

4. 岩盤における観測記録に基づく耐震安全性確認について

4.1 岩盤における観測記録

志賀原子力発電所では、図 4.1.1 に示す位置で敷地地盤における地震観測を行っている。平成 19 年 3 月 25 日に発生した能登半島地震について、岩盤中である EL-10m (GL-31m, $V_s=1,500\text{m/s}$ 相当) で得られた観測記録の加速度波形および加速度応答スペクトルを図 4.1.2 に示す。

また、EL-10m から上部の地盤の影響を取り除いて解析的に求めた解放基盤表面での地震動（以下「はざとり波」という。）の加速度波形および加速度応答スペクトルを図 4.1.3 に示す。なお、はざとり解析に用いた地盤モデルは、今回の地震観測記録を用いて最適化したものを用いている。

4.2 観測記録に基づく耐震安全性確認

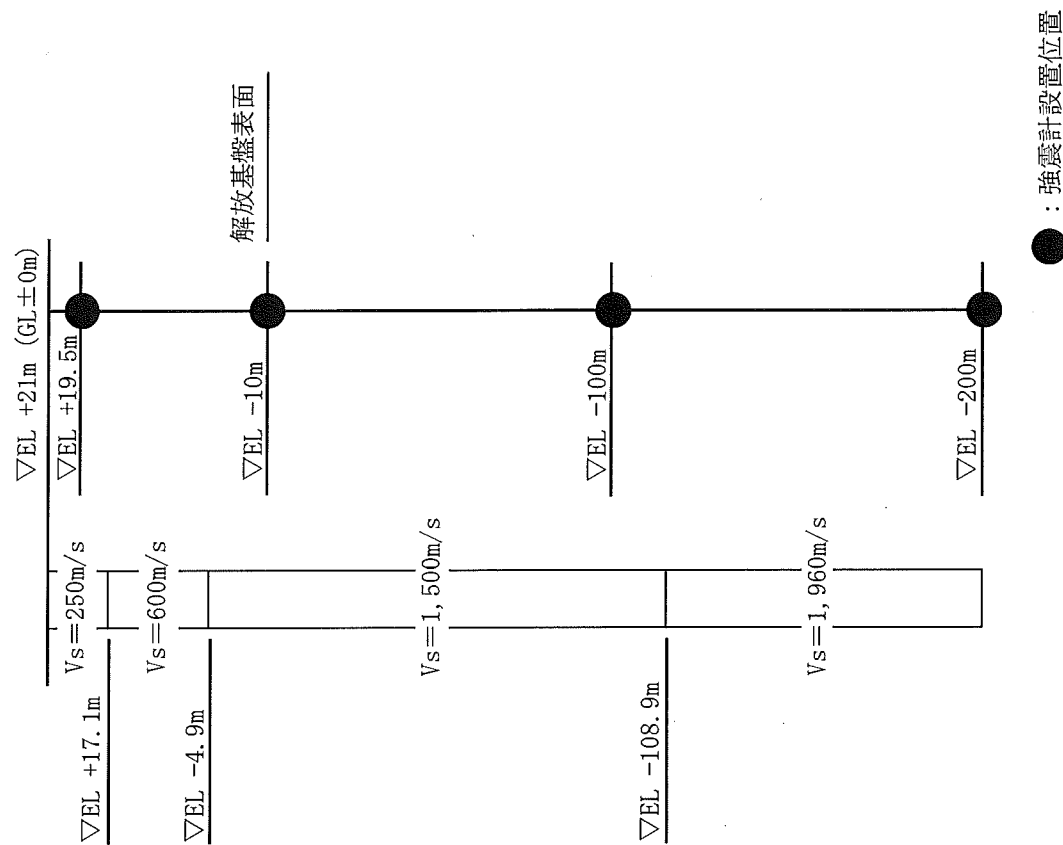
志賀原子力発電所における安全上重要な建物・構築物、機器・配管は原則として剛構造として設計しているため、表 4.2.1 および表 4.2.2 に示すとおり、これらの固有周期は短周期側に集中している。

図 4.1.3 に示すはざとり波の応答スペクトルは、0.36 秒から 0.39 秒、および 0.49 秒から 1 号機では 0.80 秒、2 号機においては 0.76 秒までの周期帯において基準地震動 S_2 を超えている。

しかしながら、志賀原子力発電所では安全上重要な施設のほとんどは剛構造としているため、これらの固有周期は短周期側に集中している。また、この地震動による応答スペクトルが基準地震動 S_2 を上回る周期帯には、安全上重要な施設がないことを確認した。

また、はざとり波の応答スペクトルは 1 号機で 0.18 秒から 0.25 秒、および 0.32 秒から長周期側で、2 号機では 0.18 秒から 0.25 秒、および 0.32 秒から 0.87 秒の周期帯で基準地震動 S_1 を超えているものの、安全上重要な施設に影響を与える可能性のある短周期帯では、超えている割合はわずかであり、基準地震動を用いて詳細設計をする段階で余裕をもって設計していることから、耐震安全性が確保されているものと考えられる。

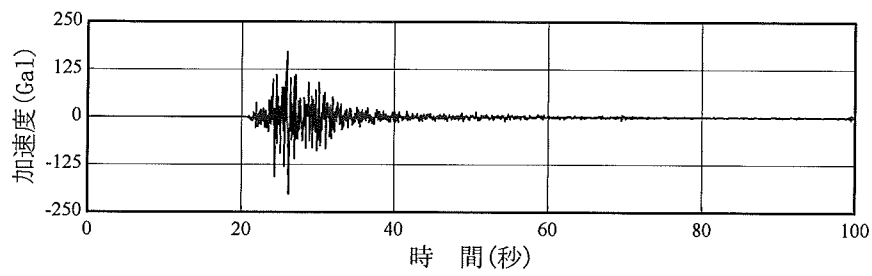
なお、後述のとおり念のため実施した建屋および機器・配管の耐震健全性確認の結果、安全上重要な建屋、機器・配管は基準地震動 S_1 に対して定められた許容値に十分収まっており、耐震健全性が確保されていることを確認した。



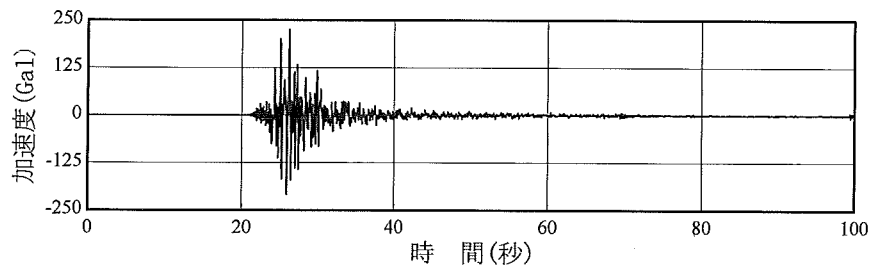
配置図

深さ方向の強震計位置

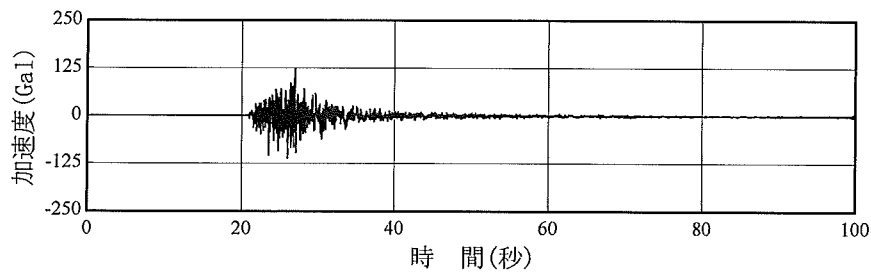
図 4.1.1 敷地地盤の地震観測用強震計位置図



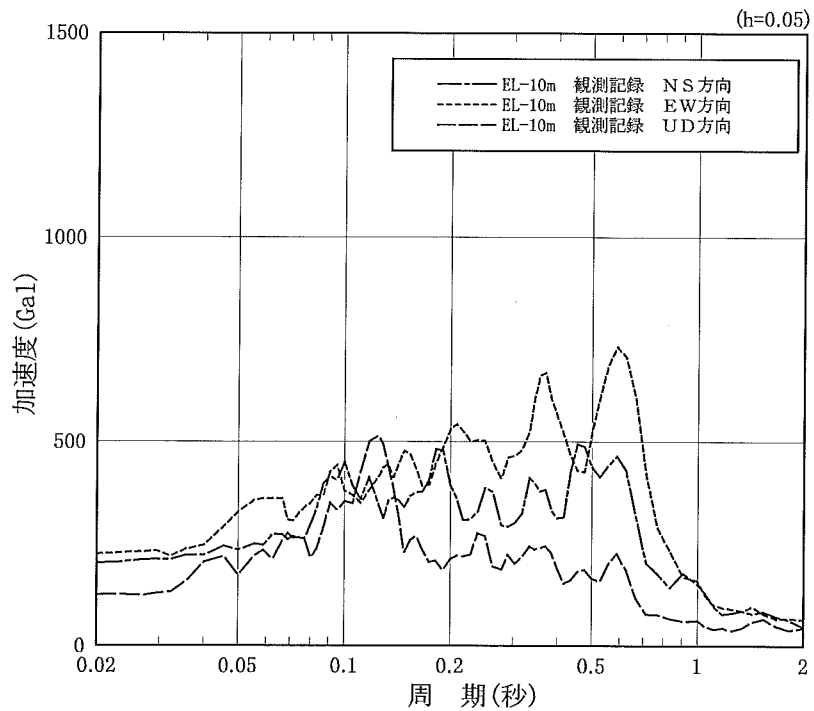
EL-10m 観測記録の加速度波形 (N S 方向) MAX=203Gal



EL-10m 観測記録の加速度波形 (E W 方向) MAX=225Gal

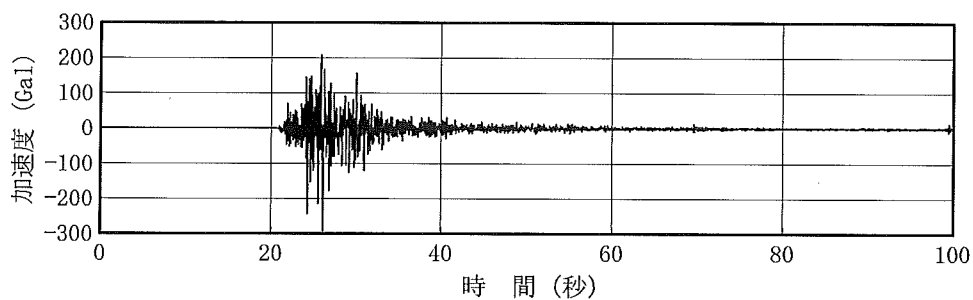


EL-10m 観測記録の加速度波形 (U D 方向) MAX=125Gal

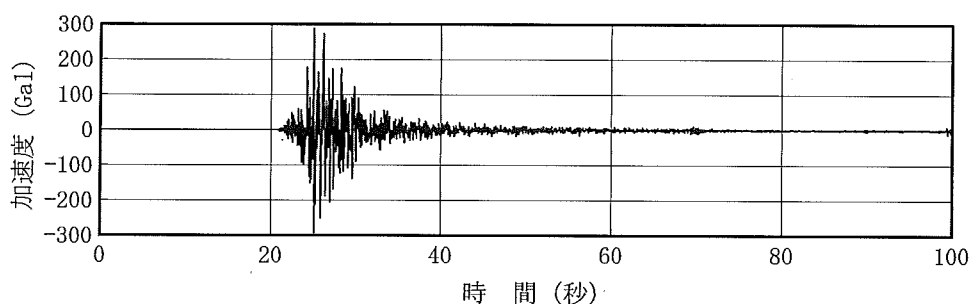


EL-10m 観測記録の加速度応答スペクトル

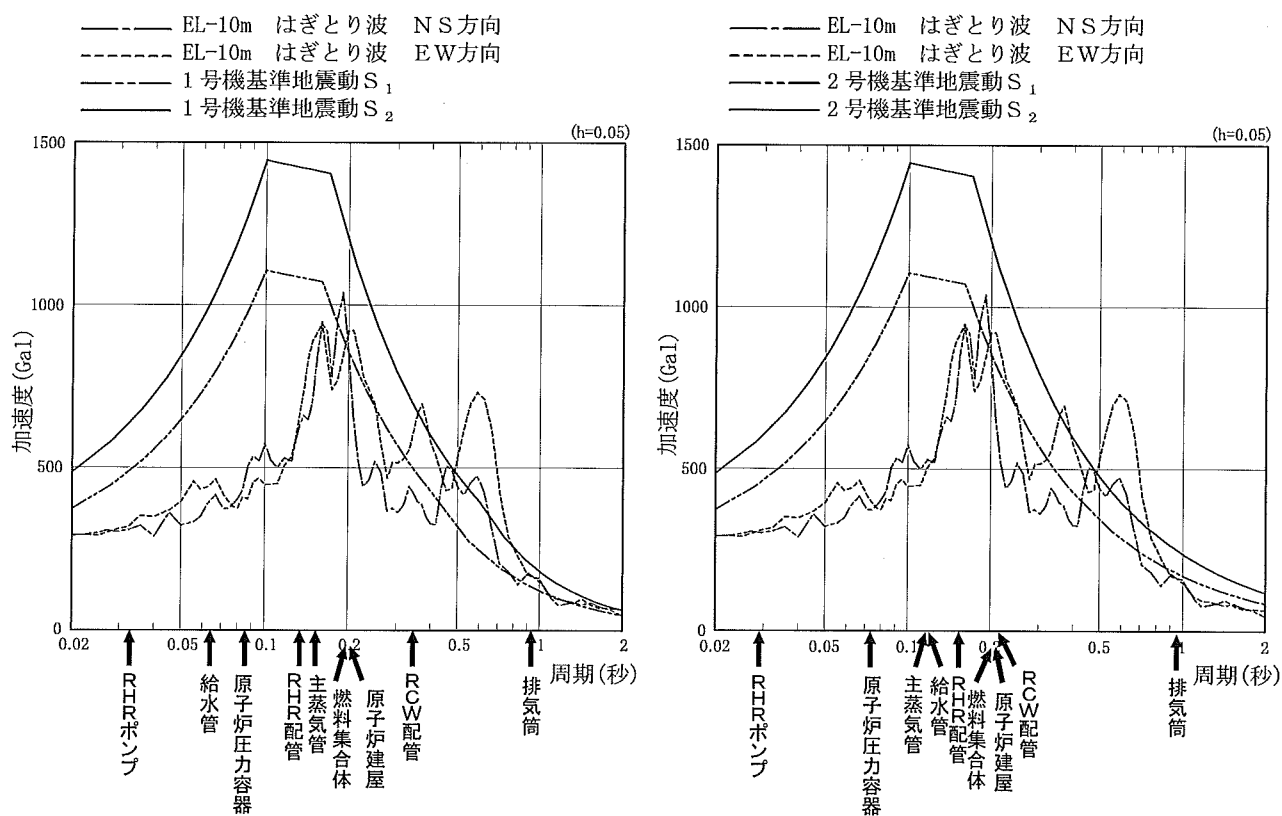
図 4.1.2 岩盤中 (EL-10m) の観測記録



EL-10m はぎとり波の加速度波形 NS方向 MAX=292Gal



EL-10m はぎとり波の加速度波形 EW方向 MAX=292Gal



注：↑ は主な施設の固有周期を示す。(表4.2.1, 表4.2.2および表4.2.3参照)

1号機基準地震動との比較

2号機基準地震動との比較

EL-10m はぎとり波の加速度応答スペクトル

図 4.1.3 解放基盤表面の地震動 (はぎとり波)

志賀原子力発電所

敷地地盤における地震観測記録について

目 次

1. はじめに	1-1
2. 敷地地盤における地震観測記録	1-1
(1) 敷地地盤で得られた地震観測記録	1-1
(2) はざとり波を算定する際に用いた地盤モデルについて	1-15

1. はじめに

平成 19 年 3 月 25 日に発生した能登半島地震（以下「今回の地震」という。）において、志賀原子力発電所の敷地地盤に設置した地震観測用強震計にて観測記録を得ることができた。

本資料は、今回の地震で敷地地盤において得られた地震観測記録について報告するものである。また、岩盤中（EL-10m（GL-31m, $V_s=1,500\text{m/s}$ 相当））で得られた観測記録を用い、EL-10m から上部の地盤の影響を取り除いて解析的に求めた解放基盤表面の地震動（以下「はざとり波」という。）を算定する際に用いた地盤モデルについてもあわせてとりまとめたものである。

2. 敷地地盤における地震観測記録

志賀原子力発電所では、敷地地盤において図 1-1 に示す位置に強震計を設置し、地震観測を実施している。

(1) 敷地地盤で得られた地震観測記録

今回の地震において敷地地盤で観測された記録について、最大加速度値を表 1-1 に、加速度波形を図 1-2～図 1-5 に、観測記録の各深さ毎の応答スペクトルを図 1-6～図 1-9 に、および深度別の応答スペクトルを図 1-10～図 1-12 に示す。

表 1-1 敷地地盤で観測された今回の地震の最大加速度値

深さ	最大加速度値 (Gal)			地盤種別
	N S	E W	U D	
EL+19.5m	615	637	443	地表
EL -10m	203	225	125	地中 (岩盤)
EL -100m	133	199	123	地中 (岩盤)
EL -200m	156	155	110	地中 (岩盤)

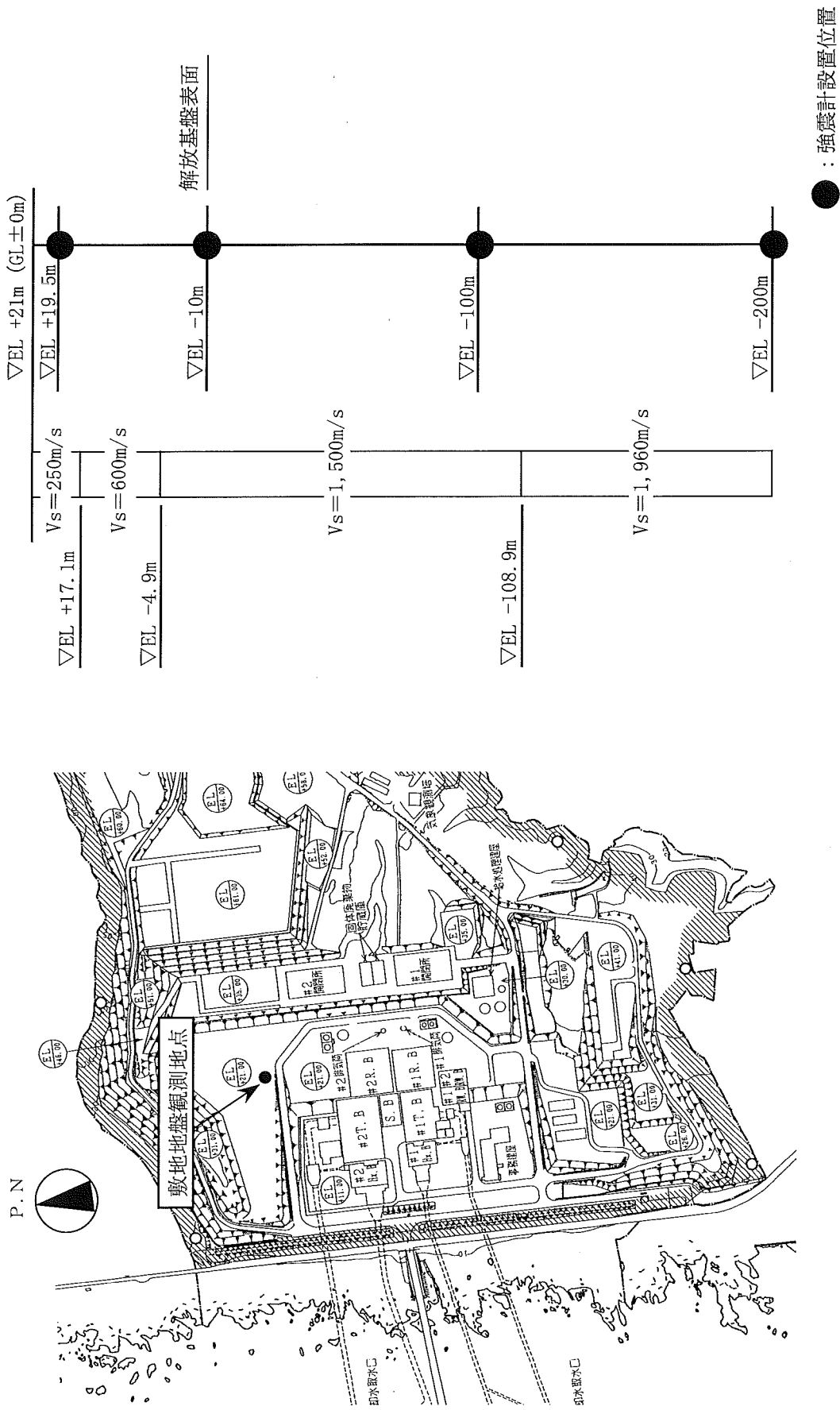
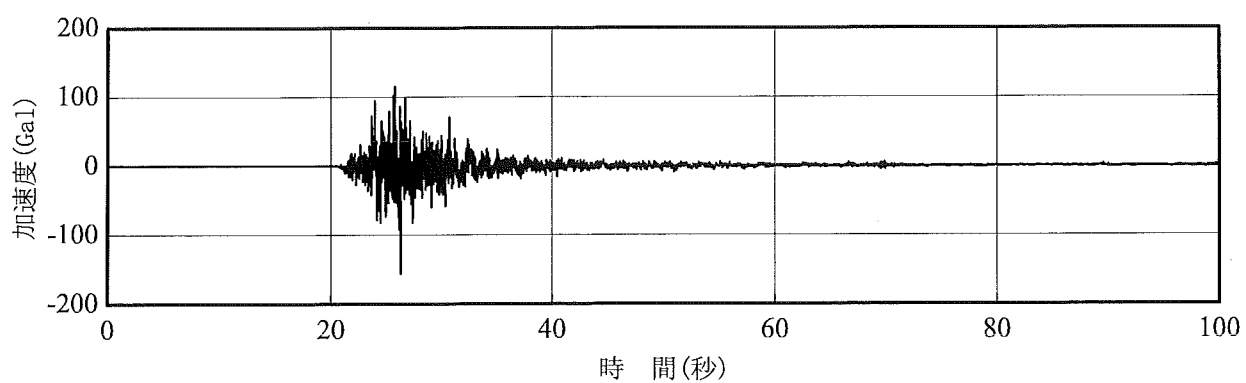
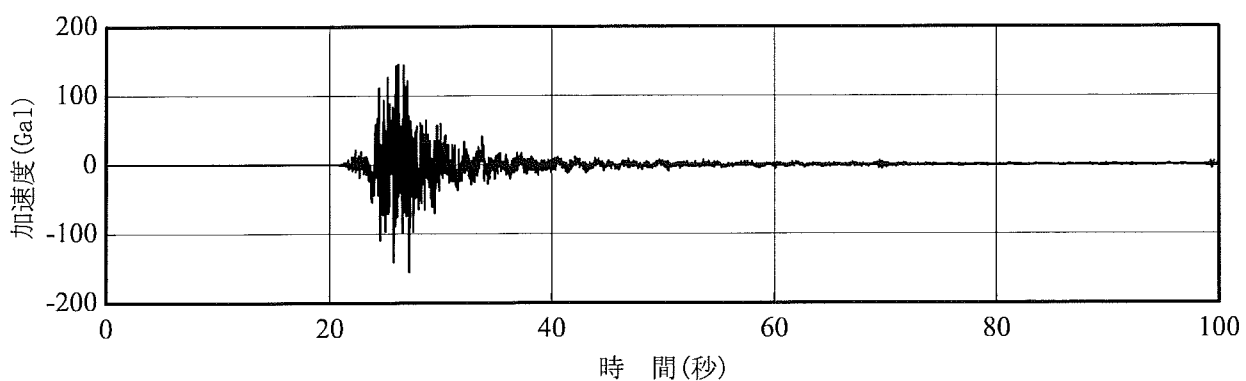


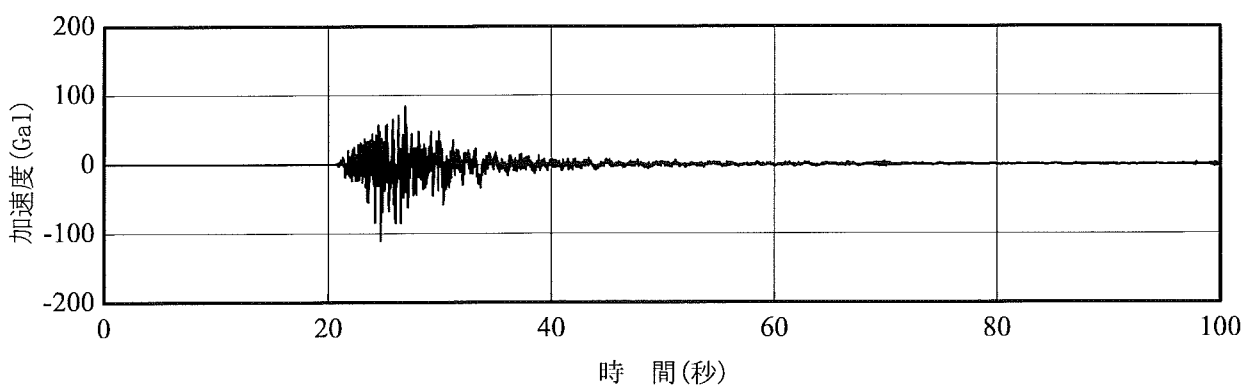
図 1-1 敷地地盤の地震観測用強震計位置図



EL-200m 観測記録の加速度波形 (N S 方向) MAX=156Gal

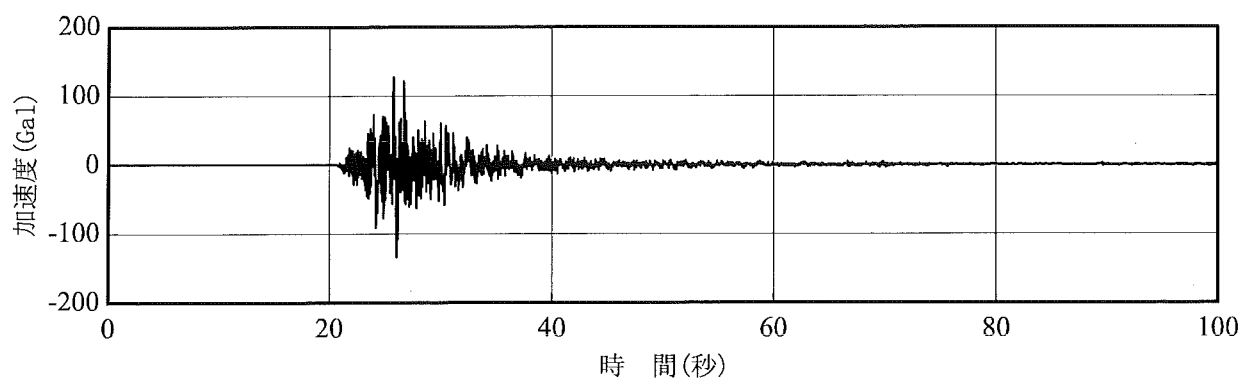


EL-200m 観測記録の加速度波形 (E W 方向) MAX=155Gal

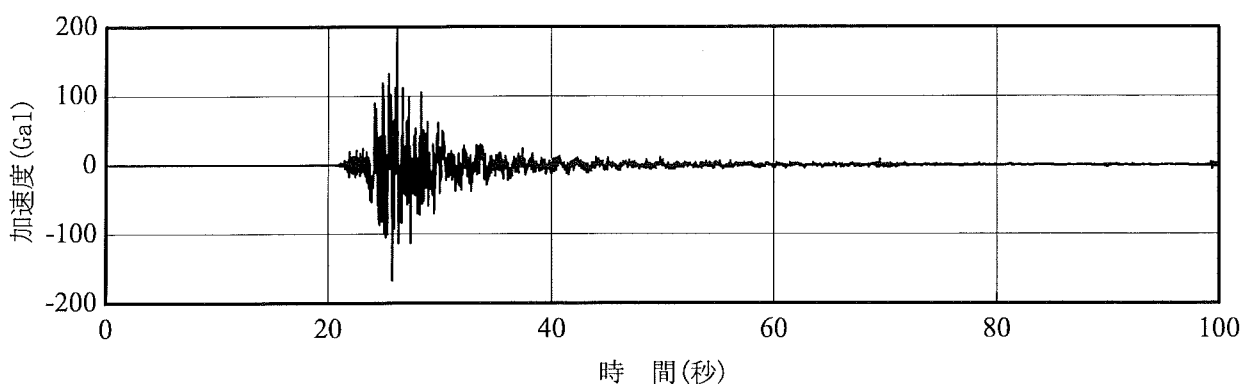


EL-200m 観測記録の加速度波形 (U D 方向) MAX=110Gal

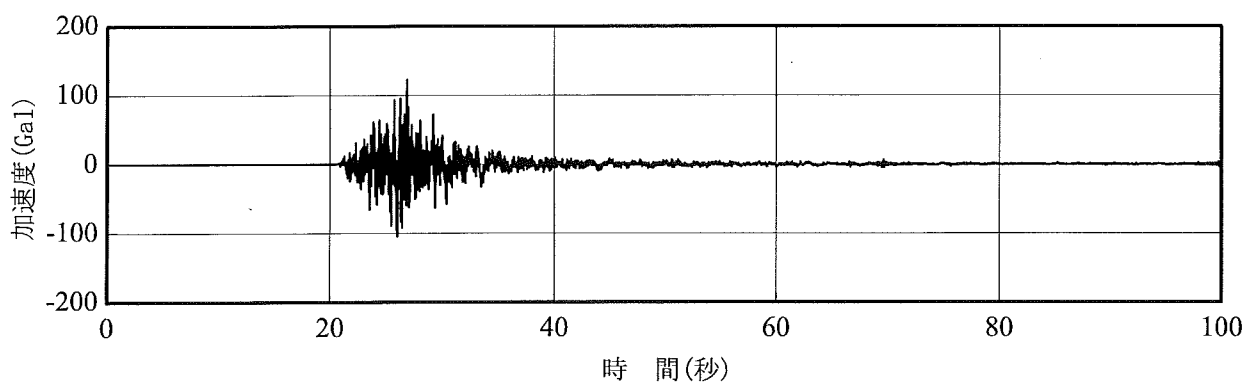
図 1-2 敷地地盤観測地点における加速度波形 (EL-200m)



EL-100m 観測記録の加速度波形 (N S 方向) MAX=133Gal

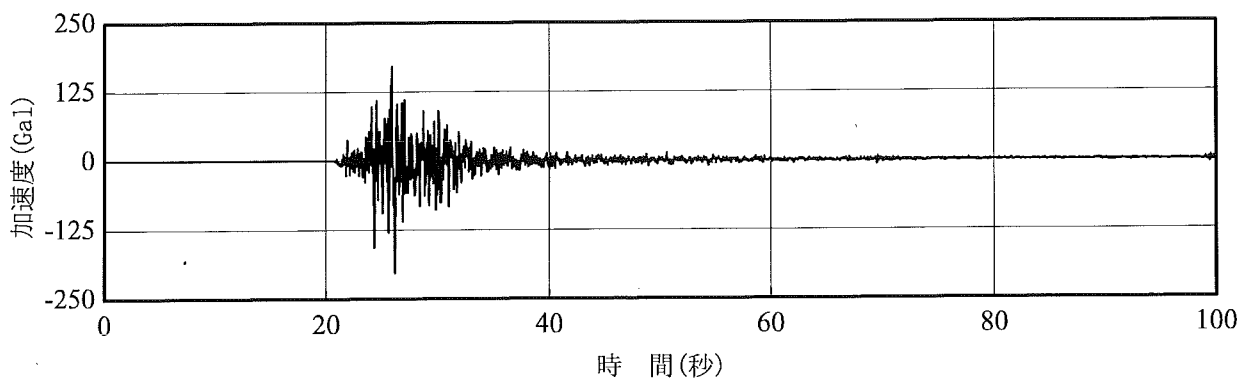


EL-100m 観測記録の加速度波形 (E W 方向) MAX=199Gal

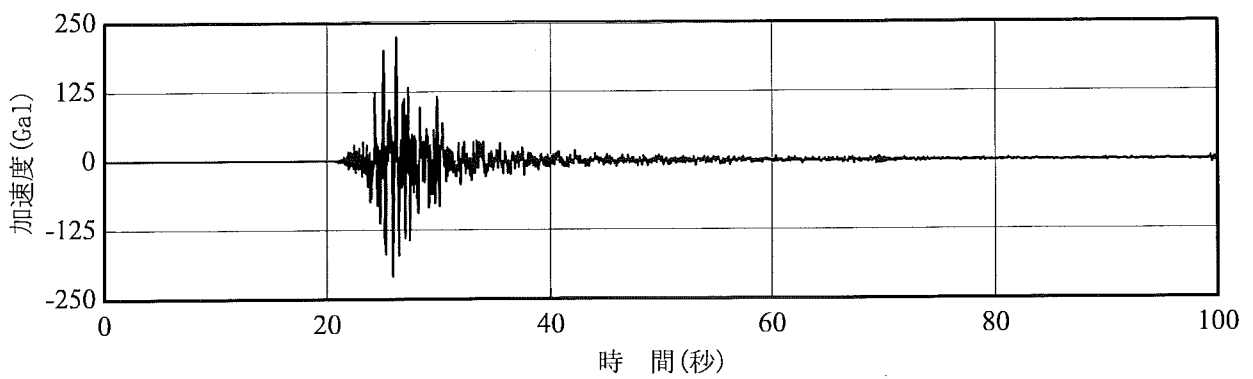


EL-100m 観測記録の加速度波形 (U D 方向) MAX=123Gal

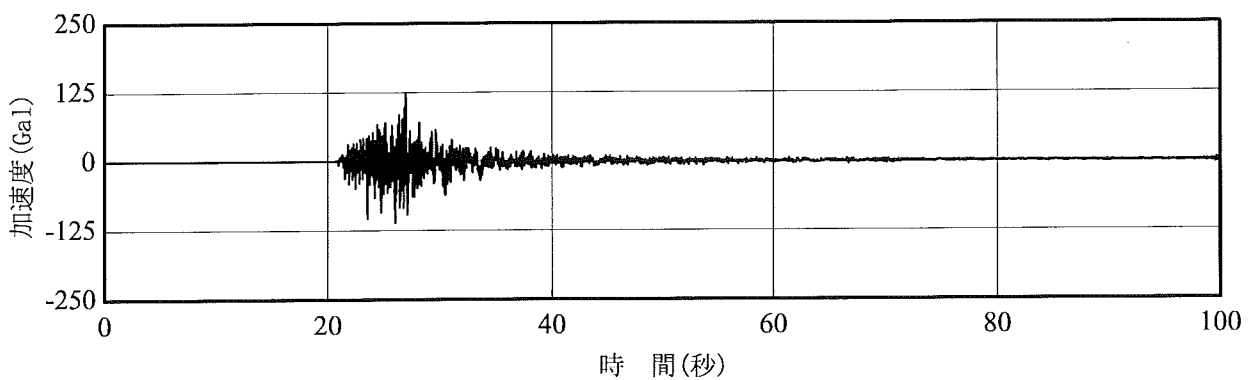
図 1-3 敷地地盤観測地点における加速度波形 (EL-100m)



EL-10m 観測記録の加速度波形 (N S 方向) MAX=203Gal

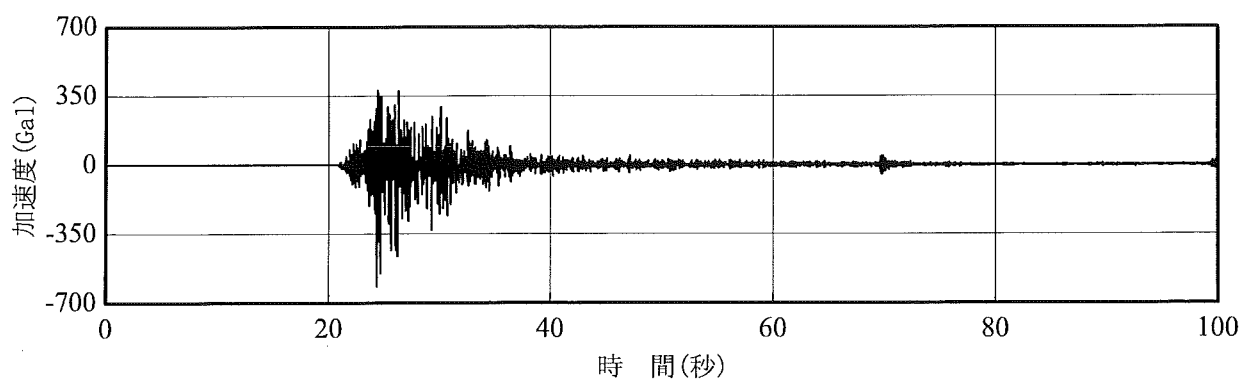


EL-10m 観測記録の加速度波形 (E W 方向) MAX=225Gal

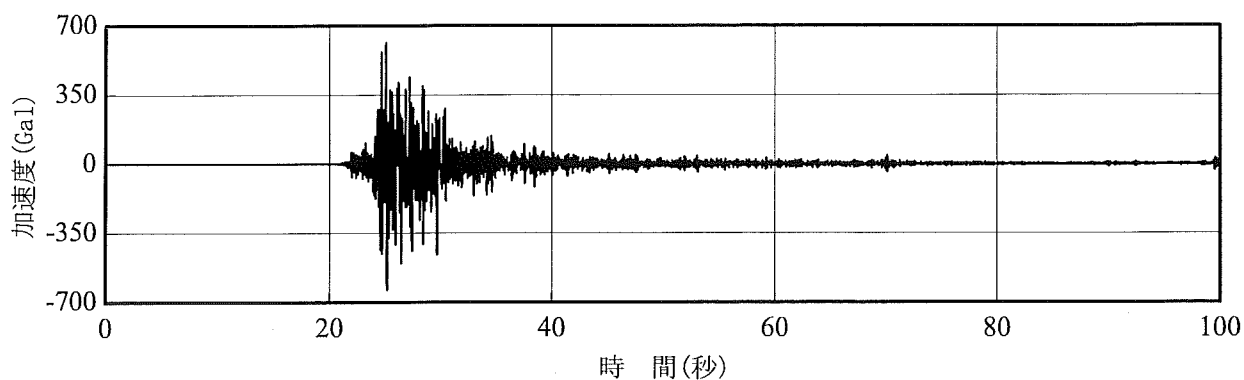


EL-10m 観測記録の加速度波形 (U D 方向) MAX=125Gal

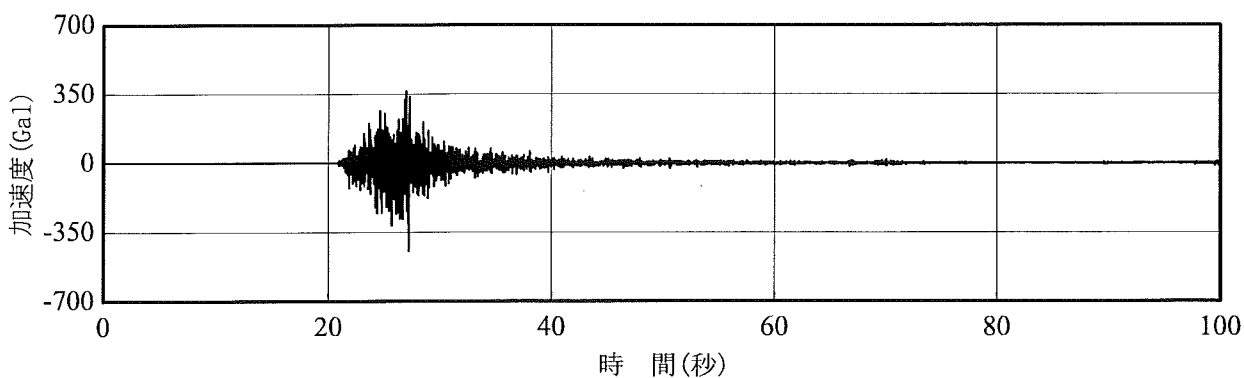
図 1-4 敷地地盤観測地点における加速度波形 (EL-10m)



EL+19.5m 観測記録の加速度波形 (N S 方向) MAX=615Gal



EL+19.5m 観測記録の加速度波形 (E W 方向) MAX=637Gal



EL+19.5m 観測記録の加速度波形 (U D 方向) MAX=443Gal

図 1-5 敷地地盤観測地点における加速度波形 (EL+19.5m)

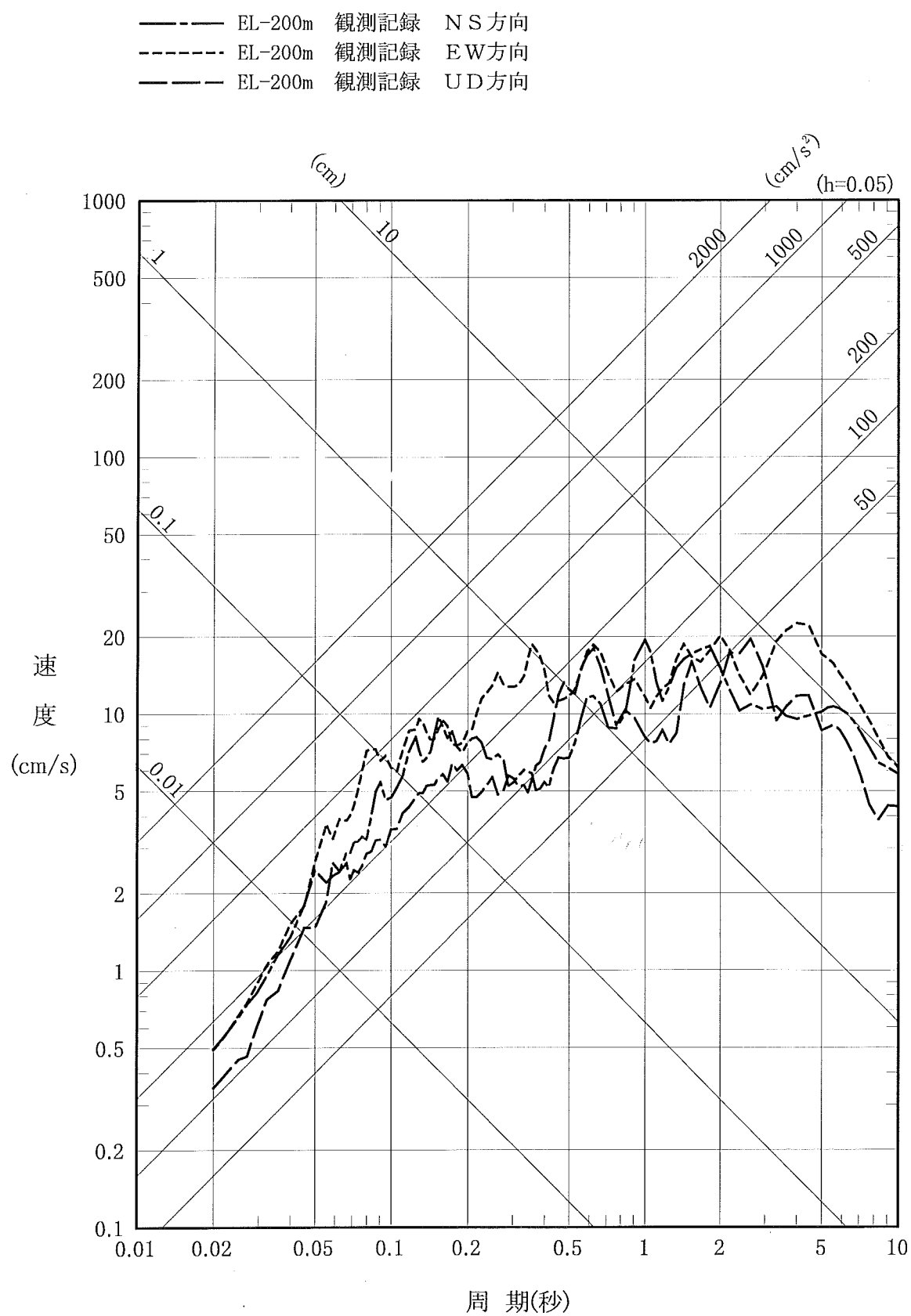


図 1-6 敷地地盤観測地点における観測記録の応答スペクトル (EL-200m)

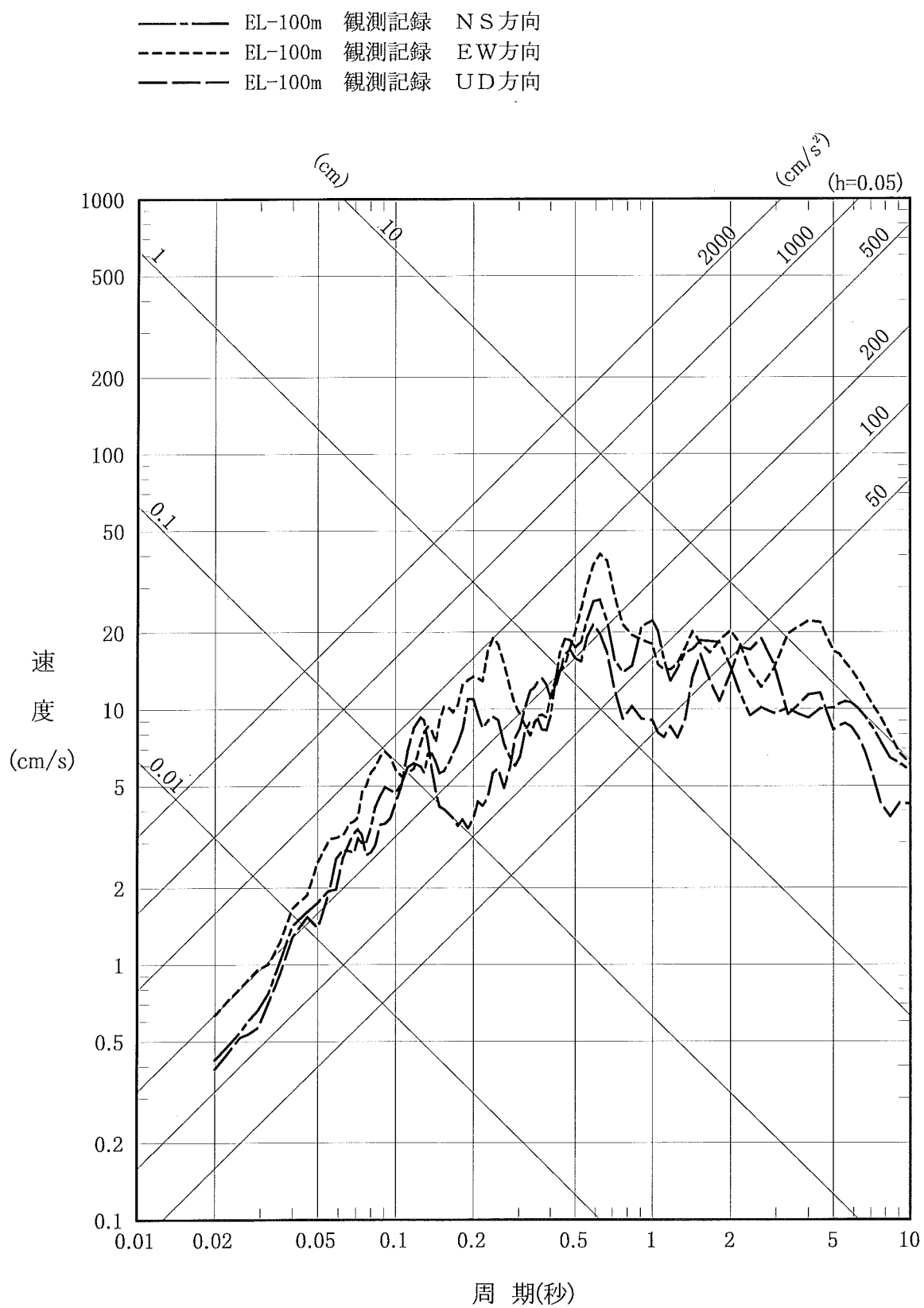


図 1-7 敷地地盤観測地点における観測記録の応答スペクトル (EL-100m)

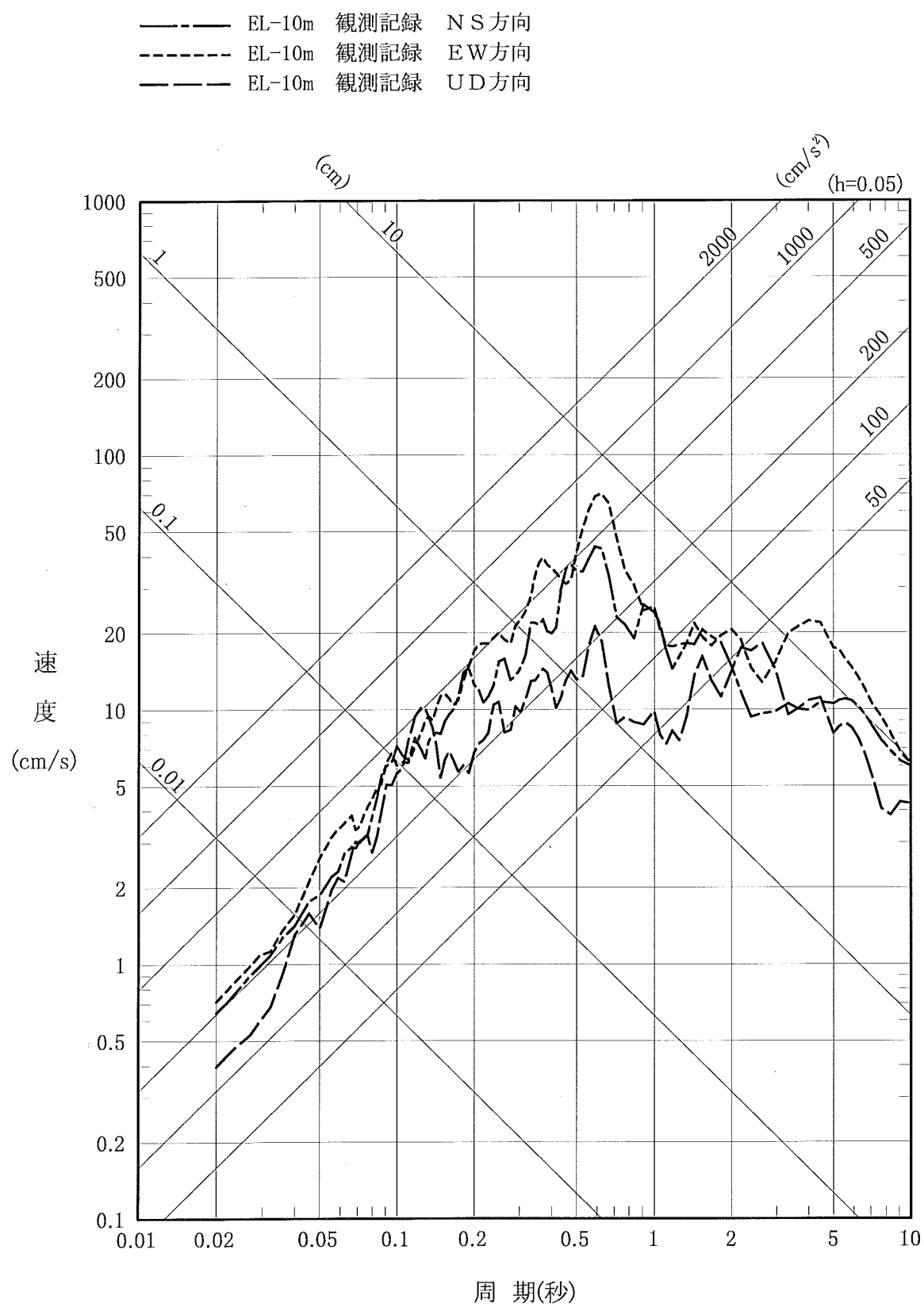


図 1-8 敷地地盤観測地点における観測記録の応答スペクトル (EL-10m)

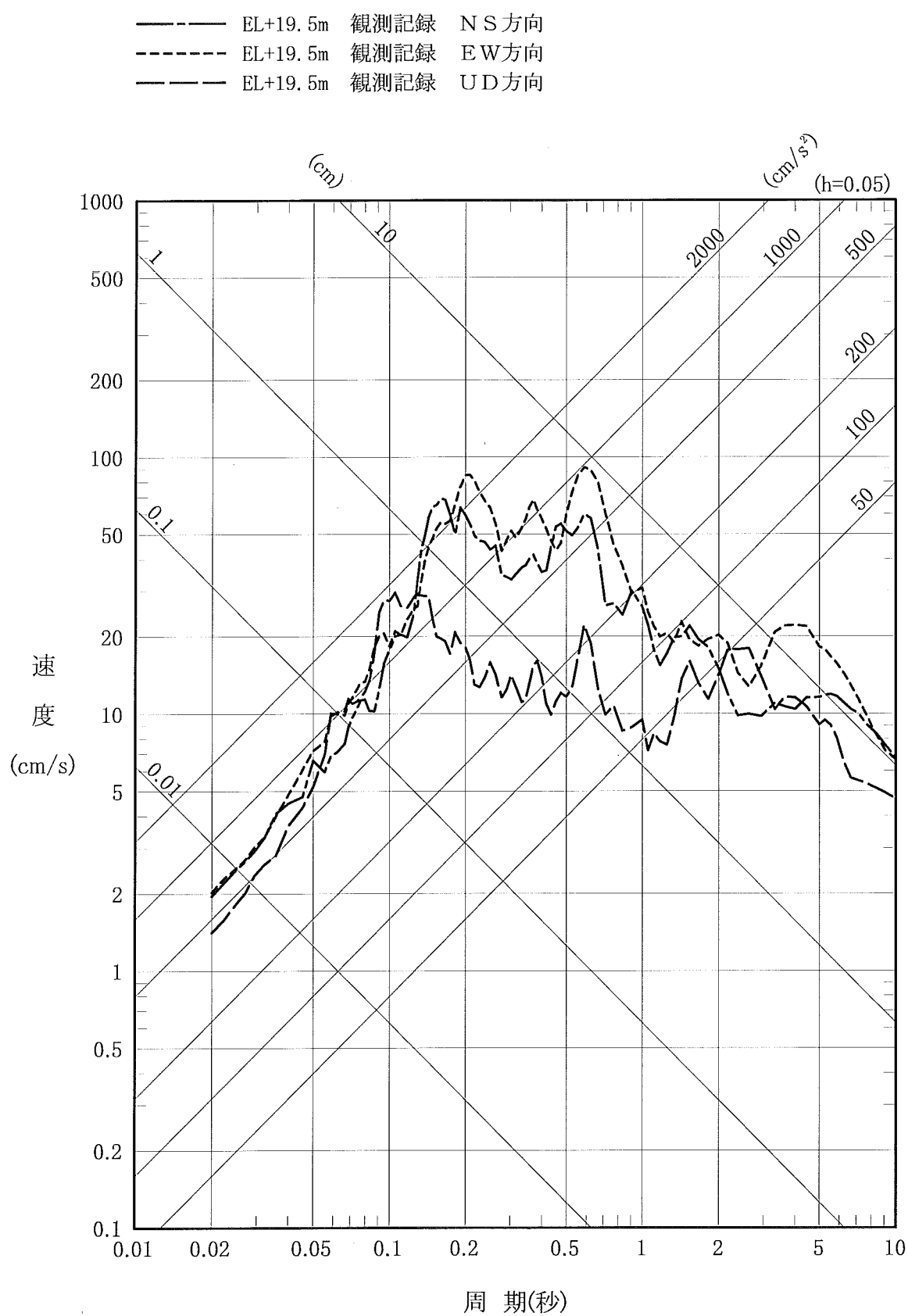


図 1-9 敷地地盤観測地点における観測記録の応答スペクトル (EL+19.5m)

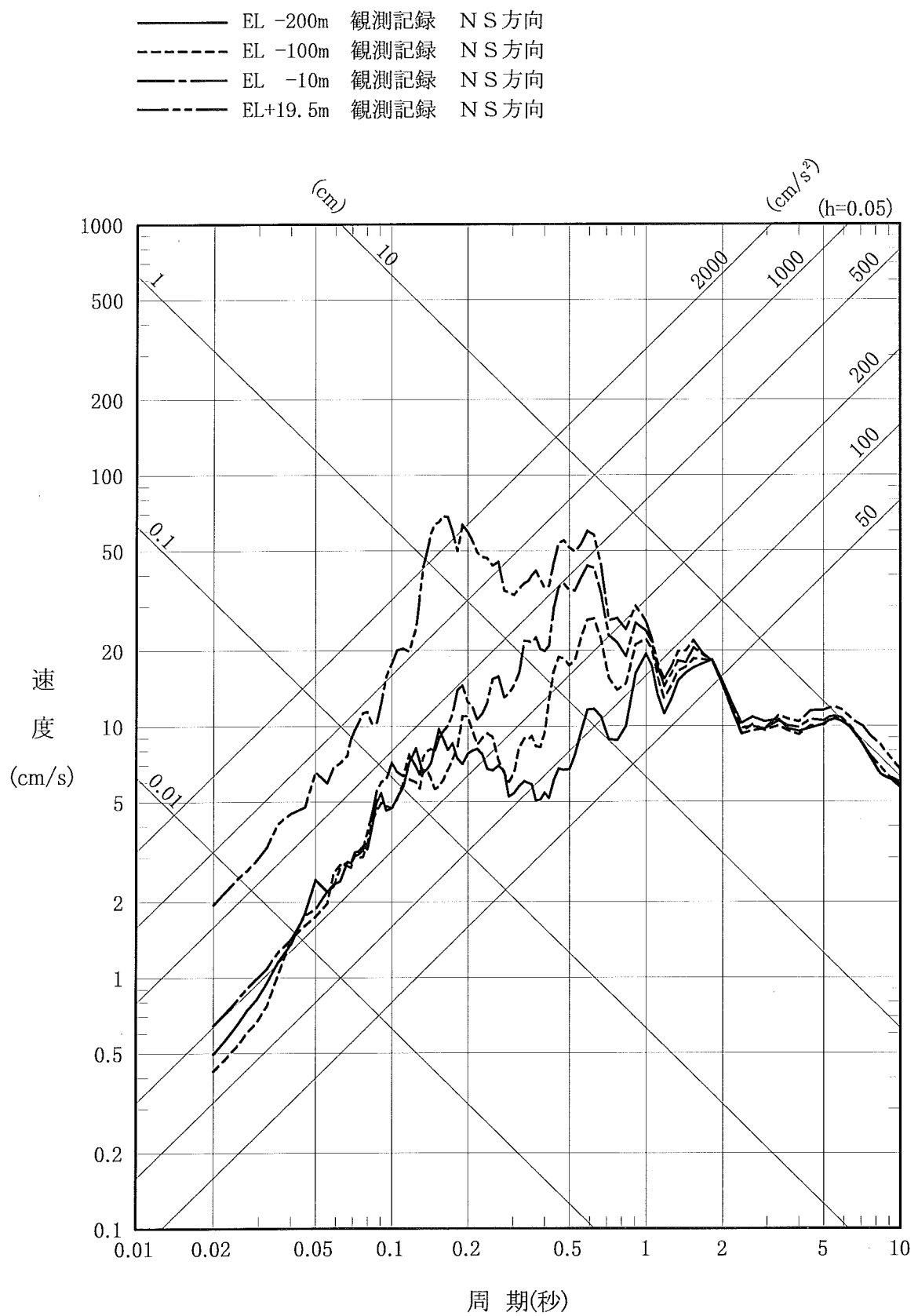


図 1-10 敷地地盤観測地点における観測記録の応答スペクトル (NS 方向)

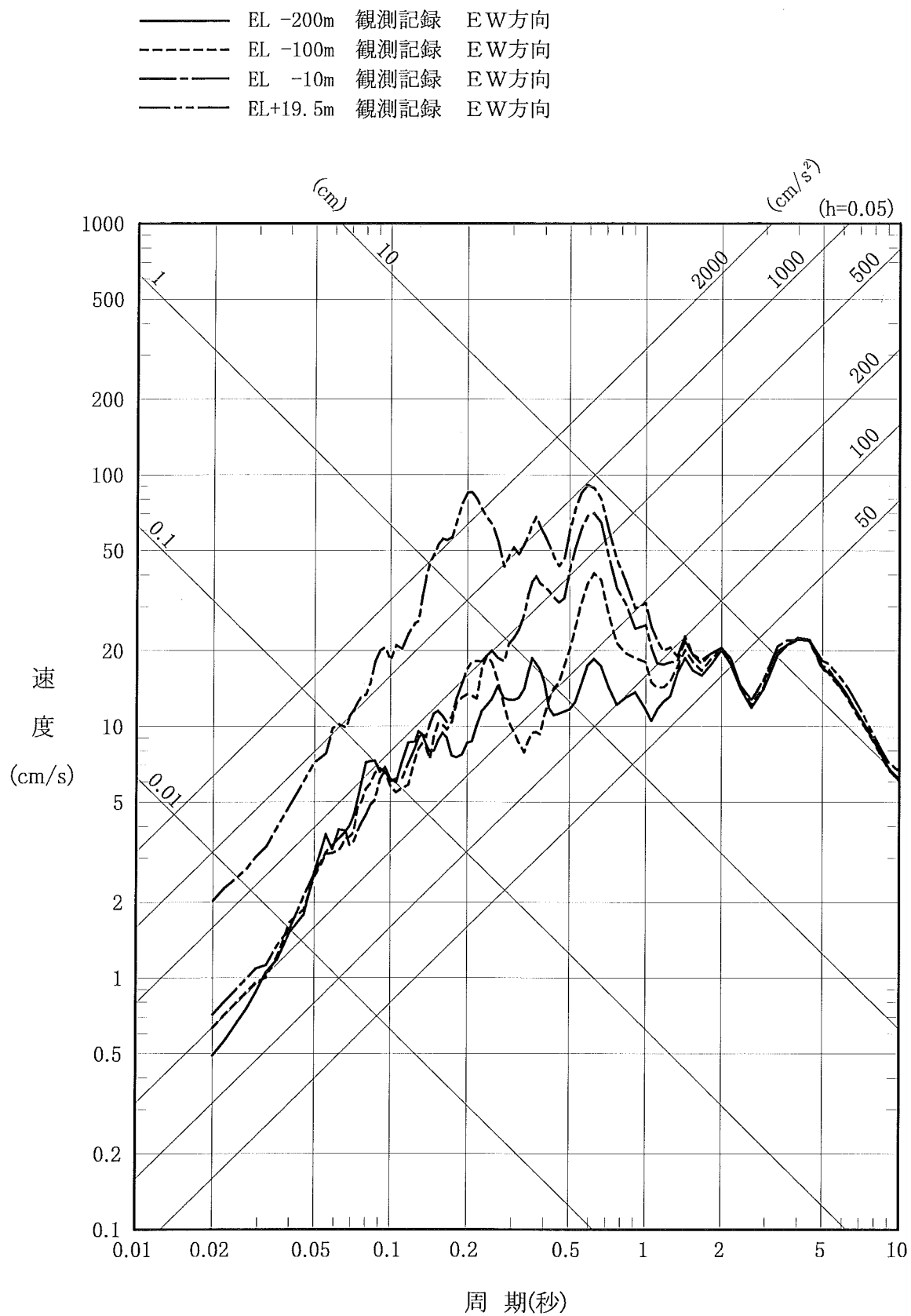


図 1-11 敷地地盤観測地点における観測記録の応答スペクトル (EW方向)

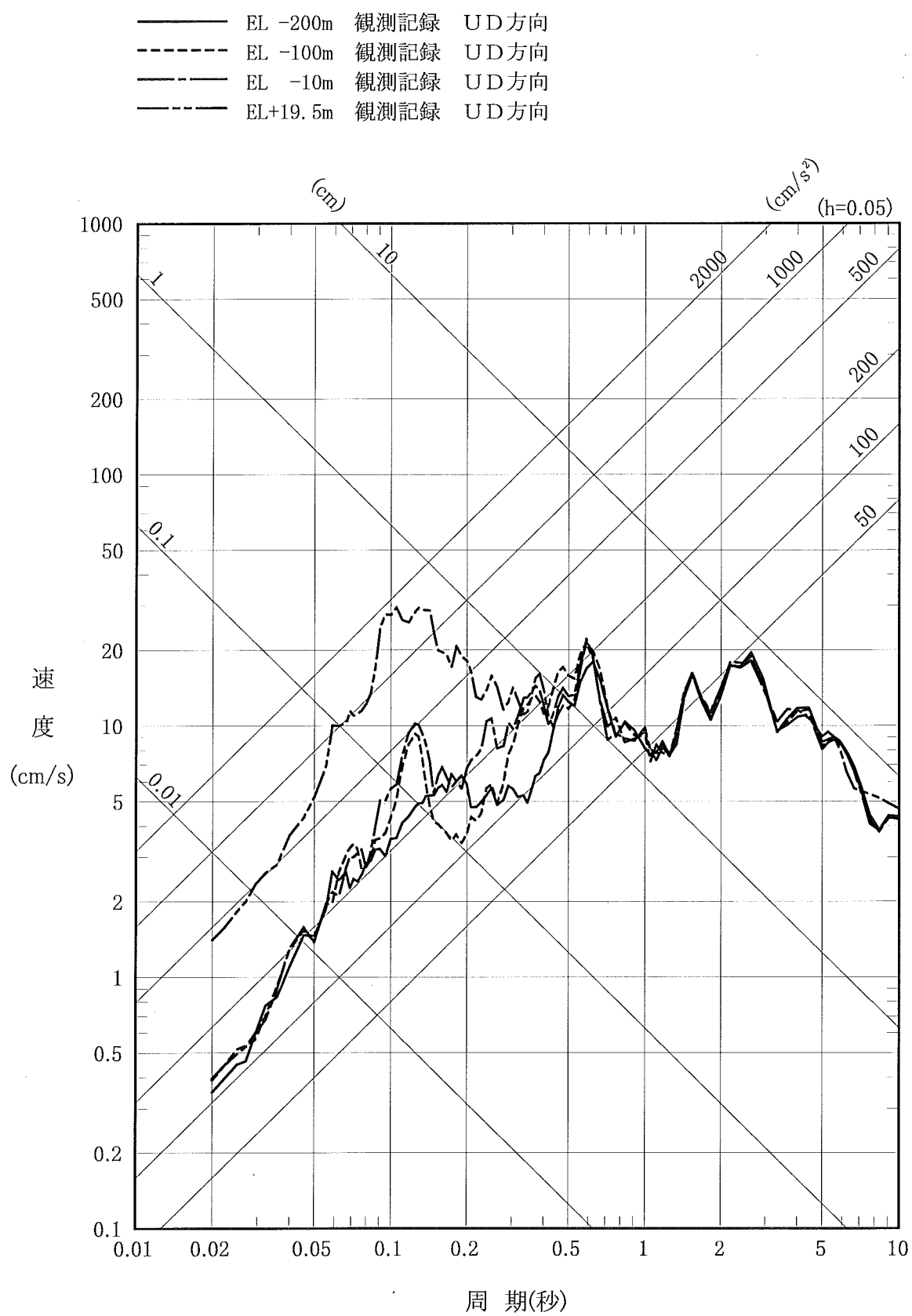


図 1-12 敷地地盤観測地点における観測記録の応答スペクトル (UD方向)

(2) はぎとり波を算定する際に用いた地盤モデルについて

上部の地盤の影響を取り除いて解析的に、はぎとり波を算定する際に用いた地盤モデルについて以下に示す。

a. はぎとり用地盤モデルの策定概要

はぎとり解析に使用したはぎとり用地盤モデルは、敷地内の地盤調査結果を基に策定した地盤モデル（以下「初期地盤モデル」という。）を地震観測記録により最適化することで定めている。

最適化のターゲットとする観測記録は、今回の地震本震の観測記録とした。

b. はぎとり用地盤モデルの最適化手法

最適化の手法は遺伝的アルゴリズム（GA）に基づく手法を用いた。

また、初期地盤モデルに対して、各層のせん断波速度（ V_s ）及び各層の減衰定数（ h ）を最適化の対象とした。

初期地盤モデルを表 1-2 に、求められたはぎとり用地盤モデルを表 1-3 に示す。あわせて、遺伝的アルゴリズム（GA）に基づく手法により最適化対象とした範囲も示す。

c. 今回の地震の観測記録の伝達関数とはぎとり用地盤モデルの理論伝達関数

今回の地震の観測記録の伝達関数とはぎとり用地盤モデルによる理論伝達関数をあわせて、NS 方向、EW 方向をそれぞれ図 1-13 および図 1-14 に示す。

これらの図を見ると今回の地震の観測記録の伝達関数とはぎとり用地盤モデルによる理論伝達関数はよく整合していることから、はぎとり波を算定する際には、このはぎとり用地盤モデルを用いて解析を行っている。

表 1-2 志賀原子力発電所 初期地盤モデル

	深さ GL (m)	地震計設置位置		層厚 (m)	Vs (m/s)	ρ (t/m ³)	減衰定数 h	
		EL (m)					h_1	α
第 1 層	-1.5	+19.5		1.5	250	2.20	0.03	0.00
第 2 層				2.4	250	2.20		
第 3 層	-3.9			22.0	600	1.97	0.03	0.00
第 4 層	-25.9	-10.0		5.1	1,500	2.37	0.03	0.00
第 5 層	-31.0			90.0	1,500	2.37		
第 6 層	-121.0	-100.0		8.9	1,500	2.37		
第 7 層	-129.9			91.1	1,960	2.38		
第 8 層	-221.0	-200.0		∞	1,960	2.38		

注) 網掛部分は最適化対象とした範囲

表 1-3 志賀原子力発電所 はぎとり用地盤モデル

	深さ GL (m)	地震計設置位置		層厚 (m)	Vs (m/s)	ρ (t/m ³)	減衰定数 h	
		EL (m)					h_1	α
第 1 層	-1.5	+19.5		1.5	267	2.20	0.289	0.230
第 2 層				2.4	267	2.20		
第 3 層	-3.9			22.0	669	1.97	0.269	1.000
第 4 層	-25.9	-10.0		5.1	1,604	2.37	0.175	0.364
第 5 層	-31.0			90.0	1,604	2.37		
第 6 層	-121.0	-100.0		8.9	1,604	2.37		
第 7 層	-129.9			91.1	2,095	2.38		
第 8 層	-221.0	-200.0		∞	2,095	2.38		

注) 網掛部分は最適化対象とした範囲

減衰定数 h : $h(f) = h_1 \times f^{-\alpha}$ $h_1 = h(1)$

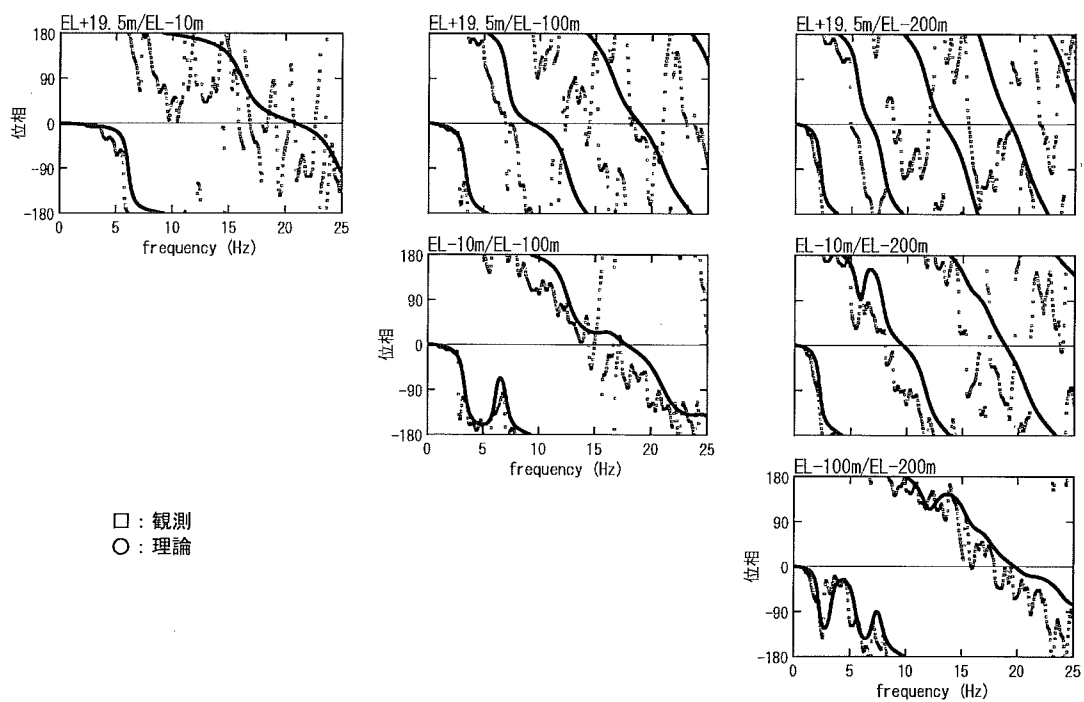
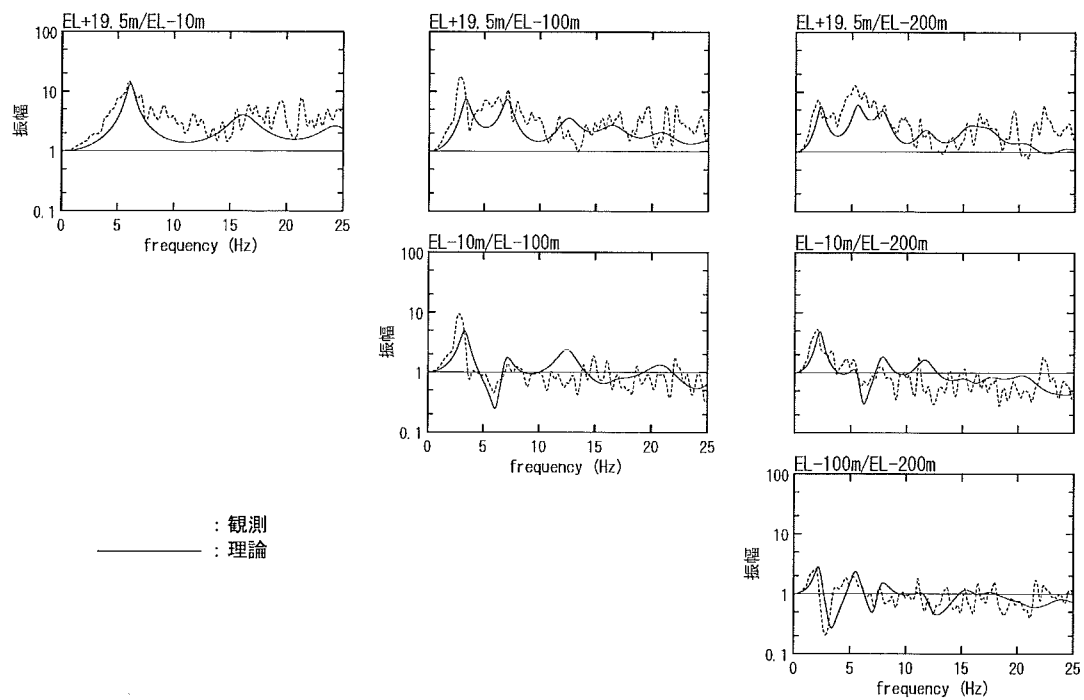


図 1-14 今回の地震のEW方向観測記録の伝達関数と
はぎとり用地盤モデルの理論伝達関数