

## 再液状化の検討

### 1. 再液状化の検討に用いる地震動

#### (1) 簡易法に用いる地震動

簡易法に用いる地震動は、地表面最大加速度と地震のマグニチュードで設定する。  
これらは、ガイダンス(案)で示された以下のものを用いる。

表-5.1 再液状化の検討における簡易法に用いる地震動

地震動タイプ	地表面最大加速度と地震のマグニチュード
タイプ1 (中地震による中程度の揺れ)	200gal、M7.5
タイプ2 (巨大地震による中程度の揺れ)	200gal、M9.0
タイプ3 (直下型地震による大きな揺れ)	350gal、M7.5

#### (2) 詳細法に用いる地震動

詳細法(地震応答解析)に用いる地震動は、工学的基盤面での加速度時刻歴波形として設定する。

タイプ1、タイプ3については、「建築基礎構造設計指針」で示されている損傷限界状態検討用及び終局限界状態検討用地震動に相当すると考えられる。これらについては、工学的基盤面での加速度応答スペクトルとして設定できることから、応答スペクトルに適合する模擬地震波を作成し、これを用いる事とする。適合波作成に用いる素材波は、タイプ1については東日本大震災における旭市役所での地表面観測記録を基盤に引き戻した波形を用いた。タイプ3については直下型地震を対象としていることから、兵庫県南部地震におけるポートアイランドの地中-79m位置での観測記録を用いた。

タイプ2については、東日本大震災相当の地震動と考えられる事から液状化の検証に用いる地震動として設定した地震動を用いる事とする。

また、千葉県においては、地震被害想定調査で県内を250メートルのメッシュに区切り、各メッシュの工学的基盤面における加速度時刻歴波形を作成している。これについては、上記タイプ1、2、3の地震動と比較し、大きい場合には検討対象とすることとする。

表-5.2 再液状化の検討における詳細法に用いる地震動

地震動タイプ	設定地震動
タイプ1 (中地震による中程度の揺れ)	建築基礎構造設計指針-損傷限界状態検討用-基盤加速度応答スペクトルの適合波
タイプ2 (巨大地震による中程度の揺れ)	東日本大震災での地表面観測記録を基盤面に引き戻した加速度時刻歴
タイプ3 (直下型地震による大きな揺れ)	建築基礎構造設計指針-終局限界状態検討用-基盤加速度応答スペクトルの適合波
千葉県地震被害想定での想定地震	タイプ3に包含されるため考慮しない。

1) 建築基礎構造設計指針に基づく工学的基盤における加速度応答スペクトル適合波  
建築物荷重指針・同解説(2004)では、工学的基盤における加速度応答スペクトルを以下のように規定している。

工学的基盤面の加速度パワースペクトル  $G_{a0}(\omega)$  は、次式で与えられる工学的基盤面の加速度応答スペクトル  $S_{a0}(T, 0.05)$  より変換し算定する。

$$S_{a0}(T, 0.05) = k_{rE} a_0 S_0(T, 0.05) = \begin{cases} k_{rE} a_0 (1 + (k_{R0} - 1)T/T'_c) & : (T < T'_c) \\ k_{rE} a_0 k_{R0} & : (T'_c \leq T < T_c) \\ k_{rE} a_0 k_{R0} T_c/T & : (T_c \leq T) \end{cases} \quad (7.14)$$

ここで、  
 $k_{rE}$  : 7.2.2 項(5)に示す再現期間換算係数、  
 $a_0$  : 工学的基盤面での基本最大加速度 ( $m/s^2$ )、  
 $S_0(T, 0.05)$  : 工学的基盤面での基準化加速度応答スペクトル、  
 $T_c, T'_c$  : 工学的基盤の卓越周期に関する周期で、 $T_c = 0.3 \sim 0.5$  秒、 $T'_c/T_c$  は  $1/5 \sim 1/2$ 、  
 $k_{R0}$  : 加速度応答が一定となる周期帯の加速度応答倍率で  $2 \sim 3$  程度の値とする。  
 スペクトル変換に用いる継続時間  $T_d$  は 20 秒とする。

旭市における工学的基盤の加速度応答スペクトル

a) 基本最大加速度

$$a_0 = 200 \text{ cm/s}^2 \quad (\text{図-5.2より読み取り})$$

b) 再現期間換算係数

① 損傷限界状態

$r = 50$  年

$$1/\kappa = 0.54 \quad (\text{旧指針})$$

$$k_{rE} = (50/100)^{0.54} = 0.69$$

② 終局限界状態

$r = 500$  年

$$1/\kappa = 0.54 \quad (\text{旧指針})$$

$$k_{rE} = (500/100)^{0.54} = 2.38$$

c) 加速度一定周期帯の応答倍率

$$k_{R0} = 2.5 \quad (2 \sim 3 \text{ の中央値})$$

d)  $T_c, T'_c$

$$T_c = 0.3 \sim 0.5 \text{ 秒}$$

$$T'_c/T_c = 1/5 \sim 1/2$$

以上の中央値を採用し、以下のとおり設定する。

$$T_c = 0.4 \text{ 秒}$$

$$T'_c/T_c = 0.35 \text{ より } T'_c = 0.14 \text{ 秒}$$

工学的基盤での加速度応答スペクトル

終局限界状態

kre= 2.38	T(sec)	Sao(gal)
a0= 200	0.01	527
kro= 2.5	0.05	731
Tc= 0.4	0.10	986
Tc'= 0.14	0.14	1190
	0.40	1190
	0.60	793
	0.80	595
	1.00	476
	2.00	238
	5.00	95
	10.00	48

損傷限界状態

kre= 0.69	T(sec)	Sao(gal)
a0= 200	0.01	153
kro= 2.5	0.05	212
Tc= 0.4	0.10	286
Tc'= 0.14	0.14	345
	0.40	345
	0.60	230
	0.80	173
	1.00	138
	2.00	69
	5.00	28
	10.00	14

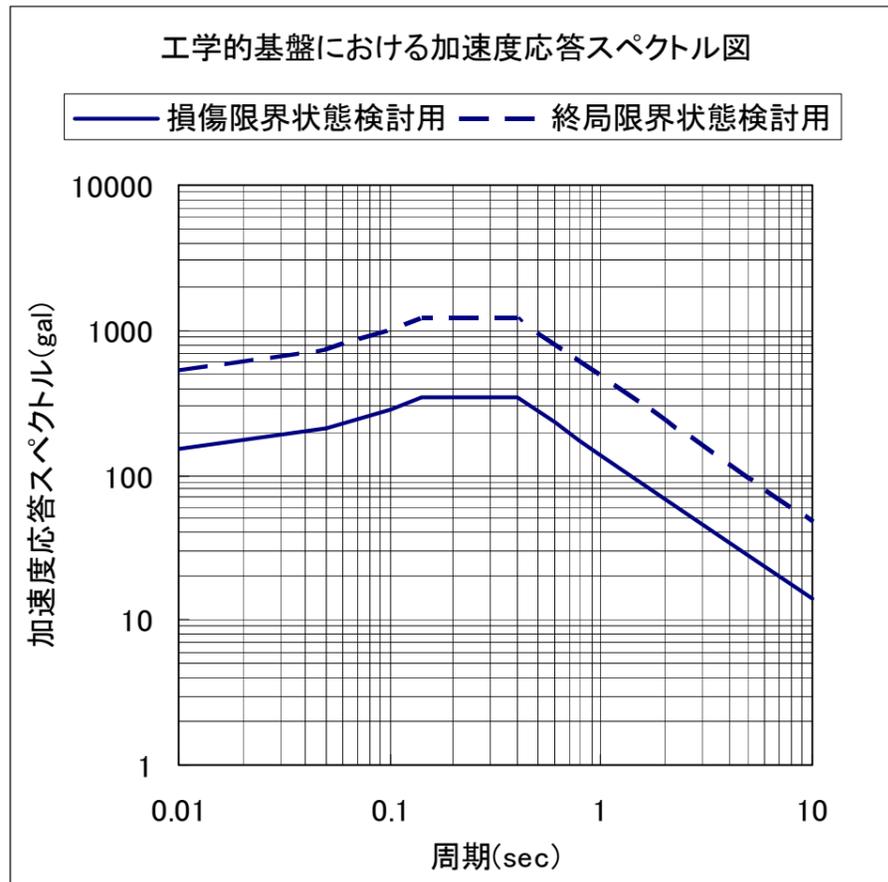


図-5.1 建築基礎構造設計指針による工学的基盤での加速度応答スペクトル

工学的基盤面上での基本最大加速度  $a_0$  は、図-5.2 の標準地震ハザードマップより求める。図-5.2 の代わりに、適切な統計的地震ハザード解析を行って  $a_0$  を評価することができる。

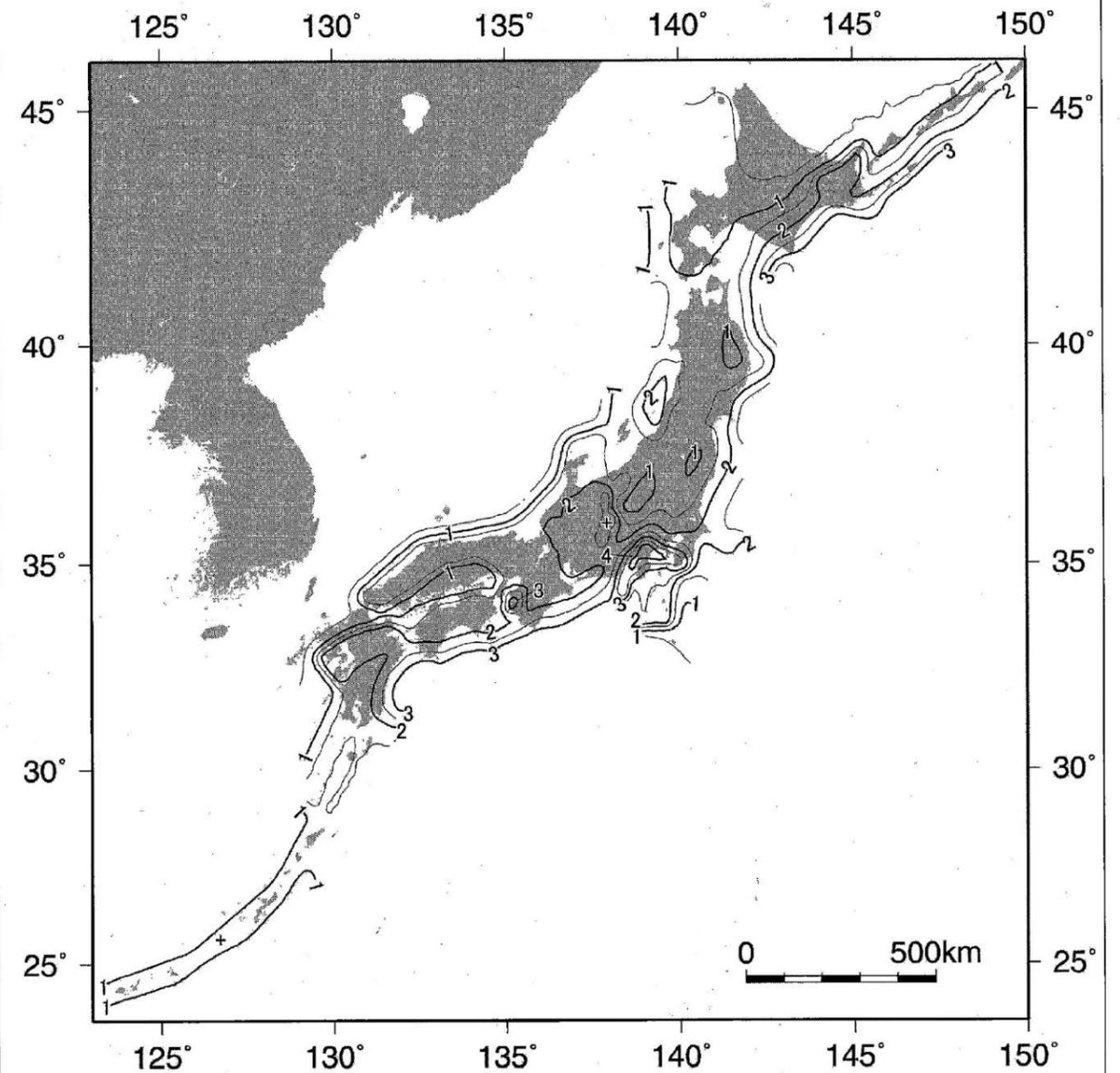


図-5.2 標準地震ハザードマップ：基本加速度  $a_0$  ( $m/s^2$ )  
 (工学的基盤面上における再現期間 100 年に対する最大水平加速度)  
 注) 図中の等値線は  $0.5m/s^2$  間隔とし、 $1m/s^2$  間隔で太線とした。  
 また、+は周辺より値が大きいことを示す。

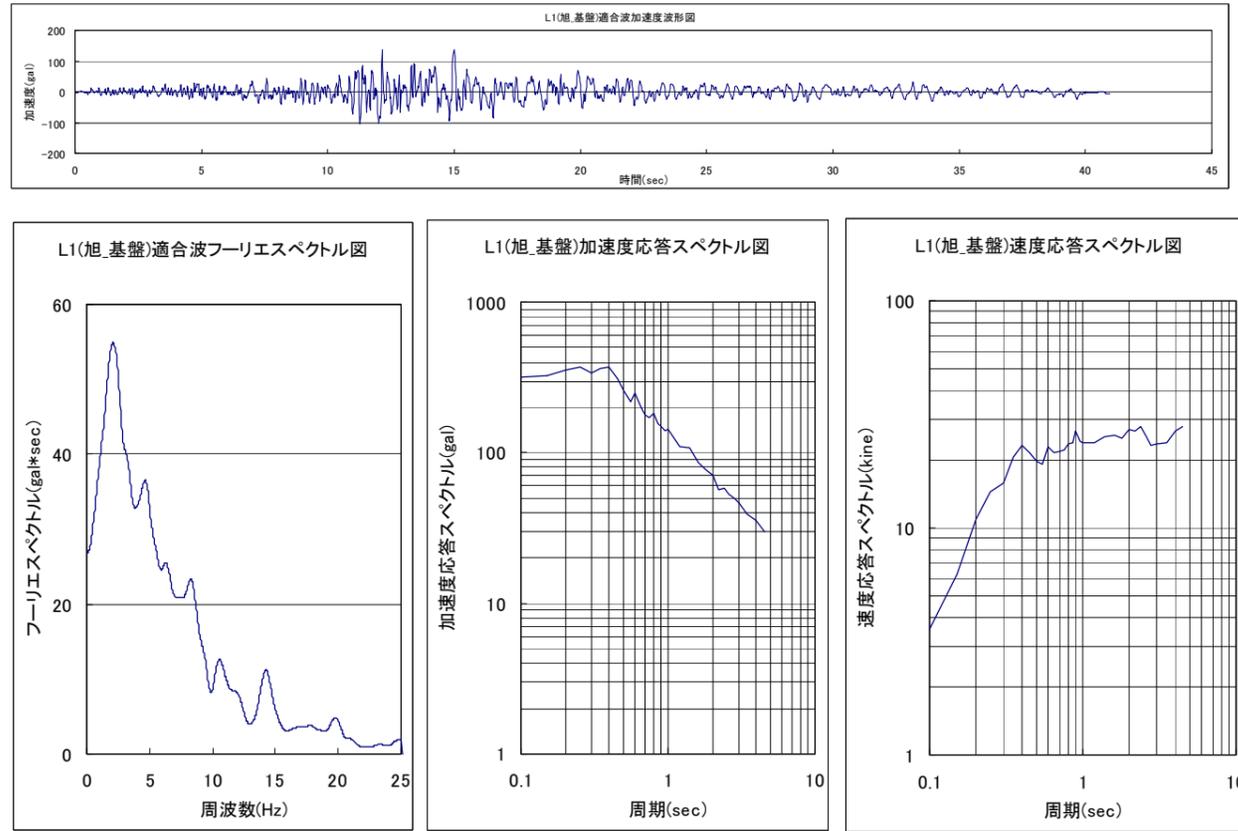


図-5.3 タイプ 1 (損傷限界状態検討用) 適合波

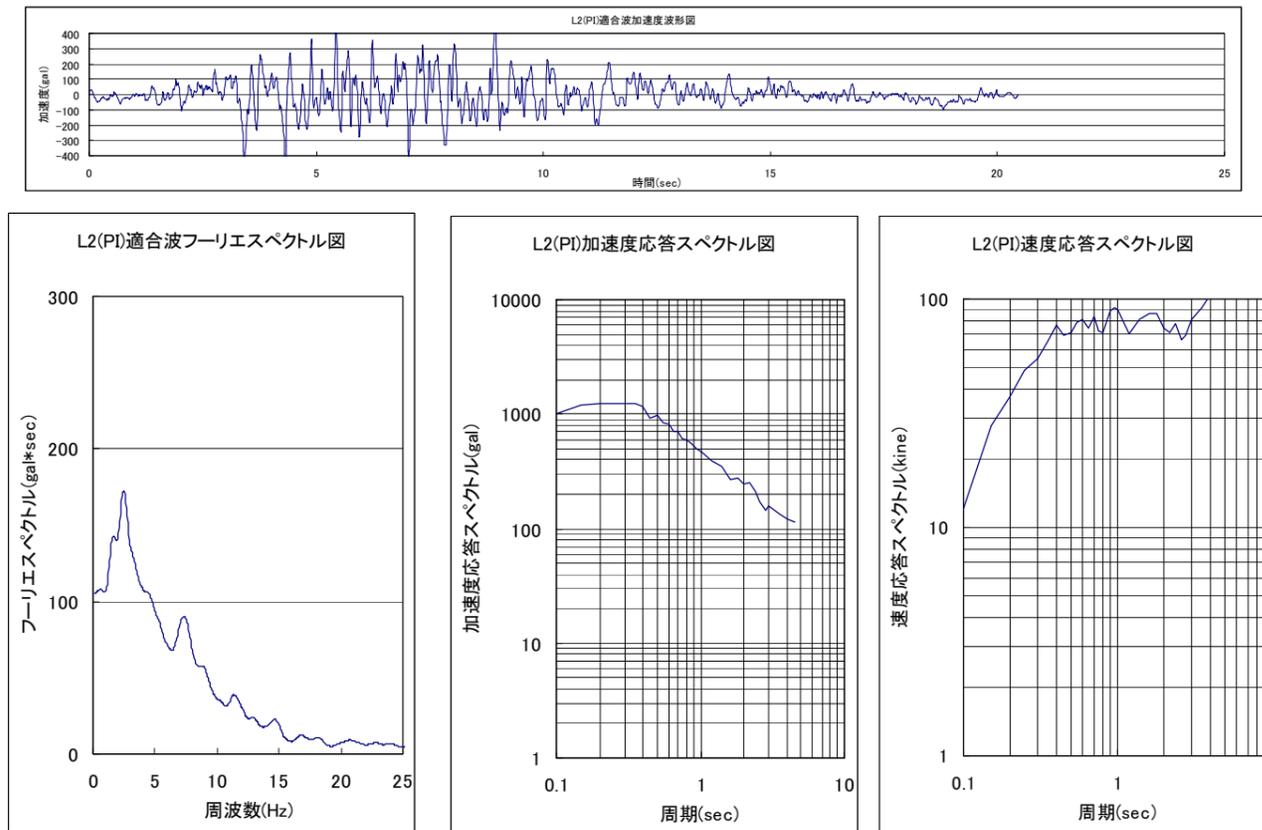


図-5.4 タイプ 3 (終局限界状態検討用) 適合波

2) タイプ 2 (東日本大震災の基盤位置での引き戻し地震動)

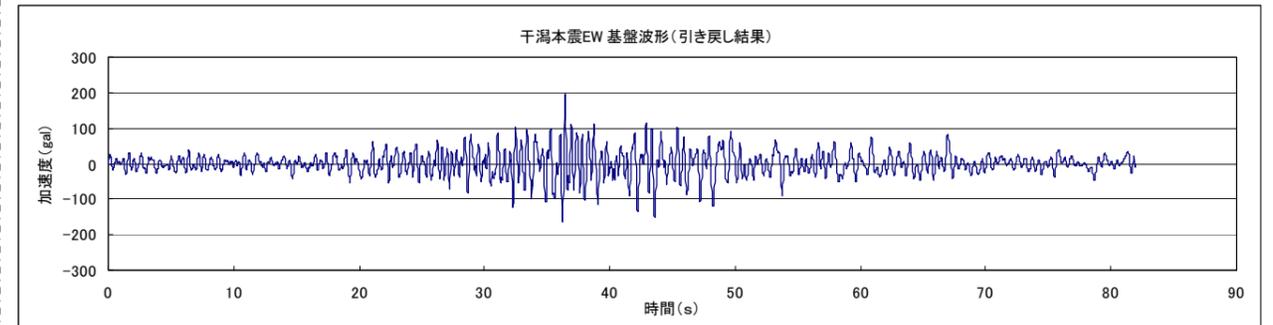
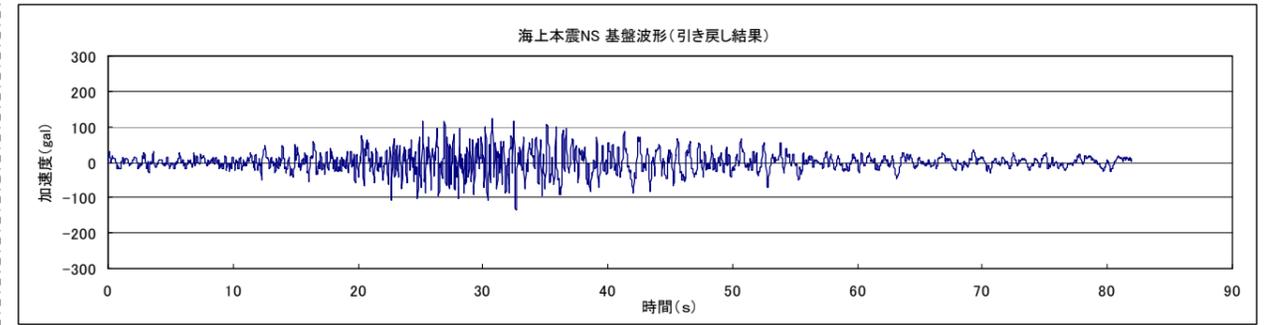
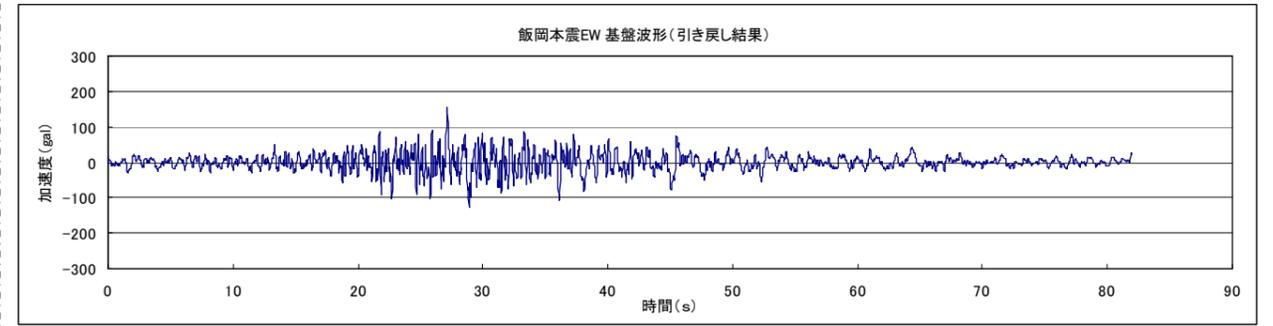
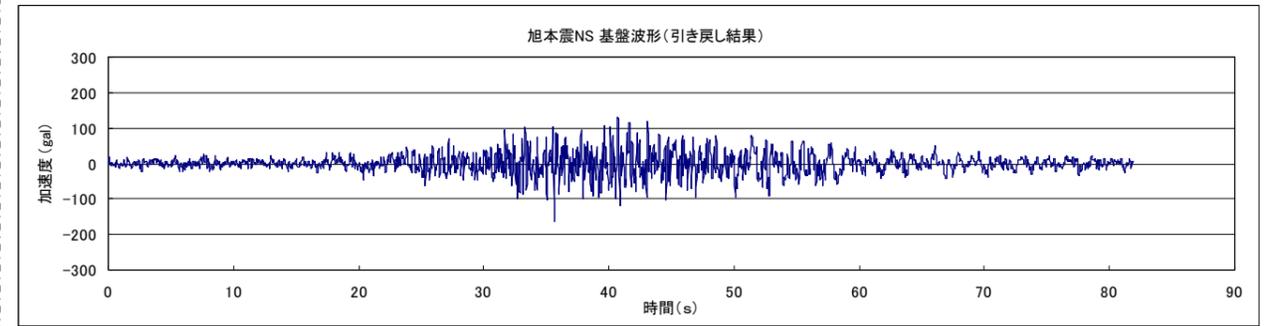
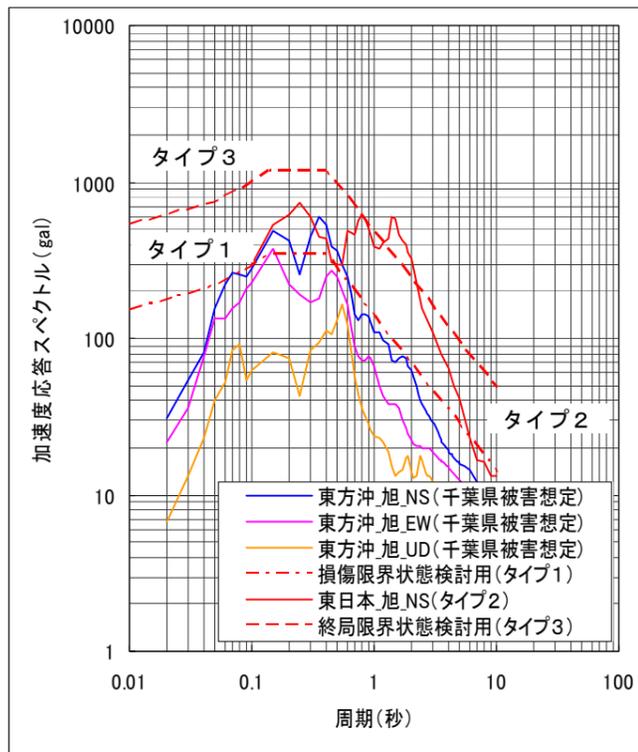


図-5.5 タイプ 2 (東日本大震災の基盤位置での引き戻し地震動)

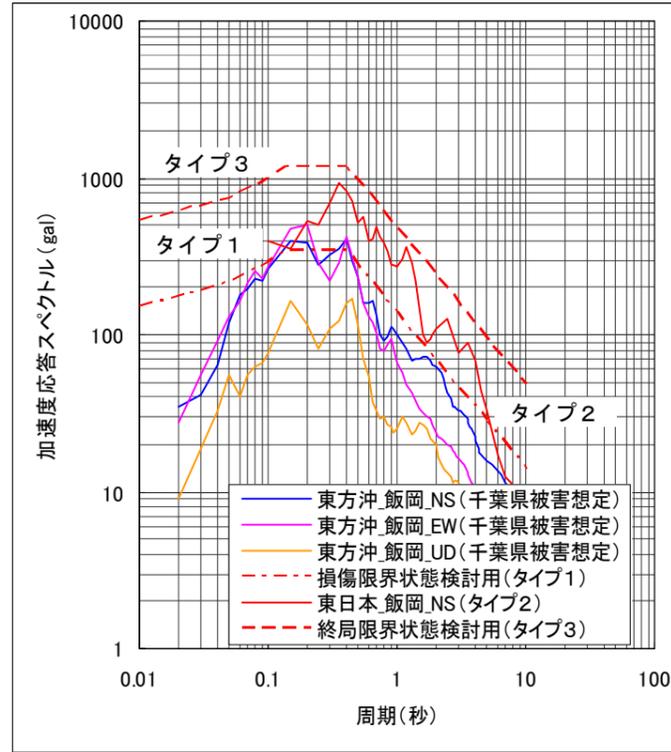
3) 千葉県地震被害想定調査における想定地震動に対する検討

a) 千葉県東方沖地震

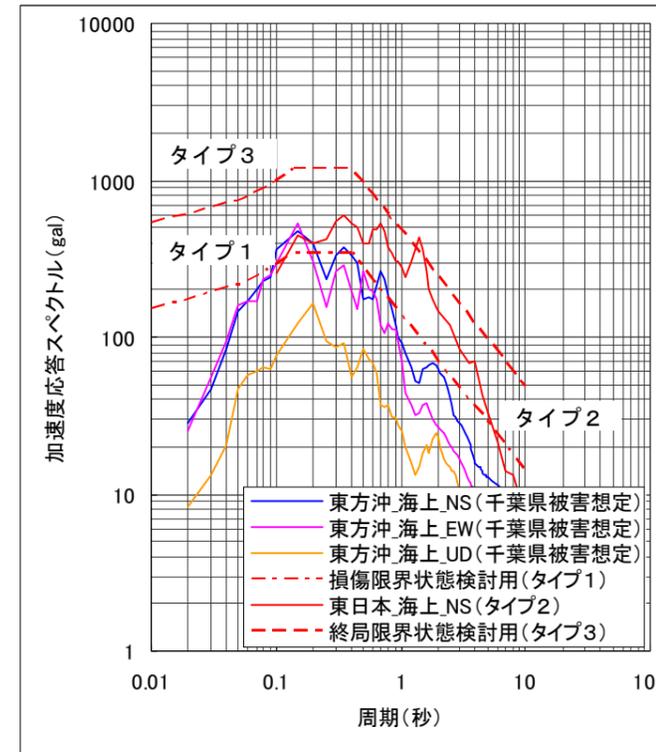
【旭】



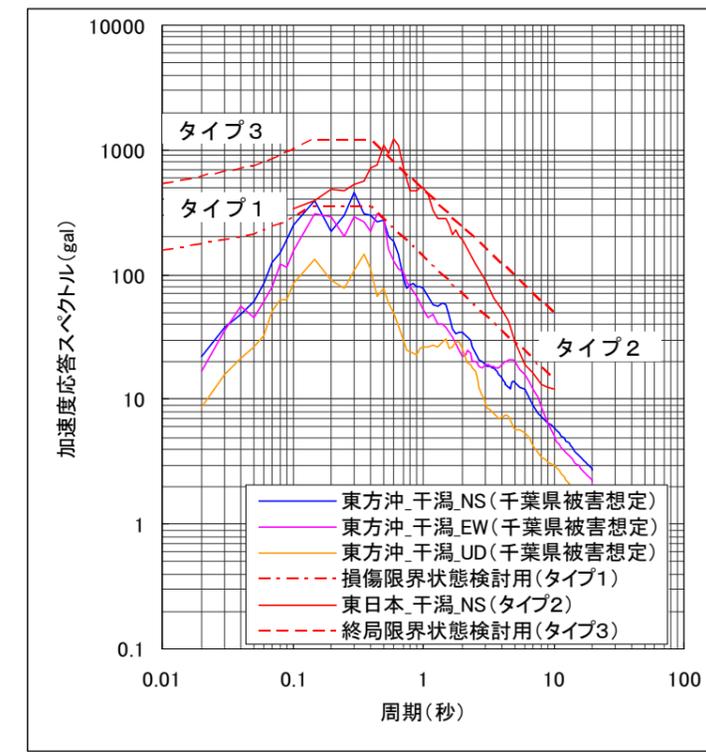
【飯岡】



【海上】



【干潟】



千葉県東方沖地震での各成分の応答スペクトルは、タイプ3（終局限界状態検討用）の応答スペクトルに概ね包含されることから、タイプ3に含めて考慮することとする。

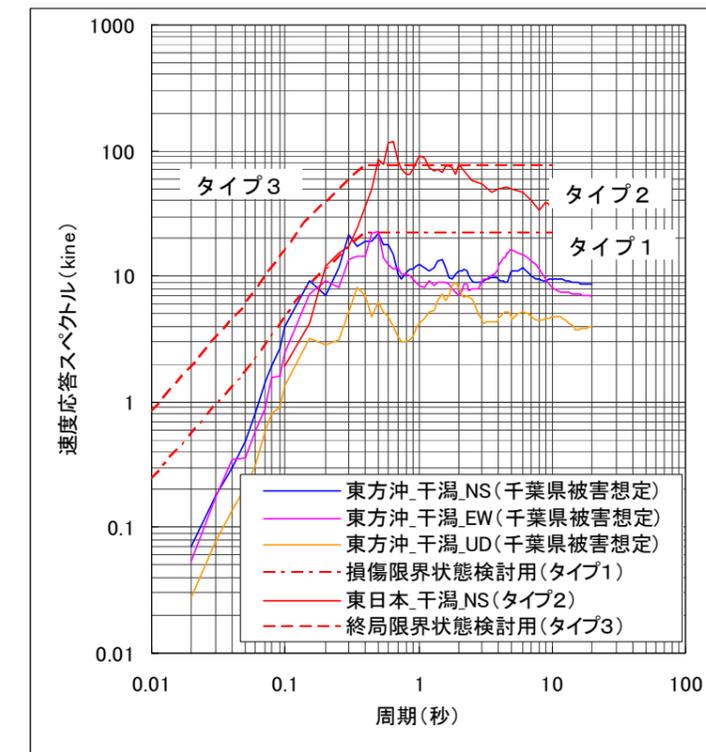
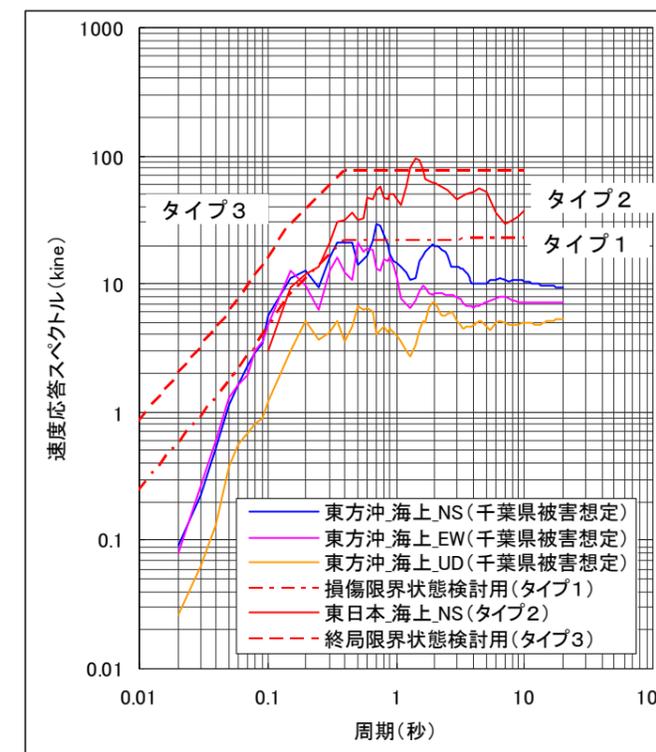
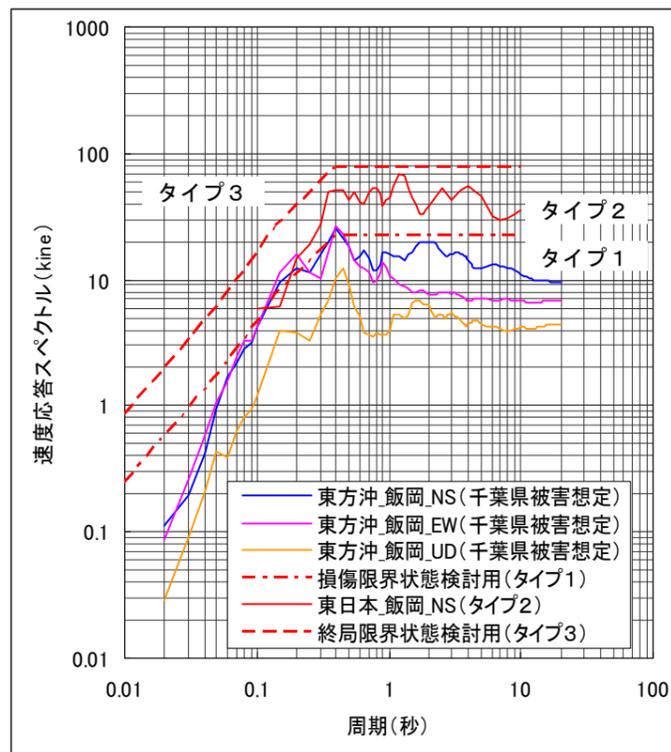
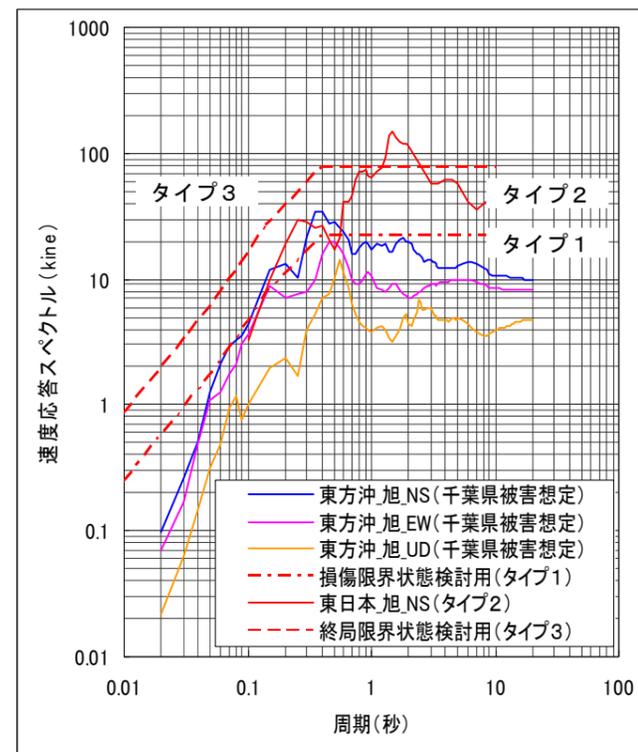
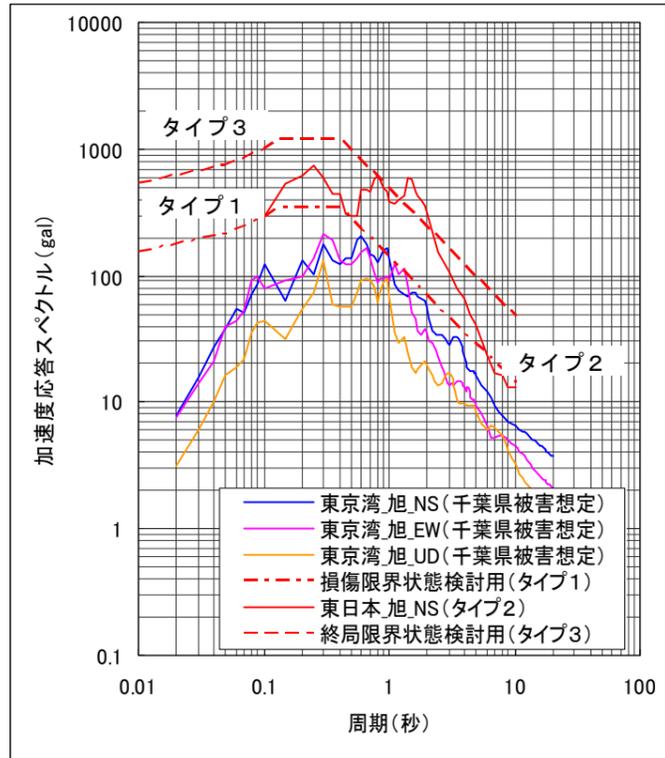


図-5.6 千葉県地震被害想定調査における想定地震動の基盤地震動分析（千葉県東方沖地震）

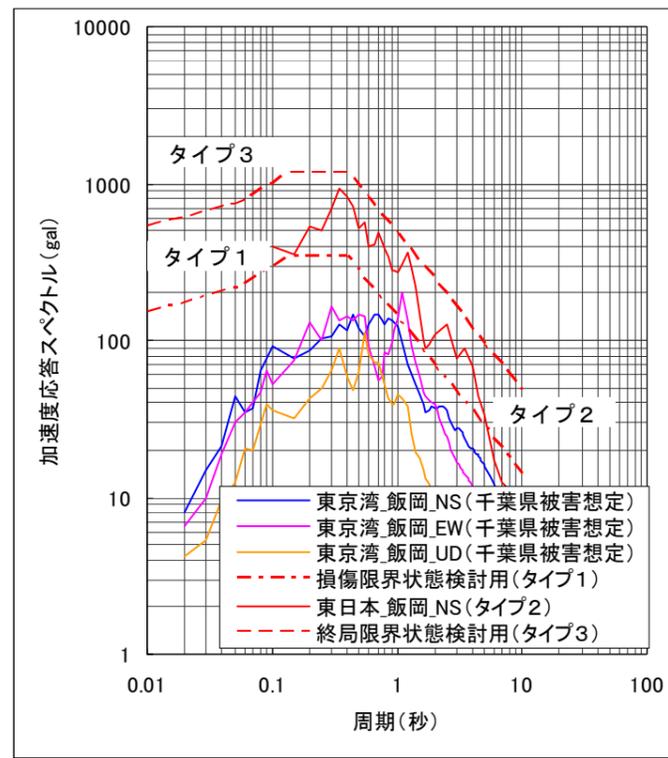
※千葉県地震被害想定地震動データは、千葉県防災危機管理部より入手

b) 東京湾北部地震

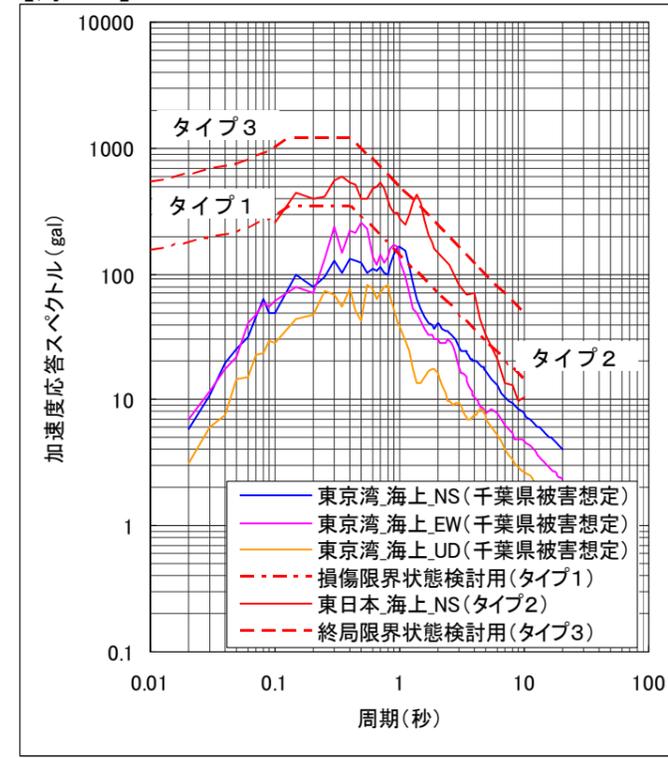
【旭】



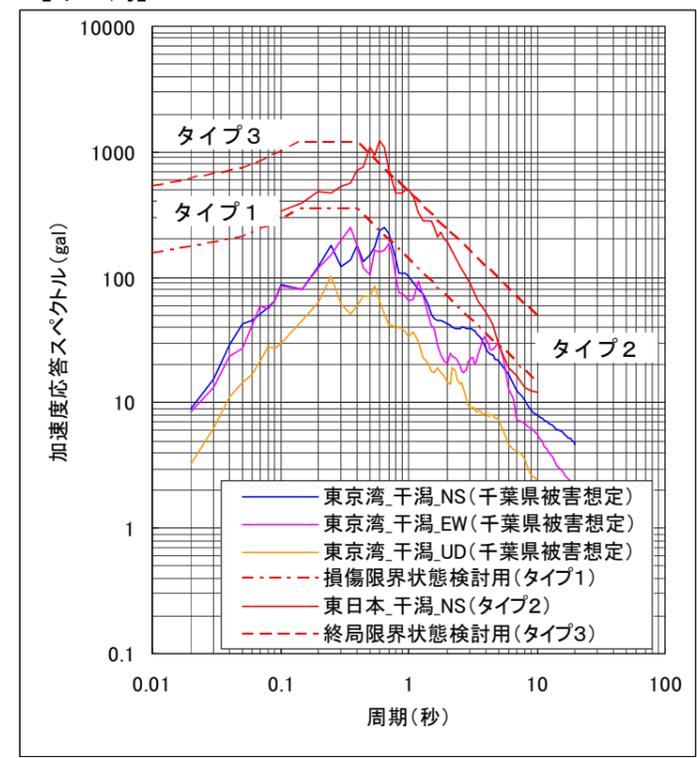
【飯岡】



【海上】



【干潟】



東京湾北部地震での各成分の応答スペクトルは、タイプ3（終局限界状態検討用）の応答スペクトルに概ね包含されることから、タイプ3に含めて考慮することとする。

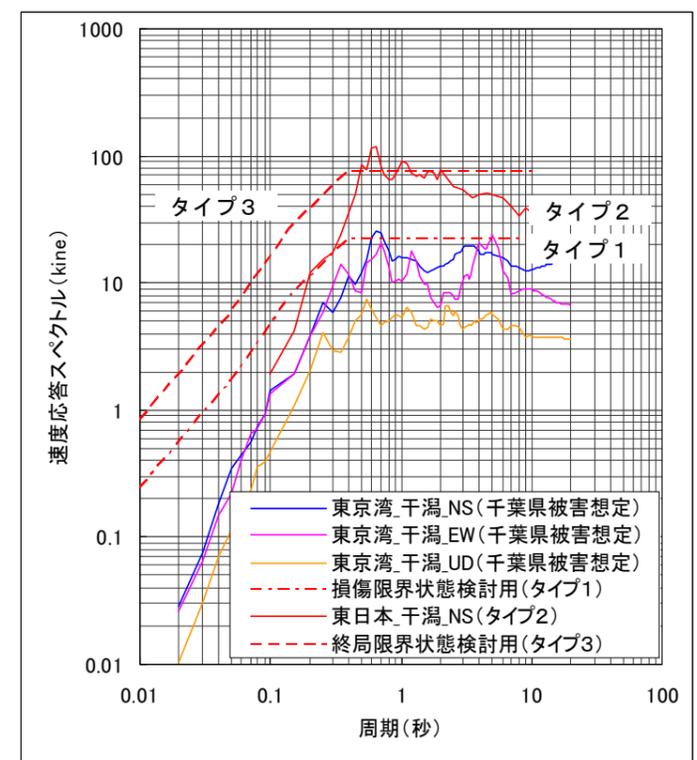
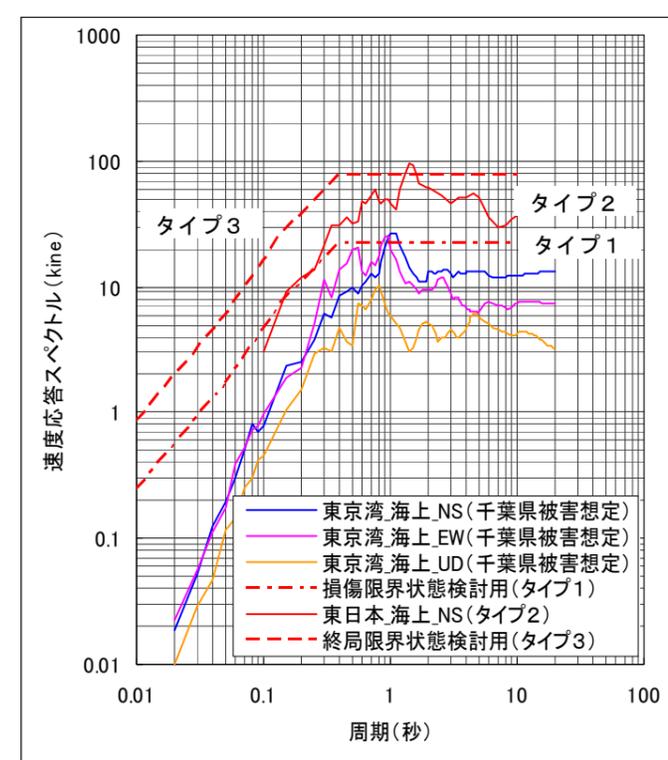
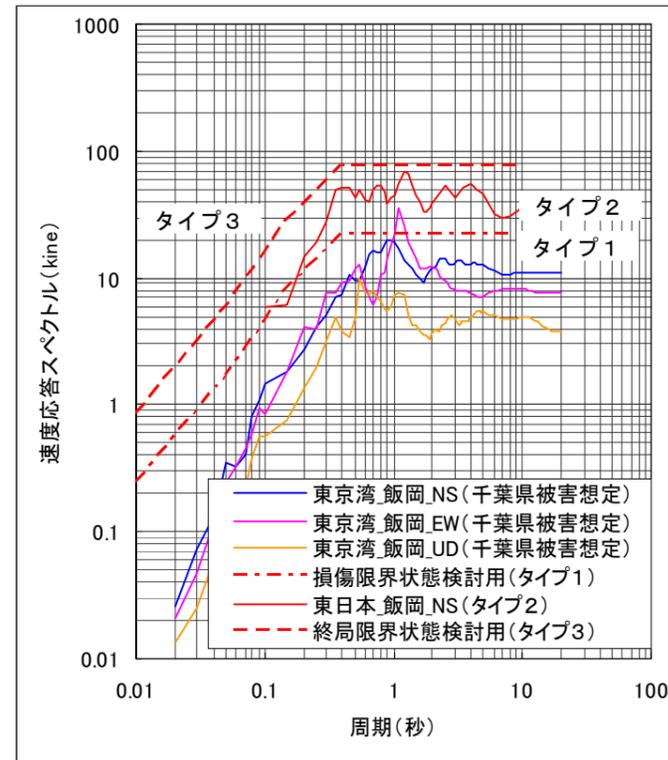
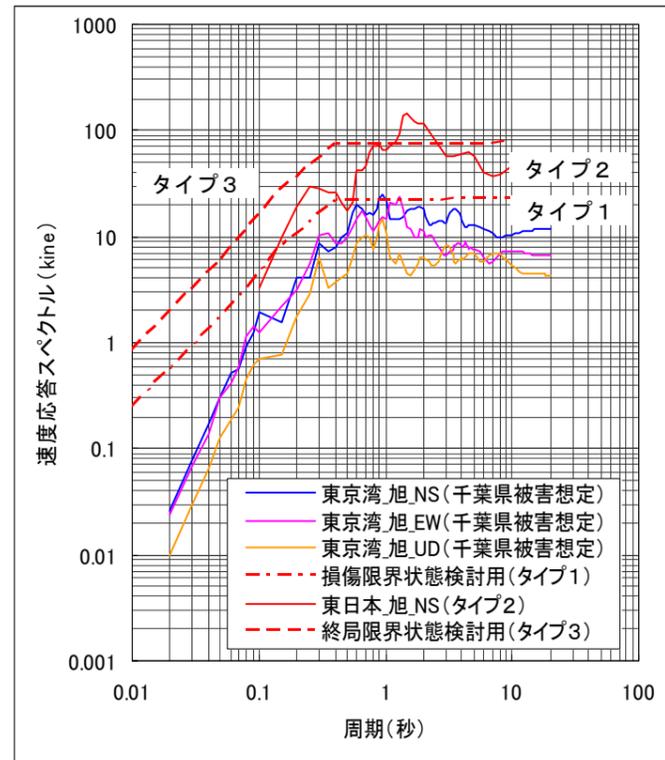


図-5.7 千葉県地震被害想定調査における想定地震動の基盤地震動分析（東京湾北部地震）

※千葉県地震被害想定地震動データは、千葉県防災危機管理部より入手

## 2. 再液状化の検討結果

### (1) 検討条件

#### 1) 考慮する地震動

- ①簡易法 (タイプ1、タイプ2、タイプ3)
- ②地震応答解析 (タイプ1、タイプ2、タイプ3)

#### 2) 解析手法

##### a) 地震時地中せん断力

- ①簡易法
- ②地震応答解析 (FDEL)

##### b) 液状化判定

- ①建築基礎構造設計指針

##### c) 地表面沈下量

- ①建築基礎構造設計指針
- ②高圧ガス設備等耐震設計指針

※次項より、検討位置を示す。

表-5.3 再液状化の検討試算結果一覧表

解析結果一覧表

地区	調査位置	簡易法・タイプ1地震					簡易法・タイプ2地震					簡易法・タイプ3地震					
		PL	H <sub>1</sub> (m)	H <sub>2</sub> (m)	Dcy(cm) <sup>※1</sup>	Dcy(cm) <sup>※2</sup>	PL	H <sub>1</sub> (m)	H <sub>2</sub> (m)	Dcy(cm) <sup>※1</sup>	Dcy(cm) <sup>※2</sup>	PL	H <sub>1</sub> (m)	H <sub>2</sub> (m)	Dcy(cm) <sup>※1</sup>	Dcy(cm) <sup>※2</sup>	
地震計位置	旭市役所	1.29	7.80	1.00	4.9	22.2	4.58	7.80	2.00	9.7	30.5	10.89	6.80	2.00	14.0	34.8	
	飯岡支所	0.00	20.00	0.00	0.0	1.9	0.00	20.00	0.00	0.0	2.9	0.79	1.30	0.50	0.8	4.9	
	海上支所	0.00	20.00	0.00	0.0	1.4	0.00	20.00	0.00	0.0	3.9	0.45	15.80	0.50	0.8	14.7	
	干潟支所	3.21	1.80	1.00	1.3	7.1	4.27	1.80	1.00	1.4	10.9	7.37	1.80	1.50	2.1	27.3	
液状化被害 家屋密集域 付近	旭地区	一般部 旭中央病院	2.11	1.30	0.50	1.4	11.9	3.08	1.30	0.50	2.2	8.1	7.29	1.30	0.50	4.1	11.0
		砂鉄鉱区 日の出保育所	13.90	2.30	2.50	25.2	46.9	16.62	2.30	2.50	26.3	47.5	20.21	2.30	2.50	27.0	31.8
	飯岡地区	津波避難タワー	0.55	5.80	1.00	0.7	5.1	1.82	5.80	2.00	1.7	7.2	5.26	5.80	2.00	2.3	6.2

地区	調査位置	地震応答解析・タイプ1地震					地震応答解析・タイプ2地震					地震応答解析・タイプ3地震					
		PL	H <sub>1</sub> (m)	H <sub>2</sub> (m)	Dcy(cm) <sup>※1</sup>	Dcy(cm) <sup>※2</sup>	PL	H <sub>1</sub> (m)	H <sub>2</sub> (m)	Dcy(cm) <sup>※1</sup>	Dcy(cm) <sup>※2</sup>	PL	H <sub>1</sub> (m)	H <sub>2</sub> (m)	Dcy(cm) <sup>※1</sup>	Dcy(cm) <sup>※2</sup>	
地震計位置	旭市役所	0.00	20.00	0.00	0.0	1.9	2.35	7.80	1.00	7.1	25.4	5.14	6.80	2.00	9.0	31.0	
	飯岡支所	0.00	20.00	0.00	0.0	3.2	0.71	1.30	0.50	0.3	8.9	1.80	1.30	0.50	0.8	5.8	
	海上支所	0.00	20.00	0.00	0.0	0.0	0.00	20.00	0.00	0.0	0.0	1.42	1.30	0.50	0.1	16.9	
	干潟支所	1.86	1.80	1.00	1.0	11.6	5.61	1.80	1.50	1.9	28.6	6.07	1.80	1.50	1.2	18.5	
液状化被害 家屋密集域 付近	旭地区	一般部 旭中央病院	1.20	1.30	0.50	0.6	8.7	3.17	1.30	0.50	0.9	6.6	6.99	1.30	0.50	3.1	10.3
		砂鉄鉱区 日の出保育所	5.15	2.30	2.50	21.6	28.1	14.64	2.30	2.50	32.0	47.5	14.29	2.30	2.50	32.3	46.9
	飯岡地区	津波避難タワー	0.44	5.80	1.00	0.6	4.8	2.89	5.80	2.00	2.0	9.7	7.09	3.80	1.00	3.1	7.3

※1:「建築基礎構造設計指針」による手法

※2:「高圧ガス設備等耐震設計指針」による手法

: H<sub>1</sub><3m もしくは Dcy>10cm

- ・簡易法と地震応答解析による再液状化の判定結果を一覧に示す。
- ・PL、Dcyともに、簡易法が若干大きめの値となった。
- ・簡易法、地震応答解析ともにタイプ1→タイプ3の順にPL、Dcyの値が大きくなる傾向を示す結果となった。
- ・飯岡支所は簡易法でタイプ3、応答解析でタイプ2、3で液状化する結果となった。また海上支所はタイプ3のみ液状化する結果となった。他の地域はすべての地震動で液状化する結果となった。
- ・津波避難タワーは、どの地震に対しても液状化は生じるが、影響がある変位は生じない結果 (H<sub>1</sub>≥3m かつ Dcy≤10cm) となった。