

解析雑誌

Vol.19 2007.4

【 Topics 】

- 移動活荷重と構造物の動的相互作用解析
プログラム DALIA のご紹介
- パイルド・ラフト基礎の設計プログラムを開発

【 Technical Reports 】

- 鋼モルタル板を用いた座屈拘束ブレースの
有限要素法解析
- サブストラクチャー法を用いた移動体と構造物
の動的相互作用解析手法の開発
- 列車走行に伴う地盤振動への構造物補強の
影響 その1
- 列車走行に伴う地盤振動への構造物補強の
影響 その2

Journal of Analytical Engineering



【巻頭言】

「待つ」楽しみ

株式会社構造計画研究所 耐震技術部長 荒木 秀朗

桜が咲くと新しい年度のスタートを実感します。会計年度は多様になってまいりましたが、着慣れないスーツ姿を周囲で見かけるとリフレッシュした気分になります。皆様の職場におかれましても新しい部署ができたり、フレッシュな新入社員が配属されたり、周囲の環境が変わられた方もいらっしゃるのではないかと思います。

今年の新入社員に関する話題ですが、今年の新人は「デイトレーダー型」と評している新聞記事(毎日新聞 3/26 付)が目につきました。デイトレーダーとは1日に何度も株取引をして利益を追求する個人投資家のことを指しますが、今年の新人は「景気回復で久々の大量採用だったが、氷河期前と違い、細かい損得勘定で会社を物色している」という特色があり、そこがデイトレーダーとの共通点と言われる所以のようです。

また、「ネットを駆使した横のつながりによる情報交換が活発で早期転職が予想される」とも評されています。入社したばかりの時期に不謹慎な話題で申し訳ありませんが、確かに、あふれんばかりの情報に浸り、有用な情報をいち早く手中に収めていくような感じは当社の若手にも通じる場所があります。

情報が比較的簡単に手に入るようになってから、「待つ」という行為が時間的にも空間的にもどんどん小さく狭くなっていったような気がします。「待ち合わせ」、「電車待ち」、「空席待ち」など段々少なくなってきたと感じます。ネットを見れば、「何分で着くか」、「何時に来るか」、「空きはるか」など簡単に情報が入手できるようになりました。仕事においても、以前は大規模な構造解析をコンピュータで実行した時などは「待つ」という行為を強いられていましたが、コンピュータの新機種が出る度に、結果が出るのが「翌週」から「翌日」へ、「翌日」から「夕方」へ、「夕方」から「昼過ぎ」に、時間は短くなる一方です。「待つ」時間には流したデータをチェックしたり、これからの予定を確認したり、「考える」という有益な時間を与えてくれたような気がします。

コンピュータの速さについては、インテルの創業者ゴードン・ムーアが唱えた「ムーアの法則」というのがあり、マイクロプロセッサの価格性能比は18～24ヶ月ごとに2倍になる傾向にあるそうです。まだまだ速くなりそうです。このままだとコーヒーを一口飲む余裕さえ与えられなくなるかも知れないと今から気が滅入ってしまっています。

できれば、これから社会で活躍される方々には、「待つ」楽しみを感じていただき、仕事の相性や人間関係の相性に「結論」を急いで求めず、周囲の時間の流れではなく、自分の時間の流れの中でじっくりと「結論」を見据えていただければと願う次第です。

Vol. 19の「解析雑誌」を発刊させていただきましたが、この雑誌でお伝えする内容は、最新で有用な情報をいち早く皆様にお届けすることを身上としております。「ムーア時間」に遅れを取らないように取り組んでまいりますので、今後ともよろしくお付き合いいただきますようお願い申し上げます。

解析雑誌 Vol.19 2007.4 目次

【巻頭言】 「待つ」楽しみ 耐震技術部 部長 荒木 秀朗 02

Topic 1 移動活荷重と構造物の動的相互作用解析プログラム DALIA のご紹介 05

Topic 2 パイルド・ラフト基礎の設計プログラムを開発 07

Technical Report 1

■ 鋼モルタル板を用いた座屈拘束ブレースの有限要素法解析 09

川上 誠、和泉田 洋次、岩田 衛

Technical Report 2

■ サブストラクチャー法を用いた移動体と構造物の動的相互作用解析手法の開発 11

矢部 明人

Technical Report 3

■ 列車走行に伴う地盤振動の構造物補強への影響 その1 13

岩田 直泰、横山 秀史、芦谷 公稔、庄司 正弘、西村 忠典

Technical Report 4

■ 列車走行に伴う地盤振動の構造物補強への影響 その2 15

岩田 直泰、横山 秀史、芦谷 公稔、庄司 正弘、西村 忠典

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/>

‘KKE’は弊社（株）構造計画研究所の略称です。

活荷重と構造物の動的相互作用解析プログラム

DALIA

ver 1.00

(ダリア・仮称)

Dynamic interaction Analysis program for Live Load and Any structure

乗り心地性能評価用

2007年3月レンタル開始

車両側デバイスの性能評価用

運行計画

車両側振動

速度依存性

走行振動シミュレーション DALIA

橋梁振動メカニズム

繰り返し応力

環境振動(騒音)問題

繰り返し活荷重による疲労問題

振動抑制デバイス設置計画

モニタリングセンサー設置計画

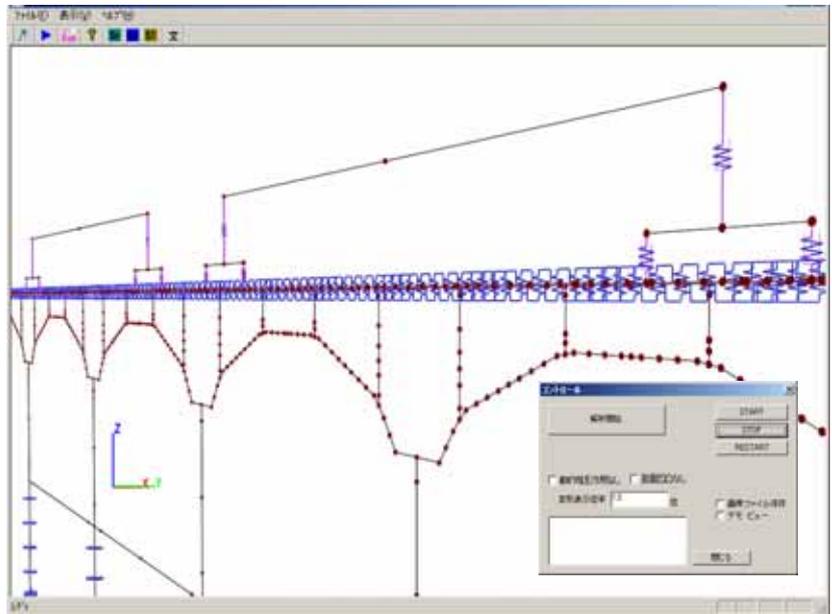
※本プログラムは応答履歴のみ出力します。評価分析には別途プログラム等が必要です。

☆CSV形式でのテキストデータ書式 各種表計算ソフトが利用可能

☆入力したデータをすぐに確認

3D部材表示機能搭載

スペック	
バネ	2自由度間バネ
ビーム	材端バネビーム
板曲げ	ミッドリン・ライクナー-8点厚板要素
ソリッド	8点1次立体要素
ダンパー	2自由度間ダンパー
節点数	10000
要素数	10000
構造減衰	レーリー減衰
計算方法	サブストラクチャー法
応答計算方法	ニューマークベータ法による直接積分
固有値解析手法	サブスペース法
データ書式	CSVフォーマット書式
出力	節点: 加速度、変位履歴 要素: バネ、ビーム断面力履歴 その他、固有モード図、応答変位図(BMP)



レンタル価格 (現在の機能のみ)

(予定)

4ヶ月	50万円
1年	100万円

車両情報、軌道狂い等の情報はプログラムに含まれていません

製品・運用環境

製品 プログラム・マニュアル一式をメール及び、専用ダウンロードサイトより配布

運用環境 機種: IBM PC/AT互換機

OS: Windows 2000, Xp

CPU: Pentium 以上推奨 (OpenGL対応グラフィックカードが必要です)

価格 価格表を参照

取り扱い元: (株)構造計画研究所 〒164-0011 東京都中野区中央4-5-3 耐震技術部 構造保全技術室
 電話: 03-5342-1138 FAX: 03-5342-1236

【新商品ご紹介】

移動活荷重と構造物の動的相互作用解析プログラム

DALIA (ダリア)

DYNAMIC INTERACTION ANALYSIS PROGRAM FOR LIVE LOAD AND ANY STRUCTURE

2007年3月レンタル開始

DALIA は、車両-構造物の動的相互作用を考慮した移動荷重を伴う時刻歴動的応答解析プログラムです。近年、橋梁や高架橋の耐久性の向上を図る上で、交通振動による構造物及び周辺環境への影響軽減のための対策が求められています。

DALIA は、このような様々な交通振動問題に対して、比較的容易に振動予測シミュレーションを行うためのプログラムです。

◆ 機能概要

● 解析手法

地盤-構造物連成系問題で広く用いられているサブストラクチャー法を採用しています。

サブストラクチャー法とは、列車系と構造系とを分離して、各々の系を別の運動方程式で定式化します。列車系と構造系とは適合条件を元に、自由度間の外力と強制変位加振で連結され、各々の系に対する相互作用として計算させる方法です。

サブストラクチャー法による最大の利点は、特殊な場合を除き、扱うマトリックスの性質が対称の正定マトリックスであり、各種の実績のあるマトリックスソルバーを活用することができます。

※ 解析手法の詳細については、P.11の掲載論文「サブストラクチャー法を用いた移動体と構造物の動的相互作用解析手法の開発」をご覧ください。

● 解析機能

機能項目	適用	備考	
解析機能	初期状態作成	動的応答解析前の状態の作成	自重等による初期釣り合い状態を作成
	固有値解析	・リダクション ・ヤコビ法 ・サブスペース法	質量のある自由度数が300以下の場合はヤコビ法 それ以上ではサブスペース法
	動的解析	・直接積分法	サブストラクチャー1では加振力入力解析、サブストラクチャー2では多点強制変位加振解析

● 要素種別

バネ	2自由度間バネ
ビーム	材端バネビーム
板曲げ	ミンドリソ・ライスナー8点厚板要素
ソリッド	8点1次立体要素
ダンパー	2自由度間ダンパー
節点数	10000
要素数	10000

● 入力機能

- ・入力データ書式 : テキストデータ書式(CSV形式)
- ※ 車両情報、軌道狂い等の情報はプログラムに含まれていません。

● 出力機能

- ・節点 : 加速度、変位時刻歴
- ・要素 : バネ、ビーム断面力履歴
- ・その他 : 固有モード図、応答変位図 (BMP形式)

● 表示機能

マウス操作による3次元ウォークスルー表示システム搭載により、入力したデータを簡単に確認することができます。

解析中にリアルタイムに変形の様子を確認することができます。

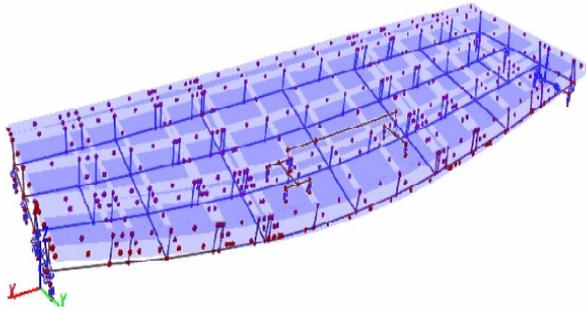


図-1 変形図

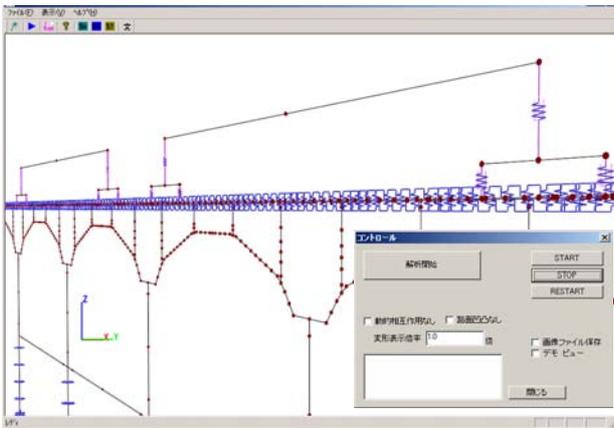


図-2 解析実行画面

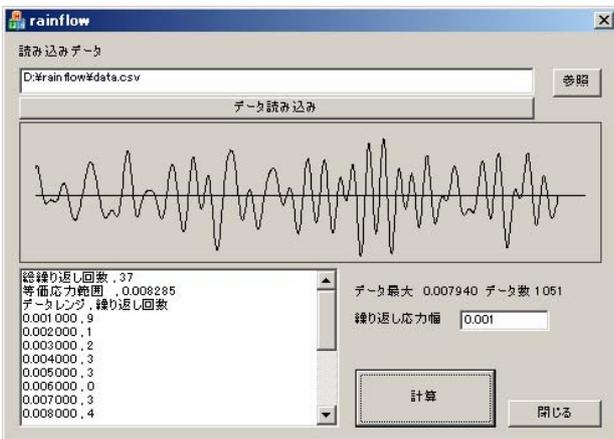


図-3 出力画面図

◆ 評価例

- 列車走行時における安全性評価
- 列車走行時における乗り心地評価
- 列車走行時の運行計画
- 環境振動問題
- 繰り返し活荷重による疲労問題
- 振動抑制デバイス設置計画
- モニタリングセンサー設置計画

※ 本プログラムは応答履歴のみ出力します。評価分析には別途プログラム等が必要になります。

◆ レンタル価格

期間	価格(税別)
4ヶ月	50万円
1年	100万円

※ 現時点での販売は行っておりません。レンタルのみとなります。

◆ 動作環境

- 対応機種 : IBM PC/AT 互換機
- 対応 OS : Microsoft Windows 2000、XP
- CPU : Pentium III 以上推奨
 - ※ OpenGL 対応グラフィックカードが必要です。
- 必要メモリ : システムが使用する以外に 64MB 以上推奨
- HD : 1 ケースあたり 100MB 以上推奨
- マウス : マウスホイールを有するマウス
- その他
 - ・入力データを作成するために、テキストエディターもしくは、Microsoft Excel 等の表計算ソフトが必要です。
 - ・USB ポートにセキュリティデバイスの接続が必要です。

◆ 受託解析

評価例に記載した内容等について DALIA を用いた受託解析によるコンサルティングサービスを行っております。

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

※ 記載内容は 2007 年 4 月時点のものです。システムの内容、機能、価格等については、予告なく変更することがあります。

【お知らせ】

パイルド・ラフト基礎の設計プログラムを開発

大型土槽を使用した検証実験でも効果を確認

戸田建設(株)
(株)構造計画研究所
五洋建設(株)
鉄建建設(株)
東急建設(株)
飛島建設(株)

戸田建設(株)、(株)構造計画研究所をはじめとする6社は、パイルド・ラフト基礎に関する実用的な解析プログラム(解析コード hy-PR「ハイパー」: Application program using a hybrid method for Piled Raft foundations)を共同開発しました。さらに、大型土槽を使用した検証実験によって、パイルド・ラフト基礎による相互作用効果や沈下低減効果を確認しました。その結果、これらを用いて、より実用的なパイルド・ラフト基礎の設計が行うことが可能となりました。

開発にあたっては、室蘭工業大学建設システム工学科土屋勉教授に全般にわたって指導をいただきました。また検証実験は、独立行政法人建築研究所との共同研究の一環として、同研究所の基礎・地盤実験棟の実験施設で行いました。

【パイルド・ラフト基礎の概要】

パイルド・ラフト基礎は、直接基礎(ラフト=基礎スラブ)と杭基礎(パイル)を併用して建物を支持する新しい基礎工法であり、一般的に支持力はラフトで確保し、杭は沈下低減の目的で使用します。直接基礎と比較して、全沈下量や不同沈下量を低減できる他、支持杭基礎に比べて杭の負担荷重が小さいため、必要な性能を確保した上で杭の仕様(杭径、杭長、杭本数など)を合理化でき、基礎工事費の削減が可能であるため、急速に実績を増やしつつあります。

適用される建物の規模について、一般的には荷重の小さい中低層建物で採用されることが多いが、最近では、逆打ち工法による超高層建物の逆打ち支持杭に荷重を分担させ、耐圧版や基礎梁の合理化を図るなど、適用範囲が拡大しています。また、適用範囲の拡大にともなって、設計の際には、沈下特性の評価だけでなく耐震設計の必要性も高まってきており、更なる研究が進められています。基礎工事における杭や耐圧スラブなどの合理化は、杭材料や搬出土砂の削減につながるため、環境負荷の低減効果も期待できます。

【設計プログラムの特徴】

今回開発した解析プログラムの特徴は、以下のとおりです。

- ・解析手法は、弾性理論解と有限要素法による解析を組み合わせたハイブリッド(混合)法を採用しています。この方法により、精度の高い解を短い計算時間で得ることができます。
- ・表形式の入力により、一般の建築構造設計者であっても入力データが容易に作成可能です。断面の入力は、ラフト、基礎梁、杭など、構造設計に対応した形式で行います。モデルデータおよび計算結果は、表計算ソフトで扱えるデータ形式で入出力が可能であり、市販の構造設計プログラムとデータのやりとりが可能です。

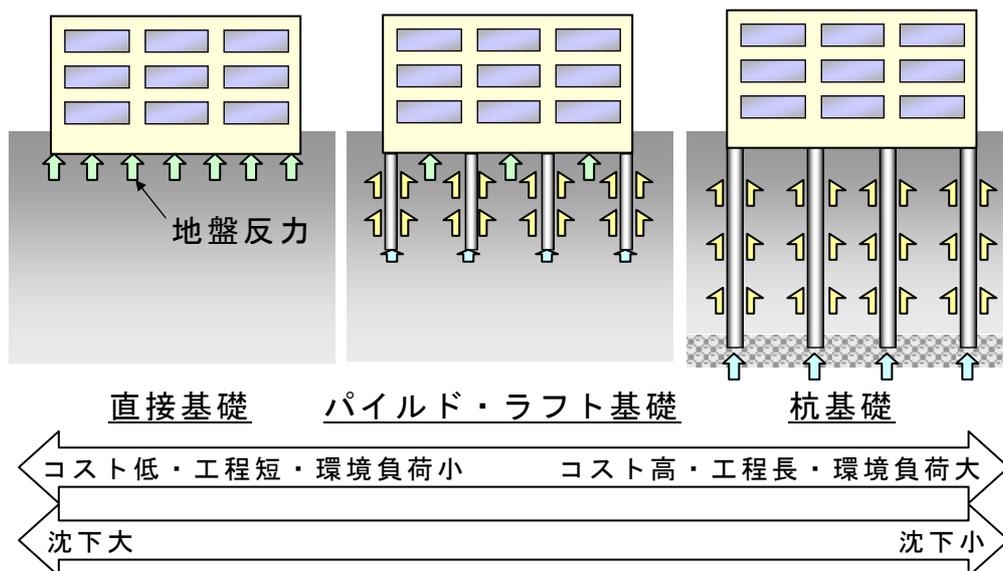
- ・直線で囲まれた任意の平面形状の解析が可能であり、複雑な形状の建物にも対応できます。また、入力定数は、簡易なメニュー形式での選択に加え、設計者の高度な判断による直接入力も可能です。さらに、(計算時間および精度に関わる)地盤、杭、ラフトの分割数を任意に決められますので、概算から詳細解析まで設計段階に対応した解析が可能です。
- ・建物重量による常時の沈下量、部材応力の解析に加え、地震によって加わる水平力による変形、応力を同時に解析することが可能です。さらに、地下階の床荷重と耐圧版の自重を分離するなど、より実際の状況に近い荷重条件を再現できます。

さらに、以下のような機能の追加も予定しています。

- ・ラフト下や杭に取り付く地盤ばねを集約して評価することで、計算精度を確保しながら短時間で多数のケースを解析可能とする。
- ・地盤および構造物の非線形性、あるいは地層構成の傾斜を考慮した、より実際の挙動に近い解析を行う。
- ・地震時の杭の被害を低減するために開発が進められている、杭頭半剛接合工法に対応したモデル化を行う。

【検証実験の概要】

一方、大型土槽を用いた検証実験では、砂質土地盤と粘性土地盤の2タイプの地盤に対し、開発プログラムの理論的な裏づけとなる種々の相互作用効果について検証し、プログラム構築に有用な多くのデータを蓄積するとともに、パイルド・ラフト基礎の基本的特性や直接基礎との比較実験でパイルド・ラフト基礎の沈下低減効果を確認しました。さらに、圧密地盤での直接基礎との比較実験や地震時の動的挙動を解明するための振動台実験など、これまで事例の少ない特徴ある実験も実施し、種々の条件でのパイルド・ラフト基礎の有用性を検証しました。



鋼モルタル板を用いた座屈拘束ブレースの有限要素法解析

川上 誠¹⁾・和泉田 洋次²⁾・岩田 衛²⁾

1) 株式会社構造計画研究所 耐震技術部

2) 神奈川大学 工学部建築学科

1. はじめに

座屈拘束ブレースとは、軸方向力を伝達するブレース（芯材）が座屈しないように、芯材周りを拘束材で補剛した構造部材である。筆者らは拘束材として鋼モルタル板を用いた座屈拘束ブレースの有効性に着目し、数多くの実験的研究を行ってきた¹⁾²⁾。

座屈拘束ブレースの設計においては、拘束効果を表わす指標として P_E/P_y (P_E : 拘束材のオイラー座屈荷重、 P_y : 芯材の降伏耐力)の値が 1.0 以上であれば、1.0%軸歪（層間変形角 1/100 相当）まで安定した復元力特性を示すとされている。これは既往の研究¹⁾により実験的に確認されているが、解析的な研究は極めて少ない。また、座屈拘束ブレースの芯材には、高次の座屈変形が発生する場合があることも確認されているが²⁾、その発生過程や復元力特性との関係については、実験的にも解析的にも解明されていない。

本報では、既往の研究結果¹⁾²⁾を踏まえ、芯材寸法 PL-16×176mm（全長 2351mm）の座屈拘束ブレースを対象として行った有限要素法解析について報告する。解析には非線形構造解析プログラム ADINA (ver.7.4) を適用した。

2. 解析手法

2.1 解析モデル

- ① 図 1 に示すように座屈拘束ブレース全体をモデル化し、表 1 に示す異なる P_E/P_y 値による比較検討を行った（たとえば解析モデル名 F-09 は $P_E/P_y=0.9$ を表現している）。
- ② 各部材の有限要素は、図 1b)および表 2 に示すように、芯材および溝形鋼をシェル要素で、モルタルおよび丸鋼を 3次元ソリッド要素でモデル化した。
- ③ 境界条件は、加力点側をローラー条件(軸方向変位のみ自由)、下部支持側を完全固定条件とした。
- ④ アンボンド材の効果として、芯材と拘束材モルタルとが接する各表面に接触計算モデルを適用した。この接触計算モデルにより、接触表面の法線方向の圧縮側は力を伝えるが引張側は剥離して力を伝えず、また接線方向には摩擦なしで滑る、という現象を計算できる。
- ⑤ ブレースの初期不整として、芯材中央部が曲げ方向(図 1の Z 方向)に約 $L/1000(L=2351\text{mm})$ 変形するように、芯材中央部に微小な面外荷重を与えた。

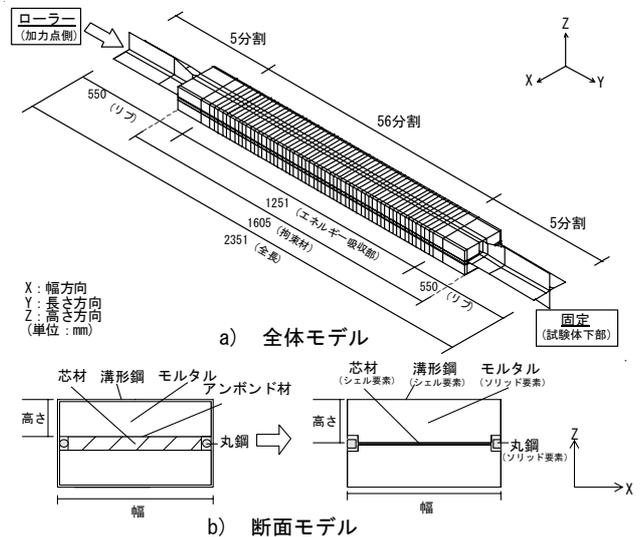


図 1 有限要素モデル

表 1 計算ケースの諸元

解析モデル	芯材			拘束材			P_E/P_y
	寸法 mm	幅厚比	P_y kN	幅 mm	高さ mm	P_E kN	
F-31	PL-16 × 176	11.0	779.8	203.2	50	2378	3.1
F-16					35	1208	1.6
F-11					27	819	1.1
F-09					25	663	0.9
F-07					23	536	0.7
F-05					20	426	0.5
F-00					—	—	—

P_E : オイラー座屈荷重を試験体全長(2351mm)で求めた数値 —: 拘束材無し

表 2 材料特性

材料	芯材		拘束材		
	エネルギー吸収部	リブ	モルタル	溝形鋼	丸鋼
性質	弾塑性	弾塑性	弾塑性	弾塑性	弾塑性
E (kN/mm ²)	205	205	14.7	205	205
E_T (kN/mm ²)	1.95	1.95	6.92	1.95	1.95
σ_y (N/mm ²)	276.9	235	16.17	235	235
ν	0.3	0.3	0.15	0.3	0.3
ρ ($\times 10^{-6}$ kg/mm ³)	7.86	7.86	2.30	7.86	7.86
要素	シェル	シェル	ソリッド	シェル	ソリッド

E: ヤング係数 E_T : 第2剛性 σ_y : 降伏応力度 ν : ポアソン比 ρ : 質量密度

- ⑥ 荷重は、変位制御により 3.0%軸歪(層間変形角 1/33 相当)まで圧縮方向に負荷した。
- ⑦ 変形後の位置における平衡を解く大変形理論を適用した静的増分解析を行った。

2.2 材料特性

材料特性は、表 2 に示すようにバリニア型応力歪み関係による弾塑性モデル (Mises 降伏条件) を適用した。

表 3 最大耐力と耐力低下時の歪

解析モデル	最大耐力 (kN)	耐力低下
F-31	995	—
F-16	987	—
F-11	895	1.6%歪
F-09	852	1.0%歪
F-07	828	0.6%歪
F-05	770	0.2%歪
F-00	291	$2\varepsilon_y/3$

—：耐力低下を示さなかった

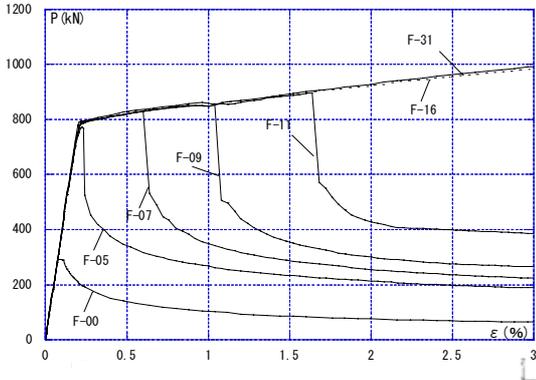


図 2 軸力と軸歪の関係



図 3 ブレース全体の座屈変形 (全ケース)

- ① 芯材の物性値は、鋼材引張試験の結果より決定した。
- ② モルタルは、簡略的に弾塑性モデルを適用した。その降伏応力度は、文献 3)の数値を参考にし、モルタルの圧縮試験から得られた圧縮強度の 3/10 とした。
- ③ 溝型鋼と丸鋼の物性値は、製品の基準値を適用した。

3. 解析結果および考察

3.1 P_E/P_y 値と耐力低下との関係

解析結果を表 3 および図 2 に示す。拘束効果の最も大きい F-31 および F-16 は 3.0%歪(層間変形角 1/33 相当)まで耐力低下を示さなかった。これらよりも拘束効果が小さい F-11 および F-09 は、それぞれ 1.6%歪(層間変形角 1/67 相当)および 1.0%歪(層間変形角 1/100 相当)において耐力低下を示した。さらに拘束効果の小さい F-07 および F-05 は、それぞれ 0.6%歪(層間変形角 1/167 相当)および降伏軸力 (770kN) に達した付近で耐力低下を示した。また拘束材の無い F-00 は、降伏軸力の約 2/3 の弾性歪みレベルにおいて耐力低下を示した。

以上の結果より、芯材寸法が PL-16×176mm の座屈拘束ブレースを、1.0%歪(層間変形角 1/100 相当)まで耐力を保持させるためには P_E/P_y 値が 0.9 を、3.0%歪(層間変形角 1/33 相当)まで耐力を保持させるためには P_E/P_y 値が 1.6 を最低限満たせばよいことが確認できた。

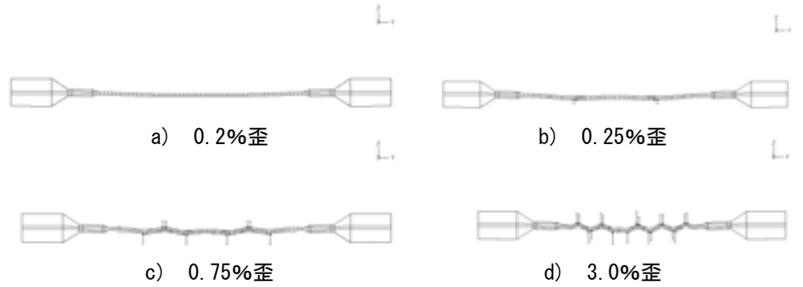


図 4 芯材の座屈変形と接触反力 (F-31 の場合)

3.2 座屈変形

座屈拘束ブレース全体の変形は、全ての計算ケースにおいて最大歪み 3.0%まで、図 3 のような 1 次の座屈変形を示した。芯材の変形は、拘束効果が比較的小さく耐力低下を示した F-00 から F-11 では、1 次の座屈変形を示し、高次の座屈変形は最大歪み 3.0%まで現れなかった。一方、拘束効果が大きく耐力低下を示さなかった F-16 と F-31 では図 4 に示すように、0.2%歪までは 1 次の座屈変形を示すが、0.25%歪において座屈変形の波数が増え始め、0.75%~3.0%と歪が増大するに従って、高次の座屈変形へと発展した。図 4 によれば、この高次の座屈変形は、芯材とモルタル材との接触反力位置が曲げ変形波形の頂点となるように発生していることがわかる。

4. まとめ

座屈拘束ブレースの有限要素法解析により以下の知見を得た。

- (1) 1.0%歪(層間変形角 1/100 相当)まで耐力を保持するためには、拘束指標として $P_E/P_y=0.9$ を満たせばよい。
- (2) 3.0%歪(層間変形角 1/33 相当)まで耐力を保持するためには、拘束指標として $P_E/P_y=1.6$ を満たせばよい。
- (3) 3.0%歪まで耐力を保持する $P_E/P_y=1.6$ 以上では、1 次の座屈変形が発生した後、芯材と拘束材との接触位置が徐々に増大することにより、高次の座屈変形に発展する。
- (4) 軸力軸歪関係の計算値は実験値を再現できることが別途確認されており、有限要素法は座屈拘束ブレースの挙動を高次の座屈変形に至るまで詳細に解析できる有効な手段であることが確認された。

参考文献

- 1) 小林史典、村井正敏、和泉田洋次、岩田衛：鋼モルタル板を用いた座屈拘束ブレースの実験的研究 その 2 製作簡易化と芯材幅厚比の変化、日本建築学会構造系論文集 NO.586 P187-193 2004 年 12 月
- 2) 岩田衛、村瀬亮、和泉田洋次、村井正敏：鋼モルタル板を用いた座屈拘束ブレースの実験的研究 その 3 芯材の座屈挙動、日本建築学会構造系論文集 NO.611 P133-139 2007 年 1 月
- 3) 佐伯英一朗、若松浩一、和田章：有限要素法によるアンボンドブレースの弾塑性挙動解析と実験結果との比較、日本建築学会構造系論文集 NO.484 P111-120 1996 年 6 月

サブストラクチャー法を用いた移動体と構造物の動的相互作用解析手法の開発

(株)構造計画研究所 耐震技術部 構造保全技術室 矢部 明人

1. はじめに

車両,列車,人といった移動を伴う物体が構造物に力学的作用を及ぼす場合,その作用は,荷重ベクトルとしてモデル化し,そのベクトル移動によって構造物の応答をシミュレーションすることが一般的に行われている。

一方で,列車の高速化,構造物の長大化などの影響で,それら移動物体と構造物との相互作用を無視できないケースも少なからず存在し,様々な研究成果を背景にその応用が進んでいる。

本研究は,古くから地盤-構造物連成系問題で用いられているサブストラクチャー法を,移動物体と構造物の動的相互作用問題へ応用し,その特性について考察したものである。

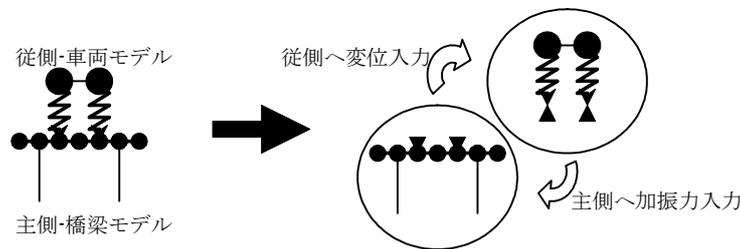


図-1 サブストラクチャー法の概念図

2. モデル化および解析手法について

サブストラクチャー法適用にあたり,構造物を主側 (メインストラクチャー),車両等の移動物体を従側 (サブストラクチャー) とする。

メインストラクチャー側では,通常の加振力による運動方程式で定式する。(①) また,サブストラクチャー側では,拘束自由度への強制変位入力による運動方程式で定式化を行う。(②)

$$\begin{bmatrix} M_{ff} & M_{fg} \\ sym & M_{gg} \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} \ddot{u}_f^t \\ \ddot{u}_g^t \end{Bmatrix} + \begin{bmatrix} C_{ff} & C_{fg} \\ sym & C_{gg} \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} \dot{u}_f^t \\ \dot{u}_g^t \end{Bmatrix} + \begin{bmatrix} K_{ff} & K_{fg} \\ sym & K_{gg} \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} u_f^t \\ u_g^t \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} F^t \\ R_g^t \end{Bmatrix} \dots \textcircled{1}$$

$$\begin{bmatrix} M_{ff} & M_{fg} \\ sym & M_{gg} \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} \ddot{u}_f^t \\ \ddot{u}_g^t \end{Bmatrix} + \begin{bmatrix} C_{ff} & C_{fg} \\ sym & C_{gg} \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} \dot{u}_f^t \\ \dot{u}_g^t \end{Bmatrix} + \begin{bmatrix} K_{ff} & K_{fg} \\ sym & K_{gg} \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} u_f^t \\ u_g^t \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} 0 \\ R_g^t \end{Bmatrix} \dots \textcircled{2}$$

$\ddot{u}_f^t, \dot{u}_f^t, u_f^t$: 非拘束自由度の加速度,速度,変位

$\ddot{u}_g^t, \dot{u}_g^t, u_g^t$: 拘束自由度の加速度,速度,変位

F^t : 動的作用荷重ベクトル (加振力)

R_g^t : 拘束自由度に発生する支持反力

物体移動を有する動的相互作用問題を解くにあたり,式①②に示すように,サブストラクチャー法では,取り扱うマトリックスは対称形のみであり,既存の多くのマトリックス解法を幅広く適用が可能である。

キーワード 動的相互作用, 移動荷重, サブストラクチャー

連絡先 〒164-0011 東京都中野区中央4丁目5番3号

(株)構造計画研究所 TEL03-5342-1138

3. 移動のモデル化

メインストラクチャーは,サブストラクチャー (②) を解いて得られた支持力 R_g を所定の場所に荷重ベクトル F_t として作用させ, 1 Step の応答計算を (①) を使って行う. 次に,メインストラクチャー (①) を解いて得られた応答変位から,サブストラクチャー結合予定位置の変位 u_g を計算し,(②)を解く.これら一連の応答ステップを繰り返すことによって,時々刻々の物体の移動と動的相互作用をモデル化する.

4. 考察

サブストラクチャー法による物体移動を伴う動的相互作用解法は,一般的な非対称マトリックスを利用する解法よりも計算速度,計算機リソースの面で大変有利である.また,既存の計算ライブラリーを利用できるため,日常使われているパーソナルコンピュータレベルのスペックで計算環境としては十分である.以下に,本計算手法を用いた計算事例とその処理速度等を示す.

表 1 計算規模と計算時間

計算自由度	規模	計算条件	計算時間
約 300 自由度	単純梁レベル	10 秒 1/100 秒刻み	約 10 秒
約 5000 自由度	線材多径間高架橋レベル	10 秒 1/100 秒刻み	約 15 分
約 5000 自由度	スラブ桁付複数径間高架橋	10 秒 1/100 秒刻み	約 40 分
約 30000 自由度	PC 梁フルソリッドレベル	10 秒 1/100 秒刻み	約 180 分

※CPU クロック...1.5GHz 物理メモリ 1.0GB

5. 課題

サブストラクチャー法では各ストラクチャーごとの釣り合いは担保されるものの,全体系での釣り合いは厳密には担保されない.また,計算刻みにおいても粗い場合には解への影響が現れることがある.

現在なお,実測比較他解の安定性,信頼性に対して実績積み上げを行っている.

6. 今後の開発

サブストラクチャー法ではメイン,サブの 2 ストラクチャーのみに適応できる手法ではない.多重階層 (マルチサブストラクチャー) 構造を有する相互作用問題への応用や,各ストラクチャーにおいて非線形を取り入れた手法の開発を進める予定である.

列車走行に伴う地盤振動への構造物補強の影響 その1

キーワード：地盤振動、構造物補強、動的解析

(財) 鉄道総合技術研究所 岩田直泰
 (財) 鉄道総合技術研究所 横山秀史
 (財) 鉄道総合技術研究所 芦谷公稔
 (株) 構造計画研究所 庄司正弘
 (株) 構造計画研究所 西村忠典

1. はじめに

現在、列車走行時の地盤振動対策は、車両軽量化や軌道の低ばね化等、主に車両や軌道において実施されており、追加対策が必要な場合、振動遮断工などの地盤対策が実施される場合もある。これらの対策については、既かなりの知見が集積されており、防振効果の見積りもある程度可能となっているが、高架橋等の構造物での振動低減対策については、経済性の問題や耐震性等への影響など考慮すべき問題点も多いことから、道路交通振動などの分野も含め、これまであまり検討がなされてこなかった。しかし、場合によっては、構造物改良等も視野に入れた検討が必要となる場合も考えられる。本論では、コンクリート巻き付けによる橋脚の剛性増加施工を行った現地試験をモデルケースとして、2次元および3次元の動的解析を行い、モデル化手法および構造物改良による地盤振動対策工法についての基礎的検討を行う。

2. 現地試験の概要および測定結果

地盤振動特性の変化を把握することを目的に、コンクリート巻き付けによる橋脚の剛性増加施工を、標準的な新幹線ラーメン高架橋区間において試験的に行った。ここでは、8本の高架橋柱の断面を900mm×900mmから1200mm×1200mmに増加している。軌道条件は、有床軌道(バラストマットあり、弾性まくらぎなし)であり、構造物条件は、スパン8mの3径間1層ラーメン高架橋(図1)である。地盤条件は、沖積地盤であり表層と基盤のコントラストが比較的強い箇所である(図2)。測定点は、地盤上3点(振動レベル計)および構造物上1点(加速度計)(図3)とし、測定ケースは、施工前(事前)、施工後(事後)の2ケースである。

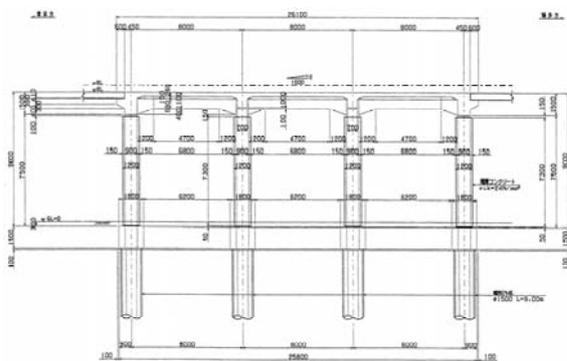


図1 試験施工を行った構造物の側面図

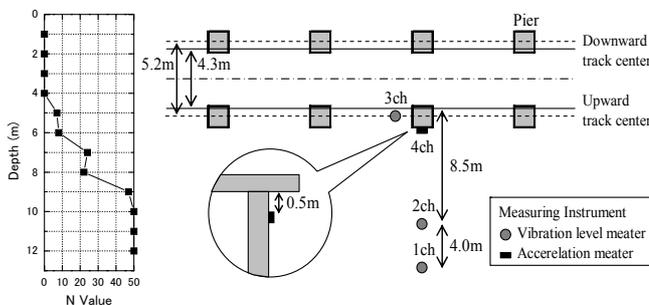


図2 地盤特性

図3 測定点配置

現地試験の測定結果として、上り線側8.5m点(2ch, 図3)における施工前後の速度依存性を図4に、事前測定の種類別の平均振動加速度レベルスペクトルを図5に、また車種別の振動変化のスペクトルを図6に示す。図6において、振動変化スペクトルは事後の平均スペクトルと事前の平均スペクトルの差より算出しており、値が負の帯域で振動が低減、正の帯域で振動が増加したことを示している。

この図より、施工前後での振動変化はあまり大きくないことがわかる。しかし、車種によるばらつきはあるものの、16Hz付近の帯域である程度の振動低減がみられる。

現地試験箇所の構造物は、地盤が軟弱な箇所のため地中梁でセット全体が結合されており、基礎にも大径の杭が採用されているなど、施工前の状態でもかなり剛な構造である。よって、構造物全体の振動系に与える影響として、橋脚へのコンクリート巻き付けによる高剛性化の効果が小さかったことが考えられる。また、今回の試験施工で振動レベルに大きな変化がみられなかった原因のひとつとして、振動低減がみられた帯域と列車走行による主要帯域が外れていたことが考えられる。

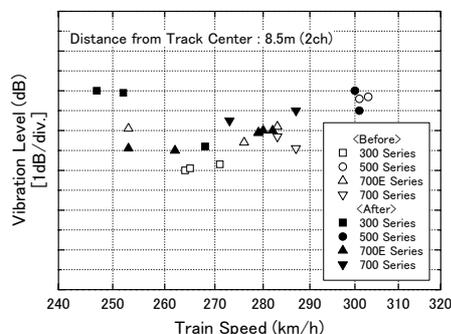


図4 速度依存性(現地試験)

Effects of Train-Induced Ground Vibrations by Stiffening Structures (Part1)

Railway Technical Research Institute Naoyasu Iwata, Hidehumi Yokoyama, Kimitoshi Ashiya

KOZO KEIKAKU ENGINEERING Inc. Shoji Masahiro, Tadanori Nishimura

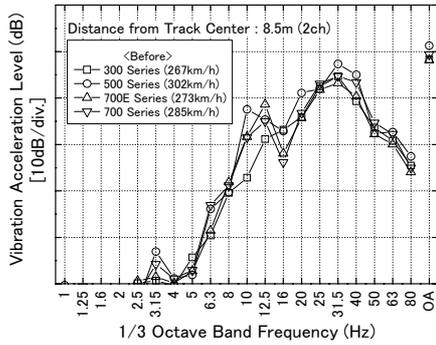


図5 1/3オクターブスペクトル(現地試験, 事前)

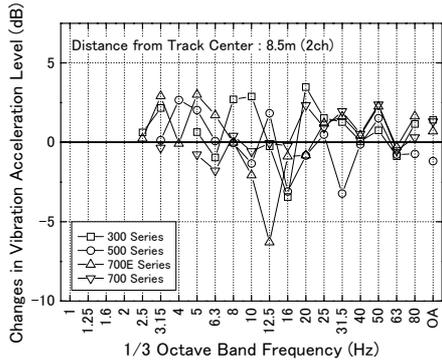


図6 振動特性変化(現地試験, 事後-事前)

3. 2次元および3次元動的解析モデル

構造物改良による地盤振動対策は、経済性や耐震性への影響が大きいと、十分な事前検討が必要と考えられる。そこで、2章において述べた現地試験箇所をモデルケースとし、2次元および3次元動的解析を行い、解析手法および解析モデルの妥当性等について基礎的検討を行う。本論で用いた、2次元および3次元動的解析モデルを図7と図8に示す。2次元動的解析(M-FLUSH)では地盤および構造物をすべて平面歪要素によりモデル化しており、3次元動的解析(Super FLUSH/3D)では、構造物を梁要素および板要素、地盤を薄層要素によりモデル化している。

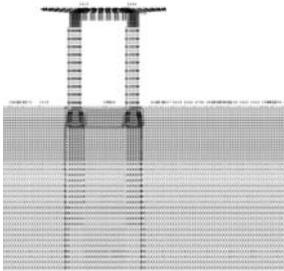


図7 2次元動的解析モデル

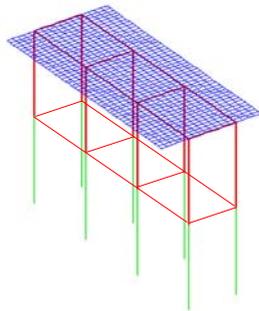


図8 3次元動的解析モデル

加振について、2次元モデルは上り線軌道中心位置の一点に鉛直下向きの集中荷重を載荷するモデルとした。また、3次元モデルは上り軌道中心位置に線状に同一の荷重を鉛直下向き載荷する線加振モデルを用いた。地盤の動的物性に関しては、図2のボーリング情報および既往の経験式により仮に設定した物性値を2次元モデルで予備解析し、実測値と整合するように修正した。解析に用いた物性値を表1に示す。

表1 解析物性値

Unit weight (t/m ³)	Vp (m/s)	Vs (m/s)	Damping constant (2D)	Damping constant (3D)	Shearing modulus (tf/m ²)	Poisson's ratio	Note
1.5	1500	88	0.06	0.03	1185	0.498	GL (0~-5m)
1.6	1500	180	0.05	0.03	5286	0.493	GL (-5~-7m)
1.8	1500	260	0.05	0.03	12408	0.485	GL (-7~-9m)
1.8	1800	340	0.05	0.03	21218	0.482	GL (-9~-10m)
1.8	2000	400	0.04	0.03	29368	0.479	GL (-10m~)

4. 動的解析モデルの妥当性

図9に、事前ケースにおける現地試験(全車種の平均)および動的解析の伝達特性を示す。この図より、8Hz以上の帯域において、2次元および3次元の動的解析モデルは、実測値の基本的な伝達特性をある程度再現できていることがわかる。次に、実測および解析による振動特性の変化(事後-事前)を図10に示す。この図によると、16Hz付近を中心とした帯域でやや振動が低減し、40Hz付近を中心とした帯域で振動がやや増加するという、高架橋柱高剛性化による振動特性の変化の基本的特徴を解析によりある程度再現できていることがわかる。これらの結果より、2次元および3次元動的解析により、実測値をある程度再現でき、構造物対策の事前検討ツールとして適用可能と考えられる。

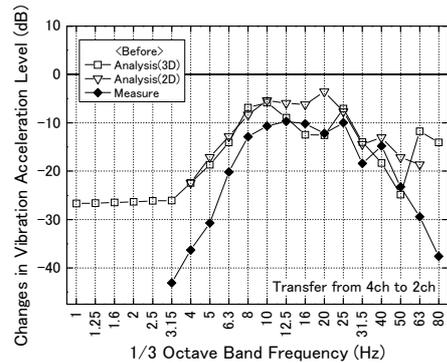


図9 解析および実測の比較(伝達特性)

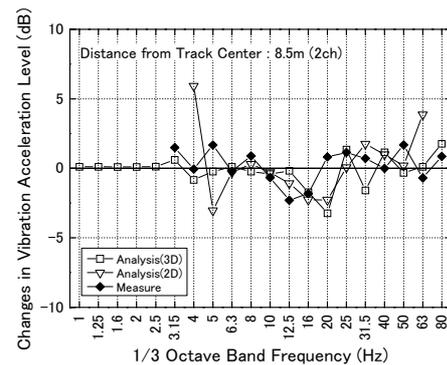


図10 解析および実測の比較(振動特性変化)

5. まとめ

現地試験箇所を対象として、2次元および3次元動的解析をおこない、構造物による地盤振動対策の検討ツールとしての適用性を検討した。その結果、2次元および3次元のいずれのモデルについても、実測結果をある程度再現できることを確認した。<参考文献>

吉岡修, 等価起振法による列車走行に伴う地盤振動の予測解析, 物理探査, Vol.49, No.2, pp.136-146, 1996

列車走行に伴う地盤振動への構造物補強の影響 その2

キーワード：地盤振動、構造物補強、動的解析

(財) 鉄道総合技術研究所
 (財) 鉄道総合技術研究所
 (財) 鉄道総合技術研究所
 (株) 構造計画研究所
 (株) 構造計画研究所

芳谷公稔
 岩田直泰
 横山秀史
 庄司正弘
 西村忠典

1. はじめに

構造物改良が地盤振動へ与える影響を定量的に評価することが可能になれば、車両や軌道等で既に地盤振動対策が実施されている箇所、追加対策を検討することが可能となる。ただし、構造物改良は経済性や耐震性への影響が大きいと、計画にあたって十分な事前検討が必要と考えられる。「列車走行に伴う地盤振動への構造物補強の影響 その1」では、実測と2次元および3次元動的解析の結果を比較し、ある程度の整合性を確認した。本論では、同一のモデルケースを用い、解析に用いる加振モデルや構造物改良の影響を検討する。

2. 3次元動的解析モデル

本論の3次元動的解析(Super FLUSH/3D)では、構造物を梁要素および板要素、地盤を薄層要素によりモデル化(図1)している。解析データの出力点は地盤上3点および構造物上1点である(図2)。また、加振力として、(a)上り軌道中心位置に線状に同一の荷重を鉛直下向きに載荷する線加振モデル、(b)橋脚のうち1本の上部1点に鉛直下向きの集中荷重を載荷する点加振モデル、(c)線加振と同じ位置に列車速度260km/h走行時に相当する位相差を付けた荷重を載荷する移動加振モデルの3通りについて検討した。

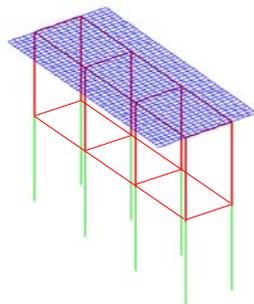


図1 3次元動的解析モデル

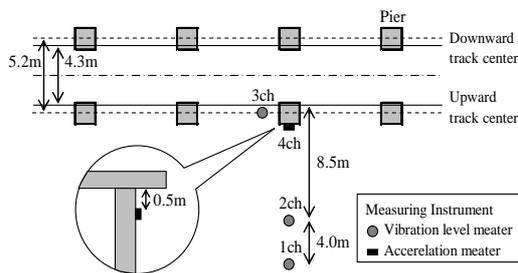


図2 解析データ出力点の配置

3. 加振力モデル

3次元動的解析に用いた各加振モデルを比較するため、各測定点の振動レベルの解析値と実測値を比較した結果を図3から

図5に示す。解析値では、3chが実測値に合うように加振力スペクトルを求めている。これらの図より、実測値からのばらつきは、線加振モデルよりも小さく、点加振モデル、移動加振モデルの順にばらつきが大きくなっていることがわかる。列車の編成長(200~400m)は高架橋1セット(30m)に比べ十分に長く、通過時間中はほぼ一様な加振とみなすことができるため、線加振モデルによりある程度実際の振動を模擬することができたと考えられる。図6の地盤での伝達に着目すると、線加振および点加振モデルが、実測値と比較的よく適合しており、移動加振モデルについては、10Hz以上の帯域で再現性がよくない。図7に、実測および解析により求めた振動特性の変化(事後-事前)を示す。実測値と解析値を比較すると、特に線加振モデルでは、高架橋柱高剛性化による振動特性

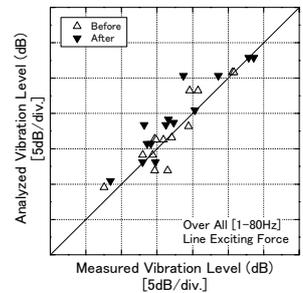


図3 線加振モデル

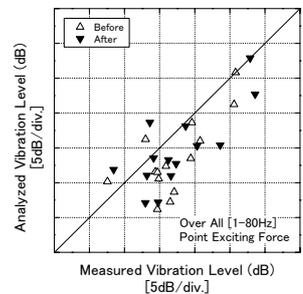


図4 点加振モデル

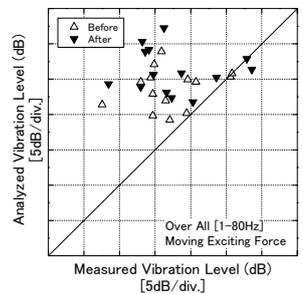


図5 移動加振モデル

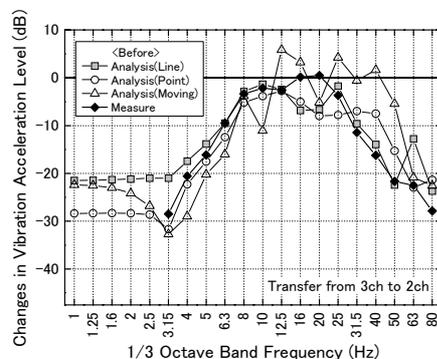


図6 解析および実測の比較(伝達特性)

Effects of Train-Induced Ground Vibrations by Stiffening Structures (Part2)

Railway Technical Research Institute Naoyasu Iwata, Hidehumi Yokoyama, Kimitoshi Ashiya

KOZO KEIKAKU ENGINEERING Inc. Shoji Masahiro, Tadanori Nishimura

の変化の基本的特徴をある程度再現できていることがわかる。

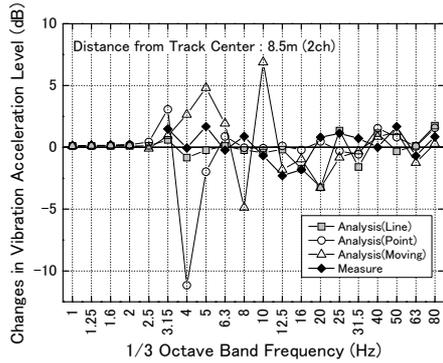


図7 解析および実測の比較(振動特性変化)

4. 3次元動的解析による構造物改良の検討

構造物改良について、まず地中梁あり(実測モデル)と地中梁なしの場合に、柱の剛性変化(柱断面積の変化)による地盤振動特性の変化を検討する。モデルの概要を図8と図9に示す。ここでは、加振力は線加振モデルを用いる。地中梁ありとなしの場合の振動特性の変化(900mm×900mmを基準)を図10および図11に示す。これらの図より、高架橋高剛性化による振動変化は、施工前の構造物剛性が相対的に低い(地中梁なし)の方が顕著であることがわかる。また、地中梁なしの場合、柱の断面が大きいほど振動低減量が大きくなる傾向があるのに対し、地中梁ありの場合には、柱断面積の影響が小さいなどの特徴がみられる。

構造物の断面剛性を線路方向ないし線路直角方向に増加させる方法として、柱および梁の断面を増加させる方法の他、ブレースを入れる方法などが考えられる。ここでは、ブレースを線路方向に挿入した場合と、線路直角方向に挿入した場合について検討する。モデルの概要を図12と図13に示す。なお、加振力は線加振モデルを用い、ブレースと構造物の結合点およびブレースの交点は、剛結としている。図14に、各ブレース補強方

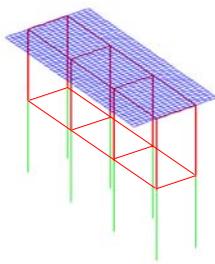


図8 地中梁あり(実測モデル)

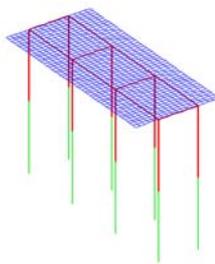


図9 地中梁なし

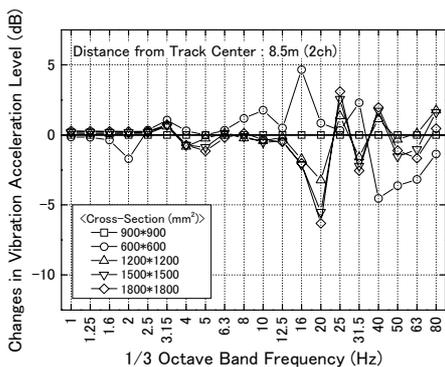


図10 振動特性変化(地中梁あり)

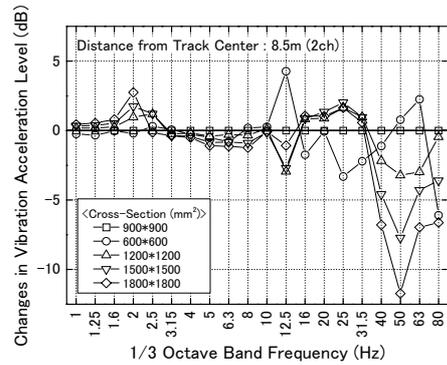


図11 振動特性変化(地中梁なし)

向の振動特性の変化(地中梁なしを基準)を示す。線路直角方向にブレースを挿入した場合、振動が大きく低減する帯域と大きく増加する帯域が交互にあらわれるなど、振動性状の変化が大きいことがわかる。一方、線路方向の場合には振動性状の変化は比較的小さい。橋脚の梁や柱補強などの工法と異なり、ブレース補強のように構造物の振動系そのものを大きく変更する工法の場合、補強による地盤振動の変化も複雑であるため、工法の種類や補強方向等を含め、事前に十分な検討が必要であると考えられる。

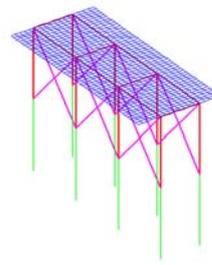


図12 線路方向

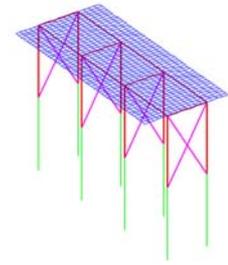


図13 線路直角方向

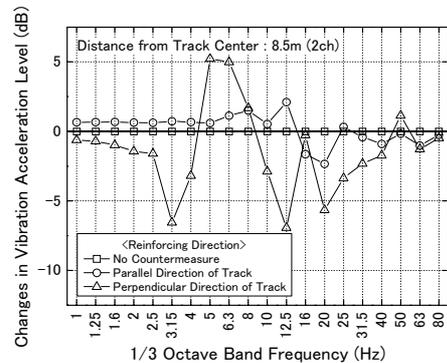


図14 振動特性変化(ブレース補強)

5. まとめ

3次元動的解析の加振モデルについて、線加振、点加振、移動加振の各加振モデルのうち、比較的簡易な線加振モデルによって、実測結果をある程度再現できることを確認した。この加振モデルを用いて、対策前における構造物状態と対策後の振動特性変化の関係、構造物補強方向と振動特性変化の関係について検討した。これにより、構造物改良による地盤振動対策工法について基礎的な知見を得るとともに、3次元動的解析モデルの構造物対策の事前検討への適用性を確認した。

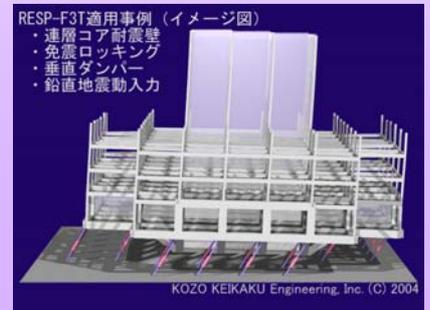
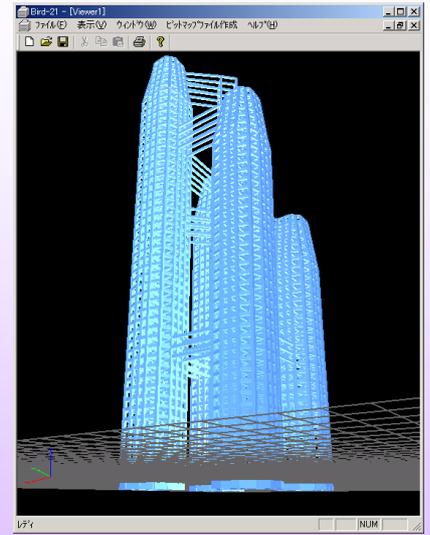
<参考文献>

原恒雄・他、新幹線走行に伴う沿線地盤振動低減のための高架橋補強工の開発、土木学会論文集、No.766/I-68、325-338、2004.7

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-21 最新情報

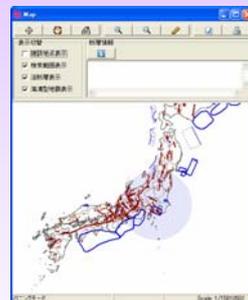
- Bird-21 アンボンドブレースに新規対応
- RESP-F3 地盤 - 杭 - 建物の一体増分解析に対応
- RESP-F3D 基礎免震、制振装置(粘性・粘弾性・流体)に対応
- ULT-DS SH-RC(UR都市機構)にも対応

RESP & Bird-21 シリーズ適用事例

- 超高層、高層RC建築の地震応答解析、断面設計
- 免震建築、超高層免震建築解析
- 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(風洞実験に基づく外力を作用)
- 建築構造物の機械振動、交通振動、歩行振動解析

ricomacast(地震リスク評価プログラム)新登場

建物が保有する地震リスクを、周辺の地震環境を考慮して評価します。ricomacastには、日本全国の地震データベースが内蔵され、簡単な操作で地震リスク評価を行うことが可能です。単独利用の他に、Bird-21保耐データ読み込みが可能です。



・半径300Km以内の断層の検索例



・地震PMLの計算例

● 短時間で構造基本検討・数量計算が可能なBird-21が大好評 ●

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。また、解析業務の受託も承っております。

構造計画研究所
KOZO KEIKAKU ENGINEERING Inc.

株式会社構造計画研究所 耐震技術部
〒164-0011 東京都中野区中央4-5-3 TEL : (03)5342-1138 E-mail : resp@kke.co.jp
RESP ホームページ : <http://www.kke.co.jp/resp/>

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

このパンフレットの記載内容は2007年3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。
※構造計画研究所、構造計画研究所ロゴは、株式会社構造計画研究所の登録商標です。記載されている会社名や製品名は、自社の商標または登録商標です。



地震リスク評価プログラム ricomacast

ricomacast は、建物が保有する地震リスクを周辺の地震環境を考慮して評価することができます。地震リスクの評価には、専門知識と日本全国の緻密な地震データを必要としますが、ricomacast は、評価に必要な計算機能と地震データベースが統合され、簡単な操作で対象建物の地震リスクを評価することができます。

■ 地図表示機能

GIS 機能を標準搭載しており、建物周辺の地震環境を地図上で確認することができます。背景地図は、国土地理院刊行の数値地図25000(行政界・海岸線)を基本地図として内蔵しています。

■ 地震情報データベース

- 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。

※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。

■ 立地条件の地震・地盤評価機能

内蔵する地盤分類データベース検索をして、評価地点の地形分類を表示します。また、建物に影響を及ぼす断層情報を地震情報データベースから検索して表示します。有償オプションとして、評価地点の想定震度や液化危険度の表示機能も搭載予定です。

■ 建物応答評価機能

検索された断層による地震(シナリオ地震)が発生した際の建物応答を、キャパシテスペクトル法により評価します。建物の耐カスペクトルについては、建築構造計算プログラム Bird-21 保有耐力計算結果ファイルのインポート機能や保有水平耐力・Is値による設定など、簡易なデータ設定から推定します。また、地震損傷度曲線(フラジリティ曲線)を設定することにより、建物応答結果を反映した予想損失額(損傷期待値)計算を行います。

■ 出力機能

グラフ表示またはリスト出力により以下の項目が出力されます。

- ・地震イベントカーブ
- ・地震 PML(オプション)
- ・地震ライフサイクルコスト
- ・指定したシナリオ地震発生時の建物被害評価
- ・指定したシナリオ地震の建物応答結果(層間変形、加速度)

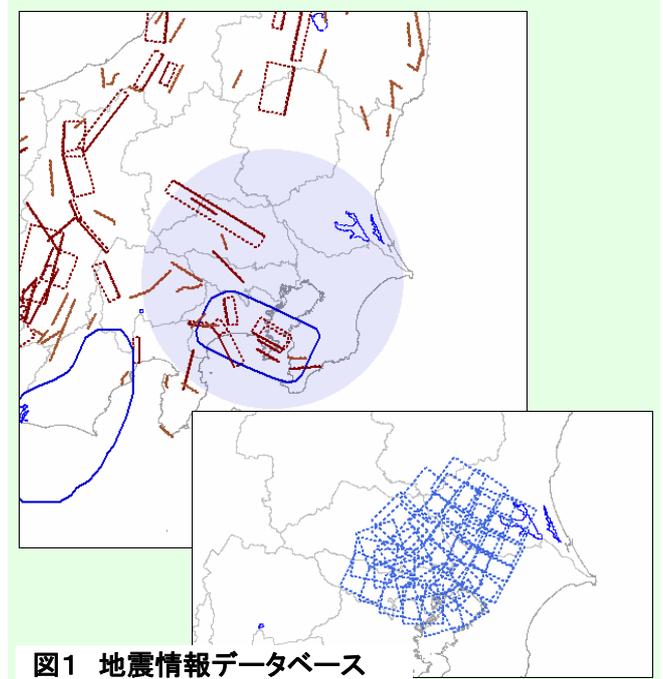


図1 地震情報データベース

* 距離減衰式

- ・山内・山崎・若松・SHABESTARI(2001)
- ・安中・山崎・片平(1997)

* 建物応答

- ・加速度: A_i 分布に基づく震度分布
- ・層間変形角: エネルギー一定則による推定
(保有水平耐力・Is 値より地震リスク評価を行う場合)

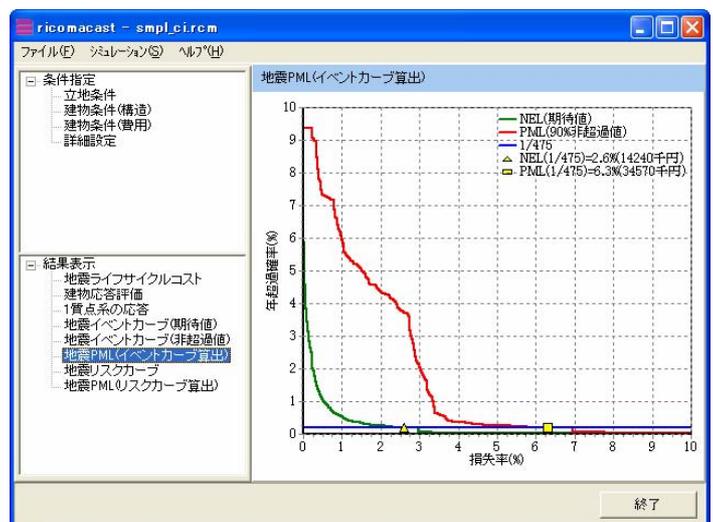


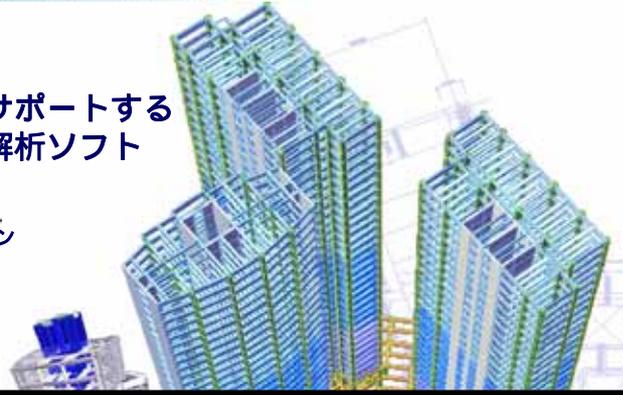
図2 地震 PML

建設用構造解析システム

設計業務を広範囲でサポートする
構造解析ソフト

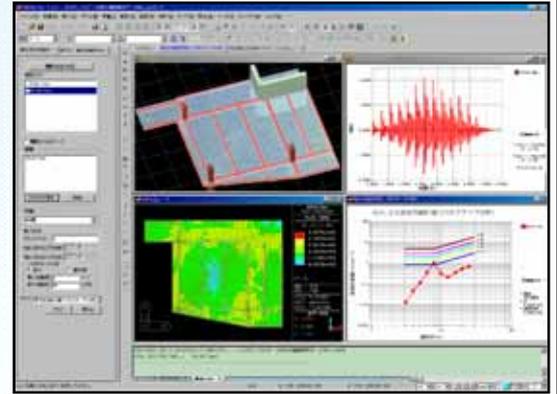
MIDAS Gen

マイダス / ジェン



MIDAS/Gen

- ☆ 3次元任意形状の構造解析用ソフトウェアです。フレーム要素、シェル要素、ソリッド要素、免制振要素が扱えます。線形解析、非線形解析、静的解析、動的解析が可能です。
- ☆ 基本機能(設計バッチ)は、定価75万円です。(2007年3月現在)
- ☆ 操作性は抜群!この種の解析ソフトのインターフェイスとしては群を抜いています。
- ☆ 建築専用コマンドを装備していますので建築用としていますが、多分野で利用可能な汎用性があります。鉄塔、土木構造物、工作物等々、対応可能です。



トライアル版&資料(無料) MIDAS/Gen の機能をお試しできるトライアル版(90日間利用可能)と、資料&トレーニングガイドをお送りします。ご希望の方は、下記までご連絡をお願いします。

「MIDAS/DrawingShop」 - MIDAS/Gen 構造図自動作成オプション -

任意形状 構造解析ソフト MIDAS/Gen の構造図 自動作成オプション MIDAS/DrawingShop

MIDAS/Gen のデータ(形状、部材配置、断面算定結果)を利用した構造図の自動作成システム。「任意形状解析ソフトウェアの図面オプション」というユニークな存在。

解析データ ⇔ 図面データのリンクでは、効率化は無理と思われる方、トライアルバージョンで是非とも今の手間との比較をして下さい。ここまでの自動化なら考えも変わるかもしれません。

- ・ RC、S、SRC造の、一般事項、伏図、軸組図、断面リストを自動生成。
- ・ 解析データから取り込めない情報は、DrawingShop側で編集。(通り軸&通り符号、偏心情報、配筋方法、階段等)
- ・ 図面を直接出力する印刷機能の他、DWG、DXF形式でのデータ出力も可能。慣れたCADへのデータ移行もスムーズ。
- ・ 図面表記については細かいユーザ設定項目を用意。
- ・ 汎用CADとしての機能も装備。自動生成&オブジェクト編集した図面に、あらゆる追加&修正が可能。

MIDAS/Gen ユーザの皆様/トライアルバージョンでご検討の皆様

- ・ MIDAS/Gen のデータを弊社にお送りいただければ、弊社にてそのデータを図面化して、DXF・DWGのファイル、もしくは出力図面を返送いたします。(無償です。製品をご検討の方を対象としております。) 実際の成果物をご評価ください。



Ver7.0の新機能: 構造図作成オプション

各種お問合せ先 **構造計画研究所**
KOZO KEIKAKU ENGINEERING Inc.

防災・環境部 MIDAS/Gen担当
TEL: 03-5342-1050 / FAX: 03-5342-1237

Mail: midas@kke.co.jp

URL: www4.kke.co.jp/MIDAS/

汎用の非線形有限要素法解析プログラム

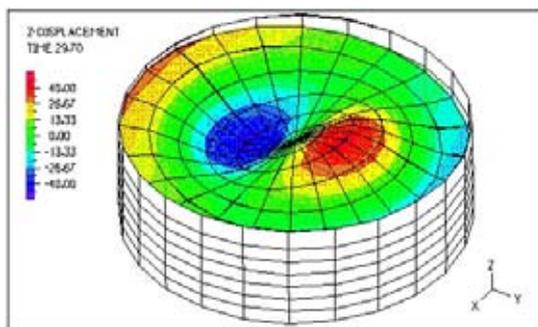
ADINA

特徴

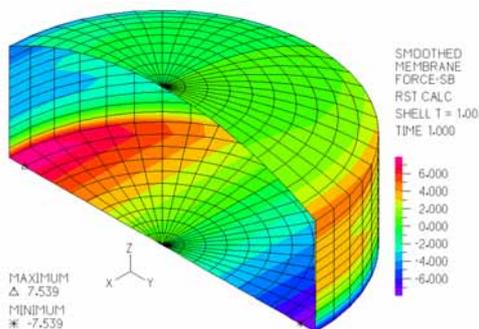
ADINA は、マサチューセッツ工科大学の研究成果を反映し ADINA R&D 社が開発した代表的な汎用の構造・熱伝導・熱流動解析プログラムです。非定常・非線形挙動を高精度な計算機能で解くことが可能です。 弊社ではプログラム販売の他、解析コンサルティング・サービスもご提供しております。

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



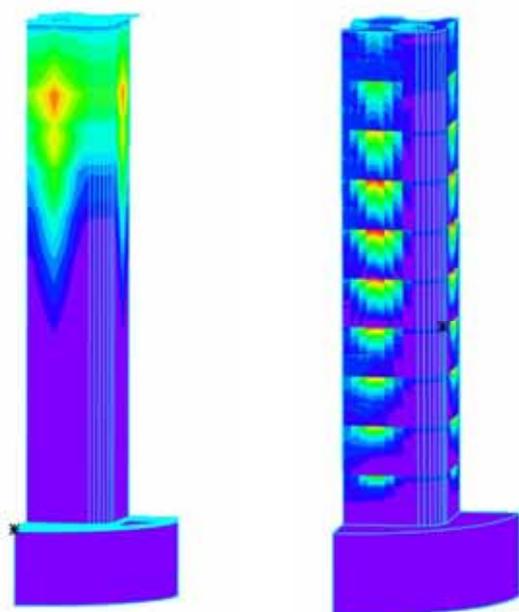
タンク壁面：断面力分布

■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。

対話式部材性能評価プログラム

INCEC/RS ver 2.00

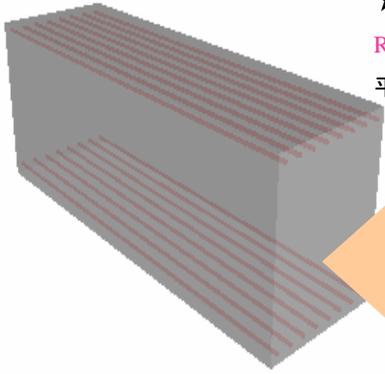
(インセック・アールエス)

INteractive Calculator for Evaluation
of the member Capacity of Railway Structures

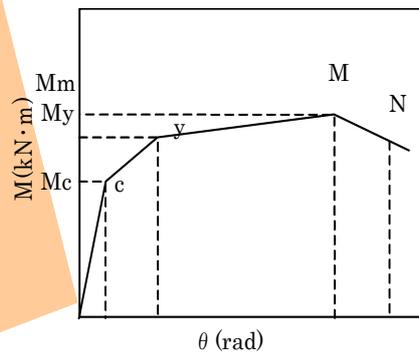
☆耐震設計で用いる変形性能及び耐力を部材レベルで算定

RC(矩形・円形・T形)、CFT、SRC(矩形・円形・T形)に対応

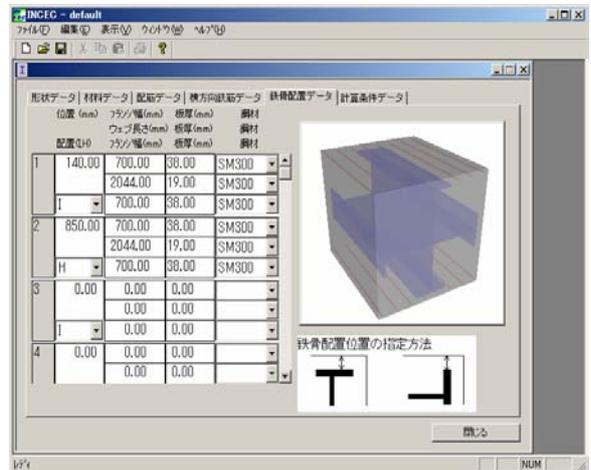
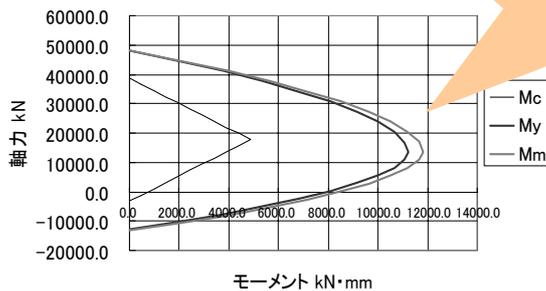
平成16年コンクリート標準対応改訂にも対応(平成16年5月末予定)



Click!



曲げ耐力・軸力相関図



☆煩雑な入力操作はGUIで強力にサポート

☆入力した部材をすぐに確認

3D部材表示機能搭載

☆INCECなら、全体フレーム解析を介さずに効率よく部材性能の検討(配筋検討など)が可能

☆照査OK! までのトータルな作業効率がUP!

☆電卓感覚で手軽に計算できて、CSV出力により図化处理・結果編集も自由自在

無料お試しダウンロードサイト <http://www4.kke.co.jp/packages/incec/incec.htm>

製品・運用環境

製品 プログラム・マニュアル一式をメール及び、専用ダウンロードサイトより配布

運用環境 機種: IBM PC/AT互換機

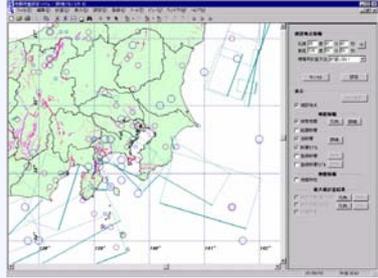
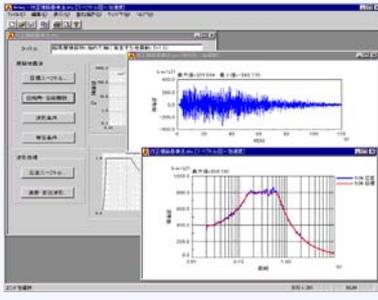
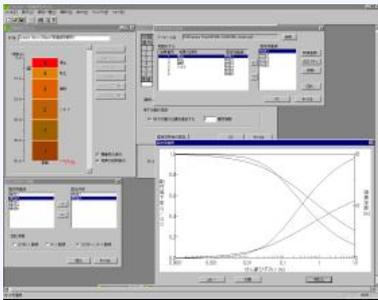
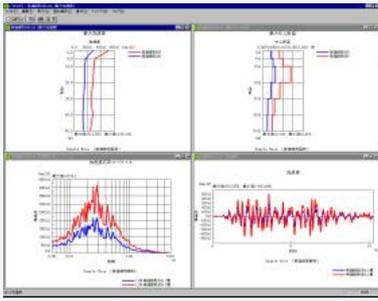
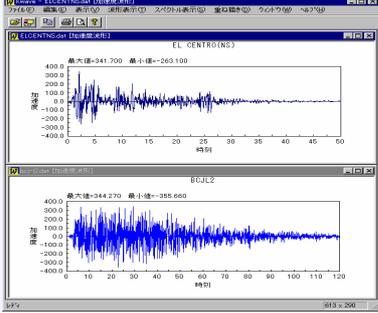
OS: Windows 2000, Xp

CPU: Pentium III以上推奨 (OpenGL対応グラフィックカードが必要です)

価格 価格表を参照

販売元: (株)構造計画研究所 〒164-0011 東京都中野区中央4-5-3 耐震技術部 構造保全技術室
電話: 03-5342-1138 FAX: 03-5342-1236

設計用入力地震動作成システム

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：1,890,000 円</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地震情報データベースやユーザが登録した断層・断層モデルから検索し、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。</p> <p>建設地点での最大振幅計算や再現期待値計算、断層の拡がりを考慮した翠川・小林手法によるスペクトル評価が可能です。</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</p> <p>フル機能版：1,050,000 円 建築限定版：735,000 円 土木限定版：525,000 円</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。</p> <p>目標スペクトルは、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、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>また、位相特性は一様乱数のほか、実地震記録による位相特性の利用が可能です。</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</p> <p>フル機能版：840,000 円 基本機能版：525,000 円 非線形機能版：525,000 円</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</p> <p>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。歪依存特性は、ユーザが任意に登録した特性のほか、告示1461号の特性、土木研究所の式等を選択することが可能です。</p> <p>■非線形解析機能(オプション)</p> <p>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。応力～歪関係としては Ramberg-Osgood モデル、Hardin-Drnevich モデルを選択できるほか、線形として扱うことも可能です。</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</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描き表示することが可能です。</p> <p>処理結果として出力された図について、軸の調整および線種や色、タイトル等を簡単に編集することが可能です。また、外部出力機能として、テキスト形式でのデータ出力およびクリップボードへのコピー機能を有しています。</p>	

設計用入力地震動作成システム

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のみを組み合わせることで導入できます。
- 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

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

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

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

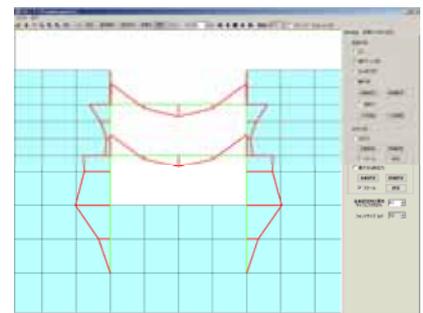
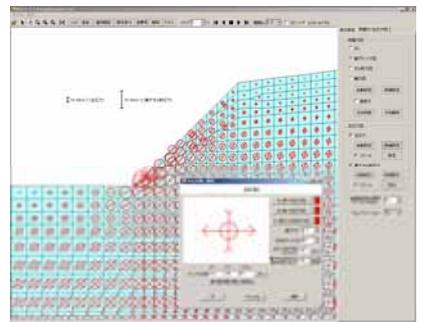
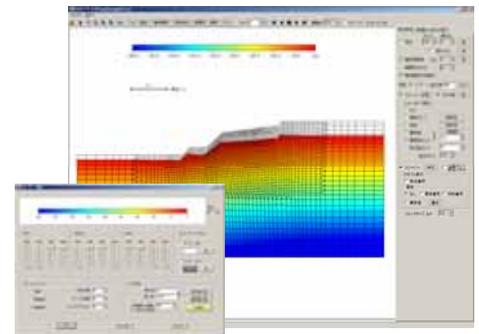
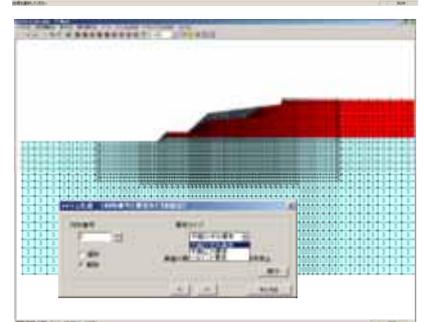
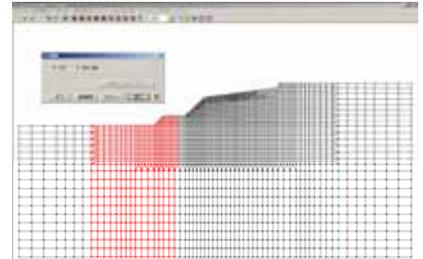
斜面の安定解析を行います。渡辺・馬場の方法による残留すべり計算にも対応しています(オプション機能)。

解析結果図化プログラム

—— POST- P for Windows

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。

有限要素モデルの作成プログラム

F-Mesh for Windows

F-Mesh for Windowsは、二次元有限要素モデルの作成プログラムです。
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。

◆特長◆

- 1) DXF形式のCADデータをインポートし、二次元有限要素モデルを作成することができます。
- 2) EWSでご提供してきた総合地盤解析システム FRONT のメッシュ作成機能と同等の機能を有しており、これまでと同様の操作で新規にモデルを作成することが可能です。
- 3) これまでにFRONTで作成したデータを取り込むこともできます。

◆機能◆

- DXF ファイルをインポートし、交点と線分割を行います。これを基に二次元有限要素モデルの作成ができます。
- DXF ファイルインポート時に長さの単位を変更することができます。
- CAD と同様の動作により、点・線分を配置することで、モデルの作成が行えます。
- これまでFRONTで作成したデータをインポートすることができます (FRONT-DB 形式)。
- 線分の等分割機能や、回転、鏡像コピーなど、様々な図形機能を有しており、複雑な形状のモデル化が容易に行えます。
- 各図形編集機能には簡単なヘルプが用意されており、動作を確認しながらの作業が容易に行うことができます。
- 作成中の線分の色や要素の色を任意の色に変更できます。表示画面はワープロソフト等に貼り付けることもできます。
- 節点の拘束条件を設定することができます。
- 作成したメッシュは、弊社の書式の他、任意の書式(テキストファイル)でも出力することができます。
- 作成したデータは、SuperFLUSH/2D for Windows・EXAP for Windows に取り込むことができます。

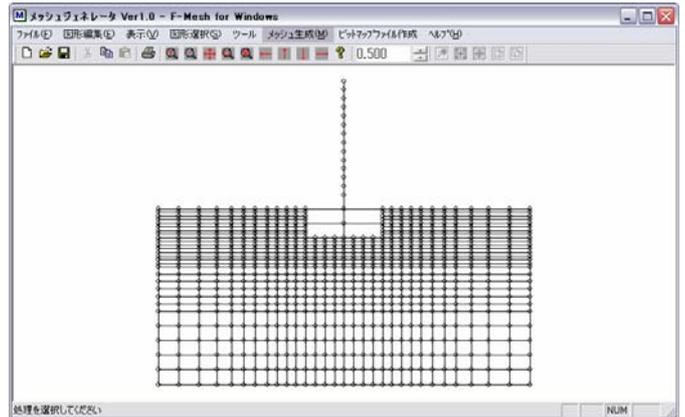
◆動作環境◆

対応機種	: IBM PC/AT 互換機
対応 OS	: Windows2000, WindowsXP の日本語版
CPU	: 上記 OS が正常に動作する CPU
必要メモリ	: 128MB 以上 (256MB 以上を推奨)
必要ディスク	: システムインストール時 15MB
画面解像度	: 800×600 ピクセル以上 (1024×768 ピクセル以上を推奨)

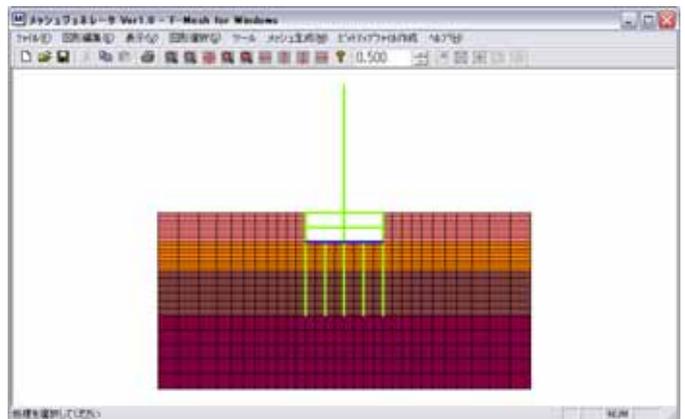
※USB ポート用のセキュリティデバイスを使用します。

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

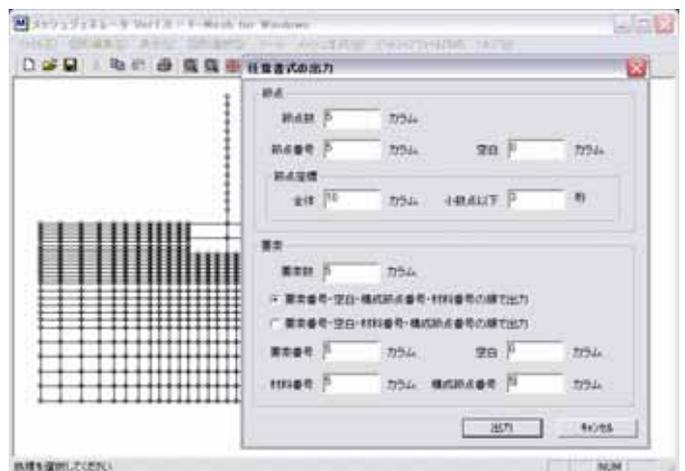
■SuperFLUSH/2D for Windowsは(株)構造計画研究所と(株)地震工学研究所の共同開発商品です。



DXF ファイルをインポート



完成メッシュ図の表示



任意書式での出力

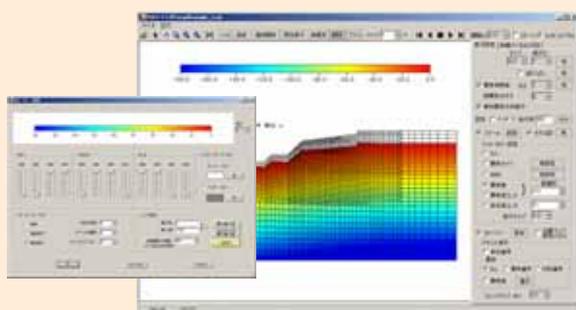
解析結果図化プログラム

POST-P

for Windows

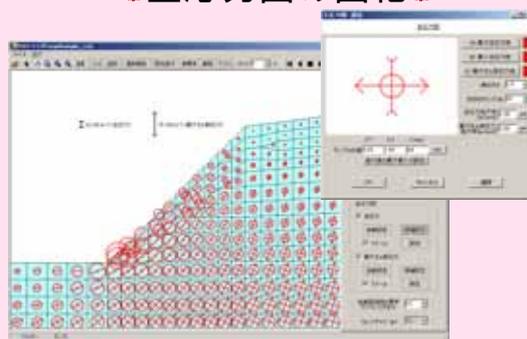
POST-P for Windowsは、SuperFLUSH/2D for WindowsおよびEXAP for Windowsの解析結果を読み、結果の図化を行うプログラムです。

変形図・コンタ図の図化



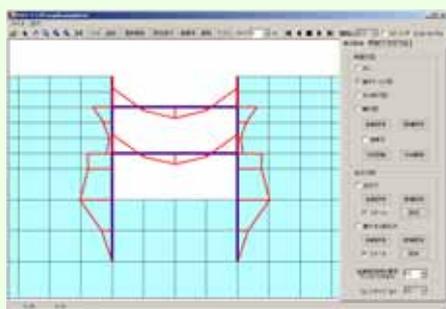
解析結果ファイルを読み、変形図やコンタ図を作成します。また、これらの図を重ね描きすることができます。描画した図は画像ファイルとして保存することができます。

主応力図の図化



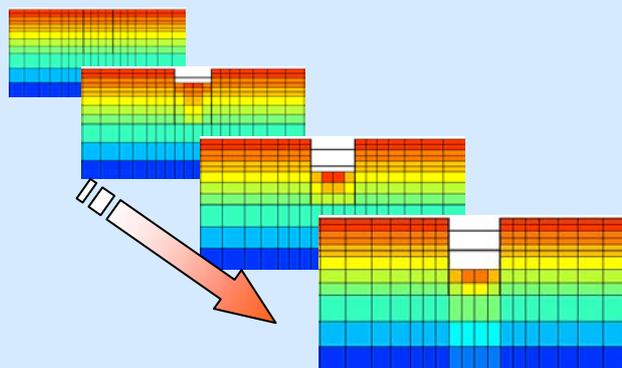
主応力を矢羽根と円で表示することができます。図の表示・非表示や表示色や拡大率などの詳細設定を主応力(矢羽根)と最大せん断応力(円)とで個別に設定することができます。

断面力図の図化



梁要素の曲げモーメント図・せん断力図・軸力図を作成します。表示拡大率や色を図毎に設定することができます。また、値の表示・非表示を選択することができます。

ステップ表示・動画再生



掘削解析など、ステップが複数ある場合には、表示ステップの切り替えができます。また、設定した時間間隔での動画再生や動画ファイルの外部出力が可能です。

動作環境	対応機種	: IBM PC/AT 互換機
	対応 OS	: Windows2000(SP4), WindowsXP(SP2)
	CPU	: 上記 OS が正常に動作する CPU
	必要メモリ	: 128MB 以上 (256MB 以上を推奨)
	必要ディスク	: システムインストールに 10MB
	画面の解像度	: 1024×768 ピクセル以上

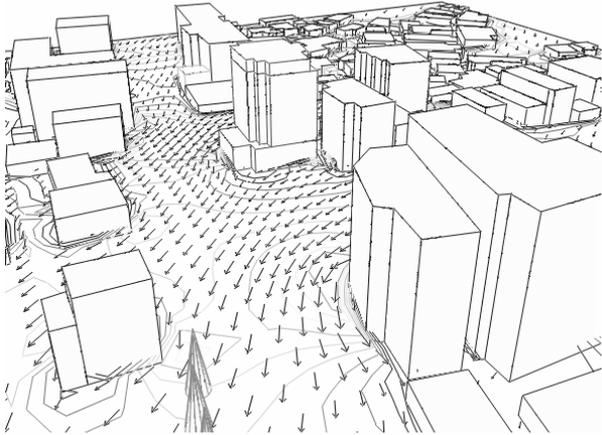
- ※ SuperFLUSH/2Dの解析結果は付属の変換ツールにて読み込み可能形式に変換を行います。
- ※ USBポート用のセキュリティデバイスを使用します。

■ 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。

Wind-design

for Windows

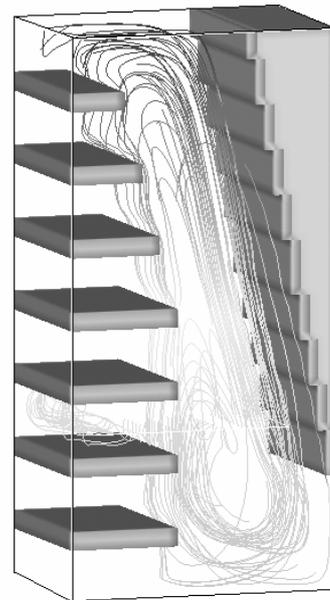


- 地図情報(bmpファイル)の読み込み可能
- 2D or 3Dによる確認表示
- 自動メッシュ分割機能
- GUI操作によるメッシュ範囲分割や追加・削除が可能
- 簡単な計算条件設定および出力指定
- 風環境評価機能による客観的評価が可能

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

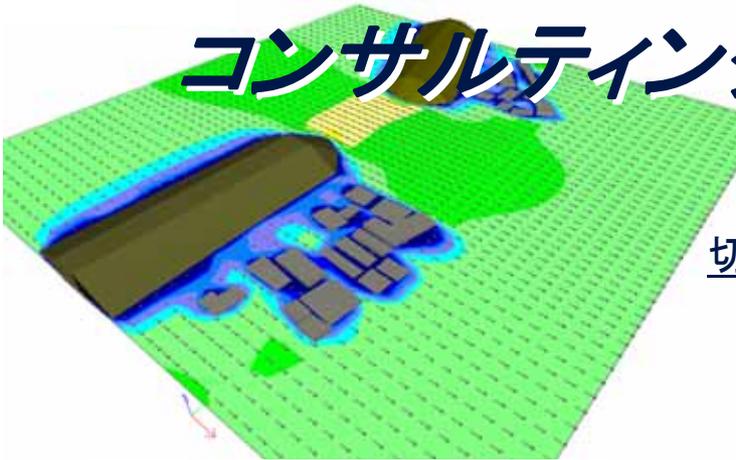


水、空気、ガス拡散、地下浸透流・・・ 流体解析コンサルもお任せ下さい

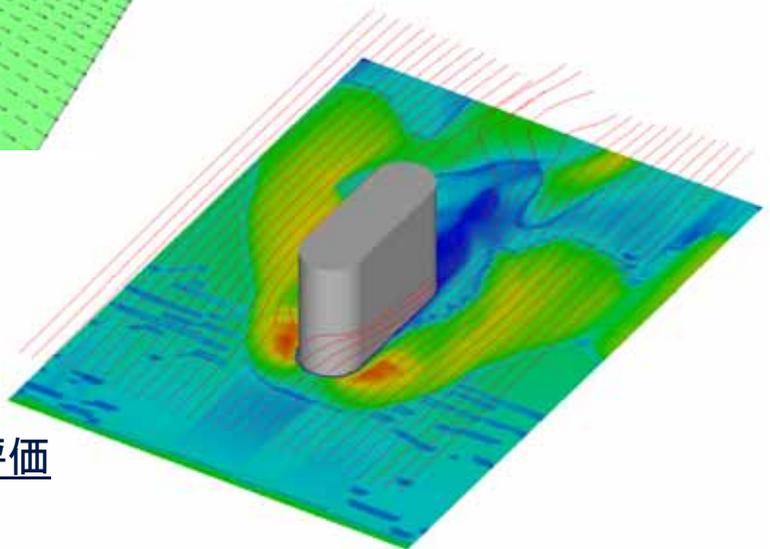
流れが見える！ 温度が見える！ 大気質が見える！

おまかせください！

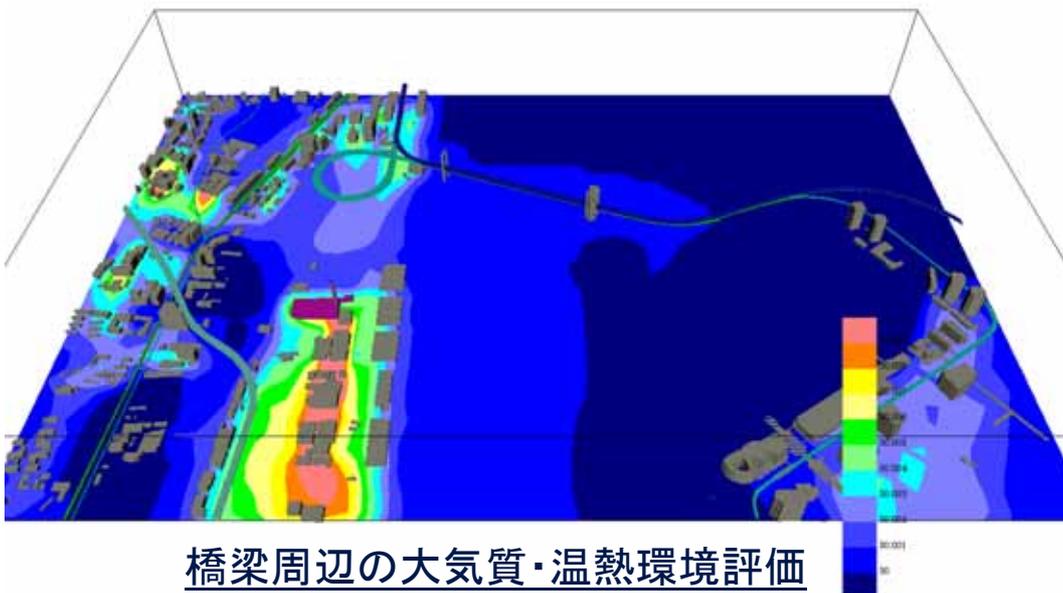
環境影響評価シミュレーション・ コンサルティングサービス



切土・盛土に伴う風環境評価



橋脚周辺の流況評価



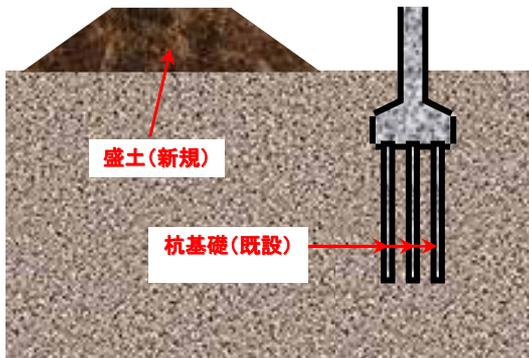
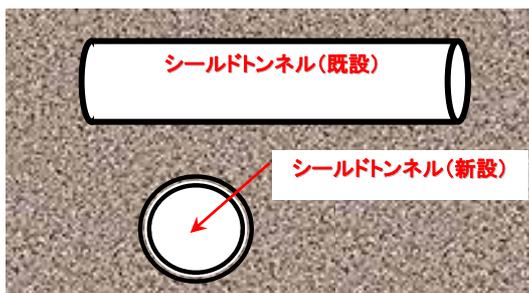
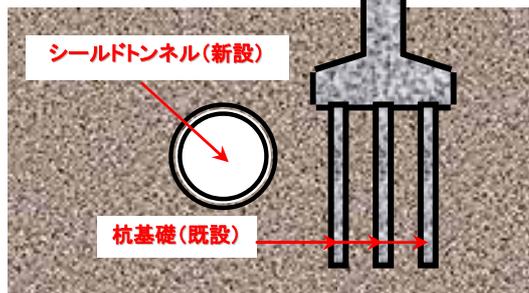
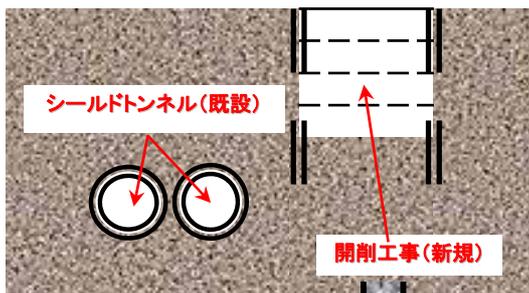
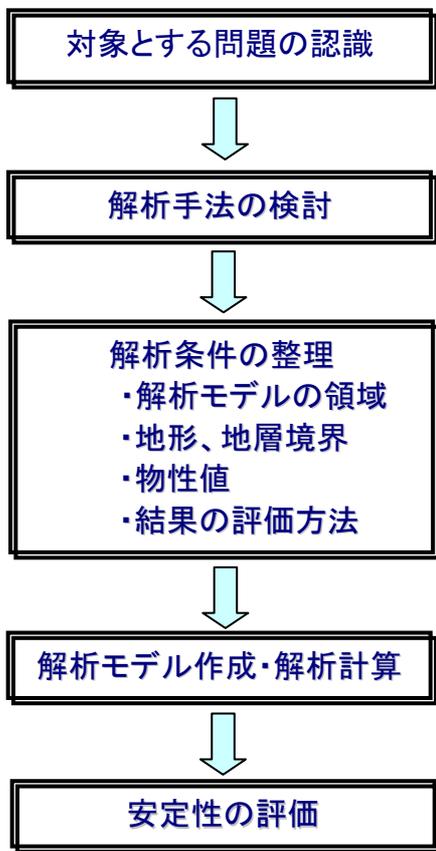
橋梁周辺の大気質・温熱環境評価

近接施工影響解析

コンサルティングサービス

開削工、基礎工、トンネル、盛土等の施工において、地盤の変形に伴う近接構造物等への影響予測解析を行います。

<解析の流れ>



構造物・維持管理 解析エンジニアリングソリューション

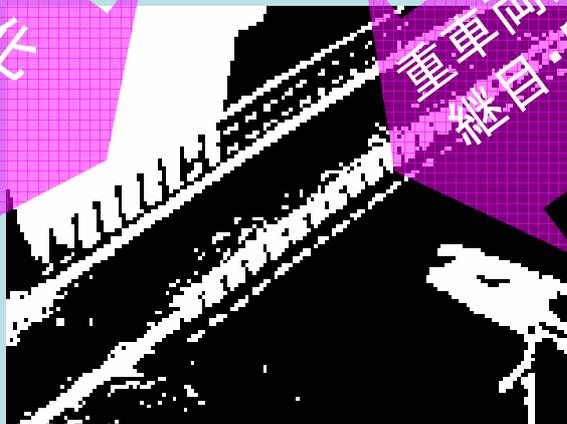
～安心・安全を支える技術～



劣化
剥落

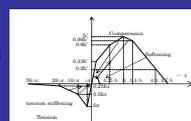
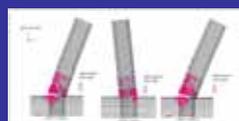


重車両交通
継目段差



構造物の劣化・損傷による健全度・安全性評価

FEMを用いた破壊シミュレーション
評価システム・アルゴリズムの開発



センサー・制震デバイス配置計画最適化検討

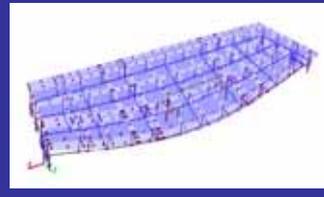


※FBGセンサー最適配置計画は茨城大学との共同研究開発です

FEMによるFBGセンサー配置計画
走行解析によるTMD配置計画

環境振動評価・疲労検討

走行解析による振動レベル評価
FEM、走行解析による累積損傷予測



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 都市環境営業室

〒164-0011 中野区中央4丁目5番3号

TEL 03-5342-1136 FAX 03-5342-1236

Eメール：**kaiseki@kke.co.jp**

● 西日本営業所 06-6226-1231 ● 中部営業所 052-222-8461

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ち寄りください。

<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。



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。可能な限り対処させていただきます。

解析雑誌 *Journal of Analytical Engineering Vol.19 2007.4*

(株) 構造計画研究所 都市環境営業室 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 Microsoft 社の登録商標です。

Journal of Analytical Engineering,
Vol.19, 2007.4

Kozo Keikaku Engineering, Inc.