

電源開発株式会社  
大間原子力発電所

意見聴取会指摘事項について  
(地震関係：その2)

平成16年8月  
原子力発電安全審査課

# 目 次

1. 模擬地震動の経時特性の影響について

1. 模擬地震動の経時特性の影響について

- 1) 設計用模擬地震動 $S_2-D$ の作成における経時特性の考え方について説明すること。
- 2) 設計用模擬地震動を作成する際に、周期2秒以上の地震波の扱いについて説明すること。

## 1.1 はじめに

申請者は基準地震動 $S_2$ の策定にあたって、設計用限界地震及び直下地震の応答スペクトルを包絡して設計用応答スペクトル $S_2-D$ を設定し、Ohsaki(1979)<sup>(1)</sup>による経時特性に一様乱数の位相を持つ正弦波の重ね合わせによって、設計用模擬地震動 $S_2-D$ として1波を作成している。なお、設計用模擬地震動の目標応答スペクトルは、周期2秒から周期5秒まで速度一定としている。

ここでは、模擬地震動の作成に用いる経時特性の違いが原子炉建屋の応答へ及ぼす影響について検討するために、設計用応答スペクトル $S_2-D$ を目標応答スペクトルとし、Ohsaki(1979)による経時特性に一様乱数の位相を用いた場合と、観測記録の位相を用いた場合について正弦波の重ね合わせにより模擬地震動を作成し、建屋の応答解析を行っている。

## 1.2 模擬地震動で考慮する経時特性

### (1) Ohsaki(1979)による経時特性を用いる場合

Ohsaki(1979)による経時特性は、図-1.1 に示す包絡形でモデル化されている。

包絡形の継続時間は下式による。

$$T_d = 10^{0.31M - 0.774}$$

ここで、

$T_d$ :地震動の振幅が最大振幅の1/10となるまでの継続時間(秒)

$M$ :地震のマグニチュード

図-1.1 の $T_b$ ,  $T_c$ は表-1.1 に示す値による。また、位相としては一様乱数の位相を用いている。

## (2) 観測記録による経時特性を用いる場合

大間地点における 1992 年青森県東方沖の地震(マグニチュード(M)6.3, 震源距離( $X$ )=114km)及び 2003 年十勝沖地震(M8.0,  $X$ =270km)の観測記録の位相を用いている。これらの地震の震源は大間地点から遠距離であることから、震源との距離が近い観測記録として、神戸海洋気象台における 1995 年兵庫県南部地震(M7.3,  $X$ =23km)の観測記録の位相を用いている。

上述の地震の諸元を表-1.2 に示し、加速度波形を図-1.2 に示す。なお、大間地点における観測記録は、解放基盤相当位置である T.P.-207.5m のはぎとり波を用いている。

## 1.3 模擬地震動の作成

検討のために作成する模擬地震動の包絡形、位相特性を表-1.3 に示す。同表中に示すように、設計用模擬地震動 $S_2-D$ の作成条件と同じく、設計用模擬地震動 $S_2-D$ の目標応答スペクトルの周期2秒以上については周期5秒まで速度一定として、検討に用いる模擬地震動を作成している。

Ohsaki(1979)による経時特性を用いる場合は、設計用模擬地震動 $S_2-D$ を含め、一様乱数位相による模擬地震動6波を作成し、継続時間はいずれも 63 秒としている。

一方、観測記録の経時特性を用いる場合は、前述の3地震の観測記録について、それぞれNS、EW方向の位相による模擬地震動6波を作成している。なお、観測記録の位相については、目視により抽出したS波初動部以降の波形を用いている。

設計用模擬地震動 $S_2-D$ を含む一様乱數位相による模擬地震動6波を図-1.3 に示し、観測記録の位相を用いて作成した模擬地震動6波を図-1.4 に示す。

#### 1.4 1自由度系モデルによる建屋弾塑性応答解析

上述の模擬地震動12波を用いて、1自由度系モデルによる建屋弾塑性応答解析を行っている。

##### (1) 1自由度系モデルの作成

以下の条件により、建屋の弾塑性応答解析モデルを設定している。

- ① 大間原子力発電所原子炉建屋(以下「R/B」という。)を対象とし、せん断変形を考慮した1自由度系モデルとする。
- ② 建屋重量は、R/Bの総重量から基礎版の重量を差し引いた、 $1.5 \times 10^6 \text{kN}$ とする。
- ③ 1次固有周期は、R/Bの1次固有周期を参考に、0.3秒とする。
- ④ 復元力特性として、スケルトンカーブはR/Bの平均的なせん断応力度( $\tau$ )－歪度( $\gamma$ )関係を設定し、履歴ループは最大点指向型モデルを採用する。
- ⑤ 減衰は5%とする。

解析モデルと履歴ループを図-1.5 に示し、 $\tau - \gamma$  関係を図-1.6 に示す。

## (2) 入力地震動

上述の1自由度系モデルに対する入力地震動として、「1.3 模擬地震動の作成」で作成した模擬地震動 12 波を用いた解析に加え、仮に模擬地震動の2倍を入力した解析も行っている。

## (3) 解析結果

表-1.4 に解析結果を示し、図-1.7 に各入力倍率における最大応答せん断歪度をスケルトンカーブ上に示す。

これらの図表から、今回の検討条件では以下の結果が得られたとしている。

- ① 作成した模擬地震動 12 波を入力した場合は全て弾性応答範囲に収まり、一様乱数位相及び観測記録の位相にかかわらず、応答結果は同様の値となっている。
- ② 模擬地震動の2倍を入力した場合の応答は非線形領域に入り、観測記録の位相による場合は、一様乱数位相による場合よりも多少ばらつくものの、観測記録の位相と一様乱数位相による応答結果に顕著な違いは見られない。

## 1.5 まとめ

設計用応答スペクトル $S_2-D$ に対して、Ohsaki(1979)による経時特性及び観測記録による経時特性を用いた模擬地震動を作成し、建屋応

答解析を行った結果、応答結果は経時特性によらず同様の値になっているとしている。

なお、仮に模擬地震動の2倍を入力した場合でも、応答結果に顕著な違いは見られなかったとしている。

以上のことから、大間原子力発電所の原子炉建屋(R/B)のような建物・構築物を対象とした場合においては、模擬地震動の経時特性の違いが建屋応答へ及ぼす影響は小さいと考えられる。

参考文献

- (1) Ohsaki Yorihiro (1979) : Guideline for Evaluation of Basic Design  
Earthquake Ground Motions

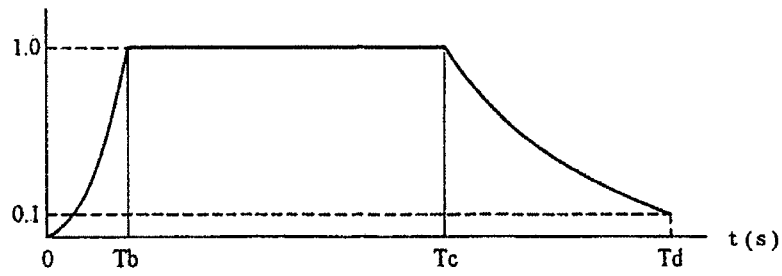


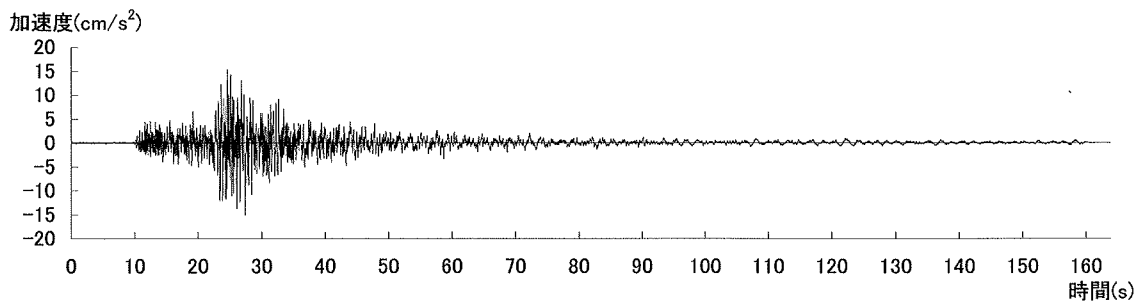
図-1.1 Ohsaki(1979)の経時特性

表-1.1 Ohsaki(1979)の経時特性の時間比

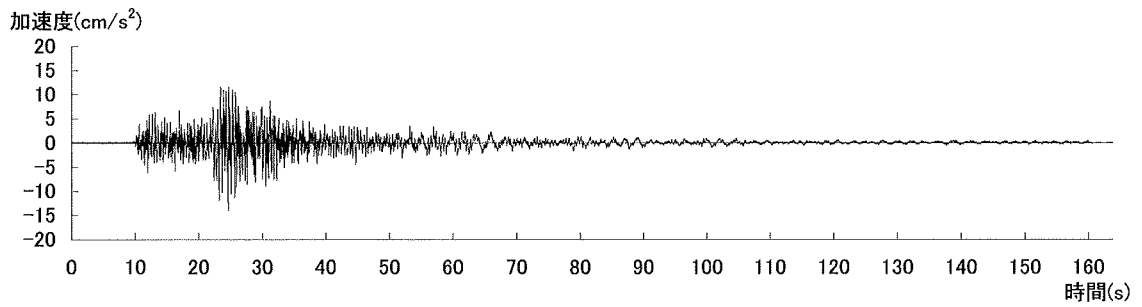
マグニ チュード	Tb/Td	Tc/Td
8	0.08	0.46
7	0.12	0.50
6	0.16	0.54

表-1.2 考慮した観測記録の地震諸元

地震名	震央位置		地震規模 M	震源距離 X(km)	観測地点	備考
	緯度	経度				
1992年 青森県東方沖の地震	41° 27.7'	142° 2.3'	6.3	114	大間地点 (T.P.-207.5m)	遠距離地震
2003年 十勝沖地震	41° 46.5'	144° 4.9'	8.0	270		
1995年 兵庫県南部地震	34° 36'	135° 3'	7.3	23	神戸海洋気象台(地表)	近距離地震

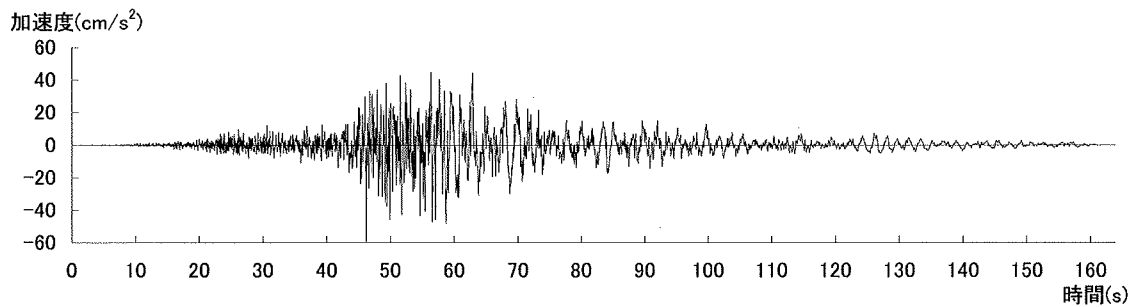


(a) NS成分

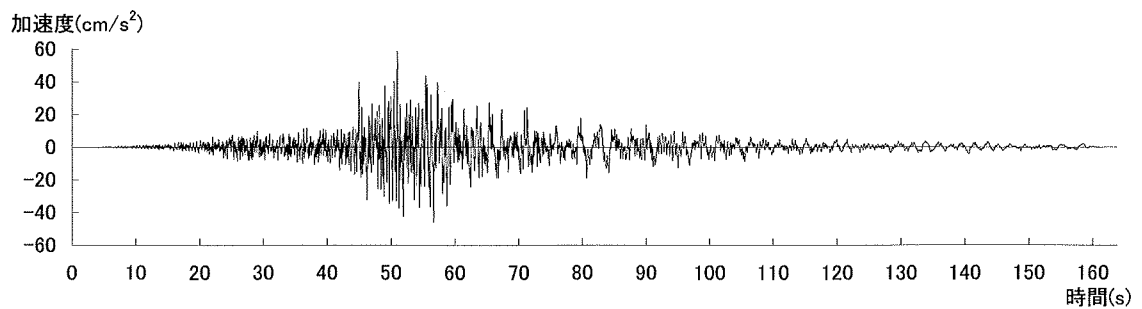


(b) EW成分

図-1.2(1) 1992年青森県東方沖の地震の加速度波形(T.P.-207.5m はぎとり波)

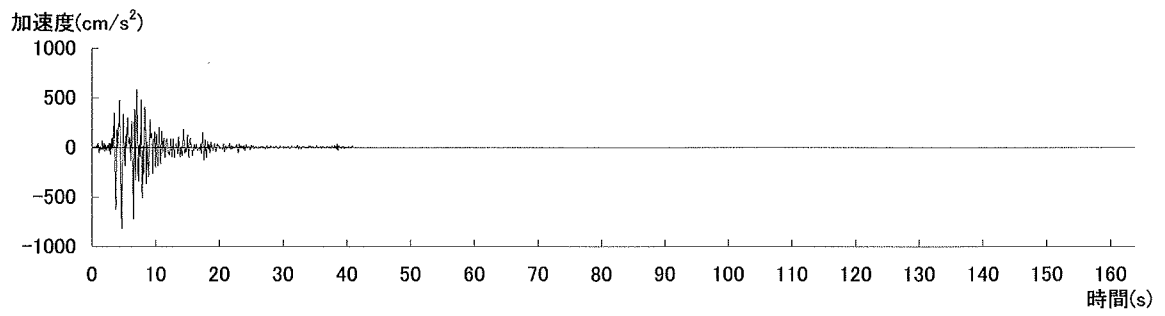


(a) NS成分

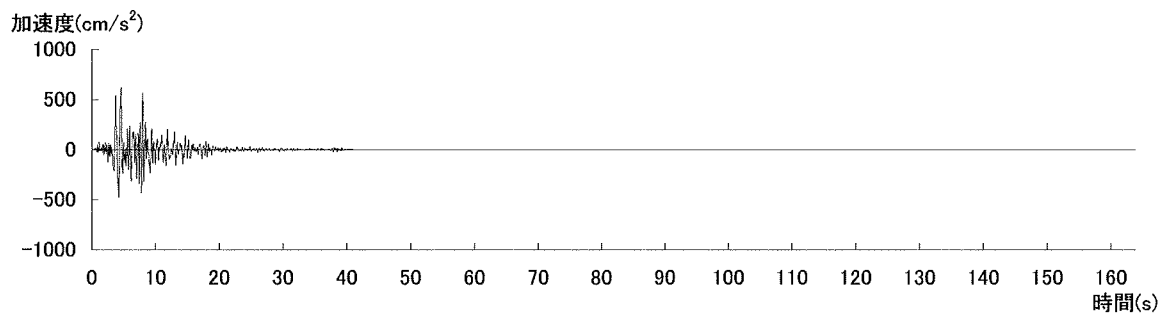


(b) EW成分

図-1.2(2) 2003年十勝沖地震の加速度波形(T.P.-207.5m はぎとり波)



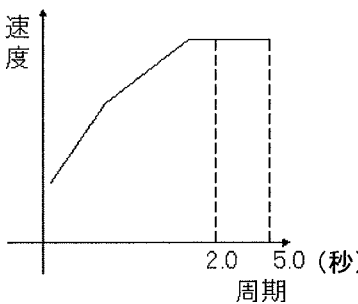
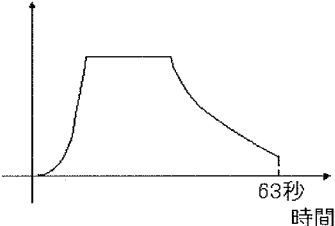
(a) NS成分



(b) EW成分

図-1.2(3) 1995年兵庫県南部地震の加速度波形(神戸海洋気象台)

表-1.3 模擬地震動の包絡形, 位相特性

目標応答スペクトル	経時特性(包絡形、位相特性)		備考
<p>設計用模擬地震動 S<sub>2</sub>-D</p> 	<p>Ohsaki(1979)の経時特性</p> 	<p>乱数 0 *</p> <p>乱数 1</p> <p>乱数 2</p> <p>乱数 3</p> <p>乱数 4</p> <p>乱数 5</p>	<p>* :設計用模擬地震動 S<sub>2</sub>-D</p>
	<p>1992年青森県東方沖の地震 の観測記録(大間地点)</p>	<p>NS</p> <p>EW</p>	<p>S波初動部以降の波形 を用いて模擬地震動を 作成する</p>
	<p>2003年十勝沖地震 の観測記録(大間地点)</p>	<p>NS</p> <p>EW</p>	
	<p>1995年兵庫県南部地震 の観測記録(神戸海洋気象台)</p>	<p>NS</p> <p>EW</p>	

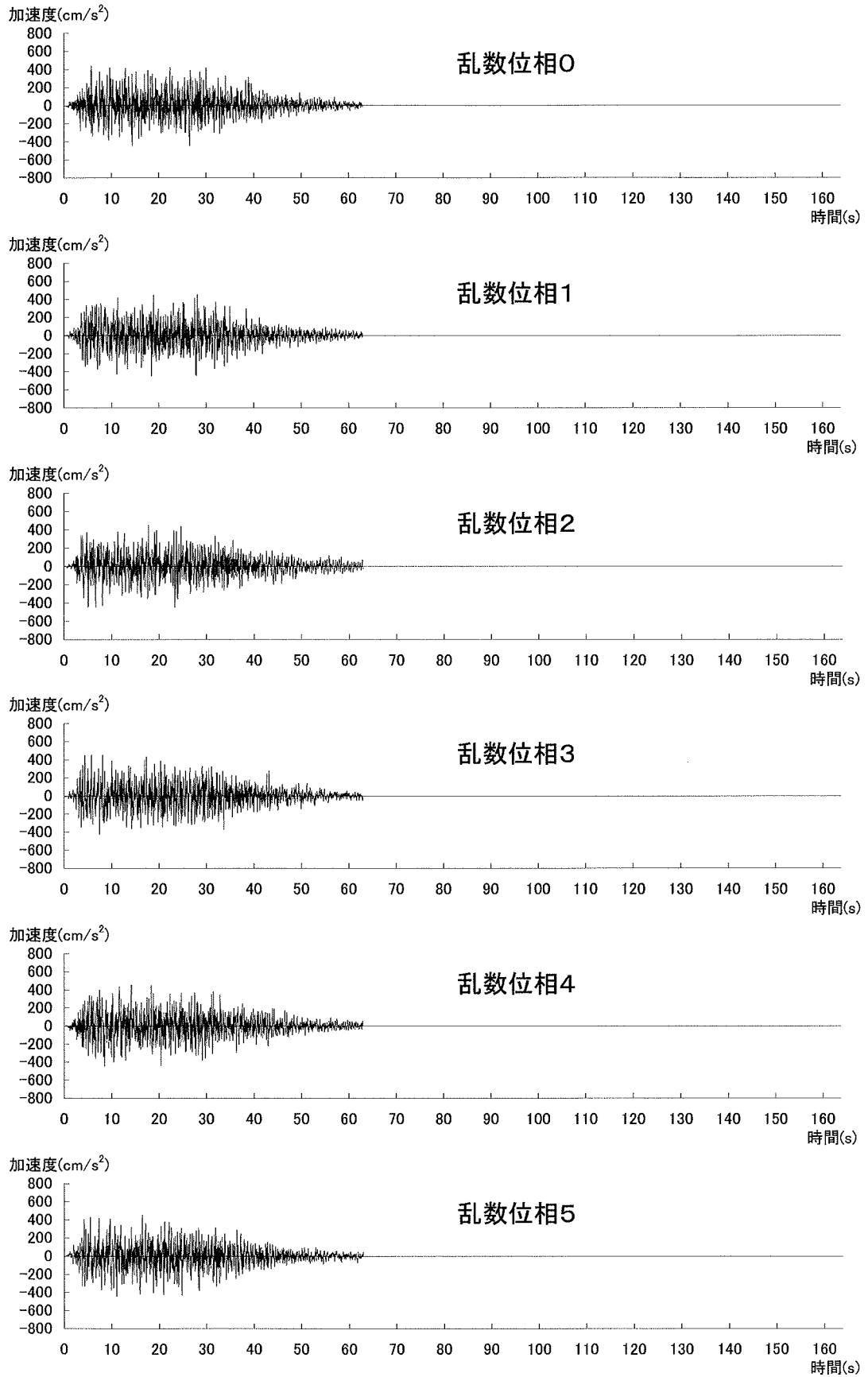


図-1.3 一様乱数位相を用いた模擬地震動

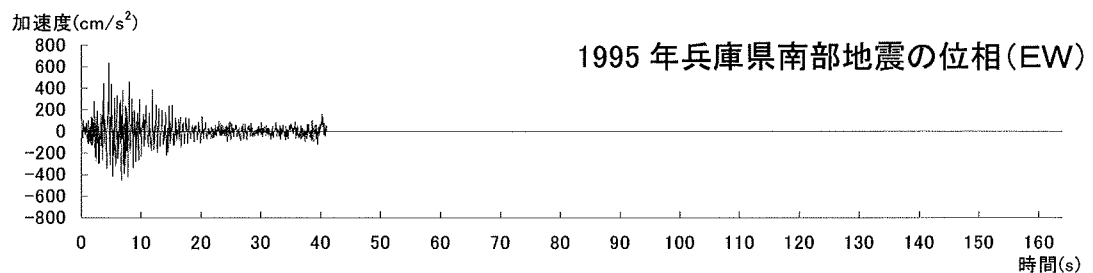
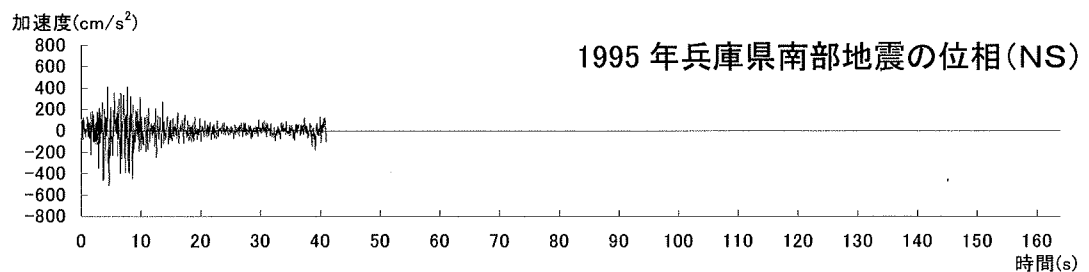
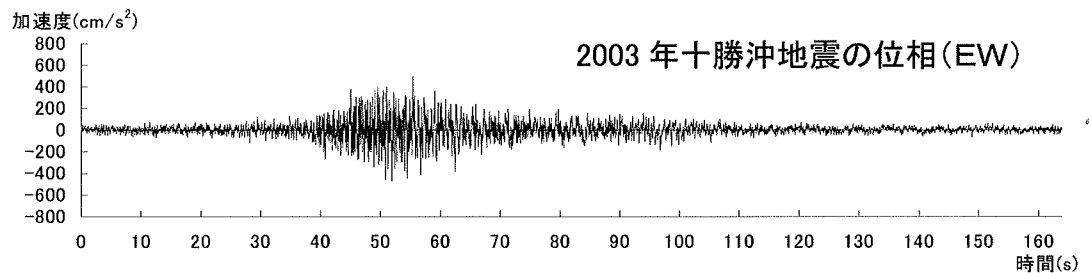
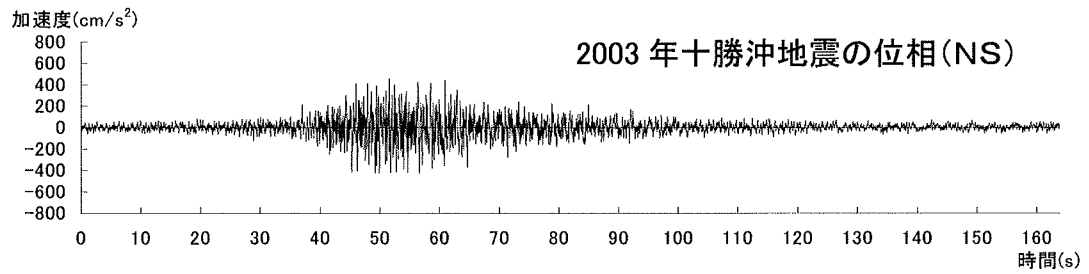
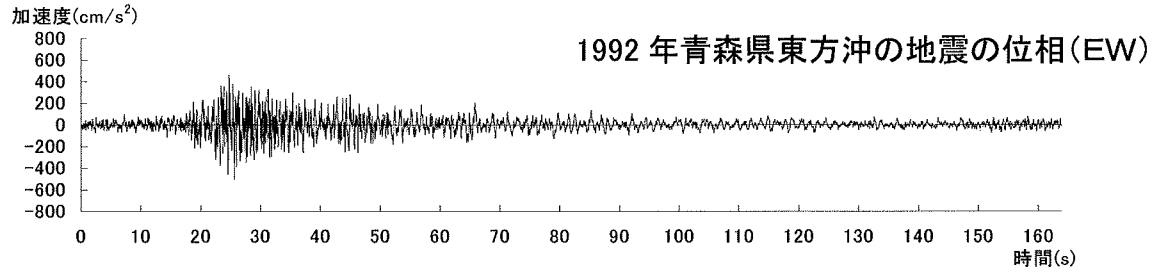
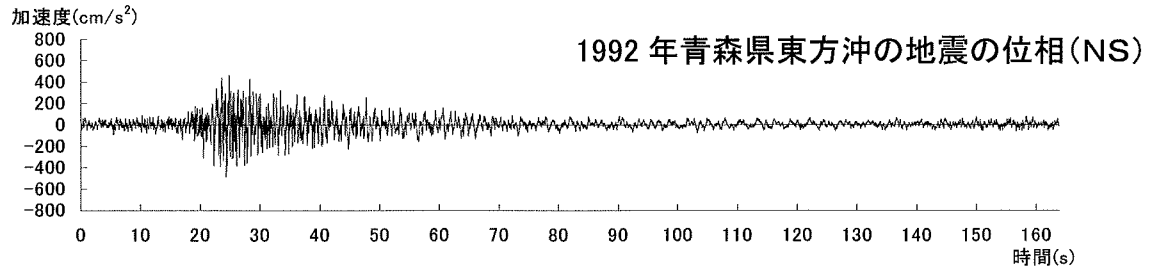


図-1.4 観測記録の位相を用いた模擬地震動

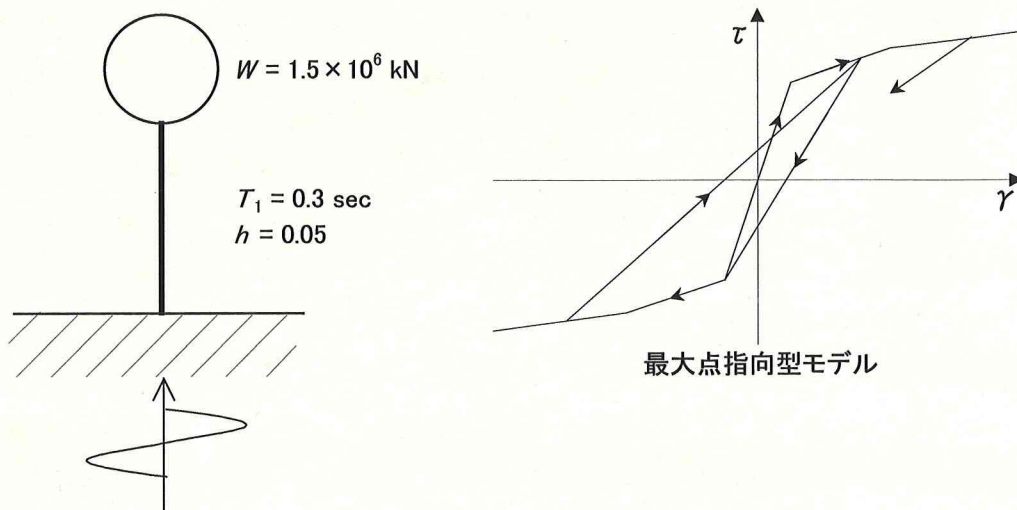


図-1.5 解析モデルと履歴ループ

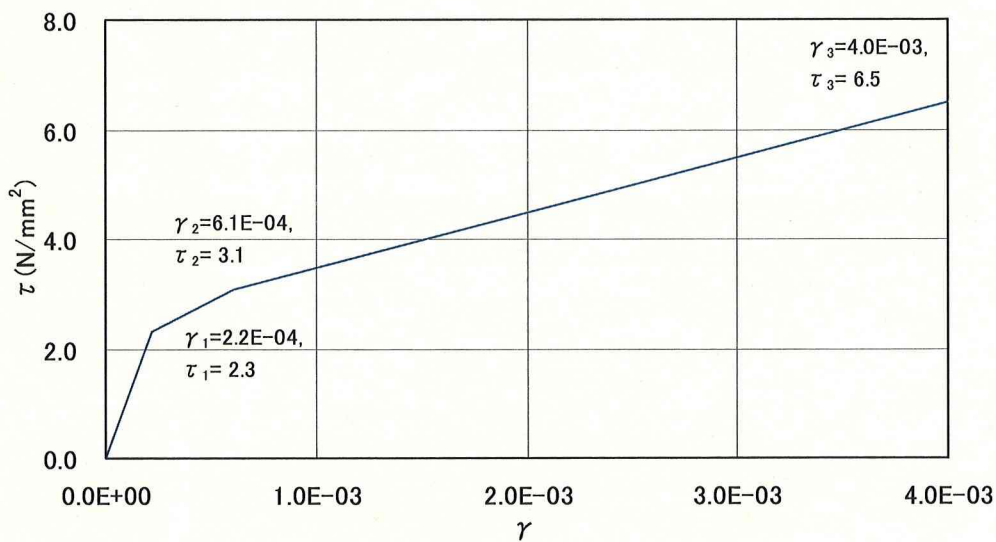
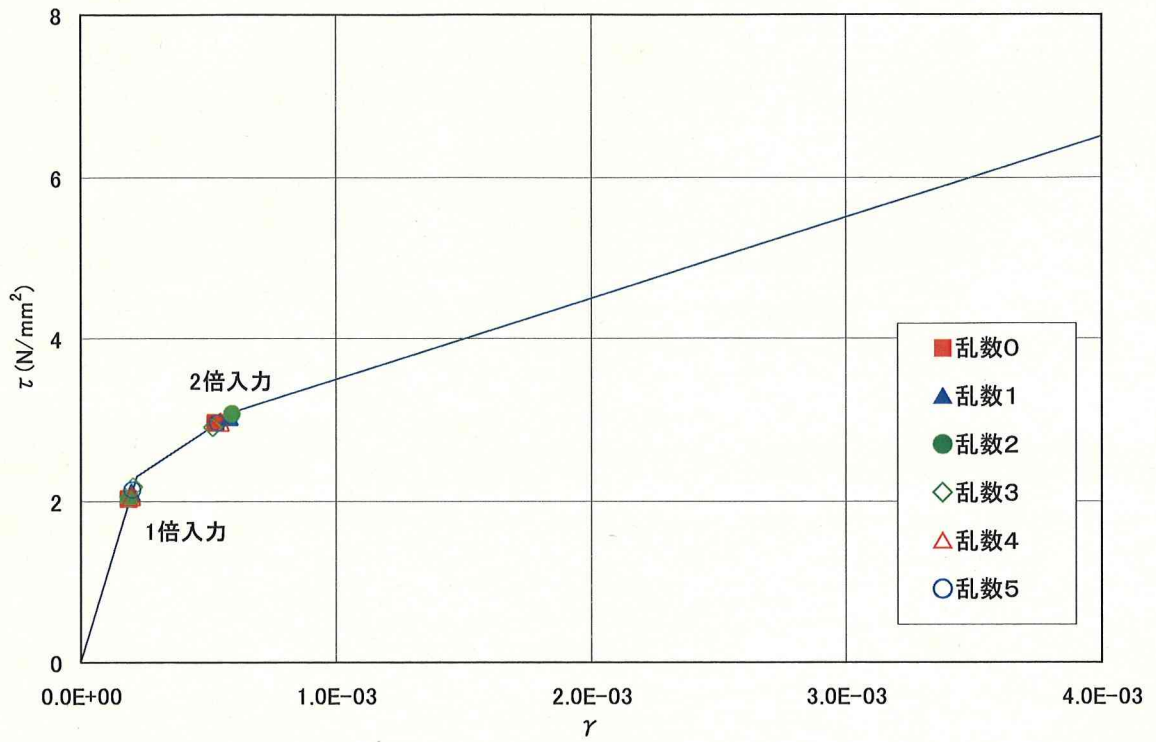


図-1.6  $\tau - \gamma$  関係

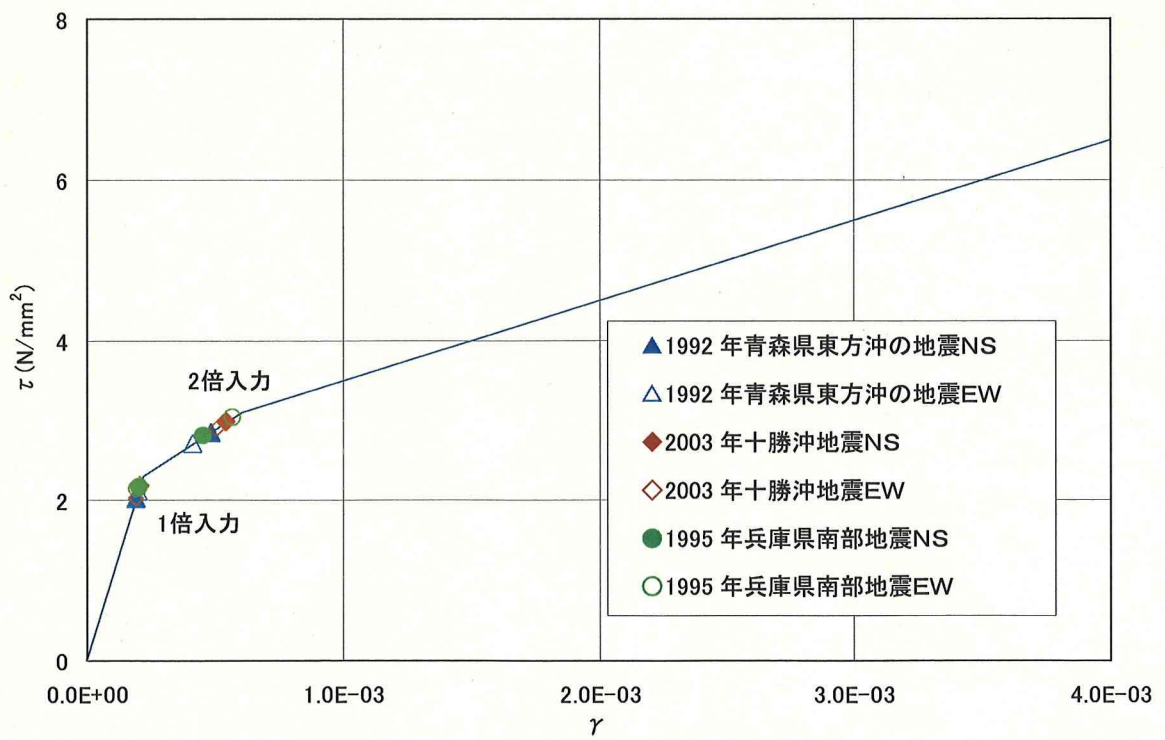
表-1.4 弾塑性応答解析結果

経時特性(包絡形、位相特性)		模擬地震動 最大加速度 ( $\text{cm/s}^2$ )	1倍入力時応答*			2倍入力時応答*		
			最大応答 加速度 ( $\text{cm/s}^2$ )	最大 せん断 歪度	最大 塑性率	最大応答 加速度 ( $\text{cm/s}^2$ )	最大 せん断 歪度	最大 塑性率
Ohsaki (1979) の経時特性	乱数0	450	1180	1.92E-04	0.88	1753	5.32E-04	2.43
	乱数1		1229	2.01E-04	0.92	1795	5.79E-04	2.65
	乱数2		1164	1.91E-04	0.87	1816	5.93E-04	2.71
	乱数3		1254	2.06E-04	0.94	1734	5.17E-04	2.36
	乱数4		1203	1.96E-04	0.89	1773	5.46E-04	2.49
	乱数5		1243	2.03E-04	0.93	1760	5.40E-04	2.46
1992年 青森県東方沖の地震 の観測記録(大間地点)	NS	488	1179	1.93E-04	0.88	1692	4.87E-04	2.22
	EW	507	1239	2.03E-04	0.93	1612	4.15E-04	1.90
2003年 十勝沖地震 の観測記録(大間地点)	NS	454	1276	2.09E-04	0.95	1769	5.47E-04	2.50
	EW	497	1182	1.93E-04	0.88	1712	5.05E-04	2.31
1995年 兵庫県南部地震 の観測記録(神戸海洋気象台)	NS	521	1258	2.05E-04	0.94	1658	4.60E-04	2.10
	EW	636	1244	2.04E-04	0.93	1802	5.74E-04	2.62

\*: 模擬地震動の入力倍率を1倍とした検討に加え、仮に入力倍率を2倍とした検討も行っている。



(1) 一様乱数位相



(2) 観測記録の位相

図-1.7 最大応答値の比較