景



これからは、災害対策のために

『シミュレーション』を 使いこなす時代です。

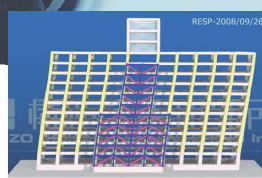
いま、BCP・防災計画における“合意形成ツール”としてご依頼いただくケースが増えています。



地震動シミュレーション



津波避難シミュレーション



地震対策の評価シミュレーション



自動倉庫 荷物の落下シミュレーション

把握できる、対策できる、説明できる。

発災時の被害量を知ることが災害対策の第一歩です。シミュレーションをおこなうことにより、Is値(耐震指標)では分からない具体的な被害量を把握できます。

建物の被害はどの程度？

Is値では分からない被害を把握

効果的な対策をたてるためには、シミュレーションは必須です。また、一度たてた対策の妥当性を調べるためにもご利用いただけ、無駄なコストも抑えられます。

BCP策定のため

対策の妥当性が分かる

シミュレーションをおこなうことで、被害が定量的に分かります。具体的かつ説得力あるデータを得られるので、関係者との合意形成にお役立ていただけます。

ステークホルダーへの説明

地域住民への説明

気象・環境テクノロジー展 （2015/7/22～24 開催）出展のご案内

構造計画研究所は、来る2015年7月22日(水)～24日(金)開催の気象・環境テクノロジー展（東京ビッグサイト）に出展いたします。

気象災害として洪水・氾濫、土石流、地震随伴災害として津波、これらに対する避難、微気象問題としてのビル風、局地風、大気質(自動車や煙突からの排気ガス拡散、ヒートアイランドなど)評価等のシミュレーション事例を紹介します。各種の災害予測には、従来のメッシュ法に基づく解法と近年注目されている粒子法による適用事例、避難については、マルチ・エージェント・シミュレーションによる適用事例を紹介します。

招待状をご希望の方は、本誌裏面の「お問い合わせ先」までご連絡ください。

■出展のご案内

会 期	2015年7月22日（水）～24日（金）
会 場	東京ビッグサイト（東京国際展示場）東ホール
主 催	一般社団法人日本能率協会
セミナー	数値シミュレーションによる災害評価事例のご紹介 ー 津波や土石流などによる被害予測 ー 防災環境部 地圏環境室室長 戸井 隆

■出展内容

1. 洪水・氾濫、避難シミュレーション

河川の増水・氾濫や都市型の内水氾濫での氾濫流の進行過程を解析し、水位や流速を評価します。また、浸水過程に対応した避難シミュレーションを実施し、避難経路の指示標識の設置位置や避難指示、勧告、命令等の発動のタイミングを最適化します。

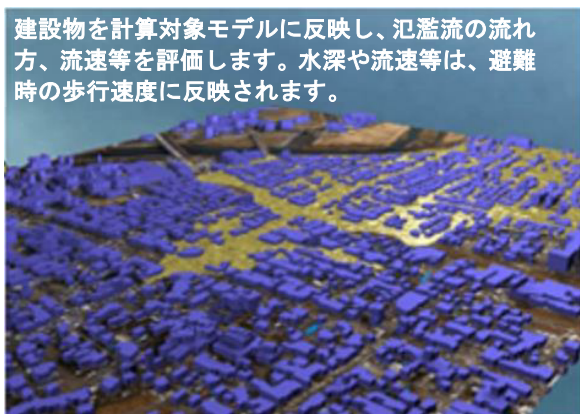


図 1-1 街区での外水氾濫

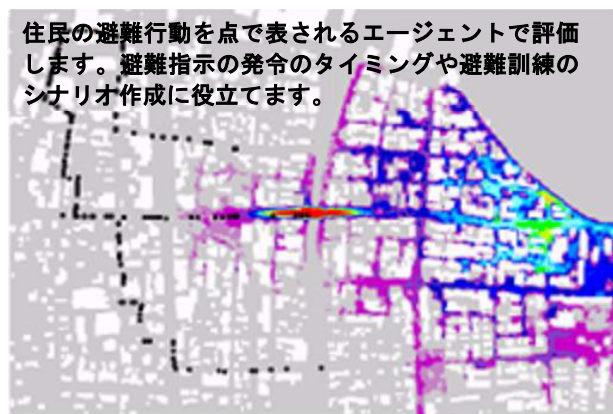


図 1-2 外水氾濫を対象とした避難シミュレーション

粒子法により都市域の氾濫解析及び地下街への浸水解析を実施し、マルチ・エージェント・シミュレーションにより避難状況を可視化します。地下街の浸水リスクを評価し、避難対策の検討に活用します。



プロメテック・ソフトウェア株式会社提供

図 1-3 都市域での氾濫



プロメテック・ソフトウェア株式会社提供

図 1-4 地下街への浸水



図 1-5 地下街からの避難

2. 崖崩れ・土石流シミュレーション

崖崩れや土石流といった土砂災害の再現解析や土砂の流下過程を解析し、斜面の補強や砂防ダムなどの設置位置、高さ・規模等の対策を検討します。

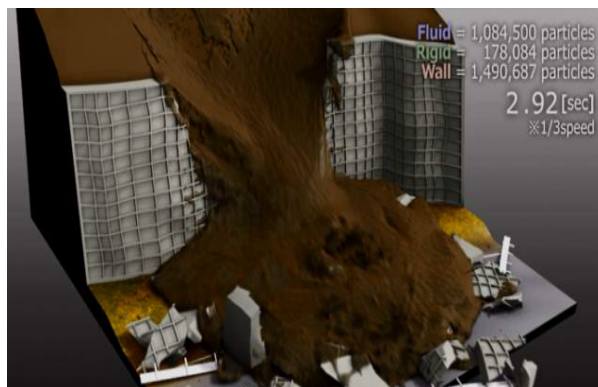
砂防ダムの位置や高さなどの性能を評価します。



プロメテック・ソフトウェア株式会社提供

図 2-1 土石流に対する砂防ダムの効果

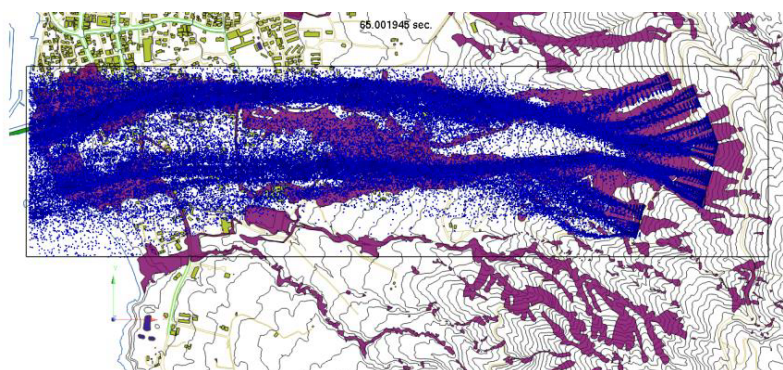
粒子法により、擁壁の崩れ方を可視化します。崖下の対策工や建設物の位置等の検討に活用します。



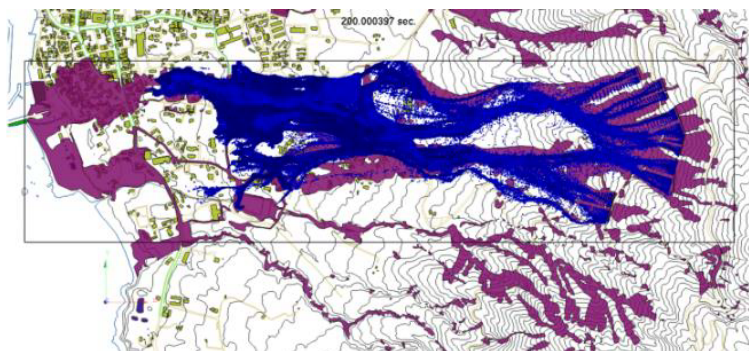
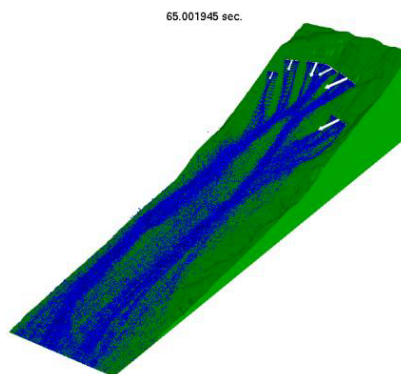
プロメテック・ソフトウェア株式会社提供

図 2-2 崖崩れシミュレーション

土砂の流れやすさ(粘度)の違いによる大島土石流の再現解析。(b)が(a)に比べ、土砂の流下範囲、到達時間ともに良く再現されています(左図の桃色部分が実際の土砂の流下範囲)。今後は樹木や建材、閉塞部などを計算対象モデルに反映し、詳細な土石流の流下解析を実施します。



(a) 土砂が流れにくい場合(土砂の粘度が小さい場合)



(b) 土砂が流れやすい場合(土砂の粘度が大きい場合)

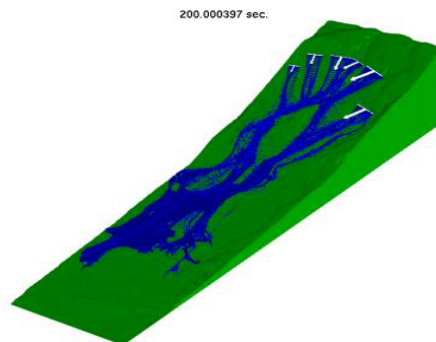


図 2-3 大島土石流のシミュレーションによる再現

3. 津波・避難シミュレーション

最悪の津波地震に対し、評価対象位置での波高や浸水深、到達時間等を検討します。津波避難ビル、公共交通施設や発電所など重要構造物については、津波の波力や漂流物の影響等を評価します。個別の工場や工業地帯、自治体については、津波の到達・遡上に対応した避難シミュレーションを実施し、避難計画や自治体の地域防災計画に反映しています。

中央防災会議の断層破壊データを利用しました。静岡県から宮崎県沖まで断層が逐次破壊している様子がわかります(①から④)。⑤は自治体での津波避難シミュレーション実施例で、津波避難ビルの位置、避難標識の設置場所、要介護者の避難方法など避難計画、避難対策を検討しています。

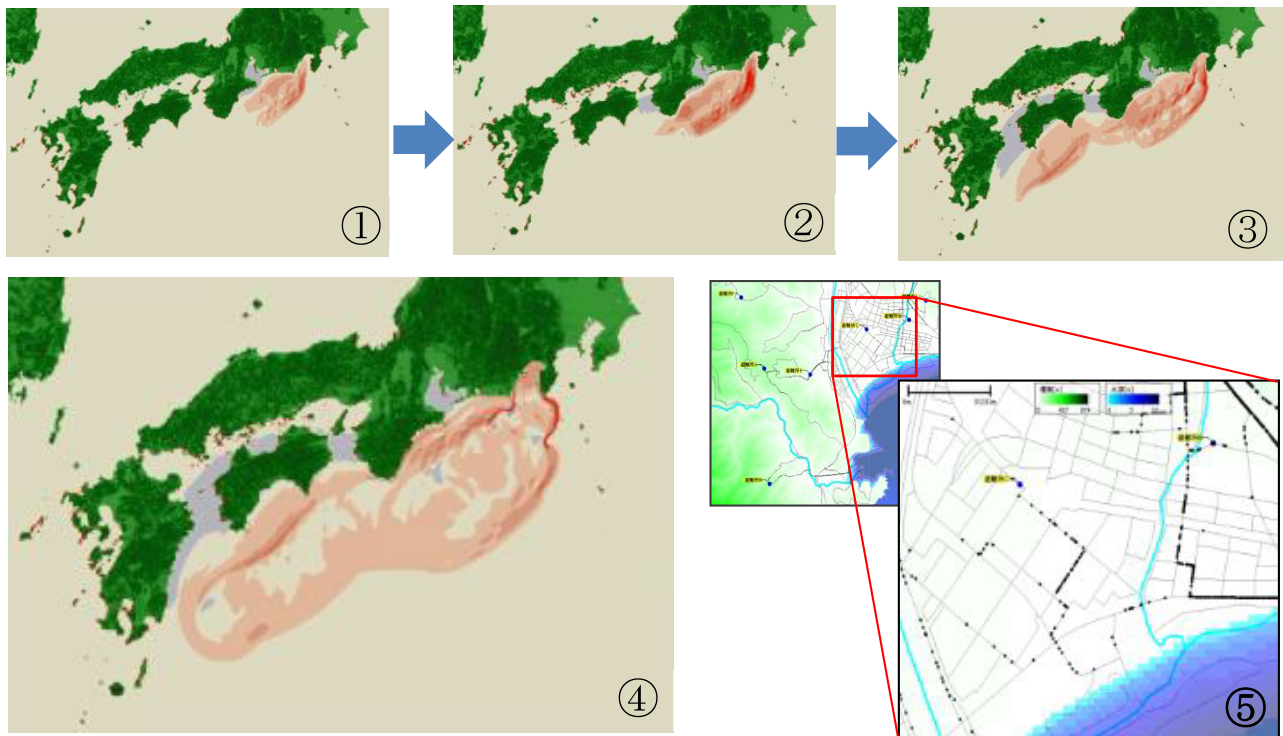
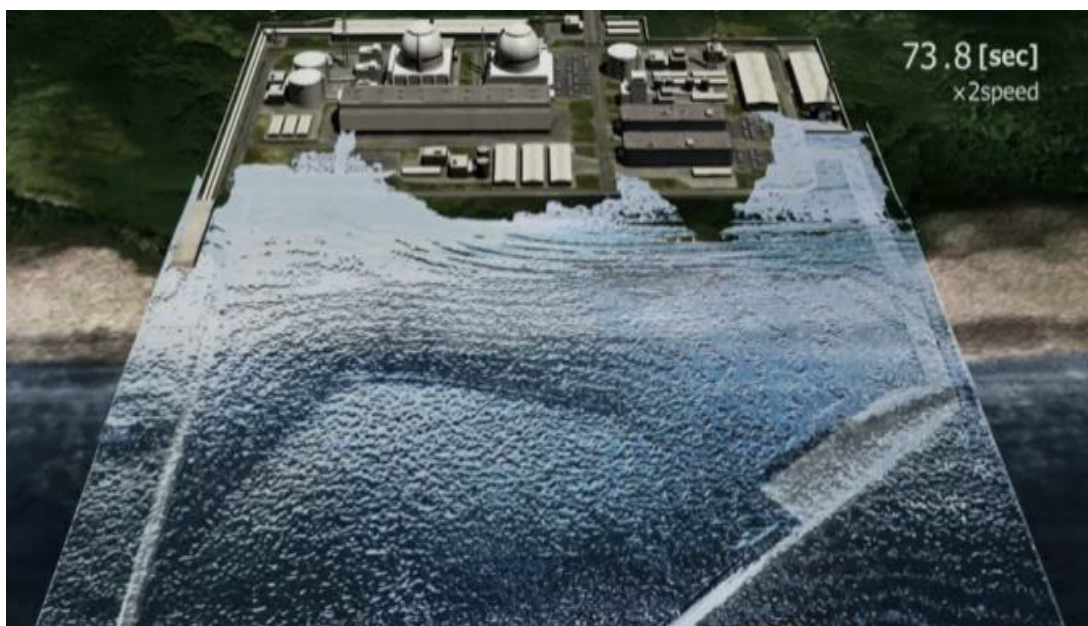


図 3-1 南海トラフ地震による津波と避難シミュレーション

発電所の取水口や放水口、搬入口等への津波波力や漂流物の衝突の影響等を粒子法により、詳細に検討することができます。



プロメテック・ソフトウェア株式会社提供

図 3-2 仮想原子力発電所の津波遡上計算

4. 大気環境シミュレーション

都市部での増風域の特定や起伏のある山間部での暴風域の特定、暴風の程度を評価します。都市部では、風環境(いわゆるビル風)の評価に、山間部では、公共交通施設や送電施設、風力発電施設に対する暴風の影響を評価します。また、自動車からの排気ガスや工場の煙突、火力・バイオマス発電施設からの排気ガスの拡散状況を評価し、行政への環境アセスメントや住民説明などに利用します。都市部での排熱拡散や日射による季節ごと時間ごとの温度分布を計算し、ヒートアイランド現象の同定や対策案を提供します。

計画建物の建設前後の増風域の違いを評価。黄色が増風域、青色が減風域、矢印の向きが風向を、長さが風速を表しています。

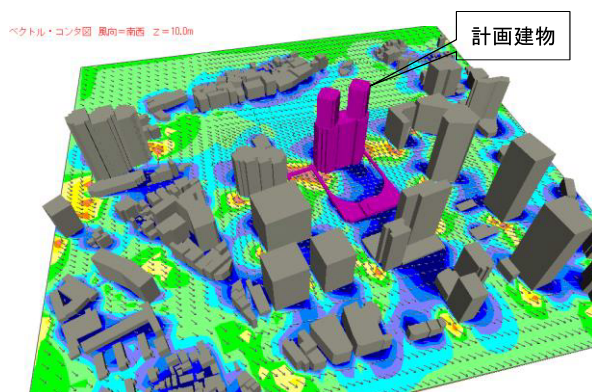


図 4-1 街区の風環境

山間部に新設される道路高架橋が、周辺風環境に及ぼす影響を評価。左上が、計算対象モデルで、中央が計算結果を表しています。

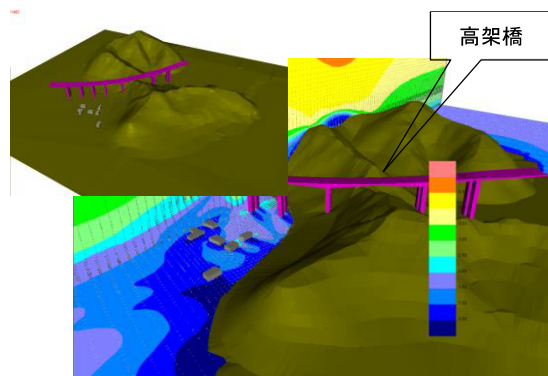


図 4-2 高架橋建設に伴う風環境

煙突からの排気ガスの住宅地への影響を評価。丘陵部に沿った気流の状況及び煙突からの排気ガスの濃度を表しています。左図は、10ppm以上の排気ガスの濃度の範囲。

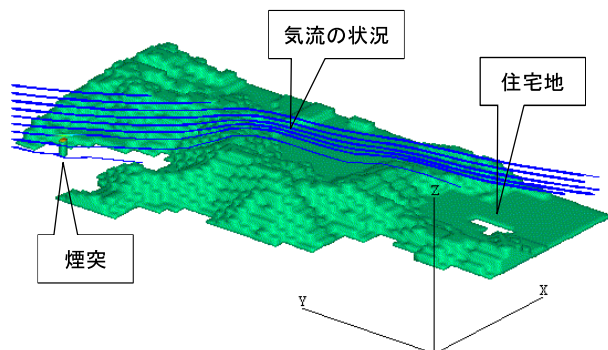


図 4-3 煙突周りの気流

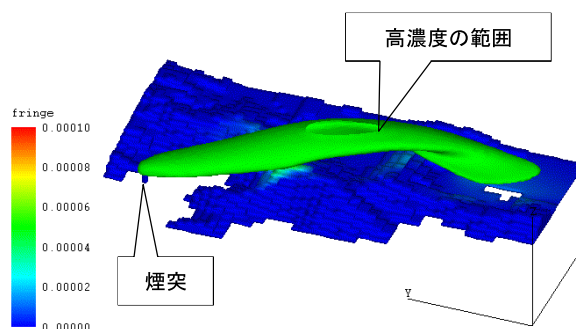


図 4-4 排気ガスの拡散状況

橋梁渋滞時の自動車排気ガスの濃度の範囲。濃度は、NOxの分布を表しています。

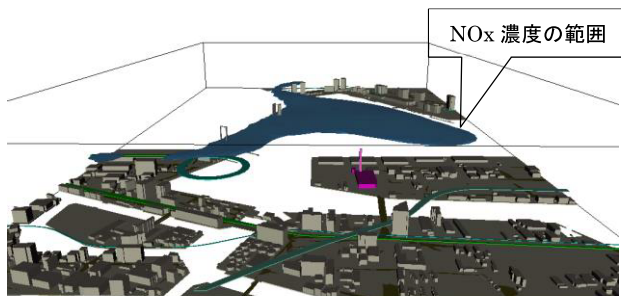


図 4-5 橋梁渋滞時の排気ガス拡散状況

湾岸周辺街区での排熱による温度分布。一部街区で高温部がみられますが、水の影響で温度の上昇が抑制されています。

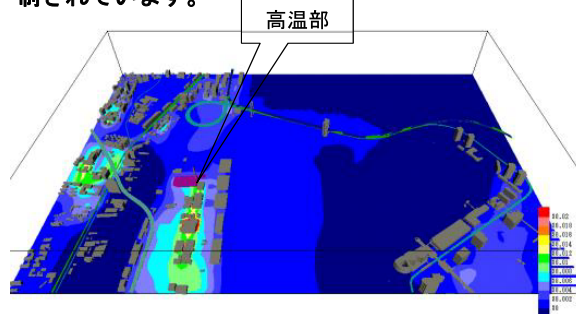


図 4-6 湾岸周辺街区の温熱環境

津波シミュレータ

TSUNAMI-K

津波波高・遡上計算プログラム

津波による浸水や被害を 事前に予測することができます

地震発生頻度の高い日本は、周囲を海洋に囲まれており、津波発生の確率も高い状況にあります。東北地方太平洋沖地震では津波による甚大な被害が発生しました。今後発生すると予想される、東海、東南海、南海地震でも津波の発生が予想されており、海岸付近での防災対策が必要です。

(株)構造計画研究所では、従来から蓄積してきました建築計画・構造設計や流体問題の解析技術を基に、津波シミュレータ「TSUNAMI-K」を使った津波解析コンサルティングサービスを実施しております。

TSUNAMI-K

3の特徴



特徴

1

簡単操作

簡易な操作で
津波シミュレーション
が可能です。

特徴

2

編集自由

建物や地形の詳細な
データの追加・修正などの
編集が可能です。

特徴

3

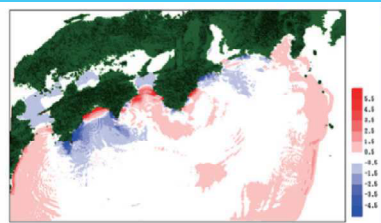
出力多彩

アニメーション等の
多彩な結果出力に
対応可能です。

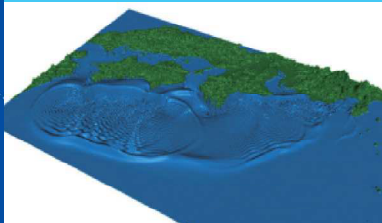
2D・3Dアニメーション表示だから解析結果が一目瞭然

今まで津波・遡上解析を行う場合は、専門的な知識を要求される3つのプログラムを実行する事が必要でした。TSUNAMI-Kは地形・建物の作成、波源の設定、津波・遡上計算、結果の表示を1つのプログラムで、誰でも簡単に実行できます。津波・遡上計算機能は最新の知見を導入しており、高度な解析機能を有します。また、最大波高などの分布図や、時刻ごとの水位・流速等の表示や出力、アニメーション作成機能を持っています。様々な範囲での津波・遡上評価にご利用下さい。

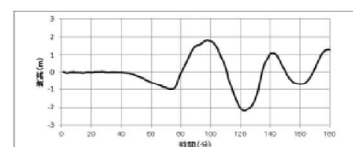
2D アニメーション



3D アニメーション



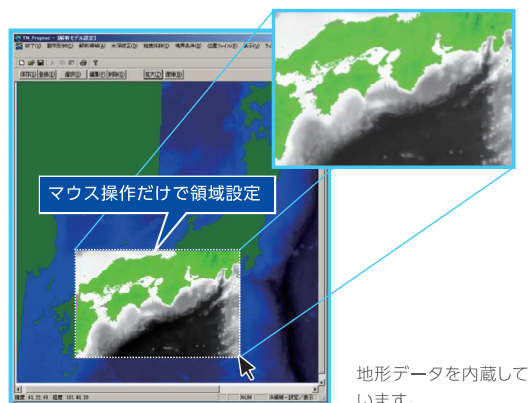
時刻歴波形グラフ



津波シミュレータ「TSUNAMI-K」の使い方

1 まずは解析したい領域を マウスでドラッグ

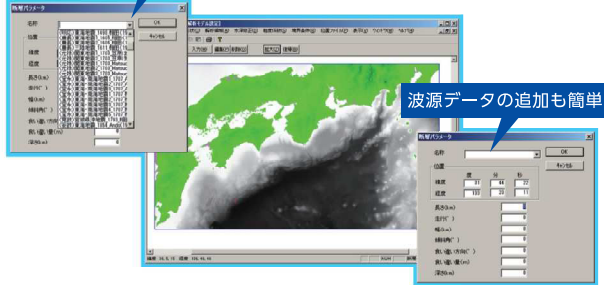
- 解析したい領域をドラッグし、メッシュサイズの入力で領域設定は完了



2 波源設定はデータベースから選択 データベースへの追加も容易!

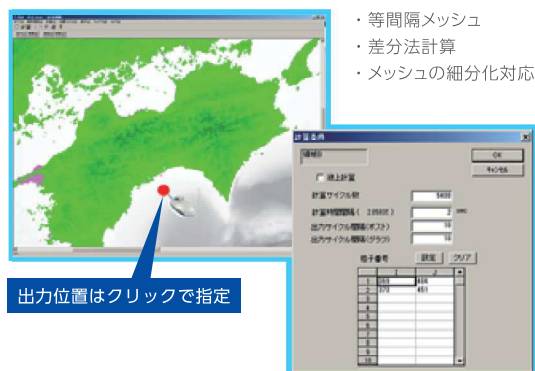
- 波源設定はリストから選択するだけ
- データ追加は登録ボタンを押し、パラメータを入力
- 位置の設定はクリックでも手入力でもOK

波源設定は選択するだけ



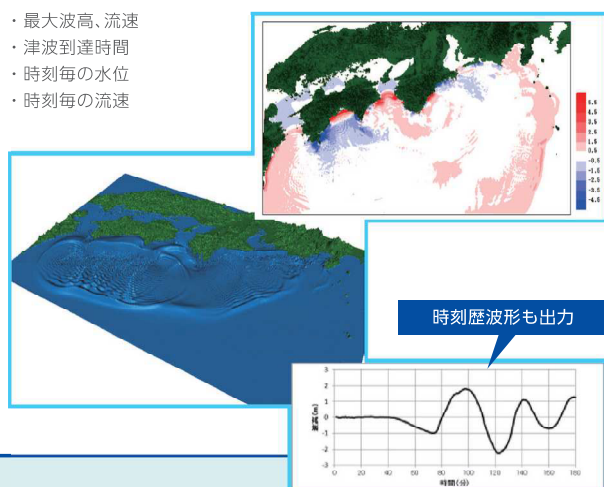
3 計算条件を入力し 解析実行

- 計算時間や出力間隔を設定
- 時刻歴の出力位置はクリックで指定



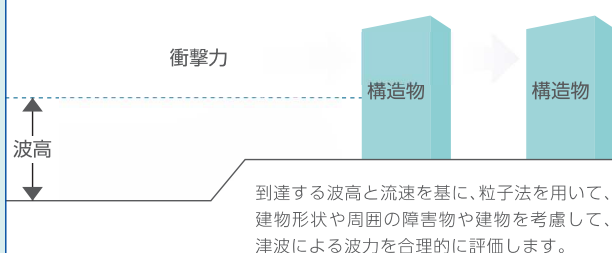
4 結果の図化、 アニメーションの作成

- 解析結果を読み込み2Dや3Dのアニメーションを作成

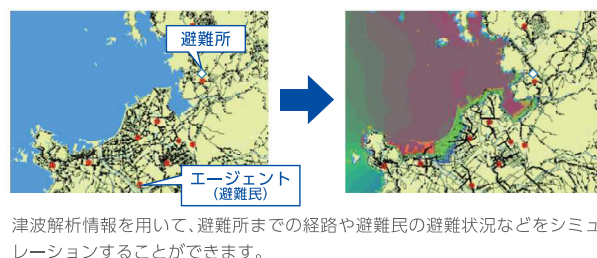


別ソフトとの併用で下記のようなシミュレーションも可能です

粒子法+FEM による構造物の安全性評価



避難シミュレーション



粒子法による構造解析の事例紹介

(株)構造計画研究所
防災・環境部 渡辺 高志

構造解析に用いられる解析手法としては、有限要素法によるものが一般的であり、弊社で提供する解析コンサルティングサービスや販売プログラムにおいても、最も多く採用されています。歴史の長い解析手法であるため、高度な解析を実現する上で必要な要素モデルや構成モデルが開発されています。一方で、予め設定する要素節点関係に基づく離散化手法であるため、メッシュが破綻するような大変形問題への適用は難しく、また要素形状などにより計算精度に影響が生じるメッシュ依存性の問題が知られています。そこで本文では、このようなメッシュを用いない計算手法の中から粒子法を取り上げ、その特徴や構造解析への適用事例について紹介します。

1. 粒子法とは

1.1 概要

粒子法とは計算点間の接続を定義する計算メッシュを用いない、メッシュフリーな解析手法の一種であり、接続関係に依存せず移動可能な粒子を用いることで離散化を行う計算手法です。このような粒子を用いた解析手法には多くの種類がありますが、代表的なものは東京大学越塚教授らによって開発された MPS(Moving Particle Semi-implicit)法や、メッシュフリー手法としては長い歴史のある SPH(Smoothed Particle Hydrodynamics)法が挙げられます。これらの手法は支配方程式にある微分項の計算方法に違いがありますが、微分方程式を粒子で離散化する点では同じ手法といえます。

ここでは、宇宙物理学分野において 1977 年に Lucy および Gingold と Monaghan によって開発された SPH 法について述べます。Hydrodynamics と称されていますが流体解析だけでなく、多くの問題を対象に適用されています。

1.2 粒子法による離散化方法

数値解析においては、問題を支配する微分方程式の各項を何らかの方法で表現する必要があります。例えば、最も基本的な離散化手法である差分法では、計算点間における物理量の差をその距離で除算し、これによって微分を表現することができます。構造解析手法として、一般的に用いら

れる有限要素法では、計算点である節点を幾つか結んで定義する要素を用いることで離散化を行います。連続体である要素内では物理量が連続に変化しますが、これを計算点における物理量から内挿します。ここで、内挿関数を仮定するとその微分は計算可能であるため、連続体の支配方程式は要素集合である計算メッシュによって離散化することが可能となります。

同様に、粒子法 (SPH 法) では計算点である粒子の物理量を用いて、解析対象の任意点の物理量を内挿します。ただし、メッシュの定義は行わずに、着目点の近傍の粒子から物理量の内挿を行います。粒子サイズに対して数倍の大きさを持つ影響半径を設定し、内挿関数として高次の関数を利用することで、高階の微分項も容易に離散化することが可能です。ただし、大きすぎる影響半径は計算負荷が増大するだけでなく、解析精度にも悪影響があるため一般に粒子サイズの 2~3 倍の影響半径が用いられています。

1.3 粒子法の特徴

メッシュがないためデータ作成に必要な作業時間が短縮されること、構造物が破壊に至るまでの大変形問題などに適用できるメリットがあります。また、流体と固体の相互作用を統一的にラグランジュ粒子で計算できるため、流体-構造連成問題などに適しています。一方で、各粒子の近傍

の粒子の探索が必要であり、参照する近傍粒子も多いため、メッシュを用いた手法と比べると計算時間が長くなる点などが課題です。

2. 基本的な弾性変形問題への適用

2.1 片持ち梁の曲げ振動

構造解析で最も基本的な問題の一つである片持ち梁の問題を取り上げ、粒子法による構造解析の適用性を検討します。解析コードは弊社で開発している SPH 法および DEM (個別要素法) による動的解析コード「DYBECS」を使用しました。

対象とした片持ち梁の計算条件を図 2.1 に示します。この計算条件で、梁を 10 分割するように粒子分割を行うことで、図 2.2 に示される粒子法計算モデルが作成できます。固定端境界は運動を拘束し、更に外側に 1 層余分な拘束粒子層を設けることで、影響半径内の速度分布から計算される境界条件をより明瞭に設定しました。

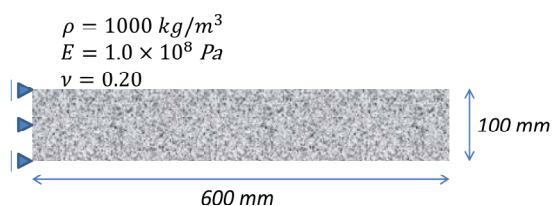


図 2.1 片持ち梁の計算条件

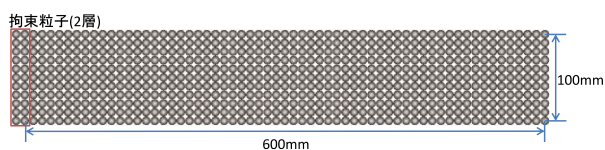


図 2.2 片持ち梁の粒子法解析モデル

梁の弾性振動を最初に確認します。ここで、振動は衝撃力を与えることで発生させます。この解析例では、重力加速度をステップ载荷（時刻 0 から 1G の重力を载荷）することで固定端に衝撃力を与えています。衝撃的作用によって生じる動的な撓みは、理論上では静的な撓み量の 2 倍となり、減衰によって徐々に静的な撓み量に収束します。本解析では、FEM による時刻歴解析などでよく

用いられる Rayleigh 減衰を使用します。図 2.3 に片持ち梁の自由端の鉛直変位履歴を示します。減衰比が 0 のケースでは一定振幅で振動し、減衰比を大きくすると振動の収束が早くなることが確認できました。また、振動収束後の静的な撓み量が最大変位の約 1/2 となることを確認しました。

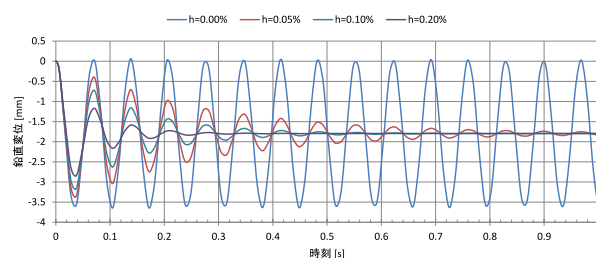


図 2.3 片持ち梁の自由端の鉛直変位時刻歴

振動の周期に着目すると、減衰による影響が殆どないことが分かります。片持ち梁の曲げ振動の固有周期は理論解から分かり、この解析事例で設定した Rayleigh 減衰のパラメータは、1 次および 2 次の固有振動数から設定しています。この事例のように、重力のステップ载荷では 1 次の振動モードしか現れませんが、その理論的な振動周期は約 0.07 秒となります。本解析の結果では、0.968 秒間に 14 回振動しています。従って、振動周期は 0.0691 秒であり、比較的精度の良い解析モデルとなっていることが確認できます。

2.2 セン断曲げ問題における精度検証

次に同じ片持ち梁の計算条件を対象として、せん断曲げ問題による精度検証を行います。せん断曲げ問題では、自由端に荷重をかけて曲げ変形を生じさせます。この解析では、静的な撓み量分布を理論解と比較することで、粒子法による離散化精度の確認を行いました。

解析では自由端の全粒子に一樣な荷重を鉛直下向きに载荷し、この際に重力加速度は考慮しないものとします。また、梁に振動を生じさせないために減衰を大きく設定し、荷重は漸増载荷することで準静的な条件を設定しています。本解析における計算条件を図 2.4 に示します。

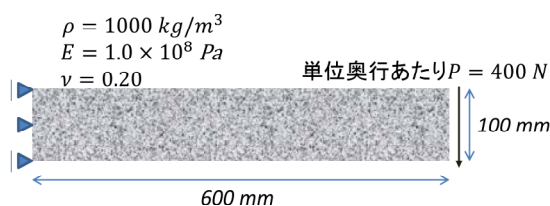


図 2.4 片持ち梁のせん断曲げ問題の計算条件

この解析では、粒子分解能による計算精度への影響を確認するため、粒子分割として梁成を 10、20、40 分割した 3 つの解析モデルを作成し、計算を行っています。解析結果より、片持ち梁の中立軸に生じる撓み量（鉛直変位）の分布を図 2.5 に示します。

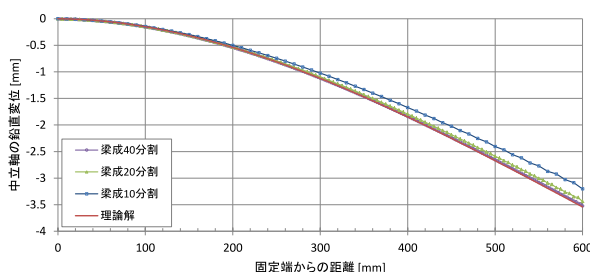


図 2.5 せん断曲げ問題における中立軸の撓み量分布

粒子分割が細くなるほど計算精度は改善されており、梁成 40 分割のケースではほぼ理論解と一致する撓み量分布が得られていることが確認できます。

次に軸方向の応力分布に着目し、固定端および自由端から十分に距離の離れた位置における部材断面では、平面保持の仮定から軸方向応力の分布は線形となっていることを確認します。梁部材の中心（固定端から 300mm）位置における部材断面の軸方向応力（圧縮を正とする）の分布を中立軸からの距離で整理して図 2.6 に示します。各ケースで応力勾配が一定となっていることが確認できますが、計算精度には差があり、分解能が高いケースほど理論解とよく整合していることが確認できます。また、梁成を 20 分割したケースの軸方向応力の空間分布を図 2.7 に示します。古典的な梁理論から、圧縮および引張応力の最大値は固定端位置で 144kPa となりますので、解析結果はこれと整合していることが分かります。

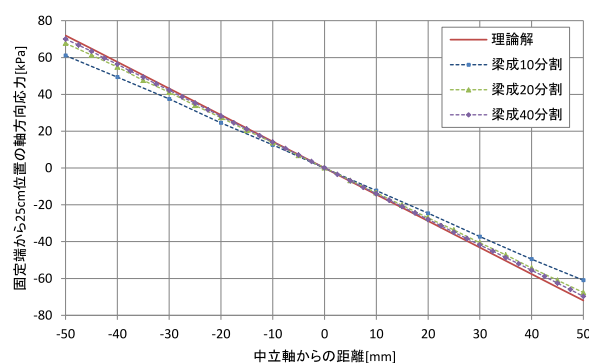


図 2.6 せん断曲げ問題における中心断面の応力分布

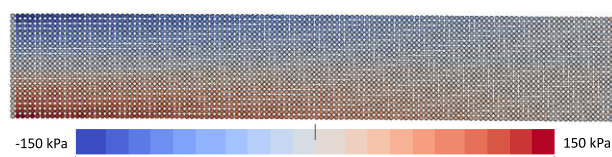


図 2.7 せん断曲げ問題における軸方向応力分布（圧縮正）

3. 流体-構造連成問題への適用

3.1 流体と構造間の相互作用問題

流体と構造の間で相互作用を考慮すべき問題とは、構造の剛性が小さいことから生じる変形が流体の流れに与える影響を無視できない問題、地震動などにより生じる構造物の振動が液体の動水圧に与える影響が大きいものなどが考えられます。前者は構造物の大変形の取り扱いに優れる粒子法に適した問題であり、ある程度非圧縮性の問題であれば流体と構造の両方を粒子法で離散化することができます。後者は、流体と構造の両方を粒子法によってモデル化する方法の他、液体のみを粒子法でモデル化し、薄肉形状などの再現性に優れる FEM を併用した連成解析などが考えられます。

3.2 弾性壁と接する水柱崩壊問題

流体と構造の間での相互作用を考慮する問題として、Antoci らが行った水柱崩壊問題を対象に

解析を行いました。図 3.1 に示される体系の実験が行われており、ゴム製の弾性壁が背後に接する貯槽水の水柱崩壊によって押し退けられる現象を粒子法で計算しました。計算条件は Antoci らが設定したものを参照し、粒子分割は計算の精度とコストの兼ね合いから、ゴム弾性壁の幅を 10 分割するように設定しました。なお、ゴム弾性壁には構造物としての減衰を設定し、比較的静的な現象であることから質量比例型の Rayleigh 減衰を使用しました。

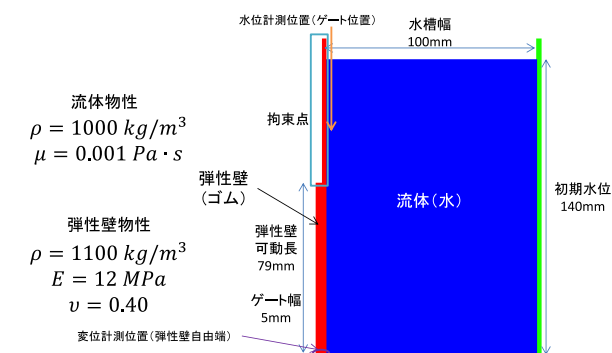


図 3.1 弾性壁の水柱崩壊問題の計算条件

対象とした実験では、弾性壁に支持されることで水柱崩壊が比較的穏やかに進行しています。図 3.2 にゴム弾性壁の自由端変位が最大となった時刻における、水圧の空間分布を示します。また、ゴム壁自由端の変位履歴およびゲート位置における水位の変化を実験結果と比較し、それぞれ図 3.3 と図 3.4 に示します。実験結果との比較より、非定常流体力によってゴム弾性壁が大きな変位を生じる現象を再現できていることが確認できました。

上記のとおり、粒子法はメッシュを用いずに支配方程式を粒子で離散化し、構造解析をはじめとして様々な問題に適用することができます。特に構造物に大変形が生じる問題や、流体・構造連成問題などに適しており、具体的な解析事例を紹介しました。

参考文献

- 1) G. R. Liu, M. B. Liu : Smoothed Particle Hydrodynamics, World Scientific Publishing, 2003
- 2) C. Antoci, M. Gallati, S. Sibilla : Numerical simulation of fluid–structure interaction by SPH, Computers and Structures, Vol.85, pp.879-890, 2007.

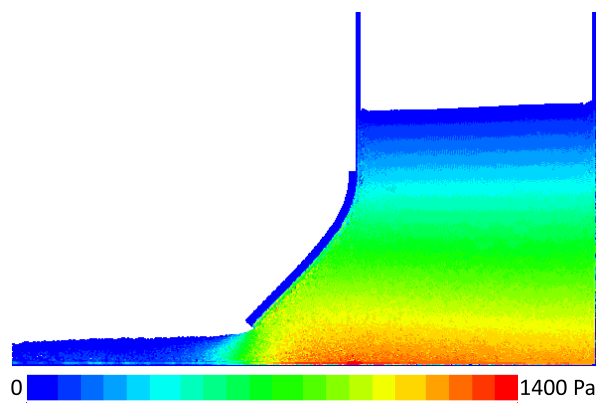


図 3.2 ゴム弾性壁の最大変位発生時刻の水圧分布

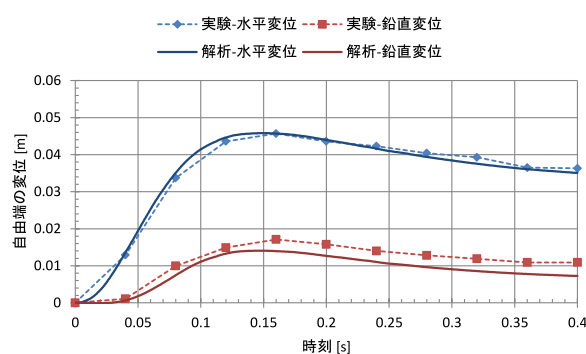


図 3.3 ゴム壁自由端の変位履歴の比較

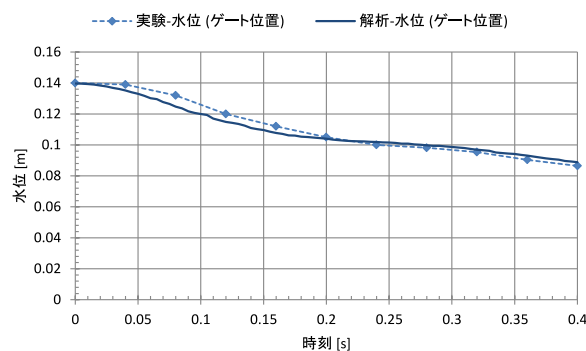


図 3.4 ゴム壁ゲート位置の水位履歴の比較

汎用の非線形有限要素法解析プログラム

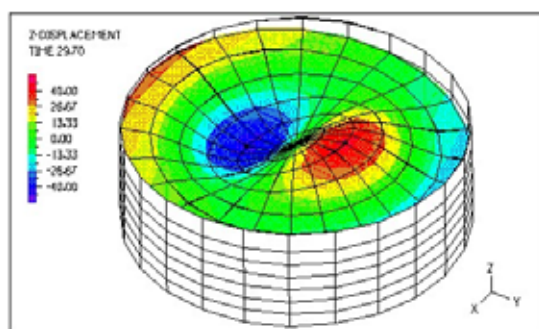
ADINA

特徴

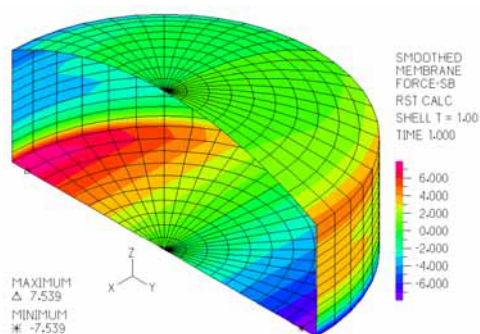
ADINA は、マサチューセッツ工科大学の研究成果を反映し ADINA R&D 社が開発した代表的な汎用の構造・熱伝導・熱流動解析プログラムです。非定常・非線形挙動を高精度な計算機能で解くことが可能です。 弊社ではプログラム販売の他、解析コンサルティング・サービスもご提供しております。

構造物－流体連成問題

貯蔵液体タンクのスロッシング解析



液面波形分布



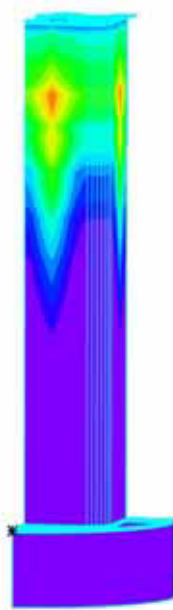
タンク壁面：断面力分布

■スロッシング解析のポイント

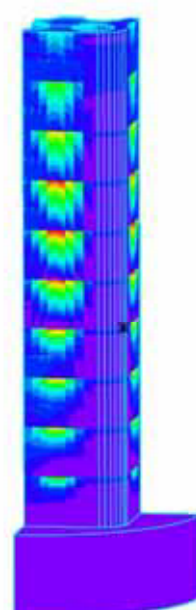
- ・構造と流体の相互作用解析
- ・タンクはシェル要素、流体は流体要素
- ・地震入力による動的応答解析
- ・スロッシング波高やタンク応力の算定
- ・浮き屋根の有無による差異の検討

非定常温度計算－熱応力問題

施工手順を考慮したRC橋脚の水和熱による、ひび割れ発生の予測



温度分布



引張応力度分布

■水和熱によるひび割れ発生予測解析のポイント

- ・コンクリート打設サイクルの段階施工解析
- ・水和熱量の時間変化を考慮
- ・3次元非定常温度計算による温度予測
- ・型枠の脱却を反映した熱伝達境界の設定
- ・打設コンクリートのヤング係数の時間依存性

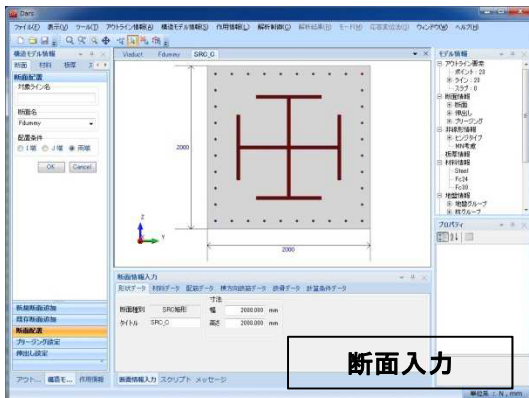
紹介セミナー・お試し版プログラム・教育訓練

ADINA プログラムや解析事例を紹介するセミナーをご用意しております。お試し版 CD とプログラム使用法の教育訓練もご提供致します。 また一般的な有限要素法解析についてのセミナーや教育も貴社のご事情に応じた内容で行います。 お気軽にご相談下さい。

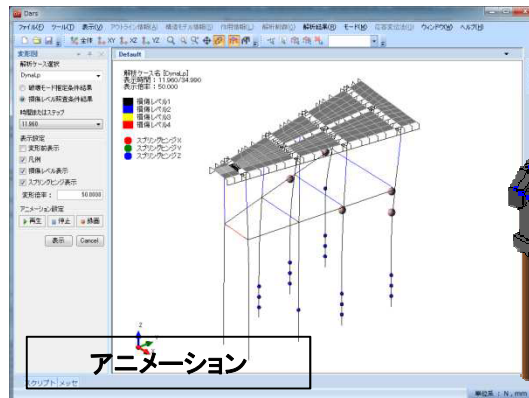
DARS

Version 1.2
鉄道構造物等の3次元耐震性能照査プログラム

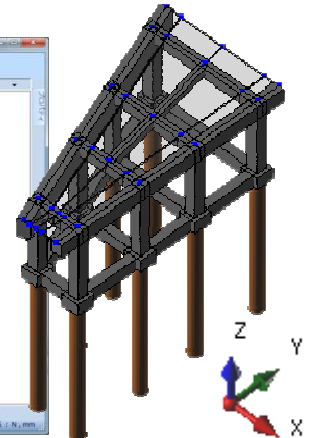
DARSは、鉄道構造物全体を3次元骨組構造としてモデル化し、非線形スペクトル法または時刻歴動的解析法により地震時の動的応答を算出し、線路方向、線路直角方向の損傷レベルを部材毎に求めるプログラムです。



断面入力



アニメーション

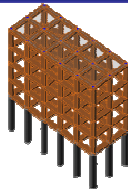


特徴

3次元での動的解析により、不整形なラーメン高架橋などに対応します。また、スラブへの直接的な荷重配置により複雑な荷重計算、荷重分担計算の省略や、1モデル2方向に解析・照査することにより解析ケース数、作業量を大幅に軽減し、これまでの設計者の悩みを解決します。

対象構造形式

- ◆ ラーメン高架橋
- ◆ ラーメン橋脚
- ◆ 連続桁橋
- ◆ 杭基礎(場所打ち杭・直接入力)
- ◆ SRIばね(直接入力)
- ◆ 支承ばね(直接入力)



対象部材

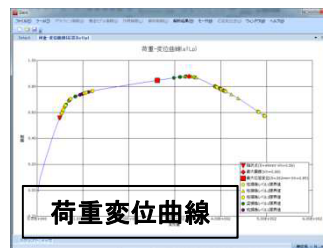
- ◆ RC(矩形・円形・T型)
- ◆ 鋼部材(矩形・円形)
- ◆ SRC(矩形・T型)
- ◆ CFT(円形)

計算機能

- ◆ 破壊モード推定解析(静的非線形解析)
- ◆ 所要降伏震度スペクトル法(静的非線形解析)
- ◆ 時刻歴動的非線形応答解析
- ◆ 固有値解析

動作環境

- ◆ Windows Vista / 7 / 8



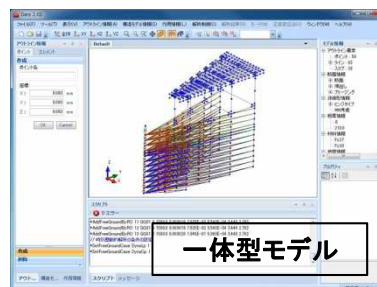
荷重変位曲線



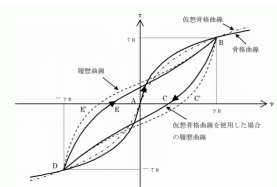
照査結果総括表

H24年鉄道構造物等設計標準・同解説 対応予定

- ◆ H24鉄道構造物等設計標準・同解説 基礎構造物
 - ・ 杭基礎対応
 - ・ 直接基礎の分布ばねモデル対応
- ◆ H24鉄道構造物等設計標準・同解説 耐震設計
 - ・ 一体型モデルによる動的解析
 - ・ 応答変位法
 - ・ 土の非線形モデル GHE-S



一体型モデル



GHE-Sモデル

* 追加内容は変更になる可能性もあります。

- 解析コンサルティングも行っております。

<http://www.kke.co.jp/dars/>

DARSは、(公財)鉄道総合技術研究所と(株)構造計画研究所との共同開発によるプログラムです。

簡易立体振動解析ツール「Quick-RESP」無料ベータ版を提供開始 ～手間なく使える振動解析プログラムで、構造設計者のプレゼンテーション力向上を支援～

株式会社構造計画研究所（本社：東京都中野区、代表取締役社長：服部正太）は、建築構造物の地震時立体挙動を簡易的に検討可能なプログラム「Quick-RESP（クイック・レスプ）」のベータ版の無料試用提供と、STAN/3D データの変換のみに対応した「Quick-RESP for STAN」のレンタルを開始しました。

「Quick-RESP」は、当社が長年提供している構造解析プログラム「STAN / 3D※1」や「RESP シリーズ※2」で培った技術を元に、より多くの構造設計者の方々に振動解析を身近なものとして活用いただけるよう開発したプログラムです。「Quick-RESP」では、構造設計でよく使用されるプログラムのデータを変換し、手軽に立体振動解析を実施できるため、立体振動解析が必須ではない低層建物に対しても、その設計時仮定条件の妥当性確認等に活用いただけます。さらに、建物が振動する様子をアニメーションで出力できる機能により、施主への訴求力あるプレゼンテーションの実現をサポートいたします。

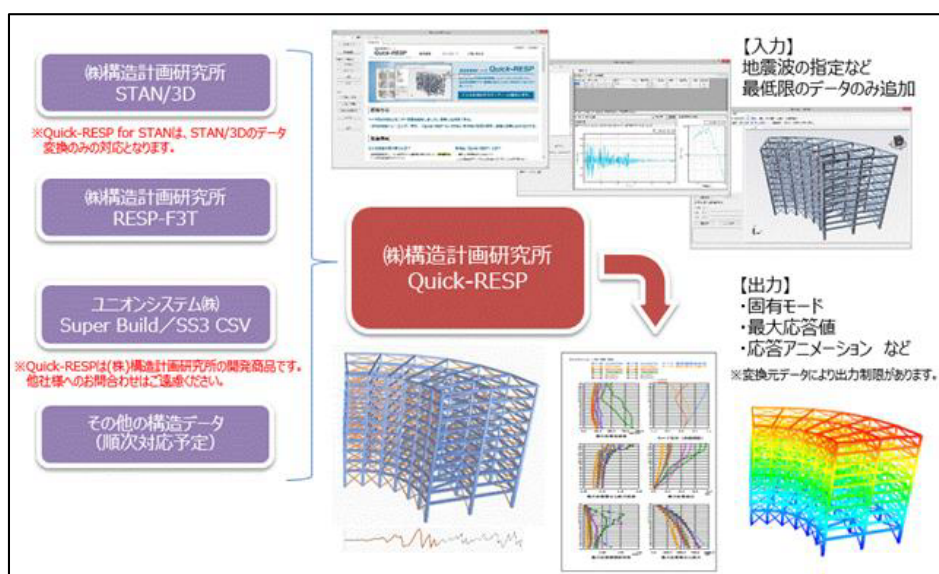
「Quick-RESP」に関する詳細は、下記のリンク先をご覧ください。

<http://www4.kke.co.jp/quick-resp/>

- ※1 「STAN / 3D」は、三次元任意形状フレームモデルの静的・弾性応力の解析機能を他分野に応用できる、汎用性の高いプログラムです。一般の建築構造物はもちろん、ドーム・鉄塔・プラントなどの特殊な構造物・工作物の解析実績があります。
- ※2 「RESP シリーズ」は、時刻歴応答解析が必要となる設計を支援する構造解析プログラムであり、超高層建物や制振・免震構造建物の設計・解析に多くの実績があります。

■ Quick-RESP の機能と特徴

- ユーザ数の多い主要な構造解析プログラムのデータ変換に対応。お手元に対象プログラムのデータがあれば、「Quick-RESP」内でデータ変換と立体振動解析を実施できます。
- 「Quick-RESP」内での入力は、地震波の指定など最低限のデータ追加のみで操作は非常に簡単です。
- 出力は、固有モード、最大応答値、応答アニメーションなど複数メニューから選択できます。



図：「Quick-RESP」運用イメージ

■ 「Quick-RESP」 ベータ版 無料試用について

試用期間：お申込み後 1 週間

機能制限：地震動継続時間制限（5 秒まで）、1 ユーザ 1 ライセンスのみ

申込方法：下記 WEB サイトよりお申込みください。

<https://kke.smartseminar.jp/public/seminar/view/1122>

■ 販売・レンタル価格

販売・レンタル価格は下記の通りです（一部予定）。詳細は本誌表紙記載の連絡先までお問い合わせください。

● Quick-RESP

販売：900,000 円／1 ライセンス（税抜き・予定価格）

レンタル：80,000 円／1 ライセンス・1 週間～（税抜き・予定価格）

● Quick-RESP for STAN（構造解析ソフト「STAN」のご利用者向け。STAN/3D データの変換のみ対応）

販売：300,000 円／1 ライセンス（税抜き・予定価格）

レンタル：30,000 円／1 ライセンス・1 週間～（税抜き・価格）

※販売予定時期および価格は、予告なく変更する可能性があります。予めご了承ください。

間柱型制振構造物の多質点系振動モデル化に対する適用性の検討 その 1 ダンパー性能変動による適用性の検討

制振構造 時刻歴応答解析 間柱型ダンパー
質点系解析 立体振動解析 付加系モデル

正会員○鈴木 壮*1
同 會田裕昌*1
同 梁川幸盛*1
同 宇佐美祐人*1
同 木村まどか*1

1. はじめに

間柱型配置の制振ダンパーを建物に配置する場合、間柱の周辺部材の剛性にダンパーの効果が大きく影響される。この影響は立体骨組モデルでは考慮されるが、多質点系振動モデルに間柱型制振ダンパーを考慮する場合には注意を要する。代表的な評価方法としては荷重増分解析を行った後架構負担せん断力とダンパー負担せん断力を別々に集計して層の復元力特性をモデル化する（以下、分離モデル）と石井・笠井らの論文¹⁾によるモデル（以下、付加系モデル）がある。このうち付加系モデルでは、ダンパー分離モデルと比較してパラメータスタディに適しており実務上のメリットは大きい。ダンパーを入れ替えた場合や配置が不均一な場合にどの程度妥当性を保てるか検討を行った事例は多くない。本報では実務におけるダンパー検討のパラメータスタディを行い、付加系モデルの適用性を確認することを目的とした。

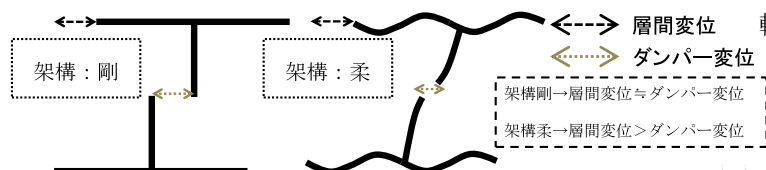


図1 周辺部材剛性がダンパー変位に与える影響

2. 各多質点系振動モデルの特徴

各モデルのフローチャートを図2に示す。ダンパー分離モデルは周辺部材の塑性化による影響が考慮可能であるが、ダンパーを入れ替える際には荷重増分解析から再計算する必要がある。一方付加系モデルは、ダンパーを入れ替える場合でも多質点系モデルの変更のみで解析が行える。ただし、付加剛性を弾性として設定するため、周辺部材の弾塑性化による影響が考慮できないという点に注意が必要である。

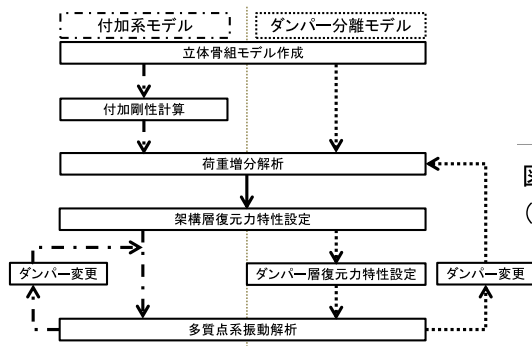


図2 各手法のフローチャート

3. 多質点系振動モデルによる精度比較

本報では参考文献²⁾のテーマストラクチャS造10層モデル（トリムタイプ）をベースとしてモデルを設定した。計算にあたっては「RESP-D（株）構造計画研究所開発・販売」を用いた。入力地震動はEiCentroNSを最大速度50kineに基準化した波形および乱数位相の告示波を第2種地盤相当の地盤を想定し引き上げたものを使用した。なお、告示波についてはパラメータスタディの都合上、最大層間変形角が1/150程度となるように入力倍率を調整して用いた。また、付加系モデルの架構部層復元力特性は本来、状態Nによる荷重増分解析結果を用いることが望ましいが、実務における運用を考慮し間柱ダンパー剛性を考慮した通常のモデルから架構部負担せん断力を分離して採用することとした。なお、妥当性の確認として固有周期を表1に示す。最大応答結果を図4,5に、間柱ダンパー履歴を図6に示す。いずれの多質点系モデルも比較的精度よく計算できていることが確認できた。

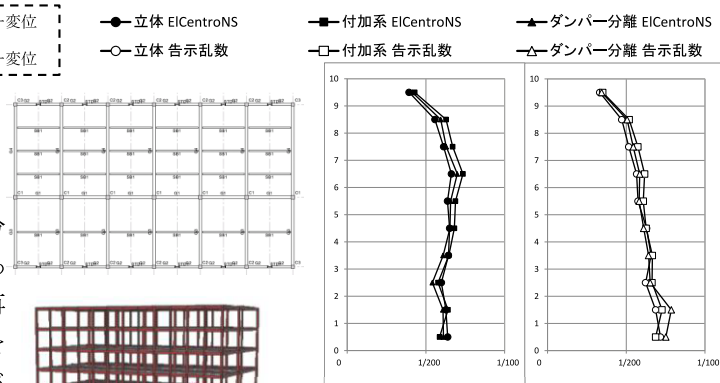


図3 モデル図
(上：伏図、下：3Dモデル図)

図4 基本モデル EiCentroNS
(左：層間変形角(rad)、右：層せん断力(kN))

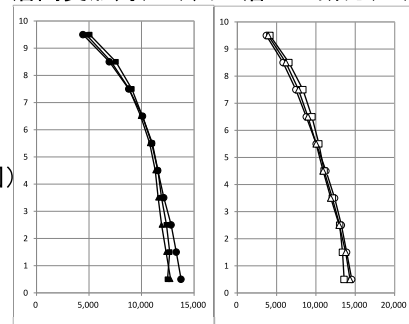


図5 基本モデル 告示乱数
(左：層間変形角(rad)、右：層せん断力(kN))

4. ダンパー性能変動に関する検討

続いて、ダンパー性能を変動させるパラメータスタディを行い適用性について確認を行った。入力地震動は3と同様とした。3のモデルを基本モデルとし、性能変動としてダンパーの降伏耐力および剛性をそれぞれ50%,150%としたモデルについて検討を行った。付加系モデルの架構部分層復元力特性は3で用いた層復元力特性をそのまま用い、ダンパー部分のみ性能を変更して計算を行うこととした。最大層間変形角と層せん断力を図7~10に示す。また、基本モデルとの誤差を図11,12に示す。結果より以下のことがわかった。

1. いずれのモデルも立体モデルとの誤差は最大でも15%程度となり、多くの層で10%以下の誤差となっている。
2. ダンパーの性能を変動させたモデルの結果と基本モデルの結果において、付加系モデルでさほど立体との誤差が大きくないことから架構部分の層復元力特性を状態Nから計算していない影響は小さいと考えられる。
3. 最大応答時に大梁のヒンジが発生する下層階でいずれのモデルも精度が低下する傾向が見られた。
4. 塑性化の影響により層せん断力よりも層間変位の誤差が大きくなる傾向が見られた。

5. まとめ

1. 付加系モデルとダンパー分離モデルにおいて立体モデルと比較して精度のよい結果が得られることを確認した。
 2. パラメータスタディの結果、ダンパー分離モデルと比較して作業手順が少ない付加系モデルにおいてもダンパー分離モデルと同程度の精度が得られることが確認できた。
- その2ではダンパー配置が不均一な場合の検討を行う。

参考文献

- 1) 石井正人・笠井和彦：多層制振構造の時刻歴解析に用いるせん断棒モデルの提案，日本建築学会構造系論文集，NO.647，pp103-112，201.1
- 2) パッシブ制振構造 設計・施工マニュアル 第2版，日本免震構造協会，2007

表1 基本モデル固有周期

	立体	付加系	ダンパー分離
固有周期(s)			
1次	1.247	1.236	1.258
2次	0.447	0.457	0.465

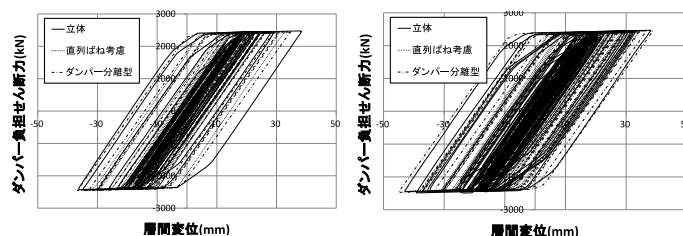


図6 間柱ダンパー履歴（左：EICentroNS、右：告示乱数）

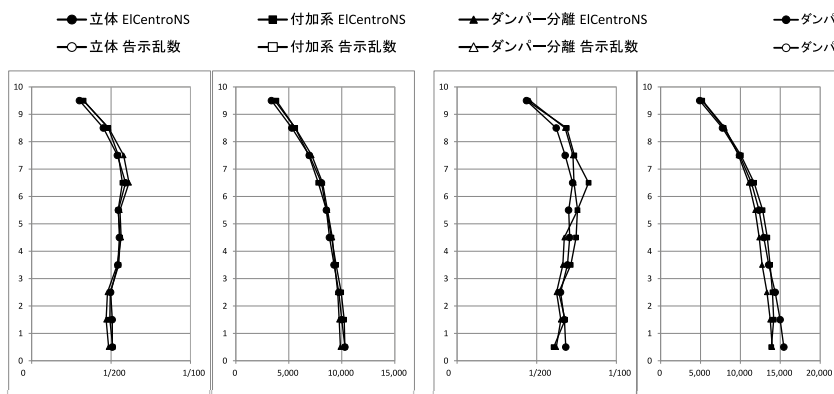


図7 ダンパー50% EICentroNS

図9 ダンパー150% EICentroNS

（左：層間変形角(rad)、右：層せん断力(kN)）（左：層間変形角(rad)、右：層せん断力(kN)）

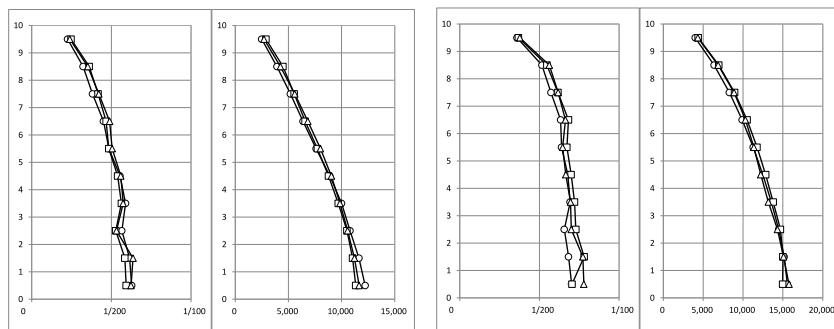


図8 ダンパー50% 告示乱数

図10 ダンパー150% 告示乱数

（左：層間変形角(rad)、右：層せん断力(kN)）（左：層間変形角(rad)、右：層せん断力(kN)）（左：層間変形角、右：層せん断力）

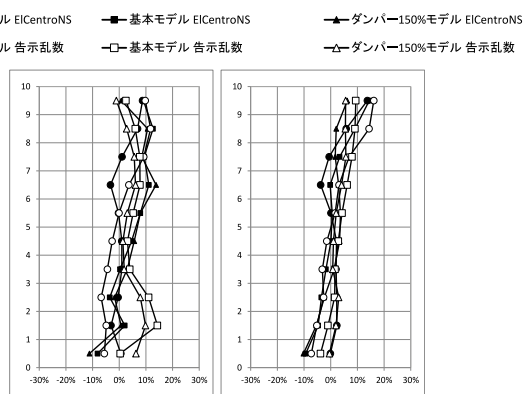


図11 付加系モデルと立体モデルの誤差

（左：層間変形角、右：層せん断力）

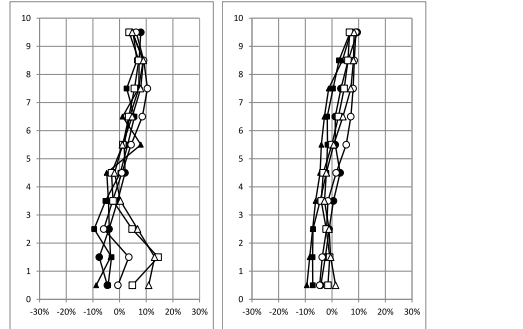


図12 ダンパー分離と立体モデルの誤差

*1 構造計画研究所

*KOZO KEIKAKU ENGINEERING

間柱型制振構造の多質点系振動モデル化に対する適用性の検討

その 2 ダンパー配置の不均一さと適合限界に対する検証

制振構造 時刻歴応答解析 間柱型ダンパー
質点系解析 立体振動解析

正会員○會田裕昌*1

同 鈴木 壮*1

同 梁川幸盛*1

同 宇佐美祐人*1

同 木村まどか*1

1. はじめに

その 1 に引き続き、その 2 では意匠計画や設備計画の関係から特定の階にダンパーを取り付けられない場合、同一層内で一本あたりのダンパー容量が不均一になる場合などを想定し、パラメータスタディを行う際に初期に作成したモデルがどの程度まで適合範囲と呼べる精度を保てるかを検証する。

2. 検討対象建物と検討地震波

検討対象建物、および入力地震波はその 1 同様とする。ダンパーのモデル化は間柱ダンパーの $Q-\delta$ のみ抜き出した等価せん断ばねモデル（以下、分離モデル）、および石井・笠井らの論文（参考文献*1）による状態 N と状態 R より求める付加剛性を考慮した直列ばねモデルとした（以下、付加系モデルと呼ぶ）。付加系モデルでは、いずれも全ての箇所に間柱制振ブレースを配置するものとして荷重増分解析を行ったスケルトンモデルを使いまわすものとする。

3. 階ごとのダンパー量の変化による影響

極端な例として特定層のダンパーを取り払った場合を考え、以下の配置ケースでスタディを行った。

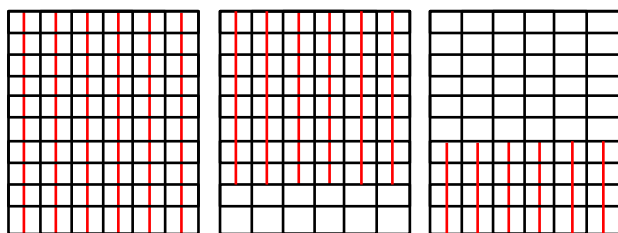


図 1 階ごとにダンパーが異なる場合の配置例

図 2、3 に下 2 層のダンパーを抜いた場合と、4 層より上を抜いた場合の応答値を示す。誤差は下 2 層抜きケースで層間変形角、せん断力とも付加系・分離によらず 10% 程度、4 層より上抜きケースでは層塑性率が 1.5 程度まで達した層は 18% と誤差が大きいものの、それ以外では 10% 以内の誤差に納まっている。

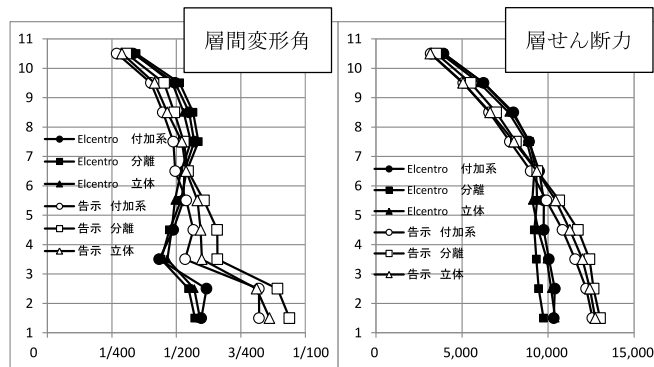


図 2 下 2 層を抜いた場合の応答値

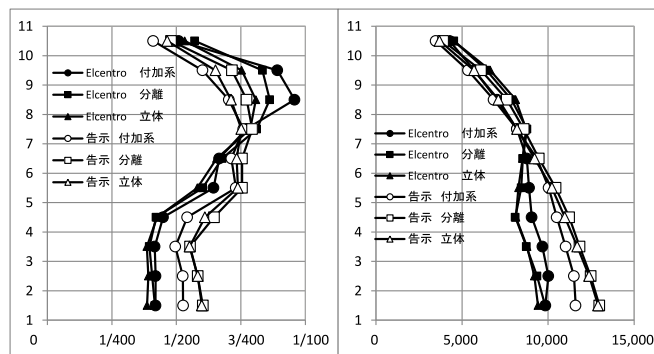


図 3 4 層より上を抜いた場合の応答値

4. 同一層内におけるダンパー量の偏りの影響

ある層のダンパー量が決定された後、状況によっては均等にダンパー量を割り振ることができない場合も考えられる。図に示すような配置例としてダンパー量の総量は一定に左右のダンパー量が 2:1、および 3:1 になるように調整する。このような場合、層内で取り付け剛性を平均化する付加系モデルではどの程度から誤差が生じるのかを検証する。

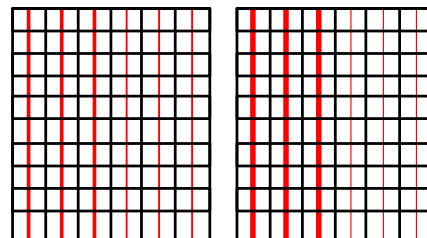


図 4 同一層内でダンパー量が不均一になる配置例

Study of applicability to multi-degree of freedom system modeling of a stud type seismic control structure (Part2 verification to the unevenness of damper distribution and conformity limit)

AIDA Hiromasa, SUZUKI Sou
YANAGAWA Yukimori, USAMI Masato
, KIMURA Madoka

表1 左：右で3：1のダンパー量の解析結果

階	Elcentro NS			分離型		
	変形角	せん断力	層塑性率	変形角	せん断力	層塑性率
10	28.7%	38.2%	0.80	2.3%	4.9%	0.72
9	26.5%	28.8%	1.06	8.6%	4.3%	0.78
8	18.2%	18.8%	1.00	5.4%	2.4%	0.87
7	14.1%	14.5%	0.97	3.9%	1.2%	0.86
6	13.4%	14.7%	0.94	2.3%	1.1%	0.86
5	13.1%	14.7%	0.89	3.3%	2.0%	0.80
4	9.9%	11.2%	0.85	-1.2%	-2.4%	0.77
3	9.1%	9.4%	0.84	-3.3%	-4.7%	0.75
2	10.8%	7.9%	0.83	-5.2%	-6.3%	0.72
1	8.1%	3.8%	0.82	-7.5%	-7.7%	0.70

付加系は主架構はほとんど弾性にも関わらず、3：1のケースでは最大で変形角が28.7%、2：1のケースでも21.0%と無視できない誤差となった。

5. 主架構の塑性化による影響

参考文献1)によると、付加剛性の適合範囲は主架構に過大な塑性変形が生じない概ね弾性範囲内であるとしている。しかしながら、パラメータスタディの際には層によっては変形が集中して少なくない塑性化が考えられ、その時にどの程度立体解析と誤差が生じるのかを把握しておくことは重要である。

そこで入力地震動を主架構が塑性化しない程度の入力レベルから層塑性率2程度まで倍率をかけてスタディを行う。採用波はElcentro NSと告示波乱数を用いた。

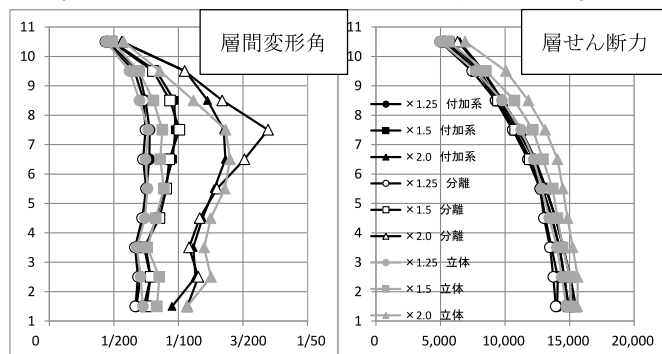


図5 各入力レベルにおける応答値 (Elcentro NS)

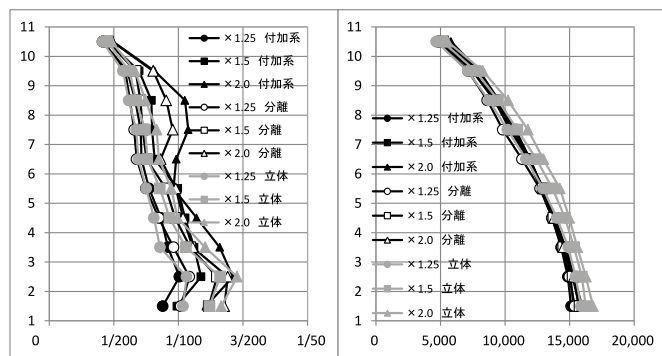


図6 各入力レベルにおける応答値 (告示波乱数)

6. 考察とまとめ

6.1 階ごとのダンパー量が大きく異なる場合

付加系でモデル作成時に予め配置を計画していた箇所にダンパーを入れなくても10%程度の誤差であるので影響度はあまり大きくないと考えられる。ただし、主架構の塑性化が進行している場合はそちらの影響が大きくなるので注意が必要である。

6.2 同一層内でダンパー量が不均一になる場合

付加系ではダンパー量が多い柱の剛性が過小評価され、ダンパー量が少ない柱の剛性は過大評価されるようになるため、立体解析との差が大きく出やすい。特に層せん断力に対してダンパー量の比率が大きくなりやすい上層部分ほど誤差が大きくなる傾向がある。

6.3 層の塑性率による変化

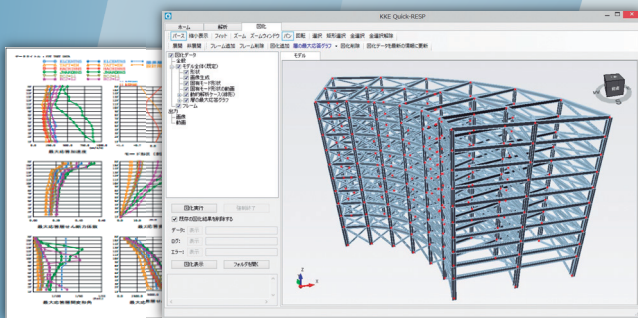
付加系ではダンパーの取り付け剛性を弾性としているため主架構の塑性化が進むほど誤差が大きくなることは予想できるが、層塑性率で1.3程度までであれば誤差は概ね10%程度に納まり、配置検討において各層ダンパー量の目安をつけるパラスタ程度であれば許容レベルにあると言える。ただし、付加系、分離型のいずれにおいてもAi分布仮定で求めた剛性であるため、やはり高次モードが大きく出る場合には通常より誤差を大きく見積もる必要があると考えられる。

参考文献

- 1) 石井正人・笠井和彦：多層制振構造の時刻歴解析に用いるせん断棒モデルの提案，日本建築学会構造系論文集，NO.647，pp103-112，201.1
- 2) パッシブ制振構造 設計・施工マニュアル 第2版，日本免震構造協会，2007

表2 主架構の層塑性率と応答値の誤差

Elcentro NS 入力レベル1.25						
階	付加系			分離型		
	変形角	せん断力	層塑性率	変形角	せん断力	層塑性率
10	1.7%	6.3%	0.85	-1.5%	-0.2%	0.82
9	11.5%	1.7%	1.18	6.0%	-3.6%	1.12
8	6.7%	-5.1%	1.11	4.5%	-4.9%	1.09
7	1.2%	-5.7%	1.07	-2.9%	-5.7%	1.03
6	3.9%	-3.5%	1.09	-2.6%	-3.7%	1.02
5	-1.1%	-0.7%	1.00	-1.4%	-0.8%	0.99
4	-1.8%	-2.2%	0.96	-3.0%	-3.0%	0.95
3	-0.9%	-3.1%	0.94	-2.2%	-3.9%	0.93
2	0.0%	-2.2%	0.96	-2.8%	-4.5%	0.93
1	-7.0%	-4.8%	0.93	-8.1%	-5.5%	0.92
Elcentro NS 入力レベル1.5						
階	付加系			分離型		
	変形角	せん断力	層塑性率	変形角	せん断力	層塑性率
10	0.6%	2.5%	0.93	-1.2%	-2.4%	0.91
9	19.6%	-5.7%	1.41	15.8%	-8.5%	1.37
8	20.0%	-11.9%	1.44	16.0%	-11.8%	1.39
7	11.6%	-11.6%	1.35	15.1%	-11.2%	1.39
6	11.1%	-7.8%	1.34	8.2%	-7.8%	1.30
5	0.6%	-5.9%	1.18	2.1%	-5.7%	1.20
4	0.6%	-3.2%	1.09	3.6%	-2.9%	1.13
3	-1.5%	-1.7%	1.05	-3.3%	-1.6%	1.03
2	-8.0%	-2.9%	1.06	-7.9%	-3.1%	1.06
1	-12.2%	-1.8%	1.01	-9.9%	-1.4%	1.04
Elcentro NS 入力レベル2.0						
階	付加系			分離型		
	変形角	せん断力	層塑性率	変形角	せん断力	層塑性率
10	-3.4%	-6.0%	1.05	-2.3%	-8.4%	1.06
9	23.0%	-17.3%	1.79	22.5%	-17.3%	1.79
8	9.8%	-18.3%	1.83	20.0%	-17.1%	2.00
7	-1.1%	-16.2%	1.86	24.0%	-14.2%	2.34
6	-2.5%	-13.1%	1.91	8.0%	-12.2%	2.12
5	-6.0%	-9.2%	1.69	-4.5%	-8.9%	1.72
4	-5.1%	-6.2%	1.57	-6.8%	-6.2%	1.54
3	-7.1%	-4.8%	1.56	-9.8%	-4.8%	1.52
2	-9.5%	-3.9%	1.53	-7.8%	-3.6%	1.56
1	-10.9%	-2.3%	1.31	0.1%	-0.8%	1.47
告示波乱数 入力レベル0.75						
階	付加系			分離型		
	変形角	せん断力	層塑性率	変形角	せん断力	層塑性率
10	0.6%	4.6%	0.78	1.0%	1.8%	0.79
9	5.9%	5.3%	1.03	2.9%	0.3%	1.00
8	8.4%	4.6%	0.99	1.6%	-1.6%	0.93
7	5.2%	2.1%	0.98	-2.4%	-3.5%	0.91
6	3.5%	1.1%	1.00	-2.0%	-2.8%	0.95
5	3.0%	-1.1%	1.02	-0.2%	-1.8%	0.99
4	6.8%	-2.7%	1.14	4.6%	-2.7%	1.12
3	7.2%	-3.8%	1.29	12.1%	-3.4%	1.35
2	-11.1%	-5.5%	1.36	2.0%	-3.2%	1.47
1	-15.2%	-4.8%	1.21	-1.7%	-3.1%	1.40
告示波乱数 入力レベル1.0						
階	付加系			分離型		
	変形角	せん断力	層塑性率	変形角	せん断力	層塑性率
10	0.4%	3.4%	0.86	1.2%	1.0%	0.86
9	12.4%	1.7%	1.18	8.0%	-3.1%	1.14
8	17.6%	-1.6%	1.18	4.9%	-2.3%	1.05
7	7.3%	-3.0%	1.10	-2.4%	-3.4%	1.00
6	7.4%	-4.8%	1.14	-1.4%	-5.1%	1.05
5	16.1%	-5.4%	1.32	5.5%	-5.7%	1.20
4	12.8%	-5.8%	1.39	4.5%	-6.1%	1.28
3	5.9%	-5.4%	1.57	3.2%	-5.4%	1.53
2	-11.1%	-5.5%	1.59	-1.8%	-4.5%	1.76
1	-20.3%	-5.8%	1.36	-0.4%	-2.9%	1.70
告示波乱数 入力レベル1.25						
階	付加系			分離型		
	変形角	せん断力	層塑性率	変形角	せん断力	層塑性率
10	2.3%	4.6%	0.93	1.0%	0.1%	0.92
9	23.0%	-3.1%	1.39	21.2%	-5.8%	1.37
8	41.1%	-6.9%	1.67	21.7%	-7.8%	1.35
7	29.4%	-8.1%	1.49	15.1%	-9.6%	1.32
6	15.8%	-7.3%	1.38	1.6%	-8.4%	1.21
5	1.8%	-9.3%	1.27	3.7%	-9.0%	1.30
4	14.9%	-7.3%	1.51	4.4%	-7.8%	1.37
3	9.4%	-5.9%	1.85	-8.0%	-6.9%	1.56
2	-2.2%	-5.6%	1.92	-5.0%	-5.7%	1.87
1	-8.9%	-6.7%	1.67	1.7%	-5.0%	1.87



簡易振動解析ツール Quick-RESP

- ・施主説明用に地震時建物挙動アニメーションを作成したい。
- ・確認検査機関から立体振動解析による妥当性確認を求められて困っている。

こんなお悩みをスピーティに解決します。

こんなことで悩んでいませんか？

- ・確認検査機関から、ねじれが大きい低層建物の設計に関して、**立体振動解析**による妥当性確認を求められた。
- ・大きな床開口を有する建物の設計に関して、確認検査機関から**立体振動解析**による妥当性確認を求められた。
- ・施主から地震時の建物挙動を**アニメーション**で見せてほしいと頼まれた。
- ・低層建物の設計コンペで、意匠事務所から**地震アニメーション**の作成を依頼された。
- ・質点系モデルの検討で設計を行ったが、追加検討対応で**立体振動解析**を実施しなければならなくなった。

- ・簡単に立体振動解析を実施したい。
- ・立体振動解析プログラムは多機能すぎて使いこなせる自信がない。
- ・最小限の手間で応答結果を得たい。
- ・出力はアニメーションと最大最大応答値が確認できれば程度十分。
- ・手元にあるデータをベースに変換してできれば楽なのに…



こんな声にお応えしたくて作られた簡易立体振動解析ツール。
それが「Quick-RESP」です。

「Quick-RESP」の運用イメージ

(株)構造計画研究所
STAN/3D
RESP-F3T

ユニオンシステム(株)
Super Build / SS3 CSV

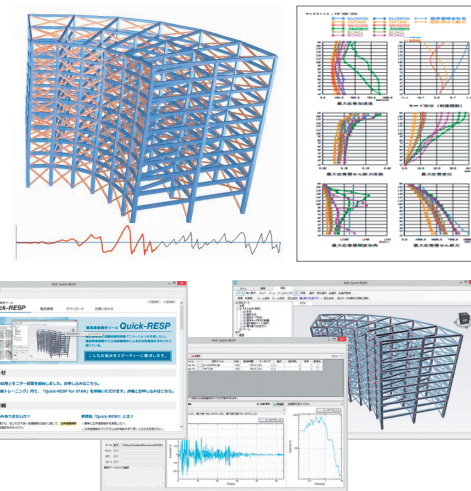
その他の構造データ
(順次対応予定)

(株)構造計画研究所
Quick-RESP

【入力】
地震波の指定など
最低限のデータのみ追加

【出力】
・固有モード
・最大応答値
・応答アニメーション など

※変換元データにより出力制限があります。



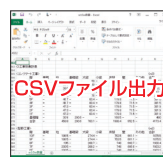
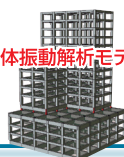
※Quick-RESPは(株)構造計画研究所の開発商品です。
他社様へのお問い合わせはご遠慮ください。

時刻歴応答解析による設計を支援する統合構造計算プログラム

RESP-D

躯体数量算出機能を強化しました!!

立体振動解析モデル



・鉄骨数量
・コンクリートボリューム
・鉄筋数量
・型枠数量
部別／階別／材料別／符号別
など 集計対応

詳細は各ホームページをご覧ください。

Quick-RESP ホームページ: <http://www4.kke.co.jp/quick-resp/>

RESP ホームページ: <http://www.kke.co.jp/resp/>

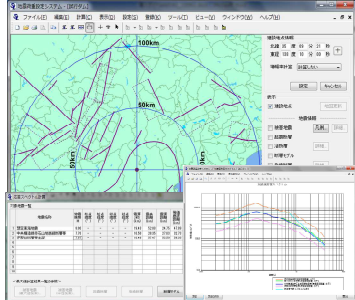
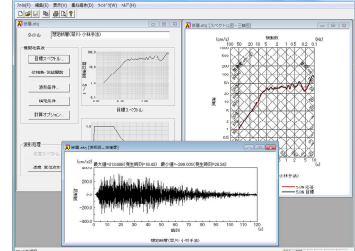
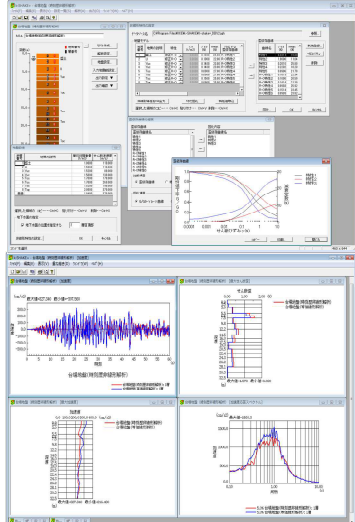
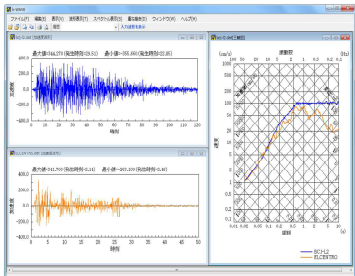
設計用入力地震動作成システム

【設計用入力地震動作成システムとは】

耐震設計に用いる入力地震動を建設地点に応じて作成することができるソフトウェアです。基準・法令等で定められている応答スペクトルに適合する模擬地震波を作成するだけでなく、建設地点周辺の地震環境や地盤特性を考慮した入力地震動を作成することができます。

2014年8月に、SeleSを7.0に、k-SHAKE+・k-WAVEを6.2にバージョンアップし、新機能の追加等を行いました。さらに、全てのパッケージにてWindows 8.x対応を行いました。また、SeleSの被害地震DBを更新し、2014年6月までに発生した地震を追加収録しました。

【各パッケージの機能概要と販売価格】

パッケージ名	概要
地震荷重設定システム SeleS for Windows セレス 販売価格 フル機能版 : 2,100,000円(税抜) 翠川・小林版 : 1,800,000円(税抜) ダム機能版 : 1,800,000円(税抜)	耐震設計の際の地震荷重を設定するために、建設地点周辺の地震環境を検索し、被害地震および活断層によってもたらされる建設地点での地震動強さを評価するシステムです。各種距離減衰式による建設地点での最大振幅計算や再現期待値計算、安中ほか(1997)やH20ダム式による応答スペクトルの計算、断層の拡がりや考慮した翠川・小林手法によるスペクトル評価が可能です。 
模擬地震波作成プログラム ARTEQ for Windows アーテック 販売価格 フル機能版 : 1,000,000円(税抜) 建築限定版 : 700,000円(税抜) 土木限定版 : 500,000円(税抜)	構造物設計用の地震応答スペクトルを設定して、その応答スペクトルに適合する地震波を作成するプログラムです。改正建築基準法の告示1461号や設計用入力地震動作成手法技術指針(案)、道路橋示方書に準拠した目標スペクトル、耐震スペクトル、ダムの照査用下限スペクトル、SeleSで算定した地震応答スペクトル等を設定することが可能です。 
成層地盤の地震応答解析プログラム k-SHAKE+ for Windows ケイシェイク プラス 販売価格 フル機能版 : 800,000円(税抜) 基本機能版 : 500,000円(税抜)	水平方向に半無限に広がる成層地盤を対象とした地震応答解析プログラムです。強震記録波形やARTEQで作成した模擬地震波を入力地震波として与えることが可能です。 ■基本機能 重複反射理論による等価線形解析機能を有します。土の非線形性は歪依存特性により考慮することが可能です。 ■非線形解析機能(フル機能版のみ) 直接積分法による時刻歴非線形解析機能を有します。直接積分法は線形加速度法を用いて、レーリー減衰により粘性減衰を指定することができます。復元力特性として、線形／非線形(Ramberg-Osgoodモデル、Hardin-Drnevichモデル、骨格曲線・履歴曲線を別々に設定する方法)を選択することが可能です。 
波形処理プログラム k-WAVE for Windows ケイウェイブ 販売価格 : 200,000円(税抜)	強震記録波形データやARTEQ、k-SHAKE+で得られた波形データを読み込み、積分・微分・フィルタ処理・中立軸補正処理・各種スペクトル表示を行う波形処理プログラムです。複数の波形に対して行った処理結果を簡単に重ね描き表示することが可能です。また、波形データに対する処理過程を保存することができ、前回終了時の状態から作業を再開することができます。 

常時微動を用いた浅部地下構造探査による地盤構造の推定 -秦野盆地を対象として-

落合努¹⁾、先名重樹²⁾、馬赫³⁾、犬伏徹志⁴⁾、荏本孝久⁵⁾

1) 構造計画研究所 工修

e-mail : tsutomu-ochiai@kke.co.jp

2) 防災科学技術研究所 工博

e-mail : senna@bosai.go.jp

3) 神奈川大学大学院工学研究科建築学専攻

e-mail : r201470146um@kanagawa-u.ac.jp

4) 神奈川大学工学部建築学科 助手 工修

e-mail : inubushi@kanagawa-u.ac.jp

5) 神奈川大学工学部建築学科 教授 工博

e-mail : enomot01@kanagawa-u.ac.jp

要 約

常時微動を用いた極小アレイ観測により、秦野盆地の二次元地盤構造の推定を行った。また、極小アレイの結果と、ボーリング柱状図や単点微動の結果を比較し、その適用性についても確認を行った。作成した二次元地盤モデルにより、表層のローム層の分布状態が確認できたとともに、複数の速度構造のギャップが推定できた。今後は、観測密度を増やすとともに、他の情報（断層、地下水、強震記録、他）などを総合的に勘案した三次元地盤モデルの構築を試み、地下水の流動や地震動予測など多く事象の検討が可能な、単一の地下構造モデルとなるよう精度向上を図りたい。

キーワード： 常時微動、極小アレイ、CCA法、H/Vスペクトル比、二次元地盤構造

1. はじめに

地震動や地震被害は、対象地点の地盤特性や地震動の伝播特性によって大きく異なることはよく知られている。また、IT技術や解析技術の発達により地震動推定精度が日々向上し、推定のための基本的な情報である詳細な地盤構造を把握する重要性は、これまで以上に高くなっている。

二次元あるいは三次元の地盤構造は、複数の地点でボーリング調査を実施し、地質・地形や堆積環境などを考慮しながら推定するのが一般的である。しかし、この方法は費用・時間等で大きな投資を要すると共に、地形・地質等の高度な専門技術が必要となる。一方、表層の地盤構造を簡便に推定する手法の一つとして、常時微動を用いる方法がある。特に、複数の微動計で同時に観測するアレイ観測は、地盤の速度構造を簡便に推定できる有力な方法である。

ここでは、神奈川県秦野市（秦野盆地）を対象に、先名、他（2013）¹⁾による微動の極小アレイを用いて二次元地盤構造を推定するとともに、ボーリング柱状図から得られる地盤構造や既往の単点微動観測結果との比較を行う。

2. 秦野市の地形・地質概要²⁾

秦野市は神奈川県中央部のやや西側に位置し、東西に約14km、南北に約13kmの広さがあり、市南部には県内唯一の盆地でもある秦野盆地がある。秦野盆地は、北は丹沢山地、南には大磯丘陵があり、大磯丘陵とは東西に走る渋沢断層で境されている。

秦野盆地内には、中央部に塔ノ岳に源を発する水無川、その東に三ノ塔からの葛葉川、山塊東部のヤビツ峠方面からの金目川が流れる。盆地内はこれらの河川によってつくられた扇状地で、その堆積面はほぼ二段の段丘面を作っている。盆地を構成する地層は、扇状地性の礫層とローム層からなり、海成層は全く存在しない。扇状地面でもある盆地床は、地下水位が低く、水田耕作などはほとんど見られない。

荏本、他（2007）³⁾で作成した50mメッシュの微地形区分図を図1に示す。秦野盆地は、北側を新第三紀、南側を丘陵地に囲まれている。盆地内は、扇状地を主とし、盆地中央付近に谷底平野やローム台地、人工改変地が確認でき、地形概要とよく一致している。

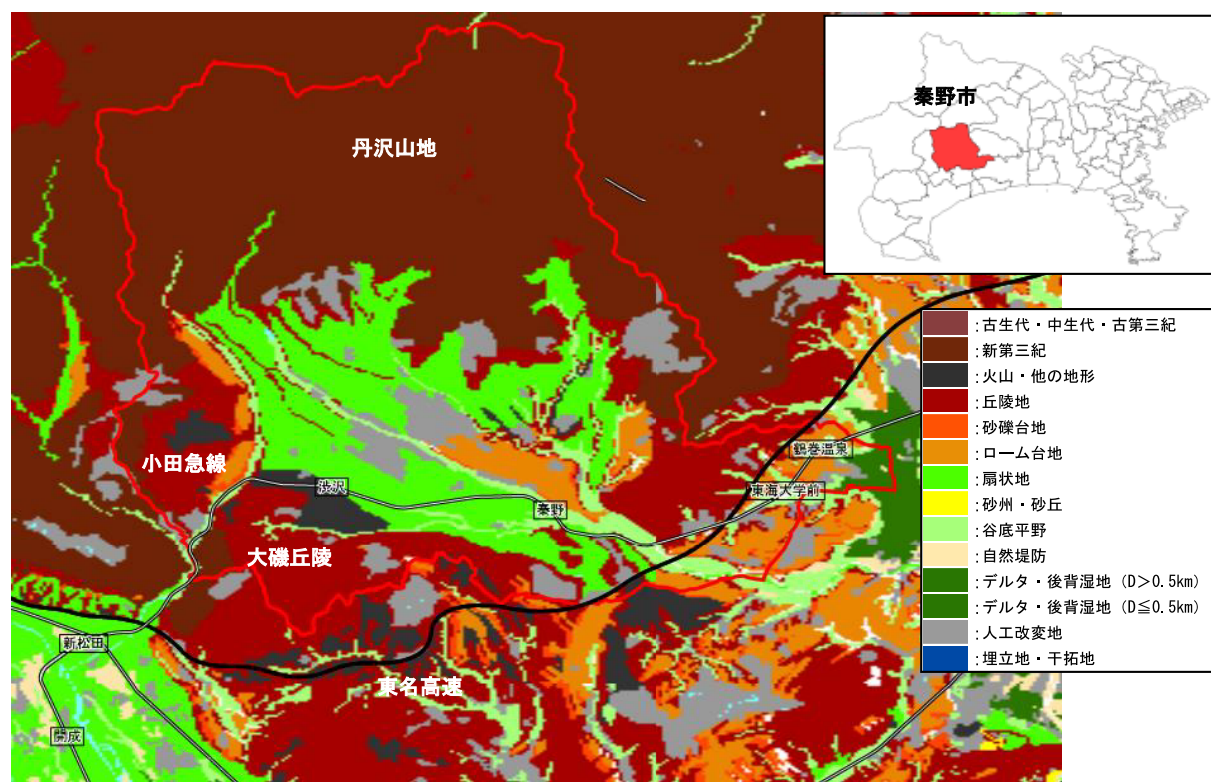


図 1 秦野盆地周辺の微地形区分

3. 収集データと観測結果

3.1 ボーリングデータ

秦野市内のボーリングデータの収集、整理を行った。ボーリングデータの多くは、市中心部の盆地内（扇状地、ローム台地及び谷底平野）に集中している（図2）。

盆地中央付近のボーリング柱状図（簡易柱状図）の例を図3に示す。ボーリング柱状図からも、「地形・地質概要」で記載した特性である盆地内は扇状地性の礫層とローム層が互層状を呈していることが確認され、火山噴火による火山灰や火成岩の堆積、河川等による山地からの土砂の流入など、複雑な地形形成過程を経ていることが推定できる。

なお、ボーリングデータは、構造物の設計を目的に行ったと推定されるものが大部分である。秦野盆地は、浅部の段丘堆積物が比較的硬質でN値50以上に達する地点が多く、その下部の地盤情報は少ない

3.2 単点微動観測結果

(1) 方法

単点微動観測は、秦野盆地を中心に約250m×250mメッシュで観測を行った。1地点で3分間、サンプリング周波数100Hzにて観測を行い、交通振動等の外乱が大きい部分を除いてフーリエスペクトルを求め、H/Vスペクトル比から卓越周期を求めた。

(2) 結果

単点微動観測結果から得られた卓越周期分布を図2に示す。全体に、盆地東部で周期が長く、卓越周期は0.6s~0.8sとなった。盆地内部では0.2s~0.5sとややばらつきが大きい、盆地周辺部では一部特異な点を確認されるものの、概ね卓越周期は0.3s程度であった。また、盆地東部の小田急線鶴巻温泉駅や東海大学前駅付近は、卓越周期が0.8s~1.0sと特に長い。

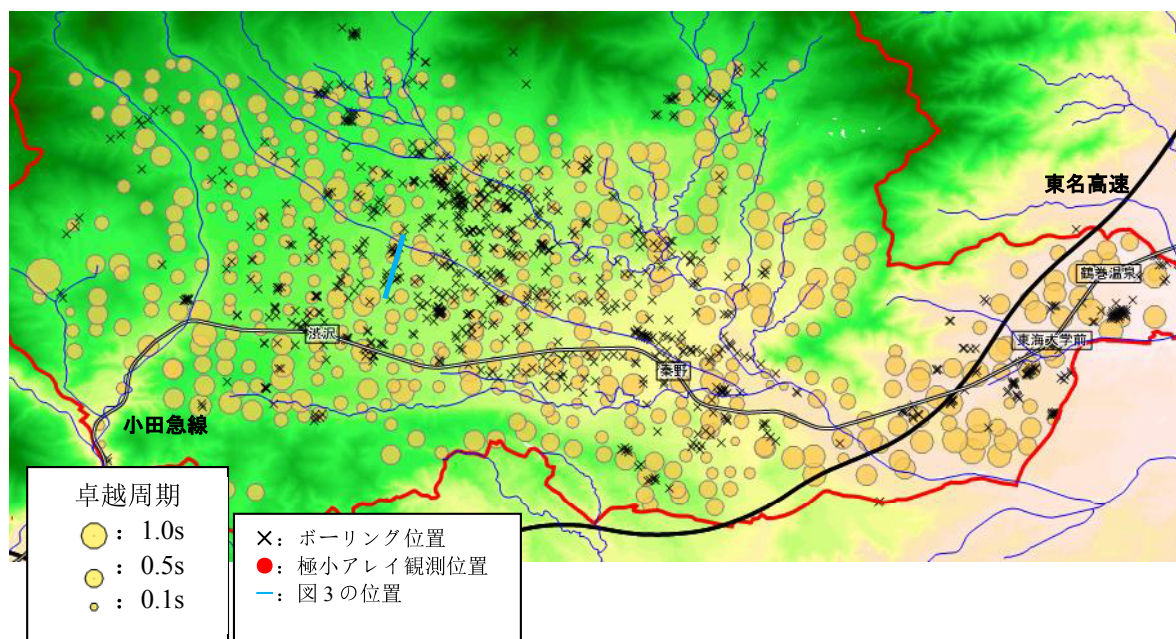


図2 ボーリング柱状図の位置と単点微動による卓越周期分布

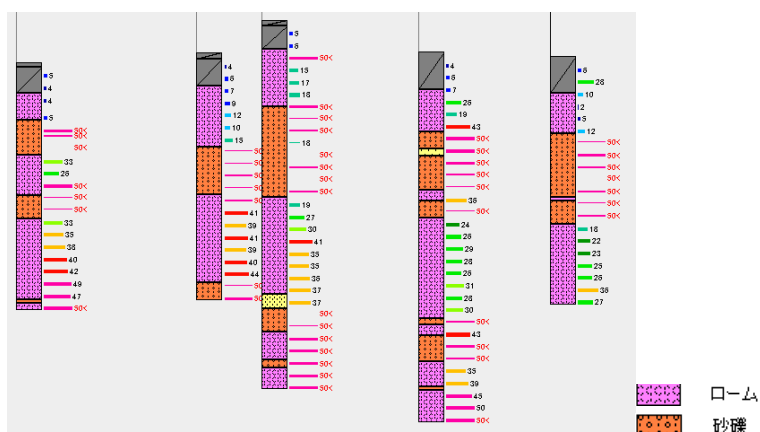


図3 ボーリング柱状図（簡易柱状図）の例

3.3 極小微動アレイ観測結果

(1) 方法

微動の極小アレイ観測は、先名、他（2013）³⁾によって検討されている手法であり、近年「観測や解析の簡易化」や「観測手法の高度化」が進められている（長、他（2013）⁴⁾）。特に「観測や解析の簡易化」を進められたことによって、専門家以外でも容易に実施が可能であり、今後多く地域で観測が進められることが予想される。観測や解析手法の詳細は文献1)、4)に記載の通りだが、概要を以下より示す。

極小アレイは $R=60\text{cm}$ 、 $\theta=120^\circ$ と人が両手を広げた程度のスペースで測定可能である（図4）。各微動計はGPSによって時刻の同期がとられ、1箇所につき15分の観測を実施した。観測中は無線LANを介してモニタリングが可能で正しく観測できているか確認を行った。

解析は、分散曲線の直接変換によるS波速度構造を求める方法（Simple Profiling Meshod、以下SPM）と、簡易逆解析によって層構造のS波速度構造まで求める方法（Simple Inversion Meshod、以下SIM）の2種類を実施した。

観測は秦野盆地内で井桁状南北方向に6測線、東西方向に3測線、概ね200m~300m間隔で実施した。観測位置は、図7の二次元地盤構造の図に併記している。なお、単点微動観測によって、卓越周期が長いことが確認されている盆地東部の小田急線鶴巻温泉駅や東海大学前駅付近についても観測を実施しているが、分析が不十分のため本報告では割愛する。

(2) 結果

観測結果の詳細は4章で他の結果との比較と合わせて示すが、ここでは位相速度の一例を図4に示す。解析結果から、各周波数による位相速度を自動的に読み取る仕組みとなっている。

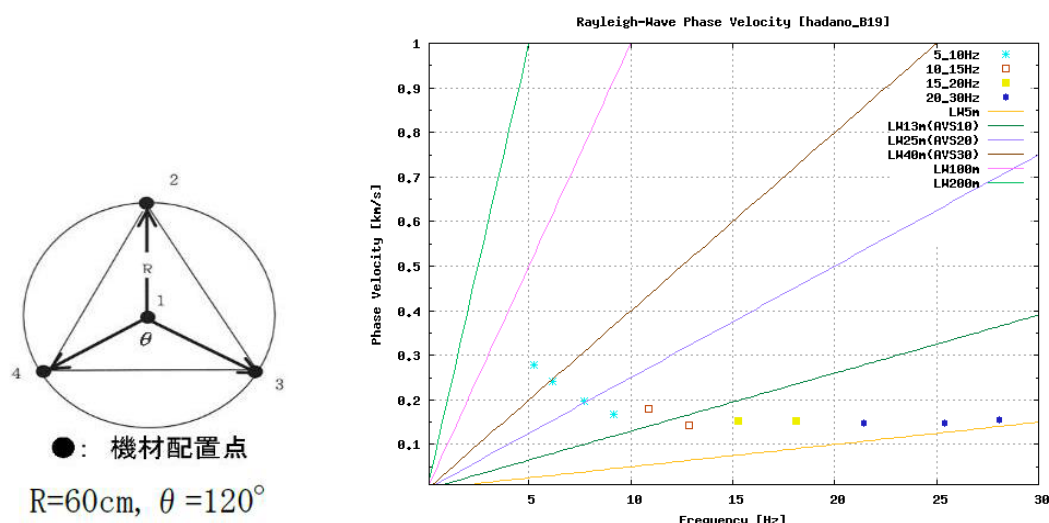


図4 極小アレイの観測機器の配置と結果から得られる位相速度の例（B地点）

4. 観測結果の比較・整理

4.1 ボーリング柱状図と極小アレイ観測結果の比較

ボーリング柱状図から得られたN値等から太田、後藤（1978）⁵⁾によりS波速度構造を推定した。代表的な5地点の推定結果（Bor）を図4に示す。図には付近で観測した極小アレイの観測結果（SPM、SIM）から得られたS波速度構造も併記している。

地表付近の不均質性等によるバラツキを無視すると、ボーリングによるS波構造（Bor）と極小アレイによるSPMは非常に良く一致している。一方、極小アレイによるSIMは、下部で一部かい離が大きい。詳細な原因は現在検討中であるが、逆解析を実施した際の層区分で再検討等が必要であると考えられる。

4.2 単点微動観測結果と極小アレイ観測結果の比較

前述したボーリング柱状図から算出した伝達関数（Bor_ratio）と極小アレイによる地盤構造（SIM）から算出した伝達関数（array_ratio）と、付近の単点微動から得られたH/Vスペクトル比（H/V_ratio）を重ねたものを図6に示す（ただし、各観測点は近接しているが同一地点ではない）。

部分的にピークのずれはあるものの、共通のピークの確認は可能である（▼印）。単点微動の一次ピークが、他の結果でとらえられていない地点（A地点やB地点）は、ボーリングや極小アレイでモデル化した深度より深い地盤構造の影響であると推測される。また、E地点で極小アレイと他の結果との整合があまり良くない。前節と同様、SIMを実施する際の地層境界に再度検討の必要であると思われる。

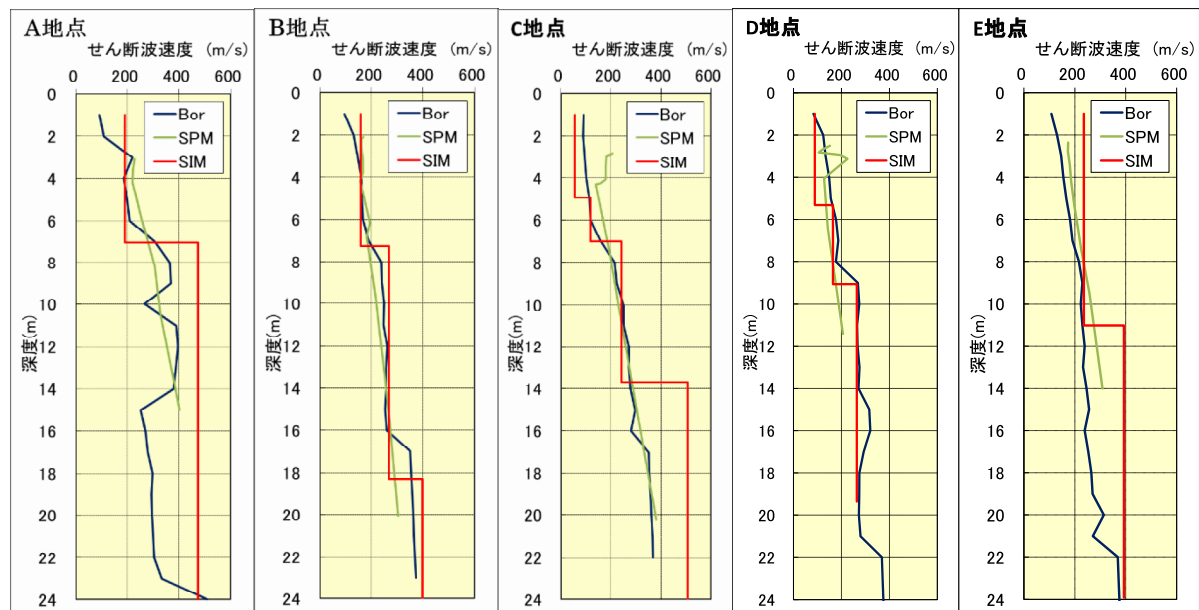


図 5 ボーリング (Bor) 及び極小アレイによるS波速度構造 (SPM、SIM)

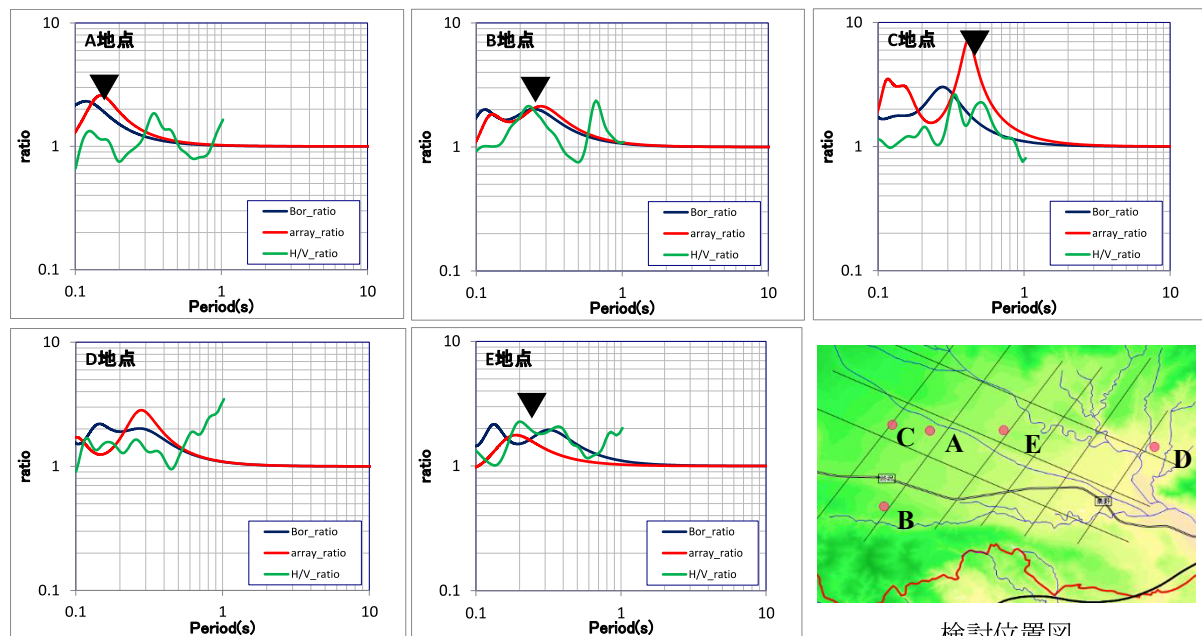
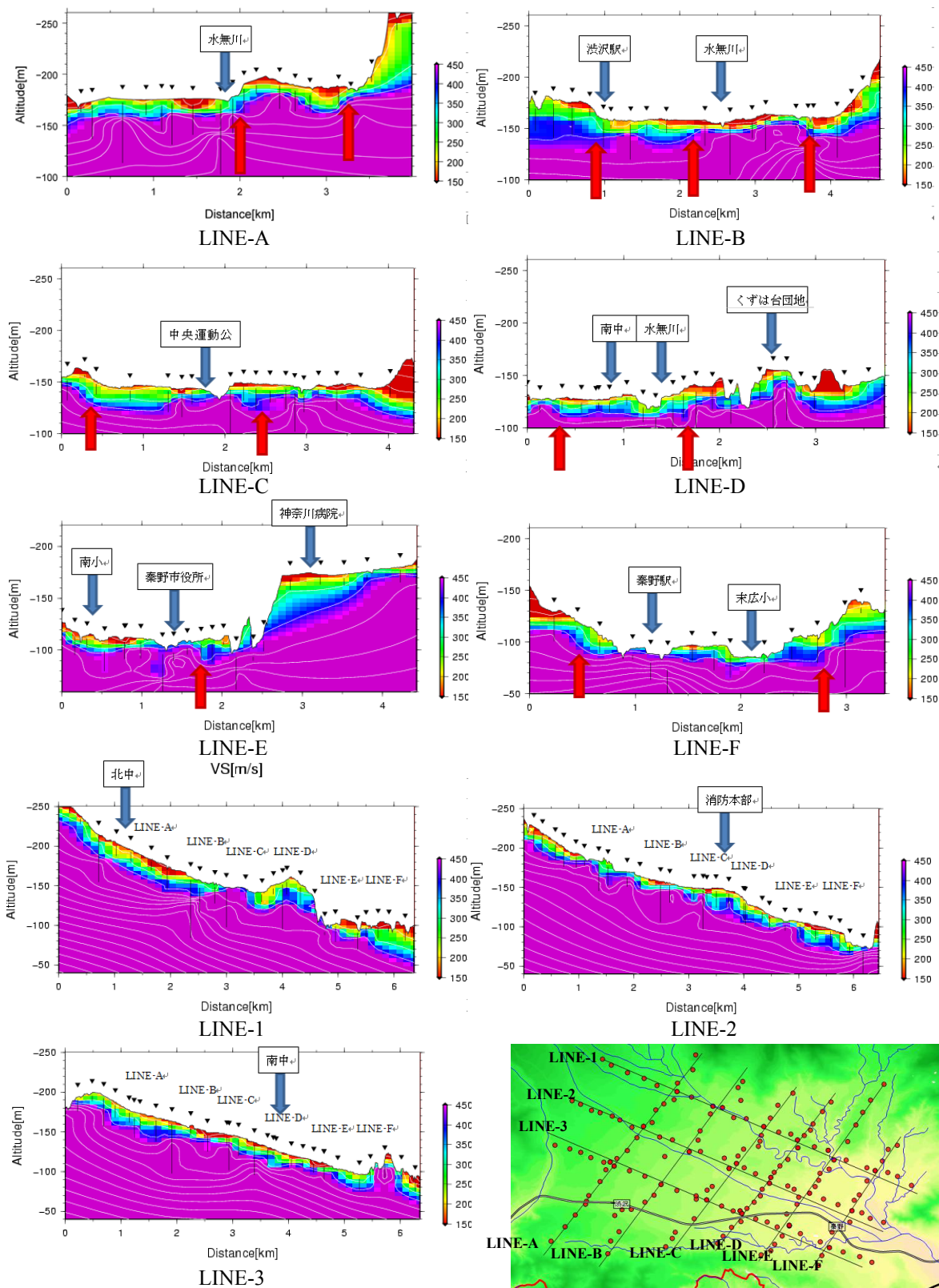


図 6 ボーリング及び極小アレイ (SIM) による伝達関数と単点微動のH/Vスペクトル比



↑: 速度構造のギャップ

図7 各側線の二次元地盤構造

4.3 二次元地盤モデルの作成

極小アレイから得られた地盤構造を連続的に並べ、二次元地盤モデルを推定した。作成した地盤モデルを図 7 に示す。

図より、秦野盆地は地表面付近に S 波速度 100~200m/s の層（ローム層主体）が広く分布しているが、河川に沿ってローム層の欠如（浸食）が認められる。ローム層の層厚は地域によって変化し、場所によっては 20m 程度と厚く堆積している状況が確認できる。

また、図には解析から推測される速度構造のギャップも併記している（赤矢印）。ギャップの位置は、一部既知の断層線と対応しているが、断層が知られていない地点でもギャップが確認された。これらの詳細については、今後さらなる検討課題とする。

5. まとめ

神奈川県秦野市（秦野盆地）を対象に、微動の極小アレイを用いて二次元地盤構造を推定するとともに、ボーリング柱状図から得られる地盤構造や既往の単点微動観測結果との比較を行った。

極小アレイによる地盤構造と、ボーリング柱状図から得られる地盤構造の比較では、層区分の方法等一部で検討の余地はあるものの、全体的に良い一致を示した。極小アレイによる地盤構造から得られた伝達関数と、単点微動観測結果から得られた H/V スペクトル比についても、共通のピークが確認でき概ね良い対応を示している。

極小アレイから得られた地盤構造から二次元地盤モデルを推定し、秦野盆地全体の地盤構造の概要が確認できた。これにより、表層付近のローム層の分布状態が確認でき、また盆地内にはいくつかの速度構造のギャップの存在が推測された。

今後は、観測密度を増やすとともに、他の情報（断層、地下水、強震記録、他）などを総合的に勘案した三次元地盤モデルの構築を試み、地下水の流動や地震動予測など多く事象の検討が可能な、単一の地下構造モデルとなるよう精度向上を図りたい。

【謝辞】

本研究は（公財）住友財団研究助成「地球環境未来都市の水熱エネルギー循環総合マネジメントを実現する手法・ツールの開発（研究代表者：佐土原聡（横浜国立大学））」の成果の一部である。また、観測にあたっては神奈川県温泉地学研究所の宮下雄次氏に多大なご協力をいただいた。ここに記して感謝申し上げます。

【参考文献】

- 1) 先名、他：浅部速度断面を得るための簡便な微動探査 – 関東地方の低地・台地への適用-、物理探査学会第 129 回学術講演会、2013
- 2) 地盤工学会神奈川支部：大いなる神奈川の地盤、2010
- 3) 荏本、他：神奈川県を対象としたデジタル地盤区分図作成に関する研究、日本建築学会大会学術講演梗概集（九州）、2007
- 4) 長、他：微動の H/V スペクトルを用いた S 波速度不連続の概査法の提案、物理探査学会第 129 回学術講演会、2013
- 5) 太田、後藤：横波速度を推定するための実験式とその物理的背景、物理探査 第 31 巻第 1 号、1978

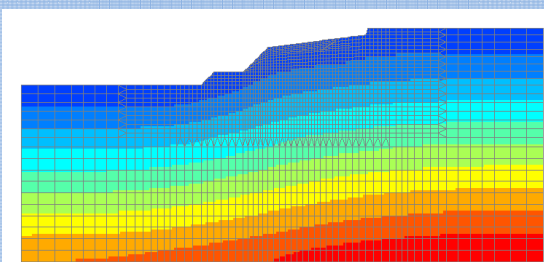
降雨時の地盤安定性問題に対するソリューション

近年、台風や大雨による土砂災害の増加に伴い、斜面や盛土の安定性に対する関心が高まっております。降雨時の地盤安定性を確認することは、災害発生の危険度予測や有効な対策の第一歩となります。

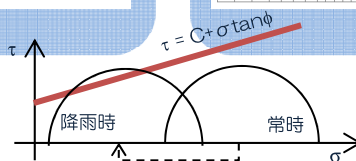
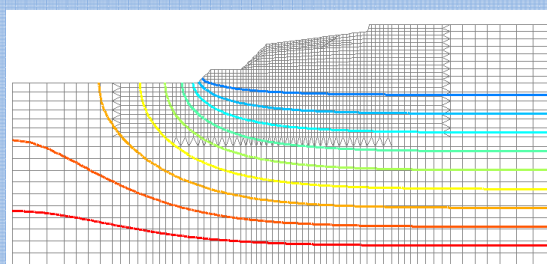
弊社では非定常浸透流解析プログラムをはじめ、すべり安全率・すべり変形量の算出プログラムなど様々な自社開発を積極的に行っております。これにより、浸透流解析結果から降雨時に時々刻々と変化する水圧や水位を把握し、有効応力を用いて想定すべり面の危険度を判定するなど、総合的な検討が実施可能です。

また、永年培ってきた解析コンサルティングの経験と実績に基づき、お客様の目的・予算に応じたモデル化や解析手法のご提案などニーズに合わせた柔軟な対応を行っています。

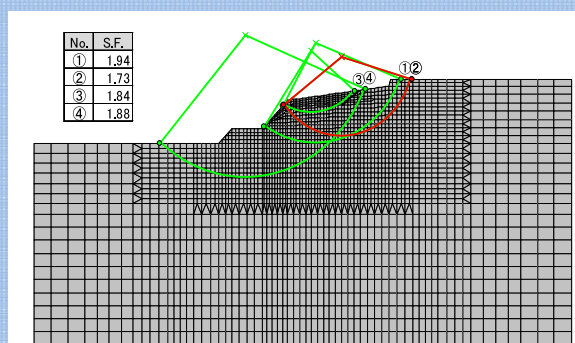
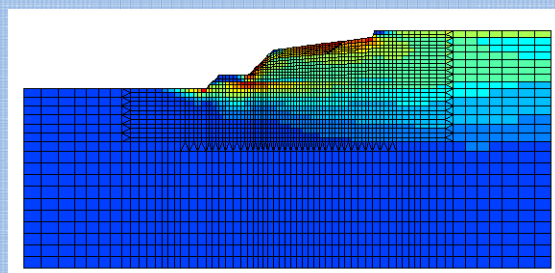
● 平時の応力状態（常時応力解析結果）



● 降雨時の水圧分布（非定常浸透流解析結果）



● 有効応力を用いた斜面安定の検討



🔍 局所安全係数と破壊状況のチェック

🔍 想定したすべり面毎にすべり安全率を時刻歴で算出

実績

降雨時の斜面安定性評価（某コンサルタント）

降雨による地下水位面の変動予測（某コンサルタント）

ロックフィルダムコア部の定常浸透流解析および非定常浸透流解析（二次元と三次元の比較。自社検討）

使用ソフト

UNSAT	二次元飽和-不飽和浸透流解析プログラム（自社開発）
NASKA	二次元応力と浸透流の連成解析プログラム（自社開発）
POST-S	二次元すべり安全率・すべり変形量の算出プログラム（自社開発）
GEOACE	三次元土水連成FEM解析プログラム（他社と共同開発）

液状化問題に対するソリューション

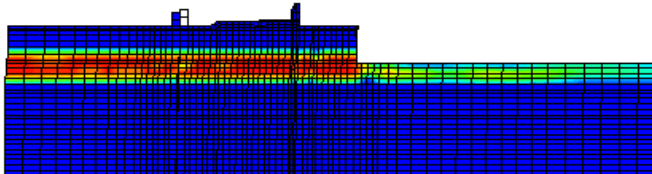
護岸および河川堤防などは、防災上重要な土木構造物です。これらは大地震時に背後地盤の変形や液状化により地盤が大きく変状することが予想され、防災対策として現状の変形、沈下を把握すること、および対策工による効果を検討することが重要です。

また、住宅地、工場敷地内の地盤が液状化することにより、地盤沈下、インフラとして重要な地中構造物の破損、工場施設の破損などを引き起こし住民生活、事業継続に対して大きな被害が生じます。これら防災対策の検討を行う上で、地盤と構造物をともに考慮した解析モデルによる有効応力非線形解析が有効です。

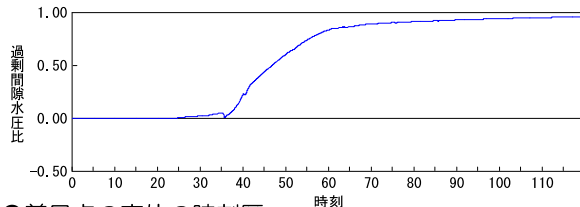
弊社では、自社開発の有効応力非線形解析プログラムの他に、各種解析プログラムを使用した解析にとりこんでおります。予測された地震動強さと地盤種別から簡便的に評価する方法から有効応力解析に基づく方法まで、検討内容に応じた解析手法、解析ツールを選択し対応いたします。

■海岸付近の地盤における液状化検討事例

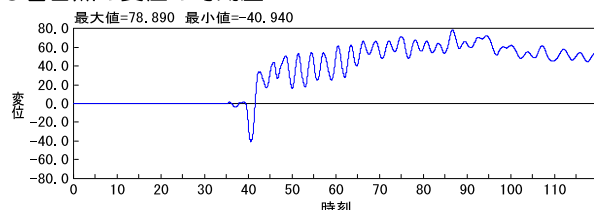
●過剰間隙水圧比コンター図



●過剰間隙水圧比の時刻歴

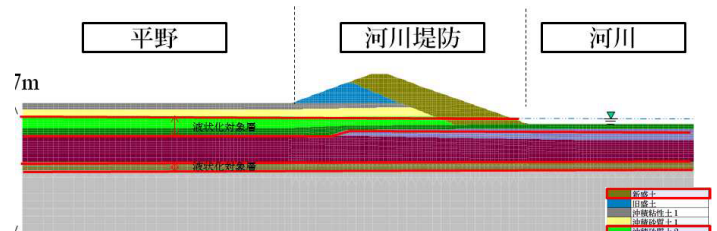


●着目点の変位の時刻歴

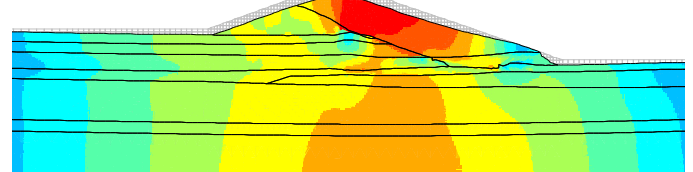


■FEMにより河川堤防の液状化による挙動をシミュレーション

●解析モデル図(全体)

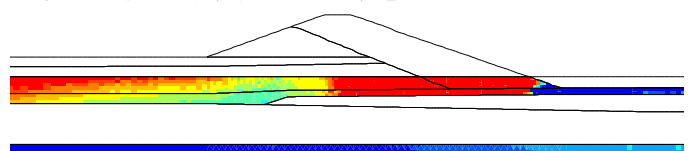


●変形コンター図(拡大)



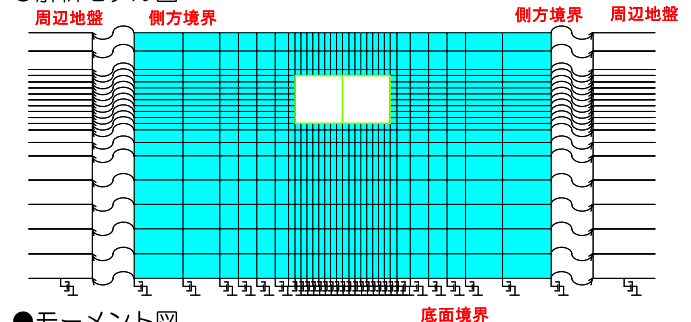
●過剰間隙水圧比コンター図

(拡大：赤色は液状化している状態)

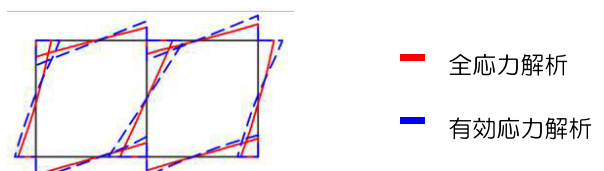


■有効応力解析と全応力解析により地中構造物の耐震性を比較検討

●解析モデル図



●モーメント図



実績（2007年以降で異なる内容の4件を抽出）

盛土の液状化解析（某コンサルタント）
護岸の液状化解析（某電力研究所）
液状化対策工の影響に関する検討（某コンサルタント）
土木構造物基礎岩盤の液状化解析業務(公)

使用ソフト

NANSSI	2次元有効応力非線形解析プログラム(自社開発・地震工学研究所と共同開発)
FLIP	2、3次元有効応力非線形解析プログラム
LIQCA	2次元有効応力非線形解析プログラム
ALID	2次元FEM液状化流動解析システム
LIQSMART	1次元簡易有効応力解析プログラム

Kaiseki Portal

「解析ポータル」サイトでは、災害、環境、維持管理、建築、土木の各分野での解析に関する様々な情報やコンサルティングサービス、構造解析、設計用入力地震動作成システム、地震リスク評価、災害時対策、地盤と構造物の動的相互作用、熱・流体解析に関するソフトウェアについてご紹介しています。

本誌のバックナンバー(PDF形式)をダウンロードいただけます。ぜひお立ち寄りください。

<http://www.kke.co.jp/kaiseki/>

From Editors

食べる・呑むが好きな私が前回編集後記を書いたのは約2年前で、その時は茨城県の「鯰鰯」の話でしたが、今回は4月末に山形県に行った時の話です。

山形県は、農業を営んでいる義父の実家があり、毎年赴いている場所でもあるのですが、広大な庄内平野から望む、未だに雪帽子の残る鳥海山は壮大で美しく、自然の偉大さを直感的に感じさせられる場所でもあります。

そんな山形の義父の実家に着いた当日には宴会が開かれるのですが、そこは米どころ山形、なんといっても酒が旨い。ほんのり苦みのある採れたての春野菜と上品な香りで深いコクのある山形県の地酒「初孫」がとても合います。あっという間に一升瓶はなくなったのですが農家の朝は早いということで目をまたぐ前に就寝。ただ、私が一番楽しみにしているのは翌朝です。朝起きて居間に行くとそこには白いご飯。義父の実家で作っている「つや姫」です。うまみが強く、ちょうどよく硬い食感。このご飯が何よりも楽しみで、初めて食べた時、人は美味しいご飯だけでここまで幸せを感じるのかと驚いたくらいです。

朝食後は明治26年に建てられた米保管倉庫「山居倉庫」で庄内平野の歴史を感じ、庄内米からできた「オランダせんべい」と「地酒 山居倉庫」を土産に帰りました。

今回は「米」づくしといった旅になりましたが、皆様も山形県を訪れる機会があれば是非堪能されてみてはいかがでしょうか。

耐震技術部 安部 光史

先日、本屋で「余計な一言」という題名の本を手にとりました。本の内容は日々の生活における余計な一言とその直し方なのですが、私が日頃妻に注意される”一言”がことごとく書いてありました…妻に注意されただけでは、全く直す気はなかったのですが、本を通して第三者から指摘を受けてしまったので、これからは使わないように注意します。社会人になり、他人と話す機会が多くなりました。”余計な一言”で人間関係が悪くなる事もあるかと思います。”余計な一言”にはくれぐれも注意して、円滑な人間関係を築きたいものです。

防災・環境部 開発技術室 岡村 航

本誌掲載記事ならびに弊社の商品・サービスに関するお問い合わせは下記までお願いいたします。

kaiseki@kke.co.jp

(株)構造計画研究所 エンジニアリング営業部、社会基盤営業部

〒164-0011 東京都中野区中央 4-5-3

TEL (03) 5342-1136

(株)構造計画研究所 エンジニアリング営業部 大阪支社

〒541-0047 大阪市中央区淡路町 3-6-3 NMプラザ御堂筋 5F

TEL (06) 6226-1231

(株)構造計画研究所 中部営業所

〒460-0008 愛知県名古屋市中区栄 1-3-3 アムナットビル朝日会館 11F

TEL (052) 222-8461

解析雑誌

Journal of Analytical Engineering Vol.38 2015.5

発行日 平成 27 年 5 月 18 日

編集・発行 株式会社構造計画研究所 エンジニアリング営業部

〒164-0011 東京都中野区中央 4-5-3

お問い合わせ 電話 (03) 5342-1136 FAX (03) 5342-1236

kaiseki@kke.co.jp