

解析雑誌

Vol.8 2003.1

【 Topics 】

- 地震ハザードデータベース k-HAZARD

【 Technical Reports 】

- セットバック建築物への限界耐力計算の適用
- 橋梁の地震応答に対する桁遊間と緩衝材の影響に関する一考察
- 軟弱地盤における杭支持建物の模型振動台実験

Journal of Analytical Engineering



【巻頭言】

数値シミュレーションの世界

解析技術 1 部 耐震技術室 大波正行

私が数値シミュレーションの世界で仕事をするようになって、20 年以上の年月が過ぎ去りました。このほぼ 20 年間を振り返って見ると、原子炉建屋の振動解析に始まって砂層および砂礫層の液化化、超高層建物の耐震性評価、地中構造物の耐震性評価、岩盤斜面の安定性評価、機械振動予測、さらに環境振動の予測など多岐にわたる分野で仕事をさせて頂きました。

業務経歴としては上述のように多岐にわたりますが、携わった年数が最も多いのは砂層および砂礫層の液化化に関する問題であり、解析プログラムの開発と解析コンサルティングを担当してきました。

上記の解析プログラムの開発に際しては、(財)電力中央研究所我孫子研究所の西副所長や金谷上席研究員の懇切丁寧なご指導の下に弾塑性構成則の勉強をさせて頂きました。また、FEM と DEM をハイブリッドに連成させて護岸背後地盤とテトラポットの弾塑性地震応答解析等も経験させて頂きました。

数値解析の世界では、コンピュータの飛躍的な性能の向上を背景として、扱う問題が飛躍的に高度化し、解析の自由度も飛躍的に増大しております。20 年ほど前と比較すると赤ちゃんと大人ほどの差があります。例えば、20 年ほど前に私が担当していた 2 次元モデルによる地震応答解析では、線形解析で当時の大型計算機システムを利用して 1 ケース数時間かかりました。ちなみに、節点数で 300~500 程度のものでした。現在では、一般的な PC でも 5~10 分程度で結果が得られます。

これは、私どもの様な数値シミュレーションの世界で仕事をしているものにとっては、必ずしも良いことばかりとは言えません。なぜなら、結果として私どもの仕事量が増えるからです。時代の流れからすれば当然のことではありますが、ケーススタディが容易に出来るようになり、かつ扱う問題が高度化しているため、人間の作業時間が増大しています。

昨今の建設不況の煽りを受け、お付き合いを頂いた多くの方々も転職されたり、部門を移動されたりしているようです。このような厳しい環境の中で、ご多聞にもれず数値シミュレーションの世界においても生産性の向上が急務となっております。今後も生産性の向上とサービスの質の向上を図り、数値シミュレーションをベースとした技術サービスの提供をしていきたいと考えておりますので、これまで以上に、皆様の温かいご指導をお願い申し上げます。

解析雑誌 Vol.8 2003.1 目次

【巻頭言】 数値シミュレーションの世界	大波正行	02
Topic 1 地震ハザードデータベース k-HAZARD		05
Technical Report 1		
■セットバック建築物への限界耐力計算の適用		11
稲川 努・浪田裕之・渡辺一弘・井上芳生・勅使川原正臣		
Technical Report 2		
■橋梁の地震応答に対する桁遊間と緩衝材の影響に関する一考察		15
濱本朋久・佐藤 壮		
Technical Report 3		
■軟弱地盤における杭支持建物の模型振動台実験		21
(その1:液状化実験) 萩原敏行・新井寿昭・阿世賀宏		
(その2:液状化対策実験) 新井寿昭・萩原敏行・阿世賀宏		
(その3:2次元有効応力解析) 内山不二男・庄司正弘・新井寿昭・萩原敏行・阿世賀宏		
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 (Vol.1～Vol.7) 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/>

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

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



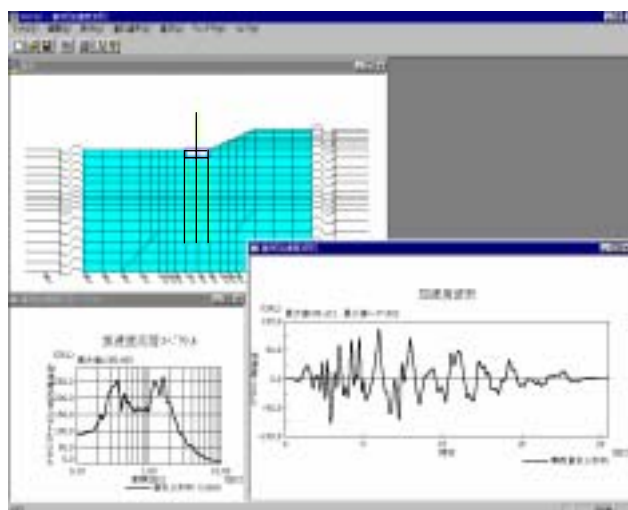
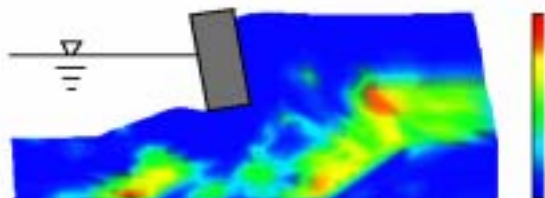
活断層による最大値一覧出力画面

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

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。

[お知らせ]

— 新ソフトご紹介 —

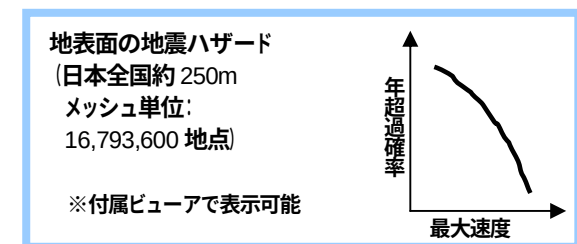
地震ハザードデータベース *k*-HAZARD

政府の地震調査研究推進本部の地震動予測地図作成プロジェクトなどでも検討がなされているように、確率論的手法による地震危険度評価が注目を浴びつつあります。このたび KKE が平成 15 年 3 月に販売を予定している *k*-HAZARD は、その確率論的手法により評価した日本全国の地震ハザードカーブを収録したデータベースです。ここでは、*k*-HAZARD の概要についてご紹介します。

k-HAZARD には、日本全国の平均 S 波速度 600m/s の基盤での地震ハザードカーブと表層地盤の速度増幅率が収録されています。*k*-HAZARD を利用すれば、基盤での地震ハザードと表層地盤増幅率を組み合わせることにより、日本全国の地表レベルでの地震ハザードを容易に評価することができます。

■地震ハザードデータベース

平均 S 波速度 600m/s の基盤の地震ハザードカーブを日本全国約 1km メッシュ単位で収録しています。



地表

平均 S 波速度 600m/s
の基盤での最大速度
に表層地盤増幅率を
乗じて地表最大速度
を評価

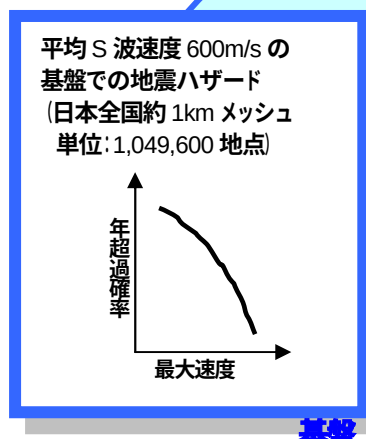
松岡・翠川
(1994)

国土数値情報の地形分類を微
地形区分に分類して計算した表
層地盤の速度増幅率
(日本全国約 250m メッシュ
単位:16,793,600 地点)

表層地盤増幅

※地震活動がほぼ一様とみなせる地
震域を区分し、個々の地震域内では地
震の規模別頻度は同一、地震の発生場
所はランダムとするモデル

k-HAZARD



基盤

全地震を確率論的に
モデル化した上で
平均 S 波速度 600m/s
の基盤での地震動の
最大速度を評価

司・翠川
(1999)

- ①プレート境界地震
・東海～南海地震
・関東地震
- ②活断層
・松田(1995)、松田(1990)に基づく
258 活断層
- ③バックグラウンド地震
(①、②以外の地震)
・ユーラシアプレート内の 26 地震域
・太平洋プレートの上面(付近)
における 23 地震域
・フィリピン海プレートの
上面(付近)における 14 地震域

震源

- ・地震動の予測に用いた距離減衰式
司・翠川(1999)²⁾による最大速度の距離減衰式を用いています。

■表層地盤増幅率データベース

データベースには、日本全国約 250m メッシュ単位の表層地盤速度増幅率を収録しています。

■表層地盤速度増幅率の計算方法

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)³⁾の方法により、微地形区分に分類することにより表層地盤速度増幅率を約 250m メッシュ単位で整備しています。k-HAZARD で整備されている速度増幅率は、平均 S 波速度 600m/s の基盤を基準とした増幅率です。

■付属ビューア

k-HAZARD には評価地点の緯度、経度を入力することにより、当該地点の地震ハザードカーブをデータベースより取り出して表示する簡易ビューアが付属されています。簡易ビューアは VBA にて作成されており、Microsoft Excel 上で動作します。

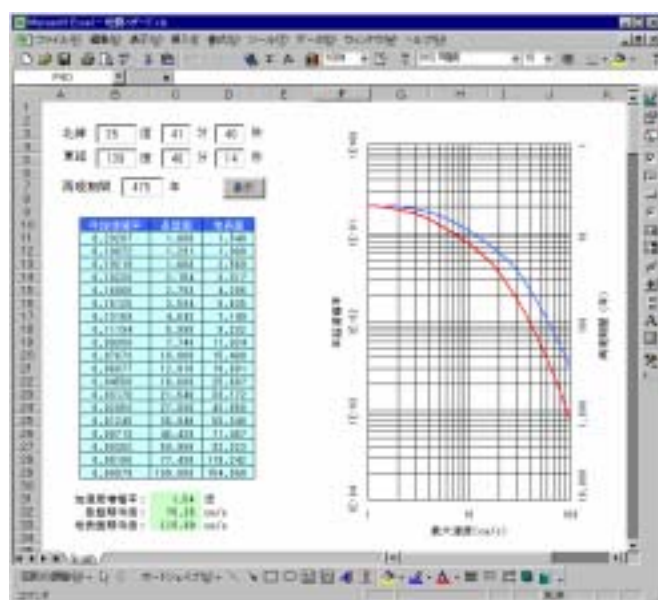
VBA により記述されたソースは自由に参照できますので、地表での計測震度の表示など、お客様による付属ビューアのカスタマイズが可能です(付属ビューアのカスタマイズは、弊社でも別途お受けします)。

- ・ビューア出力内容
緯度・経度により指定された地点の
①基盤面最大速度の地震ハザードカーブ
②地表面最大速度の地震ハザードカーブ
③表層地盤速度増幅率
④指定した再現期間における速度期待値
- ・ビューア動作環境
対応 OS：Windows95/98/NT4.0/XP/2000
メモリ：64MB 以上
ディスク：400MB (ハザードデータベース含む)
その他：Microsoft Excel 2002/2000/97 が必要

KKE では、k-HAZARD の販売だけでなく、任意地点の確率論的地震危険度評価のコンサルタント業務も行っております。地震ハザードの算出だけでなく、GIS を利用した広域の地震危険度評価も行っております。また、確率論的地震危険度評価だけでなく、シナリオ地震による地震危険度評価もコンサルタント業務、ソフトウェア開発業務として行っておりますので、地震危険度の評価が必要となりました際には、是非ご相談ください。

参考文献

- 1) 奥村俊彦・石川 裕：最近の活断層調査結果を反映した地震ハザード評価モデル、土木学会年次学術講演会講演概要集第1部(B)、Vol.55、pp.764-765、2000
- 2) 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集、No.523、pp.63-70、1999
- 3) 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、日本建築学会第 22 回地盤震動シンポジウム、pp.23-24、1994



付属ビューア (開発中画面)

杭の応答変位法プログラム *k-PILE*



キャンペーン期間：平成 15 年 2 月 28 日まで

通常販売価格
(非線形解析版)

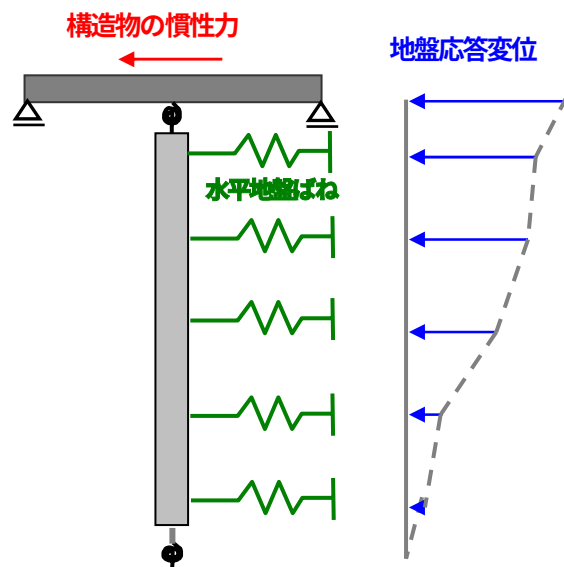
50万円 (消費税別)



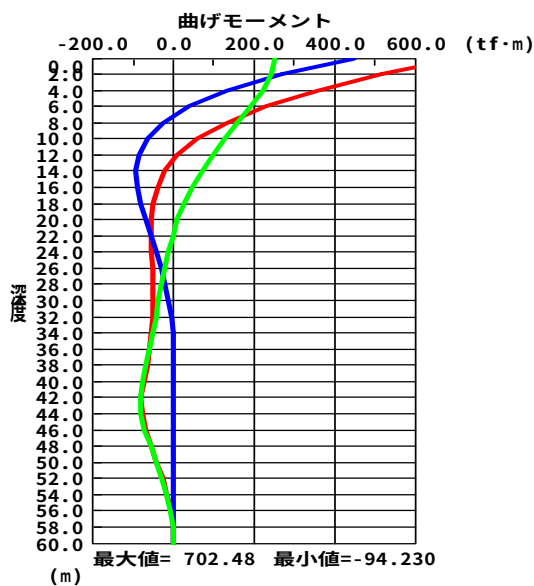
キャンペーン特別価格
(非線形解析版)

35万円 (消費税別)

*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あり、杭の断面力、基礎梁—杭の荷重—変形関係を算定します。検討モデルは、1本の杭と基礎梁（境界梁）および基礎梁—杭間回転ばねを対象としております。*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る Windows アプリケーションです。

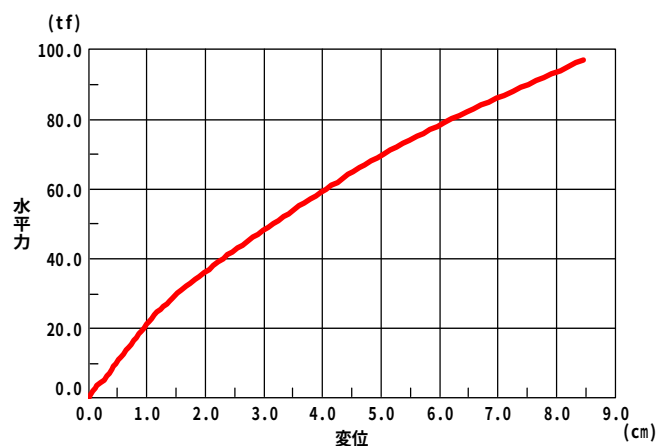


*k-PILE*におけるモデル化概念図



— 慣性力+地盤変位
— 慣性力のみ
— 地盤変位のみ

杭の曲げモーメント図

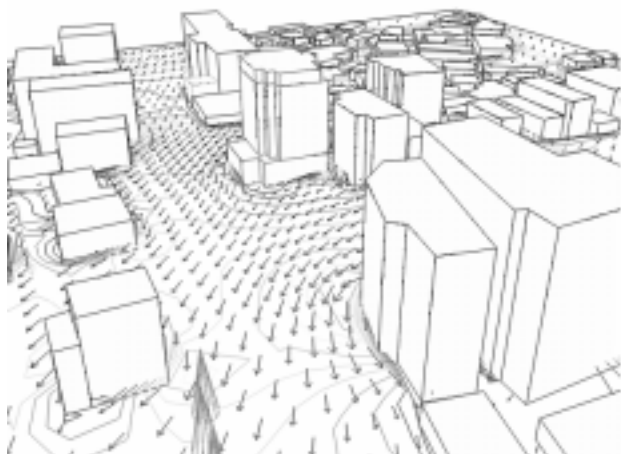


水平力—変位図

街を流れる風を *Wind-design* for Windows

知りたいなら・・・

杭の曲げモーメント図

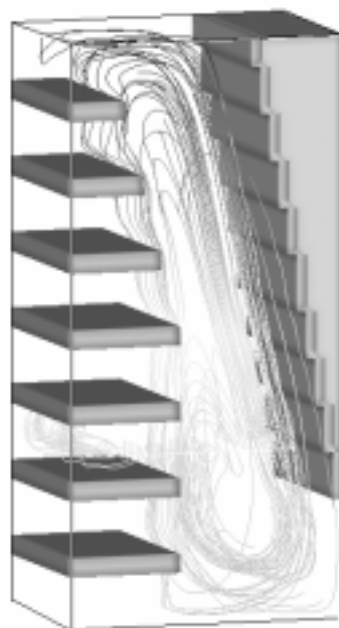


- 地図情報(bmpファイル)の読み込み可能
- 2D or 3Dによる確認表示
- 自動メッシュ分割機能
- GUI操作によるメッシュ範囲分割や追加・削除が可能
- 簡単な計算条件設定および出力指定
- 風環境評価機能による客観的評価が可能

室内の気流温熱環境を *AC-design* for Windows

知りたいなら・・・

- 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

NAVI design-K

けた橋の耐震設計ナビゲートシステム

2003 年 3 月末までキャンペーン価格でご提供！

80 万円 → **65 万円！**

トライアル版 CD-ROM も
無料配布中です！

NAVIdesign-K は、予備設計の段階からけた橋の耐震設計を支援します。非線形動的解析の自動化により、多くの設計ケースを同時並行処理することでパラメータスタディを効率化し、より高品質の設計を短時間で実現します。

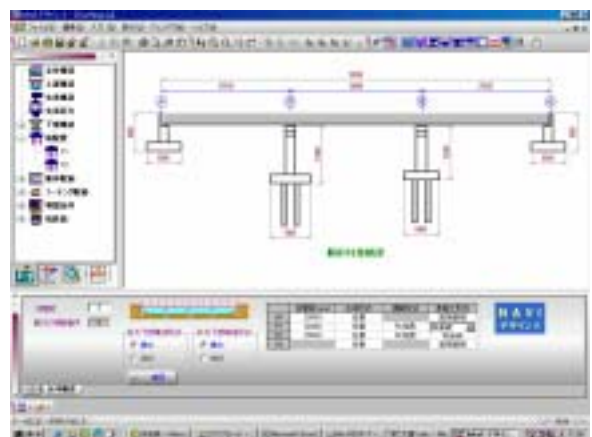
NAVIdesign-K は、画面に基づく入力機能により、支承や下部工の形状決定を、容易に実施できる次世代型耐震設計プログラムです。モデル図・変位図・入力波形・時刻歴応答等の出力は、好みのレイアウトに編集できます。



算定項目	単位	計算値	許容値	判定結果
単位せん断力	N	12.81	30.00	OK
地震時せん断力(せん断) (橋脚方向, 地震レベル1)	N	100.81	200.00	OK
地震時せん断力(せん断) (橋脚方向, 地震レベル2)	N	149.21	200.00	OK
地震時せん断力(せん断) (橋脚垂直方向, 地震レベル1)	N	118.86	200.00	OK
地震時せん断力(せん断) (橋脚垂直方向, 地震レベル2)	N	119.37	200.00	OK
変位応力(せん断)	N/mm ²	6.279	8.000	OK
変位応力(せん断)	N/mm ²	6.174	7.000	OK
圧縮応力(せん断)	N/mm ²	4.024	8.000	OK
圧縮(せん断)	N/mm ²	6.279	30.488	OK
圧縮(せん断)	N/mm ²	6.174	30.488	OK
引張(せん断)	N	60.70	6.184	OK
単位せん断力(せん断)	N	100.81	300.00	OK
地震時せん断力(せん断) (橋脚方向, 地震レベル1)	N	241.51	415.87	OK
地震時せん断力(せん断) (橋脚方向, 地震レベル2)	N	242.94	415.87	OK
地震時せん断力(せん断) (橋脚垂直方向, 地震レベル1)	N	200.88	415.87	OK
地震時せん断力(せん断) (橋脚垂直方向, 地震レベル2)	N	251.82	415.87	OK
橋脚せん断力	N/mm ²	39.791	140.000	OK

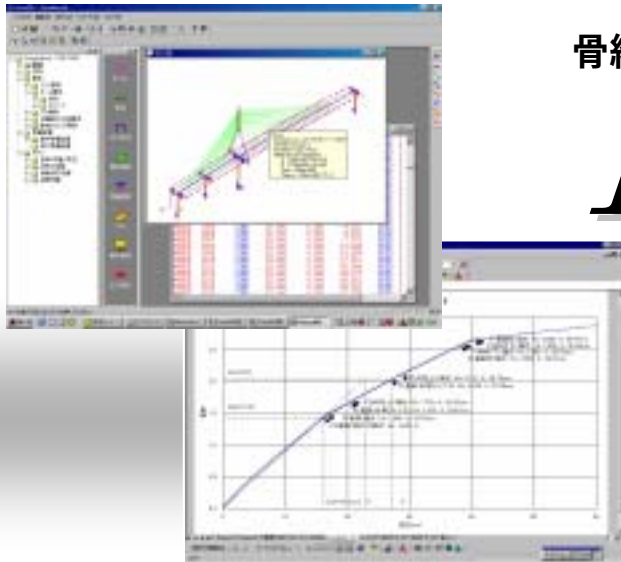
【 主な特長 】

- 20 径間連続けたまで対応可能
- 積層ゴム支承や免震支承の形状決定が容易
- 耐震解析の自動化
静的解析・動的解析のいずれも対応
- 部材情報 (入出力データ) の「丸ごとコピー機能」や「データ連動機能」による、自由なデータ作成・変更機能
- ビジュアルで簡便な入力機能
- 解析結果のビジュアルな図化出力。アニメーション機能も備え、結果をビジュアルに検討可能
- 最新基準 (道路橋示方書、支承便覧) に対応



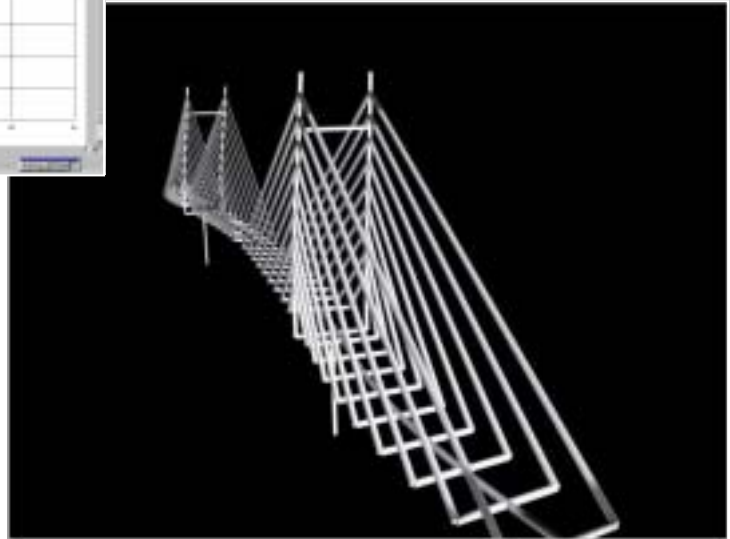
骨組構造物の汎用非線形解析プログラム

RESP-T for Windows



非線形問題、動的問題を
高解析機能でカバー！

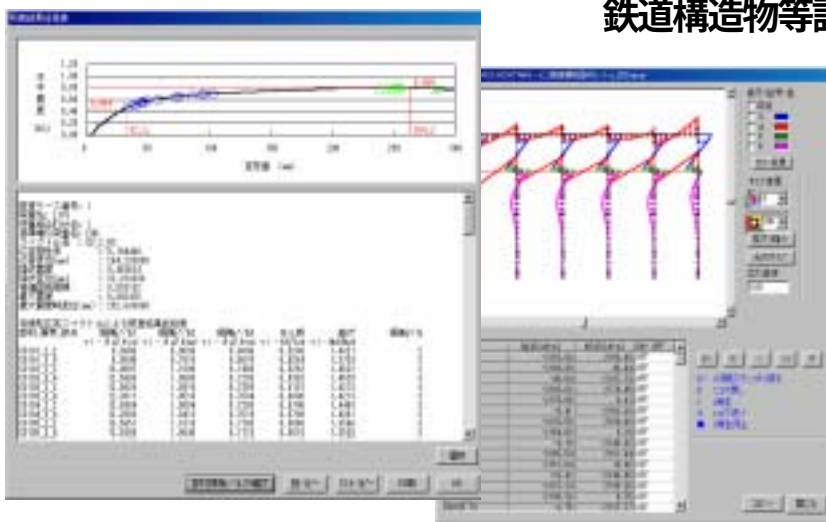
- 3次元任意形状骨組モデル対応
- 静的／動的／固有値／座屈固有値 解析
- 弾塑性性／幾何学的非線形
- 各種の免震制振機構にも対応



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

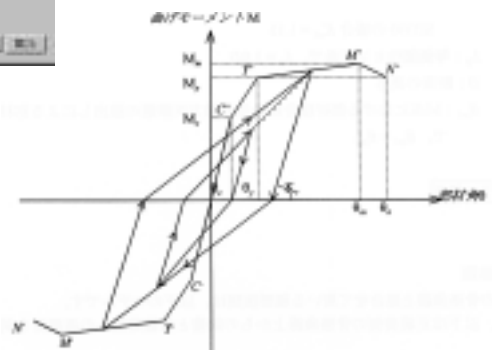


鉄道構造物等の耐震性能照査プログラム

ASCARS

Assessment Program for Seismic Capacity of Railway Structure

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。



セットバック建築物への限界耐力計算の適用

稲川 努¹⁾ 浪田 裕之¹⁾ 渡辺 一弘²⁾ 井上 芳生²⁾ 勅使川原 正臣³⁾

1) 構造計画研究所 2) 都市基盤整備公団 3) 独立行政法人 建築研究所

1. はじめに

板状セットバックを有する建築物（以下、セットバック建築物という）は一般的にねじれやすく、偏心率は0.15を超える場合が多い。限界耐力計算では、偏心を有する建築物は形状係数（Fe）を考慮する事となっている。しかしながら、張り間方向連層耐力壁が曲げ崩壊形の場合、1階の曲げ耐力で建築物の限界耐力が決定されるため、各階毎に算定される形状係数をどのように取り入れて限界耐力計算で考慮すればよいのか検討する必要がある。

本研究では張り間方向を対象に耐力壁の曲げ破壊を想定したセットバック建築物の時刻歴応答解析を行い、地震時における建築物の挙動を把握すると共に、セットバック建築物に対する限界耐力計算の適用性について検討を行ったものである。

2. 解析モデル

(1) 建築物モデル

建築物モデルは10階建てRC造、構造形式はけた行方向13スパンの純ラーメン構造、張り間方向は1スパンの連層耐力壁構造である。図1に示すように5～10階にセットバックを有しており、張り間方向はねじれが生じやすい立面形状となっている。表1に偏心率と形状係数を示す。

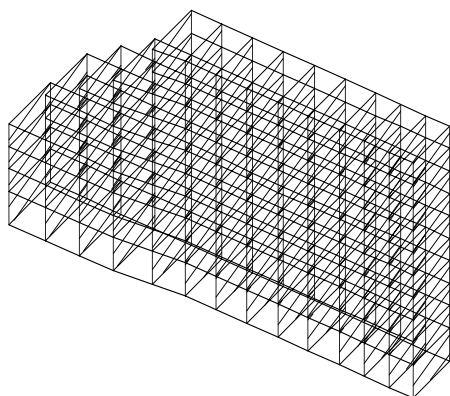


図1 建物モデル

表1 偏心率と形状係数（張り間方向）

階	偏心率	Fe
10	0.139	1.00
9	0.139	1.00
8	0.198	1.15
7	0.235	1.28
6	0.266	1.38
5	0.219	1.23
4	0.269	1.39
3	0.221	1.23
2	0.171	1.06
1	0.120	1.00

(2) 入力地震動

入力地震動は工学的基盤面における模擬地震波（大川波）10波（1）とし、等価線形地盤応答解析により基礎梁芯位置での応答波とした。加速度応答スペクトルを図2に示す。

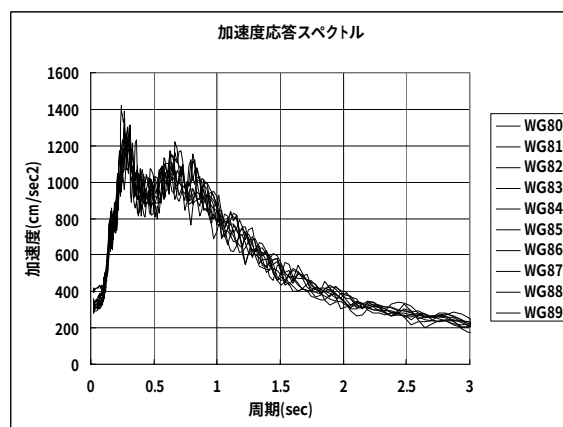


図2 加速度応答スペクトル

3. 時刻歴応答解析

(1) 解析条件

解析モデルは立体フレームモデルとした。基礎条件は固定とし、復元力特性は剛性低減型とした。時刻歴応答解析プログラムはRESP-F3D（㈱構造計画研究所）を使用した。

(2) 解析結果

図3に応答層せん断力、図4に最大変形位置（最外端）の層間変形角を示す。各図には、10波分の応答値とその平均値を図示した。応答層せん断力は保有水平耐力以下、最も変形する最外端の層間変形角は1/100以下となり、重心位置の変形は最大変形位置での約1/2となった。

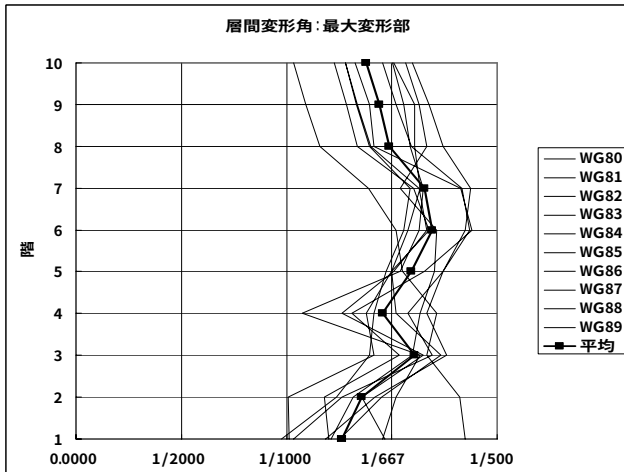


図3 応答層せん断力（張り間方向）

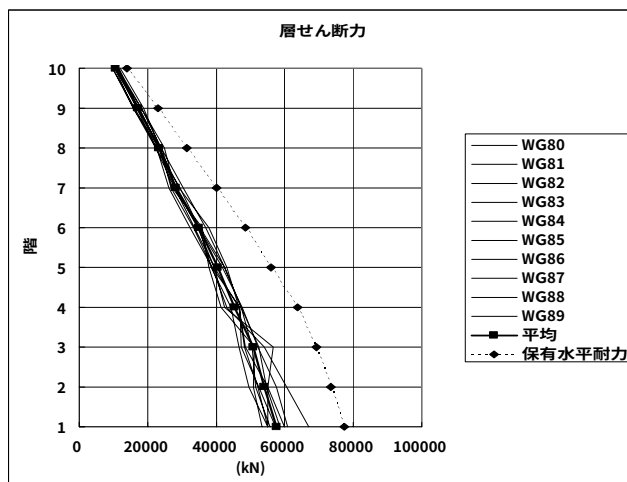


図4 応答層間変形角（張り間方向）

4. 限界耐力計算

(1) 解析条件

1階壁脚曲げ崩壊形の場合、各階の限界耐力は1階の変形に支配されるため、1階を除く各階の限界耐力はみかけの耐力である。そのため各階の荷重～変形曲線に変形集中を評価するためFeを考慮して耐力を低減することは不相当であると考えられる。

上記の理由により、セットバック建築物の偏心を考慮した限界耐力計算は、以下の2つの方法で行った。プログラムはResp-LS（構造計画研究所）を使用した。

a) 外力分布を、Ai分布に形状係数（Fe）を乗じたものとして荷重～変形曲線を算出する方法。ねじれ

変形は拘束した。

b) 外力分布をAi分布とし、立体モデルでねじれ変形を考慮して荷重～変形曲線を算出する方法。

(2) 安全限界耐力点

耐震壁の終局変形状態における部材変形角は1/75といわれている(2)ことから、安全限界耐力点は部材変形角1/100とした。静的断塑性解析結果より最大変形位置の層間変形角が1/100のとき重心位置の層間変形角は、約1/2となるため安全限界耐力は重心位置の層間変形角1/200の時とした。減衰に用いる塑性率の計算は、原点と損傷限界点を結ぶ直線が安全限界耐力に達した点を起点とした。また、減衰定数には以下の様に各フレームで算出した低減係数の平均を乗算した。

$$h = \{ (\text{各フレームの } \alpha \text{ 平均}) \cdot \gamma \cdot (1 - 1/\sqrt{\text{塑性率}}) \} + 0.05$$

$$\alpha = M / (Q \cdot H)$$

M: 各フレームの転倒モーメント

Q: 各フレームの壁脚せん断力

H: 各フレームの頂部までの壁高さ

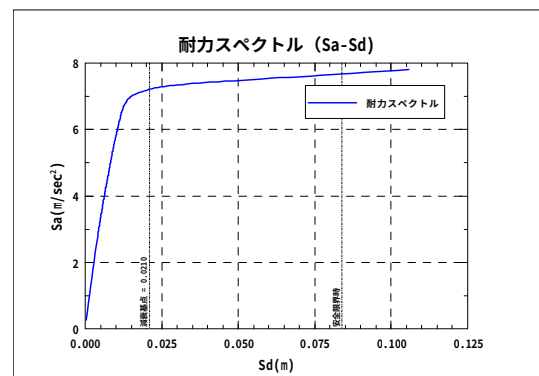


図5 耐カスペクトル

(3) 解析結果

図6にa)ねじれ変形拘束モデルのSa-Sd図を、図7にb)立体モデルのSa-Sd図を示す。両ケースとも安全限界耐力を満足する。時刻歴応答解析結果もあわせてSa-Sd図に示すと、安全限界耐力が時刻歴応答解析を上回る結果となった。

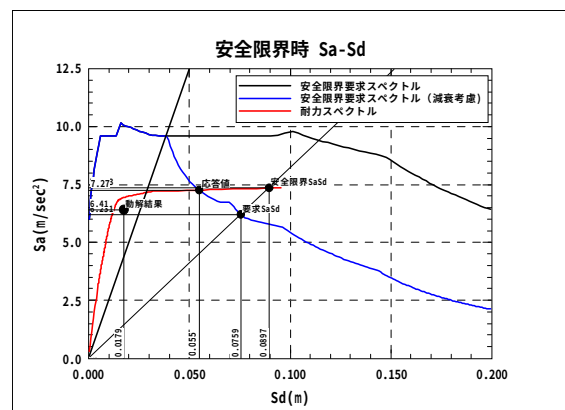


図6 ねじれ変形拘束モデル Sa-Sd 図

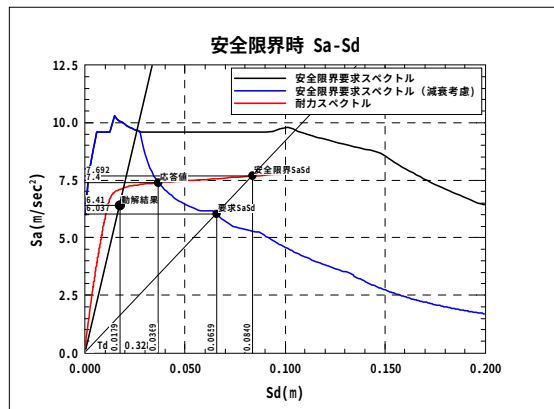


図7 立体モデル Sa-Sd 図

5. まとめ

- 1) 時刻歴応答解析結果より、張り間方向応答せん断力は保有耐力以上・層間変形角は1/100以内となり、構造耐力上支障のない結果であった。
- 2) 偏心を考慮した限界耐力計算では、ねじれ変形拘束モデル・立体モデル共に安全限界耐力は必要安全限界耐力を上回った。ねじれ変形拘束モデルは立体モデルより減衰が小さく、要求スペクトルが大きくなった。
- 3) 時刻歴応答解析と限界耐力計算を比較すると、時刻歴応答解析結果は限界耐力計算の要求スペクトルを下回る。以上から、限界耐力計算は偏心を有するセットバック建築物にも適用できるものと想定できる。
- 4) 本報告では壁脚曲げ降伏を想定した。告示の略算による減衰算定式は反曲点長さ内に1ヒンジをを想定した式であり、壁脚曲げ降伏する場合は減衰を低減する必要があると考えられ、本報告では上述のような低減方法とした。減衰の低減方法については今後さらに検討を行う必要がある。

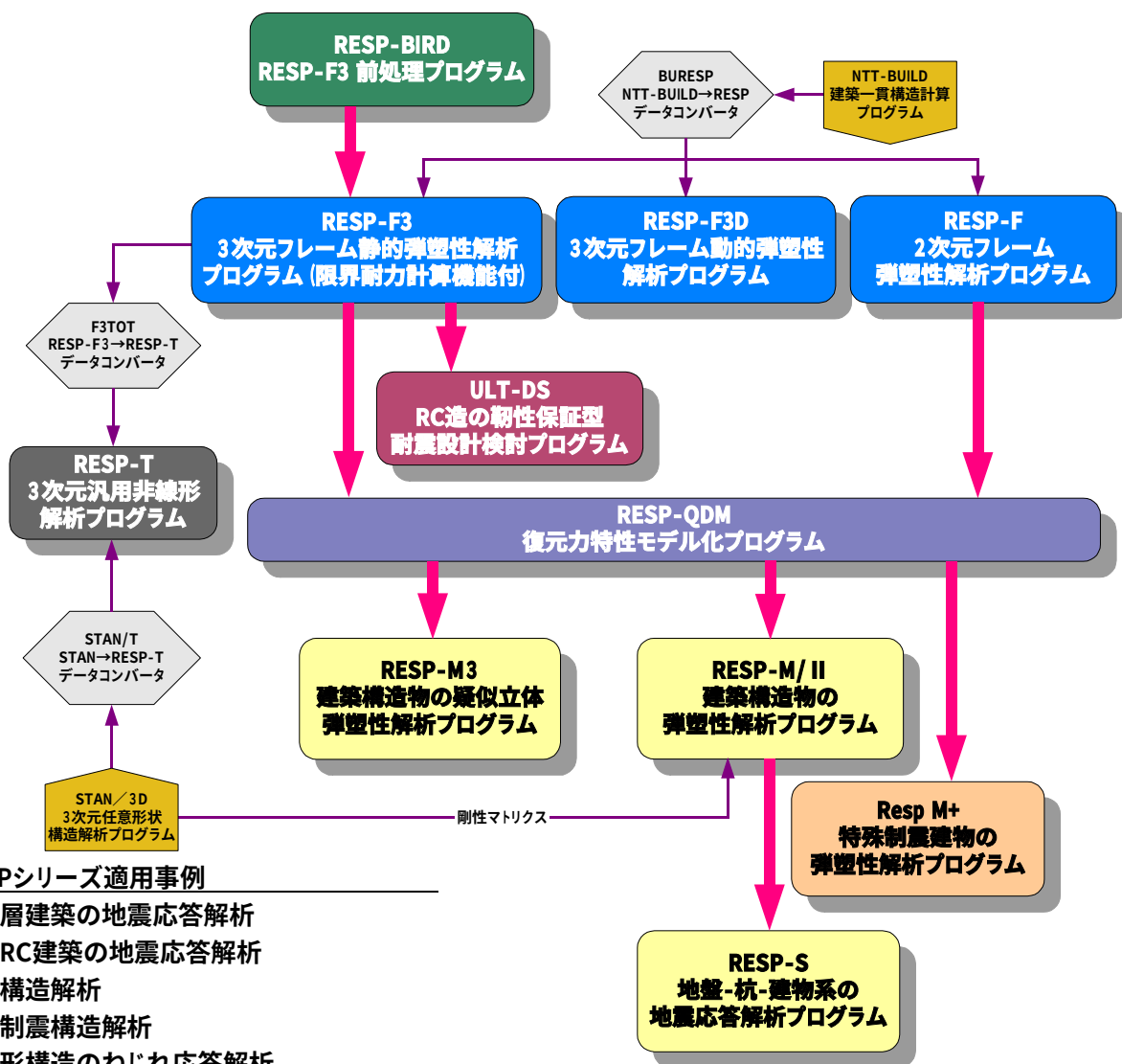
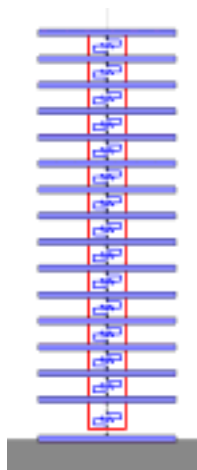
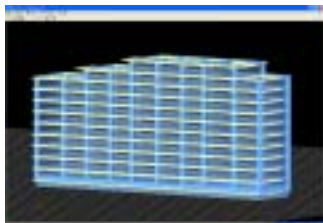
[参考文献]

- (1) 谷垣正治、大川 出、山岸邦彰：ランダム位相を用いた模擬地震動による応答のばらつきに関する考察、日本建築学会学術講演梗概集 B-2, p p451-452, 2000 年
- (2) 日本建築学会：鉄筋コンクリート造建物の靱性保証型耐震設計指針・同解説、1999

建築構造物の耐震解析プログラム

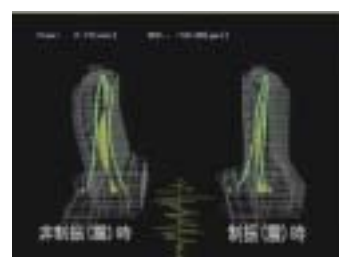
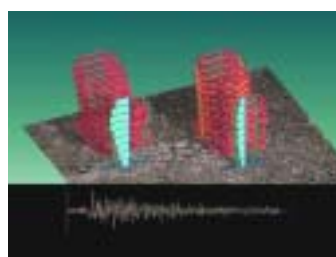
RESP シリーズ

建築構造の高性能化を支援し続ける構造解析プログラム



RESPシリーズ適用事例

- ・超高層建築の地震応答解析
- ・高層RC建築の地震応答解析
- ・免震構造解析
- ・各種制震構造解析
- ・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
- ・ドーム構造物の大変形解析、座屈解析



橋梁の地震応答に対する桁遊間と緩衝材の影響に関する一考察

濱本 朋久¹⁾ 佐藤 壮²⁾

1) パシフィックコンサルタンツ 2) 構造計画研究所

1. はじめに

兵庫県南部地震後に改訂された道路橋示方書・同解説Ⅴ耐震設計編では、落橋を防ぐために、落橋防止システムを提案している。また、実務上¹⁾、橋全体系の耐震性を向上する目的で、支承部では上部構造の慣性力を確実に下部構造に伝達できる構造(タイプBゴム支承)とし、地震時水平力分散構造が採用されている事例が多い、しかし、この場合、長周期化の結果として応答変位が増大するため、桁の衝突を回避するために遊間を過度に大きく設計せざるを得ず、コストの増大を招くことが往々にしてある。また、各部位の設計は、規定外力に対して個別に検討され、レベル2地震動における各落橋防止システムの要求性能や落橋シナリオが明確にされていないのが現状である。

そこで、本稿では、衝突を考慮することによって既往の研究成果^{2), 3), 4)}を基に、積層繊維補強ゴム材(以下、緩衝材)の簡易的な数値解析モデルを用いて、衝突現象を考慮した解析を行い、桁遊間長と緩衝材の橋梁の地震応答への影響について検討した。

2. 解析条件

解析モデル¹⁾は、図-1に示す鋼5径間連続鈑桁橋(地震時水平力分散構造)を梁要素で構成される平面

フレームモデルで評価した。桁と胸壁の衝突を考慮し、桁端部に衝突に対する緩衝材を設置した。既往の実験結果²⁾を基に緩衝材の厚みは50mmとし、緩衝材の数値解析モデルは桁端と胸壁の間隔が遊間=50mmの時点で作動するバネ要素として設定した(図-2)。さらに、緩衝材の速度依存性と温度依存性は、本検討では考慮しないものとした。桁遊間は10cmから5cm刻みで増加させ、衝突が生じない距離35cmまで間隔を広げた。また、橋脚基部には塑性化を考慮し、Takeda型の剛性劣化モデルでモデル化した塑性ヒンジを設定した。

この解析モデルに対して、道路橋示方書・同解説Ⅴ耐震設計編のⅠ種地盤：タイプⅡ地震動(地域区分：A地域)のスペクトル適合波を橋軸方向に規定し、時刻歴応答解析手法(Newmarkの β 法、 $\beta=0.25$)による非線形動的解析を行った。積分時間刻みは0.0001secとし、動的解析には材料非線形を考慮した骨組構造解析プログラム(RES-3T/B)を使用した。また、減衰の評価は上部構造2%、橋脚躯体5%、地盤ばね10%の減衰定数を設定してモード減衰を算出し、主要な固有モードでのモード減衰と等価になるようなレーリー減衰を設定した。

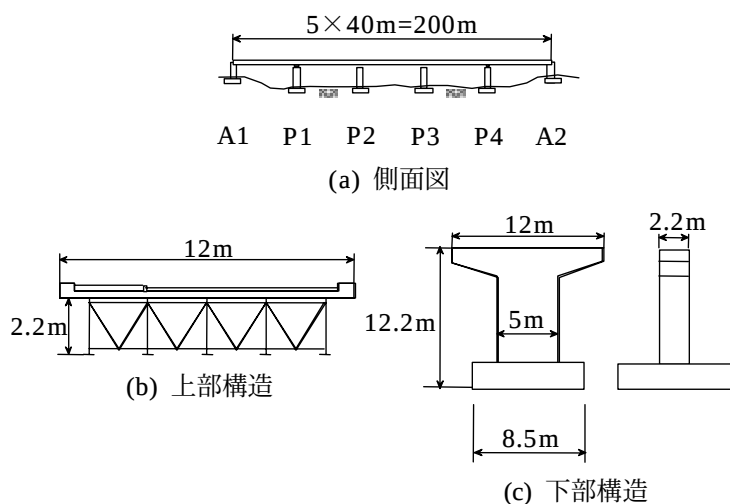


図-1 解析対象橋

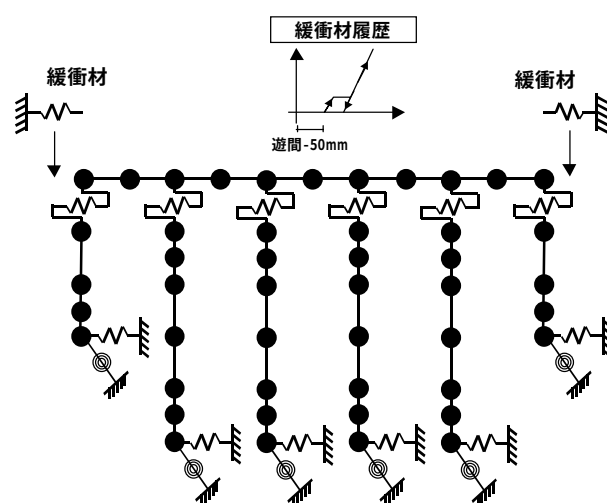


図-2 平面骨組モデル

3. 緩衝材モデル

桁間に設置する緩衝材は、ゴム材を積層繊維で補強し、履歴によるエネルギー吸収を可能にしたものである³⁾。既往の実験結果をもとにトリリニアモデル（図-3）としてモデル化した。また、第3剛性、戻り剛性は、初期剛性と同じ剛性とした。

設置する緩衝材の剛性、耐力はゴム材量に比例するものとし、図-3に示す支圧面積 225c m²の緩衝材モデルを1単位量として、100,200,300,400の4種類もしくは50を加えた5種類の量を用いて解析を行った。

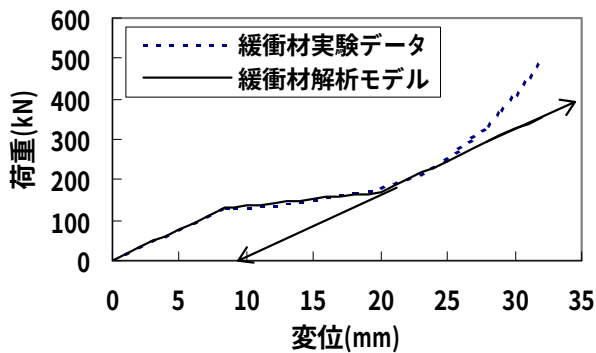


図-3 緩衝材モデル履歴 (面積 225c m²あたり)

4. 固有値解析

固有値解析結果を図-4,5に示す。表-1は橋軸方向における固有値解析結果である。

表-1 固有値解析結果

次数	固有周期	減衰定数	有効質量比
1	1.098	0.041	42.08%
2	0.141	0.073	0.10%
3	0.141	0.073	26.99%
4	0.107	0.099	21.80%
5	0.078	0.075	0.88%

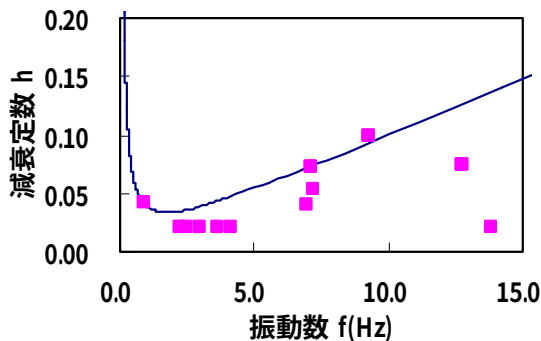


図-4 減衰と振動数の関係

5. 時刻歴応答解析

橋脚基部の塑性ヒンジ最大曲率を図-6に、桁の最大速度を図-7に、桁の最大軸力を図-8に、桁の最大応答加速度を図-9にそれぞれ示す。また、緩衝材量が単位量の100倍の場合における桁の応答速度波形のフーリエスペクトルを図-10に、桁の応答加速度波形のフーリエスペクトルを図-11に示す。図より以下のことがわかる。

- ・橋脚塑性ヒンジ部の最大曲率（図-6）、桁の最大応答速度（図-7）、桁の最大加速度（図-8）、および桁の最大応答加速度（図-9）は、桁遊間が10cmから20cmへと増加するに従って増加し、20cmから30cmへと増加するに従って減少する。
- ・橋脚塑性ヒンジ部の曲率（図-6）は、遊間が20cm近傍のとき以外は衝突を考慮しなかった場合より小さい値をとる。遊間が10cmの時には、緩衝材が単位量の100倍以上あれば、最大曲率は降伏曲率よりも小さくなる。
- ・桁の最大応答速度（図-7）は、遊間が15cm以下の時には、緩衝材の剛性が単位量の200倍以上あれば、衝突を考慮しなかった場合より小さい値をとる。
- ・桁の最大軸力（図-8）は、桁遊間が20cm前後でピークを示し、桁重量のほぼ3倍の値をとる。
- ・橋脚塑性ヒンジ部の最大曲率（図-6）、桁の最大応答速度（図-7）は、桁遊間が一定の場合、緩衝材の初期剛性が大きいほど小さい値をとる。この傾向は桁遊間が小さいほど顕著になる。
- ・桁の最大加速度（図-9）は、桁遊間が一定の場合、緩衝材の初期剛性が大きいほど大きい値をとる。
- ・桁の応答速度、応答加速度のフーリエスペクトル（図-10,11）は、遊間が小さいほど固有周期に対して短周期側にピークが移動する。また、最大値は遊間20cm前後で最大となる。

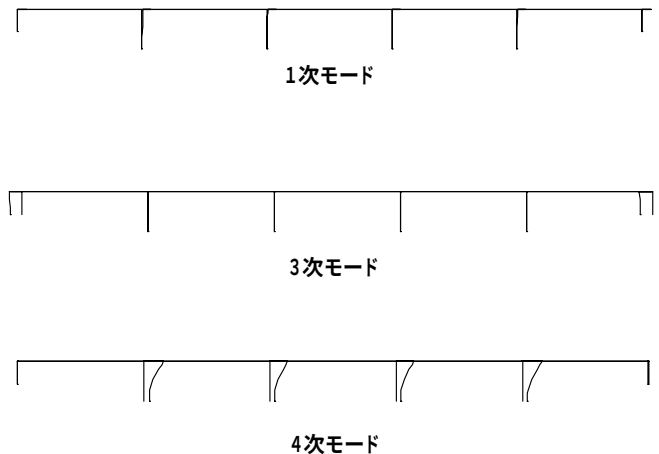


図-5 固有モード図

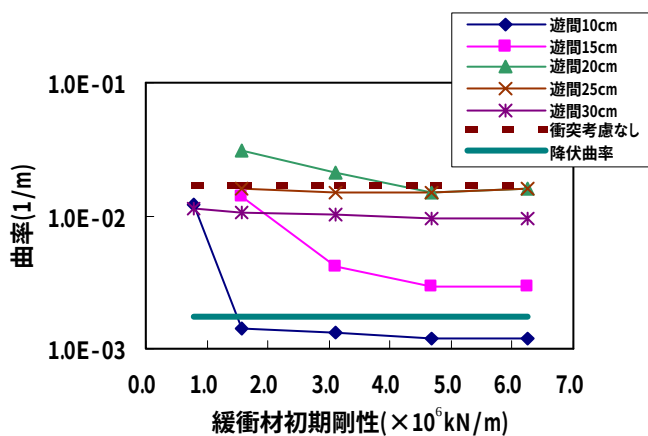


図-6 橋脚ヒンジ部最大曲率

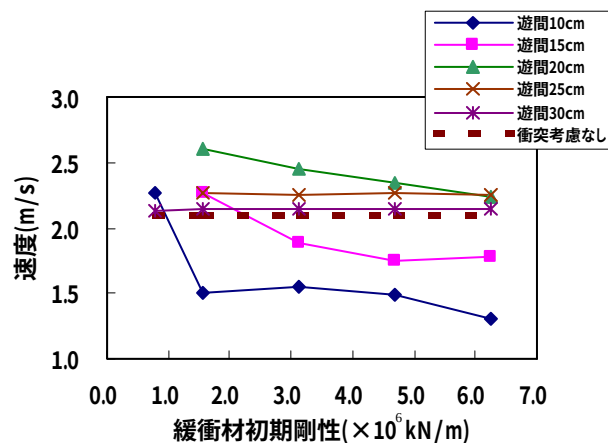


図-7 桁の最大応答速度

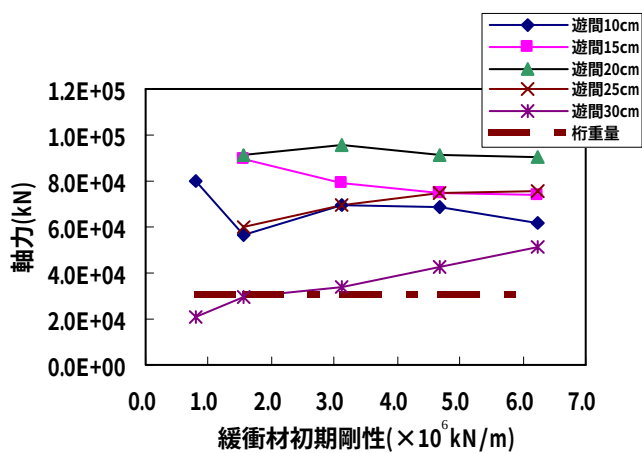


図-8 桁の最大軸力

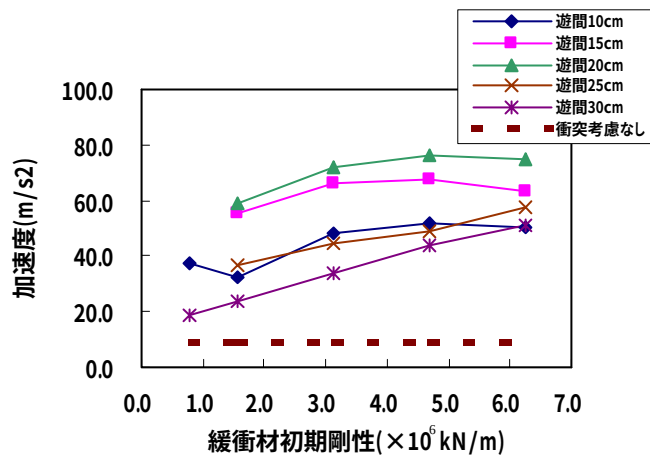


図-9 桁の最大応答加速度

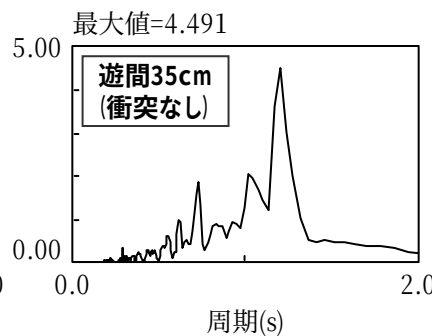
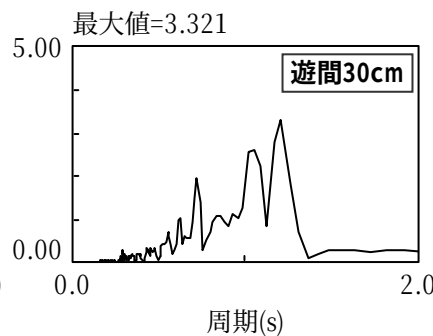
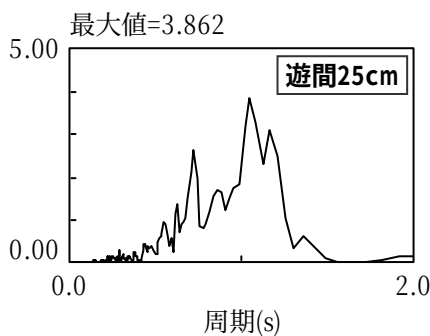
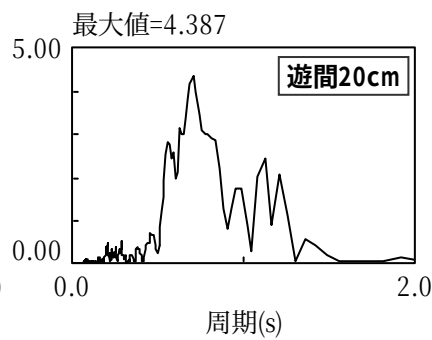
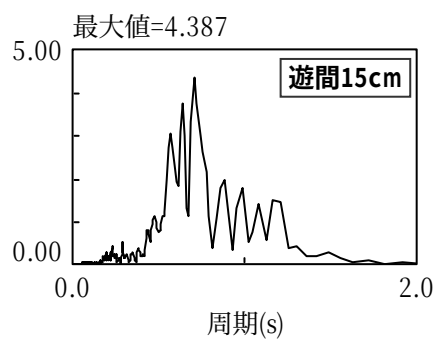
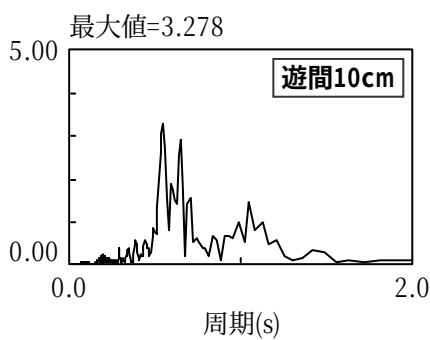


図-10 桁の応答速度フーリエスペクトル

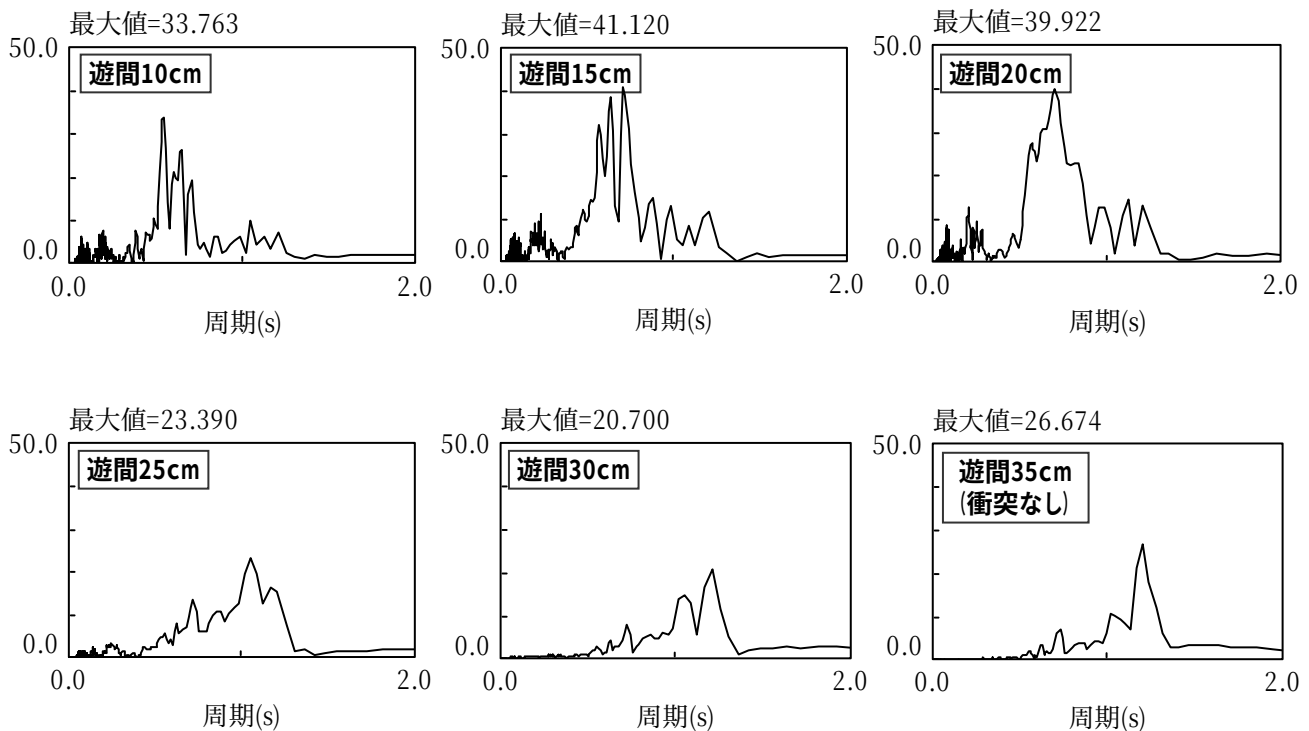


図-11 桁の応答加速度フーリエスペクトル

6. おわりに

多径間連続高架橋を対象モデルとし、レベル2地震動に対する上部構造の主桁と橋台胸壁が衝突する際の桁の応答や橋脚の塑性化について解析的検討を行った。本解析から得られた結論をまとめ、以下に示す。

- ・衝突による橋脚と桁への負担は、桁間の緩衝材の初期剛性と桁遊間量に依存する。また、橋脚と桁の負担が最大となる遊間量 u_c が存在する。遊間量を u_c より小さくするほど、橋脚と桁への負担は減少する。
- ・桁の最大応答速度と橋脚ヒンジ部の最大曲率は、緩衝材の初期剛性および桁遊間の変化に対してほぼ同じ傾向を示す。
- ・桁の最大応答加速度と桁の最大軸力は、緩衝材の初期剛性および桁遊間の変化に対してほぼ同じ傾向を示す。

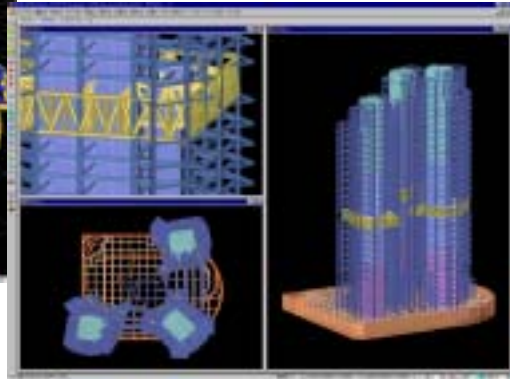
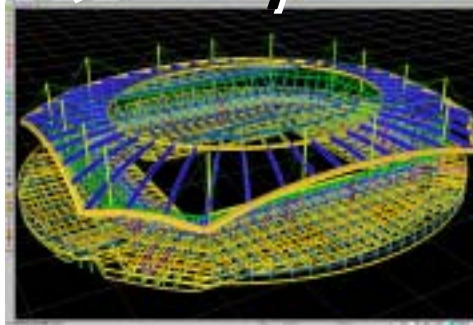
また、上記の理由として、次のことが考えられる。

- ・遊間が小さくなるに従い、頻繁に桁が衝突する。これによって構造の振動特性が複雑化し、地震動によって応答が増幅されにくくなると思われる。

参考文献

- 1) 日本道路協会：道路橋の耐震設計に関する資料, 1996.3
- 2) 西本, 梶田, 石川, 西川：落橋防止システム用緩衝材としての積層繊維補強ゴムの動的特性に関する実験的研究, 構造工学論文集, Vol.46A, 2000.3
- 3) 梶田, 西本, 石川, 香月, 渡邊：桁間衝突現象のモデル化に関する一考察, 土木学会論文集, No.661/ I -53, 251-264, 2000.10
- 4) 西本, 園田, 石川, 彦坂, 西川：落橋防止用矩形状ゴム緩衝材の設計法に関する一考察, 土木学会論文集, No.689/ I -57, 355-360, 2001.10
- 5) 濱本, 佐藤, 西本, 梶田, 園田, 石川：積層繊維補強ゴム材を用いた桁遊間の縮小化に関する一考察, 第57回年次学術講演会講演概要集, 2002.9
- 6) 庄司, 川島, Anat, 運上, 足立, 長屋：桁間衝突の影響に対するゴム製緩衝装置の有効性に関する実験的検討, 構造工学論文集, Vol.45A, 1999.3
- 7) Kawashima, K. and Penzien, J.: Correlative investigation on theoretical dynamic behavior of a model bridge structure, Report No. EERC 76-26, Earthquake Engineering Research Center, University of California, Berkeley, 1976

直感的なInterface 先端のGraphics機能



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

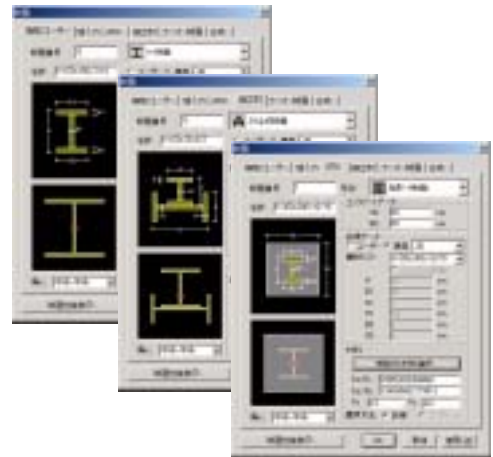
日本建築基準法に対応（地震・風荷重、断面算定等）

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）

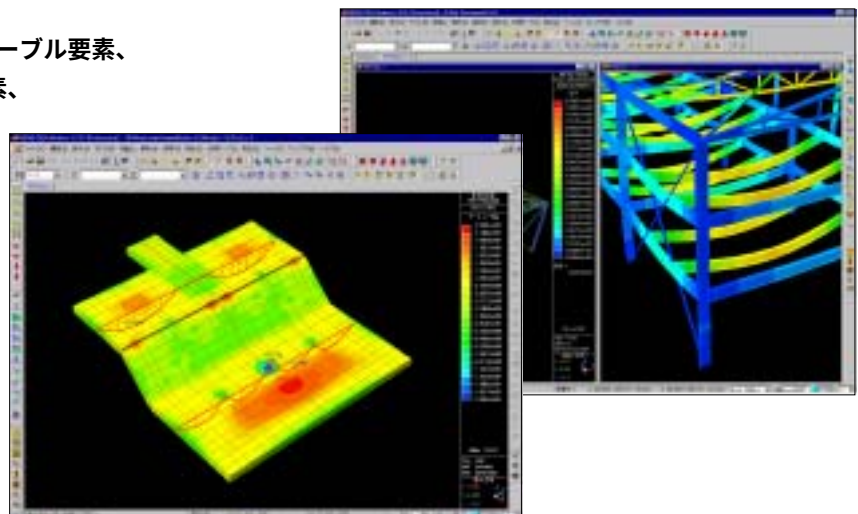


■有限要素

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

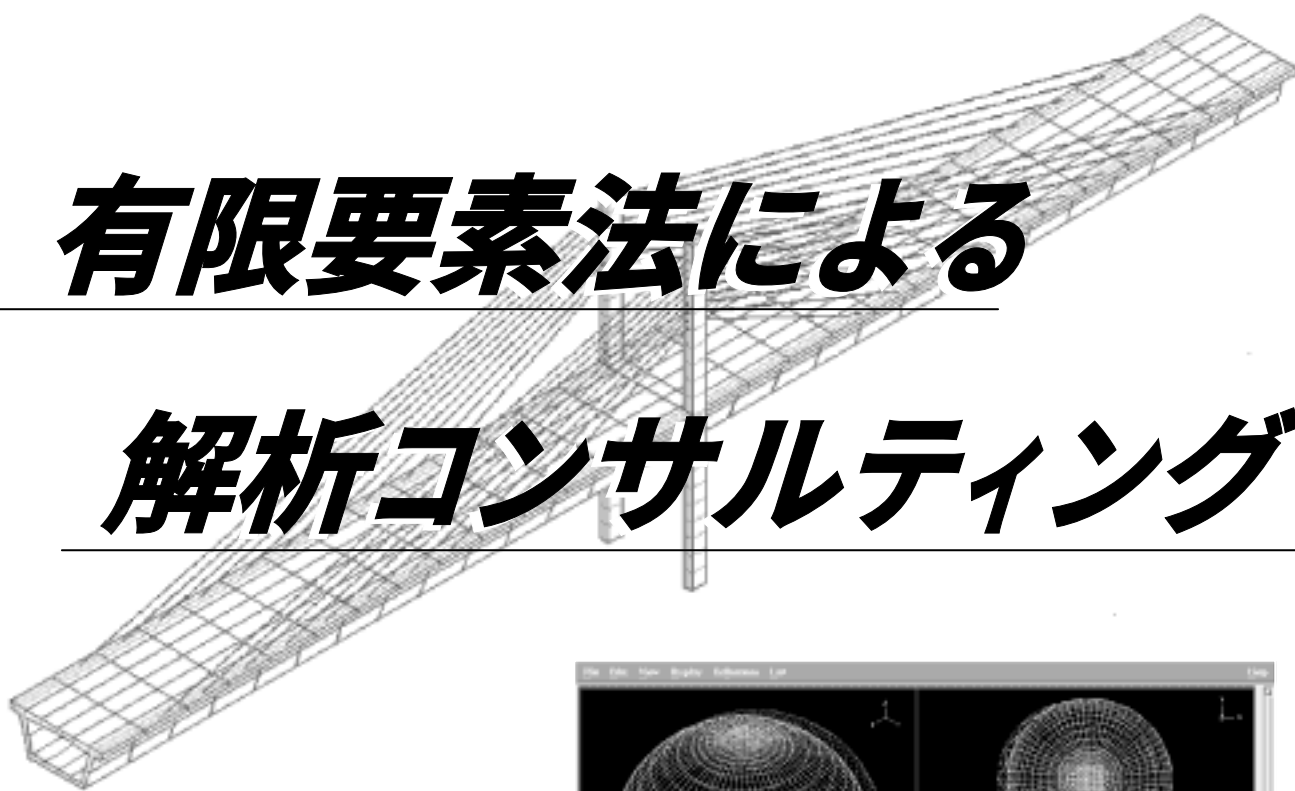


MIDAS は MIDAS IT 社の商標です。



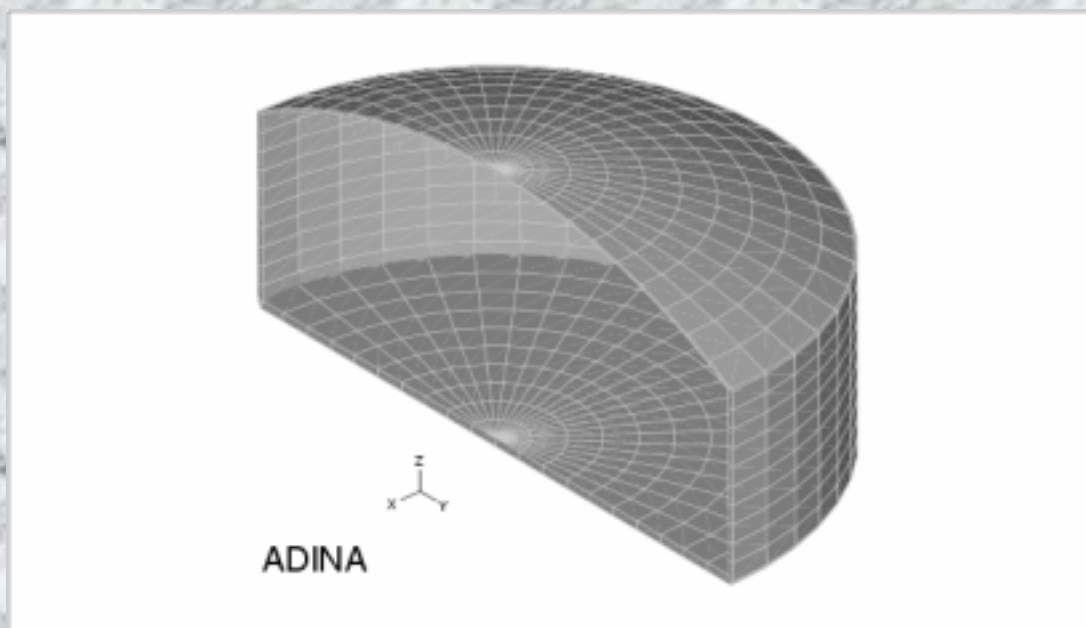
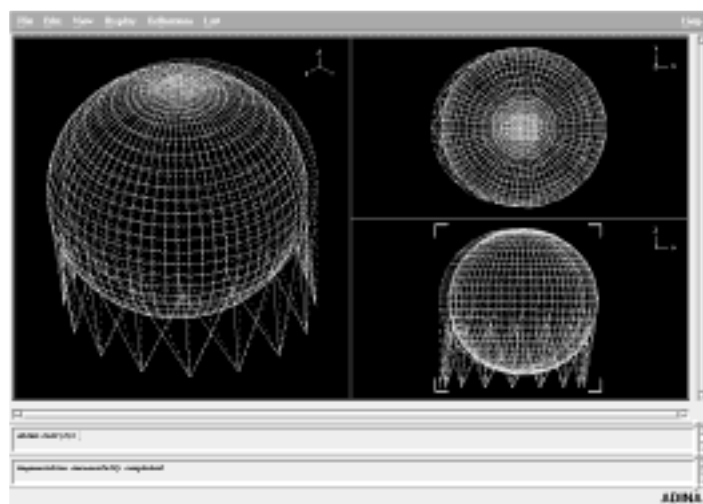
有限要素法による

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。

軟弱地盤における杭支持構造物の模型振動台実験

(その1：液状化実験)

萩原 敏行¹⁾ 新井 寿昭¹⁾ 阿世賀 宏¹⁾

1) 西松建設

1. はじめに

1995年に発生した兵庫県南部地震では、上部構造物の被害の他に杭基礎でも数多くの被害が報告されている。杭の被害は、杭頭付近だけではなく地中部の地盤剛性の急変する箇所でも認められている。性能設計に移行しつつある現在、軟弱地盤に建つ杭基礎構造物では、今後大規模地震時における地盤挙動を含めた杭一構造物系の耐震検討を要求される場合が多く、目標性能を実現するためには、地盤一杭一構造物系の動的特性を的確に把握する必要がある。

そこで、本研究では大規模地震時における地盤一杭一構造物系の動的特性の把握を目的として、液状化が想定される軟弱地盤に建つ杭支持構造物を対象として、せん断土槽を用いた模型振動台実験を実施した¹⁾。本報(その1)では、入力加振レベルの違いが地盤、杭および構造物の動的特性に及ぼす影響について検討した。

2. 振動台実験概要

本実験では、円筒形の大型せん断土槽内(φ1,200mm,h=1,200mm)に、豊浦標準砂を用いて水中落下法により下層非液状化層(Dr=80~85%)、上層液状化層(Dr=60~65%)を想定した2層飽和砂地盤を作成した。構造物は、鋼管杭で支持された地上式タンクを対象とした。タンク模型には、群杭の曲げ剛性が等価となるように杭本数と杭径を設定した9本の中空アルミニウムパイプ(φ8mm,t=0.5mm)、また質量を等価にするために鉛散弾を内部に設置したアクリル製容器を用いた。杭の結合条件は、杭頭はタンク基礎と剛結、杭先端は土槽底部と加振方向に対してヒンジ結合とした。

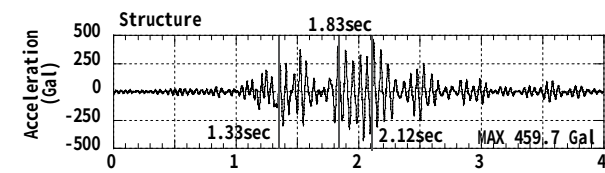
入力地震動には、兵庫県南部地震においてポートアイランドで観測された地中観測波(GL-32m、NS成分、最大加速度544cm/sec²)に0.2~50Hzのバンドパスフィルターを施した波形を用いた。実験は、入力加振レベルを2段階に変化させた2ケース、すなわち、100cm/sec²を目標としたCASE1と原波(544cm/sec²)のCASE2を実施した。

3. 実験結果ならびに考察

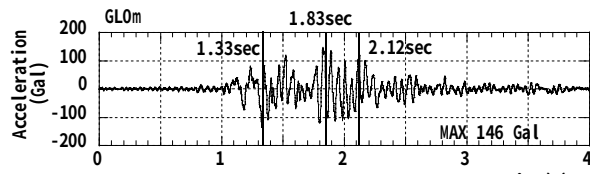
タンクと表層地盤の応答加速度波形、ならびにGL-0.2mの過剰間隙水圧波形を図-1に示す。CASE1は、入力加速度レベルが小さいため過剰間隙水圧はほとんど発生していない。CASE2では、過剰間隙水圧が著しい増減を繰り返しながら初期有効応力に達しており、液状化に至っている。有効応力が瞬時に回復するとほぼ同時刻で、表層地盤の加速度波形にパルス状の応答が認められ、砂のサイクリックモビリティによるものと考えらる。タンクも、同様にサイクリックモビリティの影響を受けていることがわかる。このパルス状の応答を除けば、液状化による表層地盤およびタンクの加速度応答値の減少および長周期化が認められる。

加振中の地盤のせん断ひずみおよび杭一タンク系の応答加速度分布、杭の曲げモーメント分布の時系列的な変化を図-2に示す。なお、地盤のせん断ひずみは、せん断土槽側面を計測した変位計から求めた。図-2に示したCASE1の地盤のせん断ひずみは最大で約0.06%であり、顕著な非線形性は認められない。また、杭に生じる曲げモーメントの時系列変化は杭一タンク系の加速度分布と同様の挙動を示しており、杭頭部で最大値を示している。このことから、深さ方向に生じる最大曲げモーメント値およびその発生位置には、タンクの慣性力が支配的であることがわかる。

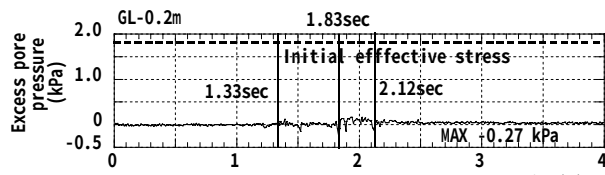
CASE2の地盤のせん断ひずみは、過剰間隙水圧の上昇とともに層境界部で増加しており、液状化後(2.0sec)では表層部でも大きなひずみが生じている。一方、杭一タンク系の応答加速度分布は、地盤のせん断ひずみとは逆に過剰間隙水圧の上昇とともに減少していることがわかる。杭に生じる曲げモーメントの最大値は、地盤のせん断ひずみの作用位置と同じ非液状化層と液状化層の境界部で生じている。このことは、入力レベルが大きいCASE2の場合、杭の深さ方向に生じる曲げモーメント分布には、地盤変形が大きく影響していることを示唆している。以上より、大規模地震時の基礎の挙動には、タンクの慣性力に加えて地盤変形の影響を考慮すべきことが示された。



a) 応答加速度 (タンク) Time(s)

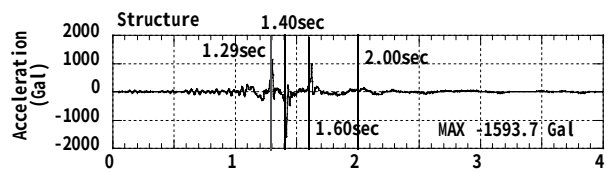


b) 応答加速度 (地盤)

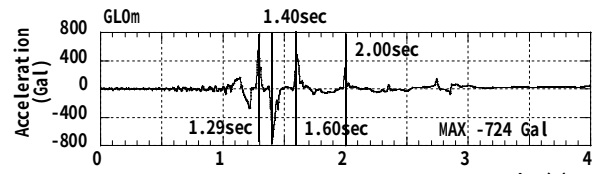


c) 過剰間隙水圧 (GL-0.2m)

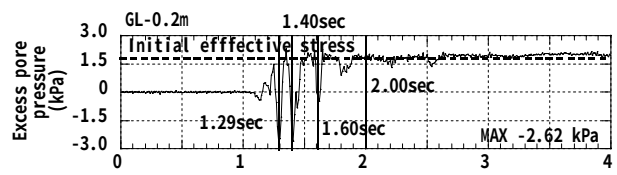
(1) CASE 1



a) 応答加速度 (タンク) Time(s)



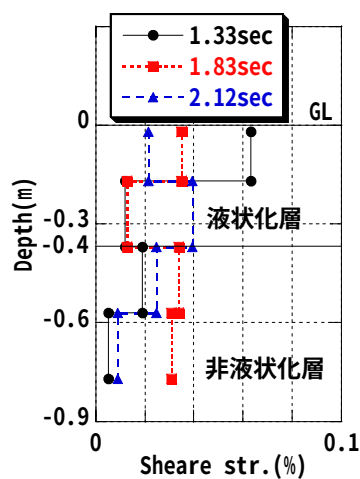
b) 応答加速度 (地盤)



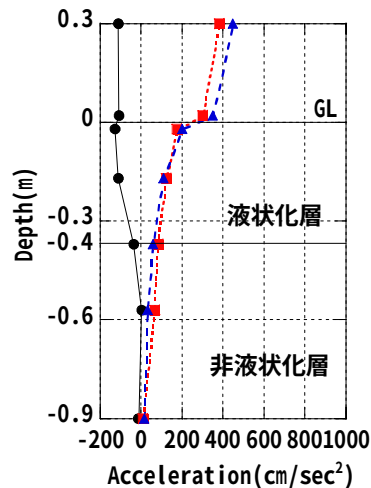
c) 過剰間隙水圧 (GL-0.2m)

(2) CASE 2

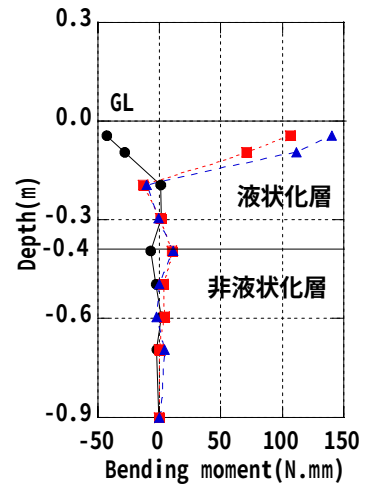
図-1 時刻歴波形



a) せん断ひずみ

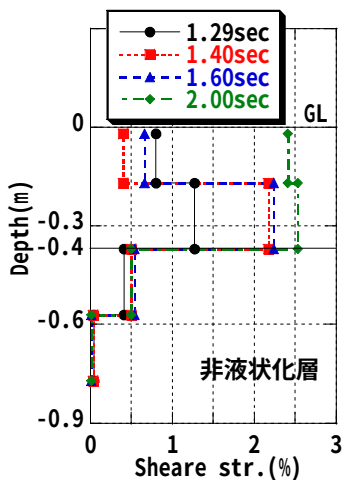


b) 応答加速度

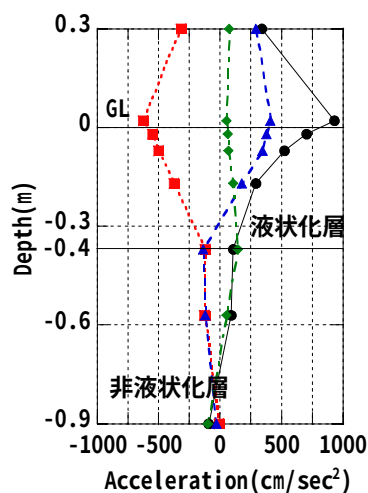


c) 杭の曲げモーメント

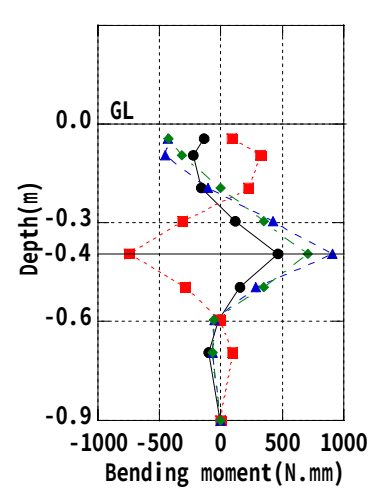
(1) CASE 1(100cm/sec²)



a) せん断ひずみ



b) 応答加速度



c) 杭の曲げモーメント

(2) CASE 2(455cm/sec²)

図-2 深さ方向応答値分布

4. おわりに

本研究で実施した液状化実験から、深さ方向に生じる杭の応力特性は、入力加振レベルにより大きく異なる傾向を示した。特に兵庫県南部地震レベルの地震時には、地盤剛性の異なる層境界部付近で杭に生じる応力が急増する特徴を示し、液状化による地盤変形が杭基礎の挙動に大きく影響することが明らかとなった。

参考文献：

- 1) 萩原他：杭基礎で支持された地上式タンク基礎の大型振動台実験、第46回地盤工学シンポジウム、pp.7-12、平成13年11月。

軟弱地盤における杭支持構造物の模型振動台実験

(その2：液状化対策実験)

新井 寿昭¹⁾ 萩原 敏行¹⁾ 阿世賀 宏¹⁾

1) 西松建設

1. はじめに

本報(その2)では、杭基礎を対象とした大規模地震時における液状化対策効果を定量的に把握することを目的として、密度増大工法およびせん断変形抑制工法を想定した液状化対策実験を実施した。密度増大工法は改良範囲の影響、また、せん断変形抑制工法は密度増大工法との比較により対策方法の相違にそれぞれ着目して検討を行った。

2. 実験概要

実験模式図を図-1に示す。密度増大工法を対象とした実験では、タンク直下の液状化層(上層)に対して改良径を $\phi 500\text{mm}$ (CASE A-1)、 $\phi 400\text{mm}$ (CASE A-2)、 $\phi 320\text{mm}$ (CASE A-3)と変化させた。改良深さは、全て同一の下層(非液状化層)表面まで(GL-0.39m)とした。改良範囲の相対密度は、液状化層の相対密度60~65%に対して、下層と同程度の相対密度80~85%とした。また、せん断変形抑制工法を対象とした実験では、タンク直下の液状化層に対して杭基礎を囲むようにリング状の鋼板($\phi 320\text{mm}$, $t=1.5\text{mm}$)を設置した。なお、鋼板は下層の非液状化層に約50mmの根入れを行った。

入力地震動は、前報(その1)¹⁾と同様に兵庫県南部地震で観測された地中観測波を用いた。入力加振レベルは、液状化無対策実験(前報 CASE2)と比較するために原波(544cm/sec^2)とした。

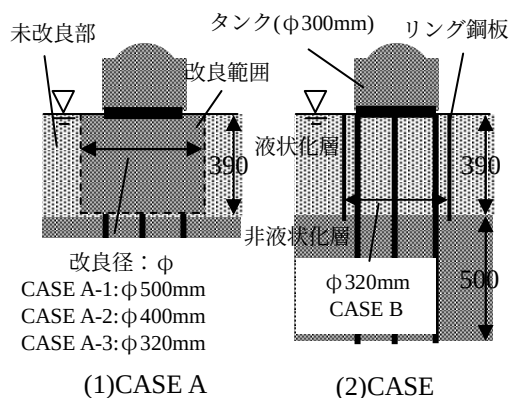


図-1 実験ケース模式図

3. 実験結果ならびに考察

タンク中央直下地盤(GL-0.2m)の過剰間隙水圧比波形を図-2に示す。タンク直下を全改良したCASE A-1~CASE A-3では、無対策と比較して過剰間隙水圧比が0.5~0.8程度に抑制されており、顕著な液状化対策効果が認められる。次に、改良径に着目すると、CASE A-1とCASE A-2では明瞭な相違は認められない。しかし、CASE A-3では、CASE A-1、A-2よりも過剰間隙水圧比が30~50%程度高くなっている。リング鋼板で対策したCASE Bは、CASE Aとは異なり、無対策と同程度の過剰間隙水圧比を示している。

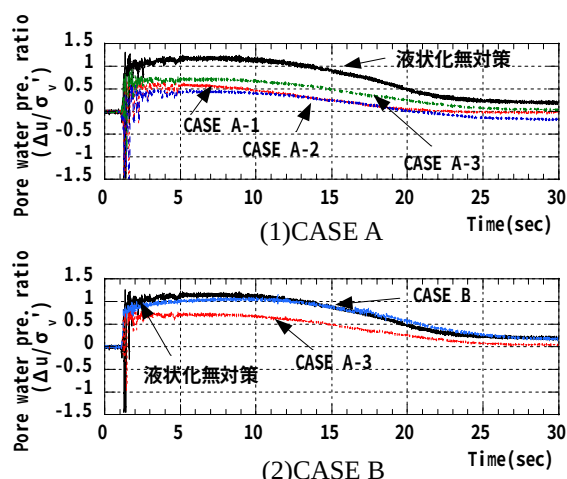


図-2 過剰間隙水圧比波

図-3は、最大加速度応答倍率分布を杭-タンク系、未改良地盤と改良地盤で比較したものである。未改良地盤の応答は、表層部に向かって概ね一様な傾向を示している。CASE A-1~A-3の改良地盤は、表層部に向かって加速度応答が増幅するような傾向は認められない。これは、CASE Aでは、改良地盤の周囲に軟弱な未改良地盤が存在していることによるものと考えられる。すなわち、未改良地盤の液状化により、改良地盤の応答が緩和されたものと推察される。また、CASE Aの杭-タンク系の加速度応答倍率では、改良径が小さくなるほどタンク頂部の応答倍率が減少している。

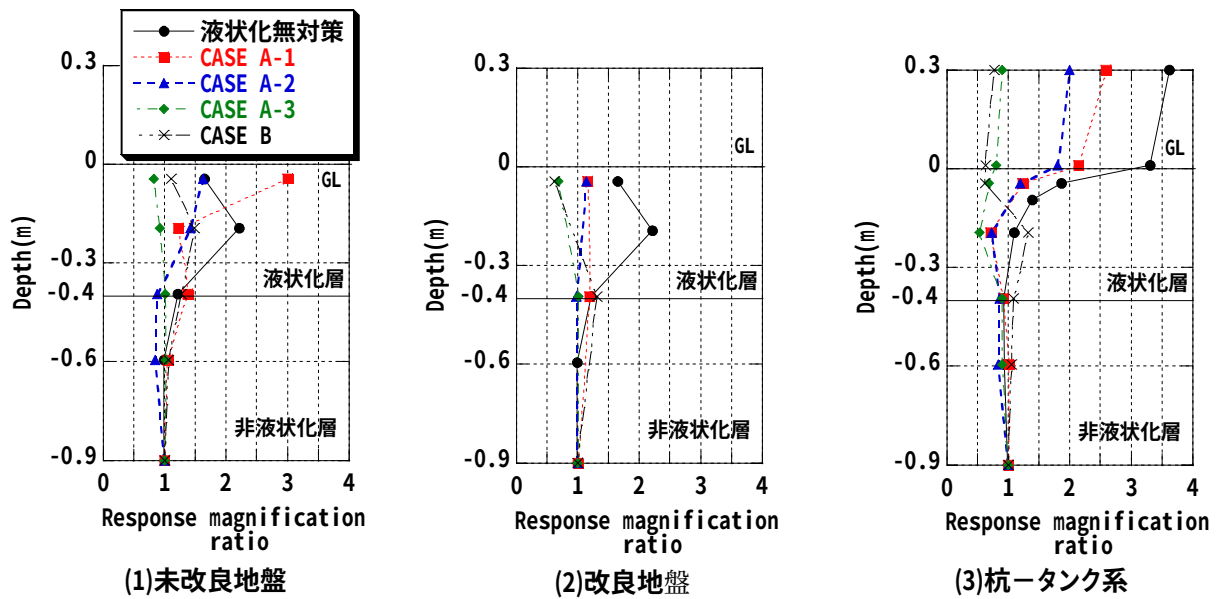


図-3 加速度応答倍率分布

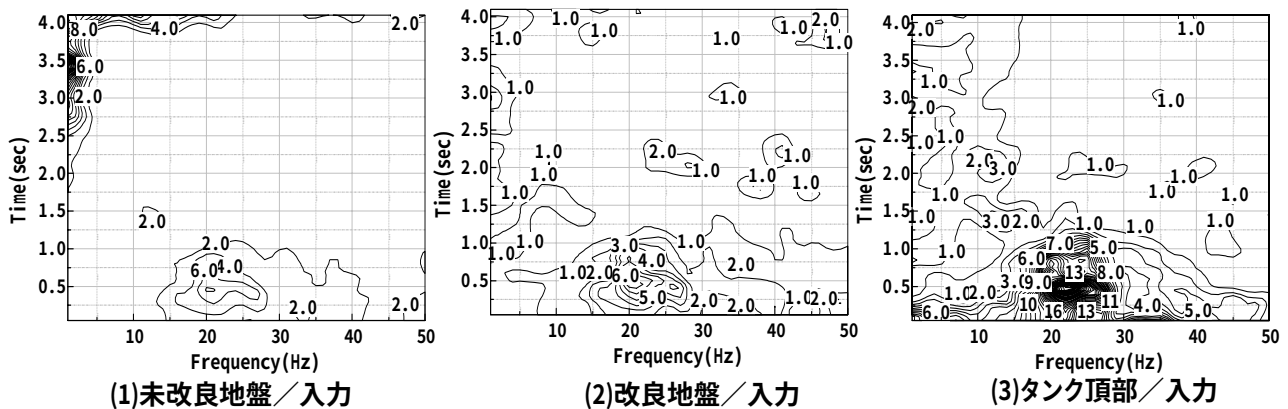


図-4 非定常スペクトル (CASE A-3)

これは、改良地盤の応答と同様に未改良地盤に対する改良地盤範囲が大きく影響していることを示している。CASE B の杭-タンク系の加速度応答倍率では、外周地盤と同様にリング鋼板内地盤の液状化により加速度応答値の減少が認められる。

図-4 は、周波数成分の時間的変動を表す非定常スペクトルを入力に対して等高線図として表したものである。なお、ここでは代表して CASE A-3 (φ320mm) を示している。未改良地盤では、微動段階 (0.5sec 付近) で 20Hz の卓越が認められる。加振に伴う液状化により、高周波数成分はカットされ、低周波数成分が卓越していることがわかる。改良地盤は、微動段階では未改良地盤と同様の周波数特性を示している。しかし、加振中は明瞭な卓越周波数成分は認められない。また、図-4(3)の地盤-タンク系については、改良地盤とほぼ同様な周波数特性を示していることがわかる。

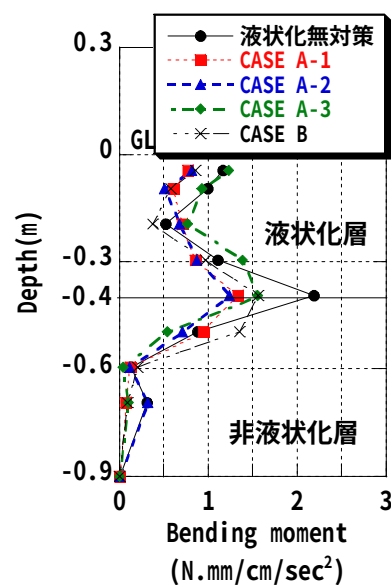


図-5 杭の最大曲げモーメント分布

杭に生じる最大曲げモーメント分布を図-5 に示す。なお、杭の曲げモーメントは入力加速度で基準化している。最大曲げモーメントは、いずれも層境界部でピークを示している。CASE A は、無対策と比較して杭に生じる曲げモーメントが層境界部で約 60%まで抑制されていることがわかる。これは、改良により上層の液状化層と下層の非液状化層との剛性差（変形性状）が緩和されたことによるものである。しかし、改良部周囲の未改良地盤の変形により、層境界部でピークを示す分布を示している。また、CASE B では、リング鋼板により杭に作用する液状化層と非液状化層のせん断変形を抑制できることで、CASE A と同程度の液状化対策効果が認められる。

タンク基礎部の最大応答水平変位を図-6 に示す。CASE A では改良径が大きいほどタンク基礎部の応答変位を抑制することができる。今回の実験では、無対策に比べて最大 70%程度までタンク基礎の応答変位が抑制されている。しかし、リング鋼板を設置した CASE B は、無対策と同程度の応答変位が生じており、タンク基礎の変形に対する抑制効果は認められない。これは、図-2(2)で示したようにリング鋼板内の地盤が液状化しているためである。

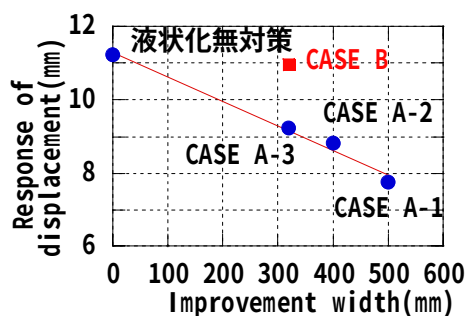


図-6 タンク基礎の応答変位

4. おわりに

本報では、大規模地震時を想定した液状化対策実験を実施した。その結果、リング鋼板によるせん断変形抑制工法は、杭に生じる曲げモーメントを抑制できる対策効果は認められたが、タンク基礎部の変形抑止効果は認められなかった。また、密度増大工法は、杭に生じる曲げモーメントおよびタンク基礎の応答変位を抑制できる液状化対策効果が示された。

参考文献：

- 1) 萩原、新井、阿世賀：軟弱地盤における杭支持建物の模型振動台実験（その1：液状化実験）、第37回地盤工学研究発表会投稿中。

軟弱地盤における杭支持構造物の模型振動台実験

(その3:二次元有効応力解析)

内山 不二男¹⁾ 庄司 正弘¹⁾ 阿世賀 宏²⁾ 萩原 敏行²⁾ 新井 寿昭²⁾

1) 構造計画研究所 2) 西松建設

1. はじめに

本検討は、「軟弱地盤における杭支持構造物の模型振動台実験(その1,その2)」で報告された杭支持地上式タンクの振動台実験を対象とし、二次元有効応力解析法によるシミュレーション解析を実施した。対象とした実験ケースは、無対策のケースおよびタンク直下の液状化層に対し、直径40cmの範囲を改良したケースの2ケースとした。

2. 解析モデルおよび解析手法

解析モデルを図-1に示す。地上式タンクは剛体と仮定し、質量は基礎中央位置に与えた。地盤は二次元平面ひずみ要素でモデル化し、杭ははり要素でモデル化した。杭頭は模型タンクに剛接されていると仮定し固定として扱い、杭先端は回転自由として取り扱った。その際、タンク質量、杭剛性はタンク直径(30cm)で除し、単位幅当たりの値とした。地盤のモデル化範囲は土槽内径(120cm)とし、モデル側方は自由境界、底面は固定境界とした。土槽枠はモデル化せず、左右の境界を同一水平変位として扱った。間隙水については、底面および側面を不透水境界とした。

解析手法は、有効応力法に基づいた非線形地震応答解析法とした。地盤材料の構成側は西モデル¹⁾(ダイレタンシーによる体積変化を考慮した弾塑性モデル)を採用した。液状化層(Dr=約60%)の地盤剛性は文献2)を参考に設定し、非液状化層(Dr=約80%)の地盤剛性は、文献3)により設定した。液状化層の液状化強度は、図-2⁴⁾に示すDr=50%の値を採用し、非液状化層の液状化強度は同図のDr=80%の値を採用した。西モデルのパラメータについては、要素シミュレーションにより液状化強度をフィッティングすることにより設定した。表-1に、本解析で用いた地盤物性を示す。

3. 入力加速度波形

入力波形は、兵庫県南部地震においてポートアイランドの地中での観測記録(GL-32m:NS成分)を用いた。

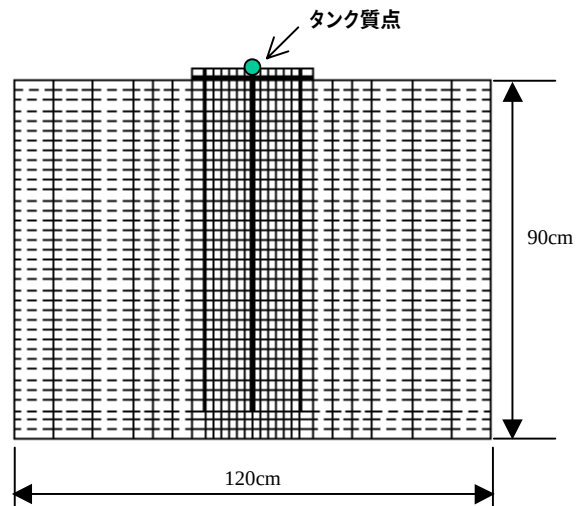


図-1 解析モデル

表-1 地盤物性（無対策ケース）

深度 (cm)	密度 γ (kN/m^3)	G_0 (kN/m^2)	間隙 比 e	透水係数 k (cm/s)
-10.0	19.1	1960	0.73	1.0×10^{-2}
-20.0	19.1	3680	0.73	1.0×10^{-2}
-30.0	19.1	4660	0.73	1.0×10^{-2}
-40.0	19.1	5640	0.73	1.0×10^{-2}
-50.0	19.5	12010	0.67	1.0×10^{-2}
-60.0	19.5	13480	0.67	1.0×10^{-2}
-70.0	19.5	14470	0.67	1.0×10^{-2}
-80.0	19.5	15940	0.67	1.0×10^{-2}
-90.0	19.5	16920	0.67	1.0×10^{-2}

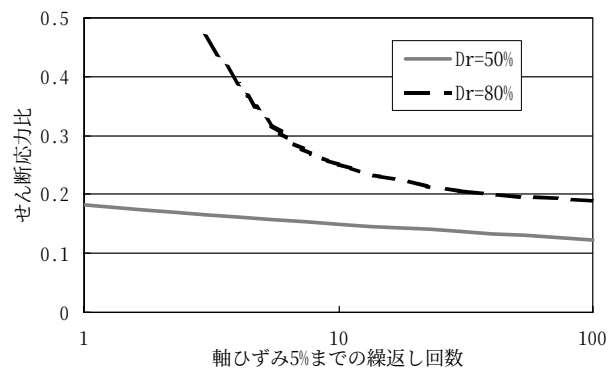


図-2 液状化強度

4. 実験結果と解析結果の比較

無対策のケースを対象に、実験結果と解析結果の比較検討を行った。最大応答分布を図-4 に示し、液状化層内の GL-20cm, GL-40cm (図-1 の PW3, PW2) における過剰間隙水圧の時刻歴を図-5 に示す。また、土槽枠最上段 (図-1 の DHL5) の相対変位時刻歴を図-6 に示す。

最大加速度は、地表面付近の液状化層では実験結果の方が小さくなっているが、GL-10cm 以深の液状化層、非液状化層では実験と解析がよく対応している。また、最大相対変位についても、液状化層、非液状化層では実験と解析がよく対応している。PW2 の過剰間隙水圧の上昇傾向にやや差異がみられるが、全体的に液状化に達する時刻および消散の傾向はよく対応している。変位時刻歴は、0.7 秒程度までは実験結果の方が解析結果よりも振幅が大きくなっているが、全体的に実験結果と解析結果の位相特性および振幅はよく対応している。

5. 地盤改良による検討

無対策のケースおよびタンク直下を改良したケースを対象に、杭の最大曲げモーメントを比較した。図-7 に両ケースの杭の曲げモーメント分布を示す。実験結果の方は中心杭と左手前の側杭、解析結果の方は中央杭と左側杭を示す。

実験結果では、層境界の曲げモーメントが最も大きく、無対策に対する改良したケースの層境界の曲げモーメント比が約 60% となっており、改良による曲げモーメントの抑制結果がみられる。一方、解析結果においても、無対策に対する改良したケースの層境界の曲げモーメント比が約 70% となっており、実験結果とほぼ同等の結果が得られた。

6. まとめ

本検討は、大型振動台実験を対象に二次元有効応力解析法によるシミュレーション解析を実施し、地盤改良の検討を行った。杭の曲げモーメントでは、無対策に対して改良したケースの曲げモーメントが、実験結果同様に低減される結果が得られた。本解析手法は、地盤物性、液状化パラメータの設定を適切に評価することにより、液状化現象のシミュレーションおよび地盤改良の効果について定性的に評価することが十分に可能である。今後は、三次元モデルによる解析検討を実施し液状化対策効果について検討する予定である。

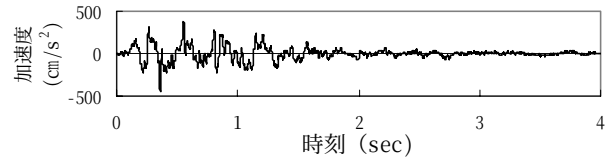


図-3 入力加速度波形

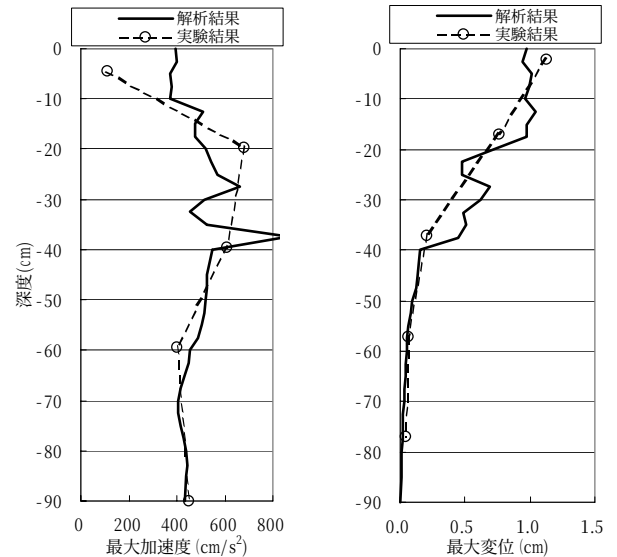


図-4 最大応答分布

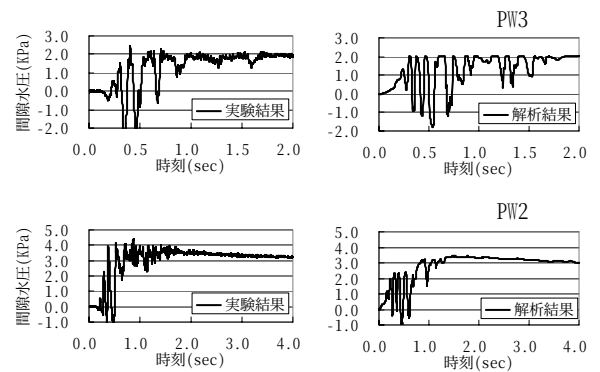


図-5 過剰間隙水圧の時刻歴

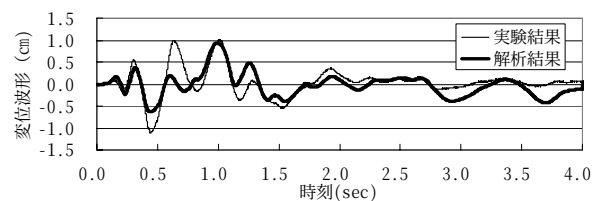
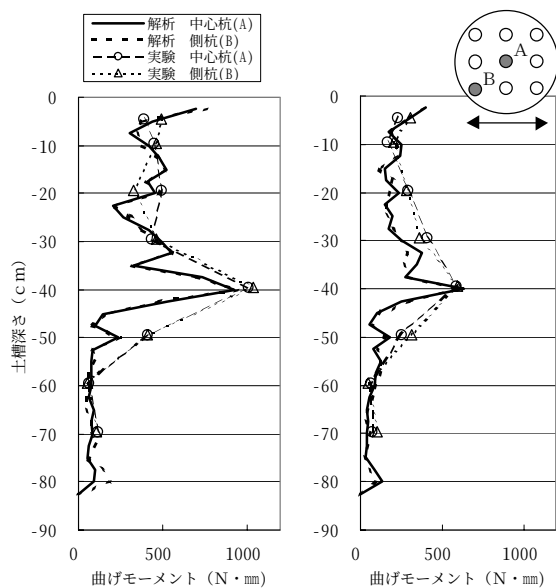


図-6 土槽枠最上段の相対変位時刻歴



(a) 無対策地盤 (b) 改良地盤
図-7 杭の最大曲げモーメント分布

参考文献

- 1) 金谷、西他：有効応力に基づく地盤の非線形解析手法の開発とその検証、土木学会論文集、No.505 1994.12
- 2) 西、金谷他：地震時における基礎地盤の安定性評価(その1)-動的解析に基づく砂・砂礫地盤の安定性手法の開発、電力中央研究所報告・研究報告：昭和61年9月
- 3) 石原研而：土質動力学の基礎、鹿島出版会、昭和57年5月
- 4) 吉見吉昭：砂地盤の液状化、技報堂出版、p24、1980年3月

解析雑誌 Vol.8 読者アンケートのお願い

本誌もようやく3年目に入りました。創刊当初から「早々にネタが尽きてしまうのでは？」という声がありましたが、その後もエンジニアにとって明るい話題が少ない状況が続き、そうした懸念が払拭される暇もありませんでしたが、お陰様で、様々な分野の方から解析ブレンとしてお声をかけていただき、その結果、継続して興味深い事例をご紹介していただくことができました。

事例掲載にあたり、ご理解とご協力をいただきました

皆様には、ここであらためて御礼申し上げます。

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 4-5-3

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

E メール: kaiseki@kke.co.jp

また、本誌と連携して情報発信を行っております、構造計画研究所解析技術本部のホームページにも是非お立ち寄りください。

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

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

●福岡営業所 092-482-8821 ●名古屋営業所 052-222-8461

解析雑誌

Journal of Analytical Engineering Vol.8 2003.1

(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.8, 2003.1

Kozo Keikaku Engineering, Inc.