

解析雑誌

Vol.45 2018.2

Topics

- 設計用入力地震動作成システム ウェブサイト新設
ならびにダウンロードサービス運用開始のご案内
- RESP-MX のご紹介
- RemoteLock, 日本での市場とサービスの拡張

Technical Reports

- 大地震時における災害拠点建築物の床応答加速度の検討
その1 検討の概要
- 大地震時における災害拠点建築物の床応答加速度の検討
その2 時刻歴応答解析結果
- 大地震時における災害拠点建築物の床応答加速度の検討
その3 構造設計方針の違いと余震による影響の検討
- 免震装置交換に伴うジャッキアップ時の安全性評価
について その1 背景および解析条件
- 免震装置交換に伴うジャッキアップ時の安全性評価
について その2 解析結果

Journal of Analytical Engineering



2018 年に思うこと

(株)構造計画研究所
防災ソリューション部長
坪田 正紀

2017 年は国内で震度 6 弱以上の揺れを記録した地震活動は見られませんでした。九州北部豪雨や秋田豪雨、台風 18 号や 21 号など、大雨が頻発した 1 年となりました。昨年末に国土交通省が発表した速報値によれば、2017 年に土石流、地すべり、がけ崩れにより家屋や公共施設に被害が発生した土砂災害発生件数は過去 10 年では前年の 2016 年に次ぐ多さで、地震が原因となったものを除いた降雨・融雪に起因する発生件数は過去 10 年で最大が記録されました。

2018 年はどのような 1 年になるのでしょうか。

民間企業を例にとれば、外部環境の目まぐるしい変化もあって投資を必要とする選択肢が益々多岐にわたっています。その中で、災害リスクへの備えが後回しになりがちの気運を感じます。企業活動にとっての優先度を考えて投資すべき対象の取捨選択が行われるのは必然ですが、災害リスクへの備えは、限りある原資の枠組みの中でも最善と考えられる活動をコツコツと続けていくことが大切です。

過去に経験した災害直後の緊張感や心構えを思い出し、また忘れた頃にやって来たと同じようなことが繰り返されぬよう、災害リスクへの備えを改めて考える 1 年になればと願います。

当社では、災害リスクを定量化することで優先度の意思決定を支援することから具体的な災害対策の検討に至るまで、多様なエンジニアリング技術を活用して減災に貢献すべく活動を続けて参りました。

これからも工学的に確かな見識を備え、一方で工学を過信することなく謙虚にわかっていることを的確に丁寧な伝え、皆様とともに課題解決を考え、あるべき方向に導くパートナーとなれるよう研鑽して参ります。

本誌のトピックでご紹介する設計用入力地震動作成システムは、構造物を設計する際に耐震性能を確認するための地震動を作成するソフトウェアです。販売開始から約 20 年が経ちますが、現場で必要とされる機能の拡張を続け、業界内では約 300 社、大学では約 90 の研究室においてご利用いただいております。

今回ご紹介するウェブサイトは、単にソフトウェアを提供するだけでなく、地震動を作成する上で求められるノウハウの共有や新たな機能の提供など、皆様とのコミュニケーションをよりスムーズに行えるプラットフォームとすべくリニューアルを行ったものです。本サイトに関するご意見、ご要望もお聞かせいただければ幸いです。

今後とも変わらぬご指導、ご鞭撻のほど、どうぞよろしくお願いいたします。

解析雑誌 Vol.45 2018.2

巻頭言 『2018 年に思うこと』 02

防災ソリューション部長 坪田 正紀

Topic 1

- 設計用入力地震動作成システム 04
ウェブサイト新設ならびにダウンロードサービス運用再開のご案内
防災ソリューション部 木村 友香

Topic 2

- RESP-MX のご紹介 08
建築構造工学部 會田 裕昌

Topic 3

- RemoteLock, 日本での市場とサービスの拡張 14
すまいIoT推進部 池田 修一

Technical Report 1

- 大地震時における災害拠点建築物の床応答加速度の検討 その1 16
検討の概要
喜々津 仁密、脇山 善夫、岩田 善裕、國松 要介、梁川 幸盛、庄司 正弘

Technical Report 2

- 大地震時における災害拠点建築物の床応答加速度の検討 その2 18
時刻歴応答解析結果
國松 要介、喜々津 仁密、脇山 善夫、岩田 善裕、梁川 幸盛、庄司 正弘

Technical Report 3

- 大地震時における災害拠点建築物の床応答加速度の検討 その3 20
構造設計方針の違いと余震による影響の検討
梁川 幸盛、喜々津 仁密、脇山 善夫、岩田 善裕、國松 要介、庄司 正弘

Technical Report 4

- 免震装置交換に伴うジャッキアップ時の安全性評価について その1 22
背景および解析条件
柳 濟晟、石塚 広一、山根 義康、高嶋 政人、會田 裕昌

Technical Report 5

- 免震装置交換に伴うジャッキアップ時の安全性評価について その2 24
解析結果
山根 義康、會田 裕昌、石塚 広一、柳 濟晟、高嶋 政人
-

Editor's Note

- From Editors 27

設計用入力地震動作成システム

ウェブサイト新設ならびにダウンロードサービス運用再開のご案内

防災ソリューション部 木村 友香

■はじめに

この度、当社で1995年より開発・販売しております設計用入力地震動作成システムの専用ウェブサイトを新設しましたのでご案内いたします（図1）。設計用入力地震動作成システムは構造物の構造設計・構造計算に必要な地震動を作成するソフトウェアです。サイト周辺の地震環境をふまえて地震動の応答スペクトルを計算するSeleS、設定した応答スペクトルに適合する波形を作成するARTEQ、表層地盤の増幅特性を考慮して地盤応答解析を行うk-SHAKE+のほか、波形処理を行うk-WAVE、国交省長周期通知に即した長周期地震動を作成するARTEQ-LPの、5製品を展開しています。

併せて、これまでご利用頂いていたダウンロードサイトについてもリニューアルし、ダウンロードサービスを再開いたします。ダウンロードサービスは、ユーザーサイトにログインいただくことでご利用可能です。以下、これらサービスの概要をご紹介します。

■ウェブサイトについて

ウェブサイトでは、製品情報のご紹介のほか、セミナー情報やよくある質問などを掲載しています。コンテンツ概要を表1に示します。

製品情報では各ソフトウェアの使い方説明も順次公開していく予定で、また、セミナー情報では開催案内だけでなく参加申し込みの機能も備えるなど、ユーザーの皆様へのサービス充実を心がけて参ります。更新内容については随時、新着情報にてご案内して参りますのでご確認ください。

構造計画研究所
KOZO KEIKAKU ENGINEERING Inc.
設計用入力地震動作成システム

新着情報 製品情報 セミナー情報 よくある質問 会社概要

ログイン

お問い合わせ

設計用入力地震動作成システム

SeleS・ARTEQ・k-SHAKE+・k-WAVE・ARTEQ-LPは、建設地点や調査地点での設計用入力地震動作成を支援するシステムです。

従来、設計用入力地震動の作成には専門知識と膨大な時間を要していましたが、SeleS・ARTEQ・k-SHAKE+・k-WAVE・ARTEQ-LPを用いることで入力地震動をより簡単にスムーズに作成することができます。

製品情報

- ARTEQ-LP 長周期地震動作成
- SeleS 地震荷重設定
- ARTEQ 模擬地震波作成
- k-SHAKE+ 成層地盤地震応答解析
- k-WAVE 波形処理

図1 トップ画面

■ユーザーサイトについて

ユーザーサイトではライセンス情報の確認やプログラムのダウンロードを行えるほか、保有ソフトウェアに関する技術的なよくある質問集を閲覧※することができます。※2018年4月頃より順次公開予定

○ログイン方法

ウェブサイトの「ログイン」からユーザーサイトに進むことが可能です。ユーザーの皆様は、「設計用入力地震動作成システム ユーザーサイト使用方法」を1月末にメール送信もしくはDM送付しております。ログイン用のIDおよびパスワードを記載しておりますので、メールもしくはDMの内容をご確認のうえ、入力・ログインください。

○プログラムのダウンロード

保守ユーザー様は、最新バージョンのほか、旧バージョンのプログラムもダウンロード可能です。ただし、動作確認保証は最新バージョンのみとなっておりますことご了承ください。非保守ユーザー様は、ご購入いただいた時点のバージョンのみダウンロード可能です。

■おわりに

今後、ユーザーの皆様は役立つ情報をお届けしていきたいと思っております。引き続き、当社製品をご愛顧くださいますよう何卒よろしくお願い申し上げます。

◆ ◆ ◆ ◆ ◆ アクセス ◆ ◆ ◆ ◆ ◆

URL : <https://www.kke.co.jp/kaiseki/jishin>

「解析ポータル」からもアクセス可能です



◆ ◆ ◆ ◆ ◆ ウェブサイトオープン特別企画（2018年3月末まで） ◆ ◆ ◆ ◆ ◆

— 初企画！ **k-SHAKE+・k-WAVE おためし版を無償でご利用いただけます** —

特別企画として、おためし版の配布を行っています。対象ソフトウェアは、web認証ライセンスのk-SHAKE+（フル機能版）およびk-WAVEです（詳細は新着情報をご確認ください）。お申し込みから1週間ご利用いただけますが、ご希望に応じてさらに1週間延長することが可能です。延長をご希望のお客様は別途お問い合わせください。

表1 ウェブサイトの主要コンテンツ

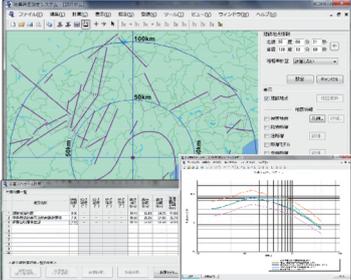
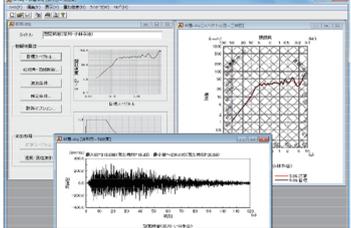
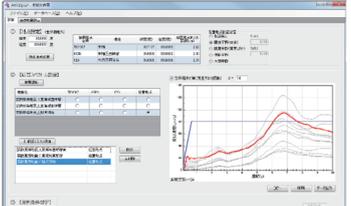
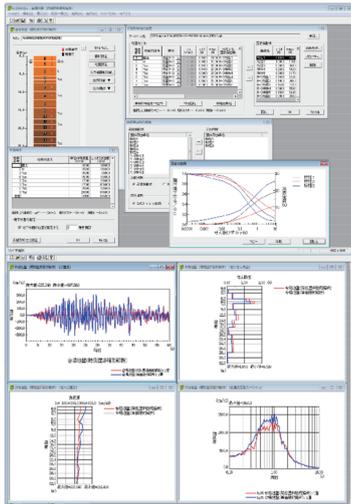
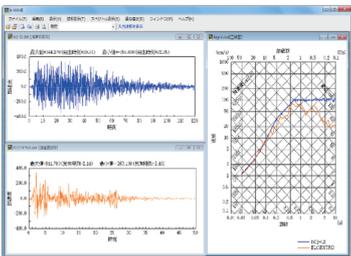
| コンテンツ | 内容 | 備考 |
|--------|--|--|
| 新着情報 | 製品のバージョンアップや企画等に関するお知らせ | |
| 製品情報 | ソフトウェアの機能・概要説明や価格情報等の掲載 | 使い方説明も順次公開予定 |
| セミナー情報 | セミナー案内ならびに申し込み | |
| よくある質問 | テクニカルサポート宛に多く寄せられるお問い合わせ内容の掲載 ソフトウェア全般/技術に関するものの2分類 | 技術に関するものは保守ユーザーのみユーザーサイトから閲覧可能 (2018年4月頃より順次公開予定) |

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。

【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 販売価格 フル機能版 : 2,100,000円 (税抜) 翠川・小林版 : 1,800,000円 (税抜) ダム機能版 : 1,800,000円 (税抜) ダム式限定版 : 1,200,000円 (税抜)</p> | <p>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)やダム式による応答スペクトルの計算、断層の拡がりや考慮した翠川・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 販売価格 フル機能版 : 1,000,000円 (税抜) 建築限定版 : 700,000円 (税抜) 土木限定版 : 500,000円 (税抜)</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。</p> |  |
| <p>長周期地震動作成プログラム ARTEQ-LP for Windows アーテック エルピー 販売価格 ARTEQ保守契約中 : 150,000円 (税抜) ARTEQ保守契約なし : 300,000円 (税抜)</p> | <p>国土交通省から発表された「超高層建築物等における南海トラフ沿いの巨大地震による長周期地震動への対策について」(2016年6月24日)に示されている「別紙3の手法で直接建設地点の地震動を作成」に対応した長周期地震動を作成するプログラムです。</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 販売価格 フル機能版 : 800,000円 (税抜) 基本機能版 : 500,000円 (税抜)</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動として与えることが可能です。</p> <ul style="list-style-type: none"> ■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。 |  |
| <p>波形処理プログラム k-WAVE for Windows ケイウェイブ 販売価格 : 200,000円 (税抜)</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。複数の波形に対して行った処理結果を簡単に重ね書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。</p> |  |

設計用入力地震動作成システム

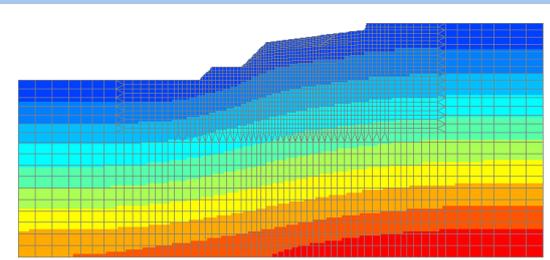
降雨時の地盤安定性問題に対するソリューション

近年、台風や大雨による土砂災害の増加に伴い、斜面や盛土の安定性に対する関心が高まっております。降雨時の地盤安定性を確認することは、災害発生危険度予測や有効な対策の第一歩となります。

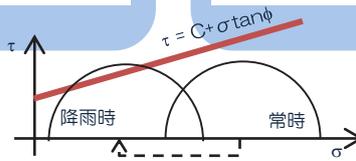
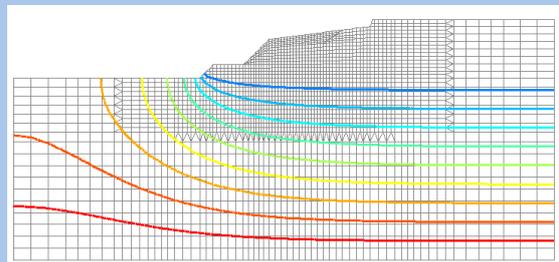
弊社では非常浸透流解析プログラムをはじめ、すべり安全率・すべり変形量の算出プログラムなど様々な自社開発を積極的に行っております。これにより、浸透流解析結果から降雨時に時々刻々と変化する水圧や水位を把握し、有効応力を用いて想定すべり面の危険度を判定するなど、総合的な検討が実施可能です。

また、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などニーズに合わせた柔軟な対応を行っています。

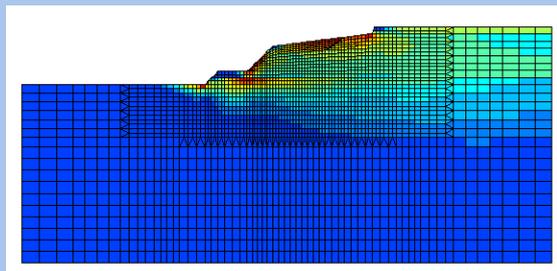
● 平時の応力状態（常時応力解析結果）



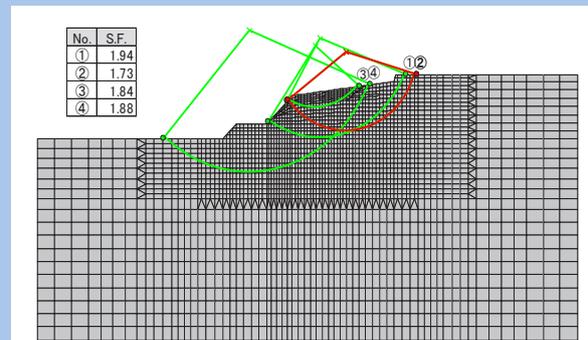
● 降雨時の水圧分布（非常浸透流解析結果）



● 有効応力を用いた斜面安定性の検討



☞ 局所安全係数と破壊状況のチェック



☞ 想定したすべり面毎にすべり安全率を時刻歴で算出

実績

降雨時の斜面安定性評価（某コンサルタント）

降雨による地下水水位の変動予測（某コンサルタント）

ロックフィルダムコア部の定常浸透流解析および非常浸透流解析（二次元と三次元の比較。自社検討）

使用ソフト

| | |
|--------|--------------------------------|
| UNSAT | 二次元飽和-不飽和浸透流解析プログラム（自社開発） |
| NASKA | 二次元応力と浸透流の連成解析プログラム（自社開発） |
| POST-S | 二次元すべり安全率・すべり変形量の算出プログラム（自社開発） |
| GEOACE | 三次元土水連成FEM解析プログラム（他社と共同開発） |

RESP-MX のご紹介

～パラメトリックスタディを加速する新しい質点系振動解析プログラム～

建築構造工学部 會田 裕昌

■RESP-MX とは

立体モデルによる振動解析が現実的な速度で解けるようになってきた現在においても、質点系振動解析プログラムは立体振動解析と比較して圧倒的に計算コストが低く、モデルもシンプルでパラメトリックスタディに優れることから今後も一定数使われていくと思われます。

パラメトリックスタディで重視すべきは「モデルを手早く作ってすぐに計算結果を見る」というところです。そのため、RESP-MX ではただ入力を表計算形式にただけではなく、

- ・複数のモデルを単一ファイルで管理
- ・多機能な結果表示ビューワーと応答まとめ
- ・データ入力を簡単に行う入力補助機能

などを取り入れ実務者の視点で使いやすいプログラムに仕上げました。

以降では RESP-MX ならではの主な機能についてご紹介します。

■パラメトリックスタディに特化したインターフェース

パラメトリックスタディを行う際、設計・解析のため幾つもの種類のモデルを作成していくと思いますが、モデルには共通部分とそうでない部分があります。

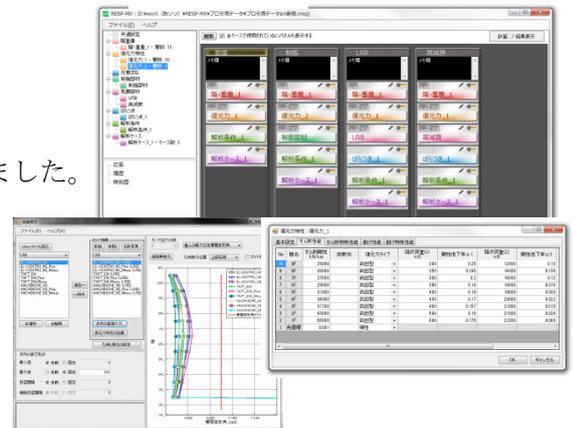
例えば免震層の設計時には様々な組み合わせを試しますが、上部建物は変更することはありません。

逆に上部に変更があり微修正をかける際には免震層は全く変更がない場合があります。

また免震装置のばらつきを考慮した検討をする際には、装置の特性変動以外は変更しません。

これらの変更をする時、各方向やばらつき毎にファイルが分かれていると修正漏れが生じるリスクがあります。そうでなくとも同じ修正を各ファイルに行うのは時間の無駄です。

これを解決するためにパネルと呼ぶ要素単位を1つのモデルで幾つも定義し、それらを自由に組み合わせることでモデルを作成するという方法を採用しています。



■ 様々な入力補助機能

入力で時間がかかる理由の1つにマニュアルを見ながら多種多様なパラメータを入力していくという点が挙げられます。RESP-MXでは原則マニュアルを見ることなくパラメータを入力できるような配慮が各所に組み込まれています。



また、免震装置等はプリセットで各メーカーの提供データが入っていますので型番を選ぶだけで入力できます。

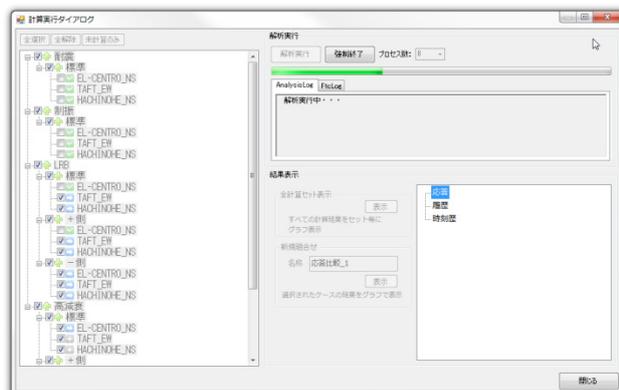


■ 大量の計算ケースをマルチスレッドによる並列処理で無駄なく実行

例えば免震構造で評定に出す場合、方向 (X、Y、45、135) × ばらつき (標準、+、-) × 地震波 (7波以上) にレベル1とレベル2、余裕度検討と100ケースを超える解析を行う必要があります。

さらに設計を完了するまでに何度も設計変更やパラメトリックスタディで再解析を行う必要があります、実際に設計時に実行する解析数はこの数倍にもなります。

これらを効率的に処理できるようにケース単位で実行する、しないを制御しつつ、マルチスレッド環境で無駄なく解析を行うことができます。



■ RESP-M/ II でプログラムの制約上出来なかった解析が可能に

プログラムが新しくなったことで、既存の質点系振動解析プログラムの RESP-M/II では今まで仕様上できなかった解析に対応しています。

- ・ マルチタワーの正式な対応
- ・ 建物のせん断成分だけに効くダンパー
- ・ 等価曲げせん断型の中間層免震の対応等々（随時追加予定）

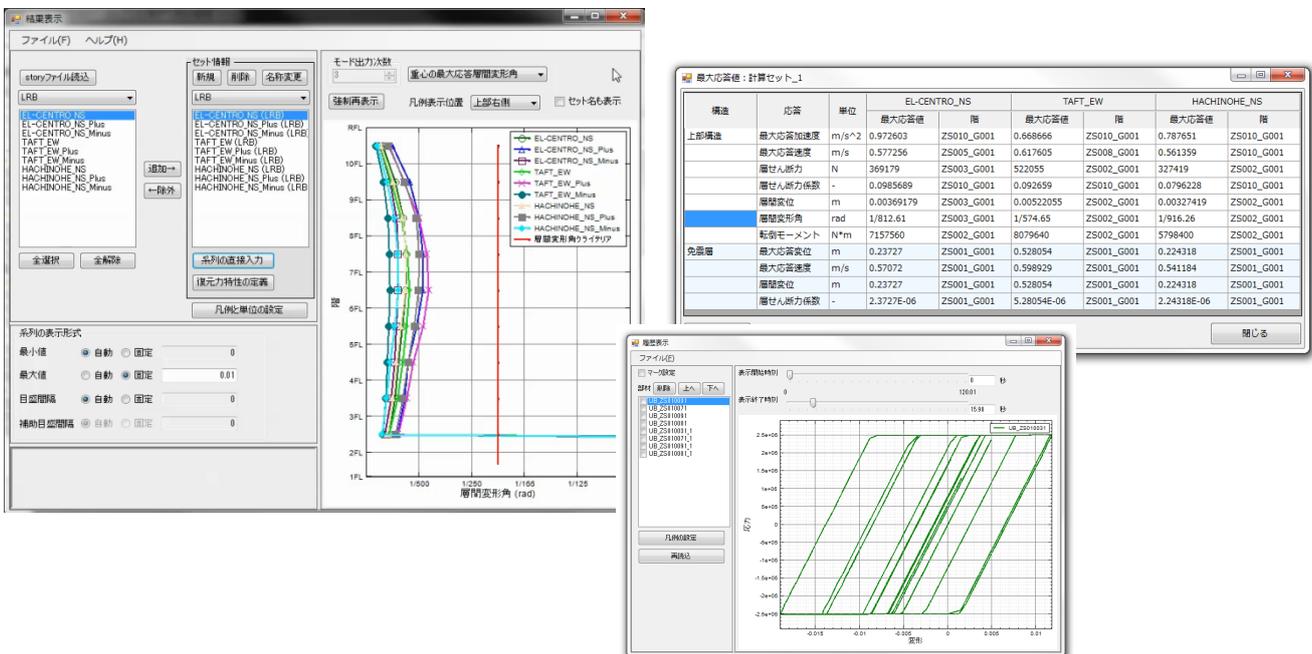
■ 複数の解析ケースの結果を素早く表示する結果ビューワーと応答まとめ

パラメトリックスタディを行っている時には前の結果との比較を簡単に行いたくなります。

RESP-MX のビューワーでは各モデルの応答を重ね合わせて表示することが簡単にできます。また、一度登録した組み合わせは保存しておき、いつでも再表示することが可能です。

また、履歴ビューワーはスライダーバーを使って任意の時刻までを表示できるので、ある部材がどのような履歴を描いたのかをアニメーションのように見ることができます。

他にも概要書に載せる項目だけを抽出した最大応答値一覧など、より実務向けに特化した機能もあります。



■ おわりに

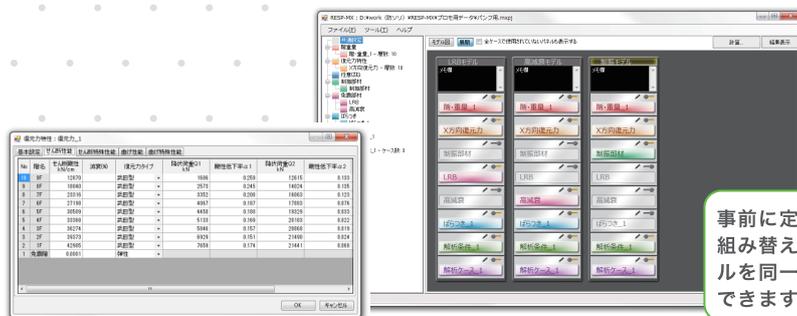
RESP-M/II がリリースされて以降、PC 環境も設計者を取り巻く環境も大きく変わってきています。今の時代に求められているものとは？これからの時代に求められるものとは？という観点で改めて質点系振動解析プログラムに求められる機能とは何なのかという課題をこれからも追究してまいります。RESP-M/II から生まれ変わった RESP-MX をよろしくお祈いします。

設計・解析を強力にサポートする
質点解析プログラム

RESP-MX

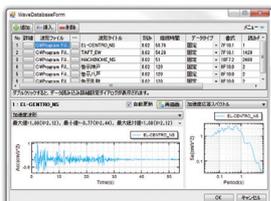
実務設計のフローを踏まえながら
設計者にとっての使いやすさを追求し続けた、
RESP-M/IIの後継プログラムです。

パラメータスタディを迅速に、分かりやすく行えるパネル型UI



事前に定義したパネルデータを自由に
組み替えて配置することで様々なモデル
を同一画面内で作成して行くことが
できます。

データ入力を手間取らせない様々な入力補助機能



波形やスペクトルをその場で確認
できる波形定義画面

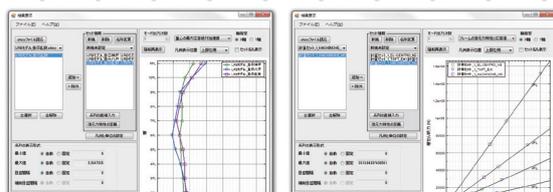


免震装置などは組み込みのデータ
ベースから選択可能

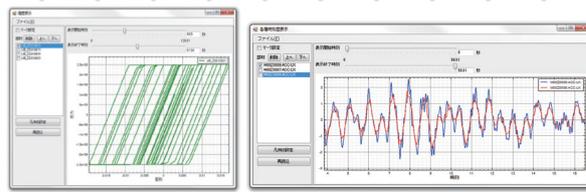


復元力特性などのパラメータはマ
ニュアル不要で入力

解析結果の比較分析を容易にするツール群



任意のモデル間でのグラフの比較表示、表示レンジの変更。
CSV出力、最大応答まとめ作成など多機能なビューワー

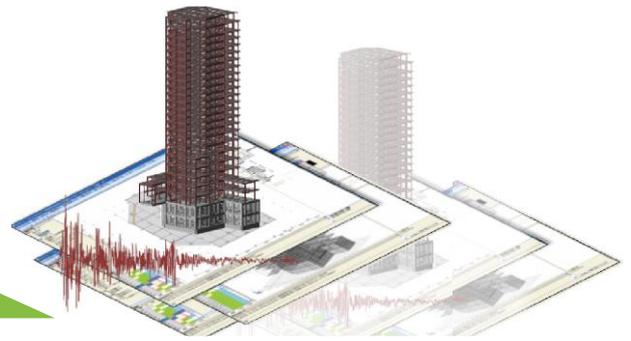


履歴や時刻歴波形は重ね描きや部分表示を手軽に行えます。

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

RESP-CはVer.3へ。



モデル新規作成時の仮定断面に対応

- モデル新規作成時、規模・構造種別に応じて経験的な仮定断面を自動設定。



10Fモデル

| 符号 | C1 |
|---------------|---|
| 8F~10F 全断面 |  |
| B X D | 750 x 750 |
| 主鉄筋 X | 6-D25 |
| 主鉄筋 Y | 6-D25 |
| HOOP | 3-D13@100 |



20Fモデル

| 符号 | C1 |
|----------------|---|
| 17F~20F 全断面 |  |
| B X D | 800 x 800 |
| 主鉄筋 X | 6-D29 |
| 主鉄筋 Y | 6-D29 |
| HOOP | 3-S13@100 |

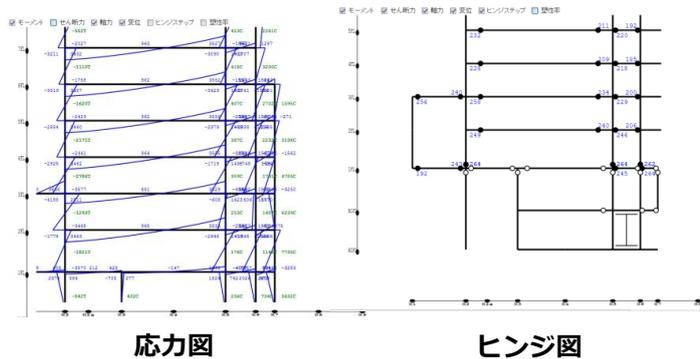
2次元簡易ビューアに対応

- 応力図やヒンジ図を簡易ビューアでマウス操作により確認可能。
- htmlファイル出力により、RESP-Dを起動しなくてもWebブラウザで結果閲覧可能。

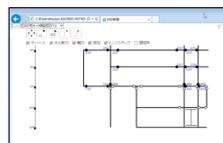


モーメント せん断力 軸力

対話的な表示切り替え



RESP-D



Webブラウザ

作業担当者

Webブラウザで結果を確認

レビュー担当者

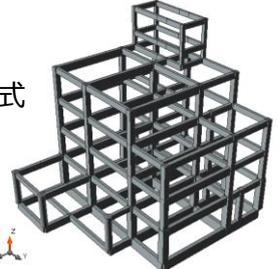
ST-BRIDGEインポートに対応

- 一貫構造計算プログラムから出力した ST-BRIDGE形式のファイルから、建物形状・部材断面をインポート可能に。

他社ソフトウェア

ST-BRIDGE形式





ST-BRIDGEインポート

その他の機能追加

- 選択部材の応力解析結果を画面上で確認できる機能を追加。

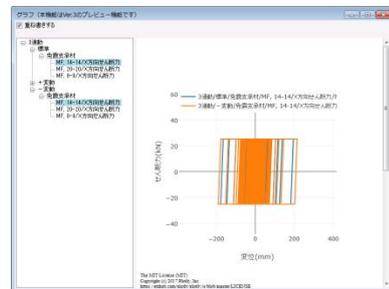
テーブル表示

動的解析 EICentros

節点応答 動的解析

| ID | 階 | X軸 | Y軸 | 並進実位X | 並進実位Y | 並進実位Z |
|-----|----|----|----|---------|-------|-------|
| 345 | 8F | Y3 | X2 | -106.92 | 9.24 | -2.81 |
| 348 | 9F | Y4 | X2 | -106.74 | 9.24 | -2.82 |
| 551 | 9F | Y5 | X2 | -106.57 | 9.24 | -2.83 |

- 出力した部材履歴が画面上で確認できる履歴表示機能の追加。



「RESP-Dならできる50のこと」更新中。
■ 質点系・立体フレーム並列解析 e.t.c.

RESP-D 50のこと



RemoteLock、日本での市場とサービスの拡張

すまい IoT 推進部 池田 修一

はじめに

本誌 Vol.43 では、Wi-Fi 経由でカギの発行や利用者を管理できるスマートロックとして、「RemoteLock (リモートロック)」についてご紹介しました。今回は、その RemoteLock をより便利に活用できる新サービスをご紹介します。

1. RemoteLock のターゲット市場 (民泊/シェアスペース)



訪日外国人の旅行者数の推移と政府目標
(政府公開情報をもとに KKE 作成)

新サービスの紹介の前に、まずは RemoteLock を取り巻く環境を整理します。

訪日外国人の急激な増加による宿泊施設の不足とともに、シェアリングエコノミーの成長を背景にして、民泊・簡易宿所市場が広がりを見せています。2018年6月中旬には“民泊新法”の施行もあり、民泊元年とも言われています。このような施設は数室~30室という小規模なものが多く、スタッフの常勤が難しいことがほとんどです。またシェアスペースと言われる貸し会議室やイベントスペースも、同様の課題を抱えながら増加傾向にあります。このような場面でスマートロックを用いた無人での運営のニーズが多くあると考えています。

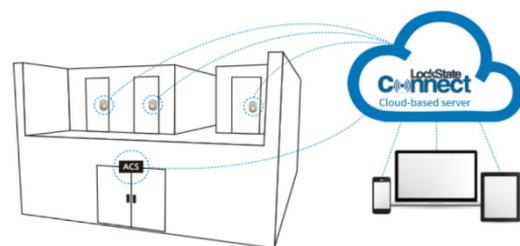
RemoteLock を用いた無人での施設運営サービスは、ゲストとホストの双方にメリットが生まれます。民泊施設の例では、RemoteLock は大手民泊サイトの Airbnb とシステム連携しているため、ゲストはサイト上で予約をするだけで暗証番号が自動的にメールで送られます。カギをどのように受け取るかは民泊の大きな課題の一つですが、ゲストは頭を悩ませず入室でき、ホストとしては差別化のポイントにもなります。さらに、ホストはきちんとゲストが施設に入れたかどうかクラウドで確認ができ、カギのトラブルが起きた際も現地まで行かずに解決ができることで、カギの受け渡しのプレッシャーから解放されることもメリットになります。

2. RemoteLock の拡張

~クラウド型アクセスコントロール・システム「RemoteLock ACS:TOBIRA」~

カギ単体として発売を開始した RemoteLock ですが、Airbnb とのシステム連携を始めとして、他サービスや新製品との連携により、その活用の幅が広がっています。

当社は、2017年10月に RemoteLock ACS:TOBIRA (以下、TOBIRA) を発売開始いたしました。TOBIRA は、クラウド型のアクセスコ



RemoteLock ACS : TOBIRA のイメージ図

ントロール・システム（ACS）です。これまではマンションやホテルなどで各部屋に RemoteLock をつけている場合、建物の共用エントランスのオートロックは物理カギを使って開ける必要がありました。しかし、今回発売した TOBIRA により、ユーザーは自室の玄関ドアの暗証番号を利用して共用エントランスの開閉も可能となります。

応用範囲はかなり広く、オートロックがあるマンションのほか、夜間セキュリティをかけたいホテルや、引き戸のオートロックの管理なども可能です。

3. TOBIRA のサービス連携

クラウド型アクセスコントロール・システムの特徴は、他のクラウドサービスとの連携が手軽にできるところにあります。Airbnb との連携はすでに実現していますが、他の OTA（Online Travel Agent：旅行予約サイト）や会議室予約サービスとの連携、またカメラなどの IoT デバイスとの連携で利便性を高めます。例えば会議室の予約サービスを利用して予約を行えば自動的に暗証番号がメールで飛んできますので、会議室に行って暗証番号を入力するだけで入室が可能です。

今後、TOBIRA はスマートロックとしての機能に加え、他のサービスと連携し、共に補完しあうことが価値になっていくと考えています。

4. RemoteLock の今後の可能性

各種サービスとの連携により様々な可能性が出てきます。一つは米国 Amazon Key に見られるようなカメラと連動して宅配や配達を直接ドアの中に入れておいてもらうというサービスです。これまでであれば無人の状態で配達人にドアを開けさせるというのにはありえない話でしたが、米国では実際にサービスが始まっており、ユーザーも増えています。宅配便の再配達が大きな問題になっている昨今の日本においては、もうありえない話ではなくなってきました。

また TOBIRA を利用したアクセスコントロールでは、カギの種類は問わず入室と退室のコントロールができますので、これを駐車場のゲートに応用して安価でクラウドから管理ができる駐車場管理システムも計画しております。

このように様々なアクセスコントロールを離れた場所から行うことができるのが RemoteLock の強みです。「まだカギを持ち歩いているの？」と言われる時代が、すぐそこまで来ています。

RemoteLock、TOBIRA の詳細は WEB サイトをご覧ください。：<https://remotelock.kke.co.jp/home/>

【参考価格（税抜）】

RemoteLock5i ...35,000 円

システム月額利用料...合計 2,000 円（アカウント代 1,500 円+デバイス 1 個につき 500 円）

参考工事価格：20,000 円～（施工場所、ドア形状によりますので、一度ご相談ください）

RemoteLock ACS:TOBIRA ...200,000 円～

システム月額利用料...5,000 円～

参考工事価格：300,000 円～（施工場所、ドア形状によりますので、一度ご相談ください）

大地震時における災害拠点建築物の床応答加速度の検討

その1 検討の概要

正会員 ○喜々津 仁密*1 正会員 脇山 善夫*1
 同 岩田 善裕*2 同 國松 要介*3
 同 梁川 幸盛*3 同 庄司 正弘*3

大地震 災害拠点建築物 床応答加速度

1. はじめに

国土技術政策総合研究所では、地震その他の災害直後から避難指示等の指示拠点となり得る継続使用性の高い災害拠点建築物の実現を目指して、技術基準の基礎となる検討を行った¹⁾。このうち非構造部材に対する設計要件として、大地震時の構造躯体の設計(変形量、加速度等)と整合することを確認することが必要となる。この点を踏まえれば、構造躯体に対して機能継続に支障となる損傷が生じないための層間変形角の目標値を満足する必要があることから、躯体の変形が比較的小さい条件での床応答加速度を適切に把握する必要がある。

そこで本研究では、一般的な地方自治体での庁舎建築物の規模を想定した解析モデルを対象に、時刻歴応答解析を実施した。そして、上記の設計要件を満たした場合に非構造部材に作用する床応答加速度に関する知見を得ることを目的とする。その1では、本研究で対象とする解析モデル、入力地震動の設定等の概要について述べる。

2. 解析の概要

本節では、時刻歴応答解析の概要についてまとめる。解析モデルの設定及び解析には、3次元立体汎用解析プロ

グラム RESP-D, RESP-F3Tを使用した。

2.1 解析対象の建築物

解析で対象とする建築物の規模・形状、構造形式の組み合わせは、表1に示す計4ケースとする。いずれも免制震構造は採用せず、強度抵抗型設計による構造計画を前提にした。

平面形状についてはスパン間隔 6mを標準とし、いずれも矩形平面とする。立面形状については階高 4mを標準とし、表中の解析モデル①～③は各階の床面積、重量及び剛性分布が概ね一様なものである。解析モデル④は低層部分の床面積が上層部分より比較的大きく、低層部分と上層部分との間で重量分布に差があるものとする。

2.2 構造部材の断面及び解析モデルの設定

(1) 構造部材の断面

構造部材の断面については、既往の部材断面事例集等²⁾を参考にして断面を選定した。なお、解析モデル①,②,④の耐力壁については、厚さを 200mm以上で縦筋をダブル配筋とした。

(2) 解析モデル

大梁、柱、耐震壁の復元力特性その他のモデル設定に

表1 各解析モデルの概要

| 解析モデル | モデル① | モデル② | モデル③ | モデル④ |
|-------|--|---|--|--|
| 規模 | 階数：地上3階，地下1階 階高：地階～1階は5m，2～3階は4m 延床面積：約6,200m ² | 階数：地上6階，地下1階 階高：地階～2階は5m，3～6階は4m 延床面積：約10,900m ² | 階数：地上8階 階高：1～2階は5m，3～8階は4m 延床面積：約4,900m ² | 階数：地上8階（低層部分が2，高層部分が6） 階高：1～2階は5m，3～8階は4m 延床面積：約11,900m ² |
| 形状 | | | | |
| 構造形式 | RC造(桁行方向の最外構面にそで壁付き柱，梁間方向に耐力壁) 基礎構造：直接基礎 | RC造(桁行方向の最外構面にそで壁付き柱，梁間方向に耐力壁) 基礎構造：直接基礎 | 鉄骨造(長辺方向は純ラーメン構造，短辺方向の最外構面は，ブレース付きラーメン構造) 基礎構造：杭基礎 | RC造(桁行方向にそで壁付き柱，梁間方向に耐力壁) 基礎構造：直接基礎 |

Analytical Study on Floor Response Acceleration of the Buildings Used for Disaster Management under the Effect of Earthquake

Part 1. Outline of the Study

Hitomitsu KIKITSU, Yoshio WAKIYAMA, Yoshihiro IWATA, Yosuke KUNIMATSU, Yukimori YANAGAWA, Masahiro SHOJI

は文献 3) に拠るほか、下記のとおりとした。

- ・ 静的増分解析の結果から層せん断力-層間変位の関係を算出し、等価なトリリニア型のスケルトンカーブにモデル化することにより、質点系モデルに置換した復元力特性（等価曲げせん断型）を設定する。
- ・ スケルトンカーブの履歴法則は、RC 造を武田型トリリニアモデル、鉄骨造を標準型トリリニアモデルとする。また、減衰定数（内部粘性系を仮定した瞬間剛性比例型）は RC 造を 3%、鉄骨造を 2%とする。
- ・ 基礎固定としてモデル化する。
- ・ 解析モデル①,②,④のそで壁部分のモデル化については、そで壁の長さを約 400 mm とし、そで壁付き柱の軸断面積とせん断断面積には当該そで壁部分を考慮する。また、断面二次モーメントはその形状のまま計算する。

2.3 大地震時の変形の目標値

解析モデル①,②,④の RC 造については、文献 1), 4) を参照し、大地震後に大規模の修繕を必要とする損傷が生じない状態に留める設計（耐震ランク II）を前提とする。その場合の最大層間変形角は 1/133(0.75%)程度とされており、本解析でも当該変形角を変形の目標値とした。また、解析モデル③の鉄骨造の目標値については、文献 5) に定める最大層間変形角 1/100 とした。

3. 入力地震動の設定

解析に用いる入力地震動は、模擬地震動 4 波、観測地震動 3 波の計 7 波とした。なお、その 2 の解析では地震入力の補正は行わない。以下に地震動設定の概要を示す。

3.1 模擬地震動の設定

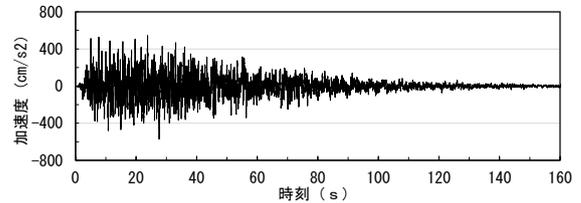
模擬地震動の加速度応答スペクトルは、平成 12 年建設省告示第 1461 号に定める解放工学的基盤における極めて稀に発生する地震動の加速度応答スペクトルに、平成 12 年建設省告示第 1457 号に定める第二種地盤を想定した表層地盤による加速度増幅率 G_s を乗じて設定する。設定の詳細は下記のとおりである。

- ・ 模擬地震動の位相は、乱數位相を 2 通り、観測波の位相として JMA-KOBE-1995-NS、HACHINOHE-1968-NS の 2 通りとする。
- ・ 乱數位相の場合には一様乱数を想定し、包絡時間関数としてレベル 2 の包絡関数を用いる。継続時間は 120 秒以上とし、応答スペクトルと目標スペクトルの適合性のよい波形を選定する。適合性の良否は周期 0.02～10 秒の間で判定した。
- ・ 観測波の位相の場合には、乱數位相の場合と同様に、応答スペクトルと目標スペクトルの適合性の良否を周期 0.02 秒又は 0.04～10 秒の間で判定した。

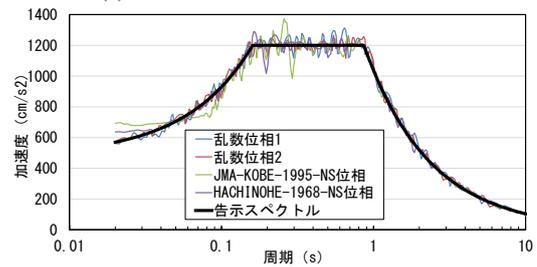
以上の方針で作成した模擬地震動の例を図 1 に示す。

3.2 観測地震動の設定

既往の代表的な観測地震動として、EL CENTRO-1940-NS、JMA-KOBE-1995-NS、HACHINOHE-1968-NS を採用し、最大地動速度を 50cm/s に基準化したものとする。観測地震動の例を図 2 に示す。



(a) 時刻歴波形の例（乱數位相 1）



(b) 加速度応答スペクトル(減衰 5%)

図 1 模擬地震動（告示波）

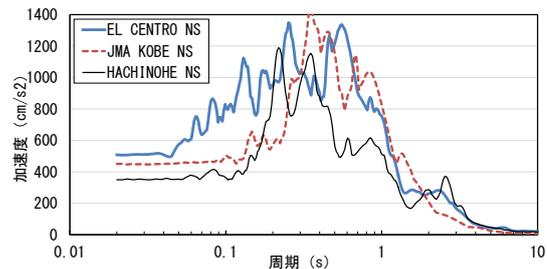


図 2 観測地震動の加速度応答スペクトル（減衰 5%）

4. まとめ

本研究では、災害拠点建築物の設計要件を満たした場合の大地震時の床応答加速度に関する知見を得ることを目的に、庁舎建築物を想定した解析モデルの時刻歴応答解析を実施した。その 1 では、解析モデルと入力地震動の設定の概要についてまとめた。

参考文献 1) 国総研：災害拠点建築物の設計ガイドライン(案)，<http://www.nilim.go.jp/lab/hbg/saigai/saigaikyotenn.htm> (2017. 3. 31 参照) 2) 日本建築防災協会：構造設計・部材断面事例集，2007. 3) 建築行政情報センター他：2015 年版 建築物の構造関係技術基準解説書，2015. 4) 壁谷澤他：壁を活用した損傷低減型 RC 架構の実大実験，2016 年度日本建築学会大会構造部門（RC 構造）PD 資料，pp.52-59, 2016. 5) 国交省大臣官房官庁営繕部：建築構造設計基準の資料 平成 27 年版，pp.17, 2015.

*1 国土技術政策総合研究所

*2 建築研究所

*3 構造計画研究所

*1 National Institute for Land and Infrastructure Management, MLIT

*2 Building Research Institute

*3 KOZO KEIKAKU ENGINEERING Inc.

大地震時における災害拠点建築物の床応答加速度の検討 その2 時刻歴応答解析結果

正会員 ○國松 要介*1 正会員 喜々津 仁密*2
同 脇山 善夫*2 同 岩田 善裕*3
同 梁川 幸盛*1 同 庄司 正弘*1

災害拠点建築物 時刻歴応答解析 床応答加速度

1. はじめに

その2では、その1で概要を述べた解析モデル、入力地震動で行った時刻歴応答解析の結果を整理する。一般に非構造部材の留め付け部の損傷状況は加速度応答の程度に依存することから、ここでは、構造形式に応じた床応答加速度の傾向及びその応答特性を把握することを目的にする。

2. 解析結果

本節では、最大層間変形角、最大応答加速度及び非構造部材に作用する応答加速度の結果をそれぞれ示す。

2.1 最大層間変形角

図1に解析モデルごとの最大層間変形角の結果を示す。全ての地震動に対してRC造の解析モデル①,②,④は1/133、鉄骨造の解析モデル③は1/100以内におさまるよう、断面設計を行った。

解析モデル①,②ではいずれも、X方向よりも耐力壁を設けたY方向のほうが応答変形が小さい傾向である。解析モデル③では、X方向（長辺方向）は2~3階、Y方向

（短辺方向）は高層階の応答変形が大きい傾向である。

タワー型の解析モデル④では、X,Y両方向ともに低層部と高層部との間の応答変形の差が大きく、耐力壁を設けたY方向でその差が顕著である。また、高層部の応答に着目すると、X方向は上層階ほど応答が小さく、Y方向はその逆の傾向となっている。この傾向は、Y方向に連層耐震壁が配置されているため、X方向に比べて2次及び3次の高次モードが卓越しやすい振動性状となっていることが影響しているものと考えられる。なお、この高次モードによる性状は、解析モデル④ほど顕著ではないが、同様に耐力壁を有するモデル②でも確認できる。

2.2 最大応答加速度

(1) 解析結果

図2に解析モデルごとの最大応答加速度の結果を示す。米国ASCE7-10¹⁾では、地震動の数が7波以上の場合にはその応答の平均値に基づき設計地震力を設定できることから、以下では7通りの解析結果の平均値に基づき、最大応答加速度の結果について考察する。

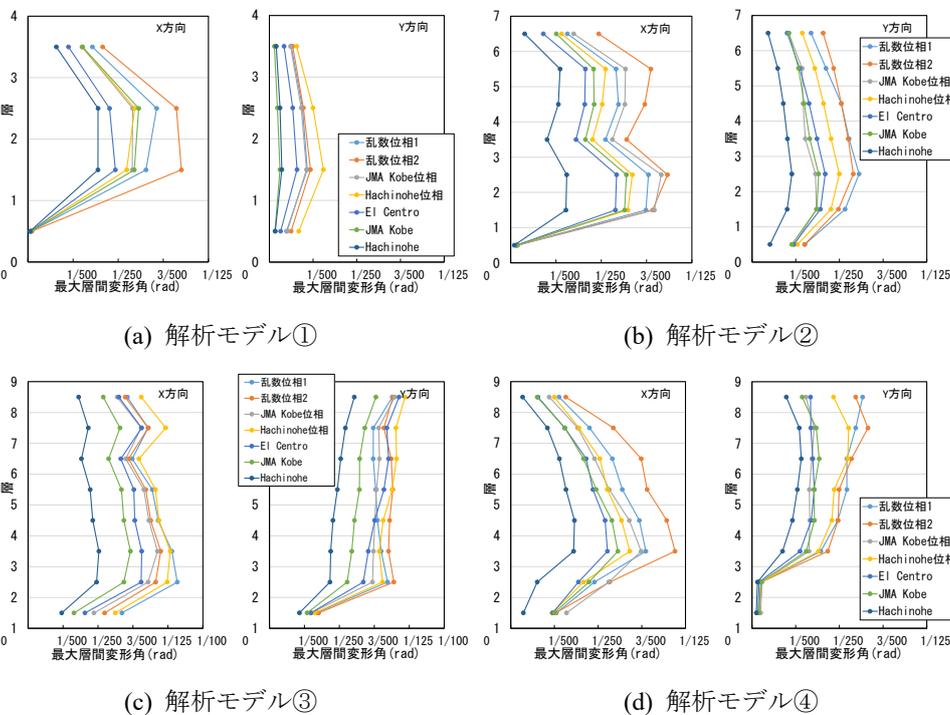


図1 各解析モデルの最大層間変形角

解析モデル①,②はX,Y方向の違いは小さく、R階で概ね1Gの応答加速度となっている。鉄骨造の解析モデル③はRC造の場合と比較して大きく、R階で概ね2Gの応答加速度となっている。解析モデル④では、同程度の規模の解析モデル②と比較して、高層階の応答加速度がやや大きい傾向となっている。

(2) 既往の設計用水平震度との比較

官庁施設を対象にした文献²⁾では、大地震時に非構造部材に作用する地震力算定用の設計用水平震度として、(1)式が掲げられている。

$$K_H = Z \cdot a_0 \cdot A_i \cdot I \quad (1)$$

ここで、 K_H ：設計用水平震度、 Z ：地震地域係数で、原則とし

て 1.0, $a_0 : 1$ 階床に作用する水平有効加速度 (0.4G を想定), $A'_i : A_i$ 分布を簡略化した増幅, I : 建築物の重要度係数で, 1~1.5 の数値 である。

図 2 には, (1)式に対応する応答加速度の数値も併記した。(1)式による数値を比較すると, 解析モデル①,②,④の解析結果は重要度係数 $I=1.5$ で計算した(1)式の数値と概ね同程度である。一方, 解析モデル③は低層階を除き, 解析結果が $I=1.5$ で計算した(1)式による数値を上回った。この結果を踏まえ, 解析モデル③について構造設計方針の変更による応答低減の考え方をその 3 で述べている。

2.3 非構造部材に作用する応答加速度

非構造部材に作用する応答加速度は, 建築物の床応答スペクトルとして評価する。解析モデル①の X 方向を例として, 図 3 に 1 層の骨格曲線と等価剛性との関係, 図 4 に各階での加速度応答スペクトルを示す。スペクトルにおいて非構造部材の減衰定数は, 入力地震動の設計用応答スペクトルでの前提と同じ 5% と仮定した³⁾。

図 3 の等価剛性は 1 層の応答結果から求めたもので, 実効周期 0.43 秒と初期剛性 0.25 秒との関係から逆算したものに 対応する。骨格曲線と等価剛性との交点は厳密には 1 層の最大応答値と一致しないが, 概ね 応答結果に等しいものと 考えられる。また, 図 4 の加速度応答スペクトルのピーク値での周期は実効周期に対応し, 応答加速度は 1 階

から 3 階になるとともに大きくなる傾向が得られている。

非構造部材の固有周期が構造躯体の実効周期に比較的近い場合には, 大地震時に構造躯体と非構造部材が共振するために比較的大きな 応答加速度が非構造部材に作用することになる。

3. まとめ

その 2 では, 災害拠点建築物の設計要件を満たした解析モデルを対象に, 床応答加速度の傾向を把握した。そして, 既往の官庁施設の設計用水平震度との比較を行い, RC 造の解析モデルについては重要度係数が 1.5 の場合の 応答加速度と概ね対応することを示した。また, 等価剛性に対応する実効周期に基づいて非構造部材に作用する 加速度応答スペクトルを求め, 上層ほど応答が大きくなる 傾向を示した。

参考文献 1)ASCE: Minimum Design Loads for Buildings and Other Structures, ASCE/SEI 7-10, 2010. 2) 建設大臣官房官庁営繕部: 官庁施設の総合耐震計画基準及び同解説 平成 8 年版, (社)公共建築協会, 1995. 3) 国土技術政策総合研究所他: 建築物における天井脱落対策に係る技術基準の解説, 2013.

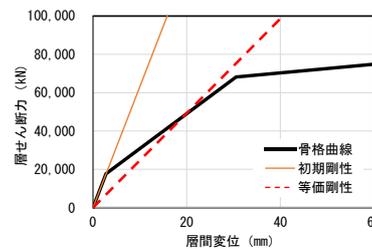


図 3 骨格曲線と等価剛性との関係

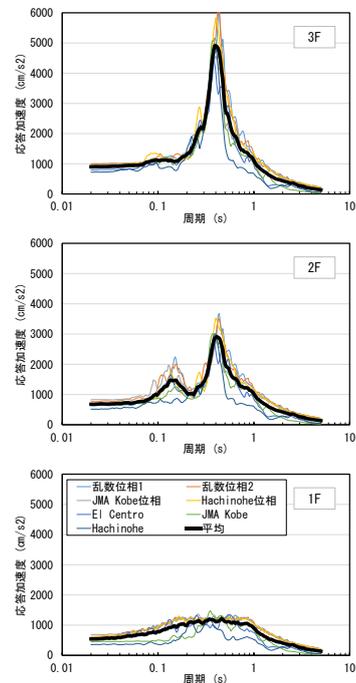
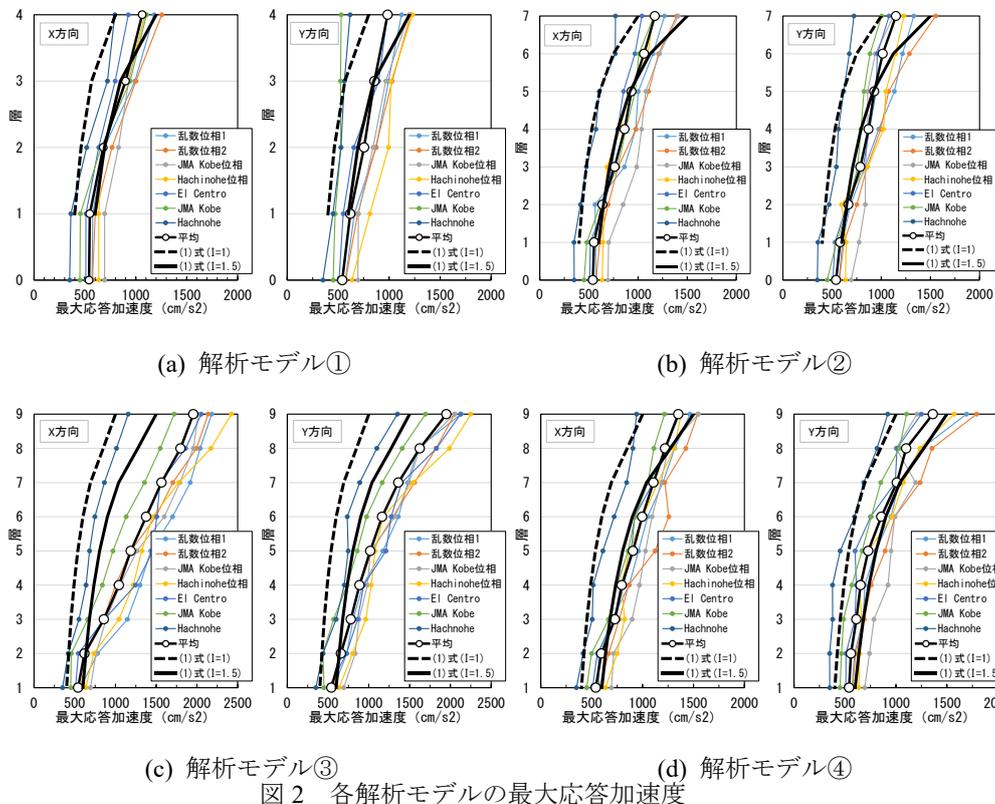


図 4 非構造部材の加速度応答スペクトルの例 (解析モデル①の X 方向)

*1 構造計画研究所

*2 国土技術政策総合研究所

*3 建築研究所

*1 KOZO KEIKAKU ENGINEERING Inc.

*2 National Institute for Land and Infrastructure Management, MLIT

*3 Building Research Institute

大地震時における災害拠点建築物の床応答加速度の検討 その3 構造設計方針の違いと余震による影響の検討

正会員 ○梁川 幸盛*1 正会員 喜々津 仁密*2
同 脇山 善夫*2 同 岩田 善裕*3
同 國松 要介*1 同 庄司 正弘*1

災害拠点建築物 非構造部材 床応答加速度
強度抵抗型設計 靱性抵抗型設計 余震

1. はじめに

その1~2では、強度抵抗型の構造設計方針のもとで大地震時の床応答加速度の検討を行った。その結果、鉄骨造の解析モデル③では、比較的大きな床応答加速度が生じる可能性があることがわかった。また、2016年に発生した熊本地震の経験から、前震、本震又は余震の時間差が小さい場合に、被災後に補修する間もなく本震又は大きな余震に見舞われる可能性がある。

本稿では以上の点を踏まえ、解析モデル③について強度抵抗型から靱性抵抗型へ設計方針を変更した場合の応答変化の傾向を確認する。次に、解析モデル①~③について既往の本震と最大余震の大きさの関係に着目し、余震が応答に与える影響を検討する。

2. 構造設計方針の違いによる比較

表1~2に鉄骨造の解析モデル③の断面リストと、比較のために一般的な靱性抵抗型の設計方針（告示で最低必要とされる設計用ベースシア係数を採用する）を採用した建築物の断面リストを示す。また、図1~2に耐カスペクトルと地震波のスペクトルとの交点を示す。後者のスペクトルは、告示の極めて稀に発生する地震動の目標スペクトルに第二種地盤の増幅率を乗じ、塑性化による低減率 F_h を考慮して得たものである。

図1より強度抵抗型の推定最大応答値は、建築物の重心高さ（23.0[m]）での変形角で1/290程度、塑性率は1.0以下、最大応答加速度は12.0[m/s²]と推定される。一方、図2より靱性抵抗型の場合の推定最大応答値は、重心高さでの変形角で約1/110、塑性率で2.0を若干上回り、最大応答加速度は6.0[m/s²]程度と推定され、この設計を時刻歴応答解析において成立させるためには若干の応答低減が求められる。

靱性抵抗型の設計を成立させるための応答低減の方法としては、下記の2点が考えられる。

- ・ 建設地点の実況に応じた表層地盤の増幅率を精査する。
- ・ 座屈拘束ブレース等により、地震動エネルギーを吸収させる等、付加減衰を付与する。

表1 強度抵抗型建築物の主要断面

| 階 | 主要大梁断面 | | 階 | 主要柱断面 |
|------|-------------------|-----------------|------|-------------------|
| | ラーメン側構面 | ブレース側構面 | | |
| 8~RF | H-700x250x12x19 | H-850x350x16x22 | 7~8F | □-700x700x36x36 |
| 3~7F | BH-1000x500x19x40 | 同上 | 5~6F | □-800x800x36x36 |
| 2F | BH-1000x750x19x40 | 同上 | 3~4F | □-900x900x36x36 |
| | | | 1~2F | □-1000x1000x36x36 |

表2 靱性抵抗型建築物の主要断面

| 階 | 主要大梁断面 | | 階 | 主要柱断面 |
|------|------------------|-----------------|------|-----------------|
| | ラーメン側構面 | ブレース側構面 | | |
| 8~RF | H-600x250x9x19 | H-850x350x16x22 | 7~8F | □-650x650x22x22 |
| 3~7F | BH-850x300x12x25 | 同上 | 5~6F | □-700x700x25x25 |
| 2F | BH-900x350x19x28 | 同上 | 3~4F | □-750x750x28x28 |
| | | | 1~2F | □-800x800x36x32 |

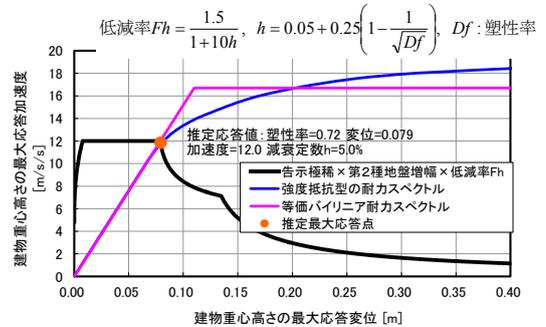


図1 強度抵抗型建築物の推定応答値

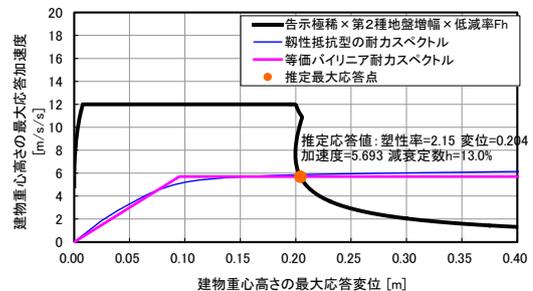


図2 靱性抵抗型建築物の推定応答値

3. 余震の発生が応答に与える影響の検討

本節では、その1~2で検討した解析モデル①~③を対象に、本震後の余震発生を考慮した時刻歴応答解析を行い、余震の有無と応答値との関係について検討を行う。

3.1 入力地震動の設定

気象庁が調べた20年間（1990~2010年）に内陸及び沿岸で発生した地震（本震マグニチュードMが6.5以上で震源深さ30km以浅）の本震と最大余震の大きさ¹⁾を表3に示す。また、(1)式に示す地震波の最大速度と地震のマ

グニチュードとの関係（金井式）を用いて、本震に対する最大余震の最大速度の比（以下、速度比）を(2)式により計算した。

$$\log V = 0.61 \cdot M - (1.66 + 3.60/X) \log X - (0.631 + 1.83/X) \quad (1)$$

$$\text{速度比} = \frac{\text{最大余震の} V}{\text{本震の} V} = \frac{e^{0.61 \cdot \text{最大余震} M}}{e^{0.61 \cdot \text{本震} M}} \quad (2)$$

ここで、 V ：地震波の最大速度[cm/s]、 X ：震源距離 [km]、 M ：本震又は最大余震のマグニチュードである。

表 3 内陸沿岸で発生した本震・最大余震^りと速度比

| 本震発生日 [年月日] | 地震名 | 本震 [M] | 最大余震 [M] | 速度比 |
|----------------|-------------|-----------|-------------|-------|
| 1990/2/20 | 伊豆大島付海の地震 | 6.5 | 5.1 | 42.6% |
| 1993/2/7 | 能登半島沖の地震 | 6.6 | 5.1 | 40.1% |
| 1995/1/17 | 兵庫県南部地震 | 7.3 | 5.4 | 31.4% |
| 1997/3/26 | 鹿児島県薩摩地方の地震 | 6.6 | 5.7 | 57.8% |
| 1997/6/25 | 山口県北部の地震 | 6.6 | 4.3 | 24.6% |
| 2000/10/6 | 鳥取県西部地震 | 7.3 | 5.6 | 35.5% |
| 2004/10/23 | 新潟県中越地震 | 6.8 | 6.5 | 83.3% |
| 2005/3/20 | 福岡県西方沖地震 | 7.0 | 5.8 | 48.1% |
| 2007/3/25 | 能登半島地震 | 6.9 | 5.3 | 37.7% |
| 2007/7/16 | 新潟県中越沖地震 | 6.8 | 5.8 | 54.3% |
| 2008/6/14 | 岩手・宮城内陸地震 | 7.2 | 5.7 | 40.1% |
| 2009/8/11 | 駿河湾の地震 | 6.5 | 4.5 | 29.5% |
| | 平均 | 6.8 | 5.4 | 43.7% |

計算の結果、速度比の平均値は 43.7%となった。したがって、ここでは過去 20 年間の平均的な速度比として 40%を採用することとし、その 1 に示す模擬地震動（乱數位相 1）の後にそれを 40%に縮小した地震動を直列に連結した波形（以下、「本震+40%余震」）を作成した。波形を図 3 上に示す。

一方、熊本地震(2016)の発生後に公表された文献 2)では、前震(4/14 発生)と本震(4/16 発生)はいずれも震度 7 を観測する大きな揺れであり、前震と本震の発生時間差は約 28 時間と短く、後に発生した地震の方が大きいという特徴について、従来の「本震→本震より小さな余震」となるタイプから逸脱するタイプの地震であり、時間とともに小さくなっていくという経験則が成立しない地震であったと報告している。この報告を踏まえ、連続的に巨大地震に遭遇する特徴的な状況として、模擬地震動を 2 回連続で入力する波形（以下、「本震+100%余震」）も設定した。波形を図 3 下に示す。

3.2 解析結果

解析モデル①～③（いずれも強度抵抗型）に上記の地震動を入力した場合の最大層間変形角の比較結果を表 4 に示す。「本震+40%余震」の場合には、本震波形のみの場合と最大層間変形角は変わらない。「本震+100%余震」の場合には、RC 造の解析モデル①,②において応答変形がやや増大し、図 4 に示す R 階の応答加速度波形の応答ス

ベクトルでは応答値が最大で 20%程度増大している。一方、鉄骨造の解析モデル③では変形の変化は見られなかった。

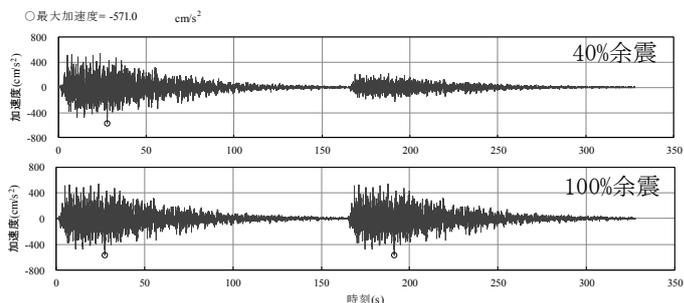


図 3 余震を考慮した地震波の加速度時刻歴

表 4 各モデルの最大層間変形角（Y 方向）

| 解析モデル① | | | |
|--------|--------|--------|--------|
| 階 | 本震のみ | 40%余震 | 100%余震 |
| 3F | 1/1004 | 1/1004 | 1/740 |
| 2F | 1/659 | 1/659 | 1/483 |
| 1F | 1/577 | 1/577 | 1/404 |
| B1F | 1/1277 | 1/1277 | 1/774 |
| 解析モデル② | | | |
| 階 | 本震のみ | 40%余震 | 100%余震 |
| 6F | 1/370 | 1/370 | 1/269 |
| 5F | 1/295 | 1/296 | 1/243 |
| 4F | 1/245 | 1/245 | 1/217 |
| 3F | 1/225 | 1/225 | 1/208 |
| 2F | 1/204 | 1/204 | 1/202 |
| 1F | 1/235 | 1/235 | 1/235 |
| B1F | 1/413 | 1/414 | 1/414 |
| 解析モデル③ | | | |
| 階 | 本震のみ | 40%余震 | 100%余震 |
| 8F | 1/142 | 1/142 | 1/141 |
| 7F | 1/168 | 1/168 | 1/167 |
| 6F | 1/168 | 1/168 | 1/165 |
| 5F | 1/165 | 1/165 | 1/164 |
| 4F | 1/162 | 1/162 | 1/162 |
| 3F | 1/156 | 1/156 | 1/156 |
| 2F | 1/148 | 1/148 | 1/146 |
| 1F | 1/373 | 1/373 | 1/373 |

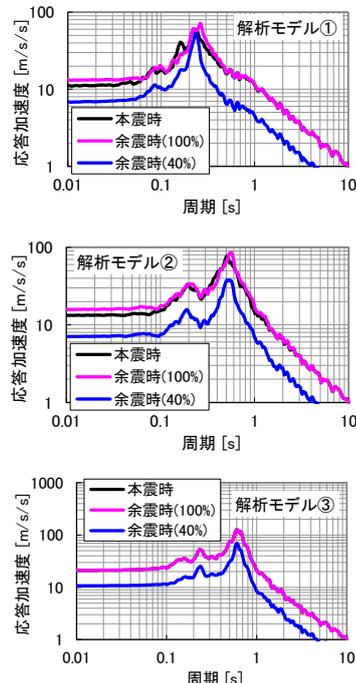


図 4 R 階での応答波形の応答スペクトルの比較

4. まとめ

その 3 では、鉄骨造の解析モデルについて構造設計方針の違いによる推定応答値を示し、応答低減の考え方を示した。また、既往の本震と最大余震の大きさの関係に着目し、余震が応答に与える影響を検討した。解析の結果、「本震+100%余震」の場合に RC 造の解析モデルで応答変形がやや増大する傾向がみられたが、本研究での強度抵抗型のモデルでは余震を考慮した場合でも余震の影響は小さいことがわかった。

参考文献

- 1) 気象庁：余震の基礎知識
http://www.data.jma.go.jp/svd/eqcv/data/aftershocks/kako_aftershock.html (2017.3.28 参照)
- 2) 地震調査研究推進本部地震調査委員会：大地震後の地震活動の見通しに関する情報のあり方, 2016.

¹ 構造計画研究所

² 国土技術政策総合研究所

³ 建築研究所

¹ KOZO KEIKAKU ENGINEERING Inc.

² National Institute for Land and Infrastructure Management, MLIT

³ Building Research Institute

免震装置交換に伴うジャッキアップ時の安全性評価について
その1 背景および解析条件

免震装置交換 ジャッキアップ ジャッキ配置検討
破壊性状 管理クライテリア FEM 解析

正会員 ○柳 済晟*1
同 石塚 広一*1
同 山根 義康*1
同 高嶋 政人*1
同 會田 裕昌*1

1. はじめに

免震建物が将来にわたり確実に免震機能を発揮し、建物の安全性を確保できるようにするためには十分な維持管理を行っていく必要がある。維持管理の中、免震装置の異常を確認する必要がある場合は、計測などを含めた詳細点検を行う。詳細点検の結果より異常が認められた場合もしくは施主の依頼などの何らかの理由により免震装置を交換する場合は、油圧ジャッキ（以降、ジャッキと称する）を使用し、一時的に建物を支持することが一般的である。

ジャッキは主に免震基礎フーチングまたは上下梁間に配置するが、実際は下記の要因を考慮して配置する場所を決定しなければならない。

- ・作業上の要因：設備配管の盛替え、水槽またはオイルダンパーなどの障害物の位置を考慮した積層ゴム支承の取出し・取入れ方向および搬出入ルートの確保等
- ・構造安全上の要因：交換時の状況を踏まえた地震発生リスクに対する対処方法

構造設計者は、ジャッキアップ時に修復不可能な損傷が躯体に発生しないように検討した上、施工者と協議し、ジャッキの配置計画を立てることが求められる。そのため、ジャッキの反力により躯体に生じる局部応力の影響やジャッキの配置状況に起因する免震基礎フーチングの回転の影響などについて綿密に検討し、必要なジャッキの容量および配置計画を決定することが望ましいと考えられる。

本報では、積層ゴム支承の交換時を想定したジャッキの配置計画のケーススタディを行う。具体的には各ケースにおけるジャッキアップ時の応力状態を FEM 解析にて示し、躯体に発生する損傷について検証、考察する。

2. 建物概要

積層ゴム支承を主体とした基礎免震構造の集合住宅を対象にジャッキ配置計画のケーススタディを行う。

表 1 に建物の概要、図 1 に免震層の伏図、図 2 に建物の桁行方向の軸組図を示す。建物は梁間方向に連層耐震壁を配置しており、両妻部の 1 階床梁を PRC 梁とし、上階の間柱を受ける構造としている。また、積層ゴム支承のゴム径は 1000mm（フランジ径 1400mm）で計画した。

表 1 建物概要

| 階数 | 構造種別 | 架構形式 | 基礎形式 |
|------|------|-------------|------|
| 10 階 | RC 造 | 耐震壁付きラーメン構造 | 杭基礎 |

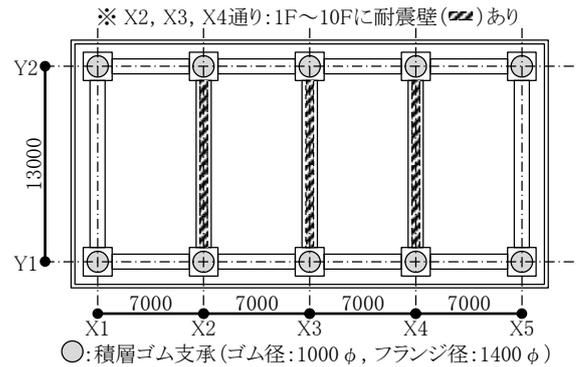


図 1 免震層伏図

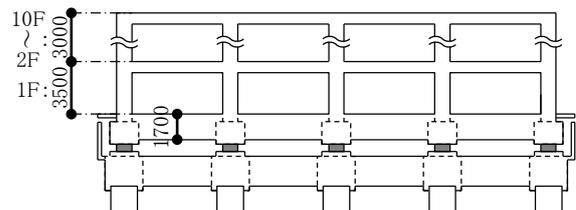


図 2 軸組図 (Y1 通りまたは Y2 通り)

3. 検討箇所

検討箇所は隅柱部（耐震壁なし）と中柱部（耐震壁あり）の 2 箇所とする。また、ジャッキの配置パターンは、装置の取り出しおよび取り入れを行う方向（交換方向）を予め定めた上、以下のような 3 ケースを設定した。

- ・免震基礎フーチング受け
- ・梁受け
- ・免震基礎フーチングと梁の併用受け

表 2 に検討箇所の伏図および全てのジャッキ配置パターンを示す。図中の色付き丸印はジャッキの位置を示し、数字はジャッキの容量を示す。

なお、検討箇所におけるコンクリートの設計基準強度 F_c は 36N/mm^2 、梁せいは 1700mm 、耐震壁の厚さは 200mm である。

表2 ジャッキ配置計画のケース一覧

| 区分 | 免震基礎フーチング伏図 | ジャッキ配置パターン | | |
|-------|-------------|---------------|---------------|---------------|
| 耐震壁なし | | <ケース A-1> | <ケース A-2> | <ケース A-3> |
| 耐震壁あり | | <ケース B-1> | <ケース B-2> | <ケース B-3> |

4. ジャッキについて

ジャッキはパスカルの原理に基いており、異なる容量のジャッキを併用する場合は、ジャッキの容量（受圧面積）に比例して圧力が作用する。

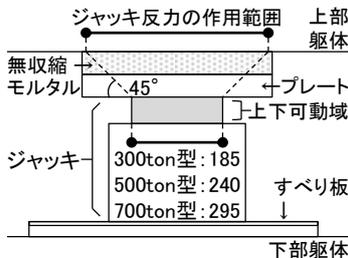


図3 ジャッキの概略

また、ジャッキの反力、すなわちジャッキの揚力は、積層ゴム支承に作用する軸力以上の力が必要となり、本報ではジャッキの反力を長期軸力の1.3倍として、表3のように設定した。

表3 ジャッキの反力 (kN)

| | X1 | X2 | X3 | X4 | X5 |
|----|------|-------|-------|-------|------|
| Y2 | 8500 | 10000 | 10000 | 10000 | 8500 |
| Y1 | 8500 | 10000 | 10000 | 10000 | 8500 |

本報では上記のようにジャッキの反力を設定したが、実際は下記の要因も含めて総合的に決定される。

- ・上部架構の剛性（例えば耐震壁の有無）
- ・ジャッキアップ方式（全体上げ、列毎グラデーション上げ、部分上げなど）
- ・隣接する支承間の相対変形角
- ・想定する地震時の軸力

5. 予想される損傷パターン

ジャッキアップ時は、躯体に以下のような損傷が発生すると予想される。

- ① ジャッキ～柱間のせん断ひび割れ



図4 予想損傷パターン

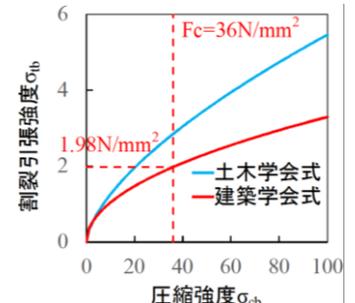
- ② ジャッキ相互間の曲げひび割れ
 - ③ ジャッキ～梁下端間の割裂ひび割れ
- これらの損傷パターンの模式図を図4に示す。

6. 管理クライテリア

本報では躯体に発生する局部応力を、FEM解析による主応力として評価する。また、以下に示す管理クライテリアを設け、主応力と比較し躯体の損傷を評価する。

- ・圧縮方向：コンクリートの短期許容圧縮応力度以下
- ・引張方向：コンクリートの割裂引張強度以下

割裂引張強度については、建築学会および土木学会から算定式が提案されている。両者のコンクリートの圧縮強度との関係は図5に示す通りである。本報では引張方向の応力に対する管理クライテリアを安全側に設定するため、建築学会式による割裂引張強度を採用し、1.98N/mm²とする。



土木学会式: $0.291^{0.637} \sqrt{F_c}$
 建築学会式: $0.33 \sqrt{F_c}$

図5 σ_{cb} - σ_{tk} 関係

7. まとめ

本報ではジャッキを用いた積層ゴム支承の交換に際し、ケーススタディによる安全性評価を行うため、対象とする建物の概要および検討ケースの設定を行った。後報では各ケースに対して FEM 解析を行い、躯体に発生する損傷について検証、考察する。

*1 構造計画研究所

*1 KOZO KEIKAKU ENGINEERING Inc.

免震装置交換に伴うジャッキアップ時の安全性評価について
その2 解析結果

正会員○山根 義康*1
同 會田 裕昌*1
同 石塚 広一*1
同 柳 済晟*1
同 高嶋 政人*1

免震装置交換 免震基礎フーチング FEM 解析
ジャッキアップ 破壊性状 配置検討

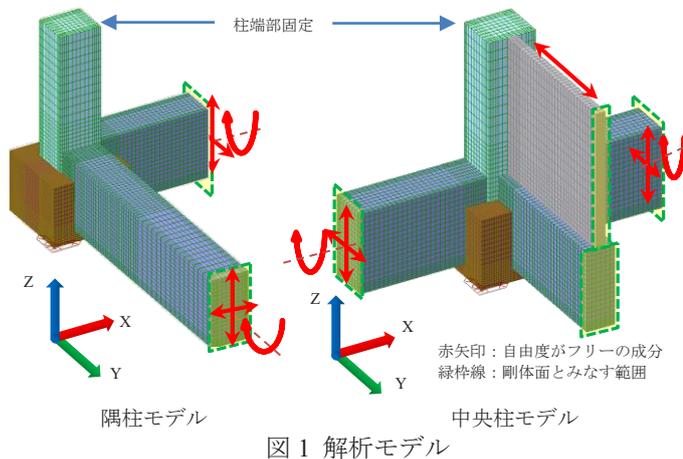
1. はじめに

本報では前報に引き続き、10階建てのRC造マンションの免震装置交換を想定した、ジャッキアップ時のフーチングについて FEM 解析を行い、ジャッキの配置パターンおよびフーチングへの梁の取り付け方の違いによる応力状態の比較をすることにより、ジャッキアップによるフーチング部の損傷パターンを把握する。

2. 解析モデル

隅柱および中央柱におけるフーチングの解析モデルを図1に示す。各部位のモデルはコンクリートのみとし、鉄筋は考慮しないものとした。

境界条件は柱の端部は全ての成分を固定とし、耐震壁の取り付けられない梁については材長の1/2までモデル化し、端部の軸方向自由度を固定とした。ただし、軸方向の回転については隣接するフーチングも同条件でジャッキアップされ、同様の回転が生じることからフリーとした。耐震壁付きの梁については材長の1/4までモデル化を行い、耐震壁も含めて端部を剛体面として扱い、自由度は全てフリーとした。耐震壁の上端については梁の材軸方向のみフリーとし、その他の自由度については固定とした。

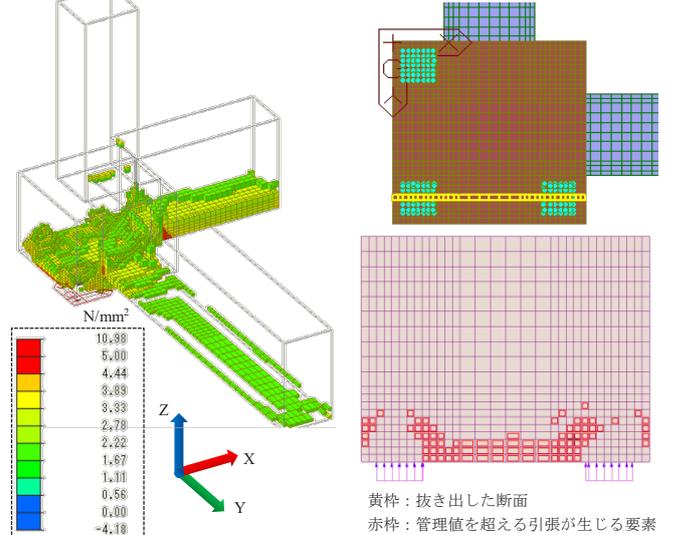
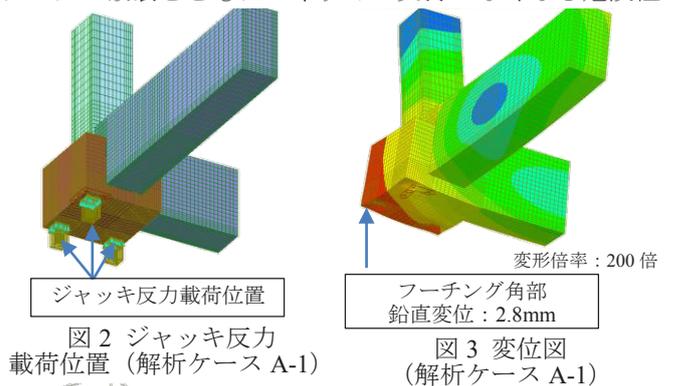


3. 解析結果

隅柱モデルについてジャッキ配置をフーチングの角に3つ配置したケース A-1 およびケース B-1 の結果を以下に示す。図2から図3にケース A-1 のジャッキ反力載荷位置とその時の変位図および管理値を超えた要素の引張応力度コンター図を示す。また、ジャッキ直上の断面について

引張応力の管理値 (1.98N/mm²) を超える応力が発生した要素を赤く表記した図も併せて示す。

図2に示すように免震装置を取り出すスペースを確保するため、フーチングに対して荷重が偏在したジャッキ配置となっており、その影響によりフーチングに回転を伴う曲げ変形が生じていることが分かる。この影響により回転角が厳しい短スパンの梁の下端において管理値を超える引張応力が発生している。フーチングについてはジャッキとジャッキの中間において、ジャッキによる支圧の影響により大きな曲げ引張が生じ、管理値を超える応力が発生している。また、ジャッキ周辺についても支圧の影響によりお椀状に管理値を超える応力が発生しており、ジャッキを支えているフーチング角部に割裂ひび割れ生じると考えられる。この損傷が発生した場合、フーチングの破壊とともにジャッキの支持がなくなる危険性



があるため、ジャッキアップの際には支圧による割裂破壊が生じないことを留意する必要があると考えられる。

耐震壁が取り付く中央柱のフーチングについて同様のジャッキ配置を行った際の応力状態を確認する。図5に解析ケース B-1 における管理値を超えた要素の引張応力度コンター図を示す。中央柱は隅柱に比べて反力が大きいいため、割裂ひび割れが生じやすい傾向がある。また、耐震壁が取り付く梁については耐震壁により固定される分、曲げ変形が生じた際の引張応力が大きくなる傾向がある。

図6から図9に隅柱モデルおよび中央柱モデルにおいてジャッキを梁受けもしくは梁を増打ちしてフーチングと梁の中間部にジャッキを配置した解析ケース A-2、B-2 とフーチングと梁にそれぞれジャッキを配置した解析ケース A-3、B-3 について、それぞれ管理値を超えた要素の引張応力度コンター図を示す。

梁のみにジャッキを配置したケース A-2 ではその他の結果と大きく性状が異なり、フーチング部には損傷が無いものの、梁の上端と柱外側に大きな曲げ引張が生じることが分かる。一方、フーチングと梁それぞれにジャッキ反力を負担させた場合には梁とフーチングともに応力が小さくなり、割裂ひび割れの性状も収まること分かる。

また、ジャッキの配置をフーチングと梁にバランスよく配置し、ジャッキの基数も多いケース A-3 についてはフーチングの回転や梁の曲げが無く、局所的な損傷がない応力状態となった。しかし同様にバランスよくジャッキを配置したケース B-3 では耐震壁が取り付く梁の根元部に曲げひび割れが生じており、ジャッキ周辺にも割裂ひび割れが見られる。これについては中央部ではジャッキ反力が大きくジャッキの基数も少ないために単位面積当たりの反力が大きいことが原因と考えられ、このことからジャッキ配置のバランスだけでなく、ジャッキの基数も非常に重要であることがわかる。

4. まとめ

2つのモデルについてジャッキ配置をパラメータとして FEM 解析を行った結果、以下の知見が得られた。

- ・ジャッキ1基に対する反力が大きい場合、ジャッキ周辺がお椀状にひび割れが生じて割裂破壊が発生する。
- ・ジャッキ配置のバランスが悪く、フーチングに回転が生じる場合、梁の下端に曲げひび割れが発生する。また、耐震壁が取り付く場合には特に応力が大きくなる傾向がある。
- ・梁のみにジャッキ反力を負担させると、柱および梁の回転が大きく、柱の外側や梁の上端に大きな曲げひび割れが生じる。

なお、上記の損傷への対応策としては、フーチング部の増し打ちや PC 鋼線¹⁾による緊張、締め付け鉄筋工法²⁾などが有効であると考えられる。

参考文献

- 1) 日本建築学会：プレストレストコンクリート設計施工基準・同解説，1998
- 2) 會田裕昌・渡辺一彦：フーチングの押し抜きせん断補強を目的とした「締め付け鉄筋工法」の提案，日本建築学会講演梗概集，2017.9

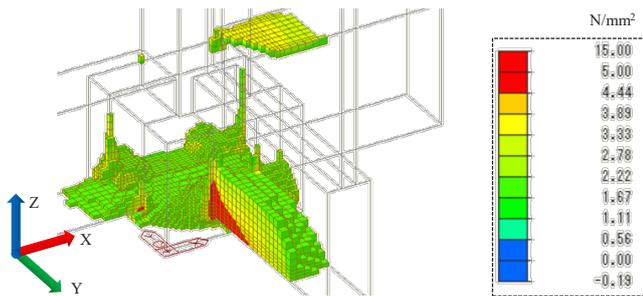


図5 管理値を超過する要素 (解析ケース B-1)

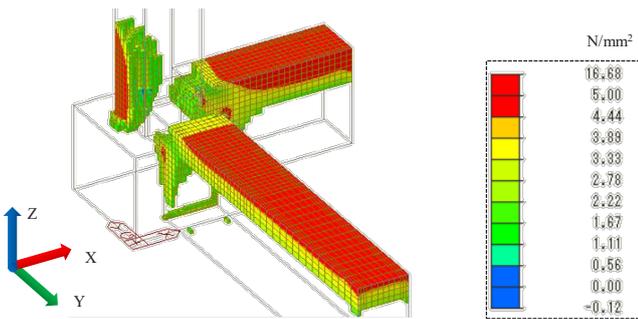


図6 管理値を超過する要素 (解析ケース A-2)

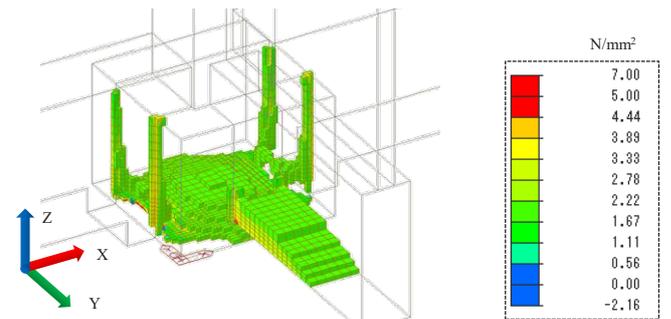


図7 管理値を超過する要素 (解析ケース B-2)

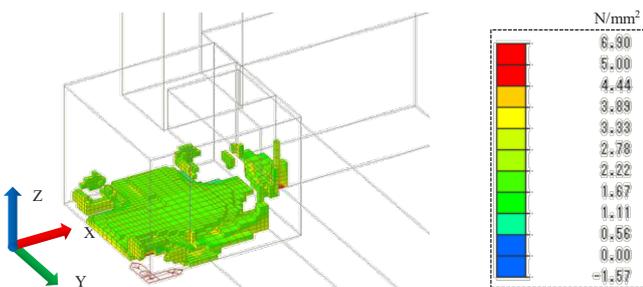


図8 管理値を超過する要素 (解析ケース A-3)

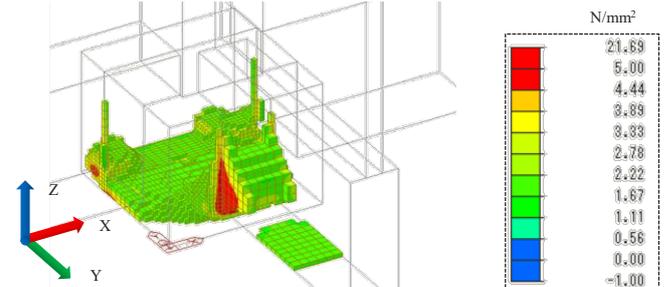


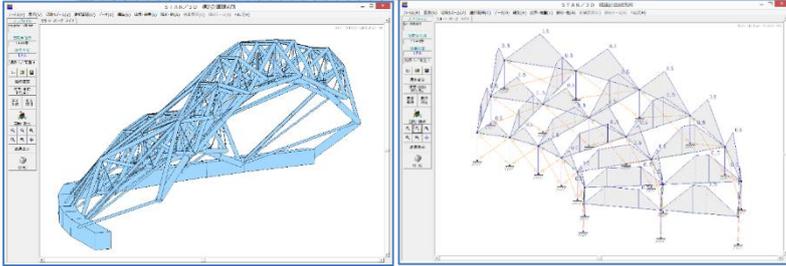
図9 管理値を超過する要素 (解析ケース B-3)

*1 構造計画研究所

*KOZO KEIKAKU ENGINEERING

3次元任意形状フレーム構造解析ソフトウェア

STAN



フレーム・モデル 応力解析ソフトウェア

静的・線形応力解析

3次元任意形状 形状制限無し

一般建築物（全ての構造形式）、ドーム、鉄塔

橋梁、プラント構造物、太陽光発電システム（架台）

立体駐車場、倉庫ラック、小型ラック等々の工作物

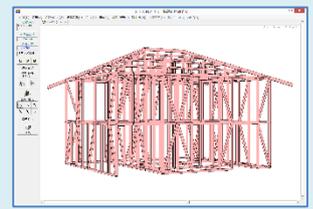
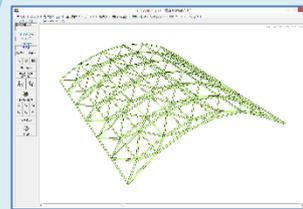
立体モデル化、荷重設定、応力解析、固有値解析

断面検定

STANシリーズ「Ver12」最新バージョンのご案内

新機能

- ・節点間バネ要素の追加。
6自由度（並進-XYZ,回転-XYZ）のバネ値を設定可能な要素が追加。
- ・材端バネの自由度の追加。
材端バネに、強弱軸方向のせん断バネ及び軸方向バネが設定可能に。
- ・対象OS : Windows10 (64Bit)
※64Bitアプリではありません。



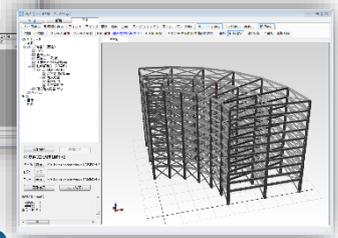
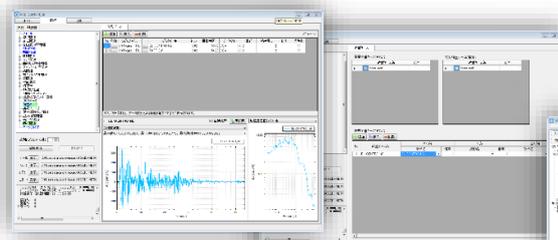
簡易振動解析ツール

Quick-RESP

こんなお悩みをスピーディーに解決します。

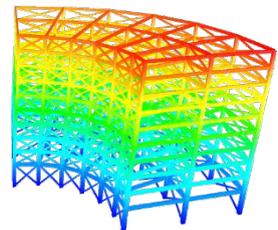
- ・施主説明用に地震時建物挙動アニメーションを作成したい
- ・確認検査機関から立体振動解析による妥当性確認を求められて困っている

【入力】
地震波の指定など
最低限のデータのみ追加



【出力】
・固有モード図
・最大応答値図
・最大応力図
・応答アニメーション など

※変換元データにより出力制限があります。



(株)構造計画研究所
STAN/3D

(株)構造計画研究所
RESP-F3T

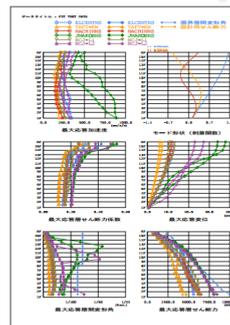
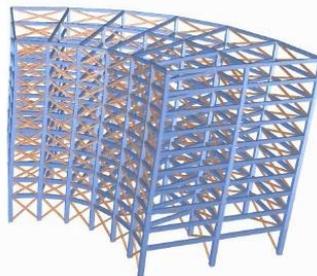
ユニオンシステム(株)
Super Build/SS3 CSV

その他の構造データ

コンバート

(株)構造計画研究所
Quick-RESP

出力



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

Kaiseki Portal

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

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

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

From Editors

年も明けて1か月、皆様いかがお過ごしでしょうか。

ついに平成も30年代の大台に突入しました。平成元年生まれであり、平成とともに育ってきた(?) 私にとっては、とうとうここまで来たな、という感慨深さもありつつ、時が過ぎ去るのは早いな、という焦りもあり、複雑な心持ちであります。

しかしながら、昨年12月初めに天皇陛下が2019年4月30日をもって退位されることが閣議決定し、平成という年号が終わるまであと1年と少しとなりました。この編集後記を執筆するにあたり、そもそも「平成」の由来が気になりましたので調べてみましたところ、「平成」の出典は史記および書経から、「内外、天地とも平和が達成される」の意であるということでした。

「耐震技術部」という私の所属部門柄、平和というどうしても天災に対するものを想定してしまいがちですが、東日本大震災に代表されるように、それはまだまだ達成されておられません。「平成」という年号が変わっても私たちの持つ技術力を活かし、人々の平和を達成することに精一杯精進していく所存でございます。今後ともどうぞよろしく願いいたします。

耐震技術部 寶藏寺宏一

構造計画研究所 KOZO KEIKAKU ENGINEERING Inc.

本誌掲載記事ならびに弊社の商品・サービスに関するお問い合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 1, 2 部

〒164-0011 東京都中野区中央 4-5-3

TEL (03) 5342-1136

(株)構造計画研究所 大阪支社

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

TEL (06) 6226-1231

(株)構造計画研究所 名古屋支社

〒450-6325 愛知県名古屋市中村区名取 1-1-1 JPタワー名古屋 25F

TEL (050) 5306-6985

(株)構造計画研究所 福岡支社

〒812-0012 福岡県福岡市博多区博多駅中央街 8-1 JRJP博多ビル 8F

TEL (050) 5305-1380

解析雑誌 *Journal of Analytical Engineering Vol.45 2018.2*

発行日 2018年2月6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 1, 2 部

〒164-0011 東京都中野区中央 4-5-3

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

kaiseki@kke.co.jp