

# Topics

【技術トピック】

- デジタル画像相関法を活用した非接触ひずみ・
   変位計測サービス
- RESP-D ならできる50のこと

# **Fechnical Reports**

- 対津波設計のベンチマークに関する論文集
- 並列有限要素法を用いた断層変位を受ける地中
   構造物の解析的検討
- 材端剛塑性ばね法を適用した構造解析モデルに
   関する検討 その1 部材における検討
- 材端剛塑性ばね法を適用した構造解析モデルに
   関する検討 その2 立体架構における検討
- 免震建物にレーリー減衰を適用する場合の
   留意点



KOZO KEIKAKU ENGINEERING Inc.

## Vol.44 2017.11

十年一昔

(㈱構造計画研究所 エンジニアリング営業2部長 辺見 和晃

今からちょうど 10 年前、Apple 社から最初の iPhone が発売され、多くの皆さんにとって手放せない ものとなっているスマートフォンの時代が幕を開けました。また同じ 2007 年、Google 社は「Google Street View」というとんでもない規模のプロジェクトをスタートし、今ではくまなくデジタル化された 世界の風景を家に居ながらにして当たり前のように見ることができています。

"スマホのない生活なんて信じられない!"

その後の10年間も、クラウド、IoT、AI、ドローン、自動運転車、VR/AR、暗号通貨など次々と新し いテクノロジーがブレークスルーを起こしており、テクノロジーが世の中に浸透するスピードは明らか に加速しています。これを支えるのが Apple、Google、Microsoft、Amazon、Facebookの「テクノロ ジー分野のビッグ 5」。巨大なデータセンターを世界中に建設し続けることで計算処理能力・データ記録 容量を飛躍的に拡大しながら様々なサービスを低価格で提供することで、世の中を変えるディスラプテ ィブ(Disruptive、破壊的)なイノベーションを生み出す一翼を担っています。

例えば、人が乗れるドローンを見てみましょう。UAEのドバイでは、すでに今年の9月、2人乗りの "ドローンタクシー"の試験運行を開始しました(ドイツの"ボロコプター"という会社のドローンだ そうですが)。またタクシー業界に革命をもたらした自動車配車サービスのUber社は、サンフランシス コの中心街から空港やシリコンバレーへのドローンタクシーを構想し、実現すれば車のタクシーよりも 早く安く移動できると試算しています。10年後には空飛ぶドローンでの移動が当たり前になっている のかもしれません。もし、タケコプターのように一人に一台ドローンが普及すれば、

"津波? いざとなればドローンで逃げればいいじゃない!"

なんて世界が来て、巨大防潮堤はディスラプトされてしまうかもしれません。

本誌が扱う領域は、不変な物理現象を対象とした、どちらかと言えば移り変わりが緩やかな分野と言 えるでしょう。しかし新しいテクノロジーで方法論や世の中が一変すれば、今まで必要とされたものが 必要とされなくなり、別のものが必要になってきます。今後起こり得るテクノロジーの急速な進化によ る激動の中、常に 10 年先を見据えながら新しいテクノロジーに目を向け、社会に役立てる取り組みを 皆様とともに行って参りたいと願っています。

## 解析雜誌 Vol.44 2017.11

卷頭言 『十年一昔』

#### **Topic 1**

デジタル画像相関法を利用した非接触ひずみ・変位計測サービス 04
 計測と解析による設計検証サービスのご案内

製造企画マーケティング部 高根 健一

### **Topic 2**

● RESP-D ならできる 50 のこと

### **Technical Report 1**

- (1/3)対津波設計のベンチマークテストに関するシンポジウムの紹介 12
- 対津波設計のベンチマークテストに関する論文集(2016.8)投稿論文 (2/3)課題2. 斜橋に対する津波作用力(粒子法による数値計算) (3/3)課題2. 斜橋に対する津波作用力(VOF法による数値計算)
   宮川 欣也、奥野 峻也

### **Technical Report 2**

並列有限要素法を用いた断層変位を受ける地中構造物の解析的検討
 18
 三橋 祐太、橋本 学(東京大学)、奥田 洋司(東京大学)、内山 不二男

### **Technical Report 3**

材端剛塑性ばね法を適用した構造解析モデルに関する検討 その1 22
 部材における検討

角 友太郎、鈴木 壮、佐藤 克哉、山根 義康

#### **Technical Report 4**

材端剛塑性ばね法を適用した構造解析モデルに関する検討 その2 24
 立体架構における検討

佐藤 克哉、鈴木 壮、角 友太郎、山根 義康

### **Technical Report 5**

● 免震建物にレーリー減衰を適用する場合の留意点 26
 鈴木 壮、梁川 幸盛、宇佐美 祐人、木村 まどか

#### **Editor's Note**

• From Editors

02

**08** 

## デジタル画像相関法を活用した非接触ひずみ・変位計測サービス

## 計測と解析による設計検証サービスのご案内

製造企画マーケティング部 高根 健一

■はじめに

構造計画研究所では、建築土木・製造業界向けに、近年注目されている非接触で3次元ひずみ・変位 を計測するデジタル画像相関法(Digital Image Correlation, DIC)を活用した計測サービス、計測と解析 の両面から設計検証を行うサービス、計測装置の販売サポートを開始しました。

#### ■デジタル画像相関法(Digital Image Correlation)とは

ステレオカメラと画像処理技術を用いて、非接触に対象物の3次元ひずみ・変位を時系列に計測しま す。非接触での計測のため対象物が破壊されるまでの傾向を把握することが可能です。



計測事例:コンクリートの曲げ試験

デジタル画像相関の測定方法は以下になります。先ず、対象物に白と黒のまだら模様(ランダムパ ターン)を塗布します。作成したまだら模様を自動で認識し3次元のメッシュを生成し、表面の変形か らステレオカメラと画像処理技術を用いて、対象物の3次元ひずみ・変位を時系列に計測します。



デジタル画像相関の測定方法(プレス部品のひずみ計測)

その他にもひずみゲージでは計測することが難しいとされていた、移動を伴う対象、薄膜・軟質の 材料、高温環境での計測も対応する事ができます。

#### ■活用事例:解析結果の妥当性確認

近年、シミュレーションモデルや解析結果のV&V (Verification&Validation、検証と妥当性確認)の 重要性が叫ばれています。デジタル画像相関法を用い、実験の結果を解析結果と同様にコンター表示の 形で取得することで、実験と解析結果の比較を容易に行うことができ、境界条件の確認がスムーズに出 来ます。



活用事例:振動解析と実験の比較

#### ■活用事例:材料物性の同定

樹脂材料は一様伸びが小さいため、標線ひずみ計測では、狭い範囲のひずみしか取得が出来ません。 デジタル画像相関法を活用することで、局所的なひずみを測定し、大ひずみまでの応力・ひずみ曲線を取 得することで、解析精度の向上を実現します。



活用事例:樹脂材料の真ひずみ-真応力曲線の同定

#### ■活用事例:計測と解析による設計評価

デジタル画像相関法で材料物性の同定、製品の強度検証を行い、計測結果を反映させ、高精度な解析 モデルの構築を行います。構築した解析モデル上でパラメータスタディを行うことで、研究開発を支援 します。



活用事例:樹脂部品の軽量化検討

# 計測と解析のクロスアプローチ

デジタル画像相関法によるCAEの妥当性検証と精度向上

## デジタル画像相関法 (DIC)

三次元的な変形・ひずみを非接触で高精度に計測

## **Image Processing**

材料表面につけたランダムな模様 から画像処理技術を用いて変形を 高精度に取得します。

## **Stereo Vision**

2台のカメラを用いて、材料の変形を 非接触で計測します。ひずみゲージが 使用できない環境でも測定可能です。

## **3D Deformation**

三次元的に変位・ひずみ分布を取得 できるため、CAEとの定量的な比較 が可能です。



## 構造計画研究所が提供するサービス



## 非接触計測サービス

デジタル画像相関法で実験を計測することで、三次元 的な変位・ひずみ・速度の分布を取得します。





## CAEの妥当性検証サービス

計測した変位・ひずみ・速度分布から境界条件を把握し、 実験と解析結果を比較することで、CAEの妥当性を検証 します。更に実験とCAEの合わせ込みを行います。



## CAEの材料物性作成サービス

材料試験を計測し、応力-ひずみ曲線の取得、ヤング率、 降伏強度、N値、ポアソン比、R値の同定を行います。 CAEで取得した物性値の検証まで対応します。



## 研究開発支援・性能評価サービス 計測とCAEの両面から、新材料・製品・加工法の性能を 評価することで、研究開発を支援します。





## 計測事例のご紹介

## 各種強度試験



## 自動車



衝撃試験







回転するファンの変形



建築・土木

角材の三点曲げ







風車の変形





現在 RESP のホームページ上で「RESP-D ならできる 50 のこと」を順次公開しています。(検索ワード「RESP 50 のこと」で検索できます。)本記事では公開している記事のうち 2 つをダイジェストとしてお届けします。











#### 対津波設計のベンチマークテストに関するシンポジウムの紹介

(株)構造計画研究所 防災・環境部 奥野峻也

2016 年 8 月 4 日、土木学会の橋梁の対津波設計に関する研究小委員会により「対津波設計のベンチマ ークテストに関するシンポジウム」が開催されました。構造物に対する津波作用については、各機関で実 験や数値解析がさかんに実施されているものの、特に橋梁については未だ対津波設計手法は確立されて いません。そこで橋梁に作用する津波波力の各種数値計算手法の特徴や、推定精度を向上させるための工 夫・注意点等の知識の共有を目的として、本シンポジウムが開催されました。

シンポジウムでは2件のベンチマークテスト課題が事前に公表され、参加者は期日までに計算を実施 し、結果を持ち寄ります。いずれの課題も津波に関する模型実験を数値計算により再現するものですが、 課題1は結果が公開済み、課題2は当日まで結果が非公開のブラインドテストです。弊社では課題1に対 して VOF 法、課題2に対しては粒子法・VOF 法の2つの手法で数値計算を実施し、計3件の発表を行 いました。前号では課題1に対する弊社の数値計算結果(図1)を紹介しましたが、本号では課題2に対 する計算結果を紹介します。

課題 2 はゲート急開により発生させた津波の橋桁への作用力を求める問題です。橋桁は直橋および斜 橋の 2 つの設置パターンがありますが、本課題では斜橋への作用力を推定し提出します。また直橋に関 しては事前に計測データが公開されており、公開データを参考に計算の妥当性を確認することができま す。実は公開されていたデータは校正係数が乗じられていない誤ったものだったのですが、弊社では2つ の異なる手法による計算結果に基づき公開データが誤っていると判断し、妥当な計算結果を得ることが できました。次頁より、弊社による実験の再現計算結果を示します。



#### 図1 課題1の数値シミュレーションによる再現

#### 参考文献

1) 土木学会地震工学委員会 橋梁の対津波設計に関する研究小委員会: 対津波設計のベンチマークテストに関する論文集, http://committees.jsce.or.jp/eec209/system/files/proc\_1.pdf

#### 課題2. 斜橋に対する津波作用力(粒子法による数値計算)

株式会社構造計画研究所 〇宮川 欣也 株式会社構造計画研究所 奥野 峻也

#### 1. 手法

SPH 法や MPS 法に代表される粒子法はメッシュを用いない計算手法であり、形状変化の激しい自由表面流れ などの流体解析や、大変形を有する固体問題等で幅広く利用されている.本解析では、対象とする橋梁付近の 複雑な流れを 3 次元的に再現するため、SPH 法を解析手法として選択した. SPH 法では次式で示されるよう に位置xにおける物理量 $\phi(x)$ を着目粒子 iの影響半径内の粒子物理量の重み付け和として表現する.

$$\phi(\mathbf{x}) \approx \langle \phi_i \rangle = \sum_j \frac{m_j}{\rho_j} \phi_j W(r_{ij}, h) \tag{1}$$

 $m_j \ge \rho_j$ はそれぞれ近傍粒子 jの質量と密度であり、重みは粒子間距離 $r_{ij}$ と基準距離 hの関数であるカーネル 関数 $W(r_{ij},h)$ により計算する.本研究においてはカーネル関数として 5 次の B-Spline 関数を用い、初期粒子間 距離の 3 倍を影響半径として計算を実施した.流体運動の基礎方程式には連続の式と Navier-Stokes 方程式の

2 式を用いる.本解析では流体圧力を評価する際に, 圧力ポアソン方程式を解く半陰的な解法<sup>1)</sup>を用いる こととし,計算の安定化を目的として,近藤ら<sup>2)</sup>が MPS 法に導入した生成項モデルを SPH 法に適用した.

#### 2. 条件

解析には実験の模型と同スケール,同形状の3次 元モデルを用いる.橋梁模型は壁粒子,その他の壁 面はポリゴン壁<sup>1)</sup>でモデル化し(図-1)、壁面の粘着 条件は Morris らの手法<sup>3)</sup>に従い非すべり条件を付与 した.直橋斜橋ともに初期粒子間隔は5mm,時間増分 1.0×10<sup>-4</sup>[s],総粒子数はそれぞれ 593,050 粒子, 592,874 粒子である.流体の密度は1,000[kg/m<sup>3</sup>],粘 性係数は0.001[Pa・s]とした.

#### 3. 結果

本概要では、上記の SPH 法による解析結果(負圧 を考慮しない)に加え、別途解析を実施した VOF 法 の結果(負圧を考慮する)を参考値として記載し、橋 梁に対する津波作用力を実験と比較する.

はじめに,直橋模型前方で計測された波高変動と 流速の比較を図-2,図-3に示す.ここで解析におけ る波高は,観測点上に存在する水粒子の体積より算 出し,流速は観測点の周囲に存在する水粒子の平均 速度から求めた.同図より,実験の流速と比較して 解析の流速に時刻歴の変化が見られる一方で,ほぼ 同時刻に観測点に波が到達していることがわかる. これは、本解析によって大局的な水の流れを再現す ることはできているものの,流速計が評価する局所 的な流速を評価するための解像度が不足していたた



Journal of Analytical Engineering, Vol.44 Technical Report 1 (2/3)



め、両者に差が見られたものと考えられる.また波高に関しては、実験と解析の間に良好な一致が見られた. 次に、直橋に作用する抗力と揚力の比較をそれぞれ図-4、図-5に示す.同図より、解析で観測された抗力は 最大値で約31%大きく評価されているものの、おおむね実験と同様の傾向を示していることがわかる.同様に 揚力に関しても、衝突後に上向きの力が作用し、その後下向きの力が作用するといった実験結果を再現してい ることが分かった.しかしながら、下向きの揚力値は最大値で2倍程度過大に評価されており、これは参考値 として示した VOF 法においても同様の結果が得られた.

最後に,斜橋に作用する抗力と揚力の比較をそれぞれ図-6,図-7に示す.斜橋では,流れ方向に対して斜め に模型が設置されているため,直橋に対して最大抗力の発生が遅れる現象が再現された.一方で直橋と同様に, 抗力と揚力の最大値では,実験と解析の間に乖離が見られた.

中尾らの研究<sup>4)</sup>では、衝突する津波の形状や模型形状によって模型周辺に剥離が発生し、それによって生じる負圧が揚力に大きく影響すると報告されている.しかし、今回のモデルでは、津波作用力を評価する際に負圧を考慮していない SPH 法と、負圧を考慮した VOF 法の両解析に共通して、上述した傾向が観測されている. 今回のモデルにおいて負圧は揚力に大きく影響しないものと予測されることから、各数値解析手法に共通して、再現できていな何らかの要因が、負圧以外に存在しているものと考えられる.

#### 参考文献

- 1) 渡辺高志, 桝谷浩, 三橋祐太: 壁面境界の大変形を考慮した粒子法の計算手法に関する基礎的研究, 日本計算工学会論文集, No.20130021, 2013.
- 2) 近藤雅祐, 越塚誠一: MPS における不自然な数値振動の抑制, 日本計算工学会論文集, No.20080015, 2008.
- 3) J. P. Morris, P. J. Fox, Y. Zhu : Modeling Low Reynolds Number Incompressible Flows Using SPH, Journal of Computational Physics, 136, Issue 1, pp.214-226, 1997
- 4) 中尾尚史,糸永航,松田良平,伊津野和行,小林紘士:基本的な断面形状の橋梁に作用する津波外力に関する実験的研究, 土木学会論文集 A2(応用力学), Vol.67, No.2(応用力学論文集 Vol.14), I\_481-I\_491, 2011.

Journal of Analytical Engineering, Vol.44 Technical Report 1 (3/3) 課題2. 斜橋に対する津波作用力(VOF 法による数値計算)

> 株式会社構造計画研究所 〇奥野 峻也 株式会社構造計画研究所 宮川 欣也

#### 1. 手法

水および空気を非圧縮性粘性流体と仮定し、気液二相流の数値流体解析により橋梁に作用する外力を推定 した。解析コードは数値流体力学ツールボックス OpenFOAM<sup>1)</sup>の標準ソルバの一つ interDyMFoam を用いた。 空間の離散化には有限体積法、気液界面の捕捉には VOF (Volume of Fluid) 法、圧力-速度連成手法には PIMPLE 法、乱流モデルとして標準*k*-*ϵ*モデルを適用した。また AMR(Adaptive Mesh Refinement)により、気液界面の 近傍で局所格子分割を行った。

#### 2. 条件

図 1 に計算モデルを示す。実験ではロードセル中心から 1.5m の位置に初期水位設定板を設置しているが、 計算では波力評価に影響しないと考えられるため、ロードセル中心から 0.5m 位置に初期水位設定板を設置し、 領域を省略した。また実験では直橋・斜橋いずれもロードセルで片持ち梁的に模型を支持しているが、計算モ デルでは両端に支持されるよう簡略化した。橋梁近傍での格子幅が 0.002m~0.005m となるよう非構造格子で メッシュ分割を行ったところ初期時刻での格子数は約 32 万となり、局所格子分割によって橋梁への衝突時に は 80 万程度の格子数となった。

橋梁および水槽との壁境界はノンスリップ条件とし、津波の流出部では速度について勾配 0 条件を与えた。 解析再現時間は t=0.0~4.0 の 4.0 秒間とし、t=0.0 においてゲートは完全に引き上げられた状態とした。



図 2 液相率分布と AMR による局所格子分割

#### 3. 結果(直橋)

橋梁の模型前方で計測された水位変動と流速の比較を図 3 に示す。参考として、別途行った SPH による計算結果を破線で示す。流速はやや小さく評価しているものの、波の到達時間、水位ともに実験と良い一致が見られる。

直橋模型を対象としたモデルに関して、抗力と揚力の比較を図 4 に示す。同図より、計算では実験よりや や大きい抗力が得られた。実験では流下方向に一定周期の振動がみられることから、実際には橋梁模型が振動 していると考えられ、壁面と剛結合された計算結果が実験を上回る結果は定性的に正しいと言える。参考とし

#### Journal of Analytical Engineering, Vol.44 Technical Report 1 (3/3)

て示した SPH の結果も本計算と同様の傾向を示している。抗力は波の到達時 t=2.46[sec]で最大となった後に 緩やかに減少していくが、t=2.53[sec]付近で僅かに作用力が上昇する。これは橋梁背面で発生する負圧の影響

(図 5) である。揚力に着目すると、上向きの揚力は実験を良く再現しているが、下向きの揚力に関しては実 験との乖離が見られる。ただし SPH も同様の傾向がみられることから、計算で再現できない実験特有の条件 があると考えられる。揚力最大・最小時の圧力分布(図 6)を確認すると、揚力の最大値は模型下面から作用 する水圧が、最小値は模型上面から作用する水圧が支配的で、負圧はほぼ寄与していないことが分かる。参考 値として示した SPH の結果は負圧を考慮していないが、抗力・揚力ともに本結果と近い値を示す。



図 4 直橋モデルにおける抗力および揚力



図 5 直橋モデルにおける水平力ピーク時(左:t=2.46[sec]、右:t=2.53[sec])の圧力分布



図 6 直橋モデルにおける揚力最大時(左:t=2.31[sec])および最小時(右:t=2.49[sec])の圧力分布

解析雜誌 Vol.44 2017/11 (㈱)構造計画研究所

#### Journal of Analytical Engineering, Vol.44 Technical Report 1 (3/3)

#### 4. 結果(斜橋)

図 7 に斜橋模型における作用力の時刻歴を示す。抗力に関しては直橋モデルと同様、計算が実験より作用 力を大きく評価し、SPH でも同様の傾向が得られている。揚力に関しては上向き・下向きともに実験と乖離が 見られるが、本計算と SPH の結果は定量的にも一致している。実験の作用力の波形を確認すると、抗力・揚 力ともに大きな振動が見られ、剛結合を仮定した計算結果と乖離したと考えられる。

図 8 に、各モデルにおける作用面ごとの抗力・揚力を比較した結果を示す。定常的な流体力が作用する t=3.0[sec]以降は、抗力は作用面積が大きい斜橋モデルが直橋を上回る。一方、津波先端部が衝突する t=2.3[sec] 付近では、作用面積が小さい直橋モデルへの抗力が斜橋を僅かに上回る結果となった。これは斜橋モデルでは 津波到達時に波が時間的・空間的に分散して作用するためで、作用力の立ち上がりも斜橋モデルの方が緩やか であることが分かる。また図 9 に津波衝突時の流体挙動を示すが、やはり直橋モデルの方が波のせり上がり 高さが大きく、t=2.47[sec]付近で直橋モデルの上面で見られる下向き揚力のピークは、せり上げられた流体が 落下した際に発生したものである。







図 8 各作用面における抗力および揚力の比較



## 図 9 直橋モデル(左)と斜橋モデル(右)での津波衝突時の流体挙動の比較

#### 参考文献

1) OpenFOAM Foundation, OpenFOAM Documentation, http://openfoam.org

並列有限要素法を用いた断層変位を受ける地中構造物の解析的検討

断層変位 地中構造物 動力学的破壊シミュレーション

構造計画研究所	正会員	○三橋	祐太
東京大学		橋本	学
東京大学		奥田	洋司
構造計画研究所		内山	不二男

1. はじめに

近年、断層や破砕帯に起因する食い違い変位による地中構造物の地震時健全性評価が重要な課題となっている. 北伊 豆地震の際の丹那トンネルの例など、数はそれほど多くはないものの被害の実例も見られる. 地震時の断層の変位量評 価は動力学的破壊シミュレーションなど有限差分法や有限要素法などを用いた検討が行われているが、構造物を含めて 評価した例はあまり見られない. 断層の動力学的破壊シミュレーションでは自発的破壊過程を模擬するが、断層の大き さが数 km~数百 km オーダーなのに対し、構造物は高々数百 m オーダーであり、両者を同時にモデル化するのは解析規 模などの問題から難しいためと考えられる. 断層の食い違い変位を受ける構造物の挙動の把握においては地盤と構造物 の相互作用を考慮する必要がある.これらは地中構造物などの地震時健全性評価の観点から喫緊の課題となっているが、 このような評価を行う際も構造物とその周辺地盤を切り出してモデル化する例が多い様である. 対象とする問題によっ ては十分であると考えられるが、切り出したモデルでは動的評価が難しいなどの問題点もある.

そこで本研究では断層の動力学的破壊シミュレーションの手法を用いて、断層変位を受ける地中構造物の動的な影響 検討を実施した.断層と構造物のスケールの違いから、構造物は簡易なモデル化としており、周辺地盤のメッシュ分割 もあまり細かくない.周辺地盤のモデル化を変えた複数のケースの解析を実施し、食い違い変位を受ける地中構造物の 解析に与える影響に関して検討した.本検討では解析に大規模モデルを解析可能な FEM コード FrontISTR を用いた.本 検討ではパラメータスタディを行うことを想定したため、それほど大きな解析規模にならないようにモデルを作成した が、今後より詳細な検討を行う際の解析規模の増大へも対応可能である.

2. 解析モデル

筆者らは神城断層地震を対象とした動力学的破壊シミュレーションを実施し、得られた地表面における応答変位を実際の観測記録と比較することで、地表面における変位をある程度シミュレーション可能であることを示した.本検討では、比較的現実的な解析条件として、応力降下量などのパラメータはその際用いた表-1に示すものを使用し、地表面部分に新たに岩盤中のトンネルを模擬した地中構造物(ヤング係数:2.0×10<sup>7</sup>kPa)をモデル化することで解析モデルを作成した.断層面の厚さは1.5mとした.解析モデルのイメージを図-1に示す.



図-1 解析モデル

動力学的破壊シミュレーションに用いる地殻の物性値は,解析対象が数十キロの深さであることから,一般的な地中 構造物の周辺岩盤解析に用いる物性値よりかなり高い剛性(せん断弾性係数 30GPa 程度)を用いることが多い.そこで 地中構造物の周辺の岩盤の物性値を変えた解析を実施し,周辺岩盤の物性値が地中構造物に与える影響を検討した. さらに構造物の周辺岩盤に対して偏差応力-偏差ひずみ関係が R-O モデルに従う非線形性を仮定した.岩盤に対して 用いる非線形構成則として等方的な非線形性を有する R-O モデルは必ずしも適切であるとは言えないが,ひずみの増大

Analytical study about the underground structure subjected to the fault displacement by parallel 3D-FEM Yuta Mitsuhashi, KOZO KEIKAKU ENGINEERING Gaku Hashimoto, The University of Tokyo Hiroshi Okuda, The University of Tokyo Fujio Uchiyama, KOZO KEIKAKU ENGINEERING による剛性の低下をある程度模擬できるものと考えた. R-O モデルの非線形は岩盤の一軸圧縮強度 10MPa として 設定した.解析ケース一覧を表-2に示す.

#### 3. 解析結果

各解析ケースで得られた解析最終時間断面における構 造物の変形をグラフで表したものを図-2 に示す. 横軸を トンネル長手方向の位置(断層の位置が 0m),縦軸を変 形量としてトンネルを構成する節点に対してプロットし たものである. 岩盤の初期剛性の高いケース1では、断 層位置に変形が集中している.一方地盤の初期剛性を下 げたケース2や、岩盤の非線形性を考慮したケース3で は、構造物自体に発生している食い違い量は大きく変わ らないものの、断層位置近傍にも変形が生じているのが 分かる.これはケース2では断層近傍の岩盤が変形を受 けることにより,構造物への変形の集中が緩和されて いるためである.また岩盤の非線形性を考慮したケー ス3はケース2に比べ食い違い量は若干大きくなって いるが、断層部分での変形量は小さくなっている.以 上より食い違い変位を受ける構造物の検討において は、周辺岩盤の剛性や非線形性を正確に考慮する必要 があることが分かった.

次に,各ケースで構造物に生じる食い違い量の時刻 歴を図-3に示す.ここで構造物に生じる食い違い量を トンネル構造物の両端の相対変位として定義した.ケ ースによって差はあるものの,構造物に生じる食い違 い量は変位の生じ始めに一回大きくなり,その後低減 する傾向が見られる.解析の最終時間断面を静的な状 態と考えると,断層の動的な破壊過程を考慮すること で,構造物に生じる食い違い量がある程度大きくなる 可能性があるものと考えられる.

#### 4. まとめ

一般的に動力学的破壊シミュレーションを実施する 際には、断層に対しては非線形性を考慮するものの、 地殻は線形として扱うことが多い.しかし食い違い断 層変位を受けるトンネル構造物の解析においては、ト ンネル構造物付近においてひずみが集中するため、地 盤の剛性や非線形性の考慮が重要であることが分かっ

表-1 断層パラメータ

断層幅	W	15.6	km
断層長さ	L	18.0	km
走向角	θ	12	度
傾斜角	δ	50	度
応力降下量	$\Delta \tau$	1.00	MPa
断層せん断剛性	$k_s$	1.20E+04	kN/m/m <sup>2</sup>
断層鉛直剛性	$k_{v}$	1.20E+07	kN/m/m <sup>2</sup>
レイク角	λ	60	度

	表-2 解析ケース-	一覧
	周辺岩盤の	周辺岩盤の
	せん断弾性係数	非線形性
ケース1	30GPa	線形
ケース2	3GPa	線形
ケース3	3GPa	非線形(R-O)



図-2 構造物の変形量



た.また断層の動的な破壊過程を考慮することで、構造物に生じる食い違い量が静的な評価に比べて大きくなる可能性 があることも分かった.

今後は岩盤および構造物-岩盤間の非線形性の精緻化や、構造物を詳細にモデル化した大規模な解析などを行ってい きたい.

#### 【参考文献】

1)一般社団法人 原子力安全推進協会,原子力発電所敷地内断層の変位に対する評価手法に関する調査・検討報告書, 平成 25 年 9 月.

2) 三橋ら,並列有限要素法を用いた長野県神城断層地震を対象とする断層変位シミュレーション解析,土木学会断層変 位に関するシンポジウム,平成27年7月.



※このパンフレットの記載内容は2016年11月現在のものです、※本製品・サービスの内容の条件は、改善のために予告無く変更することがあります。 ※構造計画研究所、構造計画研究所ロゴは、株式会社構造計画研究所の登録商標です。※記載されている会社名や製品名は、各社の商標または登録商標です。

Version 2.1

鉄道構造物等の3次元耐震性能照査プログラム

平成28年「鉄道構造物等設計標準・同解説 鋼とコンクリートの複合構造物」に対応した鉄道 構造物等の3次元耐震性能照査プログラム「DARS」Ver2.1をリリース致しました。

DARSは平成24年「鉄道構造物等設計標準・同解説 耐震設計」(以下、耐震標準)等に対応しています。DARSの主な機能は以下となっております。

#### ■ 一体型モデルによる動的解析

自由地盤と構造物を一体として扱うことで地盤と構造物の相互作用を自動的に考慮できるモデルであり、動的解析法 を用いる場合は、耐震標準では地盤と構造物の相互作用を適切に評価する必要があるため一体型モデルを用いるのが良 いとされている。DARSでは、質点系モデルでの一体型モデルによる動的解析が可能です。



- 減衰
  - 以下の減衰が使用可能です。
  - 部材別剛性比例減衰
  - ・レーリー減衰
- RC部材の断面算定

平成24年「鉄道構造物等設計標準・同解説 耐震設計」に準拠した RC部材の断面算定に対応しています。VePP-RCと同等な断面照査 を実施します。

■ CFT部材およびSRC部材の断面算定

平成28年「鉄道構造物等設計標準・同解説 鋼とコンクリートの複合 構造物」の改定に伴い、断面算定プログラムを変更しました。対象断面 は円形CFT部材、矩形SRC部材、T形SRC部材となっております。

#### ■ 地盤ばねの変更

平成24年「鉄道構造物等設計標準・同解説 基礎構造物」の 杭基礎のトリリニア型の地盤バネに対応しています。

- 今後の予定
- 土の非線形モデルGHE-Sへの対応
- 降伏剛性を考慮した固有値解析への対応
- 自由地盤モデル作成のための機能拡張



平成28年「鉄道構造物等設計標準・同解説 鋼とコンクリートの複合構造物」 に対応した円形CFT断面、矩形SRC断面、T形SRC断面の設定が可能です。



#### \_\_\_\_\_

## 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。

材端剛塑性ばね法を適用した構造解析モデルに関する検討	その1	部材における検討			
	正会員	○角 友太郎*1	同	鈴木	壮*1
	同	佐藤 克哉*1	同	山根	義康* <sup>1</sup>

材端剛塑性ばね法弾塑性解析塑性ヒンジ鉄骨部材鉄筋コンクリート部材

#### 1. はじめに

建築物の弾塑性解析を行う場合、梁要素の曲げ弾塑性 特性を表現するために、材端に生じる塑性ヒンジを材端 回転ばねによってモデル化する方法が広く用いられてい る。これは材端剛塑性ばね法と呼ばれ、部材が弾性範囲 内では回転ばねを剛とし、塑性ヒンジが発生する段階で 材端回転ばねを有効にして塑性化を表現する方法である。 本手法の概念を図1に示す。材端に塑性域の変形を集中さ せることでモデルが明確となり、また計算が簡単になる、 更には材端回転ばねに様々な履歴モデルを適用できると いった利点を有する。一方、本手法を採用する際に注意 すべき点として、材端回転ばねの剛性を部材の曲げモー メント分布を予め仮定して決定するという点が挙げられ る。部材の曲げモーメント分布により曲率分布は異なる ため、曲率分布に伴い変化する回転角も本来であれば部 材の曲げモーメント分布に依存する。そのため、曲げモ ーメント分布に合わせて材端回転ばねの剛性を変化させ る方法が考えられるが、曲げモーメント分布は時々刻々 変化するため、計算負荷の問題や履歴特性の扱いが難し くなることから、曲げモーメント分布を予め仮定する手 法が採用される。一般的には、水平荷重時の柱や梁の応 力状態を考慮して部材中央に反曲点を持つ逆対称曲げモ ーメント分布を仮定して材端回転ばねの剛性を決定する ことが多い。しかし、材端がピンである場合や反曲点が 部材中央から大きく離れる場合等、実際の応力状態が仮 定と異なる場合、解析精度の低下に繋がることが懸念さ れる。

そこで本報告では、材端剛塑性ばね法における材端回 転ばね剛性算出時の曲げモーメント分布の仮定が解析結 果に及ぼす影響について検討を行った結果を示す。

#### 2. 部材における検討

#### 2.1 検討方法

梁を想定した両端固定モデルに逆対称曲げモーメント を作用させた場合のM – θ関係(端部節点位置の曲げモー メントと節点回転角)を2つのモデルで比較する。解析モ デルを図2に、解析モデル諸元を表1に示す。1つは梁を 1つの要素でモデル化したもの(1要素モデル)、もう1つ

Structural analysis using the Beam-end rigid-plastic spring model Part1 Study on structural member

は梁を分割して2つの要素でモデル化したもの(分割モデ
ル)で、逆対称曲げモーメントの仮定は要素それぞれに
適用されるため、分割モデルは梁全体としての逆対称曲
げモーメントの仮定が成立しないことを想定したモデル
である。立体3次元モデル作成時には周辺部材の取り付き
により止むを得ず1つの梁材を分割する場合がある。

また、柱脚がピンとなるような柱や反曲点を持たない 柱を想定して、図3に示す片端固定他端ピンモデルに回転 変形を作用させた場合の*M*-*θ*関係(固定端の節点位置の 曲げモーメントと節点回転角)を実際の曲げモーメント 分布を仮定した場合と一般的な逆対称曲げモーメント分 布を仮定した場合で比較を行う。

本検討において、せん断変形は考慮しない。復元力特 性による違いを確認するため、検討はそれぞれ鉄骨(S) 造部材と鉄筋コンクリート(RC)造部材に対して行い、 履歴形状、塑性率、エネルギー吸収量に着目する。解析 には(株)構造計画研究所の「RESP-F3T」を使用する。



Yutaro SUMI, So SUZUKI Katsuya Sato, Yoshiyasu YAMANE

#### 2.2 検討結果

S造部材の検討結果を図4、図5に示す。S造部材の場 合、曲げモーメント分布の仮定が節点周りの*M*-θ関係に 及ぼす影響は小さいことがわかる。これは一般的に降伏 後剛性に微小値を設定することが要因として考えられる。 材端回転ばね剛性を算出する基となる剛性が曲げモーメ ント分布の違いにより本来のものと違ったとしても、 1/1000などの剛性低下率を考慮すると、塑性化後の剛性は ほぼ零に近くなり、その影響度合いとしては小さくなる。

RC 造部材の検討結果を図6、図7に示す。RC 造部材の 場合、2 次剛性で顕著な差が生じており、材端回転ばね剛 性算出時の曲げモーメント分布の仮定が節点周りの*M*-*θ* 関係に及ぼす影響は大きいことがわかる。これはひび割 れ後の2 次剛性はある程度の大きさを有するため材端回転 ばね剛性を算出する基となる剛性の違いが現れやすいこ とに起因する。

RC 梁解析モデルにおいて塑性率(D.F.)を変化させて1 要素モデルと分割モデルの節点周りのM-θ関係の差異を 確認した結果を図8~図11に示す。各塑性率は1要素モデ ルの塑性率とする。これらの結果を図 12 及び表 2 にまと める。塑性率に関しては大きくなるほどモデルによる差 は大きくなり、1 要素モデルに対する分割モデルの塑性率 は 2.0 倍に漸近することがわかる。またエネルギーに関し ては塑性率が大きくなるほどモデルによる差は小さくな り、比率が 1.0 に漸近することがわかる。ここで、塑性率 は部材の履歴から計算されることに注意が必要である。 回転変形として与えた節点の回転角に対して、部材の履 歴は分割モデル(2分割)の場合、材長が半分になること に伴い初期剛性が2倍になり、その線上を辿る。そのため、 図13に示すように横軸θを材端回転角として部材の履歴を 確認すると、S 造部材の場合にも弾性域で差異が確認され る。つまり節点周りの釣り合いではなく部材に着目して 塑性率やエネルギー吸収を考えると、部材分割の有無で 評価が変わり、本検討から塑性率は最大で2倍程度まで差 が生じることがわかる。以上より、たとえ節点周りの釣 り合いに及ぼす影響が小さくとも部材の評価に影響を及 ぼす場合があることを確認した。

	S造部材	RC造部材	単位
部材長さ	6.0	6.0	m
部材断面	H-600x250x12x19	■-500x700 (上端下端:5-D25_SD345)	mm
材種	SN400	FC21	-
履歴型	標準型	武田型 (γ=0.4)	-
第1折れ点高さ	958.33	128.56	kN∙m
2次剛性/初期剛性	0.001	0.214	-
第2折れ点高さ	-	554.26	kN∙m
3次剛性/初期剛性	-	0.001	-

表1 解析モデル諸元 (梁柱共通)

#### 3. まとめ

・節点周りのM – θ関係において、S 造部材では曲げモ
 ーメント分布の仮定の違いによる影響が小さく RC 造
 部材では2次剛性に影響が現れやすいことを確認した。
 ・部材分割によりS造部材においても、塑性率やエネル
 ギーの評価が変わることを確認した。

その2では立体架構において、材端剛塑性ばね法における材端回転ばね剛性算出時の曲げモーメント分布の仮定が解析結果に及ぼす影響について示す。



塑性率		エイ	ペルギー(kN	• m)	
1要素モデル	分割モデル	比率	1要素モデル	分割モデル	比率
1.00	1.74	1.74	2.07	4.63	2.24
2.00	3.75	1.87	11.91	15.02	1.26
3.00	5.75	1.92	22.28	25.82	1.16
4.00	7.74	1.94	32.89	36.81	1.12

【参考文献】

- 1) 小谷俊介(2010)「鉄筋コンクリート造骨組の非線形解析」(第2回中国耐震建築研修資料)
- 2) 鈴木社,梁川幸盛ほか「材端剛塑性ばねモデルと適合する RC 部材のファイバーモデル化に関する検 討」日本建築学会大会学術講演梗概集,2016

\*1株式会社 構造計画研究所

#### \*1KOZO KEIKAKU ENGINEERING

072	立座木桶における便	日ゴ		
会員	○佐藤 克哉*1	同	鈴木	壮*1
司	角 友太郎*1	同	山根	義康*1

立体加構にわけて検討

材端剛塑性ばね法 弾塑性解析 塑性ヒンジ鉄筋コンクリート部材

#### 1. はじめに

本報その1では、単一部材を用いて材端剛塑性ばね法 における回転ばね剛性算出時の曲げモーメント分布の仮 定が解析精度に及ぼす影響について検討を行った。

本報その2では、立体架構において、材端剛塑性ばね 法における回転ばね剛性算出時の曲げモーメント分布の 仮定が解析精度に及ぼす影響について検討を行う。解析 にあたっては(株)構造計画研究所の「建築物3次元フレー ム解析・設計プログラム: RESP-D」を用いる。

#### 2. 解析モデルと立体架構の検討

#### 2.1 解析モデル概要

本検討で用いる解析モデルは、(財)日本建築防災協会 構造設計・部材断面事例集<sup>1)</sup>に記載の設計例 1-7 を参考に 作成した地上 14 階の RC 造の建築物とする。

図1に伏図、図2に軸組図を示す。表1に断面リストを 示す。図2に示す黄色と緑の線の位置は、大梁を2等分 割する位置を示しており、それぞれ Model1 および Model2 と呼ぶ。このモデルに加え、全ての大梁を2等分 割した Model3 と分割しない Model0 の4 種類を検討に用 いる。モデル化に際しては、柱は弾性とし、大梁は材端 剛塑性ばねモデルとしてモデル化する。

 $\alpha_y$ の式を(1)式に示す。 $\alpha_y$ は部材長さの関数であるため、 大梁を分割すると $\alpha_y$ が変わる。本報では $\alpha_y$ の影響を確認 するために、Model0 と同じ値を設定する Case1 と分割し た際の値を用いる Case2 で検討を行う。

 $\begin{aligned} \alpha_y &= (0.043 + 1.64n \cdot p_t + 0.043a / D)(d / D)^2 \ (2.0 \leq a/D \leq 5.0) \\ \alpha_y &= (-0.0836 + 1.59a / D)(d / D)^2 \\ (1.0 \leq a/D < 2.0) \end{aligned}$ 

.0) - (1)式

#### 2.2 検討方法

検討には X 方向の静的増分解析結果を用い、層せん断 カ-変形曲線、部材塑性率、層エネルギーの 3 つの観点か ら梁を分割したモデルを使用した際の影響を確認する。

層せん断力-変形曲線の比較では、最大層間変形角が 1/50に達するまでを検討する。代表として 14 階、7 階、2 階の骨格曲線を比較する。

部材塑性率の比較では、Model0 と Model1~3 の部材塑 性率比を確認する。このとき、最大層間変形角が 1/200、 1/100、1/50 に達したときの部材塑性率を用いて検討する。 層エネルギーの比較では部材塑性率の検討と同様に、

Structural analysis using the Beam-end rigid-plastic spring model Part2 Study on Three-dimensional model 最大層間変形角が 1/200、1/100、1/50 に達したときの7階 のエネルギーの増大率を確認する。

#### 3. 検討結果

Æ

層せん断力-変形曲線の比較を図 3 に示す。Casel にお ける Model1~3 では、部材と同様に層の 2 次剛性が大き くなる傾向があり、分割する大梁の量が多い程、2 次剛性 が大きくなる傾向を確認した。一方、Case2 においては、 分割する大梁の量が多い程、2 次剛性が小さくなる傾向に あった。これはその 1 で述べた材端剛塑性ばねによる剛 性増大よりも $\alpha_y$  が変化したことによる剛性低下の影響が 大きいためであると考えられる。



表1 断面リスト

		柱断面リスト		大梁断	面リスト
	C1	C2	C3	G1	G2
サイズ	-1050x700	-900x750	■-600x800	■-550x850	■-550x850
上端筋	4-D32	4-D32	5-D29	3-D32	4-D32
下端筋	4-D32	4-D32	4-D29	4-D32	4-D32
	2	2	2	2	2
サイズ	-1050x800	-900x1000	-600x800	-800x1000	-800x1000
上端筋	7-D35	9-D35	5-D35	6-D38	6-D38(1段筋) 1-D38(2段筋)
下端筋	4-D35	6-D35	4-D35	6-D38	6-D38(1段筋) 1-D38(2段筋)
備考	コンクリートはFe	c27~Fc36を使月	月。鉄筋はSD345	を使用。	

Katsuya SATO, So SUZUKI Yutaro SUMI, Yoshiyasu YAMANE

#### Journal of Analytical Engineering, Vol.44 Technical Report 4



1.05

48 0.01 0.01 1

. 01 0. 01 0. 01 0. 69

1.2

11

1.0

0.9

0.8 1/200

1.2

0. 9500. 94

0. 97 0. 93

0.94

0. 98 0. 99

(a) Model0 4F

(b) Model1 Case1 4F

(c) Model1 Case2 4F

図 5 部材塑性率図

1/100

(a) Case 1

7開

(b) Case2 図6 層エネルギーの比較(7 階)

7日期

0.94

エネルギー比

7 階に着目した層エネルギーの比較を図 6 に示す。 Model1 と Model2 の差は比較的小さいが、Model3 におい ては有意な差が確認され、Casel において最大で1割程度 の差が生じている。また、層間変形が大きくなるほどそ の差は小さくなる傾向があることがわかる。

#### 4. まとめ

本報告では、立体架構において、材端剛塑性ばね法に おける回転ばね剛性算出時の曲げモーメント分布の仮定 が解析精度に及ぼす影響について検討を行った。そして 以下の知見を得られた。

1)層の骨格曲線は、梁を分割することで、Case1 は層の 2 次剛性が大きくなり、Case2 は小さくなることを確認し た。

2) 部材塑性率は、層の骨格曲線よりも影響度が大きく、 最大2倍程度の塑性率となるものがあった。また、Case2 には塑性率が小さく評価される可能性があることを確認 した。

3) 層エネルギーは、層の変形が大きいほど差が小さくな ることを確認した。

【参考文献】

- 1)(財)日本建築防災協会「構造設計·部材断面事例集」
- 2) 鈴木壮,梁川幸盛ほか「材端剛塑性ばねモデルと適合する RC 部材のファイバーモデル化に関する検討」日本建築学会大会学 術講演梗概集,2016

\*1株式会社 構造計画研究所

エネルギー比 -O-Model1 -O-Model2 -- Model 1.1 1.0 0.9 層間変形角

\*1KOZO KEIKAKU ENGINEERING

0.8 1/200 0.08

0.08

塑性率

0. 970. 93

層間変形角

1/50

1/50

3/200

3/200

0. 94 0. 94

0. 99 0. 99

10

免震建物にレーリー減衰を適用する場合の留意点

免震構造	質量比例減衰	剛性比例減衰
レーリー減衰		

#### 1. はじめに

建築構造物の減衰評価においては質量マトリクスや剛 性マトリクスに比例させて減衰マトリクスを作成する比 例減衰<sup>1)</sup>がよく用いられる。建築構造物においては剛性マ トリクスのみに比例させる剛性比例減衰が慣例的によく 採用されるが、その場合減衰定数を設定する固有周期より も短周期の応答に対する減衰が大きくなる傾向がある。 したがって、1次モードに対して減衰定数を定めた場合、 より高次モードの減衰が過大評価となる可能性がある。 そのため、より高次の応答についても減衰を小さく設定し たい場合には質量比例項も用い、レーリー減衰 "を採用す ることもある。例えば、免震建物において水平動と上下動 の同時入力による地震応答解析を行いたい場合には水平 方向の固有周期と上下方向の固有周期に対してそれぞれ 一定の減衰定数を与えるようなレーリー減衰を与えると いうことはよく行われる。レーリー減衰は質量比例減衰 と剛性比例減衰を組み合わせたもので、2 つの固有周期に 対して減衰定数を定めることができる特徴を持つ。しか しながら、減衰定数が同じだとしても質量比例項と剛性比 例項ではマトリクスの形状が異なる。前者は対角マトリ クスであるのに対し、後者は非対角マトリクスとなる。し たがって、図1に示すように前者は相対速度に対するダッ シュポットとして作用するのに対し,後者は層間速度に対 するダッシュポットとして作用することになる。これは, 免震構造のように相対変位と層間変位で 10 倍以上の差が 発生しうる場合には大きな影響となることが考えられる。 本稿では、この減衰マトリクス形状が異なることにより免 震建物の応答がどのような影響を受けるかについて検討 を行い,剛性比例減衰と同程度の応答を与えるレーリー減 衰の設定方法について提案を行う。

正会員〇鈴木 壮\*1 同 梁川幸盛\*1 同 宇佐美祐人\*1 同 木村まどか\*1

#### 2.2質点モデルによるパラメトリックスタディ

質量比例減衰と剛性比例減衰の応答性状の差異を確認 するため、2 質点系モデルによるパラメトリックスタディ を行う。1 層目が免震層、2 層目が上部構造を仮定する。1 層目の剛性 k<sub>1</sub> は免震の固有周期 T<sub>iso</sub>を 4 秒と仮定し、以下 の式から算出した。

$$k_1 = \frac{(m_1 + m_2) \times (2\pi)^2}{T_{iso}}, \ T_{iso} = 4.0$$

2 層目の剛性 k<sub>2</sub> は、上部構造のみの固有周期 T<sub>b</sub> が T<sub>b</sub>=1.0,2.0 となる値となるよう、以下の式から算出した。

$$k_2 = \frac{m_2 \times (2\pi)^2}{T_b}, \ T_b = 1.0, 2.0$$

各諸元を表1に示す。減衰の設定方法を図2に示す。 上部構造の減衰設定方法としては以下の3つのケースで 計算を行った。

(1)上部構造固有周期 Tb に対する剛性比例減衰

(2)上部構造固有周期 Tb に対する質量比例減衰

(3)免震固有周期 Tiso に対する質量比例減衰

免震層の減衰設定方法は各ケース共通で免震層の剛性 に対する 10%の剛性比例減衰とした。入力地震動は告示 波乱数位相の基盤波を入力した。解析には(株)構造計画 研究所の「3次元フレーム汎用解析プログラム RESP-F3T」 を用いた。各ケースの比較を表2に,層の最大応答結果を 図3に示す。表2に示した通り,(2)質量比例(上部周期) が全体的に応答を過小評価するのに対し,(3)質量比例(免 震周期)では免震層変位以外はほぼ(1)剛性比例減衰と一 致する。免震層変位のみ5%程度下回るため,直接免震層 変位を評価する場合には注意が必要である。減衰力の時 刻歴を図4に示す。結果より,いずれのケースも(2)では (1)よりも著しく減衰力が大きくなっている。



Points to note when applying Rayleigh damping to a base isolated building

SUZUKI So, YANAGAWA Yukimori, USAMI Masato, KIMURA Madoka

Tb=1.0,2.0 では Tb=1.0 の方が減衰力の差が大きくなって いる。Tb=1.0 のケースで(1)と(3)を比較した場合、減衰力 としては2倍以上の差が生じているものの、上部構造層間 変位,層せん断力はそれほど差が生じなかった。この原因 としては、(1)、(3)における上部構造の減衰が免震層の減衰 に対して十分小さいためであると考えられる。通常の免 震構造であれば多くのエネルギー吸収は免震層で生じる ため、今回の結果のように質量比例型、剛性比例型のマト リクス形状による違いが上部構造に与える影響は小さい と考えられる。一方で(2)では免震層変位、上部構造応答が (1)に比べて最大 15%程度過小評価となっている。(2)のよ うに基礎固定周期に対して質量比例減衰を適用した場合 には免震層の減衰に対して過剰な減衰となっていること が考えられる。

#### 3. 立体モデルによる検証

X 方向 3 スパン, Y 方向 3 スパンの RC 造基礎免震建物 において以下の減衰を適用した解析(図5参照)を行い、 結果を比較する。階数は10階、20階の2ケースとした。

- (1) 初期剛性比例減衰(h=0.02)
- (2) 上部構造周期に対する質量比例減衰(h=0.02)

層の最大応答値の比較を図 6 に示す。いずれのモデル においてもレーリー減衰は免震層変位においては剛性比 例減衰よりも過小評価となるが、それ以外の応答について はほぼ近い結果を示した。一方,層間変位は 10 階モデル ではほぼ一致するのに対し、20階モデルではレーリー減衰 の方が大きい応答となった。これは、剛性比例減衰の方が 高次モードに対する減衰が大きいため、高次成分の影響が 大きい 20 階モデルで差が顕著になっていると考えられる。

#### 4. まとめ

表3 立体モデル諸元 10階

スパン数

20階

結果より,以下のことがわかった。

- 免震構造にレーリー減衰を適用する場合、減衰定数を 設定する目標固有周期に上部構造周期ではなく免震 周期を用いることが望ましい。
- レーリー減衰の長周期側の目標固有周期に免震等価 周期を採用すれば、剛性比例減衰とほぼ同等の結果 となる。ただし、免震層変位については過小評価す る可能性があるため注意が必要である。

参考文献 1) 日本建築学会:建築物の減衰,丸善株式会社,2000.10

0.050



\*1 構造計画研究所

#### \*KOZO KEIKAKU ENGINEERING



## BimClip Platform for BIM collaboration -BIM と人をつなぐ -

## BimClipとは?

- BimClipは建設プロジェクトに特化したグループウェアです。
- ・ とてもシンプルで、誰でもほとんど教育コストなく使い始める事ができます。
- BIM連携を今後拡充していきます。ただし、BIMを使わない業務でも効果を発揮します。





## Version 5.1.2.2

3次元静的・動的複合非線形解析プログラム

あらゆる土木・建築構造物に対応する3次元静的・動的複合非線形解析プログラムです。 公的研究機関、大学、建設会社、設計コンサルタント等多数の導入実績と豊富な使用実績に裏付けられた信頼性を有し、 充実したサポート体制による高い信頼度を持った製品です。



- 相関モデル(M-N、M-M、M-M-N) 時々刻々と変化する軸力に対して、対応する曲げ耐力を計算し、剛性変更の制御をすることが可能
- 幾何学的非線形対応 修正ラグランジュ定式化による幾何学的非線形を考慮可能
- 様々な復元力モデルに対応 硬化則型を始め、さまざまな復元力を使用することが可能
- 粘性減衰力モデル 質量比例型、剛性比例型(部材別指定可)、Rayleigh型(部材別指定可)、モード別、ひずみエネルギー比例型が考慮可能

#### 適用事例

道路橋、鉄道橋、地中構造物、上下水道施設、河川構造物、港湾施設、電力施設 プラント構造物、高層建築物、免震・制振構造物、鉄塔

#### 解析機能

初期応力状態作成、静的解析<sup>(1)</sup> (荷重増分法、変位増分法、弧長増分法、 強制変位法)、固有値解析、動的解析(モード合成法、直接積分)、座屈固有値解析 \*(1)荷重増分と強制変位の同時作用が可

#### 要素

トラス要素<sup>(1)(2)</sup>、ビーム要素<sup>(1)(2)</sup>、材軸直交分割要素<sup>(1)(2)</sup>、パネ要素<sup>(2)</sup>、 剛域付き4点支持パネ要素<sup>(2)</sup>、剛域付き2点支持パネ要素<sup>(2)</sup>、MSS要素<sup>(2)</sup>、 平面ひずみ要素<sup>(1)(2)</sup>、平面応力要素<sup>(1)(2)</sup>、板要素、減衰要素<sup>(2)</sup>、 剛域付き4点支持減衰要素<sup>(2)</sup>、剛域付き2点支持減衰要素<sup>(2)</sup>、Maxwell要素<sup>(2)</sup> \*(1)對常約素線形考慮可<sup>(2)</sup>将排業線形者面可

#### 復元力特性

逆行型、武田型、スリップ型、JR総研RC型<sup>(1)</sup>、JR総研SRC型<sup>(1)</sup>、辻モデル、 岡本型、D-Tri(電共研案)型、武藤型、標準型、深田型、原点指向型、 最大点指向型、標準型テトラリニア<sup>(1)</sup>、原点指向型テトラリニア<sup>(1)</sup>、 最大点指向型テトラリニア<sup>(1)</sup> \*(1)最終勾配負考慮可

#### 特殊復元力特性

D-Tri型、ひび割れ域剛性低減型、パイリニアスリップ型、D-Tri(電共研案)型、 3次関数逆行型、歪み依存型パイリニア型、高減衰積層ゴム修正パイリニア型、 Ramberg-Osgood(hardning考慮)型、(株)プリジストン鉛入り積層ゴム型、 東洋ゴム(株)HDR型修正パイリニア型、新日鐵(株)鋼棒ダンパー関数近似型、 新日鐵(株)鋼棒ダンパーパイリニア型、5社共通仕様新LRB型、 新日鐵(型ダンパー(関数定截式)型、ゴム支承トリリニア、 オイレス工業(株)BMRダンパー型

#### 復元力特性(減衰)

変位依存マルチリニア逆行型、変位依存3次関数逆行型、制震壁(オイレス)型、 速度依存パイリニア逆行型、速度依存トリリニア逆行型

◆ 解析コンサルティングも行っております。



機能追加予定





GHE-Sモデル

#### 製品

- RESP-T/B for Windows (大変形対応版)
- RESP-T/A for Windows (弾塑性対応版)
- RESP-T/E for Windows (機能限定版)
- RESP-T/S for Windows (静的解析限定版)

#### 動作環境

- 対応OS Windows XP / Vista / 7 / 8 (64bitOS対応) ■ 必要メモリ、ディスク
- メモリ256MB以上、空きディスク容量1GB以上

## http://www.kke.co.jp/respt/

## 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。

#### 構造物一流体連成問題



- ・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

#### 非定常温度計算一熱応力問題

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



## ■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。

#### 成層地盤の地震応答解析プログラム

# **k**-**SHAKE+** for Windows

## Version 7.0

## 特長

#### ■解析機能

- ・一次元地震応答解析の手法として、以下をサポート
  - →重複反射理論による等価線形解析(基本機能)
- →直接積分法による時刻歴非線形解析(非線形解析オプション)
- ■<u>データベース機能</u>
  - ・ひずみ依存特性をデータベースとして管理
- ■豊富な図化機能
  - ・応答時刻歴波形、最大加速度分布、履歴曲線など種々の出力を用意
  - ・出力図は文書ファイルへの貼り付けが可能(クリップボード機能)
  - ・解析結果を CSV 形式、固定フォーマット形式で出力(エクスポート機能)



各種出力図

## 基本機能

#### ■解析機能

- ・等価線形法により地盤の非線形性を考慮
- ・従来型・改良型の複素剛性を選択可能
- ・ひずみ依存特性として、以下をサポート
- →土木研究所の式、
- →港湾の施設の技術上の基準・同解説の式
- →建築学会文献の特性(※)、
- →ユーザ設定
- ・道路橋示方書・同解説に準拠した簡易液状化判定機能をサポート
- ・建築学会文献の簡易液状化解析(※)の地盤設定支援機能
- ■出力項目
  - ・最大応答分布図(加速度、相対変位、せん断応力、せん断ひずみ等)
  - ・時刻歴波形図(加速度、相対変位、せん断応力、せん断ひずみ等)
- ・応答スペクトル図、加速度伝達関数図、ひずみ依存特性図、FL 値表 (※)建物と地盤の動的相互作用を考慮した応答解析と耐震設計、2006

## 非線形解析オプション

#### ■解析機能

- ・直接積分法(線形加速度法を利用)による時刻歴非線形解析
- ・復元力特性として、以下をサポート
- →修正 R<del>-</del>O モデル
- →H-D (双曲線) モデル
- →骨格曲線と履歴曲線を別々に設定する方法(石原・吉田の方法)
- ・ひずみ依存曲線から非線形特性パラメータを自動計算
- ・レイリー減衰により粘性減衰を指定可能

#### ■出力項目

・履歴曲線図(せん断応力-せん断ひずみ関係)、フーリエスペクトル比図

## 動作環境

・対応 OS	: Windows 7 / 8.1 /10 <sup>※</sup> 日本語版
※Windows 7 は	32/64bit 版 Professional のみ、Windows 8.1 は 64bit 版 Pro のみ、
Windows 10 (	ホネットワークライセンス版を除き、64bit 版 Pro のみ動作を確認しております。
・CPU、メモリ	: 対応 OS が正常に動作する CPU、メモリ容量
・必要ディスク	: システムインストール時に約 15MB



#### 非線形特性とひずみ依存特性



#### 非線形地盤特性と履歴曲線図

### 販売価格

・フル機能(基本機能+非線形オプション)	:800,000 円	(税抜)
·基本機能	:500,000 円	(税抜)
・非線形解析オプション	:300,000 円	(税抜)

※Windows は Microsoft Corporation の登録商標です。

※このパンフレットの記載内容は2017年7月現在のものです.※本製品・サービスの内容の条件は、改善のために予告無く変更することがあります. ※構造計画研究所,構造計画研究所ロゴは、株式会社構造計画研究所の登録商標です.※記載されている会社名や製品名は、各社の商標または登録商標です.

ARTEQ-LP - 東京都中野区 長周期地震動作成プログラム ファイル(E) テータペース(D) ヘルブ(E) \*軍 運動地震設定 計算結果\_法形因 計算結果\_2パクトル図 ① 【地点設定】(世界無些) 任意地点計算指示 四 次定期1。 1422-14-6.2.CO ARTEQ-LP Ver.2.1 線派 15,6978 度 经度 119,6672 度 較用法 「株定所し」
 「株定所し」
 「株定計野(東京)」
 「株定計野(東京)」(外)
 「株定計野 T282 建绕地点掀定 ② 【応答スペクトル設定】 供示(病のご疑()型生する(細葉動)) 7:10 地震濕液 ● 長周期地震動作成機能 地藝名 安計東海地震(東海坂西新羅 安計東海地震(東海坂南新羅 安計東海地震(龍河海城 ✓ 建設地点の緯度経度より算出 1 計算リストに適加 ● 連動地震動作成機能 安計東海地震(東海城西新潟 安計東海地震(東海城東新潟 安計東海地震(新潟市城 任意地点 2Aife ✓ 遅延時間を考慮して算出 コピー 印刷 データ出力 ③【波形条件設定】 国土交通省発表(平成28年6月24日) Zurh-Hrs. \$110E 「超高層建築物等における南海トラフ沿いの巨大地震による長周期地震動 ※国土交通省:「超高層建築物等における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について」 への対策について」※に対応 http://www.mlit.go.jp/jutakukentiku/build/jutakukentiku\_house\_fr\_000080.html (2016/6/27確認)

## 国土交通省「超高層建築物等における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について」

平成28年6月24日に国土交通省から、超高層建築物等(既存及び新築)における長周期地震動への対策が発表されました。本対策では検討が必要な各区域に長周期地震動が設定されていますが、その地震波を用いない場合は、建設地点毎に加速度応答スペクトルと群遅延時間から、建設地点、または、その近傍の地震観測点において想定地震の時刻歴波形を作成する必要があります。

#### ARTEQ-LP

国土交通省の対策における「別紙3の手法で直接建設地点の地震動を作成」(基整促波の手法)に対応しています。

#### ■ 応答スペクトル・波形計算の計算ケースの選択

応答スペクトル計算では、安政東海地震(Mw8.6)、または、 宝永地震(Mw8.9)から断層モデルを選択することができま す。また、波形計算を行う計算ケースは応答スペクトルの 結果を確認しながら選択することができます。



#### ■ 対策に基づいた長周期地震動・連動地震作成機能

各セグメントの波形計算結果と遅延時間を用い、連動地震 を作成することができます。



#### ■ 豊富な出力図

長周期地震動の特徴を確認するための図面を出力すること ができます。

- ・時刻歴波形図(加速度、速度、変位)
- ・応答スペクトル図(加速度、擬似速度、擬似変位)
- ・三軸図



局创速度広等 2

#### ■ 価格

ARTEQ-LPは、ARTEQのオプション機能として販売しております。ARTEQをお持ちでないお客様はお問合せ下さい。 (ARTEQ-LP単体でのご提供はいたしません。) ARTEQ-LPのご導入の際は、<u>ARTEQの最新版が必要</u>となります。

購入形態	ARTEQ保守	価格(税抜)	
ARTEQ-LP	契約中	15万円	
新規購入	契約なし	30万円	
ARTEQ-LP	契約中	無償	
Ver.1.0→Ver.2.1	契約なし	5万円	

※ARTEQ-LPの保守はARTEQ本体の保守契約に含まれます。 (10万円/年)

## — バージョンアップのお知らせ —

## k-SHAKE+ for Windows 新機能「液状化を考慮した地震応答解析支援機能」

液状化層の剛性低下を考慮した等価線形解析を支援する「ベータ低減による液状化想定地盤作成」ツールを 追加しました。本機能は、比較的簡易に液状化を考慮できる古山田ほか(2003)<sup>1)</sup>に従った手法を用いています。 SHAKEによる等価線形解析結果を読み込み、N値、細粒分含有率を入力することで、液状化判定及び水平地 盤反力の低減率βの算出を行い、β低減による液状化考慮の等価地盤物性値入力データを作成します。なお、 本機能の液状化判定方法は建築基礎構造設計指針<sup>2)</sup>に準拠しています。

非線形特性設定支援(N) パータ低減による液状化想定地亟作成			ST 10-3_脑海部軟髓地 9イトル 台場地盤《等価	塾における等価線形解析_液状/ 線形解析)	上想定.shk 👝 回					
+R+D	100 / 100 / 20 V	<b>3</b> 17∕4745\ [ a*		医心想实物				深度(m) 0.0	■ 地質番号 ■ 層番号 ■ 10 盛土 取 数+	モデル作成 解析設定
雷雷	盗(守山) (河府(m)	和宗泽府(m)	*約時の30月日	地下	いば南	細粒分含有率 液状化判定	液状化判定対象の一括設定	5.0-	U U	地盤設定。
5	AF000	1'DE/#/SC(00/		水面	I VIEL	FC(%) 対象	全層を対象とする		5 5 Yuc	
	1.5000	0.7500 2	当工 成十	A.	5.00	290 5201			🗧 🚨 Yuc	⊡/JaR.4E ♥
	5 5000	4 2500	n		4.00	200 73	判定深度	10.0-	Yue.	出力確認 ▼
	6 5000	6.0000	/uc		8.00	150 43	20.0 (m)を超える層			-
	7.5000	7.0000	/uc		16.00	300 43	+149-102-14-14		📲 🚳 Yuc	
	9.8330	8.6665	ruc		22.00	4.40 🕫 🛪 🔍	x1860-030.8	15.0-	Tos	
	12.1660	10.9995	íuc		12.00	5.00 명종 🔹			0 10 Tos	
	14,4990	13.3325	/uc		22.00	8.00 명장 🔹	細粒分含有率FC		I III Ios	
	15.9990	15.2490	los -		28.00	820 명장 😽	35.0 (%)を超える層	20.0	2 12 Tos	
1	17.4990	16.7490	Fos		29.00	10.00 명칭 🔷	++#5.407.54 ++	20.0	8 19 Top	
	18.9990	18.2490	Fos .		30.00	10.00 형종 🔹	×1斎2/1/5/1/9			
_	20.4990	19.7490	los -	_	82.00	10.00 명칭 🔹			a la Toc	
	22.3990	21.4490	loc	_	10.00	1.00 (Jtac)	地質の説明	25.0-	Toc	
-	24.2990	23.3490	loc		10,00	1.00 672(1 -	盛土 👻		Toc.	
	20.1990	20.2490	Foc		10.00	100 6/261 -				
	20.0990	27.1490	for	-	10.00	100 0/401 1	×1家73や59个ダ	80.0-	105	1 杨策并是小本。
	324990	31 3990	loe .		10.00	100 1300		1	Tos	■ 把用量与の数
			赤枠の	の部分	うのる	シスカが必要	初期職政定に戻す (地下水面以深は全層対象)	× L	**************************************	<ul> <li>図 増留号の表示</li> <li>図 地質の説明表:</li> </ul>
	Ctrl]+[C]	At-2 b: [Ctri]+[	и И	10112			\$x'\##.	液状化考虑	慮の地盤モ	デルデー

液状化考慮の操作画面

1) 古山田耕司、宮本裕司、時松孝次;液状化地盤での杭応力の実用的な解析法、日本地震工学会・大会、2003年

2) 日本建築学会;建築基礎構造設計指針、2001年

## ARTEQ-LP for Windows 連動地震波作成機能の簡便化

安政東海地震3セグメント(もしくは宝永地震6セグメント)を選択した場合、自動で連動地震波が計算され るようになりました。そのため、従来は連動地震設定タブに各セグメントの遅延時間を入力する必要がありま したが、バージョンアップによって連動地震設定タブを用いずに連動地震を考慮した波形を作成することがで きるようになりました。なお、特殊な用途(例えば、破壊開始セグメントの変更)で計算する場合は、連動地 震設定タブで設定を変更することができます。

2-7-///E) データベース(D) ヘルプ(E) ■ 2490년後記記 (登集集,進和回)計算結果、スペクトル回 ① (計算波形能力:) AWVフィル 単元数5月間に 定対策第単地通う事業時間に満足 生きた awv 単元数5月間に 定対策第単地通う事業時間に満足 生きた awv 単元数5月間に 定対策第単地通う事業時間に満足 生きた awv 単元数5月間に 定対策第単地通う第二人生生 生 の 単数地電影用作成 ② (出力ファイル名設定) ② (出力ファイル名設定) ② (出力ファイル名設定) ② (出力ファイル名設定) ③ (出力ファイル名設定) ④ (計算単元) ③ (日)	ARTEQ-LP - 東京都中野区			
2         2490年後録空         2490年8月         2490年8月 <th>ファイル(<u>E) データ</u>ベース(<u>D</u>) ヘルプ(<u>H</u>)</th> <th></th> <th></th> <th></th>	ファイル( <u>E) データ</u> ベース( <u>D</u> ) ヘルプ( <u>H</u> )			
	記 速動地震設定 <mark>+算結果_波形図 計算結果。</mark>	スペクトル国		
AWC27イル         運転時間に安全変換しま業時間に開発生活が多生活がある。           算気数の時間に安全変換しま業時間に開発生活が多生活がある。         運気数の時間に安全変換しま業時間に開始生活がある。           算気数の時間に安全変換しま業時間になどののとなどのない。         運動地震波能行成           20         (出力フアイル名設定)           21         運動地震波能行成           22         運動地震波能行成           23         (出力フアイル名設定)           24         (国力フアイル名設定)           25         (日力フアイル名設定)           26         (日力フアイル名設定)           27         (国長時間計算)           28         (日力フアイル名設定)           28         (日力フアイル名設定)           29         (日力フアイル名設定)           29         (日力フアイル名設定)           29         (日力フアイル名設定)           29         (日力ファイル名設定)           29         (日力クロークロークロークロークロークロークロークロークロークロークロークロークローク	①【計算波形設定】			
東京都宇野区,安計東海地園,2東海地園市営業,15世地名,5mv       東京都宇野区,安計東海地園,2東海地園市営業,15世地名,5mv       東京都宇野区,安計東海地園,2東海地園市営業,15世地名,5mv       東京都宇野区,安計東海地園,3海河海域,5雪地高,5世地       (出力ファイル名設定)       (出力ファイル名設定)       (温祉時間計算ツール       慶源時間の地域間に点間の急旋距離から逆延時間給計量します。       (三山力ファイル名設定)       (温祉時間計算ツール       慶源時間の地域間に点間の急旋距離から逆延時間給計量します。       (三山力アイル名設定)       (三山力アイル名)        (三山力アイル名)       (三山力アイル名)       (三山力アイル名)       (三山力アイル名)       (三山力アイル名)       (三山力アイル名)       (三山力アイル名)       (三山力アイル名)       (三山力アイル名)        (三山力アイル名) <td>AWVファイル</td> <td></td> <td>遅延時間(s)</td> <td></td>	AWVファイル		遅延時間(s)	
東京都中野区、安放東海地震2東海地震3線7月15章地点2mm 東京都中野区、安放東海地震3線7月海道、任意地在2mm 東京都中野区、安放東海地震3線7月海道、任意地在2mm 連邦地震波形化成 [2] [出力ファイル名設定] [2] [出力2] [L力2] [L	東京都中野区,安政東海地震」,東海城西明層#	(任管地点 anv		
東京都中野区,安秋東海地震 3.5%7)海地 兵猛地 6.2 awv       ② 【出力ファイル名設定】       ② 【出力ファイル名設定】       ③ 提延時間計算ツール       ● 夏那原の地域間は点間の最短距離から遅延時間に計算します。       START:     安政東海域東山湾       ● 夏那原の地域間は点間の最短距離から遅延時間に計算します。       START:     安政東海域東山湾       ● 夏那原の地域間は点間の最短距離から遅延時間に計算します。       START:     安政東海域東加湾       ● 夏秋季加速度の小分:     270       ● 日     >>>       ● 日     >>>	東京都中野区_安政東海地震_2_東海城東断層_1	£意地点 awv		
(出力力アイル名設定)     速形アイル変更       ② [出力力アイル名設定]     運動地震速形作成       >)運送時間計算ツール     震声時層の球球間は点間の急速距離から速送時間能計直します。       START:     反対東海陸震心実施活動の急速距離から速送時間能計直します。       END:     反対東海陸震心実施調防層       ・     運送時間省。       ・     運送時間省。       ・     212       ・     212       ・     2142       毛した     1	東京都中野区_安政東海地震_3_駿河湾域_任意	也后 awv		
送施ファイル名設定            ② 【出力ファイル名設定            ③ 【出力ファイル名設定            ○ 温延時間計算シール            ● 漫越時間計算シール            ● 素顔地看の地域間は点間の急速発明に浸進時間皆計算します。            ○ START: 反対東海地震し東地域目的局本            ● 医対東海地震し東地域目的局本            ● 「「」           ● 「           ● 「           ● 「           ● 「           ● 「           ● 「           ● 「           ● 「           ● 「           ● 「           ● 「           ● 「           ● 「           ● 「           ● 「           ● 「           ● 「           ● 「           ● 「           ● ● ● ● ● ● ● ● ● ● ● ● ● ● ● ● ● ● ●				
②【出力ファイル名設定】     運動を数波形行成       ②遅延時間計算ツール     震動所得の破壊間は点間の最短距離から逆延時間を計算します。       START:     安辺東海を渡し、東道和音振得★       END:     安辺東海を渡し、東道和東航行       ●     建延時間計算       ●     建延時間に自       ●     412       ●     101 とした       ●     101 とした			波	形ファイル選択
22 (出力カアルル名設定) 連載地震波能作成 23 (出力カアルル名設定) 24 延時間計算ツール 商源断層の破壊間は点間の最短距離から遮絶時間計算します。 51 ART: 会対変系地震し変態域面的原本 「 END: 会対変系地震し変態域面的原本 「 建築時間計算 END: 会対変系地震の(m/s): 270 単線に振速度(x,m/s): 270 単位 54 レレム目会ニロレナン たーズ ノムセ アル・よい ロント しし シニコレナン ア 一番 し よい か よ し よ				
○選延時間計算ツール 義原所層の球域間は点面の最短距離から遅延時間能計算します。 START: 伝は東海地路し東海域高防層★ ▼ END: 伝は東海地路 2東海域東所層 ▼ 球域伝播速度(ando): 270 福祉時間(6) 4442 ELL [14] 日子 二 「 」 」 」 「 」 」 」 」 」 」 」 」 」 」 」 」 」 」	②【出力ファイル名設定】		連續	动地震波形作成
つ遅延時間計算ツール 震調部層の破壊間は点間の発短距離から遅延時間計算します。 START: (安宜夏海接度)上東道域面所層★ ▼ 更短時間計算 END: (安訂夏海接度)主東海域重新層 ▼ 磁域法測量度の小心: 270 遅延時間(s) 1412 514 UL4 Gモニアレーナ カー			Later in the second sec	
2 運延時間計算ツール 震興版層の破壊間は点間の最短距離防逆延時間を計算します。 START: (安夏東海を震し東海域高版層★ ▼				
		9944 2 99 A 917 95 WMAR 2 97 (24 99 4 14	1 about	
	STAPT・「空球車等接換」事等結果新聞     STAPT・「空球車等接換」事等結果新聞	SHING ROBULAR CEREMONS RESERVICED IN	Sienderst to	
			1-C(1600) 32	
®#21#2#((***):201			+99/)	
私山岳地台をづくはひを田公田はいましたいよいよ	银环境[[[[[]]]]][[[]]][[]]][[[]]][[]]][[]]]	7進 2三日	守[w](S)	
	転車電池ウカゴ (	杜モナシロンムい	あいようルクマヨ	ヨレムルナレム

## 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エアについ 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**

10月は台風が2週連続で週末の日本列島を駆け抜けましたが、11月最初の3連休は気持ちの良い秋晴れに恵まれました。深まる秋の風を受けて、紅葉狩りの計画をした方も多くいらっしゃるのではないでしょうか。

アウトドア好きな我が家では、待ってましたとばかりに焚き火に出かけました。 最近の東京近郊では、河川敷でも自由に焚き火ができる場所はほとんど無く、火気使用が許 可されている場所でも直火は禁止であることがほとんどです。田舎で育った幼い頃、空き地 で落ち葉を集めて焼き芋をした身としては、都会のルールと近代化を肌で感じ、少々窮屈な 気持ちになりました。しかし、いざ新調した焚火台をセットして、川原で薪をくべてのんび りと過ごせば、とても清々しい休日となりました。ぱちぱちとはじける炎を見ていると落ち 着くのは、今も昔も変わりませんね。

街はあっという間にクリスマスだ、年末だと忙しく季節を消費していきます。短いこの季節を自分のペースでじっくりと味わいたいものです。ぜひ、読者の皆さまのとっておきの秋の過ごし方もお聞かせください。

最後になりましたが、今号より編集担当になりました。歴史ある解析雑誌で、より良い情 報発信をしていけるよう意気込んでおりますので、何卒よろしくお願いいたします。

エンジニアリング営業2部 守武祐子

## 構造計画研究所 KOZO KEIKAKU ENGINEERING Inc.

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 1,2 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 大阪支社 〒541-0047 大阪市中央区淡路町 3-6-3 御堂筋 MTRビル 5F TEL (06) 6226-1231
(株)構造計画研究所 名古屋支社 〒460-0008 愛知県名古屋市中区栄 1-3-3 朝日会館 11F TEL (052) 222-8461
(株)構造計画研究所 福岡支社 〒812-0012 福岡県福岡市博多区博多駅中央街 8-1 JRJP 博多ビル 8F TEL 050- 5305-1380

