

# Vol.10 2003.9

# [ Topics ]

JULLAU O

対話式部材性能評価プログラム INCEC/RS 設計用入力地震動作成システム バージョンアップ NAVI design-K バージョンアップ

# [ Technical Reports ]

地震防災情報システムを利用した震度 分布シミュレーション

高速道路交通ネットワークシステムの地 震リスク評価

断層変位を受ける埋設ガス導管の破壊 挙動解析



Journal of Analytical Engineering, Vol.10, Preface

【巻頭言】

# 10号発刊によせて

### 耐震技術部 部長 荒木 秀朗

2000年9月に「解析雑誌」を発刊して以来、本号で丁度10号を発刊する運びとなりました。皆 様からの応援の声に支えられながら発刊を継続できたことに感謝の念が耐えません。ここに改めて、御 礼申し上げる次第でございます。

さて、2003年の夏も終わりを告げようとしておりますが、巷では「今年に夏はあったのか」と噂 されるほど涼しい夏でありました。気象庁の発表によりますと、北のオホーツク海高気圧が優勢で、太 平洋高気圧の張出しが弱かったため、梅雨前線が本州上や南岸に停滞し、梅雨明けが平年より大幅に遅 れたとされております。そのため、日照不足や長雨が続き、各地で平年より気温が下がり、所によって は平均気温が平年より3度以上、下回ったところがあったと報告されております。

さて、中々梅雨が明けなかった日本ではありますが、経済状況の方もいつ明けるか判断がつかないほ ど長い低迷の状態が続いております。それでも日銀発表による企業短期経済観測調査(短観)によると、 企業の景況感を示す業況判断指数(DI)は大企業製造業でマイナス5となり前回3月の調査に比べ5 ポイント上昇し、前回調査で悪化した指数は昨年12月以来2期ぶりに改善に転じたと発表がありました。 ただ、先行きの景況感は横ばいのままで不透明感が残っているとの見通しも発表されております。

7月の失業率は 5.3%で横ばい、7月のサラリーマン世帯消費支出実質 6.0%減、冷夏が響いたため小 売業販売額3.0%減などとあまりよいニュースは聞かれませんが、反面、7月の新設住宅着工は2ヶ月連 続増加、鉱工業生産は0.5%上昇など景気の上昇を予感させるような動きもちらほら出始めているような 兆候も見られます。

そのような中で発表された国土交通省の平成16年度予算概算要求では、前年度比1.16ポイント の増加要求が示され、経済活性化・構造改革促進をうたっています。特に基本方針にある公共投資重点 4分野として盛り込まれている中では都市交通の円滑化や市町村合併を支援する道路整備の推進など社 会インフラの整備を推進する要求や大規模地震防災対策の推進など安全な都市づくりに対する要求が明 示されています。

今はコスト縮減を前面に押出して社会基盤整備が実施されていますが、そこにある大前提は利用者の 安全性が保障されていることは言うまでもないことだと思います。安全で、環境に優しく、経済性を考 慮し、安定した社会基盤整備・都市・地域づくりの実現に取り組まれている技術者、研究者の方々に対 し、微力ながらご協力をさせていただき、皆様と共に新しい未来の日本を建設するお手伝いができれば と願う次第でございます。

今後も皆様のご指導・ご鞭撻のもと「解析雑誌」刊行を継続させていただき、私共の姿勢や取り組み に対してご共感・ご賛同いただければ幸いと存じます。



【巻頭言】 10号発刊によせて 荒木 秀朗	02
<i>Topic 1</i> 対話式部材性能評価プログラム INCEC/RS <i>Topic 2</i> 設計用入力地震動作成システムバージョンアップ <i>Topic 3</i> けた橋の耐震設計ナビゲートシステム NAVI design-K バージョンアップ	05 08 11
<i>Technical Report 1</i> 地震防災情報システムを利用した震度分布シミュレーション 橋本光史・坪田正紀	15
<i>Technical Report 2</i> 高速道路交通ネットワークシステムの地震リスク評価 村地由子・篠塚正宣	17
<i>Technical Report 3</i> 断層変位を受ける埋設ガス導管の破壊挙動解析 川上 誠・永井古都・小川安雄・矢納康成	23
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

本誌内では弊社(株)構造計画研究所を KKE と呼称しています。

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/





【お知らせ】



2000 年 4 月の発売以来、複雑で膨大な処理を要する鉄道高架橋の耐震設計・照査のさまざまな場面で、 ASCA/RS は着実に実績を上げてまいりました。そのような中で、「変形性能だけ計算したい」といったご 要望に応え、このたび INCEC/RS をリリースすることになりました。

INCEC/RS は、基本設計から詳細設計まで、部材の検討をよりスムーズに行えるようなさまざまな機能 を用意しております。今回は、その中でも INCEC/RS の持ついくつかの特徴的な機能をご紹介します。

### INCEC/RS の基本機能

INCEC/RS は、RC (矩形・円形・円環・T 形) SRC (矩 形・円形・T 形) CFT(円形)の3種類の部材の変形性能 曲げ耐力、せん断耐力を計算し、csv ファイルで出力する 機能を有します。そのほか、ASCARS の部材性能直接入力 で読み込める p10、p12 ファイル、さらに、弊社が提供す る汎用3次元骨組み解析プログラム RESP-T のM- 骨格曲 線もしくは、M-N インタラクションデータを出力します。



SRC 矩形入力画面



RC 矩形入力画面



CFT入力画面



Kozo Keikaku Engineering, Inc. 2003.9

### INCEC/RS モデルビュー操作

INCEC/RS は、入力直後に断面、配筋の様子が確認できる最新の3次元入力モデルビュー機能を提供します。



3次元モデルレビュー形状表示画面

Barr-3 (1007-31)	せん断スパンを同	間違えると	$\sum$
Artis Scient Science Sciences Backwards - Sciences	00		
100-121(20-1 AU		1000	
		a	

単純なケアレスミスは、これで大幅に減少します。 その他、スウィング・ローリング・スライド機能(下図) により入力した部材を自由な角度から確認できますので、 直感的なチェックには最適です。



スウィング・ローリング・スライド機能

表示の拡大・縮小には、マウスホイール(マウス中央の ローラー)を使います。前に転がすと拡大(近づくイメ ージ)後ろに転がすと縮小(離れるイメージ)されます。

### INCEC/RS 自動計算機能

INCEC/RS では、ASCA/RS で搭載した自動計算機能を随 所に配置しております。コンクリート強度の特性値や、 鉄筋比の計算は、ボタンを押すだけで計算します。もち ろん上書き入力をしていただいてもかまいません。



前に転がすと拡大



材料定数定義画面の自動計算

マウスホイールによる拡大・縮小

INCEC/RS ダウンロードサイト

INCEC/RS は、専用のインストーラーの要らないコンパ クトなプログラムです。 ライセンス管理はソフトウェアーで行っており、専用 のドライバーなども要りません。 最新のプログラムや、Q&A も専用のダウンロードサイ トから取得できます。 INCEC/RS URL

http://www4.kke.co.jp/packages/incec/incec.htm

現在無料1日試供バージョンもダウンロードできます。

【お知らせ】

設計用入力地震動作成システム バージョンアップ

地震荷重設定システム SeleS for Windows Version 4.0

設計用入力地震動作成システムは、建設地周辺の地震環境を考慮して設計用入力地震動を作成するシス テムとして数多くの方々にご利用いただいております。システムは、周辺の地震環境を考慮して工学的基 盤面の地震動強さ(応答スペクトル)を設定する SeleS、応答スペクトルから適合する模擬地震波を作成 する ARTEQ、成層地盤の地震応答解析を行う k-SHAKE+、作成した波形処理を行う k-WAVE の計4 つのプロ グラムで構成されています。ここでは、平成15年9月にリリースを予定しております SeleS の最新バー ジョンについてご紹介します。

### SeleS とは

SeleS は、建設地周辺の地震資料や活断層データを考慮 して耐震設計のための地震荷重設定を支援するシステム です。従来、周辺の地震環境を考慮した地震荷重の設定 には専門知識と膨大な時間を要しましたが、SeleS は地震 情報データベースと評価に必要な各種計算機能を統合し た地理情報システムであり、簡単な操作で地震荷重を設 定することができます。

地震荷重を設定するために、SeleS には次のような機能があります。

- ・地震資料、活断層データの地図表示
- ・地震資料を利用した
  - 距離減衰式による再現期待値計算
  - 距離減衰式による最大値計算 (16 種類の距離減衰式を内蔵)
  - 距離減衰式による応答スペクトル計算 (6種類の距離減衰式を内蔵)
  - 複数の断層面を考慮した応答スペクトル計算
- ・断層モデルの三次元表示(図1参照)
- ・歴史地震分布の三次元表示



### <u>バージョンアップ内容</u>

SeleS for Windows Ver.4.0 では、以下の項目のバージョンアップを予定しています。

(1)司・翠川(1999)式の追加

中央防災会議における東海地震、東南海・南海地震に 関する評価検討や、地震調査研究推進本部による強震動 評価において、経験的手法による評価の際に用いられて いる司・翠川(1999)による距離減衰式が、最大値計算、 再現期待値計算機能において利用できるようになります (図2参照)。

(2)被害地震データベースの更新

SeleS で利用する被害地震データベースは、理科年表に 記載されている被害地震データを基本としていますが、 理科年表に記載の無い1995年以降の地震データについて は、気象庁刊行の気象要覧に掲載されているデータを追 加します。

今回のバージョンアップにおいて提供する被害地震デ ータベースでは、気象要覧に掲載された 2002 年 12 月ま での地震データが追加収録されています。

(3)被害地震データのユーザ変更

SeleS の被害地震データベースは Microsoft Access97 形式であるため、お客様側で地震データを新規追加・修 正・削除する際には、Access97 を利用した面倒な作業を お願いしておりました。

今回のバージョンアップでは、その作業を省力化する ために、カンマ区切り形式の被害地震データベースファ イルの入出力機能をサポートします。

カンマ区切りのテキスト形式に出力した被害地震デー タベースを、テキストエディタや Microsoft Excel など を利用して自由にデータの追加・修正・削除を行った後、 変更済みファイルを SeleS で読み込むことにより、地図 への登録ができるようになります。

地震データの追加・修正・削除作業の効率が格段に向 上します(図3参照)。

### おわりに

SeleS の年間保守契約をご契約いただいておりますユ ーザ様には、SeleS for Windows Ver.4.0 リリース次第、 順次、発送させていただきます。今しばらく、お待ちく ださい。



図2 最大値計算ダイアログ



# 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	HAKE+	for Windows
波形処理プログラム <b>k</b>	-WAVE	for Windows

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





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。 【お知らせ】

けた橋の耐震設計ナビゲートシステム NAVI design-K バージョンアップ

NAVI design-K は、「けた橋の全体系動的解析を全ての橋梁技術者に」というコンセプトのもと、誰もが簡単に高度な解析を実行できるツールとして、多くの方にご愛顧いただいております。

昨年7月のリリースより、お客様からのさまざまなご意見を反映しつつ開発を進めてまいりましたが、反映しき れないご要望も多数ございました。そこで、今回、基本的構成から徹底的に見直しをかけ、大幅に改良を加えまし た。より簡単に、より便利に、大いに"使える"ツールに仕上がっています。

よりわかりやすい入力画面に

大幅に入力仕様を変更いたします。

最低限設定すべき基本項目と、より高度な解析をする ための詳細項目とに明確に分離しました。

これにより、初めてNAVI design-K を使用する方でも、 ほとんどマニュアルを見ずにすぐに解析が始められます。





### 入力画面例

### 報告書作成機能のグレードアップ

報告書自動作成機能は、多くの皆様にご好評いただい ております。

今回は、結果表の構成、報告書への出力項目、出力順 序を詳細に整理し、より実務に即した出力内容となるよ う、改良いたしました。



報告書画面例

### 支承便覧改定への対応

支承便覧の改定が平成15年9月~10月に予定されてい ます。阪神大震災以降初の大規模な改定であり、最新の 知見も反映されたものになるようです。

NAVI design-K はこの改定にいち早く対応すべく、準備を進めております。

### 支承周りの金物設計機能

支承を設計する際には、周囲の金物を無視するわけには いきません。そこで、支承周りの金物の形状まで併せて

### 設計できるよう、機能の拡張を行いました。

これにより、支承部分の設計がNAVI design-K だけで ほとんど行えるようになります。入力もいたって簡単で す。これにより、支承メーカとのやり取りがぐっとスム ーズになるはずです。

<u>バージョンアップ方針</u>

現在、以下のような項目において、年内を目処にバージ

ョンアップ作業を進めております。

- ・ 補強設計機能(オプション)
- ・ 橋脚断面形状追加(中空など)

 ・ 支承形式の追加(HDR-S、機能分離支承など)
また、ユーザの皆様のご要望により、随時バージョンアップ項目を更新しております。NAVI design-K の今後に ぜひご期待ください。









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。

![](_page_13_Picture_11.jpeg)

# 地震防災情報システムを利用した震度分布シミュレーション

- 宮城県沖の地震(2003年5月26日18時24分)-

橋本 光史<sup>1)</sup> 坪田 正紀<sup>1)</sup>

1) 構造計画研究所 防災・環境部 地震防災室

1.はじめに

5月26日18時24分頃に宮城県沖の深さ約70kmで 発生した地震(M=7.0暫定値)では、岩手県と宮城県 で最大震度6弱を観測し、140名以上のけが人をだす などの被害がでた。ここでは、KKEが開発した地震 防災情報システム QUIET<sup>1)</sup>を利用した宮城県沖の地 震に関する震度分布シミュレーションについて紹介 する。

2.地震防災情報システム QUIET

地震被害の予測には、建築物棟数データや人口デー タ、地盤データなど、膨大なデータを取り扱う必要が ある。そこで有効なのが GIS(地理情報システム)を 利用した地震防災情報システムである。

地震防災情報システム QUIET は、想定地震あるい は過去の被害地震を設定し、必要データを追加するこ とにより、震度や、液状化危険度・建築物の被害棟数・ 人的被害者数などの各種被害をシミュレーションす ることで防災対策を支援するシステムである。

KKE では QUIET をベースに、各地域用にカスタマ イズした地震防災システムの開発を行っているが、こ こでは、宮城県周辺地域用にカスタマイズを行った QUIET を用いて、経験的手法による震度分布のシミ ュレーションを行った。

3. 震度分布シミュレーションの手順

表 1

(1)断層モデル

断層モデルは、国土地理院<sup>2)</sup>が5月27日に発表した表1に示すモデルを使用した。

断層パラメータ

緯度	経度	深さ	走向	傾斜角
38.94°	141.81°	52km	192°	68°
幅	長さ	滑り量	滑り角	Mw
19km	17km	2.1m	73 <sup>°</sup>	7.0

(2)基盤速度の推定

司・翠川(1999)<sup>3)</sup>による断層最短距離を用いた最大 速度の距離減衰式を適用して、基盤(せん断波速度 600m/s 程度)における最大速度を推定した。本地震 は太平洋プレート内部(スラブ型)地震と考えられる ため、Intra-plateに対する距離減衰式を採用した。

(3) 表層地盤の増幅

約 1km メッシュ単位で整備されている国土数値情 報の地形分類に対して、松岡・翠川(1994)<sup>4)</sup>の方法に より微地形区分に分類して表層地盤速度増幅率を約 250m メッシュ単位で求め、基盤最大速度に乗ずるこ とにより、地表最大速度を計算した。

(4)地表速度から震度階への変換

翠川・藤本・村松(1999)<sup>5)</sup>より示されている地表最 大速度と計測震度との関係式を用いて計測震度を計 算し、対応する震度階を求めた。

### 4.シミュレーション結果

以上の条件・手順で計算した震度分布を図1に示す。 広範囲において震度5弱~震度5強となり、大船渡付 近では震度6弱が確認されるなど、経験的手法を用い た簡便な評価によっても観測記録と調和的な結果が 得られ、地震防災情報システムの有効性を確認するこ とができた。

本稿で紹介した評価結果については、KKE 解析部 門のホームページに掲載する予定である。

参考文献

- 21) 翠川三郎・阿部進・**沢飯明広**:地域の地震危険度 を認識するための簡便なツール QUIET の開発、地 域安全学会論文報告集、No.8、pp.430-433、1998 年
- 2) 国土地理院 http://www.gsi.go.jp/
- 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

- 松岡昌志・翠川三郎:国土数値情報とサイスミックマイクロゾーニング、第22回地盤震動シンポジウム、日本建築学会、1994年
- 5) 翠川三郎・藤本一雄・村松郁栄:計測震度と旧気 象庁震度および地震動強さの指標との関係、地域 安全学会論文集、Vol.1、pp.51-56、1999 年

参考文献太字: KKE

![](_page_15_Figure_3.jpeg)

図1 震度分布のシミュレーション結果 (枠内は気象庁発表の震度を地図上にプロットしたもの)

# 高速道路交通ネットワークシステムの地震リスク評価

村地 由子<sup>1)</sup>· 篠塚 正宣<sup>2)</sup>

1) 株式会社構造計画研究所 防災・環境部 地震防災室

2) Univ. of California, Irvine Distinguished Professor and Chair Dept. of Civil and Environmental Engineering

1.はじめに

高速道路や鉄道、空港、港湾施設を含む交通システ ムは、社会基盤システムの重要なコンポーネントとな っています。これらのシステムは、一般の公共福祉は もちろん、国家レベルのみならずインターナショナル スケールの商・工業ビジネス、文化活動、さらには災 害時の捜索・救助、医療チーム、負傷者、復旧用資材、 市民の生活用品などを運搬するために必要不可欠な ものとなっています。このような観点から、自然また は人為的災害下において、交通システムが機能的に健 在であること、または早急にその機能が回復すること は極めて重要となります。過去の災害では、高速道路 のコンポーネント(道路橋、車道、トンネル、擁壁な ど)に対する地震被害は、交通機能を度々麻痺させ、 災害後の危機管理や復旧活動はもちろん、多大な経済 損失をも与えてきました。これらの影響の拡大は、各 コンポーネントに対する地震被害の性質や大きさの みならず、交通システム全体のネットワークとしての 機能損傷形態に依存すると考えられます。著者らは、 交通ネットワークの地震時におけるシステムパフォ -マンス評価を目的として、地震リスク評価という観 点から、各コンポーネントの耐震性能と交通ネットワ ークモデルを統合する評価方法を開発してきました。

交通ネットワークシステムは、様々なコンポーネントから成り立っていますが、その中でも、道路橋は地震時に最も被害を受ける可能性の高いコンポーネントであると言えます。既往の研究(Shinozuka et al., 2000)<sup>1)</sup>では、最大地動加速度(PGA)を用いた道路橋のフラジリティ曲線によって,システムを評価しています。PGA は入手しやすい情報ですが、一方で近年、最大地動速度(PGV)もフラジリティ曲線の評価に用いられるようになってきています。

そこで本研究では、PGA と PGV に対して、経験的 手法によるフラジリティ曲線を開発し、Caltrans' (California Department of Transportation)の Los Angeles 周辺の高速道路交通ネットワークを例題とし て、1994 年 Northridge 地震に対する交通許容量の低 下をシミュレーションし比較しました。さらに、災害 時の迅速な危機管理体制の支援を目的として、シミュ レーション結果を 3D アニメーションによって可視化 し、その有用性を確認しています。

2.経験的手法によるフラジリティ曲線の開発

1994年 Northridge 地震の Caltrans'の道路橋の被災記 録およびカリフォルニア州周辺のリアルタイム地震 情報サイト TriNet ShakeMap<sup>2)</sup>の PGA および PGV の空 間分布を用いて、Los Angeles 周辺の高速道路橋に対 するフラジリティ曲線を経験的手法によって開発し ました。フラジリティ曲線は、対数正規分布を仮定し、 最尤法により関数の2パラメータ(中央値と対数標準 偏差)を算定しました。全てのサンプルが統計的に同 質な母数集団であると仮定した場合のフラジリティ 曲線の算定結果を、Figure 1 に示します。Figure 1 で は、例えば、"Minor"(小破)の曲線は、サンプルか ら任意に取り出された橋が、PGA または PGV が a で ある地震動を受ける場合、取り出された橋が地震動 a において小破 (Minor) 以上の損害を受ける確率を示 しています。そのほかの曲線についても、同様の定義 が適用されます。

### 3.システムパフォーマンスの評価方法

高速道路の交通システムは様々な構造形式のコンポ ーネントによって構成され、また複雑な自然・建設環 境に置かれています。前述のとおり、それらのコンポ ーネント中でも、道路橋は潜在的に地震による被害を 最も受ける可能性の高いコンポーネントであると言 えます。したがって、本研究では、道路橋のみを地震 に対する脆弱性を考慮する構造物として設定しまし た。また、対象範囲内にある全ての橋は、独立な構造 物であり、それぞれの橋の損傷状態の決定は独立に扱 うことができると仮定しています。各道路橋の損傷状

Kozo Keikaku Engineering, Inc. 2003.9

![](_page_17_Figure_0.jpeg)

(A). Fragility curves on the basis of PGA

![](_page_17_Figure_2.jpeg)

(B). Fragility curves on the basis of PGV

Fig.1 Fragility curves for Caltrans' bridges (First level)

態は、前章で開発したフラジリティ曲線を用い、モン テカルロ・シミュレーションによって決定しています。 1994 年 Northridge 地震では、Los Angeles 圏の交通 システムはいくつかの橋が大破以上の損傷を受け通 行不可能な状態となりましたが、被害を受けなかった ハイウェーのほか ,一般道を高速道路のネットワーク の一部として指定することにより、システムとしての 機能は維持されたことが実証されています。このよう な代替ルートは、本来の高速道路上のルートと比較す ると通行速度および許容量では能力が劣りますが、災 害時には利用可能であると考えられ、この効果を考慮 し、被災後のリンクの交通速度と許容量の低減率をリ ンクの損傷状態に応じて Table 1 に示すとおり設定し ました。ここでリンクの損傷状態は、ボトルネックの 状態を考え、リンクを構成する橋の中で最も被害の大 きい橋の損傷状態をそのリンクの損傷状態とすると 仮定しました。Table 1 の設定値はあくまで仮定であ り、より信頼性のある低減率の設定には今後の研究が 必要となっています。

Table 1 Change in road capacity and free flow speed

State of Link Damage	Capacity Change Rate	Free Flow Speed Change Rate
No Damage	100%	100%
Minor	100%	75%
Moderate	75%	50%
Major	50%	50%
Collapse	50%	50%

地震後のシステム・パフォーマンスを定義するため、 Shinozuka et al. (2000)<sup>1)</sup>では包括的な指標として "Drivers Delay"を導入しています。これは通勤者を 含む全ての交通の総所要時間が、地震によってどの程 度増加するかということを表しています。すなわち, 災害前後のネットワークの総所要時間の差となりま す。各リンク間の所要時間は、United State Bureau of Public Roads (1964)によるリンク・パフォーマンス関 数(式(1))を用いて評価しています。

$$t_a = t_a^0 \left[ 1 + \alpha \left( x_a / C_a \right)^\beta \right] \tag{1}$$

リンク間の交通量は、1991 年の OD 交通量調査 (Origin-Destination)に基づき、交通システムの利用 者均衡配分モデルによってネットワークシステムを 解析し計算しています。本研究では、広域を対象とし た地震動の影響を評価するため、Figure 2 に示す Thissen ポリゴンによる方法を用いて、大規模な OD マトリックスを縮小しPC レベルで解析可能なサイズ に変換しています。

![](_page_17_Figure_11.jpeg)

Fig.2 Making Thiessen Polygon

4. Los Angeles 周辺ネットワークに対する適用例

Figure3 に、本研究を適用した Los Angeles および隣 接する Orange County 内の高速道路ネットワークを示 します。ネットワークモデルは、118 ノード、185 リ ンク、2727 の道路橋で構成されています。各リンク は、自由通行速度と許容量が属性として与えられてい ます。自由通行速度は、フリーウェイ(信号なし)と ハイウェー(信号あり)のそれぞれの制限速度の下限 を用い、65 マイルと 35 マイルに設定しました。また 許容量は、それぞれ毎時 2500 および 1000 の PCU (Passenger Car Unit)と仮定しています。

![](_page_18_Figure_1.jpeg)

Fig.3 Los Angeles area highway network

Figure 4,5 に 1994 年 Northridge 地震における Los Angeles 周辺のネットワーク解析結果を示します。 Figure 4,5 では、リンクの損傷状態および通行速度の 比(被災後/被災前)について、モンテカルロ法によ る 10 シミュレーションの結果の平均値を示していま す。Goltz(1994)<sup>4)</sup>による実際の被害調査結果と比較す ると、シミュレーション結果におけるリンクの損傷状 態における中破以上は、実際に被害が発生した4箇所 に加え2箇所のリンクで発生しました。この違いは、 シミュレーションでは、全てのサンプルが統計的に同 質であると仮定したフラジリティ曲線を使用してお り,橋の属性を考慮していないことが主要因と考えら れます。

Figure 6,7 は、上記のシミュレーション結果を 3D ア ニメーションによって表しています。 3D を用いた表 現を利用することにより、災害による渋滞箇所をより 詳細に見ることができ、災害時の危機管理体制の計画 に有用であると言えます。

Table 2 に、PGA と PGV を用いた場合の"Drivers Delay"の平均値を示します。被災後の"Drivers Delay "は、災害前と比較して、PGA で約 78%、PGV で約 73%増加した結果となりました。また、PGV を用いた 場合、PGA を用い場合より"Drivers Delay"が約 7% 少なくなる傾向が見られ、PGA または PGV をリスク 評価の過程で一貫して使用していれば、結果に及ぼす 差はネットワークのような複合システムの場合、大き く影響しないことが分かります。

### Table 2 Average Drivers' Delay

Case	Total Travel Time	Drivers' Delay	Drivers' Delay	
	$10^{\circ}$ (hours)	$10^{\circ}$ (hours)	(min/PCU)	
PGA	15.87	6.97	14.30	
PGV	15.40	6.50	13.34	

\*Total number of PCU (Passenger Car Unit) = 2,921,668

### 5.おわりに

本研究では、1994 年 Northridge 地震の被災記録をも とに TriNet ShakeMap の PGA および PGV 分布を用い て、4 つの損傷状態に対する Caltrans'の道路橋のフラ ジリティ曲線を開発しました。また、このフラジリテ ィ曲線を Los Angeles 周辺の高速道路ネットワークモ デルに適用し、Northridge 地震によるシステムの損傷 を評価しました。その結果、地震動強さの指標の違い (PGA または PGV)は、リスク評価の過程において 一貫して使用されれば、ネットワークのような複合シ ステムの場合、評価結果に大きく影響しないことが確 認されました。また、シミュレーション結果を可視化 した 3D アニメーションは、災害時の危機管理体制の 立案時における視覚的な洞察を可能とする有用な支 援ツールとなりうることが示されました。

### 謝辞

この研究は、Caltarns'、MCEER (Multidisciplinary Center for Earthquake Engineering Research)、NSF (National Science Foundation)のサポートにより実施さ れています。なお、本論文で報告した内容は、MCEER に報告した論文<sup>4)</sup>の一部となっています。論文執筆に あたってご協力いただいた Xuejiang Dong、Youwei Zhou (UC, Irvine)、Michal J. Orlikowski (Princeton Univ.) に感謝の意を表します。

### 参考文献

- Shinozuka, M. et al., (2000), *Performance of Highway Network Systems under Earthquake Damage*, Proceedings of the Second International Workshop on Mitigation of Seismic Effects on Transportation Structures, Taiwan, Sep. 13-15, 2000, pp. 303-317.
- 2) TriNet ShakeMap, http://www.trinet.org/shake/
- Shinozuka, M. et al., T., (2001), Statistical Analysis of Bridge Fragility Curves, MCEER Technical Report 2001, http://shino8.eng.uci.edu/journalpapers.htm
- Goltz, J.D., (1994), *The Northridge, California Earthquake* of January 17, 1994: General Reconnaissance Report, Technical Report NCEER-94-0005, March 11, 1994
- 5) Shinozuka, M. et al., (2003), Effect of Seismic Retrofit of Bridges on Transportation Networks, MCEER Research Progress and Accomplishments 2001-2003, <u>http://mceer.</u> <u>buffalo.edu/publications/resaccom/0103/03shinozuka.pdf</u>

Kozo Keikaku Engineering, Inc. 2003.9

![](_page_19_Figure_0.jpeg)

Fig.4 The 1994 Northridge earthquakes PGA distribution, average damage state and average speed ratio of links

![](_page_19_Figure_2.jpeg)

![](_page_19_Figure_3.jpeg)

![](_page_19_Figure_4.jpeg)

Fig.7 3D animation for the 1994 Northridge earthquakes (PGV)

# <section-header><section-header><section-header><section-header><text><text><text><text><text>

![](_page_20_Picture_1.jpeg)

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

![](_page_20_Picture_11.jpeg)

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

![](_page_21_Picture_0.jpeg)

## 断層変位を受ける埋設ガス導管の破壊挙動解析

川上誠<sup>1)</sup> 永井古都<sup>1)</sup> 小川安雄<sup>2)</sup> 矢納康 $d^{2)}$ 1)構造計画研究所

1 概 要

1999年9月21日に発生した台湾集集地震では、台 中の南約10kmに位置する烏渓橋付近において、逆断 層による地盤変位を受けた埋設ガス導管が屈曲変形 した事例が報告された<sup>1)</sup>。その屈曲変形は、管径100A 導管の場合は3ヶ所で屈曲する V 形変形(写真1) 管径 200A 導管の場合は2ヶ所で屈曲する Z 形変形 (写真2)であった。溶接鋼管を用いたガス導管にお いてこのような大変形が発生した例はほとんどない。

![](_page_22_Picture_5.jpeg)

写真1 100A 導管の V 形変形

![](_page_22_Picture_7.jpeg)

写真2 200A 導管の Z 形変形

2)大阪ガス株式会社

本報告は、大規模な断層変位を受ける埋設ガス導管 の安全性評価を目的とし、その第一段階として集集地 震におけるガス導管の屈曲変形の数値解析を行った。 これらの諸元を表1に示す。さらに、この解析で適用 した検討手法を用いて我が国で使用されている種々 のガス導管についてもケーススタディを行った。その 解析に用いたガス導管の諸元を表2に示す。解析はガ ス導管が屈曲するまで地盤変位を作用させ、その屈曲 形態について考察を行った。

解析には有限要素法プログラム ADINA<sup>2)</sup>を使用し、 材料非線形性および幾何学的非線形性を考慮した。

表1 集集地震で屈曲変形をしたガス導管の諸元

诸竺	送空 计拟方		管厚 t	管径管厚	本報告での
导官 材料名		(cm)	(cm)	D/t	導管名
100A	API Gr.B	11.43	0.60	19	100A-J
200A	API X52	21.63	0.90	24	200A-J

### 表2 ケーススタディ解析の一覧

道答 廿料夕		管径 D	管厚 t	管径管厚比	本報告での
与日	们村石	(cm)	(cm)	D/t	導管名
100A	SGP	11.43	0.45	25	100A
150A	SGP	16.52	0.50	33	150A
200A	SGP	21.63	0.58	37	200A
300A	SGP	31.85	0.69	46	300A
400A	SGP	40.64	0.79	51	400A
600A	API X52	60.99	1.20	51	600A-1
600A	API X42	60.99	1.03	59	600A-2
600A	STPY	60.96	0.95	64	600A-3

### 2 解析方法

有限要素モデル 2.1

図1に示すような解析モデルを設定した。

![](_page_23_Figure_0.jpeg)

導管モデル内に断層変位を想定し、断層変位を境に して片側の導管は断層変位を作用させる領域とし、残 りの片側は地盤変位を作用させない領域とした。導管 は2節点のパイプ要素でモデル化した。その要素分割 は図1に示すように、導管の変形が大きくなると考え られる断層付近では 0.5D(Dは管径)程度、その他 の部分は3D(Dは管径)程度とした。

パイプ要素の各節点には地盤を想定した管軸直角 水平方向(X方向)管軸方向(Y方向)管軸直角鉛 直方向(Z方向)の地盤バネを設定した。各地盤バネ は2節点のバネ要素でモデル化した。バネ要素の断面 積は、水平方向バネと鉛直方向バネはパイプ要素長と 管径を乗じた値とし、軸方向バネはパイプ要素長と管 周長を乗じた値とした。

解析モデルの長さは、パイプ要素の変形が大きい領 域と小さい領域を考慮して表3に示す値を設定した。

道答	断層付近	固定部遠方		
导官	(100 分割部分)	(20 分割部分)	王女	
100A	6 m x2	10 m	22 m	
150A	6.5 m x2	12 m	25 m	
200A	7 m x2	14 m	28 m	
300A	8 m x2	20 m	36 m	
400A	13 m x2	30 m	56 m	
600A	19 m x2	40 m	78 m	

表3 解析モデル長さ

### 2.2 断層変位量と境界条件

断層変位は、図1に示すように、地盤変位を作用さ せる領域のバネ要素の地盤側節点に、管軸方向、管軸 直角水平方向、管軸直角鉛直方向の3方向に同時に負 荷した。写真1および写真2に掲載したガス導管が埋 設されていた地盤の断層変位量は十分には明らかで はないため、本報告では、最大変位を管軸方向300cm、 水平方向200cm、鉛直方向80cmとした。

導管両端の境界条件として、地盤変位を作用させた 領域の端部については断層変位と同じ変位量を与え、 一方、地盤変位を作用させない領域の端部については 固定端とした。

### 2.3 導管の材料物性

導管材料の力学的特性は、図2、表4に示す非線形 の応力-歪関係を設定した。

![](_page_23_Figure_11.jpeg)

### 図2 導管の応力-歪関係

材料	y (N/cm²)	E <sub>T</sub> ( N/cm²)	導管名
API X52	4.510x10 <sup>4</sup>	0.00278E	200A-J , 600A-1
API Gr.B	4.093x10 <sup>4</sup>	0.00253E	100A-J
API X42	4.093x10 <sup>4</sup>	0.00252E	600A-2
STPY	3.963x10 <sup>4</sup>	0.00245E	600A-3
SGP	2.872x10 <sup>4</sup>	0.00177E	100A ~ 400A

表4 導管の応力-歪関係

導管屈曲部の耐力低下と屈曲変形を数値解析上表 現するために以下に示すようなモデル化を行った。屈 曲部の曲げ角度がパイプ要素の最大曲げモーメント 発生時の曲げ角度に達する時点で、屈曲部のパイプ要 素を削除した。最大曲げモーメント発生時の曲げ角度 の判定には、高圧ガス導管液状化耐震設計指針<sup>3)</sup>に 記述されている最大曲げモーメントと曲げ角度との 関係を用いた。すなわち、図3に示すように、実験か ら得られた最大曲げモーメント発生時の曲げ角度 ()と管径管厚比(D/t)との関係を双曲線で近似し、こ の曲線を用いて、解析する導管の D/t 値から 値を決 定した。

![](_page_24_Figure_3.jpeg)

![](_page_24_Figure_4.jpeg)

2.4 地盤バネ特性

地盤バネ特性は、高圧ガス導管耐震設計指針<sup>4)</sup>およ び高圧ガス導管液状化耐震設計指針<sup>3)</sup>で規定してい るバネ特性を用いた。図4にそのバネ特性を示す。管 軸方向バネと管軸直角水平方向バネは、高圧ガス導管 耐震設計指針<sup>4)</sup>で規定しているバネ定数を用いた。ま た、管軸直角鉛直方向バネは、導管が上方地盤を押し 上げる領域については高圧ガス導管液状化耐震設計 指針<sup>3)</sup>で規定しているバネを用い、下方地盤が導管を 押し上げる領域においては、図4(c)に示すように線 形バネとした。

導管が V 形変形や Z 形変形している領域は、導管

と地盤との相対変位が大きくなっている領域である と考えられ、地盤の拘束が失われると考えられる。こ れをモデル化するため、導管の角度が水平方向から 45 度に達した時点において、そのパイプ要素に取り 付けられた地盤バネを削除した。

![](_page_24_Figure_9.jpeg)

道答	cr	cr	道答	С	с
等目	(N/cm <sup>2</sup> )	(cm)	与日	(N/cm <sup>2</sup> )	(cm)
100A	53	2.6	100A	24	0.9
150A	51	2.6	150A	24	0.9
200A	48	2.6	200A	20	0.9
300A	41	2.7	300A	15	0.9
400A	39	2.8	400A	13	0.9
600A	34	2.9	600A	10	1.0

### 図4 地盤バネの非線形特性

3 集集地震に対応する解析の結果

図 5 および図 6 に、集集地震における 100A 導管と 200A 導管の変形の推移を示す。

![](_page_24_Figure_14.jpeg)

図5-2 100A 導管の変形の推移(鉛直面内正射影図)

Kozo Keikaku Engineering, Inc. 2003.9

![](_page_25_Figure_0.jpeg)

軸变位 161cm,水平变位 107.3cm,鉛直变位 42.9cm

-	
軸変位	255cm,水平变位 170cm,鉛直变位 68cm
-	
軸変位	300cm,水平变位 200cm,鉛直变位 80cm
-	

図6-2 200A 導管の変形の推移(鉛直面内正射影図)

100A 導管の変形挙動を以下に記す。1)軸変位 183cmにおいて最大曲げモーメントに達し、屈曲角度 は79度であった。2)軸変位240cmにおいて屈曲変 形がV形を形成し始めた。3)最大軸変位300cmに おいては3ヶ所で屈曲するV形の変形を形成し、そ の屈曲点間長さは105cmおよび182cmである。

200A 導管の変形挙動を以下に記す。1)軸変位 161cmにおいて最大曲げモーメントに達し、屈曲角度 は63度であった。2)軸変位255cmにおいて屈曲変 形がZ形を形成し始めた。3)最大軸変位300cmに おいては2ヶ所で屈曲するZ形の変形を形成し、そ の屈曲点間長さは250cmである。

解析で得られた導管の変形形状は集集地震で実際 に観察された変形形状(写真1と写真2)に近似して いる。

以上により、本報告で提案した解析手法は、大規模 な断層変位を受ける埋設導管の屈曲変形を解析し得 る手法であることがわかった。

4. ケーススタディ解析の結果

第3章で適用した解析手法を用いて、我が国で実際 に使われている種々の導管に関してケーススタディ 解析を行った。図7に最終の変形形状を示す。各変形 図は、左右2本の導管直線部を含む平面への変形の正 射影として描いてある。

管径が小さい導管ほど、屈曲数が多く複雑な変形性 状を示し、屈曲点間長さは短くなっている。これとは 逆に、管径が大きい導管ほど、屈曲数が少なく単純な 変形性状を示し、屈曲点間長さは長くなっている。

150A
2 <u>00A</u>
300A
4 <u>00A</u>
600A-1
600A-2
6 <u>00A-3</u>

### 図7 最終の変形形状

(軸変位 300cm, 水平変位 200cm, 鉛直変位 80cm)

図8(および表5)に、屈曲点間長さと管径管厚比 の関係を示す。図中の点線は降伏応力が同じ材料を結 んでいる。図8(および表5)によれば、管径管厚比 が大きくなるに従って屈曲点間長さも長くなる。また、 降伏応力が大きくなるに従って屈曲点間長さが長く なる傾向が見られる。

![](_page_25_Figure_15.jpeg)

![](_page_25_Figure_16.jpeg)

表5 管径管厚比と屈曲点間長さの関係

導管名	管径管厚比 D/t	屈曲点間長さ(cm)
100A-J	19	182
100A	25	156
150A	33	182
200A-J	24	250
200A	37	208
300A	46	244
400A	51	274
600A-1	51	408
600A-2	59	399
600A-3	64	361

### 5. 導管の安全性評価の検討

我が国で現在使われている導管が本報告で考慮し ている地盤変位を受けた場合に、どれくらいの地盤変 位まで耐えることができるのかを確認することは実 務上重要である。本章では、第3章と第4章で得られ た解析の変形角と、高圧ガス導管液状化耐震設計指針 <sup>3)</sup>で規定されている導管の最大曲げモーメント発生時 の曲げ角度および限界曲げ角度を、比較することによ って、導管が最大曲げモーメントや限界角度に達する 時の地盤変位を算出した。

5.1 最大モーメント発生時の断層変位

導管の屈曲部が最大曲げモーメント発生時の曲げ 角度に達する時の、断層変位と管径管厚比の関係を図 9に示す。

図9によれば、最大曲げモーメント発生時の断層変 位と管径管厚比の関係は双曲線的である。すなわち、 管径管厚比が小さいほど断層変位は大きく、管径管厚 比が大きくなるほど断層変位は小さくなる。管径管厚 比20~60の導管が最大曲げモーメント発生時の曲げ 角度に達する時の軸方向断層変位は、180cm~40cm であり、比較的大きな差がある。

![](_page_26_Figure_5.jpeg)

![](_page_26_Figure_6.jpeg)

### 5.2 限界曲げ角度発生時の断層変位

導管の屈曲角度が限界曲げ角度に達する時の断層 変位と管径管厚比の関係を図10(および表6)に示 す。導管の限界曲げ角度は、液状化高圧ガス導管耐震 設計指針<sup>3)</sup>で提案されている下式により算定した。

図10(および表6)によれば、導管の屈曲角度が 限界曲げ角度に達した時の断層変位と管径管厚比の 関係はほぼ線形となる。すなわち、管径管厚比が大き くなるに従って、断層変位も大きくなる。管径管厚比 20~60の導管が限界曲げ角度に達する時の軸方向断 層変位は、120cm~150cmであり、その差は比較的小

### さい。

$$\omega_{sc} = \left\{ \frac{44t_s}{100D} \left( 8k - \frac{2k^2}{3} \right) + \frac{3.44}{\sqrt{2} \cdot \sqrt{D/t_s}} \left( 1 + \frac{\varepsilon_f}{2} \right) \right\} \cdot \frac{180}{\pi}$$

 $\omega_{sc}$ : 直管の限界曲げ角度(度)

- D:直管の外径(cm)
- t<sub>2</sub>:直管の公称管厚さ(cm)
- $L_s$ : 直管の軸圧縮変位及び曲げ角度を定めるための基準長さ(= 6.4 · D)
- $\mathcal{E}_f$  :0.35
- k : L<sub>s</sub> / 2と外径Dの比(= 3.2)

![](_page_26_Figure_19.jpeg)

### 図10 限界曲げ角度発生時の断層変位と 管径管厚比の関係

	管径	径 限界曲げ角度時の断層変位		
導管名	管厚比	軸方向	水平方向	鉛直方向
	D/t	(cm)	(cm)	(cm)
100A-J	19	123.0	82.0	32.8
100A	25	120.0	80.0	32.0
150A	33	121.5	81.0	32.4
200A-J	24	126.0	84.0	33.6
200A	37	129.0	86.0	34.4
300A	46	133.5	89.0	35.6
400A	51	142.5	95.0	38.0
600A-1	51	139.5	93.0	37.2
600A-2	59	142.5	95.0	38.0
600A-3	64	148.5	99.0	39.6

### 表6 限界曲げ角度発生時の管径管厚比と 断層変位の関係

### 6. 結論

- 1)断層変位を受ける埋設ガス導管の屈曲変形を線 材のパイプ要素により表現できるモデル化手法 を提示した。
- 2) 本モデル化手法により、集集地震で観測された管 径 100A、200A の導管の屈曲変形を概ね再現する

ことができた。

- 3)我が国で使用されている種々の導管が最大曲げ モーメント発生時曲げ角度や限界曲げ角度に達 する時の地盤変位を計算し、導管がどの程度の地 盤変位まで耐えられるかを評価した。
- 4)今後、本報告で採用した地盤バネ特性、断層変位 量とその方向、屈曲部パイプ要素の削除方法、地 盤バネの削除方法、導管安全性評価方法などに関 し、さらに検討を進める必要がある。

参考文献

- 1) 集集(台湾)地震ガス導管調査団、1999 年集集 (台湾)地震調査報告書 - ガス輸送導管関連、 2000 年4月
- ADINA R&D, Inc., ADINA Theory and Modeling Guide, Report ARD 00-7, August 2000
- 3)日本ガス協会、ガス工作物等技術基準調査委員会、 高圧ガス導管液状化耐震設計指針、2001年12月
- 4) 日本ガス協会、ガス工作物等技術基準調査委員会、 高圧ガス導管耐震設計指針、2000年3月

![](_page_28_Figure_0.jpeg)

# 解析雑誌 Vol.10 読者アンケートのお願い

最近、本誌編集体制が改変された関係で、本号の準備はスタートが遅れましたが、なんとか従来の定期刊行ペースを守って、9月発行に間に合わせることができました。解析雑誌は1,5,9月発行です。

ところで、本号を弊社のイベント会場で手にされた方 も多いのでは?秋にセミナー等のイベント企画が集中し ていたのも、9月発行にこだわった理由のひとつでした。 本誌のみならず、そうしたイベントをも通じて、私共の取 り組みを知っていただければ幸いです。

今後の本誌が皆様にとって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 03-5	5342-1236 構造計画研究所「解析雑誌」編集相当行	

# 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 - 5 - 3

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

 $E \times - \mathcal{W}$  : <u>kaiseki@kke.co.jp</u>

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 解析関連ホームページにも是非お立寄りください。

URL: <u>http://www4.kke.co.jp</u>/

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

下記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 名古屋営業所 052-222-8461

解析 想起 Journal of Analytical Engineering Vol.10 2003.9

(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.10, 2003.9 Kozo Keikaka Engineering, Inc.