

平成 2 1 年度  
兵庫県地震災害対策計画専門委員会

第 1 回委員会資料

- 地震動および液状化危険度の想定に関する見直し検討概要 -

平成 2 1 年 1 0 月

兵 庫 県



# 目 次

1 検討目的.....	1
2 調査対象範囲 .....	2
3 検討項目と検討フロー.....	4
4 検討内容.....	5



## 1 検討目的

兵庫県は、平成 11 年 3 月に「兵庫県地震被害想定調査」(以下「H11 県調査」という)を実施し、兵庫県で大きな被害をもたらす 5 つの地震(有馬高槻構造線～六甲断層帯地震、山崎断層帯地震、中央構造線地震、日本海沿岸地震、南海道地震)について、阪神・淡路大震災の被害状況に基づいて被害規模の想定を行い、兵庫県地域防災計画に反映させた。

一方、最近の国の中央防災会議でとりまとめられた、最新の知見による被害想定では、上記の本県地震被害想定の空白地帯である丹波、但馬南部に位置する断層が検討対象となっているほか、山崎断層帯主部全体(南東部を含む)地震による被害や上町断層帯(大阪府)地震による県内被害が想定されるなど、国と本県の被害想定が大きく異なるところがある。また、市町の地震被害想定は県の想定に準じており、県の被害想定が市町の地震防災対策の基礎情報になっていることや、住民の地震防災意識にも大きな影響を与える。

本検討は、阪神・淡路大震災以降、新たな地震調査研究や災害対応に関する知見が蓄積されてきたことを踏まえ、次年度に実施予定の地震被害想定の見直しの前提となる、各想定地震における県内地震動等を調査し、明らかにするものである。

## 2 調査対象範囲

本検討における調査対象範囲は、兵庫県内に大きな被害をもたらすことが想定される以下の中央防災会議における検討対象の断層地震（M7.0 以上）を基本としたうえで、兵庫県地震災害対策計画専門委員会（以下「地震専門委員会」という）の意見を反映させる。

表 2.1 兵庫県に大きな被害を与えると想定される地震一覧（M7.0 以上）

想定震源	マグニチュード	断層長さ	震源断層の区分 <sup>(1)</sup>	備考
有馬-高槻断層帯 <sup>(2)</sup>	7.5 程度	55km	内陸活断層(主要)	H11 年県調査実施 (53km)
六甲・淡路島断層帯 (六甲山南縁-淡路島東縁区間, 淡路島西岸区間)	7.9 程度( ) 7.1 程度( )	73km( ) 25km( )	内陸活断層(主要)	H11 年県調査実施 (北 25km のみ)
山崎断層帯 (北西部, 南東部)	7.7 程度( ) 7.3 程度( )	50km( ) 31km( )	内陸活断層(主要)	H11 年県調査実施 (北西部のみ)
中央構造線断層帯 (紀淡-鳴門海峡区間)	7.7 程度	39km	内陸活断層(主要)	H11 年県調査実施 (79km)
日本海沿岸断層	7.3	10km	H11 年県調査想定断層	H11 年県調査実施 (10km)
南海トラフ	8.4 前後	約 300km	海溝型	H11 年県調査実施 (150 km)
大阪湾断層帯	7.5 程度	39km	内陸活断層(主要)	
御所谷断層帯	7.3 程度	29km	内陸活断層(主要以外)	
養父断層帯	7.0 程度	21km	内陸活断層(主要以外)	
上町断層帯	7.5 程度	43km	内陸活断層(主要)	兵庫県近傍断層
上林川断層	7.2 程度	27km	内陸活断層(主要)	兵庫県近傍断層
三峠断層	7.2 程度	26km	内陸活断層(主要)	兵庫県近傍断層
京都西山断層帯 (北西半部, 南東半部)	7.5 程度	31km( ) 17km( )	内陸活断層(主要)	兵庫県近傍断層
山田断層帯主部	7.4 程度	33km	内陸活断層(主要)	兵庫県近傍断層
郷村断層帯	7.4 程度	34km	内陸活断層(主要)	兵庫県近傍断層

1: 「主要」と「主要以外」の区別は、「全国を概観した地震動予測地図」報告書、平成 17 年、地震調査研究推進本部地震調査委員会）資料による

2: 有馬-高槻断層帯及び六甲断層帯については、1995 年兵庫県南部地震のサイクルとは別に有馬高槻構造線と連動して動く可能性が指摘されていることから、両者が同時に動くことと仮定することも考えられる。（地震被害想定調査報告書、H11 年 3 月）

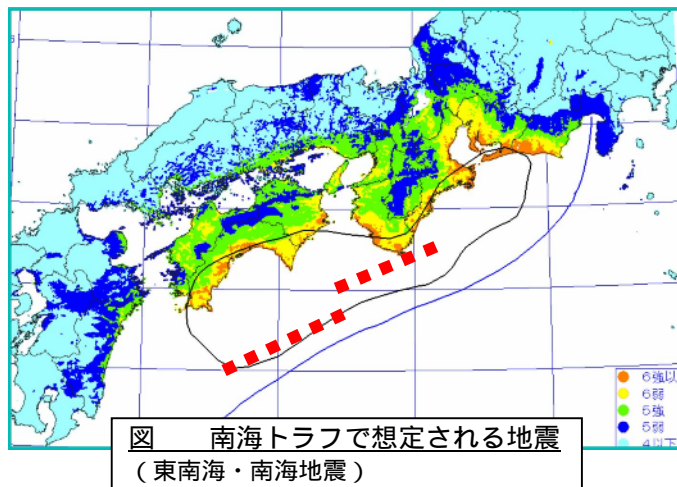
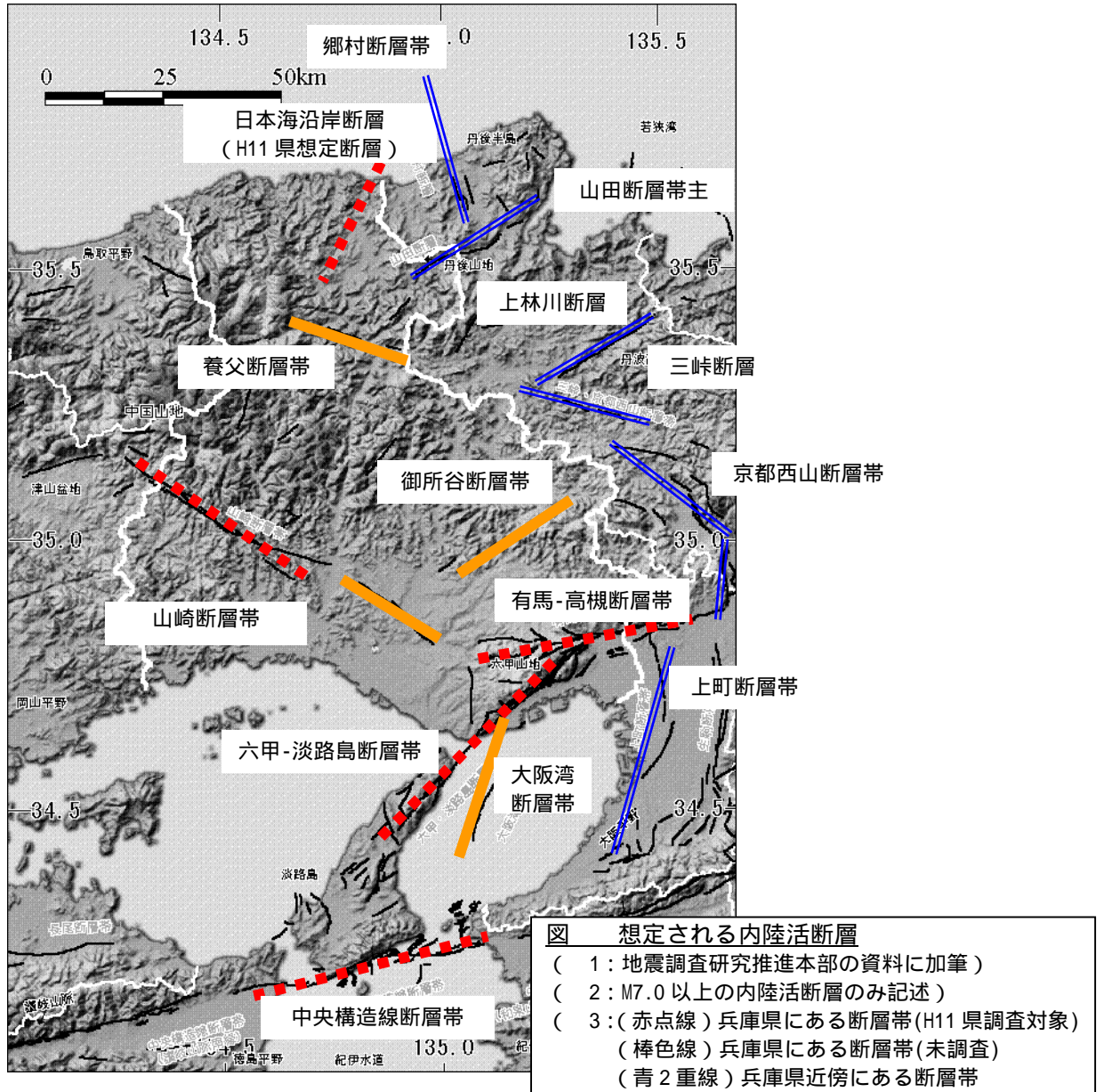


図 2.1 兵庫県に大きな被害を与えると想定される地震（震源断層，M7.0 以上）位置図

### 3 検討項目と検討フロー

本検討における検討項目は以下の通り。

- ( 1 ) 資料収集整理
- ( 2 ) 想定地震の設定
- ( 3 ) 地盤モデルの作成
- ( 4 ) 地震動の予測
- ( 5 ) 液状化危険度の予測
- ( 6 ) 市町配布資料の作成
- ( 7 ) 被害想定手法の検討

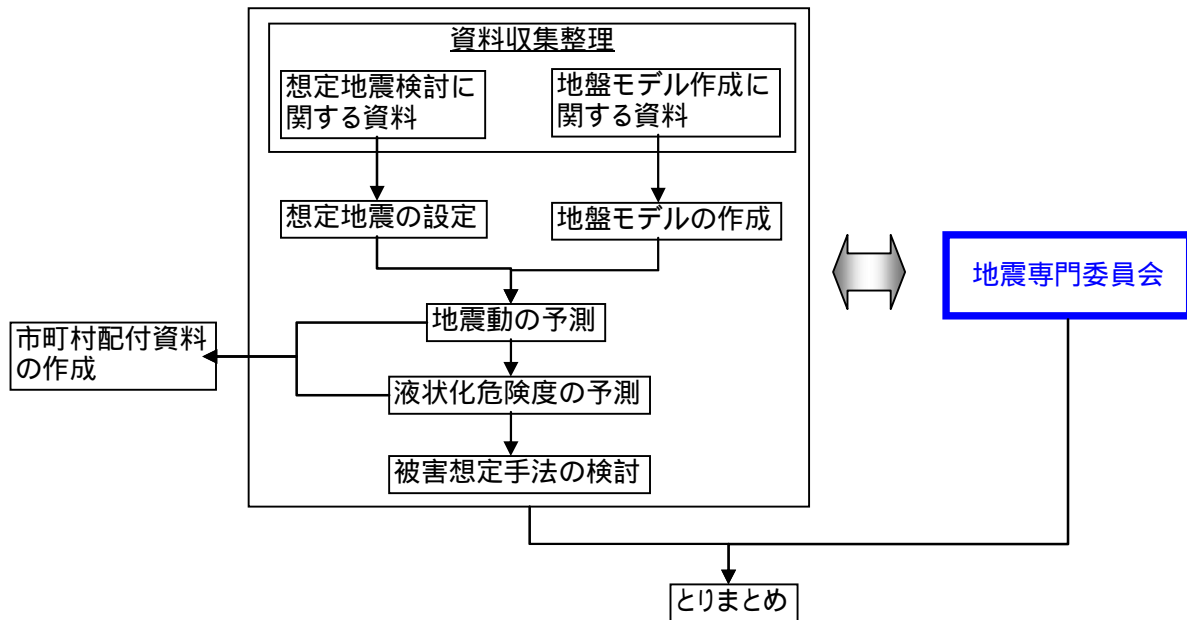


図 3.1 検討フロー



## 4 検討内容

### (1) 資料収集整理

地震被害想定のベースとなる地図、地形・地質資料やボーリング資料、活断層や地震動予測に関する国の調査結果など、地震被害想定に必要な資料を収集・整理する。

### (2) 想定地震の設定

H11 県調査の 5 ケースに加え、中央防災会議「中京圏・近畿圏直下地震対策」の検討結果や、地震調査研究推進本部「全国を概観した地震動予測地図」「主要活断層の長期評価」等の調査研究成果をもとに、県内に影響を及ぼす想定地震を選定する。

選定した想定地震の震源(活断層)については、断層の位置、大きさ、地震の規模など、地震動を予測するために必要となるパラメータを整理する。

### (3) 地盤モデルの作成

地震動・液状化予測用の地盤区分を基本的に 250m メッシュ単位で行い、地形・地質資料やボーリング資料をもとに「浅い地盤の柔らかさに応じて地震動がどの程度増幅するかを推定する経験的手法」を適用して、浅い地盤の増幅度を 250m メッシュ単位で求める。

### (4) 計測震度の予測

「震源からの距離に応じて地震の揺れの強さを推定する経験的手法」により工学的基盤の地震動を予測した後、地盤モデルから予測される増幅度を乗じ、250m メッシュ単位で計測震度を予測する。なお、国等からより詳細なデータの入手が可能な場合は、県と協議の上、より詳細な予測手法を採用することとする。

### (5) 液状化危険度の予測

対象となる地盤モデルを定め、液状化解析を行い、地震動強さと液状化危険度を判断する指数(液状化指数)との関係を明らかにする。

想定地震の揺れに対する液状化危険度は、液状化の対象となる地盤モデルごとに与えた地震動強さと液状化指数との関係から、250m メッシュ単位で求める。

### (6) 市町配布資料の作成

地震動・液状化危険度の予測結果に関する GIS データ及び解説書を、市町配布用として作成する。

GIS データは、汎用的なファイル形式で作成することとし、マスターデータとして、県が提供する「消防防災 GIS」において活用できるようにする。

### (7) 被害想定手法の検討

地震専門委員会で求められる建物被害を予測する手法、地震火災・人的被害等の被害想定項目、季節・時間帯などの想定条件等を検討する。

なお、具体的な被害想定計算は次年度以降に実施予定。

平成21年度  
兵庫県地震災害対策計画専門委員会

第1回委員会資料

- 地盤モデル、地震動予測、液状化危険度予測の

見直しについて -

平成21年10月

兵 庫 県



# 目 次

1 地盤モデルの見直し .....	1
1.1 H11 県調査（前回地震被害想定調査）のレビューと今回見直し調査の相違点.....	1
1.2 表層地盤モデルの設定.....	4
2 地震動予測の見直し .....	5
2.1 H11 県調査（前回地震被害想定調査）のレビュー .....	5
2.2 想定地震の評価.....	7
2.3 地震動の算定方針 .....	8
3 液状化危険度予測の見直し .....	9
3.1 概 要.....	9
3.2 計算法.....	10



# 1 地盤モデルの見直し

## 1.1 H11 県調査（前回地震被害想定調査）のレビューと今回見直し調査の相違点

### (1) H11 県調査の地盤モデル

H11 県調査では、国土数値情報及びボーリングデータから地盤モデルを作成している。地盤は 20 に区分されており、メッシュサイズは 500m である（図 1.1.1）。

表 1.1.1 H11 県調査における兵庫県地盤区分一覧表

地形地質区分		細 区 分	記号	地盤 No.	
沖積地	海岸平野	沖積層の厚さ約 25m 以上の地盤	Ap-5	阪神	その他
				20	18
		沖積層の厚さ約 25m 未満で、粘土質～軟弱堆積物が約 5m 以上ある地盤	Ap-4	阪神	その他
				19	17
		沖積層の厚さ約 25m 未満で、粘土質～軟弱堆積物が約 5m 以下の地盤	Ap-3		16
		沖積層の厚さ約 10m 未満で、粘土質～軟弱堆積物を含む地盤	Ap-2		15
		沖積層の厚さ約 10m 未満で、砂質～砂礫質堆積物からなる地盤	Ap-1		14
	谷底低地	沖積層の厚さ約 25m 以上で、粘土質～軟弱堆積物が優勢な地盤	Av-6		13
		沖積層の厚さ約 25m 以上で、粘土質～軟弱堆積物劣勢な地盤	Av-5		12
		沖積層の厚さ約 25m 未満で、粘土質～軟弱堆積物が約 5m 以上ある地盤	Av-4		11
沖積層の厚さ約 25m 未満で、粘土質～軟弱堆積物が約 5m 以下の地盤		Av-3		10	
沖積層の厚さ約 10m 未満で、粘土質～軟弱堆積物からなる地盤		Av-2		9	
沖積層の厚さ約 10m 未満で、砂質～砂礫質堆積物からなる地盤		Av-1		8	
洪積台地	段丘堆積層の基盤が鮮新～更新統の地盤である洪積台地	D-2		7	
	段丘堆積層の基盤が岩盤である洪積台地	D-1		6	
台地～丘陵地	大阪層群～その相当層の分布地域	Og		5	
山地	第三系堆積岩類の分布域	T		4	
	火山岩類の分布域	V		3	
	中・古生代の堆積岩類の分布域	P		2	
	深成岩類の分布域	G		1	

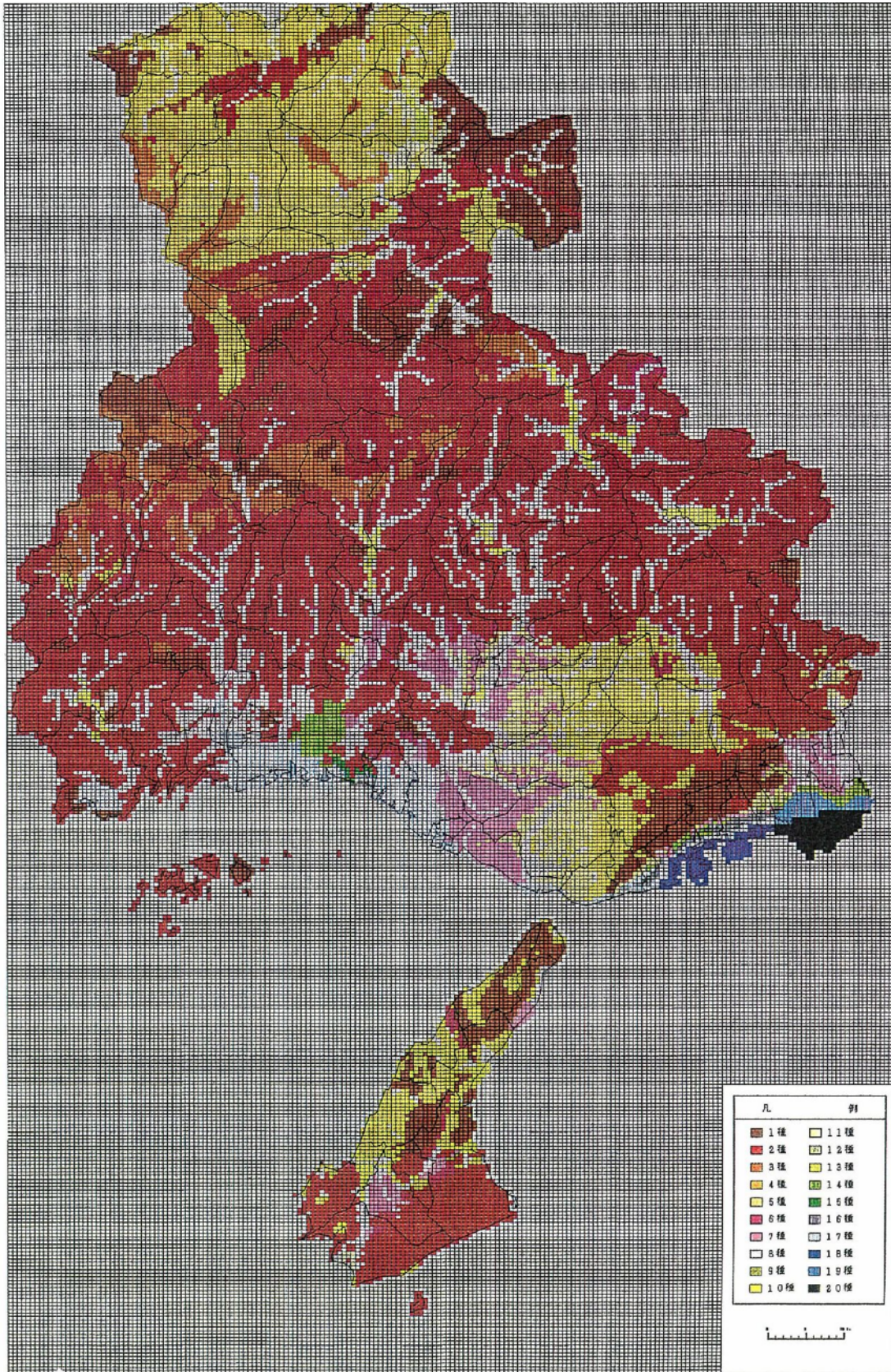


図 1.1.1 H11 県調査における地盤モデル

(2) 今回見直し調査での地盤モデルの基本方針

平成 21 年 7 月に「全国地震動予測地図（地震調査研究推進本部地震調査委員会（以下「推本」という））」が公表されている。この検討では、若松(2008)による 250m 微地形区分を表層地盤モデルの基礎データとして用いている。

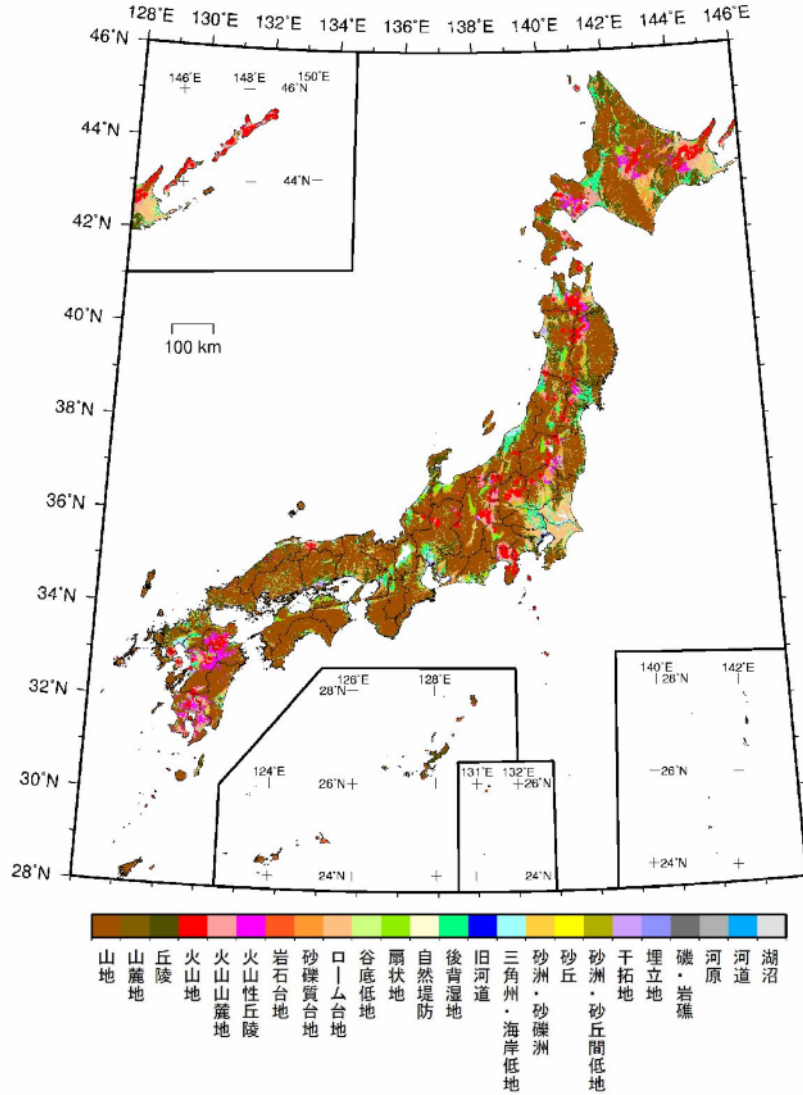


図 1.1.2 全国地震動予測地図の表層地盤モデル

若松（2008）の微地形区分は、東京都、神奈川、埼玉、千葉、京都、北海道で使用されている。本検討では、全国地震動予測地図との整合の上から全国地震動予測地図の表層地盤モデルを用いることとする。

表 1.1.2 前回地震被害想定調査と今回見直し調査の表層地盤モデルの比較

	メッシュサイズ	データ	地盤区分
前回地震被害想定調査	500m	国土数値情報及びボーリングデータ	20 種類
今回見直し調査	250m	若松（2008）による微地形区分	24 種類



## 1.2 表層地盤モデルの設定

工学的基盤における地震動を、作成した表層地盤モデルに基づき増幅させ、地表での震度を計算する。表層地盤モデルの作成は、基本的に微地形区分による方法を採用する。

表 1.2.1 表層地盤モデルの設定方法

地盤の設定方法	概要	備考
微地形区分による方法	<ul style="list-style-type: none"> <li>250m メッシュの微地形区分を行い、微地形毎に AVS30 を設定する。</li> <li>全国版が公表されており最新の知見である若松(2008)を基本データとする。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>250m メッシュが公開されているため設定が容易</li> <li>推本で用いている地盤モデルと同様であり推本の結果と整合性が取れる。</li> </ul>
微地形区分及びボーリングデータによる方法	<ul style="list-style-type: none"> <li>県のボーリングデータベースからボーリングデータに基づく地盤モデルを作成する。ボーリングデータは全メッシュにはないため、微地形区分と併用する。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>PS 検層を実施しているボーリングは少ない。ボーリングデータの分布にむらがある。地盤の変化の大きいところでは精度が向上する。</li> </ul>
既往の地震動によりチューニングする方法	<ul style="list-style-type: none"> <li>または で作成した地盤モデルについて既往の地震動を再現できるようにチューニングを行う。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>実際の地震の結果と整合するため、感覚的に理解しやすい。</li> </ul>

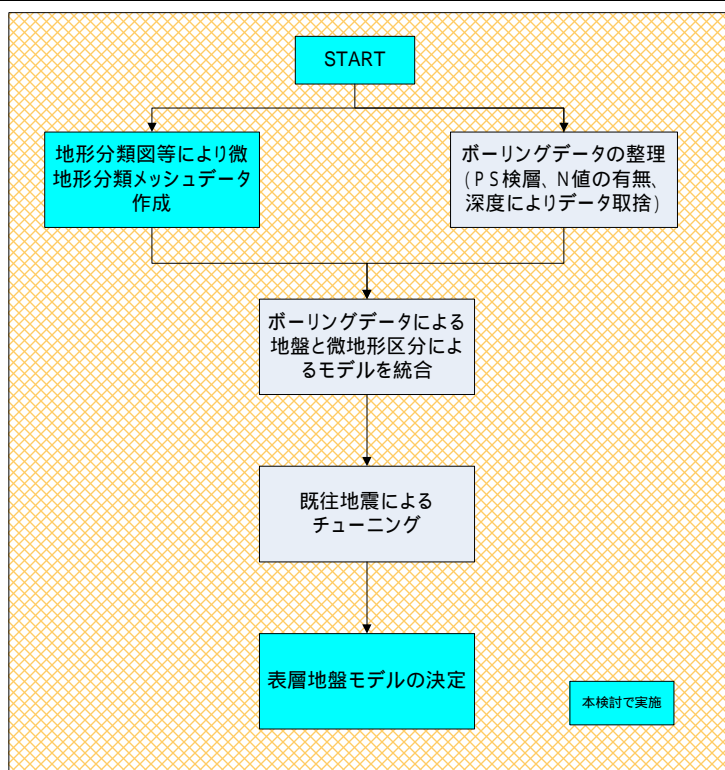


図 1.2.1 表層地盤モデルの設定フロー

## 2 地震動予測の見直し

### 2.1 H11 県調査（前回地震被害想定調査）のレビュー

#### (1) 想定地震

H11 県調査では、表 2.1.1 に示す 5 地震を想定した。

表 2.1.1 H11 県調査の想定地震

想定地震	マグニチュード	走向 (度)	傾斜 (度)	長さ (km)	幅 (km)	深さ (km)
有馬高槻構造線～ 六甲断層帯地震	7.7	N 80 E	90	53	—	0
		N 50 E	90	25	—	0
山崎断層地震	7.7	N 60 W	90	51	—	0
		N 70 W	90	19	—	0
中央構造線地震	8.0	N 70 E	90	79	—	0
日本海沿岸地震	7.3	N 15 E	90	10	—	0
南海道地震	8.4	N 20 E	160	150	120	1
		N 20 E	170	150	70	10

#### (2) 地表最大加速度

福島・田中式により、メッシュごとの基盤加速度を算定した。

$$\text{Log}_{10}A_{\text{max}}=0.51M-\text{log}_{10}(R+0.006 \times 10^{0.51M})-0.0034R+0.59$$

$A_{\text{max}}$ ：基盤加速度(gal),  $M$ ：マグニチュード,  $R$ ：断層最短距離(km)

兵庫県南部地震時の神戸 PI 波を用いて、各地盤種モデルごとに応答解析によって算定した応答倍率を、基盤加速度に乗ずることによって地表最大加速度を算定した。

#### (3) 震度

メッシュごとの地表最大加速度と各地盤種モデルごとに算定した卓越周期をもと

に計測震度を算定し、震度を求めた。

$$I=2 \cdot \text{log}_{10} a + 0.7 + \text{log}_{10} kt$$

$I$ ：計測震度,  $a$ ：地表最大加速度(gal),  $k$ ：係数(=1.75),  $t$ ：卓越周期(sec)

表 2.1.2 計測震度と気象庁震度階の関係

計測震度	0.5	1.5	2.5	3.5	4.5	5.0	5.5	6.0	6.5	
震度階	0	1	2	3	4	5(弱)	5(強)	6(弱)	6(強)	7

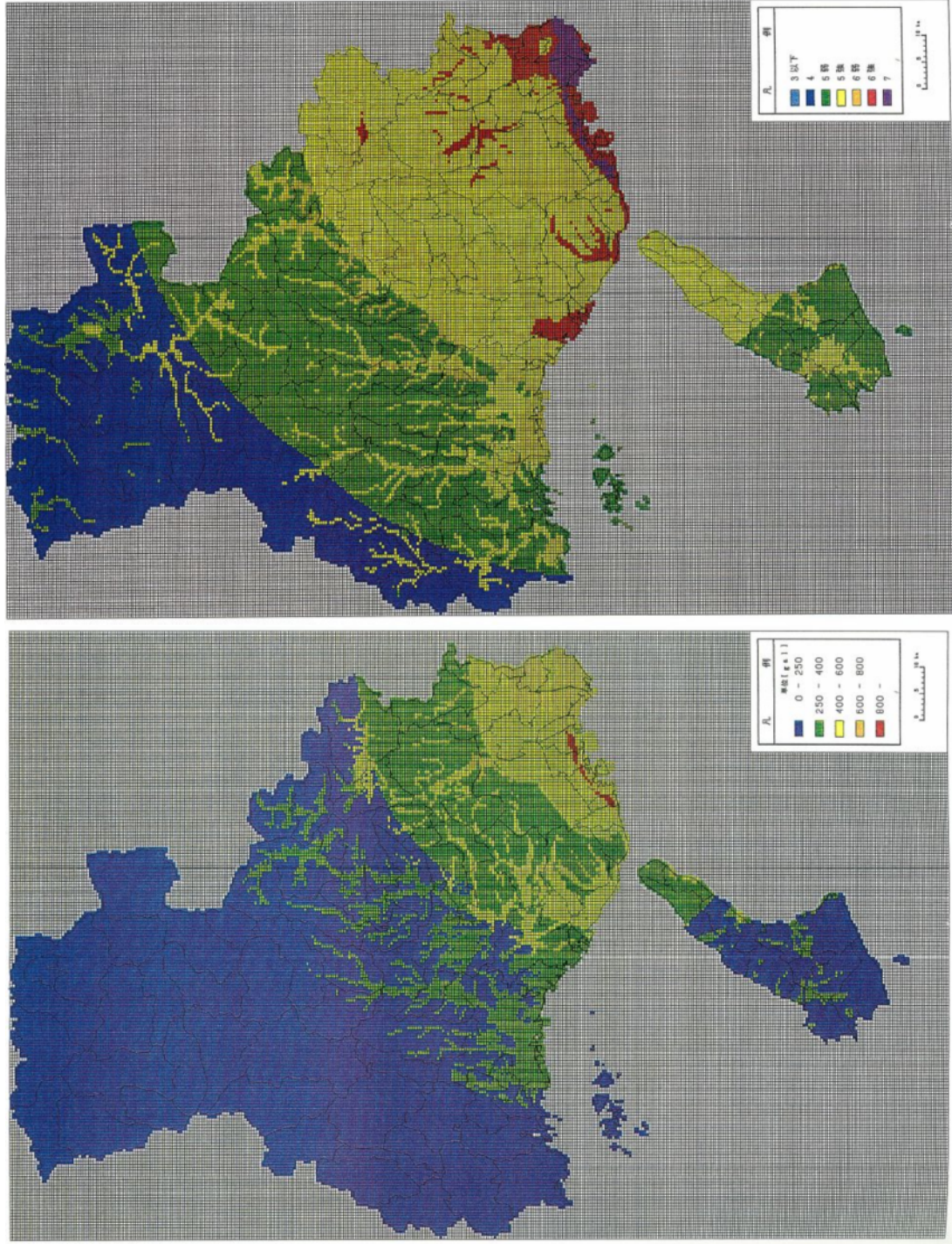


图 2.1.1 地表最大加速度および震度算定例(有馬高槻構造線～六甲断層帯)

## 2.2 想定地震の評価

平成 21 年 7 月に「全国地震動予測地図（推本）」が公表され、H11 県調査の 5 ケースと比べて、両者には相違点が見られる。

この「全国地震動予測地図（推本）」は、最新の知見を反映したものと考えられることから、推本の成果に準じた評価を行うこととする。

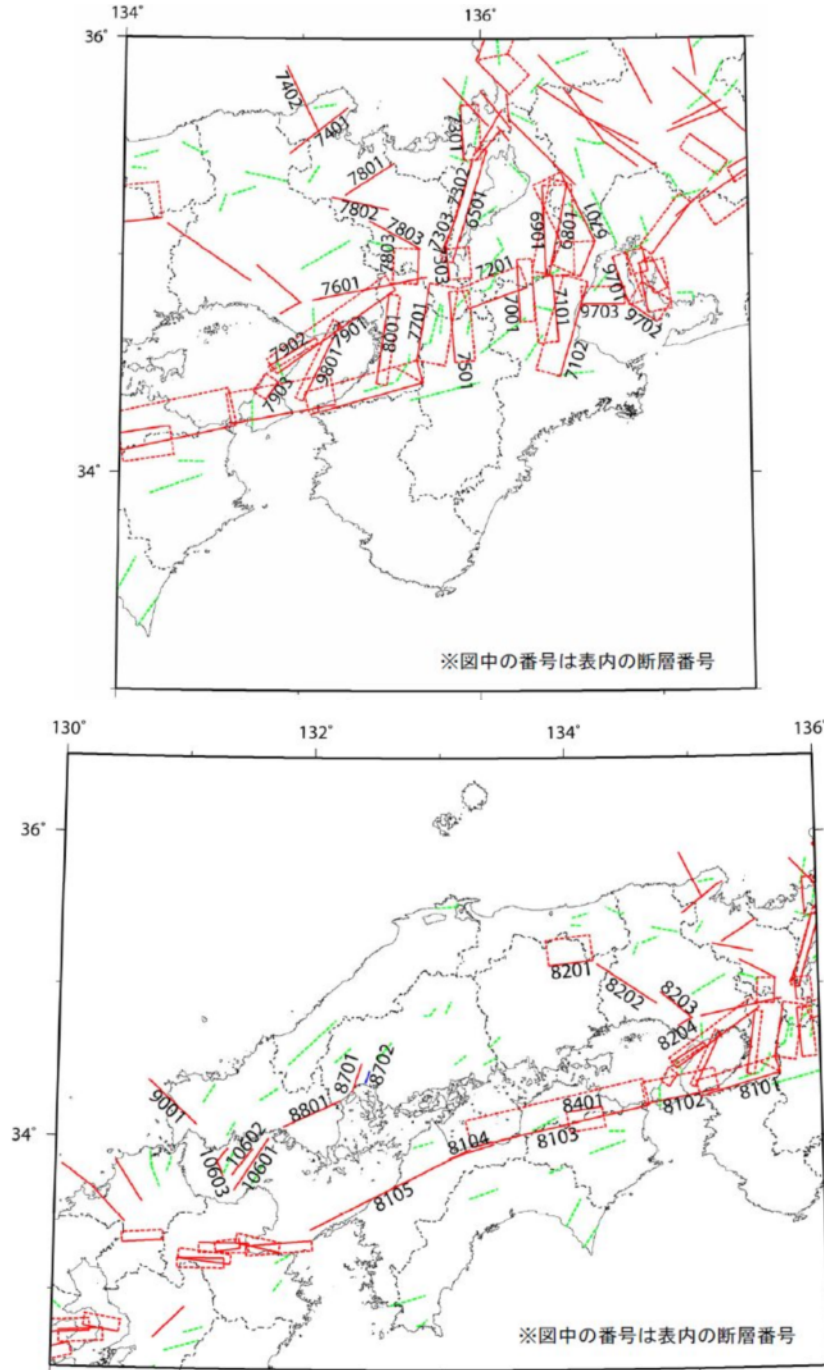


図 2.2.1 地震調査研究推進本部「全国を概観した地震動予測地図」における震源断層を特定した地震動予測地図の想定地震

### 2.3 地震動の算定方針

地震動は、推本「全国を概観した地震動予測地図」における「震源断層を特定した地震動予測地図」を用いることを基本と考える。

ただし、推本が評価していない震源、推本が評価していない震源モデルについては、別途、統計的グリーン関数法および距離減衰式を用いて算定を行うこととする。

#### (1)地震動算定手法の検証(黄色網掛け部)

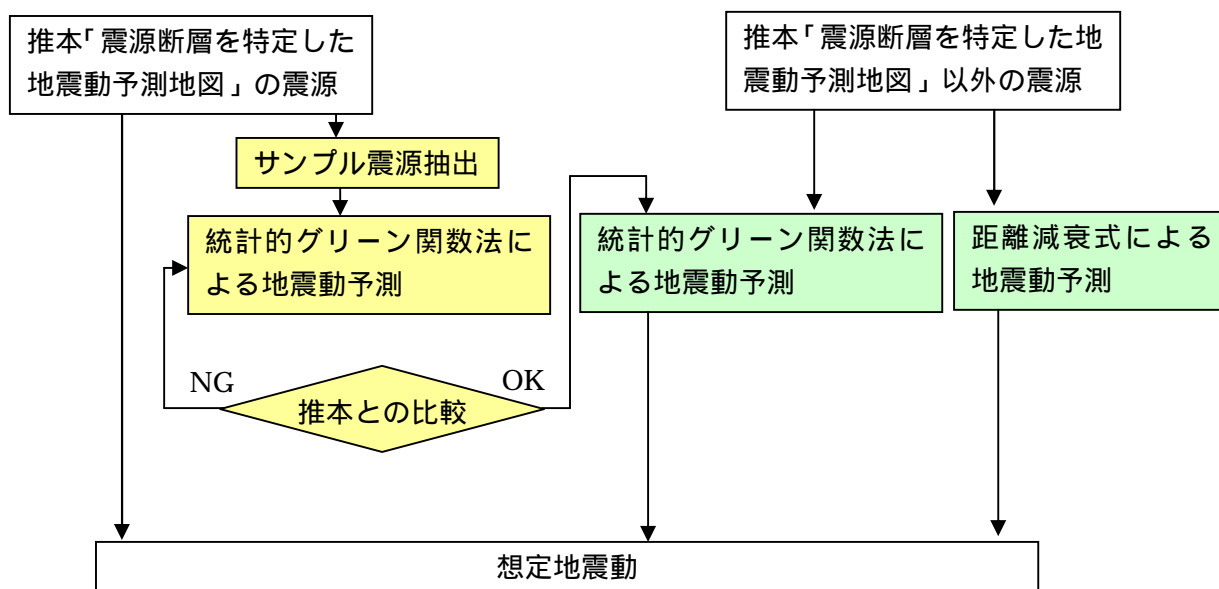
推本が「震源断層を特定した地震動予測地図」において検討を行った震源のうち、1または2サンプルを選定し、統計的グリーン関数法を用いて、推本と同程度の予測結果が得られることを検証する。

なお、推本は、統計的グリーン関数法(短周期側) + 差分法(長周期側)を用いている。しかしながら、巨大断層を対象としないこと、かつ、大局的な構造物の被害の想定であることから、統計的グリーン関数法(短周期側)のみで十分に検討可能と考えている。

#### (2)推本「震源断層を特定した地震動予測地図」以外の地震動算定(緑色網掛け部)

推本「震源断層を特定した地震動予測地図」において評価されていない震源、または評価されていない震源モデルについて、地震動の算定を行う。算定は、(1)に示すように統計的グリーン関数法を用いることとする。

なお、距離減衰式についても推本に準ずるものとする。



地震動予測結果および深部地盤構造は、現時点で公開されていないため、地震調査研究推進本部(推本)への開示依頼が必要

図 2.3.1 地震動の算定フロー

### 3 液状化危険度予測の見直し

#### 3.1 概要

地盤液状化の予測は以下の方針により実施する。フローを図 3.1.1に示す。

- ・ 250m メッシュ毎に液状化指数 PL を算出して、地盤の液状化の危険度を予測する。
- ・ メッシュの液状化指数 PL は、海溝型および内陸型の 2 つのタイプ別地震に対してあらかじめ作成した地盤分類毎最大加速度 PGA ~ 液状化指数 PL 関係テーブルから補間して算出する。(迅速性を旨とする将来の早期地震被害予測システムへの導入を考慮)
- ・ 地盤の液状化の起こりやすさは、広く一般的に使われている道路橋示方書(2002)による FL 法で地中各層の液状化を判定し、これを地下深さ 20m まで考慮した全層の液状化指数 PL にて表す。
- ・ 予測計算のために必要な地盤モデルを、ボーリングデータを参考に地盤分類ごとに作成する。
- ・ 液状化判定のために必要な物性値については、文献から適切に設定する。

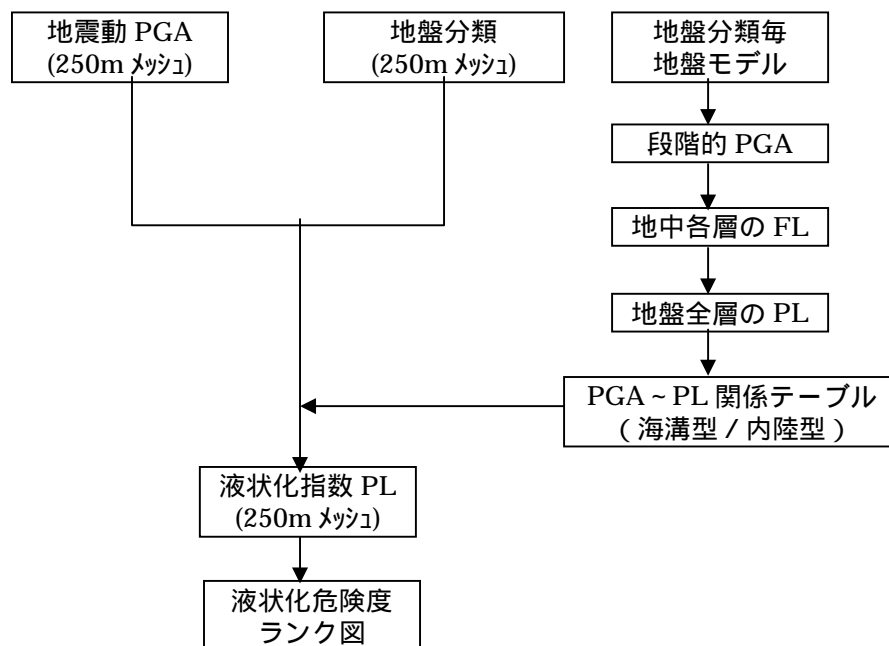


図 3.1.1 地盤液状化危険度の予測フロー

### 3.2 計算法

#### (1) 液状化に対する抵抗率 (FL 値)

FL 法とは、地盤の液状化対象層を抽出し、その対象層について、液状化に対する抵抗力と発生している地震力の強さとを比較し、液状化に対する抵抗率 (FL 値) を求める手法である。

FL 値は、次式で与えられる。

$$FL = R/L \quad \text{----- (1)}$$

ここで、R：液状化抵抗比

L：繰り返しせん断応力比

FL 値が 1.0 を下回る層については、液状化するものと見なす。

液状化抵抗比 R は、道路橋示方書 (2002) では、以下の式で与えられる。

$$R = c_w R_L \quad \text{----- (2)}$$

$$R_L = \left\{ \begin{array}{ll} 0.0882 \sqrt{N_a/1.7} & (N_a < 14) \\ 0.0882 \sqrt{N_a/1.7} + 1.6 \times 10^{-6} \cdot (N_a - 14)^{4.5} & (14 \leq N_a) \end{array} \right\}$$

ここで、

<砂質土の場合>

$$N_a = c_1 \cdot N_1 + c_2$$

$$N_1 = 1.7 \cdot N / (\sigma'_v + 0.7)$$

$$c_1 = \left\{ \begin{array}{ll} 1 & (0\% \leq FC < 10\%) \\ (FC + 40) / 50 & (10\% \leq FC < 60\%) \\ FC / 20 - 1 & (60\% \leq FC) \end{array} \right\}$$

$$c_2 = \left\{ \begin{array}{ll} 0 & (0\% \leq FC < 10\%) \\ (FC - 10) / 18 & (10\% \leq FC) \end{array} \right\}$$

<礫質土の場合>

$$N_a = \{1 - 0.36 \log_{10}(D_{50} / 2)\} N_1$$

ここに、

$R$  : 動的せん断強度比

$c_w$  : 地震動特性による補正係数

$R_L$  : 繰返し三軸強度比

$N$  : 標準貫入試験から得られる  $N$  値

$N_1$  : 有効上載圧  $1 \text{ kgf/cm}^2$  相当に換算した  $N$  値

$N_a$  : 粒度の影響を考慮した補正  $N$  値

$c_1, c_2$  : 細粒分含有率による  $N$  値の補正係数

$FC$  : 細粒分含有率(%) (粒径  $75 \mu\text{m}$  以下の土粒子の通過質量百分率)

$D_{50}$  : 平均粒径(mm)

(タイプ I の地震動の場合)

$$c_w = 1.0$$

(タイプ II の地震動の場合)

$$c_w = \left\{ \begin{array}{ll} 1.0 & (R_L \leq 0.1) \\ 3.3R_L + 0.67 & (0.1 < R_L \leq 0.4) \\ 2.0 & (0.4 < R_L) \end{array} \right\}$$

ここで、タイプ I 地震動とは、大きな振幅が長時間繰返して作用する地震動（海溝のプレート境界型の大規模な地震）を表したものである。

また、タイプ II 地震動とは、地震動は継続時間は短いが極めて強度を有する地震動（兵庫県南部地震のような内陸型地震）を表したものである。

繰返しせん断応力比  $L$  は、地表加速度から経験式を用いて求めることもあるが、ここでは地震応答計算を実施して PGA ~ PL 関係テーブルを作成することから、各層の  $L$  の値を応答計算から直接求める。



(2) 液状化指数 PL

(1)の FL 法によって各深度での FL 値を算出し、その値を深度 20m まで、深さ方向に重みをつけて足し合わせ、その地点での液状化の起こりやすさを表す次式のような PL 値を算出する。

$$P_L = \int_0^{20} (1 - F_L)(10 - 0.5x)dx \quad \text{----- (3)}$$

この PL 値によって液状化危険度判定を行う。液状化危険度ランクは、表 3.2.1 に示すような関係により区分する。

表 3.2.1 PL 値による液状化危険度のランク

PL値	PL ≤ 5	5 < PL ≤ 15	15 < PL
液状化危険度	低い	やや高い	高い