解析雜誌

Vol.29 2012.6

Topics

【セミナー開催報告】

● 防災セミナー2012 名古屋
~シミュレーションによる防災対策の

支援技術の最前線~

【ニュースリリース】

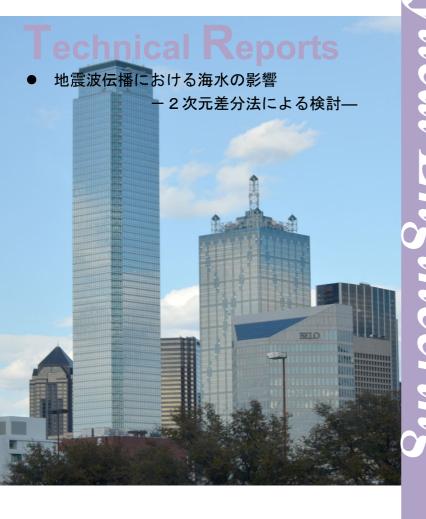
● 路線バスを利用した中小橋梁の

簡易健康診断を実施

- 知粋館が2012年「日本建築学会賞」を受賞 【解析事例紹介】
- 地震による地盤変状や

潮位を考慮した津波解析

- 国土交通省発表の試案に基づいた長周期地震動作成プログラムについて
- 天井の耐震対策の最新動向
- Steel-FRP 二重殻タンク実験解析





構造計画研究所

『温故知新』

(㈱構造計画研究所 エンジニアリング営業部 営業担当部長 庄司 正弘

初夏の朝、25年ぶりの金環日食を子供と楽しんだ。金環日食は、太陽の大きさの測定にも利用された。太陽は光に包まれて輪郭がはっきりせず、測定精度を向上させるために多くの研究者や天文ファンが協力したそうである。天体観測の歴史は古く、長い間に蓄積された観測データの分析を通じて、星の運行を予測する計算モデルを構築し、金環日食などの天体ショーが何時どこで見れるかわかるようになってきている。さらに個々の星だけでなく、宇宙は膨張し、銀河は引力で引き合い、太陽系のある銀河系と 250 万光年も離れているアンドロメダ星雲が、40 億年後には正面衝突するとの予測もある。このようなシミュレーションにも驚きだが、太陽の大きさの測定誤差(と言っても、半径 69 万 6000km で誤差 $50\sim100$ km である)を日食観測でもっと小さくすると知りさらに驚かされた。

このように、シミュレーション技術は、多くの実測や実験から得られたデータの分析結果に基づいて 理論を構築し、ある時は測定誤差の修正を反映し、その時代の最新手法を取り入れて発展してきていま す。こんなことを考えながら、『温故知新』(前に学んだことや昔の事柄をもう一度調べたり考えたりし て、新たな道理や知識を見い出し自分のものとするの意味)という故事成語を思い出しました。

私どもの解析コンサルティングサービスにおいても同様で、既にわかっている結果でも見方を変えることで新たな事実がわかることがあります。そのため、一つの解析手法だけでなく、従来からの簡便手法や最新の詳細手法を用いて検討することも必要で、長く培ってき経験知を継承しながら新しい見方も取り入れ、両者を比較したり長所短所を踏まえて時には手法を見直し、費用対効果も考慮しながら、最適なソリューションを提供できるように心がけています。また、私どもが開発し使用してきた解析ソフトに拘らず、良いところは残しながら、全く新しい解析手法によるソフトの開発や、最新のIT技術の導入やスーパーコンピュータ利用技術に基づいたソフト開発も行ってきています。

解析コンサルティングサービスの対象分野も、従来からの建築土木分野の耐震問題だけでなく、その周囲にも視線を向けることで、社会インフラ基盤を対象にして様々な自然災害や環境の問題にかかわる課題にも、「産・官・学をブリッジ」する「工学知」を通じて広がってきています。このたびの『解析雑誌』でも、「センシングデータ分析による橋の異常検知」、「津波・避難行動シミュレーション」、「天井落下」、「リスクマネージメント」、「地震波動伝播」など、自治体や大学、研究機関などと一緒に実施した最新事例が紹介されています。

このように、私どもは、これまでの経験を効果的に活用し、見方を変えたり、新しい解析技術に対するチャレンジも進めながら、経験知と新しい工学知を融合させ、皆様のお役に立てるような解析コンサルティングサービスをご提供すべく努力してきています。私自身も『温故知新』を忘れずに、皆様のご期待以上に応えるべく考え創造するよう努力していきたいと思っています。

『解析雑誌』は、このような私どもからの情報発信の場のひとつです。皆様と「一緒に進化し」、「もっと良くなる」という思いを共有し、お互いに信頼し合える関係を築くのに役立つことができれば、大変幸いに思います。

今後とも、これまで以上に皆様の温かいご支援を賜りますようお願い申し上げます。

解析雜誌 Vol.29 2012.6

巻頭言 『温故知新』 エンジニアリング営業部 庄司 正弘	02		
Topic 1 	04		
Topic 2 ● News Release「路線バスを利用した中小橋梁の簡易健康診断を実施」	06		
Topic 3 ■ News Release「知粋館が 2012 年『日本建築学会賞』を受賞」 Topic 4	09		
地震による地盤変状や潮位を考慮した津波解析	10		
Topic 5 ■ 国土交通省発表の試案に基づいた長周期地震動作成プログラムについて Topic 6			
● 天井の耐震対策の最新動向			
Topic 7 ● Steel-FRP 二重殻タンク実験解析	26		
Technical Report 1 ● 地震波伝播における海水の影響 — 2次元差分法による検討— 西條 裕介、古村 美津子氏、野田 朱美、庄司 正弘、松浦 律子氏	34		
Editor's Note • From Editors	39		

防災セミナー2012 名古屋 「シミュレーションによる防災対策の支援技術の最前線」 開催報告

不測の災害が発生した場合、組織として(官公庁、民間企業等)はまず、**住民や社員の安全を確保**することが必要です。また業務が中断した場合、可能な限り**短期間で被害の状況を把握**し、さらに**業務を再開させる**ことが重要になります。官公庁の場合は継続的な情報・行政サービスの提供、民間企業の場合は業務中断による顧客の流出、マーケットシェアや企業評価の低下を防ぐ必要があります。そのためには、事前に被害及びその影響を想定することが第一歩であると思われます。

このたび弊社では、東北地方太平洋沖地震で特徴的な被害を生じさせた事象について情報収集と分析を行い、地震・津波等の災害リスクへの事前・事後対応に関する最新の話題・技術をご紹介するセミナーを開催いたしました。当日はほぼ満席となる多くの方にご来場いただき、被害想定や防災・減災対策の立案、業務戦略推進や事業継続計画 (BCP) の策定・強化などへの関心の高さがうかがえました。

■ 開催概要

· 日時:2012 年 5 月 18 日(金)

会場:ウインク愛知

■ プログラム

地震についての最新情報と弊社の取り組み

・地震の被害想定に関して、今後の動向等

・構造計画研究所の保有する技術とソリューションの概要 キーワード:南海トラフ、東南海地震、活断層

講師:栗山利男(防災ソリューション部)

組織の地震に対する危機管理について

・地震の防災対策を策定の際に押さえておくべきポイント

・地震被害シミュレーション、津波シミュレーションの最前線

・災害時の避難シミュレーションの最新事例

キーワード:組織のリスク管理、最新のシミュレーションポイント・味べのために組織は何ますぐまか

ポイント:防災のために組織は何をすべきか

講師:坪田正紀(防災ソリューション部)

北上靖大 (創造工学部)

事業継続(BC)をふまえた事例別の脆弱ポイントの対処例

・事業継続マネジメントBCMと災害対策

- ・耐震対策の例(地震リスク評価、耐震補強を含む)
- ・避難シミュレーションの例
- ・物資輸送計画、サプライチェーンの例、その他 キーワード:減災、素早い復旧、事前の検討

ポイント:災害後いち早く業務を普及させるために地域の安全を確保する、災害に強い物流の作り方

講師:坪田正紀(防災ソリューション部) 北上靖大(創造工学部)

矢野夏子(オペレーションズ・リサーチ部)





自然災害 + KKE



災害リスクマネジメントソリューション

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
- 眦地震保険契約の検討
- 眦施設の耐震性の第三者評価
- **トータルコストの削減**

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。





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

への発展をサポートします。



*=	
浸	八



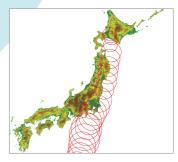
想定	地震	今後 30 年	再現	分析	結果																
シナリオ名	規模	の 発生確率	期間(年)			本社	A 支社	B支社	C支社												
				想定	震度	6+	6-	6+	6+												
				建物	被害	軽微	軽微	小破	軽微												
				復旧	日数	0-1	0-1	2-5	1-5												
想定	8.0	87.31	20		電気	0-1	0-1	0-1	0-1												
東海地震				復旧	ガス	0-0	0-0	0-0	0-0												
				日	水道	0-0	0-0	0-0	0-0												
				数	交通	0.5-5	0.5-7	0.5-7	0.5-7												
				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												
大正型	7.9	0.15	20,000		電気	2-3	2-3	3-4	3-4												
関東地震	関東地震 7.9 0.15	20,000	復	ガス	40-60	50-70	50-70	50-70													
		旧日	水道	20-35	25-35	25-35	25-40														
																数	交通	0.5-20	0.5-25	0.5-25	0.5-20
			想定浸水深		無し		1.0-2.0m	0.0-0.5m													
			復旧	日数																	
内水氾濫		10.0 \$0.300	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0 \$9.300	約 300	約 300	約 300		電気									
1 343410/11		10.0	*, 500	*, 000	*, 000	#7 000	#7 000				#7 000		復旧	ガス			1-5	0.5-1			
				日	水道																
				数	交通			1-2	0-0.5												
				想定最	大風速	28.7cm/s	30.6cm/s	29.4cm/s	38.3cm/s												
台風シナリオ				復旧	日数	ほぽ無し	0-1	ほぽ無し	0.5-1												
99パーセ		26%	100		電気																
ンタイル		20 /		復旧	ガス	0.5-1.0	0-0.5	0-0.5	0-0.5												
				日	水道		- 0.0	- 5.0	5.0												
				数	交通																
				年間発	生確率	90 年	40 年	160年	220年												
落雷シナリオ				復旧	日数	0-7	2-10	0-5	0-7												
誘導雷			100	復旧日数	電気 ガス 水道	0.5-1.0	0-0.5	0-0.5	0-0.5												
		L		**	交通																

周辺地盤の標高との比較例

[過去の台風経路の表示例

落雷

台風



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。

NEWS RELEASE

路線バスを利用した中小橋梁の簡易健康診断を実施 〜山口県宇部市での実証実験の結果を発表〜

株式会社構造計画研究所は、山口大学(山口県山口市、学長:丸山卓哉)と共同で実施した、路線バスを利用した中小橋梁の簡易健康診断の結果を山口大学大学院理工学研究科主催のセミナーにて発表しました。

橋梁の安全性については、従来、その診断方法が確立されていなかったため、安全性の低い橋梁がそのまま利用されることが多く、結果として大事故につながるケースが国内外で報告されています。橋梁の安全管理においては、時間的・経済的・技術的制約の中で、こまめに情報を収集でき最大限の合理化可能な方法論を一刻も早く考え出すことが求められてきました。その中で、費用を掛けずに点検・モニタリングが、毎日簡単にできる方法として、路線バスを利用した簡易健康診断方法を提案いたしました。

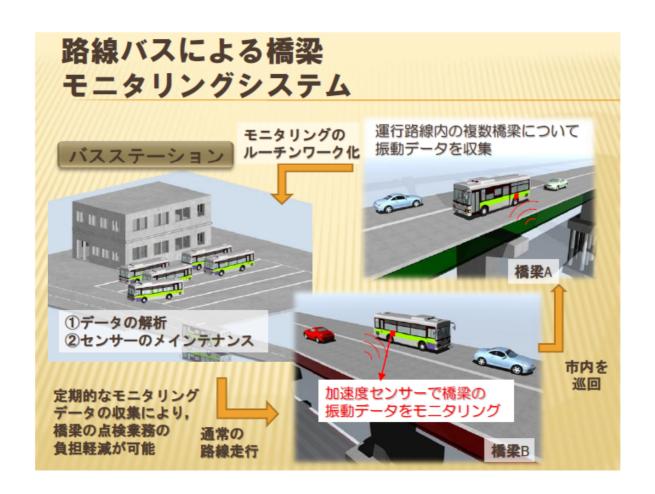
■路線バスによる橋梁モニタリングシステムの概要

路線バスの車軸に取り付けた加速度センサーによって橋梁の振動データをモニタリングし、収集した データから独自に開発した「たわみ特性値」を抽出・分析し、橋梁の状態を判断します。

■路線バスを用いることの利点

路線バスを用いることの利点として以下の点が挙げられます。

- ・実績のあるたわみと劣化の関係を扱う。
- センサーの交換が簡単。
- ・バス1台で主要路線上の橋梁をカバー可能。
- ・専用の電源はバスから取得可能。
- ・特殊な通信装置なしでも計測可能。



■実証実験の概要

本システムを提案するに当たり、その実用性を検証するために以下の内容で実証実験を行いました。 実験期間:2010年12月から2011年12月まで(計37回計測)

対象橋梁:山口県宇部市の橋梁(三か所)

• 新権代橋

1径間 23.6m 幅員 11.7m 桁橋

単純梁構造 1998年架設 斜角の入った橋梁

・蛇瀬橋

5径間 85m 幅員 14.2m PCプレテン床版橋 単純梁構造 1976年架設 ストレートな橋梁

• 白土第二橋

2径間 15.8m 幅員 6.4m RC-T桁橋

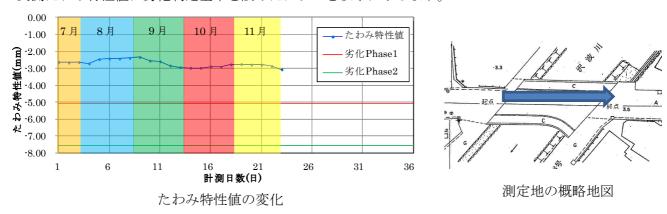
単純梁構造 1933年架設 斜角連続

※ 実証実験にあたっては、実際の運行条件(天候/対向車/運行速度/乗車人数)がたわみ特性値 へ与える影響を考慮しました。

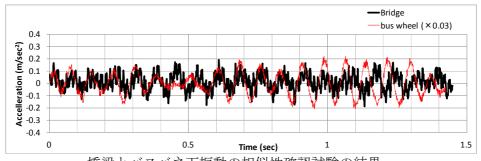
■基本検討および結果考察 ~新権代橋の例~

PC 供試体におけるプレストレス力の低下による断面二次モーメントの変化に着目し、シミュレーション中の劣化を再現した結果、プレストレス力が 50%、90%低下した場合、たわみ特性値がそれぞれ 1.93 倍、2.87 倍になるということが分かりました。

実測たわみ特性値に劣化判定基準を設けたグラフを以下に示します。



また、併せて、橋梁とバスバネ下振動の相似性確認試験を実施した結果、両者の間に一定の類似性を確認することができました。結果を以下のグラフに示します。



橋梁とバスバネ下振動の相似性確認試験の結果

今回の一連の実証実験の結果、以下のことが分かりました。

- ① たわみ特性値に影響する運行条件に関わる因子としては、天候、対向車、運行速度、乗車人数が考えられる。しかし15回程度のたわみ特性値の移動平均により、前述の因子についても排除できるものと考えられる。
- ② システム化には、自動計測機能と計測データ中のたわみ自動抽出機能が必要である。
- ③ データの大規模化に対して、データ授受の方法、DB管理手法の開発も重要である。



路線バスを利用した



健康管理

近年では、コンクリートの変状(アルカリ骨材反応、中性化、塩害)や鋼材の腐食、亀裂などの状態ごとに異なる 点検方法を用いることがあり、多くの手間とコストがかかると考えられます。本システムでは、路線バスに 加速度センサーを設置し、橋梁のたわみを推定します。このような計測を定期的に行い、老朽化構造物の安全 性能が急激に低下する加速期後期から劣化期初期への移行を検知することで、致命的な見逃しを予防します。

毎日の測定/分析で 安心

車軸鉛直加速度から独自に開 発した「たわみ特性値」を抽出。 橋梁の傷み具合を分析します。

バスへの設置/交換は

バス1台にセンサ1つを設置。 電源計測機器は小型で場所を 取りません。

故障時の交換も容易に行えます。

路線バスを利用して リーズナブル

バス1台で経路上の複数の橋 梁をほぼ毎日計測可能です。 橋梁個々に設置するシステムに 比べて格段にローコストです。

NEWS RELEASE

知粋館が2012年「日本建築学会賞」を受賞 ~三次元免震システムの開発と集合住宅への適用~

株式会社構造計画研究所は、清水建設株式会社(本社:東京都港区、代表取締役社長:宮本洋一)と 共同で、一般社団法人日本建築学会(本部:東京都港区、会長:和田章)より、2012年「日本建築学会 賞」を授与されました。

■受賞概要

業績名:三次元免震システムの開発と集合住宅への適用

受賞部門:技術部門

受賞者:

高橋 治 (株式会社構造計画研究所)

富澤 徹弥 (株式会社構造計画研究所)

須原 淳二 (清水建設株式会社)

松本 良一郎 (清水建設株式会社)



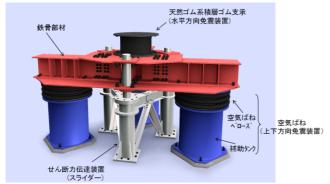
建物外観

■技術の概要

近年、地震に対する備えとして免震構造・制振構造が注目され、普及しつつあります。しかし現状での免震構造は主に水平方向(二次元)の揺れに対応するもので、直下型地震などで起きる可能性の高い縦方向の地震動に対応していません。その結果、内包する設備等に被害がでる可能性が高くなることが問題視されてきました。そこでこの度、縦方向の揺れを低減できる三次元免震構造を考案し、集合住宅「知粋館」に適用しました。三次元免震システムは従来、床免震の分野で開発され、コンピュータ室等に部分的に適用されていますが、建物全体を三次元免震化する装置の実用化は今回が世界で初めての事例です。

■システム構成

今回、開発したシステムは積層ゴム・空気ばねとせん断力伝達装置で構成する三次元免震装置 とロッキング抑制装置の組合せで構成されており、これを地下ピットに設置して建物全体を三 次元免震化しています。装置の構成要素は市販の製品(積層ゴム・空気ばね・ダンパー)並びに市 販の材料(構造用鋼材)を用いています。



3次元免震システムの構成



建物断面図

■有効性・応用性

病院、防災施設といった重要構造物では地震後の機能維持が強く要求され、当技術の適用が有効であると考えられます。また精密機械の工場やデータセンター等においてもBCP(事業継続計画)の観点から、建物が内蔵する設備の保護が求められるため、当技術の適用が効果的であると考えられます。

なお、本システムの開発及び実用化にあたっては、東京大学の藤田隆史名誉教授をはじめとした有識者の皆様、並びに、株式会社カヤバシステムマシナリー様をはじめとした技術協力者の皆様の多大なるご支援を賜わりました。この場をお借りして御礼申し上げます。

地震による地盤変状や潮位を考慮した津波解析

㈱構造計画研究所 防災・環境部 落合 努

1.はじめに

2011年3月11日に発生した東北地方太平洋沖地震では津波によって甚大な被害が発生しました。この地震で各地に地盤沈下が発生し、国土地理院の調査結果¹⁾によると、岩手県から福島県沿岸では特に沈下量が大きく、1.0m以上の沈下が確認された地点もあります。この地盤沈下の影響で、津波被害が拡大した地点も多くあると考えられます。

津波解析を行う際は、使用する地形データ(海底・陸上)や想定する地震の設定は重要ですが、その他にも地震に伴う地盤変動量や潮位の設定が結果に大きく影響することが考えられます。そこで、ここでは地盤変動量や潮位を変更したいくつかのケースで津波解析を行い、結果から得られる波高や遡上域の変化について検討しました。なお、検討に先立ち神奈川県が実施している津波被害想定2)と概ね同様な条件で解析を実施し、公開されている結果との比較を行い、使用している解析コードや地形データの妥当性を確認しました(解析は弊社開発プログラム「津波シミュレーター TSUNAMI-K」を使用)。

2.津波解析の概要

(1) 解析手法と解析エリア

津波解析は、非線形長波方程式を差分法により 解くことで、水平方向の流量と水位変動量を計算 しています³⁾。

解析は、多重格子ネスティングにより外洋では メッシュサイズを粗く、遡上域付近では細かくす ることにより効率的な計算を行っています。解析 は、神奈川県による被害想定で比較的被害が大き い鎌倉付近を対象としました。



図1 鎌倉付近の地図

(2) 地形データ (海底・陸上)

計算で用いた地形データは、中央防災会議「東南海、南海地震等に関する専門調査会」の検討で用いられた地形データを使用しました⁴⁾。用いた地形データの例を図2に示します。図は地形の変化を分かりやすくするために高さ方向に5倍に強調して表示しています。

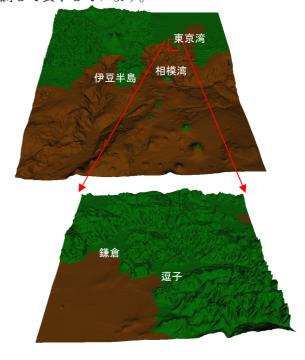


図2 地形データ(上段:広域、下段:狭域)

3.神奈川県による解析結果との比較

(1) 対象とした地震

神奈川県の津波被害想定では、過去の地震被害や東日本大震 災から得られた知見を参考に 12 ケースを検討対象地震として います。ここでは、鎌倉付近で比較的大きな被害が想定される 2 つの地震を対象としました。対象とした地震は、「慶長型地震」 と「元禄型関東地震」とし、解析で用いる断層パラメータは神 奈川県による検討と同一としました。各地震で想定した断層位 置を図3に示します。



図3 断層位置図

(2) 解析条件

断層パラメータや潮位、地盤変動量の条件は、神奈川県によって公開されているデータと一致(潮位: TP+0.85m、地盤変動量:沈下のみ考慮)させていますが、地形データについては公開されていません。よって、弊社の検討では前記したように中央防災会議による公開データを使用しています。

(3) 解析結果の比較

各解析結果から得られた最大浸水深の分布と神奈川県の結果を併記して図4に示します。使用している地形データが必ずしも一致していないため若干の差異は認められますが、浸水域の分布や浸水深等の全体的な傾向はよく一致していることが確認できます。

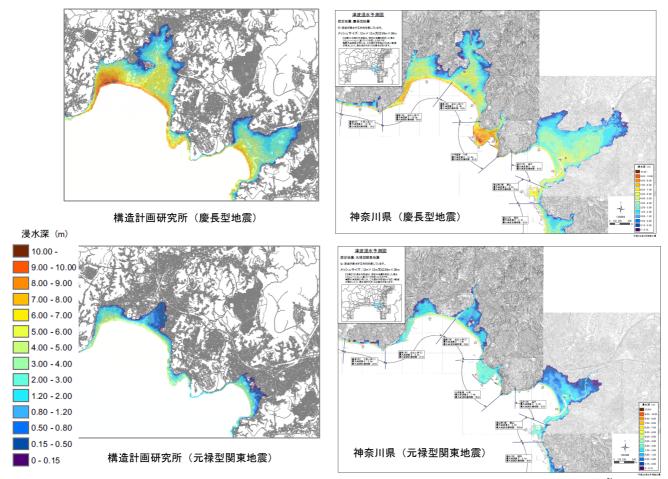


図 4 各解析結果の最大浸水深の分布(左:構造計画研究所の結果、右:神奈川県の結果2)

4.地盤変動量・潮位の違いによる検討

(1) 検討条件

①検討ケース

地震による地盤変動量と潮位(初期水位)を変化させ、津波高・浸水深の違いを検討しました。地盤変動量は解析開始時に地盤高さを増減させること、潮位は解析開始時に初期水位を変化させることにより考慮しています。条件を変化させると、解析結果から得られる浸水深(津波の危険度)は以下のように変化します。



・潮位が高い → 初期水位が高い → 浸水深は高い(危険度が上がる)

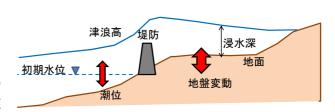
・地盤は隆起 → 地盤が高い ・潮位が低い → 初期水位が低い

浸水深は低い(危険度が下がる)

よって、被害想定など危険度が高い検討を行って おく必要がある場合には、一般的に潮位は満潮位を、 地盤変動量は沈下のみを考慮した解析が行われるこ とが多いようです。前記した神奈川県の被害想定で は、潮位は TP+0.85m (朔望平均満潮位)、地盤変動 量は沈下のみが考慮されています。この条件を基本 ケース (case1) とし、それぞれ条件を変えた計 4 ケースの計算を行いました (表 1)。

②検討地震

検討地震は、断層が陸域にも広がり、地盤変動量の影響が大きいと想定される「元禄型関東地震」としました。地盤変動量は、地盤が等方で均質な弾性体と仮定し断層運動に伴う変動量を求める



初期水位(潮位)・地盤変動量が変化 → 津波高・浸水深が変化

図 5 条件変更のイメージ図

表 1 検討ケース一覧

	潮位	地盤変動量
case1	TP+0.85m	沈下のみ考慮
case2	TP+0.85m	沈下・隆起を考慮
case3	考慮しない(0m)	沈下のみ考慮
case4	考慮しない(0m)	沈下・隆起を考慮

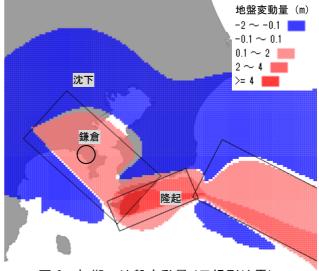


図6 初期の地盤変動量(元禄型地震)

Mansinha and Smylie 5 による方法で求めています (図 6)。 房総半島の南端付近で、最も地盤変動量が大きく 4m 程度の隆起であり、鎌倉付近でも隆起となり変動量は 1m 程度となっています。

(2) 検討結果

解析結果から得られた浸水深の時刻歴波形(鎌倉の沿岸部)を図7に、各ケースの最大浸水深の分布を図8に示します。case1については、図4のKKE(元禄型関東地震)の再掲となります。

時刻歴波形より、case1 は約 2.5m の最大浸水深となり、到達時間は地震発生より 20 分程度です。case2 と case3 では、概ね同様な最大浸水深となります。これは case1 に対し、case2 での地盤変動量(約 1m 隆起)と case3 での潮位差(-0.85m)が概ね一致しているためだと考えられます。 case4 は、今回の条件では地盤変動量・潮位ともに津波の検討では安全側となり、最大浸水深が約 1.0m と最も小さくなっています。

最大浸水深の分布についても、時刻歴波形の結果と整合し、case1 が最も浸水域が広く、case2 と case3 は概ね同様な範囲で浸水域となり、case4 では沿岸部以外ほとんど浸水しないとの結果となっています。

6.おわりに

ここでは、神奈川県で実施されている津波解析と極力条件を合わせた解析を実施することにより、解析コードや地形データの妥当性を確認するとともに、地盤変動量や潮位条件を変化させた津波解析を行い、条件の違いによる結果(遡上域や遡上高さ)の違いを検討しました。解析条件が異なれば当然結果も異なり、解析シミュレーションを行う際の仮定条件の設定の重要性を改めて感じました。

今後も、解析時の仮定条件の設定には十分留意するとともに、津波による波力の検討や、粒子法等の他の解析手法と組み合わせることによりシミュレーションの高度化を進め、津波に対する危険度の把握や被害の低減に貢献していきたいと考えています。

【参考文献】

- 1): 国土地理院、平成23年度(2011年)東北地方太平洋沖地震に伴 う地盤沈下調査結果について
- 2):神奈川県県土整備局、「津波浸水予測図」について
- 3) : 構造計画研究所、津波シミュレーター TSUNAMI-K マニュアル
- 4):中央防災会議、「東南海、南海地震等に関する専門調査会」資料
- 5) : Mansinha, L. and D.E.Smylie, The displacement field of inclined faults, BSSA, Vol.61, No.5, PP.1433-1440,1971

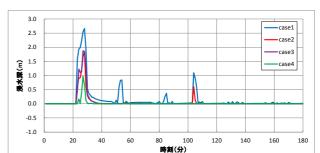


図7 浸水深の時刻歴波形

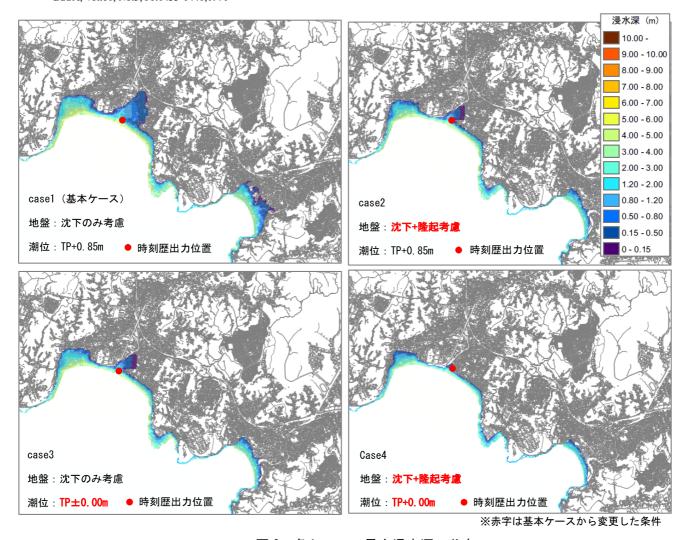


図8 各ケースの最大浸水深の分布

津波シミュレーター「TSUNAMI-K」

津波波高・遡上計算プログラム

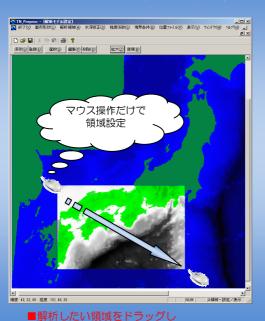
■TSUNAMI-Kの特徴

特徴1:簡易な操作で津波をシミュレーション

特徴2:建物や地形の詳細なデータの追加・修正も可能

特徴3:多数の結果出力に対応

①まずは解析したい領域を マウスでドラッグ!



③計算条件を入力し解析実行!

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!



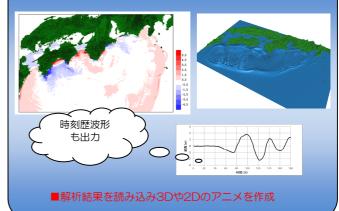
経度 長さ(km) 走行(*)

幅(km)

食い違い方向(*) 食い違い量(m)

- ■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

④結果の図化、アニメーションの作成!



TSUNAMI-Kの入出力と解析事例

■入力

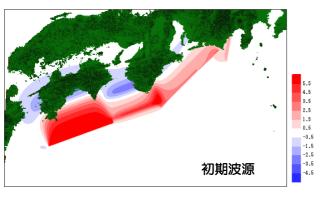
- ・ 多重メッシュによる解析領域の設定
- ・海上保安庁や国土地理院のデータに対応
- ・サイト近傍の詳細な地形データの取込が可能
- ・地図を基にして建物の追加が可能
- 初期波源は断層以外に、任意位置での水位や流量も設定可能

1

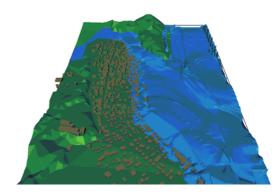
■出力

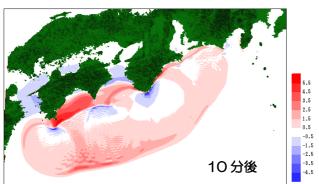
- 最大波高、流速
- 時刻毎の水位
- 時刻毎の流速
- アニメーションデータ

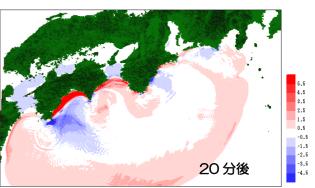
◆東海・東南海・南海地震波の計算例



◆津波の遡上解析例

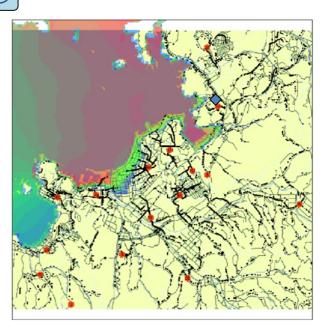






◆津波解析結果を用いた避難シミュレーション





国土交通省発表の試案に基づいた長周期地震動作成プログラムについて

(株)構造計画研究所

防災ソリューション部 行武 哉子

平成22年12月に国土交通省より「超高層建築物等における長周期地震動への対策試案について」¹⁾(以降、試案という)が発表されました。試案では長周期地震動を考慮した設計用地震動の作成方法が最新の知見をもとにまとめられています。現在、弊社ではこの試案に対応した長周期地震動作成プログラムの開発を行っております。本稿では、開発中の長周期地震動作成プログラムに関してご紹介いたします。

■ 国土交通省発表の試案について

試案では、地震動の観測データに基づいて、既存及び新たに建設される超高層建築物を対象に、解放工学的基盤上における設計用長周期地震動(水平動のみ)の作成方法が示されています。作成手法としては、方法Aと方法Bの2種類(表1参照)が示されていますが、方法Aは現在その手法が確立していないため、試案では方法Bを用いて地震動が作成されています。

表 1 設計用長周期地震動作成方法

_	C T BCH / 10 DC/: 47/91 - 12/2/2/4 1/94/3/12
方法 A	各地震動観測地点間のデータの補間により求めた任意の建設地点のサイト増幅係数等のデータを求めて作成した3地震の設計用長周期地震動を建設地点の地震動とする方法。
方法 B	建設地点に近い3箇所の地震動観測地点の3地震に対する設計用長周期地震動を建設地点の地震動とする方法。ただし地域毎に代表する設計用長周期地震動が設定されている場合にはそれを建設地点の地震動とみなす。

試案で想定地震としているのは、以下の3つの 海溝型地震です。

- ① 想定東海地震(Mw8.0)
- ② 東南海地震(Mw8.1)
- ③ 宮城県沖地震(Mw7.6)

試案では関東・東海・関西地域において区域分類(図 1 参照)されており、設定する地震動が異な

ります。区域 1~9 では区域分類ごとに設計用長周 期地震動が公開されているため、そのまま設計に 用いることができます。しかし、区域 0 では試案 に記載されている方法に基づいて建設地点毎に 地震動を作成する必要があります。

また、それ以外の地域では、条件「観測波として標準的な 3 波(エルセントロ NS、タフト EW、八戸 NS、ただし地震動レベル(最大速度)は何れも 50 kine 以上)及びいわゆる告示波(ただし地震地域係数 Z は 1.0 以上、位相はランダム位相で継続時間は 120 秒以上)を構造計算に用いる」を満たす場合に限り対象とした 3 地震の設計用長周期地震動を考慮する必要はないとされています。ただし、条件を満たさない場合には、区域 0 と同じ扱いとなります。

現在開発中のプログラムは、この試案に記載されている区域 0 における設計用長周期地震動作成手法に基づいた地震動を作成することを目的としています。

■ 長周期地震動作成プログラム

区域 0 では国土交通省から公開されている約1,700 の地震観測点(K-NET、気象庁等)から建設地点に近い3点を選び、各観測地点において設計用長周期地震動を作成します。区域 0 における、長周期地震動の作成フローを図 2 に示します。

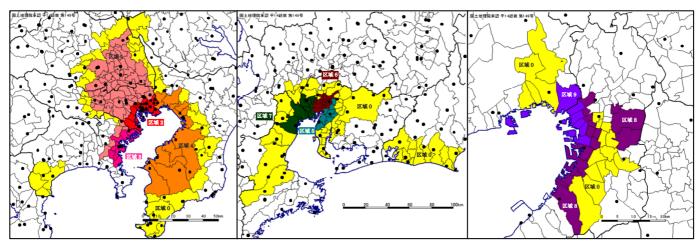
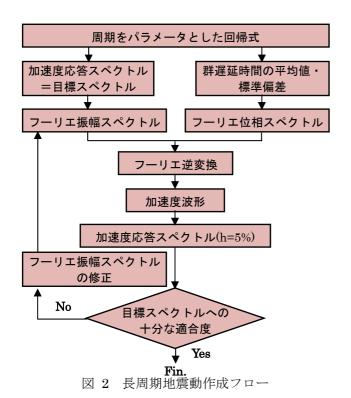


図 1 対象地域の区分(左より、関東地域、東海地域、関西地域)1)



現在開発中のプログラムでは、この長周期地震動作成方法に基づいた地震動の作成を行うことができます。開発中のプログラムを用いて長周期地震動を作成する流れを図3に示します。

Step.1

建設予定地点の緯度経度を入力し、近傍の3観測点を検索

Step.2

予め登録した断層モデルを選択し、3 観測点における応答スペクトルを計算

Step.3

波形を作成する計算ケースを選択し、波形作成の条件を決定

Step.4

波形計算の実行

Step.5

計算ケース毎に波形図やスペクトル図を確認

図 3 開発中のプログラムを用いた長周期地震動作成方法

なお、想定地震はデータベースに登録すること ができるため、試案の中で対象としている地震以 外の計算も可能です。

計算が終了すると計算ケース毎に以下の図が出力され、結果を確認できます(図 5 参照)。

- ・波形図(加速度、速度、変位)
- ・スペクトル図(スペクトル比、加速度応答スペクトル、擬似速度応答スペクトル、擬似変位応答スペクトル、擬似変位応答スペクトル、三軸図、エネルギースペクトル)

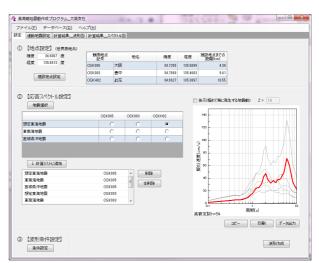


図 4 長周期地震動作成画面

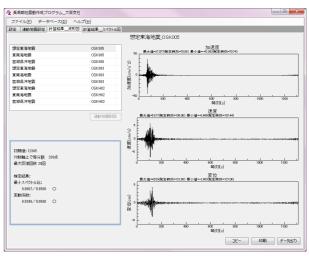


図 5 波形図確認画面

また、作成した地震動を用いて連動地震波形を 作成することもできます。試案の資料内に連動地 震波形の作成の考え方という項目があり、開発中 のプログラムではこの考え方に基づいた連動地 震波形作成機能を実装しています。

■ プログラムのリリースについて

現在、試案は寄せられた意見等を基に検討が行われており、正式な対策の発表時期は未定となっています。弊社では、対策内容の確定後に今回ご紹介したプログラムを更に改良し、「模擬地震波作成プログラム ARTEQ」の新機能として組み込み、リリースする予定です。

また、現状の試案における区域 0 の長周期地震動作成は受託解析にて承っておりますので、詳細は弊社営業までお問い合わせください。

参考文献

 国土交通省:「超高層建築物等における長周期地震動への対策試案について」に関するご意見募集について http://www.mlit.go.jp/report/press/house05_hh_000218.html (2012/6/12 アクセス)

設計用入力地震動作成システ

厶

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。

2011 年 6 月までに、各パッケージを順次 6.0 または 6.1 にバージョンアップし、Windows 7 への対応や新機能の追加等を行いました。また、SeleS の被害地震 DB を更新し、2011 年 4 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

地震荷重設定システム

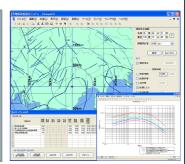
SeleS for Windows

セレス

販売価格

フル機能版 : 2,205,000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) 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。

概要



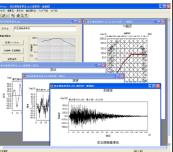
模擬地震波作成プログラム

ARTEQ for Windows

アーテック

販売価格

フル機能版 : 1,050,000円 (税込) 建築限定版 : 735,000円 (税込) 土木限定版 : 525,000円 (税込) 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可能です。



成層地盤の地震応答解析プログラム **k-SHAKE** + for Windows ケィシェイク プラス

: 840,000円 (税込)

: 525,000円(税込)

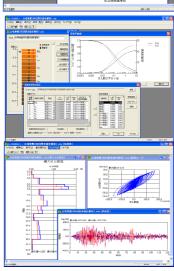
水平方向に半無限に拡がる成層地盤を対象とした地震応答解析プログラムです。強震記録波形や ARTEQで作成した模擬地震波を入力地震波として 与えることが可能です。

■基本機能

重複反射理論による等価線形解析機能を有します。 土の非線形性は歪依存特性により考慮することが可 能です。

■非線形解析機能(フル機能版のみ)

直接積分法による時刻歴非線形解析機能を有します。直接積分法は線形加速度法を用いて、レーリー減衰により粘性減衰を指定することができます。復元力特性として、線形/非線形(Ramberg-Osgoodモデル,Hardin-Drnevichモデル,骨格曲線・履歴曲線を別々に設定する方法)を選択することが可能です。



波形処理プログラム

k-WAVE for Windows

ケィウェイブ

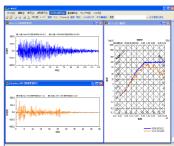
販売価格

フル機能版

基本機能版

販売価格: 210,000円(税込)

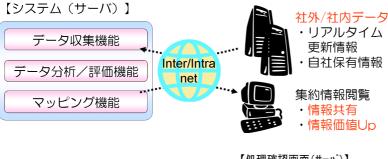
強震記録波形データやARTEQ、k-SHAKE+で得られた波形データを読み込み、積分・微分・フィルタ処理・中立軸補正処理・各種スペクトル表示を行う波形処理プログラムです。複数の波形に対して行った処理結果を簡単に重ね描き表示することが可能です。また、波形データに対する処理過程を保存することができ、前回終了時の状態から作業を再開することができます。



防災情報システム

■ システム概要

- ○「WEB・GIS」を基盤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)



【処理確認画面(サーバ)】



震度詳細

経度

震度

計測震度

震度 5 強

5.02

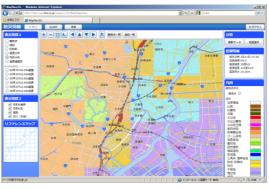
■ 機能概要(基本機能)

- 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。

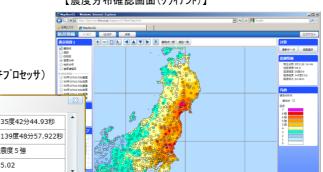
【地震選択画面(クライアント)】



【地形分布確認画面(クライアント)】



【震度分布確認画面(クライアント)】



■ 動作環境

:WindowsXP, Windows2003Server (32bit版) 対応OS

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 : MapServer

DB : PostgreSQL, PostGIS

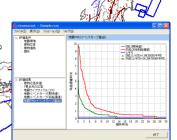
ブラウザ :IE6以上推奨

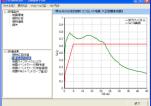
ricomacast ver.4.0

地震リスク評価プログラム

建物に効果的な地震対策の検討を支援する

- ■地震PML評価
- ■地震ライフサイクルコスト評価
- ■地震イベントカーブ評価
- ■シナリオ地震による詳細評価
- ■複数建物群(ポートフォリオ)





Ver.4.0の主な変更点

□ J-SHISの最新DBを追加

2010年度版の地震情報データベースを追加しました。

□ 連動型地震を考慮

南海トラフの地震、宮城県沖地震、十勝沖・根室沖の地震 について連動型地震を考慮できるようになりました。

□ 主要活断層帯の発生確率を選択

平均ケース/最大ケースの選択ができるようになりました。

□ 各階の応答加速度の推定方法の選択項目を追加

新たに以下の方法を追加しました。

- ・地表最大加速度×Ai分布で算出
- ・地表最大加速度×ユーザー指定倍率で算出

ricomacastとは?

ricomacastは、建設地周辺の活断層・プレートの状況や過去の地震活動状況をふまえて、建物の地震リスクを評価するプロ グラムです。日本全国の地震活動モデルのデータベースと、建物の地震リスクを評価するために必要な基本機能を内蔵して おり、建物の属性を設定することにより、対象建物の地震リスクを評価することができます。

現在の工学的知見に基づく地震情報データベースを利用して評価 することができます。また、GIS機能を標準搭載しており、建物 周辺の地震環境を地図上で確認することができます※1。

[地震情報データベース]

- □ 主要活断層帯※2
- □ 主要活断層帯以外の断層※2
- □ 海溝型地震断層※2
- □ 震源断層を予め特定しにくい地震*2
 - ※1 国土地理院刊行の数値地図25000 (行政界・海岸線) を基本地図として利用 ※2 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。

建物応答評価

建物応答は応答スペクトル法により評価します。建物の耐力スペク トルは、以下の4つの設定方法を用意しています。構造計算や耐震 診断結果等に基づいた設定を支援しています。

[耐力スペクトルの設定方法]

- □ 保有水平耐力(せん断力係数Ci)の入力
- □ Bird-21保有水平耐力計算結果を利用する
- □ Is値の入力
- □ 耐力スペクトルの直接入力

システム開発(受託開発)

ricomacastは単独で動作するソフトウェアですが、お客様の利用 目的に応じたカスタマイズに対応しております。

「自社独自の損傷評価モデルやコストモデルをricomacastに導入 したい」、「自社の仕様に合わせたレポート出力機能が欲しい」等 のご要望にお応えします。

震源特性・伝播経路特性とサイト増幅特性の評価

応答スペクトルの距離減衰式と浅部地盤の増幅特性を与えて シナリオ地震の地震動の強さを評価します。

「距離減衰式・地盤種別]

- □ 安中・山崎・片平(1997)
- ・ユーザー指定によるサイト増幅特性
- ・建築基準法に基づく地盤種別のサイト増幅特性
- □ 山内・山崎・若松・SHABESTARI (2001)
- ・11種類に分類された地盤種別のサイト増幅特性

▮ 損失評価

フラジリティおよび再調達価格に基づき評価します。フラジリ ティはユーザーが自由に設定することができます。また、既往 の研究結果を参考に設定したフラジリティを内蔵しています。

[フラジリティ]

- □ ラーメン構造
- □ 非構造部材(加速度依存)
- □ 壁・ブレース構造
- □ 非構造部材(層間変形角依存)

出力項目

- □ 地震イベントカーブ (期待値、90%非超過値)
- □ 地震PML
- □ 地震ライフサイクルコスト など

動作環境

対応OS : Microsoft Windows XP 日本語版

Microsoft Windows Vista 日本語版 Microsoft Windows 7 日本語版

CPU Pentium 4以上 必要メモリ: 512MB以上

プロトコル: TCP/IP(同一ルータ内で接続されている範囲) その他

: USBポートにセキュリティデバイスの接続が必要です

インストールには管理者権限が必要です

液状化問題に対するソリューション

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

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

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

■海岸付近の地盤における液状化検討事例

●過剰間隙水圧比コンタ図

-40. 0 -60. 0 -80. 0

20

過剰間隙水圧比の時刻歴 1.00 過剰間隙水圧比 0.50 0.00 -0. 50 <u>└</u> 10 20 30 80 100 時刻 ●着目点の変位の時刻歴 最大値=78.890 最小値=-40.940 80. 0 40.0 0.0 -20. 0

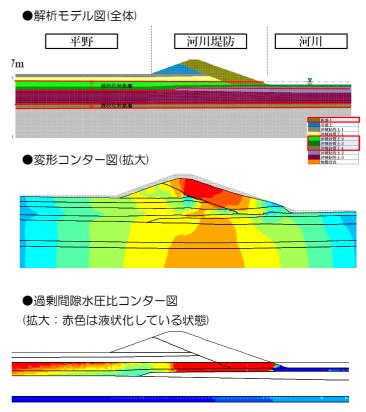
時刻

90

100 110

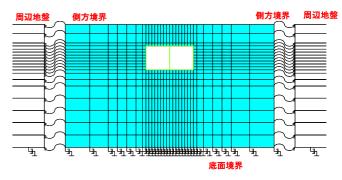
株式会社 構造計画研究所

■FEMにより河川堤防の液状化による挙動を シミュレーション

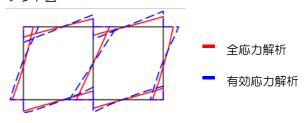


■有効応力解析と全応力解析により地中構造物 の耐震性を比較検討





●モーメント図



天井の耐震対策の最新動向

㈱構造計画研究所

耐震技術部 田名部信明

はじめに

1978年伊豆大島近海地震において、躯体には著しい損傷が見られない場合にも大空間天井の損傷被害が発生し、天井の耐震対策が注目され始めた。それ以降の地震発生時にも同様な天井の被害が発生し、国土交通省では技術的助言を出して設計上の注意を喚起していた。

そんな中、平成23年3月11日の東日本太平洋沖地震において、多くの天井、設備機器、消防設備、 仕上げ材などで落下や損傷の大きな被害が発生した。震源から離れていたため、地震による躯体の著 しい損傷は免れた構造物にあっても、非構造部材に大きな被害が発生し、死傷者が出たり継続使用が 不可となることで事業が停止したりするなど、多くの問題が生じた。

これらの問題をうけて今年4月、国土交通省から2011年度の建築基準整備促進事業に基づく天井の耐震対策が公表された。ここでは公表された耐震対策の概略に加え、弊社における天井の耐震対策に関する取り組みについて紹介する。

1. 「天井の耐震対策」の概略

天井の耐震対策の検討が必要となる適用範囲は、天井高さ 6m 以上、室面積 200m²以上とされた。 適用範囲に該当する場合の耐震対策の方法は、3つのルート(図 1 参照)が示された。

仕様ルートでは、吊りボルトを $1m^2$ に 1 本以上、斜め部材はV字型で配置、天井の縁切りは 100mm 以上の隙間、など構成する部材や形状についての「仕様 1」またはロープで吊る、ネットを設置など 天井落下があっても人的被害を避けるなどのフェールセーフに関する「仕様 2」が示された。

計算ルートでは、躯体と吊り天井との共振に配慮した吊り元の揺れ(床応答スペクトル)の評価方法として、「スペクトル法」、「簡易スペクトル法」、「震度法(表 1 参照)」が示された。仕様ルートによらず震度法で評価する場合、最大で自重の 2.2 倍の水平力に対して、耐力、変位等の安全性を確認することになり、既存の天井の想定に比べかなり大きな水平力となる。

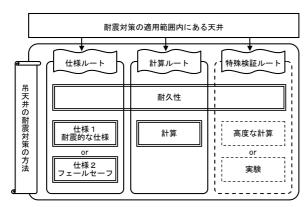


図1. 天井の耐震対策を考える際の基本的な枠組

表 1. 震度法による評価で天井にかかる水平震度

	共振の程度により分類		
設置階	T ₁ /3 <t<sub>ceil 又はT_{ceil}が不明</t<sub>	0.1(s) $< T_{eeil} \le T_1/3$	T _{cei1} ≦0.1(s)
上層階	2. 2	1.1	0. 37
中間階	1. 3	0. 66	0. 24
下層階	0.	0. 10	

T₁ : 建物躯体の1次固有周期 T_{ceil}: 吊り天井の固有周期

計算ルートのスペクトル法では、構造躯体が1自由度と仮定した場合の数種類の建物周期に対する 増幅倍率の関係を求めた例が示され、建物の固有周期に対する天井の固有周期の比から、増幅倍率を 推定する方法が提案された。ここでは固有周期の比が1の場合(建物と天井が共振した場合)、増幅倍 率は6倍とのグラフが示された。つまり、建物と天井が共振した場合、建物の6倍の加速度が天井に 作用することを意味している。

天井の固有周期については、簡易的には水平方向について斜め部材の剛性、本数などから推定する ことも可能であるが、上下方向や段差天井、斜め天井等の固有周期は、計測や実験・解析などにより 算定する必要があり、特殊な天井の固有周期の算定方法が今後の課題となっている。

簡易スペクトル法では、スペクトル法を基に、共振する周期に幅を持たせ、スペクトルを包含する 折れ線が示された。建物階数やその建物内での位置(上層、中間、下層)のいくつかの組み合わせに ついて応答加速度を重力加速度で割った値(水平震度)が示され、大きい箇所で 2.0 を超えるところ があった。

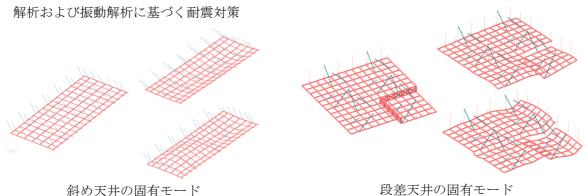
前述の震度法は、簡易スペクトル法を更に表にまとめられる程度に簡略化したものである。 特殊検証ルートでは、今回は具体的には示されず今後の課題とされた。

耐震対策の3つのルートに加えて、吊り天井の固有周期と許容耐力について、在来工法天井の野縁 方向の例が示された。文献を基に、剛性、クリップの滑り耐力が設定され、斜め部材が多い吊り天井 は固有周期 0.2 秒程度、少ない吊り天井は 0.6 秒程度との値が示された。また、クリップの滑りで決定 される許容耐力は水平震度で1.0前後が上限となることが示された。

2. 弊社における取り組み事例

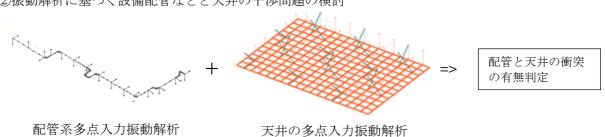
天井などの非構造部材を対象とした耐震対策に関する弊社の取り組みの事例を以下に示す。

①斜めに貼られた天井、段差天井、平面的に偏心のある天井など各種の天井を対象とした固有値



②振動解析に基づく設備配管などと天井の干渉問題の検討

斜め天井の固有モード



- ③疲労 S-N 曲線を用いた比較的継続時間の長い地震動による耐震検討
- ④非構造部材の座屈、クリップの破断などの非線形特性を考慮した振動解析
- ⑤センサーによる天井、下地材などの常時微動計測および計測結果(加速度波形データなど)を 用いたスペクトル分析、天井の固有値の推定

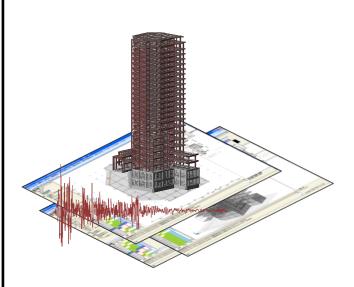
3. おわりに

天井など非構造部材の耐震対策について、今後も最新の知見を取り込んだシミュレーションを行い、 技術の向上に努めてまいります。詳しくは弊社営業担当までお問い合わせ下さい。

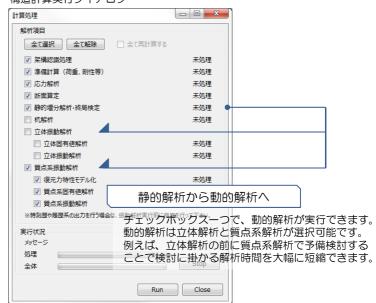


■ プログラム概要

RESP-Dは一貫構造計算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。RESPシリーズが取り組んできた超高層建築、免震構造、制振構造に対して、数々の新しいアイディアを盛り込むことで、より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。

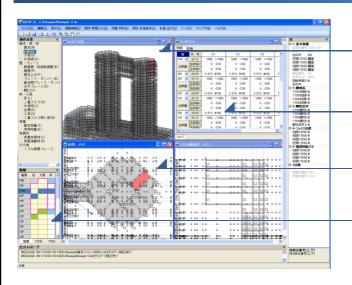


構造計算実行ダイアログ



※ 画面はVer2開発時のものです。

■ 建物データ・構造解析の特徴



エラーの即時表示

モデル化エラーは逐次表示されるため、ミスを早期に発見できます。

構造図ライクなリスト表示

構造図に似ているため直観的なチェックが可能です。

グリッド+ α の形状入力

軸を基本とした任意形状が可能です。

階のグルーピング

階をグループ化することで基準階の入力省力化が可能です。

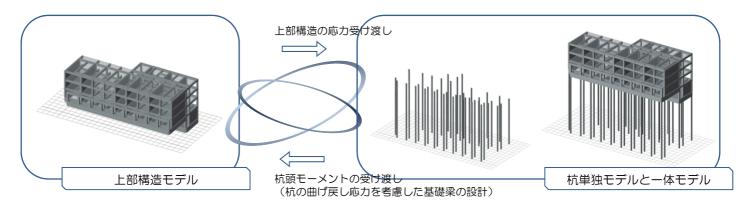
- S造、CFT造、RC造、SRC造の各構造種別や、袖壁, 垂壁、非充腹SRC部材(ラチス・格子)の入力が可能です。
- ・非剛床や多剛床の指定や、水平ブレースの配置が可能です。
- ・水平・上下の3成分地震波入力の指定による弾塑性立体振動解析が可能です。
- ・オイルダンパーなど粘性型の制振装置や、中間層免震を含む免震モデルの解析が可能です。
- 一つのデータで免制振装置の特性変動を考慮した解析が可能です。
- ・解析モデルの応答解析アニメーションが作成できます。また解析アニメーションでは、2棟並べての応答比較が可能です。
- ・鉄骨/コンクリート数量の出力が可能です。
- ・柱/大梁のせん断非線形解析に対応しました。Ver. 2 NEW
- ・冷間成形鋼管の検討(柱梁余裕度、パネル余裕度)に対応しました。Ver. 2 NEW
- ・中間層免震の質点系振動解析モデル・立体振動解析モデルに対応しました。Ver. 2 NEW
- 位相差入力解析に対応しました。Ver. 2 NEW
- REDO/UNDOに対応しました。 Ver. 2 NEW

Program Package for Seismic Study of Building

下部構造設計(杭計算·基礎梁計算) Ver.2 NEW

RESP-Dでは基礎構造設計に近日対応予定です。上部構造に加えて杭をモデル化することで、杭および杭の曲げ戻しを考慮した基礎 梁の設計が可能となります。主な機能としては下記となります。なお既製杭については順次対応予定です。

- 杭と地盤ばねをモデル化した「杭単独モデル」、上部構造と杭と地盤ばねをモデル化した「一体モデル」による解析が可能です。
- 建築基礎構造設計指針による塑性化を考慮した水平地盤ばね値に対応しています。
- 杭頭の塑性化に対応しています。
- 杭と基礎梁の構造計算書(杭伏図、杭断面リスト、モーメント図、検定値図、検定表)に対応しています。



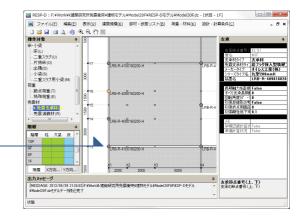
■材料および免震装置、制震装置の対応

新たに下記の材料および免震装置、制震装置に対応しました。 下記の他に、オイレス工業、昭和電線デバイステクノロジ、ブリヂストン、 新日鉄エンジニアリング, 免制震ディバイス各社の装置に対応しています。

- 高強度せん断補強筋KH785 NEW
- 新日鉄エンジニアリング:ユニットゴムダンパー詳細モデル NEW
- ・東京ファブリック工業弾性すべり支承 NEW
- ブリヂストン高減衰積層ゴム支承X0.4R, X0.6R NEW

直感的な装置選択・配置

免震/制震装置は製品名に対応しているため、 直感的に選択・配置することが可能です。 免震/制震装置は質点系・立体振動解析モデルにシームレスで対応します。



■ 既存RESP-シリーズとの連動

	許容応力度設計	静的增分解析	立体振動解析	質点系振動解析
RESP-D		пп		
RESP-F3T		ファイル変換可		
RESP-F3/F3D		ファイル変換可		
RESP-M/I				ファイル変換可

■ 販売価格

ソフト	販売価格	保守料
RESP-D	2,310,000 円/本	420,000 円/本
RESP-F3T	3,675,000 円/本	525,000 円/本
RESP-D & F3Tセット	3,675,000 円/本	945,000 円/本

- ※1表示価格には消費税5%を含みます。
- ※2 保守料にはバージョンアップ料が含まれています。
- ※3 教育機関向け価格はお問い合わせください。 ※4 Sentinel HASPによるラインセンス管理に対応しました。 *Ver.2 NEW*

Steel-FRP 二重殻タンク実験解析

キーワード:座屈固有値、大変形解析、接触解析

耐震技術部 松澤美津子、 エンジニアリング営業部 庄司 正弘

要約: 危険物施設の地下貯蔵 Steel-FRP 二重殻タンク(以下、「SF 二重殻タンク」と呼ぶ)は、内殻の 鋼製タンクを外殻 FRP で覆い腐食防止をはかっているが、土中埋設後の FRP 部の破損挙動が発 見されている。この原因解明を目的とした実験の数値シミュレーション解析を行ったので、ここ に、結果を報告し、FRP 部の耐力把握に向けた一考察を試みた。

1. はじめに

埋設された、SF 二重殻タンクの経年劣化による破損の可能性や、破損する場合の外力について究明するため、劣化した既設タンクを用いた各種実験と試験が行われた。ここでは、タンクの挙動の把握を目的に、FEM を用いて、外圧作用状態での挙動のシミュレーションを行った。なお、本実験及び解析は危険物保安技術協会の依頼によって実施された。

2. 実験概要

図-1 に実験概要を示す。実験は、窒素ガスを注入することで FRP 殻に外圧を作用させ、外圧 $30kN/m^2$ になった後、内側の内殻鋼製タンクをジャッキで上下させて、FRP 殻と鋼製タンクの間にすき間を生じさせた。すき間が 2cm から 5cm の間で、FRP 殻が浮き上がった後、破壊した。破壊の様子は、右図の様に、ほぼ 3 分割の座屈が生じた。





図-1 実験概要

3. 解析方法

(1)解析モデル

図-2に解析モデルを示す。

- ① FRP 殻はシェル要素でモデル化した。外側がシェルの法線方向(シェルの上面)である。
- ② FRP 内部に鋼製殻をおき、FRP と接触することを想定した解析を行った。
- ③ 解析メッシュは軸対称性を損なわないよう、軸対称に分割した。
- ④ 解析モデルはタンクを三次元でモデル化した。モデルの高さなどは、実験と合わせた。
- ⑤ FRP 殻の下端は固定とした。
- ⑥ FRP の物性は今回行った要素材料試験結果を用いた。
- ⑦ FRP 材料は単純化し、図-3の様なバイリニア型の非線形とした。(異方性は考慮しない)
- ⑧ 解析には、汎用非線形 FEM 解析プログラム ADINA(米国 ADINA 社製品)^{注1}バージョン 8.7 を用いた。線形化座屈固有値解析の手法は、出発ベクトルをランチョスとし、イテレーションはサブスペース法とした。
- ⑨ 非線形荷重増分解析は、直接積分による陰解法動的解析(ステップは 1 秒単位)で行った。収束計算は、FULL-NEWTON(Line-Search あり)とした。解析ステップは収束状況によって自動的に細分割する機能を用いた。
- ⑩ 実物では板厚は完全には均一ではないが、解析では均一厚さとした。(解析条件参照)

※注1:汎用構造解析プログラム ADINA は、米国マサチューセッツ工科大学教授 Dr.K.J.Bathe により開発された数値解析プログラムで、特に構造物の非線形解析に有効な機能を多く備えている。

(2)解析条件

・形状 鏡部の直径 R=2.10m 鏡部の高さ h=0.21m 円筒部高さ=2.1m

鏡部球形半径=2.73m 隅アール半径 r=1/10R=0.21m

・板厚 鏡部=3.5mm 隅アール部=5mm 円筒部=1cm

・FRP 材料物性 弾性率=6,450,000(kN/m²) 引張強度=80,300 (kN/m²) ポアソン比=0.3

材料非線形特性は、図-3の様な等方性バイリニア特性とする。

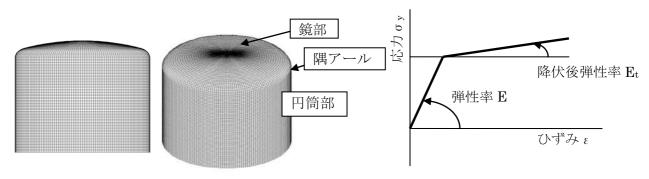


図-2 解析モデル

図-3 材料特性

4. 解析手順

解析は、線形化座屈固有値を求めた後、FRP 殻が内殻鋼製タンクに接触する場合と、内部に鋼製タンクのない状態でFRP殻に外圧を加える場合の2ケースの増分解析を行い、実験の現象の再現解析を試みた。解析は材料非線形および大変形を考慮し、鋼製タンクに対しては接触問題とした。

内部に鋼製タンクが存在する状態で、その外側の FRP 殻を対象とし、外圧を増加させた。解析上、鋼製タンクの鏡板部を接触面とした。接触面は剛と仮定した。一般に金属と石などの物質の間の摩擦係数は $0.30\sim0.70$ とされる。二重タンクでは密着したとき滑りにくいとの報告がされていることから、摩擦係数は 0.7 とした。解析は、以下の手順で行った。

- ① 初期には、間隙 2mm のところに接触面を設ける。
- ② 外圧を 30kN/m² まで増加する。
- ③ FRP 殼と鋼製タンクの間の間隙を徐々に離す(鋼製タンクを下方に移動する)。50mm まで離す。
- ④ 外圧を 70kN/m²まで増加させる。

5. 解析結果

1)線形化座屈固有值

荷重は均等に作用する $1kN/m^2$ の外圧である。固有値は、12.24 であり、外圧 $12.24kN/m^2$ で図-4 の様な形状の座屈モードが発生する。なお、比較参考のため、球殻の座屈固有値の理論解 Pcl を次式で算定した。

$$P_{Cl} = \frac{2Et^2}{a^2\sqrt{3(1-v^2)}}$$

(ここに、E: 弾性率= 6.45×10^6 (kN/m²)、

t:板厚=3.5mm

a:球半径=2.73m、 v:ポアソン比=0.3)

板厚 3.5mm では、Pcl=12.83 となる。本解析対象の FRP 鏡部は 球殻の一部であるので、概ね理論解に近い座屈固有値を示すことが わかった。

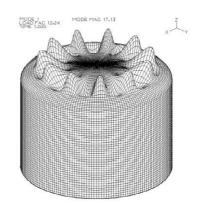


図-4 座屈モード (FRP 殻)

2) 大変形外圧増分解析(内部に鋼製タンクあり、接触問題)

図-5 に、FRP 殻の変形図と最大主応力コンター図(間隙 1cm の場合と 3.4cm の場合)を示す。 間隙 3.4cm の場合に、隅に引張限界の応力が発生する。

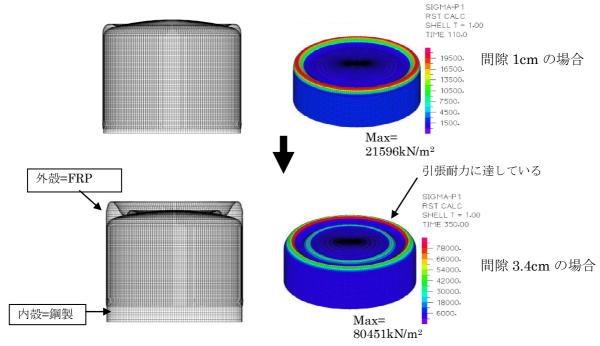


図-5 FRP 殻の変形図と最大主応力コンター図(間隙 1cm の場合と、3.4cm の場合)

3) 大変形外圧増分解析(内部に鋼製タンクなし)

FRP 殻と鋼製タンクとの隙間が大きく、接触しない場合を想定して検討を行った。図-6 に外圧変化による変形コンター図を示す。外圧約 $10kN/m^2$ を超過したところから図に示す様に、複数個(6 個)の凹状の変形が生じ、最終的に 3 個の凹状に波打つ変形となった。

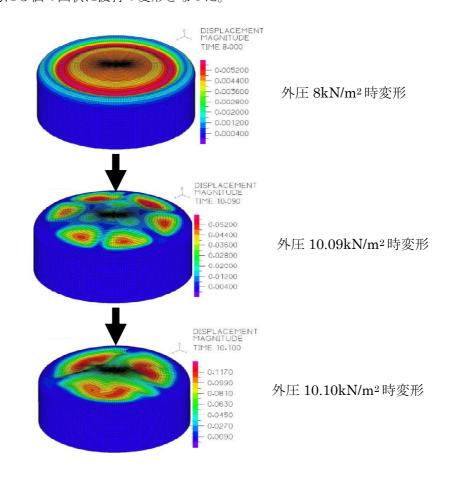


図-6 外圧変化による FRP 殻の変形コンター図 (単位 m)

4) 考察

図-7に実験解析の推移を示し、実験の経緯を解析に基づき推測する。

- ・FRP 殻が内部の鋼製タンクに密着している部分では、応力はごく小さい。
- ・鋼製タンクが下方に移動し、FRP 殻との間隙が大きくなると、鏡部は密着したまま変形する。 この時、密着している部分の外側の縁では応力が増加する。
- ・間隙が広がると接触している部分の外側の縁の応力が増加して、引張強度に至り、鏡部外周に 沿って円状に破断が生じる。
- ・破断が生じた瞬間に、窒素ガスが割れ目から内部に入り、その圧力により FRP 殻が浮き上がる。
- ・外圧が $30kN/m^2$ 程度あるので、直ちに内部が空の解析と同等の状態となり、球殻の座屈がおこり、3 分割に波打った変形となる。
- ・計測されたひずみは最大 8496 (μ ϵ) であり、これは応力では 55,000kN/m² であり、降伏 (80,300 (kN/m²))に至っていない。計測されたひずみにばらつきはあるが、鋼製タンクに固着していたので、応力は増加しなかったと思われる。最終的に②ゲージが最大ひずみとなりここで破断が起こったとみなされる。
- ・解析の材料非線形では、引張強度に到達後、弾性率が弾性時の 1/100 となるように設定しているが、実際の FRP 殻ではひずみが伸びずに破断することが予想される。解析では FRP 殻が破断せず、伸び続けるとしている。

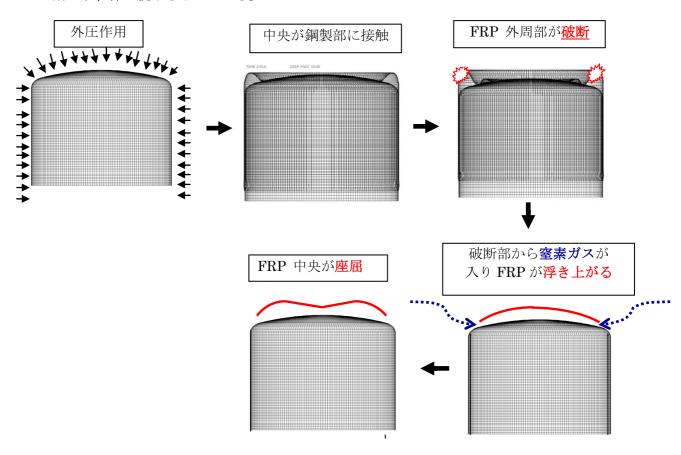


図-7 実験解析の推移

6. まとめ

実験の経緯を解析で推測することを試みた。その結果、実験で生じた最終的な座屈の形状を解析で概ね再現することができ、FRP 殻は外圧 $10kN/m^2$ を超えると座屈が生じることがわかった。また、実験結果にある縁円周状のクラックは、解析から得られた最大応力の集中箇所とほぼ一致することがわかり、解析により、実験での破損経緯を定性的に推測することができ、SF 二重殻タンクの FRP 部の破損挙動の解明の一端となった。以上より、一般にこれらのタンクは 1m 深度程度の土中に埋設されることから、何らかの原因でタンク内外殻に間隙が生じた場合、外郭 FRP 部の破損がありうることを示唆する結果が得られた。

汎用の非線形有限要素法解析プログラム

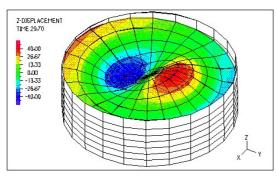
ADINA

特徴

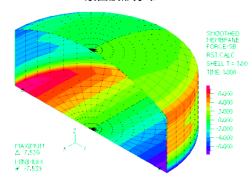
ADINA は、マサチューセッツ工科大学の研究成果を反映し ADINA R&D 社が開発した代表的な汎用の構造・熱伝導・熱流動解析プログラムです。非定常・非線形挙動を高精度な計算機能で解くことが可能です。 弊社ではプログラム販売の他、解析コンサルティング・サービスもご提供しております。

構造物一流体連成問題

貯蔵液体タンクのスロッシング解析



液面波形分布



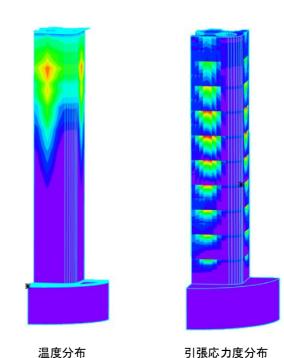
タンク壁面:断面力分布

■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

非定常温度計算一熱応力問題

施工手順を考慮したRC橋脚の水和熱による、 ひび割れ発生の予測



■水和熱によるひび割れ発生予測解析のポイント

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

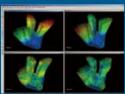
紹介セミナー・お試し版プログラム・教育訓練

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

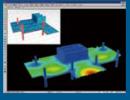
設計業務を広範囲でサポートする構造解析システム

midas en RAMINATION











- 静的線形解析
- ・静的フレーム非線形解析
- 静的材料非線形解析
- 動的線形解析
- ・動的フレーム非線形解析
- 免震制振解析
- 座屈解析

- Pーデルタ解析
- 幾何学的非線形解析
- 施工段階解析
- 水和熱解析
- 断面算定
- · 断面DB設定
- 構造図作成

詳細はこちら↓

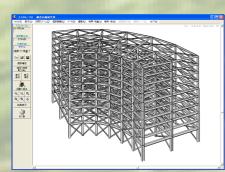
http://www4.kke.co.jp/midas/

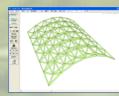
midas Gen 及び midas FEA は、MIDAS IT社の商標です。表記の社名及び製品名等は、各社の登録商標または商標です。

3次元任意形状フレーム構造解析ソフトウェア



2012年4月 Ver.10 リリース (平面応力要素追加)

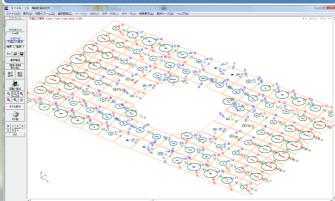






3次元任意形状フレームモデルの静的・弾性 応力解析を簡単かつスピーディに実行。 5000節点、18000要素までのモデルを扱えます。 形状に関する制限は一切ありません。

平面応力要素の主応力図



※画像はイメージです。実際の内容とは異なる場合がございます。

不安定でない限り、どんな形状のフレームモデルでも応力解析を実行します。 不定形の構造物、プラント構造物、工作物の解析に威力を発揮します。

詳細はこちら → http://www4.kke.co.jp/stan/



IHS IHSリスクマネジメントソリューション

"IHSリスクマネジメント ソリューション"とは?

What is "IHS risk management solution"?

設計源流での安全に対するリスク、 および製造・施工・運用・廃棄など 各製品ライフサイクルにおける品質低下 リスクを顕在・定量化し、リスクを適切に 管理・縮減することで、企業の安全と 競争力を高めるソリューションです。

各種規制・業界標準 解析手法に対応! Compliance

FMEA,FMECA HAZOP,HACCP LOPA,SIL

FTAなど多数の手法 IEC61508など 多数の国際規格 ※製品がサポートしている 手法の代表例。 ※自社品質システムの 組み込みも容易です。

特長 Feature

- ●FTA信頼性解析とシミュレーションによる システムの故障確率の定量化と弱点の特定
- ●知識の共通、共有、継承による、抜けがなく、現場負担が少ないリスクマネジメント



全世界で 3000社以上 Fortune500の 85%の企業に 採用実績

く導入メリット>

- ●安全かつ高品質な製品サービスの提供を組織的に実現 → 設計源流でのリスクへの気づき確率の向上
- ●当該リスクに対する過去事例や過去対策など情報収集短縮リスク対策の設計へのトレーサビリティによる確実な安全の作り込み
 - → 高機能、複雑化、短工期、低コストに耐えうる現場力の実現
 - →これらを現場負担を下げながら実現。
- → 担当者の気づき依存から、組織全体でのリスクマネジメントへ!

く製品ラインナップ>

エンタープライズ版

デスクトップ版

※ 小規模利用のために、STATUREの一部機能をパソコンで(スタンドアロンで)利用可能としたツール



FMEA-Pro





xpert Guidance for Failure Mode and Effects Analysis

expert Guidance for Fault Tree Analysis Ex

提構造計画研究所 KOZO KEIKAKU ENGINEERING Ins.

株式会社構造計画研究所はIHS社の国内販売代理店です。 DYADEM社はIHS社に合併されました。今後IHSブランドとして継続して製品提供いたします。

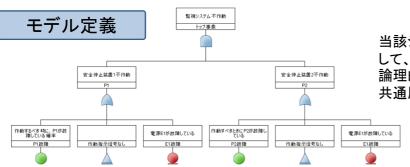
>詳細は www.kke.co.jp/ihs

IHSソリューションの適用範囲例

リスクマネジメントを支える知見化や、リスク対策に 関する範囲まで適用することが可能です。



FTA(Fault Tree 解析)信頼性シミュレーション例



当該システムにおける重大な事象をトップとして、その発生メカニズムをトップダウンで 論理的に展開しモデル化します。 共通原因故障にも対応しています。

解析期間を指定して、信頼性シミュレーションを実行

解析結果

<故障確率推移>

時間 4	アンアベイラ	不信頼度
o	1E-06	1E-06
1000	0.17005	0.48935
2000	0.31218	0.74317
3000	0.076606	0.87235
4000	0.23412	0.93714
5000	0.36565	0.96929
6000	0.14758	0.98509
7000	0.29342	0.9928
8000	0.051716	0.99653
9000	0.21331	0.99834
10000	0.34829	0.99921

例えば、運用開始から設計想 定期間までの時系列の故障確 率推移が確認可能です。 保守間隔による信頼性への影 響評価にも対応しています。

カット集合> 弱点!マルチセーフティ× カット集合# アンアベイラビリティ 1 1 0.12158 E1故障 2 0.027612 E2故障 3 0.027612 A故障 4 0.0007624 S1故障 S2故障 5 1E-06 P1故障 P2故障

システム故障の原因を発生確率順に 表示し弱点を浮き彫りにします。また マルチセーフティの確認も容易です。



日本地震学会 2011 年秋季大会 (予稿の文章および図を一部加筆修正しています)

地震波伝播における海水の影響 -2 次元差分法による検討-

#西條裕介 1),古村美津子 2),野田朱美 1),庄司正弘 1),松浦律子 2)

1) 構造計画研究所 2) 地震予知総合研究振興会

The Influence of Sea Water in the Seismic Wave Propagation

— Study by the 2-Dimensional FDM —

#Yusuke Saijo¹⁾, Mitsuko Furumura²⁾, Akemi Noda¹⁾, Masahiro Shoji¹⁾, Ritsuko S. Matsu'ura²⁾
1) Kozo Keikaku Engineering, 2) ADEP

1. はじめに

海岸沿いの観測点で得られた、海域で発生する地震の観測記録には、直達波に続き振幅の大きな長周期の長い波群が見られることがある。これらは、radial 方向と上下方向に顕著に見られることから、レイリー波と考えられる。このレイリー波の励起には、Noguchi et al. (2010) などが指摘するように海水層の影響が示唆される。一方で、長周期地震動予測シミュレーションにおいて、海水の影響が考慮されることは多くない。本研究では、海域で発生した地震の観測記録を整理し、地震波伝播における海水の影響を検討するため、2次元差分法によるシミュレーションを行った。シミュレーションでは、海水層を設けたモデル、設けないモデルを用い、観測波形との比較・検討を行った。

2. 解析対象

解析対象地震は、三陸沖で発生したプレート間地震(2011年3月9日、Mw7.2)およびアウターライズ地震(2005年11月15日、Mw7.0)とした。対象地震の諸元を表1に示す。本地震による海岸沿いの観測波形には、波形後半に長周期の波群が見られることを確認した。本研究では、(独)防災科学技術研究所の KiK-net の MYGH12 観測点および F-net の KSN 観測点を対象に計算を行った。対象地震、観測点の位置関係や計算断面位置を図1に示す。図中黒線に沿って計算モデルの断面を作成した。

①プレート間地震 ②アウターライズ正断層地震 設定根拠 設定根拠 パラメータ 発生日時 2011/03/09.11:45:12.97 5/11/15,06:3 震央位置 143,2798,38,3285 144.8895.38.0305 原深さ(km) F-net F-net Mw CMT解 CMT解 7 97F+19 4 06F+19 $M_0(Nm)$ 186.23.70 178.63.-105 (走向、傾斜、すべり角) 27.69.98 29.31.-63 NGY地震 観測波形を 震源継続時間 15秒 15秒 参照 学ノート

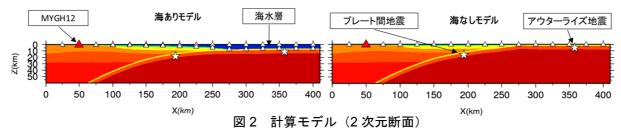
表 1 対象地震の諸元

39'
| KSN | 2011(03/09,91465) | 2005/11/15,06:39 | 37' | 37' | 37' | 37' | 37' | 37' | 37' | 37' | 37' | 37' | 37' | 37' | 37' | 37' | 37' | 37' | 37' | 37' | 37' | 37' | 37' | 37' | 37' | 37' | 37' | 37' | 37' | 37' | 37' | 37' | 37' | 37' | 37' | 37' | 37' | 37' | 37' | 37' | 37' | 37' | 37' | 37' | 37' | 37' | 37' | 37' | 37' | 37' | 37' | 37' | 37' | 37' | 37' | 37' | 37' | 37' | 37' | 37' | 37' | 37' | 37' | 37' | 37' | 37' | 37' | 37' | 37' | 37' | 37' | 37' | 37' | 37' | 37' | 37' | 37' | 37' | 37' | 37' | 37' | 37' | 37' | 37' | 37' | 37' | 37' | 37' | 37' | 37' | 37' | 37' | 37' | 37' | 37' | 37' | 37' | 37' | 37' | 37' | 37' | 37' | 37' | 37' | 37' | 37' | 37' | 37' | 37' | 37' | 37' | 37' | 37' | 37' | 37' | 37' | 37' | 37' | 37' | 37' | 37' | 37' | 37' | 37' | 37' | 37' | 37' | 37' | 37' | 37' | 37' | 37' | 37' | 37' | 37' | 37' | 37' | 37' | 37' | 37' | 37' | 37' | 37' | 37' | 37' | 37' | 37' | 37' | 37' | 37' | 37' | 37' | 37' | 37' | 37' | 37' | 37' | 37' | 37' | 37' | 37' | 37' | 37' | 37' | 37' | 37' | 37' | 37' | 37' | 37' | 37' | 37' | 37' | 37' | 37' | 37' | 37' | 37' | 37' | 37' | 37' | 37' | 37' | 37' | 37' | 37' | 37' | 37' | 37' | 37' | 37' | 37' | 37' | 37' | 37' | 37' | 37' | 37' | 37' | 37' | 37' | 37' | 37' | 37' | 37' | 37' | 37' | 37' | 37' | 37' | 37' | 37' | 37' | 37' | 37' | 37' | 37' | 37' | 37' | 37' | 37' | 37' | 37' | 37' | 37' | 37' | 37' | 37' | 37' | 37' | 37' | 37' | 37' | 37' | 37' | 37' | 37' | 37' | 37' | 37' | 37' | 37' | 37' | 37' | 37' | 37' | 37' | 37' | 37' | 37' | 37' | 37' | 37' | 37' | 37' | 37' | 37' | 37' | 37' | 37' | 37' | 37' | 37' | 37' | 37' | 37' | 37' | 37' | 37' | 37' | 37' | 37' | 37' | 37' | 37' | 37' | 37' | 37' | 37' | 37' | 37' | 37' | 37' | 37' | 37' | 37' | 37' | 37' | 37' | 37' | 37' | 37' | 37' | 37' | 37' | 37' | 37' | 37' | 37' | 37' | 37' | 37' | 37' | 37' | 37' | 37' | 37' | 37' | 37' | 37' | 37' | 37' | 37' | 37' | 37' | 37' | 37' | 37' | 37' | 37' | 37' | 37' | 37' | 37' | 37' | 37' | 37' | 37' | 37' | 37' | 37' | 37' | 37' | 37' | 37'

図1 計算対象地震, 観測点と計算断面

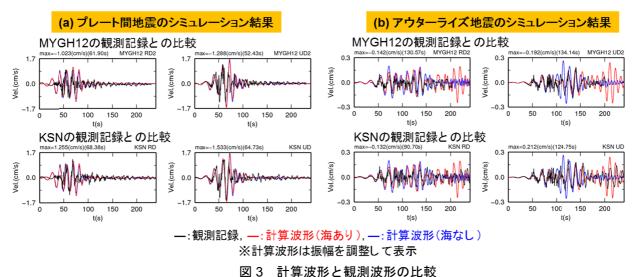
3. 計算手法・結果

波動伝播シミュレーションは、2 次元差分法を用いて行った。図 2 に計算モデル(2 次元断面)を示す。計算領域は X 方向に 410km、Z 方向に 60km とし、格子点間隔は 0.1km とした。解析対象周波数は 0.05~1kz とし、後に示す波形にはこの帯域を透過するフィルタ処理を施している。地下構造は、海洋プレート、上部・下部地殻など全 8 層でモデル化し、海水層を設ける場合、海水層を設けない場合の計算を実施した。海水層の物性値は、ky=1.5km/s、ky=0.0km/s、ky=1.02kg/cm³、ky=1000 とした。なお、海水層を設けない場合は、各層の境界面及び震源の深さを海の深さ分持ちあげた。



△:波形出力点 (▲: MYGH12), ☆:震源

計算波形と観測波形の比較を図3に示す。まず、図3a,bの上段に、MYGH12地点の観測波形と の比較を示す。計算波形は振幅を 1/10 して表示している。100 秒付近までは、海あり、海無しモ デルともに観測波形を良く再現できている。100 秒以降、海あり、海なしモデルで計算波形に差 が見られ、観測波形の再現性は海ありモデルの方が良い。また、海ありモデルの計算波形では、 200 秒以降にも振幅の大きな波群が到達しているが、MYGH12 の観測波形には 200 秒以降の記録 が無いため、比較ができない。そこで、MYGH12 に近い KSN 地点の観測波形との比較を行った (図 3a,b 下段)。KSN の観測波形には、計算波形に対応する振幅の大きな波群が見られることが 確認できた。これらの結果は、海域(特に遠方)で発生する地震には、海水の影響を考慮した計 算が必要であることを示唆する。



(a)プレート間地震,(b)アウターライズ地震の結果

上段: MYGH12 地点との比較, 下段: KSN 地点との比較

4. まとめ

本検討から得られた結果および課題を以下にまとめる。

- (1) プレート間地震を対象とした計算では、海水層の有無による計算結果の違いはほぼ無く、 いずれのモデルでも観測波形をよく再現できた。
- (2) 沖合遠くのアウターライズ地震では、海水層の有無により計算波形の後半部分に顕著な違 いが現れた。観測波形を説明するには海を考慮したモデルが適していた。
- (3) 本検討の結果は、海域(特に遠方)で発生する地震には海水層の影響を考慮した計算が必 要であることを示唆する。長周期地震動予測のための大規模シミュレーションや、海域地 震の震源過程推定時のグリーン関数の計算等に注意が必要であると考えられる。

謝辞:本研究は文部科学省の委託で実施されました。

参考文献:

Noguchi, S., T. Maeda and T. Furumura, 2010: Computer simulation of trench trapped Rayleigh wave, 2010 AGU Fall Meeting, S43B-2077.

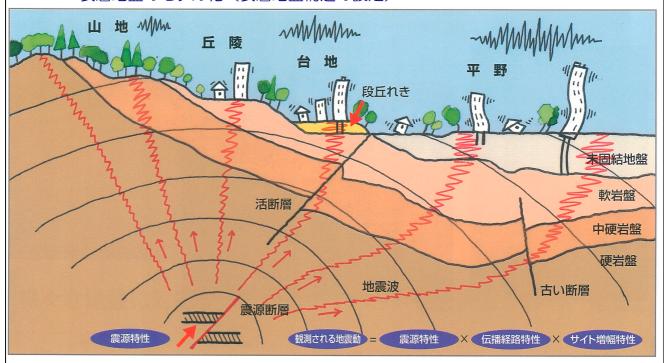
強震動評価・シミュレーション・設計用入力地震動

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)



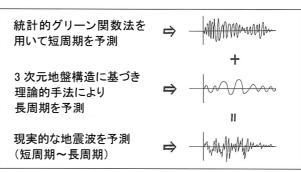
■基盤での地震動評価手法

- 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)

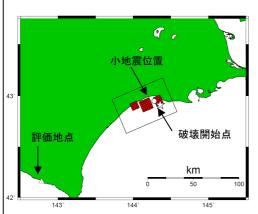


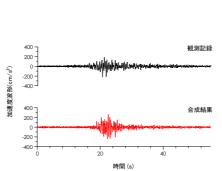
ハイブリッド合成法の概念

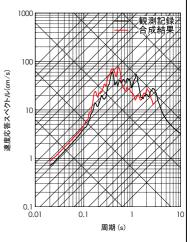
断層モデルによる地震動評価の事例紹介

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





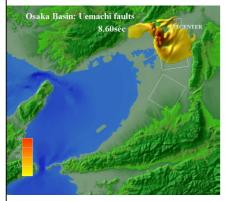


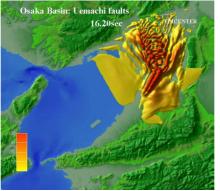
■3次元差分法を用いた上町断層の波動伝播シミュレーション

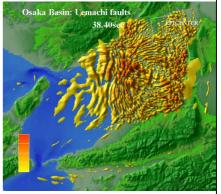
地震発生 8.6 秒後

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

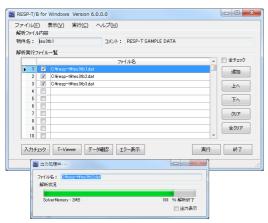
		· · · · · ·
地震動評価手法		概要
経験的手法	翠川・小林手法	点震源の距離減衰式に断層モデルによる地震動評価手法を結び付けた手法。 地震基盤での応答スペクトルを評価する。断層面の広がりや破壊過程を考慮でき、比較的 簡便に行える。
半経験的手法	経験的グリーン関数法	震源メカニズム、伝播経路が似通った小地震記録を重ね合わせることで、大地震による地震波形を求める。伝播経路、表層地盤の影響は小地震記録に含まれているため、詳細な地下構造情報が無くても、それを考慮した評価が可能。但し、評価地点で小地震記録が得られていることが前提となる。
	統計的グリーン関数法	経験的グリーン関数法で用いる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出来る。計算時間は短い。
上	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帯域の地震動評価が可能となる。

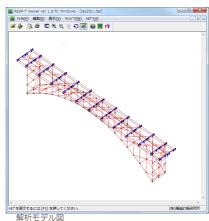


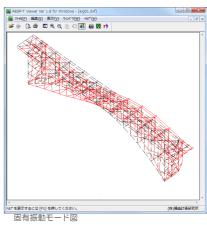
Version 6.0

3次元静的・動的複合非線形解析プログラム

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







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

適用事例

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

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

トラス要素 $^{(1)}(2)$ 、ビーム要素 $^{(1)}(2)$ 、材軸直交分割要素 $^{(1)}(2)$ 、パネ要素 $^{(2)}$ 、 剛域付き 4 点支持パネ要素 $^{(2)}$ 、剛域付き 2 点支持パネ要素 $^{(2)}$ 、 $MSS要素<math>^{(2)}$ 、 平面ひずみ要素⁽¹⁾⁽²⁾、平面応力要素⁽¹⁾⁽²⁾、板要素、減衰要素⁽²⁾、 | 関域付き4点支持減衰要素⁽²⁾、剛域付き2点支持減衰要素⁽²⁾、Maxwell要素⁽²⁾
*(1)景何学的非線形考慮可(2)材料非線形考慮可

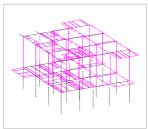
復元力特性

逆行型、武田型、スリップ型、JR総研RC型 $^{(1)}$ 、JR総研SRC型 $^{(1)}$ 、辻モデル、 岡本型、D-Tri(電共研案)型、武藤型、標準型、深田型、原点指向型、 最大点指向型、標準型テトラリニア⁽¹⁾、原点指向型テトラリニア⁽¹⁾、 最大点指向型テトラリニア⁽¹⁾、

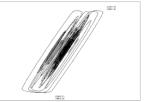
上部構造―基礎一体モデル (動的相互作用老庸)



免票ループ図 (歪み依存特性考慮)



不整形ラーメン高架橋解析モデル



ダンパー履歴図 (MAXWELL履歴)

特殊復元力特性

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

復元力特性(減衰)

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

◆ 解析コンサルティングも行っております。

製品

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

動作環境

- 対応OS
- Windows XP / Vista / 7 (64bitOS対応)
- 必要メモリ 256MB以上
- 必要ディスク 1GB以上

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

Kaiseki Portal

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

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

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



From Editors

ここ数年は大学友人の結婚式に出席する機会が多く、二次会の幹事を任されることもしばしばあります。幹事は様々な業界に所属する同年代メンバーから構成されているわけですが、顔合わせから当日までの作業を通して、それぞれの業界(仕事)の特色が垣間見えてきます。例えば、SI企業で上流工程を担当する A 君は、「要件定義」「計画立案」のスキルを活かして新郎新婦の抽象的で我が儘な要望を見事に具現化したり、ToDo スケジュールを共有・管理したりします。また、商社営業マンの B 君は会場担当者と予算の交渉を行ったり、完璧な打合せ議事録を作成したりし、自治体総務部の C さんは秀逸な出納帳を提示してくれます。さて、解析コンサルティングを稼業としている自分はと振り返ると、際立った能力が無い未熟さを感じてしまいます。業務での技術取得はもちろんとして、プライベートに活かせるスキルも持ち合わせた幅の広い人間にならなければと思いました。

耐震技術部 施設耐震室 大月俊典

ヴェネツィアは私の好きな都市のひとつですが、以前運河沿いのホテルに泊まった際に数 匹の蚊に一晩中悩まされ続け眠れず、翌日スーパーに殺虫剤を買いに走った苦い思い出が あります。蚊というのは流れ続ける水では生息しないらしく、近年の運河埋め立てによっ て水が淀んだ事が蚊の増加につながっているそうです。工学の進歩で我々の知識は広がり 続けているように感じがちですが、時代を重ねる中で経験から得られた知識は思いの外多 く失われているのかもしれません。技術に対して謙虚な態度で臨むべきと自分を戒めるこ としきりです。

防災・環境部 地圏環境室 三橋祐太

■ 構造計画研究所 (870 KE)(A)(1) ENGINEERING Inc.

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

kaiseki@kke.co.jp

(株)構造計画研究所 エンジニアリング営業部

〒164-0011 東京都中野区中央 4-5-3

TEL (03) 5342-1136

(株)構造計画研究所 エンジニアリング営業部 大阪支社

〒541-0047 大阪市中央区淡路町 3-6-3 NMプラザ御堂筋 5F

TEL (06) 6226-1231

(株)構造計画研究所 中部営業所

〒460-0008 愛知県名古屋市中区栄 1-3-3 アムナットビル朝日会館 11F TEL (052) 222-8461

解析維誌 Journal of Analytical Engineering Vol.29 2012.6

発 行 日 平成24年6月18日

編集・発行 株式会社構造計画研究所 エンジニアリング営業部

〒164-0011 東京都中野区中央 4-5-3

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

kaiseki@kke.co.jp