

Vol.6 2002.5

[Topics]

建設用構造解析システム MIDAS/GENw
 けた橋の耐震設計支援ツール
 NAVI デザイン K
 高度ポリテクセンター能力開発セミナー
 東洋ゴム工業 免震告示対応
 構造計算システム
 建築設計 ASP ポータル archwear
 R E S Pシリーズサービス開始

[Technical Reports]

Maxwell モデルを用いたオイルダンパー の解析アルゴリズム

線路上空利用建築物の地震観測と シミュレーション解析

統計的グリーン関数法に基づく 地震動最大振幅に対する破壊伝播効果 による方位依存性の評価



【巻頭言】

飛躍のための技術交流の場に

解析技術本部 営業部長 平野 一誠

早いものでこの「解析雑誌」も6号を数えることとなりました。

弊社解析部隊の実施業務のご紹介を中心に、お客様との技術交流のきっかけになれればとの期待のもと に努力を重ねておりますが、まだまだ不充分な点も多いことと存じます。今後も御客様の御意見を取り 入れて、所期の目的を果たす様改善を重ねていきたいと考えています。

今年の桜の開花は歴史的な早さで、3月中旬以来一気に春から初夏の陽気が続いているというのに、 景気は一向に力強さとは無縁の状態のままです。辛うじて3月危機と喧伝された危機は突破したものの、 すぐに4月危機、5月危機が叫ばれる始末です。

国民的期待を担ってスタートした小泉改革も約1年が経過して、当初の期待と現実との乖離に割り切れなさを感じる昨今ですが、かといってポスト小泉の期待を受けとめる旗印も見えず、ポスト小泉も小泉しかいないのかという閉塞感がこの国を覆っている様に見えます。

暗い話ばかりでなかなか明るい話題が探せない状況ですが、この状態は頭を低くして通り過ぎるのを 待てば良いという性質のものでなく、次に頭を上げた時には既に昔の世界はなく、自らの存立の基盤さ え失われているかもしれない厳しい状況さえあります。

このような時こそ、自らの存在意義をじっくり噛み締め、実力を養い、次なる飛躍を期する好機では ないかとの逆転の発想、プラス思考、楽観主義も必要かとも思われます。トンネルの向こうでは建設業 界も経済合理性に支配される競争社会の普通の産業になることが求められており、この意味での差別化 と淘汰、優勝劣敗を繰り返す中で競争力のある産業になることが求められているのでしょう。本誌が、 このような差別化の重要なファクターの一つである技術力を、お客様とともに交流する一つの場となる 事を願って、今後も取り組みたいと思っています。

いつの日か、もう少し明るい御挨拶を書ける日の来ることを願いつつ、御挨拶とさせて頂きます。

解析雜誌 Vol.6 2002.5 目次

【巻頭言】 飛躍のための技術交流の場に 平野 一誠	02
Topic 1 建設用構造解析システム MIDAS/GENw	05
<i>Topic 2</i> 桁橋の耐震設計支援ツール NAVI デザイン K	07
Topic 3 高度ポリテクセンター能力開発セミナー	09
<i>Topic 4</i> 東洋ゴム工業 免震告示対応構造計算システム	11
<i>Topic 5</i> 建築設計 ASP ポータル archwear RESP シリーズサービス開始	14
<i>Technical Report 1</i> Maxwell モデルを用いたオイルダンパーの解析アルゴリズム 高橋 治・ 関口洋平	17
Technical Report 2 線路上空利用建築物の地震観測とシミュレーション解析 その1 蓮田常雄・武居 泰・大迫勝彦・林 篤	21
Technical Report 3 線路上空利用建築物の地震観測とシミュレーション解析 その2 庄司正弘・西村忠典・蓮田常雄・武居 泰	23
<i>Technical Report 4</i> 統計的グリーン関数法に基づく地震動最大振幅に対する破壊伝播効果 による方位依存性の評価 司 宏俊・翠川三郎	27
解析雑誌 読者アンケートのお願い	34
お問い合わせはこちらへ	35
	います。



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

【お知らせ】

^{新ソフトリリース} 建設用構造解析システム MIDAS/GENw

この度、MIDAS Information Technology Co.,Ltd.とKKE の業務提携の第一段として、MIDAS IT 社が著作 権を持つ建設用構造解析システムである MIDAS/GENw(マイダス/ジェン)について、KKE が日本国内にお ける販売及び技術サポートを行なうことになりましたので、ここにご紹介させていただきます。

MIDAS/GENw は、汎用構造解析プログラムと建築構 造物を対象とした最適設計ツールを統合した Windows 対応の設計用構造解析システムです。

MIDAS/GENw は、従来の汎用構造解析プログラムと 異なり、解析プログラムの専門家でない構造設計者のた めに入力が容易な直感的なユーザーインターフェイスと 最先端の CG 技術を活用した入出力機能を提供していま す。これらの洗練された入出力機能は、複雑な構造物の モデリングと解析において設計者に対して、高いレベルの 利便性及び生産性向上をもたらしています。

MIDAS/GENw の設計支援機能を活用すれば、設計 規準と多様な設計条件を熟慮した、これからの性能設計 に対応した最適設計が実現可能です。

メニュー / 入力システム

MIDAS/GENwのメニューシステムは、入出力と解析及び設計手順に必要な様々な機能を容易に呼び出し、最大限に作業効率が向上するように構成されています。

モデリング、解析及び設計手順を体系化したツリーメニュ ーの作業タブには、現在のモデルデータの入力状況をひと 目で確認して、これを修正できるドラッグ・アンド・ドロップ方 式のモデリング機能が提供されます。



作業ツリータブのドラッグ・アンド・ドロップ機能で 一部の部材断面を簡単に変更可能

MIDAS/GENw では、節点と要素を用いたモデリング機能の以外にも、他の形式のファイルを直接モデルに変換する多様なファイル入出力機能が提供されます。

AutoCAD の DXF ファイルと他の構造解析プログラム (STAN/3D,SAP2000,GT/STRUDL 等)の解析モデルデ ータとのデータ互換が可能です。



AutoCAD DXF ファイルを利用して 形状データを自動生成

モデリング

MIDAS/GENwでは、豊富なCAD機能により、絵を描くように容易に節点と要素の生成ができます。

特に、節点投影は入力された節点を、任意の線または面 に投影複製または移動する機能で、形状が複雑な詳細解 析モデルのモデリングの際に有効です。

要素押し出しは、対象の次元を増加させながら要素を生 成する機能です。すなわち、節点を線要素に、線要素を平 面要素に、平面要素をソリッド要素に押し出し、新しい要素 を生成します。

平面や断面形状が不規則な場合、ユーザー座標系 (UCS)を適用するとあらゆるモデルの生成機能がユーザー 座標系を基準に作動するので、複雑なモデルも容易に入力 できます。



材料&断面 DB

MIDAS/GENwでは、JIS, ASTM, AISC, DIN, BS, EN, KS などの材料と断面データが DB として内蔵されて おり、SRC を含んだ 30 以上の断面形状が線要素に適用で きます。また、ユーザー定義の材料と断面を使用することが 可能で、任意の断面形状に対して、断面性能を自動的に計 算できます。

荷重

荷重組み合わせ条件による荷重ケース生成 要素自重の自動計算 要素荷重の入力機能 ・梁荷重:集中荷重、分布荷重、プレストレス荷重 ・床荷重:荷重形式と載荷領域による自動入力 ・圧力荷重:面内/面外方向荷重、水圧、土圧入力 日本建築基準法に基づく地震・風荷重の自動入力 層重量、層荷重の自動計算入力 動的荷重 ・地動加速度、節点荷重、応答スペクトル等 温度荷重 ・節点温度、要素温度、温度勾配等 ・外気温度、固定温度、発熱関数等 施工段階ステップ別荷重の自動設定機能

解析機能

静的線形解析 (熱応力解析を含む) 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 P- 解析 幾何学的非線形解析 施工段階解析 水和熱解析 静的非線形解析(Pushover 解析)

設計支援

MIDAS/GENwは、日本の設計規準(鋼構造設計規準、 鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説、鉄骨鉄筋コンクリ ート構造計算規準・同解説等)を始め、各国(USA, KOREA等)の設計規準に対応しています。

MIDAS/GENw では、上記の設計規準に基づいた各種 構造(S、RC、SRC)の断面算定が可能です。

後処理機能

MIDAS/GENwの後処理機能では、設計規準による荷 重組み合わせ条件が自動生成でき、任意の荷重組み合 わせ条件を簡単に追加・修正できます。

梁要素の断面力図表示では、強軸と弱軸方向の断面 力を同時表示や、反力・変位・断面力・応力度等の豊富な 表示機能により、様々な観点・角度から解析結果を分析す ることができます。また、モード形状や変位・断面力の時 刻歴応答解析等の動的解析結果及び静的解析結果に対 して、アニメーション表示が可能です。



荷重組み合わせ時のモーメント分布図

MIDAS/GENwは、MIDAS ITの商標です。 表記の社名及び製品名等は、各社の登録商標または商標です。 【お知らせ】

新ソフトリリース

けた橋の耐震設計支援ツール NAVI デザインK

鉄道構造物の耐震照査プログラム ASCARS に続く、橋梁構造用設計ツールがリリースされます。 改定直後の道路橋示方書にも対応予定の、けた橋の耐震設計支援プログラム NAVI デザイン K です。 おもに構造形式の決定や支承の選定など予備設計のパフォーマンスアップに着目しました。

NAVI デザイン K は直線けた橋の下部工を対象とし た設計用プログラムです。特に水平力分散構造を有す る橋梁の、径間数や支承条件など予備検討の段階から 効果的にご利用いただくことを目的としています。

操作はビジュアルで直感的。初めての方でもスムー ズにご利用いただけます。また半自動的に実行できる 非線形動的解析による照査機能も装備しています。

NAVI デザイン K は、設計者の負担を増やさずにより 多くの設計ケースを同時並行的に検討できる環境を提 供し、耐震設計を強力に支援します。 NAVI デザイン K の特長

- 入力はリストビューを利用し、ビジュアルに行なえます。ウィザード機能、部材情報の丸ごとコピー機能、 データ連動機能により、データの入力・追加・変更が非常に簡単に行えます。
- 複雑で大量の耐震解析を自動化しました。静的解析・動的解析のいずれも解析モデルを自動作成し、 解析、照査を行います。
- 変形、時刻歴応答など解析結果の図化を容易に行 なえます。アニメーション機能も備え、結果をビジュ アルに検討できます。







Kozo Keikaku Engineering, Inc. 2002.5

NAVI デザインK バージョン1 機能概略

対象橋:地震時水平力分散構造による直線連続けた橋(最大 20 径間)

下部構造: 逆 T 式 RC の橋台・橋脚、直接基礎・杭基礎 支承: 積層ゴム支承、免震支承、固定・可動支承

計算機能:レベル1およびレベル2地震動に対する
 照査機能

解析モデルの自動生成(橋脚基部の塑性域等) 弾性範囲内での震動法による照査

静的設計法による照査(多点固定方式の連続けた橋) 橋脚柱断面の剛性自動算出(M- 関係)

杭基礎の非線形挙動的解析

動的設計法による照査(ゴム支承、免震支承) 等価線形化法・非線形時刻歴動的解析による照査 固有値計算(モード減衰係数自動算出) 橋脚非線形動的解析(橋脚基部の塑性域等) ■ 計算結果出力

震動法及び保有水平耐力法による照査 固有値計算結果 橋脚の地震時保有水平耐力、残留変位 ゴム支承の計算結果、照査表、安全性照査 動的解析による照査

最大応答値、最大応答値に対する照査結果

- 計算結果のグラフ及び図の出力
- モデル図、固有モード図、変形図

入力地震波形図、応答波形図、応答履歴図







けた橋対応のNAVI デザインKに続いて、曲線橋設計 支援、ラーメン橋設計支援などのシリーズ商品を企画し ております。また、将来的には経済設計や、図面情報連 動などへも機能を拡張・充実させ、次世代型設計プログ ラムとして NAVI デザインシリーズをご提供し続けたいと 考えております。今後の NAVI デザインの発展にご期待 ください。



【お知らせ】

KKE が講師として協力している、雇用・能率開発機構高度ポリテクセンターの能力開発セミナーでは、 1人1台のWindowsパソコンを使用して、受講者が実際にプログラムを操作しながら基礎理論から応用技 術までを習得します。構造技術者として技術領域の拡大をめざす方におすすめします。

全セミナー共通

[開催場所]

高度ポリテクセンター

(正式名称:高度職業能力開発促進センター)
 千葉市美浜区若葉 3-1-2
 最寄り駅:JR 京葉線海浜幕張駅
 [講習時間] 9:30~16:30
 [定員] 12 名
 [受講料] 20,000 円
 [申込み方法]
 下記 Web サイトをご覧ください
 http://www.apc.ehdo.go.jp/
 [問い合わせ先]
 高度ポリテクセンター事業課
 TEL: 043-296-2582
 (受付時間:9:15-16:45)

FAX: 043-296-2585

建築構造物の弾塑性地震応答解析

[実施日程]

2002年6月6~7日 2002年8月27~28日

[講習内容]

耐震性能の評価における動的設計技術は、現在の建築 構造設計において重要な位置を占めています。本コースは 地震応答解析の初心者を対象とし、中層程度の建築物を想 定してプログラムを運用し、地震応答解析の一連の流れと解 析上の留意点等について解析演習をとおして解説します。 [講義詳細]

(1) 振動解析の概要と解析の流れ及び、減衰,履歴等の

諸特性の考え方

(2) 荷重増分解析と各階の復元力特性の設定

(3) 質点系モデルによる弾塑性地震応答解析

制震構造の設計と解析

[実施日程] 2002 年 10 月 10~11 日 [講習内容]

制震構造は、新築構造物だけでなく既存不適格構造物 の耐震補強の方法としても注目されています。本コースは制 震構造の概要・設計における留意点及び、地震応答解析の 手順・諸条件の設定等について解析演習をとおして解説し ます。

[講義詳細]

- (1) 制震構造の概要と設計上の留意点
- (2) 制震ディバイスの概要とその諸特性
- (3) 履歴系・粘性系制震装置による時刻歴地震応答解析

免震構造物の設計と地震応答解析技術

[実施日程] 2003年2月6~7日

[講習内容]

阪神大震災以降、免震構造は急速に普及し一般技術に なりつつあります。本コースは免震構造物を設計する場合 の手順、免震装置の設定方法、解析方法、入力地震動の評 価方法等について解析演習をとおして解説します。 [講義詳細]

四书主文四十印山]

- (1) 免震構造の概要と設計上の留意点
- (2) 免震ディバイスの概要とその諸特性
- (3) 免震層を考慮した質点系モデルによる時刻歴地震応答 解析
- (4) H12 建設省告示第 2009 号による設計

地震環境を考慮した入力地震動評価技術

[実施日程] 2002 年 10 月 24 ~ 25 日

[講習内容]

本コースは、地震発生の要因から地震荷重や動的解析に 用いる入力地震動を作成する一連の方法について、基礎理 論から平易に解説するとともに、想定地点での入力地震動 の作成による解析演習を実施し、解析上の留意点について も併せて解説します。

[講義詳細]

- (1) 地震と地震動伝播の基礎知識・理論
- (2) 地震荷重の考え方と作成方法(断層モデルによる評価 法の解説を含む)
- (3) 被害地震、活断層を考慮した想定地点での入力地震動作成

地盤と構造物の動的相互作用解析

[実施日程] 2002 年 11 月 11 ~ 12 日 [講習内容]

本コースは、地盤-構造物連成系の動的相互作用に関す る理論の解説と、1次元モデルによる地盤の応答解析と、次 元モデルによる地盤-構造物連成系の地震応答解析の演習 を行います。

[講義詳細]

- (1) 動的相互作用解析におけるモデル化手法と解析手法に 関する講義
- (2) 1次元地盤応答解析の演習と地盤の評価
- (3) 2次元モデルによる地盤-構造物連成系の動的相互作 用解析の演習

解析雜誌 バックナンバー配信中

解析雑誌のバックナンバーを KKE 解析技術本部のホームページから気軽にダウンロード (PDF ファイル) できるようにしました。まずは下記アドレスへ。

http://www4.kke.co.jp

TOP ページから「発行図書」のページに入っていただくと、解析雑誌バックナンバー各号の概要を ご覧いただけます。内容を確認の上、各号紹介枠内の「ダウンロード」を押してください。

Vol.1 地中防振壁による列車振動対策に関するシミ ュレーション解析 / 非線形有限要素法によるプレストレス ト・コンクリート梁の解析 / 科学・工学のための計算機支援 問題解決環境 CAPSE の構築 ほか

Vol.2 反力分散支承を用いた橋梁の耐震照査手法 / 上部建物と基礎 - 地盤系とを分離したハイブリッド手法に よる杭の地震時応力の検討 / 鉄筋コンクリート耐震壁の地 震時終局応答のための解析モデル ほか

Vol.3 機械振動による周辺地盤振動の解析的予測/ 通信施設の地震リスクに関する研究/桁間衝突の解析結果 に対する影響 ほか Vol.4 街区の風環境に関する風洞実験および数値計 算結果比較/MRダンパーのスカイフック・セミアクティブ 制御/道路付属構造物向け非衝突型制振装置(Advanced 制 振装置)の開発 ほか

Vol.5 非線形有限要素法によるプレストレストコン クリート橋脚の解析 / 桁間ジョイントダンパーによる連続 橋梁の地震応答低減効果 / 有効応力解析手法による地盤 -杭 - 建物連成系の動的相互作用解析 ほか

最新号は冊子の形でのみお配りしています。次号発行までダウンロードはできませんのでご了承ください。 冊子に残りがあります。ご希望の方はご連絡ください(巻末記載の連絡先まで)。 【お知らせ】

インターネット上の新サービス開始

東洋ゴム工業 免震告示対応構造計算システム

時刻歴解析不要の免震建築設計法(平成12年建設省告示第2009号)が告示され1年半が経過しました。 本設計法による実施物件も増えてきています。東洋ゴム工業(株)とKKE は本告示に対応した免震構造計 算システムを開発し、無償で利用できるサービスとしてインターネット上で公開いたしました。構造躯体 の倒壊防止は当然のこと、非構造部材・家具・什器の転倒に対する人命保全、設備機器類の機能維持、さ らには地震時や地震後の不安感・恐怖感の軽減までを可能とする免震建築を実現するために役立つツール です。

- 本プログラムの主な機能と特長を以下にご紹介いたします。 基本機能として告示第 2009 号第 6 に対応した免震建築 物の構造計算を行うのに十分な計算機能を持ちます。
- 免震層の偏心率、応答変位、作用する地震力、せん断 力分担率、免震建築物の接線周期の計算を行います。
- 装置特性の経年変化、製造ばらつきを考慮した検討が 可能です。
- 鉛直荷重を支持する免震材料の軸応力度を個々の装置について確認します。
- · 上部構造の地震層せん断力係数を算出します。
- 表層地盤の増幅率 Gs の計算は、地盤種別による略算、
 N 値より精算、Vs より精算の3種類を用意しています。

東洋ゴム工業製の大臣認定済み支承材の特性をデータ ベースとして内蔵しています。

採用実績の多い高減衰ゴム系積層ゴム支承、および天
 然ゴム系積層ゴム支承の全製品の特性を組み込み済
 みです。

支承材と組み合わせて用いる各種減衰材(ダンパー)に 対応しています。

大臣認定済みの鋼製ダンパー(ループ型、U型)、鉛ダンパー、オイルダンパーの特性を組み込み済みです。

講習会テキスト「免震建築物の技術基準解説及び計算例 とその解説」の計算例にならった計算書を出力します。

- ・ 構造計算内容の計算書形式出力はもちろんのこと、地 盤増幅率 Gs の収斂計算過程も出力可能です。
- ・ 主要数値は画面上で確認表示ができます。
- 計算書は MS-Word ファイル形式でユーザ側のパソコンに保存できます。

使いやすさとわかりやすさに配慮しています。

- 入力はすべて Web ブラウザ上で実行します。
- 装置情報をデータベースとして内蔵しているので、一
 覧から選択するだけで各種特性が設定できます。
- 装置配置後、応答計算前に偏心率、軸力の確認ができ ます。 偏心位置、 剛心位置は平面図に表示されます。
- 一つの上部構造に対し、複数の免震装置配置での比
 較検討が可能です。
- 利用マニュアルはオンラインで閲覧できます。
- 東洋ゴム工業製の装置を選定する際のガイドラインを 解説画面として用意しています。
- 装置情報のダウンロード、印刷が可能です。また装置 情報は常に最新のものが入手できます。

運用コストは低くおさえられています。

- ・プログラム購入費、使用料、保守費等は不要です。
- Internet Explorer 5.01 以上がインストールされたパソ コンとインターネットへの接続環境 email アドレスがあ ればすぐに利用可能です。
- 入力データ、計算結果データはサーバに保存できますので、ユーザ側に大容量のディスクは不要です。

Different .			Bert /	-92.21			district	CARE .	1 2110
				-		1.011.012	1.1	THE OWNER	
matrix	10	1111	11/81	3 98134	1114	ARCAR		11000	
and a second sec			10.141.1	二丁基書町も毎日	B B R 14-14				
T-a		-	.7.7.		1.0	esay/e			10000
Pro I		17	.72.	*****	10	e-style	144	**	
Anna I		11	.72.	*****	1.0	enter/e	1941	**	
normal Romani		11 11	.75.	******	19	Enterfo Base	241		
Anna I		11	.55.	TANAN TANAN TANAN TANAN	18 31	0	941	** 57) #8	
Aunta I		1	.7.5.	*****	18 18 18 18 18	Calleria Same	941	** 107 #8	
norma l Roma l		11	.7.5.	******	18 18 18 11 11 12 12 12 12 12	Armitan Armitan	241	**	

地盤データの入力画面

	WATTERSTORED	LARGERSTO- JOHNS	LLEPERBER, TRUNC	PERMIT
3	STREET STREET	18.18.19.11.1.18.19.21.2	(#een	2 87
	SU-ST FARTERS	4373		1.000
	CTRANSFORM	0.00		
	and the second			
		-14.97	14.48	
	\$8HB6	teat	(mm)	6.00
	#48108-2004	1000	28	7848
	##8008-2004	1080	- 78	1414
	##8118-2004	1100	18	1418
	#R2118-2004	1150	28	10001
	498125-2004	1200	- 28	11004
	#460125-2016d	1250	28	13248
1	e#81-30-3064	1896	- 28	13048
		1250	28	14308
	#REF-08+2004		14	10,000
	#REF-08-2004 #REF-48-2004	1400	- 10	1.000
	#92108-2004 #92148-2004 #92148-2004	1400		1440



	manual Contractor			1
1	Examples I managed		-	
c.	HELIDBO H 4	9120	144	212
Ċ.	H61886 = 8	10400	180	294
C.	NE13080×6	12540		341
Ċ.	HEU080×7	14683	252	418
C.	HELID82×#	100.00	299	ata
C.	H5U055×4	9680	160	304
n.	HEUDES H R	12080	290	. 304
С.	HEUD89×6	14480	140	474
Ċ.	NELIC65 × 1	74083	290	810
Ö.	HELIDES HE	18290	820	808
C.	\$670gR285	6670	195	208
Ċ.	1075@1285	7060	200	2(4
C.	1080%4059	11480	824	- 3711
Ē.	1000gR300	2118	216	214
Ċ.	3D80g9450	6543	157	251
n	1504208540	7945	258	248
С.	TED+7042454	7545	255	264
e.	TEDyRORDES	9358	295	792
Ē.	TEDyROROW	sina	756	392

鋼製ダンパーの選定画面

R.B.HMING. A:XXIIIII C-1 A:XXIIIII C-1 A:XXIIIII C-1 A:XXIIIII C-1	R.BHPHA, AcXSIEN CI BH**/mil AcXSIEN CI BA**/mil AcXSIEN Ci BA**/mil AcXSIEN CI BA**/mil ACXSIEN CI BA***/mil ACXSI		RAMRAE (50	el lost <u>ator</u>	-	
# BOD-BOTOR-B-1 1298 04,7% 400 C BOD-BOTOR-B-1-F BBD - - - T BOD-BOTOR-B-1-F BBD - - - - R BOD-BOTOR-B-1-F BBD - - - - - R BOD-BOTOR-B-1-F BBD -	R B00-90108-9-1 1199 04.76 400 C 825-801109-1-1 880 - - - C 805-901109-1-2 080 - - - - C 805-901109-1-2 080 - - - - - C 805-901109-1-2 080 - - - - - C 8059-901109-1-2 080 -		-	-ASSES 61	- HARRIS IN C.S	00-381
C 825-801109-1-1 889	C B05-801180-L-0 B00 -	æ	800-90108-9-1	1290	64.78	400
C 805-981199-1-2. 080	C 805-90110-1-2 080	¢.	805-801183-1-1	483		
C 800-801180-L-0 280	C 800-801180-L-9 388	C.	805-907199-1-2	080		
C 10010049-11000 1 1500 00 100	C 12020049-11000 1100 1100 90 1993	¢.	800-801180-1-3	383		
		~	50590kH-1090	1680	90	191
		ì				

流体系ダンパー(オイルダンパー)の選定画面



			帕力計算結果		
-	支援利利 正規利力 140	長期総合=1.0+1/5 実短期総力5.38	典期編力113+7月 向任期編力140	各耕植竹=0.7-8.95 间任耕植竹车站	資料線力=17-7方 実旺期線力kN
11-11	82775.7	10287.9 04	8805 S DK	210.1 08	16821.08
17-08	\$2178.T	8782.1 CK	11404.1 DK	2171 B OK	1348.0 04
10-11	32736.7	8285.9-04	11278 # OK	3840.2 GK	803.2 04
12-11	12775.7	7979.9 CK	11402.8 DK	4152.2 0.6	549.2 OK
19-11	82775.7	8580.2 06	11906.2 DK	D617.8 C4	081-0-06
11-11	32175.7	8485.5 CK	12256.5 OK	0964.5 GK	114.5 CK
11-11	32176.1	103031 CE	132011 00	4800.8 08	656/0 04
115-11	100217	3189-2-Ce	\$368 2 DK	380.6 G K	1984.8 Cm
15-12	10021.7	4680 CB	4722 DK	3407 GK	2280 04
81-10	87219.0	10275.0 04	9558-3 OK	1305.7 04	2081.7.04
10-18	37218.8	8381.2 06	12271 2 OK	4886.8 0 6	2015.8 04
20-15	\$7218.8	BYER 7 CE.	12208.7 DK	4128.3 08	1317.3 CK
17-15	\$7018.9	8038.4 CE	12151.4 OK	4817.6 G4	1146.6 CB
10-15	37210.0	3517.6 CH	12278.6 04	4040.4 OE	483.4 OR
01-10	87218.0	BORG C CH	TIBOR & OK	4123.4 08	787.4 OE
013-105	\$7218.6	39770.1 CK	14548.5 DR	6823.9 06	1149.0 CE
15-16	10441.0	7948.4 08	\$975 4 OK	827.6-08	2085.6 Ce
10-15	6321.4	2097.9 04	\$821.8 OK	1549.5 GE	14143.08
17-18	6021.4	3157.4 CK	\$322.4 OK	1670.6 GE	1583.6 OK
NT1-YE	6521.4	2595.0 OK	3062.3 OK	1546.1.08	TOBRE OF

各支承材の軸応力度検討結果

免震層の偏心率計算結果

3++1-0 4880 A-	and dramatic search and a				9. 101-	nia i	9 1. 9 9 1. 9	. G	HEARD !			_	_
The Day Manual	end to of from taking any first office and takates 12 h	N 172813	2 - Fig. (0.0 +					7. B. C	A40 -	- 10000-0	BV0		
HORAN	11 M	82.W	1		404	(87), (197)	and a	8718 T# G/G_	XHOD 4	F _a Intel	#4## ~(2)	東京開始 大同時回	1882-1 0,
-		a a			121	1.80	48057.1	0.304	8104	81.00	1421	83t t 8	1.0000
PROBAT	8848-504 2014 172575-	1402-1 000/04/02 18:40	bit .		4	1.94	329(9)	6.627	1.004	11,24	3.0	361733	8,2982
RECATE	BHEFAU- PROTE		126475 a 10725 5		1 31	1.11	18233.1	£-690	8148	331.94	118	42371-44	8.987
KRIIII SOOTI I	201041- 404X204		4.05039 per. 8.05039 per.			18	44146910	6.08	8.811	40.15	338	3405417	1004
8-4	BLANC BLANC		(1)4474 2201148 -	1		-	4012013	100		anno		anos	1.000
AM-GOWN	12080 12080		201178 + 64740 +		11 - 29	0.04.4	-580.4.1	slant Dla	1-02				
	R単称の言葉和言語など目(単型性系A4) 先前称の言葉見性症状で目(素目系A4) 加速的の見法中心。		6.12/098 6.20030		(Hel)	by min	r; 1000-	*	10.000	100. M	7,bell		
1 x 1	850-34888 850-34888		0.0000 pm		1	H 10		6	36]	545	-	0.999	
	-2.04.680: 175.995.901		1 14/094 1 11/188		0h1 1	h1 @	a _{re s}	a Ditji	DHTP	bit)-I	MTP)		
	23:048500:3175000-00 92:90300- 8.850:0875475		1.057M	1	T}4 6	278 0.37	п	152 0.151.58	3.6340		10246		
	た日間たられまた た田県のフジアランスの単十倍		CSHIE + EHILL -		-	RE 87	era	#1111 T# 1	SEC.				
200 C		1	5.10001 0 6.100072		1 6.1	0.0	1.00312	1.211	0100				
		4	A 12000		60	6578	0.00559	130	0183				
	*##*****	-	6 10428 6 10588		60	099	1.0052	8.412	0.002				
225		1	Editarity S A METODO		60	010	6.00013	1.106	0.001				
	8.8418-0 E-ARO 328-	1.84	E MARCEA		82	10007	-	1.000	0.000				
			44627 SWW	- 2	he W	n-tiele	Sec. 1	ELCTRC RED.	64.				
1.10番茄树生化			CO-64		*	PREMI PREMI	NACEN I	T_1=0.000	ed be				
	主要な計算結果	見値の一	覧	10-13	10	hisio na h	\$5.7.8	1+0.965					Car-Po

計算書形式の出力(地盤増幅率の収斂計算部分)

【お知らせ】

インターネット上の新サービス開始

建築設計ASP ポータル archwear

RESP シリーズサービス開始

archwear(アークウェア)はインターネットを活用して、建築設計を幅広く支援する、NTT DATA 提供の 建築設計ポータルです。建築設計に必要な最新のプログラムをインターネット経由で必要なときに必要な 期間だけ、年会費と各プログラムの使用料(使わない月は0円)で利用できます。 このたび、archwearにて RESP シリーズを提供することとなりましたのでご紹介いたします。

提供プログラム

現在、提供しているプログラムは以下の4つです。 ・RESP-F3: 立体フレームの静的弾塑性解析プログラム ・RESP-F3D: 立体フレームの動的弾塑性解析プログラム ・RESP-M/II: 質点系モデルの弾塑性振動解析プログラム ・RESP-M3: 疑似立体モデルの弾塑性振動解析プログラム また、上記プログラムをご利用の方には、併用することが 多い以下のプログラムもお使いいただけます。 ・BURESP : NTT BUILD-1 RESP-F3,F3D データ変換 プログラム ・RESP-QDM: 復元力特性モデル化プログラム

archwear 会員登録方法

archwear を利用するには会員登録をします。必要なもの はクレジットカードと e メールアドレスです。 入会手続きは archwear ホームページ <u>http://www.archwear.jp/</u> にて行います。

登録すればすぐに archwear が利用可能となります。



archwear クライアントプログラム



archwear ホームページ (http://www.archwear.jp/)

archwear 利用方法

archwear ではサーバ側で実行するのは計算処理のみで す。データ入力、計算結果の出力等はユーザ側のパソコン にて実行します。

ユーザ側のパソコンには archwear を運用するためのクラ イアントプログラムおよび各アプリケーションプログラムの入 出力プログラムをインストールしておきます。これらのプログ ラムはダウンロードするか、CD-ROM にて入手します。各プ ログラムのマニュアル類もダウンロードにより入手できます。

RESP シリーズの入出力プログラムは RESP パソコン版の 入出力プログラムと同様の操作方法です。

作成したデータをarchwearにアップロードすると解析処理 が実行されます。処理状況はWebにて確認でき、計算完了 時には eメールが送信されます。







Assessment Program for Seismic Capacity of Railway Structure

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

Maxwell モデルを用いたオイルダンパーの解析アルゴリズム

高橋 治¹⁾ 関口 洋平²⁾

1) (株)構造計画研究所 構造設計部

1.序

建物を高減衰化し振動エネルギーを吸収する目的で、 近年オイルダンパーは多くの設計に用いられている。

本稿ではオイルダンパーの減衰力を算出する数値計 算アルゴリズムを示し、その計算手法の精度を検証する。

2.オイルダンパーの基本的性質

オイルダンパーの基本原理は注射器などのピストンと 筒から成る構造である。地震や風による外乱によってピストンが押されると内部圧力が発生し、ピストン速度に依存 した減衰力が得られる。

オイルダンパーはダッシュポッドに力を伝達するバネ剛 性によってその減衰特性が変わるため、数値計算で取り 扱う場合には図 1 に示すような線形バネとダッシュポッド が直列に連結された Maxwell 要素にモデル化する。 Maxwell 要素の履歴曲線は図 2 に示すような傾いた楕円 を描く。図中 K_dは取り付きバネ剛性を示し、K₀はダッシュ ポッドの減衰係数 Cと円振動数 を用いて次式で表され る。

$$K_0 = \frac{\omega^2 K_d C^2}{K_d^2 + \omega^2 C^2}$$



図 1 Maxwell モデル



図 2 Maxwell モデルの履歴曲線

3 . Maxwell 要素力の算出方法

2) (株)構造計画研究所 解析技術本部

ここでは図 1 のように、バネ剛性 K_dを持つ線形バネと 図 3 に示すようなバイリニア型の減衰特性を有するダッシ ュポッドを直列に配した Maxwell 要素の要素力の算出方 法を示す。



図3 ダッシュポッドの減衰特性

連結点 O における力の釣合いを求める。以降の式に おいて、uは相対変位、vは相対速度を表す。バネによる 弾性力 F_kとダッシュポッドによる粘性力 F_cを用いると、マ ックスウェル要素力 F_{ii}は次式で表される。

 $F_k = F_c = F_{ij}$ (1) バネカ F_k はマックスウェル要素間の相対変位 u_{ij} とダッシュポッド間の相対変位 u_{ci} を用いて次式で求まる。

$$F_c = C_2 V_{oj} + Q_c \tag{3}$$

よって連結点 O の釣合い条件は(1)式に(2)、(3)式を代入 し、次のようになる。

 $K_{d}(u_{ij} - u_{oj}) = C_2 v_{oj} + Q_c$ (4) 時間刻み tが十分小さい場合、時刻 tの速度を t - t から tまでの平均速度で近似すれば、時刻 tの速度は 次式で仮定できる。

$${}^{t}v_{oj} = \frac{\Delta^{t}u_{oj}}{\Delta t}$$
(5)

ここで ${}^{t}v_{oj}$ は時刻 t のダッシュポッド間の相対速度、 ${}^{t}u_{oj}$ は時刻 t におけるダッシュポッド間の相対変位の増分を

表す。(5)式を(4)式に代入すると次式が得られる。

$$K_{d}\left({}^{t}u_{ij}-{}^{t}u_{oj}\right) = C_{2}\left(\frac{\Delta^{t}u_{oj}}{\Delta t}\right) + Q_{c}$$
(6)

また、時刻 *t*の相対変位を時刻 *t*- *t*と増分の和で表すと 次式となる。

$${}^{t}u_{oj} = {}^{t-\Delta t}u_{oj} + \Delta^{t}u_{oj}$$
⁽⁷⁾

(7)式を用いて(6)式を ^tu_{oj}についてまとめると次式となる。

$$\Delta^{t} u_{oj} = \frac{K_{d} \left({}^{t} u_{ij} - {}^{t - \Delta t} u_{oj} \right) - Q_{c}}{\frac{C_{2}}{\Delta t} + K_{d}}$$
(8)

(8)式を(7)式に代入して求まった ^tu_gを(2)式に代入することでバネカが求まり、マックスウェル要素力が求まる。

リリーフ前のマックスウェル要素力は、式中の C_2 を C_1 で置き換え、 $Q_c = 0$ とすることにより求まる。

4.数値計算に必要な入力データ

上述の計算手法を用いて数値計算を行う場合に必要 となる入力データを以下にまとめる。

(a)オイルダンパーのパラメータ

·バネ定数 K_d
 ·減衰係数 C₁, C₂
 ·リリーフ速度 v_r
 (b)解析パラメータ
 ·時間刻み t

5.数値計算アルゴリズム

オイルダンパーに変位が与えられたときにその減衰力 を算出する数値計算アルゴリズムを図 4 に示すフローチ ャートに沿って説明する。

まず与えられたダンパー間の相対変位 ${}^{t}u_{ij}$ と前ステップ のダッシュポッド間の相対変位 ${}^{t-i}u_{oj}$ を用いて、線形範囲 内(リリーフ前)におけるダッシュポッド間の変位増分 ${}^{t}u_{oj}$ を算出する。これは式(8)において C_2 を C_1 で置き換え、 Q_c をゼロとした次式により求まる。

$$\Delta^{t} u_{oj} = \frac{K_{d} \left({}^{t} u_{ij} - {}^{t-\Delta t} u_{oj} \right)}{\frac{C_{1}}{\Delta t} + K_{d}}$$
(9)

次いで(9)式を(5)式に代入してダッシュポッド間の相対 速度 v_{oj}を算出し、リリーフの判定を行う。この速度が正側 のリリーフ速度を上回る場合はダッシュポッド間の相対変 位増分を(8)式により算出し直し、負側のリリーフ速度を下 回る場合には(8)式において Q_cを-Q_cに置き換えた次式 を用いて算出し直す。

$$\Delta^{t} u_{oj} = \frac{K_{d} \left({}^{t} u_{ij} - {}^{t-\Delta t} u_{oj} \right) + Q_{c}}{\frac{C_{2}}{\Delta t} + K_{d}}$$
(10)

こうして求まった ⁱu_{oj}を(7)式に代入し、ダッシュポッド 間の相対変位 u_{oj} ならびにバネ間の相対変位 u_{oj}を算出 する。バネ間の相対変位にバネ定数を乗ずることでダン パーの減衰力が算出される。



6.解析精度

本数値計算手法の妥当性を検証するために、正弦波 入力および地震波入力時の応答解析を実験値と比較し た。

6.1 正弦波入力

図5に正弦波入力時の実験結果と解析結果の重ね描 きを示す。入力波及び装置諸元はそれぞれ表1、表2に 示すものを用いた。また解析における時間刻み t は 0.01 秒とした。

実験結果と解析結果は振動数、振幅によらず精度よく 一致しているといえる。

表1入力波(正弦波)

周波数 [Hz]		振幅	[mm]	
0.25	0.25	1.0	5.0	15.0
0.5	0.25	1.0	5.0	15.0
1.0	0.25	1.0	5.0	15.0
2.0	0.25	1.0	5.0	-

表2 オイルダンパー諸元

1 次減衰係数 C1[kN·sec/cm]	245.2
2 次減衰係数 C ₂ [kN·sec/cm]	16.7
リリーフ速度 v _r [cm/sec]	3.2
取り付きバネ剛性[kN/cm]	3922.7

6.2 地震波入力

図 6-1、6-2 に地震波入力時の実験結果と解析結果の 重ね描きを示す。実験は 3 層フレームによる振動台実験 で、図に示した実験結果は El Centro NS 25cm/sec 入力 時に 1 層に設置したオイルダンパーから得られた結果で ある。ダンパーの特性は 6.1 で用いたものの 1/10 の容量 である。解析結果は実験で得られた変位波形を入力した ものである。

これらの図から、ランダム波に対しても本数値計算アル ゴリズムは十分精度のよい結果が得られることが分かる。

7.適用範囲

7.1 材料特性上の制約

環境温度にほとんど影響されず、-20 ~+80 まで安 定した性能を示す。



図5履歴曲線の比較(正弦波)



図 6-1 ランダム波に対する時刻歴応答



図 6-2 ランダム波に対する応答履歴曲

7.2 数値計算上の制約

図 7 に時間刻みを 0.001 秒から 0.05 秒の範囲で比較 した履歴曲線を示す。オイルダンパーの特性は 6.1 で用 いたものと同じであり、入力波は振幅 0.1cm、周波数 1Hz の正弦波である。

時間刻み 0.01 秒以下では理論解に対してほぼ一致し ており、この傾向は振幅、振動数の違う入力波に対しても 同様である。このことから本数値計算手法は時間刻み 0.01 秒以下の範囲で十分な精度を有するといえる。

8.まとめ

本報告では Maxwell モデルを用いたオイルダンパーの 解析アルゴリズムについて示し、その数値計算の妥当性 を確認した。

謝辞

正弦波による加振実験結果はカヤバ工業株式会社様より頂いた。ここに感謝の意を表します。



図7時間刻みによる履歴曲線の比

参考文献

1)露木他,二宮他,高橋他:「オイルダンパーを用いた制振構造の開発 (その1~4)」日本建築学会大会梗概集 1998.9,1999.9

2)奥薗他,小倉他,高橋他:「高減衰建物のための実験的研究(その1~4)」
 日本建築学会大会梗概集 2000.9

3)高橋他:「高減衰建物実現のための実験的研究 オイルダンパーの 3 層フレームによる振動台実験 」 第 2 回日本制震(振)シンポジウム 2000.11

線路上空利用建築物の地震観測とシミュレーション解析

その1 地震観測記録

蓮田常雄¹⁾ 武居 泰¹⁾ 大迫勝彦²⁾ 林 篤²⁾

1) (財)鉄道総合技術研究所

2) 東日本旅客鉄道(株)

1.はじめに

線路上空利用建築物は列車を運行しながらの建設工 事のため、線路横断方向の地中梁を省略した構造形式 が採用されている。この種の構造形式の地震時挙動を把 握するため行っている大井町駅ビルの地震観測につい て報告する。

2.建物および地震観測概要

大井町駅ビルは、JR京浜東北線大井町駅の直上に建 つ、鉄骨造地上9階建、高さ45m、延床面積26,500m²の 駅施設及び商業ビルである。図1に示すように線路横断 方向(Y方向)の地中梁は設けず、線路平行方向(X方 向)については、軸力のみを伝える繋ぎ材として地中梁を 配した構造である。

地盤柱状図を図1中に示す。基礎は、杭長 30m の場所 打ちコンクリート拡底杭であるが、耐力とじん性を確保す る目的で上部 15m を鋼管巻きとしている。

地震計は、建物周辺の地中(GL-30m)、地表及び建物 内の杭底、杭頭、2F、最上階(9F)の計7観測点に設置し ている。図1に地震計設置位置と測点略称を示す。

3. 観測記録と建物の挙動

地震観測開始後いくつかの地震が観測されているが、 ここでは表1に示す1998年に観測された2つの観測結果 を報告する。両地震とも千葉県中部を震源とする地震で、 東京の震度は4及び3である。

(1)最大加速度

両地震の代表測点における最大加速度を表2に示す。 なお地表の観測記録には低周波ノイズがあるため1Hzの ハイパスフィルターで処理後の値を参考に示している。

2つの地震とも深度が同じ地中と杭底ではほぼ同じ最 大加速度であり、参考値であるが地表と杭頭では杭頭が 小さく建物による拘束(相互作用)効果が見られる。

杭底に対する建物上部の増幅は、No.1 地震では地中 梁の有る X 方向より地中梁の無いY方向がかなり小さい が、No.2 地震では方向による差は顕著でない。 (2)加速度波形

No.1 地震における地中と9Fの加速度波形を図2に示 す。波形から継続時間の短い衝撃的な地震と言えるが、 9Fの波形では衝撃動の後、建物の固有周期で振動して いることが読みとれる。





表1 地震諸元

地震 No.	発生日時	震源・深さ	規模	震度
No.1	1998.8.29	千葉県中部 -70km	M5.4	4
No.2	1998.11.8	千葉県中部 -80km	M4.9	3

		7R Z	取八川	山还反	(gai)		
地震 No.	方向	地中	地表	杭底	杭頭	2階	9 F
		PU1	PU2	PU4	PU5	PU6	PU7
	Х	16	(68)	16	53	72	73
No.1	Y	39	(81)	41	71	60	60
	Z	23	(52)	26	29	34	134
	Х	16	(21)	16	20	22	18
No.2	Y	12	(29)	16	24	25	23
	Z	4	(11)	5	5	6	16

備考:地表は低周波ノイズ混入のため参考値

Kozo Keikaku Engineering, Inc. 2002.5

図3には相互に地中梁で結ばれていない杭頭(PU3、 PU5)の No.1 地震におけるY方向記録を示している。最 大値で多少差はあるがほぼ同様の波形記録であり、この 地震では地中梁の無いことによる影響は認められない。 (3)フーリエスペクトル

60

地震規模の大きい No.1 地震における代表観測記録の フーリエスペクトルを図4に示す。なお、図4にはハニング ウインドウを施した結果を示している。地中では、X、Y方 向とも 0.2 秒付近に卓越が見られ、これは地震動の卓越 周期と考えられる。一方9Fでは、X、Y方向で 1.1~1.3 秒に建物の固有周期と考えられるピークが現れている。 (4)伝達特性による固有周期の評価

地震観測結果の伝達関数から固有周期を評価した。図 5 に No.1 地震の9F / 地中(PU7 / PU1)、9F / 杭頭 (PU7 / PU5)、地表 / 地中(PU2 / PU1)等のフーリエ振 幅比を示す。9F/地中は地盤-杭-上部建物連成系 の振動特性、9F/杭頭は、上部建物系の振動特性を表 している。地表 / 地中は短周期成分のみの評価であるが、 表層地盤は0.4、0.5秒にピークがある。建物系のピークを 固有周期と評価し、No.2 地震も併せて表3に示す。表3 には連成系としての設計時の固有周期も示している。

設計値に対して観測値はいずれも短周期であるが、こ れは仕上げ材等の付加剛性の影響と共に、設計では杭 と杭周辺地盤の相互作用バネを中地震時の等価バネで 評価しているためと考えられる。また、地震規模が小さい ため、連成系と上部建物系の固有周期の差は No.2 地震 のY方向を除いて明確には現れていない。

4.まとめ

地中梁を省略した構造形式の大井町駅ビルの地震観 測について検討した。地震規模が小さいため、この種の 構造形式の振動特性を明確には把握できないが、相互 に地中梁で結ばれていない杭頭の波形記録では地中 梁の無いことによる影響は認められない。

今後継続的に観測を実施し、この種の構造形式の振 動特性を把握し設計に生かしたい。

衣 5 回 1 1 回 1 回 1 回 1 回 1 回 1 回 1 回 1 回 1									
地震 No.	方向	9 F / 地中	9 F / 杭頭	設計値					
	Х	1.20	1.14						
No.1	Y	1.28	1.28	X 方向:					
	Z	0.19	0.18	1.85					
	Х	1.14	1.14	V 七向 ·					
No.2	Y	1.37	1.28	101					
	Z	0.19	0.19	1.71					



図 5 フーリエスペクトル比(地震:No.1)

本報告は日本建築学界大会(2001.9)で発表されたものを再構成したものです。

周期(sec)

線路上空利用建築物の地震観測とシミュレーション解析

その2 シミュレーション解析

庄司正弘¹⁾ 西村忠典¹⁾ 蓮田常雄²⁾ 武居 泰²⁾

1) (株)構造計画研究所 2) (財)鉄道総合技術研究所

1.はじめに

本報では、(その1)で報告した地震観測記録のうち全体的に加速度が大きいNo.1地震(1998.8.29)を対象にした地盤 - 杭 - 建物連成系の3次元解析モデルによる地震応答解析結果と観測記録との比較結果について報告する。本検討では、地盤 - 杭 - 建物連成系の地震応答解析手法の妥当性について検証すると共に、各部の応答に着目して、地中梁が省略された建物の地震時の3次元的な挙動を把握することを目的として実施した。

2.解析手法

本検討では、地震時における地盤と建物の動的相互作 用効果と3次元効果を評価できる解析手法として、地盤 - 杭 - 建物連成系を地盤系と杭 - 建物系の2つの領域に 分離して取り扱う3次元動的サブストラクチャー法を用 いた。地盤は薄層要素法を用いて成層地盤として層分割 し、杭と建物は三次元 FEM を用いてモデル化した。杭と 地盤の変位の連続性は、杭に対する地盤の動的剛性(動 的インピーダンス)を薄層要素法によるリング加振解を 用いて評価した。また地盤から杭に入射する地震力はサ ブストラクチャー法に基づいて算定される等価節点力 (ドライビングフォース)で評価した。

解析プログラムは、SuperFLUSH/3D¹⁾を用いた。

3.解析モデル及び地盤諸元

図1に、建物の三次元 FEM モデルのモデル化方法とサ ブストラクチャー法の概念図を示し、表1に解析で用い た地盤モデル諸元を示す。

地盤のS波速度は、設計時に用いられた地盤モデルを もとに、地表と地中の地震観測記録から同定した。地盤 の減衰定数は一律5%と仮定し、地盤の層分割は最大解析 振動数を10Hzとして波長の1/8を満足するように細かく 分割してモデル化した。

建物は立体フレームモデルとして三次元 FEM のビーム 要素を用いてモデル化した。床の剛性は床面内の剛性が 十分に剛となるように梁の軸剛性や床水平面内の曲げ剛 性・せん断剛性・ねじれ剛性を剛としてモデル化した。 地中梁は軸剛性のみ考慮したばね要素でモデル化し、杭 はビーム要素を用いてモデル化して柱と剛結合させた。 解析モデルはX方向の対称性を考慮して1/2モデルと した。建物と杭の減衰定数は各々2%と3%に仮定した。



表1 地盤モデル諸元

No.	土質	層厚 H	S 波速度 Vs	密度	ポアソン比
		(")	(11/580)	(KN/113)	
第1層	盛土	2.00	130[100]	14.22	0.45
第2層	ローム層	2.50	130[100]	12.85	0.48
第3層	砂礫	5.75	440[340]	19.61	0.48
第4層	洪積粘土	7.75	230[180]	16.38	0.48
第5層	洪積粘土	10.00	260[200]	16.38	0.48
第6層	半無限地盤	-	520[400]	19.61	0.48
		「 1内は設計時に用いたS波速度			

Kozo Keikaku Engineering, Inc. 2002.5

4. 解析条件

入力地震動は鉛直上昇波を想定し、地中(PU1)の観 測記録を解析モデル上の位置にそのまま規定し、半無限 地盤の入射波(2E波)を引き戻し計算により算定して用 いた。地震応答解析は、XYZ3方向の各入力方向毎に1/2 モデル対称面での境界条件(対称条件や逆対称条件)を 考慮して行い、XYZ3方向同時入力した場合の応答は、 各入力方向毎に得られた同じ応答成分の時刻歴波形を重 ね合わせて算定した。

解析は複素応答法を用いて全て線形解析とし、最大計 算振動数は10Hzとした。

5.解析結果

本検討では水平応答に着目して観測記録と解析結果を 比較した。なおここでは、観測記録による建物固有周期 が設計時のそれに比べて短周期であることを考慮して、 建物剛性として設計時には考慮されていない仕上材等の 2次部材の剛性を付加した場合の検討結果のみ示す。

図2に代表点のフーリエスペクトルを示し、図3に地中に対する9F(9F/地中)と杭頭に対する9F(9F/杭頭)のフーリエスペクトル比を示す。

フーリエスペクトルに着目すると、地中と杭底は、XY 両方向共に、各々が良く似ており、観測記録と解析結果 も良く一致している。杭頭は、周期1秒以下の短周期部 分は全体的に良く対応している。9Fは、建物の1次固有 周期付近(1.2~1.3秒)から地盤の1次卓越周期付近(0.4 ~0.5秒)の間では全体的に良く対応している。

このような傾向は、フーリエスペクトル比にも同様に 認められ、建物や地盤の1次モード付近の応答について は、比較的良く再現できている。

なお 9F の周期 0.3 秒以下の短周期部分では、観測記録 と解析結果に差異が認められるが、今回の検討では建物 及び地盤の高次モードの振動性状や剛性評価について十 分に検討できていないためと考えられる。

6.まとめ

本検討では、観測記録の分析結果から解析モデルの剛 性を再評価して観測記録のシミュレーション解析を行っ た。その結果、地盤や建物の1次モード付近の応答につ いては建物と杭の全般的に観測記録と解析結果は良く対 応し、3次元モデルによる地盤-杭-建物連成系の解析 手法の妥当性を確認できた。しかしながら、建物の短周 期部分(高次モード)の応答に寄与する建物の剛性評価 や建物3次元的挙動については、さらに検討を加えて行 くことが必要である。

(参考文献)

1) SuperFLUSH/3D 使用説明書 (株構造計画研究所







本報告は日本建築学界大会(2001.9)で発表されたものを再構成したものです。



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	SHAKE+	for Windows
波形処理プログラム	k-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**

統計的グリーン関数法に基づく

地震動最大振幅に対する破壊伝播効果による方位依存性の評価

司 宏俊¹⁾ 翠川三郎²⁾

1)(株)構造計画研究所 2)東京工業大学大学院総合理工学研究科人間環境システム専攻 教授・工博

1. はじめに

地震動強さを簡便に評価する手法として地震動の距離減 衰式が提案されている。距離減衰式の回帰モデルには地震動 強さに影響する要因として,地震のマグニチュード,震源距 離などが考慮されている。最近の研究では,これらの要因に 加えて断層破壊による方位依存性も考慮されるべきである ことが指摘されている。例えば, Boatwright and Boore (1982)¹⁾ は1980年Livermore Valley地震の強震記録を用いて方位依存 性の影響を検討した。その結果,観測された地震動の振幅に 強い方位依存性が見られ,それがユニラテラルな断層破壊に 起因することを指摘した。吉川・ほか(1986)²⁾は1979年 Imperial Valley地震の強震記録に,翠川(1993)³⁾は1985年チリ 地震の強震記録に,方位依存性の影響がみられることをそれ ぞれ指摘している。小山(1987)⁴⁾は短周期地震波のエネルギ ー理論式に基づいて,短周期地震動にも方位依存性がみられ ることを指摘した。Somerville et al. (1997)⁵⁾ は多数の強震記 録の回帰分析に基づいて,方位依存性の影響によるスペクトル 振幅の増大が周期 0.6 秒以上で見られ,その傾向が周期ととも に顕著になることを示している。大野・他(1998) ⁶も震源近傍での 観測記録に基づいて,方位依存性の影響を示している。

これらの研究から,地震動の方位依存性が地震動強さに与え る影響が確認されている。従って,想定地震による地震動を 予測する際には,地震動方位依存性の影響も評価する必要が あるものと考えられる。観測記録に基づいて,このような方 位依存性の影響を定量的に評価するには,断層近傍でしかも 各方位に強震記録が得られていることが理想的である。しか し,実際の地震では,このような事例はなく,実地震記録に よる定量的評価には困難な面がある。そこで,本研究では、 地震動のシミュレーションより,方位依存性の空間的な分布 を定量的に捉えることを試みる。すなわち,短周期領域で有 効性が確認されている統計的グリーン関数法⁷⁾を用いて地 震動を模擬発生し,地震動の最大加速度,最大速度に見られ る破壊伝播効果による方位依存性の空間的な分布を評価し て,さらに,距離減衰式で地震動方位依存性を表現するため の方位依存性補正関数を提案する。

2. 解析方法

本研究では,検討対象とする大地震による地震動は釜江ら (1991)⁷⁾による統計的グリーン関数法によってシミュレー ションを行う。すなわちグリーン関数としての小地震による 要素地震動はBoore (1983)⁸⁾による方法を用いて人工的に発 生させ,入倉(1986,1997)⁹⁾¹⁰⁾による経験的グリーン関数法で 各計算点に対して地震動を合成するという方法である。

2.1 要素地震動の作成

Boore (1983)⁸⁾の方法ではランダムな位相を持つ時刻歴に 正規化した包絡線を掛け,得られた波形のスペクトルにω2 乗モデルに基づいた震源スペクトルと掛け合わせ,フーリエ 逆変換を通して目標とする時刻歴を求める。ω2 乗モデルは, (2.1)式のように表される。

$$A(f) = \frac{R_{\phi \phi} \cdot FS \cdot M_{o} \cdot PRTITN}{4\pi\rho V_{s}^{3}} \frac{(2\pi f)^{2}}{1 + (f/f_{c})^{2}} (1 + \frac{f}{f_{m}})^{-1} e^{-2\pi j R/2QV_{s}} / R$$
(2.1)

ここで, Moは地震モーメント, R は震源距離, QはQ値, Vsは媒質のS波速度を示す。FSは自由地表面を対象とすると きに2で, PRTITNは水平2成分のエネルギー配分率で, Boore (1983) ⁸⁾に従い0.71とする。 f_m は高周波カットオフ周波数で, ここでは, Faccioli (1986) ¹¹⁾による地震モーメントによる関係 式を用いて定める。 f_c は小地震のコーナー周波数でBrune (1970) ¹²⁾の V_s , $\Delta\sigma$, M_a の関係式で決まる。

 $R_{\phi\theta}$ はラディエーション・パターンを示す項である。本研究で対象とする地震動の最大加速度値や最大速度値については,地震動の比較的短周期の成分に支配されると考えられるが,その放射特性については不明の点が多い。このことから,地震動を合成する際に,ラディエーション・パターンについては, 釜江・他(1990)¹³⁾と同様に,周波数依存性を考慮して評価する方法(F法)と, Boore and Boatwright (1984)¹⁴⁾による震源近傍におけるS波の平均的なラディエーション 係数0.55を用いて等方的に評価する方法(U法)の2つの方法を用いて評価することにした。

時刻歴を作成するためにBoore(1983)⁸⁾が用いた包絡線の継 続時間は断層破壊の継続時間によって決められ,震源距離に 依存していない。近年,それを震源距離によって変化するよ うに修正する動きがみられる¹⁵⁾¹⁶⁾。本研究では,Boore(1983) ⁸⁾が用いる包絡線の代わりに,式(2.2)(2.3)で示す翠川(1989) ¹⁷⁾が提案する包絡線を用いることにした。

$w(t) = t/t_p \exp((1-t/t_p))$			(2.2)
$t_p = 0.0015 \times 10^{0.5M} + 0.12 \times R^{0.75} (5)$	М	6)	(2.3)

ただし, Mはマグニチュード, Rは震源距離を示す。この包 絡線は実際の地震の観測結果に基づき,地震規模,伝播経路 等の影響による地震動継続時間の変化を考慮したもので,地 震動を模擬作成するのにより適切であると考えられる。マグ ニチュードが5.5のとき,Boore (1983)⁸及び翠川(1989)¹⁷によ る包絡線の比較をFig.1に示す。



Fig.1 Comparison of envelopes by Boore(1983) and Midorikawa(1989)

2.2 大地震地震動の合成

得られた要素地震動を統計的グリーン関数として用い,入 倉(1986, 1997)⁹⁾¹⁰⁾による経験的グリーン関数法と同様に大 地震時の地震動を合成する。この方法を用いて地震動を合成 する際に,大地震の断層の要素断層が規則的に配置され,そ の間隔が一定で,破壊伝播速度も一定としたとき,地震動の 合成結果には人工的に生じる周期性成分が含まれる場合が ある。このことを防ぎ,断層破壊の不均質性を表現するため, 各小断層の破壊開始点に,乱数を発生することによってある 程度の揺らぎを与えることにした¹⁸⁾。ただし,乱数を発生す る際の初期値を変えることによって断層近傍での合成結果 が変動するので,本研究では,10個の初期値に対して計算を 行った。

3. 断層モデル及び計算地点の分布

地震動シミュレーションの対象地震は内陸の地殻内地震で,地 震規模が M_w 7程度のものとした。地震の断層パラメータの設定は スケーリング則に従って行った。地震モーメント[M_o]はHanks and Kanamori (1979)による地震モーメントと M_w との関係を用いて算 定した。既往の研究では,日本の内陸地震では断層幅がほぼ15 km程度であるという研究結果^{19) 20) 21)}があり,また, M_w 7に相当す る地震の断層長さが30km程度であること²²⁾が指摘されている。こ れらの結果を踏まえて,本研究で用いる断層モデルは,Fig.2に 示すように35 km×15 kmの矩形断層と設定した。断層は傾斜角を 90度とし,最も浅い部分の深さを5 kmとした。横ずれ断層を想定 し,破壊開始点は端部底部の小断層に置き,断層破壊は破壊開 始点から円状に伝播していくものとした。媒質のS波速度を3.5 km/s,Q値を周波数 [f] に依存するQ(f)=170 $f^{0.73$ 22)とし,破壊 伝播速度はS波速度の0.8倍である2.8 km/sとした。用いた断層パ ラメータをTable 1に示す。

要素地震の震源規模をM_w 5.5とし,モーメント比から断層の総 分割数は約32と算定される。断層の形状が長方形であることを考 慮して,断層を7×5で分割した。また,要素地震の応力降下を大

Table 1 Parameters of the fault model

Slip type	Strike slip
Strike degree	N90E
Dip <i>degree</i>	90
Rake degree	180
Length km	35
Width km	15
Depth (to the top of the fault) km	5
Moment magnitude	7.0
Seismic moment dyne*cm	3.98 x 10 ²⁶
Rise time sec	2
Stress drop bar	50
Rupture velocity km/sec	2.8
Shear wave velocity <i>km/sec</i>	3.5



Fig.2. Fault model used in the analysis



Fig.3. Area for computation and fault plane

地震と同様,50 barsとした。計算する領域は,Fig.3で示すように
 140 km×80 kmとした。Fig.3の黒丸で示すように,その中に基本
 的には10 kmの間隔で計算点を設定し,断層近傍ではその間隔
 を小さくした。

4. 解析結果

4.1 地震動シミュレーションによる加速度波形

Fig.4にU法の場合の地震動シミュレーションから得られる地震 動の加速度波形の例を示す。断層は直線で,震央位置は×印 で示している。各計算点での波形のスケールは同一である。図か ら,断層破壊進行方向での合成波形に比べ,その逆方向での合 成波形は継続時間が長く振幅も小さい傾向が見られる。



Fig.4. Synthetic waveforms and the fault plane

F法の場合には、断層と平行方向成分と直交方向成分とでは、 その振幅分布の傾向は異なる。最大振幅は直交方向成分の方 が平均的に2倍程度大きい。計算された波形は周期0.5秒から2 秒程度の範囲で大きな振幅を持つ場合が多く、そのためにF法 の結果にはラディエーション・パターンの影響がある程度現れて いるものと考えられる。しかし、断層方向成分と直交方向成分のう ちで振幅の大きい成分に着目すると、その振幅分布の傾向はU 法の場合と大きな違いはみられず、断層破壊進行方向で振幅が 大きい。これは振幅の大きな方の成分を取り出すことにより、ラデ ィエーション・パターンの影響が結果的に相殺されたためと考えら れる。

4.2 方位依存性指標の計算

シミュレーションから得られた最大加速度および最大速度の値 に含まれる方位依存性の影響を抽出するために,方位依存性指 標Dを定義する。すなわち,シミュレーションより得られる地震動 の値(A_{simulated})と基準地震動の値(A_{reference})との比を取ることによ って行う。この比の常用対数を方位依存性指標Dと定義し,(4-1) 式のように表される。

$$D = \log \left(A_{simulated} / A_{reference} \right) \tag{4.1}$$

この式から,方位依存性指標を計算するために,基準地震動 を求める必要がある。基準地震動は多数のシミュレーション結果 の統計値から決める。すなわち,地震動シミュレーションで計算さ れる地震動の最大振幅値に(4.2)式で示す回帰モデルで当ては め,地震動計算値に適した距離減衰式を求め,この距離減衰式 を用いて各計算点に対して基準地震動が計算される。

$$\log A = b - \log X_{eq} - k X_{eq} \tag{4.2}$$

式中,Aは最大加速度または最大速度,X_{eq}は等価震源距離²³⁾ を示す。

シミュレーション結果から,(4.2)式を用いて,統計解析より基準 地震動を定める距離減衰式を式(4.3),(4.4)で示すように求めた。 データとのフィッティングの状況をFig.5に示す。最大加速度,最 大速度の値は断層に直交及び平行する成分のうち大きいほうの 値を用いた。また,合成される地震動には,断層破壊伝播の逆方 向には,遠距離(断層の中心からおおむね50 km以遠)では断層



Fig.5. Standard attenuation relationships [F method]

破壊伝播の不均質性として与えた小断層破壊開始点のランダム 性効果が効かなくなり,人工的に生ずる周期が現れる場合もある ことから,ここで用いたデータは等価震源距離で50km以内の計 算地点から得られたもののみとした。

$$\log A = 3.28 - \log X_{eq} - 0.0038 X_{eq}$$
(4.3)
$$\log V = 2.40 - \log X_{eq} - 0.0015 X_{eq}$$
(4.4)

これらの距離減衰式を用いることによって各計算地点に対して 基準地震動の最大振幅値を計算し,これで10ケースのシミュレー ション結果の最大振幅値を除することにより各ケースのD値を計 算し,その平均値と標準偏差を求めた。

4.3 方位依存性の空間的分布

4.3.1 最大加速度

ここでは,D値の平均値の空間的分布特性について考察する。 Fig.6に,F法により得られたD値分布を示す。断層線を黒い直線 で示し,震源の位置を×印で示す。値の大きさは図中の色で示 す。図から,D値の分布は断層の破壊伝播方向に強く依存して いることが確認される。断層破壊進行方向には,D値が大きくなり, それに比べ,逆方向や断層周辺ではD値が小さい。

Fig.7(a)に,断層面に平行する断面でのD値の分布を示す。太線は,図中に示される座標位置(例えばy=0)でのD値の平均値を示し,細線はそれぞれの標準偏差を示す。図より,破壊伝播方向に向かって,D値が緩やかに増加し,x = -40 kmからは,D値が0.15前後(約1.5倍)の値を示すことがわかる。Fig.7(b)には,断層面と直交する各断面のD値の分布を示す。図から,断層破壊方向にある断面(x = -40 km)ではD値が大きく,その形はコサイン関数の形状を取っているように見える。比較のため,Fig.8にU法によるD値の断面分布図も示す。その傾向はF法による場合と大きな違いはない。

4.3.2 最大速度

Fig.9にF法による最大速度のD値分布を示す。最大加速度の 場合より破壊伝播の影響が明瞭である。Fig.10(a)には,断層面 に平行する断面でのD値の分布を示す。図より,D値は断層の端 部から断層破壊伝搬方向に向かって急速に増加し,断層端部か ら約40km離れたところでは最大値(約0.35,約2倍)となることがわ かる。



Fig.6. Distribution of the D value (P.G.A, F method)



Fig.9. Distribution of the D value (P.G.V, F method)



Fig.7. (a) Cross section on the fault (P.G.A, F method)

(b) Cross sections perpendicular to the fault (P.G.A, F method)



Fig.8. (a) Cross section on the fault (P.G.A, U method)

(b) Cross sections perpendicular to the fault (P.G.A, U method)

Fig.10(b)には,断層面と直交する断面のD値の分布を示す。断 層破壊方向にある断面(x= -40 kmなど)ではD値が大きくなって おり,その形が最大加速度よりはっきりしたコサイン関数のような カープを描いている。比較のため,Fig.11にU法によるD値の断 面分布図も示す。その傾向はF法による場合と大きな違いはな い。



Fig.10. (a) Cross section on the fault (P.G.V, F method) (b) Cross sections perpendicular to the fault (P.G.V, F method)



Fig.11. (a) Cross section on the fault (P.G.V, U method)

(b) Cross sections perpendicular to the fault (P.G.V, U method)

4.4 方位依存性のモデル化

地震動距離減衰式に方位依存性を取り入れるためには,ここで 計算される方位依存性指標D値の分布を簡単な数式モデルで表 現することが望ましい。この数式モデルを導出するため,2つの関 数を採用することにした。すなわち,Fig.7(a)[F法]およびFig.8(a) [U法]に示す断層面に沿ったD値の変化を表す関数Cと, Fig.7(b) [F法]およびFig.8(b)[U法]に示す断層と直交する断面 でのD値の空間的な分布特性を表現する関数Sである。次式で 示すようにこの2つの関数を掛け合わせることによって,D値の面 的な分布が得られる。

$$D = C \times S \tag{4.5}$$

1) 最大加速度

関数Cは,Fig.7(a)およびFig.8(a)に示す断層面に沿った断面の D値の分布にコサイン関数を含む関数形にフィッティングすること によって(4.6)式で示すような結果が得られる。

$C = 0.08\cos(6.578/3 - 2.25) + 0.03$	(x < -1.43L) (4.6)
$= 0.08\cos(-4.6x/3L - 2.25) + 0.03$	$(-1.43 L \le x \le x_{ec})$
$= 0.05\cos(4.6x/3L - 2.25) - 0.05$	$(x_{ec} < x \le 1.14L)$

ただし, x_{ec} は震央座標, Lは断層長さ[km]を示す。ここで, 異なる地震規模の地震にも適用できるように, Somerville et al. (1997) ⁵⁾の結果を参考にしてLによりD値分布を基準化した。ただし, この結果はL=35 kmの場合の結果のみに基づくものなので, Lがこれと大きく異なる場合に適用する際には, 注意が必要となろう。得られたCをFig.12の実線で示す。

一方,関数SはFig.7(b)およびFig.8(b)に示すD値分布の特徴を
 考慮して(4.7)式で示すコサイン関数を用いる。

 $S = |\cos\theta| \tag{4.7}$

角度θはFig.13で定義される。

2) 最大速度

同様にして,最大速度についてのCおよびSは以下のように得 られる。得られたCをFig.12の波線で示す。

$$\begin{split} C &= 0.20 \text{cos}(-4.6 \text{x}/3\text{L}-2.5) + 0.15 \quad (-2.28\text{L} \leq \text{x} \leq \text{x}_{\text{ec}} \) \quad (4.8) \\ &= 0.1 \text{cos}(-4.6 \text{x}/3\text{L}-2.5) + 0.05 \quad (\text{x}_{\text{ec}} < \text{x} \leq 1.14\text{L} \) \end{split}$$

$$S = |\cos\theta| \tag{4.9}$$



Fig.12. Cross section for modeling the function C



Fig.13. Definition of parameter θ

なお,参考のために,包絡波形の重ね合わせによる翠川・小林 手法²⁴⁾による計算結果から得られるCをFig.12の点線で示す。翠 川・小林手法による結果は,破壊が近づく方向では,今回の最大 加速度と最大速度の結果の中間的な値を示している。

地震動を予測する際に,距離減衰式による予測値(A_{attenuation}) を次式で示すようにD値で補正を施せば,方位依存性の影響 が考慮された地震動予測値(A_{predicted})が得られる。

 $A_{\text{predicted}} = A_{\text{attenuation}} * 10^{\text{D}}$ (4.10)

5. 1979年 Imperial Valley地震への適用

本研究で得られた方位依存性補正関数の妥当性を検証す るため,震源近傍で多数の地震記録が得られ,地盤データも 整備されている1979年Imperial Valley地震[M_w = 6.5]に適用 した。Imperial Valley 地震の震源断層位置と地震観測点の分 布をFig.14に示す²⁵⁾。この地震の断層モデルについては, Hartzell and Helmberger (1982)²⁶⁾の断層モデルを参考にして, 断層長さ25 km,幅8 km,上端深さ2 km,走行323度,傾斜角 85度とした。解析に用いる強震記録は,最大加速度について は39記録,最大速度については20記録である27)。最大速度は, 地表から30mまでの平均S波速度が得られている記録のみを 用いた²⁸⁾。最大振幅は,水平2成分のうち大きい方の値を用 いた。Fig.15 (左)に最大加速度,最大速度と等価震源距離と の関係を示す。ただし,最大速度の値は硬質地盤上に換算し たものである²⁹⁾。また、最大加速度については,地盤による 影響が比較的小さいと指摘されること^{例えば,30)}から,地盤上 の値をそのまま用いている。図には,司・翠川(1999)³⁰⁾によ り提案されている距離減衰式による予測値も示している。こ の図から,観測値は最大加速度,最大速度ともに距離減衰式 の推定値と比較的よい対応を示しているが,最大加速度では データ間のばらつきが見られ,最大速度では,推定値よりや や大きめであることが指摘される。ここで,最大速度のデー タに注目すると,推定値より大きいな値を示しているのは, 断層破壊が向かう方向に位置する観測点が多いことが指摘 でき、これらの記録は地震動方位依存性の影響によって値が大 きくなった可能性があるものと考えられる。

そこで,本研究で提案した方位依存性指標Dの補正関数を 用いて,強震記録から方位依存性の影響を除去するように補 正を行うことにした。D値を式(4.6)~(4.9)によって算出し, 観測値を10^Dで除することにより観測値に含まれている方位 依存性の影響を除去した。Fig.15(右)に方位依存性の影響が 除去された最大加速度,最大速度の距離減衰特性を示す。図か ら,最大加速度のデータについてはD値そのものの値が比較 的小さいので大きな変化はないものの,最大速度のデータに ついては,距離減衰式の推定値からの乖離が改善されたこと が確認される。この結果は,本研究で提案した補正関数の有 効性を支持しているものと考えられる。



Fig.14. Distribution of the strong-motion stations and the fault model²⁵⁾

6 まとめ

本研究では, M7級の内陸の地殻内地震を対象とした地震動シ ミュレーションによって, 一方向破壊伝播の鉛直横ずれ断層の場 合に対して, 地震動の方位依存性の空間的な分布特性につい て検討した。計算結果から, 地震動最大振幅値に強い方位依存 性が見られ, 最大加速度より最大速度のほうが方位依存性の影 響が大きいことが確認された。計算結果にみられる方位依存性の 空間的分布の特徴を抽出することによって, 最大加速度, 最大 速度についてそれぞれモデル化をして, 方位依存性指標D値の 空間分布関数を提案した。これらの関数から計算されるD値を用 いることにより, 1979年Imperial Valley地震の観測結果がよりよく 説明でき, D値の有効性を確認した。

謝辞

本研究の遂行に際して,株式会社大林組技術研究所の野畑有秀氏に貴重なご意 見を頂いた。ここに記して謝意を表す。

参考文献

- Boatwright, J. and D.M. Boore (1982) : Analysis of the ground accelerations radiated by the 1980 Livermore Valley earthquakes for directivity and dynamic source characteristics. Bull. Seism. Soc. Am., Vol.72, pp.1843-1865.
- 2) 吉川宗治・入倉幸次郎・北野剛人・岩崎好規・田居優・有本弘孝(1986): 震源放射特性を考慮した小地震の重ね合わせによる震源近傍本震地震動の合成,第7回日本地震工学シンポジウム論文集,pp.145-150.
- 3) 翠川三郎 (1991):1985年チリ地震及び1983年日本海中部地震の地震動 最大加速度・最大速度振幅の距離減衰,日本建築学会構造系論文報告 集,第422号,pp.37-44.
- 4) 小山順二 (1987):短周期地震波の方位依存性,地震,第2輯,第40巻, pp.397-404.
- Somerville, P.G., N.F. Smith, R.W. Graves, and N.A. Abrahamson (1997) : Modification of empirical strong ground motion attenuation relations to include the amplitude and duration effects of rupture directivity. Seism. Res. Lett., Vol.68, pp.199-222.
- 6) 大野晋・武村雅之・小林義尚(1998):観測記録から求めた震源近傍における強震動の方向性,第10回日本地震工学シンポジウム論文集,133-138.
- 7) 釜江克宏・入倉孝次郎・福知保長(1991):地震のスケーリング則に基づ いた大地震時の強震動予測,日本建築学会構造系論文報告集,第430号, pp.1-9.
- Boore, D.M. (1983) : Stochastic simulation of high frequency ground motion base on seismological models and radiated spectra, Bull. Seism. Soc. Am., Vol.73, pp.1865-1894.



Fig.15. Attenuation of peak ground motions left: original, right: corrected

- Irikura, K. (1986) : Prediction of strong acceleration motions using Green's function, Proceedings of the 7th Japan Earthquake Engineering Symposium, pp.151-156.
- 10) 入倉孝次郎・香川敬生・関口春子(1997):経験的グリーン関数を用い た強震動予測方法の改良,地震学会1997年秋季大会講演予稿集,B25.
- Faccioli, Ezio (1986) : A study of strong motions from Italy and Yugoslavia in terms of gross source properties, in Earthquake Source Mechanics, S. Das, J. Boatwright, and C. Scholz, Editors, American Geophysical Union Geophysical Monograph 37, pp.297-309.
- Brune, J.N. (1970) : Tectonic stress and the spectra of seismic shear waves from earthquakes, J. Geophys. Res., Vol.75, pp.4997-5009.
- 13) 釜江克宏・入倉孝次郎・福知保長 (1990): 地域的な震源スケーリング 則を用いた大地震(M7級)のための設計用地震動予測,日本建築学会構 造系論文報告集,第416号,pp.57-70.
- Boore, D.M. and J. Boatwright (1984) : Average body-wave radiation coefficients. Bull. Seism. Soc. Am. Vol.74, pp.1615-1621.
- 15) Boore, D.M and G.M Atkinson (1987) : Stochastic prediction of ground motion spectral response parameters at hard-rock sites in eastern North America. Bull. Seism. Soc. Am. Vol.77, pp. 440-467.
- 16) Atkinson, G. M. and D. M. Boore (1997) : Stochastic point-source modeling of ground motion in the Cascadia region, Seism. Res. Lett., Vol.68, pp.74-85
- 17) 翠川三郎 (1989):小地震の加速度包絡波形の合成による大地震の最大 加速度の推定,日本建築学会構造系論文報告集,第398号,pp.23-30.
- 18) Irikura, K. and K. Kamae (1994) : Estimation of strong motion in broad-frequency band based on a seismic source scaling models and an empirical Green's function technique, ANNALI DI GEOFISICA, Vol.XXX , No.6, pp.1721-1743.
- Scholz, C.H. (1982) : Scaling laws for large earthquakes: consequences for physical models, Bull. Seism. Soc. Am., Vol.72, pp.1-14.
- 20) 渡辺基史・佐藤俊明・壇一男(1998):内陸地震の断層パラメータの相似 則,第10回日本地震工学シンポジウム論文集,pp.583-588.
- 21) 武村雅之 (1998):日本列島における地殻内地震のスケーリング則 -地 震断層の影響及び地震被害との関連-,地震,第2輯,第51巻,pp.211-228.
- 22) 長橋純男 (1998):関東地方周辺域における地震動短周期成分の距離減 衰特性,第8回日本地震工学シンポジウム論文集,pp.283-288.
- 23) Ohno, S., T. Ohta, T. Ikeura, and M. Takemura (1993): Revision of attenuation formula considering the effect of fault size to evaluate strong motion spectra in near field, Tectonophysics, Vol.218, pp.69-81.
- 24) 翠川三郎・小林啓美(1979):地震断層を考慮した地震動スペクトルの 推定,日本建築学会構造系論文報告集,第282号,pp.71-81.
- 25) Porcella, R.L., R.B. Matthiesen and R.P. Maley (1982) : Strong-motion data recorded in the United States, The Imperial Valley, California, earthquake of October 15,1979. Geological Survey Professional Paper 1254, pp.289-318.
- 26) Hartzell, S and D.V. Helmberg (1982): Strong motion modeling of the

Imperial Valley earthquake of 1979 . Bull. Seism. Soc. Am., Vol.72, pp.571-596 .

- 27) Joyner, W.B., D.M. Boore and R.L. Porcella (1981) : Peak acceleration and velocity from the strong- motion records including records from the 1979 Imperial Valley, California, earthquake. U.S. Geol. Surv. Open-File Rept., 81-365, pp.35-36.
- 28) Porcella, R.L (1984) : Geotecnical investigations at strong-motion in the Imperial Valley, California . U.S. Geol. Surv. Open-File Rept., pp.84-562.
- 29) Midorikawa , S. , M. Matsuoka and K. Sakugawa (1994) : Site Effects on Strong-Motion Records during the 1987 Chiba-ken-toho-oki , Japan Earthquake , The 9th Japan Earthquake Engineering Symposium , Vol.3 , pp. 85-90.
- 30) 司宏俊・翠川三郎 (1999):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.

本報告は 日本建築学会構造系論文報告集 第546号(2001.8) に掲載されたものを再構成したものです。

解析雑誌 Vol.6 読者アンケートのお願い

創刊号で本誌を「お客様との共同成果の発表の場に したい」と抱負を述べておりましたが、このところ共同研 究や共同開発のみならず、共同ビジネスの立ち上げも 相次いでおります。お陰様で本号のトピックスやテクニ カルレポートにも、従来にも増して多くの共同活動・成 果に関するものが集まりました。毎回このくらい話題があ ると編集担当としては助かるのですが... 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	342.1236 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 解析技術本部

〒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技術本部のホームページにも是非お立寄りください。

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

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

各地の支社、営業所でもお問い合わせを承っております。

大阪支社 06-6243-4500 北海道支所 011-261-0671 福岡営業所 092-482-8821 名古屋営業所 052-222-8461

解析 能 Journal of Analytical Engineering Vol.6 2002.5

(株)構造計画研究所 解析技術本部 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.6, 2002.5 Kozo Keikaka Engineering, Inc.