

解析雑誌

Vol.24 2010.9

Topics

- 地震荷重設定システム SeleS for Windows を利用したダムの耐震照査用地震動の検討
- 個別要素法を用いた離散体の接触・流動現象の解析
- OR 手法を用いた大都市災害における緊急物資の最適配送計画
- 地盤の応答解析法について（その2）

Technical Reports

- 地震応答解析における割線剛性比例型減衰の提案
- 鉄骨造の実大振動実験結果と線材モデルによる解析結果の比較
- 14階建てRC造集合住宅における降伏機構分離型鉄筋コンクリート造杭の適用検討事例

Journal of Analytical Engineering

伝わっていますか？

株式会社構造計画研究所
エンジニアリング営業部
宇佐美 祐人

元放送記者による、ニュースをわかりやすく解説する番組が人気です。取り上げるテーマはよくマスコミに登場する事柄であり、概要は知っているつもりでも、背後にある要因や、一見関係なさそうな他のニュースとつながりがあることを説明されると、理解が深まった気になります。説明の仕方、伝え方についての著書も売れていて、内容は基本的なノウハウや注意点ですが、ふだん忘れがちな点を思い出させてくれます。

技術者が書いた電子機器やソフトウェアのマニュアルがわかりにくい、とは古くから言われていることで、一般に技術者は説明下手との共通認識がありそうです。建設物の構造性能に社会が注目するようになったところに、巨大地震の連続発生の可能性が発表されたり、今までと異なる被害をもたらすといわれる長周期地震が注目されてきています。技術者も専門外の人たちから説明を求められる機会が増え、わかりやすく説明することが重要となってきたと感じられます。

当社においても社外の方との打合せやセミナー発表で説明する機会が数多くあります。多くの場合、相手は同じ専門の方ですが、全く専門外の方に技術の説明をする機会もあり、わかりにくい用語を避けたり、比喩を用いたり、画像、動画を多用するなど、工夫が求められます。専門が細分化した現代では、近い分野の専門家間でも互いの理解に予想外の時間がかかることもあり、油断がなりません。

地震時の構造物の挙動をわかりやすく伝えるために、動画を作成する業務に携わったことが何度かあります。プログラムを一つ作れば、使い回しできると考えていたのですが、仕事に来るたびに、要求が異なり、プログラムを作りかえることになりました。主な理由は最終的に動画を見せる相手と、見せる目的がそのたびに違うことでした。相手を感じるわかりやすさの違い、要求の多様さ、プログラムの商品化で考慮すべき点など、考えさせられました。

当社では建設解析関連において、以下のような、わかりやすい説明のための取り組みを行っています。

- ・2010年10月18日に開催予定のKKE VISIONにおいて、技術説明をテーマとした講演を企画しています。
- ・使いやすだけでなく、技術者が発注者など一般の方のために、構造性能をわかりやすく説明する動画作成機能を持つ、構造解析・設計用プログラムを開発しました。

本誌も建設系技術者を対象とした専門家向け技術誌として、十分とはいえないにしても、わかりやすさに配慮しているつもりですが、いかがでしょうか。

今後も相手の立場、目的に応じて、わかりやすく伝えるよう、心がけていきたいものです。

ところで、そもそも、この文章はうまく伝わっているでしょうか。

解析雑誌 Vol.24 2010.9

【巻頭言】	伝わってますか？	エンジニアリング営業部 宇佐美 祐人	02
-------	----------	--------------------	----

Topic 1	【事例紹介】		
	地震荷重設定システム SeleS for Windows を利用した		04
	ダムの耐震照査用地震動の検討		
Topic 2	【事例紹介】		
	OR 手法を用いた大都市災害における緊急物資の		12
	最適配送計画		
Topic 3	【事例紹介】		
	個別要素法を用いた離散体の接触・流動現象の解析		14
Topic 4	【解析技術講座】		
	地盤の応答解析法について(その2)		16

Technical Report 1

- 地震応答解析における割線剛性比例型減衰の提案 20
梁川 幸盛、宇佐美 祐人

Technical Report 2

- 鉄骨造の実大振動実験結果と線材モデルによる解析結果の比較 22
鈴木 壮、梁川 幸盛、宇佐美 祐人

Technical Report 3

- 14 階建て RC 造集合住宅における降伏機構分離型鉄筋コンクリート造杭の
適用検討事例 24
齋藤 光広、秋田 知芳、梁川 幸盛、井上 芳生、金子 治

お問い合わせはこちらへ

解析雑誌バックナンバーは KKE 解析ホームページでご紹介しています。
PDF 形式でダウンロードも可能ですので、是非下記アドレスにお立寄りください。

<http://www4.kke.co.jp/kaiseki/>

Topics 1 事例紹介

地震荷重設定システム SeleS for Windows を利用したダムの耐震照査用地震動の検討

(株)構造計画研究所
防災ソリューション部 高浜 勉

建物や構造物の耐震設計や照査に用いる地震は、建設地点周辺の過去の被害地震や活断層、プレート境界等の地震環境を調査した上で、地震が発生した場合に当該地点に与える影響が大きいと考えられる地震が選定されます。本稿ではダムの耐震照査用地震動選定の一例として、大規模地震に対するダム耐震性能照査指針（案）¹⁾に準じた検討を地震荷重設定システム SeleS for Windows（開発・販売：(株)構造計画研究所）を用いて行った事例をご紹介します。

■SeleS for Windows の機能紹介

SeleS は、豊富な地震情報データベースと評価に必要な各種計算機能を統合することにより、簡単な操作で、評価地点周辺の地震環境の把握・評価を可能とする地理情報システムです。1998年11月の販売開始以来、多くのお客様にご利用いただき、2010年6月より下記機能を追加した Version6.0 の販売を開始しました。

1) 応答スペクトルの距離減衰式の追加

- 大規模地震に対するダム耐震性能照査指針（案）¹⁾による式（最短距離式、等価震源距離式、水平動、鉛直動）

- 安中ほか(1997)²⁾の式（最短距離、等価震源距離）

2) 断層モデルデータベースの追加

- 独立行政法人防災科学技術研究所の地震ハザードステーション J-SHIS³⁾の断層データ（2010年版）主要活断層、その他の活断層、海溝型地震震源断層

3) 断層モデルデータベース内の矩形・非矩形の断層モデルを利用した最大値、応答スペクトル計算機能の追加

ダムの耐震照査用としては、1)のダム耐震性能照査指針（案）による応答スペクトルの距離減衰式が追加、および、2)の断層モデルデータベース追加により、最新の情報が容易に検討を行えるようになりました。以降で、レベル2地震動に対するダムの耐震性能の照査を想定し、大規模地震に対するダム耐震性能照査指針（案）¹⁾に準じて地震動を検討した事例をご紹介します。

■検討事例

図1に、大規模地震に対するダム耐震性能照査指針（案）¹⁾によるレベル2地震動の設定の流れを示します。本指針（案）では、耐震性能照査に用いる想定地震の選定作業は、「便宜上、ダムの基礎地盤における地震動記録をもとに経験的に得られている加速度応答スペクトルの距離減衰式等を用い、ダム地点に生じる地震動の強さ（加速度応答ス

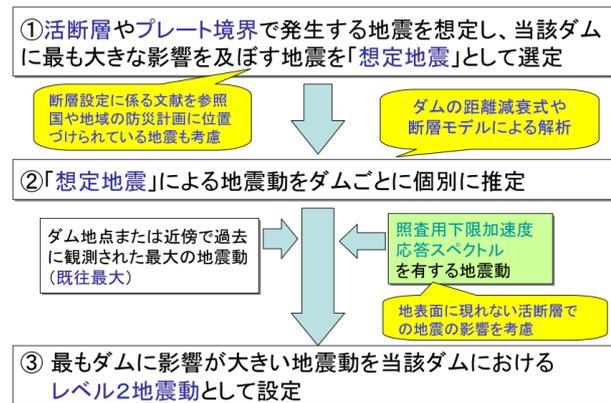


図1 照査に用いるレベル2地震動設定の流れ¹⁾

ペクトル)を推定することにより行うことができる」とされています。本事例ではこの記載に準じ、国土交通省の事例¹⁾を参考に想定したダム地点において、図1②の「想定地震」の推定までを行いました。

(1) 想定ダム地点に影響の大きい地震の抽出

まず、SeleS が内蔵する被害地震データベースと J-SHIS（2010年版）の断層モデルデータ³⁾を用い、想定ダム地点に影響の大きい過去の被害地震、周辺の活断層、およびプレート境界地震等の抽出を行います。本事例では、検索半径を想定ダム地点から50km以内とし、福島・田中(1992)⁴⁾による距離減衰式で最大加速度を評価しました。検索結果を図2、表1、表2に示します。

想定ダム地点では、プレート境界の地震として想定東海地震、活断層として富士川河口断層帯、中央構造線赤石山地西縁断層帯などの影響が大きいことが分かります。

(2) 距離減衰式による加速度応答スペクトルの推定

次に、最大値評価結果（表2）より、プレート境界地震として想定東海地震、活断層として上位3つを抽出し、大規模地震に対するダム耐震性能照査指針（案）¹⁾の距離減衰式により想定ダム地点での加速度応答スペクトルの推定を行いました。等価震源距離式（水平動）の評価結果を

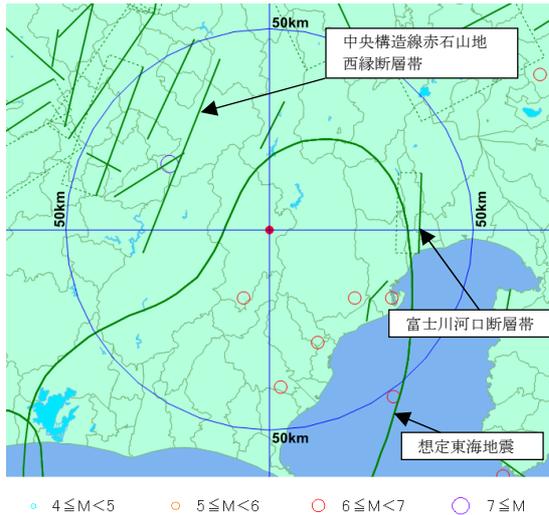


図2 SeleS for Windowsによる最大値検索結果

表1 最大値検索結果 (被害地震)

No.	発生年月日	地震名	地震規模 M	最短距離 (km)	福島・田中式 (cm/s ²)
1	1718/8/22	信濃・三河	7.00	31.4	127.1
2	1917/5/18	静岡県	6.30	19.6	111.9
3	1935/7/11	静岡市付近	6.40	28.8	86.6
4	1841/4/22	駿河	6.25	35.1	62.2
5	1855/11/7	遠州灘	7.25	83.0	54.8
6	1930/11/26	北伊豆地震:伊豆北部	7.30	86.1	54.4
7	1857/7/14	駿河	6.25	39.7	54.4
8	1965/4/20	静岡付近	6.10	36.4	51.8
9	2009/8/11	駿河湾	6.50	56.5	45.6
10	1923/9/1	山梨県南東部	6.80	77.1	40.3

表2 最大値検索結果 (J-SHIS2010年版断層モデル)

No.	断層名	地震規模 M	最短距離 (km)	福島・田中式 (cm/s ²)
1	想定東海地震	8.00	24.8	240.0
2	富士川河口断層帯	8.00	32.4	209.9
3	中央構造線赤石山地西縁断層帯	7.70	27.0	206.7
4	伊那谷断層帯主部	7.97	53.6	146.3
5	畑薙山断層	6.70	20.5	144.3
6	恵那山-猿投山北断層帯	7.85	52.2	140.4
7	平岡断層	7.00	28.5	137.6
8	下伊那童東断層帯	7.20	37.6	125.3
9	伊那谷断層帯南東部	7.33	43.0	121.5
10	阿寺断層帯主部南部	7.85	62.6	118.8

図3に示します。

想定東海地震は、全周期で照査用下限加速度応答スペクトル¹⁾(以降、「照査用下限スペクトル」という)を上回ることが分かります。また、活断層では、上位2位の富士川河口断層帯と赤石山地西縁断層帯のレベルは同程度で、ともに想定東海地震を下回るものの、照査用下限スペクトルに対しては周期0.02~0.08秒ではほぼ同等、周期0.1~0.2秒、および2秒程度以上ではやや上回る結果となりました。以上より、想定ダム地点では、全周期帯で加速度応答スペクトルが最大となる想定東海地震が最も影響の大きい地震と判断されます。

(3) レベル2地震動の設定と時刻歴波形の作成

最後に、想定ダム地点におけるレベル2地震動としては、

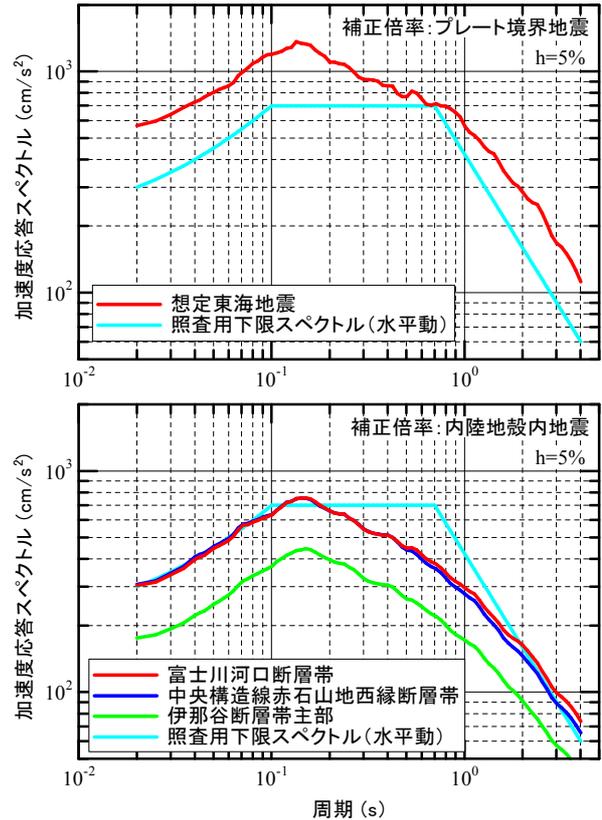


図3 加速度応答スペクトル推定結果

(等価震源距離式、水平動、平均+標準偏差)

ダム地点近傍で過去に観測された最大の地震動とここまでの検討結果を比較し、最も影響が大きい加速度応答スペクトルを設定します。

実際の設計や耐震照査に用いる加速度時刻歴波形は、この加速度応答スペクトルを目標レベルとして、ダム地点近傍での地震観測記録(原種波形)から抽出した位相スペクトルを用い、作成する必要があります。弊社では、任意のスペクトルと原種波形から時刻歴波形を作成するシステムとして、模擬地震波作成プログラム ARTEQ for Windows を販売しております。ARTEQは、SeleSの選定結果を利用できる便利なシステムとなっていますので、是非併せてご活用ください。

参考文献

- 1) 国土交通省国土技術政策総合研究所:大規模地震に対するダムの耐震性能照査について <http://www.nilim.go.jp/lab/fdg/12/12.html>
- 2) 安中正、山崎文雄、片平冬樹:気象庁87型強震記録を用いた最大地動及び応答スペクトル推定式の提案、第24回地震工学研究発表会講演論文集、1997.
- 3) 独立行政法人防災科学技術研究所:地震ハザードステーション J-SHIS (2010年版) <http://www.j-shis.bosai.go.jp/>
- 4) 福島美光:地震波の発生・伝播の理論を背景とした入力地震動の経験的予測、東京工業大学博士論文、1994.

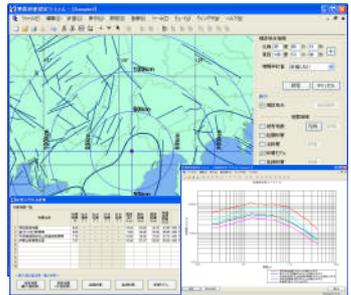
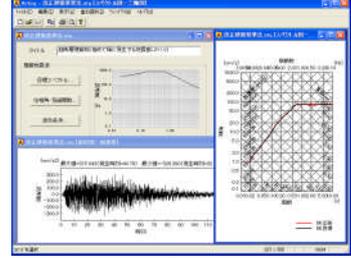
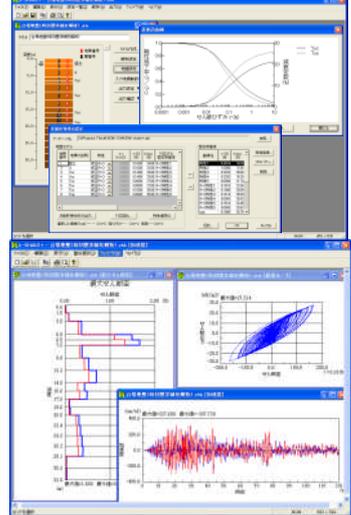
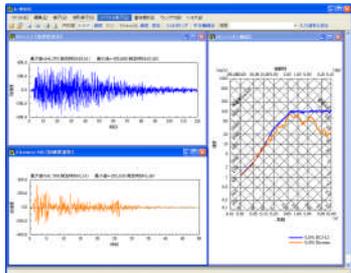
設計用入力地震動作成システム

【設計用入力地震動作成システムとは】

免震構造物の設計には欠かせない模擬地震波や構造物の建設地域の地盤特性を考慮した入力地震動を手軽に作成できる Windows 対応のソフトウェアです。設計用入力地震動作成システムは、2009 年に全パッケージが 5.0 へ、2010 年 6 月には SeleS が 6.0 にバージョンアップしております。

これらのバージョンアップでは、各パッケージの Windows Vista, 7 対応、新規機能の追加、使いやすさの向上のための改良を実施しております。

【各パッケージの機能概要と販売価格】

パッケージ名	概要	
<p>地震荷重設定システム SeleS for Windows セレス</p> <p>販売価格 フル機能版 : 2,205,000円 (税込) 翠川・小林版 : 1,890,000円 (税込) ダム機能版 : 1,890,000円 (税込)</p>	<p>耐震設計のための地震荷重を設定するために、建設地点周辺の地震環境を検索し、被害地震および活断層によってもたらされる建設地点での地震動強さを評価するシステムです。各種距離減衰式による建設地点での最大振幅計算や再現期待値計算、安中ほか(1997)やH20ダム式による応答スペクトルの計算、断層の拡がり考慮した翠川・小林手法によるスペクトル評価が可能です。</p>	
<p>模擬地震波作成プログラム ARTEQ for Windows アーテック</p> <p>販売価格 フル機能版 : 1,050,000円 (税込) 建築限定版 : 735,000円 (税込) 土木限定版 : 525,000円 (税込)</p>	<p>構造物設計用の地震応答スペクトルを設定して、その応答スペクトルに適合する地震波を作成するプログラムです。改正建築基準法の告示1461号や設計用入力地震動作成手法技術指針(案)、道路橋示方書に準拠した目標スペクトル、耐震スペクトル、SeleSで算定した地震応答スペクトル等を設定することが可能です。</p>	
<p>成層地盤の地震応答解析プログラム k-SHAKE + for Windows ケイシェイク プラス</p> <p>販売価格 フル機能版 : 840,000円 (税込) 基本機能版 : 525,000円 (税込) 非線形オプション : 315,000円 (税込)</p>	<p>水平方向に半無限に広がる成層地盤を対象とした地震応答解析プログラムです。強震記録波形やARTEQで作成した模擬地震波を入力地震波として与えることが可能です。</p> <p>■基本機能 重複反射理論による等価線形解析機能を有します。土の非線形性は歪依存特性により考慮することが可能です。</p> <p>■非線形解析機能(オプション) 直接積分法による時刻歴非線形解析機能を有します。直接積分法は線形加速度法を用い、レーリー減衰により粘性減衰を指定することができます。復元力特性として、線形/非線形(Ramberg-Osgoodモデル, Hardin-Drnevichモデル, 骨格曲線・履歴曲線を別々に設定する方法)を選択することが可能です。</p>	
<p>波形処理プログラム k-WAVE for Windows ケイウェイブ</p> <p>販売価格 : 210,000円 (税込)</p>	<p>強震記録波形データやARTEQ、k-SHAKEで得られた波形データを読み込み、積分・微分・フィルタ処理・中立軸補正処理・各種スペクトル表示を行う波形処理プログラムです。処理可能な波形データ点数はパソコンのメモリに依存します。複数の波形に対して行った処理結果を簡単に重ね描き表示することが可能です。</p>	

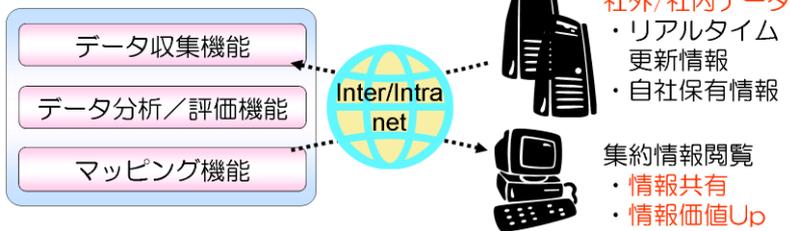
設計用入力地震動作成システム

防災情報システム

■ システム概要

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

【システム(サーバ)】



■ 機能概要(基本機能)

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



地震選択一覧

2008年8月 最新の情報に更新

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

【地震選択画面(クライアント)】



■ 動作環境

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



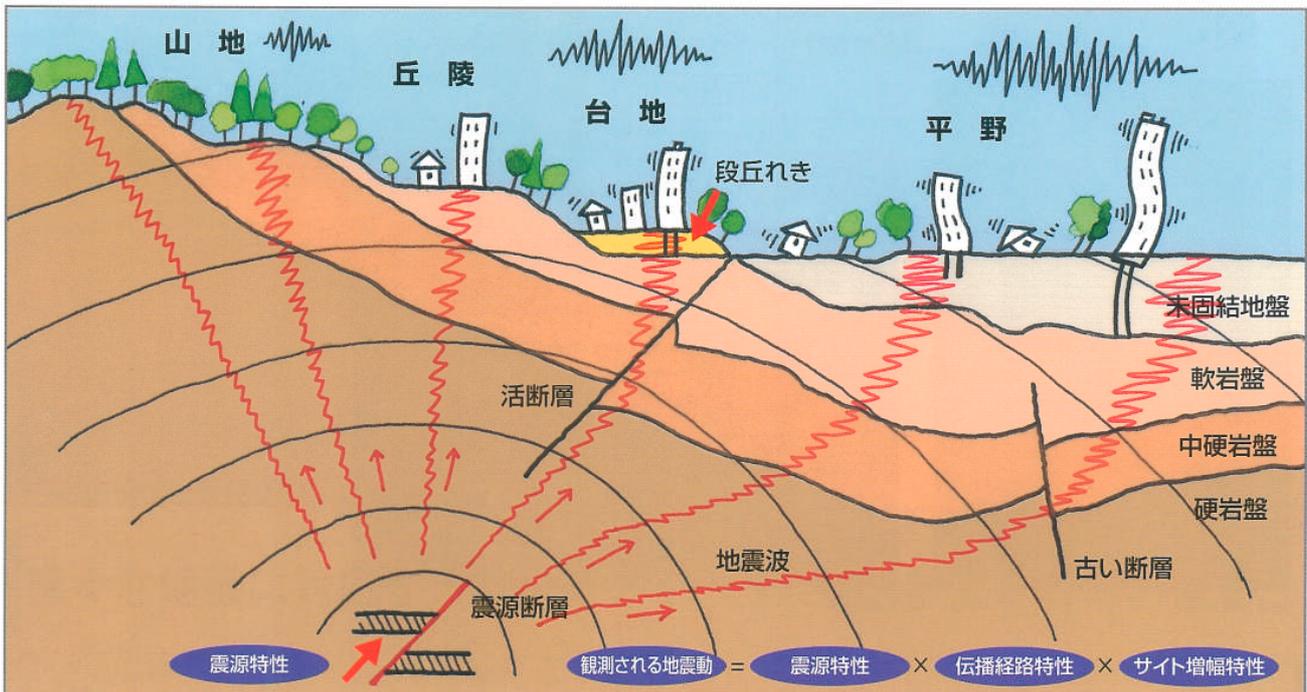
強震動評価・シミュレーション・設計用入力地震動

断層モデルによる地震動評価

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

■地震動評価のためのモデル化

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



■基盤での地震動評価手法

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

■地表での地震動評価手法

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

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

統計的グリーン関数法を用いて短周期を予測



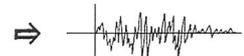
+

3次元地盤構造に基づき理論的手法により長周期を予測



||

現実的な地震波を予測（短周期～長周期）

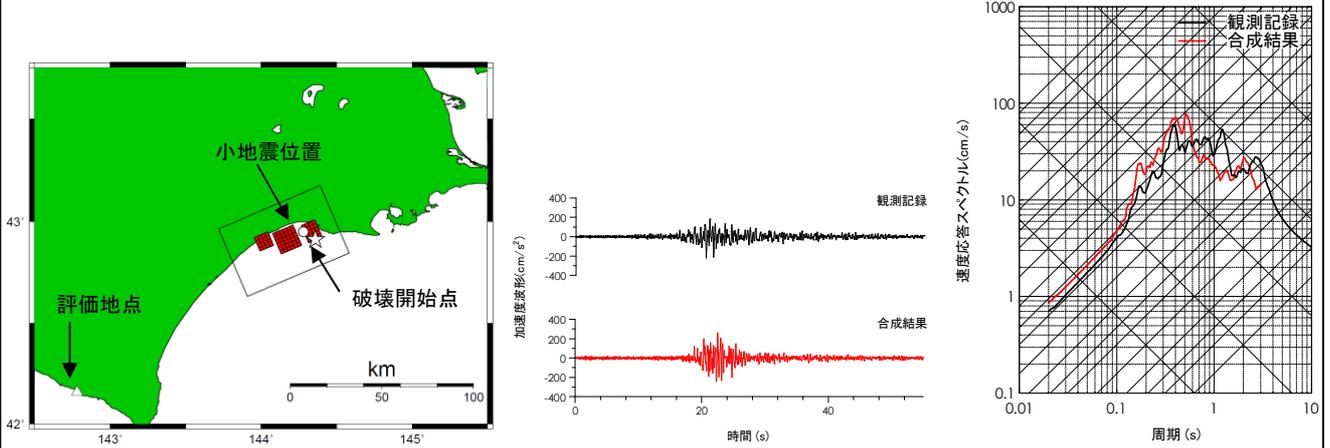


ハイブリッド合成法の概念

断層モデルによる地震動評価の事例紹介

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

■ 経験的グリーン関数法を用いた1993年釧路沖地震の地震動評価

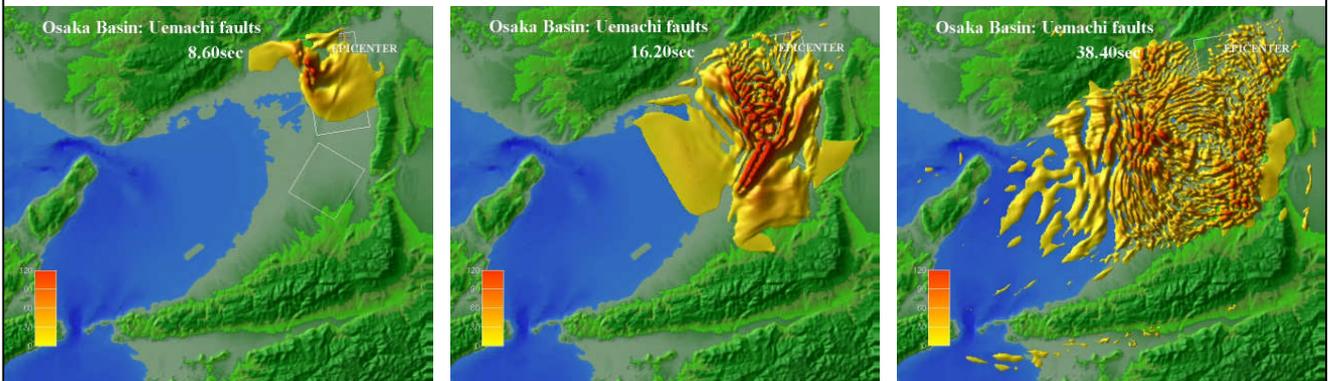


■ 3次元差分法を用いた上町断層の波動伝播シミュレーション

地震発生 8.6 秒後

地震発生 16.2 秒後

地震発生 38.4 秒後



■ 地震動評価手法の種類と概要

地震動評価手法		概要
経験的手法	距離減衰式	過去の観測記録から、統計的に求めた距離と地震動強さの関係式を用いて地震動を評価する方法。加速度、速度の最大値や、応答スペクトルを求める方法がある。
半経験的手法	経験的グリーン関数法	震源メカニズム、伝播経路が似通った小地震記録を重ね合わせることで、大地震による地震波形を求める。伝播経路、表層地盤の影響は小地震記録に含まれているため、詳細な地下構造情報が無くても、それを考慮した評価が可能。但し、評価地点で小地震記録が得られていることが前提となる。
	統計的グリーン関数法	経験的グリーン関数法で用いる小地震記録が得られていない場合に、小地震波形を人工的に作成することで、大地震波形を評価できる。
理論的手法	波数積分法	断層モデルあるいは点震源による波動場を理論的に求める方法。設定する地下の媒質構造は水平成層の場合にのみ用いることができる。計算時間は短い。
	有限差分法	3次元的に変化する媒質に対し、理論的に波動場を求めることができる。但し、3次元的な媒質構造の情報が必要であり、計算負荷も大きい。
ハイブリッド合成法	理論的手法＋半経験的手法	長周期側を理論的手法、短周期側を半経験的手法で評価し、それぞれを重ね合わせる手法。両者の利点を活かした広帯域の地震動評価が可能となる。

※このパンフレットの記載内容は2010年8月現在のものです。※本製品・サービスの内容の条件は、改善のために予告無く変更することがあります。

地震ハザード評価プログラム

k-HAZARD Ver.2.0

最新知見の地震活動データに基づいた地震危険度を確率論的に評価する

=特徴=

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

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

地震ハザードの評価方法

地震活動のモデル化

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

地震動の予測に用いる距離減衰式

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

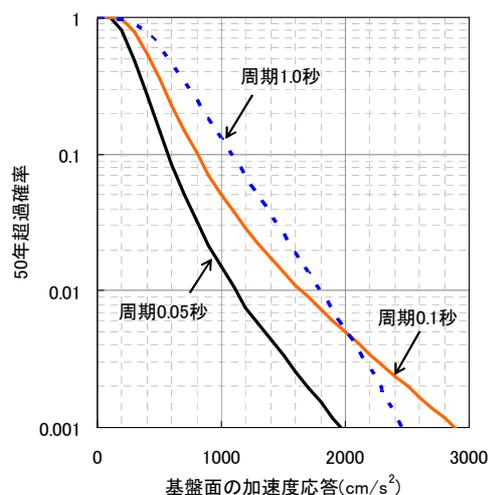
表層地盤増幅率

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

評価事例

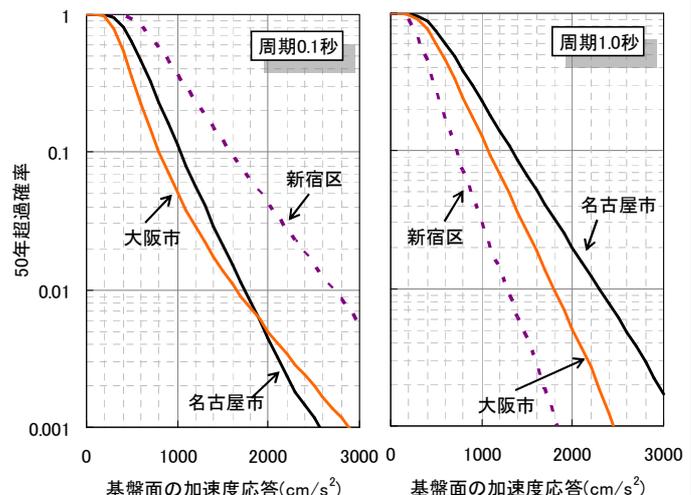
- 地震動の予測に用いた距離減衰式: Kanno et al.(2006)
- 評価基準日: 2008年1月1日

地震ハザードカーブ



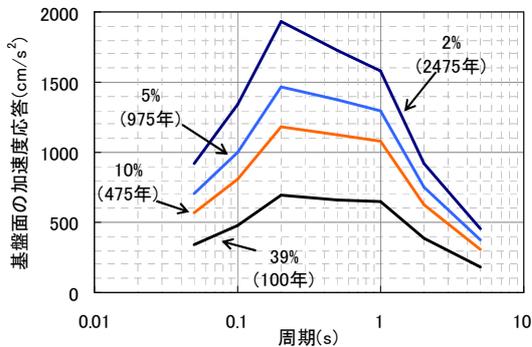
評価期間50年における大阪市の基盤面の地震ハザードカーブ(周期0.05秒、0.1秒、1.0秒)を示します。地点や周期を指定することにより、対象建物の周期特性に合わせた地震ハザードの評価を行うことができます。

地震ハザードカーブ地点比較



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

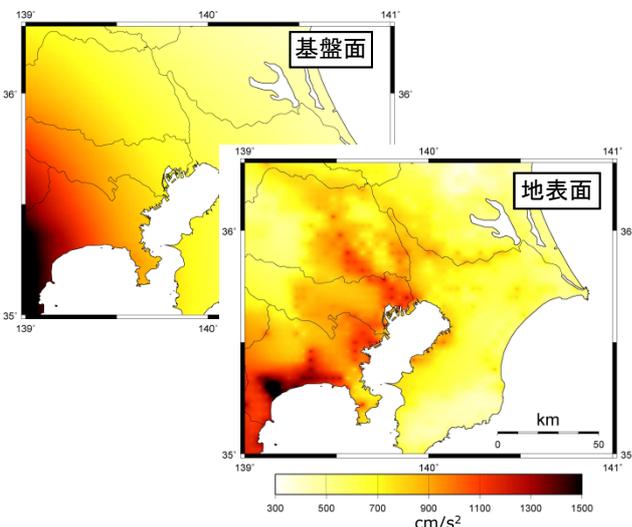
一様ハザードスペクトル



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

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

地震ハザードマップ



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

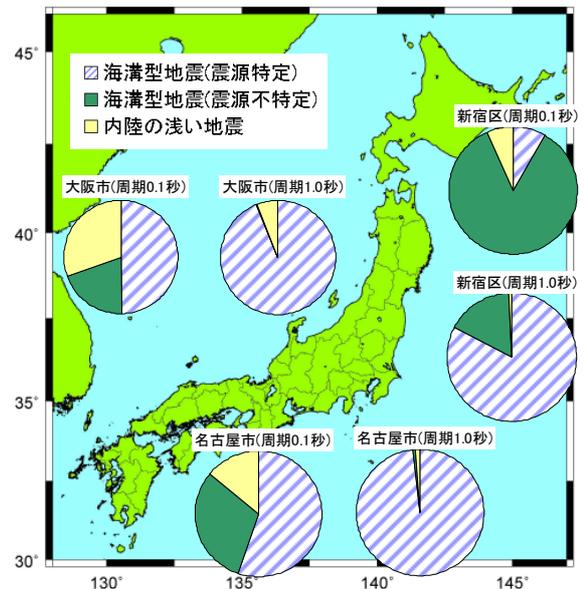
※本プログラムにGIS表示機能は含まれておりません。

地震ハザードへの影響度

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

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

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



カスタマイズ対応

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

動作環境

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

Topics 2 事例紹介

OR手法を用いた大都市災害における緊急物資の最適配送計画

株式会社 構造計画研究所
オペレーションズ・リサーチ部 齊藤 努

1. はじめに

OR (オペレーションズ・リサーチ) は、米国にてオペレーションズ・リサーチ (この場合は軍事作戦の研究) として発展し、第二次世界大戦後、その技術がさまざまな産業の企業にて幅広く応用され、発展したのが今日のORです。

ORはその発展の当初からロジスティクスに関する問題と強い関係がありました。初期の基本技術の多くは現在でもロジスティクス計画の基本的な技法となっています。すなわち、需要予測・在庫理論・最適発注量決定・最短経路計画・数理計画法 (資源配分問題・拠点配置最適化問題)・待ち行列理論・離散型シミュレーションなどの基本的な手法が解決課題として研究されてきました。

ロジスティクスにおける輸送ネットワークは原材料の生産地から、工場・倉庫・最終需要先と言った物流拠点とそれらを結ぶ輸送経路から成ります。この全体をモデル化すると、しばしば万単位の式と変数をもつ大規模なネットワークモデルとなります。最適な拠点配置・選択・輸送ネットワークの合理化を行うことによって、拠点の運用コストと輸送コストを削減することができる事例が多数報告されています。

弊社オペレーションズ・リサーチ部は40年程前から、製造/物流業、情報通信業、官公庁、電力・ガス等の企業の様々な問題解決にOR手法を適用し実績を上げています。今回は、数多いロジスティクス分野の事例の中から、地震災害における緊急時を対象とした物資配送のシミュレーションシステム構築事例を紹介します。

2. シミュレーションシステムの概要

今回紹介する「震災総合シミュレーションシステム」は、自治体災害対応を支援する目的で文部科学省の「大都市大震災軽減化特別プロジェクト」の一環として開発され、地震発生時の道路や建物の損壊による道路ネットワークへの影響を考慮しながら、最適な配送計画を作成する機能を有します。その機能に、弊社のシミュレーション・最適化技術が組み込まれております。

3. 緊急物資配送の問題

通常時の物資配送は、納期を守った上で、例えば少ない車両数で輸送するなどコスト最小化が主な目的となります。しかし、緊急時には、使える資源は全て活用しコストを増大させてでも、物資をできる限り早く届けることを目的に設定します。

そこで、問題の構成は下図の通りです。つまり、道路ネットワーク等の与えられた条件のもと、全車両を用いてもデポから避難所へ最短時間で全物資を運ぶ配送計画を作成する問題と考えます。

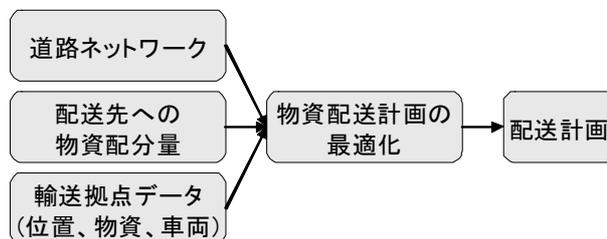
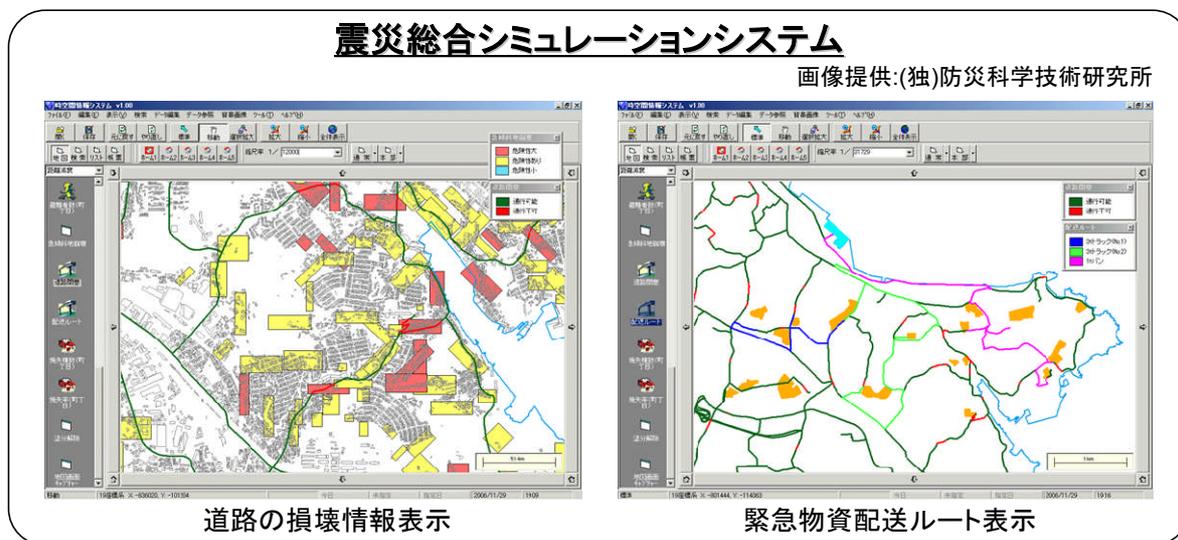


図1. 構成



4. 解決方法

全車両の配送時間の総和を最小にする事だけを考慮しても、車両によっては、配送時間が極端に大きくなる可能性があり、緊急物資配送の観点からは、あまり好ましくありません。そこで、各車両の配送時間の分散を小さくしながら、配送時間の総和を最小化することを考えます。また、ある避難所の分配量が車両の空き積載量より大きい場合は、物資を分割する必要があります。これらより、配送物資への車両割り当てについては以下の尺度を用います。

第1 優先順位

分割をしないで輸送できること
⇒少ない台数で輸送できるため

第2 優先順位

各車両の配送時間の分散が小さいこと
⇒最大配送時間を小さくするため

第3 優先順位

一度の輸送量が多いこと
⇒少しずつ運ぶと効率が悪い

第4 優先順位

輸送車両の空き積載量が多いこと
⇒空きが多い車両から配車した方が、残りの未配送物資の配車割り当ての自由度が上がるため

図2. 車両割り当て尺度

ここでは、グリーディ法（挿入法）を適用したアルゴリズムを構築しました。また、精度を上げるために挿入法をランダムに繰り返す多スタート挿入法としました。

- ✓ デポから（仮想距離が）遠い避難所から車両を割り当てる。
- ✓ 該当避難所の未配送物資について、前述の車両割り当て尺度（第1～4 優先順位）に基づき車両を割り当てる。必要なら物資を分割する。
- ✓ 車両を割り当てる避難所の順番を変えながら反復して計算することで最適な配送計画を導出する。各反復で避難所の選択順序が異なるように、デポからの仮想距離は以下のようにする。

$$\text{仮想距離} = \text{元の距離} \times 1000 \times e^{-\text{反復回数} + (0-1 \text{ の間の}) \text{乱数}}$$

図3. 多スタート挿入法の流れ

5. 結果と今後の課題

横須賀市を例に、1 箇所の緊急物資受入港から、20 箇所の避難所に 3 台の車両で配送する問題を考えます。

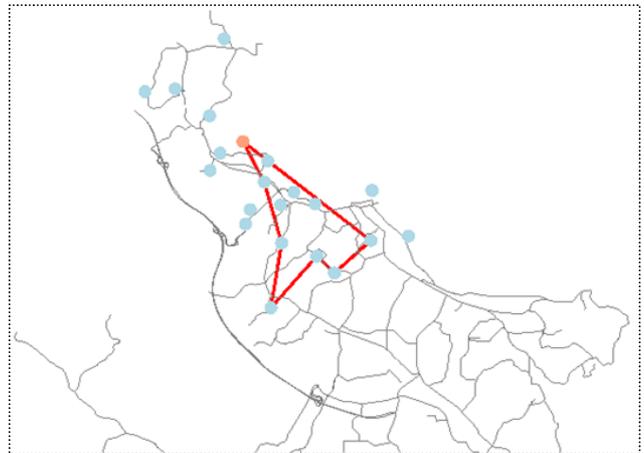


表1. 反復回数ごとの結果

反復回数	計算時間 (秒)	最大配送時間 (h)
1	8.6	0.424
100	8.6	0.410
1000	8.6	0.408
10000	9.2	0.408

上記は横須賀市のデータを用いて、反復回数を変えて計算を行った結果です。この表より、8.6 秒という短い計算時間で、全拠点への配送計画が作成できることが分かります。

以上のように、物資配送計画の最適化機能を用いて、地震発生時には、実際の道路閉塞状況を反映した道路ネットワークを用い配送計画を立案することができます。

さらに、実際に使用可能なシステムとするためには、道路閉塞に備えて複数の配送拠点を設けているような場合にも対応できなければなりません。最適配送計画としては、複数の物資配送拠点を考慮できるようにすることが、今後の課題です。

参考文献

- [1] 文部科学省研究開発局，防災科学技術研究所：大都市大震災軽減化特別プロジェクト，Ⅲ-1. 震災総合シミュレーションシステムの開発，pp. 221-225，(2007)
- [2] 矢野夏子，斉藤努，小玉乃理子：航空貨物コンテナの最適詰め込みと大都市災害における緊急物資の最適配送計画，第19回 RAMP シンポジウム論文集，pp. 139-149，(2007)

Topics 3 事例紹介

個別要素法を用いた離散体の接触・流動現象の解析

株式会社 構造計画研究所

防災・環境部 渡辺 高志

堆積した砂や粉のような固体粒子集合体は、流体や弾塑性体のような連続体とは異なった挙動を示します。粒子集合体には間隙があるため流動性があり、粒子回転と粒子間摩擦が重要な役割を果たしており、流体とも固体とも異なる応答が見受けられます。

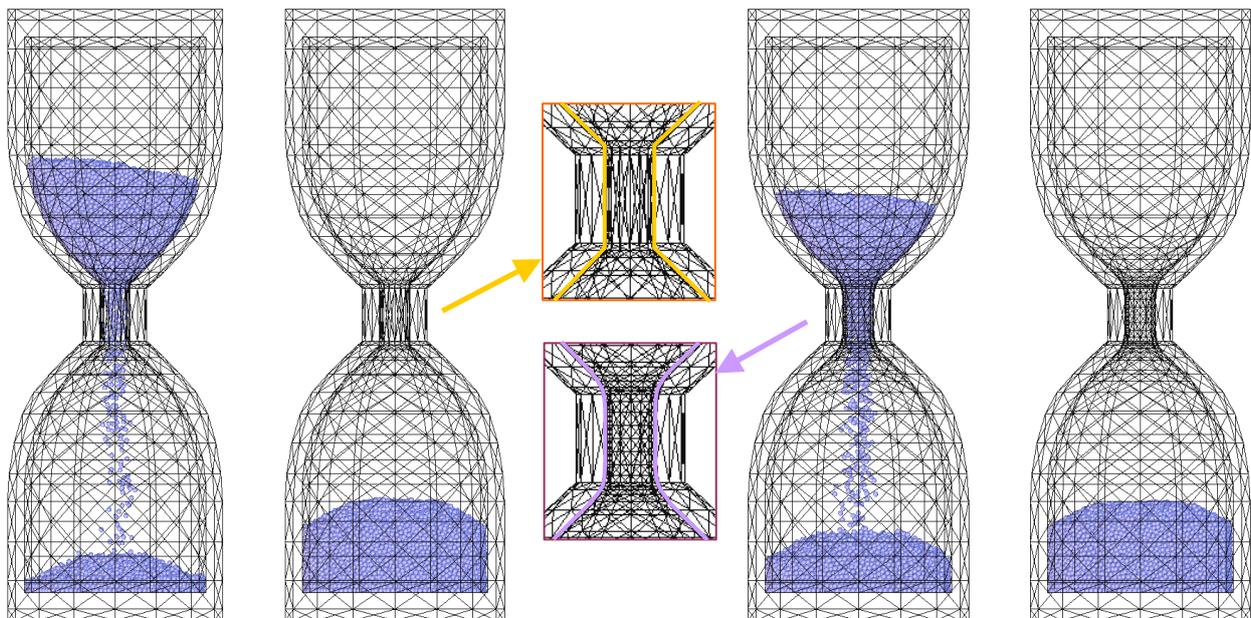
このような離散体流動の数値解析による再現は、構成モデルを構築することで連続体近似するか、離散体解析手法により個々の粒子運動を解き進めることで実施されています。連続体近似による構成モデルでは離散体流動現象を再現することは難しく、モデルスケールの影響が修正可能であれば離散体解析手法による解析が望ましいと考えております。

離散体解析手法の代表的なものに個別要素法（Distinct Element Method）があり、各接触作用力を連立しないため比較的計算負荷が抑制された手法です。要素は球やブロック等で表現する剛体であり、接触判定の負荷が小さい球モデルがよく利用されています。

本文では、摩擦の影響が顕著な形状として大型の砂時計模型を対象に、3次元DEMによる離散体流動解析を実施し、離散体流動特有の段流を再現した計算事例を紹介致します。

縮小する管を通過する離散体流動の解析事例

砂時計本体は細管の出入口の形状を変えて2つモデルを作成し、砂モデルは全て等粒子径の球モデルを採用しました。細管の入口の形状に角を持つ直下型細管モデルと、丸みを持たせた曲面型細管モデルでは終息するまでの時間に2倍の差が生じています。



図ー1 直下型細管モデル(左)と曲面型細管モデル(右)の落下時(同一時刻)と終息時

同一時間断面における流速分布

同一時間断面における流速分布を比較することで、両モデルの細管入口付近での流れの様子が確認できます。形状の小さな違いにより全体の流動に大きな影響があることが数値解析により確認できました。

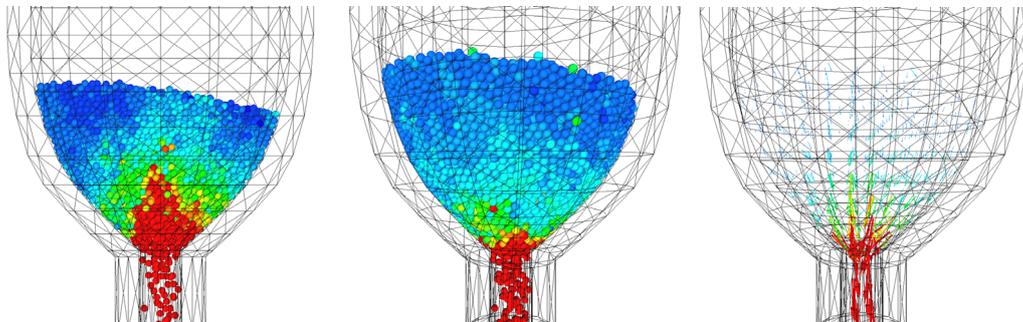


図-2(a) 直下型細管モデル（流速分布断面図、流速分布鳥瞰図、流速ベクトル鳥瞰図）

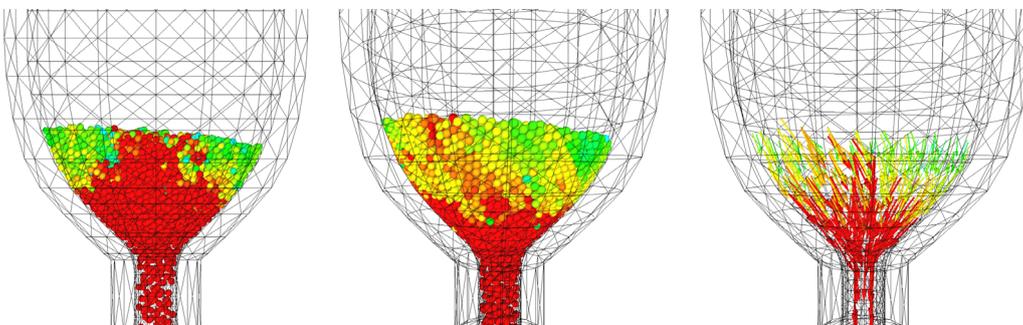


図-2(b) 曲面型細管モデル（流速分布断面図、流速分布鳥瞰図、流速ベクトル鳥瞰図）

離散体流動に特有な現象の再現

細管入口部分における通過粒子の速度平均を計算したところ、両ケースとも堆積砂量の減少と共に速度が上昇し、また平均速度に有意な振動が認められます。理由はどちらも摩擦の影響に起因し、速度上昇は摩擦力の低下、運動量の振動は摩擦限界による段流が発生したことを示しています。段流現象が再現できることより離散体解析手法の優位性が確認でき、貯蔵粒状体の排出機構や土石流等の流動現象への適用が可能と考えております。

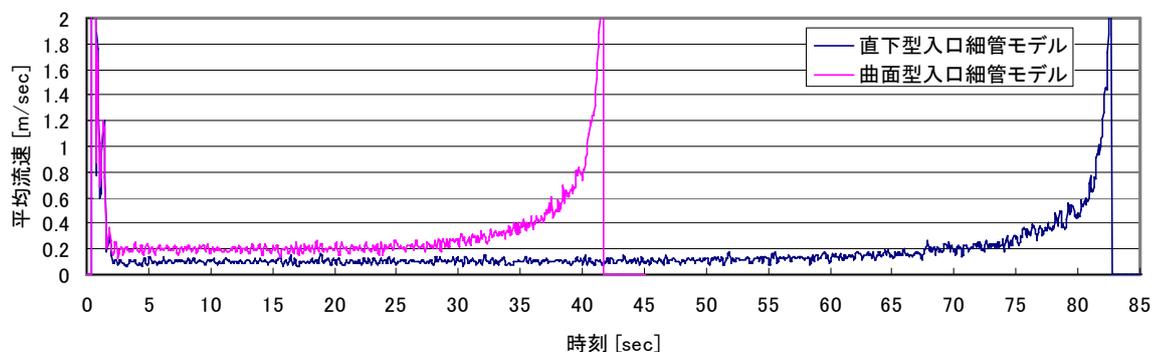


図-3 細管入口を通過する砂粒子の平均速度時刻歴

Topics 4 解析技術講座

地盤の応答解析法について（その2）

（株）構造計画研究所

防災・環境部 富尾 祥一

構造、地盤、熱流体などを対象とした構造計画研究所の数値解析技術の基礎から応用までを、連載でご紹介します。今回は土木・建築分野に広く関連する地盤の地震応答解析手法のうち、有効応力解析について、有効応力そのものの考え方を重点的にご紹介します。

1. はじめに

有効応力解析は地震時の地盤の挙動を求めるのに非常に有効であるが、挙動を十分にシミュレートするためには、多くの経験と工学的判断力が必要である。ある観測記録や地震被害の実現象をシミュレートする場合には、結果が分かっているため、パラメータを調整するなどしてそれに適応するように設定することが可能であるが、それと同様な問題に対しても同じように適用することができ、且つ、妥当な結果が得られるとは限らないということである。同じプログラムを用いた場合でも、パラメータの設定によっては結果が異なることもある。

従って、捉えようによっては、有効応力解析は実用的ではないという結論に至るかもしれない。しかし、実現象など結果が分かっているものに対して、シミュレーション結果を適応させるために実施したパラメータ調整によって、実施した解析結果の検討を行うことができ、その検討から得られた教訓を同

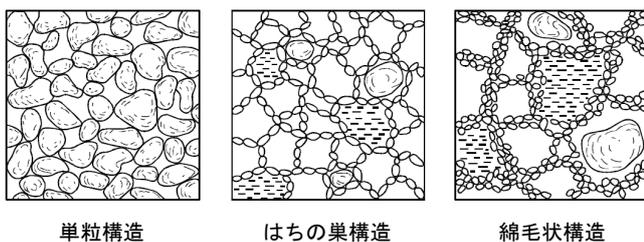


図1 土の骨格構造の例

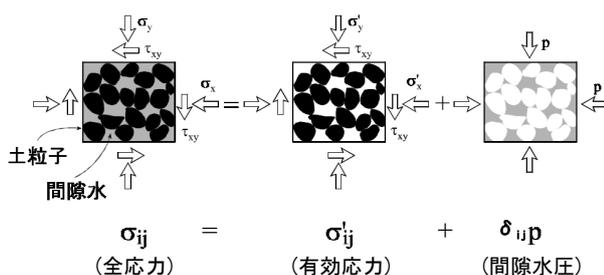


図2 有効応力と間隙水圧の定義

じような問題に遭遇した際に活用することは可能であり、よりよい結果を得ることができる点から考えると、必ずしも実用的ではないとはいえない。

2. 土質力学の特殊事項

地盤を構成している土は均質な材料ではない。そのため、他の材料にはない特殊な性質がある。

(1) 有効応力の原理

図1に示すように、土は単一の物質ではなく、土粒子とその間を埋める間隙物質からなる混合体である。図2に、間隙が水で飽和している土の微小要素に作用する応力を示している。全応力 σ_{ij} は、土粒子に作用する応力と水に作用する応力に分けることができ、以下のように書くことができる。これを有効応力の原理という。

$$\sigma_{ij} = \sigma'_{ij} + \delta_{ij} p \dots (1)$$

この式の右辺第1項が、土粒子同士の接触に伴い、土粒子に作用する応力であり有効応力といい、第2項が間隙水に作用する応力であり間隙水圧という。有効応力には「'」をつけるのが通例である。

地盤を扱う土質力学では、土の強度や剛性といった材料特性が有効応力に支配されることから有効応力の概念は重要である。

(2) ダイラタンス

ダイラタンスは、土が地震などによってせん断力を受け、せん断変形することに伴い体積変化を生じる現象のことであり、土のような粒状体特有の現象である。

一般的に、密な砂はせん断変形に伴って体積が増加し、緩い砂はせん断変形に伴って体積が減少する。前者を正のダイラタンスと呼び、後者を負のダイ

レタンシーと呼ぶ。図3にイメージ図を示す。

(3) 液状化

図4(a)にせん断変形を受ける前の地盤内の状態を示している。この状態からせん断変形を受けると、負のダイレタンシーによって地盤は図4(b)のように体積が減少する。しかし、間隙が水で満たされている場合は、体積が減少するためには、間隙水が排水されなくてはならない。非排水条件である場合、間隙水は排水することができず、体積を減らそうとすることによる圧縮力を受け、水圧が上昇する。これが過剰間隙水圧であり、水圧が上がることによって、式(1)を満たすように、土粒子間の有効応力は減少していく。この状態が続くことで、図4(c)のように有効応力がほぼゼロの状態、すなわち、土粒子が浮遊している状態になる。これが液状化である。

実地盤では、完全な非排水ではなく、少しずつ排水されるため、最終的には発生した過剰間隙水圧は全て消散し、図4(d)のように地表に水が浮き上がり、地盤は沈下する。

3. 有効応力解析について

(1) 有効応力解析の特徴

有効応力解析の特徴として以下の点が挙げられる。

- ・ 実地震動における砂地盤の有効応力減少を追跡できるため、液状化現象の過程を再現することができる。
- ・ 密な砂で見られる「有効応力が低下する過程において、正のダイレタンシーが発生することで剛性が回復するようなサイクリックモビリティ現象⁴⁾⁵⁾」を追跡することができる。
- ・ 地盤の液状化対策を解析上に反映し、その効果を解析的に確認することができる。
- ・ 透水を考慮できる場合、透水性の高い材料による排水効果を検討することができる。

(2) 全応力解析との違い

有効応力解析に用いられる多くの応力ひずみ関係の構成則では、土が最初に経験する応力に対する挙動と除荷時、再載荷時の挙動を区別することが一般的である。詳細は前号(解析雑誌 Vol.23)の「地盤の応答解析法について(その1)」で説明されている時刻歴非線形解析を参照していただきたい。

有効応力解析の基本的な応力ひずみ関係は全応力解析と同様な考え方であるが、有効応力と間隙水圧のそれぞれに対して釣り合い式を考えるという点で異なっている。

(3) 有効応力解析プログラム

1次元有効応力解析として多く用いられてきたのが、DESRA や YUSAYUSA である¹⁾³⁾。前者は最初の有効応力解析であり、後者はソースが公開されている。この2つはいずれも応力ひずみ関係にH-Dモデルを用いているが、間隙水圧モデルが異なっている。

また、現在では1次元の延長として2次元有効応力解析や3次元有効応力解析も行われている。2次元有効応力解析としては、運輸省港湾技術研究所で開発されたFLIP(Finite Element Analysis Program for Liquefaction Process)や、京都大学・岐阜大学・東北大学をはじめとした開発グループによるLIQCA(Computer Program for Liquefaction Analysis)などがある。弊社ではこれらの研究会に参加することで、有効応力解析の最新知見を把握するとともに、解析業務に役立てている。

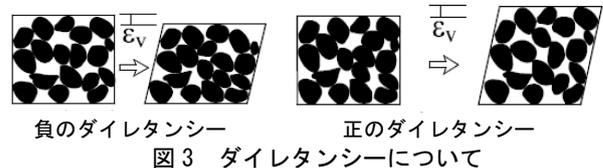


図3 ダイレタンシーについて

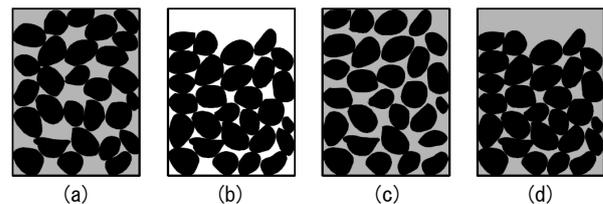


図4 地盤の模式図

参考文献

- 1) 建築基礎の設計施工に関する研究資料 4, 液状化地盤における基礎設計の考え方, 日本建築学会構造委員会基礎構造運営委員会編, 日本建築学会, pp.29~92, 1998
- 2) これからの数値解析講習会資料, 地盤工学会, pp33~64, 1998
- 3) 動的解析と耐震設計 第2巻, 動的解析の方法, 土木学会, pp.230~238, 1989
- 4) 建築基礎構造設計指針, 日本建築学会, pp.61~72, 2001
- 5) 入門・建物と地盤との動的相互作用, 日本建築学会, pp281~288, 1996

二次元有限要素法の統合解析システム

FRONT for Windows

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

◆特長◆

- 1) 二次元有限要素モデルの作成～解析～結果の図化をWindows上で容易に行うことができます。
- 2) 必要な機能のプログラムを組み合わせ導入できます。
- 3) 有限要素法による静的・動的解析
掘削・盛土などの施工過程を考慮した地盤の安定問題
地盤と構造物の相互作用を考慮した動的挙動解析
交通や機械などから発生する振動の影響評価解析

◆構成プログラムの紹介◆

■ 有限要素モデルの作成プログラム

—— F-Mesh for Windows Ver.1.1

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

■ 地盤の掘削・盛土を考慮した静的解析プログラム

—— EXAP for Windows Ver.1.2

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

■ 地盤・構造物連成系の動的解析プログラム

—— SuperFLUSH/2D for Windows Ver.5.2

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

■ すべり安全率・すべり変形量の算出プログラム

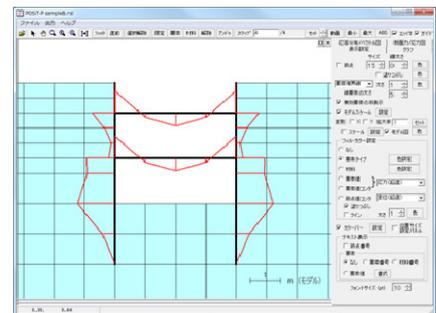
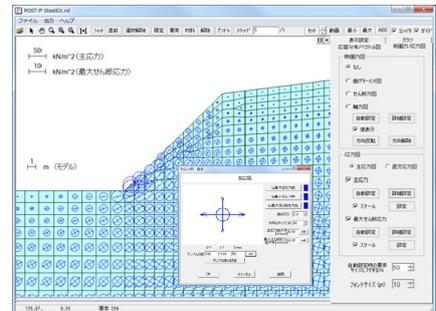
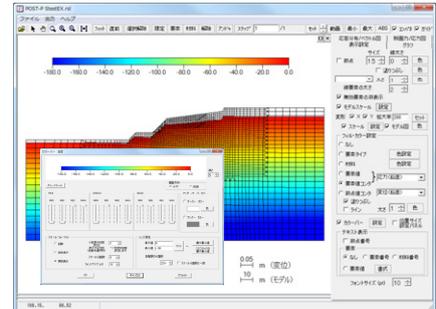
—— POST-S for Windows Ver.1.1

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

■ 解析結果図化プログラム

—— POST-P for Windows Ver.2.1

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



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

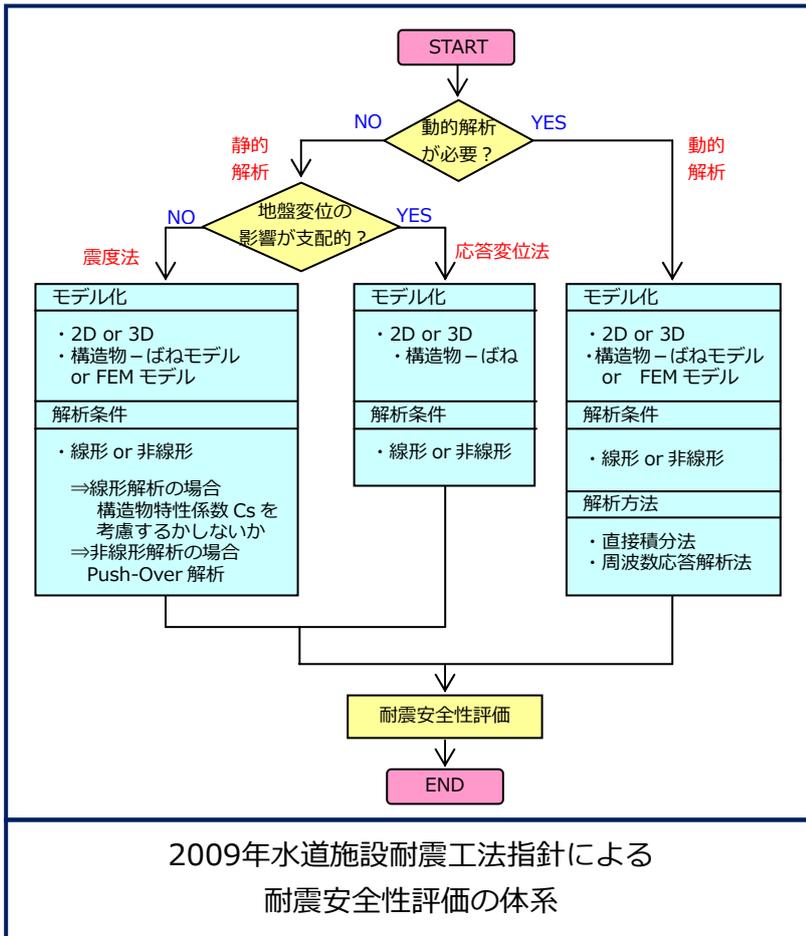
■ SuperFLUSH/2D for Windowsは(株)構造計画研究所と(株)地震工学研究所の共同開発商品です。

2010年8月 バージョンアップ

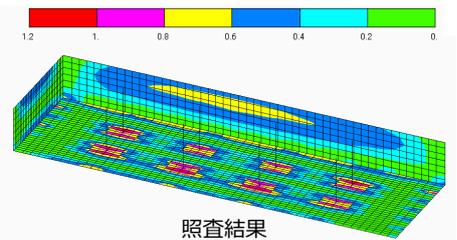
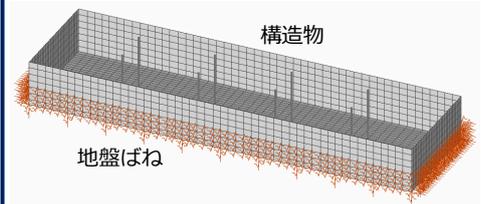
プログラム	追加機能	
	Windows7 対応	機能追加
F-Mesh	○	-
EXAP	○	○
SuperFLUSH/2D	(年内バージョンアップ予定)	
POST-S	○	○
POST-P	○	○

水道施設の耐震評価

2009年に「水道施設耐震工法指針，社団法人日本水道協会」が改訂されました。この中で，2次元，3次元解析モデルによる静的・動的非線形解析の適用が挙げられています。弊社では永年培ってきた解析コンサルティングの経験と実績に基づき，お客様の目的・予算に応じたモデル化や解析手法のご提案から耐震評価まで顧客のニーズに合った柔軟な対応を行っています。

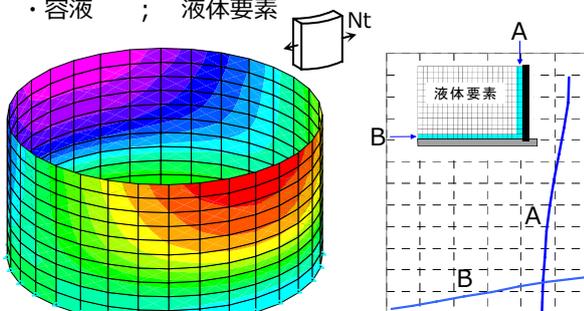


解析モデル
・ 構造物 ; シェル，ビーム要素
・ 地盤 ; ばね要素



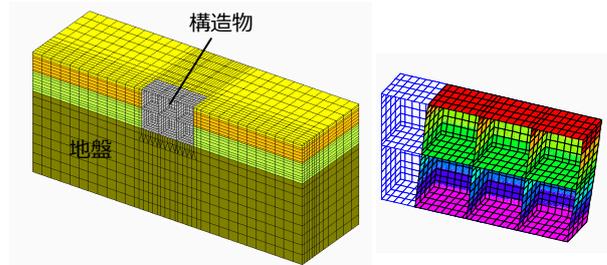
配水池の解析例
(震度法)

・ 構造物 ; シェル要素
・ 容液 ; 液体要素



タンクの解析例
(動的解析)

解析モデル
・ 構造物 ; シェル要素
・ 地盤 ; ソリッド要素



地盤-構造物を考慮した解析例
(動的解析)

地震応答解析における割線剛性比例型減衰の提案

正会員 ○梁川 幸盛*
同 宇佐美 祐人*

非線形振動解析 内部粘性減衰 瞬間剛性比例型減衰
時刻歴応答解析

1. はじめに

鉄筋コンクリート造超高層建物の設計においては、部材の塑性域での粘性減衰の特性として、(1)式で示されるような瞬間剛性比例型減衰と呼ばれる内部粘性減衰の考え方が採用されることが多い^{1~2)}。

$$[C] = \alpha [K_p] \quad \alpha = 2h/\omega \dots\dots\dots (1)$$

ここに、[C]：減衰係数行列、[K_p]：瞬間剛性行列、
h：減衰定数、
ω：弾性または瞬間剛性1次モードの円振動数。

筆者らは、既報³⁾において(1)式の考え方について2種類の解釈（減衰項の力を累積し残差力が生じるタイプ：連続モデル、および、常に原点を通過するタイプ：不連続モデル）があるとともに、それぞれの考え方を運用した場合に得られる利点と発生する問題点を明らかにした。

すなわち連続モデルでは、減衰力が開放されず残留すること、収束計算時に正確な不平衡力が求められないこと、不自然に大きな応答変位が得られることがあり、一方、不連続モデルでは、応答加速度が極端に乱れることがあることを示した。また、他の研究者⁴⁾からは、連続モデルには減衰力-速度の関係において物理的な意味を与えることが難しいと指摘されている。

そこで、本稿では不連続モデルの利点を持ち、問題点である極端な応答加速度の発生を抑えることができる減衰モデルとして、割線剛性比例型減衰を提案する。

2. 瞬間剛性比例型減衰における問題の発生メカニズム

瞬間剛性比例型減衰の挙動を整理するために、図1の非線形ばねのヒステリシスを仮定する。

図1のばねの挙動に対応した連続モデルの減衰力発生の挙動を図2に示す。連続モデルでは、減衰力と速度の関係が連続的であるが、物理的な意味の無い残留減衰力が発生する可能性がある。また、減衰係数が大きく変化する時点で加速度が乱れやすい。

同様に不連続モデルの減衰力発生の挙動を図3に示す。不連続モデルでは、残留減衰力が発生することは無いが、大きな減衰力が一度に開放される（図中の不連続点）ため、物理的な意味の解釈が難しい過大な応答加速度の発生につながりやすい。

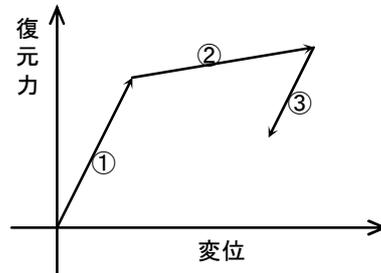


図1 標準型バイリニアばねのヒステリシス

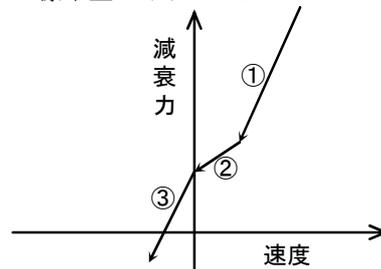


図2 連続モデルの挙動

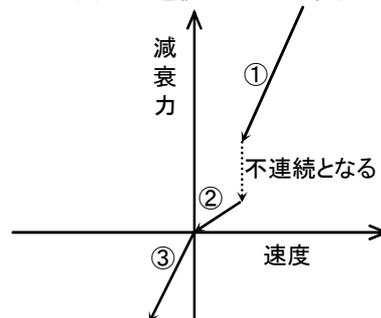


図3 非連続モデルの挙動

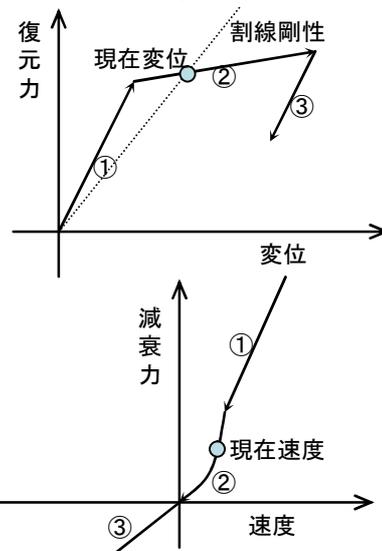


図4 割線剛性比例型減衰モデル

3. 割線剛性比例型減衰の提案

瞬間剛性比例型減衰は、物理的な現象との対応付けが困難な挙動が見られる。これは本来、内部粘性減衰とは、徐々に応答が小さくなっていく現象を簡単な方法で表現しようとして導入された考え方であって、厳密な物理モデルではないためと考えられる。剛性に比例する減衰力が得られるというミクロな側面だけを厳守しても、全体の挙動としてのマクロな物理現象のモデル化に繋がらないのではないかと考えられる。

そこで筆者らは、その時点の剛性に比例させる基本方針をやめ、図4に示す等価剛性（割線剛性）に比例させる方法を提案する。この方法は、減衰力の連続性は保たれ、物理的に不明瞭な減衰力の開放や残留減衰力は発生しない。瞬間剛性比例型減衰の持つ利点をそのままに、問題点の多くを解決できるのではないかと考えられる。

4. 割線剛性比例型減衰の計算例

解析対象となるモデルは、26階建高層RC住宅とした。振動モデルの骨格曲線は、立体静的荷重増分解析の結果をトリリニアカーブにモデル化した。履歴規則は、武田モデル⁵⁾とした。基本振動モデルは等価せん断型とした。入力地震波は、El Centro NS波の最大速度を50cm/secに基準化した地震波とした。

内部粘性減衰モデルの比較のため、下記に示す4ケースの解析を実施した。

- ①初期剛性比例：初期剛性に比例し計算中は一定
- ②前述の連続モデル
- ③前述の非連続モデル
- ④今回提案する割線剛性比例型減衰

いずれも(1)式中の α は一定として、一次固有周期に対する減衰定数 $h_1=3\%$ とした。

○—○ 初期剛性比例
 △—△ 瞬間剛性比例 (連続モデル)
 □—□ 瞬間剛性比例 (非連続モデル)
 ◇—◇ 割線剛性比例

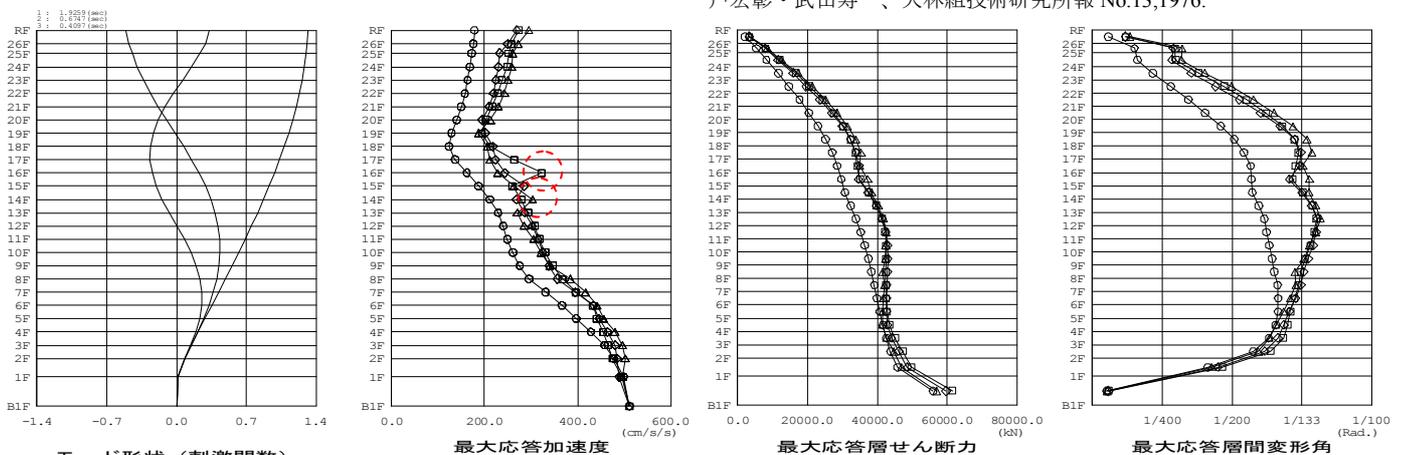


図5 最大応答値図

図5に最大応答値図を示す。ケース①以外は、いずれの減衰タイプも近い最大応答値となり、割線剛性比例型減衰は瞬間剛性比例型減衰に近い結果を示すことが確認できた。最大応答加速度図を見ると、ケース③に著しい乱れが見られ、ケース②にも若干の乱れが見られる。いずれも応答せん断力や応答変位に乱れが見られないことから、減衰モデルに起因する加速度であると考えられる。一方、ケース④の割線剛性比例型では加速度の乱れは小さい（乱れは皆無ではない）ことが確認できた。

表1に初期剛性時と応答解析終了時の固有値の変化を示す。計算終了時の剛性には、最大せん断力を最大変位で除して求めた割線剛性を採用した。1次固有周期が、約1.8倍に変化していることから、割線剛性および等価減衰定数は初期剛性から0.3倍に低下していると考えられる。

5. まとめ

設計的に安全側となる応答を導くことができる瞬間剛性比例型減衰の特徴をそのままに、応答加速度の乱れを低減することができる方法を提案することができた。

表1 固有周期の変化

次数	初期剛性時	計算終了時
1	1.93	3.52
2	0.67	1.24
3	0.41	0.75

参考文献

- 1) 小谷 俊介、「鉄筋コンクリート造骨組の動的破壊実験 一動的非線形解析の資料一」、日本建築学会大会学術講演梗概集、1980年2552番、p.1555.
- 2) 「多次元入力地震動と構造物の応答」、日本建築学会、1998年.
- 3) 梁川ら「地震応答解析における瞬間剛性比例型減衰についての考察」、日本建築学会大会学術講演梗概集、2004年、21501番、p.1001.
- 4) Phan Van Quang、小谷 俊介、大網 浩一「非線形応答解析に用いる瞬間剛性比例型減衰に関する考察」、日本建築学会大会学術講演梗概集、2007年、21220番、p.439.
- 5) 「鉄筋コンクリート構造物の弾塑性地震応答解析（その2）」、江戸宏彰・武田寿一、大林組技術研究所報 No.13,1976.

鉄骨造の実大振動実験結果と線材モデルによる解析結果の比較

正会員 ○鈴木 壮* 同 梁川 幸盛*
同 宇佐美 祐人*

E-ディフェンス 実大実験 震動台実験
立体骨組 線材モデル

1. はじめに

兵庫県三木市の(独)防災科学技術研究所兵庫耐震工学研究センター(E-ディフェンス)では現在、3次元震動台を用いた構造物の実大実験に関する実験データが公開されている。本論文では公開データのうち「鉄骨造建物実験研究 完全崩壊再現実験」による実験データを対象として解析モデルを作成し、実験結果と解析結果の比較を行った。実験結果と解析結果の比較は他の論文でも実施されているが、本論文では線材モデルによって実建物の挙動をどの程度再現できるかという点に着目して検討することとした。解析の諸元については、文献 1)および取得した実験データを参考にした。

2. 検討方針

2.1 解析条件

質点系モデル・立体モデルにより振動解析を行った。質点系モデルは曲げせん断型モデルとし、 A_i 分布による荷重増分解析結果からトリリニアモデルを作成した。地震動の入力方向は、X方向・Y方向の単独入力とした。解析コードとして荷重増分解析には「RESP-F3」、質点系振動解析には「RESP-M/II」、立体振動解析には「RESP-F3D」を用いた。立体モデルの解析条件を表 1 に示す。完全合成梁の剛性・耐力は文献 2)より、露出柱脚の剛性・耐力は文献 3)により決定した。材料強度は材料試験結果の値を採用し、入力地震動は実験結果による振動台上加速度を採用した。入力倍率は実験結果のうち弾性加振と位置づけられている 20%、および弾塑性加振と位置づけられている 60%のケースを採用した。減衰定数は鉄骨造であることを考慮し、 $h=0.02$ の瞬間剛性比例減衰とした。

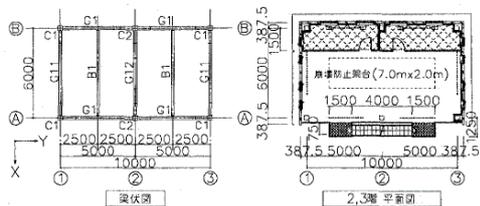


図 1 試験体の梁伏図および平面図

表 1 立体モデルの解析条件

柱	線材モデル (MN 相関考慮)
梁	線材モデル (材端剛塑性ばね法) 完全合成梁による剛性、耐力
露出柱脚	回転ばね (非線形)
仕口パネル	シアパネル (非線形)

2.2 非構造部材の影響の検討

実験および解析によって求められた 1 次固有周期を表 2 に示す。実験による固有値は文献 4)による。文献 4)では台上加速度波形と最上階の応答加速度波形から得られた伝達関数を 1 次固有周期として採用している。解析による固有値については上記の方法で算出したものと固有値解析により算出したものを示す。20%入力時の応答はほぼ弾性範囲内の応答であるが、実験による固有値は固有値解析の結果よりも一割程度周期が短くなっている。これは小振幅時には非構造部材による水平剛性が影響していることによると考えられる。また、60%入力時の固有値が実験と解析で比較的近い値となっているため、60%入力時には非構造部材に損傷が発生し、水平剛性がなくなっているものと考えられる。

表 2 1 次固有周期

方向	固有周期[sec]				
	実験		解析		
	20%入力	60%入力	20%入力	60%入力	固有値解析
X	0.82	0.91	0.94	0.92	0.92
Y	0.78	0.89	0.84	0.90	0.89

2.3 振動解析結果

2.3.1 最大応答値の比較

(1)20%入力時

20%入力時の質点系振動解析結果を図 2、図 3 に示す。加速度の比較では、X 方向では概ね 1 割程度の差となっているのに対し、Y 方向では 3 割程度解析の応答が小さくなる傾向となった。一方で層間変形は X 方向、Y 方向ともに入力に対して応答が大きくなるような傾向にあり、このことから小振幅時には非構造部材の水平抵抗により剛性が大きくなっていることが考えられる。2~4 層目は比較的良好に一致するものの、1 層目の変形は実験に対して解析結果が大きくなる傾向となった。

(2)60%入力時

60%入力時の質点系振動解析結果および立体振動解析結果を図に示す。応答加速度は概ね立体、質点系、実験結果の順に大きくなる傾向となり、20%入力時と同様 Y 方向では差が大きくなっている。層間変形を比較すると、1 層目の変形が実験結果と比較して大きくなるものの、2~4 層目の変形は最大でも 15%程度の差に収まっている。

20%入力時および 60%入力時に 1 階の層間変形角が実験結果と乖離する理由としては、露出柱脚のモデル化による影響などが考えられる。

2.3.2 時刻歴応答値の比較

図4に60%入力時における1階層間変位の時刻歴応答値を示す。最大応答値以降の応答時刻歴を比較すると、解析結果に対して実験結果では応答が早く減衰していく様子が確認できる。これは弾性応答を示す20%入力時にも確認される現象であり、本建物における実際の減衰は解析で設定した減衰定数2%よりも大きいことが予想される。

3. まとめ

結果として次のような知見が得られた。

- 20%入力時の応答では1次固有周期が実験と解析で一致しない。これは非構造部材の影響が含まれることによると考えられるが、60%入力時には周期が近くなるため、非構造部材の影響が小さくなっていることが予想される。
- 質点系モデル、立体モデル共に2~4階の最大層間変形角は実験結果に対して比較的よく一致した。最大加速度についてはX方向では比較的よく一致するものの、Y方向では解析結果が実験結果を下回る傾向となった。
- 今回の解析モデルにおける減衰は実建物に対して過小評価となっていることが考えられる。

謝辞

本報告では、独立行政法人防災科学技術研究所が実施するデータ公開システム「ASEBI」より公開された課題名「鉄骨造建物の完全崩壊実験」の実験データを使用した。関係者に謝意を表す。

参考文献

- 「実大4層建物完全崩壊実験の概要 (E-ディフェンス鋼構造建物実験研究その21)」吹田、松岡ら 日本建築学会大会学術講演梗概集 2008年9月
- 「2007年度建築物の構造関係技術基準解説書」国土交通省住宅建築指導課 p.600-602
- 「鋼構造限界状態設計指針・同解説」、日本建築学会、1998
- 「実大4層建物完全崩壊実験における弾性加振結果 (E-ディフェンス鋼構造建物実験研究その22)」齋藤、吹田ら 日本建築学会大会学術講演梗概集 2008年9月
- 「完全崩壊試験体の統合化構造解析システムによる疑似立体倒壊解析結果 (E-ディフェンス鋼構造建物実験研究その28)」堀本、多田ら 日本建築学会大会学術講演梗概集 2008年9月

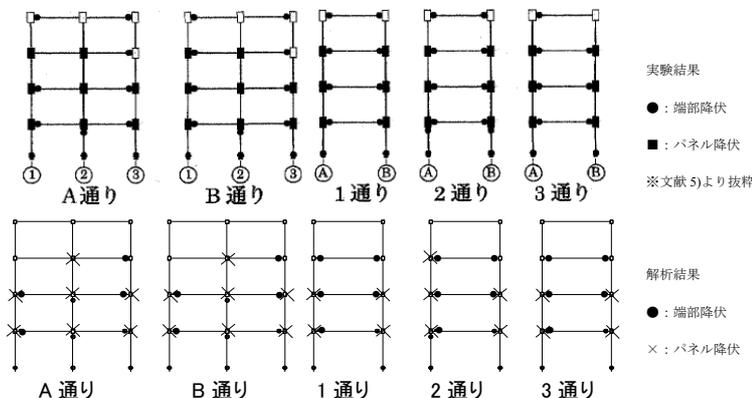


図5 塑性化を経験した部位の分布(60%入力時)

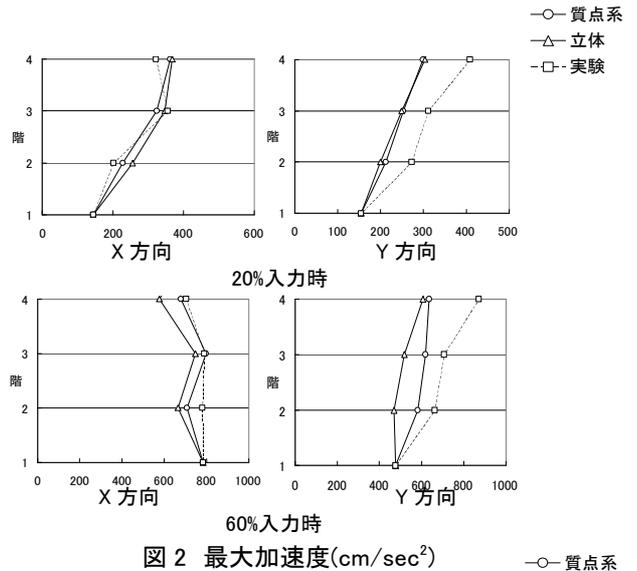


図2 最大加速度(cm/sec²)

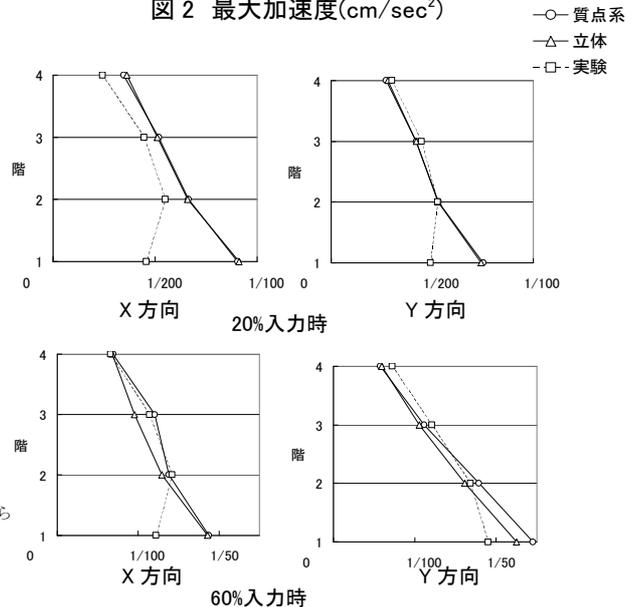


図3 最大層間変形角(rad)

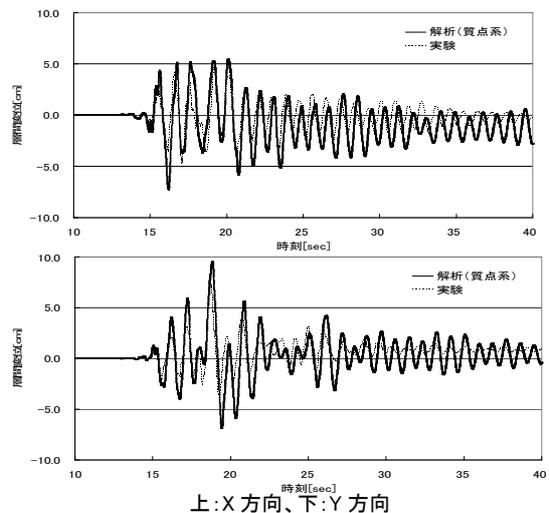


図4 1階の時刻歴層間変位(60%入力時)

14階建て RC 造集合住宅における降伏機構分離型鉄筋コンクリート造杭の適用検討事例

正会員 ○齋藤 光広*¹ 同 井上 芳生*²
 同 秋田 知芳*³ 同 金子 治*⁴
 同 梁川 幸盛*¹

鉄筋コンクリート造杭 降伏機構分離型 PHIS 接合部
 一体解析 ファイバーモデル

1. はじめに

降伏機構分離型鉄筋コンクリート造杭¹⁾は、降伏機構分離型構造の技術を杭に用いることで、高軸力下において杭頭部の断面積を縮小してもほとんど損傷が生じず、また、地震時に塑性化に至っても、地震後の長期的な使用に支障がなく、安定して建物を支持できる杭で、杭頭部とパイルキャップとの間に PHIS 接合部¹⁾を設けることにより、設計・施工において合理化が図られたものが開発された。

本稿では、14 階建て RC 造集合住宅を対象として、地盤-杭-建物の一体モデルによる静的荷重増分解析により、降伏機構分離型鉄筋コンクリート造杭 (PHIS 構法²⁾)と従来の設計法による杭(在来構法)を適用した場合に、杭頭条件の違いが上部構造へ与える影響および PHIS 接合部の挙動と基礎梁応力の関係について検討する。

2. 解析モデル

対象建物はけた行方向 6 スパンのラーメン構造、張り間方向 1 スパンの連層耐震壁構造の 14 階建て RC 造集合住宅とする。地盤は第 2 種地盤を想定し、構造特性係数 Ds はけた行方向で 0.3、張り間方向で 0.4 である。杭種は場所打ちコンクリート杭である。表 1 に在来構法の杭体諸元を示す。

解析モデルは立体骨組みモデルとし、架構は、柱および杭をファイバーモデル、梁を M-θ 材端剛塑性ばね、耐震壁を壁谷澤モデルでそれぞれモデル化する。地盤ばねは文献³⁾を参考に、水平地盤ばね、杭周摩擦ばねを設定し、杭先端はピン支持とする。

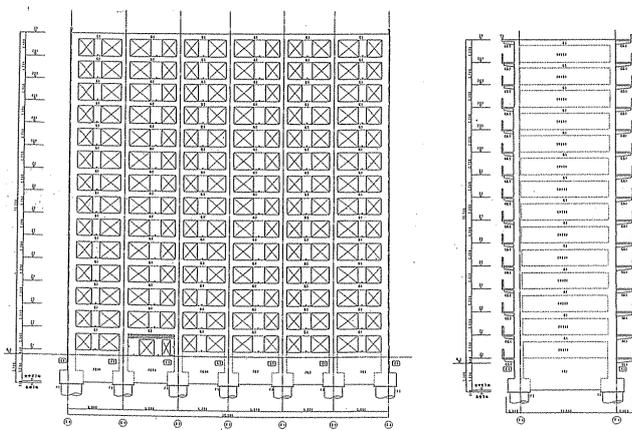


図1 14階建て RC 造集合住宅 軸組図

表 1 在来構法 杭体諸元

記号	軸径[m]	杭実長[m]	上部配筋	下部配筋	鉄筋種	Fc
P1	2.2	28.6	80-D35	40-D35	SD390	27
P2	2.2	28.6	90-D35	45-D35	SD390	27

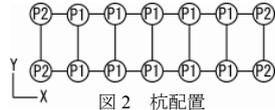


図2 杭配置

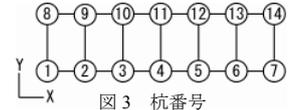


図3 杭番号

3. PHIS 接合部のモデル化

文献²⁾に倣い、PHIS 接合部のモデル化を行う。PHIS 構法における PHIS 接合部付着除去区間以深の杭体は在来構法と同じ軸径(2.2m)で配筋を PHIS 接合部と同じものとする(表 2)。本稿で設定した PHIS 接合部詳細を以下に示す。配筋は 90(80)本→28 本となり、在来構法の 1/3 程度である。

表 2 PHIS 接合部諸元

軸径[m]	PHIS接合部高さ[mm]	付着除去長さ[mm]	配筋	芯鉄筋	鉄筋種	Fc
1.5	100	1100	24-D35	4-D35	SD390	54

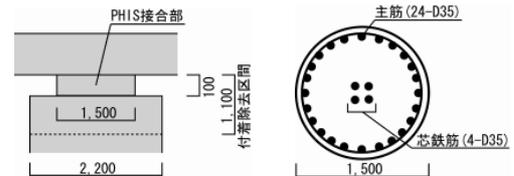


図4 PHIS 接合部 デTAIL

モデル化に際しては、付着除去区間までを 1 部材としてファイバーモデルでモデル化²⁾し、杭軸径に対して断面積が 1/2 となるよう軸径を設定する。在来構法と同じ圧縮耐力を発揮するよう、コンクリート強度は在来構法の 2 倍($F_c=54N/mm^2$)とし、応力-歪関係は NewRC モデル²⁾とする。付着除去長さは杭軸径の 1/2 とし、1100mm とする。

4. 静的荷重増分解析結果

以上に述べた PHIS 構法、在来構法の両モデルで静的荷重増分解析を行う。上部構造の Q-δ 関係を図 5、6 に示す。荷重倍率 1.0(1 次設計時)および 2.0(張り間方向 2 次設計時、Ds=0.4)、1.5(けた行方向 2 次設計時、Ds=0.3)の各倍率時の各階の点をプロットし、張り間方向では、両構法で引張り側杭頭部が降伏(引張り側杭の軸力-曲げの履歴が M-N 相関曲線に到達した時点)する倍率での各階の点も併せてプロットした。なお、けた行方向では最大層間変形角 1/75 時点まで漸増載荷しても杭頭部に降伏は見られなかった。張り間方向、けた行方向ともに PHIS 構法、在来構法の両モデルで上部構造 Q-δ 関係はほぼ同じ曲線を描くことが確認できる。また、在来構法では 2 次設計時を大きく超える時点まで杭頭部の降伏は見られないが、PHIS 構法では 1 次設計時と 2 次設計時の間で PHIS 接

合部が早期に降伏している。杭頭部の接合条件や降伏状態に関わらず、上部構造 Q- δ 関係は変わらないことが確認できる。

図 7、8 に PHIS 接合部の曲げ-軸力の履歴を示す。張り間方向では引張り側の杭で曲げ降伏曲面に達し、PHIS 接合部が降伏していることが確認できる。また、引張り軸力は、荷重倍率 2.0 時で PHIS 接合部の終局引張り耐力の 68%程度となり、地震後の長期的な使用に関しても問題ないと思われる。一方けた行方向では、最も引き抜きが大きい図 3 中①の杭でも PHIS 接合部の降伏は見られない。図 9 に PHIS 接合部引張り鉄筋の履歴を示す。図中の数値は荷重倍率を示し、倍率 1.60 は杭①の PHIS 接合部が M-N 相関曲線に到達した倍率を示す。荷重倍率 2.0 で最外縁の鉄筋のひずみはおよそ 0.6%程度で、過大なひずみは生じていないことが確認できる。

次に PHIS 接合部の回転角の検討を行う。図 10 に回転角の定義を、表 3、4 に張り間方向(荷重倍率 2.0)およびけた行方向(荷重倍率 1.5)の検討結果を示す。最大回転角は張り間方向①の杭で 1/166 であり、過大な回転は生じていないことが確認できる。

図 11 に PHIS 構法および在来構法の張り間方向 M 図を示す。PHIS 構法では引張り側の杭頭部が早期に降伏し、在来構法と比較して基礎梁の下端曲げで約 4 割の減少が確認できた。圧縮側では PHIS 接合部に十分な耐力を確保しており、杭頭部および基礎梁の曲げはほぼ等しい。また、PHIS 構法では杭頭ピンに近い状態であり、杭体の曲げ反曲点位置が在来構法と比較して杭頭に近い位置にある。けた行方向では PHIS 接合部に降伏は見られず、在来構法と比較し基礎梁曲げに大きな違いは見られなかった。

5. まとめ

14 階建て RC 造集合住宅で PHIS 構法と在来構法の杭を適用し、静的荷重増分解析を行った。両構法で、上部構造の Q- δ 関係はほぼ同じ曲線を描き、杭頭条件の違いによる上部構造への影響は非常に小さいことが確認できた。また、2 次設計時においても PHIS 接合部には過大な変形は見られなかった。本検討モデルに PHIS 構法を採用することで、PHIS 接合部に降伏が生じた張り間方向の引張り側において、基礎梁の下端曲げで約 4 割の減少が確認できた。PHIS 構法の採用により、杭頭部および張り間方向の基礎梁の下端配筋を減らすことができ(本検討モデルでは、杭頭部: 約 6~7 割減、基礎梁下端筋: 約 4 割減)、経済面、施工面においてより合理的な設計が可能であると考えられる。

謝辞 本研究は(独)都市再生機構「高層賃貸住宅の損傷制御設計に関する構造検討委員会」(委員長 平石久廣 明治大学教授)の活動の一環として実施しました。ご助言を頂いた関係者の方々に深く感謝致します。

参考文献

- 1) 平岡太一、平石久廣ほか：降伏機構分離型鉄筋コンクリート造杭の開発(第 2 編)(その 1)-(その 3)、日本建築学会学術講演梗概集(東北)、2009.8
- 2) 平岡太一、平石久廣ほか：降伏機構分離型鉄筋コンクリート造杭の開発(第 3 編)(その 1)-(その 4)、日本建築学会学術講演梗概集(北陸)、2010.9 (本学術講演会に投稿予定)
- 3) 井川望ほか：一体解析による杭基礎構造の地震時応力・変形の検討、構造工学論文集 Vol.53B、2007.3

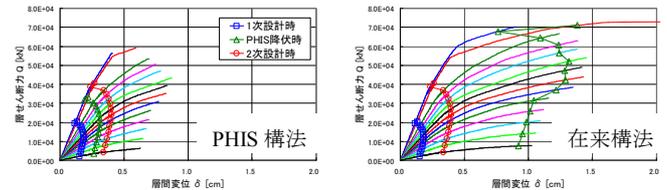


図 5 張り間方向 Q- δ 関係

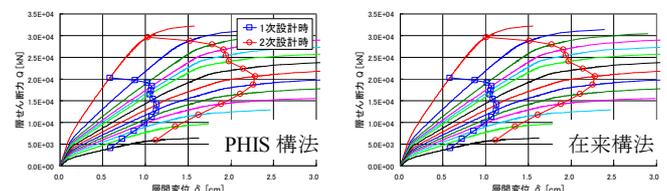


図 6 けた行方向 Q- δ 関係

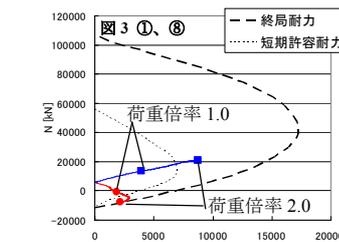


図 7 張り間 M-N 履歴

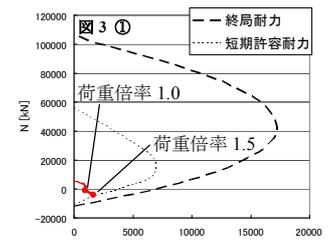


図 8 けた行 M-N 履歴

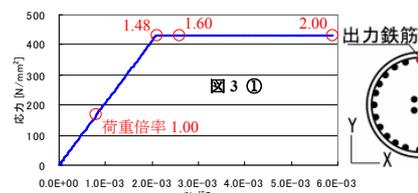


図 9 附着除去区間 引張り鉄筋履歴

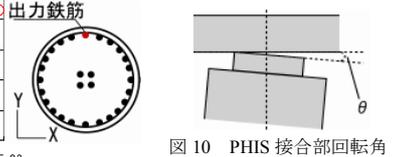


図 10 PHIS 接合部回転角

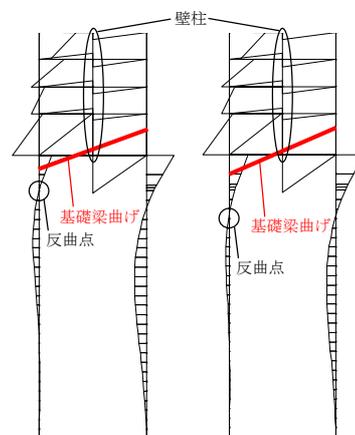


図 11 張り間方向 M 図(荷重倍率 2.0)

表 3 張り間方向 PHIS 接合部回転角

杭符号	①	②	③	④
θ [rad]	1/166	1/178	1/182	1/185
杭符号	⑤	⑥	⑦	
θ [rad]	1/188	1/191	1/185	
杭符号	⑧	⑨	⑩	⑪
θ [rad]	1/677	1/722	1/730	1/738
杭符号	⑫	⑬	⑭	
θ [rad]	1/733	1/748	1/746	

表 4 けた行方向 PHIS 接合部回転角

杭符号	①	②	③	④
θ [rad]	1/628	1/902	1/650	1/621
杭符号	⑤	⑥	⑦	
θ [rad]	1/630	1/825	1/1307	
杭符号	⑧	⑨	⑩	⑪
θ [rad]	1/596	1/759	1/620	1/577
杭符号	⑫	⑬	⑭	
θ [rad]	1/569	1/712	1/1123	

*1 (株)構造計画研究所

*2 (株)UR リンケージ

*1 KOZO KEIKAKU ENGINEERING Inc.

*2 Urban Renaissance Linkage Co., Ltd.

*3 千葉大学助教授 工博

*4 戸田建設(株)

*3 Assistant Prof., Chiba Univ., Dr Eng

*4 Toda Corporation

時刻歴応答解析による設計を支援する統合構造計算プログラム

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

プログラム概要

- ・建物データ入力、許容応力度法による構造計算、立体フレーム非線形静的解析・動的解析、構造計算書作成の一連処理機能を持ちます。
- ・RC造、S造、SRC造、CFT柱、オイルダンパー、制振間柱、座屈拘束ブレース、免震装置に対応しています。
- ・XYグリッドを基本としながらも、任意建物形状(隅切り、軸振れ、セットバック、節点の上下移動、柱の軸回転)に対応しています。
- ・地震応答解析結果から、簡単にアニメーションを作成できます。
- ・RESP-F3T(非線形静的動的解析)/F3(立体フレーム静的弾塑性解析)/F3D(剛床立体フレーム動的弾塑性解析)の入力データファイルの作成が可能です。

入力機能の特徴

建物データ入力

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

計算機能・出力機能の特徴

構造計算・構造解析

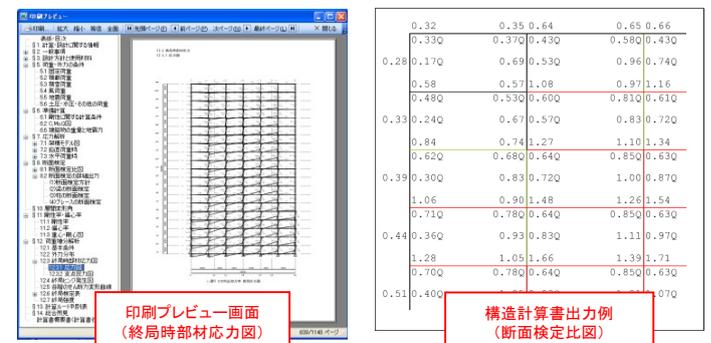
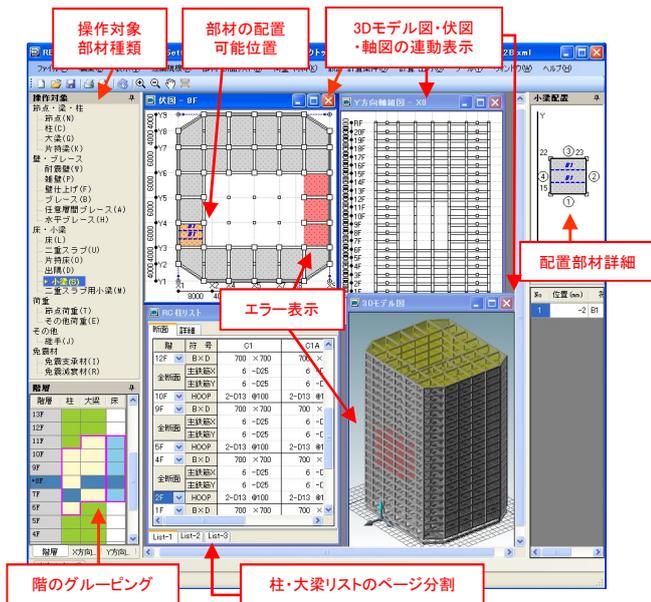
- ・一連の解析処理に同一の立体解析モデルを用いることで、整合性の高い計算が可能
- ・荷重計算(地震・風)、部材剛性計算、応力計算、偏心率・剛性率計算、断面検定計算は「2007年版建築物の構造関係技術基準」に準拠
- ・非剛床解析の指定(剛床解除節点の指定)が可能、水平ブレースに対応
- ・立体モデル(非剛床を含む)による固有値解析、上下動解析が可能
- ・荷重増分解析による保有水平耐力計算(4方向の加力に対応)、部材余裕度計算、水平・上下の3成分地震波入力による弾塑性立体振動解析が実行可能
- ・複数入力波(X・Y・指定角度、Z方向)の連続計算に対応
- ・柱のM-Nインタラクションはファ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

RESP-F3T, RESP-F3/F3Dとの連動

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

構造計算書作成

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

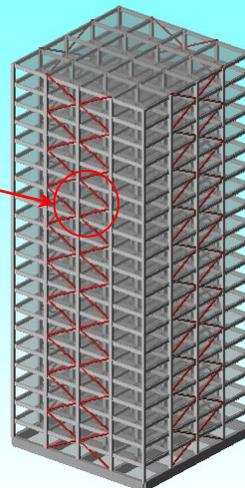
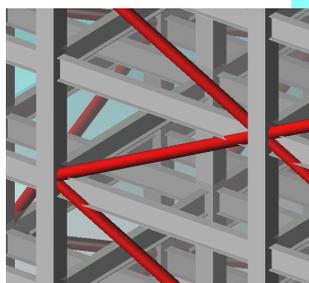


開発・サポート体制、カスタマイズ

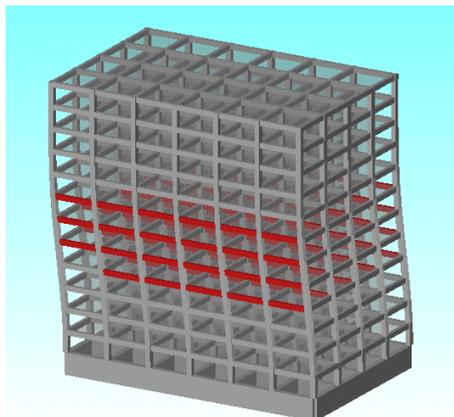
- ・RESPシリーズの開発およびユーザサポートは、(株)構造計画研究所 防災ソリューション部 建築構造室が担当します。
- ・RESP-Dは非線形動的静的解析プログラム RESP-F3T 技術サービス契約(保守)ユーザ様には同数ライセンスを無償提供いたします。
- ・RESP-Dは、各社様向けカスタマイズも承ります。独自に開発された工法・設計法をRESP-Dに組み込み、限定された利用者にお使いいただくことが可能です。

3Dモデル図、アニメーションの作成

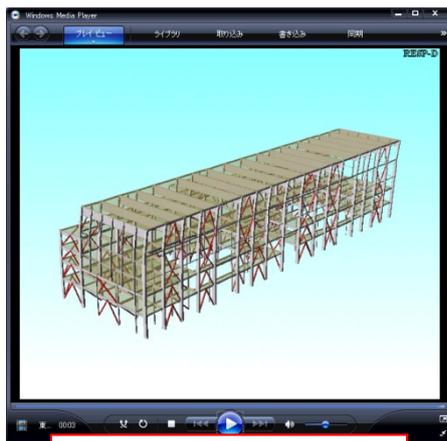
- RESP-D応答解析実行時にアニメーションデータ出力指定をするだけで、簡単に動画を作成可能
- RESP-Dに付属する動画作成ソフト RESP-D Animation にて、動画の詳細な設定が可能
- 部材ごとに表示・非表示の選択、及び色指定が可能
- 部材塑性状態の色付けが可能
- 背景等も自由に色設定可能
- 2つまでのモデルの応答結果を並べて比較することが可能
 - 非免震構造と免震構造の応答比較
 - 同じモデルの方向別応答比較
 - 同じモデルの波別応答比較 など
- アニメーション画像を動画ファイル(.AVI)に出力可能
- 3Dモデル図画像をEMFファイル出力可能



部材拡大表示例



塑性化表示例



AVIファイル再生例 (Windows Media Player)

部材表示色編集

構造材	部材名	表示可	RC表示色	S表示色	SRC表示色
大梁	(211,211,211)	<input checked="" type="checkbox"/>	(100, 50, 50)	(211,211,211)	(211,211,211)
柱	(211,211,211)	<input checked="" type="checkbox"/>	(100, 50, 45)	(211,211,211)	(211,211,211)
片持梁	(211,211,211)	<input checked="" type="checkbox"/>	(100, 50, 45)	(211,211,211)	(211,211,211)

部材表示色編集ダイアログ

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

ファイル(E) ウィンドウ(W) ヘルプ(H)

操作パネル

AVIファイル出力

出力ファイル名: [] ...

実行 4.37s/帧

アニメーション プレイヤー

部材表示色編集

各種制御

- 1-表示制御
 - 座標軸の表示 する
 - 軸階の表示 しない
 - 部材の辺線の表示 しない
 - 地面の表示 しない
 - 平行投影で表示 する
 - H型断面の簡略 する
 - 丸型柱の簡略 しない
 - レンダリング する
 - 部材塑性状態 しない
- 2-操作制御
 - ズーム方法 マウスの
 - パン方法 CTRLキ
 - 回転方法 中ボタ
 - 自動回転スピード 1
 - 自動回転の方向 ばい
- 3-アニメ制御
 - 変位倍率 50
 - 表示速度(倍) 1
 - モデルキャプション しない
 - 二種目モデルの: (554.0)
- 4-AVIファイル出力
 - 画面サイズ 小

座標軸の表示
座標軸の表示フラグ

メッセージ

状態

アニメーション画面 (免震構造と非免震構造の応答比較)

AVIファイル出力指定

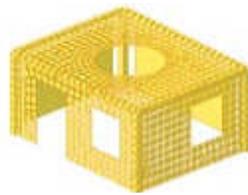
各種制御

アニメーション画面 (免震構造と非免震構造の応答比較)



- 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-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

midas Gen 2010 リリース!



新バージョン
「midas Gen 2010」には
待望のオートメッシュ機能が
追加されました。

〈新ラインナップ〉

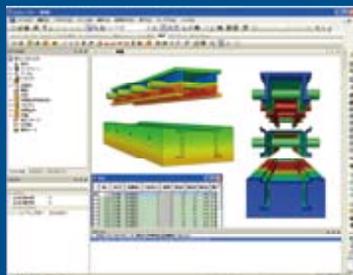
基本製品：MODSスリム
MODSレギュラー
オプション：MODSオプション1～4

詳細はこちら↓

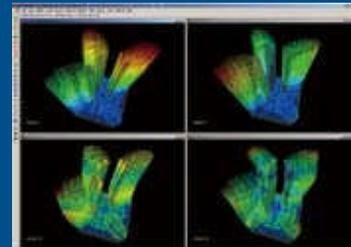
<http://www4.kke.co.jp/midas/>

midas FEA

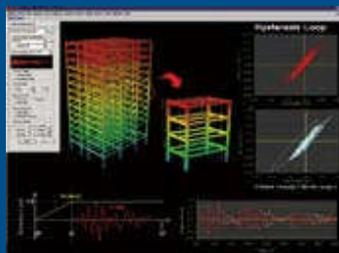
建設用 FEM専用解析ツール



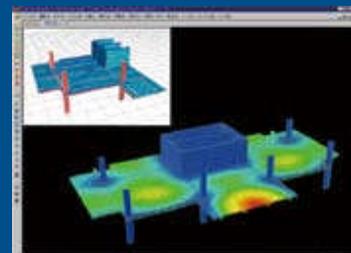
層の自動生成機能を使ったモデリング



固有振動数解析 (固有モード図)



動的フレーム非線形解析



床板の応力コンター図

midas Gen、midas Drawing Shop 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。

各種お問合せ先

構造計画研究所
KOZO KEIKAKU ENGINEERING Inc.

耐震技術部 midas Gen担当

TEL : 03-5342-1050 FAX : 03-5342-1238

Mail : midas@kke.co.jp

汎用の非線形有限要素法解析プログラム

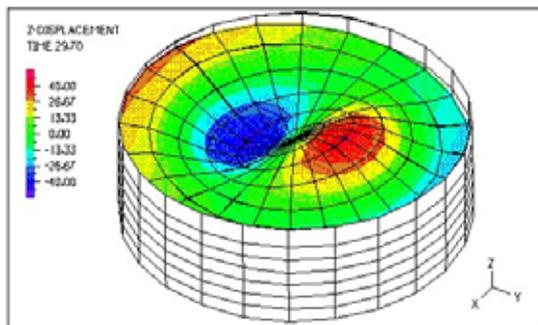
ADINA

特徴

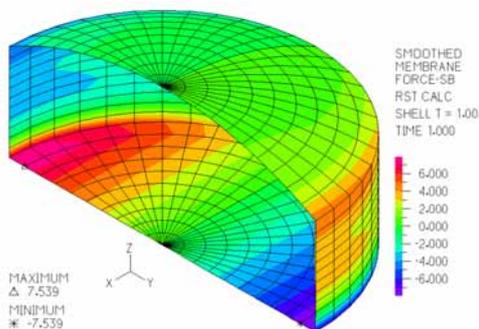
ADINA は、マサチューセッツ工科大学の研究成果を反映し ADINA R&D 社が開発した代表的な汎用の構造・熱伝導・熱流動解析プログラムです。非定常・非線形挙動を高精度な計算機能で解くことが可能です。 弊社ではプログラム販売の他、解析コンサルティング・サービスもご提供しております。

構造物－流体連成問題

貯蔵液体タンクのスロッシング解析



液面波形分布



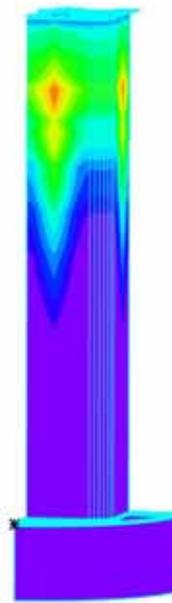
タンク壁面：断面力分布

■スロッシング解析のポイント

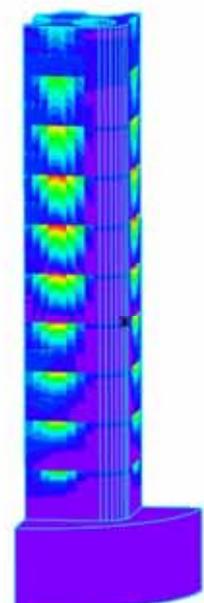
- ・構造と流体の相互作用解析
- ・タンクはシェル要素、流体は流体要素
- ・地震入力による動的応答解析
- ・スロッシング波高やタンク応力の算定
- ・浮き屋根の有無による差異の検討

非定常温度計算－熱応力問題

施工手順を考慮したRC橋脚の水和熱による、ひび割れ発生の予測



温度分布



引張応力度分布

■水和熱によるひび割れ発生予測解析のポイント

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

紹介セミナー・お試し版プログラム・教育訓練

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

鉄道構造物等の3次元耐震性能照査プログラム

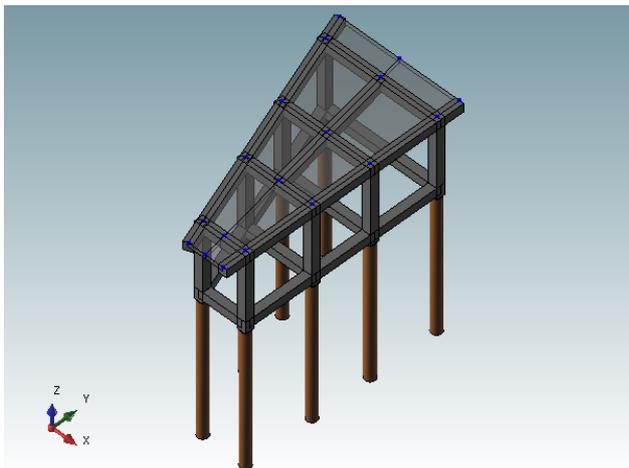
Dars

Version 1.0

Dynamic Analysis program for Railway Structures

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

プログラム概要



3次元でのモデル化により、これまでの2次元耐震性能照査プログラムでは対応できなかった不整形なラーメン高架橋に対応します。また、スラブへの直接的な荷重配置により複雑な荷重計算、荷重分担計算の省略や、1モデル2方向に解析・照査することにより解析ケース数、作業量を大幅に軽減し、これまでの設計者の悩みを解決します。

■ 対象構造形式

- ラーメン高架橋 (2D・3D)
- 杭基礎 (場所打ち杭・直接入力)
* 群杭効果未対応

■ 対象部材

- RC (矩形・円形・T型)

■ 計算機能

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

断面DB

スクリプト

アウトライン作成

断面の配置

荷重ケース追加

解析ケース追加

破壊モード推定解析
(静的非線形解析)

時刻歴動的な非線形解析
による応答値の算定

所要降伏震度スペクトル
による応答値の算定

耐震性能照査
(応答値と照査指標の比較)

バージョンアップ予定

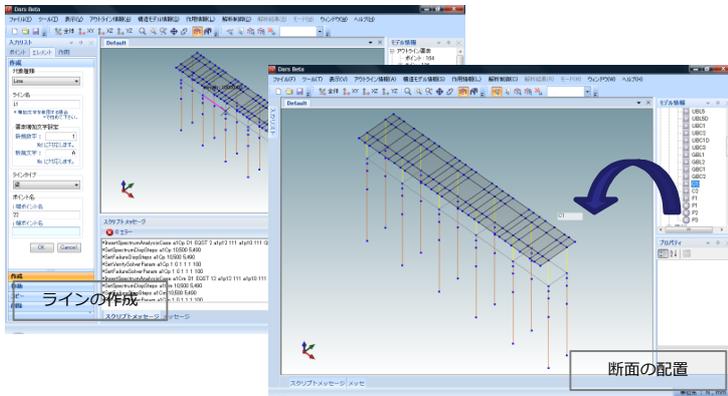
- * 鋼・複合構造対応
- * 次期鉄道構造物等耐震設計標準(仮)対応

本プログラムは、(財)鉄道総合技術研究所と(株)構造計画研究所との共同開発によるものです。

プログラムの特徴

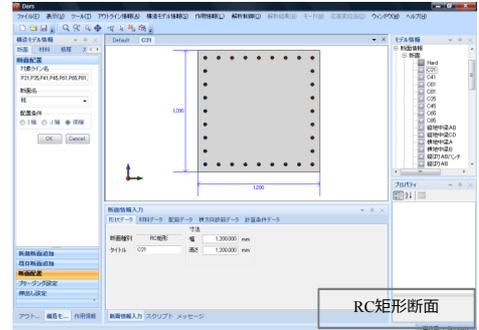
■ 入力支援

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



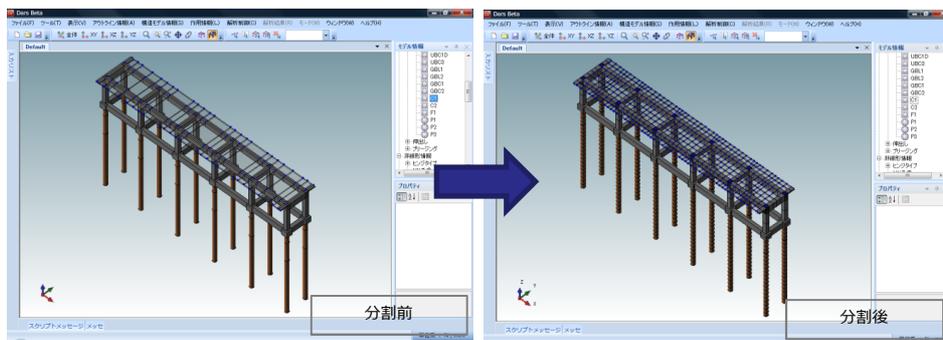
■ 断面算定

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



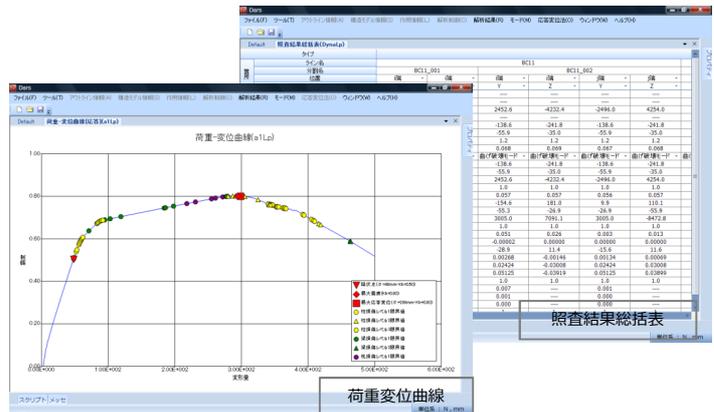
■ 解析モデルの自動生成

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



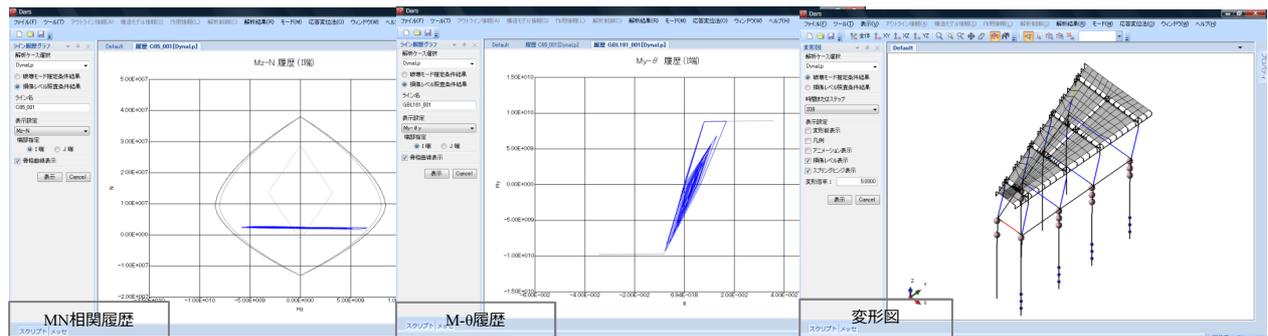
■ 照査例に準拠した出力

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



■ 出力図

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



お問い合わせはこちらへ

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

kaiseki@kke.co.jp

(株)構造計画研究所 エンジニアリング営業部

〒164-0012 東京都中野区本町 4-38-13

TEL (03) 5342-1147

(株)構造計画研究所 エンジニアリング営業部 大阪支社

〒541-0047 大阪市中央区淡路町 3-6-3 NMプラザ御堂筋ビル 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 朝日会館 11F

TEL (052) 222-8461

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

■ KAISEKI PORTAL

<http://www4.kke.co.jp/kaiseki/>



お客様が当社に提供された氏名・年齢・住所・電話番号等の個人情報は、当社の製品・ソリューションなどの情報提供や営業などの目的で使用することがあります。あらかじめご了承ください。

お客様がご自身の個人情報の内容について照会または変更することをご希望される場合には、あるいは当社による個人情報の利用の中止をご希望される場合には、上記宛てにご連絡ください。

解析雑誌 *Journal of Analytical Engineering Vol.24 2010.9*

発行日 平成22年9月1日

編集・発行 株式会社構造計画研究所 エンジニアリング営業部

〒164-0012 東京都中野区本町 4-38-13

お問い合わせ 電話 (03) 5342-1147 FAX (03) 5342-1203

kaiseki@kke.co.jp