

期待損失評価のための確率論的ハザードに 適合した地震動波形群の設定方法

安中 正¹・香川敬生²・石川 裕³・江尻譲嗣⁴・西岡 勉⁵

¹東電設計株式会社 技術開発本部 (〒110-0015 東京都台東区東上野3-3-3)

E-mail: annaka@tepsco.co.jp

²財団法人地域地盤環境研究所 (〒550-0012 大阪市西区立売堀4-3-2)

E-mail: kagawa@geor.or.jp

³清水建設株式会社 技術研究所 (〒135-8530 東京都江東区越中島3-4-17)

E-mail: yutaka.ishikawa@shimz.co.jp

⁴株式会社大林組 技術研究所 (〒204-8558 東京都清瀬市下清戸4-640)

E-mail: ejiri.joji@obayashi.co.jp

⁵阪神高速道路公団 工務部 (〒541-0056 大阪市中央区久太郎町4-1-3)

E-mail: tsutomu-nishioka@hepc.go.jp

地震による構造物のリスクや期待損失(被害額期待値)を評価することを目的として、確率論的地震ハザードに適合した生起確率付地震動波形群の設定方法について新たに提案した。ハザード曲線の各区分ごとに貢献度の大きさに応じた比率でシナリオ地震を割り当てた後、各シナリオ地震による断層破壊メカニズムを考慮した地震動波形の群を、その生起確率とセットで提示するものである。さらに、神戸地域を対象として具体的な評価例を示した。

Key Words: Ground motion with probability of occurrence, Stochastic Green's function syntheses, Seismic hazard

1. 期待損失評価用入力地震動の設定

図-1に示すレベル2地震動とライフサイクルコストを考慮した構造物の耐震設計プロセス^{1,2)}においては、レベル2地震動に対する設計条件を満足した上で経済的に最適(ライフサイクルコスト最小)となる構造を設定することが目標となる。そのためには、まず入力地震動としてレベル2地震動の想定が必要となり、さらに期待損失(被害額期待値)評価から最適構造を設定するためには、生起確率付地震動群が必要となる。

(1) 検討対象地点

図-2に検討対象とした神戸地域の3地点を示す。サイト1(34.6438° N, 135.1371° E)は、やや硬質な地盤の地点、サイト2(34.6822° N, 135.1985° E)は軟弱な地盤の地点、サイト3(34.7181° N, 135.2955° E)はやや軟弱な地盤の地点である。

(2) レベル2地震動の設定方法

レベル2地震動は、現在から将来にわたって当該地点で考えられる最大級の強さをもつ地震動であり、原則として対象となる地震(レベル2対象地震)を選定した上で、そのような地震が発生した場合の地震動として設定すると規定されている³⁾。

対象地点の近傍では、1995年に兵庫県南部地震(気象庁マグニチュード7.3)が発生しており、対象地点で最大級の強さの地震動が生じたと考えられることから、1995年兵庫県南部地震による対象地点工学的基盤での地震動をレベル2地震動とした。

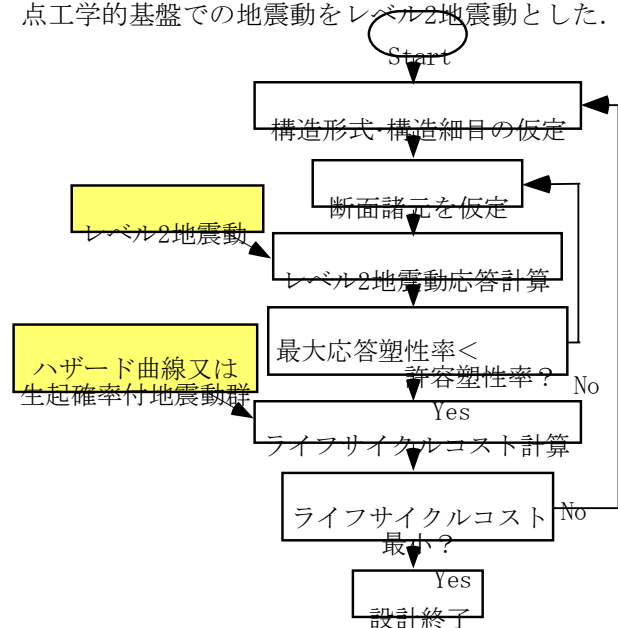


図-1 レベル2設計と経済性照査による耐震設計のプロセス^{1,2)}

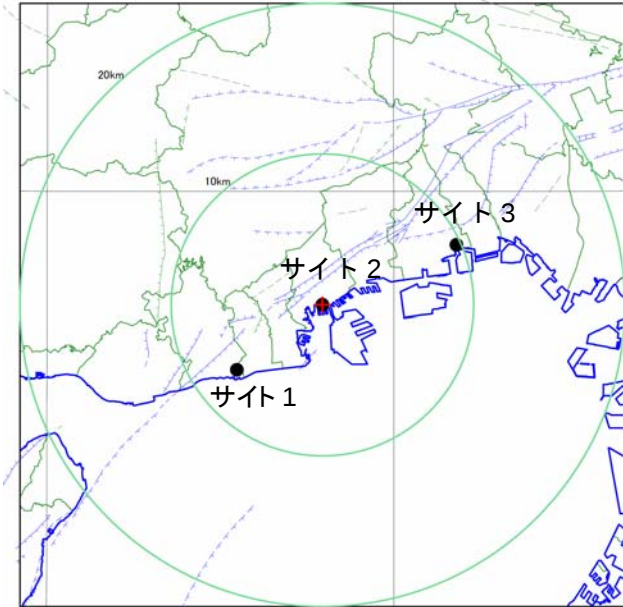


図-2 対象地点と周辺の活断層分布⁴⁾

(3) 生起確率付地震動群の設定方法

期待損失評価のための地震動群は、対象地点周辺の主要な想定地震による地震動の評価結果と確率論的地震ハザード解析の結果を組み合わせ設定した。評価結果は、それぞれが年発生頻度を持つ地震動の集合(生起確率付地震動群)として表現される。

生起確率付地震動群の設定手順は次の通りである。

- ① 対象地点周辺の主要な想定地震の断層面形状、マグニチュード、平均活動間隔の設定
- ② 主要な想定地震が発生した場合の対象地点工学的基盤での地震動群の評価
- ③ ②の評価結果に基づく各対象地点工学基盤における最大加速度推定式の設定
- ④ ①と③を組み合わせた各対象地点工学基盤における最大加速度のハザード曲線の評価
- ⑤ 最大加速度の区間別年発生頻度 (λ_i) 及び各区分における想定地震別の貢献度の評価
- ⑥ 最大加速度の区間毎に、⑤の貢献度に基づき②の波形から検討に用いる波形を20波選定
- ⑦ 選定した波形の最大加速度を区間の中央値に振幅調整し、各波形の年発生頻度を $\lambda_i/20$ とすることにより生起確率付地震動群を設定

区分の設定や各区分で選定する地震波の数には任意性が残されているが、上記の手順により生起確率付地震動群を設定することが可能となる。

2. 対象地点周辺の主な想定地震

政府の地震調査研究推進本部・地震調査委員会(推本)では、全国を概観した地震動予測地図を平成

17年3月に公表した⁵⁾。そこではシナリオ型の地震ハザードマップ(震源断層を特定した地震動予測地図)とともに全国の確率論的地震ハザードマップ(確率論的地震動予測地図)も公表されており、種々の地震の長期評価と強震動評価に基づき構築された評価モデルは、わが国における標準的な確率論的地震ハザードモデルとなると考えられる。

ここでは、確率論的地震動予測地図で用いられた主要98断層帯と海溝型地震のモデルに基づいて、対象地点周辺での主な想定地震を抽出した。なお、本検討の時点で評価が公表されていなかった一部の活断層の諸元は、平成15年度に実施された西日本地域を対象とした確率論的地震動予測地図の試作版⁶⁾に基づいてモデル化している。

(1) 主要98断層帯の固有地震

推本の主要 98 断層帯のうち、近畿地方の主な活断層を表-1 に示す。このうち、神戸に特に大きな影響を及ぼすと考えられる黄色の網掛けをした 6 断層帯を想定地震として抽出した。これらの活断層による地震については、断層破壊シナリオを想定した詳細法による地震動評価を行った。

表-1 神戸周辺の主要 98 断層帯

活断層名	M	30年確率
琵琶湖西岸断層帯	7.8程度	0.09～9%
花折断層帯中南部	7.3程度	ほぼ0～0.6%
奈良盆地東縁断層帯	7.4程度	ほぼ0～5%
有馬・高槻断層帯	7.5±0.5	ほぼ0～0.02%
生駒断層帯	7.0～7.5	ほぼ0～0.1%
六甲・淡路島断層帯主部六甲山地南縁-淡路島東岸区間	7.9程度	ほぼ0～0.9%
六甲・淡路島断層帯主部淡路島西岸区間	7.1程度	ほぼ0%
先山断層帯	6.6程度	ほぼ0%
上町断層帯	7.5程度	2～3%
中央構造線断層帯金剛山地東縁-和泉山脈南縁	8.0程度	ほぼ0～5%
中央構造線断層帯紀淡海峡-鳴門海峡	7.7程度	0.005～1%
山崎断層帯主部北西部	7.7程度	0.08～1%
山崎断層帯主部南東部	7.3程度	0.03～5%
草谷断層	6.7程度	ほぼ0%
大阪湾断層帯	7.5程度	0.004%以下

* 数値は推本の長期評価に基づく。

(2) 南海トラフ沿いの M8 クラスの海溝型地震

確率論的地震動予測地図では、南海トラフ沿いで発生する M8 クラスの海溝型地震として、南海地震・東南海地震・想定東海地震がモデル化されて

いる．ここでは，このうち近畿地方に影響が大きい南海地震と東南海地震を想定地震として抽出した．表-2 にその地震発生確率を示す．

表-2 南海地震・東南海地震の発生確率

	M	30年確率	50年確率
南海地震	8.4前後	50%程度	80%程度
東南海地震	8.1前後	60%程度	90%程度

*長期評価に基づく 2005 年 1 月よりの発生確率．

3. 工学的基盤位置での地震動の作成

図-2 に示した 3 地点の工学的基盤上において，レベル 2 地震動(平成 7 年兵庫県南部地震)および複数の断層破壊シナリオを想定した強震動評価を実施した．計算方法は，統計的グリーン関数法のうち比較的長周期帯域まで信頼性があると考えられるもの⁷⁾を用いた．

(1) 対象地点

図-2 に示す 3 地点とし，兵庫県南部地震については，神戸市ポートアイランド観測点(北緯 34.670 度，東経 135.208 度)における地中(GL-83m)を検証用サイトとして用いた．各地点で設定した地盤構造(工学的基盤面まで)を表-3 に示す．

(2) レベル 2 地震動

手法の確認対象およびレベル 2 地震動として，平成 7 年兵庫県南部地震を対象とした検討をおこなう．その際の震源モデルとして，短周期を含む広い帯域で観測波形の説明性が検討されているもの⁸⁾を用いた．その際の断層および対象サイトの位置を図-3 に，その非一様破壊モデルを図-4 および表-4 に示す．なお，淡路島側の断層破壊は神戸側の地震動に影響していないことが知られているため，ここでは震央(明石海峡部)よりも神戸側の断層のみを 1 枚の鉛直断層としてモデル化している．

以上の設定による神戸市ポートアイランド観測点(KPI)での観測波形(GL-83m)との比較を図-5 に示す．不整形地盤の影響を考慮しない手法であるが，ポートアイランドにおいて観測波形を概ね表現できている．ただし，波形では EW 成分の後続波群(盆地生成表面波)が，スペクトルでは NS 成分および UD 成分の長周期地震動がやや過小評価となっている．計算された想定各サイトの地震動(工学的基盤)は，震度 5 強から 6 強となっており，地表面で震度 6 以上が期待できるものとなっている．一例として，サイト 2 の結果を図-6 に示す．

(3) 内陸活断層に起因する地震

2004 年 10 月末時点での政府地震調査研究推進本部(推本)の基本設定を参照し，周辺 6 活断層(有馬一高槻構造線，中央構造線，大阪湾断層，六甲断層，上町断層，山崎断層)を対象に，断層面積を固定した上で，地震モーメント(立ち上がり時間に連動)，アスペリティ面積比，アスペリティ位置，破壊開始点位置(最も深いアスペリティ下端に設定)，破壊伝播速度を乱数で生成し，各断層について 20 通りの破壊シナリオを設定した．図-7 に，その一例として大阪湾断層の結果を示す．

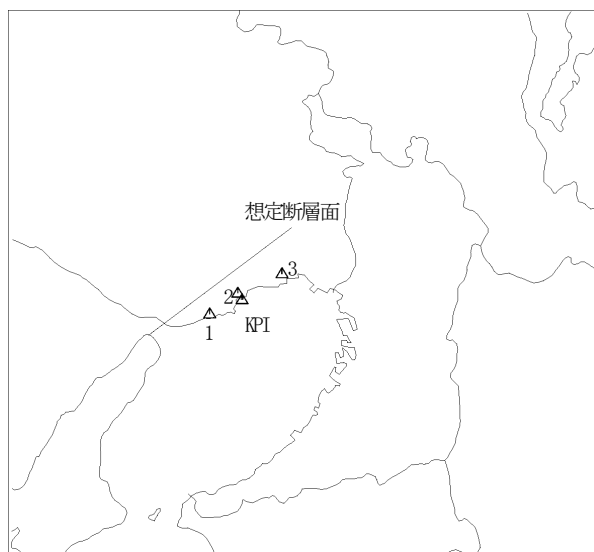


図-3 平成 7 年兵庫県南部地震断層の設定位置

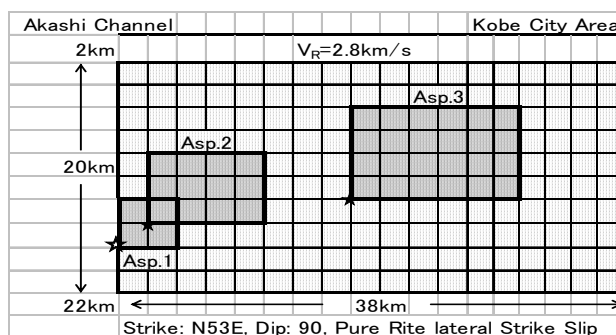


図-4 兵庫県南部地震の断層破壊モデル

表-4 兵庫県南部地震の断層破壊パラメーター

	M ₀ (dyne・cm)	Δσ(MPa)	τ(s)
Asp.1	1.1 × 10 ²⁵	16.3	0.4
Asp.2	2.3 × 10 ²⁵	16.3	0.5
Asp.3	3.7 × 10 ²⁵	8.6	0.6
Back	7.1 × 10 ²⁵	2.5	0.6
Total	1.42 × 10 ²⁶		

表-3 対象サイトにおける地盤モデル

Parameters					Depth(km)			
Vp(km/s)	Vs(km/s)	ρ	Q_0	Q_f	Site 1	Site 2	Site 3	KPI
1.60	0.35	1.70	35	0.5	0.000	0.000	0.000	0.000
1.80	0.55	1.80	55	0.5	0.053	0.092	0.087	0.210
2.50	1.00	2.10	100	0.5	0.503	0.599	0.542	0.722
5.40	3.20	2.70	63.8	1.0	1.261	1.101	1.236	1.689
6.00	3.50	2.80	63.8	1.0	2.000	2.000	2.000	2.000

Depth of Layer Top

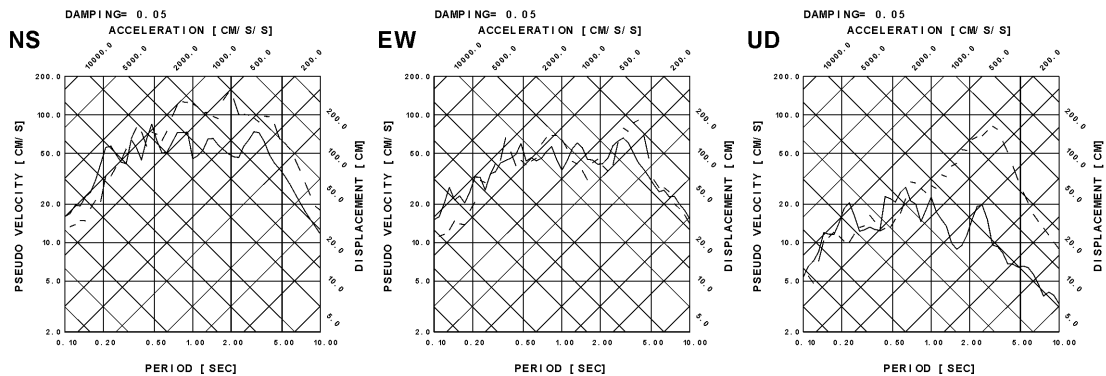
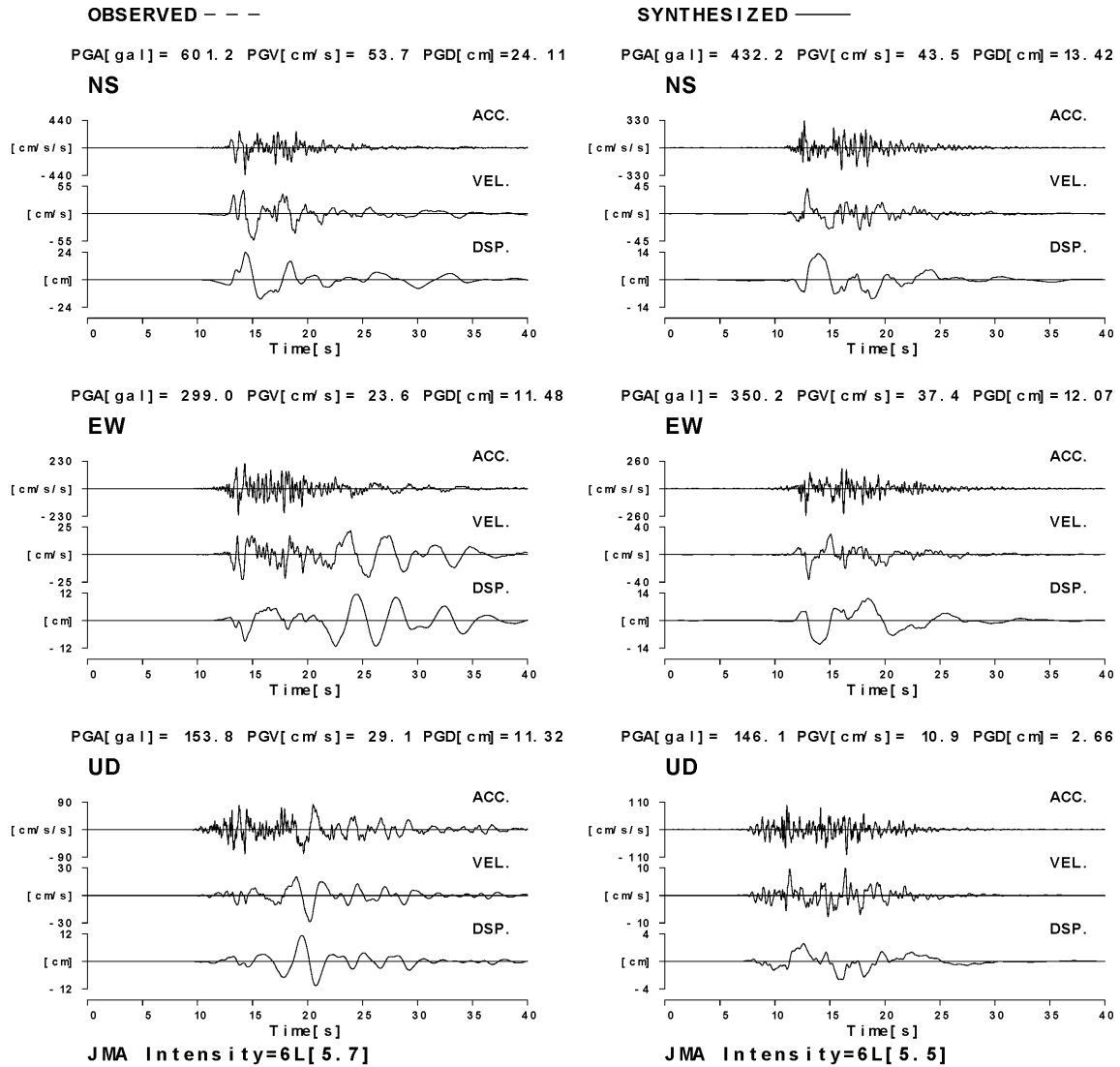


図-5 兵庫県南部地震による KPI サイトのシミュレーション波と観測波の比較（工学的基盤）

このうち、サイト2 において大阪湾断層を対象に実施した 20 通りの計算波形を図-8 に、応答スペクトル(水平2成分)の重ね書きを図-9 に示す。断層破壊シナリオによっては、ディレクティビティ・パル

スによって周期 1 秒付近の応答スペクトルが大きくなっている。また、地盤構造の影響により、周期 5 秒程度の成分が短周期成分に比べて相対的に卓越している。

kobe_2. wve

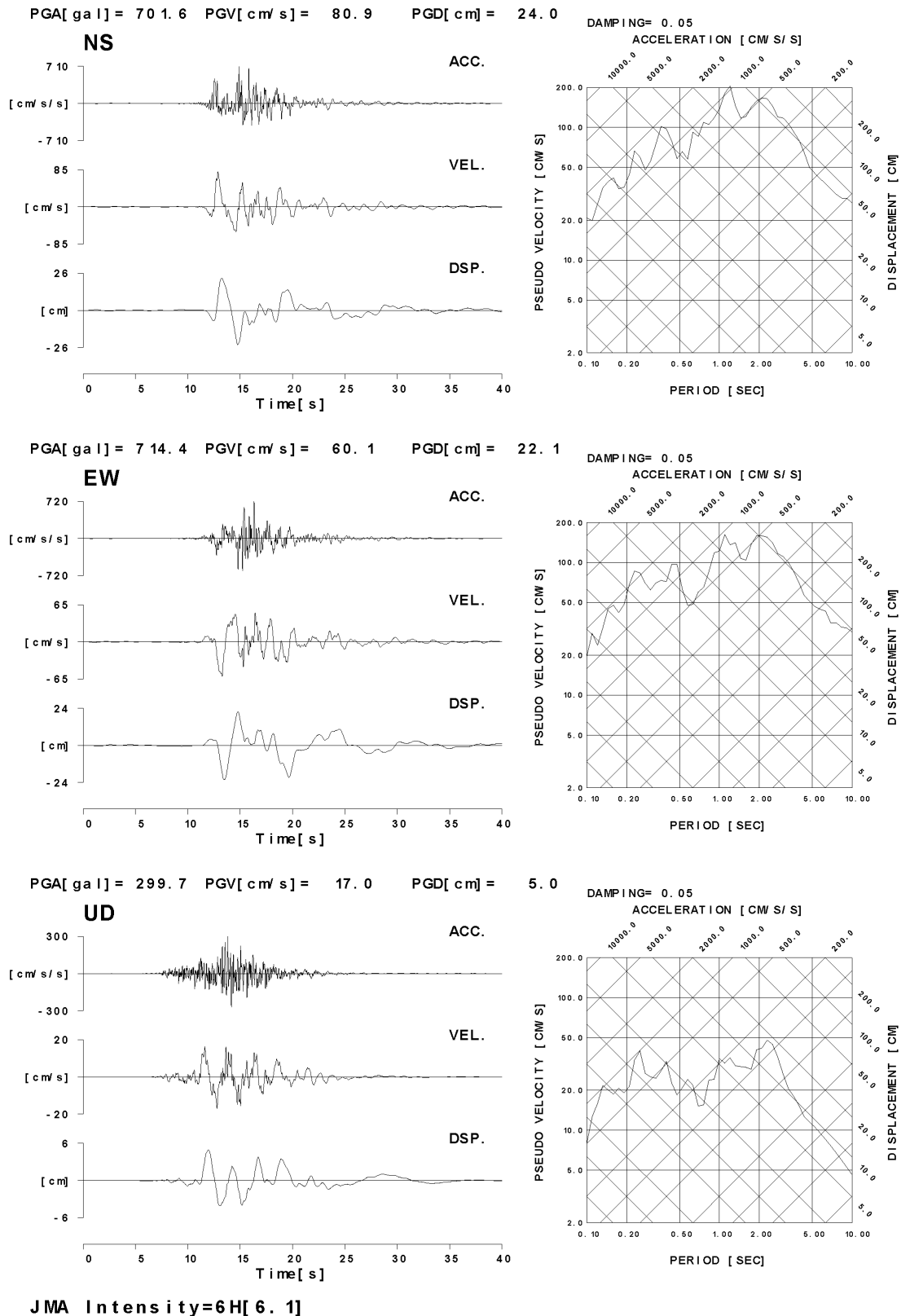


図-6 兵庫県南部地震によるサイト2 のシミュレーション波 (工学的基盤)

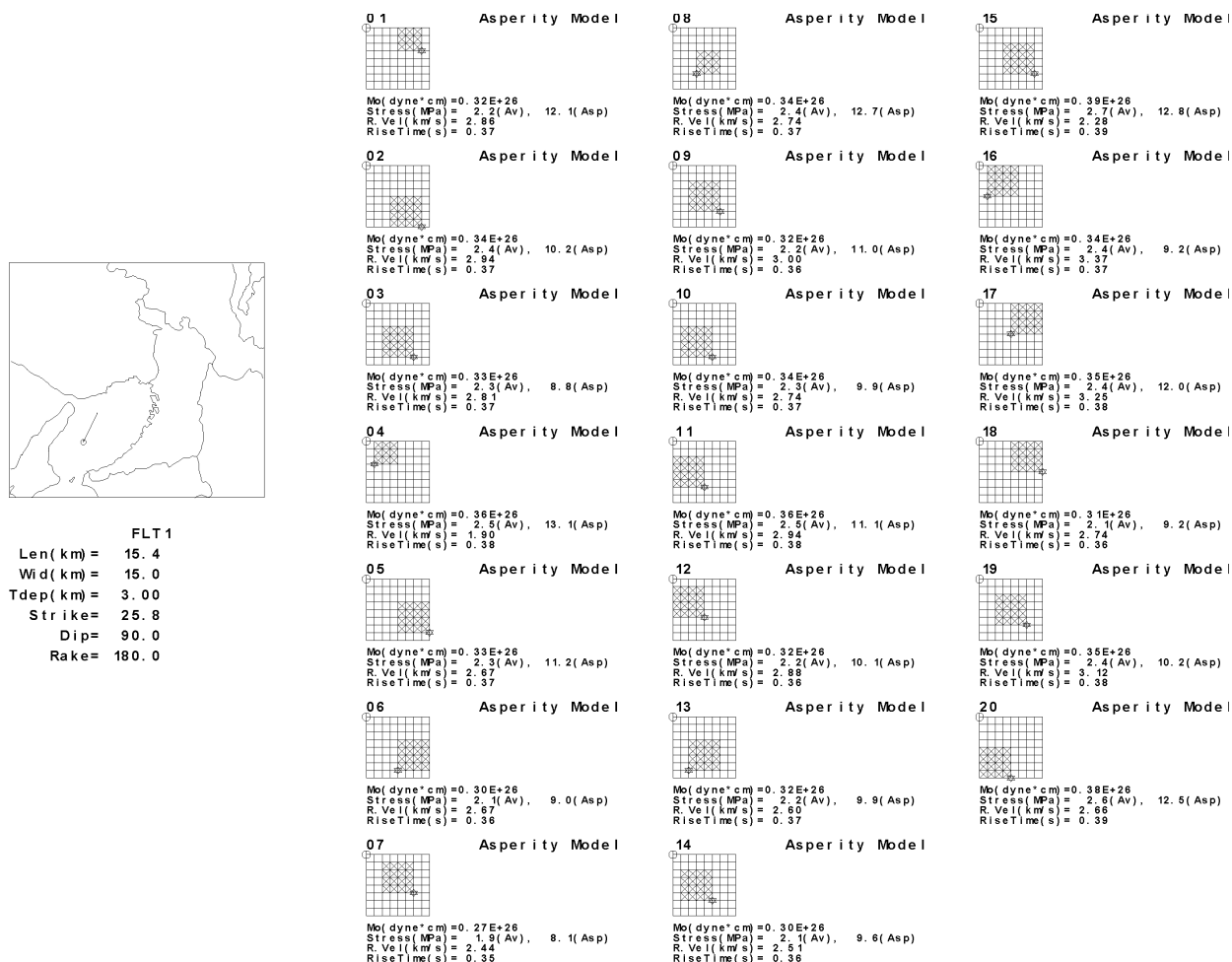


図-7 大阪湾断層（OSW）による20通りの断層破壊シナリオ

(4) 海溝型地震

海溝型地震については、政府中央防災会議(中防)の断層面を参照して、東南海地震および南海地震にそれぞれ2枚の断層面を設定し、中防のモーメント・マグニチュード(東南海 M_w 8.18, 南海 M_w 8.55)を平均値としてそれぞれの断層面に与えた。その上で、立ち上がり時間(地震モーメントに連動)、アスペリティ面積比、アスペリティ位置、破壊伝播速度を乱数で与え、それぞれについて4通りの破壊シナリオを設定した。図-10に東南海地震の結果を例として示す。なお、破壊開始点については、両地震断層の接合部付近に固定した。これら4通りずつの断層破壊設定に加えて、それらが同時に破壊する組み合わせ($4 \times 4 = 16$ 通り)を想定し、計24通りの断層破壊シナリオを設定した。

なお、海溝型地震の計算にあたっては、表-3の地盤モデルの下10km以深に、P波速度8.0km/s、S波速度4.5km/s、密度3.3の1層を追加した。減衰は表-3の最下層と同じとした。

また、遠地地震であるため、統計的グリーン関数を計算する際の距離減衰特性を断層要素からの震源距離の平方根分の1(表面波の減衰)とした。

サイト2における応答スペクトル(水平2成分)の重ね書きを図-11に示す。地震動のレベルは小さいものの、長周期帯成分の割合が多いことが特徴的である。内陸活断層地震の場合と同様に、地盤構造によって周期5秒程度の成分が卓越している。

以上のような手法と手順で神戸地域の3地点において、統計的グリーン関数法を用いて、レベル2地震動およびパラメータを変動させた断層破壊シナリオによる強震動評価を設定した。最終的に想定した断層破壊シナリオは、各サイトにおいて内陸断層で120通り(6断層×20破壊シナリオ)、海溝型地震で24通りの計144通りである。これらの結果は4.において確率論的に解析され、確率論的地震ハザード評価に利用される。

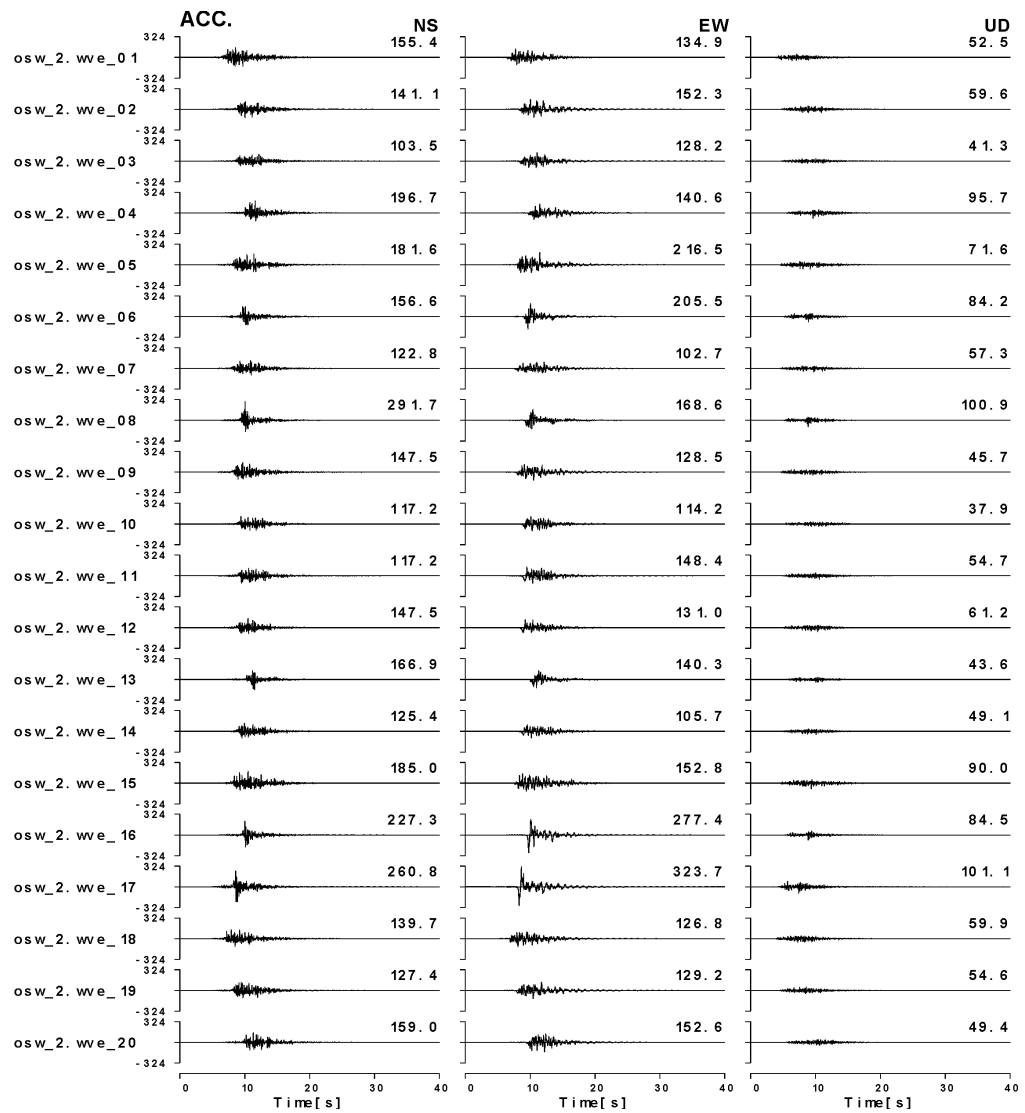


図-8 大阪湾断層によるサイト2における20通りの計算波形

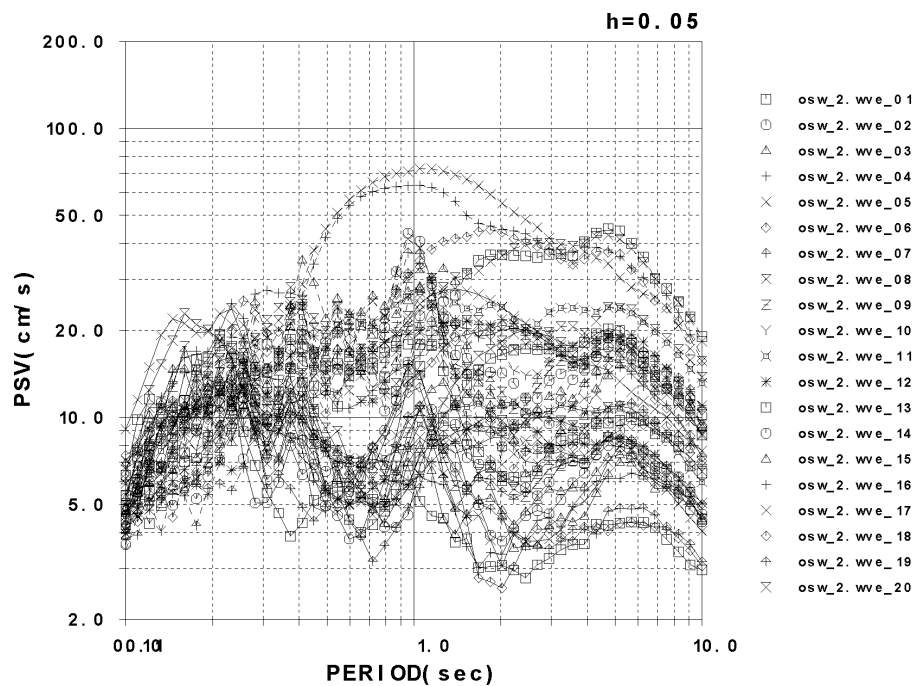


図-9 大阪湾断層によるサイト2における20通りの波形から計算された応答スペクトル

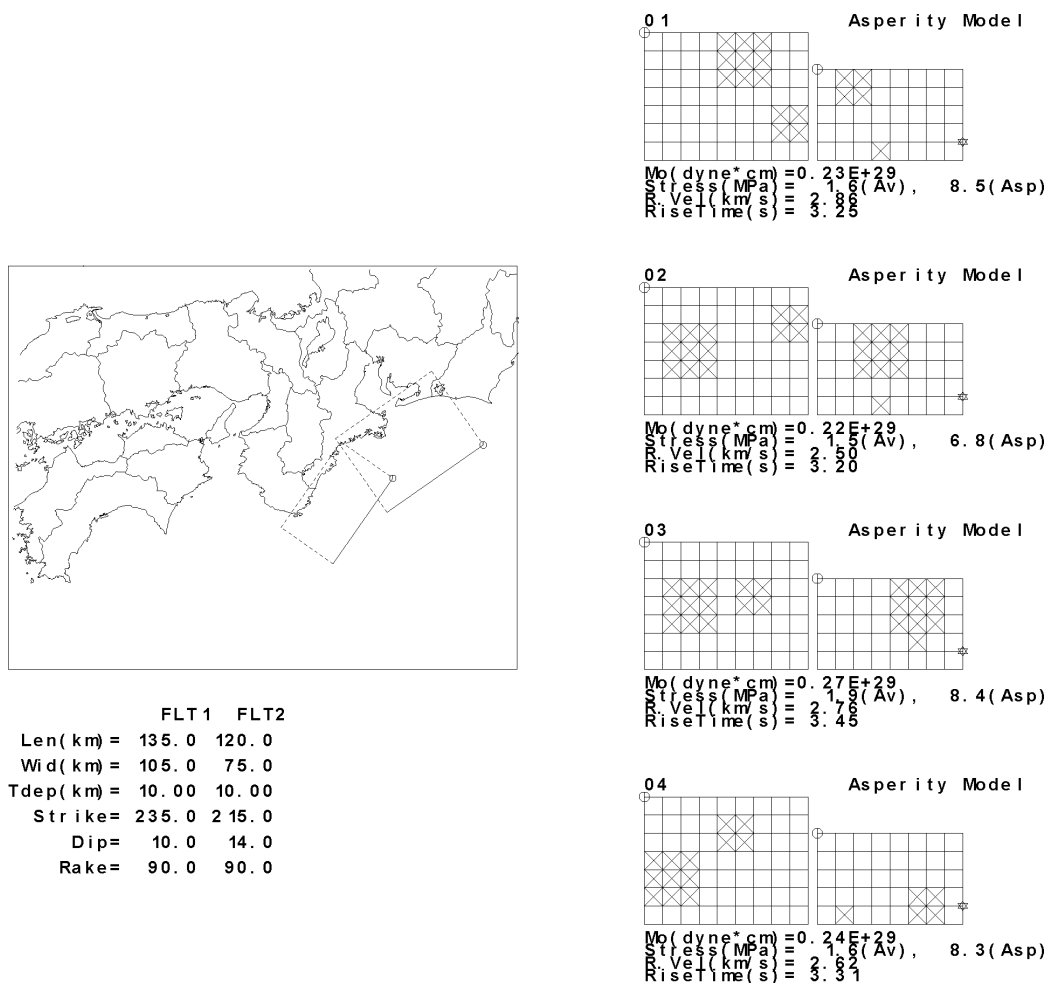


図-10 東南海地震（TNK）による4通りの断層破壊シナリオ

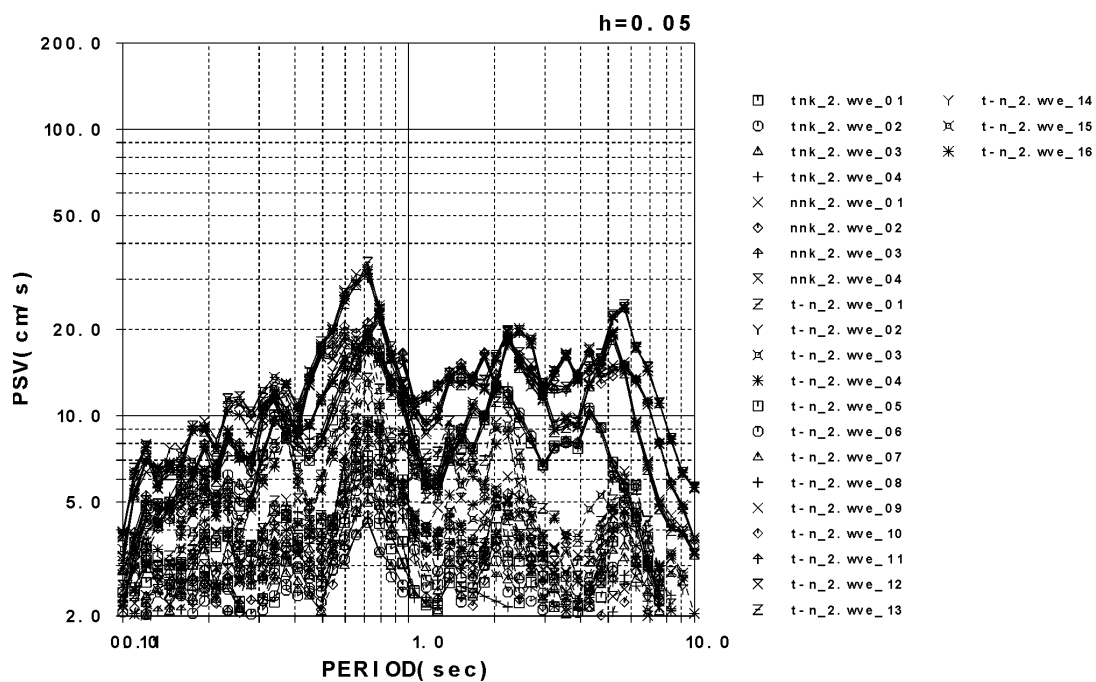


図-11 海溝型地震によるサイト2における24通りの波形から計算された応答スペクトル

4. 生起確率付地震動群の設定

本節では、期待損失(地震被害額期待値)を評価するための地震動群として1.に示した③から⑦の手順に基づき生起確率付地震動群を設定した。

(1) 最大加速度推定式の設定

ハザード解析で用いる最大加速度推定式を設定するために 3. で合成した想定地震による地震動の加速度応答スペクトル(減衰 5%)を距離減衰式⁹⁾による応答スペクトルと比較した。

a) レベル2地震動との比較

レベル2地震動との比較を図-12に示す。滑らかな線が距離減衰式による応答スペクトルで、大きい方が等価震源距離式によるもの、小さい方が最短距離式によるものである。凹凸のあるものが合成した地震動の応答スペクトルで赤がサイト1、緑がサイト2、青がサイト3である。合成した地震動の応答スペクトルが最短距離式と等価震源距離式との中間にほぼ位置していることから、最短距離式と等価震源距離式

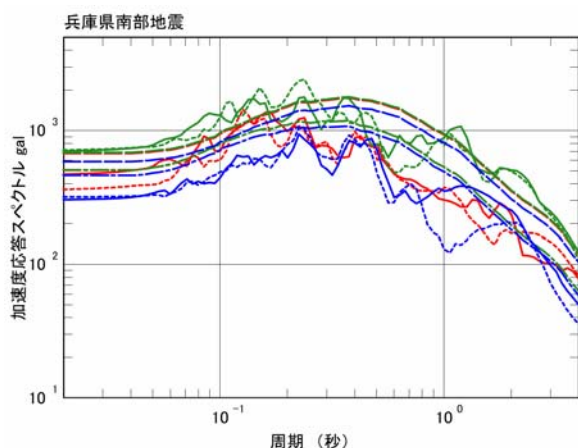


図-12 加速度応答スペクトルの比較
(1995年兵庫県南部地震)

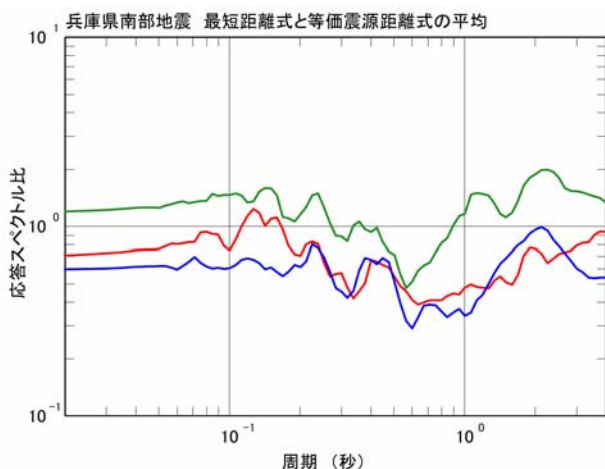


図-13 応答スペクトル比
(兵庫県南部地震：合成波／距離減衰式)

の平均との比を求めた。結果を図-13に示す。全体としてほぼ 1.0 の周辺に分布しており、合成結果と距離減衰式は整合した結果を与えている。以上の結果に基づき、距離減衰式として、最短距離式と等価震源距離式の平均を用いることとした。

b) 内陸活断層地震による地震動との比較

サイト1に対して、内陸活断層に起因する想定地震による全波形の応答スペクトル比の重ねがきを図-14に、想定地震毎の応答スペクトル比の平均の重ねがきを図-15に示す。周期0.3秒程度以下の短周期側ではスペクトル比がほぼ1.0付近に分布しているが、周期1.0秒程度付近では合成波形の応答スペクトルが距離減衰式よりもやや小さくなっている。また、周期1.0秒程度より長周期側を除くと地震による比の違いはあまりない。

3地点の全地震の応答スペクトル比の平均を図-16に示す。地点間の違いはあまりない。

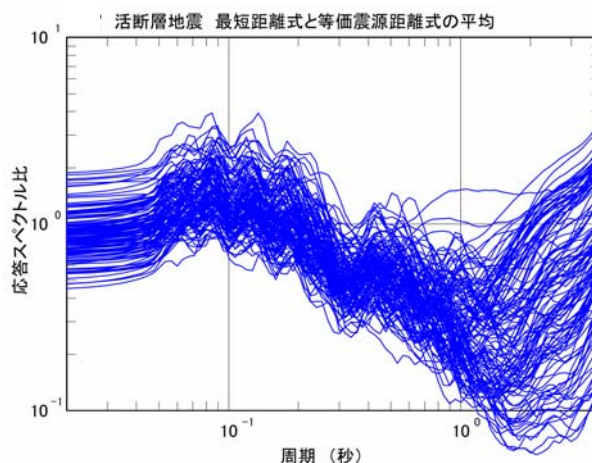


図-14 サイト1の応答スペクトル比
(内陸活断層)

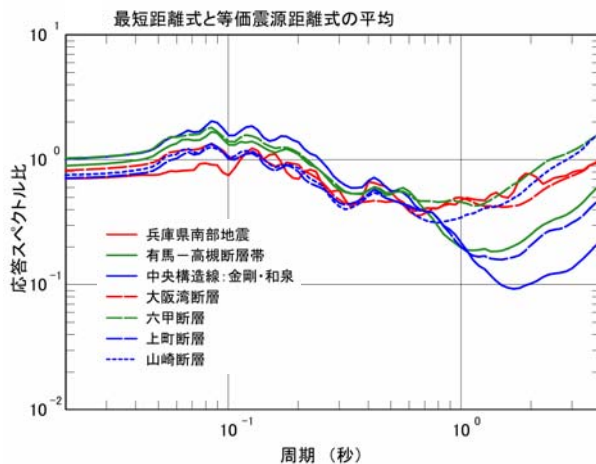


図-15 地震毎のスペクトル比の平均
(サイト1：内陸活断層)

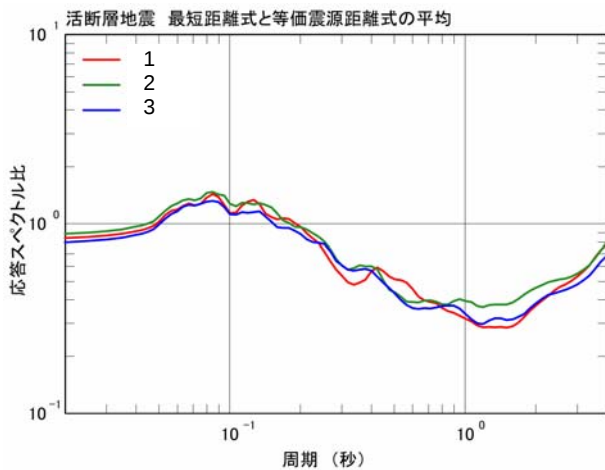


図-16 全地震のスペクトル比の平均
(3 地点：内陸活断層)

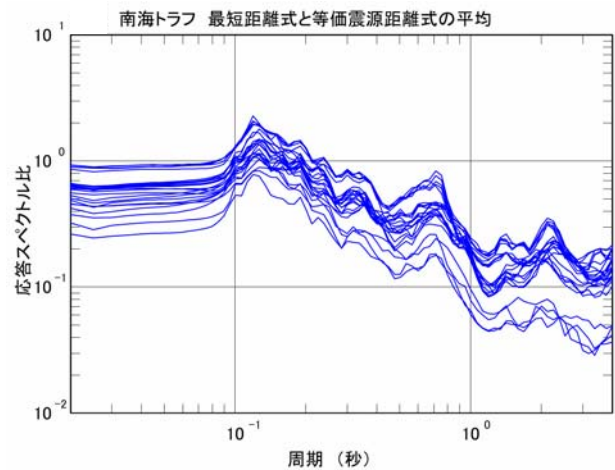


図-17 サイト2の応答スペクトル比
(海溝型地震)

c) 海溝型地震による地震動との比較

サイト2に対して、海溝型の想定地震による全波形の応答スペクトル比の重ねがきを図-17に、想定地震毎の応答スペクトル比の平均の重ねがきを図-18に示す。図-18には比較のために内陸活断層に起因する想定地震の平均を示している。内陸活断層に起因する想定地震の平均に比べ、短周期側でも比がやや小さくなっている。

d) ハザード解析に用いる最大加速度推定式

以上の結果から、ハザード解析に用いる最大加速度推定式は、最短距離式と等価震源距離式の平均に図-16の周期0.02秒における補正倍率（サイト1：0.84倍、サイト2：0.89倍、サイト3：0.80倍）を考慮したものとした。

(2) 地震ハザード解析

対象地点周辺の主要な活断層（3.で地震動を評価した断層）のモデル（形状、マグニチュード範囲、平均活動間隔）は、2.に示した推本のモデル（西日本試作版のモデル）をそのまま用いた。時間の関係で、六甲・淡路島断層帯や大阪湾断層帯に対する長期評価の内容は反映されていない。

上記以外の活動域は、既存のモデル^{10,11)}を基本的に用いたが、対象地点周辺の背景的地震活動域の上限マグニチュードは6.5とした。内陸地殻内地震の活動域区分を図-19に、フィリピン海プレートに沿った地震の活動域区分を図-20に示す。

最大加速度推定式による推定値のばらつきは対数正規分布でモデル化し、ばらつきの大きさは基本とした距離減衰式⁹⁾の値（常用対数で対数標準偏差0.274）を用いた。

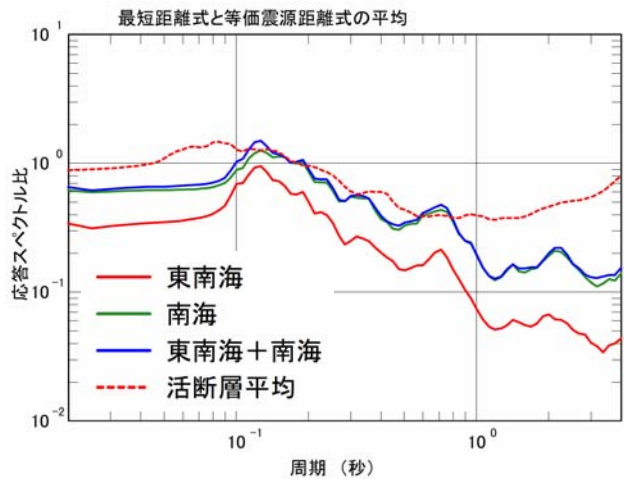


図-18 地震毎のスペクトル比の平均
(サイト2：海溝型)

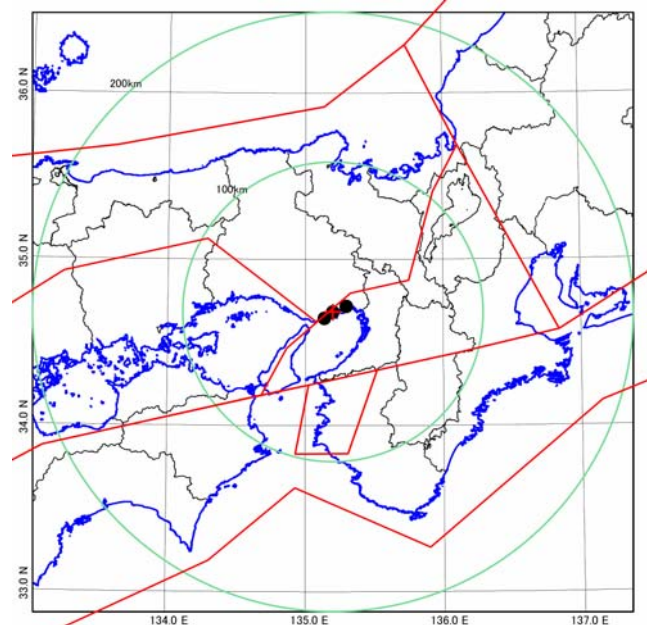


図-19 内陸地殻内地震の活動域区分

対象3地点の最大加速度に関するハザード曲線を図-21に示す。なお、今回の検討では地震動指標として最大加速度を用いたが、今後の課題として、構造物の損傷により密接な指標を用いることが考えられる。

(3) 対象地点工学的基盤での生起確率付地震動群

地震ハザード曲線の最大加速度を対数軸上で0.1の幅で区分し、区間毎に年発生頻度、活動域別の貢献度を求めた。

サイト3に対して、最大加速度が316gal～398gal及び794gal～1000galの範囲の活動域別貢献度の例を

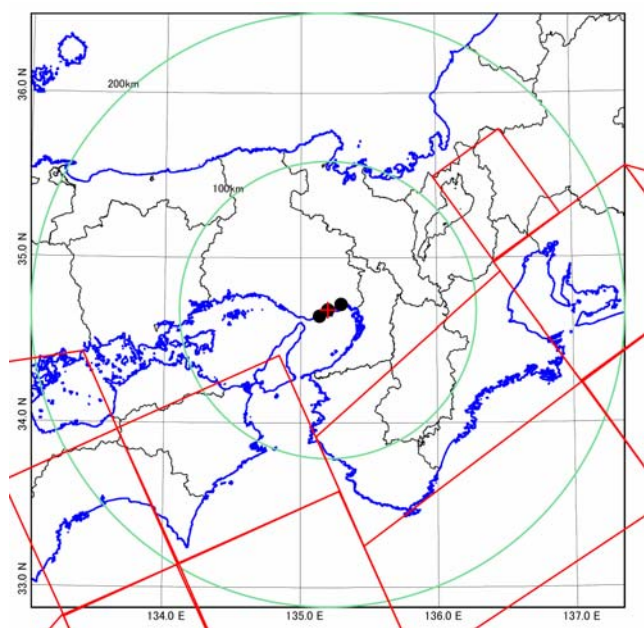


図-20 フィリピン海プレート沿いの地震の活動域区分

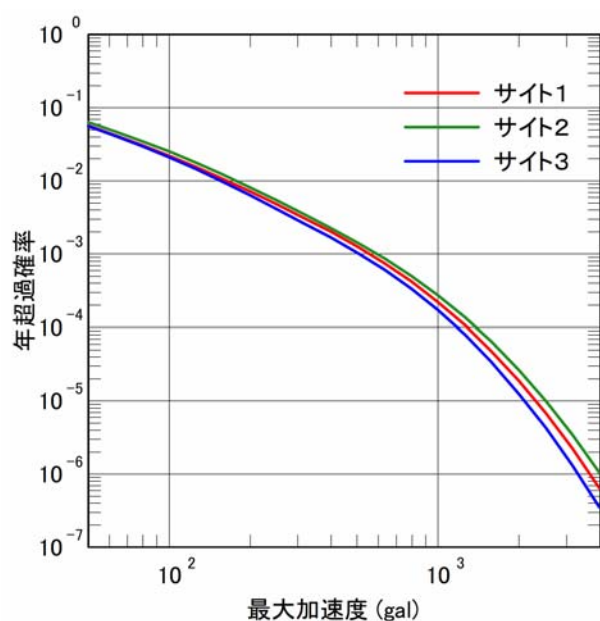


図-21 対象地点のハザード曲線

図-22に、活動域の分類を表-5に示す。316gal～398galの範囲では内陸地殻内（背景的活動）の貢献度が最も大きい、794gal～1000galの範囲では六甲・淡路島断層帯の貢献度が最大になっている。

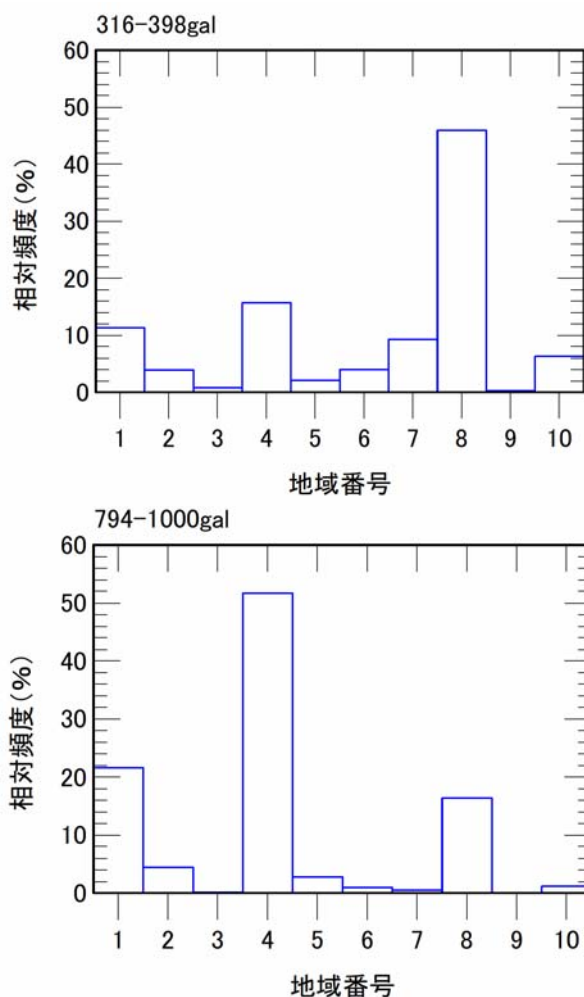


図-22 区間別活動域別貢献度の例 (サイト3)

表-5 地域番号と活動域の対応

地域番号	活動域
1	有馬一高槻断層帯
2	中央構造線断層帯
3	大阪湾断層帯
4	六甲・淡路島断層帯
5	上町断層帯
6	山崎断層帯
7	南海トラフ
8	内陸地殻内
9	フィリピン海プレート
10	その他断層帯

図-22に示したような貢献度に基づき、地震動の数を各活動域に割り振った。区間毎に20波を設定するとして割り振った結果を表-6(サイト1)、表-7(サイト2)、表-8(サイト3)に示す。波形の配分は選挙などで用いられている比例ドント方式を用い、貢献度を得票数、20波を当選者数とみなして行った。

波形は、3. で合成した地震波の中から選定した。選定は、最大加速度の各区間で、その区間の中央値に最大加速度が近い波形から順番に割り振られた数だけ選定する方法により行った。内陸地殻内地震、フィリピン海プレート沿いの地震、主要想定地震以外の断層帯による地震については、対応する地震動を特に設定していないため、波形が選定されない大阪湾断層による地震の合成波形を内陸地殻内地震用として、上町断層による地震の合成波形をフィリピン海プレート沿いの地震及び主要想定地震以外の断層帯による地震用として使用した。ただし、これは作業の簡便化のためであり、本来はそれぞれに対応する地震動を設定して使用するのが望ましいと考えられる。

設定した生起確率付地震動群は、各サイトで20区間×20波/区間=400波であり、それぞれの波形に対して表-6～表-8の区間年発生頻度の1/20の頻度が

割り当てられる。中央値が355galの場合のサイト1における生起確率付地震動群を図-23に示す。

5. まとめと今後の課題

本報告では、構造物の期待損失(地震被害額期待値)評価のための、レベル2地震動や生起確率付地震動群の設定手法について提案するとともに、神戸地域を例にとりその具体的な設定例を示した。この方法により地震動の時空間における確率分布を考慮した精度の高い期待損失評価に用いる合理的な生起確率付地震動群を提供することが可能となった。

今回の検討では、時間依存性を考慮した地震ハザードの評価は行わず、地震発生をポアソン過程として評価している。また、ロジックツリーによるハザードの不確定性の評価も行っていない。

これらの考慮は今後の課題としたい。

また、政府の地震調査研究推進本部・地震調査委員会等を中心とした今後の調査研究により、内陸活断層や地震活動域の情報は、更新されていくので、これら最新の知見に基づいた検討を持続的に行うことが重要となる。

表-6 各区間 20 波の配分 (サイト 1)

PGA gal	区間 年発生頻度	有馬 高槻	中央 構造	大阪 湾	六甲	上町	山崎	南海 トラフ	地殻 内	PHS	その 他
56	0.154E-01	0	0	0	0	0	0	2	13	4	1
71	0.117E-01	0	0	0	0	0	0	4	12	3	1
89	0.900E-02	0	0	0	0	0	0	5	12	2	1
112	0.678E-02	0	0	0	0	0	0	6	12	1	1
141	0.487E-02	0	0	0	0	0	0	6	12	1	1
178	0.359E-02	0	0	0	0	0	1	6	12	0	1
224	0.239E-02	0	0	0	1	0	1	5	12	0	1
281	0.166E-02	1	0	0	2	0	1	4	11	0	1
355	0.113E-02	2	1	0	4	0	1	2	9	0	1
447	0.762E-03	2	1	0	7	0	1	1	8	0	0
562	0.512E-03	2	1	0	10	0	1	0	6	0	0
708	0.330E-03	2	1	0	12	0	0	0	5	0	0
891	0.202E-03	2	1	0	14	0	0	0	3	0	0
1122	0.115E-03	1	1	0	16	0	0	0	2	0	0
1411	0.588E-04	1	1	0	17	0	0	0	1	0	0
1778	0.290E-04	1	0	0	18	0	0	0	1	0	0
2241	0.119E-04	0	0	0	19	0	0	0	1	0	0
2816	0.466E-05	0	0	0	20	0	0	0	0	0	0
3546	0.160E-05	0	0	0	20	0	0	0	0	0	0
(4466)	0.651E-06	0	0	0	20	0	0	0	0	0	0

表-7 各区間 20 波の配分 (サイト 2)

PGA gal	区間 年発生頻度	有馬 高槻	中央 構造	大阪 湾	六甲	上町	山崎	南海 トラフ	地殻 内	PHS	その 他
56	0.168E-01	0	0	0	0	0	0	2	14	4	0
71	0.129E-01	0	0	0	0	0	0	3	13	3	1
89	0.100E-01	0	0	0	0	0	0	4	13	2	1
112	0.767E-02	0	0	0	0	0	0	5	13	1	1
141	0.558E-02	0	0	0	0	0	0	6	13	0	1
178	0.415E-02	0	0	0	0	0	0	6	13	0	1
224	0.276E-02	0	0	0	1	0	1	4	13	0	1
281	0.189E-02	1	0	0	1	0	1	3	13	0	1
355	0.126E-02	2	0	0	3	0	1	2	11	0	1
447	0.841E-03	2	1	0	5	0	1	1	10	0	0
562	0.563E-03	3	1	0	7	0	1	0	8	0	0
708	0.368E-03	3	1	0	10	0	0	0	6	0	0
891	0.233E-03	3	1	0	12	0	0	0	4	0	0
1122	0.137E-03	2	1	0	14	0	0	0	3	0	0
1411	0.735E-04	2	0	0	16	0	0	0	2	0	0
1778	0.379E-04	2	0	0	17	0	0	0	1	0	0
2241	0.163E-04	1	0	0	18	0	0	0	1	0	0
2816	0.670E-05	1	0	0	19	0	0	0	0	0	0
3546	0.241E-05	1	0	0	19	0	0	0	0	0	0
(4466)	0.105E-05	0	0	0	20	0	0	0	0	0	0

表-8 各区間 20 波の配分 (サイト 3)

PGA gal	区間 年発生頻度	有馬 高槻	中央 構造	大阪 湾	六甲	上町	山崎	南海 トラフ	地殻 内	PHS	その 他
56	0.153E-01	0	0	0	0	0	0	2	14	3	1
71	0.118E-01	0	0	0	0	0	0	4	13	2	1
89	0.910E-02	0	0	0	0	0	0	5	13	1	1
112	0.682E-02	0	0	0	0	0	0	5	13	1	1
141	0.481E-02	0	0	0	0	0	0	6	13	0	1
178	0.345E-02	0	0	0	0	0	0	5	13	0	2
224	0.220E-02	0	0	0	1	0	1	4	13	0	1
281	0.147E-02	1	0	0	2	0	1	3	12	0	1
355	0.970E-03	2	0	0	3	0	1	2	11	0	1
447	0.646E-03	3	1	0	5	0	0	1	9	0	1
562	0.431E-03	4	1	0	8	0	0	0	7	0	0
708	0.275E-03	4	1	0	10	0	0	0	5	0	0
891	0.167E-03	5	1	0	11	0	0	0	3	0	0
1122	0.922E-04	5	0	0	13	0	0	0	2	0	0
1411	0.455E-04	4	0	0	14	0	0	0	2	0	0
1778	0.214E-04	4	0	0	15	0	0	0	1	0	0
2241	0.825E-05	3	0	0	16	0	0	0	1	0	0
2816	0.302E-05	3	0	0	17	0	0	0	0	0	0
3546	0.961E-06	2	0	0	18	0	0	0	0	0	0
(4466)	0.353E-06	2	0	0	18	0	0	0	0	0	0

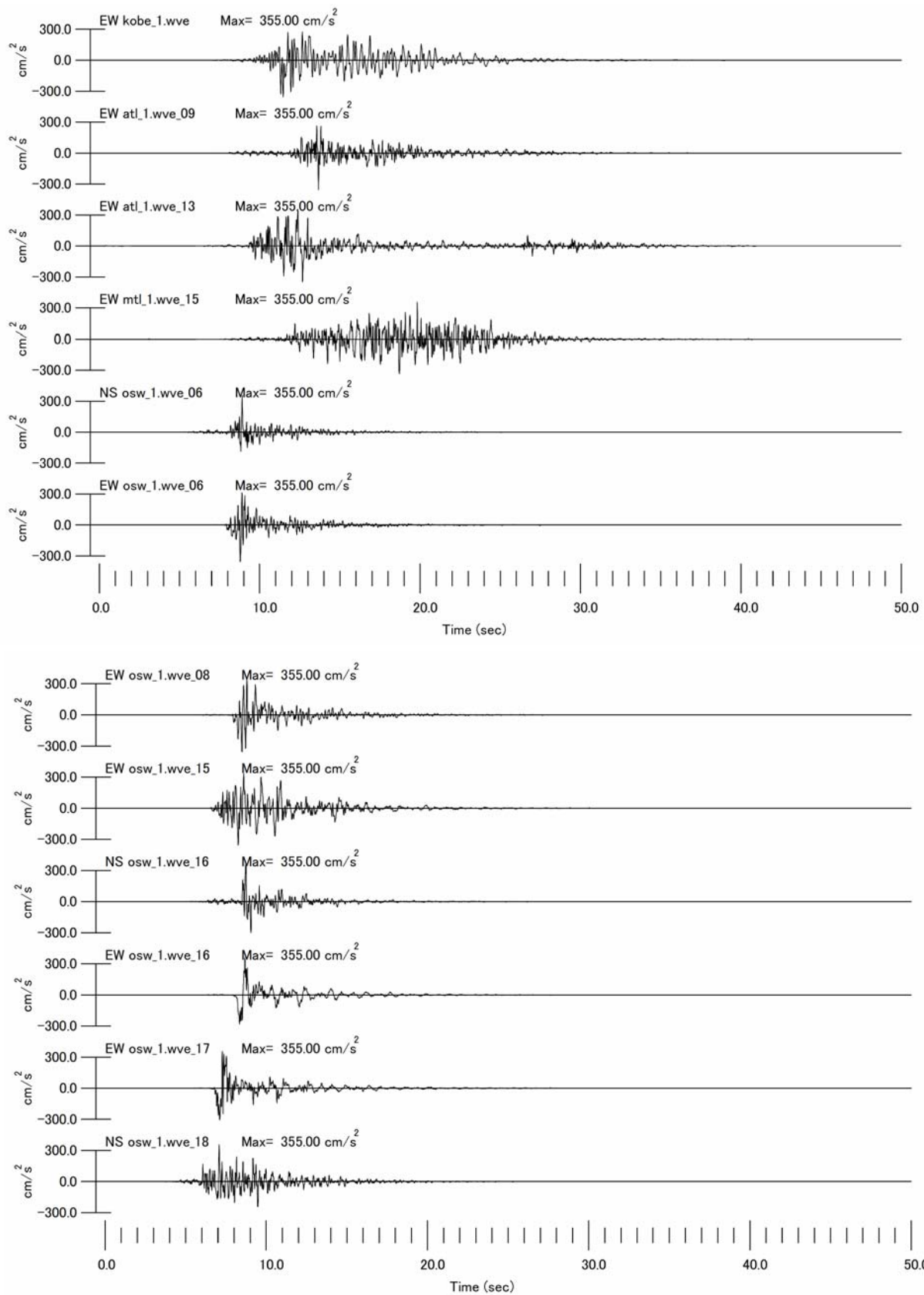


図-23 生起確率付地震動群の例（サイト1）

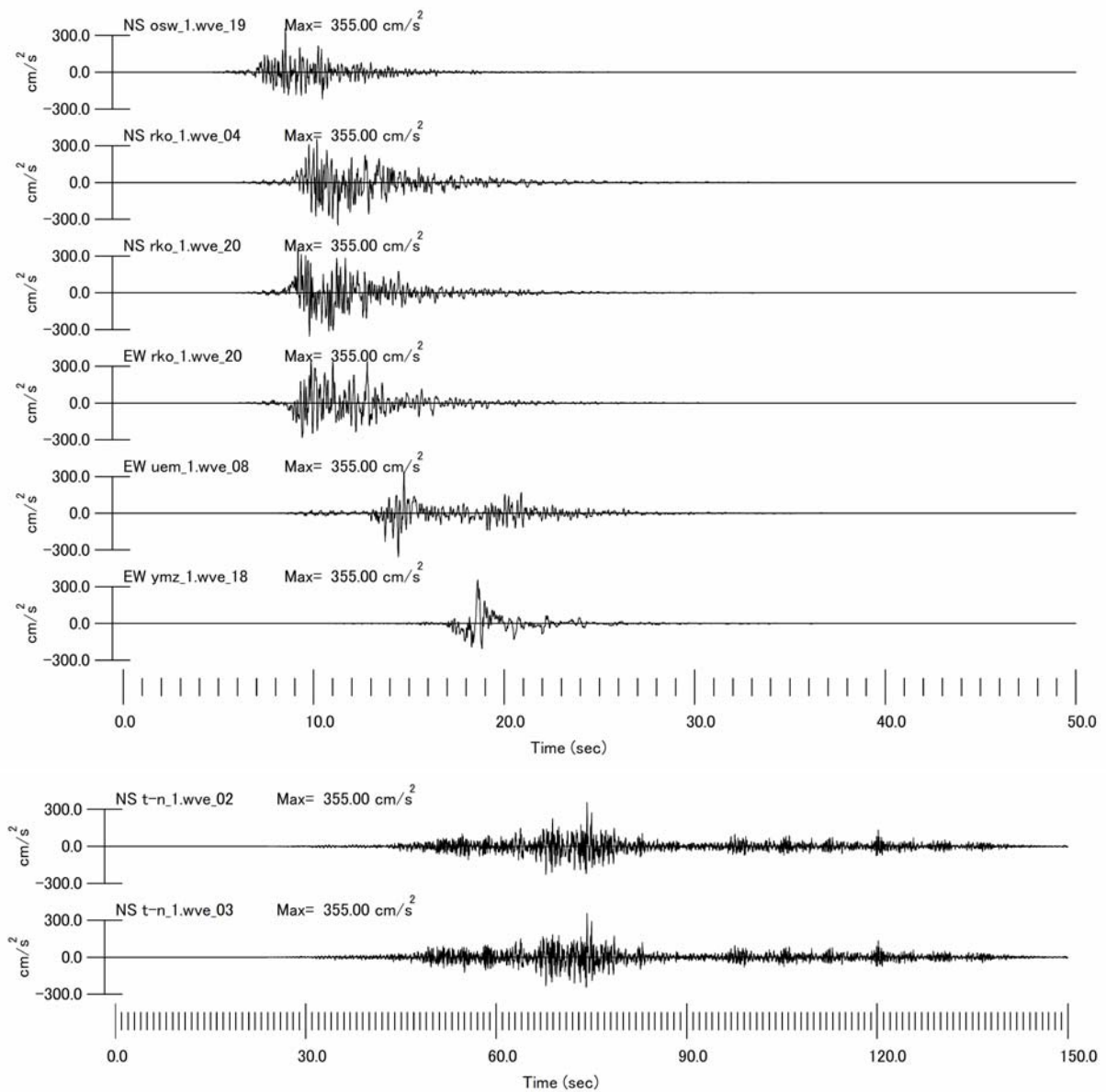


図-23 生起確率付地震動群の例（サイト1）（続き）

参考文献

- 1) 土木学会地震工学委員会耐震設計基準小委員会：土木構造物の耐震性能設計における新しいレベル1の考え方（案），PP. 13-19, 2003. (<http://www.jsce.or.jp/committee/eec2/taishin/Level1.html>)
- 2) 阪神高速道路公団・土木学会：地震リスク評価に基づく道路橋の耐震設計に関する研究業務報告書，PP. 1-4, 2005.
- 3) 土木学会：土木構造物の耐震設計法に関する特別委員会：土木構造物の耐震設計法等に関する第3次提言と解説，2000.
- 4) 活断層研究会：[新編]日本の活断層—分布図と資料 東京大学出版会，1991.
- 5) 地震調査研究推進本部地震調査委員会：「全国を概観した地震動予測地図」報告書，平成17年3月23日，2005. (<http://www.jishin.go.jp/main/>)
- 6) 地震調査委員会長期評価部会・強震動評価部会：確率的地震動予測地図の試作版（地域限定—西日本），平成16年3月25日，2004.
- 7) 香川敬生：ハイブリッド合成法に用いる統計的グリーン関数法の長周期帯域への拡張，日本地震工学会論集，第4巻，第2号，2004.
- 8) 山田雅行・平井俊之・岩下友也・釜江克宏・入倉孝次郎：兵庫県南部地震の震源モデルの再検討，日本地震学会講演予稿集，1999年度秋季大会，A14，1999.
- 9) 安中正・山崎文雄・片平冬樹：気象庁87型強震計記録を用いた最大地動及び応答スペクトル推定式の提案，第24回地震工学研究発表会論文集，PP. 61-164，1997.
- 10) 安中正・矢代晴実：大地震の発生サイクルを考慮した日本列島の地震危険度解析モデル，第10回日本地震工学シンポジウム，PP. 489-494，1998.
- 11) 安中正・大金義明：地震観測記録に基づく地点特性を考慮した日本列島の地表面地震ハザードマップ，土木学会地震工学論文集（第27回地震工学研究発表会），p-042，1-8，2003. (CD-ROM)

(2005. 6. 15 受付)