

Topics

- 宇部市営バスによる、橋梁モニタリングシステム実用化に向けた世界初の実証実験開始
～ 構造計画研究所と山口大学共同研究の橋梁異常検知システムが最終段階 ～
- 4 日間で 1 時間に短縮、地球シミュレータ利用による地震動解析業務を強化拡大
～ 広範囲、広帯域での波動伝播解析と大規模斜面崩壊シミュレーションの研究開発を推進～
- 大規模地震時におけるフィルダムの沈下量の評価
- 地盤振動問題に関する解析事例
- 鉄道 RC ラーメン高架橋を対象とした 3 次元動的解析プログラム DARS の開発
- コンテナハウスの構造課題を解決し、一般建築物としての評定を取得
～ 設計、解析、実験の技術を駆使して、短工期、低コストで環境に優しい新たな建築工法の道を拓く～

Technical Reports

- 柏崎及びその周辺地域における減衰特性 (Q 値) に関する検討
— 二重スペクトル比の方法を用いた結果 —
- 破壊伝播効果と大振幅地震動の生成に関する統計的検討
— 2004 年 Parkfield 地震の強震記録に基づいた検討結果 —
- デジタル詳細地域危険度マップ作成と防災活動支援に関する研究

Spring

榊構造計画研究所
営業本部 副本部長 兼 経営企画部長
荒木 秀朗

「いくらか寒さもゆるみ」というご挨拶で始まる季節ではありますが、中々寒さの和らぐ気配はなく、暦通りの「立春」は遠いように感じています。

先日所用があり四国の香川県丸亀市に立ち寄りました。瀬戸内の穏やかな気候をイメージして彼の地に降り立ちましたが、全国的な冷え込みは四国も関東も大きな変化はなく、澄み切った青空とは裏腹に、肌を指すような冷たい風にコートの襟を立てて市街を歩いておりました。

そんな中ふと立ち寄った公園の桜林の中に1本だけまばらに咲いた桜を目にしました。ただ1本だけではありましたが、着実に春に向かって季節が動いていることを実感する瞬間でした。

春を待ち望む声は、同じような気候を持つ他の地域でも一緒だと見え、各国に「春」を表す言葉があります。

英語：Spring、フランス語：Printemps、ドイツ語：Frühling、

スペイン語：Primavera、ポルトガル語：Fonte

馴染みの深い英語のSpringは「春」の他に「跳ねる」「源泉」「わき水」「急に動く」「ばね」などと訳されます。

ただし、私どもの場合は仕事柄、「Spring=ばね」を連想し、頭に「弾塑性」とか「地盤連成」とかつく用語をついつい思い浮かべてしまいます。

ちなみに、16世紀頃までイギリスでは「Lencten」という言葉が「春」の意味だったようですが、次第に「Spring」に変わっていったと記述がありました。この「Lencten」という言葉は本来「(日が)長くなる」という意味で「lengthen」の意味であったとあります。その「Lencten」が何故16世紀頃から「Spring」に変わったのか？。この頃の歴史を紐解いてみると、「イギリスでは16世紀にカトリック教会からイギリス国教会が分裂した」とあり、空想歴史家の私の頭では「ははあん」と脳が勝手に解釈してしまいましたが、真偽の程は分かりません。皆様のご推測にお任せします。ご存知の方がいらっしやいましたらご一報下さい。

「Spring」の訳で「跳ねる」とあるのを見て、連想される方もいらっしやると思いますが、今年(平成23年)の干支は「卯」です。「卯=跳ねる=Spring」。些か強引なこじつけですが、今年の春は何か良い動きが始まることを期待したいと思います。

政治の混迷、市場経済のコモディティ化、グローバル経済におけるガラパゴス化など耳障りの良い言葉がメディアから流れてくるのが少ないですが、過去に起きたことの延長線上に現在と未来が存在するケースだけではないと思います。過去と現在と未来は線形関係ではないことも多いかも知れません。今は複雑系、非線形が当たり前になってきた世の中。我々の思考も非線形にする必要があるかも知れません。

「Spring」を使った言葉に「Spring to mind」という言葉があります。この言葉は「ひらめく」、「思いつく」という意味があります。春を待つまでもありませんが、お客様と弊社で共に培った「工学知」から新たな未来を切り開く「ひらめき」生れ、社会が大きく「躍進」する。そんな「源泉」になればと思う次第です。

2011年が皆様にとりまして「躍進」の年となりますことを祈念して、巻頭言と致します。

解析雑誌 Vol.25 2011.2

【巻頭言】	Spring	営業本部 副本部長 兼 経営企画部長 荒木 秀朗	02
Topic 1	【ニュースリリース】		
		宇部市営バスによる、橋梁モニタリングシステム実用化に向けた世界初の実証実験開始 ～構造計画研究所と山口大学共同研究の橋梁異常検知システムが最終段階～	04
Topic 2	【ニュースリリース】		
		4日間が1時間に短縮、地球シミュレータ利用による地震動解析業務を強化拡大 ～広範囲、広帯域での波動伝播解析と大規模斜面崩壊シミュレーションの研究開発を推進～	05
Topic 3	【事例紹介】		
		大規模地震時におけるフィルダムの沈下量の評価	08
Topic 4	【事例紹介】		
		地盤振動問題に関する解析事例	12
Topic 5	【事例紹介】		
		鉄道RCラーメン高架橋を対象とした3次元動的解析プログラムDARSの開発	16
Topic 6	【ニュースリリース】		
		コンテナハウスの構造課題を解決し、一般建築物としての評定を取得 ～設計、解析、実験の技術を駆使して、短工期、低コストで環境に優しい新たな建築工法の道を拓く～	22
Technical Report 1			
●		柏崎及びその周辺地域における減衰特性(Q値)に関する検討 —二重スペクトル比の方法を用いた結果— 野田 朱美、司 宏俊、西村 功、水谷 浩之、徳光 亮一	24
Technical Report 2			
●		破壊伝播効果と大振幅地震動の生成に関する統計的検討 —2004年Parkfield地震の強震記録に基づいた検討結果— 司 宏俊、大場 政章、川里 健、正月 俊行、澤飯 明広、翠川 三郎	26
Technical Report 3			
●		デジタル詳細地域危険度マップ作成と防災活動支援に関する研究 落合 努、栗山 利男、橋本 光史、荏本 孝久、露木 延夫、山本 俊雄	28

NEWS RELEASE

宇部市営バスによる、橋梁モニタリングシステム実用化に向けた世界初の実証実験開始

～ 構造計画研究所と山口大学共同研究の橋梁異常検知システムが最終段階 ～

株式会社構造計画研究所は、山口大学と協同で行っているバスの振動計測により橋梁の異常を検知するシステムの開発が、宇部市の協力を得て世界で初めてとなる路線バスを用いた実証実験が平成22年12月1日開始され、実用化へ向けての最終段階に入ったことをお知らせします。

国内に橋梁は約68万橋あり、その70%は1960年から70年代に造られたもので、その設計上の耐用年数は50年とされています。今後耐用年数が過ぎた橋梁は点検により劣化状況を把握し、補修、補強、架け替えの判断やそれらの優先順位付けが必要となり、管理する自治体では予算の制約、点検者の不足、評価基準の制定などで難しい問題を抱えています。

構造計画研究所は山口大学社会基盤メンテナンス工学研究室の宮本文穂（みやもとあやほ）教授らのグループと協同で、このような社会問題の解決策の一つとして、重量約8tの路線バスを橋梁の異常を検知するモニタリングに利用する研究を2006年から行っています。研究はバスの振動と橋梁の振動の相関関係、橋梁の損傷有無によるバスの振動への影響、路面の凹凸条件、走行速度に影響の少ない異常検知パラメータの抽出などを、解析、模型による実験、およびバスを貸し切った実験などにより行い有用な結果を得ました。

今回は、宇部市土木建築部道路河川建設課、宇部市交通局の協力によって路線バスに振動計測装置を積載し、来年12月末までの13ヶ月間にわたりそのバスが通過する12カ所の振動計測を行う橋梁モニタリング実証実験を実施します。この実験により、データ収集方法、速度の自動推定、計測・分析の開始のタイミング技術の開発、装置の寿命、対面通行等の影響、および適用範囲の把握などの課題解決を図り、実験終了時には実用可能なシステムとして公開し国内外でのビジネス展開へと移行します。



宇部市の橋梁を通過する宇部市交通局のバス



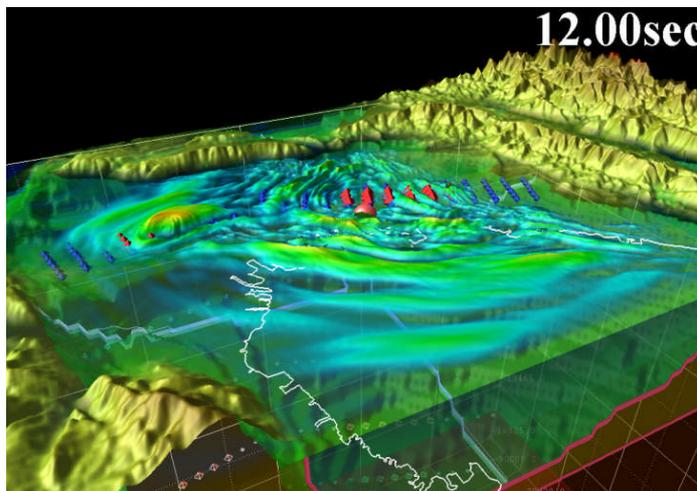
バス内部でモニタリング中の振動波形

NEWS RELEASE

4日間が1時間に短縮、地球シミュレータ利用による地震動解析業務を強化拡大 ～広範囲、広帯域での波動伝播解析と大規模斜面崩壊シミュレーションの研究開発を推進～

株式会社構造計画研究所は、独立行政法人海洋研究開発機構（JAMSTEC）が実施した平成 21 年度の「地球シミュレータ産業戦略利用プログラム」に応募し、新規利用拡大枠として採用されました。採用された後、当社保有の地震動解析プログラム(k-fdm3d)を地球シミュレータに移植し、地球シミュレータの高い性能を最大限に発揮することができるようプログラムの改造と最適化を実施いたしました。その結果、当社がそれまで使用していたコンピュータによる解析効率を格段に向上させることが出来ました。この性能向上により、大規模領域における地震動解析の効率が飛躍的に上昇いたしました。

【解析例】大阪平野における上町断層を震源に想定した地震動伝播解析
当社コンピュータ（PC 計算クラスター） 約 90 時間（約 4 日間）
地球シミュレータ 約 1 時間



動画によるシミュレーション結果 http://www.kke.co.jp/kaiseki/service/uemachi_fdm.m1v

また、地球シミュレータを利用した広帯域地震動解析の結果については、東京大学総合防災情報研究センター兼地震研究所古村孝志教授に助言を頂きながら、工学的妥当性の検証作業を現在進めております。

構造計画研究所はこの成果を、大阪平野や関東平野、あるいは、日本全体といった広い領域を対象とする地震動解析、および超高層建物が強く影響を受ける長周期地震動から、一般建築物の被害に大きく影響する短周期地震動までの広い帯域にわたる地震動解析など、今まで計算速度やメモリの制約といった点で困難であった大規模な解析コンサルティング業務に適用し、より高付加価値なサービスの提供を推進いたします。このような地球シミュレータを利用した解析コンサルティング業務での有償利用は比較的安価なため、今後、既存顧客への解析コンサルティング業務の拡大と新規顧客の獲得において、大きな成果を上げていくことが期待できます。さらに、近年の地震で大きな被害をもたらしたにもかかわらずそのメカニズムが明らかになっていない、大規模斜面の崩壊メカニズムが解明可能なシミュレーション手法の研究開発を継続促進し、地震災害軽減の社会的貢献に寄与してまいります。

■ 地球シミュレータの産業戦略利用について

文部科学省は平成 19 年度より、産業界との共用が可能な国内有数の先端研究施設を公募により採択し、共用体勢の構築を支援しています。採択された研究施設の一つである独立行政法人海洋研究開発機構（JAMSTEC）が保有する地球シミュレータは、地球規模の環境変動現象の予測・解明を行う目的で開発された、世界最高クラスの性能を有するスーパーコンピューターです。施設利用の可否は、平和利用であること、実績、プログラムの地球シミュレータへの適合性、目標達成時の社会的・経済的インパクトなどを考慮した公募によって決定され、当社は新規利用枠 4 社の内の 1 社として採用されました。

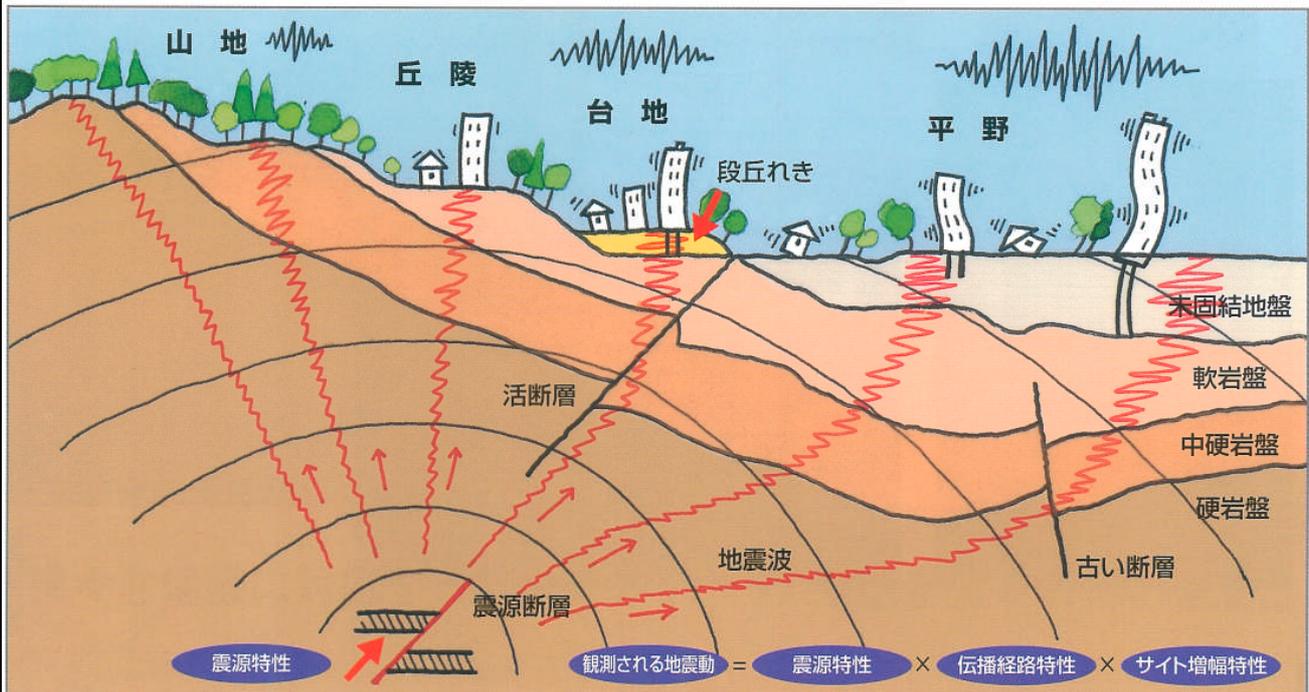
強震動評価・シミュレーション・設計用入力地震動

断層モデルによる地震動評価

地表で観測される地震動の特性は、震源特性・震源から基盤への伝播特性・表層地盤の増幅特性により決定されます。断層モデルを考慮した地震動評価は広く行なわれ、様々な手法が提案されています。弊社では永年培ってきた地震動評価の経験と実績に基づき、お客様の目的・予算に応じた手法により地震動の評価・シミュレーション・各種構造物への設計用入力地震動の作成を行ないます。

■地震動評価のためのモデル化

- 震源断層のモデル化（断層パラメータの設定）
- 伝播経路のモデル化（深部地盤構造の設定）
- 表層地盤のモデル化（表層地盤構造の設定）



■基盤での地震動評価手法

- 経験的手法（翠川・小林の方法）
／半経験的手法（経験的グリーン関数法、統計的グリーン関数法）
- 理論的手法／ハイブリッド合成法

■地表での地震動評価手法

- 等価線形化手法／非線形地震応答解析法
- 有効応力解析法（液状化の考慮）

地震観測記録のシミュレーション
各種構造物への設計用入力地震動の作成
広域を対象とした強震動評価・予測
地震動の可視化（アニメーション）

統計的グリーン関数法を用いて短周期を予測



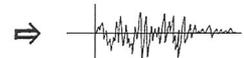
+

3次元地盤構造に基づき理論的手法により長周期を予測



||

現実的な地震波を予測（短周期～長周期）

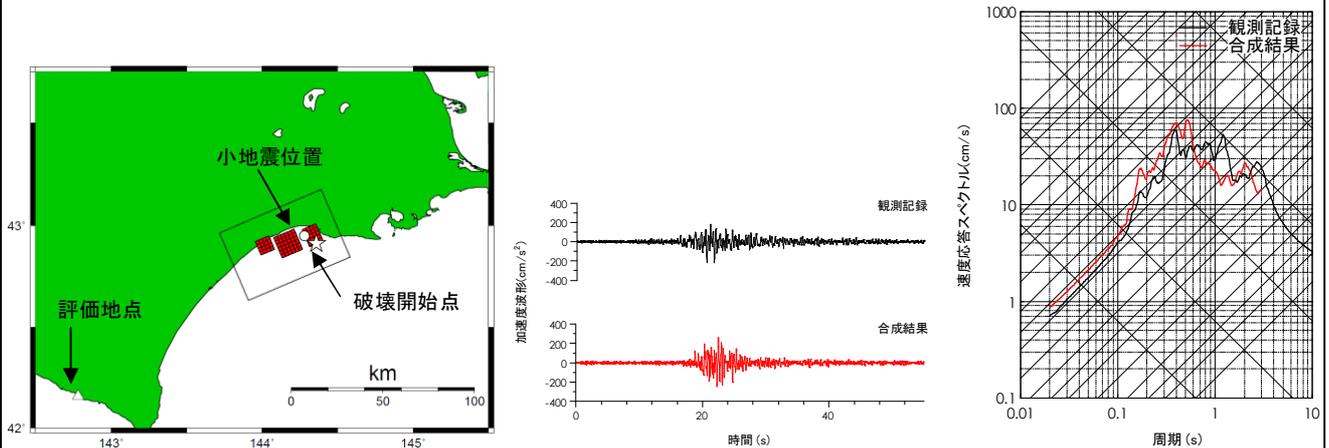


ハイブリッド合成法の概念

断層モデルによる地震動評価の事例紹介

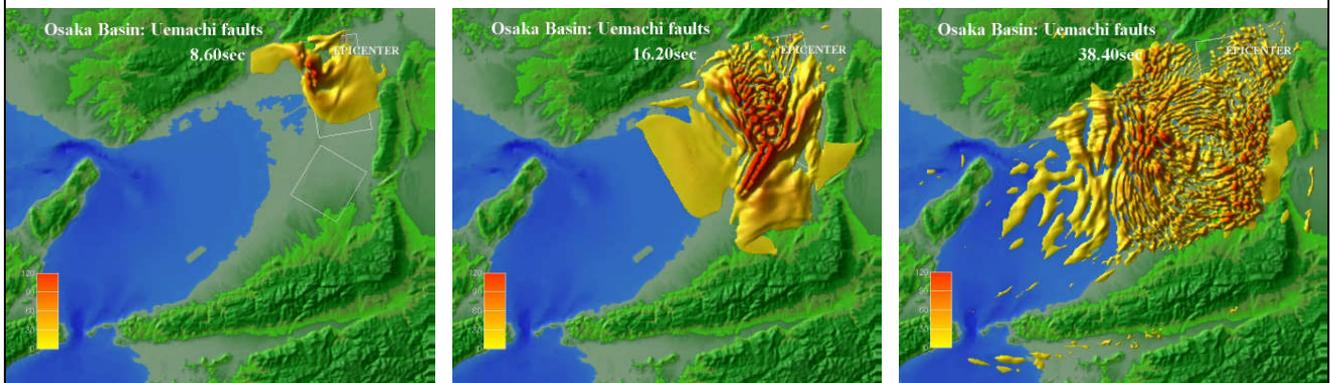
弊社がこれまでに行った地震動評価の一例を紹介します。1993年釧路沖地震を対象とした経験的グリーン関数法による地震動評価では、評価地点の観測記録を精度よく再現できました。また、上町断層を対象に行った3次元差分法シミュレーションでは、大阪盆地のような3次元地下構造の影響を評価できるとともに、計算結果をアニメーションとして可視化することで地震波伝播の様子をよく理解することができます。

■経験的グリーン関数法を用いた1993年釧路沖地震の地震動評価



■3次元差分法を用いた上町断層の波動伝播シミュレーション

地震発生 8.6 秒後 地震発生 16.2 秒後 地震発生 38.4 秒後



■地震動評価手法の種類と概要

地震動評価手法		概要
経験的手法	翠川・小林手法	点震源の距離減衰式に断層モデルによる地震動評価手法を結び付けた手法。地震基底での応答スペクトルを評価する。断層面の広がりや破壊過程を考慮でき、比較的簡便に行える。
半経験的手法	経験的グリーン関数法	震源メカニズム、伝播経路が似通った小地震記録を重ね合わせることで、大地震による地震波形を求める。伝播経路、表層地盤の影響は小地震記録に含まれているため、詳細な地下構造情報が無くても、それを考慮した評価が可能。但し、評価地点で小地震記録が得られていることが前提となる。
	統計的グリーン関数法	経験的グリーン関数法で用いる小地震記録が得られていない場合に、小地震波形を人工的に作成することで、大地震波形を評価できる。
理論的手法	波数積分法	断層モデルあるいは点震源による波動場を理論的に求める方法。設定する地下の媒質構造は水平成層の場合にのみ用いることができる。計算時間は短い。
	有限差分法	3次元的に変化する媒質に対し、理論的に波動場を求めることができる。但し、3次元的な媒質構造の情報が必要であり、計算負荷も大きい。
ハイブリッド合成法	理論的手法＋半経験的手法	長周期側を理論的手法、短周期側を半経験的手法で評価し、それぞれを重ね合わせる手法。両者の利点を活かした広帯域の地震動評価が可能となる。

※このパンフレットの記載内容は2011年1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。

Topics3 事例紹介

大規模地震時におけるフィルダムの沈下量の評価

(株)構造計画研究所
防炎・環境部 茂木 正敏

構造計画研究所では、「大規模地震に対するダム耐震性能照査指針（案）（2005年3月、国土交通省河川局）」の施行以降、フィルダムの耐震性能評価に関して、解析コンサルティングおよびプログラムの開発を実施してきております。同指針では、フィルダムの耐震性能を、すべり変形量をもとに評価することを基本としているため、これまで、それに基づいた解析を実施しています。しかし近年、地震時においてすべりを伴わない大きな沈下の発生が確認されており、地震時における揺すり込み沈下に対する検討の必要性が高まってきております。本稿では、従来のすべり変形量に基づくフィルダムの耐震性能を評価する方法を、フローをもとに簡単に示すとともに、近年研究が進められている、累積損傷度の考え方による、揺すり込み沈下の評価方法についてご紹介します。

■すべり変形量をもとに評価する従来方法

本手法に関しましては、現状で広く普及したものですので、ここでは簡単に、フローと解析結果例を示すにとどめます。

なお、築堤解析はDuncan-Changモデルによる非線形解析、湛水解析はコアゾーンのみを対象とした浸透流解析を行い、その結果と築堤解析の結果を組み合わせることで湛水時の応力（常時応力）を算定することが一般的な方法とされています。また、すべり変形量はニューマーク法および渡辺・馬場法を用いて算定いたします。

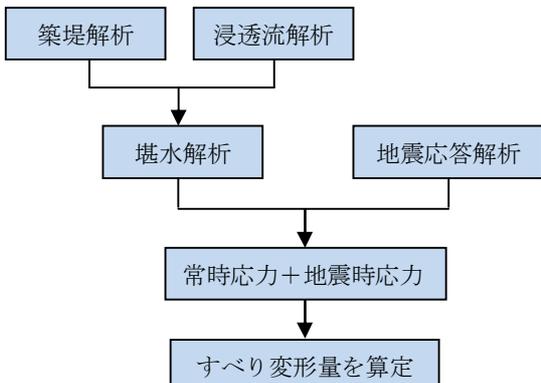


図1 すべり変形量を算定するフロー（従来方法）

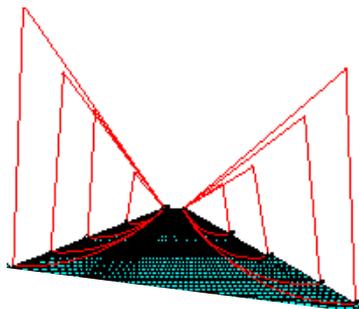


図2 すべり線およびすべり安全率時刻歴の解析結果例

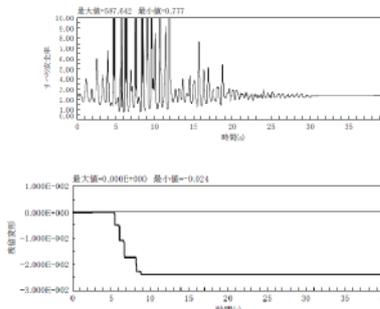


図3 すべり安全率および残留変形時刻歴の解析結果例

弊社では、このフローに基づき、地震により発生するすべり変形量を、算定することが可能です。また、解析には弊社で開発したプログラムを使用しておりますので、フローによらない特殊要因を考慮した解析にも対応可能となっております。

■揺すり込み沈下の評価方法

揺すり込み沈下を、累積損傷解析により算定する手法を紹介します。累積損傷解析は、地震による永久変位が繰り返し応力の作用により発生する残留ひずみに起因する変位も含むという考え方に基づいています。以下に評価手順を示します。

①初期応力解析（築堤解析、浸透流解析および湛水解析）と地震応答解析を実施し、堤体の各要素の繰返しせん断応力を算出します。（ここまでは、従来方法と同じです。）

②累積損傷理論を適用するにあたり、堤体材料の非排水繰返し強度（繰返しせん断応力比 SRd *と繰返し载荷回数 Nc との関係）をモデル化します。

（* SRd ：動的解析結果により得られる動的せん断応力と静的解析から得られる平均圧密有効応力の比）

③①の解析よりせん断応力比 SRd の時刻歴を算定し、これを「パルス」として整理します。

④このパルスの時刻歴に対して、累積損傷理論でのひずみ軟化理論と②でモデル化した $SRd \sim Nc$ 曲線を適用し、各要素に発生するひずみの時刻歴を算定します。

⑤ひずみの時刻歴に基づき、時刻 t におけるせん断剛性 $G_d(t)$ を算出することにより、最終時刻における剛性 G_1 を求めます。

⑥地震前後の剛性 (G_0, G_1) を用いて自重解析を行い、両者の差を地震後の残留変形量として求めます。この残留変形量を、揺すり込み沈下に相当するものとして、従来方法によるすべり変形量と併せてフィルダムの耐震性能を評価します。

ここで紹介した、揺すり込み沈下の評価方法は、現状では研究途上ですが、前段で述べたように、近年その必要性が高まってきており、今後本手法による解析が普及してくることも考えられます。

弊社では、主に自社所有のプログラムをベースに、従来手法によらない、新たな手法を組み込んだプログラムの開発、それを用いた解析コンサルティング業務に力を入れて取り組んでおります。その一例として、揺すり込み沈下量を算定するプログラムの開発に現在取り組んでおりますが、このような指針の改定をにらんだ新たな解析手法の開発、プログラム化、解析コンサルティング等、さまざまなニーズにお応えすることができまので、お手伝いさせていただければ幸いです。

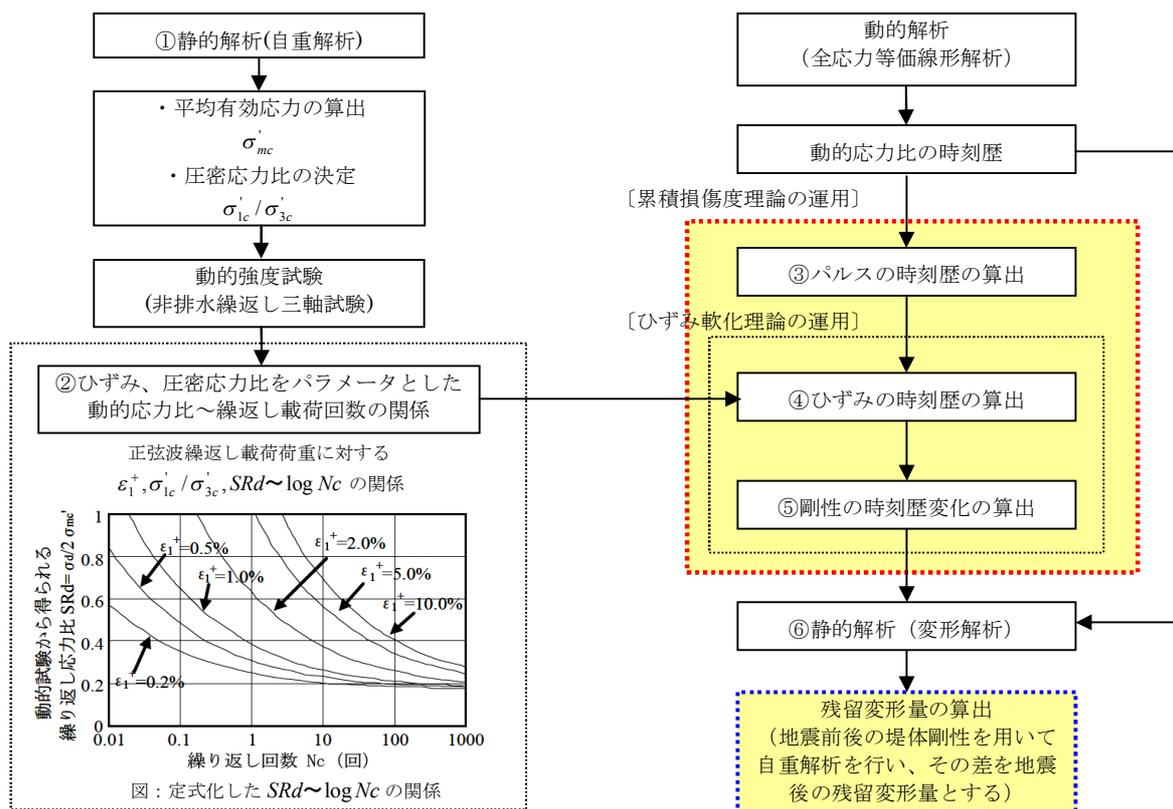


図4 揺すり込み沈下の評価フロー

参考文献

- 1) (財)ダム技術センター：フィルダム設計合理化検討分科会報告書，ダム構造・設計等検討委員会，2001.3.
- 2)フィルダムの累積損傷に伴う変形予測手法、島本和仁、山口喜一、佐藤弘行、安田成夫、佐野孝之、ダム技術, No.244、2007.1
- 3)：コア材料の締固め度と動的強度、佐藤弘行、山口喜一ダム技術，No.252，pp.42-53，2007.9.

二次元有限要素法の統合解析システム

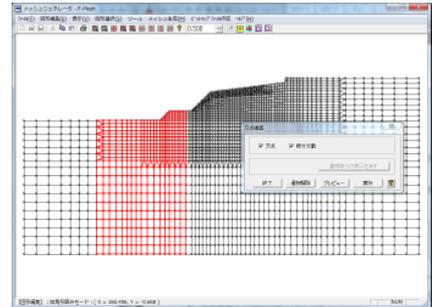
FRONT for Windows

FRONT for Windowsは、地盤に関する様々な変化を予測する統合解析システムです。

◆特長◆

- 1) 二次元有限要素モデルの作成～解析～結果の図化をWindows上で容易に行うことができます。
- 2) 必要な機能のプログラムを組み合わせることで導入できます。
- 3) 有限要素法による静的・動的解析

掘削・盛土などの施工過程を考慮した地盤の安定問題
地盤と構造物の相互作用を考慮した動的挙動解析
交通や機械などから発生する振動の影響評価解析

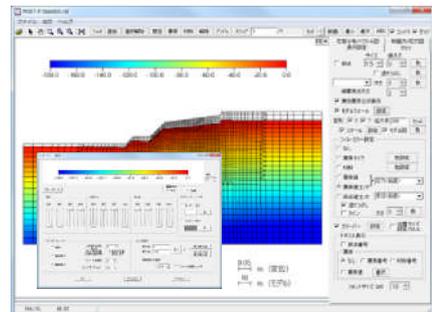


◆構成プログラムの紹介◆

■ 有限要素モデルの作成プログラム

—— F- Mesh for Windows Ver.1.1

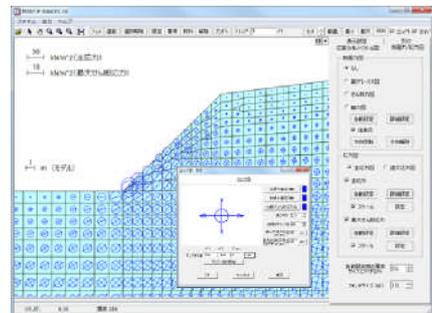
二次元有限要素モデルを作成することができます。DXF形式のCADデータより、形状をインポートすることもできます。



■ 地盤の掘削・盛土を考慮した静的解析プログラム

—— EXAP for Windows Ver.1.2

建物基礎、地下構造物、トンネルの掘削工事に伴う周辺地盤の挙動を解析することが可能です。

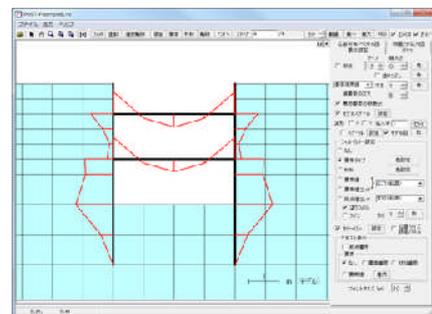


■ 地盤・構造物連成系の動的解析プログラム

—— SuperFLUSH/2D for Windows Ver.5.2

杭基礎建物、地中構造物、ダムなど、地盤・構造物連成系の動的解析を行います。地震応答解析、地震時安定解析の他、機械振動、交通振動による応答解析も可能です。

2011年3月 Ver.5.3リリース予定！(Windows7対応・他)



■ すべり安全率・すべり変形量の算出プログラム

—— POST- S for Windows Ver.1.1

斜面の安定解析を行います。渡辺・馬場の方法による残留すべり計算にも対応しています(オプション機能)。

■ 解析結果図化プログラム

—— POST- P for Windows Ver.2.1

変形図、主応力図、断面力図の作成を行います。応答値のコンタ図表示、動画再生が可能です。FRONTシステムのプログラム以外の解析結果も図化を行うことができます。

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

■SuperFLUSH/2D for Windowsは(株)構造計画研究所と(株)地震工学研究所の共同開発商品です。

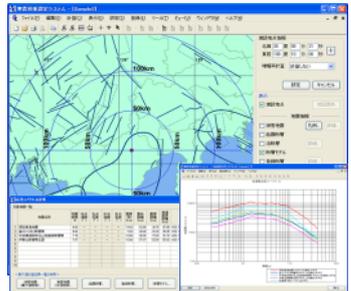
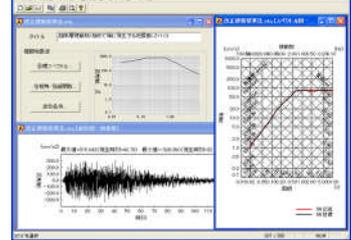
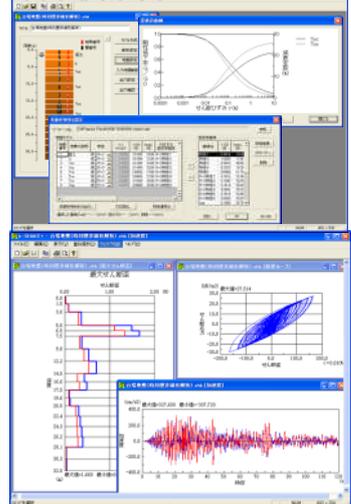
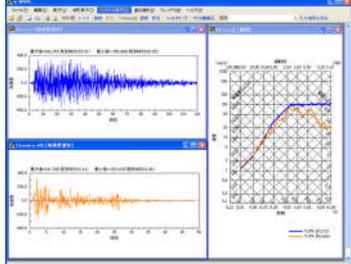
設計用入力地震動作成システム

【設計用入力地震動作成システムとは】

免震構造物の設計には欠かせない模擬地震波や構造物の建設地域の地盤特性を考慮した入力地震動を手軽に作成できるソフトウェアです。

2011年2月には、ARTEQが6.0に、SeleSが6.1にバージョンアップする予定です。これらのバージョンアップでは、各パッケージのWindows 7対応、新規機能の追加、使いやすさの向上のための改良を実施しております。

【各パッケージの機能概要と販売価格】

パッケージ名	概要	
<p>地震荷重設定システム SeleS for Windows セレス</p> <p>販売価格 フル機能版 : 2,205,000円(税込) 翠川・小林版 : 1,890,000円(税込) ダム機能版 : 1,890,000円(税込)</p>	<p>耐震設計のため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。</p>	
<p>模擬地震波作成プログラム ARTEQ for Windows アーテック</p> <p>販売価格 フル機能版 : 1,050,000円(税込) 建築限定版 : 735,000円(税込) 土木限定版 : 525,000円(税込)</p>	<p>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、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。</p>	
<p>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</p> <p>販売価格 フル機能版 : 840,000円(税込) 基本機能版 : 525,000円(税込) 非線形オプション : 315,000円(税込)</p>	<p>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。</p> <p>■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。</p> <p>■非線形解析機能(オプション) 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、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。</p>	
<p>波形処理プログラム k-WAVE for Windows ケイウェイブ</p> <p>販売価格 : 210,000円(税込)</p>	<p>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。処理可能な波形データ点数はパソコンのメモリに依存します。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。</p>	

設計用入力地震動作成システム

Topics4 事例紹介

地盤振動に関する解析事例

(株)構造計画研究所
防災・環境部 西村 忠典

工場、建設作業や鉄道・道路などの交通機関より発生する振動は、環境振動などと呼ばれ、地盤を介して、周辺地域へと伝搬していきます。これらの振動は、周辺に居住する住民に心理的、生理的な影響を与えるだけでなく、建物内のコンピュータや精密工作機械・医療機器などに物理的な影響を及ぼすことが報告されています。

近年、大都市圏での地盤環境振動問題の苦情件数は、増加の傾向を示しており、その発生の要因も多様化・複雑化・複合化してきており、振動抑制対策の方法についても、従来の空溝や振動遮断壁（鋼矢板やソイルセメント壁）だけではなく、複雑な機構を持つ振動対策工法が提案されつつあります。

そのような状況の中、従来の経験や理論に基づいた比較的簡便な振動予測手法や予測式では、事前の地盤環境振動問題の発生や振動対策の効果の予測が困難となってきました。

ここでは、弊社で過去に実施してきた様々な振動源や振動対策工に対する解析的な検討の事例を示します。

数値シミュレーションによる検討方法

環境振動問題に対する数値シミュレーションによる検討を行う場合、以下の点に留意する必要があります。

- ・ 三次元的な地盤の広がり（半無限性）と逸散減衰
- ・ 構造物（振動源や振動対策工）と地盤の動的相互作用効果
- ・ 地盤構造と地盤物性の評価
- ・ 振動源の加振力と周波数特性

特に、地盤の半無限性や三次元的な波動の逸散については、環境振動問題を検討する上で最も重要な項目である。

比較的簡便な解析手法として挙げられる二次元有限要素法による解析では、三次元的な波動の逸散を的確に評価することができず、三次元解析手法を採用することが望ましい。

弊社では、三次元的な波動の逸散を比較的簡便に評価できる薄層要素法と三次元有限要素法を組み合わせた解析手法を提案し、環境振動問題の検討を行うことが多い。

薄層要素法は、地盤を水平方向には無限に広がる均一な連続体とし、深さ方向にはその分割面で離散化して成層地盤として扱う手法となる。

図1に、薄層要素を用いた解析の概念図を示す。

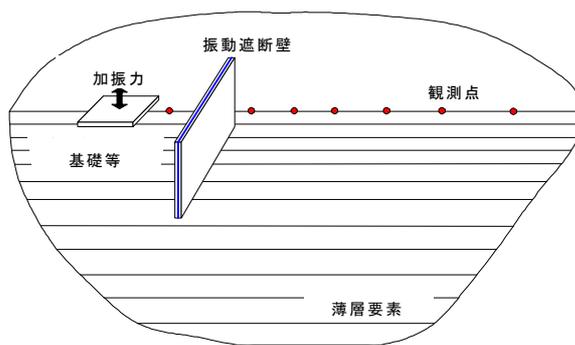


図1 三次元薄層要素法による
解析の概念図

機械振動を対象とした解析事例

工場内の大型の機械が稼働した際に発生する振動を対象に検討を実施した。

工場敷地内で事前に測定された振動測定記録を対象に三次元モデルと二次元モデルで解析を実施し、振動測定記録と解析結果の比較を行った。

三次元モデルによる解析では、機械の基礎を三次元ソリッド要素、基礎より上部の機械部分は、ビーム要素を用いて質点モデルとしてモデル化し、質点モデルの上端を水平に強制加振することで機械の振動を模擬した。

二次元モデルについては、地盤を平面ひずみ要素でモデル化した有限要素法による解析手法を採用して解析を行った。

図2に三次元解析モデルの概念図を示す。

図3に振動測定記録と解析結果の比較を示す。

図3より、実測記録と三次元解析の結果は基礎の振動（距離0m）と遠方の振動の両方ともよく対応している。一方、二次元解析の結果では、遠方地盤の振動は、解析結果が大きくなっている。これは、二次元解析では、機械から発生した波動の三次元的な逸散による減衰を的確に評価できていないためであると考えられる。

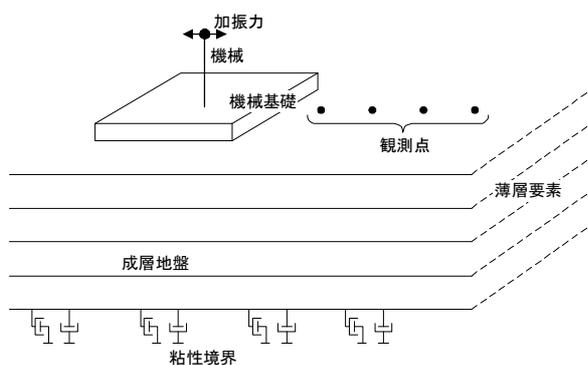


図2 三次元解析モデル概念図

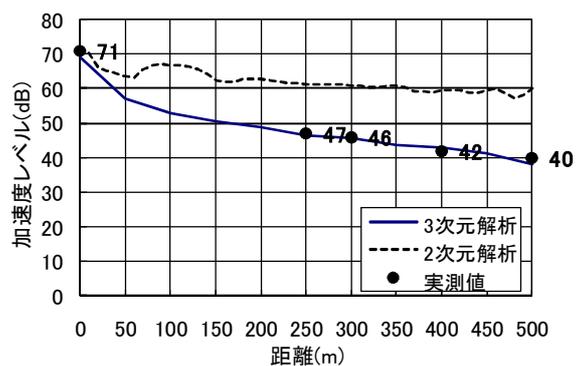


図3 振動測定記録と解析結果の比較

鉄道振動を対象とした解析事例

鉄道振動の軽減対策を目的として施工された鋼矢板製防振壁の対策事例を対象に解析を実施した。

図4に鋼矢板の設置の位置関係と振動測定位置の関係を示す。

鋼矢板製防振壁の最終的な打設深度は、GL-4.5m付近にあるN値30以上の砂礫層に貫入することを考慮して決定した。

図5に振動測定結果と解析結果の比較を示す。

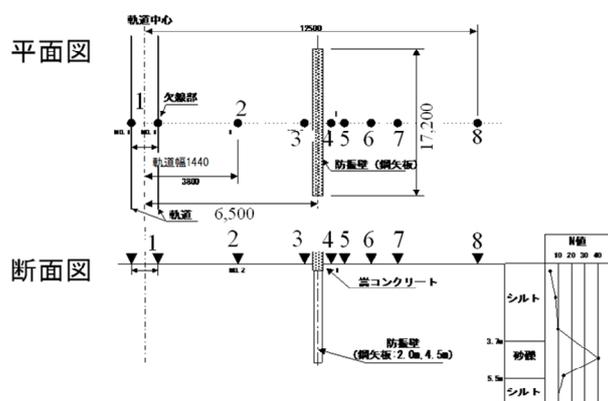


図4 鋼矢板防振壁の設置位置

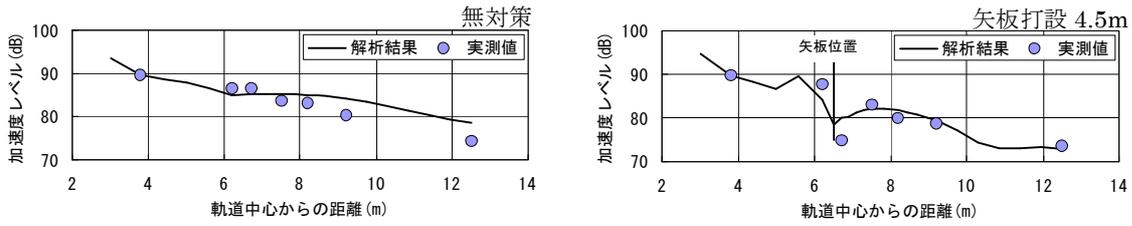


図5 振動測定結果と解析結果の比較

矢板背後直後の測定点における振動低減量は、測定結果と比較すると解析結果がやや小さくなっているが、その後の距離減衰傾向はよく対応している。

また、矢板 4.5m 打設時の解析結果においては、振動測定結果にも認められる矢板背後の振動増幅現象がうまく再現されており、防振壁による対策で発生することが多い防振壁背後の振動増幅現象が解析的に表現できた。防振壁背後での振動増幅現象について壁の挙動を抑制するような解析を実施した結果、防振壁の複雑な挙動により、防振壁が二次振源となり増幅現象を励起していることがわかった。(図6, 7, 8)

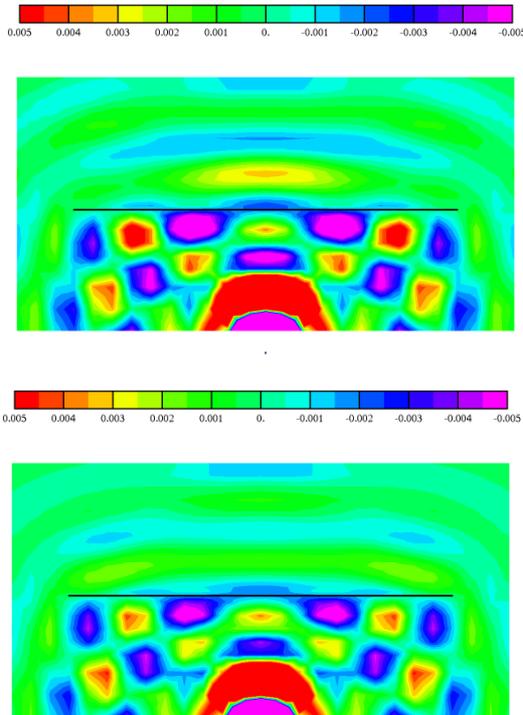


図6 鉛直加速度分布

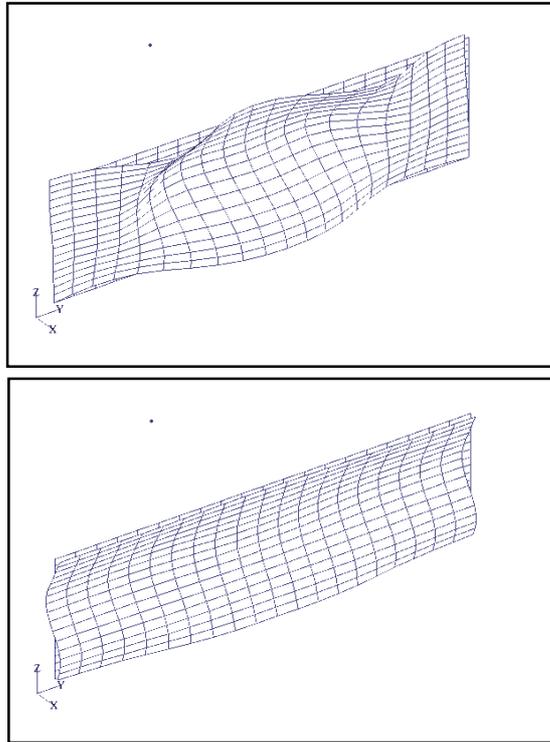
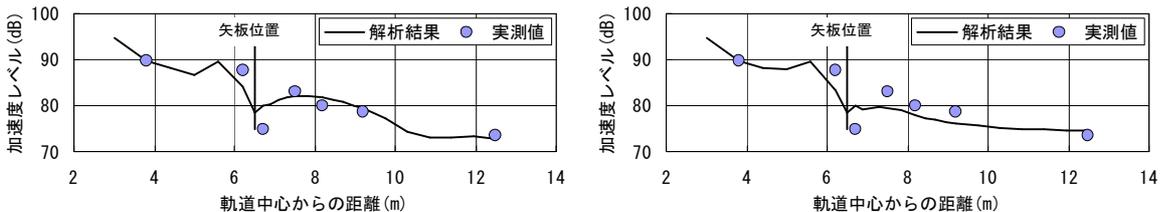


図7 矢板の変形モード

(上：矢板敷設方向の曲げ変形を考慮したケース 下：矢板敷設方向の曲げ変形を考慮しないケース)



矢板敷設方向の曲げ変形を考慮したケース 矢板敷設方向の曲げ変形を考慮しないケース

図8 矢板敷設方向の曲げ変形の影響による加速度レベルの距離減衰

ハニカム・セルWIBの解析事例

ハニカム・セルWIBは、ソイルセメント杭を蜂の巣状に配置することにより、地盤振動を抑制する振動対策工である。この防振対策工の効果を予測するため、三次元モデルによるシミュレーション解析を実施した。図15にハニカム・セルWIBのイメージ図を示す。図16に振動対策の有無による地表面振動を比較して示す

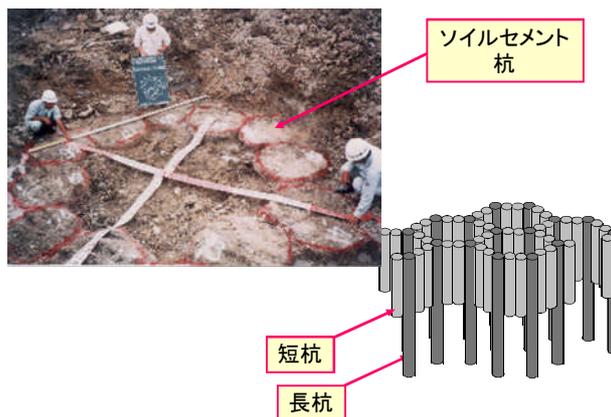


図15 ハニカム・セルWIBイメージ

図16からわかるように、振動対策としてハニカム・セルWIBを導入することで、地表面を伝搬する振動が大きく抑制される結果が得られた。

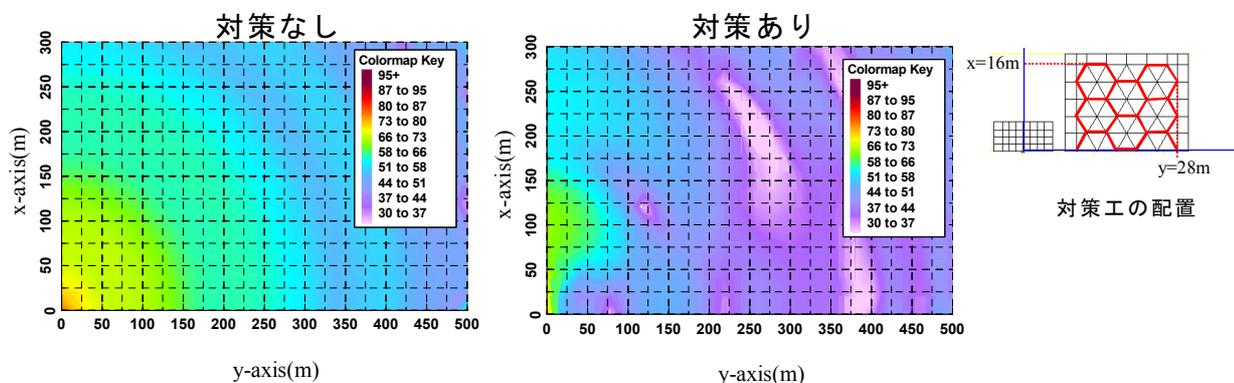


図16 対策工の有無による振動レベル分布

おわりに

弊社で実施してきた環境振動を対象とした複数の解析事例の一部について、その結果を示しました。ここで示した結果以外にもトンネル内や高架橋上にある振源からの振動評価、地盤を伝搬した振動が構造物に与える影響評価など種々の検討について実施してきています。いつ発生するかわからない大きな地震だけでなく、皆様の身近にある小さな振動による問題についても、弊社では重要であると考えており、身近な振動問題の解決のお手伝いをする事で少しでも社会貢献ができればと考えております。

【参考文献】

- 1) T.Nishimura et al.: Analytical forecast of ground vibration in surrounding that depends on machine vibration, Japanese Architecture meeting annual lecture materials, 2000
- 2) K.Hayakawa: The Latest Ground Vibration Countermeasure by using Isolation, 5th Japan/Korea Joint Seminar on Geotechnical Engineering, Osaka, Japan, 2006
- 3) T.Nishimura et al.: Performance of a Steel Sheet-Pile Barrier against Ground Vibration Originating in Railway Traffics, Fifth International Conference on Case Histories in Geotechnical Engineering, New York, 2004
- 4) T.Nishimura et al.: Modeling of hybrid interception wall in three dimensional analyses, JGS symposium, 2004
- 5) T.Nishimura et al.: Effectiveness of numerical simulation in the prediction of ground vibration problems, inter-noise 2008 Shanghai-China
- 6) H.Takemiya J.Shimabuku: On vibration transmission in ground from computer simulation vs. field test, JGS symposium, 2003

Topics5 事例紹介

鉄道RCラーメン高架橋を対象とした3次元動的解析プログラムDARSの開発

(株) 構造計画研究所
耐震技術部
與猶 竜

(財) 鉄道総合技術研究所
構造物技術研究部 コンクリート構造
副主任研究員 田所 敏弥

(財) 鉄道総合技術研究所
構造物技術研究部 コンクリート構造
研究員 中田 裕喜

(財) 鉄道総合技術研究所では、鉄道構造物等設計標準・同解説を刊行するとともに、鉄道コンクリート構造物の設計をより効率的に行えるよう、各種手引きやプログラムを整備してきた。

ところで、近年の設計地震動の増大や構造物の複雑化にともない、地震時に3次元的な挙動をする構造物に対する詳細検討の必要性が指摘されている。そこで、本稿では、今回開発したRCラーメン高架橋を対象とした3次元の動的解析プログラムDARSとその活用例を紹介する。

キーワード：RCラーメン高架橋、耐震照査、ねじり、時刻歴動的解析

1. はじめに

図1は、兵庫県南部地震において被害を受けた鉄筋コンクリート（以下、RC）ラーメン橋台の写真である。写真の左側は長スパンのプレストレストコンクリート桁、右側は短スパンのRC調整桁が設置されている。このRCラーメン橋台は、柱のせん断破壊によって、崩壊したものである。兵庫県南部地震以降、RC柱のせん断破壊による構造物の崩壊を防ぐために、柱が曲げ破壊形態となるように、既設構造物においては耐震補強が行われ、新設構造物においては耐震設計が行われている。RCラーメン橋台の地震時の応答は、重量の異なる桁を支持することや各柱の諸元が異なることから、RC柱のねじりをともなう3次元的な挙動となる場合があることが既往の研究¹⁾よりわかっている。また、図2に示すような不整形なRCラーメン高架橋においても、ねじりをともなった被災事例が報告²⁾されている。したがって、このような構造物を設計する場合には、地震時における3次元的な挙動を十分に考慮する必要があると考えられる。



図1 兵庫県南部地震におけるラーメン橋台の被害



(a) 駅部バチ形ラーメン (b) 斜角ラーメン

図2 不整形な立体RCラーメン高架橋の例

一方、実務設計においては、これらの構造物を2次元モデルに置き換えることが一般的に行われている。これは、3次元モデルを適用すべき構造物の範囲が明確でないこと、解析モデルの作成が煩雑になるためである。そこで、図1および図2のような構造物の地震時の3次元的な挙動の把握や耐震照査を目的に、3次元の動的解析プログラムDARSの開発を行った。

2. 解析プログラムの紹介

(1) プログラムの概要

本プログラムは、RCラーメン高架橋を主な対象とし、鉄道構造物等設計標準・同解説（コンクリート構造物）³⁾、および鉄道構造物等設計標準・同解説（耐震設計）⁴⁾（以下、耐震標準という）に準拠した解析プログラムである。また、対象とする部材は、RCラーメン高架橋を構成する矩形、円形およびT形のRC部材である。本プログラムでは、構造物を3次元の骨組構造として、部材や地盤を梁やバネによりモデル化する。本プログラムの主な機能は、静的非線形解析による破壊形態の検討、所要降伏震度スペクトル法による応答値の算定、固有値解析による固有次数等の算定、および時刻歴動的非線形解析による応答値の算定と照査である。

本プログラムの主な特徴を次に挙げる。①従来の2次元モデルの解析ではスラブや梁あるいは軌道などの自重の分担計算や、地震時の水平力分担計算が必要であったが、本プログラムでは、スラブを板要素としてモデル化するため、自重の分担計算や水平力分担計算の必要がなく、作業の手間が大幅に軽減できる。②従来は、線路方向と線路直角方向の端部および中間部に対して、それぞれ応答解析を行う必要があったが、3次元にモデル化することで解析ケースの低減が図れる。③画面上で高架橋の高さや径間数あるいは杭基礎の長さなどを入力すると、自動で高架橋のモデルを作成することができる。なお、構造物モデルの各節点を、直接座標入力することで、任意形状の解析モデルの作成が可能である。

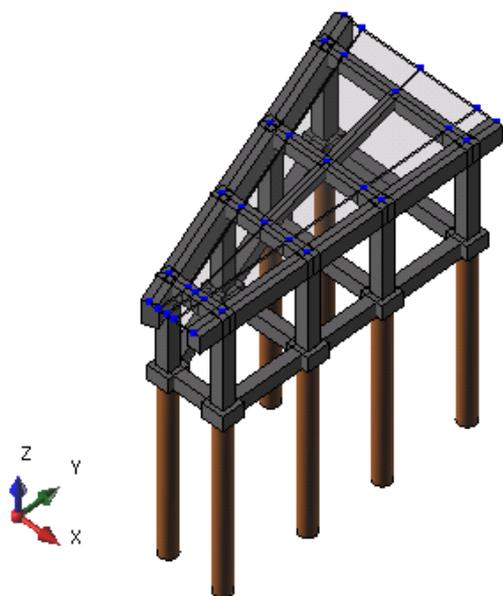


図3 鉄道RCラーメン高架橋のモデル化の例

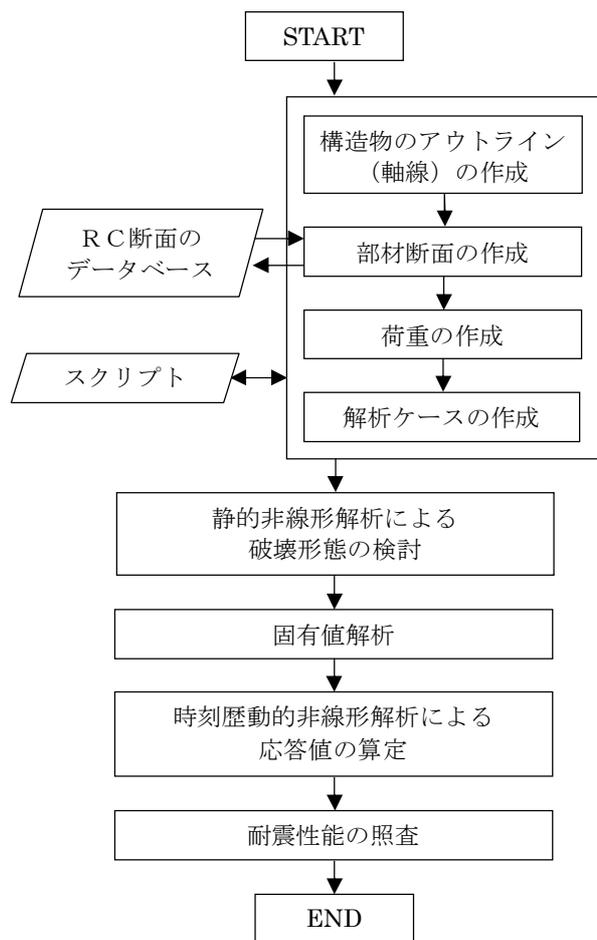


図4 解析の手順

また、3次元モデルを扱う上で煩雑となっていたモデル作成、入力データのチェックおよび解析結果の出力等に対して、①3次元CADライクな入力による効率的・直観的な形状入力や、クリック&ドロップによるRC断面・使用材料の配置等の入力支援、②高架橋の構造一般図から読み取れるレベルの値を入力するのみで、剛域などを考慮した複雑な3次元モデルの自動生成機能、③使用材料や部材特性の入力状況を常に画面で確認できる入力確認機能、④耐震標準に準拠し、照査例と同様な荷重-変位関係や耐震性能の照査結果の一覧表出力、⑤履歴図、変形図および変形のアニメーションの出力による解析結果検証などをサポートする。その他、スクリプトによる入力も可能であり、同様な構造物を繰り返し作成する場合には、スクリプト処理により大幅な時間短縮ができる。本プログラムの解析手順を図4に示す。また、図5、図6および図7に、本プログラムの画面例を示す。

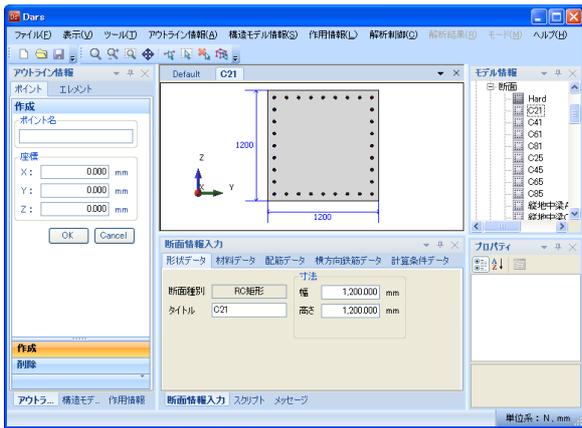


図5 矩形RC断面の作成画面の例

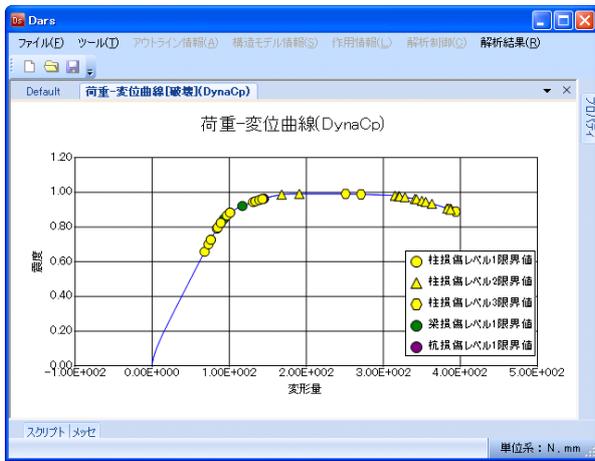


図6 静的非線形解析による破壊形態の検討結果の例

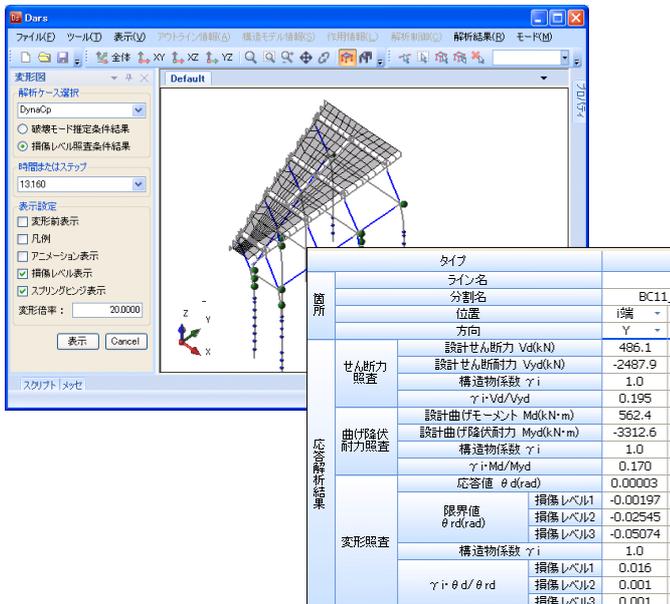


図7 時刻歴動的な非線形解析による応答値の算定例

3. 解析事例の紹介

ここで、本プログラムを用いた解析事例として、3次元の動的な非線形解析による鉄道RCラーメン高架橋の耐震照査の例を紹介する。

(1) 対象構造物および解析モデル

図8に、対象構造物の構造一般図を示す。対象構造物は、斜角を有する不整形な平面形状の鉄道RCラーメン高架橋である。高架橋は、延長4mから14m程度、幅28m程度と、線路直角方向に不整形な形状である。また、支持する桁スパンが異なるため、不整形であると同時に質量配置が不均等な構造物である。

図9に、解析モデルを示す。解析モデルは、上部構造と基礎構造の一体モデルである。柱、梁、杭の各部材の非線形特性は、回転バネによりモデル化し、地盤については、地盤バネによりモデル化した。

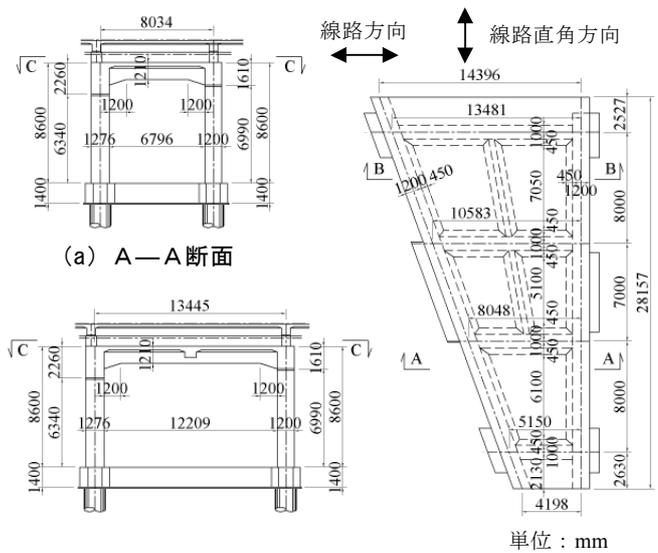


図8 斜角を有する鉄道RCラーメン高架橋の一般図

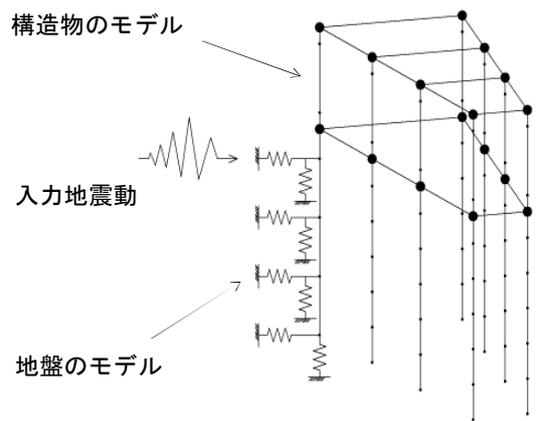


図9 解析モデル

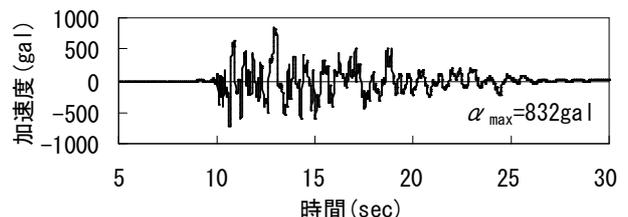


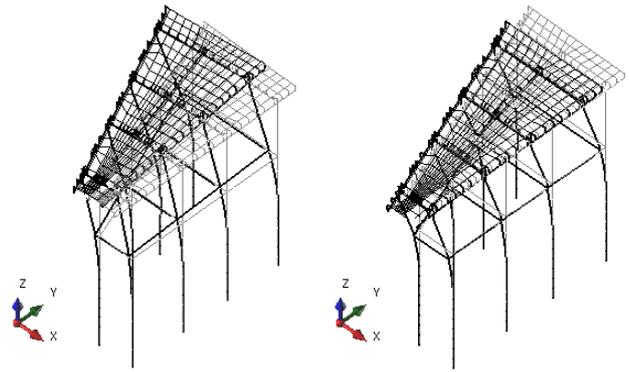
図10 入力地震動

(2) 解析条件

破壊形態の検討は耐震標準に準拠し、静的非線形解析により行った。応答値の算定は、時刻歴動的な非線形解析により、直接積分法（ニューマークβ法）を用い、積分間隔を0.001secとして行った。また、入力地震動は、図10に示す地表面地震動を用いた。なお、地震動の入力方法は、基礎の全節点に同一の地震波を入力する単一入力とし、解析方向は、線路方向および線路直角方向の2方向とした。

(3) 解析結果

RC柱における部材角の時刻歴応答を損傷レベル1限界値および損傷レベル2限界値⁴⁾とともに図11に示す。また、柱のねじりモーメントの時刻歴応答をねじりモーメントの限界値 M_{tud} ³⁾とともに図12に示す。このように、本プログラムでは、地震時のRC柱のねじりの発生程度を確認することが可能である。また、線路方向および線路直角方向の最大応答変位時の時刻における構造物の変形図を図13に示す。さらに、本プログラムでは、任意の時刻における変形図の表示やアニメーションによって構造物の応答状況を確認することができる。



(a) 線路方向 (b) 線路直角方向

図13 最大応答時の変形図

4. おわりに

鉄道RCラーメン高架橋を対象とした3次元動的解析プログラムおよびその活用事例について紹介した。本プログラムは、通常の2次元モデルでは適用が困難であるねじり挙動が懸念されるような構造物に対応できる3次元の動的解析プログラムである。本プログラムは、詳細検討における耐震性能の照査のみならず、地震時にねじりが発生しないように構造物を設計することが可能になるなど、構造計画においても有効に活用できるものと考えられる。

また、ユーザーの意見を反映し、より使いやすく利便性の高いプログラムになるよう改良するとともに、耐震標準の改訂に順次対応する予定である。なお、本プログラムは、(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ものである。

【参考文献】

- 1) 谷村幸裕, 渡邊忠朋, 蘆谷讓: 鉄道RCラーメン橋台の三次元非線形地震応答解析, 土木学会論文集E, Vol.64, No.3, pp.400-415, 2008.
- 2) 田所敏弥, 谷村幸裕, 岡本大, 宇野匡和: 地震被害を受けたラーメン高架橋柱の破壊性状に関する実験的研究, コンクリート工学年次論文報告集, 2008.
- 3) 財団法人鉄道総合技術研究所: 鉄道構造物等設計標準・同解説(コンクリート構造物), 丸善, 2004.
- 4) 財団法人鉄道総合技術研究所: 鉄道構造物等設計標準・同解説(耐震設計), 丸善, 1999.

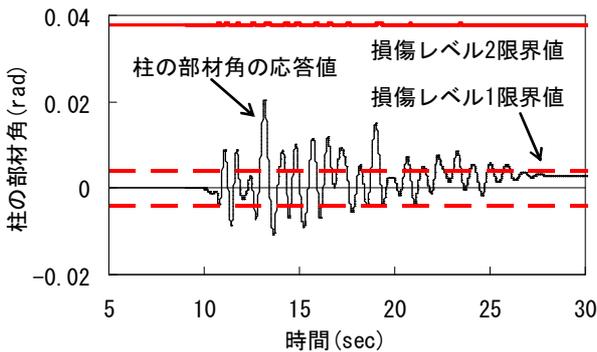


図11 柱の部材角の時刻歴応答

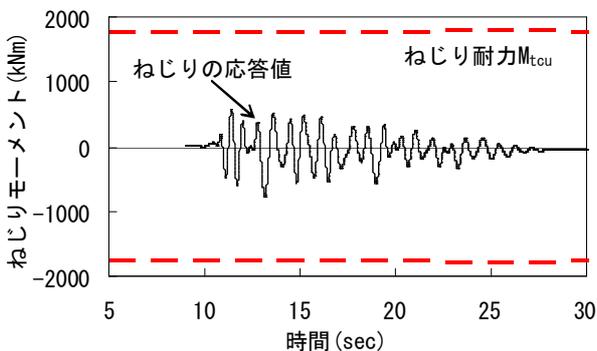


図12 柱のねじりモーメントの時刻歴応答

鉄道構造物等の3次元耐震性能照査プログラム

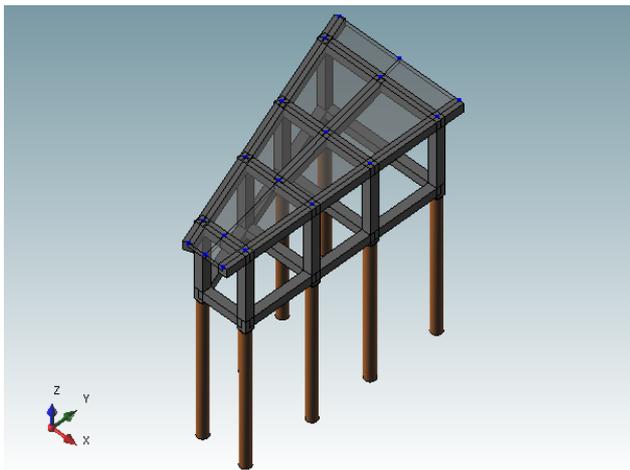
Dars

Version 1.0

Dynamic Analysis program for Railway Structures

本プログラムは、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。

プログラム概要



3次元でのモデル化により、これまでの2次元耐震性能照査プログラムでは対応できなかった不整形なラーメン高架橋に対応します。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 (2D・3D)
- 杭基礎 (場所打ち杭・直接入力)
* 群杭効果未対応

■ 対象部材

- RC (矩形・円形・T型)

■ 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による応答解析
- 時刻歴動的な非線形応答解析による応答解析
- 固有値解析

断面DB

スクリプト

アウトライン作成

断面の配置

荷重ケース追加

解析ケース追加

破壊モード推定解析
(静的非線形解析)

時刻歴動的な非線形解析
による応答値の算定

所要降伏震度スペクトル
による応答値の算定

耐震性能照査
(応答値と照査指標の比較)

バージョンアップ予定

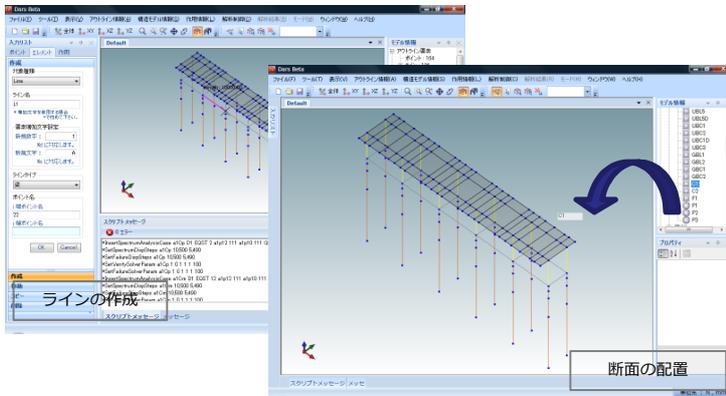
- * 鋼・複合構造対応
- * 次期鉄道構造物等耐震設計標準(仮)対応

本プログラムは、(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ものです。

プログラムの特徴

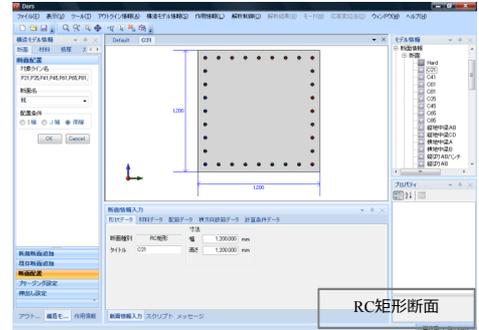
■ 入力支援

3次元でのCADライクな入力により、効率的・直感的な形状の入力が可能です。また、クリックアンドドロップによる断面・材料等の配置が可能です。



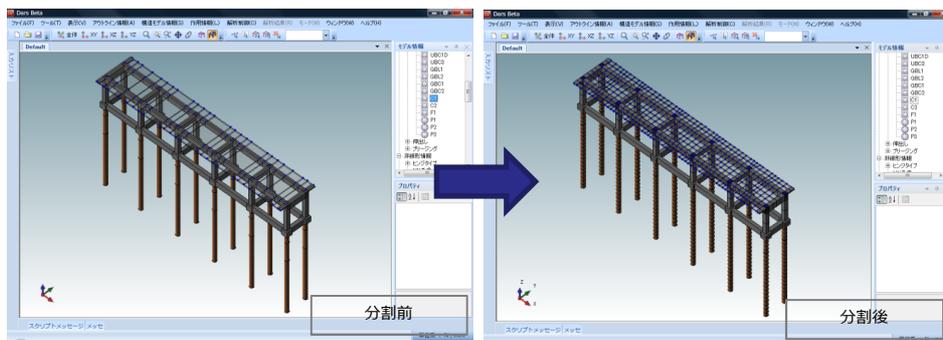
■ 断面算定

鉄筋の配置をグラフィックにて確認でき、2方向の断面算定を一括で計算できます。これまで2データ(L方向・C方向)必要だったデータが一つになり入力の不整合を防止します。



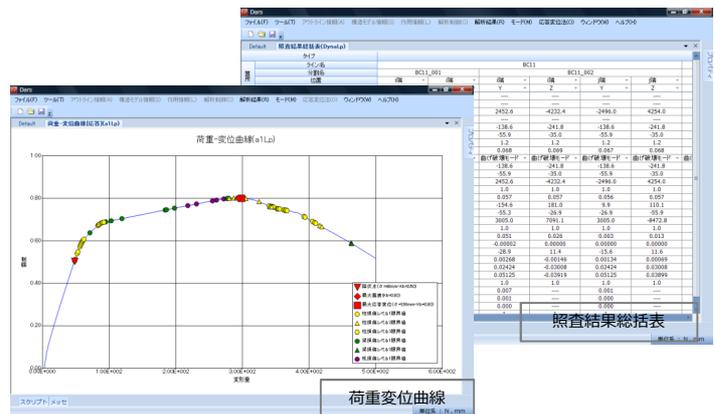
■ 解析モデルの自動生成

ラーメン高架橋の設計図書から直接読み取れるレベルの入力により、剛域などを考慮した複雑な3次元骨組解析のモデルを自動作成します。部材高さの変更によるモデル変更を容易に実現します。



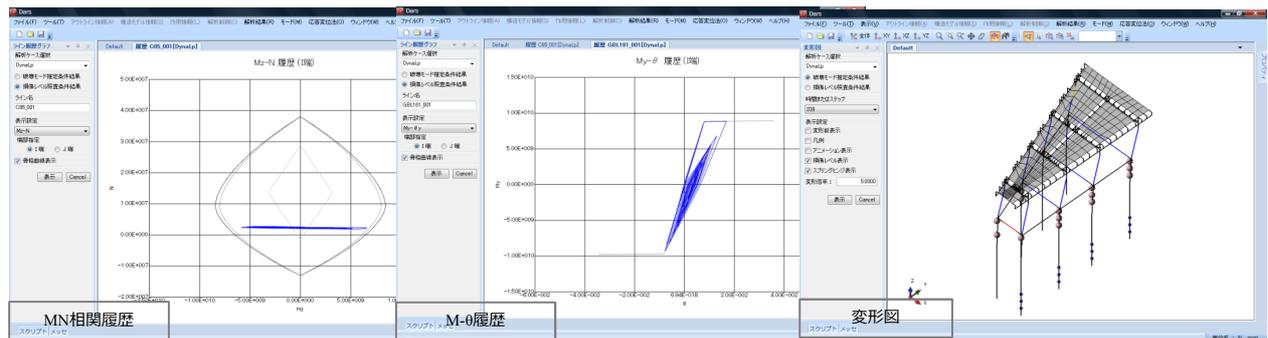
■ 照査例に準拠した出力

照査例に準拠した荷重変位曲線、照査結果総括表などを表示します。グラフは、テキスト・ピクチャー形式で保存可能です。リストは、コピー可能です。



■ 出力図

骨格曲線とともに要素履歴を表示します。テキスト・ピクチャー形式で保存可能です。変形図・モード図は静止・アニメーション表示します。



NEWS RELEASE

コンテナハウスの構造課題を解決し、一般建築物としての評定を取得

～ 設計、解析、実験の技術を駆使して、短工期、低コストで環境に優しい新たな建築工法の道を拓く ～

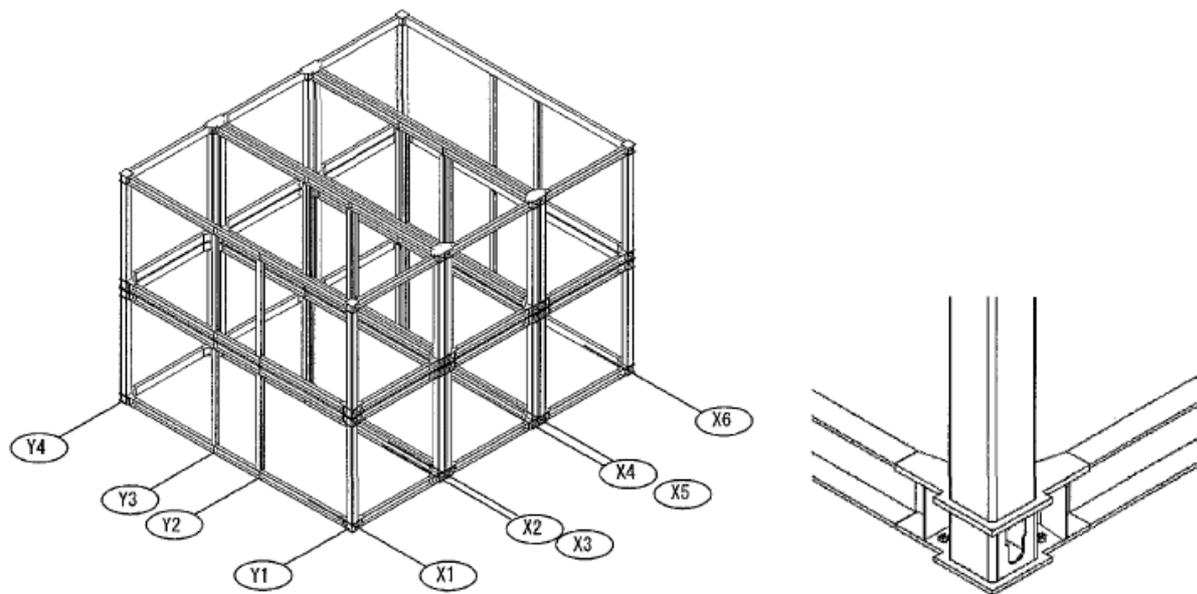
株式会社構造計画研究所は、コンテナメーカーの日本コンテナアソート株式会社からの委託によりコンテナを転用した建築物の構造課題を解決し、財団法人日本建築センター鉄鋼系住宅構造評定委員会（委員長：小野徹郎先生）の審査を受け適正であるとの評定を受けました。対象建築物は基本外形寸法 20 フィートのコンテナ 6 個を組み合わせた 2 階建ての倉庫で、構造安全性に係わる任意評定を取得しました。

コンテナハウスは従来、建築物として倉庫などに広く転用されてきました。しかし、2007 年の建築基準法の改正による建築確認や構造耐力規定の厳格化に伴い、建築物への転用が一部の仮設住宅としての利用を除いて困難な状況になっています。今回の評定取得によりシステムユニット工法としてのコンテナの建築利用への道が拓け、短工期、低コストで移設や再利用が容易な環境に優しいコンテナの建築物としての利用拡大が実現しました。

今回の評定取得に当たり、構造計画研究所が行った構造検討のうち最も重要なポイントは、コンテナの特徴である仕口部分の検討です。コンテナは連結して輸送することを前提にしているため、柱梁の仕口部分は緊結接合を行うための作業開口があります。それ故に、一般の鉄骨構造物が仕口部の板厚を柱より厚くし十分な強度を確保するのに対して、コンテナは柱梁仕口部が相対的に弱いという特殊性を持ちます。

構造計画研究所では実験による柱梁仕口部の強度試験を実施するとともに、有限要素法による構造解析を実施し、今回評定対象のコンテナを利用した建築構造物が関係する法令、規準に則るという評定を得ました。

今回の評定取得では、意匠設計を株式会社ナユター級建築士事務所と株式会社スマートユニットが行い、構造検討に必要な実験を、早稲田大学創造理工学部建築学科曾田五月也教授の指導を受け同大学の施設にて実施しました。有限要素法による構造解析は弊社が販売するソフトウェアの midas Gen（マイダスジェン）を用いています。



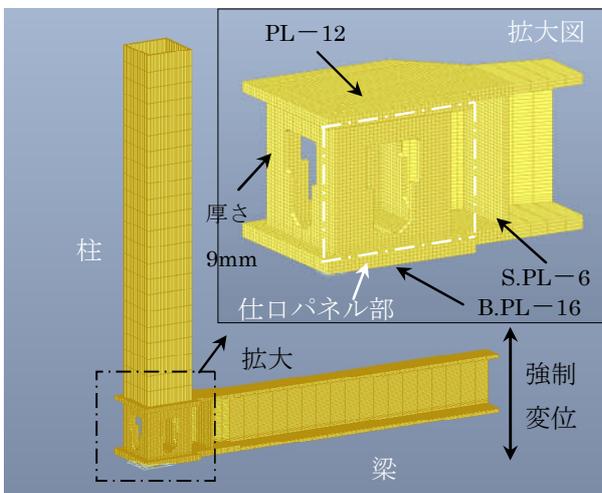
評定対象構造概要と仕口部詳細



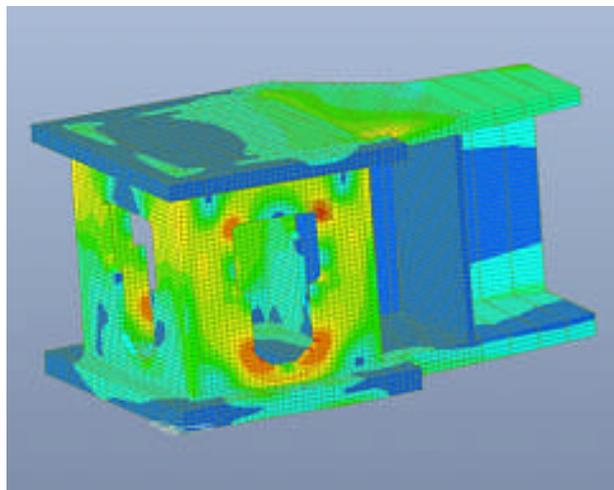
仕口部の実験（全体概観）



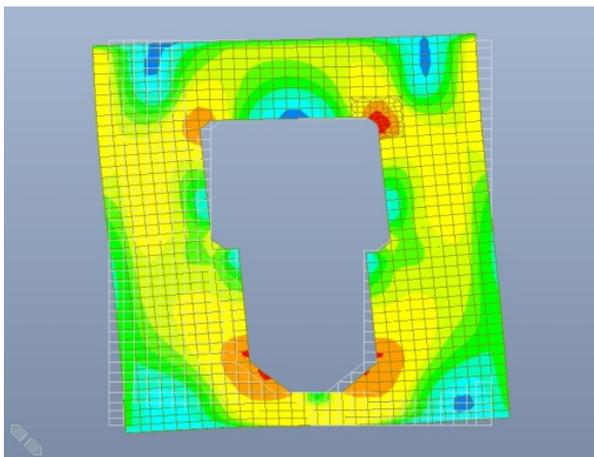
仕口部の実験（仕口部）



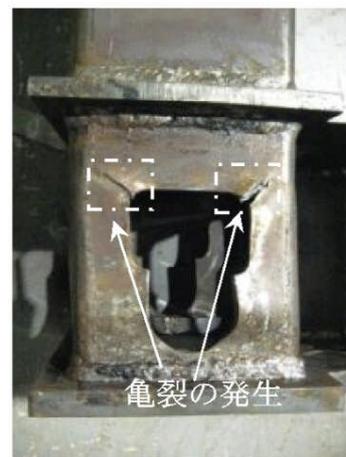
有限要素法解析モデル図



有限要素法解析結果



仕口開口部の解析結果



試験体の最終状況

■ご参考

- ・財団法人日本建築センター 評定番号：BCJ 評定-LS0041-01
- ・日本コンテナアソート株式会社 ホームページ <http://www.jacacon.co.jp>
- ・コンテナハウスの実験、解析に関する論文
「建築用コンテナハウスの開発（その1～その4）2010年日本建築学会大会論文集」

柏崎及びその周辺地域における減衰特性 (Q 値) に関する検討
—二重スペクトル比の方法を用いた結果—

正会員 ○野田朱美* 同 司 宏俊*
同 西村 功** 同 水谷浩之**
同 徳光亮一**

伝播特性 Q 値 二重スペクトル比
柏崎刈羽原子力発電所

1. はじめに

柏崎刈羽原子力発電所周辺で発生した中・大規模地震に関して、発電所敷地内で観測された強震記録から解放基盤波を推定すると、耐専スペクトルに対する解放基盤波の応答スペクトル比は、陸域で発生した地震より海域で発生した地震の方が大きくなる事が確認されている¹⁾。また KiK-net の観測記録の解析から、この傾向は発電所敷地内に限らないことが分かっている²⁾。本研究ではこれらの違いの原因を明らかにするために、柏崎サイト周辺地域の減衰特性 (Q 値) を推定し、結果の比較を行った。

2. 解析手法

Matsuzawa et al.(1989)³⁾の二重スペクトル比の手法を進展させて、周波数ごとの Q 値の推定を可能にした松澤ほか(2003)⁴⁾の手法を用いて解析を行った。解析手法の概要を以下に示す。

一般に、地震 i が発した地震波を観測点 j で観測するとき、そのスペクトル振幅 F_i^j は震源特性 S_i 、地盤特性 G^j 、伝播特性 P_i^j の積として以下のように表現できる。

$$F_i^j(f) = S_i G^j P_i^j = S_i(f) G^j(f) (r_i^j)^{-n} \exp(-\pi f T_i^j / Q) \quad (1)$$

ここで、 r は震源距離、 n は幾何減衰係数、 T は走時、 Q は地震波の伝播経路に沿った Q 値の平均値を示している。今、地震 A, B に対して観測点 1, 2 で共通に地震記録が得られている場合、以下のように地震間と観測点間でスペクトル比をとると、震源特性と地盤特性がキャンセルされて伝播特性のみが残る。

$$\frac{(F_B^1/F_B^2)}{(F_A^1/F_A^2)} = \left(\frac{r_B^1 r_A^2}{r_B^2 r_A^1}\right)^{-n} \exp\left\{-\frac{\pi f}{Q} [(T_B^1 - T_B^2) - (T_A^1 - T_A^2)]\right\} \quad (2)$$

(2)式の左辺を二重スペクトル比と呼ぶ。さらに両辺の対数をとると、(3)式のように左辺と走時の二重差 $(T_B^1 - T_B^2) - (T_A^1 - T_A^2)$ の間に比例関係が成り立つことが分かる。

$$\ln\left(\frac{F_B^1 F_A^2}{F_B^2 F_A^1}\right) + \ln\left(\frac{r_B^1 r_A^2}{r_B^2 r_A^1}\right) = -\frac{\pi f}{Q} [(T_B^1 - T_B^2) - (T_A^1 - T_A^2)] \quad (3)$$

そこで周波数ごとの比例関係を調べることで、傾き $-\pi f / Q$ から各周波数帯域の Q 値を推定することができる。但しこの手法で推定される Q 値は地震波の伝播経路の平均的な値に相当する。本研究では、観測記録のうち S 波

部分について二重スペクトル比を計算して Q_s 値を推定した。

3. 解析対象地域と使用データ

まず図 1(a)のように能登半島—柏崎間、佐渡島—柏崎間、柏崎地域の 3 領域を解析対象地域に設定した。また柏崎地域に関しては図 1(b)に示すように A, B, C の 3 地域に分割した。A は柏崎刈羽発電所から南東方向へ伸びる領域、B は柏崎刈羽発電所から東方向へ伸びる領域、C は内陸の領域である。それぞれの領域について、領域内を伝播した地震波記録を用いて解析を行った。解析には K-NET⁵⁾観測点と柏崎刈羽発電所敷地内の観測点の記録のうち、震源深さ 30km 以浅、マグニチュード $4.0 \leq M_j < 6.0$ の地震の記録を使用した。但しノイズレベルが大きい記録は使用しなかった。例として柏崎地域 A の解析に使用した観測点と地震を図 2 に示す。

4. 解析結果

解析の結果、得られた各領域の Q_s 値を図 4 に示す。実線は最小二乗法を用いて関係式 $Q_s = Q_0 f^\alpha$ にフィッティングした結果である。この結果、能登—柏崎の Q_s 値が際立って大きいことが分かった。ただし、他の領域に比べて Q_s 値の周波数依存性がやや低い。一方、佐渡—柏崎で推定した Q_s 値は、能登—柏崎より小さいが、陸域の Q_s 値より大きい。陸域に関しては、柏崎地域 A, B, C の Q_s 値の推定値はほぼ同程度で、解析対象領域の中で最も小さな値を示した。

上記のような領域間の Q 値の違いを理解するため、各領域の解析で用いたデータの震央距離の違いに着目した。柏崎地域 A, B, C の解析で用いたデータの震央距離は 30~40km 程度、佐渡—柏崎では 40~60km 程度、能登—柏崎では 100~160km 程度と、それぞれ異なっている。そこで、震央距離による解析結果の違いを評価する為に、柏崎地域 A の領域を通り、かつ震央距離が 80~100km 程度の地震記録を用いて解析を行った。この解析領域を柏崎地域 A-2 とする (図 3)。柏崎地域 A-2 の解析から推定された Q_s 値は、柏崎地域 A の解析結果と比較して大きな値であり、能登—柏崎と佐渡—柏崎の結果のほぼ中間の値

となった。震央距離が大きい地震記録は、震央距離が小さい記録に比べて深部を伝播してきた距離が長いと考えられるため、柏崎地域 A-2 の解析で得られた Q_s 値は地殻のより深い領域の値を反映していると考えられる。以上の考察から、図 1 の各解析領域の Q_s 値の違いは、深さ方向の Q_s 値の変化を反映している可能性がある。

柏崎地域周辺で減衰構造を推定した既往研究としては、川瀬・松尾(2004)⁶⁾や中村(2009)⁷⁾がある。川瀬・松尾(2004)は震源距離が概ね 150~200km 以内の地震記録を用いて推定されているため、本研究の能登—柏崎の解析結果に対応する。図 4 より、本研究の能登—柏崎の結果は川瀬・松尾(2004)の結果と同程度であることが分かる。一方、中村(2009)は深さ 30km 以浅の地震について震央距離 100km 以内の観測データのみを用いているため、本研究の柏崎地域 A-2 の結果に対応する。図 4 より本研究の柏崎地域 A-2 の結果と中村(2009)の結果はほぼ調和的であることが分かる。

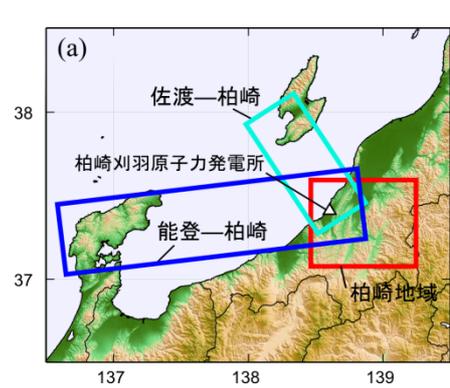
5. まとめ

二重スペクトル比の手法を用いて K-NET 観測点と柏崎刈羽原子力発電所敷地内観測点の地震記録を解析した結

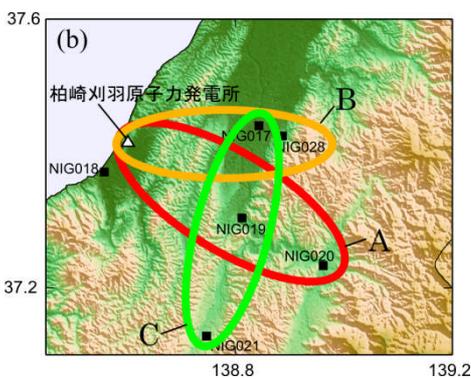
果、各解析領域で推定された Q_s 値は、柏崎地域、佐渡—柏崎、能登—柏崎の順で段階的に大きくなっていることが分かった。

参考文献

- 1) 土方ほか：柏崎刈羽原子力発電所周辺で発生した地震の伝播特性に関する検討(その 1) 中越沖地震以外の中・大規模地震の検討, 日本建築学会大会学術講演梗概集, B-2, 995-996, 2009.8.
- 2) 田中ほか：柏崎刈羽原子力発電所周辺で発生した地震の伝播特性に関する検討(その 3) 周辺 KiK-net 観測点の記録を用いた検討, 日本建築学会大会学術講演梗概集, B-2, 999-1000, 2009.8.
- 3) Matsuzawa et al. : Q_p structure beneath the northeastern Japan arc estimated from two fold spectral ratio method, *Tohoku Geophys. J.*, 32, 21-33, 1989
- 4) 松澤ほか：長野県西部地域における二重スペクトル比による S 波減衰の推定, 地震第 2 輯, 第 56 巻, 75-88, 2003.
- 5) 独立行政法人 防災科学研究所, 強震観測網 K-NET : <http://www.kyoshin.bosai.go.jp/kyoshin/>
- 6) 川瀬・松尾：K-NET, KiK-net, JMA 震度計観測網による強震動波形を用いた震源・パス・サイト各特性の分離解析, 日本地震工学会論文集, 第 4 巻, 第 1 号, 2004.
- 7) 中村亮一：短周期地震動記録に基づく日本列島の三次元減衰構造 Q_s ・震源スペクトル・地盤増幅の同時インバージョンとその応用, 東京大学理学系研究科学学位論文, 2009
- 8) Shuttle Rader Topography Mission, NASA : <http://www2.jpl.nasa.gov/srtm/>



(a) 解析対象領域全域



(b) 柏崎地域の拡大図

図 1 地形図⁸⁾と解析対象領域

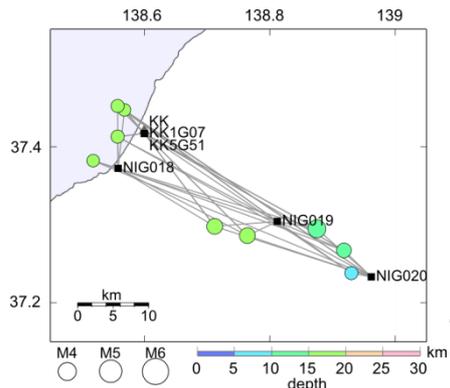


図 2 柏崎地域 A の解析で使
用した観測点と地震
KK: 柏崎刈羽原子力発電所

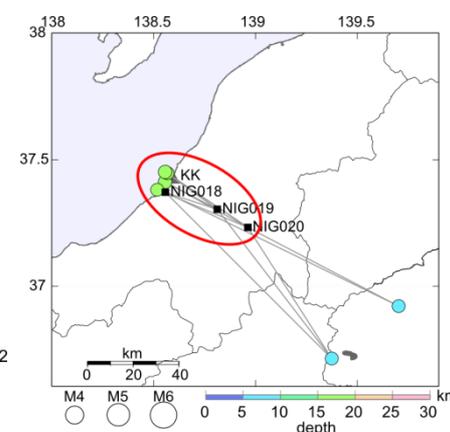


図 3 柏崎地域 A-2 の解析で使
用した観測点と地震
赤丸: 柏崎地域 A

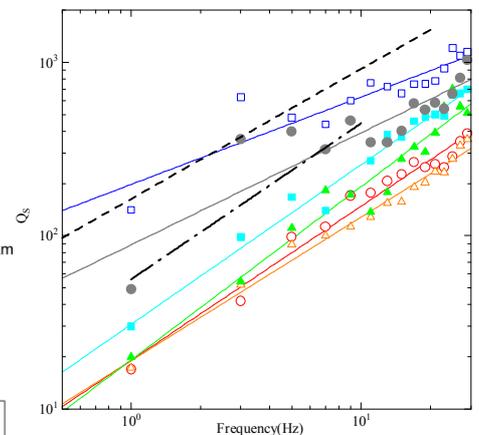


図 4 各領域の Q 値の推定結果

*株式会社構造計画研究所

**東京電力株式会社

*Kozo Keikaku Engineering Inc.

**Tokyo Electric Power Company

破壊伝播効果と大振幅地震動の生成に関する統計的検討

—2004 年 Parkfield 地震の強震記録に基づいた検討結果—

正会員 ○司 宏俊* 同 大場政章**
 同 川里 健** 同 正月俊行*
 同 澤飯明広* 同 翠川三郎***

最大加速度 最大速度 大振幅地震動
 距離減衰特性 破壊伝播効果 位置指数

1. はじめに

2004 年 9 月 28 日 10 時 17 分に、サンアンドレアス断層の一部が動いて Mw=6.0 の Parkfield 地震が発生した。同地域の断層のセグメントでは、1857 年から 1966 年まで約 20 年程度の間隔で同規模の地震が繰り返し発生したため、次の地震が発生することを予期して、この断層の周辺において、密に地震計を設置し、強震観測を続けてきた。今回の地震では断層近傍において多くの強震記録が得られており、そのうち、最大加速度で 1.8g も超える大振幅地震動も観測されている。本研究では、距離減衰式を断層近傍でも用いることができるように、特に大振幅地震動に注目して、震源近傍における強震動の最大振幅の分布を調べるとともに、過去に観測された大振幅地震動も含めて断層との位置関係を調べ、統計的観点からその発生条件について考察を行い、距離減衰式の適用性を高めることを目的としている。

2. 検討に用いたデータ

2004 年 Parkfield 地震の際に、複数の地震観測網によって強震記録が得られている。たとえば、アメリカ地質調査所、USGS による GEOS、UPSAR アレー観測網、カリフォルニア地質調査所、CGS による Parkfield アレー観測網などがある。これらの地震観測網は断層沿いに設置され、多数の近距離記録が得られている (図 1)。本研究では、Shakal et al. (2006)により整理された計 94 記録の最大値を使用した。これらの最大値は、高周波域でのカットオフ周波数がアナログデータで 20Hz 程度、デジタルデータで 20Hz 程度、40 Hz または 50Hz のフィルター処理を行っている。1.8g で振り切れた FZ16 の記録については、Shakal et al. (2006)により復元され、最も可能な値が 2g を超え、直行成分では 2.2g を超えるとされていることから、本研究では 2g として用いた。

Parkfield 地震の震源モデルについても多くの研究がなされ、詳細な断層モデルが推定されている。たとえば、Custodio et al.(2005)、Dreger et al.(2005)、Liu et al. (2006)によるものがある。ここでは、Custodio et al.(2005)による断層モデルを用いて検討を行うこととした。Custodio et al. (2005) によれば、Parkfield 地震の断層長さが約 40km で、破壊開始点から、北北西方向へ約 30km、南南東方向へ約 10km 破壊が伝播する地震であった。また USGS の CMT

解によれば、今回の地震は横ずれ断層の地震であった。

3. 検討結果

図 2 に Parkfield 地震の PGA、PGV と距離の関係を示す。PGV については AVS30 の得られているサイトだけ硬質地盤上に変換してプロットしている。図から、観測記録と日本での地震観測記録より求められた司・翠川(1999)の距離減衰式とは調和的であるが、断層最短距離が 10km 以内のデータには、バラツキが大きく、予測平均値を大きく上回る 1g 以上の記録が数地点で得られていることが分かった。

この大振幅地震動の発生を理解するため、観測値と距離減衰式の残差を計算し、その分布を図 1 に示す。図中、PGA の結果のみを示し、残差の大きさを色で表現している。マークが大きく、地点名の書かれている観測点が 1g または 80kine 以上の非常に強い地震動を記録された観測点で、FZ11、FZ14、FZ16 の 3 観測点が 1g 以上、FZ1 は PGA が 0.8g と比較的小さいが、PGV が 80kine 以上である。図から、FZ1 以外の大加速度記録が断層破壊伝播方向にあることから、震源過程による効果が高いと考えられる。図 3 に断層位置やその延長から 4km 未満の観測点の残差とその平均値を断層に沿った断面でプロットしている。横軸は断層中央からの距離である。図に司・翠川(2001)による破壊伝播効果の推定値 (断層長さ=35km) も示している。その際に、残差の計算基準が違っているので、推定値の絶対レベルを調整している。図から、残差のバラツキは大きいものの、10km ごとの平均値が概ね震央位置で最も小さく断層破壊方向に向けて増加するという傾向がみられる。また、断層破壊の逆方向にも残差がやや大きな記録がみられる。これは逆方向にも断層破壊が約 10km 伝播していることからだと考えられる。これらのことは、Parkfield 地震の強震動分布にはディレクティブティ効果による影響を受けていることを示唆するものと考えられる。

4. 過去の大振幅地震動を用いた考察

3. に示す結果の一般性を検討するため、過去に観測された大振幅地震動について断層との位置関係を調べた。用いたデータは Anderson (2010)により整理されたデータのうち、横ずれ断層によるもののみである。なお、震源情報が入手できないものや Parkfield 地震のデータについては除外した。

これらの観測記録について、断層のどの部分で起きているかを調べるため、位置指数 D_f を定義した。つまり、断層破壊方向にある断層長さを L_f (km) とし、震央から観測点の断層線への投影点までの断層長さを s (km) としたとき、 s の L_f に占める割合 D_f (破壊伝播方向断層長さ比率) を観測点の相対位置として(1)式により定義される。

$$D_f = s / L_f \quad (1)$$

観測点が断層破壊方向にある場合 D_f が正の値をとり、逆の場合負の値をとることになる。図4に D_f と大振幅データの頻度分布を示す。図には、 D_f が約 0.2 ごとに観測点の数を合計して D_f の平均値とともにプロットしている。図から、大振幅地震動のほとんどが断層破壊伝播方向に生じていることが見受けられ、断層破壊伝播効果による影響が大きいことを示唆した。

5. まとめと今後の課題

本研究では、2004年 Parkfield 地震の観測記録を調べ、PGA で 1g 以上の記録が断層破壊伝播方向上で観測されたことが分かった。また、過去に発生した横ずれ断層地震による大振幅地震動も断層破壊伝播方向において観測されたことから、大振幅地震動の発生が断層破壊伝播効果による影響が大きいと思われる。今後、同様な検討を逆断層についても行う予定である。

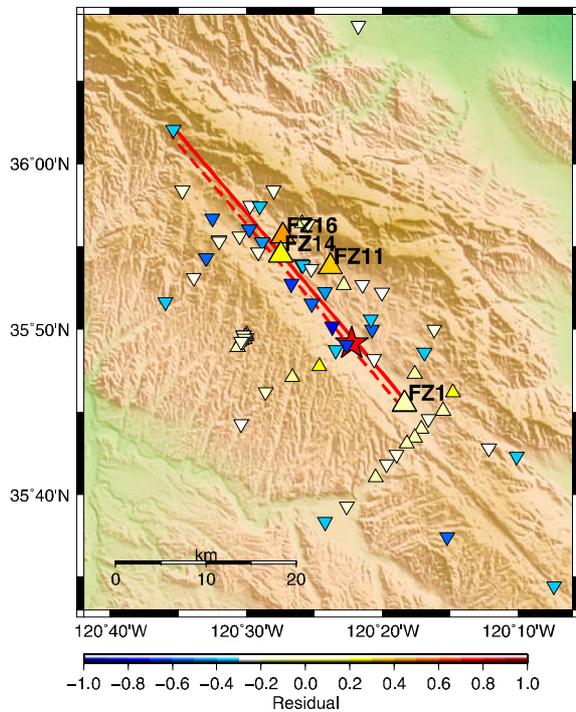


図1 Parkfield 地震の観測記録と断層の位置、残差分布

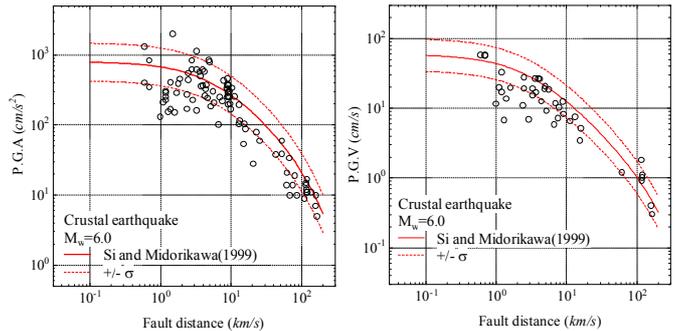


図2 Parkfield 地震の最大値と距離の関係 (左: PGA=地盤上、右: PGV=硬質地盤)

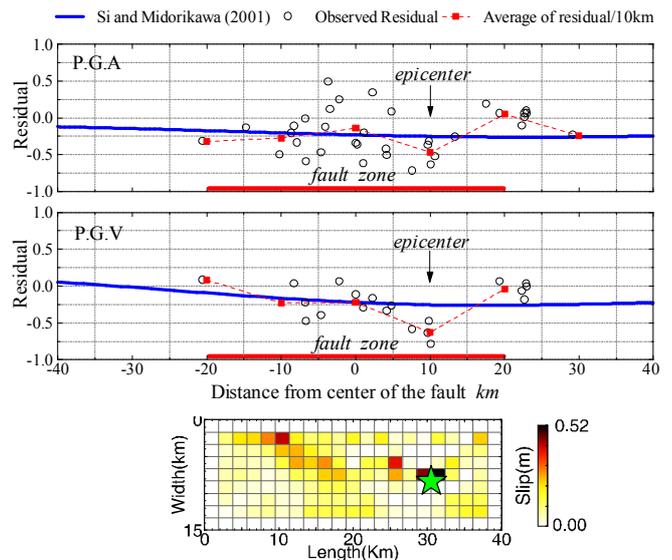


図3 Parkfield 地震の残差分布 (断層と平行する断面) (上端: PGA=地盤上、下端: PGV=硬質地盤、赤線は断層の範囲、下部は断層すべり分布を示している)

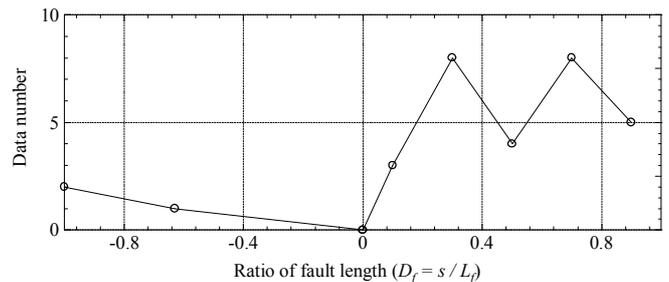


図4 大振幅地震動の発生位置と頻度分布

参考文献

- 1) Shakal et al.(2006): *BSSA*, Vol.96, No. 4b, pp.S90-S118.
- 2) Shakal et al.(2006): *BSSA*, Vol.96, No. 4b, pp.S119-S128.
- 3) Custodio et al.(2005): *Geophys. Res. Lett.*, 32(23).
- 4) Dreger et al.(2005): *Seis. Res. Lett.*, 76 (1), pp.40-48, 2005.
- 5) Liu et al.(2006): *BSSA*, Vol.96, No. 4b, pp.S143-S158.
- 6) 司・翠川: 日本建築学会構造系論文集, No.523, 1999.
- 7) 司・翠川: 日本建築学会構造系論文集, No.546, 2001.
- 8) Anderson(2010): *BSSA*, Vol.100, No. 1, pp.1-36.

*株式会社構造計画研究所 防災ソリューション部

**日本原子力発電株式会社 開発計画室

***東京工業大学 総合理工学研究科 人間環境システム専攻 教授

* Dept. of Disaster Prevention Solution, Kozo Keikaku Engineering Inc.

** The Japan Atomic Power Company, Projects Development Dep.

***Dept. of Built Environment, Tokyo Institute of Technology

デジタル詳細地域危険度マップ作成と防災活動支援に関する研究
RESEARCH ON CREATION OF DIGITAL DETAILED AREA RISK MAP
AND ITS SUPPORT SYSTEM TO REGIONALLY SELF DISASTER
PREVENTION ACTIVITY

落合 努¹⁾、栗山利男²⁾、橋本光史³⁾、荏本孝久⁴⁾、露木延夫⁵⁾、山本俊雄⁶⁾

Tsutomu OCHIAI¹⁾, Toshio KURIYAMA²⁾, Mitsufumi HASHIMOTO³⁾,
Takahisa ENOMOTO⁴⁾, Nobuo TSUYUKI⁵⁾, Toshio YAMAMOTO⁶⁾

1) 構造計画研究所、工修

¹ Kozo Keikaku Engineering Inc., M. Eng.
e-mail : tsutomu-ochiai@kke.co.jp

2) 構造計画研究所、工修

² Kozo Keikaku Engineering Inc., M. Eng.
e-mail :kuri@kke.co.jp

3) 構造計画研究所、工修

³ Kozo Keikaku Engineering Inc., M. Eng.
e-mail :mitsu@kke.co.jp

4) 神奈川大学工学部建築学科、教授 工博

⁴ Prof., Kanagawa University, Dr. Eng.
e-mail : enomot01@kanagawa-u.ac.jp

5) 環境防災技術研究所、工博

⁵ Kankyō Bousai Gijyū Kenkyūsyō Co., Ltd. Dr. Eng.
e-mail :jdz06447@nifty.com

6) 神奈川大学工学部建築学科、助手

⁶ Assoc., Kanagawa University
e-mail : yamamt01@kanagawa-u.ac.jp

ABSTRACT: It is necessary that the resident correctly understands and recognize the risk to seismic hazard in the areas for the improvement of the regional disaster prevention potential. First, authors made the micro-landform classification map and the site amplification rate map with 50m mesh size for Kanagawa Prefecture. Next, the digital detailed seismic hazard map was made based on these data. Moreover, to use these results for the resident's disaster awareness improvement, it is opened to the public by homepage.

キーワード: 揺れ易さマップ、ハザードマップ、50mメッシュ、情報公開、神奈川県

1. はじめに

地域防災力の向上には、住民が地域の地震災害に対する危険性を正しく理解・認識することが必要である。住民に理解されやすい情報としては、具体的な地域やシナリオに基づいた評価を視覚的に表現することが重要である。筆者らは、まず神奈川県を対象として50mメッシュによる微地形区分図と地盤増幅率図を作成した。次に、神奈川県全域において1棟単位のデータをもとに建物データを整備し、作成した揺れ易さマップを用いて神奈川県に影響を及ぼすと考えられるシナリオ型地震が発生した場合の建物被害率を算出し、デジタル詳細危険度マップ(ハザードマップ)の作成を行った。また、これらの成果を住民の防災活動や意識向上に役立てるために、ホームページへの公開を順次進めている。

2. 揺れ易さマップの作成

2.1 微地形区分図

筆者らは、縮尺1/5万の土地分類基本調査図のうち地形分類図と表層地質図から、50mメッシュ単位で地形・地質を読み取り、地質図間で異なる凡例の統一表記とする等の作業を実施したGISデータを基に神奈川県内の微地形区分のデジタル地盤区分図を作成した。作成は、内閣府による資料（地震防災マップ作成技術資料¹⁾、以下技術資料）に基づいて行ったおり、作業方法の詳細は荏本・他²⁾に示している。ここでは、作成した50mメッシュによる微地形区分図と、比較のため国土数値情報に基づいて作成した250mメッシュによる微地形区分図を並べて図1に示す。両者を比較すると、基本的には同様な微地形区分となっているが、台地が樹枝状に削られている谷底低地部分など50mメッシュの方がより詳細に自然に近い形で微地形区分が表現されている。

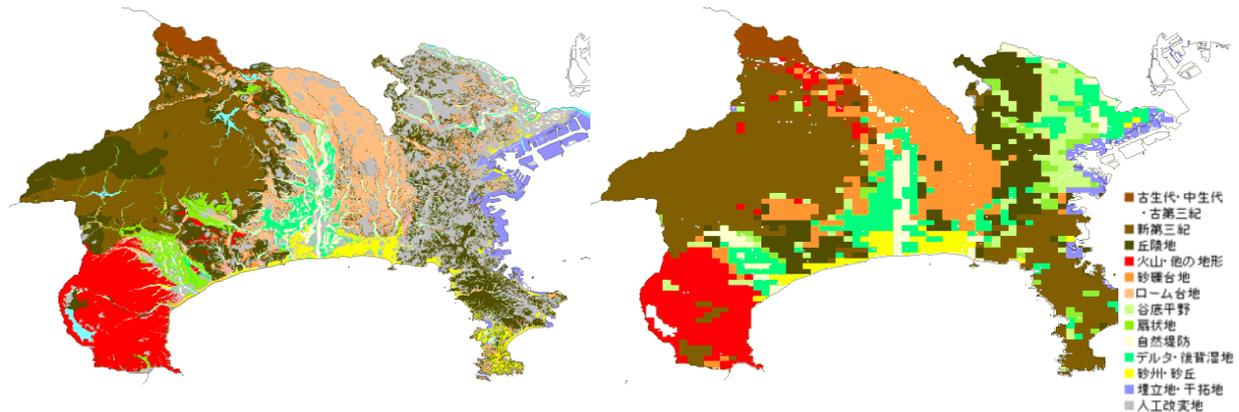


図1 微地形区分図（左：50mメッシュ、右：250mメッシュ）

2.2 地盤増幅率図

地盤の増幅率図は、作成した微地形区分図から表層30mまでの平均せん断波速度（AVS30）を求め、AVS30と最大速度の増幅率との経験式を用いて設定した。

具体的には、増幅率はMidorikawa et al.³⁾による表層地盤のせん断波速度AVS30と最大速度の増幅率の経験式を、AVS30は松岡・他⁴⁾の微地形区分とAVS30の経験式を用いて求めている。この際必要となる微地形区分ごとの係数は、技術資料に基づいて設定した。ただし、新第三紀とローム台地については技術資料の係数をそのまま用いてAVS30を算定し増幅率を計算すると、図2に示すように標高が80mを越えるとローム台地の増幅率が新第三紀よりも小さく評価される。これは、山地（新第三紀）よりもローム台地の方が揺れ易い（増幅率が大きい）といった一般的な傾向とは矛盾する。そこで本検討では、新第三紀の係数には若松・他⁵⁾の山地（第三系）の係数を用いた。若松・他⁵⁾の山地の係数を用いた場合は、図2に示すように標高に係わらずローム台地の方が山地よりも増幅率が大きくなり、一般的な傾向と矛盾しない。作成した地盤増幅率図を図3に示す。

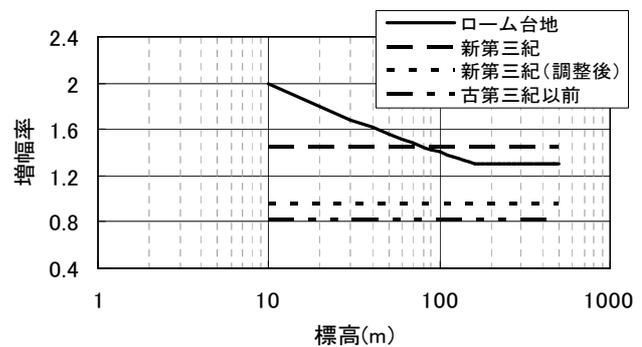


図2 標高と増幅率の関係

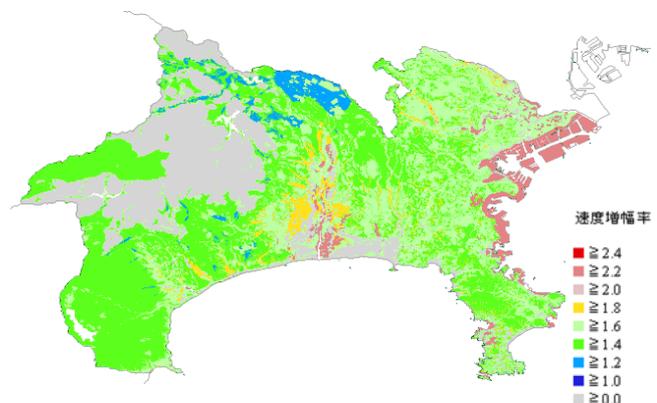


図3 地盤増幅率図

3. ハザードマップの作成

3.1 建物の構造別・建築年代別データの作成

ハザードマップの作成にあたって、建物の構造種別や建築年代別の分布状況を把握することが重要となる。ここでは、神奈川県土木整備部による平成12年度基礎調査・建築現況⁹⁾の1棟単位のデータを用いて、建物の構造種別・建築年代別棟数を50mメッシュ単位で整備した。構造種別に関しては、木造・RC造（SRC造含む）・S造・軽量S造・その他・不明の6種類、建築年代に関しては、1971年以前、1972年～1981年、1982年以降の3期間に分けてそれぞれ集計を行った。結果の一例として、50mメッシュの木造建物の棟数分布と非木造建物の棟数分布（全建築年代の総数）を図4に示す。

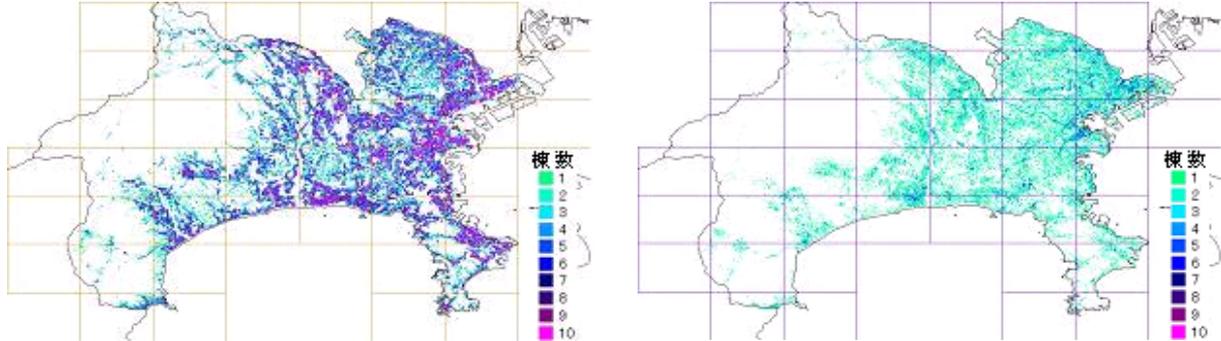


図4 木造建物（左）と被木造建物（右）の棟数分布(50mメッシュ)

3.2 地震動の予測

神奈川県に影響を及ぼすと考えられる10地震を想定地震として設定した。各想定地震による工学的基盤の最大速度を司・他⁷⁾による距離減衰式で求め、地盤増幅率図で設定した表層地盤増幅率を乗じることにより地表での最大速度を算定した。地表での震度は、童・他⁸⁾による最大速度と計測震度の経験式を用いて換算し、震度分布図を作成した。各地震による震度分布図を図5に示す。図から、神奈川県では関東地震が支配的であり、他の地震の最大震度を概ね包含していることがわかる。

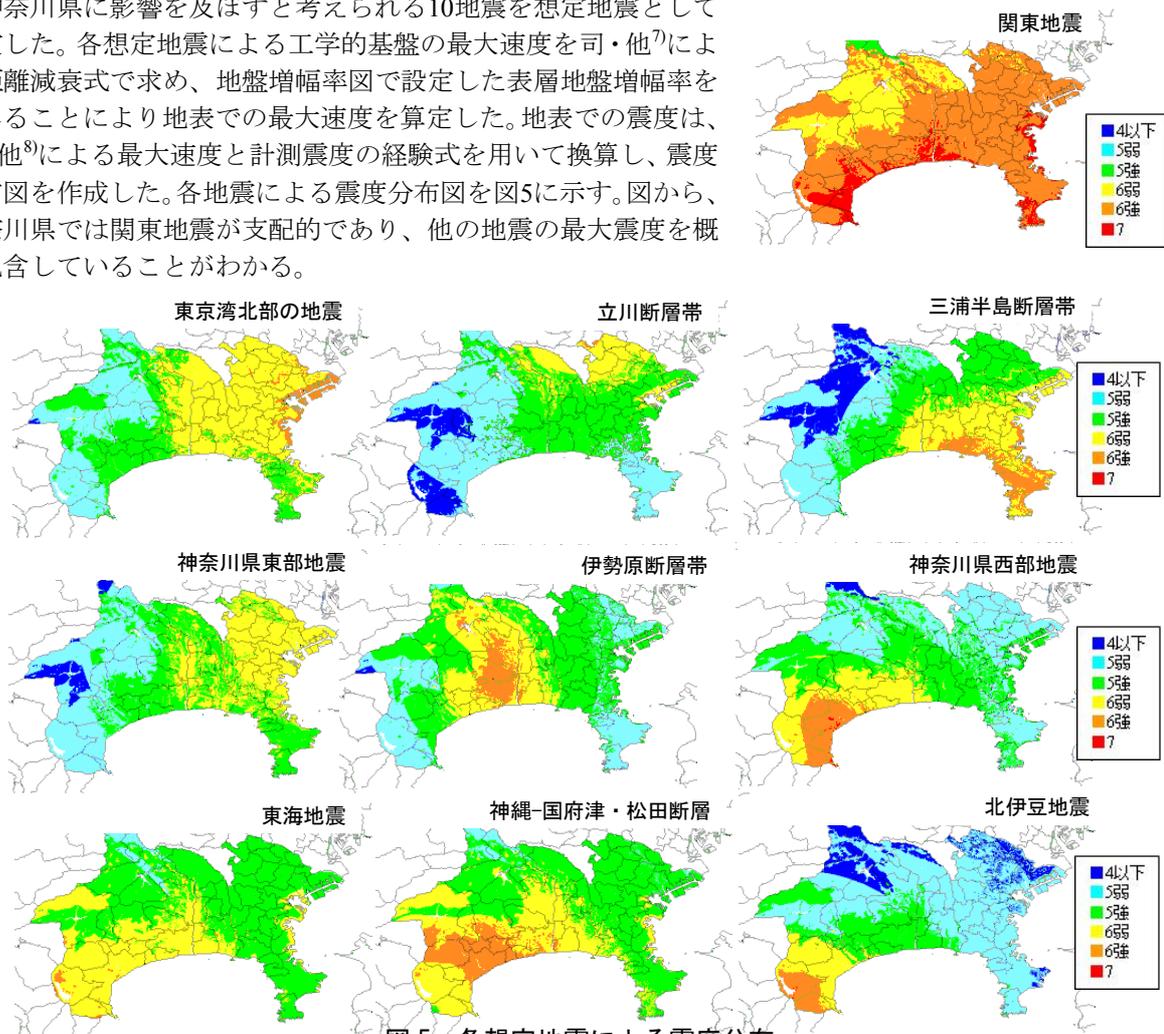


図5 各想定地震による震度分布

3.3 ハザードマップの作成

建物全壊棟数は、地表の最大速度と建物棟数から村尾・他⁹⁾の被害関数を用いて50mメッシュで計算した。ハザードマップ作成においては、50mメッシュで計算した建物全壊棟数を250mメッシュで集計して建物全壊棟数率を算出し、建物全壊棟数率を基に7段階の建物危険度ランクと設定した。ハザードマップの一例として、関東地震の結果を図6に示す。

4. 情報公開

本研究の成果の一部は、神奈川県荏本研究室が運営する防災フロンティアのホームページ (<http://bousai-frontier.net/index.html>) にて公開を行っている(図7)。現在は、「神奈川県版揺れ易さマップ」として、神奈川県全域及びより住民が理解しやすい市区町村単位の微地形区分図・地盤増幅率図を公開している。

5. まとめ

地震防災を進めるにあたっては、事前に「直接被害」と「間接被害」の両被害量を想定し被害想定調査を実施する必要があり、その基礎となる情報として、詳細なデジタル形式の「地盤区分図」や「地盤増幅率図」が有用である。そして、地域の防災力を高めるハードとソフト防災対策を構築するために「揺れ易さマップ」や「ハザードマップ」の作成・公開を基本とする地震災害リスクマネジメントが重要であると考えている。

本研究は、神奈川県における文部科学省学術フロンティア研究プロジェクト「災害リスク軽減を目的としたソフト・ハード融合型リスクマネジメントシステムの構築に関する研究(研究代表者:荏本孝久)」の一環として実施したものである。

参考文献

- 1) 内閣府：地震防災マップ作成技術資料、2005年
- 2) 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 その1~4、日本建築学会大会(九州)、2007年、pp.271-278
- 3) Midorikawa, S., et al. : Site Effect of Strong-Motion Records Observed during the 1987-Chiba-ken-toho-oki, Japan Earthq. Eng. Sympo, Vol.3, 1994, pp.85-90
- 4) 松岡・他：国土数値情報とサイスミックマイクロゾーニング、第22回地盤振動シンポジウム、1994年、pp.23-24
- 5) 若松・他：日本の地形・地盤デジタルマップ、東京大学出版会、2005年
- 6) 神奈川県県土整備部都市計画課：都市情報データ、2000年
- 7) 司・他：断層タイプ及び地盤条件を考慮した最大加速度・最大速度の距離減衰式、日本建築学会構造系論文集、No.523、1999年、pp.63-79
- 8) 童・他：計測震度と従来の地震動強さ指標の対応関係、土木学会第51回年次学術講演梗概集、1996年、pp.458-459
- 9) 村尾・他：自治体の被害調査結果に基づく兵庫県南部地震の建物被害関数、日本建築学会構造系論文集、第527号、2000年、pp.189-196

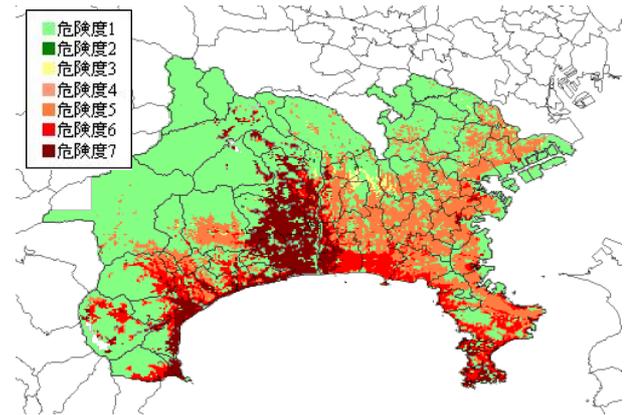


図6 関東地震を想定した場合のハザードマップ



図7 防災フロンティアのホームページ

自然災害 + KKE

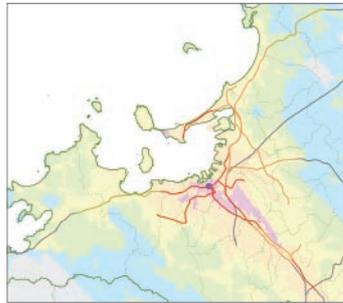


災害リスクマネジメントソリューションは、施設の新規計画、リロケーション、BCP 策定等を効率的にサポートするものです。多様な自然災害を一覧で比較できるほか、地震 PML も同時に評価可能です。専門知識を分かり易く図表で解説し、意思決定プロセスを円滑に進めるお手伝いをします。

- 災害シナリオの特定と共有
- 地震保険契約の検討
- 施設の耐震性の第三者評価
- トータルコストの削減

災害リスクマネジメントソリューション

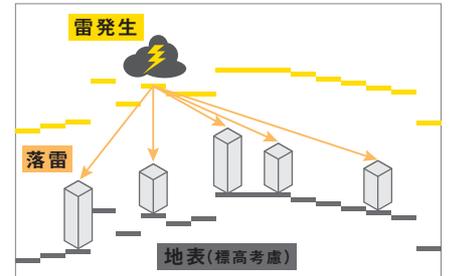
周辺で発生する可能性のある震源と、発生した場合の地域・建物・収容物の揺れ・被害程度を評価します。交通等ライフラインについても、情報をご提供します。



予想連休日数	震度
30日以上	震度7
15~30日	震度6強
5~15日	震度6弱
3~5日	震度5強
1~3日	震度5弱
1日以下	震度1~4
なし	

震度分布・公共交通の被害予測例

過去の落雷状況を分析し、モンテカルロシミュレーションにより対象施設の直撃雷・誘導雷・瞬時電圧低下の可能性を検討します。



より強固な

防災対策・事業継続計画 (BCP)

への発展をサポートします。

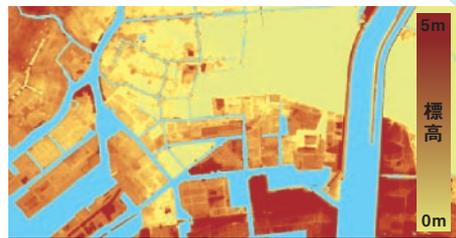
地震

落雷

浸水

台風

想定シナリオ名	地震規模	今後30年の発生確率	再現期間(年)	分析結果	分析結果			
					本社	A支社	B支社	C支社
想定東海地震	8.0	87.31	20	想定震度	6+	6-	6+	6+
				建物被害	軽微	軽微	小破	軽微
				復旧日数	0-1	0-1	2-5	1-5
				電気	0-1	0-1	0-1	0-1
				ガス	0-0	0-0	0-0	0-0
大正型関東地震	7.9	0.15	20,000	想定震度	6-	6-	6+	6+
				建物被害	中破	中破	大破	中破
				復旧日数	2-10	2-10	10-60	10-40
				電気	2-3	2-3	3-4	3-4
				ガス	40-60	50-70	50-70	50-70
内水氾濫	---	10.0	約300	想定浸水深	無し	1.0-2.0m	0.0-0.5m	
				復旧日数			---	---
				電気				
				ガス			1-5	0.5-1
				水道			1-2	0-0.5
台風シナリオ99パーセントイル	---	26%	100	想定最大風速	28.7cm/s	30.6cm/s	29.4cm/s	38.3cm/s
				復旧日数	ほぼ無し	0-1	ほぼ無し	0.5-1
				電気				
				ガス	0.5-1.0	0-0.5	0-0.5	0-0.5
				水道				
落雷シナリオ誘導雷	---	---	100	年間発生確率	90年	40年	160年	220年
				復旧日数	0-7	2-10	0-5	0-7
				電気				
				ガス	0.5-1.0	0-0.5	0-0.5	0-0.5
				水道				



周辺地盤の標高との比較例



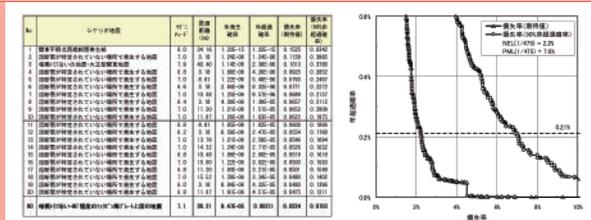
過去の台風経路の表示例

河川・内水氾濫・高潮・津波によるリスクを分析します。

過去の台風記録を分析。施設の台風被害の可能性のほか、交通等ライフラインについても、情報をご提供します。

地震 PML 評価 (予想最大損失率)

不動産売買・証券化や、データセンターのファシリティスタンダードとして活用されています。既存や計画中の施設の地震 PML のほか、複数建物群を対象としたポートフォリオ地震 PML も評価可能です。



英文でのレポート作成も承ります。ご予算・目的に合わせて、評価方法・内容をご提案させていただきます。お気軽にお申し付けください。

災害時の対応・評価ソリューション

災害時において、インフラシステムは早急な復旧が求められることから、被災状況の確認、影響度の把握、対策の検討、無駄のないスケジューリングが必要となります。日常業務で蓄積されたデータを最大限に活用したシステム化により被災状況の把握～災害時の対策検討・実施を効率的に行うことができます。

目視点検のIT化やモニタリング技術により、被災状況をいち早く把握します。

▼画像処理による目視点検の高度化



ガードレールの劣化検知



送電線の劣化によるむくみ検知

▼日常の点検・修復業務



WEBサイトから被災状況把握に必要な情報を収集します。

▼他機関サーバ(Webサイト等)



【他機関サーバの例】
・防災科学技術研究所 (K-NET)
・気象庁

準リアルタイム自然災害データ

▼情報の一元管理

点検・修繕履歴データの蓄積
保有施設データ

データ収集

kkeonsite

一元管理された施設情報を活用して各種施設の被災状況を推定し、災害時の影響予測を行います。

被害推定

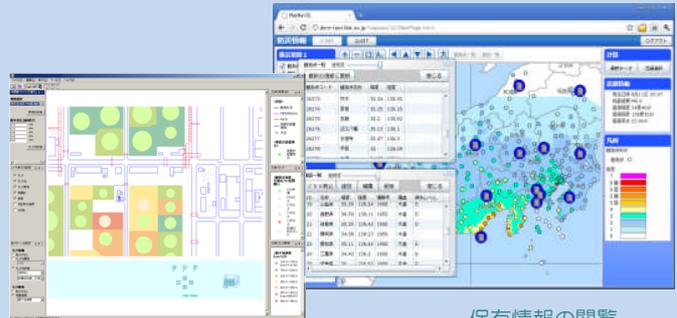
データ収集機能

データ管理機能

災害ハザード評価機能

マッピング機能

▼影響波及予測&視覚化

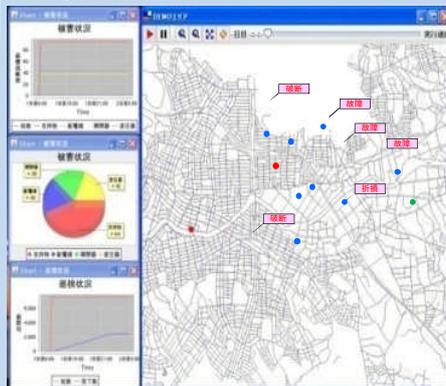


防災情報ナビ

保有情報の閲覧
履歴情報の閲覧
災害ハザード情報の閲覧

対策検討・評価

▼復旧過程のシミュレーション



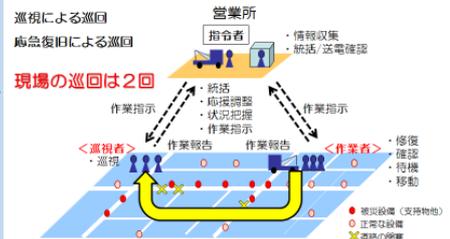
設備の被害推定箇所

- ・復旧スケジューリングの検討
- ・要員配置の検討

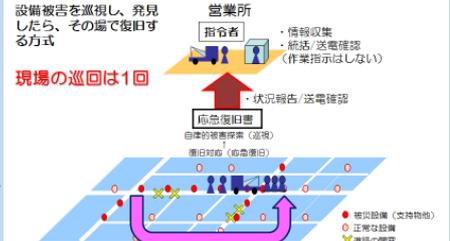
応急復旧時間の算出
復旧過程の評価
スケジューリングの妥当性の評価

どのような状況のときにどのような復旧戦略、要員配置、スケジューリングが妥当かを評価します。

巡視後復旧作業方式



巡視・復旧作業並行復旧方式



地震ハザード評価プログラム

k-HAZARD Ver.2.0

最新知見の地震活動データに基づいた地震危険度を確率論的に評価する

=特徴=

- 任意の地点・再現期間・基準日に対する地震ハザードの評価が行えます
- 最大速度や加速度応答スペクトルによる地震動評価が行えます
- 対象建物の固有周期に合わせた地震ハザードカーブや一様ハザードスペクトルの出力、
また、地震ハザードに影響を及ぼす地震種別の分析など、様々な評価が行えます
- 内蔵されている地震活動データはユーザにより編集が行えます
- 評価結果の図化が行えます*

(※一部の評価結果を除く。図化にはMicrosoft Excel 2000/2002/2003が必要です。)

地震ハザードの評価方法

地震活動のモデル化

- 主要98断層帯※1
 - 主要98断層帯以外の活断層※1
 - 海溝型地震※1※2
 - 震源断層を予め特定しにくい地震※2
- ※1 地震ハザードステーション(J-SHIS)で利用されている防災科学技術研究所の断層形状データを利用(2008年度版)
- ※2 地震ハザードステーション(J-SHIS)で利用されている防災科学技術研究所の断層形状データを数値化(2008年度版)

地震動の予測に用いる距離減衰式

- 最大速度
- 司・翠川(1999) <基盤面>
- 加速度応答スペクトル
- 安中・山崎・片平(1997) <基盤面>
- 内山・翠川(2006) <基盤面>
- Kanno et al.(2006) <基盤面>

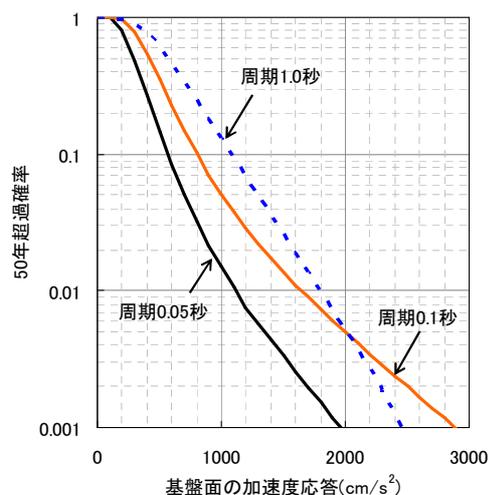
表層地盤増幅率

- 最大速度
- 藤本・翠川(2003)に基づき評価した地盤増幅率データベース
- ユーザ指定
- 加速度応答スペクトル
- 藤本・翠川(2003)に基づき整備したAVS30データベース(約250mメッシュ単位)を用いた地盤増幅率(Kanno et al.(2006)利用時のみ)
- ユーザ指定

評価事例

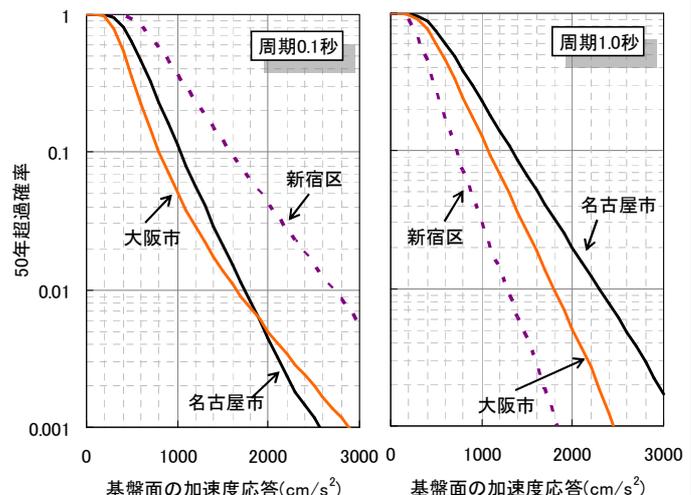
- 地震動の予測に用いた距離減衰式: Kanno et al.(2006)
- 評価基準日: 2008年1月1日

地震ハザードカーブ



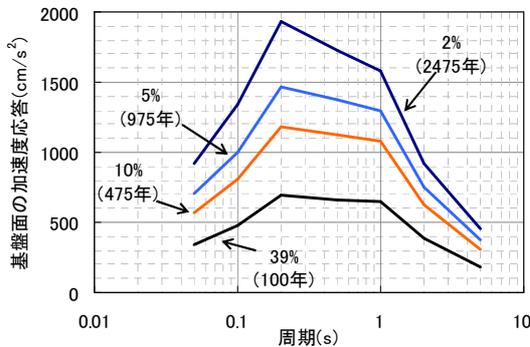
評価期間50年における大阪市の基盤面の地震ハザードカーブ(周期0.05秒、0.1秒、1.0秒)を示します。地点や周期を指定することにより、対象建物の周期特性に合わせた地震ハザードの評価を行うことができます。

地震ハザードカーブ地点比較



評価期間50年における大阪市、名古屋市、新宿区の基盤面の地震ハザードカーブ(周期0.1秒、1.0秒)を示します。複数地点の地震ハザードを比較することにより、周期によって、地点間の傾向が異なることがわかります。

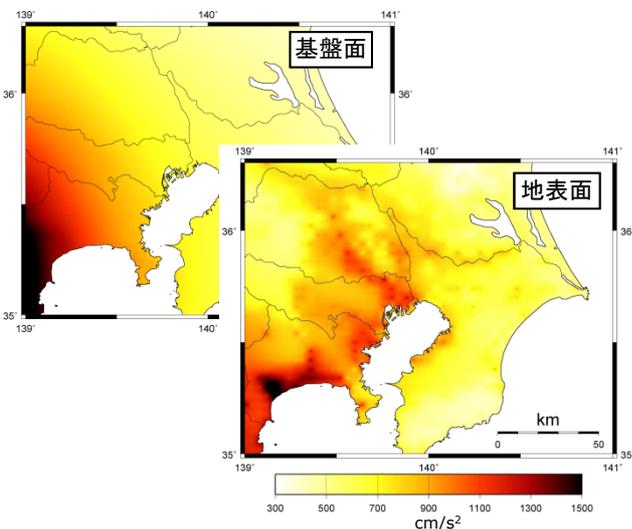
一様ハザードスペクトル



50年超過確率2%(再現期間2475年)、50年超過確率5%(再現期間975年)、50年超過確率10%(再現期間475年)、50年超過確率39%(再現期間100年)における、大阪市の基盤面の一様ハザードスペクトルを示します。

任意の再現期間に応じた加速度応答スペクトルを確率的に評価することができ、設計用地震動の検証などに利用することができます。

地震ハザードマップ



0.04° 間隔で関東圏の基盤面および地表面の50年超過確率10%(再現期間475年)の加速度応答(周期1.0秒)を評価し、地震ハザードマップを作成した例※を示します。基盤面から地表面までの増幅率は藤本・翠川(2003)に基づき整備したAVS30データをKanno et al.(2006)に適用して評価しています。

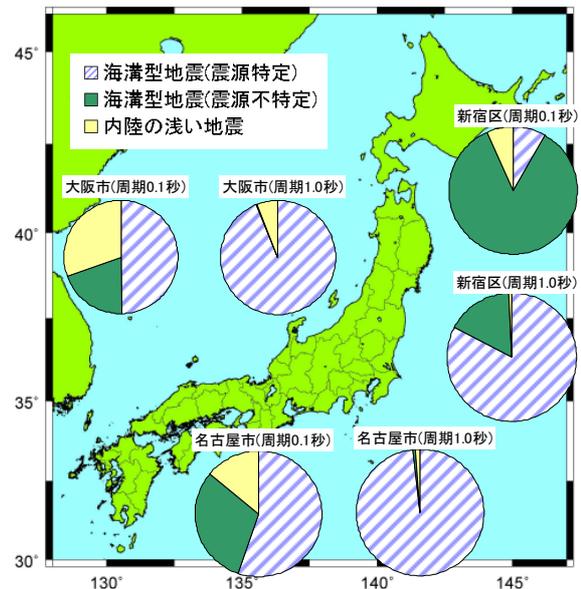
※本プログラムにGIS表示機能は含まれておりません。

地震ハザードへの影響度

地震ハザードへの影響度とは、地震ハザード評価の対象となる全地震を地震のタイプ別にグルーピングし、全地震による超過確率に対して各グループが占める割合を評価したものです。本事例では「海溝型地震(震源特定)」、「海溝型地震(震源不特定)」、「内陸の浅い地震」の3種類にグルーピングを行いました。

今後50年間における大阪市、名古屋市、新宿区の基盤面の加速度応答(周期0.1秒、1.0秒)が400cm/s²以上となる確率に対して、各グループの影響度を円グラフで示したものです。

短周期では、周辺地域の地震環境の特徴によって、想定すべき影響度の高い地震の傾向が異なることがわかります。周期が長くなりますと、どの地域も長周期成分が卓越する「海溝型地震(震源特定)」の影響が大きくなるのがわかります。



カスタマイズ対応

本プログラムについては、機能追加や出力形式の変更等、お客様のご利用目的に応じてプログラムのカスタマイズを受託開発として対応いたします。ご質問、ご要望などがございましたら、お問い合わせ先までお願いいたします。

動作環境

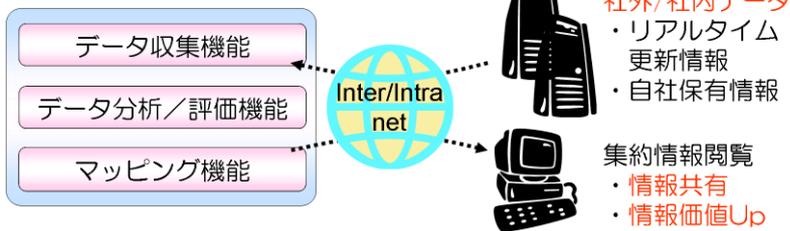
対応OS: Microsoft Windows XP 日本語版
 Microsoft Windows Vista 日本語版
 必要メモリ: 1GB以上 必要ディスク: 100MB以上

防災情報システム

■ システム概要

- 「WEB・GIS」を基盤とした地震被害シミュレーションの「プラットフォーム」です。
- 地震後、準リアルタイム配信される観測記録を収集し、波形処理を行い、地震動強さ(震度や最大速度等)の面的分布を推定・マッピングします。(プラットフォームに付属する基本機能)
- 多観測点の観測情報を自動的に収集するため、情報収集の手間が削減できます。
- WebGISの利用により、システムはサーバで一元管理します。ユーザはブラウザを介してアクセス(イントラネット)するため、情報の共有が容易となります。
- 「お客様保有情報+公開情報」による「情報価値向上・高度化」をご提供します。(カスタマイズ対応)
- 社会条件データ(建物分布、拠点等)を用いて地震被害推定を行うことが可能です。(カスタマイズ対応)

【システム(サーバ)】



■ 機能概要(基本機能)

- データ収集機能
 - ・地震を指定することで、多観測点の観測情報(記録)を自動的に収集します。
- データ分析/評価機能
 - ・観測情報から地震動強さを算定し、表層地盤の増幅率で除することにより基盤の地震動強さを算定します。
 - ・基盤における地震動強さの分布を空間補間により推定します。
 - ・基盤における地震動強さに表層地盤の増幅率を乗じて地表における地震動強さ分布を算定します。
- マッピング機能
 - ・GISを利用して、観測点、分布図を描画します。
分布図(地形分類、表層地盤増幅率、推定震度)
観測点(観測点名、位置情報、観測点における震度)
 - ・評価結果はブラウザにて閲覧することができます。

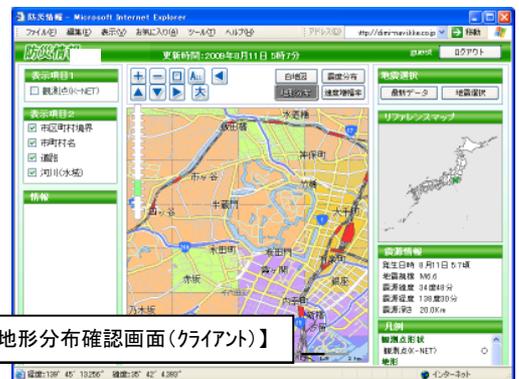


地震選択一覧

2008年8月 最新の情報に更新

発生日時	状態	マグニチュード	震源深さ	観測点数	計算	表示
2008年08月30日 18時28分頃	未計算	M4.4	20Km	84	計算	
2008年08月25日 07時07分頃	未計算	M3.6	10Km	8	計算	
2008年08月25日 06時56分頃	未計算	M3.2	10Km	1	計算	
2008年08月24日 05時46分頃	未計算	M4.2	50Km	41	計算	
2008年08月22日 19時59分頃	計算済	M5.1	50Km	188	計算	表示
2008年08月20日 15時13分頃	未計算	M4.5	50Km	137	計算	
2008年08月14日 20時11分頃	計算済	M5.4	80Km	39	計算	表示
2008年08月13日 21時52分頃	未計算	M3.5	10Km	11	計算	
2008年08月09日 00時53分頃	計算済	M5.2	60Km	93	計算	表示
			10Km	52	計算	
			40Km	100	計算	表示

【地震選択画面(クライアント)】



■ 動作環境

- 対応OS : WindowsXP, Windows2003Server (32bit版)
 CPU : Intel Pentium 4 3GHz以上 (推奨: マルチコア、マルチプロセッサ)
 メモリ : 1GB以上 (推奨: 2GB)
 ディスク容量 : 40GB以上推奨
 GIS : MapServer
 DB : PostgreSQL, PostGIS
 ブラウザ : IE6以上推奨



【計算ソルバー高速化】

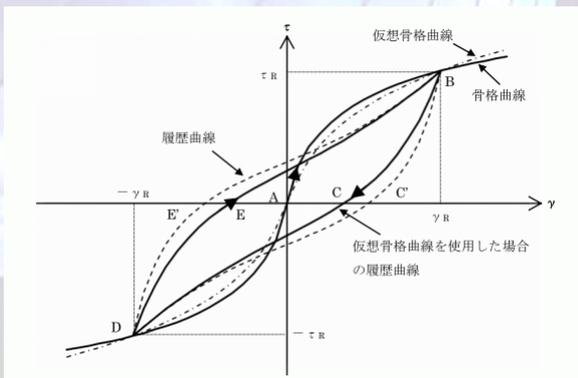
計算ソルバーの高速化を行います。従来のブロックスカイラインソルバーの修正に加え、大規模解析用としてPARDISO（スパース線形方程式ソルバー）の追加などを行い、前バージョンとの比較で、約1.5倍～100倍の速度で計算することが可能です。条件によって効果は異なりますが、対象の計算規模の大きいものの方が効果が出る傾向にあります。

【自動メモリ確保機能】

計算ソルバーの高速化と同時に自動メモリ確保機能の追加を行います。計算対象の規模によって自動でメモリを確保することで、計算ソルバーで高速に処理した効果を効率的に発揮します。

【GHE-S履歴モデル】

特殊復元力特性に（財）鉄道総合技術研究所で考案されたGHE-S履歴モデルを追加します。骨格曲線は、広いひずみ領域で調整可能なGHEモデルを用い、履歴曲線はMasing則を用い、相似比 λ を変化させることにより大ひずみ時のスリップ型の形状を考慮します。

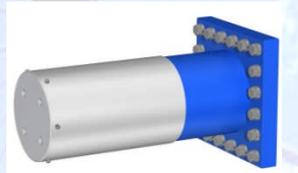


GHE-S履歴

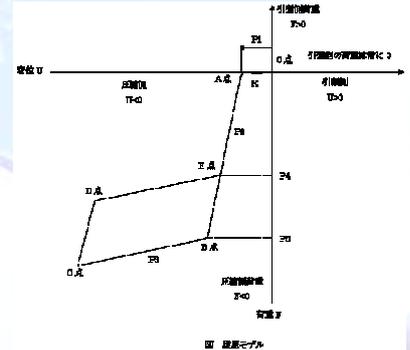
機能アップとして予定されている項目のため、実際のバージョンでサポートされない場合があります。

【BMRダンパー履歴モデル】

BMR(CD)はオイレス工業（株）が販売している圧縮型履歴ダンパーです。特殊復元力特性にBMRダンパー履歴モデルを追加します。



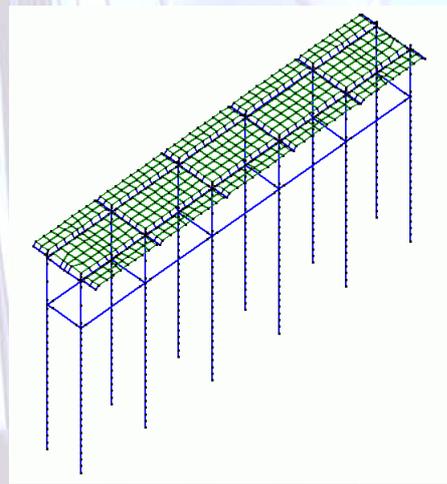
BMR (DC)
外形イメージCG



BMRダンパー履歴モデル

【板曲げ要素追加】

要素ライブラリに3角形、4角形の板曲げ要素を追加します。



モデルイメージ

RESP-T

Version 6.0 リリース予定

- ・計算ソルバー高速化
- ・自動メモリ確保機能
- ・BMRダンパー履歴モデル
- ・GHE-S履歴モデル
- ・板要素追加

3次元汎用静的・動的非線形解析プログラムRESP-Tに新しい機能を追加します。

高層RC造煙突の耐震検討支援



はじめに

平成19年の建築基準法改正に伴い、高さ60mを超える煙突の設計には、指定評価機関による性能評価と大臣認定を受けることが義務付けられ、これまで以上に構造安全性への配慮が求められるようになりました。

弊社では、従来から行っていた超高層建物・免震建物の振動解析経験とRESPシリーズ(建築構造のための非線形振動解析プログラム)の開発・経験をベースに、高層RC造煙突の性能評価支援を行っております。より安全性・信頼性・経済性の高い煙突の設計のために、弊社の解析コンサルティングを御利用ください。

性能評価のための検討項目

基本検討と実施設計

質点系モデルまたは立体モデルにて振動解析を行い、設計クライテリアに対する最大応答値を確認します。基礎・杭・地盤の状況に応じてスウェイ・ロッキングを考慮します。質点系モデルの場合には、曲げによる非線性を適切に評価し、立体モデルの場合には、壁の面外変形を考慮することができます。

詳細モデルによる検討（崩壊形の確認）

詳細モデルにて、質点系モデルの復元力特性の妥当性、開口部周辺等の応力・ひずみ状況の確認を行います。開口周辺の補強の有無・補強方法・補強量を決定します。また、ひび割れの発生状況から、主筋の重ね継手の範囲の妥当性を確認します。

補足検討

内筒・外筒の衝突を考慮した解析、基礎の浮き上がり非線形の考慮、杭の応答変位法による断面検討、内筒・外筒間のクリアランスの検討等を行います。

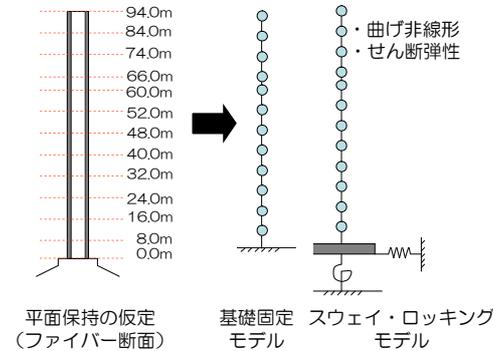
評定対応

入力地震波の作成(断層モデルによるサイト波の作成・表層地盤モデルによる増幅の考慮)、振動解析一式、部会対応補助、追加検討資料の作成、性能評価資料の作成等により支援いたします。

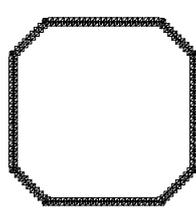
検討事例のご紹介

質点系モデルによる検討例【使用プログラム：RESP-M/Ⅱ，F3T】

質点系モデルによる振動解析結果から、設計クライテリアに対して最大応答値がおさまることを確認します。具体的には、平面保持の仮定に基づき、断面をファイバーでモデル化した基本モデルを作成し、荷重増分解析を行います。荷重増分解析結果を用いて、曲げ非線形トリリニアによる質点系モデルを作成し、振動解析を行い、最大応答値を確認します。



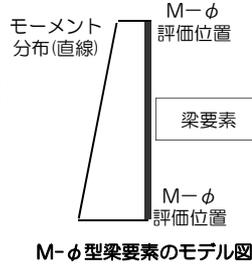
質点系モデルの作成例 (RESP-M/Ⅱ, F3T)



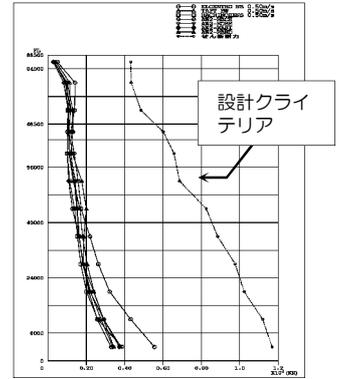
ファイバ断面分解の例

- ・鉄筋：バイリニアモデル
- ・コンクリート：New RCモデル
- ・M-φ型の曲げ非線形梁要素を採用

基本モデルの作成例 (RESP-F3T)



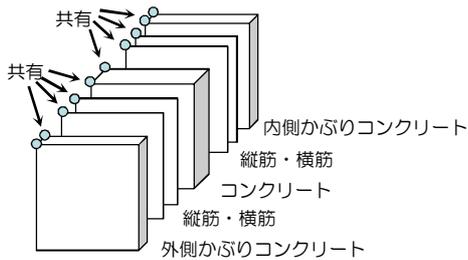
M-φ型梁要素のモデル図



最大応答層せん断力図 (RESP-F3T)

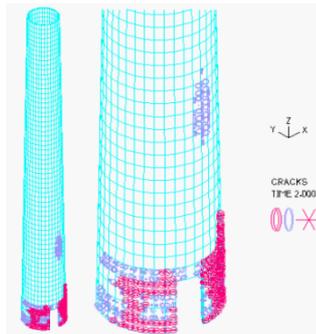
詳細モデルによる検討例 (非線形FEMモデルによる開口周辺の応力確認)【使用プログラム：ADINA】

非線形FEMの詳細モデルにより、開口部周辺のひずみ・応力の把握を行い、質点系モデルの妥当性と崩壊系を確認します。

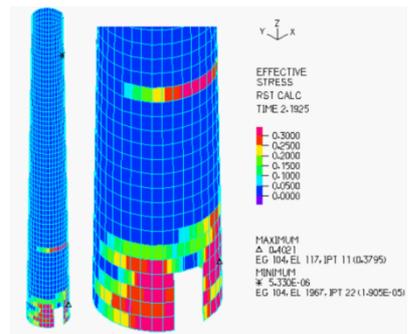


- ・鉄筋：4節点異方性平面応力要素 (バイリニア特性)
- ・コンクリート：8節点ソリッド (Pecknoldの構成則)

非線形FEMのモデル例 (ADINA)



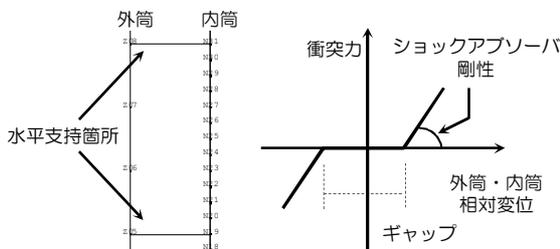
非線形FEM解析による外筒のひび割れ分布 (ADINA)



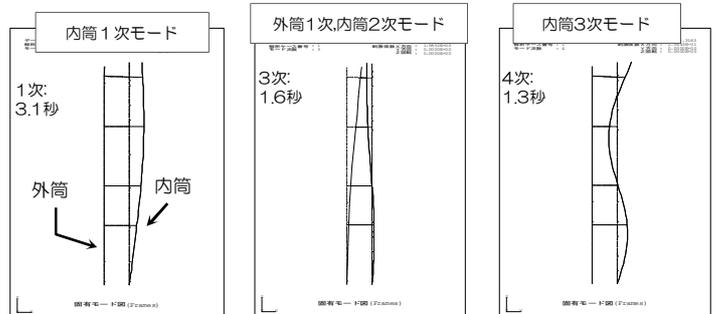
非線形FEM解析による外筒のひずみ分布 (ADINA)

補足検討例【使用プログラム：RESP-F3T】

内筒と外筒において、完全に一体でないことにより問題が生じないかの確認のため、外筒・内筒の連結解析により衝突モードの確認を行います。



連結振動モデル図



衝突振動モード図 (RESP-F3T)

高層RC造煙突の性能評価実績

- ・某清掃工場煙突：高さ88.5m，内筒外筒方式，2007年，日本建築センター
- ・某ごみ焼却処理施設煙突：高さ98.5m，内筒外筒方式，2008年，日本ERI
- ・某清掃工場煙突：高さ59.5m，内筒外筒方式，2011年(予定)，日本ERI

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は時刻歴応答解析を必要とする建築構造物を対象とした構造計算プログラムです。
RESPが取り組んできた超高層建築、免震構造、制振構造の構造設計に対して、数々の新しいアイデアを盛り込んだ
立体フレーム動的解析を基本とする、新世代の構造計算プログラムをご提供いたします。

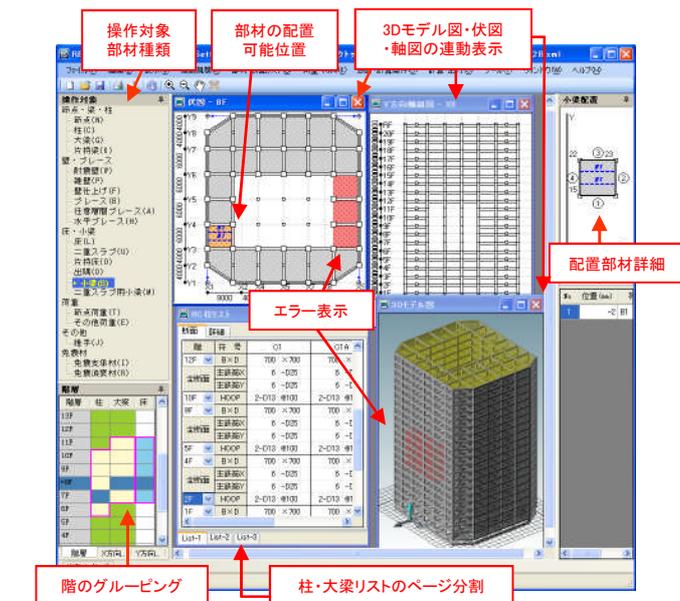
プログラム概要

- ・建物データ入力、許容応力度法による構造計算、立体フレーム非線形静的解析・動的解析、構造計算書作成の一連処理機能を持ちます。
- ・RC造、S造、SRC造、CFT柱、オイルダンパー、制振間柱、粘性制震壁、座屈拘束ブレース、免震装置に対応しています。
オイレス工業：粘性制震壁、LRBシリーズ、弾性すべり支承
免制震デバイス(2011年4月対応予定)：RDT、粘性制震壁、錫プラグ入り積層ゴム、CLB
住金関西工業(2011年4月対応予定)：SUB(鋼製座屈拘束ブレース)
新日鉄エンジニアリング(2011年4月対応予定)：ユニットゴムダンパー、アンボンドブレース、免震U型ダンパー(別置型、積層ゴム一体型)
- ・XYグリッドを基本としながらも、任意建物形状(隅切り、軸振れ、セットバック、節点の上下移動、柱の軸回転)に対応しています。
- ・地震応答解析結果から、簡単にアニメーションを作成できます。
- ・RESP-F3T(非線形静的動的解析)/F3(立体フレーム静的弾塑性解析)/F3D(剛床立体フレーム動的弾塑性解析)の入力データファイルの作成が可能です。

入力機能の特徴

建物データ入力

- ・GUIによる建物形状、部材断面、荷重の入力
- ・伏図、軸組図、3Dモデル図の同時表示、編集結果の即時連動表示
- ・マウスポインタ移動時に部材の配置可能位置を表示
- ・階のグルーピングによる、超高層建築の効率的な部材配置
- ・柱・大梁リストのページ分割入力機能による、整理された部材リストの作成(高層部・低層部、X方向大梁・Y方向大梁など)
- ・Microsoft®Excelで編集した断面リストからコピーペーストが可能
- ・伏図は見上げ表示、見下げ表示が切り替え可能
- ・床組のコピー&ペーストによる、床スラブ入力の省力化に対応
- ・基本検討時に不可欠な、階・通り軸の追加・削除が可能
- ・入力エラーの即時表示、エラーの対処を保留したままの編集も可能
- ・免震装置(支承材・減衰材)の配置(一部メーカーの装置は型番での配置も可能)



開発・サポート体制、カスタマイズ

- ・RESPシリーズの開発およびユーザーサポートは、(株)構造計画研究所 防災ソリューション部 建築構造室が担当します。
- ・RESP-Dは非線形動的静的解析プログラム RESP-F3T 技術サービス契約(保守)ユーザー様には回数ライセンスを無償提供いたします。
- ・RESP-Dは、各社様向けカスタマイズも承ります。独自に開発された工法・設計法をRESP-Dに組み込み、限定された利用者にお使いいただくことが可能です。

計算機能・出力機能の特徴

構造計算・構造解析

- ・一連の解析処理に同一の立体解析モデルを用いることで、整合性の高い計算が可能
- ・荷重計算(地震・風)、部材剛性計算、応力計算、偏心率・剛性率計算、断面検定計算は「2007年版建築物の構造関係技術基準」に準拠
- ・非剛床解析の指定(剛床解除節点の指定)が可能、水平ブレースに対応
- ・立体モデル(非剛床を含む)による固有値解析、上下動解析が可能
- ・荷重増分解析による保有水平耐力計算(4方向の加力に対応)、部材余裕度計算、水平・上下の3成分地震波入力による弾塑性立体振動解析が実行可能
- ・複数入力波(X・Y・指定角度、Z方向)の連続計算に対応
- ・柱のM-Nインタラクションはファイバー断面モデルを採用し、軸力変動を受ける2軸曲げ柱に対して妥当性の高い解析が可能

RESP-F3T, RESP-F3/F3Dとの連動

- ・非線形静的動的解析プログラムRESP-F3Tの入力データファイルに変換でき、RESP-F3Tを用いたより高度な解析が可能
- ・RESP-F3/F3Dの入力データファイルに変換でき、既存プログラムの活用も可能

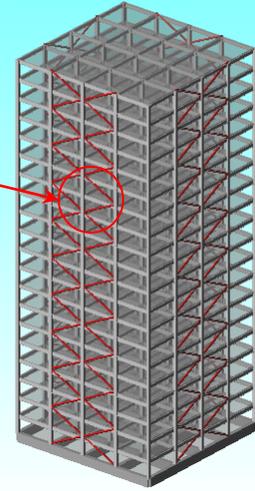
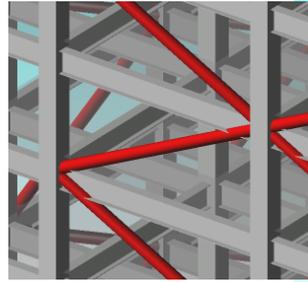
構造計算書作成

- ・告示等で定められた書式による構造計算書出力
- ・断面検定比図は数値ごとに色分け表示
- ・荷重増分解析結果に対する、ヒンジ図・部材余裕度図等の出力
- ・印刷前のプレビュー機能

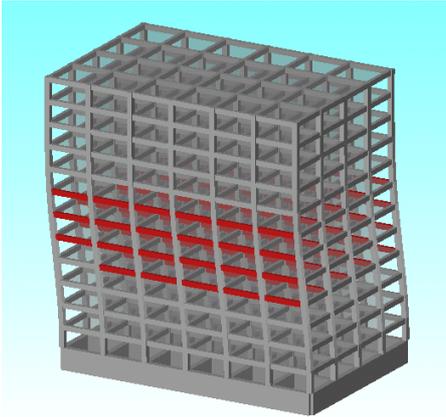


3Dモデル図、アニメーションの作成

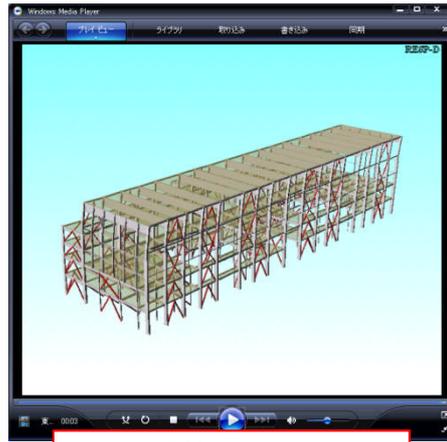
- RESP-D応答解析実行時にアニメーションデータ出力指定をすることで、簡単に動画を作成可能
- RESP-Dに付属する動画作成ソフト RESP-D Animation にて、動画の詳細な設定が可能
- 部材ごとに表示・非表示の選択、及び色指定が可能
- 部材塑性状態の色付けが可能
- 背景等も自由に色設定可能
- 2つまでのモデルの応答結果を並べて比較することが可能
 - 非免震構造と免震構造の応答比較
 - 同じモデルの方向別応答比較
 - 同じモデルの波別応答比較 など
- アニメーション画像を動画ファイル(.AVI)に出力可能
- 3Dモデル図画像をEMFファイル出力可能



部材拡大表示例



塑性化表示例



AVIファイル再生例 (Windows Media Player)

部材表示色編集

構造材	部材名	表示可	RC表示色	S表示色	SRC表示色
	大梁	<input checked="" type="checkbox"/>	(211,211,211)	(100,50,50)	(211,211,211)
	柱	<input checked="" type="checkbox"/>	(211,211,211)	(100,50,50)	(211,211,211)
	片持梁	<input checked="" type="checkbox"/>	(211,211,211)	(100,50,50)	(211,211,211)

部材表示色編集ダイアログ

RESP-D アニメーション: D:\Work\DEMO\パンフ用データ\免震モデル.dz - [アニメーション図]

ファイル(F) ウィンドウ(W) ヘルプ(H)

操作パネル

AVIファイル出力

出力ファイル名: [] ...

実行 4.37s/帧

アニメーション プレイヤー

部材表示色編集

各種制御

- 1-表示制御
 - 座標軸の表示 する
 - 軸階の表示 しない
 - 部材の辺線の表示 しない
 - 地面の表示 しない
 - 平行投影で表示 する
 - H型断面の簡略 する
 - 丸型柱の簡略 しない
 - レンダリング する
 - 部材塑性状態 しない
- 2-操作制御
 - ズーム方法 マウスの
 - パン方法 CTRLキ
 - 回転方法 中ボタ
 - 自動回転スピード 1
 - 自動回転の方向 ばい
- 3-アニメ制御
 - 変位倍率 50
 - 表示速度(倍) 1
 - モデルキャプション しない
 - 二様目モデルの: (554.0)
- 4-AVIファイル出力
 - 画面サイズ 小

座標軸の表示
座標軸の表示フラグ

メッセージ

状態

アニメーション画面 (免震構造と非免震構造の応答比較)

AVIファイル出力指定

各種制御

アニメーション画面 (免震構造と非免震構造の応答比較)

汎用の非線形有限要素法解析プログラム

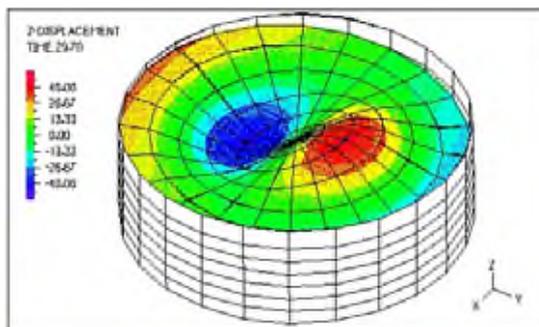
ADINA

特徴

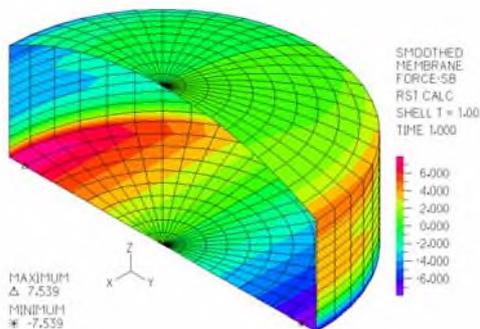
ADINA は、マサチューセッツ工科大学の研究成果を反映し ADINA R&D 社が開発した代表的な汎用の構造・熱伝導・熱流動解析プログラムです。非定常・非線形挙動を高精度な計算機能で解くことが可能です。 弊社ではプログラム販売の他、解析コンサルティング・サービスもご提供しております。

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



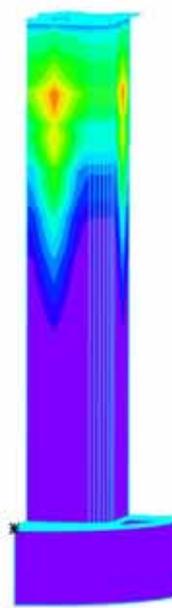
タンク壁面：断面力分布

■スロッシング解析のポイント

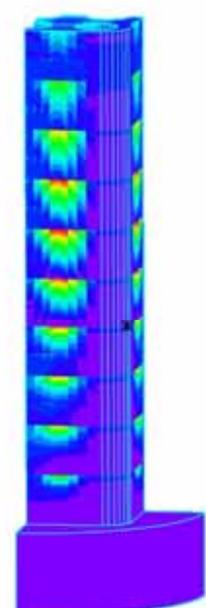
- ・構造と流体の相互作用解析
- ・タンクはシェル要素、流体は流体要素
- ・地震入力による動的応答解析
- ・スロッシング波高やタンク応力の算定
- ・浮き屋根の有無による差異の検討

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。

製品ラインナップ

構造解析

- 建築構造解析プログラム
RESPシリーズ
- 土木構造解析プログラム
RESP-T
- 汎用有限要素法構造解析システム
ADINA
- 建設用構造解析システム
MIDAS
- 鉄道構造物等の耐震性能照査プログラム
ASCARS
- 鉄道構造物等の3次元耐震性能照査プログラム
Dars
- 杭の応答変位法プログラム
k-PILE

地盤と構造物の動的相互作用

- 二次元有限要素法の統合解析システム
FRONT for Windows
- 地盤と構造物の動的相互作用解析プログラム
SuperFLUSH/2D for Windows
- サブストラクチャ法による3次元動的相互作用解析
SuperFLUSH/3D
- 地盤液状化解析プログラム
NANSSI

設計用入力地震動作成システム

- 地震荷重設定システム
SeleS for Windows
- 模擬地震波作成プログラム
ARTEQ for Windows
- 成層地盤の地震応答解析プログラム
k-SHAKE+ for Windows
- 波形処理プログラム
k-WAVE for Windows

地震リスク評価

- 地震リスク評価プログラム
ricomacast
- 地震ハザード評価プログラム
k-HAZARD

災害時対策

- 地震防災情報システム
Quiet-J
- 準リアルタイム地震被害シミュレータ
防災情報ナビ

熱流体解析

- 気流・温熱環境評価システム
AC-design for Windows
- 風環境評価システム
Wind-design for Windows
- 大気質評価システム
Air-design for Windows
- 海洋・河川/水質汚濁評価システム
Water-design for Windows

解析コンサルティングサービス

建築

- ・ 建築構造物の耐震検討
- ・ 居住性評価
- ・ 施工段階解析

土木

- ・ 土木構造物の耐震安全性の検討
- ・ 構造物と地盤の動的相互作用
- ・ 近接施工の影響解析
- ・ 環境振動の影響評価解析

保全

- ・ 構造物・維持管理
- ・ 車両走行振動シミュレーション
- ・ 構造物ヘルスマニタリング

地震

- ・ 地震時の事前・事後対策
- ・ 地震動評価
- ・ 地震リスクマネジメント
- ・ 地震PML評価
- ・ 設備の被害想定と対策

環境

- ・ 大気質評価解析
- ・ ビル風・風環境解析
- ・ 局地風解析
- ・ 海洋・河川流況解析
- ・ 津波解析
- ・ 室内の気流・温熱環境解析
- ・ 地下鉄の列車風・温熱解析

お問い合わせはこちらへ

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

〒164-0012 東京都中野区本町 4-38-13

TEL (03) 5342-1147

(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

構造計画研究所の解析関連部門ホームページにぜひお立寄りください。本冊子のバックナンバー(カラー版・PDF形式)をダウンロード※いただけます。※個人情報のご記入が必要です

■ KAISEKI PORTAL

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



お客様が当社に提供された氏名・年齢・住所・電話番号等の個人情報は、当社の製品・ソリューションなどの情報提供や営業などの目的で使用することがあります。あらかじめご了承ください。お客様がご自身の個人情報の内容について照会または変更することをご希望される場合、あるいは当社による個人情報の利用の中止をご希望される場合には、下記宛てにご連絡ください。

〒164-0012 東京都中野区本町4丁目3番13号 日本ホルスタイン会館内
株式会社構造計画研究所 人事総務部内 個人情報保護相談窓口 FAX: 03-5342-1244 e-mail:

解析雑誌 *Journal of Analytical Engineering Vol.25 2011.2*

発行日 平成23年2月1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
〒164-0012 東京都中野区本町 4-38-13
お問い合わせ 電話 (03) 5342-1147 FAX (03) 5342-1203
kaiseki@kke.co.jp