

## クリアリングハウス

(Up&Coming '07  
盛夏の号掲載)

### ■クリアリングハウスとは

クリアリングハウスとは、特定のテーマに関して様々な形式で存在する大量のデータを統括し、検索・閲覧できるようにする仕組みのことです。社団法人交通工学研究会が運営している交通シミュレーションクリアリングハウス(<http://www.jste.or.jp/sim/index.html>)は、各種交通シミュレーションモデルの紹介や、開発者と利用者が情報交換を行う場として活用されています。

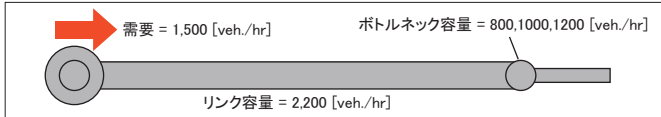
### ■交通シミュレーションクリアリングハウスの検証

交通シミュレーションクリアリングハウスでは、機能の異なる交通シミュレーションモデル同士を比較するために標準検証プロセスが策定されています。標準化された検証プロセスを適用することでモデル同士の特性の違いを確認でき、利用者が各モデルの適切な利用方法を把握することが可能となります。

### ■UC-win/Roadでの検証

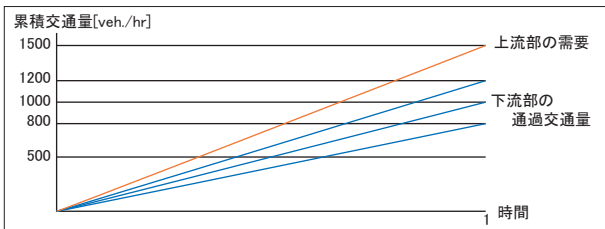
UC-win/Roadでは、次の2項目について検証が終了しています。

#### ○ボトルネック容量/リンク下流端の飽和交通流量



▲図1 ボトルネック容量の再現性検証用データセット

Road設定パラメータ: 交通需要(発生交通量)1,500veh/h、リンク容量: 設定不可、ボトルネック容量: 800veh/h(6.6km/h)、1,000veh/h(9.2km/h)、1,200veh/h(13.3km/h)(セダンのみの場合)

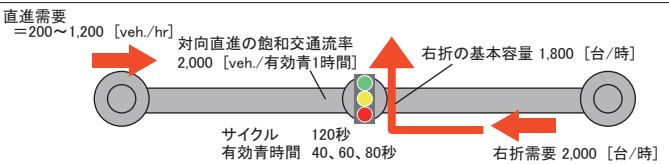


▲図2 ボトルネック容量が安定して再現されているかどうかの確認図

UC-win/Roadには交通容量を制限する機能はありませんが、車両の走行速度を遅くする指示を出すことによって、擬似的にボトルネックを再現しています。検証の結果、交通量は上流部の需要に対してボトルネックで設定した値に抑制され、大きな誤差もなく安定していることが確認されました。

#### ○信号交差点での対向直進交通による右折容量の低下

右折車の容量が対向直進車の交通量と青時間の長さから与えられる影響を検証し、交通工学研究会による右折容量算定式の結果(以下、理論値と称す)との比較を行いました。



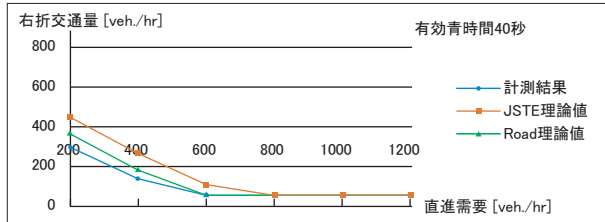
▲図3 右折容量の低下の検証用データセット

Road設定パラメータ: 右折の基本容量: 1,480veh/h (UC-win/Roadにおける限界値)  
対向直進交通の飽和交通流量: 1,710veh/h (UC-win/Roadにおける限界値)  
右折需要: 約1800veh/h (UC-win/Roadにおける発生交通量の限界値)  
直進需要: 200, 400, 600, 800, 1,000, 1,200veh/h  
信号サイクル: 120秒、有効青時間: 40, 60, 80秒



#### ○UC-win/Roadでの「信号交差点での対向直進交通による右折容量の低下」の検証

理論値を全体的に下回る結果となっていますが、影響の変化の度合いは理論値に近い結果となりました。



▲図4 右折容量のシミュレーション結果と理論値の比較図

JSTE理論値: 右折容量算定式に図3のデータセットの値を入れて算出  
Road理論値: 右折容量算定式に前述のRoad設定パラメータを入れて算出

クリアリングハウスで示されている検証方法を用いることにより、UC-win/Roadの交通シミュレーションへの適用に際して、適用範囲等の客観的な情報を得ることが可能となります。また、2項目の検証を終えた段階では、UC-win/Roadにおける検証用シミュレーションデータにおける再現性は高いと考えています。

### ■今後の展開

現在、残りの4項目については検証途中であり、UC-win/Roadでの検証結果出力方法の改良を行った後、逐次検証結果を公表する予定です。

#### 参考文献:

(社)交通工学研究会: 交通流シミュレーションの標準検証プロセス  
Verificationマニュアル(案), <http://www.jste.or.jp/sim/manuals/index.html>

## E-Defense

(Up&Coming '08  
新春特別号掲載)

### ■E-Defenseとは

実大三次元震動破壊実験施設の愛称で、「E-Defense」のEはEarthを表しており、防災を地球規模で捉え、住民の生命と財産を守る研究開発への期待を示したものです。

### ■実大三次元震動破壊実験施設概要

実大三次元震動破壊実験施設は、実物大の構造物を震動台の上に乗せて構造物を直接揺らし、構造物の揺れや損傷状況ならびに崩壊現象を再現するための大規模実験施設です。また、三次元加振を行える施設としては、積載荷重および積載面積において世界最大規模の実験施設です。施設完成後の2005年6月より実験研究の運用を行っています。



▲図1 実験施設外観

### 【震動台仕様】

水平2方向に各5台、鉛直方向に14台、計24台のアクチュエータが設置されています。表1に震動台の基本仕様を示します。震動台の最大寸法は、長辺方向は20m、短辺方向が15mであり、最大搭載質量は1,200 tです。アクチュエータの駆動は、エネルギーの効率化を図るためアクチュエータの蓄圧を利用した電気油圧制御で行っています。

表1 震動台の基本仕様

項目	仕様	
最大搭載質量	1,200 ton	
搭載面積	20m × 15m	
駆動方式	アクチュエータ蓄圧/電気油圧制御	
加振方向	水平	鉛直
最大加速度(最大質量搭載時)	900 cm/s <sup>2</sup> 以上	1,500 cm/s <sup>2</sup> 以上
最大速度	200 cm/s	70 cm/s
最大変位	±100 cm	±50 cm
許容モーメント	水平軸周り 150 MN・m以上 (垂直軸980 cm/s <sup>2</sup> 加振時)	鉛直軸周り 40 MN・m以上 (水平一軸最大加速度時)

### ■橋梁耐震実験研究組織の概要

防災科学技術研究所では、橋梁耐震実験研究を推進するため実行部会を組織しています。この橋梁耐震実験研究実行部会は、橋梁の耐震性に関する実験的研究を具体的に推進することを目的に設置されています。実行部会の中に、解析WGが設置されており、当社も参加し、UC-win/FRAME(3D)を用いて実験挙動シミュレーションを行っています。実行部会での実験目的と内容は、表-2のようになっております。

表2 実験目的と内容

実験目的	内容
現象説明	従来、実験装置の制約から十分な検討が出来なかった破壊現象や複雑な地震応答の解明を図る
耐震性能検証	現在の耐震補強法や耐震設計法によって補強・新設された橋梁の耐震性・耐震余裕度を検証する
新技術開発	耐震性の向上技術を開発する

### ■E-Defenseを用いた橋梁耐震実験について

平成19年12月13日に、1970年代に建設されたRC橋脚の実物大実験がE-Defenseにおいて実施されました。

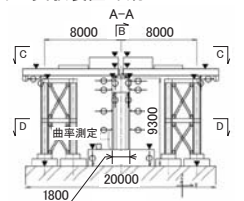
#### 【設計概要】

兵庫県南部地震において被害の著しい1970年代に建設された橋脚を想定して、曲げ破壊タイプの試験体橋脚が作られ、実験が行われました。

- ・柱径: D = 1.800 m 軸方向鉄筋: D29-2.5段
- ・帯鉄筋: 柱基部及び梁付け根部: D13-150ctc  
横構束筋間隔: s = 15cm、有効長d = 160cm、柱中間部: D13-300ctc、横構束筋間隔: s = 30cm、有効長d = 160cm
- ・帯鉄筋の重ね継ぎ手: 3φ = 30 × 13 = 390mm フックなし
- ・設計基準: 1964年鋼道橋設計、1972年道路橋耐震設計指針・同解説
- ・地盤種別: II種地盤を想定
- ・使用材料: コンクリート(σ<sub>ck</sub> = 27N/mm<sup>2</sup> 鉄筋(SD345、σ<sub>sy</sub> = 345N/mm<sup>2</sup>)
- ・上部構造死荷重反力: 死荷重反力: R<sub>d</sub> = 2,080 kN
- ・入力地震動: 兵庫県南部地震の際のJR西日本鹿取駅構内地上観測波3方向成分の100%(1995年兵庫県南部地震、II種地盤)
- ・実験計測項目: 計測項目および計測成分(表3)、計測機器配置(図3)



▲図2 実験装置外観



▲図3 計測機器配置図

### ■橋梁耐震実験結果

破壊実験の状況は、加振が始まった後、徐々に橋脚が揺れ始め、最終的には、橋脚基部で損傷に至っております。震動台に上がって観察を行うと、厚さ10cmの被りコンクリートが広範囲にひび割れており、一部が完全に剥落した状況になっております。図4は、橋脚基部の損傷状況写真です。実験後の説明によると、橋脚方向の応答変位値が予想より小さく、兵庫県南部地震の際の損傷程度には至らなかったという説明を受けています。今後、実験結果の提供を受け、FRAME(3D)によるシミュレーションを行い、検証を進める予定です。



▲図4 橋脚基部の破壊状況

表3 計測成分

計測項目	旧基準基部曲げ破壊タイプ	現行基部曲げ破壊タイプ	せん断破壊タイプ
震動台加速度	12成分	12成分	12成分
フーチング加速度	12成分	12成分	12成分
フーチング応答変位	16成分	16成分	16成分
RC橋脚応答変位	36成分	36成分	36成分
桁の応答変位	4成分	4成分	4成分
橋脚先端加速度	23成分	23成分	23成分
桁+付加マシ加速度	60成分	60成分	60成分
橋脚先端作用力	24成分	24成分	24成分
曲率測定(変位計)	44成分	44成分	なし
端部架台上加速度	12成分	12成分	12成分
橋脚先端-桁間の鉛直相対変位	8成分	8成分	8成分
計測架台加速度	32成分	32成分	32成分
フーチング速度	3成分	3成分	3成分
橋脚先端速度	3成分	3成分	3成分
鉄筋軸方向ひずみ	168成分	132成分	192成分
帯鉄筋ひずみ	88成分	72成分	176成分
合計	553成分	501成分	621成分



## 揺れやすさマップ

(Up&Coming '08  
早春の号掲載)

地震防災対策特別措置法(平成7年法律第111号、平成18年法律第16号以降特)第14条(想定される地震災害等の周知)において、各都道府県・市町村は、当該地域で想定される地震災害等の軽減を図るために、地震災害等の程度に関する事項を住民に周知するよう努めなければならないと謳われています。

地域における地震の危険性を知らせるマップを地震防災マップといい、上記の事項を住民に周知する手段として地震防災マップの提示が有効と考えられています。実際、平成13年に地震防災マップを作成・公表した横浜市では、耐震診断の実施件数がそれまで年間900件程度であったものが、マップ公表後は年間約1,700件に倍増しており、意識面だけでなく、耐震診断といった実際の防災対策に関する行動面でもその効果が現れたそうです。

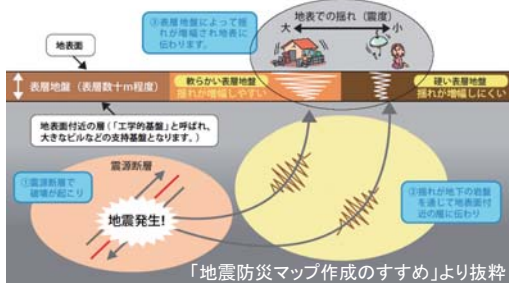
### ■「揺れやすさマップ」とは

「揺れやすさマップ」とは、内閣府で紹介している地震防災マップの1つで、地盤の状況とそこで起こり得る地震の両面から地域の揺れやすさを震度(注1)として評価して、その震度を住民自らがその居住地を認識可能な縮尺で詳細に表現したものです。住民は、その震度の情報を事前に得ることで、より防災意識を高め、自らの居住地を認識し、地震時の危険性を実感できると考えられます。これらのマップは通常GIS(地理情報システム)ソフトを用いて簡便に作成できます。

フォーラムエイトでは、マップ作成に適したGISソフト「GEOMania」を取り扱っており、「揺れやすさマップ」作成の受託実績があります。

### ■地震の揺れについて

地震の揺れは、震源断層の破壊で発生し、地下の岩盤を通じて地表面付近の層に伝播し、表層地盤によって増幅(注2)され地表に伝播すると考えられます(図1参照)。



▲図1 地震の揺れの伝わり方のイメージ

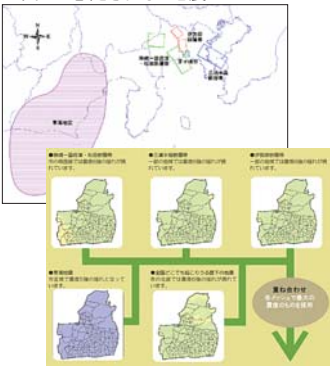
### ■「揺れやすさマップ」作成の基本的な考え方

- ・地域内で計算する地区単位を50mメッシュ(注3)とします。
- ・実際に発生する恐れがあり地域に大きな影響を及ぼす地震を想定します。
- ・数十m程度の深さまでの表層地盤の状況を反映して、揺れ(地表の震度)の大きさをメッシュごとに算定します。
- ・地域の揺れやすさ(注4)として、起こり得る最大震度をメッシュごとに表示します。

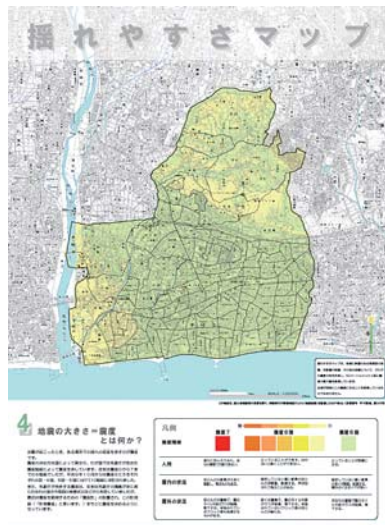
### ■「揺れやすさマップ」作成の流れ

- ・地域における地形・地質の状態、各区分とボーリングデータから表層地盤の軟らかさを設定し、その軟らかさと揺れやすさの関係から「表層地盤の揺れやすさ」をメッシュごとに詳細に推定します。
- ・想定する地震(図2参照)として、対象地域に影響の大きいものを選び出し、震源断層の規模・位置・形状に関する情報を設定し、その情報を元に震源断層からの揺れの伝わり方を考慮して、「地表付近の揺れの大きさ」をメッシュごとに推定します。
- ・地震ごとに「地表付近の揺れの大きさ」に「表層地盤の揺れやすさ」を掛け合わせて、「地表での震度」をメッシュごとに算定し、各地震で算定した「地表での震度」を重ね、「起こり得る最大震度」をメッシュごとに抽出し、「地域の揺れやすさ」とします(図3参照)。
- ・「地域の揺れやすさ」を震度階級ごとに色分けし、地形・地物が認識できる縮尺の背景地形図と重ね合わせて表示したものが「揺れやすさマップ」になります(図4参照)。

### ▼図2 想定される4地震



▲図3 各地震による震度マップ



▲図4 揺れやすさマップ 茅ヶ崎市地震防災マップ

注1) 震度とは、ある場所における地震時の揺れの程度を表すもので、震度計を用いて観測します。詳細は気象庁のホームページでご確認いただけます。  
注2) 揺れは、表層地盤が軟らかければ増幅しやすく、硬ければ増幅しにくい傾向があります。  
注3) 50mメッシュとは、標準地域メッシュの第3次地域区画の縦横を各々20等分したものです。  
注4) 地域の揺れやすさは、想定した各地震による震度の最大値を表現しているもので、その地域が同時にこの揺れやすさ(震度)になることを表現しているものではありません。

参考資料：・内閣府防災情報のページ：地震防災マップ作成のすすめについて・「地震防災マップ作成のすすめ」平成17年3月・「地震防災マップ作成技術資料」平成17年3月・茅ヶ崎市地震防災マップ(1)揺れやすさマップ、平成17年2月

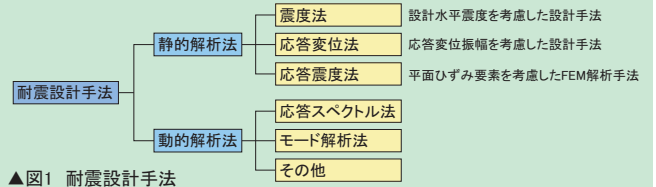
## 応答震度法

(Up&Coming '08  
盛夏の号掲載)

比較的小規模な地中構造物は、周辺地盤に追従し一体となって挙動します。よって、地震の影響を考慮しなくてよとされてきました。大規模な地中構造物においては、阪神淡路大震災以降、レベル1地震動からレベル2地震動対応へ移行しつつあります。レベル1地震動対応までは、地盤が等価線形でモデル化し、構造躯体については線形でモデル化されてきました。レベル2地震動対応になると、地盤は非線形性を有したモデル化を行い、構造物についても非線形でモデル化を行うこととなります。

### ■地中構造物を対象とした耐震設計手法

地中構造物を対象とした耐震設計法には、図1に示すような設計手法があります。今回は、静的解析法である応答変位法と応答震度法について、紹介します。



▲図1 耐震設計手法

### ■応答変位法

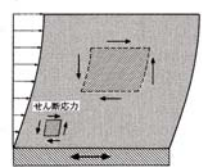
地盤ばねで支持した骨組構造としてモデル化し、地震の影響を静的な荷重として考慮した計算手法です。応答変位法において作用させる荷重は、周面力・地盤と構造物の相対変位に起因する荷重・躯体慣性力であり、周面せん断力および地盤と構造物の相対変位に起因する荷重は、地盤の応答変位振幅から算定します。また、躯体慣性力は、地盤応答加速度から算定します。算定した荷重条件をもとに、静的弾性骨組解析を行い、応力度を照査します。

### ■応答震度法

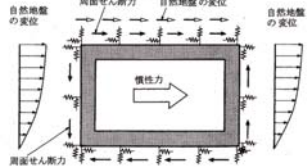
応答震度法は、地中構造物周辺の地盤構成が複雑な場合や構造物と地盤の動的相互作用をより正確に考慮する場合に適用します。

FEM系の静的解析手法の代表的な例としては、応答震度法とFEM応答変位法があります。これらは、地盤をばね要素ではなく平面ひずみ要素でモデル化したもので、応答震度法は地震時の地盤慣性力を解析モデルの各要素に与え、FEM応答変位法は地盤変位と等価節点外力を解析モデルの各節点に与えることで地震時地盤変位を解析モデル上で再現する手法です。

応答震度法における地盤慣性力やFEM応答変位法における等価節点外力の算定に必要な地盤応答加速度や地盤変位の算定については、下記に示します。



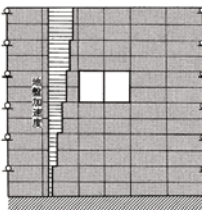
▲図2 周面力の発生概念



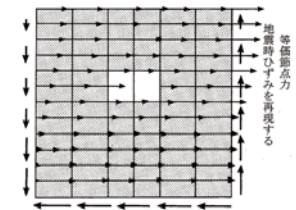
▲図3 応答変位法で考慮する地震の影響

### ■地盤応答値の算定手法

地盤応答値の算定手法としては、一様地盤近似による方法、多層地盤固有値解析による方法、動的解析による方法があります。さらに、動的解析法としては、地盤の非線形特性を等価線形化して考慮する方法と非線形履歴モデルとして考慮する方法があります。一般的には等価線形化法を使用しますが、ひずみレベルが10-2を超える領域では地盤の実挙動との整合性が悪くなるため、注意が必要です。地盤の応答値は、刻々と変化しますが、一般には構造物の上床版～下床版の相対変位が最大となる時刻が最も構造的にとって厳しい条件となります。よって、その時刻における地盤の応答値に基づいて算定した荷重(地震時増分荷重)を静的に与えて、計算を行います。



▲図4 応答震度法における荷重モデル



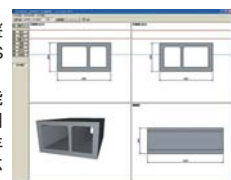
▲図5 FEM応答変位法における荷重モデル

### ■地盤変位の算定法

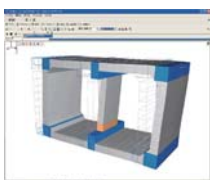
地盤変位の算定には、地盤応答解析手法を用いて算定します。地盤応答解析手法は、応答スペクトル法・時刻歴応答解析法・有効応力状態の応答解析法があります。一般的には、応答変位法において、応答スペクトル法が応答震度法においては、時刻歴応答解析法が用いられていますので、概要を紹介します。応答変位法においては、設計基準より設計速度スペクトル(Sv)が与えられていますので、Svより地盤の応答変位振幅を求め、水平力に換算して計算を行います。修正震度法においては、一般的に、線形応答計算の繰り返しによって、せん断ひずみの大きさとそれに対応する減衰定数とを整合させる等価線形化により行っています。解析プログラムとしては、「SHAKE」が有名です。

### ■UC-1製品の適用性

応答変位法については、「BOXカルバートの設計(下水道耐震)」にて計算可能であります。準拠基準は、(社)日本下水道協会、下水道施設の耐震対策指針と解説 1997年版に対応しております。応答震度法については、地盤のFEM解析については、地盤の非線形性を考慮可能な「GeoFEAS(2D)」を用いて解析を行います。次に、2次元非線形骨組解析で計算可能である「UC-win/FEM(3D)」を用いて、地中構造物の材料特性を非線形材料とし、断面力を算出して応力度照査を行うことが可能です。



▲図6 BOXカルバートの設計



▲図7 UC-win/FEM(3D)