

## Topics

### 【イベント出展報告】

- 危機管理カンファレンス 2015 講演報告  
～大規模工場施設の地震対策はどう進めれば良いか？  
戦略的な防災投資・意思決定に必要な視点～
- KKE Vision 2015 ~ Innovating for a Wise Future～ 開催報告

### 【取り組み紹介】

- 構造物の自然災害対策のための最新解析技術
- 高潮解析
- 地震荷重設定システム SeleS for Window  
～土木ユーザ向けのバージョンアップと新オプションのご案内～

## Technical Reports

- 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
- 長周期地震動による超高層オフィスでの家具群の地震時挙動シミュレーション

*Journal of Analytical Engineering*



## 環境変化への対応

(株)構造計画研究所  
耐震技術部長  
山本 一美

最近の建設業界を取り巻く話題と言えば、アベノミクスによる公共事業投資、国内景気の回復などの追風で「〇〇年以降における最高営業利益を更新」、「〇〇年ぶりに受注〇〇円台回復」、といったプラス材料の話題と建設需要増に伴う労務費・材料費の高騰、人材の確保・育成の問題やマンション傾斜問題などのマイナス材料の話題が混在しています。一方、エコノミストや企業トップらのコメントとして、2020年以降の市場動向に関して、公共投資の縮小や2020年東京五輪関連需要の反動減による建設市場の縮小予測が報道されています。建設関連企業の各経営者は、前述したような市場環境の変化への対応策として、生産性の向上、海外事業の拡大、人材の確保・育成、技術開発の強化などを経営方針として掲げています。

それはさておき、経済界から自然界に目を転じると、地球温暖化などの環境変化が進む中、異常気象などへ建設業界としての対策・対応が喫緊の課題となっています。記憶に新しいところでは、2015年9月に発生した関東・東北豪雨では、鬼怒川をはじめ19の河川で堤防が決壊し、67の河川で氾濫などの甚大な被害が発生しました。また、2012年5月、2013年9月に関東地方で竜巻が立て続けに発生し、それまでは自然災害としての認識が低かった竜巻被害の甚大さが社会的にも大きなインパクトを与えることとなりました。更に、火山災害に関しても、2014年9月に御嶽山で死者・行方不明者数として戦後最悪の火山災害となった噴火被害が発生しました。

弊社はこれまで主に地震被害の軽減を社会的な使命と考え、そのための研究開発を推進してきました。近年、弊社では地震被害の防災・減災に係わる取り組みに加えて、前述したような我々を取り巻く市場環境および自然環境の変化に対応すべく、地震以外の自然災害の防災・減災に関連する研究開発に着手しています。竜巻、火山噴火、河川氾濫の災害時においては、飛来物、噴石、漂流物などが構造物の壁・屋根や設備などと衝突することで構造物や設備に対して損傷を与えることが想定されます。地震とは異なり、これらの災害の発生は事前にある程度予測可能な場合があり、避難施設などに避難することで安全を確保する対策が検討されています。災害時に備えて、これらの避難施設を含めた構造物などの安全性を検討し、担保することが必要となります。こうした災害対策における技術開発にとって必要不可欠な要素技術が、高精度のシミュレーション解析技術です。近年の衝突問題に係わる解析技術の高度化によって、災害時に発生するであろう被害のより高精度の予測が可能になりました。弊社における具体的な検討事例として、竜巻時の飛来物と構造物との衝突問題、竜巻時の建物の安全性検討、火山噴火時の退避施設の安全性検討などにおいて、シミュレーション解析に基づく損傷予測技術を活用しています。

我々を取り巻く環境は、常に変化しています。また、環境変化に伴い建設業界に求められるニーズは、多様化・複雑化しています。お題目ではない未来の強靭化された日本を夢見て、ニーズの多様化・複雑化をビジネスチャンスととらえ、微力ではありますが、顧客の皆様と一緒に国土強靭化へ向けた課題を解決することができれば幸いです。

# 解析雑誌 Vol.39 2015.12

巻頭言 『環境変化への対応』

耐震技術部長 山本 一美 02

## Topic 1

- 危機管理カンファレンス 2015 講演報告 04  
～大規模工場施設の地震対策はどう進めれば良いか?  
戦略的な防災投資・意思決定に必要な視点～

## Topic 2

- KKE Vision 2015 ~Innovating for a Wise Future~ 開催報告 07

## Topic 3

- 構造物の自然災害対策のための最新解析技術高潮解析 10

## Topic 4

- 高潮解析 16

## Topic 5

- 地震荷重設定システム SeleS for Window 22  
土木ユーザ向けのバージョンアップと新オプションのご案内

## Technical Report 1

- 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 26  
断層変位シミュレーション解析  
三橋 祐太、橋本 学氏、奥田 洋司氏、内山 不二男
- 長周期地震動による超高層オフィスでの家具群の地震時挙動シミュレーション 32  
正月 俊行、翠川 三郎氏

## Editor's Note

- From Editors 35

Journal of Analytical Engineering

# 危機管理カンファレンス2015 講演報告

## ～大規模工場施設の地震対策はどう進めれば良いか？

### 戦略的な防災投資・意思決定に必要な視点～

製造業のリスク管理責任者から「耐震診断の結果、保有施設のIs値\*の把握はできたが、Is値0.6を確保すれば万全と説明して本当に良いのか、どこまで補強すれば妥当と言えるのか判断できない」「災害対策自体は総論では賛成。しかし実行段階では堂々巡りになってしまふ」「巨大地震を想定した検討を行った結果、対処方法がない or 大掛かりな対策が必要でとても予算が合わない」「建物は大丈夫かもしけないが、生産設備の被害がどこまで発生するのか、事業への影響が分からぬ」など、検討が立ち往生しているとの声をよく耳にします。このような状況においては、根拠のしっかりした被害想定を基準に検討を進めることで膠着状態を打破できるケースがあります。そこで、工学的な裏づけをベースにした工場施設の詳細な被害想定とその後の補強効果を測る手法について紹介しました。

\*Is値=Seismic Index of Structure：耐震指標

#### ■講演のご報告

#### 危機管理カンファレンス2015

日 時	2015年9月29日(火)
会 場	東京コンファレンスセンター・品川
主 催	リスク対策.com事業部
セミナー	大規模工場施設の地震対策はどう進めれば良いか? 戦略的な防災投資・意思決定に必要な視点 防災ソリューション部長 坪田 正紀

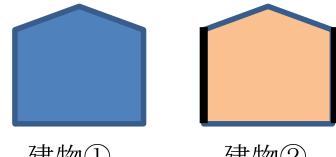
#### ■講演内容

##### ● 2つの建物、2地点の工場

問題：右の2つの建物はどちらが地震に対して丈夫でしょう？

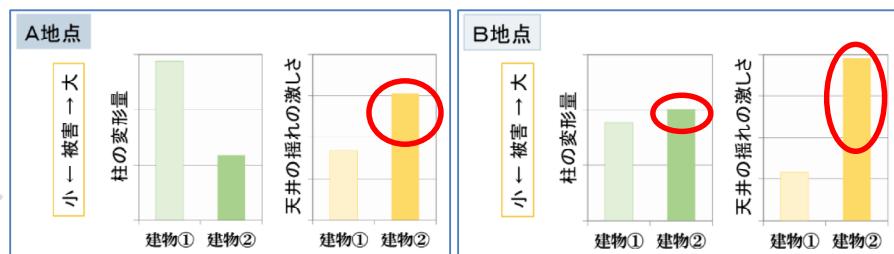
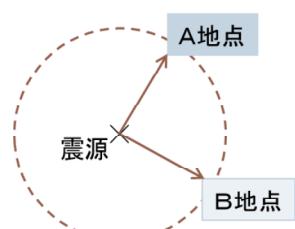
どちらの建物も同じ形状の建物ですが、建物②は柱を補強することでより丈夫にしてあります。

2つの工場を震源から同じ距離のA地点とB地点において、柱の変形量と天井の揺れの激しさという尺度で比較してみました。



回答：実は建物①の方が安全だった？？

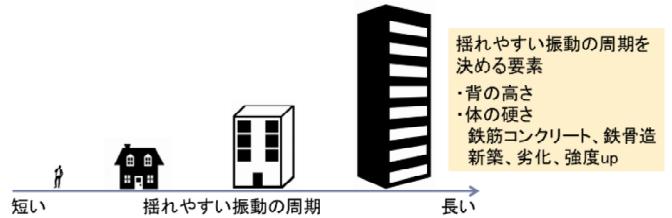
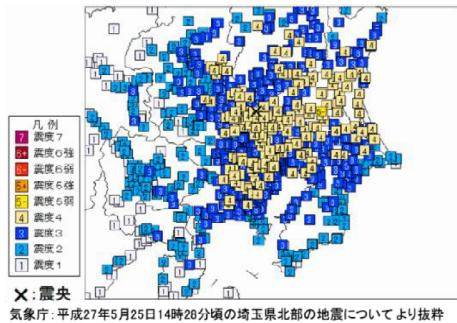
A地点とB地点で見た時の被害を見たのが下の図です。A地点だと、柱の変形量こそ建物②の方が小さいですが、揺れの激しさは大きくなりました。さらにB地点では補強をしたはずの建物②の方が建物①よりも柱の変形量も上まわってしまいました。



常識的に考えると同じ距離にある工場は同程度の被害のはずですし、そもそも補強した建物②の建物が安全にならないとおかしいはずです。せっかく多額の費用と時間をかけて補強で頑丈にしたはずなのに逆効果では残念です。

## ● 建物が感じる揺れの強さは違う

実は地震の被害は建物の強さだけでは決まりません。被害は地震の種類／地盤条件／建物の3つの要素で決まりますが、この時、地震の周期と建物の周期があつてしまふと想定外の被害を引き起します。これは3.11の東日本大震災において、高層ビルの長周期地震動でも話題になった共振現象と呼ばれる現象です。

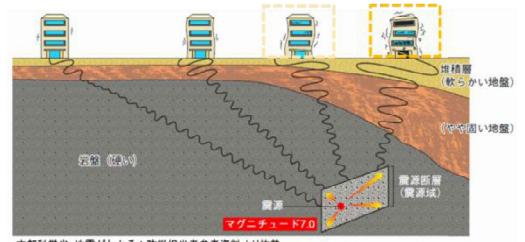


## ● さきほど2つの工場

A地点もB地点も震源からの距離は同程度。ただ立地する地盤の様子が異なり、それが原因で足元の揺れの特徴が違っていました。

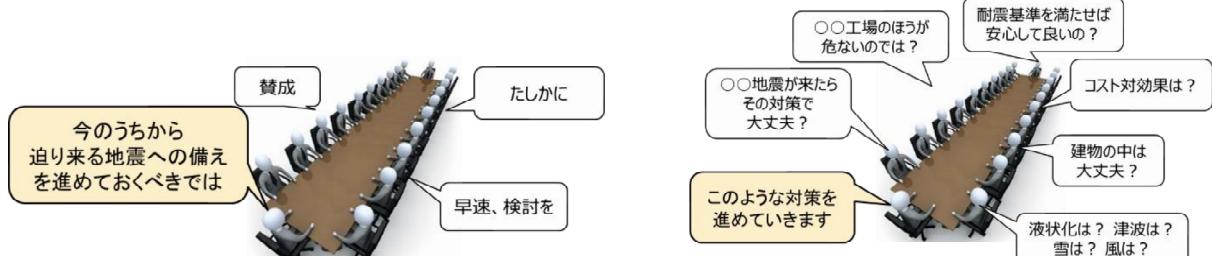
それに加え、B地点では建物②を補強で固くした結果、揺れやすい震動の周期にあつてしまつたのが大きな原因でした。これは、柱と梁で構成された大規模な工場において、起きうる現象です。(ただし：一般的のビルで、このような例が発生するのはごく稀です)

ですから、大規模な工場の対策においては補強で固くするだけではなく、ターゲットとする地震や地盤の状況も考慮した適切な対策が必要です。



## ● 地震対策はどう進めるのがいいでしょうか？

さて対策を進めていると結局どこまで実施したらよいか分からなくなると言う声をよく聞きます。実際、地震への備えの重要性は、誰もが認識しています。



しかし、いざ備えの検討を深く進めると、なかなか進まないものです。

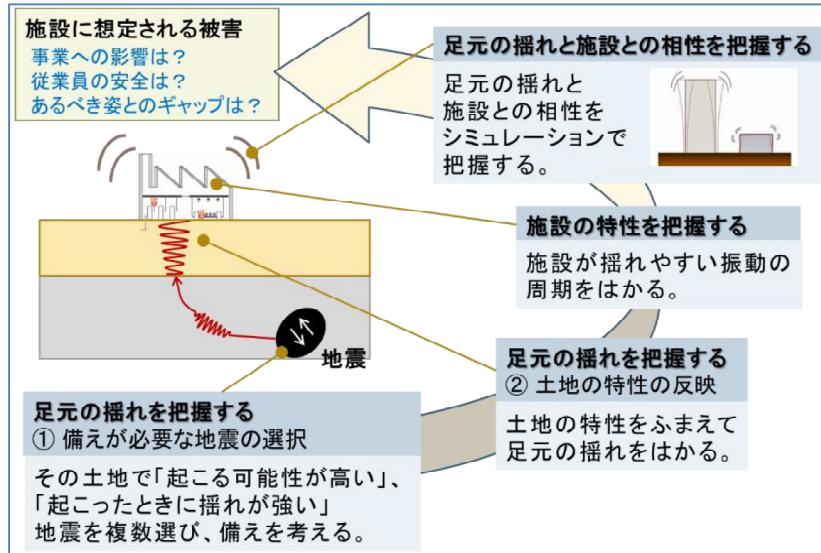
この原因は何でしょう。お客様の声を聞いてみると、結局、具体的な被害状況の認識の共有ができていないことや、防災対策の目標が決まっていないことが原因のようです。

効果的な対策を実施のため、関係者と合意形成を図りつつ合理的な意思決定をするには、以下の手順を踏む必要があります。

- ① 地震時に本来のあるべき姿を明確にする
- ② 現状(地震時に起こりえる状況)とのギャップの分析を行う。
- ③ その上で必要となる対策の検討を行う。

弊社では、対策検討前のギャップの分析に、災害(地震、積雪、台風)／地勢リスク(地盤、周辺)／建物(構造、内部設備)など総合的に判断した、自社工場独自の災害リスク評価を実施することをお勧めしています。

## ● 災害リスク評価の手順：地震の場合



アウトプット例：

施設の揺れの強さから、施設に想定される被害レベル、その被害の復旧に必要と想定される期間、人命に影響を及ぼす被害となる確率などを評価します。

○○工場	施設に想定される被害レベル	大破以上となる確率	損傷程度	想定される復旧期間	ギャップ分析																															
					人命保護	復旧期間																														
南海トラフ地震(M8.7)	軽微～小破	0.1%	プレース座屈：無 柱座屈：無	7日	懸念なし	目標内																														
上町断層地震(M7.5)	小破～中破	8.3%	プレース座屈：有 柱座屈：無	21日	対策①	目標内																														
<b>対策①</b>		天井から吊られている重量の重い設備は落下の危険性があります。直下型地震の場合、緊急地震速報が間に合わないことが考えられるため、落下の危険性があるエリアは、リスクの排除を行うか、シェルター設置などの対策が必要です。																																		
<table border="1"> <thead> <tr> <th>シナリオ名</th> <th>南海トラフ地震</th> <th>上町断層地震</th> </tr> <tr> <th>想定震度</th> <td>震度5強</td> <td>震度6弱</td> </tr> <tr> <th>今後30年内の発生確率</th> <td>10.2%</td> <td>2.9%</td> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>設備の被害程度</td> <td>落 下 移 動 転 倒 負 傷 作 業 障 害</td> <td>落 下 移 動 転 倒 負 傷 作 業 障 害</td> </tr> <tr> <td>天井の配管</td> <td>● ● ●</td> <td>● ● ●</td> </tr> <tr> <td>2F 生産途中の仕掛品</td> <td>● ● ●</td> <td>● ● ●</td> </tr> <tr> <td>2F ライン用ユーティリティ</td> <td>● ● ●</td> <td>● ● ●</td> </tr> <tr> <td>2F 作業スペースのラック</td> <td>● ● ●</td> <td>● ● ●</td> </tr> <tr> <td>1F 作業スペースのラック</td> <td>● ● ●</td> <td>● ● ●</td> </tr> <tr> <td>1F 空調室外機</td> <td>● ● ●</td> <td>● ● ●</td> </tr> </tbody> </table> <p>可能性 ● 大 ○ 中 ● 小</p>							シナリオ名	南海トラフ地震	上町断層地震	想定震度	震度5強	震度6弱	今後30年内の発生確率	10.2%	2.9%	設備の被害程度	落 下 移 動 転 倒 負 傷 作 業 障 害	落 下 移 動 転 倒 負 傷 作 業 障 害	天井の配管	● ● ●	● ● ●	2F 生産途中の仕掛品	● ● ●	● ● ●	2F ライン用ユーティリティ	● ● ●	● ● ●	2F 作業スペースのラック	● ● ●	● ● ●	1F 作業スペースのラック	● ● ●	● ● ●	1F 空調室外機	● ● ●	● ● ●
シナリオ名	南海トラフ地震	上町断層地震																																		
想定震度	震度5強	震度6弱																																		
今後30年内の発生確率	10.2%	2.9%																																		
設備の被害程度	落 下 移 動 転 倒 負 傷 作 業 障 害	落 下 移 動 転 倒 負 傷 作 業 障 害																																		
天井の配管	● ● ●	● ● ●																																		
2F 生産途中の仕掛品	● ● ●	● ● ●																																		
2F ライン用ユーティリティ	● ● ●	● ● ●																																		
2F 作業スペースのラック	● ● ●	● ● ●																																		
1F 作業スペースのラック	● ● ●	● ● ●																																		
1F 空調室外機	● ● ●	● ● ●																																		

## ●まとめ

- 建物の特性（低い／高い、硬い／柔らかいなど）によって建物の揺れが変わる。
- 耐震診断の結果、倒壊の危険性があると判定された時、柱と梁で構成される規模の大きな工場では、強度を増す補強が効果的ではないケースがある。
- 大きな工場施設の対策には、様々な制約（常時稼動中、最適化されたライン配置、壁際の配管）が課せられる。足元の揺れと施設の特性の相性をシミュレーションで確かめ、制約条件下で取りえる最適な対策を考えていく。

今回は、地震を取り上げました。闇雲に対策をするのではなく、地震時に起こりえる現状と本来あるべき姿から、ギャップを分析し、判断することが有効です。この考え方は他の災害時、津波、台風、積雪や避難の検討においても同様といえるでしょう。効果の高い投資をするためにも「根拠のしっかりした被害想定」をご希望の方は、是非弊社までご相談下さい。

## KKE Vision 2015 ~Innovating for a Wise Future~ 開催報告

プライベートイベント「KKE Vision 2015 ~Innovating for a Wise Future~」をヒルトン東京とコングレコンベンションセンター（大阪）二つの会場で、それぞれ 10 月 29 日（木）と 11 月 20 日（金）に開催いたしました。

本イベントは構造計画研究所の企業理念である「大学、研究機関と実業界をブリッジする総合エンジニアリング企業」の精神のもと、大学、研究機関とビジネスパートナーとの間に立ち、工学知を共有する“場”的ご提供を目的として毎年開催してまいりました。

今年も、時流に合わせた様々なテーマに沿って、各分野の専門家の方々にご講演いただきました。基調講演において、東京会場では東京大学の合原一幸教授に、大阪会場では大阪大学の石黒浩教授にご登壇いただきました。

### ■ 開催概要

#### 東京会場

- ・日時：2015 年 10 月 29 日（木）
- ・会場：ヒルトン東京



#### 大阪会場

- ・日時：2015 年 11 月 20 日（金）
- ・会場：コングレコンベンションセンター



### ■ プログラム

#### 【東京会場】

##### 【基調講演】

最先端数理モデル学に基づく数理知の統合とその社会への応用 東京大学 教授 合原 一幸 氏

##### 【講演内容】

- |  |                      |
|--|----------------------|
| ●建築の地震防災・減災と社会インフラの維持管理に関する先端技術動向            | 筑波技術大学 教授 倉田 成人 氏    |
| ●計算社会科学へようこそ～ビッグデータから社会シミュレーションへ～            | 東京大学大学院 准教授 烏海 不二夫 氏 |
| ●未来を拓く、粉体シミュレーション技術<br>～食品・製薬・化学 製造技術に革新を運ぶ～ | 東京大学大学院 准教授 酒井 幹夫 氏  |
| ●新しい電力・エネルギー・システムの展開<br>～エネルギー価値から柔軟性価値へ～    | 東京大学 特任教授 萩本 和彦 氏    |
| ●構造最適化への招待～設計問題の数理モデリング～                     | 東京工業大学 准教授 寒野 善博 氏   |
| ●クラウド、ビッグデータ、IoT、そしてCPS                      | 電気通信大学 教授 新 誠一 氏     |

#### 【大阪会場】

##### 【基調講演】

「人間型ロボットと未来社会」 大阪大学大学院 教授 石黒 浩 氏

##### 【講演内容】

- |                              |                      |
|------------------------------|----------------------|
| ●イノベーションをめぐる3つの誤解            | 関西学院大学 教授 玉田 俊平太 氏   |
| ●建築・土木の情報基盤BIM/CIMの重要性とデータ活用 | 大阪大学大学院 教授 矢吹 信喜 氏   |
| ●再生医療における産業革命に向けて            | 名古屋大学大学院 准教授 加藤 竜司 氏 |
| ●大阪を襲う大地震、懸念される被害と対策         | 京都大学大学院 教授 林 康裕 氏    |

KKE Vision 2015 公式WEBサイト → <<http://kkevision.kke.co.jp/kv2015/>>

BCP・災害対策は  
根拠のしっかりした  
被害想定ができるかどうか  
で決まります。

どの程度の  
被害に  
なるのか  
知りたい。

建物補強など  
計画は立てた  
が妥当性が  
分からぬ。

対策の  
必要性を  
理解してもらう  
のがひと苦労。

BCPは作成  
したが、  
あいまいで  
少々不安。

Is 値（耐震指標）では分  
からない、具体的な被害  
量を把握できます。

「想定災害規模」と「許容  
できる被害」「対策コスト」  
のバランスが大切です。

関係者の合意形成には定  
量的な結果と被災イメー  
ジの共有が必要です。

「この土地、この建物だか  
らこう対応する」といった  
論理的な対策が必要です。

構造解析／地震／地盤のエキスパート『構造計画研究所』

## 災害リスク評価 コンサルティングサービス

いま、製造業において“本当に使える”BCP（事業継続計画）の策定・  
実施が求められています。しかし、根拠のはっきりしないBCPをもとに  
した投資計画を前にして悩まれているのが実情ではないでしょうか？  
私たちは、長年地震や災害の研究に携わってきたノウハウを活かし、  
BCP策定や補強計画の前提となる「災害リスク評価」をご提供します。

# 『構造計画研究所』なら、 とるべき対策の指針となる“被害想定”をご提示できます。

## 地震 シナリオ を想定する

対象地点周辺の断層データなどにより、発生が予想される地震の想定シナリオを複数設定します。各シナリオに沿った被害想定を提示します。

## 地盤 まで考慮した 揺れやすさ

揺れの強さは、施設の建つ地盤の影響を強く受けます。対象地点の地盤の特徴をふまえて想定シナリオの揺れの強さを導き出します。

## 建物構造 をふまえた 被害想定

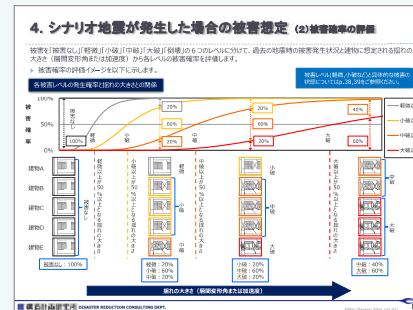
建物の設計を手がけてきたノウハウを使い、建物の揺れを評価します。フロアごとの被害レベルと被害発生確率まで提示します。

## 被害想定の まとめと 対策・提言

詳細な被害の状況が分かれれば、お客様がとるべき具体的な対策が見えてきます。BCP策定や投資計画の判断材料としてご利用ください。

その他、◎津波 ◎液状化 ◎豪雨による浸水 ◎ライフライン被害予測 など様々な診断が可能です。

レポートのアウトプト例



コストを抑えた簡易診断から詳細な診断まで対応いたします。

メニュー

診断内容

用途

### LEVEL1 簡易レベル（全数調査）

広域を対象とした簡易診断です。  
建物の年代や構造、地盤の影響等から簡易的に被害状況（一部損壊、半壊など）を分析します。

BCP検討開始時の基礎資料として、施設のスクリーニングをします。数ある施設の中で優先的に対応すべき施設の順位付けに適しています。

### LEVEL2 標準レベル（個別診断）

個々の施設の地盤や構造を考慮し、各階の揺れや被害の大きさを評価します。  
施設単位で被害想定を確認できます。

BCP策定のための施設別の詳細なリスク評価ができます。また耐震補強の効果検討用資料として利用できます。

### LEVEL3 詳細レベル（個別診断）

個々の施設の地盤や構造まで考慮。  
想定地震波を用いて施設の揺れを評価し、部材レベルで詳細な被害程度を分析します。

BCP策定のための第三者評価レポートとしてご利用いただけます。また効果的な投資判断のため、補強前・補強後の効果検証も行います。

※その他、LEVEL 2, 3では、内部設備の詳細被害や天井の落下危険度、津波浸水評価、復旧日数など、ご希望に応じたレポートを提供します。

まずはお気軽にお問い合わせください。

東京→03-5342-1136 名古屋→052-222-8461 大阪→06-6226-1231 メールでも→bcn@kke.co.jp

WEBサイトはこちら→ <https://www4.kke.co.jp/bcn/>

## 構造物の災害対策のための最新解析技術

構造計画研究所は従来から、建築や社会インフラ構造物の耐震設計に付随する性能照査、あるいは複雑な地震時挙動の解明や対策検討のための非線形解析や動的解析に深く関わってきました。2011年3月11日に発生した東北地方太平洋沖地震を発端とした東日本大震災以後は、これらに加え、地震に随伴して発生する津波現象のシミュレーションや構造物に加わる波力の評価などに関わる機会も増えました。これらの技術は今後も重要な役割を果たしていくものと考えます。

しかし、ごく近年の出来事を振り返ってみると、地震や巨大津波以外の甚大な自然災害もいくつか記憶に新しいものがあります。例えば竜巻の発生や度重なる台風の襲来、豪雨に伴う土砂崩れや土石流の発生、河川堤防の決壊あるいは火山の噴火などです。さらに自然災害ではありませんが、爆発物を用いたテロ行為にも以前にも増して警戒を要する情勢となっています。

無論、最優先課題はこれらからヒトの安全が守られることですが、そのためにも、ヒトの保護・収容、避難移動、さらに物資や水・エネルギーなどの供給、通信手段の確保などに必要な建築や社会インフラ構造物も、巨大な負荷が作用する恐れがある様々な事態に対して、ある程度の耐性を保有している必要があります。設計手法や性能照査手法が整備されている「耐震」はその中の一つにすぎません。

東日本大震災後、「想定外」を可能な限りなくしていくことの重要性が再認識され、地震や地震の随伴事象に対する想定は分厚くなりましたが、さらに昨今は、従来は経験知を基に練られることが多かつたそれ以外の災害対策検討にも、数値解析やシミュレーションなど、発生し得る現象を定量的に想定できる手法が適用され始めています。

ここでは構造物がいくつかの地震や地震に随伴する津波以外の災害事象に対して、仮にでも性能規定されているならそれを満たしているか？ 性能規定が出来ない場合は、そもそも今現在はどの程度の性能を保有しているのか？ などを検証した解析事例をいくつかご紹介します。

### (1) 竜巻や爆風を受ける構造物

構造物の設計時には従来から風荷重は考慮されてきましたが、竜巻のような渦状の強風が同一構造物内に異なるベクトルの負荷を与えながら進行していく状況や、近隣で発生した爆発の衝撃波が作用する現象まではなかなか定量的に考慮されることはありませんでした。しかし近年、これらを数値解析で評価する取り組みが実施され始めています。

竜巻が鋼製の低層建物に与える影響を解析的に求めた例（図1）を以下に示します。

竜巒の渦上の荷重は、模型実験によって求められたものです。模型実験での渦上の風および低層建物の解析モデルイメージを以下に示します。

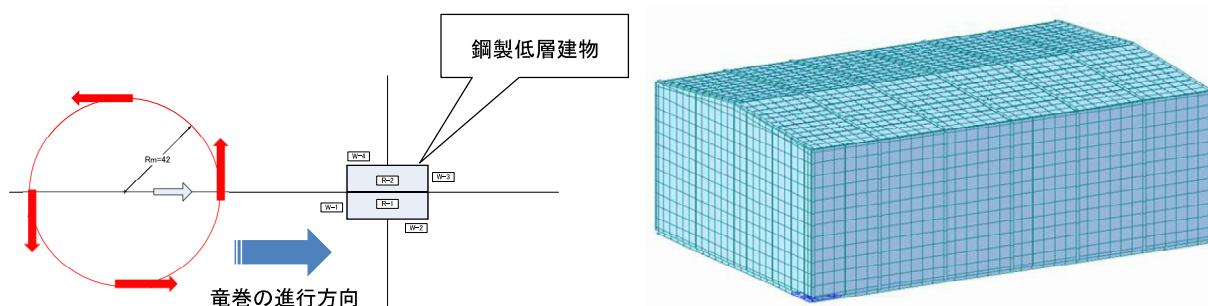


図1 竜巒に直撃される低層の鋼製建物

図2に屋根および壁部材の竜巒荷重による応力分布を示します。図2中の赤い部分は降伏応力を超過している事を示しており、想定された竜巒により当該建物が損傷する可能性が高いことを示します。屋根の一部や竜巒の進行方向に対して垂直方向の壁が大きく損傷することが分かります。その他、屋根と軸体の接合部（ボルト）の破損などディテールの検討も行われました。

また図3には衝撃的な爆風面圧を作成させたRC構造物の構造部材（壁、柱、梁）の挙動を、3次元FEMモデルを用いた解析によって求めた例を示します。

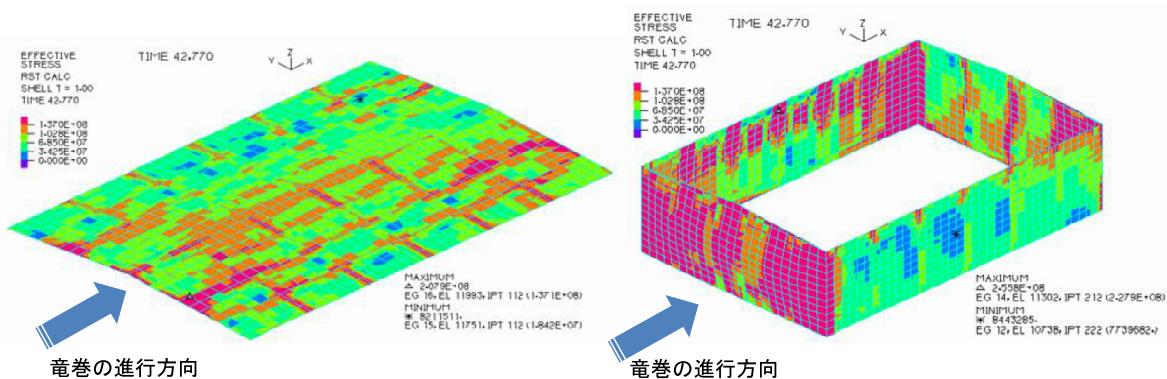


図2 竜巻通過時の建物の最大応力分布

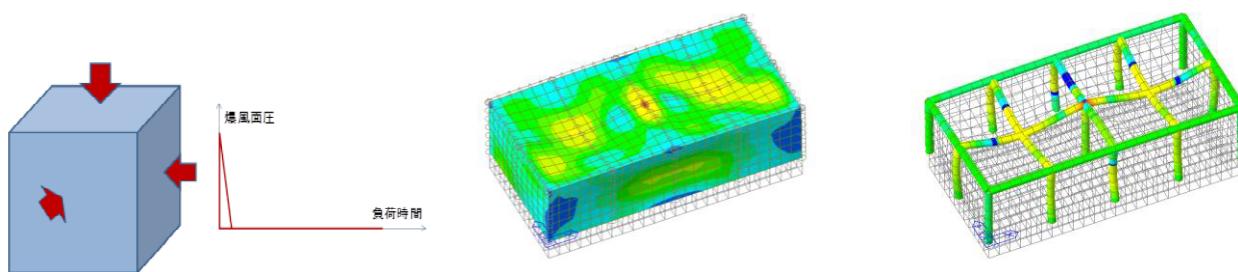


図3 爆風を受けたRC構造物の最大応力分布

## (2) 水による衝撃力を受ける構造物

静的な波力では表現しきれない水のインパクトの影響を検討した例もあります。図4は斜面崩壊によって発生した津波が、対岸の構造物に影響を及ぼす現象を解析的に検討した例を示します。対岸に津波が遡上し、その水圧により構造物が移動する様子が分かります。

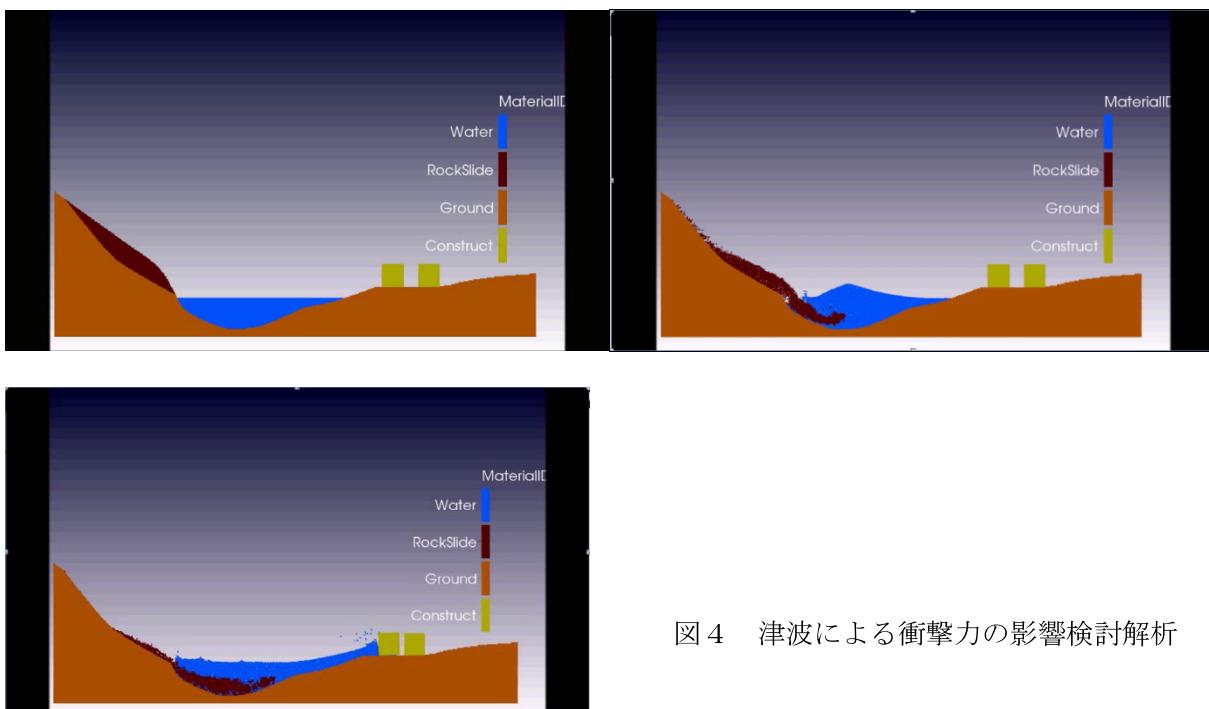


図4 津波による衝撃力の影響検討解析

図5にはダムブレイク流れをシミュレーションにより再現した例を示します。以下は、実験、Kleefsman-VOF法、および弊社で開発した粒子法（KKE-SPH法）の解析結果について、波圧および波高を比較しています。

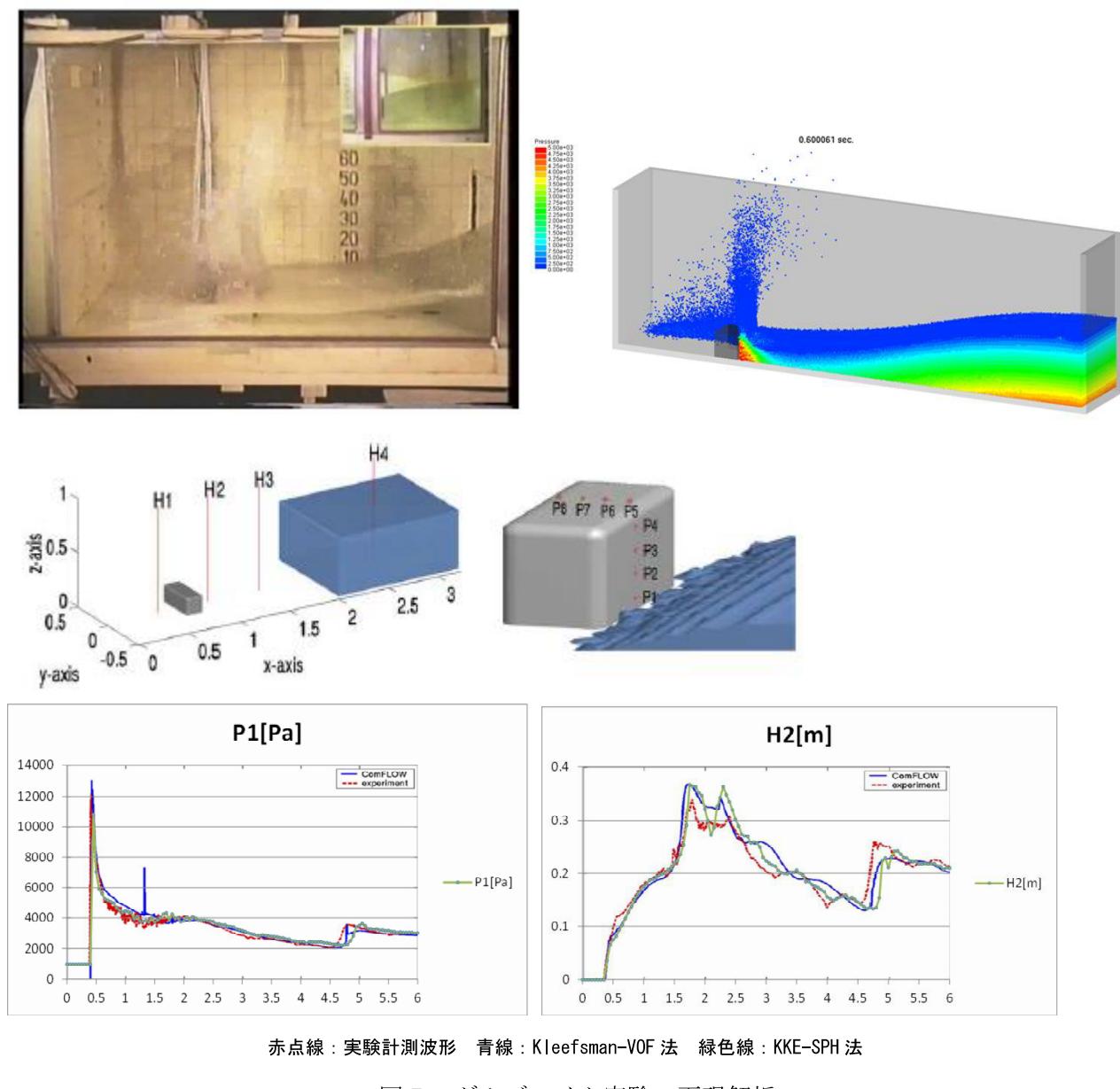


図5 ダムブレイク実験の再現解析

### (3) 質量や硬度を有する物体に衝突された構造物

竜巻や火山噴火、土石流など強力な空気や水の動きを伴う災害時にそれらによって飛来または漂流してきた物体、あるいは高所から落下してきた物体が着目構造物に衝突してくる事態も考えられます。

図6は、落石が防護柵に衝突する現象を解析した結果です。僅かな時間の間に、落石が防護柵に衝突し、防護柵に局部的な変形を与えた後、防護柵全体に変形が及ぶ様子が分かります。

### (4) 熱輻射を受ける構造物

これまで見えてきた現象は、全てごく短期の衝撃的な荷重を受ける現象でしたが、近隣で火災が発生した場合には、図7のように長時間に渡り熱輻射を受けることとなります。この影響も数値解析で評価されています（図8）。

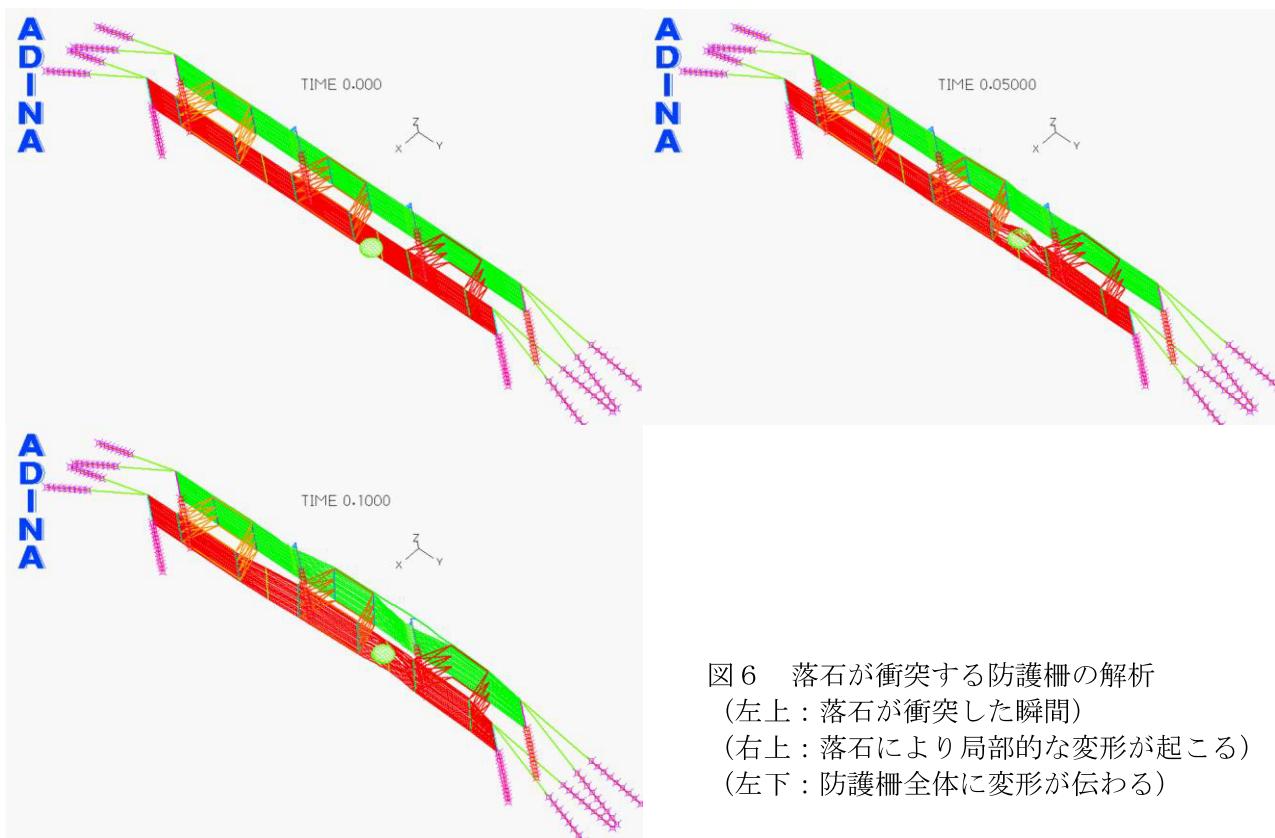


図6 落石が衝突する防護柵の解析  
 (左上：落石が衝突した瞬間)  
 (右上：落石により局部的な変形が起こる)  
 (左下：防護柵全体に変形が伝わる)



図7 热輻射を受ける鉄骨構造のモデル化（鋼材の内側に熱輻射要素を配置）

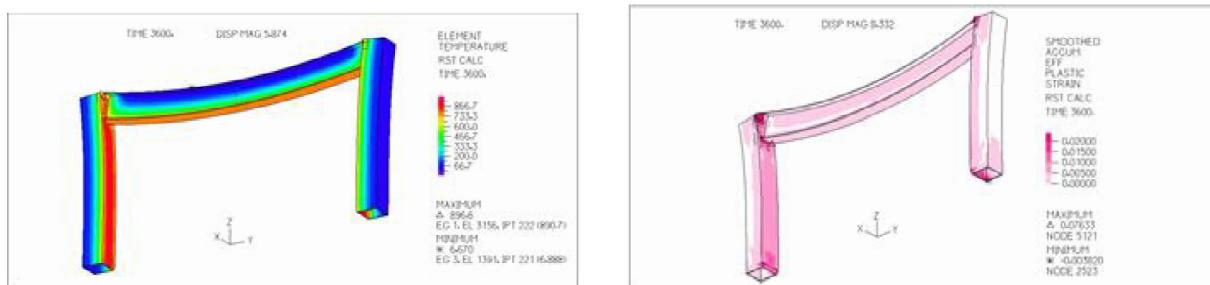
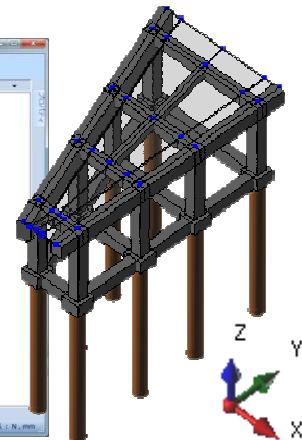
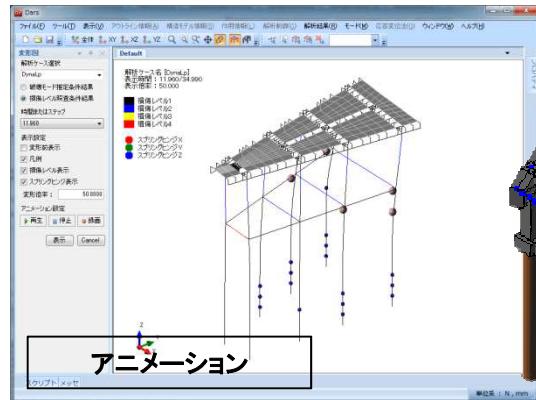
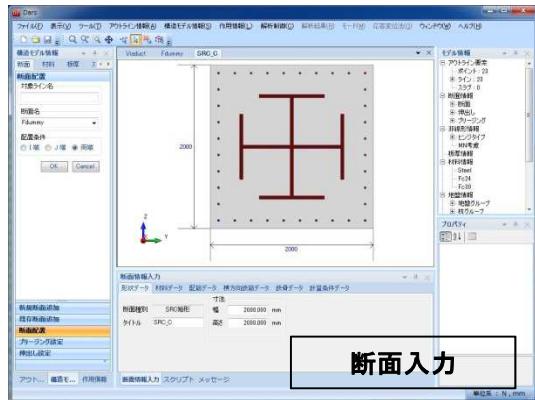


図8 热輻射を受ける鉄骨構造の非定常解析（変形後のモデルと温度分布／ひずみ分布）

以上のように、従来定量的な評価をされることが少なかった地震や津波以外の災害時の構造物の性能照査にも、数値解析の適用が進んでいます。これらの技術によってより多くの「想定外」をなくすことに貢献したいと考えています。

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

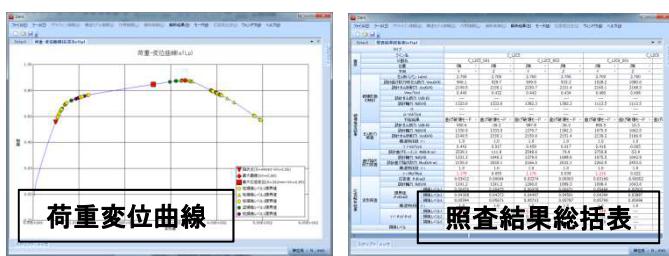
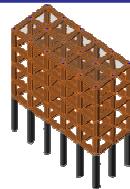


## 特徴

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

## 対象構造形式

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



## 対象部材

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

## 計算機能

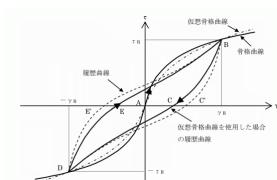
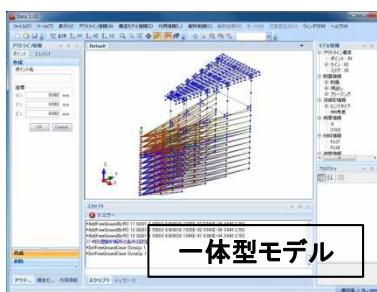
- ◆ 破壊モード推定解析(静的非線形解析)
- ◆ 所要降伏震度スペクトル法(静的非線形解析)
- ◆ 時刻歴動的非線形形応答解析
- ◆ 固有値解析

## 動作環境

- ◆ Windows Vista / 7 / 8

## H24年鉄道構造物等設計標準・同解説 対応予定

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



**GHE-Sモデル**

\*追加内容は変更になる可能性もあります。

■ 解析コンサルティングも行っております。

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

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

## 汎用の非線形有限要素法解析プログラム

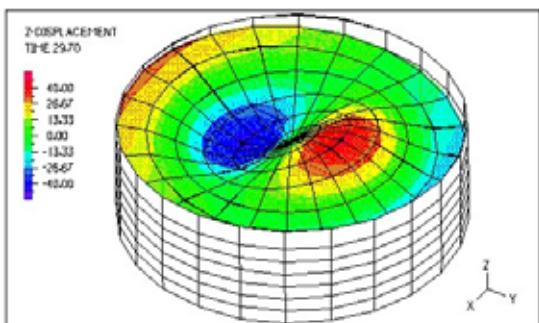
# ADINA

### 特徴

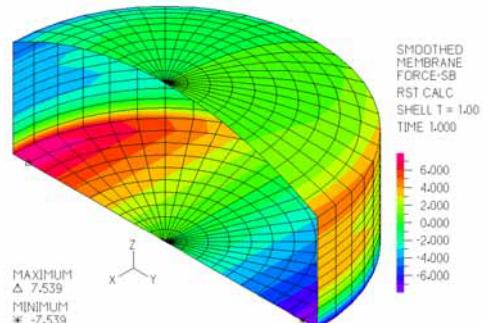
ADINA は、マサチューセッツ工科大学の研究成果を反映し ADINA R&D 社が開発した代表的な汎用の構造・熱伝導・熱流動解析プログラムです。非定常・非線形挙動を高精度な計算機能で解くことが可能です。弊社ではプログラム販売の他、解析コンサルティング・サービスもご提供しております。

### 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



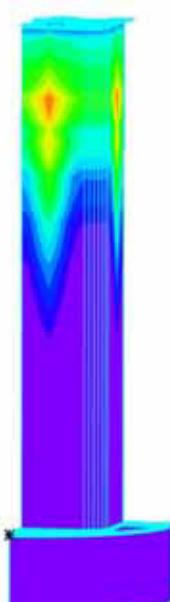
液面波形分布



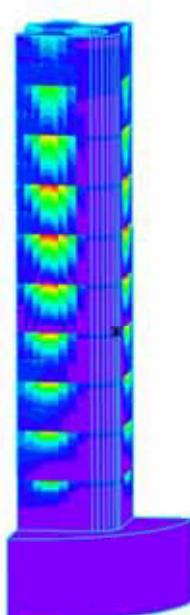
タンク壁面：断面力分布

### 非定常温度計算－熱応力問題

施工手順を考慮したR C 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

### ■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

### ■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。

## 高潮解析

(株) 構造計画研究所  
防災・環境部 安重 晃

### 1. はじめに

防災・環境部では津波シミュレータ TUNAMI-K のパッケージ販売および津波解析コンサルティング業務を実施してきました。ここでは、このプログラムを拡張し高潮解析を実施した事例を紹介します。

高潮解析と津波解析の大きく異なる点は、①台風による気圧変化を考慮する、②台風風速により海面に発生する摩擦応力を考慮する、という 2 点です。これらの効果を考慮する事により台風の影響で発生した気圧変化による潮位上昇や強風による吹き寄せ効果を考慮した海水の運動が計算され、高潮による浸水被害予測が可能となります。

### 2. 高潮の計算方法

高潮と津波ではその発生機構が異なるものの広い海域を対象とする現象であり、水理運動を同じような方程式で記述する事が可能です。海洋の水は鉛直方向の運動が微小であり静水圧力分布の仮定を導入し、水深方向に平均化した運動を仮定すれば、対象とする現象は 2 次元平面問題になり、下記に示す非線形長波方程式として記述されます。

#### 運動方程式

$$\frac{\partial M}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left( \frac{M^2}{D} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left( \frac{MN}{D} \right) = fN - gD \frac{\partial(\eta - \eta_0)}{\partial x} + \frac{1}{\rho_w} (\tau_{sx} - \tau_{bx})$$

$$\frac{\partial N}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left( \frac{MN}{D} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left( \frac{N^2}{D} \right) = -fM - gD \frac{\partial(\eta - \eta_0)}{\partial y} + \frac{1}{\rho_w} (\tau_{sy} - \tau_{by})$$

#### 連続式

$$\frac{\partial \eta}{\partial t} + \frac{\partial M}{\partial x} + \frac{\partial N}{\partial y} = 0$$

M : X 方向の線流量

N : Y 方向の線流量

$\eta$  : 水位上昇量

D : 全水深 (水深 + 水位上昇量)

f : コリオリ係数

g : 重力加速度

$\tau_s$  : 風による表面摩擦応力

$\tau_b$  : 海底摩擦応力

$\eta_0$  : 気圧低下による海面上昇量

$$\eta_0 = \frac{\Delta p(r)}{\rho_w g}$$

$\rho_w$  : 水の密度

### 3. 台風モデル

高潮現象の駆動力となる台風モデルについては、Myer式という台風モデルが多く用いられます。これは、台風中心からの気圧変化を下記のような関数で仮定するものです。

$$P(r) = P_c + \Delta P \exp\left(-\frac{r_0}{r}\right)$$

$P(r)$ : 中心から距離  $r$  地点での圧力

$P_c$  : 台風の中心気圧

$\Delta P$  : 台風中心の低下圧力

$r_0$  : 最大風速半径

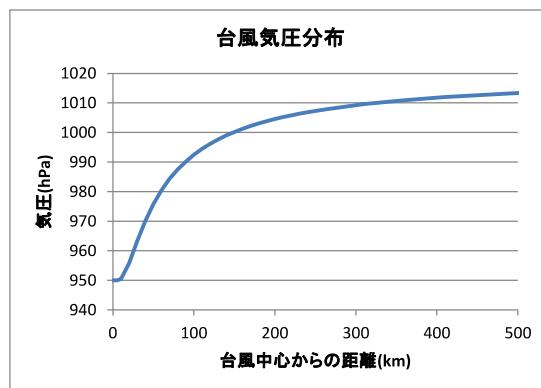


図-1 台風中心からの気圧分布例

この式から計算される台風周辺の気圧勾配と遠心力、コリオリ力の釣合いから、台風によって発生する風速は次式で計算されます。

$$v_g = \sqrt{\frac{\Delta P r_0}{\rho_a r} \exp\left(-\frac{r_0}{r}\right) + \left(\frac{f}{2}r\right)^2} - \frac{f}{2}r$$

さらに、台風の移動速度効果を合成すれば、台風周辺の速度分布が計算されます。下図に台風が北に進んだ場合の風速ベクトルと速度分布例を示します。台風の進行方向右側に強風域が発生している状況が表現されています。

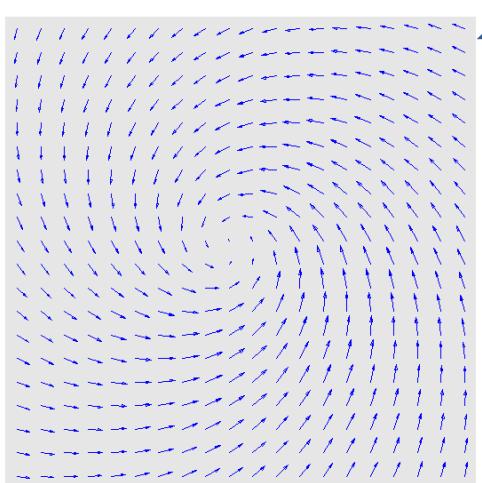


図-2 台風周辺の風速ベクトル例

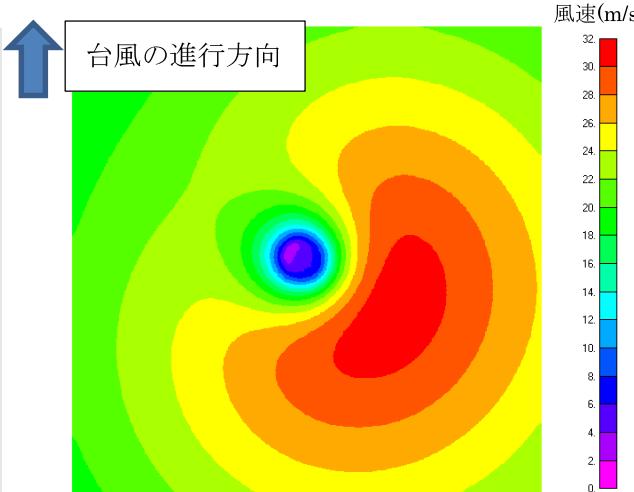


図-3 台風中心付近の風速分布計算例

#### 4. 高潮の計算事例

高潮解析は運動方程式と連続式を差分法で離散化して計算を行います。計算格子は多重格子を用い、広域から格子サイズを細分化して計算の解像度を上げて計算を行います。本プログラムでは格子サイズを  $1/3$  ずつ細分化して計算を実施するようになっており、この事例でも  $1350\text{m} \cdot 450\text{m} \cdot 150\text{m}$  という3種類の格子を使って計算を行っています。

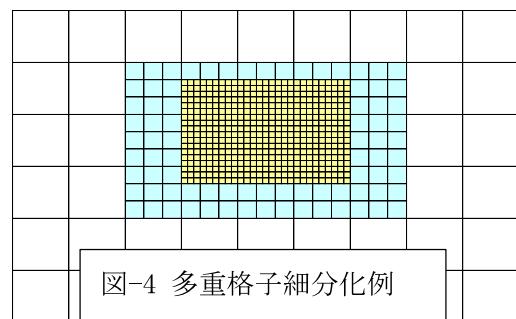


図-4 多重格子細分化例

ここでは、高知県から兵庫県までを仮想的な台風が通過した場合の高潮解析を実施しています。高知沖から兵庫県に上陸するまでの9時間の水位変化を以下に示します。

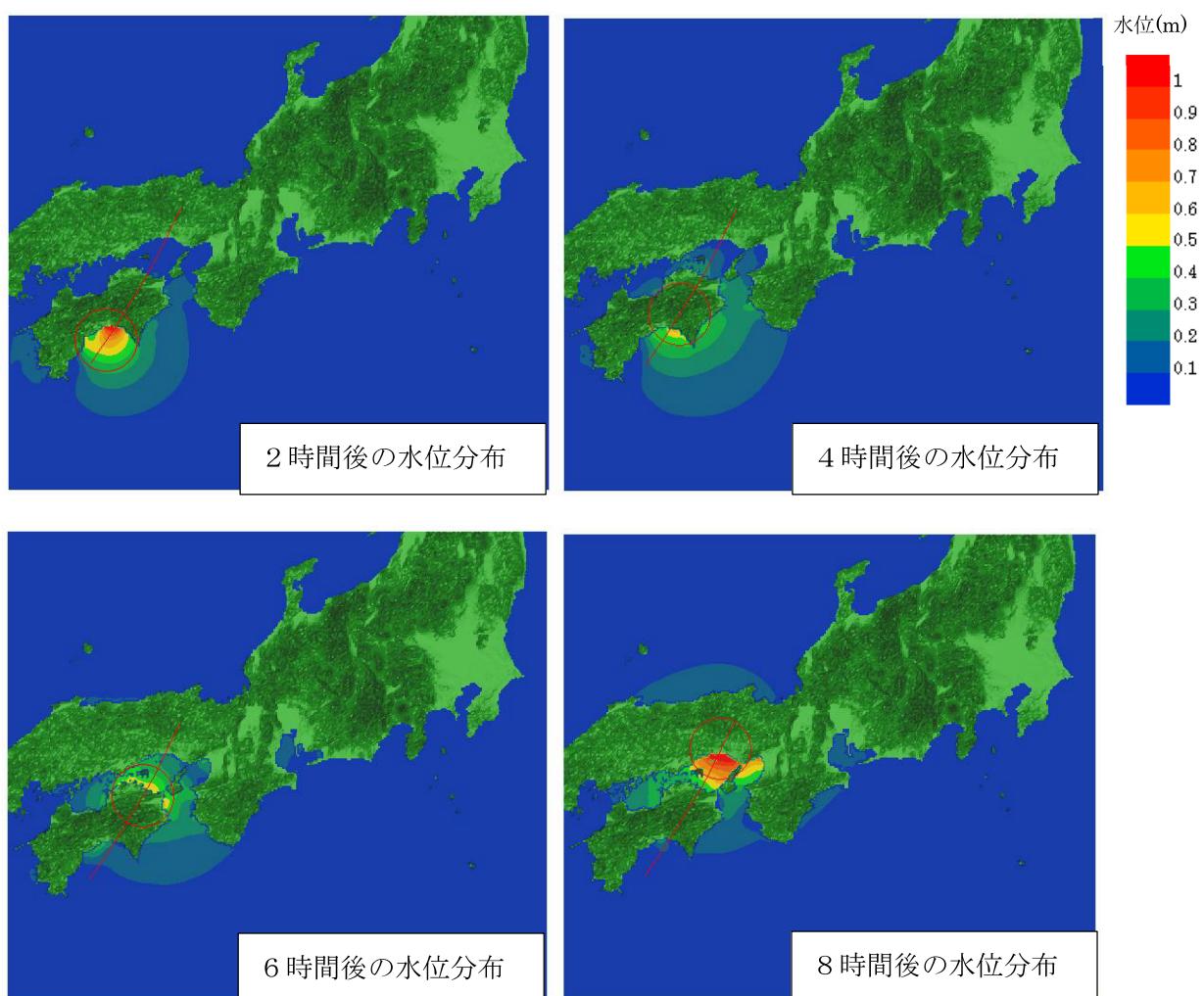


図-5 広域（ $1350\text{m}$  格子）の水位変化

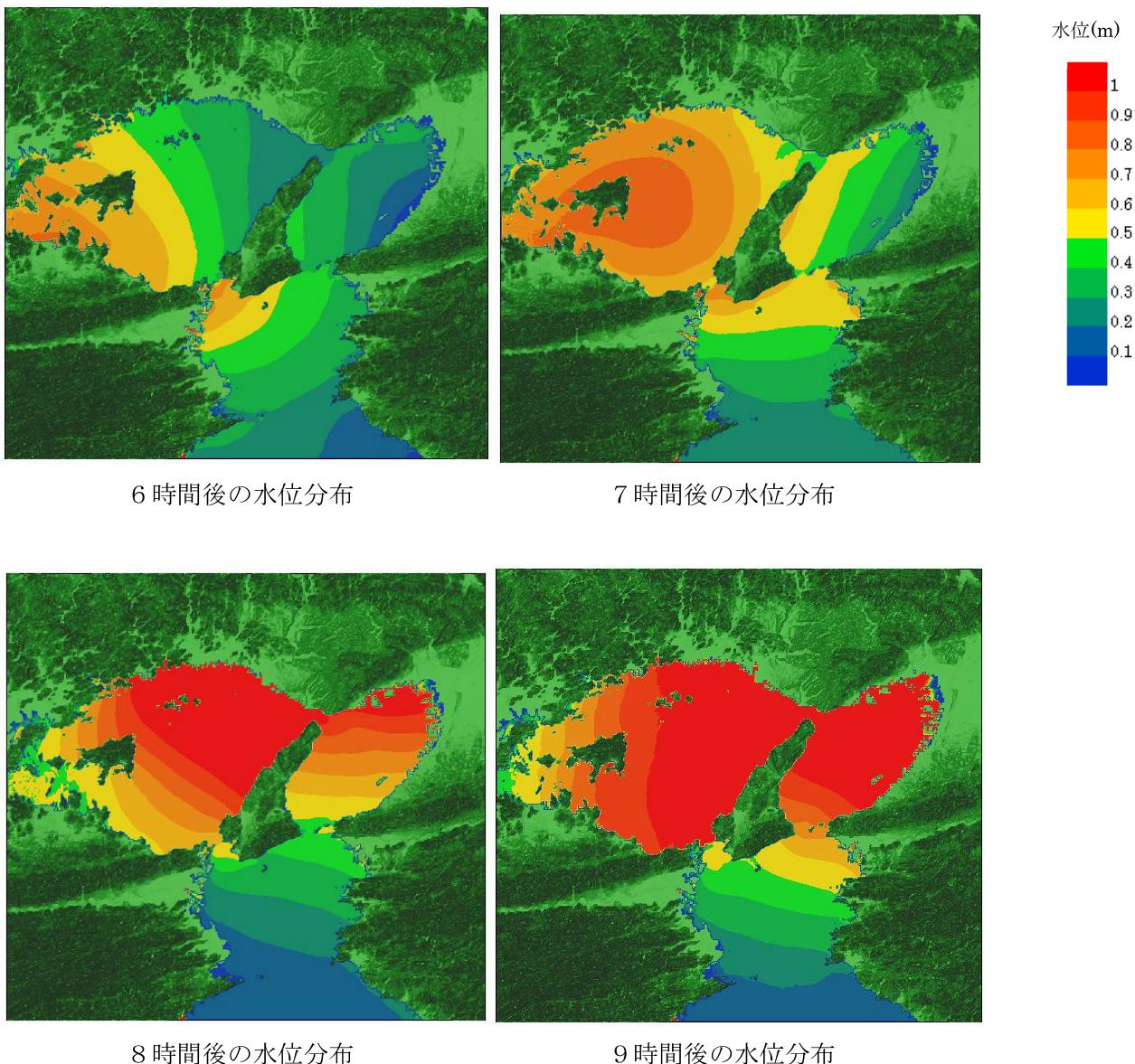


図-6 大阪湾付近（150m 格子）の水位変化

## 5. まとめ

津波解析プログラムを拡張し高潮解析を実施した例を示しました。今後は、風による波浪の影響を考慮した浸水評価機能を追加し、過去の高潮被害との比較解析による精度検証を実施する事により、さらに実用的なプログラムに改良していく予定です。

# 津波シミュレータ **TSUNAMI-K**

## 津波波高・遡上計算プログラム

津波による浸水や被害を  
事前に予測することができます

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

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

### TSUNAMI-K 3の特徴



#### 特徴

#### 1 簡単操作

簡易な操作で  
津波シミュレーション  
が可能です。

#### 特徴

#### 2 編集自由

建物や地形の詳細な  
データの追加・修正などの  
編集が可能です。

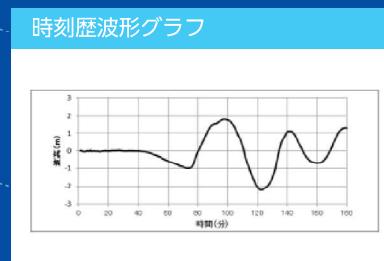
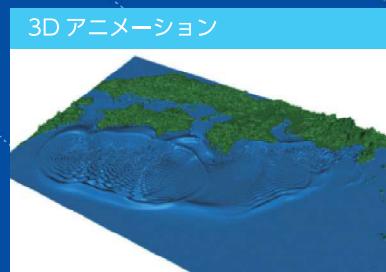
#### 特徴

#### 3 出力多彩

アニメーション等の  
多彩な結果出力に  
対応可能です。

### 2D・3Dアニメーション表示だから解析結果が一目瞭然

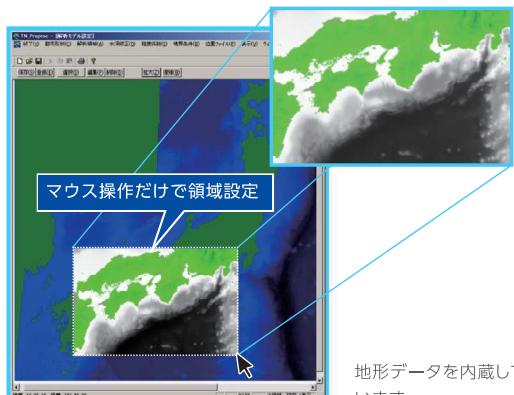
今まで津波・遡上解析を行う場合は、専門的な知識を要求される3つのプログラムを実行する事が必要でした。TSUNAMI-Kは地形・建物の作成、波源の設定、津波・遡上計算、結果の表示を1つのプログラムで、誰でも簡単に実行できます。津波・遡上計算機能は最新の知見を導入しており、高度な解析機能を有します。また、最大波高などの分布図や、時刻ごとの水位・流速等の表示や出力、アニメーション作成機能を持っています。様々な範囲での津波・遡上評価にご利用下さい。



# 津波シミュレータ「TSUNAMI-K」の使い方

## 1 まずは解析したい領域をマウスでドラッグ

- 解析したい領域をドラッグし、メッシュサイズの入力で領域設定は完了



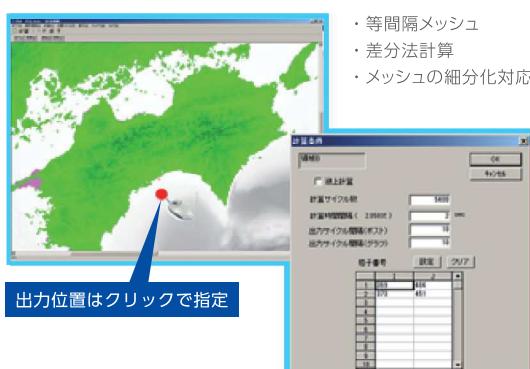
## 2 波源設定はデータベースから選択 データベースへの追加も容易!

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



## 3 計算条件を入力し 解析実行

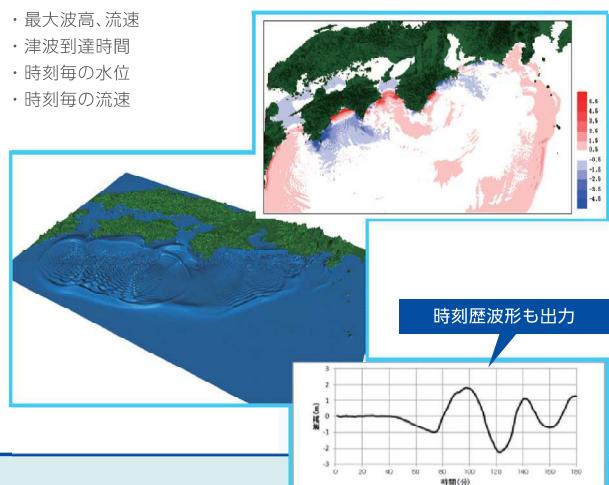
- 計算時間や出力間隔を設定
- 時刻歴の出力位置はクリックで指定



## 4 結果の図化、 アニメーションの作成

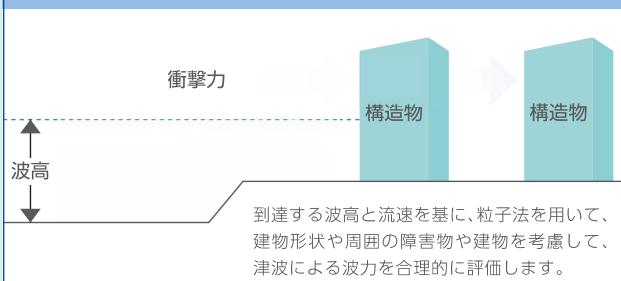
- 解析結果を読み込み2Dや3Dのアニメーションを作成

- ・ 最大波高、流速
- ・ 津波到達時間
- ・ 時刻毎の水位
- ・ 時刻毎の流速

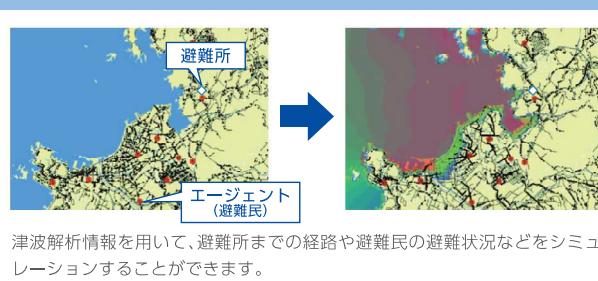


別ソフトとの併用で下記のようなシミュレーションも可能です

### 粒子法+FEMによる構造物の安全性評価



### 避難シミュレーション



## 地震荷重設定システム SeleS for Window

### 土木ユーザ向けのバージョンアップと新オプションのご案内

(株)構造計画研究所  
防災ソリューション部 村田 謙平

#### ■はじめに

弊社の地震荷重設定システム SeleS for Windows は、1998年に販売を開始して以来、建築・土木分野のお客様を中心に多くのお客様にご利用いただいております。

販売開始後、世の中の動向・各種基準の改定やお客様のご要望等を反映し、構成プログラムの追加やバージョンアップを行って参りました。これまでの販売版であるバージョン7.0は、2014年8月にリリースしております。

この度、近年の土木業界の動向等を反映し、2015年11月にバージョンアップ版および新オプションをリリースする運びとなりました。本稿では、プログラムの改良項目と新オプションの内容を紹介いたします。

#### ■主なバージョンアップ内容

##### ➤ H23ダムの距離減衰式（以後、H23ダム式）への対応

最大値計算機能、応答スペクトル計算機能において、H23ダム式に対応しました。なお、H23ダム式は、周期ごとの係数のデジタルデータが公開されていません。そのため、係数はユーザーによる任意指定となります。係数を指定したCSVファイルを作成し、そのフォルダを参照するだけで、設定いただけるようになっております。

##### ➤ データベースの更新

- 断層モデルデータベース：J-SHIS(2015)に対応しました。
- 被害地震データベース：2015年10月までの地震を追加しました。

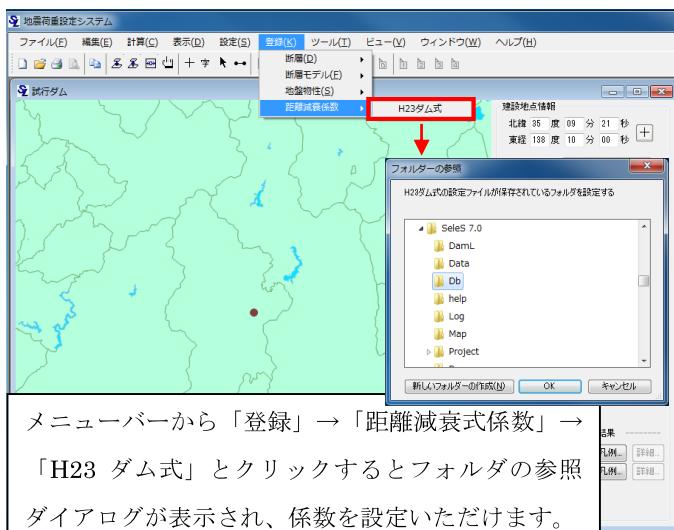
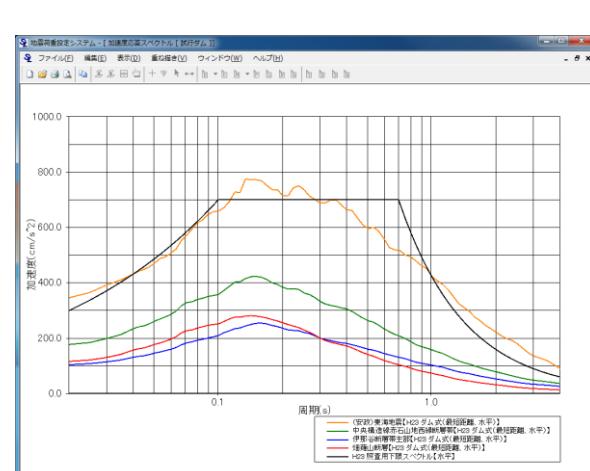


図1 H23ダム式の係数の設定



## ■新オプション内容

### ➤ 「ダムオプション版（ダム式限定）」

これまで、「フル機能版」、「翠川・小林オプション版」、「ダムオプション版」の3オプションのよりお選びいただいておりました。今回、更により多くの方にご利用いただきたく、「ダムオプション版」の機能を限定した「ダムオプション版（ダム式限定）」の販売を開始いたします。オプションごとの機能比較の一例として、応答スペクトル計算の機能比較を以下の表に示します。

表1 オプションごとの応答スペクトル計算の機能比較

応答スペクトルの計算方法		オプション名（略称）			
		フル	翠川・小林	ダム	ダム式限定
距離減衰式	大崎法（原子力）	○	○	○	-
	大崎法（土木・建築）	○	○	○	-
	亀田・杉戸法	○	○	○	-
	川島・相沢・高橋法	○	○	○	-
	翠川・小林法	○	○	○	-
	安中ほか(1997)	○	○	○	-
	H20 ダム式	○	-	○	○
	H23 ダム式	○	-	○	○
断層モデル	翠川・小林法	○	○	-	-

○：ご利用可能な計算方法

表2 価格表

オプション名（略称）	価格（税抜）
フル	2,100,000
翠川・小林	1,800,000
ダム	1,800,000
ダム式限定	1,200,000

## ■バージョンアップ版のご提供について

この度のバージョンアップ版は、技術サポート契約ご締結のユーザー様・ご購入後半年以内のユーザー様には、無償でご提供いたします。最新版のプログラム・マニュアルのご提供は、バージョン6.0より、下記の設計用入力地震動作成システム専用のダウンロードサイトから行っております。

【URL】<https://www4.kke.co.jp/kaiseki/zishin/download/Actions/LoginServlet.php>

ダウンロードサイトのご利用には、ユーザーID・パスワードが必要です。ユーザーID・パスワードは技術サポート契約ご締結のユーザー様、新規／バージョンアップ版ご購入のユーザー様へは既に郵送等でご連絡済みですが、ご不明な場合は弊社サポート窓口(tech@kke.co.jp)までお問い合わせください。

また、過去のバージョンを保有するユーザー様へは優待価格で最新版をご提供いたします。この機会にプログラムの更新並びに技術サポート契約の締結を是非ご検討ください。

## ■終わりに

今後も多くのお客様にご利用いただけるプログラムを目指し、改良や機能追加を行って参ります。2016年にはWindows 10 対応とデータベース更新を行う予定です。改良や機能追加にあたりましては、ユーザーの皆様のご意見やご要望も取り入れていきたいと考えておりますので、お気づきの点やご意見・ご要望等ございましたら、サポート・営業担当までお寄せください。

# 設計用入力地震動作成システム

## 【設計用入力地震動作成システムとは】

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

2014年8月に、SeleSを7.0に、k-SHAKE+・k-WAVEを6.2にバージョンアップし、新機能の追加等を行いました。さらに、全てのパッケージにてWindows8.x対応を行いました。また、SeleSの被害地震DBを更新し、2014年6月までに発生した地震を追加収録しました。

## 【各パッケージの機能概要と販売価格】

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



# 設計用入力地震動作成サービス

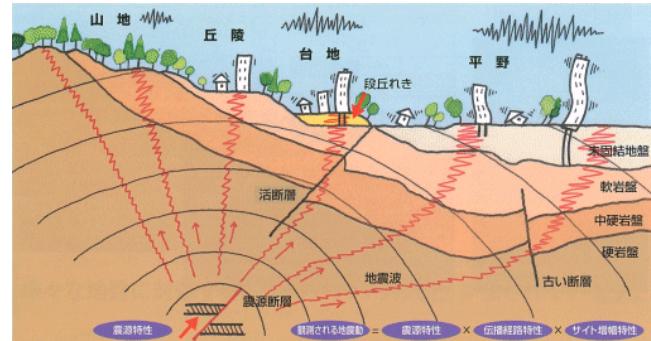
## —信頼性の高い構造設計を支援します—

### ■ 設計における地震動の重要性

東日本大震災以降、公共施設や病院といった重要施設はもちろんのこと、事業継続・資産保護の観点から生産施設やオフィス、住宅に至るまで、免震・制振構造を採用した設計が増加しています。これらの設計においては、時刻歴応答解析を伴う高度な設計技術が必要となります、その中でも解析に用いる地震動の選定は、構造設計者の判断に任されているにも関わらず、知見を得たり経験が積むことが難しい課題であると考えます。対象建物がどこに建つのか(地震環境・地盤条件)、どういった構造的特徴を持つのか、求められる仕様(用途・耐用年数など)は?などの情報を的確に判断し地震動作成を行わなければ、信頼性の高い設計はできません。構造計画研究所では、構造設計事務所として免震建物の設計を数多く手掛ける中、地震動作成を専門に担う技術者が大きな役割を果たしています。一般建築物の設計用入力地震動作成の他、最重要施設ともいえる発電用原子炉施設に対する地震動評価も行っており、非常に高い技術力を有しています。建設地において想定される地震、固有の地盤状況、建物に求められる性能レベルに応じて、経験豊かな技術者が最新の知見に基づく高い判断力で様々な手法を駆使し、地震動作成サービスを提供しています。審査機関だけでなく施主に対する説明責任を十分に果たす上でも、弊社の設計用入力地震動作成サービスの活用をご検討ください。

### ■ 構造計画研究所 設計用入力地震動作成サービスの特徴

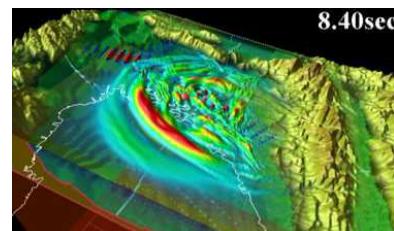
- 地震動の専門家でありながら、地震動作成者として**建築評定対応経験も豊富**。対象建物の設計において重要な**ポイントを的確に押された地震動作成**をご予算に応じて行います。
- 地震動作成に関する**評定委員会**に技術者を派遣することも可能です。
- k-SHAKE等の設計用入力地震動作成プログラムの開発も手掛けており、**自社開発のシステム**で地震動作成を行っています。(結果に対する責任力が高い)
- 様々な施設・建物の地震動評価を通して**最先端の知見**を習得し、技術研鑽に努めています。



### ■ 様々な評価技術

地震動の評価は様々な手法が提案されています。お客様の目的・予算に応じた手法により、設計用入力地震動の作成を行います。

- 地表での地震動評価手法
  - ・等価線形解析／時刻歴非線形解析
  - ・有効応力解析(液状化の考慮)
- 基盤での地震動評価手法 (下表参照)



基盤での地震動評価手法		概要
経験的手法	翠川・小林手法	震源メカニズムによる距離減衰式に断層モデルによる地震動評価手法を組み合わせた手法。 地震基盤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なくても、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のみ用いることが出来る。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出来る。 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域の地震動評価が可能となる。

# 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

三橋 祐太<sup>1</sup>・橋本 学<sup>2</sup>・奥田 洋司<sup>3</sup>・内山 不二男<sup>4</sup>

<sup>1</sup>正会員 (株)構造計画研究所 防災・環境部 (〒164-0011 東京都中野区中央4-5-3)  
E-mail: yuta-mitsuhashi@kke.co.jp

<sup>2</sup>東京大学講師 新領域創成科学研究科 (〒277-8563 千葉県柏市柏の葉5-1-5)  
E-mail: ghashimoto@k.u-tokyo.ac.jp

<sup>3</sup>東京大学教授 新領域創成科学研究科 (〒277-8563 千葉県柏市柏の葉5-1-5)  
E-mail: okuda@k.u-tokyo.ac.jp

<sup>4</sup>正会員 (株)構造計画研究所 防災・環境部 (〒164-0011 東京都中野区中央4-5-3)  
E-mail: uchiyama@kke.co.jp

近年地中構造物等の地震時健全性評価などの観点から、地震時における断層の変位量の評価が求められている。断層の変位は震源断層の破壊から引き起こされるものであり、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。本研究では、2014年11月22日に発生した長野県神城断層地震を対象として、非線形有限要素法を用いた動力学的シミュレーション解析を実施した。地盤をソリッド要素、断层面をジョイント要素によりモデル化した。長野県神城断層地震は神城断層の一部とその北方延長を震源とする逆断層型地震であり総延長9km、最大1m程度の地表断層変位が確認されている。断層に初期応力を与え、震源を意図的に破壊させることで破壊の伝播解析を実施し、解析で得られた断層変位量および応答時刻歴を観測記録と比較した。この際大規模モデルを解析可能な有限要素法コードFrontISTRにGoodmanらによるジョイント要素を拡張した要素を導入した上でシミュレーション解析を実施した。

**Key Words :** fault distance, FEM, joint element, dynamic rupture simulation, parallel computing

## 1. はじめに

近年、地中構造物等の地震時健全性評価などの観点から、地震時における断層変位量の評価<sup>1)</sup>が求められている。断層の変位は震源断層の破壊により引き起こされるものであり、有限差分法<sup>2)3)</sup>や有限要素法<sup>4)5)</sup>を用いた検討が行われてきた。特にすべり弱化モデルを用いて断層の自発的破壊過程を再現した動力学的シミュレーションは、有限差分法を中心に数多くの研究が行われている<sup>2)3)</sup>。

本研究では、2014年11月22日に発生した長野県神城断層地震を対象として、3次元非線形有限要素法によるシミュレーション解析を実施した。長野県神城断層地震(M6.7, Mw6.2)は神城断層の一部とその北方延長の長さ約20km、深さ約10kmを震源断層とする逆断層型地震であり、総延長9km、最大1m程度の地表断層変位が確認されている<sup>9)10)11)</sup>。また、断層近傍のK-NET観測点において最大600Gal程度の加速度が観測されている。震源断層を含

む40km×40km×20kmの領域を地盤をソリッド要素、断層をジョイント要素によりモデル化した。断層の破壊過程を応力降下を取り込んだ非線形構成則によりモデル化し、初期条件としてジョイント要素に初期応力を与えることにより断層の破壊を発生させ、破壊の伝播により発生する地表面の応答時刻歴をK-NETの観測記録と比較した。また、地震後の現地調査により観測された地表断層変位を解析により得られた変位量と比較した。本研究は大規模モデルを並列計算可能な有限要素法コードFrontISTR<sup>6)</sup>を用いて実施した。これにより広域地盤を比較的細かいメッシュにより解析することが可能となった。そこで用いるメッシュの細かさが解析結果に与える影響も合わせて検討した。

## 2. 3次元有限要素法による解析条件

### (1) ジョイント要素による断層のモデル化

本研究では断層を図-1に示すジョイント要素によりモデル化した。ジョイント要素とは2物体の接触／滑動／剥離を簡易的に模擬した有限要素であり、Goodmanら<sup>12)</sup>の提案するものや3次元アイソパラメトリック要素を基にして定式化したものなどいくつか提案されている。Goodmanらによるものは形状を長方形に仮定し、接触する2面の間の変形を図-2に示す6つのモードの組み合わせで表現したものである。筆者らはこれを任意形状の3角形もしくは4角形に拡張し、FrontISTRに実装した。これにより、ゆがんだメッシュでも精度の高い解析が可能になった。

本研究で用いる断層面のせん断応力 - 相対変位関係を図-3に示す。ジョイント要素は面内の並進変形に対して2方向の自由度を有するため(図-2の $q_1$ および $q_2$ )、せん断応力 $\tau$ および相対変位 $\varepsilon$ を式(1)および式(2)により評価する。ただしここで $f_{q1}$ ,  $f_{q2}$ はそれぞれ $q_1$ ,  $q_2$ のモードによるせん断力、 $\delta_{q1}$ ,  $\delta_{q2}$ は $q_1$ ,  $q_2$ のモードの変位量(食い違い量)である。

$$\tau = \sqrt{f_{q1}^2 + f_{q2}^2} \quad (1)$$

$$\varepsilon = \sqrt{\delta_{q1}^2 + \delta_{q2}^2} \quad (2)$$

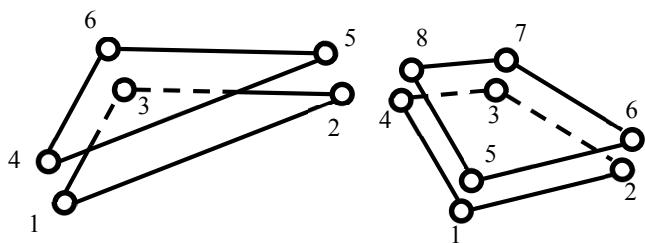


図-1 ジョイント要素

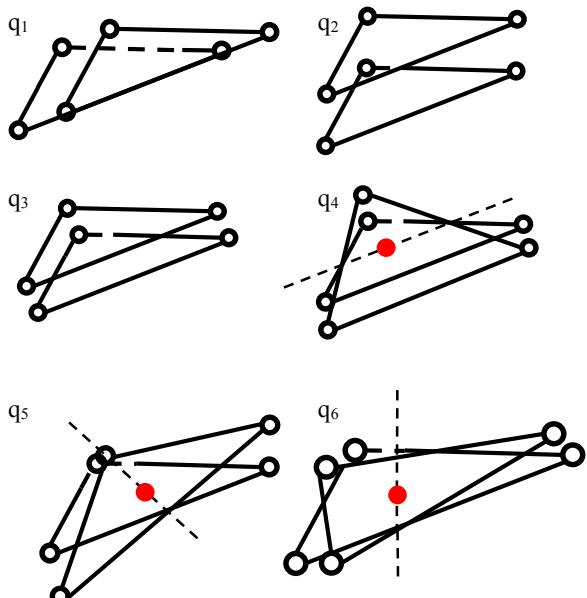


図-2 ジョイント要素の変形モード

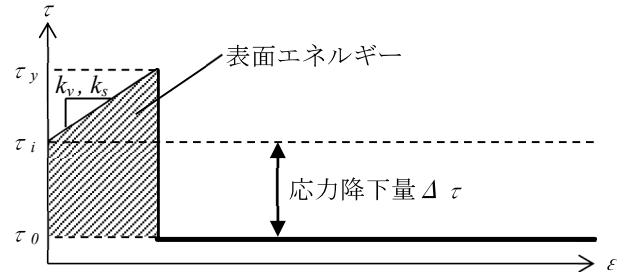


図-3 ジョイント要素の応力変位関係

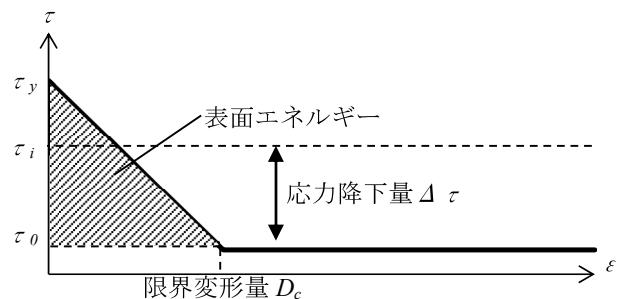


図-4 すべり弱化モデル

ジョイント要素は図-3に示すように、せん断応力 $\tau$ が降伏応力 $\tau_y$ に達した時点ですべり破壊を生じ、 $\tau_0$ までの応力降下を生じる。既往の研究<sup>7)</sup>によるとすべり破壊後の挙動は、急激に $\tau_0$ まで降下するのではなくある程度の傾斜を持っており、有限差分法におけるすべり弱化モデルでは図-4に示すような限界変形量 $D_c$ まで線形に低下するモデルがよく用いられる。本研究では簡便のためすべり破壊が生じた瞬間に $\tau_0$ まで応力降下するモデルを採用した。また、既往の研究<sup>4)</sup>によると解析結果は

$\Delta\tau = \tau_y - \tau_0$ の相対量に依存し $\tau_0$ の絶対量には依存しない。そこで本研究では $\tau_0=0$ MPaとして、相対量 $\Delta\tau$ に着目した解析を実施した。さらにジョイント要素の初期せん断剛性 $k_s$ は壇ら<sup>2)</sup>を参考に、すべり弱化モデルにおける $D_c=25$ cmから計算される表面エネルギーが同等になるよう定め、鉛直剛性 $k_v$ は線形で十分剛な値とした。

## (2) 運動方程式

運動方程式は式(3)により与えられる。

$$M\ddot{x} + C\dot{x} + Kx = F - Q \quad (3)$$

ここで $x$ は変位、 $M$ ,  $C$ ,  $K$ はそれぞれ系の質量、減衰、剛性マトリックス、 $F$ は外力ベクトル、 $Q$ は非線形に係る残差ベクトルである。減衰に関しては剛性比例型減衰を採用し、モデルの最大透過振動数と水本らの研究<sup>4)</sup>を参考に1Hzで2%の減衰となるように定めた。また地表面を除くモデル外周部に粘性境界を設定することにより反射波の影響を除去した。図-3に示したジョイント要素の構成則により本問題は非線形性を持つためNewton-Rapson法による収束計算を実施した。

### 3. 解析モデル

解析に用いるモデルを図-5に、断層パラメータ表-1に示す。断層形状は産業技術総合研究所の活断層データベース<sup>13)</sup>および余震分布等<sup>10)</sup>を参考に設定し、走向12度、傾斜50度、長さ18km、深さ10km(幅12.2km)とした。地盤の物性値は一般的に用いられる値としてせん断弾性係数 $\mu=30\text{GPa}$ 、単位体積重量 $\gamma=2.5\text{t/m}^3$ としポアソン媒質( $\nu=0.25$ )を仮定している。本震の震源記録を参考に深さ5kmの位置に震源を設定し、当該位置のジョイント要素の $\tau_y$ を大きく設定し、設定した $\tau_y$ を超える初期応力を傾斜方向(縦ずれ方向)に設定することで解析開始と同時に破壊が始まるような条件となっている。断層面の形状に関しては断層北側で地表面変位が観察されていないことなどから実際は単純な矩形でないことも考えられるが、本検討では簡便のため矩形断層とした。

応力降下量は解析の最終状態における各要素の食い違い量 $\Delta u$ より断層面を $\mathcal{E}$ として式(4)および(5)を用いて計算されるモーメントマグニチュード $M_w$ が実際の地震において観測された値と近くなる条件として一律1MPaを設定した。 $\tau_y$ はAndrew<sup>7)</sup>を参考に式(6)より定めた。

$$M_0 = \int_{\Sigma} \mu \Delta u dS \quad (4)$$

$$M_w = \frac{2}{3} \log_{10} M_0 - 6.1 \quad (5)$$

$$\tau_y = 1.6 \Delta \sigma \quad (6)$$

解析はメッシュサイズを変えた3モデルに対して実施した。基本となるCase01はジョイント要素の一辺の長さ $\Delta L$ が最大1kmになるように定めている。基本となるモデルを倍に分割することにより細かいメッシュを、それをさらに分割することにより、より細かいメッシュを生成した。生成したモデルの一覧を表-2にまとめる。表中の最大透過振動数 $f_{max}$ は式(7)において $n=4$ として計算した値である。ただし $\beta$ はせん断波速度である。メッシュサイズを変えた解析を実施することにより、解析結果のメッシュサイズ依存性を合わせて検討する。

$$f_{max} = \frac{\beta}{n \Delta L} \quad (7)$$

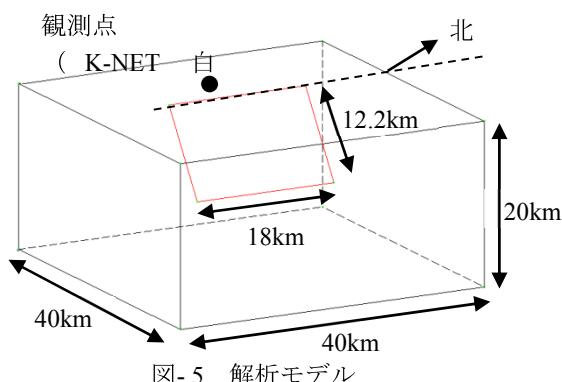


図-5 解析モデル

解析はNewmark- $\beta$ 法(パラメータ $\beta=0.25$ ,  $\gamma=0.5$ )による逐次非線形動解析により実施し、解析の積分時間刻み $\Delta t=0.01(\text{s})$ 、継続時間 $T=10(\text{s})$ とした。

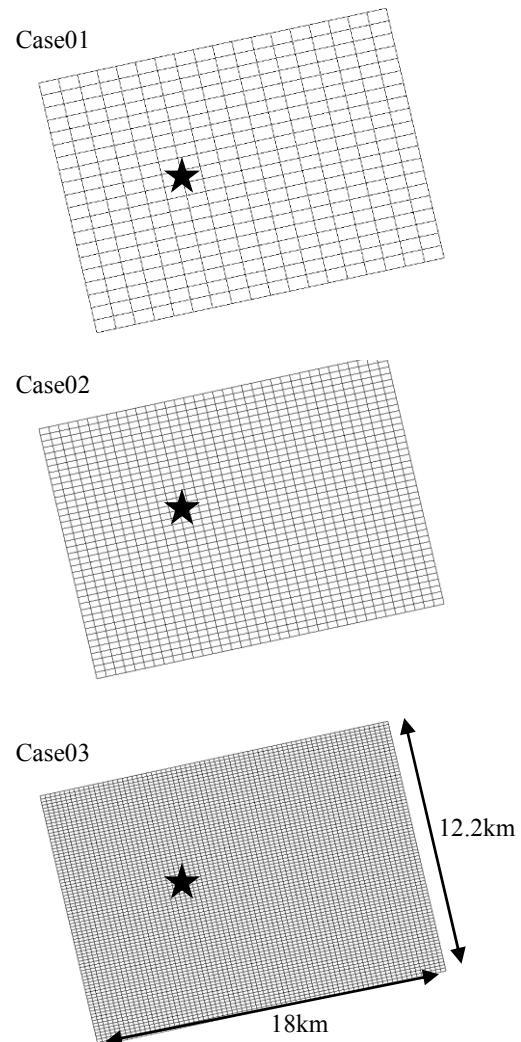


図-6 断層面のモデル

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	$\theta$	12	度
傾斜角	$\delta$	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>

表-2 解析モデル一覧

ケース	節点数	要素数	$\Delta L$	$f_{max}$
			km	Hz
Case01	70728	65600	1.00	0.875
Case02	492800	520170	0.50	1.750
Case03	3929614	3814400	0.25	3.500

## 4. 解析結果

解析結果を示す。ただしモデル変形図、断層破壊時刻、断層食い違い量、変位時刻歴は各解析モデルで大きな差異がみられなかつことより、代表ケースとして Case02 のもののみを示す。

### (1) モデル変形図

解析最終時間断面の変形図を図-7に示す。

### (2) 断層破壊時刻

断層面状の各ジョイント要素が破壊した時刻をセンター図で示したものと図-8に示す。図-8より平均的な破壊伝播速度 $V_r$ は秒速3kmと評価され、地殻のS波速度 $\beta=3.46(\text{km/s})$ に対して、 $V_r/\beta=0.87$ である。レシピ<sup>8)</sup>によると一般的な $V_r$ と $\beta$ の比は0.72であるが、それより大きい値が得られているとの記述もあり、本検討の結果は大きく現実と乖離するものではないと考えられる。また、破壊時に要する表面エネルギーを変えることで破壊伝播速度が増減することを確認している。

### (3) 食い違い量

解析最終時間断面におけるジョイント要素に生じた食い違い量のセンター図を図-9に示す。最終時間断面の食い違い量から計算される地震モーメント $M_0$ は $2.94 \times 10^{18}(\text{N}\cdot\text{m})$ であり、これから計算されるモーメントマグニチュード $M_w$ は6.2である。実際の地震において気象庁から発表されたCMT解析の結果は地震モーメント $2.98 \times 10^{18}(\text{N}\cdot\text{m})$ 、モーメントマグニチュード6.2であり、よく一致した結果となっている。

さらに最終時間断面の地表面における断層食い違い量は80cm程度となっており、地震後に実際に計測された上下変位量は90cm程度であることから、解析は実際の現象をよく模擬できているものと考えられる。

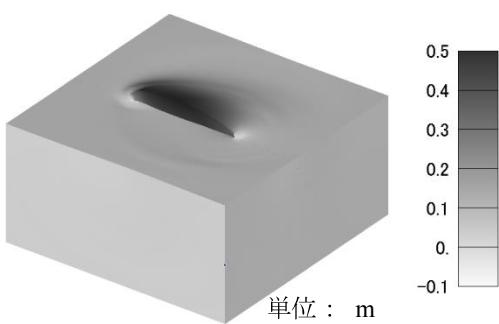


図-7 解析モデル変形図および鉛直変位センター図  
(Case02)

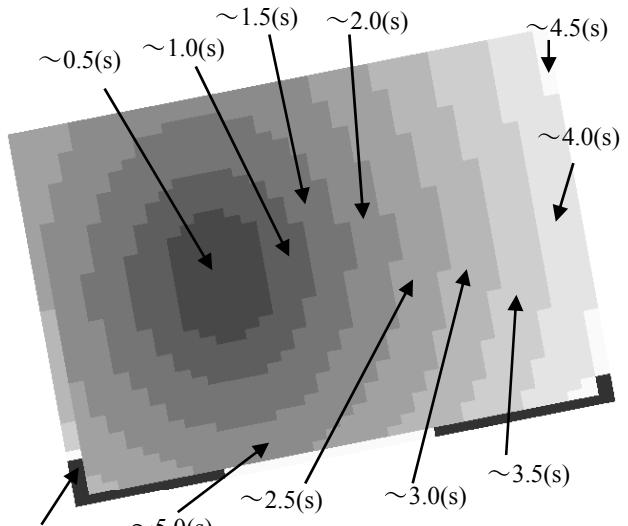


図-8 断層破壊時刻 (Case02)

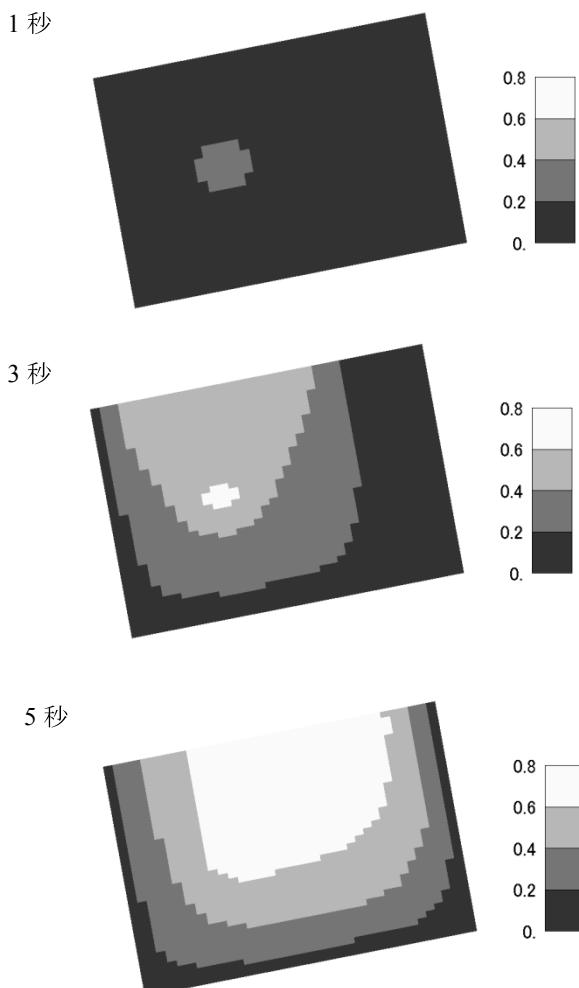


図-9 断層食い違い量(Case02／単位：m)

## (4) 応答時刻歴

観測点位置における応答時刻歴をK-NET白馬で実際に観測された結果と比較する。本検討はモデルのメッシュサイズから計算される最大透過振動数が数Hz程度となり、比較的長周期の結果に着目するため時刻歴は変位および速度時刻歴を比較することとした。K-NET白馬の加速度応答時刻歴をBooreら<sup>15)</sup>の方法を用いて補正し、時間積分して求められる変位および速度時刻歴波形を解析で得られた波形と比較した。観測記録から求めた変位時刻歴をCase02の解析結果と比較したものを図-10に、観測記録から計算した速度時刻歴を図-11に、3モデルによる解析結果の速度時刻歴を図-12に示す。ただし時間軸原点は適宜調整している。また観測の変位時刻歴は最終的な変位量を示すために20秒までの結果を示している。

K-NET白馬の観測点は断層の比較的近傍にあるため、解析最終時間断面で比較的大きな永久変位が生ずる結果となっている。EWおよびUD方向で最終的な変位量は0.2, -0.1(m)程度であり解析と観測でよく一致している。また細かい差異は見られるものの時刻歴としてもトレンドをよくとらえた結果となっている。一方NS方向の変位時刻歴は2~3倍程度の差異が生じており、解析の方が小さく評価された。

速度時刻歴においては振動の幅に着目すると観測記録ではEW, NS, UDでそれぞれ0.3, 1.0, 0.2m/s程度であるのに対し、解析では0.2, 0.1, 0.06m/s程度であり、こちらもNS方向での差異が大きくなる結果となった。

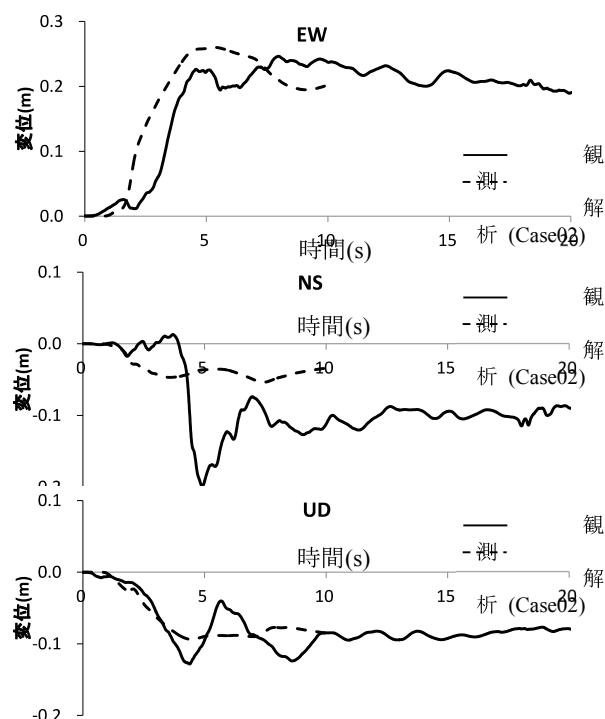


図-10 変位応答時刻歴の比較

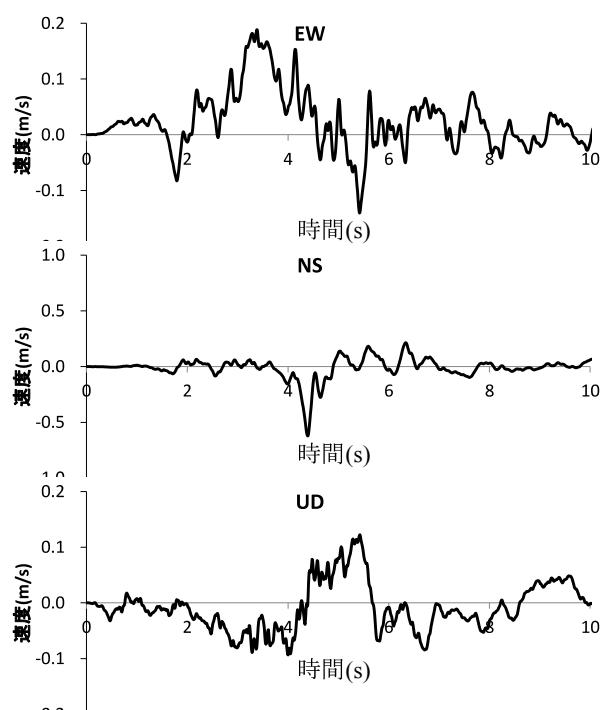


図-11 K-NET 白馬の速度応答時刻歴

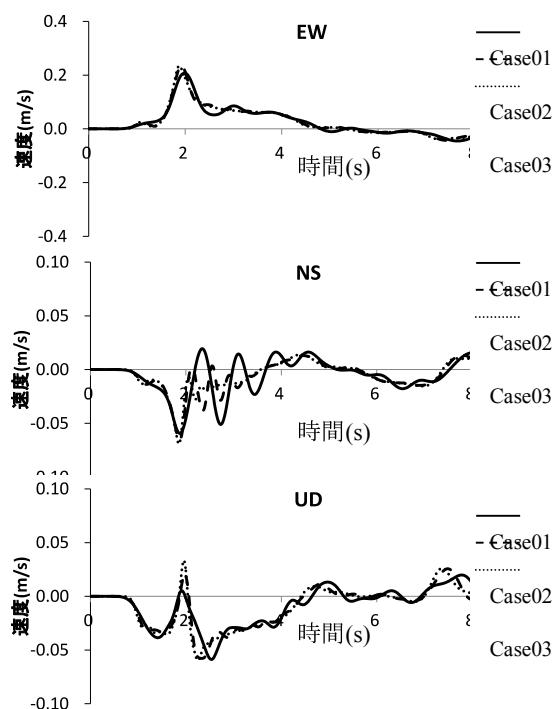


図-12 解析の速度応答時刻歴

NS方向は断層面に沿った方向であり、単純な逆断層の破壊過程ではEW方向の方が応答は大きくなるものと予想される。気象庁発表のCMT解<sup>14)</sup>によると神城断層地震は20%程度の非D.C.成分を持っており、また本地震は左横ずれを伴うものであるという指摘<sup>16)</sup>も見られることから、断層の破壊過程はより複雑であるものと推測できる。

解析モデルのメッシュ分割数を増加させると、急激な速度変化が現れるようになるが、観測記録にみられるような複雑な振動を模擬できるようにはならない。この振動を模擬するためには、アスペリティに代表されるような局所的な構造や物性値のばらつきをモデル化する必要があるものと考えられる。

## 5. おわりに

長野県神城断層地震を対象とした断層の動力学的シミュレーションを有限要素法により実施した。応力降下量  $\Delta \sigma$  を調整することで、実際の地震における地震モーメントに近い結果となる解析結果を得ることができ、地表断層変位量およびNS方向以外の変位時刻歴も観測によく一致する結果となった。応答速度時刻歴に関しては、振幅は比較的近い結果となったものの有限要素メッシュを細かくしても実際の速度時刻歴波形に近い結果は得られなかった。

今後はより詳細な断層形状や物性値のばらつきなどを取り込んだり検討を実施していきたいと考えている。

**謝辞**：本研究では地震観測記録として（独）防災科学研究所によるK-NET強震記録を使用した。ここに記して謝意を表する。

## 参考文献

- 1) 一般社団法人原子力安全推進協会敷地内断層評価手法検討委員会：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) 壇一男，武藤真菜美，鳥田晴彦，大橋泰裕，加瀬祐子：動力学的シミュレーションによる断層の連動破壊に関する基礎的研究，活断層・古地震研究報告，No.7，259-271, 2007.
- 3) 入江紀嘉，壇一男，生玉真也，入倉孝次郎：地中震源断層と地表地震断層の断層パラメータ間の経験的関係を拘束条件とした動力学的断層破壊モデルの構築-強振動予測のための運動学的断層モデルの高度化をめざして-，日本建築学会構造系論文集，Vol.75，No.657，1965-1974, 2010.
- 4) 水本学千，坪井利弘，三浦房紀：3次元FEMによる断層モデルの解析に関する基本的検討，土木学会論文集，No.780，I-70, 27-40, 2005.1.
- 5) 水本学千，三浦房紀，坪井利弘：3次元有限要素法による2000年鳥取県西部地震の断層運動シミュレーション，第26回地震工学研究発表会講演論文集，2001年8月。
- 6) FrontISTR 研究会 HP: <http://www.multi.k.u-tokyo.ac.jp/FrontISTR/>，平成27年5月19日閲覧
- 7) D.J.Andrews : Rupture velocity of plane strain shear cracks, Journal of Geophysical Research, Vol.81, pp.5679-5687, 1976.
- 8) 震源断層を特定した地震の強振動予測手法（「レシピ」），地震調査研究推進本部地震調査委員会（2009b），平成21年12月21日改訂。
- 9) 長野県北部地震に伴う地表変形調査，<http://www.gsi.go.jp/cais/topic141203.html>，国土地理院，平成27年5月19日閲覧。
- 10) 長野県北部の地震活動，[http://www.jishin.go.jp/main/chousa/major\\_act/act\\_2014.htm#a20141122](http://www.jishin.go.jp/main/chousa/major_act/act_2014.htm#a20141122)，文部科学省研究開発局地震・防災研究課地震調査研究推進本部，平成27年5月19日閲覧。
- 11) 長野県北部の地震[2014年11月22日]，<https://www.gsj.jp/hazards/earthquake/naganokenhokubu2014/index.html>，国立研究開発法人産業技術研究所地質調査総合センター，平成27年5月19日閲覧。
- 12) Goodman, R.E. : Methods of geological engineering in discontinuous rocks, West Publishing Company, Ch. 8, pp. 300-368, 1976.
- 13) 活断層データベース，[https://gbank.gsj.jp/activefault/index\\_gmap.html](https://gbank.gsj.jp/activefault/index_gmap.html)，産業技術総合研究所，平成27年5月19日閲覧。
- 14) 2014年11月22日22時08分長野県北部M6.7，<http://www.data.jma.go.jp/svd/eqev/data/mech/cmt/fig/cmt2014112220817.html>，気象庁，平成27年5月19日閲覧。
- 15) David M. Boore, Christopher D. Stephens, William B. Joyner : Comments on Baseline Correction of Digital Strong-Motion Data: Examples from the 1999 Hector Mine, California, Earthquake, Bulletin of Seismological Society of America, Vol.92, No.4, pp.1543-1560, 2002.
- 16) 日本地震工学会：2014年長野県北部の地震に関する調査団報告，2015。

## 長周期地震動による超高層オフィスでの家具群の地震時挙動シミュレーション

正会員 ○正月 俊行<sup>\*1</sup> 正会員 翠川 三郎<sup>\*2</sup>

家具の地震時挙動 超高層オフィス 長周期地震動  
シミュレーション解析

### 1. はじめに

長周期地震動により超高層建物で大きな揺れが発生すると、家具が大きく滑動して周囲の家具や壁と激しく衝突し続ける危険な状態となることが予想されている。本研究では、超高層オフィスの一部屋を想定して、大きな変位の揺れに対して家具群の地震時挙動をシミュレーションすることで、被害軽減策を考える上で重要な被害の様相について検討する。また、シミュレーション結果と簡易な室内被害評価手法の結果を比較も行う。

### 2. シミュレーション手法と超高層オフィスの計算モデル

シミュレーションには、摩擦力等を精度よく計算できる Springhead<sup>2)</sup>をベースとしたプログラムを用いた。Springhead<sup>2</sup>では、個別要素法のように、接触領域にバネ・ダンパモデルを発生させて接触力の計算を行う。

図 1 に本検討で想定した超高層オフィスの一室と家具配置を示す。部屋の広さは約 8m × 10m で、出入口がある壁側にはテーブル等を配置した会議スペースを設け、コピー機を配置した。執務スペースにはデスクとキャスター付き椅子を川の字に並べ、デスクの列の端と壁際にキャビネットを配置した。デスクの上には PC やディスプレイ、キーボードを配置した。

パーティション・コピー機の計算モデルとして、それぞれ、振動台実験の挙動が再現可能な正月・他(2014)<sup>2)</sup>、正月・他(2007)<sup>3)</sup>のモデルを用いた。キャスター付き椅子については、摩擦係数を非常に小さく設定することで、キャスターの挙動を疑似的に表現した。各家具の床と接触する際のバネ値については、接触面に対して垂直な方向のバネの固有振動数が 20Hz、水平な方向の固有振動数が 10Hz になるように設定し、ダンパ係数については、垂直・水平共に跳ね返り係数が 0.3 になるように設定した。

床応答については、東北地方太平洋沖地震で観測された超高層建物上階の応答波形<sup>4)</sup>を参考に、図 2 に示す 300 秒間の継続時間を持つ包絡形状と軌跡を持った水平 2 方向の正弦波入力とした。加振周期は 30 階建の超高層建物の固有周期を想定して 3 秒とし、振幅については、予想される床応答の最大級のものとして、南海トラフにおける巨大地震に対する超高層建物の床応答の予測結果<sup>5)</sup>を参考に、1 方向の加振速度を 300cm/s とした。なお、シミュ

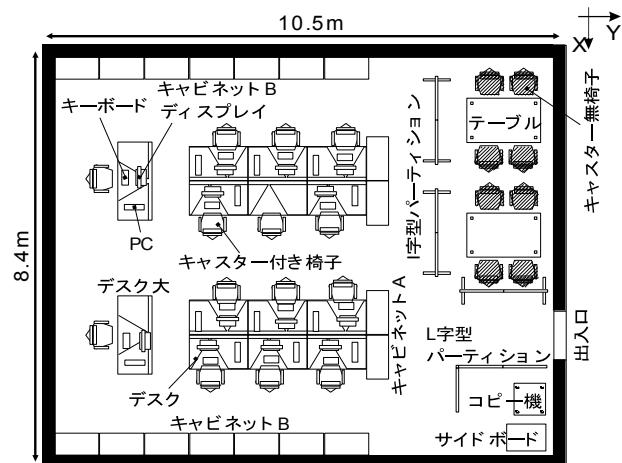


図 1 想定した超高層オフィスの一室と家具配置

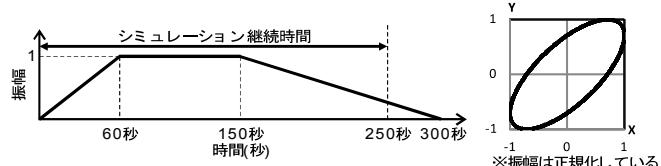


図 2 床応答波の包絡形状(左)と軌跡(右)

ーションを実施したのは最初の 250 秒間である。

### 3. シミュレーション結果

図 3 にシミュレーションにより得られた室内変容の時間変化を示す。図の左側には各家具の挙動タイプの時間推移を、右側には室内全体の様子のスナップショットを載せている。揺れが始まってすぐにキャスター付き椅子が、5 秒前後でコピー機が動きだした。I 字型と L 字型パーティションは 20~35 秒前後で転倒し、避難路を塞いだ。そして、25 秒前後でキャスター付き椅子やコピー機以外の家具が動き出し、その 10 秒後にディスプレイが転倒して床に落下した。50 秒前後以降は、全ての家具が周囲の家具や壁と激しく衝突しながら滑動し続ける危険な状態となり、このような状況が 200 秒以上継続した。家具の床に対する相対移動速度はキャスターのついていない家具でも、最大で 700cm/s 前後となった。

図 4 にシミュレーション結果と既往の簡易な被害予測手法<sup>6)</sup>による予測結果の比較を示す。簡易予測手法につい

Simulation of Seismic Behavior of Furniture in High-rise Office Buildings due to Long-period Ground Motion

MASATSUKI Toshiyuki and MIDORIKAWA Saburoh

ては、キャスター付き椅子以外の部屋全体とデスクのみに対して、家具の挙動タイプや移動領域を面的に示した図を載せており、シミュレーションについては家具の移動範囲を青色で示した図を載せている。図をみると、家具の移動範囲が部屋の全面に及ぶという点では同じであるが、簡易な手法ではキャスター付き椅子等の周囲の家具に押されて移動範囲が大きくなる効果が考慮出来ないため、デスクの移動範囲が過小に評価されていることが分かる。

#### 4.まとめ

本研究では、超高層オフィスの一部屋を想定して家具群の地震時挙動をシミュレーションし、床応答が大きい場合、家具が周囲の家具や壁と激しく衝突しながら滑動し続ける危険な状態が数分間に渡って続くことを確認した。

また、想定する床応答が大きい場合は、簡易な室内被害評価手法による評価が過小になることを示した。

#### 参考文献

- 1) 長谷川晶一 他 : Springhead2, <http://springhead.info/wiki/index.php>
- 2) 正月俊行 他 : パーティションのある超高層建物オフィスでの地震時室内安全性に関するシミュレーション、第14回地震工学シンポジウム、2014.
- 3) 正月俊行 他 : 超高層建物におけるオフィス内の家具群の地震時挙動シミュレーション、日本建築学会構造系論文集、No.620、pp.43-49、2007.
- 4) 鹿嶋俊英 他 : 平成23年(2011年)東北地方太平洋沖地震における建物の強震観測記録、2012.
- 5) 大川出 他 : 超高層建築物などへの長周期地震動の影響に関する検討-南海トラフ4連動地震による超高層・免震建物の応答解析-、2013.
- 6) 金子美香 他 : 長周期地震動対策に関する公開研究集会 3.地震時の家具の応答評価と被害推定手法、2011.

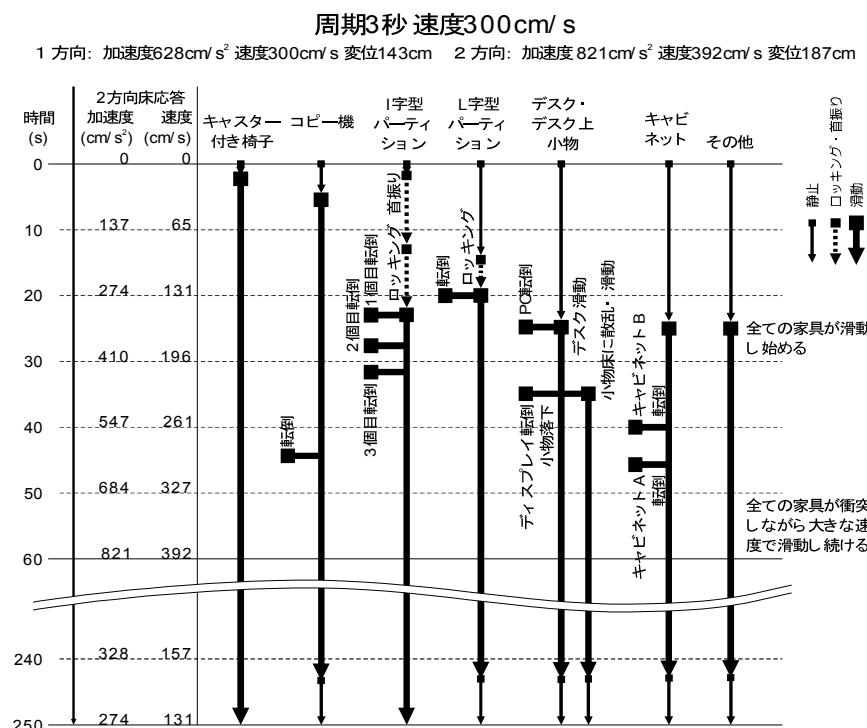


図3 室内変容の時間変化

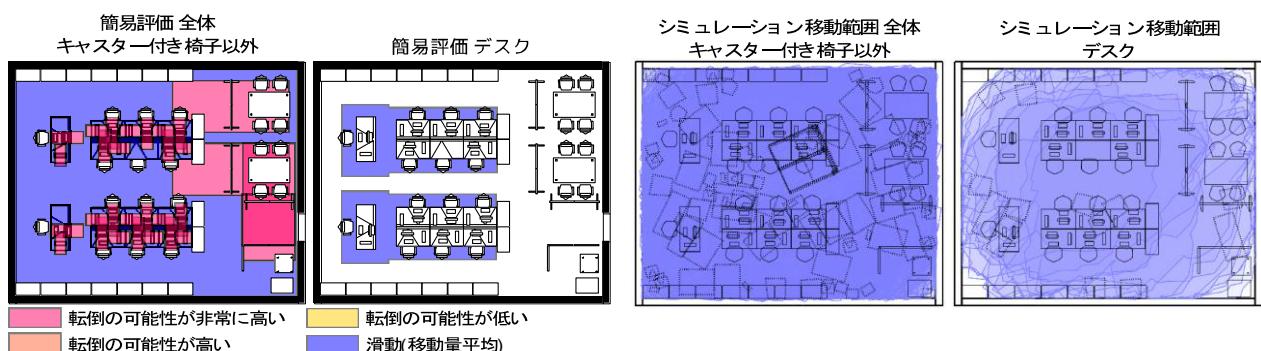
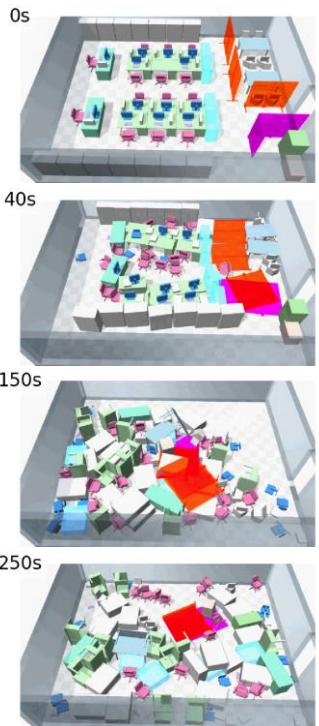


図4 簡易評価手法とシミュレーション結果の比較

\*1 構造計画研究所 建築構造工学部 博士(工学)

\*2 東京工業大学人間環境システム専攻 教授・工博

\*1 Structure Engineering Dept. Kozo Keikaku Engineering Inc., Dr. Eng.

\*2 Professor, Dept. Built Environment, Tokyo Tech., Dr. Eng.

# RESP-D

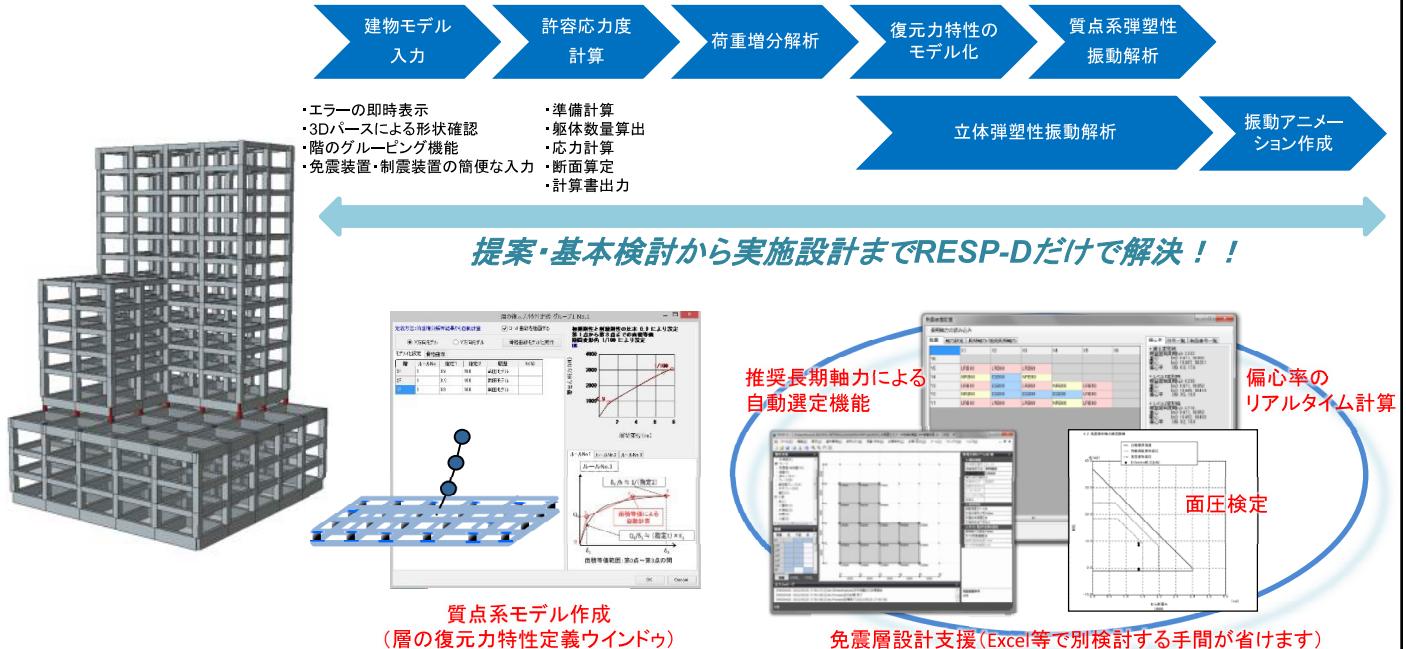
『RESP-Dならできる50のこと』  
Webで順次公開中  
RESP

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

許容応力度設計から質点系振動解析、立体振動解析までをシームレスで行う新世代の構造計算プログラムです。

高度で質の高い構造計算やプレゼンテーションをサポートします。

**建物モデルは常に1つ。設計も解析も、質点系モデルも立体モデルも一元管理。**



3次元任意形状フレーム構造解析ソフトウェア

# STAN

**断面算定オプションリニューアル！**

**2015年新基準 S造、R C造、S R C造 対応**

**新機能「木造用断面算定」を追加**

**分断された部材を1部材として断面算定**

**断面算定データ入力画面 & 出力リストを改善**

**2015年12月より順次リリース予定！**

簡易振動解析ツール

# Quick-RESP

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

**こんなお悩みをスピーディーに解決します。**

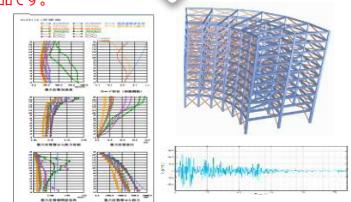
(株)構造計画研究所  
STAN/3D  
RESP-F3T

ユニオンシステム(株)  
Super Build／SS3 CSV

**【入力】**  
既存解析モデルのデータ変換、  
最低限のデータの追加



**【出力】**  
固有モード、  
最大応答値、  
応答アニメーションなど



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

## Kaiseki Portal

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

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

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

## From Editors

解析雑誌 Vol. 39 を手に取っていただき、ありがとうございます。異動を機に解析雑誌メイン担当から外れたのですが、たった 1 年でまた異動で戻ってまいりまして、気が付いたらまた今号から編集担当をしております。表紙写真は担当者の裁量で決めているのですが、私が決めると解析に全く関係のない写真率が高くなります。なかなか季節の変化を楽しむような時間が取れないので、願望といいますか現実逃避といいますか、季節感のある写真を選びたくなってしまいます。皆さんにもホッと一息ついていただける表紙になっていると良いのですが。

さて、次号は記念すべき 40 号目になります。まさか 30 号に続き 40 号まで担当するとは思っていませんでした。今から企画に頭を抱えています。

エンジニアリング営業部 木村 まどか



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ひいたします。

[kaiseki@kke.co.jp](mailto:kaiseki@kke.co.jp)

(株)構造計画研究所 エンジニアリング営業部

〒164-0011 東京都中野区中央 4-5-3

TEL (03) 5342-1136

(株)構造計画研究所 エンジニアリング営業部 大阪支社

〒541-0047 大阪市中央区淡路町 3-6-3 御堂筋 MTRビル 5F

TEL (06) 6226-1231

(株)構造計画研究所 中部営業所

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

TEL (052) 222-8461

## 解析雑誌 Journal of Analytical Engineering Vol.39 2015.12

発行日 平成 27 年 12 月吉日

編集・発行 株式会社構造計画研究所 エンジニアリング営業部  
〒164-0011 東京都中野区中央 4-5-3

お問い合わせ 電話 (03) 5342-1136 FAX (03) 5342-1236  
[kaiseki@kke.co.jp](mailto:kaiseki@kke.co.jp)