

岩盤部分の減衰定数に係る検討について

- ・ 本資料は、4月24日審査会合にて示した、地盤モデルの設定に係る因子のうち、岩盤部分の減衰定数の設定に対する技術的見地に基づく検討結果を示すものである。
- ・ 本資料の内容については、今後、補足説明資料「耐震建物08 耐震設計の基本方針に関する地震応答解析における地盤モデル及び物性値の設定について」への取り込みを検討する。

目 次

	ページ
1. はじめに	1
2. 減衰定数の同定方法	1
2.1 同定に用いた観測記録	1
2.2 初期モデルの設定及び探索範囲	3
3. 減衰定数の同定結果	6
3.1 同定結果	6
3.2 同定結果に対する考察	6

1. はじめに

本資料では、敷地における地盤の減衰定数についての技術的見地に基づく検討として、敷地において得られている地震観測記録を再現する減衰定数の値を同定した結果を示す。

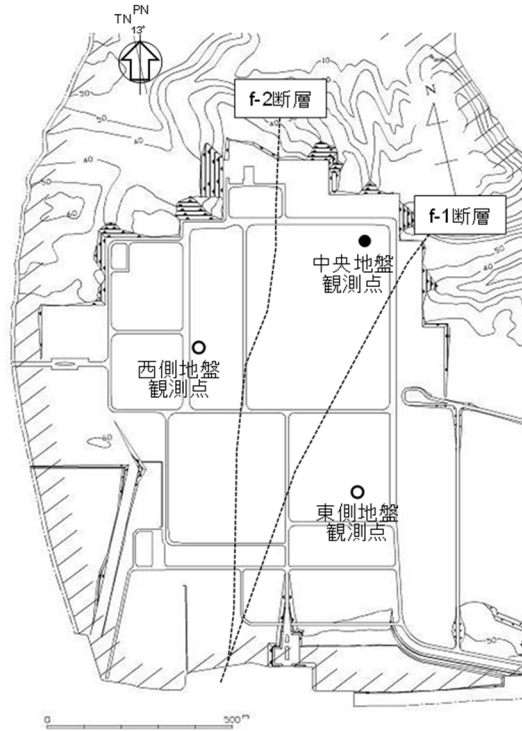
上記検討結果を踏まえ、今後、設計用の地盤モデルの設定における減衰定数の考え方について、整理を進めていく。

2. 減衰定数の同定方法

2.1 同定に用いた観測記録

敷地では、中央、西側、東側の3地点（第2.-1図）において地震観測記録の収集を行っている。これらの地点において、最深部（GL-200m）で5Gal以上の記録が得られている19地震（第2.-1表）を抽出し、最深観測深さ（GL-200m）と地表（GL-2m）の地震観測記録を同定に用いた。

同定としては、上記2ヶ所の深さ間の地震動の増幅特性を最もよく説明する減衰定数を、地震観測地点ごとに遺伝的アルゴリズム法により同定し、その値が地震観測記録の応答スペクトルを再現可能であることを確認する。



第 2. -1 図 地震観測地点

第 2. -1 表 同定に用いた地震観測記録

No.	年	月	日	時分	震源地名	東経	北緯	M	深さ (km)
1	2001	12	2	22 1	SOUTHERN IWATE PREF	141: 15.79	39: 23.9	6.4	121.5
2	2002	10	14	23 12	E OFF AOMORI PREF	142: 16.85	41: 9.11	6.1	52.71
3	2003	5	26	18 24	NORTHERN MIY AGI PREF	141: 39.04	38: 49.26	7.1	72.03
4	2003	9	26	4 50	SE OFF TOKACHI	144: 4.71	41: 46.71	8.0	45.07
5	2003	9	26	6 8	SE OFF ERIMOMISAKI	143: 41.49	41: 42.59	7.1	21.41
6	2008	7	24	0 26	NORTHERN IWATE PREF	141: 38.12	39: 43.92	6.8	108.08
7	2011	3	11	14 46	FAR E OFF MIY AGI PREF	142: 51.66	38: 6.21	9.0	23.74
8	2011	3	11	15 8	E OFF IWATE PREF	142: 46.01	39: 49.24	7.4	32.02
9	2011	4	7	23 32	E OFF MIY AGI PREF	141: 55.21	38: 12.25	7.2	65.89
10	2011	6	23	6 50	E OFF IWATE PREF	142: 35.45	39: 56.87	6.9	36.4
11	2012	5	24	0 2	E OFF AOMORI PREF	142: 7.4	41: 20.6	6.1	59.6
12	2012	12	7	17 18	OFF SANRIKU	143: 52	38: 1.1	7.3	49
13	2013	2	2	23 17	SOUTHERN TOKACHI REGION	143: 13.6	42: 42.1	6.5	102
14	2014	8	10	12 43	E OFF AOMORI PREF	142: 16.74	41: 8.04	6.1	50.56
15	2015	7	10	3 32	NORTHERN INLAND OF IWATE PREF	141: 33.5	40: 21.2	5.7	88
16	2016	1	14	12 25	OFF URAKAWA	142: 41	48: 58.2	6.7	52
17	2019	8	15	14 32	SHIMOKITA PENINSULA REG	141: 20.36	40: 47.52	5.5	92.6
18	2020	12	21	2 23	E OFF AOMORI PREF	142: 41.5	40: 46.9	6.5	43
19	2022	3	16	23 36	OFF FUKUSHIMA PREF	141: 37.3	37: 41.8	7.4	57

2.2 初期モデルの設定及び探索範囲

同定にあたっては、事業許可における基準地震動の策定において、各地震観測地点の地震観測記録を再現するように作成しているはぎとり地盤モデルと同様に、当該地震観測地点におけるP S検層結果から得られている密度及びS波速度を初期モデル*¹として設定した。

事業許可におけるはぎとり地盤モデルは、当該観測地点のP S検層結果から得られている密度及びS波速度を初期モデルとして設定し、地震観測記録を再現するようS波速度及び減衰定数を変数として同定しており、減衰定数については、地震動評価において一般的に用いられている Takemura et al. (1993)*²等の知見に基づき、周波数依存特性を考慮している。

本資料における減衰定数の同定にあたっては、減衰定数を変数とした収束計算を行うことにより、観測記録に適合する減衰定数を同定する。同定を行う上で設定する減衰定数の探索範囲は、建物・構築物の入力地震動を算定する上で用いる設定方法にならない、モデル底面から地表面の全層に対し、全周波数帯において一定値となる条件として、探索範囲を0～10%の範囲で設定した。

今回同定に用いた初期モデル及び減衰定数の探索範囲を、第2.-2表に示す。

注記 * 1 : 中央地盤の地震観測地点における初期モデルについては、事業許可におけるはぎとり地盤モデルの作成時と同じものを用いている。西側地盤及び東側地盤の地震観測地点については、2008年に地震計を移設しており、今回同定には近年得られた地震観測記録も用いることとしたため、移設後の地震観測地点におけるP S検層結果を初期モデルとして設定している。
上記を踏まえ、西側地盤及び東側地盤では、2008年以降に得られた地震観測記録に基づき同定を行っている。

* 2 : 武村 雅之，池浦 友則，高橋 克也，石田 寛，大島 豊，：堆積地盤における地震波減衰特性と地震動評価，日本建築学会構造系論文報告集，446，pp.1-11，1993.

第 2.-2 表(1) 初期モデル及び減衰定数の探索範囲
(西側地盤観測地点)

	深度 (m)	層厚 (m)	密度 γ (kN/m ³)	S 波速度 (PS 検層) Vs(m/s)	減衰定数 h
	0.00	0.55	16.29	230	0~0.1
地震観測位置 (今回同定に使用)	-0.55	1.45	16.97	230	
	-2.00	8.10	16.97	230	
地震観測位置	-10.10	7.90	19.83	440	
	-18.00	18.82	19.83	440	
	-36.82	25.99	15.68	550	
	-62.81	0.43	16.11	550	
	-63.24	30.34	15.31	550	
	-93.58	0.33	16.19	550	
	-93.91	18.69	15.79	550	
地震観測位置	-112.60	10.41	17.90	760	
	-123.01	1.99	17.91	760	
	-125.00	34.53	17.91	760	
	-159.53	17.65	14.87	760	
	-177.18	6.53	18.76	760	
	-183.71	4.07	16.08	760	
	-187.78	1.09	18.90	760	
	-188.87	1.08	16.46	760	
	-189.95	4.09	16.47	930	
地震観測位置 (今回同定に使用)	-194.04	5.96	14.64	930	
	-200.00	—	14.64	930	

第 2.-2 表(2) 初期モデル及び減衰定数の探索範囲
(中央地盤観測地点)

	深度 (m)	層厚 (m)	密度 ρ (g/cm ³)	S 波速度 (PS 検層) Vs(m/s)	減衰定数 h
	GL 0m	2			0~0.1
地震観測位置 (今回同定に使用)	-2.0	1.5	1.94	530	
	-3.5	1.5	1.94	530	
	-5	13			
地震観測位置	-18	2	1.64	620	
	-20	40	1.75	820	
	-60	60	1.85	900	
	-120	5			
地震観測位置	-125	75	1.85	930	
地震観測位置 (今回同定に使用)	-200	—	1.85		

第 2.-2 表 (3) 初期モデル及び減衰定数の探索範囲
(東側地盤観測地点)

	深度 (m)	層厚 (m)	密度 γ (kN/m ³)	S 波速度 (PS 検層) V_s (m/s)	減衰定数 h
地震観測位置 (今回同定に使用)	0.00	2.00	16.52	170	0~0.1
	-2.00	12.73			
地震観測位置	-14.73	3.27	16.83	310	
	-18.00	0.68			
	-18.68	36.37	15.06	820	
	-55.05	4.28	16.61	820	
	-59.33	16.41	15.60	820	
	-75.74	24.65	16.22	820	
	-100.39	15.34	15.23	820	
地震観測位置	-115.73	9.27	14.33	1100	
	-125.00	3.31			
	-128.31	31.00	19.22	1100	
	-159.31	2.16	16.04	1100	
	-161.47	30.20	18.85	1100	
	-191.67	0.07	20.10	1100	
地震観測位置 (今回同定に使用)	-191.74	8.26	18.36	1100	
	-200.00	—			

3. 減衰定数の同定結果

3.1 同定結果

「2. 減衰定数の同定方法」に示した方法に従い、減衰定数を同定した結果を第 3.-1 表に示す。地震観測記録を用いた減衰定数の同定の結果、敷地内の地点によって、3.9%、5.4%、4.2%の異なる値が同定された。

また、同定された減衰定数が妥当であることの確認として、シミュレーション解析を実施した。

シミュレーション解析に用いる地盤モデルは、「2.2 初期モデルの設定及び探索範囲」に示した初期モデルに対して第 3.-1 表に示した減衰定数の同定結果を反映したものとする。また、用いる地震は、各地震観測地点において、大きな観測記録が得られている 2011 年 3 月 11 日東北地方太平洋沖地震の NS 成分において得られている地震観測記録とした。

シミュレーション解析の結果を第 3.-1 図に示す。いずれの地震観測地点においても、観測記録と解析結果は、全周期帯において、概ね同等またはシミュレーション解析結果が観測記録に対して大きな地盤応答を与える結果となった。

以上のことから、第 3.-1 表において同定された減衰定数は、敷地における地震観測記録をよく再現する値として同定されていることを確認した。

3.2 同定結果に対する考察

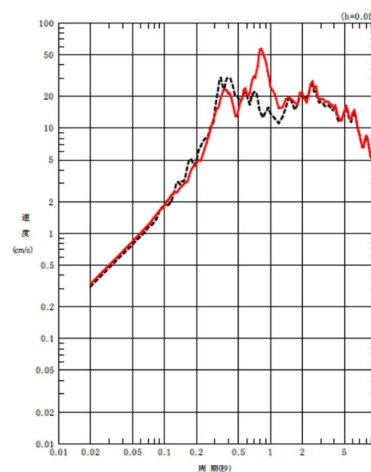
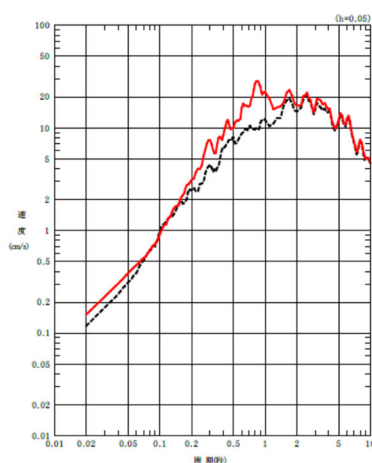
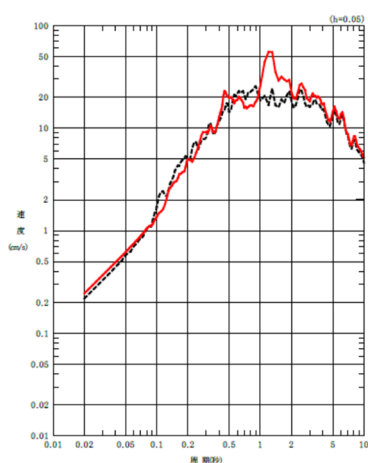
今回、減衰定数の同定に用いた 19 地震の観測記録のうち、最大の加速度を有する地震は、最深部 (GL-200m) において 30Gal 程度のものであることから、今回実施した同定では、地盤が線形状態であるときの減衰定数を評価していると考えられる。

大加速度の地震が地盤中を伝播する際には、地盤の非線形化が進行する可能性があるが、減衰定数の要因のうち材料減衰については、地盤のひずみが進行することにより、今回同定した値からさらに大きい値に推移していくことになる。

以上のことから、非線形状態が見込まれる基準地震動 S_s に対しては、敷地内の地盤の減衰定数は、今回同定した減衰定数を上回る値となると考えられる。

第 3.-1 表 地震観測記録により同定された減衰定数

地震観測地点	減衰定数 h
西側地盤	3.9%
中央地盤	5.4%
東側地盤	4.2%



西側地盤観測地点 (h=3.9%) 中央地盤観測地点 (h=5.4%) 東側地盤観測地点 (h=4.2%)

第 3.-1 図 同定された減衰定数による観測記録の再現確認結果

(2011. 3. 11 東北地方太平洋沖地震)

(黒：GL-2m における観測記録，赤：同定された減衰定数を用いた GL-2m における解析結果)