

解析雑誌

Vol.15 2005.5

【 Topics 】

- RESP-M/II バージョンアップ
- 建築構造計算プログラム
Bird-21 バージョンアップ
- 大同コンクリート工業株式会社
既製杭の構造計算システム 近日公開

【 Technical Reports 】

- 2005 年福岡県西方沖地震で観測される
地震動最大振幅について
- 摩擦係数の違うすべり支承の応答特性
の違い

Journal of Analytical Engineering



【巻頭言】

生活の平静を保つために

耐震技術部 建築構造室長 宇佐美 祐人

仕事柄、地震被害はできるだけ自分の目で確認した方がよいと考え、兵庫県南部地震や台湾集集地震では、現地で被災建物を観察してきた。ここ数ヶ月に発生した新潟県中越地震や福岡県西方沖地震においても、建物被害が生じていることを聞き、この目で見たいと思った。しかし、どうも気が重く、足が向かなかった。神戸や台湾の被災地で、予想外に多くの避難生活者を目の当たりにし、物見遊山でないとはいえ、建築構造を生業とする立場として気まずさを感じていたのである。

1981 年施行の新耐震設計法で耐震目標とされた「中地震時の機能保持、大地震時の人命保護」という前提は、私にとって鳥の刷り込みのようなものであり、深く考えずそのまま受け入れていた。新しく目にする構造計算法をプログラム化し、世の中に提供することに注力し、それが地震被害の軽減に微力ながら役立っているつもりであった（実際、いくらか役立っているものと思っている）。が、最近の地震で、被災した方々のことを思うと疑問を感じるようになってきた。

建物倒壊による人的被害は少ないようであるが、避難生活での体調悪化、震災時の恐怖による心的障害が注目されてきている。構造では非構造部分の損壊、家具・什器の転倒、金銭面では、補修費用の負荷、資産価値の減少、二重ローン、精神的には余震の不安、避難所のプライバシー等が、問題とされてきている。便利で豊かになるにつれ、被災前と被災後の生活落差は広がってきている。

新耐震設計法の耐震目標がどのような根拠で決まったのか調べようと、故梅村魁著「耐震構造への道」（技法堂出版 1989 年）をながめていたら、次の一文を見つけた。「…今後の耐震設計の方向は対物ではなく、『人間の生活を地震がきてもいかに平静を保てるようにするか』、しかも人間社会が年々変わってゆくわけですから、この目的はいつも先に伸びてゆきます。しかし、この理想だけは失わずに努力してゆくのが、われわれ耐震技術者の義務であろうと思っています。」（1988 年の口述）。一度は読んだはずであり、直接聞かされたこともあるかも知れないが、頭に残っていなかった。

先にあげた、最近の地震で注目されている問題には、構造専門家が解決できる手段を持っているものもあるはずである。『人間の生活を地震がきてもいかに平静を保てるようにするか』、考え方を狭い枠にはめることなく行動しなければならないと意を強くした次第である。

解析雑誌 Vol.15 2005.5 目次

【巻頭言】	生活の平静を保つために	宇佐美 祐人	02
Topic 1	RESP-M/II バージョンアップ		05
Topic 2	建築構造計算プログラム Bird-21 バージョンアップ		08
Topic 3	大同コンクリート工業株式会社 既製杭の構造計算システム 近日公開		10
Technical Report 1			
■	2005 年福岡県西方沖地震で観測される地震動最大振幅について		17
	司 宏俊		
Technical Report 2			
■	摩擦係数の違うすべり支承の応答特性の違い		21
	金山 亨・荒木秀朗		
解析雑誌	読者アンケートのお願い		26
	お問い合わせはこちらへ		27

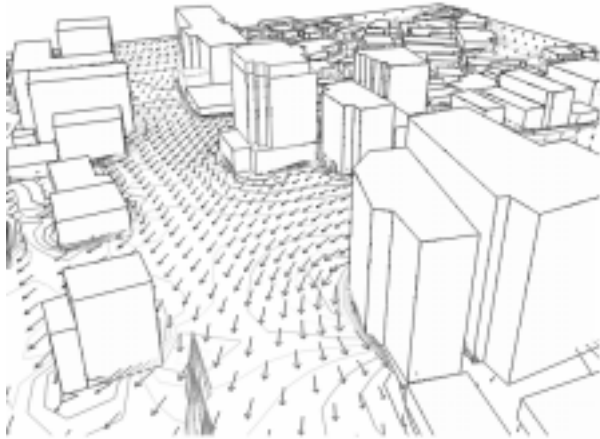
解析雑誌バックナンバーは KKE 解析ホームページでご紹介しています。
PDF 形式でダウンロードも可能ですので、是非下記アドレスにお立寄ください。

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

‘KKE’は弊社 (株) 構造計画研究所の略称です。

Wind-design

for Windows

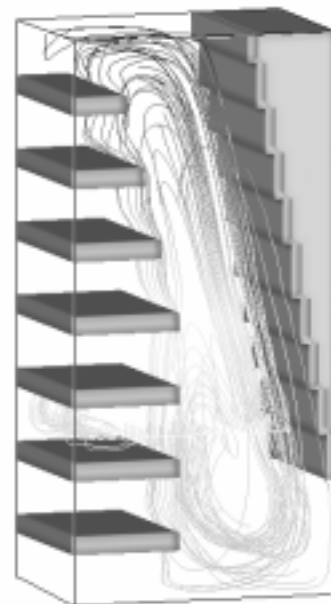


- 地図情報(bmpファイル)の読み込み可能
- 2D or 3Dによる確認表示
- 自動メッシュ分割機能
- GUI操作によるメッシュ範囲分割や追加・削除が可能
- 簡単な計算条件設定および出力指定
- 風環境評価機能による客観的評価が可能

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

【バージョンアップのお知らせ】

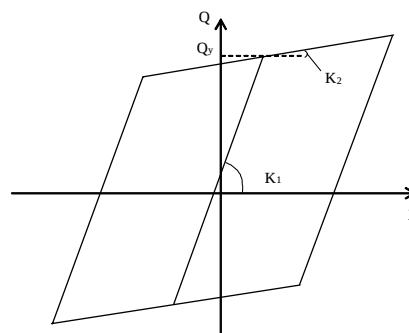
RESP-M/II バージョンアップ

建築物の耐震性向上に対する社会的ニーズの高まりを背景に、免震・制震装置メーカー各社において多様な新しい免制震装置が開発されています。建築構造の高性能化への支援を追求し続ける RESP シリーズは、これら装置への対応を適時進めており、このたび、新たに以下の3種類の装置（復元力特性）に対応しましたので、ご紹介します。

- ・(株)倉敷化工 積層ゴム一体型免震 U 型ダンパー
- ・三菱重工業(株) MCBダンパー
- ・オイレス工業(株) LRB (歪依存型トリリニア)

1. (株)倉敷化工 積層ゴム一体型免震 U 型ダンパー

倉敷化工「積層ゴム一体型免震 U 型ダンパー」の復元力特性は、大臣認定番号「MVBR-0174」の認定書、別添-9～別添-16 までの全 208 形式が考慮可能です。ただし、免震 U 型ダンパーのダンパー配置タイプ N,T,L については、復元力特性の性能が同一のため下表の全 104 パターンに対応可能です。



積層ゴム一体型免震 U 型ダンパー支承の履歴特性

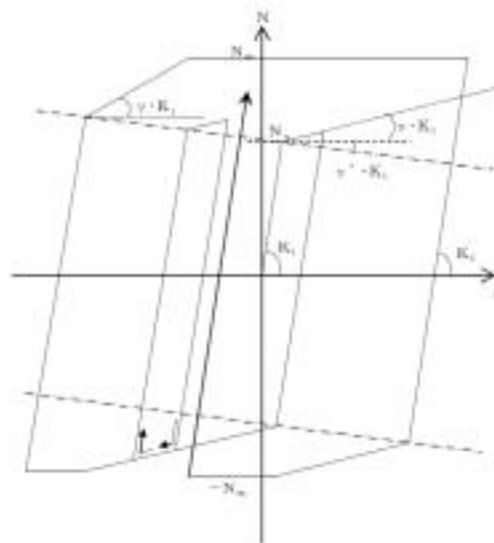
積層ゴム一体型免震 U 型ダンパー支承材-減衰材製品対応表

減衰材	SUD40×4N SUD40×4T SUD40×4L	SUD45×4N SUD45×4T SUD45×4L	SUD50×4N SUD50×4T SUD50×4L	SUD55×4N SUD55×4T SUD55×4L	SUD40×8N	SUD45×8N	SUD50×8N	SUD55×8N
支承材								
NB30-600	○	—	—	—	○	—	—	—
NB30-650	○	—	—	—	○	—	—	—
NB30-700	○	○	—	—	○	○	—	—
NB30-750	—	○	—	—	—	○	—	—
NB30-800	—	○	—	—	—	○	—	—
NB30-850	—	○	—	—	—	○	—	—
NB30-900	—	○	○	—	—	○	○	—
NB30-1000	—	○	○	—	—	○	○	—
NB30-1100	—	—	○	○	—	—	○	○
NB35-600	○	—	—	—	○	—	—	—
NB35-650	○	—	—	—	○	—	—	—
NB35-700	○	—	—	—	○	—	—	—
NB35-750	—	○	—	—	—	○	—	—
NB35-800	—	○	—	—	—	○	—	—
NB35-850	—	○	—	—	—	○	—	—
NB35-900	—	○	○	—	—	○	○	—
NB35-1000	—	○	○	—	—	○	○	—
NB35-1100	—	—	○	○	—	—	○	○
NB40-600	○	—	—	—	○	—	—	—
NB40-650	○	—	—	—	○	—	—	—
NB40-700	○	○	—	—	○	○	—	—
NB40-750	—	○	—	—	—	○	—	—
NB40-800	—	○	—	—	—	○	—	—
NB40-850	—	○	—	—	—	○	—	—
NB40-900	—	○	○	—	—	○	○	—
NB40-1000	—	○	○	—	—	○	○	—
NB40-1100	—	—	○	○	—	—	○	○
NB45-600	○	—	—	—	○	—	—	—
NB45-650	○	—	—	—	○	—	—	—
NB45-700	○	—	—	—	○	—	—	—
NB45-750	—	○	—	—	—	○	—	—
NB45-800	—	○	—	—	—	○	—	—
NB45-850	—	○	—	—	—	○	—	—
NB45-900	—	○	○	—	—	○	○	—
NB45-1000	—	○	○	—	—	○	○	—
NB45-1100	—	—	○	○	—	—	○	○

2. 三菱重工業(株) MCBダンパー

三菱重工MCBダンパーの履歴特性は、降伏軸力 N_y で降伏し、最大軸力 N_m (=設計軸力 N_d とほぼ同等と見なす)で頭打ちする弾塑性特性としてモデル化します。

降伏軸力 N_y の設定については、芯材使用材料の降伏点として、低降伏点鋼については設計指針に示す降伏点の中央値を用い、その他の材料については下限値を用いて算定します。また最大軸力 N_u については、基本的には設計指針の引張強さの下限値を用いて算定するものとしませんが、降伏軸力、最大軸力などは材料のばらつきを考慮した上で全体架構の応答評価を行い、安全側の設計となるよう速度の影響による降伏点増加率を考慮しても良いものとします。

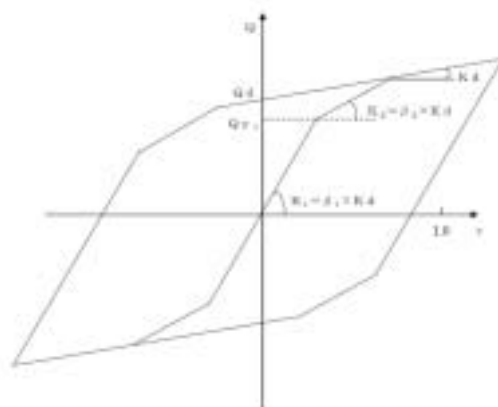


MCBダンパーの履歴特性

3. オイレス工業(株) LRB(歪依存型トリリニア)

初期剛性は歪が0.05における K_1 とし、以降下記の規則に従って弾塑性の判定が行われます。

- ① $|\gamma| \leq 0.05$ の範囲においては、 $\gamma = 0.05$ として(1)、(4)、(5)式により集まるトリリニア・ルールに従って動きます。
 - ② $|\gamma| > 0.05$ の範囲におけるスケルトン上の動きは(1)、(2)または(3)式で集まる K_d を瞬間剛性としてします。
 - ③スケルトンからの除荷時において、(1)～(3)、(4)式および(5)～(7)式によりトリリニア・ルールを設定します。
 - ④ トリリニア・ループから最大変形をこえると、スケルトン上に戻ります。
- 以降、②、③を繰り返します。



LRB(歪依存型トリリニア)の履歴特性

$K_d = 0.779 \cdot \gamma^{-0.42} \cdot K_{d100}$	$[\gamma < 0.25]$	(1)
$K_d = \gamma^{-0.25} \cdot K_{d100}$	$[0.25 \leq \gamma < 1.0]$	(2)
$K_d = \gamma^{-0.12} \cdot K_{d100}$	$[1.0 \leq \gamma < 2.5]$	(3)
$K_1 = \beta_1 \cdot K_d$		(4)
$Q_d = 2.036 \cdot \gamma^{0.42} \cdot Q_{d100}$	$[\gamma \leq 0.1]$	(5)
$Q_d = 1.106 \cdot \gamma^{0.145} \cdot Q_{d100}$	$[0.1 < \gamma < 0.5]$	(6)
$Q_d = Q_{d100}$	$[\gamma \geq 0.5]$	(7)

ここに、

K_{d100} : せん断ひずみ $\gamma = 100\%$ 時の降伏後剛性

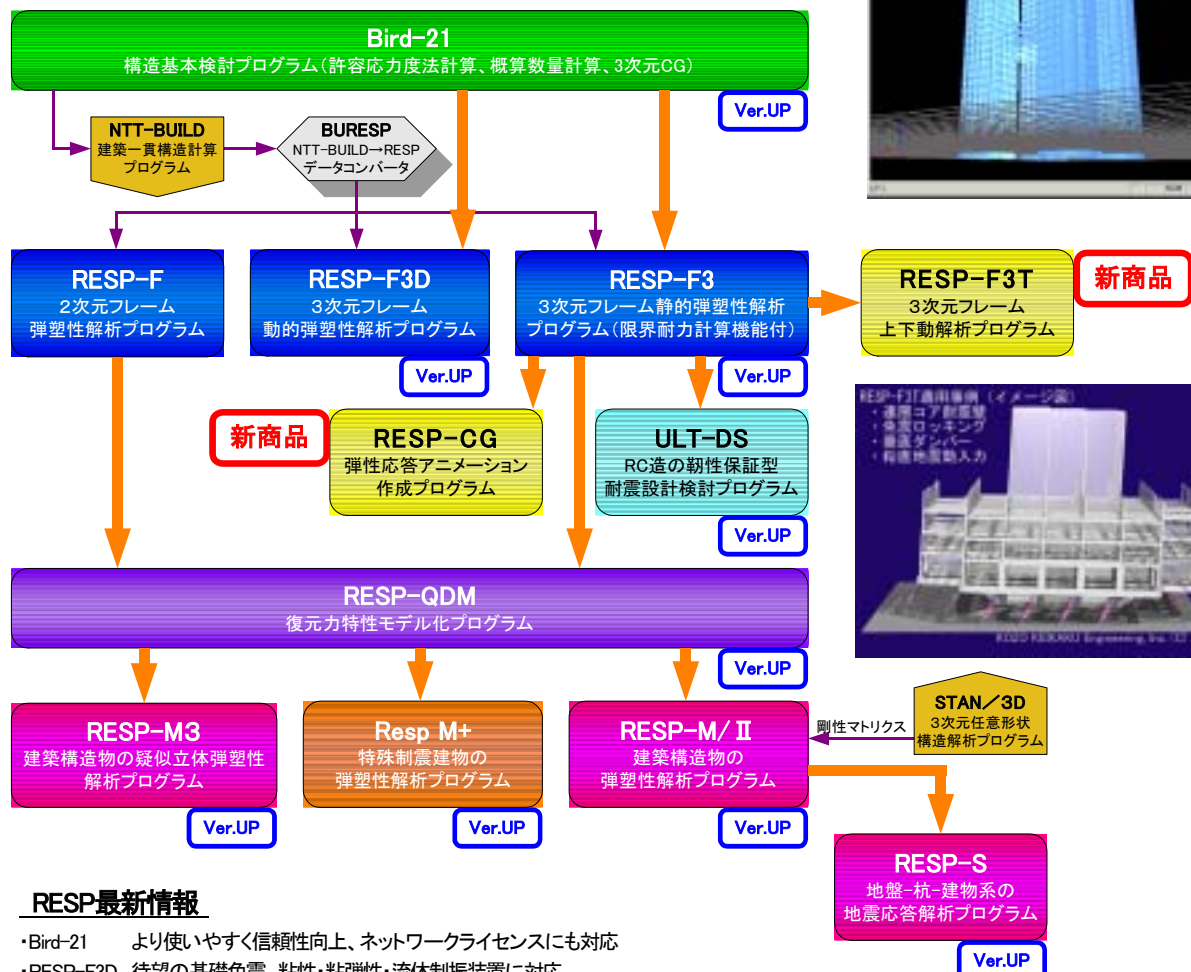
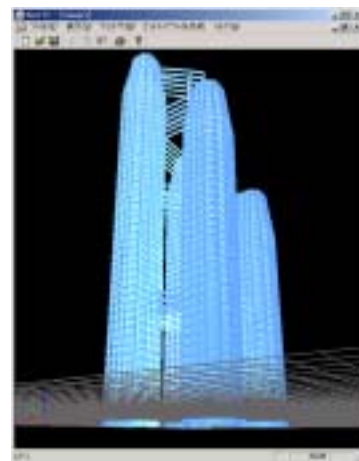
Q_{d100} : せん断ひずみ $\gamma = 100\%$ 時の降伏荷重

β_1 : K_1 / K_d (推奨値: 45)

α_1 : Q_{y1} / Q_d (推奨値: 0.7)

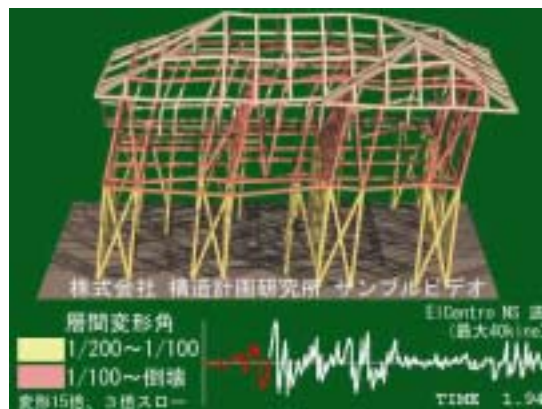
β_2 : K_2 / K_d (推奨値: 2.5)

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



- ・Bird-21 より使いやすく信頼性向上、ネットワークライセンスにも対応
- ・RESP-F3D 待望の基礎免震、粘性・弾塑性・流体制振装置に対応
- ・RESP-F3 杭・建物一体荷重増分解析、最新手法モードアダプティブに対応
- ・ULT-DS 都市基盤整備公団超高層RC造建物設計指針に対応

- ・超高層・高層RC建築の地震応答解析
- ・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
- ・建築構造物の機械振動、交通振動、歩行振動解析



● 短時間で構造基本検討・数量計算が可能なBird-21が大好評、体験セミナーを定期開催中 ●

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。

【バージョンアップのお知らせ】

建築構造計算プログラム Bird-21 バージョンアップ

建築構造計算プログラム Bird-21 は販売開始以来、RESP-F3 入力データ作成ツールとして、または企画段階・基本検討時の概算設計・数量算定ツールとしてお使いいただけてきました。今春、Bird-21 も販売 4 年目を向かえ、メジャーバージョンアップと保有水平耐力オプションの販売開始をいたします。今回は Bird-21 のバージョンアップ報告と保有水平耐力オプションをご紹介します。

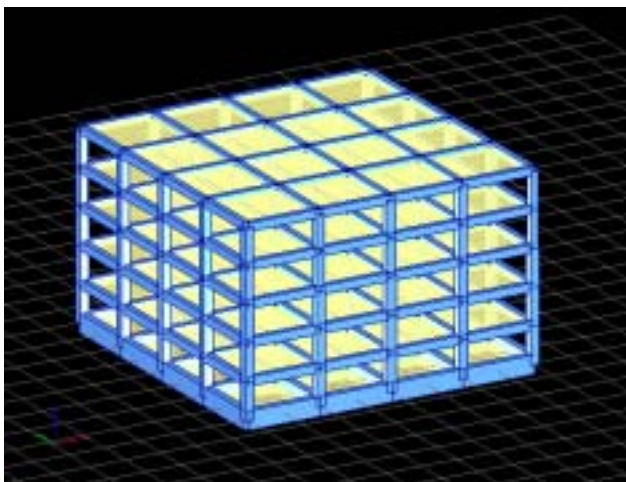
■Bird-21 Ver.2

Bird-21 はスピーディーに構造検討を行うために、使いやすさを追及したプログラムです。一次設計機能、概算数量算出機能、RESP-F3 入力データ変換と様々な機能を備えています。今回のメジャーバージョンアップの大きな特徴は解析時間のスピードアップ化です。実際に体験していただくと一番わかりやすいですが、今回は Ver.1 と Ver.2 の違いを数値的に示したいと思います。

1) 建物規模の小さいモデル

4 スパン×4 スパン 4 階建て R C 造

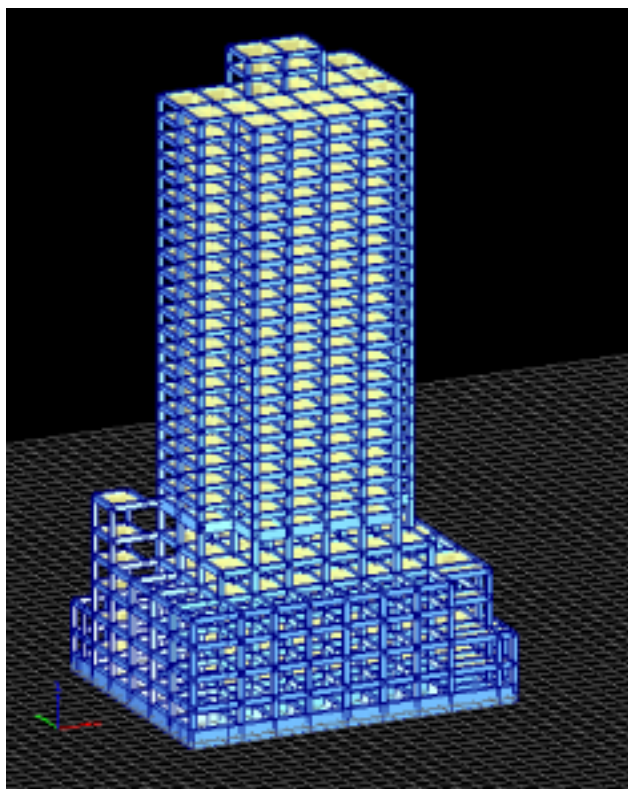
	Ver.1	Ver.2	比率
応力解析部	57sec	4sec	14.3 倍
全体	88sec	34sec	2.5 倍



2) 建物規模の大きなモデル

10 スパン×9 スパン 29 階建て R C 造

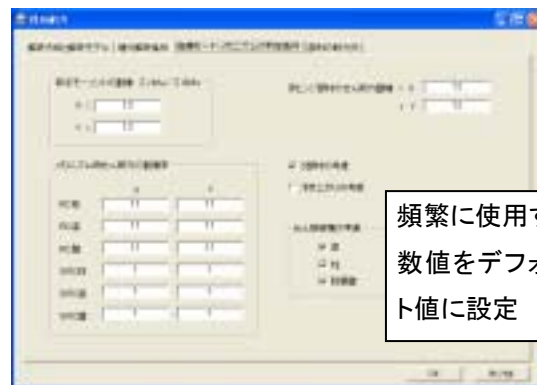
	Ver.1	Ver.2	比率
応力解析部	254sec	82sec	3.1 倍
全体	459sec	256sec	1.8 倍



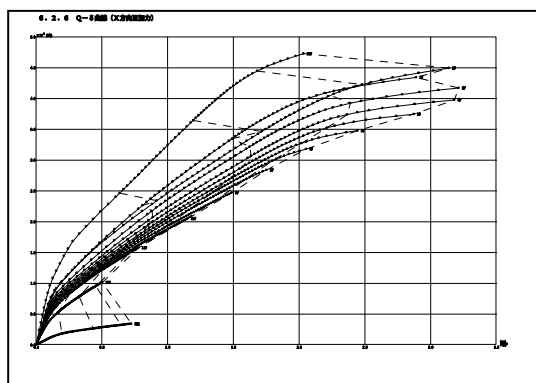
■Bird-21 保有水平耐力オプション

保有水平耐力オプションは、荷重増分解析法による保有水平耐力、必要保有水平耐力を計算するオプションです。

- ・RC 部材はひび割れを考慮したトリニア
- ・経済設計、作業効率を上げる【部材余裕率】表示
- ・使用頻度の高いデータをデフォルト値に設定
- ・解析モデルは完全立体モデル
- ・ユーザー設定可能な増分スケジュール



解析条件入力データ



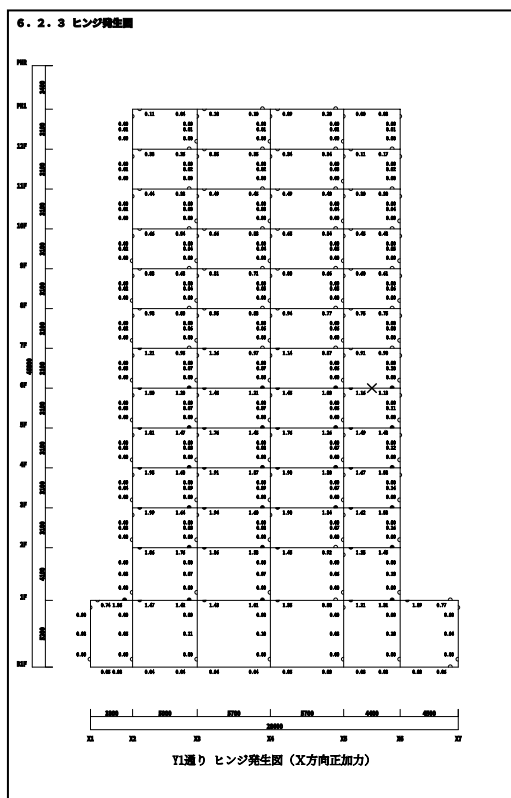
荷重変形曲線図

荷重増分スケジュールはユーザー直接入力による荷重倍率とステップ刻みです。

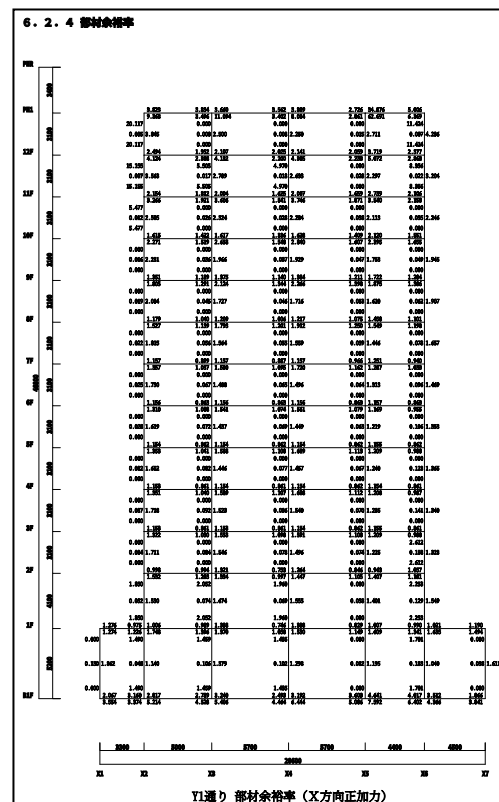
6.3.5 保有水平耐力比較表

方向	加力	種	構造	Qnd(kN)	Rs(値)	Res(値)	Qun(kN)	Qu(kN)	Qu/Qun	判定
X	正	12F	RC	25758	0.300	1.000	7727	10130	1.311	OK
		11F	RC	40040	0.300	1.000	12012	15771	1.313	OK
		10F	RC	52062	0.300	1.000	15619	20303	1.313	OK
		9F	RC	62697	0.300	1.000	18809	24685	1.312	OK
		8F	RC	72189	0.350	1.000	25266	28389	1.124	OK
		7F	RC	80823	0.350	1.000	28288	31763	1.123	OK
		6F	RC	88473	0.450	1.000	39813	34776	0.873	NG
		5F	RC	95205	0.450	1.000	42842	37455	0.874	NG
		4F	RC	101058	0.450	1.000	45476	39742	0.874	NG
		3F	RC	106058	0.450	1.000	47726	41694	0.874	NG
		2F	RC	110264	0.450	1.000	49619	43406	0.875	NG
		1F	RC	113994	0.450	1.000	51298	44898	0.875	NG
Y	正	12F	RC	25758	0.300	1.000	7727	7983	1.033	OK
		11F	RC	40040	0.300	1.000	12012	12430	1.035	OK
		10F	RC	52062	0.300	1.000	15619	16159	1.035	OK
		9F	RC	62697	0.300	1.000	18809	19455	1.034	OK
		8F	RC	72189	0.300	1.000	21657	22374	1.033	OK
		7F	RC	80823	0.450	1.000	36370	25033	0.688	NG
		6F	RC	88473	0.450	1.000	39813	27409	0.688	NG
		5F	RC	95205	0.450	1.000	42842	29520	0.689	NG
		4F	RC	101058	0.450	1.000	45476	31323	0.689	NG
		3F	RC	106058	0.450	1.000	47726	32860	0.689	NG
		2F	RC	110264	0.450	1.000	49619	34210	0.689	NG
		1F	RC	113994	0.450	1.000	51298	35386	0.690	NG

保有水平耐力、必要保有水平耐力比較表



ヒンジ発生図



二次設計部材余裕率図

部材余裕率図より、ピンポイントで部材の補強を行え、経済的な設計を行えます。



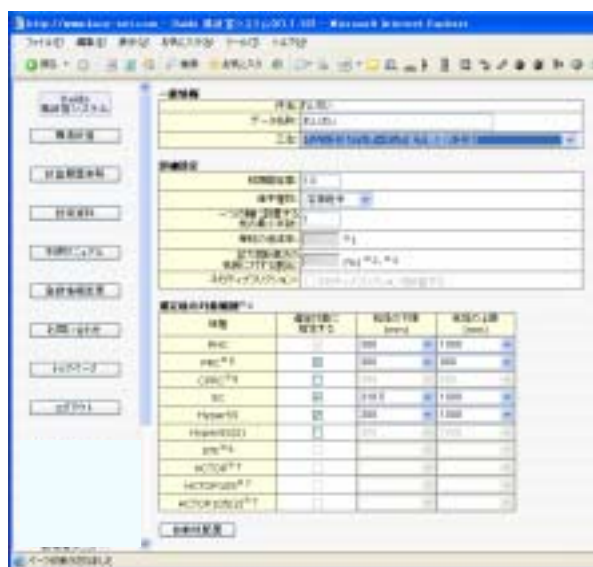
軸力データ入力画面

■8 種類の杭工法を選択可能です

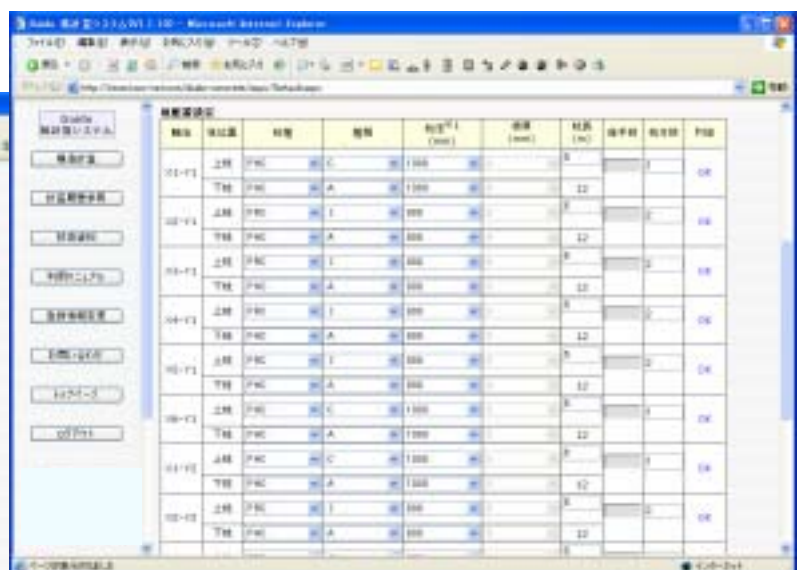
- ・ ケムン工法 (プレボーリング拡大根固め工法)
- ・ ST ケムン工法 (プレボーリング拡大根固め工法)
- ・ BSS 工法 (無排土[無廃土]埋設工法)
- ・ STJ 工法 (中掘り拡大根固め工法)
- ・ MRX 工法 (節形状掘削工法)
- ・ MEGATOP 工法 (PHC 節付杭・拡大根固め高支持力認定工法)
- ・ 打込み杭
- ・ 埋込み杭 (セメントミルク工法)

■10 種類の杭種に対応

- ・ PHC 杭 / PRC 杭 / CPRC 杭 / SC 杭 / STK 杭
- ・ HCTOP / HCTOP105 / HyperSS 等
- ・ 杭長、杭種は建物データ、地盤データをもとに自動配置します。
- ・ 実情に合わせて杭配置の修正がおこなえます。
- ・ 建物データに対して複数杭配置データを保持し、工法・杭種を比較することができます。

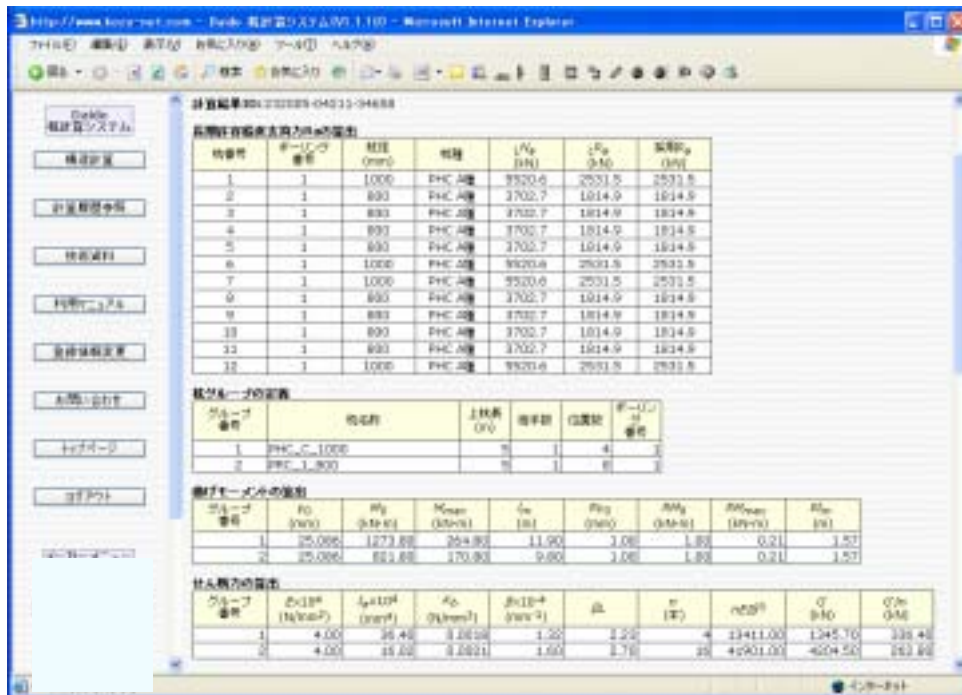


杭工法・杭種選択画面

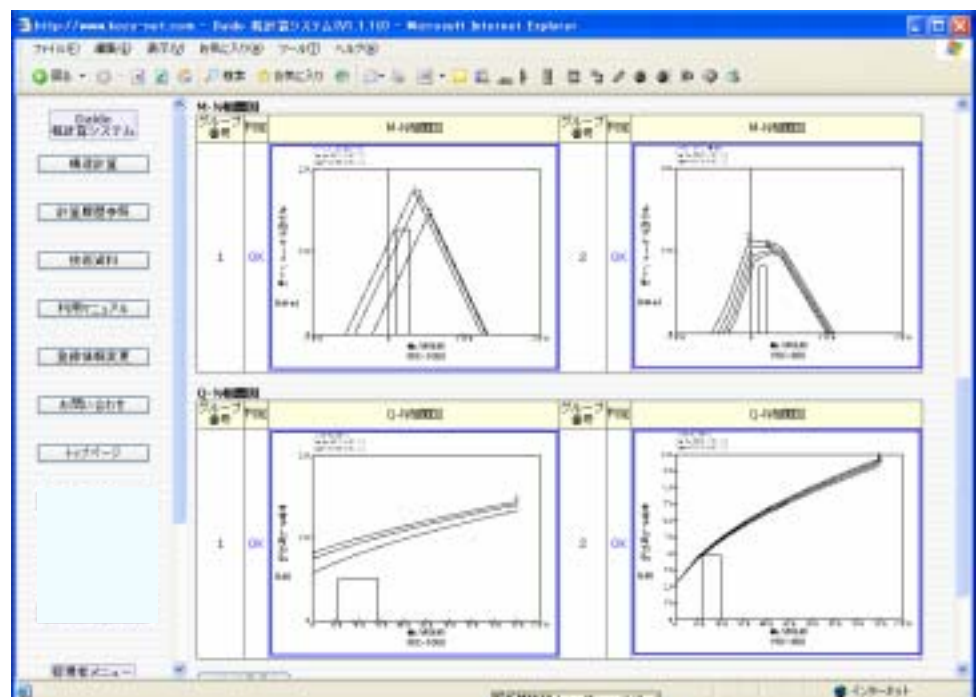


自動配置結果画面

- 計算結果をウェブの画面上で確認できます。また、Microsoft Word 形式による計算書のダウンロードが可能であり、設計図書に利用できます。
- ・ 支持力、水平力による曲げモーメント、せん断力の検討をおこないます。
- ・ 杭の M-N 関係、Q-N 関係はデータベースに登録されグラフで確認することができます。



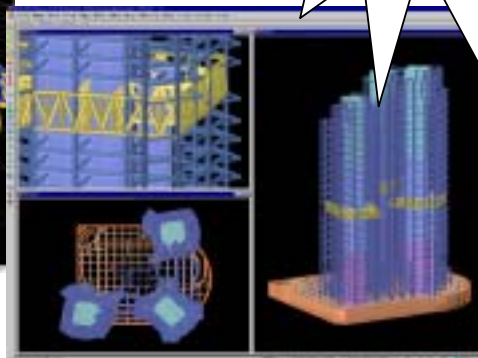
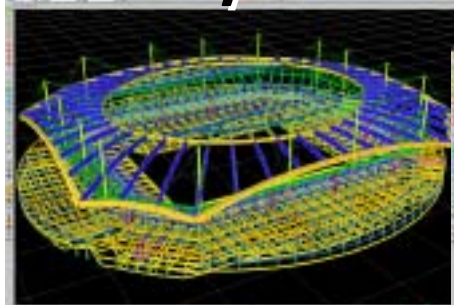
計算結果(支持力・水平力分担)



計算結果画面(M-N 関係、Q-N 関係)

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、

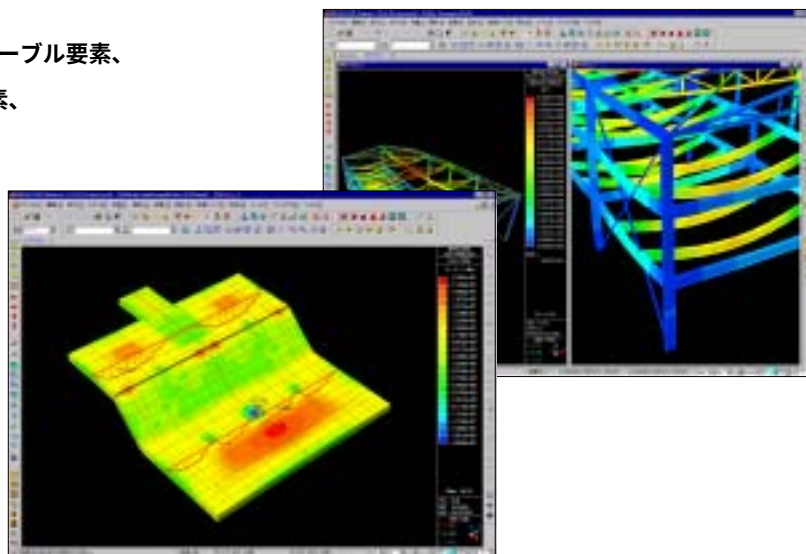
固有値解析、時刻歴応答解析、

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



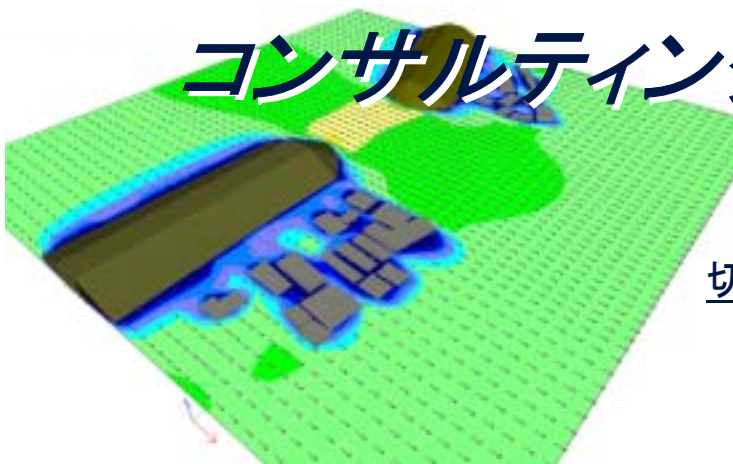
MIDAS は MIDAS IT 社の商標です。



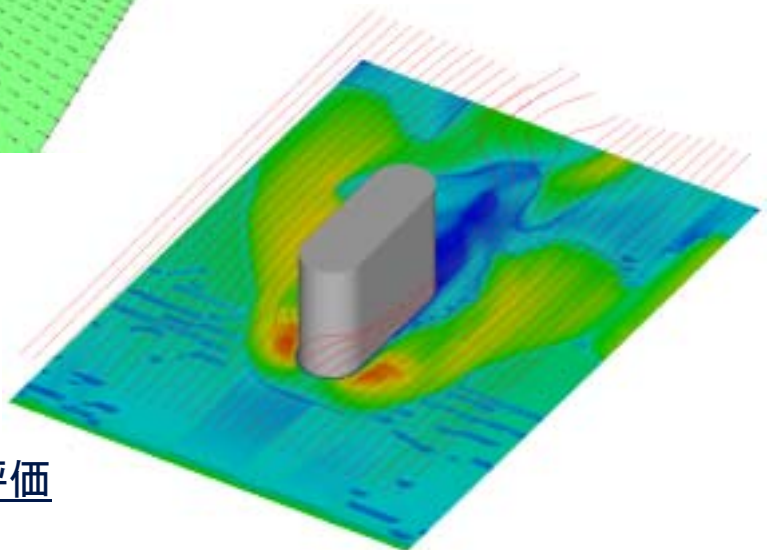
流れが見える！ 温度が見える！ 大気質が見える！

おまかせください！

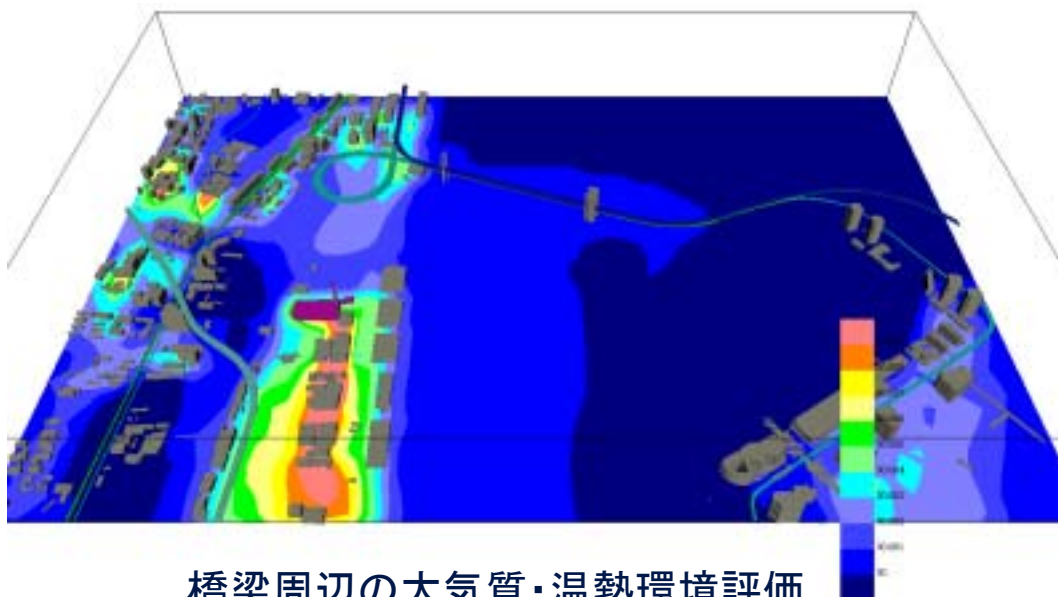
環境影響評価シミュレーション・ コンサルティングサービス



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

橋梁設計技術者のための 動的解析入門セミナー

これから動的解析を始められる方、動的解析の基礎について改めて勉強したいとお考えの方を対象としたセミナーです。動的解析のご経験がない方にもご理解頂けるよう、平易に橋梁動的解析の基礎についてご説明致します。また、動的解析ソフトを用いて、一連の動的解析の流れを体験することができます。

■内容

①橋梁の動的解析の基本(90 分)

◆動的解析とは何か？

多くの橋梁において必須となった動的解析とは何か？これまで行ってきた静的解析とどこが違うのか？

◆固有値解析とは何か？

なぜ固有値解析を行うのか？固有値解析から何が分かるのか？

◆減衰について

部材減衰定数設定における注意点とは？レイリー減衰設定における注意点とは？

◆動的解析のポイント

動的解析を行う上で注意すべきポイントは？解析結果の妥当性はどうか？
すれば分かるか？

②橋梁の動的解析の流れを知る(60 分)

動的解析ソフトを用いて、実際に一連の動的解析を体験して頂きながら、基本事項について解説します。

けた橋の耐震設計ナビゲートシステム

NAVI design-K

インターロッキング対応 オプションプログラムリリース！

＊少人数でのセミナーですのでご質問やご相談は必要に応じて時間を延長してお受け致します。
直接セミナーと関係のない内容でも結構です。

■日時 2005 年 5 月 25 日 (水) 13:00～15:30 (2.5 時間)

6 月 22 日 (水) 13:00～15:30 (2.5 時間)

■定員 10 名 ＊少人数でのセミナーですので、お早めにお申し込みください。

■会場 弊社新館ビル (下記住所)

■参加費用 お一人様 10500 円 (税込)

セミナーの詳細はホームページでご案内しています。

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

上記セミナー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 耐震技術部 土木構造室

東京都中野区中央4-5-3 TEL:03-5342-1138 FAX:03-5342-1238

2005 年福岡県西方沖地震で観測される地震動最大振幅について

司 宏俊¹⁾

1) 株式会社構造計画研究所 防災・環境部

1. はじめに

2005 年 3 月 20 日 10 時 53 分頃に福岡県西方沖を震源とした地震 ($M_{jma}=7.0$) が発生した。この地震では、福岡市、佐賀県で最大震度 6 弱を観測し、死者 1 名、負傷者 1,076 名、住家全半壊 334 棟、一部破損 8,086 棟など (4 月 21 日現在、内閣府¹⁾ 発表) の被害が報告されている。本稿では、独立行政法人防災科学技術研究所が管理、運営されている強震ネットワーク (K-NET)、基盤強震観測網 (KiK-net) から得られた観測データをもとに、地震動最大振幅の距離減衰特性について検討し、最大振幅からみた強震動の空間的な分布について考察してみることにした。

2. データ

本稿において、断層最短距離を計算するために、浅野・岩田(2005)²⁾による断層モデルを用いた。主なパラメータとして、断層の走向、傾斜角が 122° 、 87° となっている。また、断層モデルの上端深さは 1km、断層中心深さは 10km 程度となっている。図 1 に震央位置 (★) と断層モデルの地表面における投影を示す。なお、地震のタイプを地殻内、規模を示すモーメントマグニチュード M_w を 6.7 とした。

図 1 に、本解析で用いた強震記録の観測点分布を示す。用いた強震記録は、独立行政法人防災科学技術研究所による K-NET、KiK-net により観測・公表されているものである。これらのデータは、すべてデジタル記録が公表されていることから、加速度波形に 0.1~10Hz のバンドパスフィルターを施し、地表における最大加速度の値を求めた。最大速度は加速度波形を積分することによって求め、平均 S 波速度が 600m/s 程度の硬質地盤上のものに変換した。

結局、収集した強震記録は 558 記録で、最大加速度は $0.2\sim337.4\text{ cm/s}^2$ の範囲にあり、断層最短距離は 14km~840km の範囲にある。また、硬質地盤上において最大速度を求められたのが 329 記録、その値は $0.08\sim28.1\text{ cm/s}$ の範囲にあり、断層最短距離は 14km~840km の範囲にある。

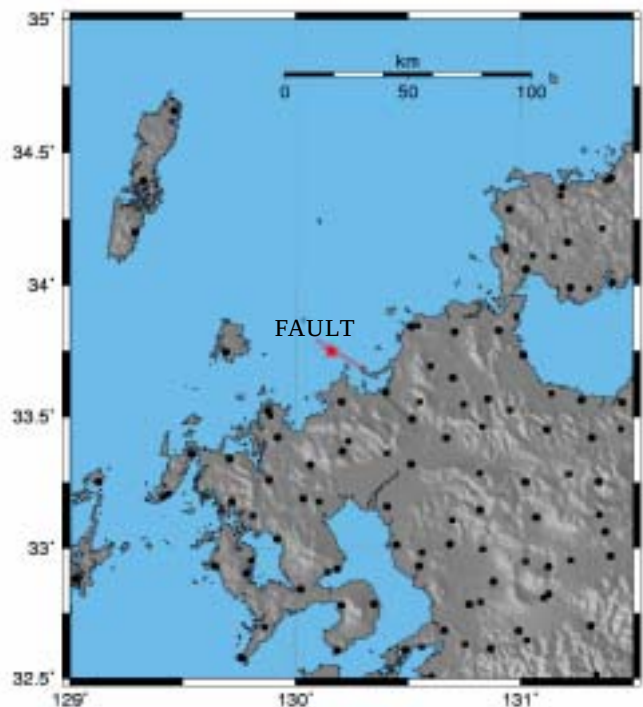


図 1 震源位置と観測点分布
(●印：K-NET、■印：KiK-NET)

3. 解析結果

図 2 に得られた硬質地盤上の最大速度と距離の関係を示す。同図に司・翠川(1999)³⁾の距離減衰式による予測値を 200km まで示されている。図から、観測記録と距離減衰式による値とおおむね一致し、ほぼ $+1\sigma$ 以内に収まっていることが分かった。

ここで、各観測点において、観測値と距離減衰式による予測値の比の常用対数を残差として計算して図 3 にプロットし、最大速度からみた地震動強さの空間分布を示す。図に距離減衰式による平均値より大きい記録を○印、小さい記録を△印で示す。マーカーの色の濃淡は残差の大きさを示す。図から、全般的に、観測値が距離減衰の平均値より大きくなっている観測点が比較的多く見受けられるが、断層が海域に位置しており、断層を中心とした地震動の空

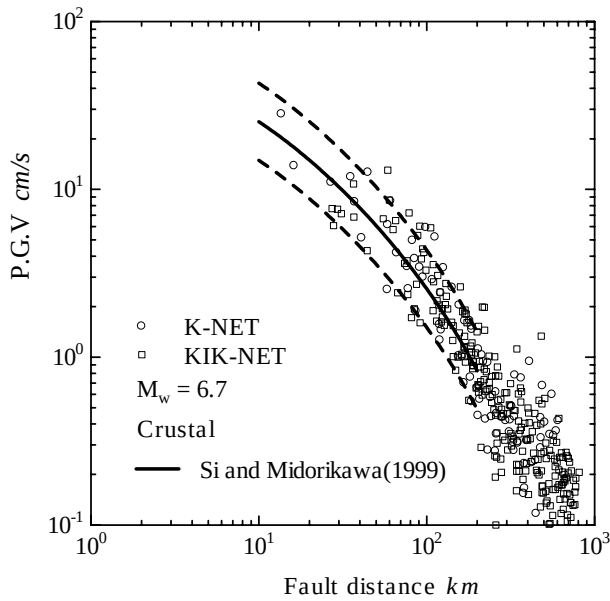


図2 最大速度の距離減衰特性

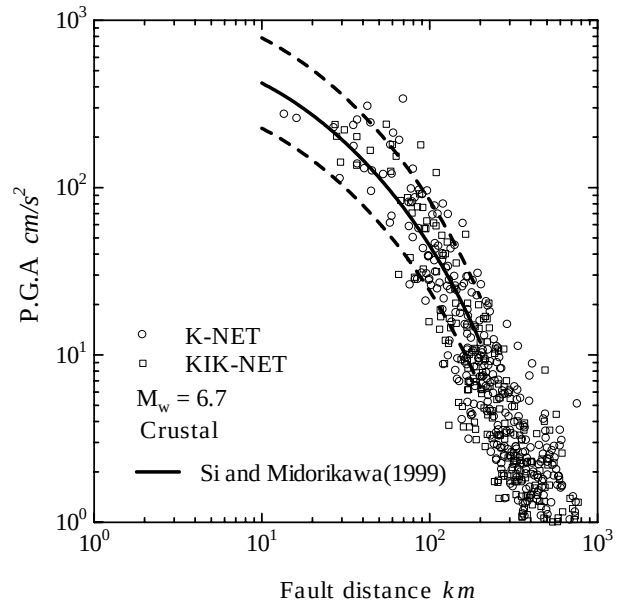


図4 最大加速度の距離減衰特性

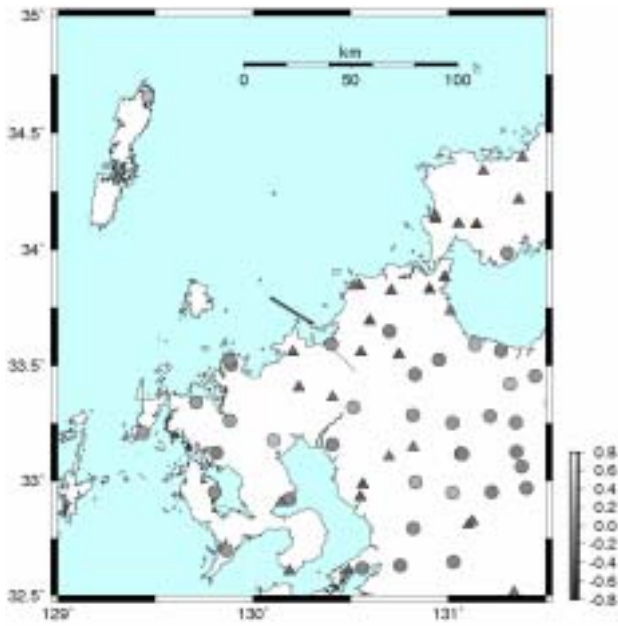


図3 最大速度の残差分布図

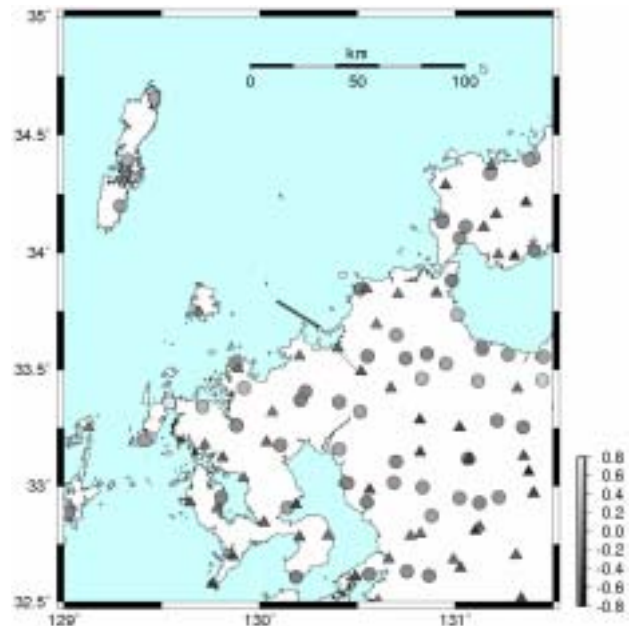


図5 最大加速度の残差分布図

間的な分布を比較して確認することができなかった。

図4に硬質地盤上の最大加速度と距離の関係を示す。同図に司・翠川(1999)³⁾の距離減衰式による予測値を200kmまで示されている。図から、観測記録と距離減衰式による値とおおむね一致するが、最大速度より、距離減衰式による平均値より小さい観測点が少なくなっていることが見受けられる。

図5に図3と同様に最大加速度の残差分布を示すが、図3と同様なことが言えることが分かった。

4. まとめ

本解析では、2005年福岡県西方沖地震で観測された最大速度、最大加速度の距離減衰特性について考察し、既往の距離減衰式と概ね一致していることから、この地震は地殻内地震として平均的強さを示していることがわかった。また震源が海域に位置し、地震動最大振幅の空間的な分布を比較して確認することができなかった。

謝辞

本研究で使用した強震記録は(独)防災科学技術研究

所による K-NET、KiK-net によるものです。図は GMT 及び Plots により作成しました。関係者各位に 篤くお礼申し上げます。

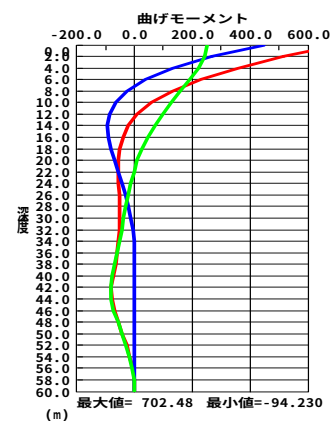
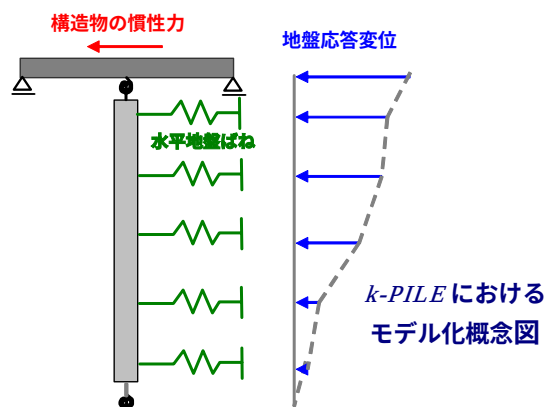
参考文献

- 1) 内閣府：福岡県西方沖を震源とする地震について（第 26 報）、
http://www.bousai.go.jp/kinkyu/050320jishin_fukuoka/jishin_fukuoka_26.pdf、2005 年 4 月 21 日。
- 2) 浅野・岩田：震源域近傍強震動記録からみた 2005 年福岡県西方沖の地震の震源過程（Ver.3）、
<http://sms.dpri.kyoto-u.ac.jp/k-asano/050320inv.html>、2005 年 4 月 21 日。
- 3) 司宏俊・翠川三郎：断層タイプ及び地盤条件を考慮した最大加速度・最大速度の距離減衰式、日本建築学会構造系論文報告集、第 523 号、pp.63-70、1999 年

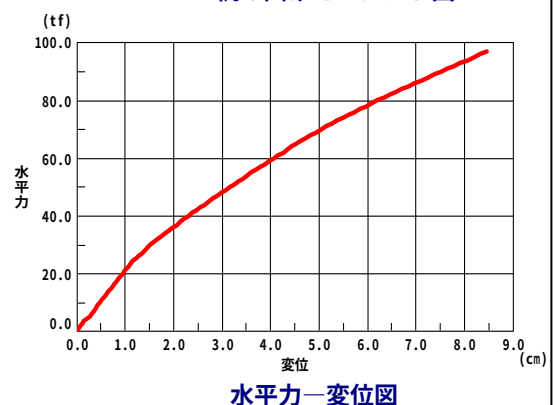
k-PILE

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。



杭の曲げモーメント図



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。



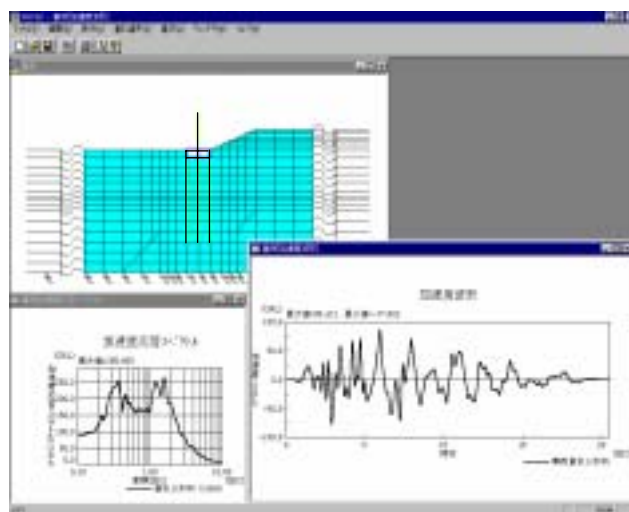
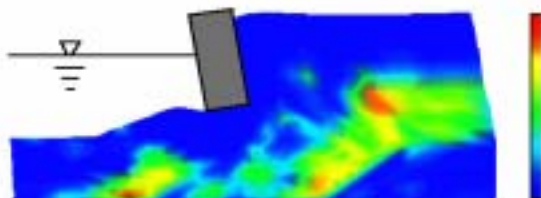
活断層による最大値一覧出力画面

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。

摩擦係数の違うすべり支承の応答特性の違い

金山 亨¹⁾, 荒木 秀朗¹⁾

1) 株式会社構造計画研究所 耐震技術部

1. はじめに

地震時の橋梁に生じる水平エネルギーを吸収するために、すべり支承を有効に用いた研究^{1),2)}が報告されているが、すべり支承の挙動を決定する摩擦係数による応答がどのような違いとなるかについては研究された事例は少ない。筆者らはすべり支承を有する連続桁橋をモデルに、摩擦係数が違うすべり支承を配置し、その応答性状の違いについて解析的な検討を行った。また、本研究ではすべり支承をばねモデルで表現したときと先に報告した³⁾摩擦抵抗力としてモデル化したときの応答の違いについても比較・検討を行った。

2. 解析モデルおよび解析ケース

今回の解析的検討に用いたモデルを図-1,2 に示す。対象橋梁は等スパンの5径間連続P C桁橋で、橋脚高さ15m、橋脚の断面は4.0m×2.5mである。上部構造のモデル化は線形のはり要素、橋脚基部はトリリニアの非線形特性を持つ回転ばね要素でモデル化した。回転ばねの復元力特性は武田モデルとした。

すべり支承は摩擦係数0.15の積層ゴムすべり支承を想定したモデルを標準とし、摩擦係数0.02に設定した低摩擦すべり支承モデルを別に設定した。

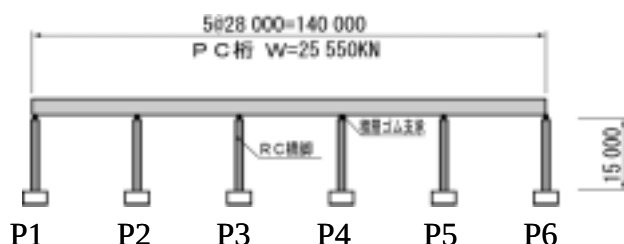


図-1 モデル橋梁(単位は mm)

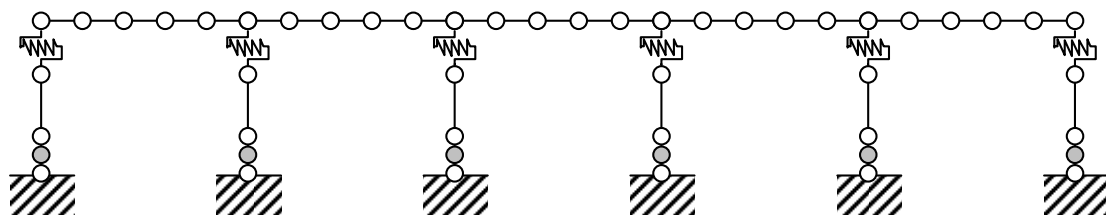


図-2 解析モデル図(○は節点, ●は塑性ヒンジばね)

すべり支承部分のモデル化方法としては、標準型のバイリニアモデルと依存性を考慮した摩擦抵抗力モデルの2つのモデルを設定した。なお、依存性摩擦抵抗力モデルにおいては累積すべり量の設定により摩擦係数が変動するため、その累積すべり量が400mm付近で等価な摩擦係数になるようにパラメータの値を決定した。

本研究で設定した解析ケースを表-1 に示す。

3. 時刻歴応答解析結果

各解析モデルの地震時の応答性状を知るために時刻歴応答解析を行った。なお、時刻歴応答解析の前に固有値解析を実施した。橋軸水平方向1次振動の固有周期を表-2 に示す。すべり支承をばね要素でモデル化した場合は摩擦による力と変形の関係をばねの初期剛性で表現している。したがって、固有周期はかなり短い周期となっている。すべり支承を摩擦抵抗力で表現したモデルについては、変形と力の関係を等価なばねに置き換えて算出した。

表-1 解析ケース

Case	摩擦係数 μ	すべり支承モデル化方法
1	0.15	標準型バイリニアばね要素
2	0.02	同上
3	0.15	依存型摩擦抵抗力モデル
4	0.02	同上

表-2 固有値解析結果

Case	固有周期(sec)
1	0.877
2	0.576
3	1.257
4	2.351

時刻歴応答解析に用いた地震波は、すべり発生以降橋梁全体が長周期化することを考慮して、比較的長周期成分が記録されているⅡ種地盤のタイプⅠ（「1968年 日向灘沖地震 M7.5 板島橋周辺地盤上L G」）を採用した。数値積分法にはNewmark β 法 ($\beta=0.25$)を用い、直接積分法の積分間隔は0.001秒で応答解析を行った。また、減衰はRayleigh減衰とした。

時刻歴応答解析結果として、上部構造における橋軸方向の時刻歴変位を図-3に、橋脚基部の曲げモーメント-回転角の履歴曲線およびすべり支承における荷重-変位曲線を図-4、5に示す。

上部構造の最大応答変位と残留変位の結果をまとめて表-3に示す。積層ゴムすべり支承に比べ、低摩擦すべり支承が最大応答変位で5.5倍程大きくなっている。また、残留変位も積層ゴムすべり支承が3cm程度なのに対して、低摩擦すべり支承は26.1cmと約8.7倍になっている。これは、低摩擦すべり支承の摩擦係数が小さいことによるものと考えられる。

表-3 上部構造の最大応答変位と残留変位

Case	1	2	3	4
摩擦係数 μ	0.15	0.02	0.15	0.02
すべり支承モデル化	ばね要素	ばね要素	抵抗力	抵抗力
最大応答変位(m)	0.169	0.926	0.267	0.751
残留変位(m)	0.030	0.261	0.182	0.669

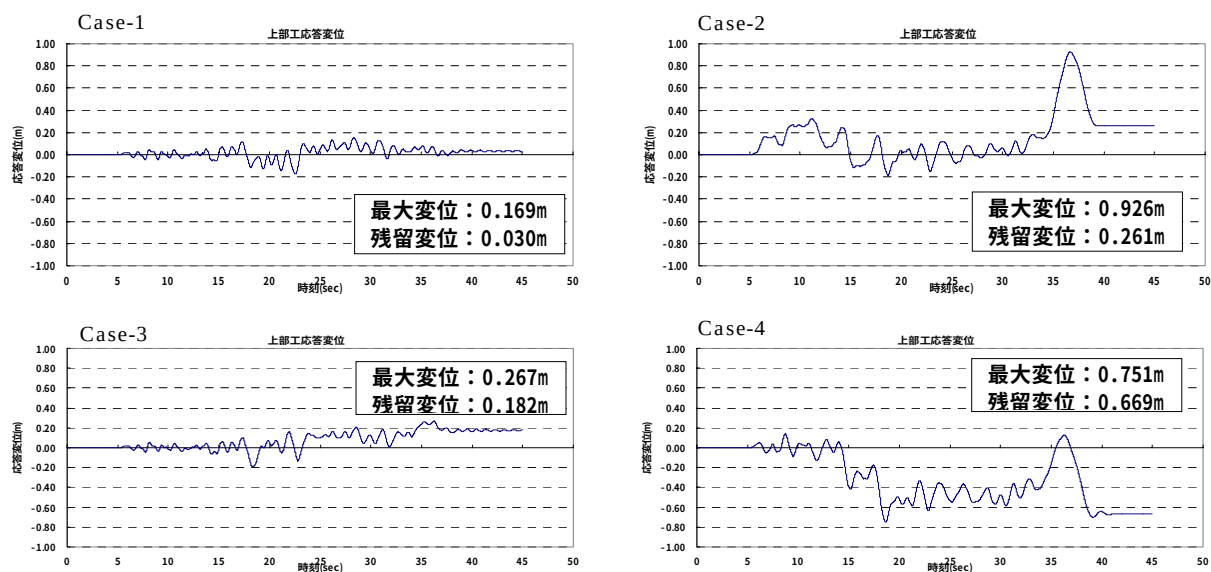


図-3 上部構造の時刻歴応答変位

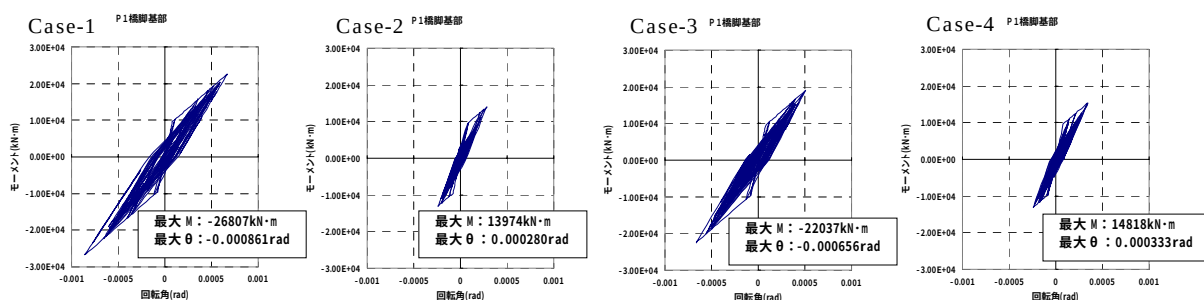


図-4 P1橋脚基部の曲げモーメント-回転角履歴

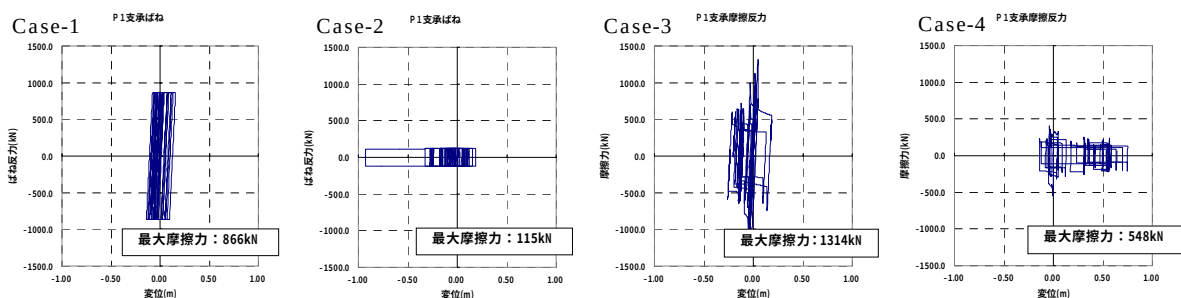


図-5 すべり支承部の荷重-変位履歴

すべり支承のモデル化の違いでみると、積層ゴムすべり支承のばねモデルの残留変位が 3cm なのに対して、依存性摩擦抵抗力モデルは 18.2cm、低摩擦すべり支承のばねモデルの残留変位が 26.1cm なのに対して、依存性摩擦抵抗力モデルは 66.9cm といずれも依存性摩擦抵抗力でモデル化した方が大きな値を示している。また、最大応答変位を比較すると依存性摩擦抵抗力モデル (75.1cm) がばねモデル (92.6cm) よりも小さい値となっているが、図-3 の時刻歴応答変位で比較すると依存性摩擦抵抗力モデルが残留変位を加味した結果として最大応答変位がばねモデルよりも小さい結果となったことが分かる。これらは、ばねモデルは変形量に応じて変形を戻そうとする復元力が数値解析上発生してしまうのに対して、依存性摩擦抵抗力モデルは単に力で表現されていることにより、運動方程式に復元力として影響を与えないためであると考えられる。

摩擦係数の違う 2 つのすべり支承の適用効果を橋脚基部の応答結果で比較すると表-4 のようである。

低摩擦すべり支承を用いたモデルは橋脚の応答を小さく低減することができ、積層ゴムすべり支承と比べても最大曲げモーメントは約半分の大きさになっている。これは上部構造と橋脚天端の間にある摩擦係数の低いすべり支承が力の伝達をある程度遮断していることによると考えられる。なお、モデル化の違いによる橋脚応答への影響は少なく、どちらのモデル化においてもほぼ同程度の応答結果となった。

表-4 橋脚の最大曲げモーメントと回転変位

Case	1	2	3	4
摩擦係数 μ	0.15	0.02	0.15	0.02
すべり支承モデル化	ばね要素	ばね要素	抵抗力	抵抗力
最大曲げモーメント(kN・m)	-26807	13974	-22037	14818
最大回転変位(rad)	-0.000861	0.000280	-0.000656	0.000333

4. まとめ

摩擦係数の違う積層ゴムすべり支承と低摩擦すべり支承をモデル橋梁に適用して時刻歴応答解析を行い、応答特性の違いについて検討を行った。また、すべり支承のモデル化の違いが応答結果に与える影響についても検討を行った。今回の検討により以下の結論を得た。

- ・ 低摩擦すべり支承は最大応答変位、残留変位とも積層ゴムすべり支承のそれより大きくなる。これは摩擦係数が低いため、変形が大きくなったものと考えられる。
- ・ すべり支承をばね要素ではなく依存性摩擦

抵抗力でモデル化した場合、ばね要素でモデル化した場合の残留変位より、依存性摩擦抵抗力でモデル化した場合のそれが大きい値を示した。これは、ばね要素でモデル化した場合は変形を戻そうとする復元力が応答計算上で加味されることが影響していると考えられる。

- ・ 低摩擦すべり支承を採用したモデル橋梁と積層ゴムすべり支承を採用したモデル橋梁で橋脚の応答を比較したところ、低摩擦すべり支承を採用したモデルの橋脚の応答は積層ゴムすべり支承を採用したモデルの約半分の応答結果となった。これは、摩擦係数が小さいことにより、上部構造の慣性力をすべり支承が伝達を遮断しているためであると考えられる。
- ・ すべり支承のモデル化をばね要素で表現した場合と依存性摩擦抵抗力モデルでモデル化した場合での橋脚の応答結果を比較したが、顕著な違いは見受けられなかった。

参考文献

- 1) 清水晋作, 大塚久哲他: 低摩擦すべり支承を有する連続桁橋の耐震性に関する基礎的研究, 土木学会西部支部研究発表会, pp.139-140, 2005 年 3 月。
- 2) 水田洋司・橋本晃: ゴムとコンクリートのすべり摩擦を利用したすべり支承とその減衰効果, 構造工学論文集 Vol.49A, pp.611-621, 2003 年 4 月。
- 3) 水田洋司, 金山亨他: 積層ゴムすべり支承の摩擦力-変位特性とそのモデル化, 構造工学論文集 Vol.51A, pp.621-628, 2005 年 4 月。

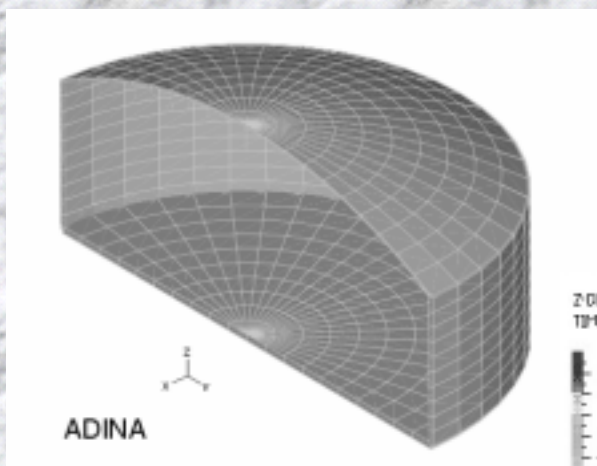
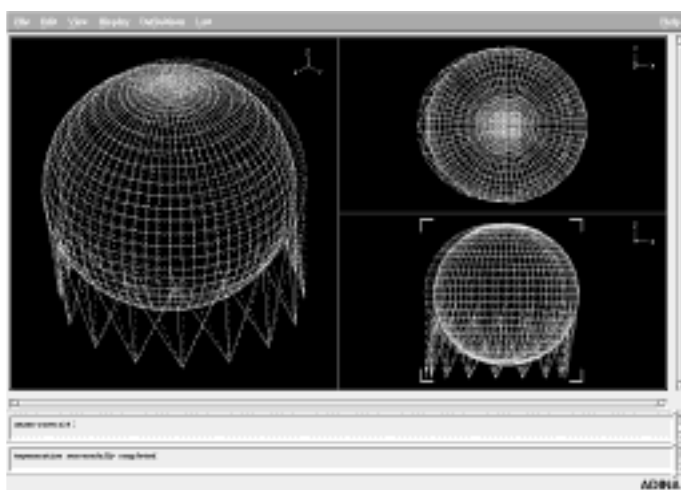
有限要素法による

解析コンサルティング

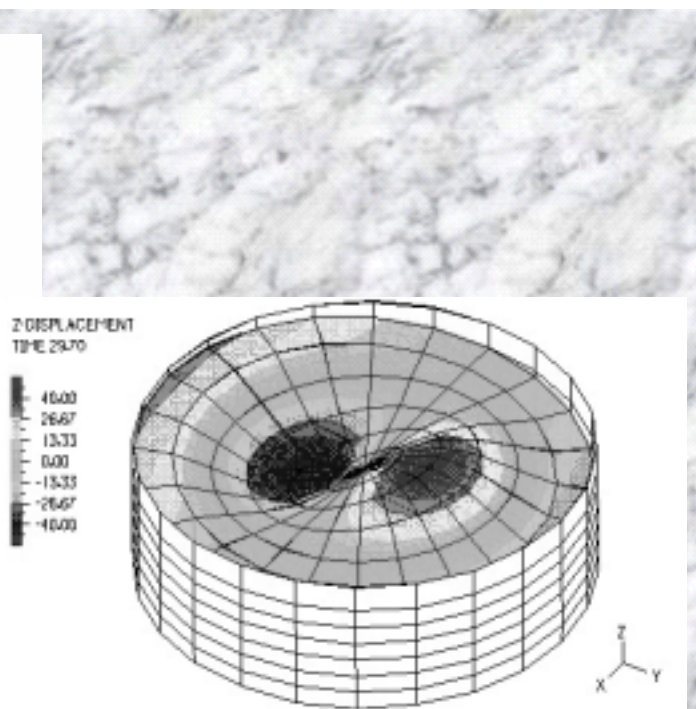


非線形有限要素法プログラム

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。

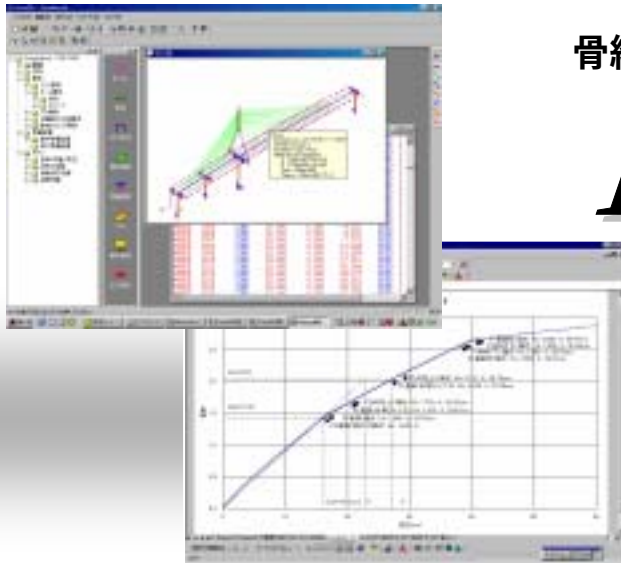


★ ADINAはADINA R&D, Inc.
(米国) の登録商標です。



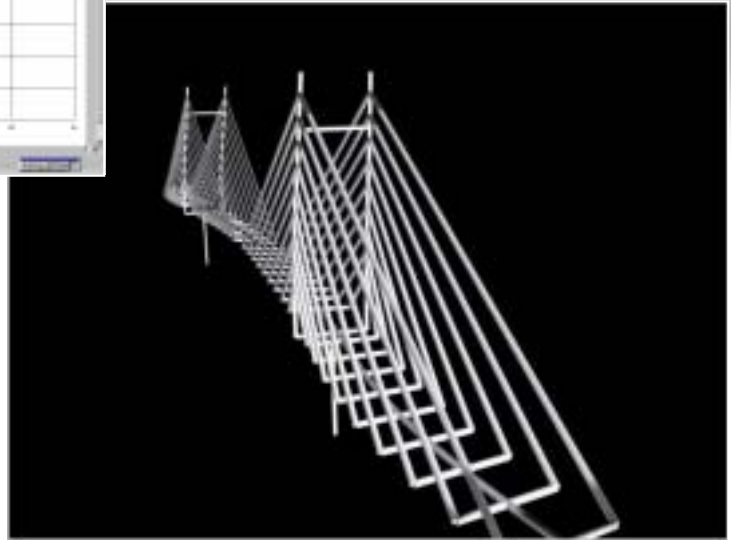
骨組構造物の汎用非線形解析プログラム

RESP-T for Windows



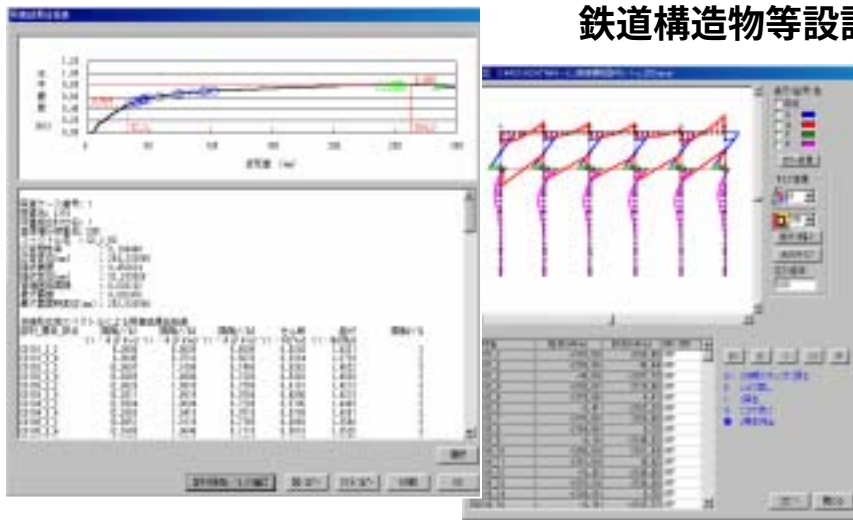
非線形問題、動的問題を
高解析機能でカバー！

- 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

耐震設計編に準拠！



- 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

新 RC 標準 (H16) 対応
新バージョン近日リリース！

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。

解析雑誌 Vol.15 読者アンケートのお願い

大阪万博当時、私は小学生でした。外国人が珍しくて、一般人なのにサインをもらったり、さんざん並んで月の石を見たりした記憶が今も鮮明です。同年代同士だと、いまだに「万博でスタンプを何館分集めたか」が話題に上ることもあります。先日、愛知万博「愛・地球博」に行ってきました。私が大阪当時の新鮮さを感じないのは当然として、外国人もよくできたテーマパークも見慣れている最近の子供たちは、モリゾーとキッコロを40過ぎても覚えていたりするのでしょうか？

えていたりするのでしょうか？

本誌が長く皆様の印象に残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 06-6243-4500 ●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場合があります。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.15 2005.5

(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 Microsoft 社の登録商標です。

Journal of Analytical Engineering,
Vol.15, 2005.5

Kozo Keikaku Engineering, Inc.