

第4編 地震動・液状化・斜面崩壊の想定

4.1 検討項目

4.1.1 地震動

愛知県調査(2003)¹⁾によって作成された表層地盤および地震基盤～工学的基盤の地下構造モデルをもとに、愛知県調査(2003)¹⁾における地震動の詳細法による計算手法を用いて、250mメッシュ(一部125mメッシュ)ごとに、以下に示す4種類の地震動を算出した。

1. 計測震度
2. 地表最大加速度
3. 地表最大速度
4. SI 値

4.1.2 液状化

液状化による危険度の想定には、愛知県調査(2003)¹⁾に準拠し、「道路橋示方書・同解説V耐震設計編」²⁾に示されている方法に従い、 P_L 値を用いて検討を行った。

4.1.3 斜面崩壊

急傾斜危険地(急傾斜地崩壊危険箇所、山腹崩壊危険地区)を対象として、地震動の算定結果および危険度判定基準に基づく点検表により、地震時の相対的な危険度を算定した。

なお、愛知県調査(2003)¹⁾では地すべり危険地も対象としているが、田原市には該当地がないため、本調査では対象外とした。

4.2 予測手法

4.2.1 地震動

震源で発生した地震動は、以下に示す3つの過程を経て地表面で観測される。

1. 震源特性
2. 伝播経路特性
3. サイト増幅特性

サイト増幅特性は、さらに

4. 深部地盤におけるサイト増幅特性
5. 表層地盤におけるサイト増幅特性

に分類される。

震源特性、伝播経路特性およびサイト増幅特性の概念図を図4-1に示した。

解析に用いた震源断層モデルは、中央防災会議(2003)³⁾の資料をもとに、東海地震・東南海地震・南海地震同時発生とした。図4-2に震源断層モデルを示し、表4-1に震源パラメータを示した。

本調査では、図4-3に示す統計的グリーン関数法を用いた工学的基盤波を作成し、この工学的基盤波を入力波として表層地盤を対象に一次元全応力非線形解析を行い、地表の地震動の予測を行った。ただし、地表面から30m以深については、愛知県調査(2003)¹⁾に従って線形とした。一次元全応力非線形解析の解析手法および解析に必要な物性値の一覧を表4-2に示した。

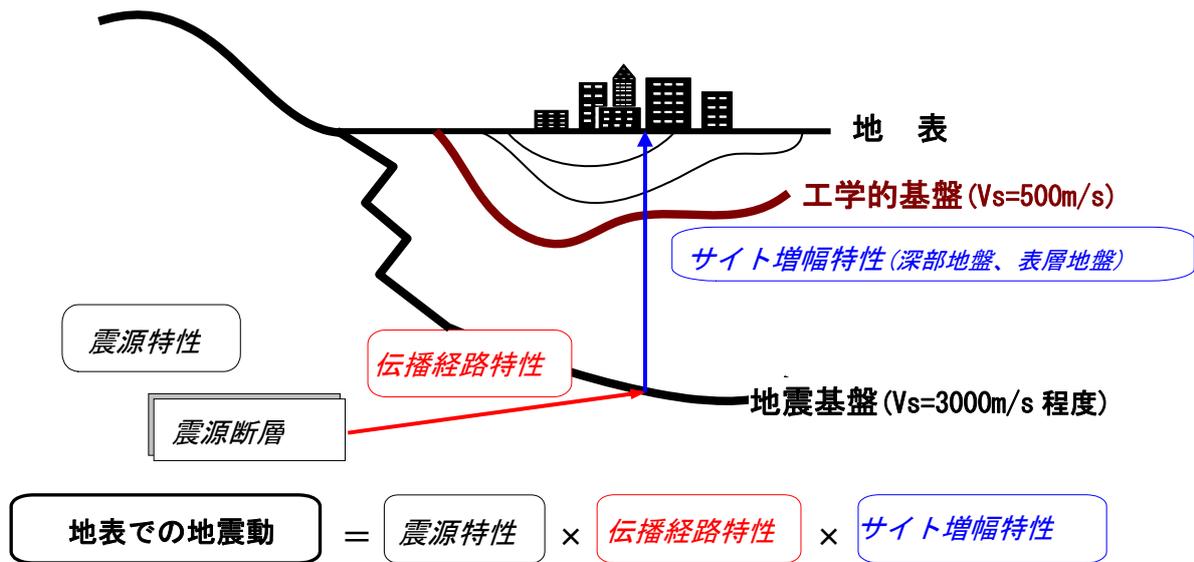


図 4-1 震源特性、伝播経路特性およびサイト増幅特性の概念図

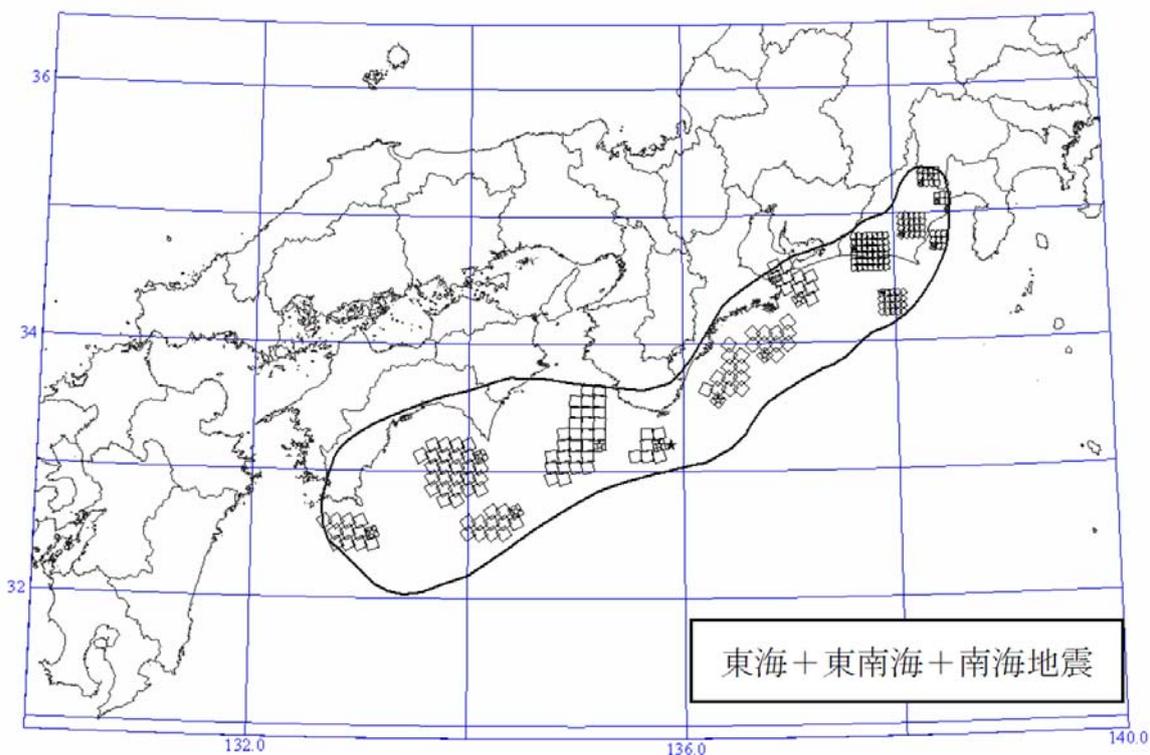


図 4-2 東海地震・東南海地震・南海地震同時発生における震源断層モデル

★：破壊開始点、□：強震動生成域（強い揺れを発生する場所）

中央防災会議(2003)³⁾

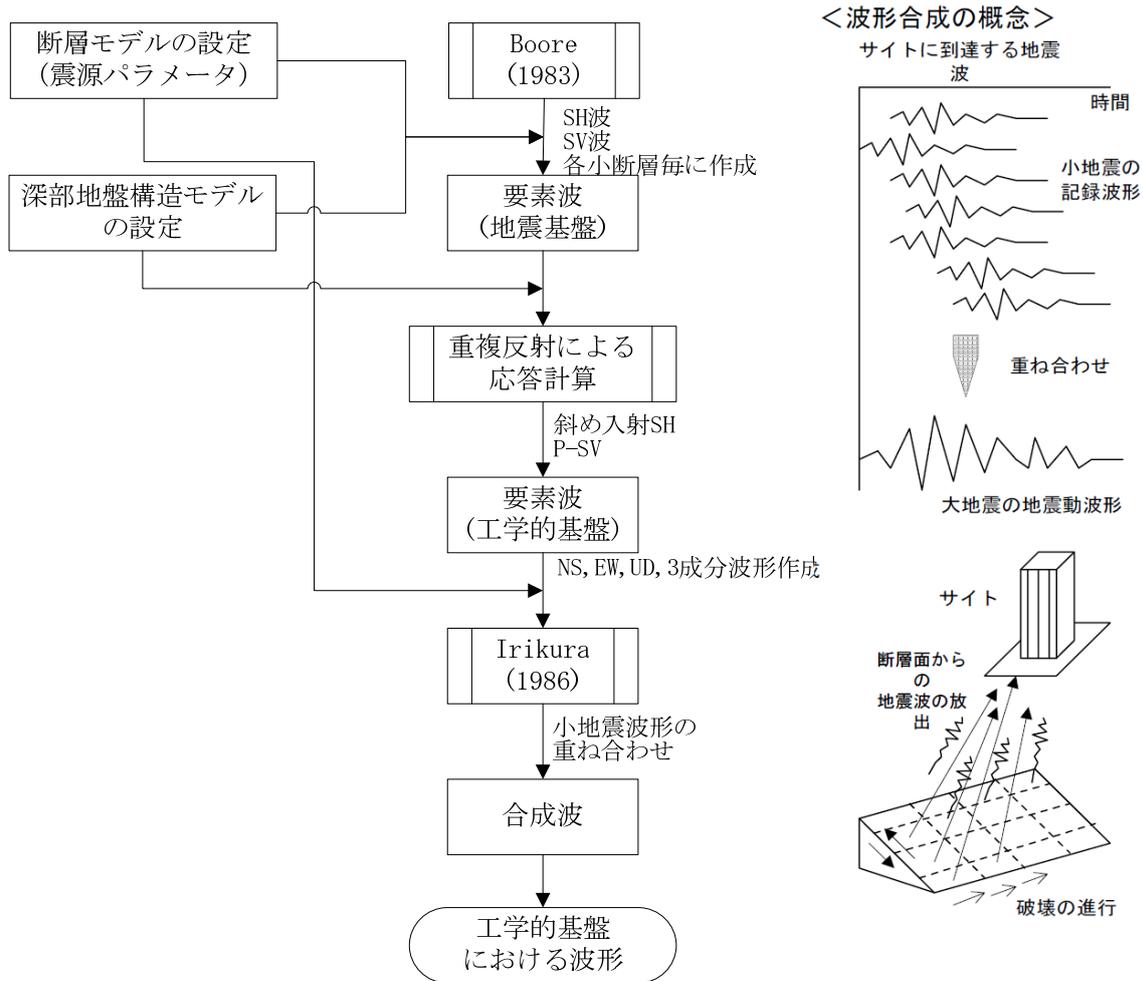


図 4-3 統計的グリーン関数法を用いた工学的基盤波の作成の流れ

表 4-2 解析手法および解析に用いる物性値

解析の種類	一次元全応力非線形解析
解析プログラム	DYNES3D ⁴⁾
解析手法	逐次積分法
動的変形特性	R-0 モデル
必要な物性値	① 動的変形曲線 ② 湿潤密度 (g/cm ³) ③ S波速度 (m/s) ④ 地下水位 (m) ⑤ Rayleigh 減衰 (%)

(1) 湿潤密度

愛知県でのデータをもとに、砂質土、礫質土、粘性土の区分毎に、 N 値の範囲を考慮して設定した。一覧表を表 4-3 に示した。

表 4-3 物性値一覧表

地質・地層名	N 値の範囲	記号	密度(g/cm^3)	代表 N 値	動的変形特性	V_s (m/s)	備考
埋立地	$10 \leq N$	B1	2.0	-	図 4-5 参照	図 4-4 参照	
	$4 \leq N < 10$	B2	1.8	-			
	$N < 4$	B3	1.6	-			
粘性土	$\leq N < 5$	c1	1.6	2	"	"	
	$5 \leq N < 10$	c2	1.7	7			
	$10 \leq N < 20$	c3	1.8	15			
	$20 \leq N$	c4	1.9	30			
砂質土	$N < 10$	s1	1.8	5	"	"	
	$10 \leq N < 30$	s2	1.9	20			
	$30 \leq N$	s3	2.0	40			
礫質土	$N < 30$	g1	1.9	15	"	"	
	$30 \leq N < 50$	g2	2.0	40			
	$50 \leq N$	g3	2.1	50			
	$50 \leq N$	Dsg	2.1	-			線形
三波川変成岩類、古生層	-	Pa1	1.9	-	図 4-5 参照	300	
	-	Pa2	2.1	-	線形	500	工学的基盤

(2) S 波速度

愛知県で設定された S 波速度(以下、 V_s と称す)と N 値の関係を元に、粘性土、砂質土、礫質土の区分毎に設定した。結果を図 4-4 に示した。

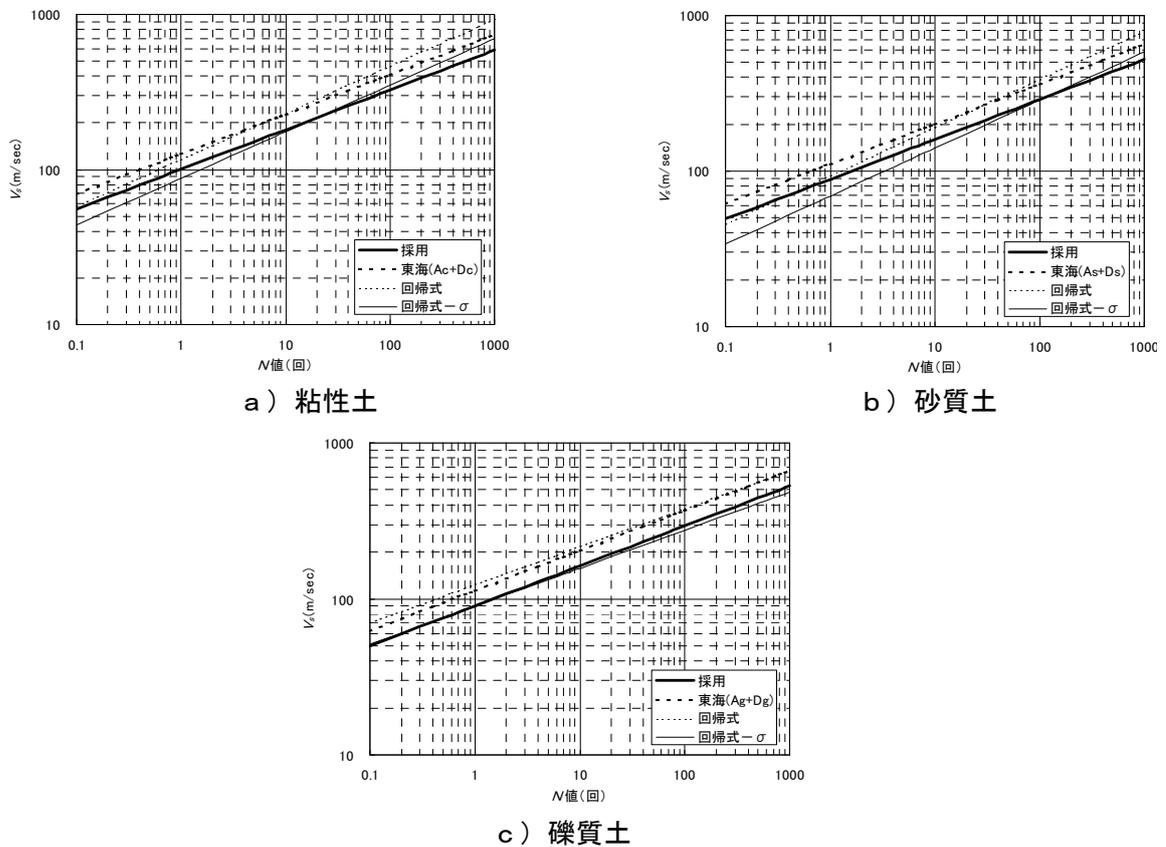


図 4-4 V_s と N 値の関係

(3) 動的変形特性

愛知県の結果を元に、粘性土、砂質土、礫質土の区分で設定した。なお、応力-ひずみ関係のモデルには、Ramberg-Osgood モデル⁵⁾（以下、R-O モデルと称す）を用いた。

設定した動的変形曲線を図 4-5 に示した。

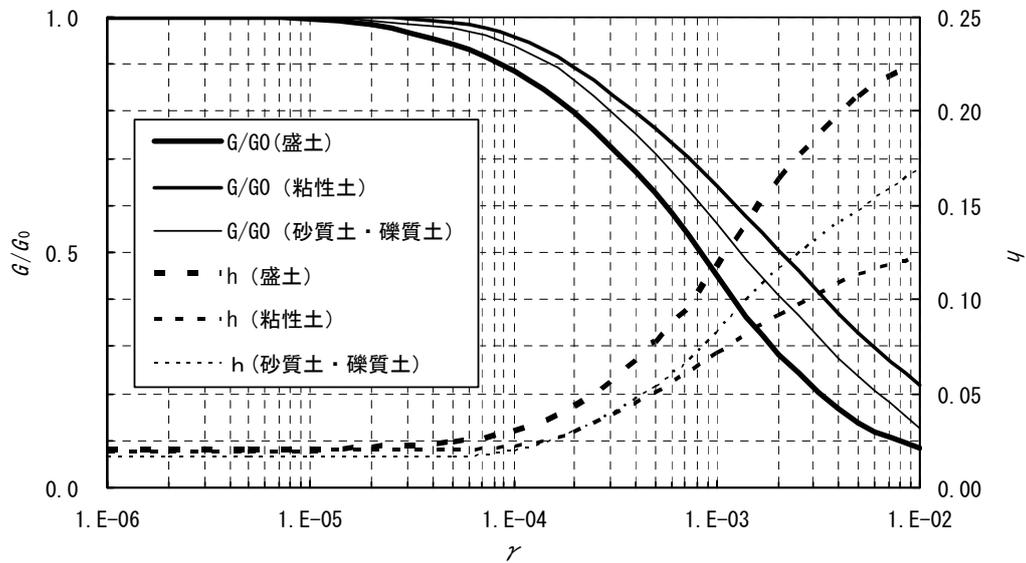


図 4-5 動的変形曲線

(4) Rayleigh 減衰

Rayleigh 減衰は、以下の式 4-1 で与えられる。

$$h_i = \frac{\alpha}{2\omega_i} + \frac{\beta\omega_i}{2} \quad \text{式 4-1}$$

ここで、 h_i : i 次の固有モードに対する Rayleigh 減衰

ω_i : i 次の固有モードの円振動数

さらに、 ω_i は以下の 式 4-2 で示される。

$$\omega_i = \frac{2\pi}{T_i} = 2\pi f_i \quad \text{式 4-2}$$

ここで、 T_i : i 次の固有モードの周期(sec)

f_i : i 次の固有モードの周波数(Hz)

Rayleigh 減衰は、0.5Hz と 6.0Hz で $Q=35\%$ ($h=1.43\%$) となるよう $\alpha=0.0830$ 、 $\beta=0.0007$ とした。

4.2.2 液状化

液状化の判定は、以下に示す式 4-3²⁾ により算定される液状化に対する抵抗率 F_L が 1.0 以下である場合に、判定対象土層が液状化するものとした。なお、判定対象土層は As (沖積砂層)、Ag (沖積礫層)、B2 (盛土：砂主体) とした。

$$F_L = \frac{R}{L} \quad \text{式 4-3}$$

ここに、 F_L ：液状化に対する抵抗率

R ：動的せん断強度比

L ：地震時せん断強度比

得られた F_L 値に、深さの重み関数をかけることにより、液状化の危険度を表す指標である P_L 値を求めた。 P_L 値の定義を以下の式 4-4 に示した。

$$P_L = \int_0^{20} (1 - F_L)(10 - 0.5x) dx \quad \text{式 4-4}$$

ここに、 F_L ：液状化に対する抵抗率であり、 $F_L \geq 1$ の場合には $F_L = 1$ とする

x ：地表面からの深さ(m)

P_L 値と液状化危険度の関係⁶⁾ から、メッシュ毎に液状化危険度を求めた。 P_L 値と液状化危険度の関係を表 4-4 に示した。

表 4-4 P_L による液状化危険度の判定区分

P_L 値	液状化危険度判定
$P_L = 0$	液状化危険度はかなり低い
$0 < P_L \leq 5$	液状化危険度は低い
$5 < P_L \leq 15$	液状化危険度が高い
$15 < P_L$	液状化危険度が極めて高い

また、後述する液状化による建物被害の検討のために用いる液状化発生面積率を表 4-5 のように設定した。液状化発生面積率は、 P_L 値によりメッシュ内で何%の面積が液状化するかを表す割合である。

表 4-5 P_L 値をもとにした液状化発生面積率

	$P_L = 0$	$0 < P_L \leq 5$	$5 < P_L \leq 15$	$15 < P_L$
液状化発生面積率	0%	2%	5%	18%

4.2.3 斜面崩壊

(1) 検討対象データ

愛知県が指定した急傾斜危険地のうち、田原市域に分布する「急傾斜地崩壊危険箇所点検要領」による急傾斜地崩壊危険箇所（141箇所）および「山地災害危険地区調査要領」による山腹崩壊危険地区（83箇所）を検討対象とした。

(2) 急傾斜危険地の危険度判定方法について

表4-6、表4-7に急傾斜地地震対策危険度判定表および計測震度を加味した判定ランクを示した。これは、広域を対象とした地震被害予測に一般的に用いられている手法で、本来降雨を対象にした点検表を宮城県沖地震などの震害事例に適用して、地震被害想定用に設定されたものである。なお、表4-7の判定表は、宮城県(1997)⁷⁾の判定表を準用した。

なお、急傾斜地危険箇所対策工が施され異常がない場合および山腹崩壊危険地区で治山事業が概成している場合は、ランクを1下げることとした。対象となる箇所数は、急傾斜地危険箇所16箇所、山腹崩壊危険地区では0箇所であった。

表 4-6 急傾斜地地震災対策危険度判定基準

項目	小項目名	点数	備考
①斜面高 (H)m	H<10	3	
	10≦H<30	7	
	30≦H<50	8	
	50≦H	10	
②斜面勾配 (α)	α<1:1.0	1	
	1:1.0≦α<1:0.6	4	
	1:0.6≦α	7	
③オーバーハング	構造物のない斜面のオーバーハング	7	岩の斜面などで一見してオーバーハングと見られるもの
	構造物のある斜面のオーバーハング	4	
	なし	0	
④斜面の地盤	斜面の表面に転石・浮石が多い	10	上位のものを用いる。例えば、土砂で表面に転石・浮石が多いものは10点とする。
	切土法面に玉石が多い	7	
	風化変質・亀裂の発達した岩	6	
	礫混じり土砂	5	
	風化変質した岩	4	
	亀裂の発達した岩	4	
	土砂	4	
	粘質土	1	
亀裂の発達していない岩	0		
⑤表土の厚さ	0.5m以上	3	表土とは表面の腐植土・表土有機質を指す。但し、表土下に非常にルーズな崩石があれば、それも含める。
	0.5m未満	0	
⑥湧水	有	2	常時見られる湧水を指す。
	無	0	
⑦落石・崩壊頻度	年1回以上	5	道路交通または道路構造物に損傷を与えない程度の軽微な落石・法崩れ等を指す。
	年1回未満	3	
	なし	0	
合計			

(社)日本道路協会(1988)⁸⁾

表 4-7 急傾斜危険地地震時危険度判定ランク

計測震度	要素点ランク	c	b	a
	基準要素点	13点以下	14~23点	24点以上
6.0以上		A	A	A
5.5以上	6.0未満	B	A	A
5.0以上	5.5未満	C	B	A
4.5以上	5.0未満	C	C	B
4.5未満		C	C	C

<ランクA, B, C>の説明

- ・ランクA: 危険性が高い
- ・ランクB: 危険性がある
- ・ランクC: 危険性が低い

<その他>

- ・急傾斜地崩壊危険箇所対策工が設置されており、異常なしの場合は1ランク評価を下げる
- ・山腹崩壊危険地区で治山事業が概成している場合は1ランク評価を下げる

宮城県(1997)⁷⁾

また、「急傾斜地崩壊危険箇所点検要領」による急傾斜地崩壊危険箇所（141箇所）の点検項目（斜面カルテ）および「山地災害危険地区調査要領」による山腹崩壊危険地区（83箇所）の調査項目を、今回の検討に用いた項目と対応させた。

表 4-8～表 4-11 に「急傾斜地崩壊危険箇所点検要領」による急傾斜地危険箇所（141箇所）の点検項目と今回の検討に用いた項目の対応を示した。

表 4-12 に「山地災害危険地区調査要領」による山腹崩壊危険地区（83箇所）の調査項目と今回の検討に用いた項目の対応を示した。

表 4-8 オーバーハングの項目（表 4-6③）の斜面データ（カルテ）との対応

		オーバーハングの項目の点数	
		斜面区分(カルテ⑤-32)	
		自然斜面	人工斜面
横断形状(カルテ番号②-13)	1(オーバーハングがある)	7点	4点
	2(斜面上部に凹凸がある)	0	0
	3(斜面全体に凹凸がある)	0	0
	4(斜面下部に凹凸がある)	0	0
	5(平坦な斜面である)	0	0
	6(その他)	0	0

表 4-9 斜面の地盤の項目（表 4-6④）の斜面データ（カルテ）との対応

		斜面の地盤の項目の点数
地表の状況(カルテ番号②-26)	1(亀裂が発達・開口しており転石・浮石が点在する)	10点
	2(風化・亀裂の発達した岩)	6点
	3(礫混り土・砂質土)	5点
	4(粘質土)	1点
	5(風化・亀裂の発達していない岩)	0点

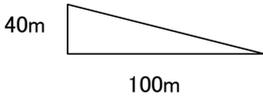
表 4-10 湧水の項目（表 4-6⑥）の斜面データ（カルテ）との対応

		湧水の項目の 点数
湧水の状況(カル テ番号②-19)	1(常時湧水有)	2点
	2(降雨時湧水有)	0点
	3(斜面が常時ジメジメ)	0点
	4(斜面は乾燥)	0点
	5(他)	0点

表 4-11 落石・崩壊頻度の項目（表 4-6⑦）の斜面データ（カルテ）との対応

		落石・崩壊頻 度の項目の点 数
隣接斜面の崩壊 履歴(カルテ番号 ②-33)	1(古い崩壊地がある)	3点
	2(新しい崩壊地がある)	5点
	3(崩壊地は認められない)	0点

表 4-12 山腹崩壊危険地区調査データの対応

表 4-6 の項目	森林保全課の山腹崩壊危険地区のデータのあてはめ方法	補足
①斜面高	地震による山腹崩壊危険度点数(地震調査)の<斜面傾斜(%)>と<斜面長(m)(水平距離)>のデータを用いる。この場合危険度点数が最高点のメッシュのものとする。	補足:ここで斜面傾斜40%とは以下の斜面をさす。斜面高=斜面長(水平距離)×斜面傾斜(%)÷100 
②斜面勾配	地震による山腹崩壊危険度点数(地震調査)の<斜面傾斜>のデータを用いる。この場合危険度点数が最高点のメッシュのものとする。	
③オーバーハング	調査表1枚目の「荒廃状況等・崩壊地有」の欄に点数または記述が入っているときは、「オーバーハング有り」とする。	
④斜面の地盤	地震による山腹崩壊危険度点数(地震調査)の<斜面の状況>のデータを用いる。・火山性の地質～(点数3)→判定基準の7点に対応させる。・風化・変質した岩～(点数2)→4点に対応させる。・上記以外(点数1)→0点に対応させる。この場合危険度点数が最高点のメッシュのものとする。	
⑤表土の厚さ	地震による山腹崩壊危険度点数(地震調査)の<土層深>のデータを用いる。この場合危険度点数が最高点のメッシュのものとする。	
⑥湧水	該当データがないので判定基準の点数は0点(湧水無)とする。	
⑦落石・崩壊頻度	・落石による山腹崩壊危険度点数表(落石調査)で9点以上のもの→判定基準の5点に対応させる。・落石調査で1点～8点のもの→判定基準の3点に対応させる。・落石のおそれのない地区(0点)→判定基準の0点に対応させる。	

4.3 予測結果

地震動・液状化・斜面崩壊の項目ごとに、各想定地震に対する予測結果図を示す。なお、各予測結果図には行政区を重ねて示している。田原市の行政区および行政区名を図 4-6 に示した。

4.3.1 地震動

震度分布を図 4-7、地表最大加速度分布を図 4-8、地表最大速度分布を図 4-9、SI 値分布を図 4-10 に示した。

震源に近い南部の台地や東部の砂州で地震動が強くなっている。ほぼ全域で計測震度 6 弱～6 強になっている。

4.3.2 液状化

液状化危険度分布図を図 4-11 に示した。

埋立地や砂州、汐川・池尻川・精進川・免々田川・天白川沿いの低地、野田地区、福江地区、伊川津地区において、液状化の危険度が高いことが示されている。

4.3.3 斜面崩壊

急傾斜地・山腹崩壊危険地危険度分布図を図 4-12 に示した。また、表 4-13 に急傾斜地および地すべり箇所危険度ランク箇所数を示した。

強い地震力が想定されるため、危険度ランクが A と判定される箇所数の占める割合が大きい。

表 4-13 危険度ランク箇所数

危険度ランク	東海地震・東南海地震・南海地震の同時発生	
	急傾斜	山腹
A	114	81
B	25	2
C	2	0
計	141	83



No.	行政区名	No.	行政区名	No.	行政区名	No.	行政区名	No.	行政区名	No.	行政区名
1	相川	19	萱町三区	38	南町	56	百々	80	高松	98	古田
2	谷熊	20	本町	39	谷ノ口	57	新浜	81	赤羽根東	99	長沢
3	やぐま台	22	新町	40	東ヶ谷	58	西浦	82	赤羽根中	100	福江
4	豊島	23	蔵王	41	芦	59	蔵王東ヶ丘	83	赤羽根西	101	保美
5	吉胡	24	東滝頭	42	南	60	蔵王南ヶ丘	84	池尻	102	向山
6	浦	25	八軒家	43	彦田	61	大草団地	85	若見	103	中山
7	波瀬	26	藤七原	44	雲明	62	姫見台	86	越戸	104	小中山
8	片浜	27	鎌田	45	保井	63	赤石	87	宇津江	105	亀山
9	白谷	28	川岸	46	東馬草	64	サンコート	88	江比間	106	西山
10	加治	29	漆田一区	47	山ノ神	65	漆田三区	89	八王子	107	伊良湖
11	大久保	30	漆田二区	48	西馬草	66	東赤石	90	村松	108	日出
12	一番東	31	神戸市場	49	今方	67	ほると台	91	馬伏	109	堀切
13	一番西	32	青津	50	北海道	68	木綿台	92	伊川津	110	小塩津
14	衣笠	33	希望が丘	51	野田市場	69	光崎	93	石神	111	和地一色
15	三番組	34	赤松	52	仁崎	70	吉胡台	94	夕陽が浜	112	和地
16	四番組	35	志田	53	長上	71	(緑が浜)	95	山田	113	土田
17	萱町一区	36	新美	54	久美原	72	(姫島)	96	高木		
18	萱町二区	37	大草	55	浜田	73	(白浜)	97	折立		

※ 平成 17 年 10 月 1 日時点の行政区分による

図 4-6 田原市行政区

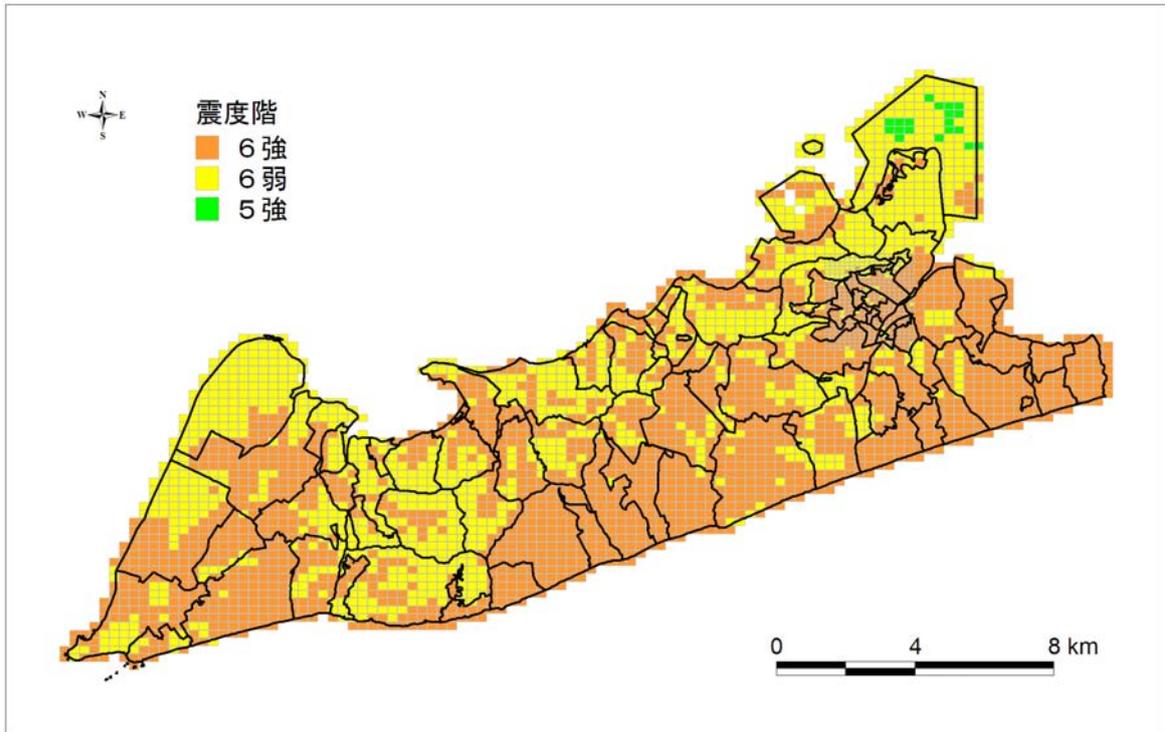


図 4-7 東海地震・東南海地震・南海地震同時発生による震度分布

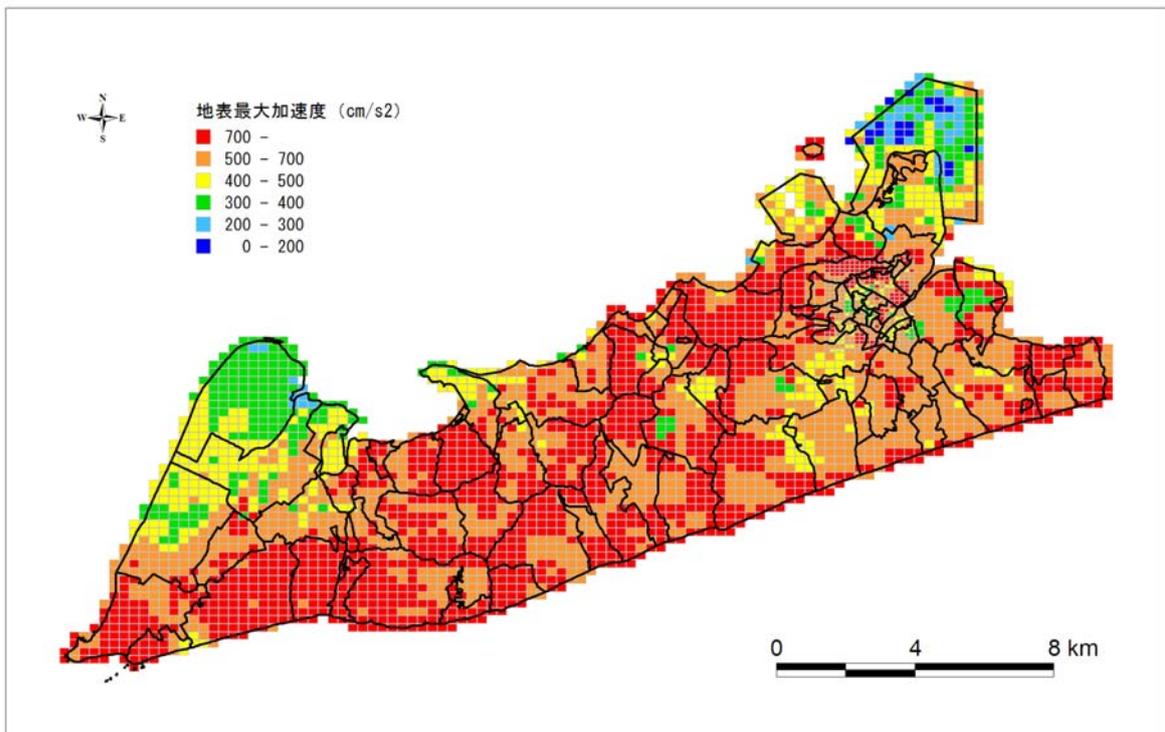


図 4-8 東海地震・東南海地震・南海地震同時発生による地表最大加速度分布

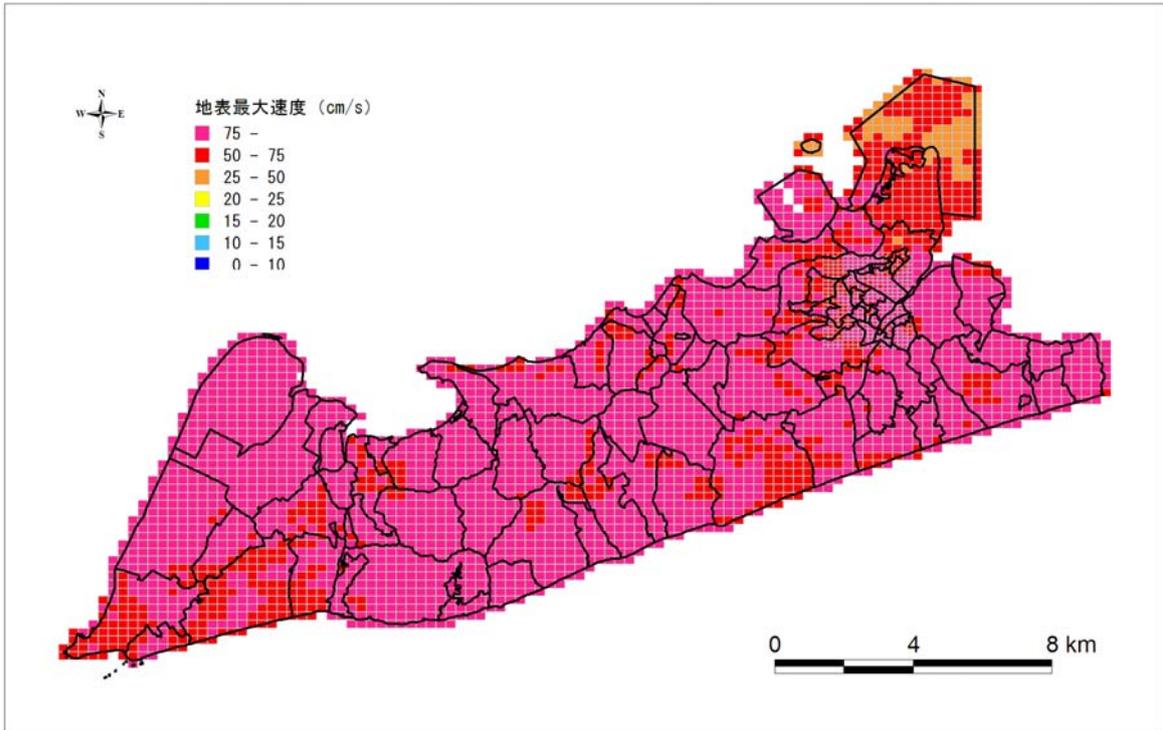


図 4-9 東海地震・東南海地震・南海地震同時発生による地表最大速度分布

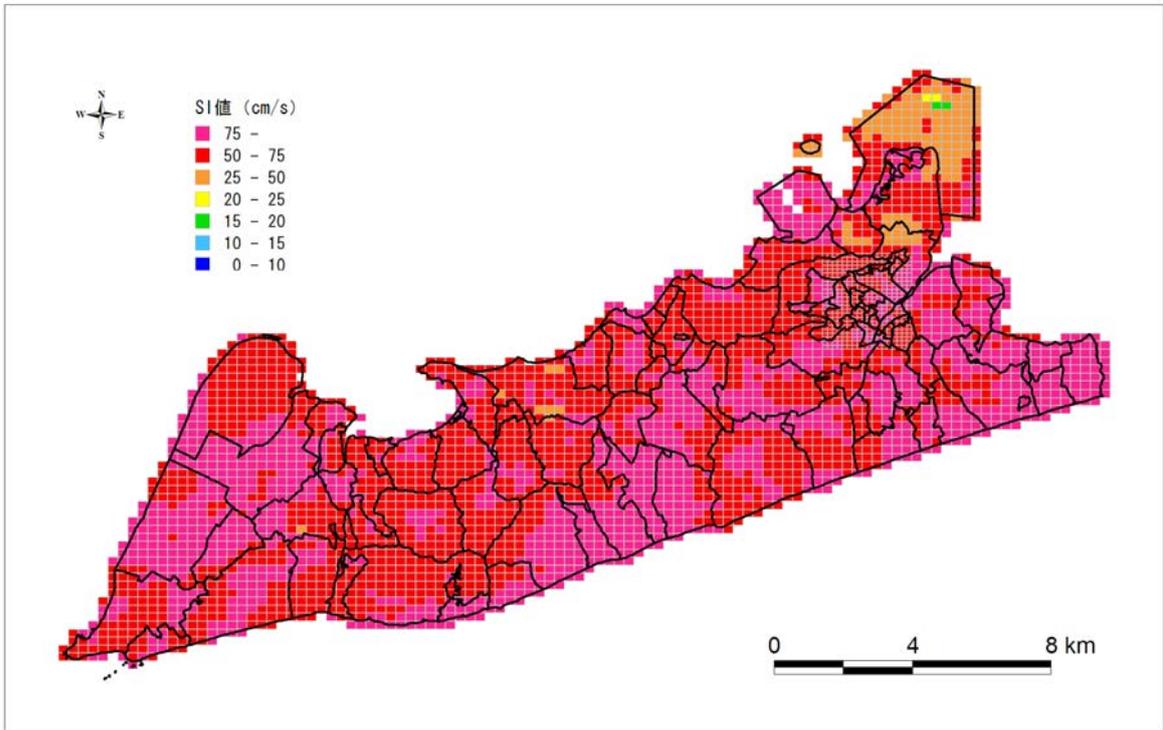


図 4-10 東海地震・東南海地震・南海地震同時発生による S1 値分布

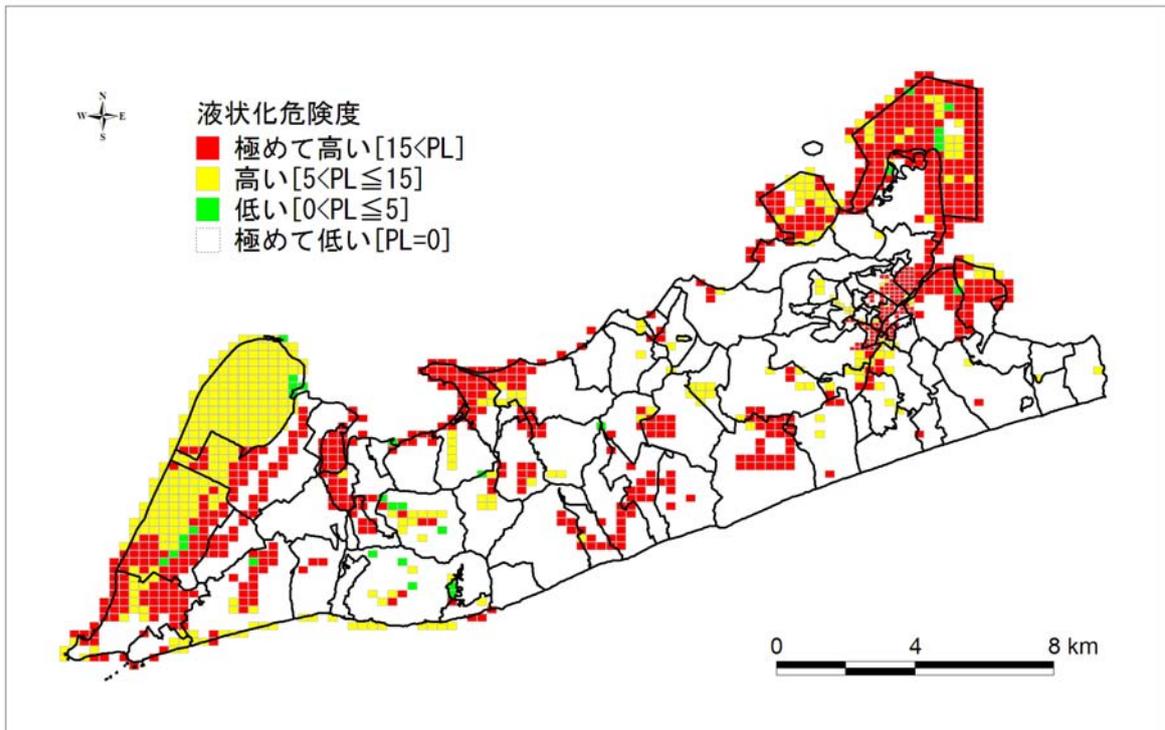


図 4-11 東海地震・東南海地震・南海地震同時発生による液状化危険度分布

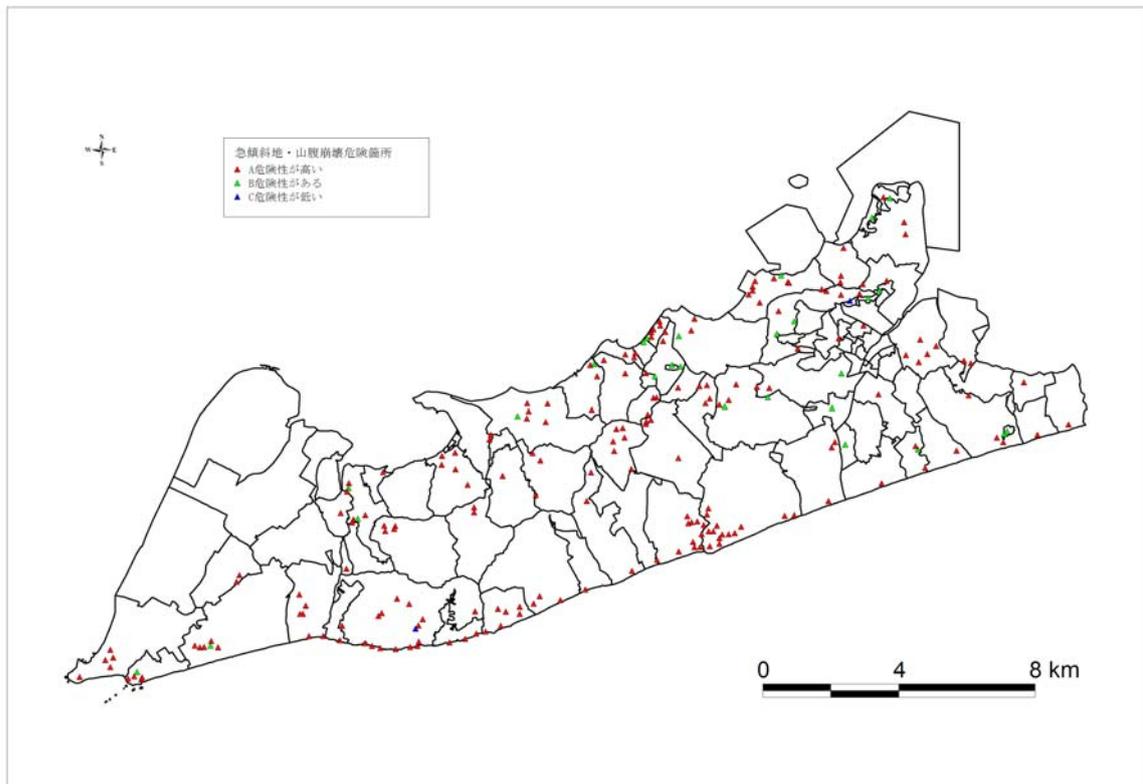


図 4-12 東海地震・東南海地震・南海地震同時発生による急傾斜・山腹崩壊危険度分布

-
- 1) 愛知県：愛知県東海地震・東南海地震等被害予測調査報告書, 愛知県防災会議地震部会, 2003.
 - 2) (社)日本道路協会：道路橋示法書・同解説, V, 耐震設計編, 2002.
 - 3) 中央防災会議：「東南海、南海地震等に関する専門調査会」(第16回)、2003.
 - 4) 吉田望：DYNES3D, A computer program for dynamic response analysis of level ground by effective stress-nonlinear method, Version 2.41, 2003.
 - 5) Jennings, P. C. : Periodic Response of a General Yielding Structure, Proc. ASCE, EM2, pp. 131-163, 1964.
 - 6) 国土庁防災局震災対策課：液状化地域ゾーニングマニュアル(平成10年度版), 1999.
 - 7) 宮城県：宮城県地震被害想定調査業務報告書, 1997.
 - 8) (社)日本道路協会：道路震災対策便覧(震前対策編), 1988.