解析雑誌

Vol.13　2004.9

Journal of Analytical Engineering

【 Topics 】

■ ニッタ株式会社免震告示対応構造計算システム

【 Technical Reports 】

■ 多層 1 軸偏心 RC 造構造物の層間の塑性ひずみエネルギー配分等価な降伏層せん断力の低下率と偏心率との関係

■ 想定外地震動に対する戸建て免震住宅の変位抑制部材の有効性

■ 地震動強度指標の空間補間手法の実用性から見た一検討

■ 流体-構造相互作用を考慮した浮き屋根式タンクの振動応答解析

構造計画研究所
KOZO KEIKAKU ENGINEERING Inc.

【巻頭言】

多事多難の夏の後

耐震技術部＆防災･環境部担当　執行役員　澤飯　明広

今年の夏は、記録的な猛暑と深夜のオリンピック観戦による寝不足が重なり、特に、営業や施工現場などフィールドワークに携わっておられる方々は、体調を崩す方も多かったものと存じ、お見舞い申し上げます。

さて、今年の夏は記録的猛暑だけでなく、台風や豪雨による河川の氾濫や洪水などにより、新潟県や西日本で死傷者を含めた大きな被害が発生しました。また、浅間山の噴火もあり、数多くの自然災害が発生した夏ではなかったかと思われます。

一方、日本経済においては、4-6 月の GDP 統計は事前予想に反し意外に伸び悩、デジタル家電についてオリンピック特需の反動がくるのではないかとの見方もされています。しかし、エコノミスト情報として機械受注の 4-6 月実績、7-9 月期の受注見通しが示唆する年末にかけての景気の姿は、設備投資を中心に比較的底固く推移するとの見方もあり、未だ、先行き不透明感のぬぐえない状況にあります。

このような経済情勢や自然環境の中で、建設を中心とした我々技術者としては、自然災害や環境問題と真っ向から向き合い、国土保全、都市計画や環境のあり方について再度見直し、そこで必要となる技術取得や技術開発を継続的かつ効率的に進めていくことが使命であると改めて感じています。

その中で、弊社としては、弊社の長年に渡り培った解析・開発・設計を含めたＩＴをベースとして、お客様の経済的で効率的な国土保全、防災対策や環境対策の最適なソルーション提供のご協力を目指して、研究開発を含め精進していく所存でございます。

また、お客様にとっての「良きパートナー」を目指し、今後とも、必要な情報をいち早く発信できるよう、今後とも努力しています。

解析雑誌 Vol.13　2004.9 目次

【巻頭言】　多事多難の夏の後　澤飯 明広　02

Topic 1　ニッタ株式会社　免震告示対応構造計算システム　05

Technical Report 1
■ 多層 1 軸偏心 RC 造構造物の層間の塑性ひずみエネルギー配分等価な降伏層せん断力の低下率と偏心率との関係　11
樋口　真由子・梁川　幸盛

Technical Report 2
■想定外地震動に対する戸建て免震住宅の変位抑制部材の有効性　15
北川まどか・梁川　幸盛・庄司　正弘

Technical Report 3
■地震動強度指標の空間補間手法の実用性から見た一検討　19
坪田 正紀・栗山 利男・末冨 岩雄

Technical Report 4
■流体-構造相互作用を考慮した浮き屋根式タンクの振動応答解析　23
川上 誠・楊 克倹

解析雑誌 読者アンケートのお願い　30

お問い合わせはこちらへ　31

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/

Journal of Analytical Engineering

橋梁設計技術者のための
動的解析体験セミナーのご案内

平成14年の道路橋示方書改定以降、動的解析を行う機会が格段に増えてきました。橋梁設計技術者にとっても動的解析技術の習得は必須の技術であるといえます。
そこで、動的解析技術をこれから習得しようとお考えの方を対象に下記のようなセミナーを企画いたしました。

「橋梁の動的解析技術の習得の必要性を感じている。」
「これまでは外注していたが、自社でも動的解析技術を身につけなければ･･･」
「動的解析ソフトは持っているがいまいち使い勝手が良くない。」
とお思いの方、ぜひご参加ください。

橋梁の動的解析を行う上で必要となる基礎知識の講義、また、橋梁の動的解析プログラムNAVIdesign-Kを動かして一連の動的解析を体験して頂きます。

けた橋の耐震設計ナビゲートシステム

新支承便覧対応！

NAVI design-K

■内容

①けた橋の動的解析入門（レクチャー）
②実際にプログラムを用いながらの一連の動的解析手順の体験

■日時

9月27日（月）、10月25日（月）、11月30日（火）　それぞれ13：00～15：00

■会場

弊社新館ビル（住所は本誌巻末）

■参加費用

お一人様　10000円

上記時間内の内容のほか、ご質問やご相談は必要に応じて時間を延長してお受けします。

・「鉄道構造物の耐震設計プログラム　ASCA／RS　および　INCEC／RC」についても同様のセミナーを企画しております。近々ご案内いたします。

・「汎用有限要素法解析プログラム　ADINA」,「汎用骨組み解析プログラム　RESP－T」につきましても、ご要望に応じて同様のセミナーを準備いたします。お問い合わせください。

セミナーの内容やお申し込み方法等は下記にて詳しくご案内しております。

www.navi-design.com

または、直接お問い合わせください。

耐震技術部 土木構造室

TEL:03-5342-1138　FAX:03-5342-1238

E-mail：doboku@kke.co.jp

【新サービスオープン】

ニッタ株式会社
免震告示対応構造計算システム

時刻歴解析不要の免震建築設計法（平成 12 年建設省告示第 2009 号）が告示され約 4 年が経過しました。本設計法による実施物件も増えてきています。この度ニッタ株式会社と構造計画研究所は、本告示に対応した免震構造計算システムを開発し、無償で利用できるサービスとしてインターネット上で公開いたしました。構造躯体の倒壊防止は当然のこと、非構造部材・家具・什器の転倒に対する人命保全、設備機器類の機能維持、さらには地震時や地震後の不安感・恐怖感の軽減までを可能とする免震建築を実現するために役立つツールです。

ここでは本システムの概要をご紹介いたします。

■用意するもの

本プログラムをご使用するにあたり必要なものは、Internet Explorer 5.01 以上がセットアップされたパソコンと、インターネットへの接続環境、email アドレスだけです。他のプログラム等は一切必要ありません。インストール作業も不要です。インターネットに接続さえできれば、どこにいても、どのマシンからでもご利用いただけます。プログラム購入費、使用料、保守費等もかかりませんので、インターネット接続用を除けば費用を用意する必要もありません。

■プログラムの起動

インターネットに接続し、ニッタ株式会社のホームページ（http://www.nitta.co.jp/index.html）にアクセスします。「製品情報 ＞ 橋梁・建築用製品 ＞ ゴードウェル免震システム」のページの、「**＞免震告示対応構造計算システムはこちら**」のアイコンをクリックすれば本システムのトップページへアクセスできます。

初めてご利用されるときのみユーザ登録をします。email アドレス等を画面より登録してください。パスワードが発行され利用可能となります。

ニッタ株式会社　トップページ

ゴードウェル免震システム

ログイン画面

■建物データ入力

建物データとして用意するものは階高、階重量、スパン長、免震装置に作用する軸力等です。入力操作は画面の空欄を埋めていくだけです。入力途中のデータはサーバに保存することができます。ご使用のマシンのディスク容量を気にすることなく利用できます。

■地盤データ入力

表層地盤の増幅率 Gs を算出するために地盤データを入力します。Gs の計算方法は、

(1)N 値から太田式によりせん断波速度 Vs を算出し精算する方法

(2)せん断波速度を直接入力し精算する方法

(3)地盤種別から略算的に算出する方法

の３種類が用意されています。

階データ入力画面

地盤データ入力画面

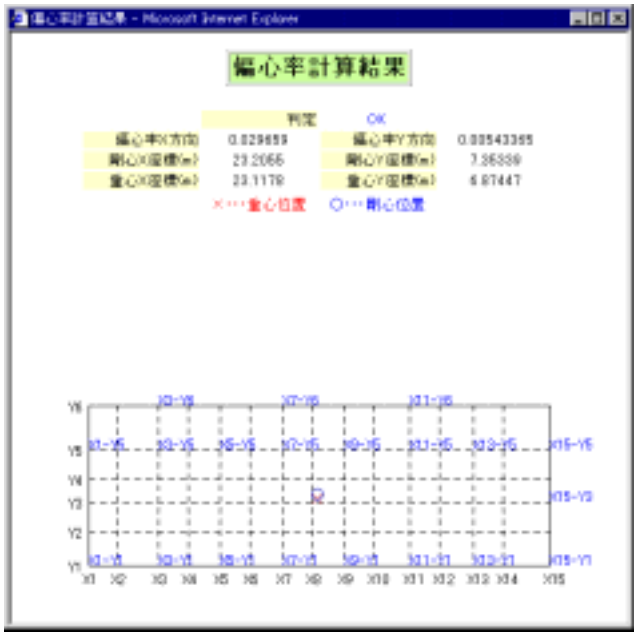
免震部材選定画面

■装置データ入力

免震装置の特性データはデータベースとしてサーバに置かれています。建築材料として大臣認定をされたニッタ株式会社製の装置すべてが最新の情報で登録されています。装置を配置する位置を指定し、装置の型番を選択することで入力となります。装置の選定画面では、指定された配置場所の長期軸力をもとに配置可能な装置が自動的に検索表示され、選択候補となります。

また装置の配置データは、一つの建物データに対して複数パターン持つことができます。装置の種類や配置方法による応答の違いが容易に比較検討できます。

軸力計算結果画面

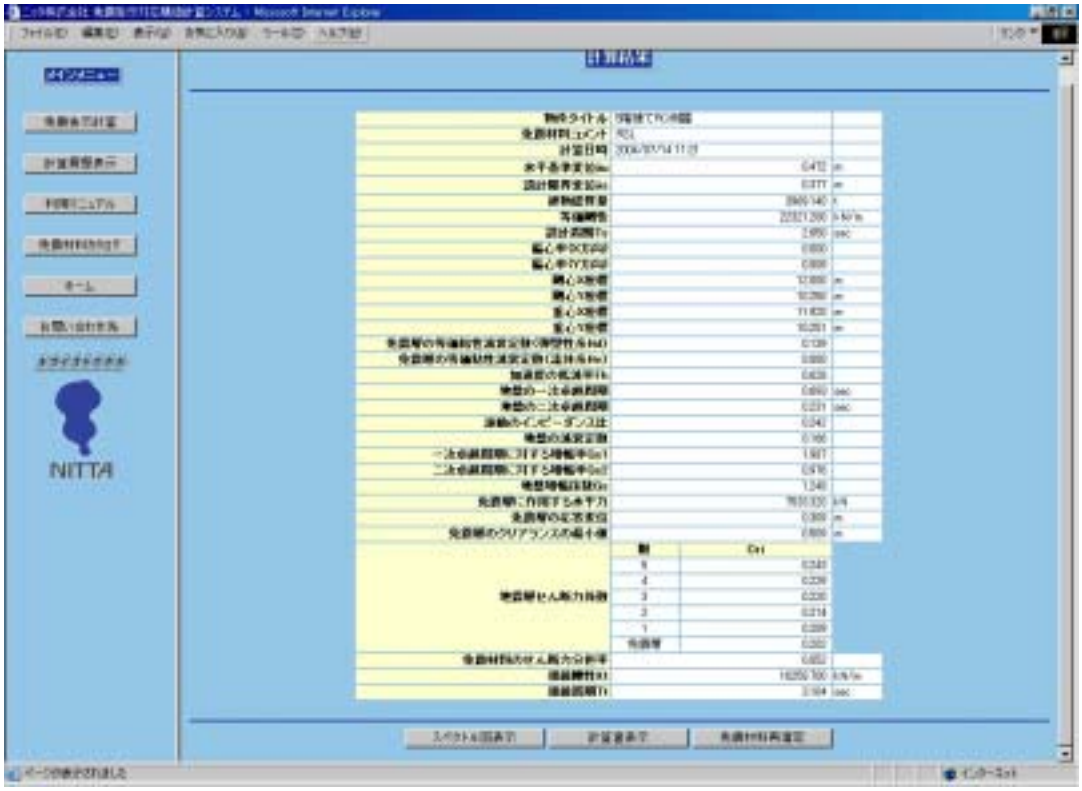


偏心率計算結果画面

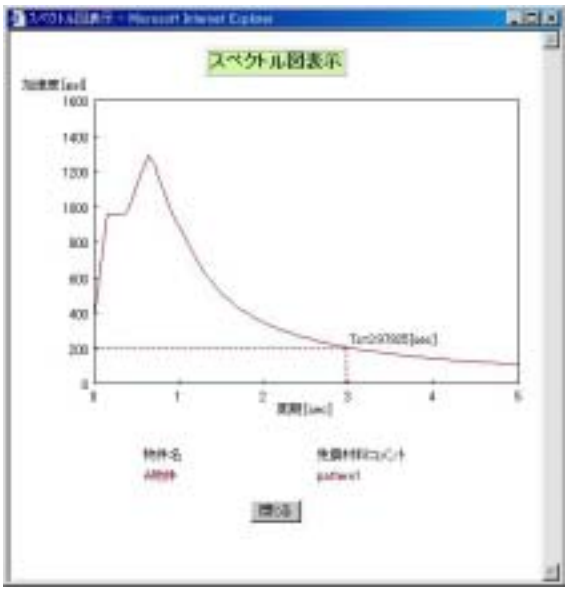
装置を配置し終わった時点で、免震層の偏心率チェックおよび、地震時の免震装置軸力のチェックが行えます。応答計算を行う前にこれら確認することで作業の手戻りが少なくなります。

■計算結果表示

計算結果はまず主要な数値が表形式で画面に表示されます。講習会テキスト「免震建築物の技術基準解説及び計算例とその解説」の計算例に習った計算書を出力します。計算書は Microsoft Word ファイル形式でユーザ側のパソコンに保存でき、容易に編集できます。

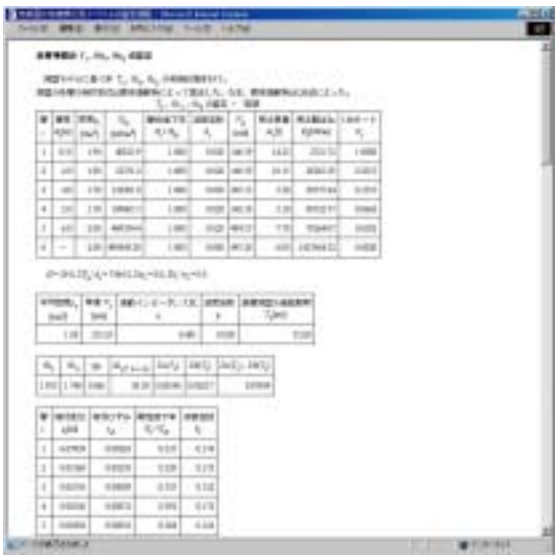


計算結果一覧画面



加速度応答スペクトル図

計算書（構造計算部）



計算書（地盤の増幅率収斂過程）

■計算機能

告示第2009号第6に対応した免震建築物の構造計算を行うのに十分な計算機能を備えています。

・免震層の偏心率、応答変位、作用する地震力、せん断力分担率、免震建築物の接線周期の計算を行います。

・装置特性の温度依存性、経年変化、製造ばらつきを考慮した検討が可能です。（任意に温度設定が可能）

・上部構造の地震層せん断力係数を算出します。

■対応免震装置

○支承材（ニッタ製）

・天然ゴム系積層ゴム支承

・鉛挿入型積層ゴム支承

・高減衰ゴム系積層ゴム支承

○減衰材

支承材と組み合わせて用いる各種減衰材（ダンパ）は、以下の装置が利用可能です。

・鋼製ダンパ（ループ型、U 型）

・鉛ダンパ

・オイルダンパ

■その他の機能

・利用マニュアルはオンラインで閲覧できます。

・装置情報のダウンロード、印刷が可能です。また装置情報は常に最新のものが入手できます。

・入力データ、計算結果データはサーバに保存できますので、ユーザ側に大容量のディスクは不要です。

■システム操作講習会

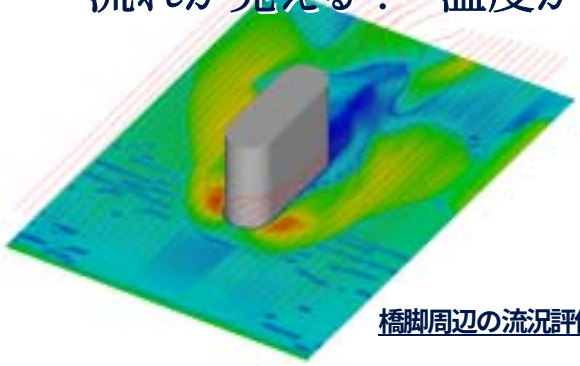
ニッタ株式会社主催の構造設計者向けセミナーが、2004年7月27日、㈱構造計画研究所大阪支社にて開催されました。㈱A&T 研究所社長（ニッタ顧問）の有馬文昭氏による免震告示設計の概要説明や、ニッタ社員による製品説明と併せて、実習形式でユーザ様に本システムを体験していただく講習会です。このような講習会を、今後も東京等で開催する予定です。

講習会風景

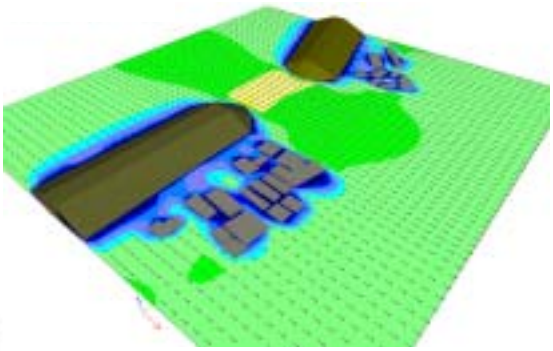
環境影響評価シミュレーション・コンサルティングサービス

流れが見える！　温度が見える！　大気質が見える！

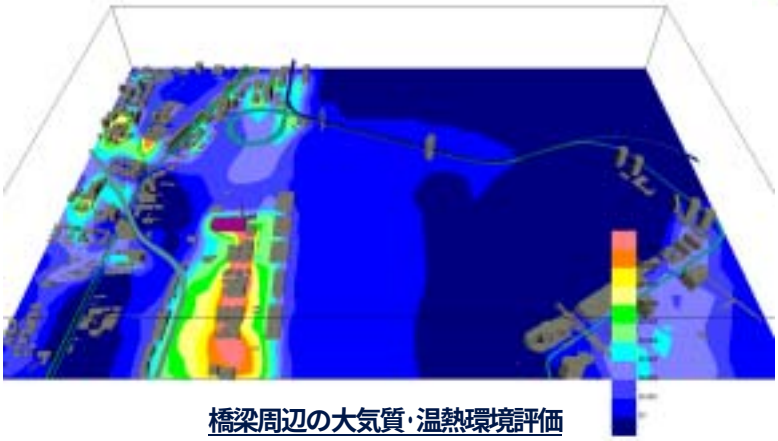
おまかせください！



橋脚周辺の流況評価



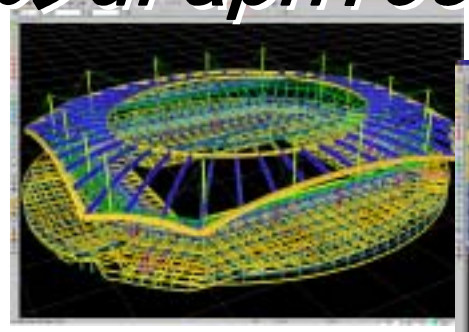
切土･盛土に伴う風環境評価

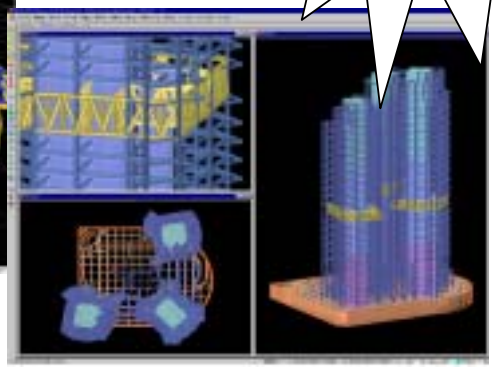


橋梁周辺の大気質･温熱環境評価

直感的なInterface
先端のGraphics機能

Ver.6 リリース
静的材料非線形解析
動的材料非線形解析





建設用構造解析システム

Modeling, Integrated Design & Analysis Software

MIDAS/ Gen

適用構造物： 一般建物、競技場、工場、格納庫、鉄塔、その他の特殊構造物

CAD ライクのモデリングにより卓越した操作性と生産性を実現

各国 4000 余りのプロジェクトに利用された信頼と実績

日本建築基準法に対応（地震・風荷重、断面算定等）

MS-Excel、AutoCAD DXF、STAN/3D、STAAD/Pro、NASTRAN 等との互換

便利な建築専用機能（建物モデル自動生成機能、鉄骨断面・鉄筋 DB 内蔵等）

多彩なモデル表現（レンダリング、透視図、ウォークスルー機能等）

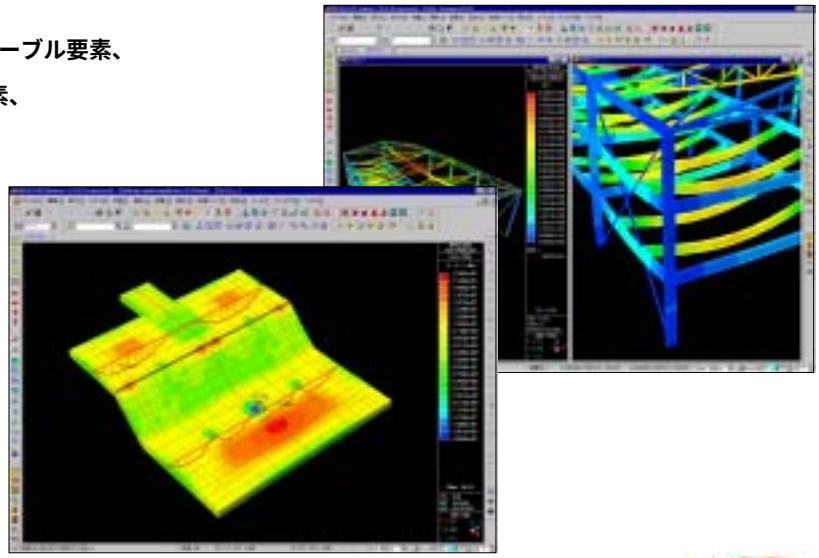
Multi-frontal Solver による計算速度の高速化（Sky-line Solver に比べ 10～20 倍）

■ 有限要素

トラス要素、引張/圧縮専用要素、ケーブル要素、
梁要素、テーパー断面梁要素、壁要素、
平面応力要素、板要素、
平面ひずみ要素、ソリッド要素、
免震制振要素　他

■解析機能

静的線形解析、線形座屈解析、
固有値解析、時刻歴応答解析、
応答スペクトル解析、
水和熱解析、幾何学的非線形解析、
施工段階解析、静的非線形解析、
断面算定　他



MIDAS は MIDAS IT 社の商標です。

多層 1 軸偏心 RC 造構造物の層間の塑性ひずみエネルギー配分 等価な降伏層せん断力の低下率と偏心率との関係

樋口　真由子 [1)]　梁川　幸盛 [1)]

1）株式会社 構造計画研究所 耐震技術部

1. はじめに

エネルギー法[1)]に基づいて、偏心を有する多層 1 軸偏心構造物の層間の塑性ひずみエネルギー配分の検討から、鉄骨造（バイリニアモデル）についての等価な降伏層せん断力の低下率と偏心率との関係が示された[2)]。本稿では、RC造（武田モデル[3)]）について同様の検討を行う。

2. 対象モデル及び解析方法

対象モデルは文献 2)と同じ 5 層 2×2 構面 1 軸偏心モデルとし、復元力特性のみを変えたものである。本稿では、以下の 2 種類の武田モデルについて検討した。対象モデルを図 1 に、各復元力特性を図 2 に示す。

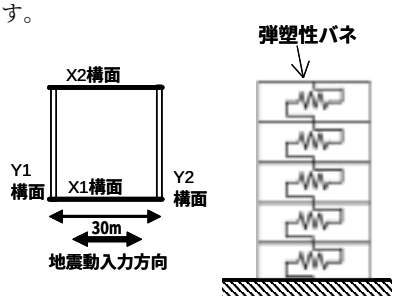


図-1 対象モデル

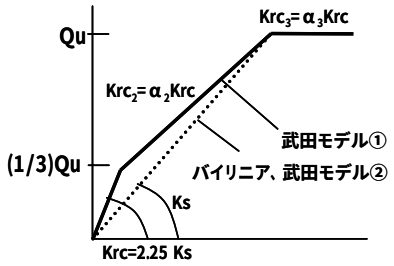


図-2 復元力特性

（ア）　武田モデル①

バイリニアモデルと降伏点を等しくし、鉄骨造と RC 造の固有周期の関係から初期剛性を 2.25 倍、また第 1 折れ点を降伏耐力の 1/3 の点とした武田モデル　(α_2=0.35, α_3=0.004, γ=0.4)

書式変更：フォント：ＭＳ 明朝

書式変更：フォント：ＭＳ 明朝

書式変更：フォント：ＭＳ 明朝

（イ）　武田モデル②

①の第 1 折れ点を降伏点に近づけ、バイリニアモデルに近づけた武田モデル

剛性分布、偏心の設定、入力地震波は、文献2)と同じとする。各層の耐力は、バイリニアモデルで各層の累積塑性変形倍率が10程度になるものを基本として、武田モデルの場合には偏心なしの場合のエネルギー配分比がバイリニアモデルとほぼ等しくなるように層相互間で耐力を微調整した。また本稿では剛性耐力比例偏心のみを検討する。

地震応答解析は、時間刻みを1/1000 秒とし、継続時間を87 秒間として行った。減衰は0とした。数値解析には建築構造物の擬似立体弾塑性振動解析プログラムRESP-M3 を用いた。

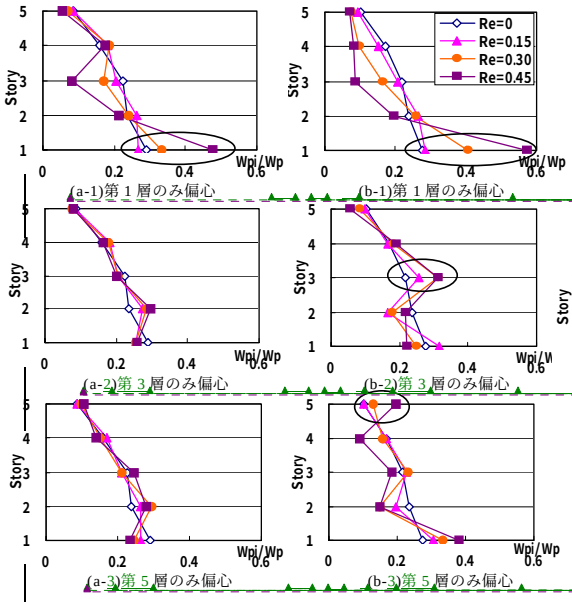
3. 解析結果及び考察

3-1　塑性ひずみエネルギー分布

偏心のパターンを同一方向に第1層のみ偏心、第3層のみ偏心、第5層のみ偏心の3種類とし、各パターンで偏心率R_e=0.15, 0.30, 0.45とする。ここで、偏心率は降伏点割線剛性（図2のKs）を用いて計算した。図3に、解析結果から得られた各層の塑性ひずみエネルギー分布を示す。

文献 2)のバイリニアモデルでは、エネルギーが偏心を設けた層に集中し、偏心率が大きくなるほどその度合いが増すという傾向にあったが、武田モデル①では、エネルギー集中の傾向はあまり顕著には見られなかった。一方、バイリニアモデルに近づけた

武田モデル②においては、傾向はバイリニアモデルとほぼ等しい。図中で注目すべき箇所を○で囲んだ。



(a-1)第 1 層のみ偏心　(b-1)第 1 層のみ偏心

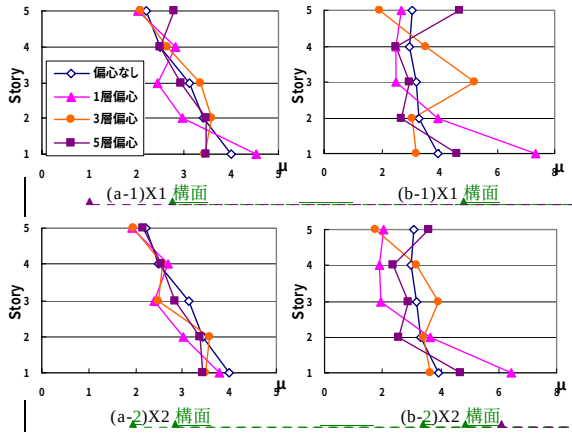
(a-2)第 3 層のみ偏心　(b-2)第 3 層のみ偏心

(a-3)第 5 層のみ偏心　(b-3)第 5 層のみ偏心

図-3 塑性ひずみエネルギー分布

3-2　塑性率について

武田モデル①②について、偏心を設定した各構面の塑性率の分布を図 4 に示す。偏心率はすべて R_e=0.3 の場合である。武田モデル②では、偏心を設けた層の塑性率が両構面とも増加するが、①ではその傾向は僅かであり、X1 構面（耐力、剛性小）のみにしか見られない。



(a-1)X1 構面　(b-1)X1 構面

(a-2)X2 構面　(b-2)X2 構面

(a)武田モデル①　(b)武田モデル②

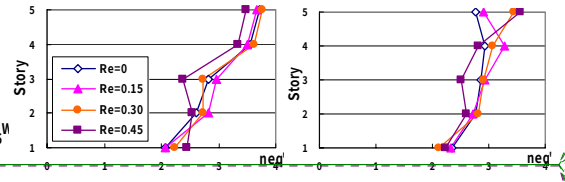
図 4　塑性率

3-3　最大変形と吸収エネルギーの関係

最大変形と吸収エネルギーの関係を n_{eq}'として次のように求めた。

$$n_{eq}' = \frac{\text{地震応答解析終了時の履歴吸収エネルギー}}{\text{最大変形まで一方向に変形させた時のエネルギー}\times 2} \quad (1)$$

計算の結果、武田モデル①②とも、およそ n_{eq}'≒2.0～4.0 の範囲内であり、偏心が n_{eq}'に与える影響は少ないことが分かった。一例として図 5 に、1 層のみ偏心させた場合の各層の n_{eq}'を示す。

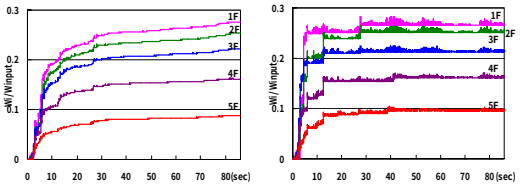


(a)武田モデル①　(b)武田モデル②

図 5　最大変形と吸収エネルギーの関係（n_{eq}'）

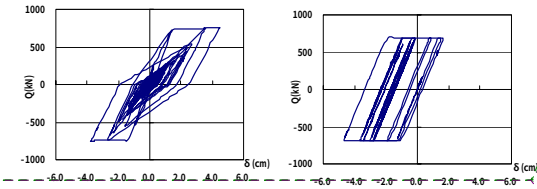
3-4　エネルギー時刻歴

図 6 に、バイリニアモデルと武田モデル①について、偏心なしの場合の各層のひずみエネルギー時刻歴を示す。各々解析終了時の総入力エネルギーで無次元化している。バイリニアモデルでは、10 数秒でエネルギーはほぼ一定となるが、武田モデルでは、長い時間に渡ってエネルギー吸収が続くことが分かる。図 7 に示した履歴ループの違いから、武田モデルのエネルギーの増加は、内部ループに起因すると思われる。



(a)武田モデル①　(b)バイリニアモデル

図 6　エネルギー時刻歴



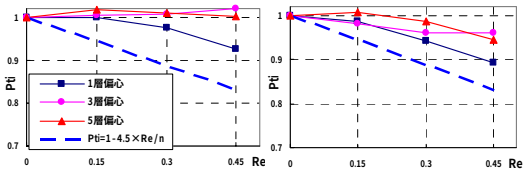
(a)武田モデル①　(b)バイリニアモデル

図 7　履歴ループ

書式変更：フォント：7 pt
書式変更：フォント：7 pt
書式変更：フォント：7 pt
書式変更：フォント：7 pt
書式変更：フォント：7 pt
書式変更：フォント：7 pt
書式変更：フォント：7 pt
書式変更：フォント：ＭＳ 明朝
書式変更：フォント：7 pt
書式変更：フォント：7 pt
書式変更：フォント：7 pt
書式変更：フォント：7 pt
書式変更：フォント：7 pt
書式変更：フォント：7 pt
書式変更：フォント：7 pt
書式変更：フォント：7 pt
書式変更：フォント：7 pt
書式変更：フォント：7 pt
書式変更：フォント：ＭＳ 明朝
書式変更：フォント：7 pt
書式変更：フォント：7 pt
書式変更：フォント：7 pt
書式変更：フォント：7 pt
書式変更：フォント：7 pt
書式変更：フォント：7 pt
書式変更：フォント：7 pt
書式変更：フォント：7 pt
書式変更：フォント：7 pt
書式変更：フォント：7 pt
書式変更：フォント：7 pt
書式変更：フォント：7 pt
書式変更：フォント：ＭＳ 明朝
書式変更：フォント：Times New Roman, 8 pt
書式変更：フォント：Times New Roman, 8 pt
書式変更：フォント：ＭＳ 明朝
書式変更：フォント：Times New Roman
書式変更：フォント：Times New Roman, 8 pt
書式変更：フォント：Times New Roman
書式変更：フォント：Times New Roman, 8 pt
書式変更：フォント：ＭＳ 明朝

3-5　低下率 P_{ti} と偏心率 R_e の関係

文献 2)と同様に、武田モデル①と武田モデル②の場合について、偏心による等価な降伏層せん断力係数の低下率 P_{ti} を評価した。図 8 に損傷集中係数 n=12 とした場合の P_{ti} と偏心率 R_e の関係を示す。各々文献 2)の評価式(3)による関係を破線で示している。武田モデルの場合にはバイリニアよりも P_{ti} は大きめとなった。図 3 で見たように武田モデル②の方が武田モデル①に比べてエネルギー集中が顕著であり、P_{ti} も②の方が低めに評価される。破線で示した評価式は検討した範囲では安全側の評価を与えている。



(a)武田モデル①　　(b)武田モデル②

図 8　P_{ti}-R_e 関係

4.　まとめ

RC造を想定した5層モデルを用いて、剛性耐力比例偏心がある場合の偏心率とエネルギー集中の関係等について検討した。武田モデルの設定による応答の差異については、今後も引き続き検討していきたい。

謝辞

本研究は、国土交通省　国土技術政策総合研究所からの受託業務である。ここに記して関係者各位に謝意を表す。

参考文献

1）秋山：エネルギーの釣合に基づく建築物の耐震設計、技報堂出版

2）向井、石原他：多層１軸偏心構造物の層間の塑性ひずみエネルギー配分、日本建築学会大会学術講演梗概集、B-2、pp.405、2003.9

3）T.Takeda, M.A.Sozen, N.N.Nielsen：Reinforced Concrete Response to Simulated Earthquakes、第３回日本地震工学シンポジウム講演集、pp.357-364,1970年11月

建築構造物の耐震解析プログラム

RESP シリーズ

建築構造の高性能化を支援し続ける構造解析プログラム

RESP-Bird
建築構造計算、概算数量計算,3DCG作成、RESP-F3・F3D 前処理プログラム

NTT-BUILD
建築一貫構造計算プログラム

BURESP
NTT-BUILD→RESP データコンバータ

F3TOT
RESP-F3→RESP-T データコンバータ

RESP-F
2次元フレーム 弾塑性解析プログラム

RESP-F3D
3次元フレーム 動的弾塑性解析プログラム

RESP-F3
3次元フレーム静的弾塑性解析プログラム（限界耐力計算機能付）

ULT-DS
RC造の靭性保証型 耐震設計検討プログラム

RESP-T
3次元汎用非線形解析プログラム

RESP-QDM
復元力特性モデル化プログラム

RESP-M3
建築構造物の疑似立体弾塑性解析プログラム

Resp M+
特殊制震建物の弾塑性解析プログラム

RESP-M/II
建築構造物の弾塑性解析プログラム

剛性マトリクス

STAN／3D
3次元任意形状構造解析プログラム

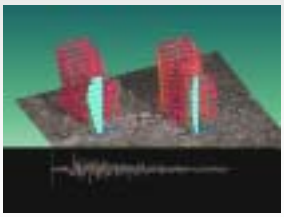
RESP-S
地盤-杭-建物系の地震応答解析プログラム

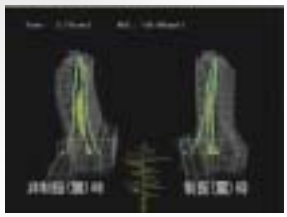
RESP最新情報

- RESP-F3機能追加（杭-建物一体解析荷重増分解析対応）
- RESP-Bird追加オプション（ひび割れによる剛性低下時の応力・断面算定）
- ULT-DS追加項目（都市基盤整備公団式対応）
- RESP-F3D機能追加予定（各種粘性・粘弾性制振対応）

RESPシリーズ適用事例

- 超高層・高層RC建築の地震応答解析
- 免震構造解析
- 各種制震構造解析（曲げせん断分離型制振要素）
- 不整形構造のねじれ応答解析
- 非剛床構造の静的動的解析
- 高層建築、免震建築の地盤-杭連成解析
- 長大構造物の位相差入力解析
- 大スパン構造物の上下動水平動同時入力解析
- 高層建築の風応答解析
- 建築構造物の機械振動、交通振動、歩行振動解析





・BUILDの開発元は㈱NTTデータです。

● 短時間で構造基本検討・数量計算が可能なRESP-Birdが大好評 ●

免震建築・高層建築等に実績豊富なRESPシリーズを、1ヶ月単位でレンタル利用いただけます。詳細はお問い合わせ下さい。

想定外地震動に対する戸建て免震住宅の変位抑制部材の有効性

北川まどか [1)]　梁川　幸盛 [1)]　庄司　正弘 [1)]

1）株式会社 構造計画研究所

1．序

戸建て免震住宅の地震時安全性を確保するためには，免震層の変位を十分大きくし，上部構造の加速度応答を小さくする設計が望ましい。しかし，住宅価格や敷地の問題のため，免震層の変位を大きくすることは困難なことが多い。想定した地震動に対しては十分な安全性を有する免震住宅であるが，それを越える地震動に対しては，免震層の変位が大きくなり，衝突が発生する。その場合においても上部構造の安全性が確保できること，また衝突の衝撃を緩和する部材（変位抑制部材）等を設けて衝突の影響を小さくすることができれば上部構造の安全性が向上する。本報では，変位抑制部材を取り付けた免震住宅の動的解析を行い，復元力特性の違いが応答に与える影響を確認する。

2．解析概要

図 1 に本解析で用いるモデルを示す。鉄骨純ラーメン 2 階建ての上部構造を想定した，変位抑制部材付き免震構造を 3 質点せん断系にモデル化する。免震層は履歴減衰が 20%，建物固有周期が 4 秒程度となるように設定する。上部構造および免震装置の特性は，表 1 に示す。ただし変位抑制部材は 15cm から作動開始するものとし，粘性減衰は上部構造 2%，免震層 0%とする。

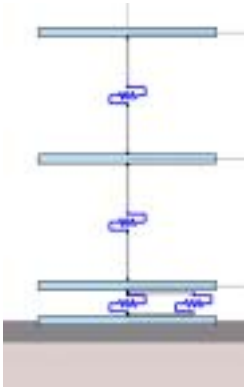


図-1 解析モデル

表 1　解析モデル特性（標準型バイリニア）

	重量[kN]	初期剛性[kN/cm]	剛性倍率	耐力[kN]
2F	110.00	45.00	0.10	87.00
1F	150.00	60.00	0.10	120.00
免震層	150.00	4.15	0.19	7.36

入力波は JMA-KOBE1995(NS,dt=0.02)を用い，図 2 に時刻歴波形，図 3 に変位応答スペクトル（減衰 20%）を示す。変位抑制部材なしの基本モデルは，50kine の入力波に対して，免震層の変形が設計許容値(20cm と仮定)以下の条件を満たしている。想定外地震時の変位抑制部材検討用には，JMA-KOBE の原波を用いる。解析は，直接積分法（β=0.25），積分刻み 0.001 秒で行う。基本モデルの解析結果を図 4 に示す。

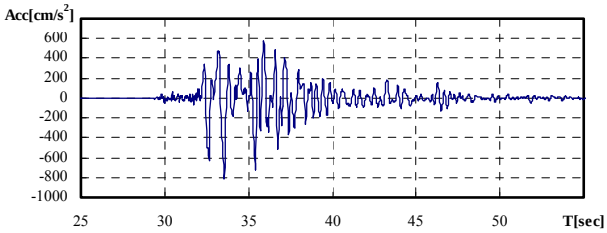


図 2　入力波時刻歴（JMA-KOBE NS）

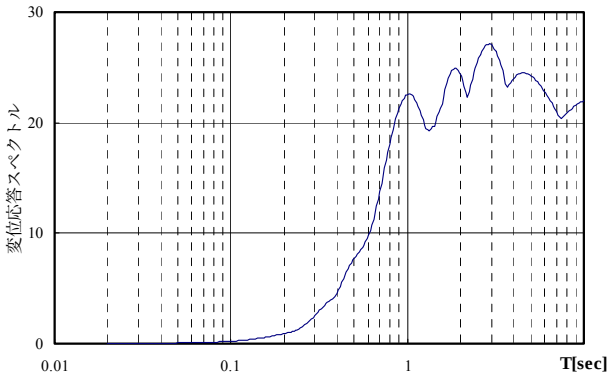
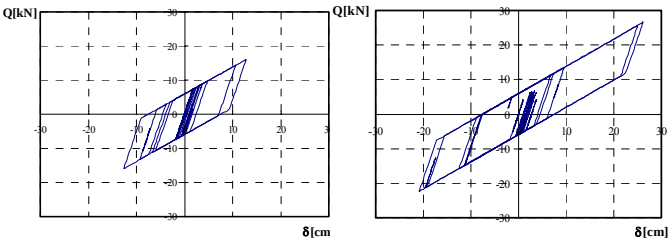


図 3　変位応答ｽﾍﾟｸﾄﾙ（JMA-KOBE NS）



(a)50kine 入力　　(b)原波入力

図 4　変位抑制部材なし基本モデル Q-δ 関係(免震層)

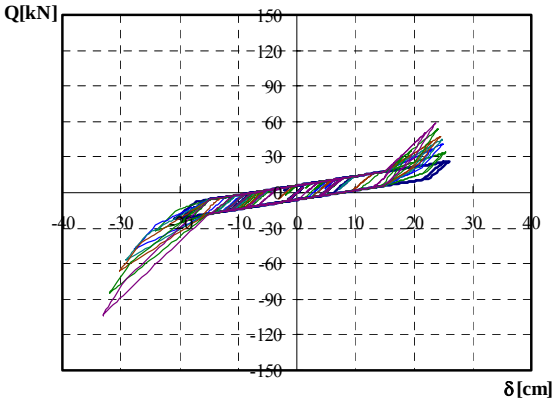


図 6　免震層履歴（線形型）

3．線形型変位抑制部材解析

3.1 部材特性

線形型変位抑制部材の履歴形状を図 5 に示す。剛性 K_L は, 免震装置の 2 次剛性 K_2 を基準として設定する。

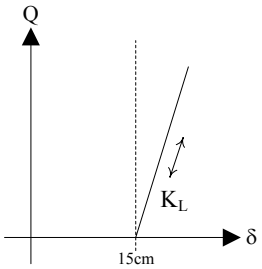


図 5　線形型変位抑制部材

3.2 解析結果

表 2 に変位抑制部材の剛性と，1 階床における変位・加速度応答，1 階の層せん断力係数を示す。Linear-1 の変位は基本モデルの変位より小さくなっており, 変位抑制部材が有効に働いていることがわかる。一方，Linear-2～6 で剛性を大きくしても変位が抑えられていないのは, 変位抑制部材の作動により免震層が硬くなり, その結果入力が大きくなるためである。このため，図 6 の免震層履歴に示すように, マイナス側の振幅が大きくなる現象が生じている。

表 2　解析ケースと応答まとめ

解析ケース	剛性K_1	変位応答[cm]	加速度応答[gal]	層せん断力係数
基本モデル	0	26.1	69	0.069
Linear-1	K_2	25.5	79	0.087
Linear-2	$2K_2$	27.7	98	0.133
Linear-3	$2.5K_2$	29.1	113	0.157
Linear-4	$3K_2$	30.3	126	0.182
Linear-5	$4K_2$	32.1	164	0.230
Linear-6	$5K_2$	33.1	209	0.274

4．非線形弾性型変位抑制部材解析

4.1 部材特性と解析ケース

非線形弾性型変位抑制部材とは, 図 7 のような履歴形状を有するものとする。本報では曲線を 2 次関数で表し，表 3 に解析ケース Curve-1～6 の部材特性を示す。2 次関数は δ=25cm で線形型変位抑制部材と同じせん断力になるよう，係数 a を決定する（図 8 参照)。

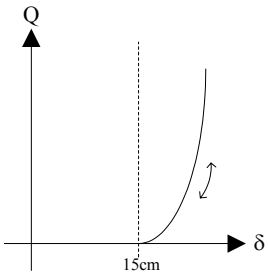


図 7 非線形弾性型変位抑制部材

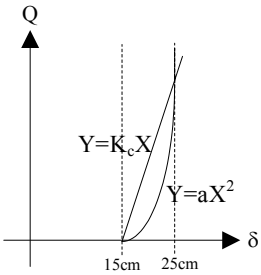


図 8 線形型との対応

表 3　解析ケースと変位抑制部材特性

解析モデル		剛性K_C	係数a
Curve-1	DampCurve-1	K_2	0.0789
Curve-2	DampCurve-2	$2K_2$	0.1577
Curve-3	DampCurve-3	$2.5K_2$	0.1913
Curve-4	DampCurve-4	$3K_2$	0.2366
Curve-5	DampCurve-5	$4K_2$	0.3154
Curve-6	DampCurve-6	$5K_2$	0.3943

4.2 解析結果

表 4 に 1 階床における変位・加速度応答および 1 階の層せん断力係数を示す。線形型の結果と同様に, 変位抑制部材の作動により免震層が硬くなることで地震力の入力が増大し，Curve-1 以外のケースで変位が抑えられていない。図 9 に，免震層のせん断力－変位関係を示す。マイナス側の変形が大きくなっていることがわかる。

表 4　応答まとめ(非線形弾性型)

解析ケース	変位応答[cm]	加速度応答[gal]	1F層せん断力係数
基本モデル	26.1	69	0.069
Curve-1	25.6	77	0.090
Curve-2	26.4	102	0.132
Curve-3	27.5	126	0.166
Curve-4	28.5	152	0.204
Curve-5	29.8	207	0.285
Curve-6	30.6	260	0.365

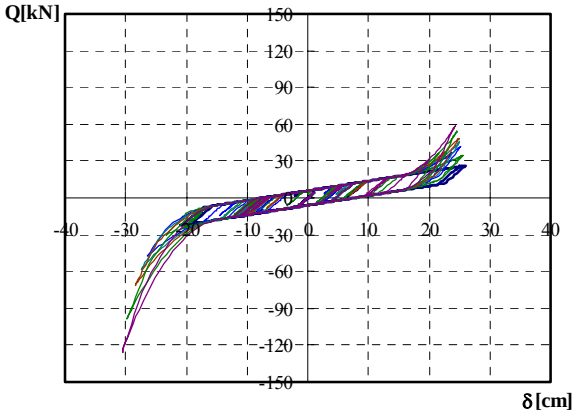


図 9 免震層履歴(非線形弾性型)

5．非線形減衰型変位抑制部材解析

5.1 部材特性と解析ケース

図 10 に，非線形減衰型変位抑制部材の履歴形状を示す。本報では，履歴減衰を最大限に得るため，戻る際に垂直に落ちるような形状をとっている。解析ケース DampCurve-1～6 の部材特性を表 3 に示す。

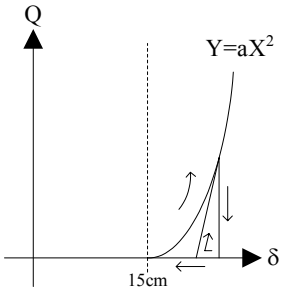


図 10 非線形減衰型抑制部材

表 5　応答まとめ(非線形減衰型)

解析ケース	変位応答[cm]	加速度応答[gal]	1F層せん断力係数
基本モデル	26.1	69	0.069
DampCurve-1	25.6	77	0.090
DampCurve-2	25.2	89	0.110
DampCurve-3	25.1	100	0.119
DampCurve-4	24.9	117	0.128
DampCurve-5	25.8	154	0.167
DampCurve-6	26.5	196	0.211

5.2 解析結果

表 5 に，1 階床における変位・加速度応答および 1 階の層せん断力係数を示す。また，図 11 に免震層のせん断力－変位関係を示す。線形型や非線形弾性型変位抑制部材と比較して，履歴減衰の効果でマイナス側の変位が抑えられている。

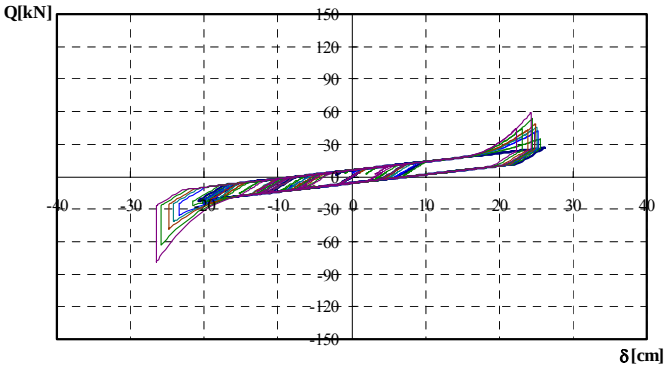


図 11　免震層履歴（非線形減衰型）

6．結

以上より，得られた知見をまとめる。

1)変位抑制部材により，免震層の変形が低減可能である。

2)変位抑制部材は，履歴減衰が得られるタイプのものが有効である。

3)復元力特性が適切でない場合には，変位抑制部材作動時に地震力の入力が増大し，変形が進んでしまうことがある。このため，免震層の衝突回避だけを期待するのではなく，衝撃力の低減も目的として利用する。

4)適切な復元力特性の設定方法の確立は今後の課題である。

謝辞

本研究は，(社)建築研究振興協会に設置された「戸建て免震住宅の地震時安全性に関する検討会」(委員長：緑川光正，(独)建築研究所、幹事：飯場正紀，国土交通省　国土技術政策総合研究所、小豆畑　達哉，(独)建築研究所)での活動の一環として行われたものである。関係各位に深甚なる謝意を表する。

【参考文献】

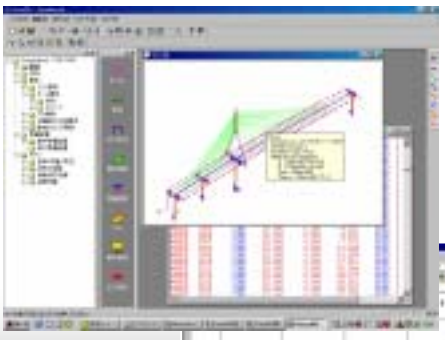
1) M.Iiba,M.Midorikawa,H.Hamada,Y.Hanai: Seismic Safety Evaluation of Base-Isolated Houses with Rubber Bearing,13th World Conference of Earthquake Engineering,Paper No.1174,12p,2004.8

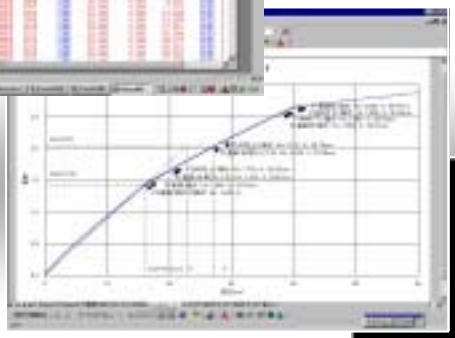
2) 皆川，花井，福和：戸建て免震住宅の耐震等級対応について その 2.ストッパーによる変位制御設計，日本建築学会大会学術講演梗概集,B-2,pp531～532,2002.9

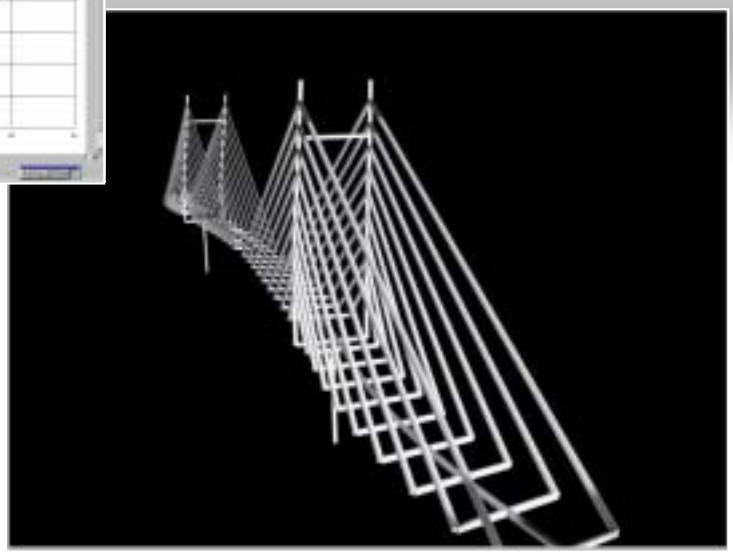
3) 池口，飯田，花井，中田，西畑，桐山：実大振動実験による戸建て免震住宅の装置別応答性状比較 その 5 室内家具の応答とストッパー作動時応答，日本建築学会大会学術講演梗概集,B-2,pp.591～592,2003.9

骨組構造物の汎用非線形解析プログラム

RESP-T
for Windows





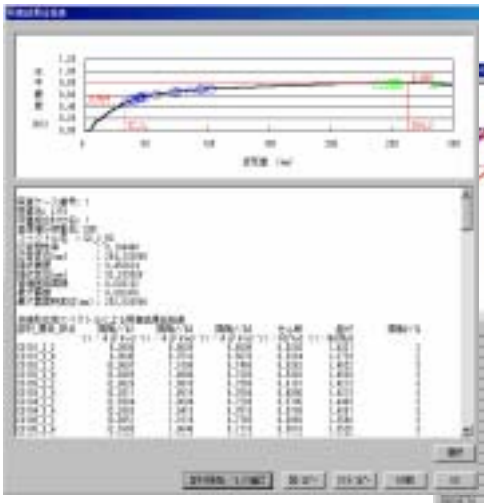


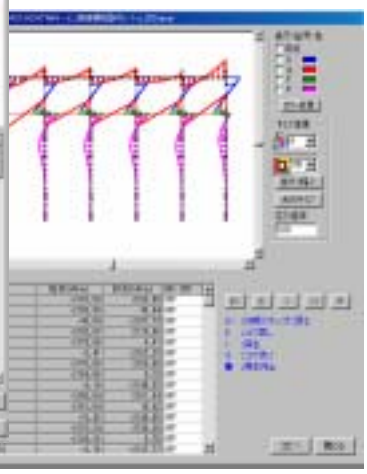
非線形問題、動的問題を
高解析機能でカバー！

- ■3次元任意形状骨組モデル対応
- ■静的／動的／固有値／座屈固有値解析
- ■弾塑性／幾何学的非線形
- ■各種の免震制振機構にも対応

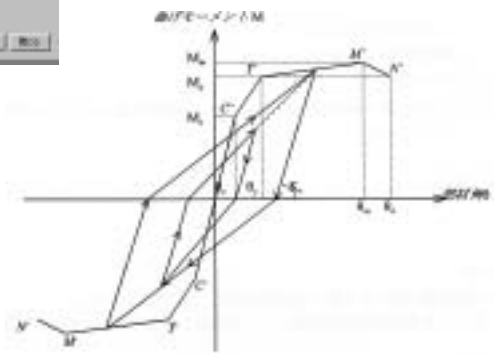
鉄道構造物等設計標準・同解説

耐震設計編に準





- ■Windows対応
- ■静的非線形解析
- ■所要降伏震度スペクトル
- ■地盤応答変位解析
- ■部材の損傷レベルによる耐震性能チェック
- ■テトラリニア対応



鉄道構造物等の耐震性能照査プログラム

ASCARS

Assessment Program for Seismic Capacity of Railway Structure

ASCARS は（財）鉄道総合技術研究所と（株）構造計画研究所の協同開発商品です。

地震動強度指標の空間補間手法の実用性から見た一検討

坪田 正紀[1)]・栗山 利男[1)]・末冨 岩雄[2)]

1) 株式会社構造計画研究所 防災・環境部 地震防災室
2) 独立行政法人防災科学技術研究所 地震防災フロンティア研究センター 川崎ラボラトリー

１．はじめに

地震観測網を利用した即時被害推定システムにおいて被害推定精度を向上させるには地震動分布推定精度の向上が不可欠である。それには図 1 に示すように観測地点の地震動を表層地盤増幅度で除して共通基盤面地震動とし、共通基盤面で空間補間を行い、改めて表層地盤増幅度を乗じ直して地表面地震動を推定する方法が有効であり、地盤の増幅度評価と空間補間法が重要となる。

そこで、著者らは基盤観測値を利用して基盤面における地震動の空間補間を行うシミュレータの開発を行った。現在、空間補間シミュレータにおいて補間対象としている地震動強度指標は、最大値指標（最大加速度、最大速度、計測震度、SI 値）、応答スペクトル、時刻歴波形である。空間補間手法としては、距離による重み(IDW 法)、形状補間関数による補間、Kriging 法(Simple Kriging)、スプライン補間などを内蔵している。本論文では、シミュレータによる地震動強度指標の空間補間に関する検討結果について報告する。

２．補間推定法の比較

現在、地震動強度指標を対象とした実際のシステムや研究で使われている主な空間補間手法は、1) 距離による重み(IDW 法)、2) 形状補間関数による補間、3)Kriging 法である。1)は、対象点の近くのデータ値を距離の逆数に基づく重み係数で加重平均

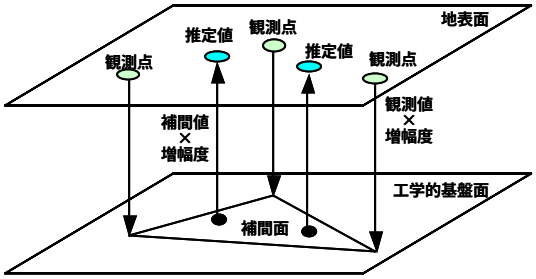


図 1　地盤増幅を考慮した空間補間

し、対象点の値を推定するものである。2)は離散的な形で与えられた関数の離散点間の値を補って連続関数として扱うための技法で、有限要素法においては、節点における関数値の間を補って要素内の連続関数を作る技法として用いられている。1)、2)が決定論的手法であるのに対し、3)はサンプルポイントの空間的自己相関性を含む統計モデルに基づいている。Kriging 法にも条件に応じていくつかあるが、山崎ら[1)]が用いているように、平均値（トレンド成分）と共分散値を既知とする Simple Kriging が、観測網を利用した地震動分布推定に最も適切である。この他に、スプライン補間も考えられるが、1)～3)の手法と比べてかなり計算時間が必要となるにもかかわらず、精度に優位性は見られず、即時被害推定システムにおける地震動補間の問題には適していなかった。

実際の観測記録を用いて各補間手法に対する検証を行う。狭い範囲での観測データセット（ケース 1）として、1994 年 12 月 28 日の三陸はるか沖地震（M=7.5、震源深さ 0km）における釧路市内の高密度観測網記録（観測点間が 1km 前後）を利用し、広域での観測データセット（ケース 2）として、2003 年 7 月 26 日の宮城県北部の地震（M=6.2、震源深さ 12km）における K-NET、KiK-net を利用して、地震動の空間補間を実施する。いずれも、今回は表層地盤の増幅特性の差異を考慮せずに、全観測点のうち一部を観測情報として与えて他の点での値を補間推定し、推定点について観測値と補間推定値の比較を行う。

例としてケース 2 における計測震度の推定値と観測値の比較を図 2 に示す。手法による有意な差は見られない。観測値が小さい（震源から遠い）場合に、精度が良くない。ケース 1 における加速度応答スペクトルの補間例を図 3 に示す。このケースでは観測点間隔が 1km 程度と近いこともあり、推定値と観測値は概ね調和的である。表層地盤の増幅特性の差異を適切に考慮した場合には、より精度が高まると考えられるし、観測点間隔が長くなれば不可欠

である。また、IDW 法と Kriging 法について、計測震度の平面分布特性の比較例（ケース 2）を観測値とあわせて図 4 に示す。この事例の場合、牡鹿半島端で大きな観測値が得られており、その影響度合いが両者で大きく異なる点である。Kriging 法による補間では、トレンド成分である距離減衰式の影響で同心円状の分布が結果に強く反映される。1 点の観測値の影響範囲が狭いのと、★で示した震源近傍で地震動が大きくなっている点が IDW 法と異なっている。

３．考察

計算時間はリアルタイム予測において重要な因子である。形状補間、IDW 法、Kriging 法の順に速いが、大きな差異ではなかった。形状補間は、最も速いが、外挿ができない。IDW 法は簡易であるが、地震計設置点に偏りがあると、1 点の持つ重みが変わってくる。Kriging 法では距離減衰式を用いるので、外挿が必要な際に有利である。特に、図 4 のケースや、1997 年鹿児島県北西部での地震のように、観測点 TIN の重心付近に震源があるような場合、IDW 法や形状補間と異なり、震源近傍で大きくなる予測が可能である。一方、震源情報を要するので、自動的にそれを取り込む仕組みが必要であるのと、海洋での巨大地震の場合、断層の拡がりを把握することは難しく、震源決定精度も内陸地震より落ちるので、IDW 法のように単純な補間の方が良い推定となる可能性も低くない。このような特徴を踏まえて、観測条件に応じて手法選択を行うことが重要である。例えば、横浜市や東京ガスのような超高密度観測網であれば（1～2km 間隔）、IDW 法のように簡易な方法が適しており、K-NET のように広域で観測点間隔が 20km 程度になる場合は、距離減衰特性を考慮できる Kriging 法が適しているであろう。

Kriging 法におけるトレンド成分の与え方には、観測値から距離減衰式を構築する方法と、既往の距離減衰式を用いる方法がある。震源域により観測値の距離減衰特性は異なることはよく知られている。観測値から距離減衰式を求める方が、地震の特性が反映されるので、より信頼性の高い結果が得られると期待される。今回の事例では傾きは既往の式と同程度に求まっており、適切な回帰が行われていた。これは、広範囲に多くの観測記録が得られる K-NET の記録を用いているからでもある。観測点が少ないと物理現象に合わない係数が求まる危険性があり、そのような条件では、既往の距離減衰式を用いる方法が適している。

４．おわりに

地震動の空間分布を推定するための補間方法について、特徴と適用条件について整理分析した。本報告では、表層の影響を考慮しない結果で比較したが、地盤の非線形増幅度[2)]と組み合わせることにより、推定精度の高い地震動分布が得られると考えられる。

なお本研究は、文部科学省による新世紀重点研究創生プラン RR2002 防災分野「大都市大震災軽減化特別プロジェクト」の一環として行われたものである。

参考文献

1) 山崎文雄ら：高速道路構造物に対する地震被害推定式の提案、第 10 回日本地震工学シンポジウム、pp.3491-3496、1998
2) 末冨岩雄、石田栄介、磯山龍二、後藤洋三：地盤の平均S波速度による地震動強度指標の非線形増幅度評価法について、土木学会地震工学論文集、Vol.27、p_122、2003

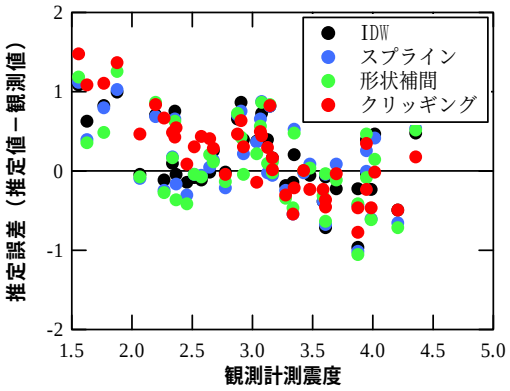


図 2　観測計測震度と補間推定値の比較（ケース 2）

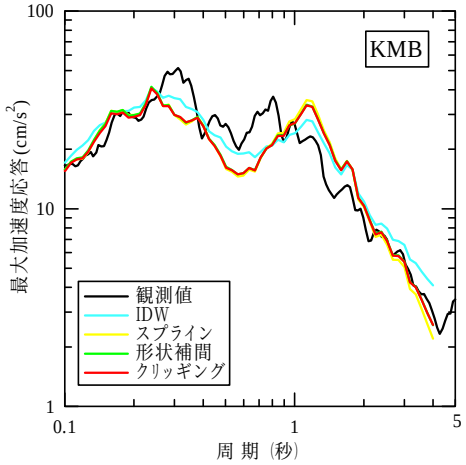
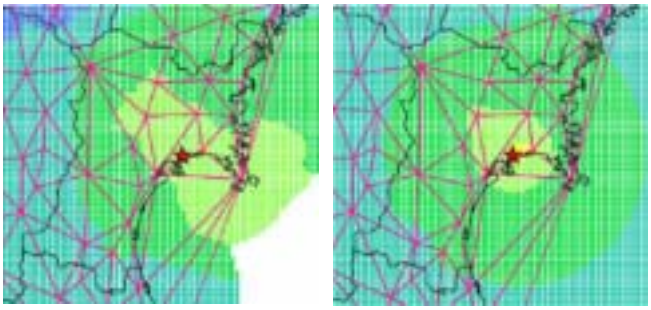
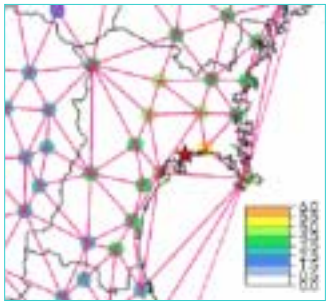


図 3　加速度応答スペクトルの比較（ケース 1）



(a) IDW 法　　(b) Kriging 法



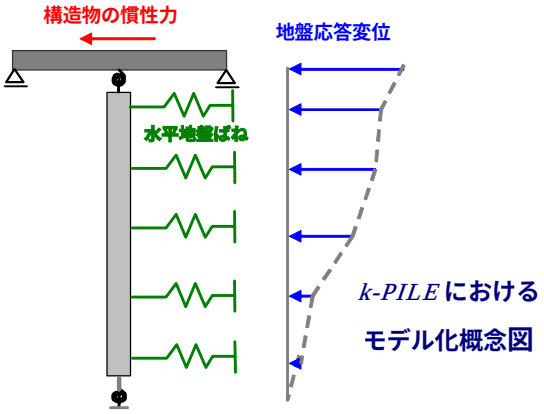
(c) 観測値

図 4　計測震度の分布の比較（ケース 2）

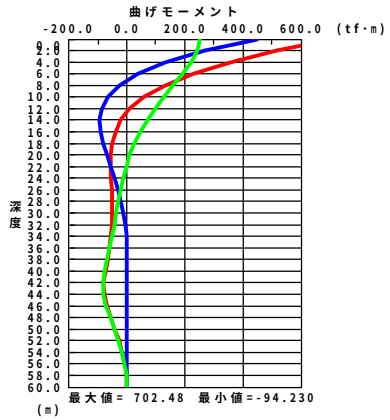
k-PILE

k-PILE は、建築、土木構造物の杭基礎設計において広く用いられる応答変位法のプログラムです。杭の断面力、基礎梁―杭の荷重―変形関係を算定します。

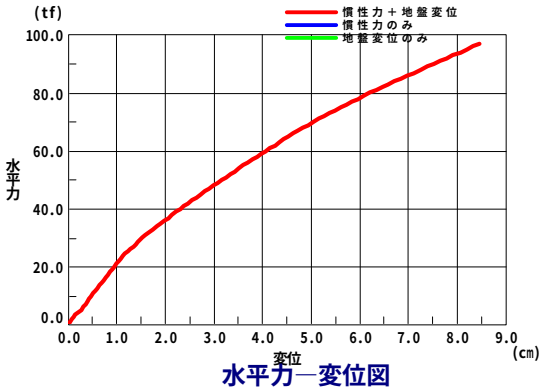
k-PILE では、地盤ばねの非線形特性の自動計算機能、*k-SHAKE* の地盤応答変位の自動読み込み機能を有しており、構造設計者が手軽に用いることができます。



k-PILE における
モデル化概念図



杭の曲げモーメント図



水平力―変位図

設計用入力地震動作成システム

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

ARTEQ、k-SHAKE+、k-WAVE についてはネットワークライセンス版の販売を開始しました！

設計用入力地震動作成システムは、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 対応の設計者のためのソフトウェアです。
ユーザは、過去の被害地震や活断層から建設地点での地震動強さを評価し、表層地盤の増幅特性を考慮した、設計用入力地震動を簡易に作成することが可能です。

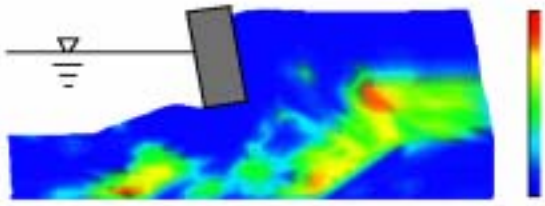
活断層による最大値一覧出力画面

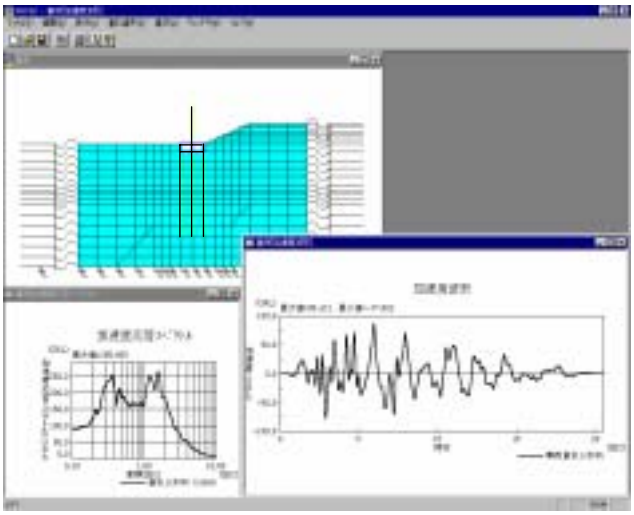
地盤と構造物の動的相互作用解析プログラム
SuperFLUSH/2D for Windows

軟弱地盤に建設される橋梁や港湾構造物、
既設埋設構造物との近接施工、
異種地盤にまたがる長大橋等の
耐震性照査に威力を発揮します。

有効応力解析手法による
相互作用解析は. . .

NANSSI





★ Super FLUSH/2DとNANSSIは（株）
地震工学研究所と弊社の共同開発商品です。

流体-構造相互作用を考慮した浮き屋根式タンクの振動応答解析

川上 誠[1)]・楊 克倹[1)]

1) 株式会社構造計画研究所 耐震技術部

１．はじめに

昨年９月に発生した十勝沖地震では、浮き屋根式タンクが貯蔵液体のスロッシング（液面揺動）に起因する被害を受けた。これは入力地震動の振幅の大きな主要動が終了した後においても地盤内に残存する比較的長い周期の振動により、固有周期の長いタンク内液体が共振して大きなスロッシングが発生したためである。このようなタンク液体のスロッシングがタンクの浮き屋根に及ぼす影響を検討した解析的な研究はまだほとんど見られない。本報告は、浮き屋根を有する鋼製円筒タンクを対象として、タンク内液体とタンク壁･浮き屋根との相互作用を考慮した有限要素法解析（流体-構造連成解析）を行った結果について記すものである。なお、解析には汎用の有限要素法解析プログラムＡＤＩＮＡ[1)]を適用した。

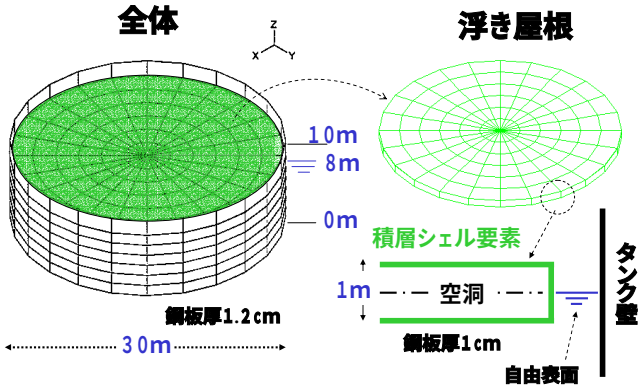


図１ 浮き屋根式タンク

２．解析の対象

解析の対象とした浮き屋根式タンクは、図１に示すように、直径 30m、高さ 10m で、厚さ 1.2cm の鋼板で構成される。タンク内液体は水とし、高さ 8m とした。浮き屋根は厚さ 1cm の鋼板で構成される箱形（中は空洞）で、直径 29m、箱高さ 1m を想定した。したがって、円形浮き屋根周囲には幅 50cm の自由水面が存在する。

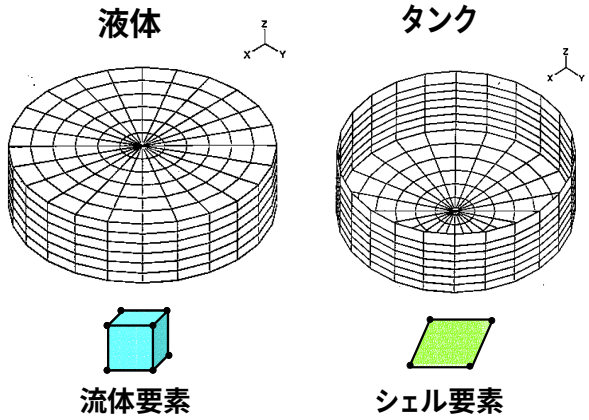


図２ 有限要素モデル

３．解析の方法

有限要素モデルを図１と図２に示す。水は８節点のポテンシャル流体要素、タンクは４節点のシェル要素、浮き屋根は４節点の積層シェル要素を用いて、それぞれモデル化した。ポテンシャル流体要素は、未知変数としての速度ポテンシャルを用いて線形で定式化された有限要素である。流体の全水圧 P は静水圧 Ps と動水圧 Pd とから構成され、

$$P=Ps+Pd,\quad Ps=\rho H,\quad Pd=\rho\,(d\phi/dt)$$

で計算される。ここで、ρは流体の質量密度、H は水深、φはポテンシャル、dφ/dt はポテンシャルの時間微分である。

浮き屋根をモデル化しているシェル要素は積層モデルであり、最上層と最下層にのみ鋼材を設定し、その中間層には材料を設定しないことにより箱形構造をモデル化した。ただし、この積層シェル要素の断面は平面保持される計算が行われる。

荷重は図３に示す漸増する SINE 波形の加速度時刻歴（t=32.5 秒で 100gal）で、水平 Y 方向に入力した。SINE 入力波の周期 3.25 秒は、液体のスロッシング周期 6.5 秒の半分の値である。境界条件として、タンクの底面は X、Y、Z 方向を固定した。

解法は、まず静的浮遊解析を行った後、動的時刻歴応答解析を行った。動的解析は Newmark 法による直接時間積分法で、時間刻みは 0.1 秒とした。なお、減衰は考慮していない。

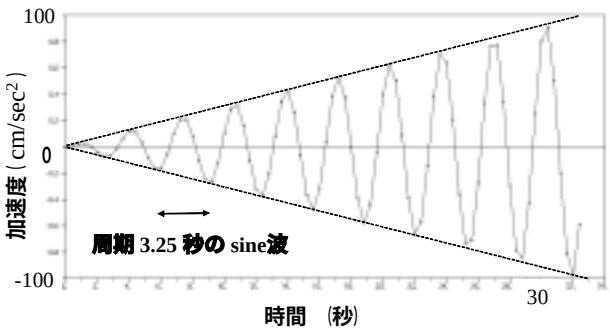


図 3　入力加速度時刻歴

４．固有振動解析

振動応答解析に先立ち、液体のみの固有振動解析を行った。図４にその固有振動モードと固有周期を示す。固有振動モードはポテンシャル値の比を示しており、正値と負値はそれぞれ、スロッシング波高の隆起（または沈降）部分と沈降（または隆起）部分を表現している。図４に示す１次固有振動モードと２次固有振動モードとは互いに直交したモードであり、固有周期は同じ 6.5 秒である。

また、固有周期は下式の理論解 [2] からも求められ、その値は 6.5 秒である。

$$Ts = 2\pi\sqrt{\frac{D}{3.68g}\cdot\coth\left(\frac{3.68H}{D}\right)}$$

ここで、Ts：固有周期、D：タンク直径、H：静止時水深、g：重力加速度である。

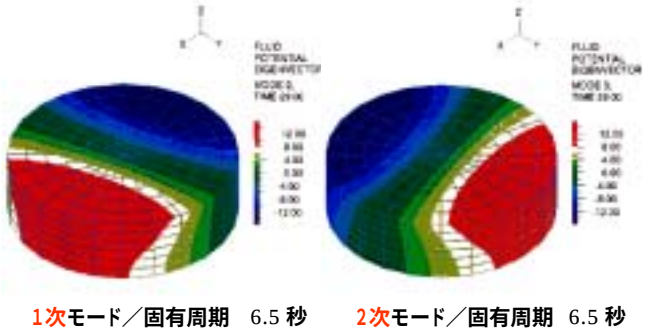


図 4 液体の固有振動モード

５．静的浮遊解析

浮き屋根を載せる前の水深は８mであるため、タンク底面位置の静水圧は 0.80kgf/cm² である。浮き屋根を載せた後の静水圧分布を図５に示す。浮き屋根を載せると、浮き屋根底面下の水が排斥され、その排斥された水は浮き屋根周囲の自由表面の水位上昇として現れる。そのため、図５によればタンク底面位置の水圧が、浮き屋根を載せる前の 0.80kgf/cm² から上昇して 0.8381 kgf/cm² の値を示している。

この静的浮遊解析の結果から、次式で表現できる現象が確認された。

$$Wu = \rho \cdot Au \cdot (Hu + Hf) \qquad (1)$$

$$Au \cdot Hu = Af \cdot Hf \qquad (2)$$

ここで、Wu：浮き屋根の重量、ρ：水の重量密度、Au：浮き屋根の面積、Af：自由水面の面積、Hu：浮き屋根の沈下変位、Hf：自由水面の上昇変位（Hu と Hf は浮き屋根を載せる前の水面位置からの変動量）である。式(1)は「浮き屋根重量」と「浮き屋根の水面下体積の水重量」とが等しいことを意味しており、式(2)は「浮き屋根の沈下体積」と「自由水面の上昇体積」とが等しいことを意味している。

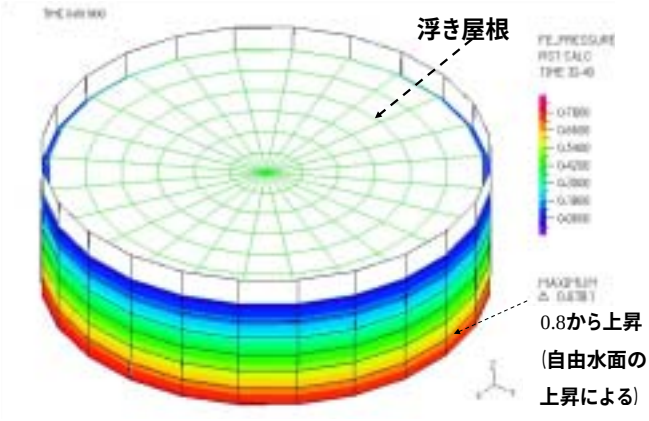


図 5　静水圧分布（静的浮遊解析）

６．SINE 波入力による応答解析

６．１　水面波形

SINE 波入力時の水面波形を、図６（浮き屋根なし時）および図７（浮き屋根あり時）に示す。図６では自由水面が高次振動成分でうねっている様子が見られるが、図７では水面波形が浮き屋根によりほぼ平らに保持されている様子が見える。すなわち、浮き屋根を載せることにより自由水面の複雑な動きが押さえられることがわかる。

６．２　水面波高

SINE 波入力時の水面波高の時刻歴を、図８（浮き屋根なし時）および図９（浮き屋根あり時）に示す。図９では、浮き屋根の静的浮遊解析において自由水面が約 12cm 上昇するため、図９の水面波高振動は、その 12cm 上昇静止位置を中立軸として振動している。

図８によれば time=32.5 秒（入力加速度＝100gal 時）において波高＝約 170cm であるが、図９によれば time=32.5 秒（入力加速度＝100gal 時）において波高＝約 20cm（＝振動中立軸値 12cm＋ピーク負値 8cm）である。すなわち、浮き屋根を載せることにより波高が押さえられることがわかる。なお、タンク壁が剛である浮き屋根なしの場合、波高の理論解 [2] が下式から約 158cm として得られ、上記の 170cm に近似した値であることが確かめられた。

$$\eta_{max} = \frac{2R}{g}\sum_{i=1}^{\infty}\frac{1}{(\varepsilon_i^2-1)}\left(\frac{\nu^2}{\nu^2-\omega_i^2}+1\right)\nu^2 D_z$$

ここで、R：タンク半径、g：重力加速度、εi：第 i 番目正根、ν：地動 SINE 入力波の振動数、ω：液体のスロッシング固有振動数、Dz：地動 SINE 変位振幅である。

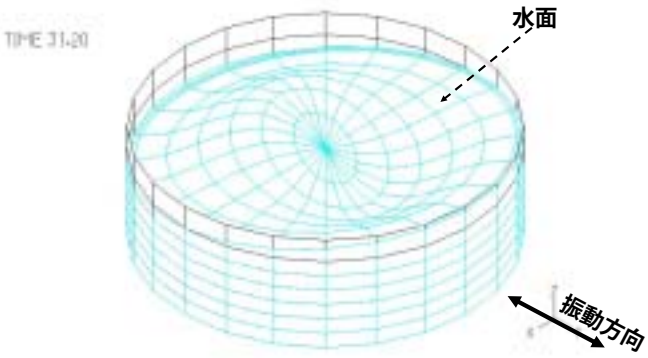


図６　水面波形（浮き屋根なし）

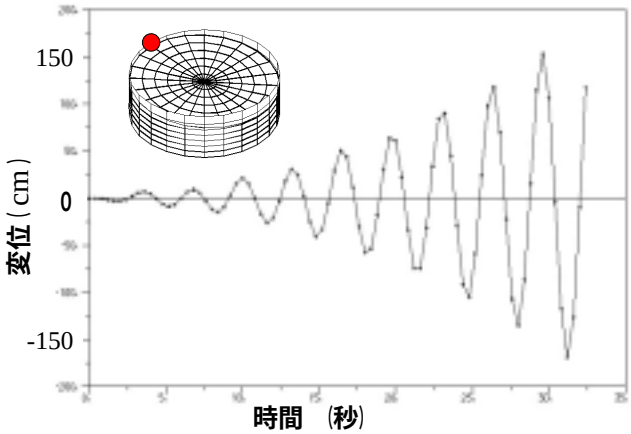


図８　水面波高の時刻歴（浮き屋根なし）

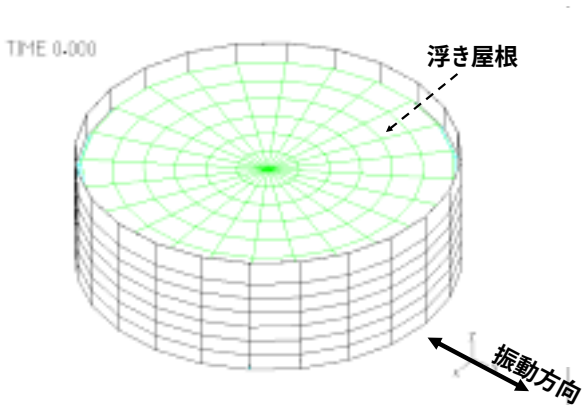


図７　水面波形（浮き屋根あり）

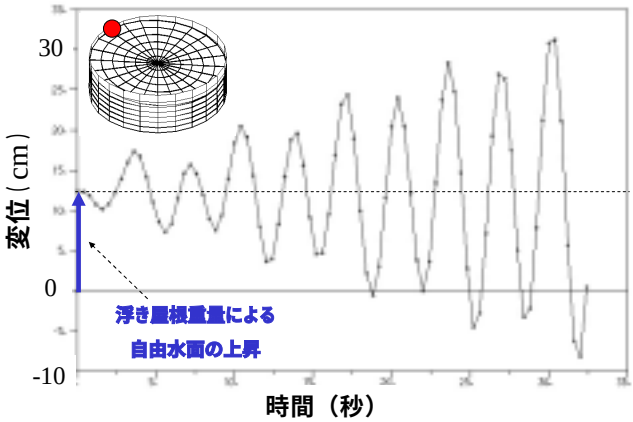


図９　水面波高の時刻歴（浮き屋根あり）

６．３　浮き屋根の応答

SINE 波入力時の浮き屋根の応答として、図 10 および図 11 にそれぞれ、浮き屋根上面の主応力分布（time=32 秒時）、および浮き屋根上面の振動方向曲げ応力の時刻歴を示す。図 10 によれば、この時刻においては、浮き屋根上面の負 Y 側半円には圧縮応力が、残りの正 Y 側半円には引張り応力が発生しているため、前者は下方に曲がり、後者は上方に曲がる比較的単純な変形であることがわかる。図 11 によれば、time=32 秒において応力＝約 16kgf/cm² である。この応力値は本計算事例で仮定した浮き屋根（図１）に対応する応答値であり、実際の浮き屋根構造ではこれとは異なる値が得られるはずである。

６．４　水圧

SINE 波入力時の水圧の応答として、図 12 に浮き屋根がある場合の水圧分布（time=32 秒時）を示す。図 12（およびその時間変動図：ここには示していない）によれば、波高の変動に伴って水圧も変動し、波高が上向きに振動する高い波高位置では上向きの慣性力のために底面水圧が低減し、これとは逆に、波高が下向きに振動する低い波高位置では下向きの慣性力のため底面水圧が増大する現象が見られた。

図 13 および図 14 に、底面から約 30cm 上方位置における、浮き屋根がない場合と、ある場合の、水圧時刻歴を示す。浮き屋根がない場合の time=32 秒における水圧変動値は 0.037kgf/cm²（＝初期静水圧 0.77－0.733）であり、浮き屋根がある場合の time=32 秒における水圧変動値は 0.04kgf/cm²（＝初期静水圧 0.788－0.748）である。両者の差異（約 10%差）は、波高の差異（約 90%差）ほど大きくはない。

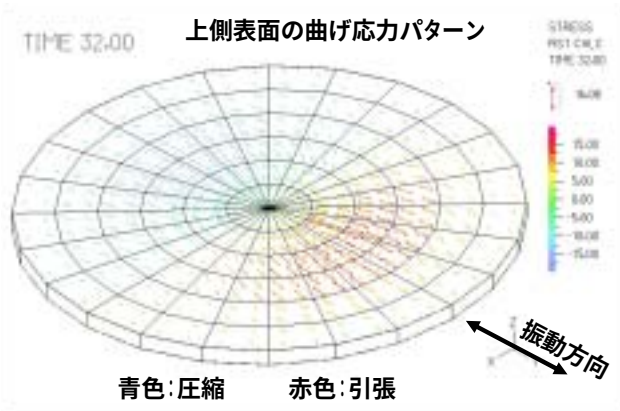


図 10　浮き屋根の主応力

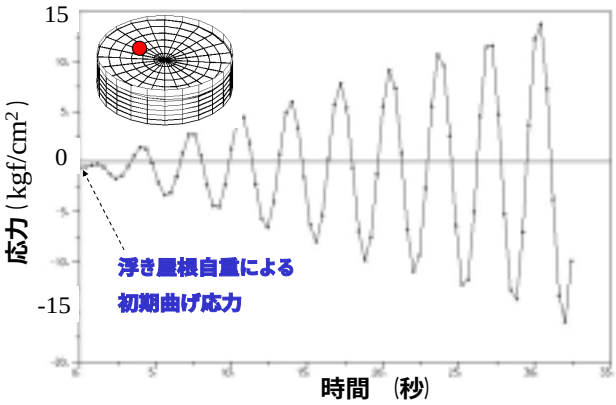


図 11　浮き屋根応力の時刻歴

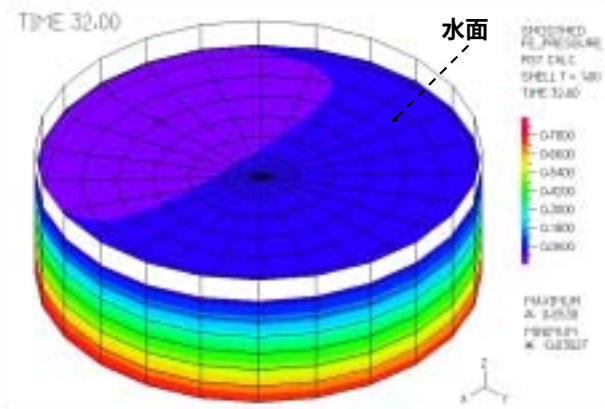


図 12　水圧分布（浮き屋根あり）

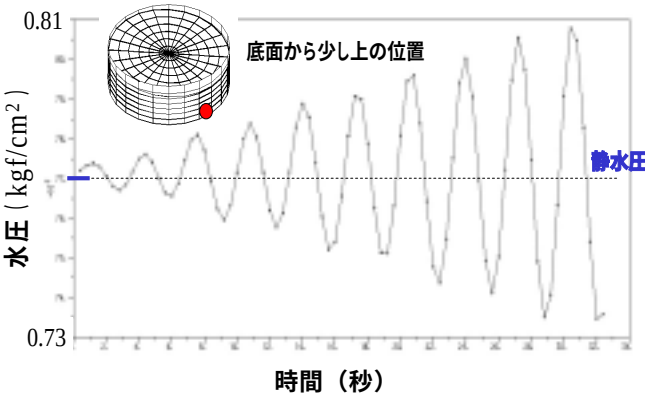


図 13　底面付近の水圧時刻歴（浮き屋根なし）

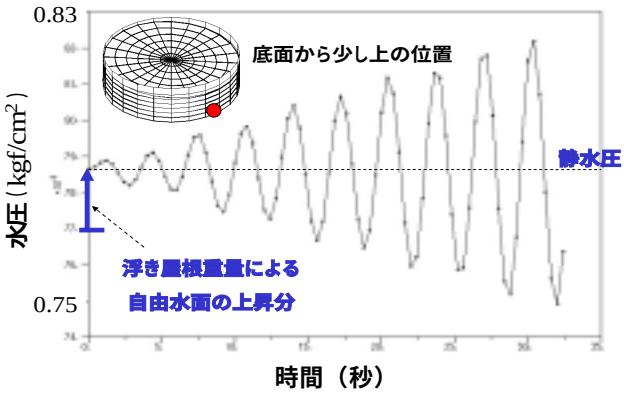


図 14　底面付近の水圧時刻歴（浮き屋根あり）

７．まとめ

浮き屋根を有する鋼製円筒タンクを対象として、タンク内液体（ポテンシャル要素）とタンク壁・浮き屋根（シェル要素）との相互作用を考慮した振動応答解析を行った。その解析結果より以下の知見が得られた。

１）タンク内液体のスロッシング固有振動数は、理論解とよく近似した値が得られた。

２）浮き屋根がない場合の応答波高は、理論解とよく近似した値が得られた。

３）浮き屋根がある場合の応答波高は、浮き屋根がない場合よりも小さく押さえられた。

４）浮き屋根がある場合の、波高、浮き屋根応力、水圧の各応答は、浮き屋根がない場合と比較して合理的な解であった。

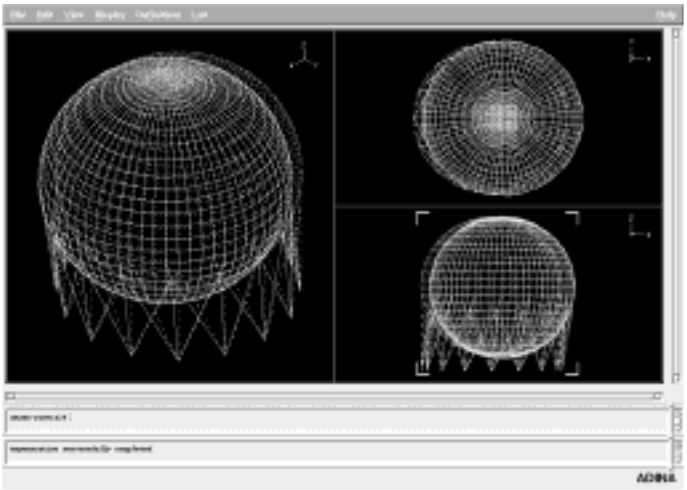
５）本解析で採用した流体-構造連成解析モデルは、浮き屋根を有するタンクの振動応答解析において有益な知見を与えることがわかった。

参考文献

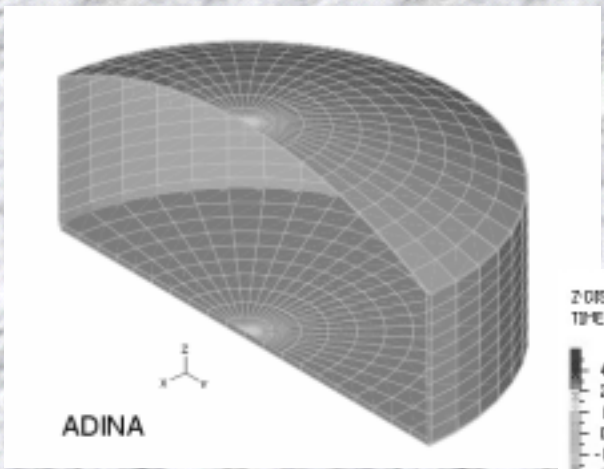
1) ADINA R&D,Inc.: ADINA Theory and Modeling Guide, Report ARD02-7, 2002

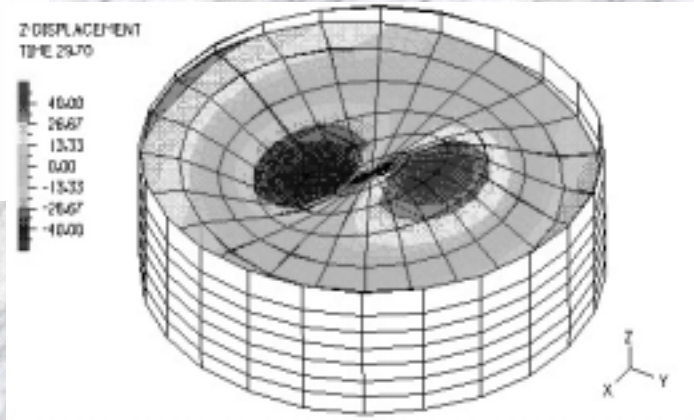
2) 曽我部潔、柴田碧：円筒液体貯槽の液面動揺の応答・第１報、生産研究、第 26 巻 3 号、1974

有限要素法による
解析コンサルティング



非線形有限要素法プログラム
ＡＤＩＮＡを用いた解析コンサルティングがご好評をいただいております。構造・地盤から熱流体まで、様々な問題を解決してきたノウハウにご期待ください。

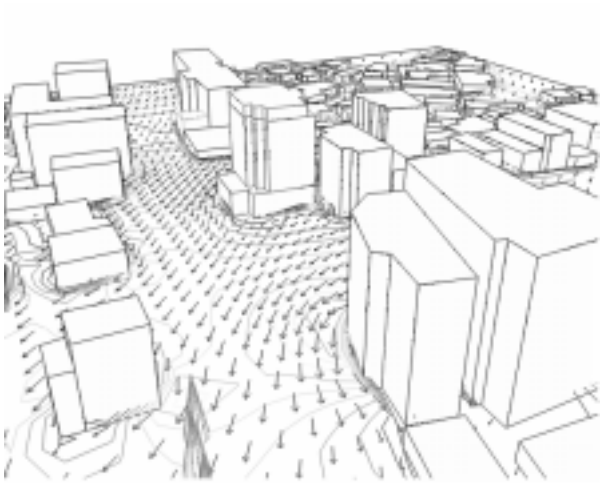




★ ADINAはADINA R&D,Inc.（米国）の登録商標です。

Wind-design

for Windows



■地図情報(bmpファイル) の読み込み可能

■2D or 3Dによる確認表示

■自動メッシュ分割機能

■GUI操作によるメッシュ範囲分割や追加・削除が可能

■簡単な計算条件設定および出力指定

■風環境評価機能による客観的評価が可能

AC-design

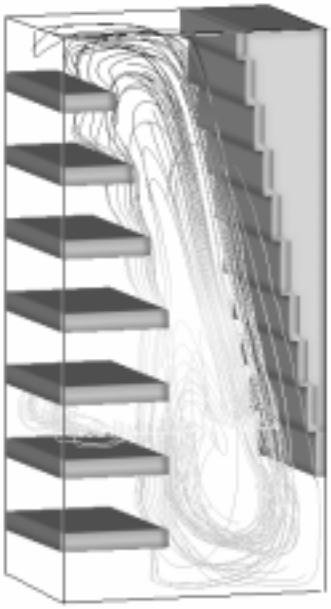
for Windows

■AutoCADをカスタマイズした容易な形状定義機能

■自動メッシュ分割機能

■高性能熱流体ソルバの搭載。流れと熱の連成計算や濃度拡散解析が可能

■豊富な可視化機能。ベクトル・コンタ等値面・マーカ粒子追跡・ストリームライン表示・アニメーション表示



水、空気、ガス拡散、地下浸透流・・・　流体解析コンサルもお任せ下さい

解析雑誌 Vol.13 読者アンケートのお願い

アテネオリンピックでは幾多の名勝負が見られた一方、様々なエピソードも伝えられていました。「王子サーブ」という新技を開発し、試合中は独特の発声で自分を鼓舞し相手をイラつかせた卓球の福原選手や、「ナンバ」と呼ばれる日本の古武術の動きを取り入れた短距離の末續選手など、歴史のある競技でも、拮抗する実力者達の中からわずかでも抜きん出ようと、既往の形に捉われない新しい工夫が取り入れられ続けている点に、勝敗やメダル獲得とは別の感銘を受けました。

今後の本誌が読者に皆様の新しい飛躍に繋がる有益なものとなりますよう、是非とも本ページ下のフォームにご意見･ご要望をご記入の上、下記番号まで FAX にてお送りください。e メールにて同内容をお送りいただいても結構です。ご協力をお願いします。

尚、本誌および弊社へのお問い合わせは右ページに記載の TEL、FAX、E メールで承っております。

お名前			
会社名			
電話番号		FAX **番号**	
E **メール**			

本誌の内容について全般的なご感想をお聞かせください	**□業務上参考になった　□業務とは直結しないが興味深かった** **□あまり面白くなかった　□主旨が理解できない** **□そのほか：**
特に興味深かった記事・報文があればお書きください	
今後の刊行についてご意見をお聞かせください	**□次号があるならまた読みたい　□次号はもっと高度な内容を** **□次号はもっと入門的な内容を　□次号以降には期待できない** **□定期刊行をのぞむ（年_____回程度）** **□そのほか：**
次号以降の内容に関してのご要望があればお聞かせください	**分野：□建築　□橋梁　□地盤　□地下構造　□上下水道　□河川** **□港湾　□環境　□地震防災　□そのほか（　　）** **テーマ：**
本誌と関連の深い ＫＫ解析ホームページについてお聞きします	**□前から見ていた　□本誌で知ってアクセスした　□まだ見ていない** **ホームページのご感想を一言：**
そのほか本誌あるいは業務内容などに関して、ご意見・ご要望・お問い合わせなどありましたらお書きください	

FAX　**０３－５３４２－１２３６　構造計画研究所「解析雑誌」編集担当行**

お問い合わせはこちらへ

本誌あるいは弊社の解析サービス･解析ソフトに関してのお問い合わせは下記までお願いいたします。

（株）構造計画研究所　エンジニアリング営業部

〒164－0011　中野区本町 4-38-13

TEL　03－5342－1136　　FAX　03－5342－1236

E メール：kaiseki@kke.co.jp

また、本誌と連携して情報発信を行っております、構造計画研究所解析関連部門のホームページにも是非お立寄りください。

URL : http://www4.kke.co.jp/kaiseki/

尚、構造計画研究所全社の URL は http://www.kke.co.jp/ です。

各地の営業所でもお問い合わせを承っております。

●西日本営業所　06-6243-4500　●中部営業所　052-222-8461

解析雑誌　*Journal of Analytical Engineering Vol.13 2004.9*

（株）構造計画研究所　エンジニアリング営業部　編集・発行

本誌は非売品です。本誌掲載記事・広告の無断転載を禁じます。

Windows は米国マイクロソフト社の登録商標です。

Journal of Analytical Engineering,
Vol.13, 2004.9
Kozo Keikaku Engineering, Inc.