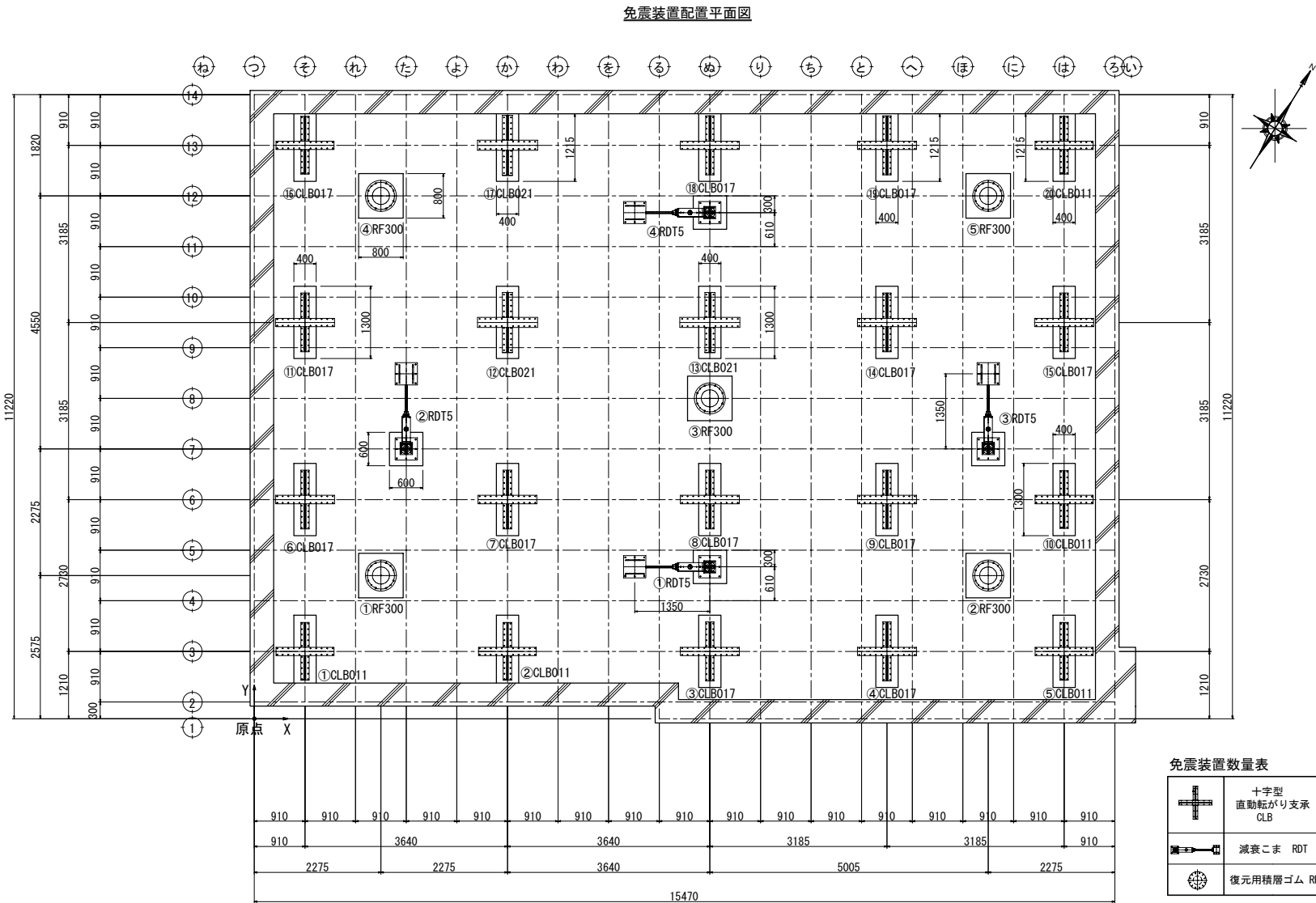


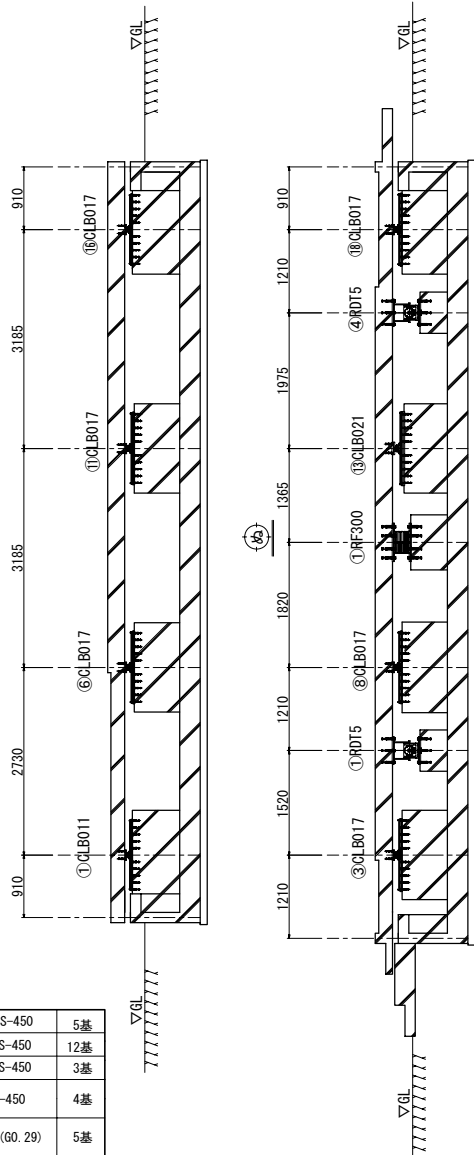
免震設計

〇〇様邸新築工事



免震装置数量表

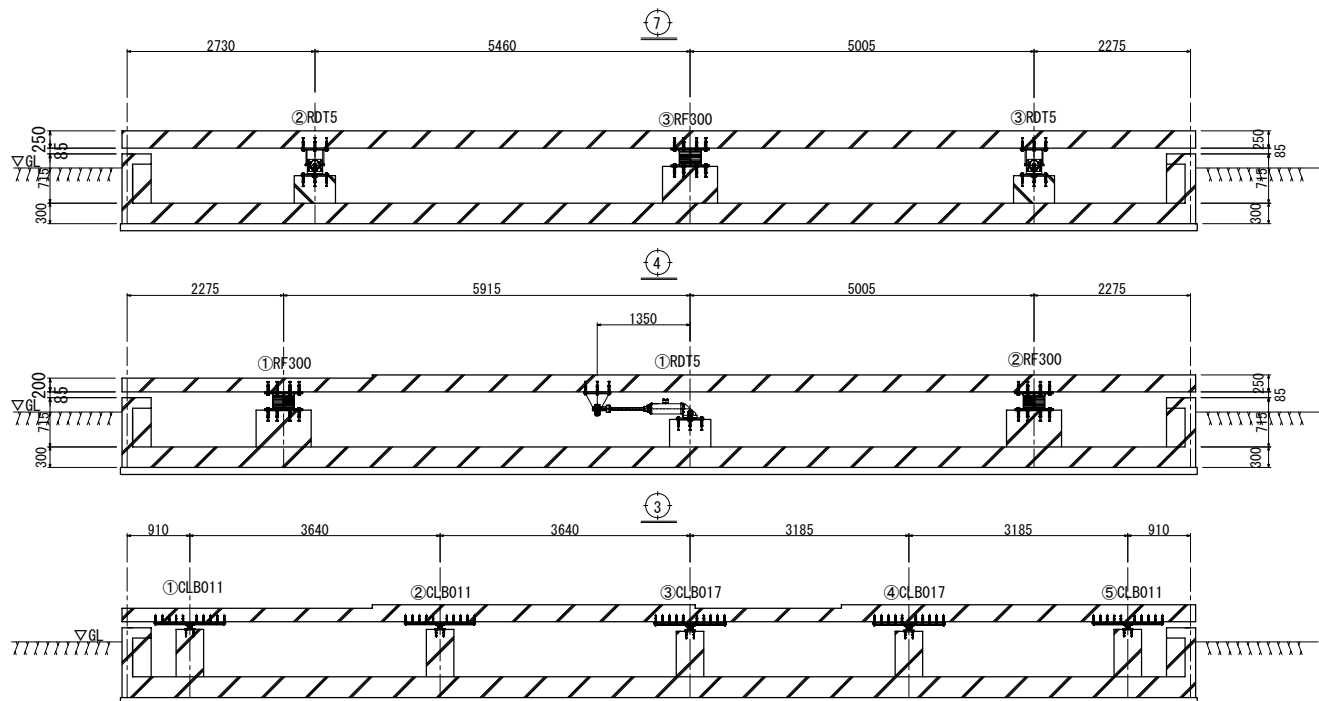
	十字型 直動転がり支承 CLB	CLB011S-450	5基
		CLB017S-450	12基
		CLB021S-450	3基
	減衰こま RDT	RDT5S-450	4基
	復元用積層ゴム RF	RF300SKS(G0.29)	5基



番号	十字型直動転がり支承 CLB			
	装置名称	X座標 (mm)	Y座標 (mm)	長期軸力 (kN)
1	CLB011	910	1210	47
2	CLB011	4550	1210	93
3	CLB017	8190	1210	110
4	CLB017	11375	1210	111
5	CLB011	14560	1210	81
6	CLB017	910	3940	119
7	CLB017	4550	3940	128
8	CLB017	8190	3940	128
9	CLB017	11375	3940	114
10	CLB011	14560	3940	93
11	CLB017	910	7125	106
12	CLB021	4550	7125	148
13	CLB021	8190	7125	146
14	CLB017	11375	7125	135
15	CLB017	14560	7125	121
16	CLB017	910	10310	102
17	CLB021	4550	10310	141
18	CLB017	8190	10310	129
19	CLB017	11375	10310	116
20	CLB011	14560	10310	89
建物長期荷重				2257
建物地震時荷重				2004

番号	復元用積層ゴム RF		
	装置名称	X座標 (mm)	Y座標 (mm)
1	RF300SKS	2275	2575
2	RF300SKS	13195	2575
3	RF300SKS	8190	5760
4	RF300SKS	2275	9400
5	RF300SKS	13195	9400

	増幅機構付き減衰装置-減衰こま RDT					
	装置名称	設置角度 (°)	基礎側		免震架台側	
			X座標 (mm)	Y座標 (mm)	X座標 (mm)	Y座標 (mm)
1	RDT5S	0	8190	2730	6840	2730
2	RDT5S	90	2730	4850	2730	6200
3	RDT5S	90	13195	4850	13195	6200
4	RDT5S	0	8190	9100	6840	9100



免震性能一覧

環境温度				剛性負側：35℃			基準時：20℃			剛性正側：-5℃					
各種依存性：ばらつき				負側	基準時	正側	負側	基準時	正側	負側	基準時	正側			
限界変形時	等価剛性	Keq	(kN/m)	399	479	640	425	505	666	464	543	705			
	設計限界固有周期	Ts	(sec)	4.497	4.105	3.549	4.357	3.998	3.480	4.171	3.853	3.382			
	地盤の加速度増幅率	Gs		1.230	1.230	1.230	1.230	1.230	1.230	1.230	1.230	1.230			
	加速度低減率	Fh		0.527	0.542	0.593	0.508	0.521	0.569	0.480	0.491	0.535			
	免震層の地震力	Q	(kN)	151	170	215	150	168	210	148	164	204			
	基準変位	δ	(m)	0.378	0.355	0.336	0.353	0.332	0.316	0.319	0.301	0.289			
収束時	応答変位	δr	(m)	0.416	0.390	0.369	0.388	0.365	0.347	0.351	0.332	0.318			
	等価剛性	Keq	(kN/m)	414	508	693	456	550	740	522	616	817			
	設計限界固有周期	Ts	(sec)	4.416	3.986	3.413	4.206	3.829	3.302	3.931	3.619	3.141			
	地盤の加速度増幅率	Gs		1.230	1.230	1.230	1.230	1.230	1.230	1.230	1.230	1.230			
	弾塑性系減衰定数	hd		0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000			
	流体系減衰定数	hv		0.193	0.194	0.175	0.216	0.221	0.201	0.267	0.277	0.254			
	加速度低減率	Fh		0.512	0.510	0.545	0.474	0.467	0.499	0.409	0.400	0.423			
	免震層地震力	Q	(kN)	149	165	205	145	157	194	134	142	173			
	基準変位	δ	(m)	0.361	0.324	0.297	0.318	0.285	0.263	0.256	0.231	0.212			
	応答変位	δr	(m)	0.397	0.357	0.326	0.350	0.314	0.289	0.282	0.254	0.233	≦ 0.405 (OK)		
	負担せん断力	弾塑性系	Qh	(kN)	15	15	28	15	15	28	15	15	28		
		復元材	Qe	(kN)	135	149	177	130	142	166	119	127	145		
		流体系	Qv	(kN)	73	81	91	78	87	97	86	95	106		
	減衰材のせん断力分担率	μ		0.039	0.043	0.053	0.041	0.045	0.055	0.044	0.048	0.059	≧ 0.030 (OK)		
	免震層の応答速度	Vr	(m/sec)	1.08	1.07	1.15	1.00	0.98	1.05	0.86	0.84	0.89	≧ 1.50 (OK)		
	接線周期	Tt	(sec)	4.650	4.186	3.676	4.435	4.032	3.573	4.165	3.832	3.435	≧ 2.000 (OK)		
	免震層せん断力係数	Cri		0.098	0.108	0.131	0.098	0.107	0.128	0.096	0.103	0.122	≧ 0.200 (OK)		
	免震層地震力	Qiso	(kN)	196	217	263	196	214	257	192	207	244			
大規模暴風時応答変位				δw	(m)	0.221	0.178	0.115	0.206	0.168	0.111	0.186	0.155	0.104	≧ 0.450 (OK)

日付				承認		工事名称		No.
営業		検図		設計担当		製図		
図名		免震装置配置図		縮尺		1/80		
A-00								

I. 地表面の加速度応答スペクトルの算定	.....
1. 算定条件	.....
2. 地盤のモデル化	.....
3. 表層地盤の T_1 , G_{s1} , G_{s2} の算定	.....
4. 表層地盤による加速度増幅率 G_s の算定	.....
5. 地盤種別の判定	.....
II. 表層地盤における液状化に対する検討	.....
1. 液状化の判定を行う地盤条件	.....
2. 液状化の判定条件	.....
3. 液状化の判定結果	.....
III. 免震層の構造計算	.....
1. 基本事項	.....
2. 免震装置の種類	.....
3. 免震装置の配置	.....
4. 免震層の設計限界変位	.....
5. 各免震装置の諸元と特性	.....
6. 各免震装置の諸元と特性の集計	.....
7. 設計限界固有周期の算定	.....
8. 等価粘性減衰定数の算定	.....
9. 免震層地震力および基準変位の算定	.....
10. 免震層の水平変位の収束値 δ_c の算定	.....
11. 免震層の応答変位の検証と必要クリアランスの算定	.....
12. 上部構造設計用層せん断力の算定	.....
13. 適用範囲の確認	.....
14. 免震層の応答計算結果一覧	.....
15. 免震装置の応力	.....

I. 地表面の加速度応答スペクトルの算定

1. 算定条件

・算定方法

地盤データをもとに表層地盤の卓越周期と等価減衰定数をもとめ、増幅率Gsを算定する。(精算法)

・卓越周期の計算

地盤の1次卓越周期 T_1 を固有値解析により求める。

・せん断弾性波速度

PS検層が実施されていない場合は下式によりVsを算定する。

$$V_s = 68.79 N^{0.171} H^{0.199} Y_g St \quad (\text{太田式}) \text{を用いる。}$$

ここに、

N: 標準貫入試験によるN値

H: 地層の層厚

表 I-1 地質年代係数

	沖積層	洪積層
Y_g	1.000	1.303

表 I-2 土質に応じた係数

	粘土	砂			砂礫	礫
		細砂	中砂	粗砂		
St	1.000	1.086	1.066	1.135	1.153	1.448

・地盤の非線形特性(剛性低下率 $G/G_0 \sim$ 地盤ひずみ γ , 減衰定数 $h \sim \gamma$)

下記2ケースの非線形モデルにて検討し、安全側となる増幅率Gsを採用する。

【旧告示モデル】

H12年建設省告示第1457号別表第1および第2による数値から直線補間して算定する。

下図に別表第1, 第2をグラフ上にプロットしたものを示す。

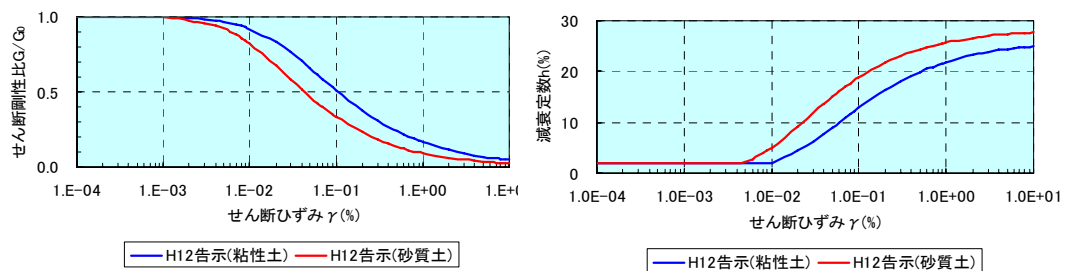


図 I-1 地盤の非線形特性(旧告示モデル)

【HDモデル】

代表的な土の非線形モデルとして、下式に示すHDモデルを用いる。

$$G/G_0 = \frac{1}{1 + \gamma/\gamma_{0.5}} \quad h = h_{\max} \left(1 - G/G_0 \right) \quad \gamma_{0.5}: G/G_{0.5} \text{でのせん断ひずみ}$$

HDモデルのパラメータは、東京、神奈川、大阪のエリアを総合した地盤の非線形性を求める室内試験結果により、以下のとおり設定する。

	$\gamma_{0.5}(\%)$	$h_{\max}(\%)$
粘性土	0.18	17
砂質土	0.10	21

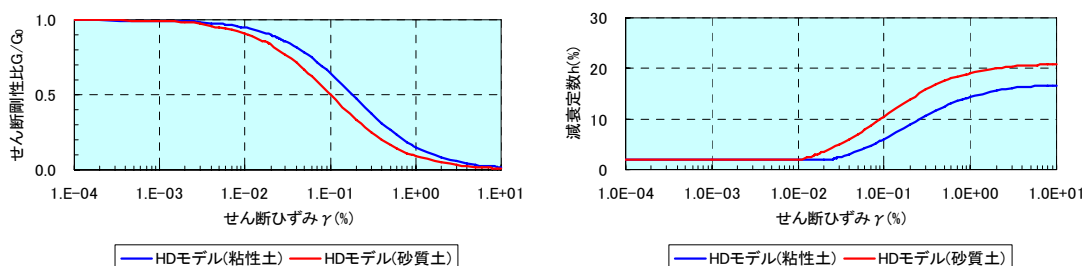


図 I-2 地盤の非線形特性(HDモデル)

・土の単位重量

地盤調査にて室内試験が実施されていない場合、単位重量(湿潤密度)については、下表を参照する。

表 I-3 土質分類と単位重量, 平均粒径, 細粒分含有率の概略値

	地下水位面下の 単位重量 γ_{t2} (kN/m ³)	地下水位面上の 単位重量 γ_{t1} (kN/m ³)	地下水位面下の 有効重量 γ'_{t2} (kN/m ³)	平均粒径 D_{50} (mm)	細粒分 含有率 FC (%)
埋土	17.0	15.0	7.0	0.02	80
シルト	17.5	15.5	7.5	0.025	75
砂質シルト	18.0	16.0	8.0	0.04	65
シルト質細砂	18.0	16.0	8.0	0.07	50
微細砂	18.5	16.5	8.5	0.1	40
細 砂	19.5	17.5	9.5	0.15	30
中 砂	20.0	18.0	10.0	0.35	10
粗 砂	20.0	18.0	10.0	0.6	0
砂れき	21.0	19.0	11.0	2.0	0

『道路橋示方書・同解説Ⅴ耐震設計編 平成14年3月』参考資料より

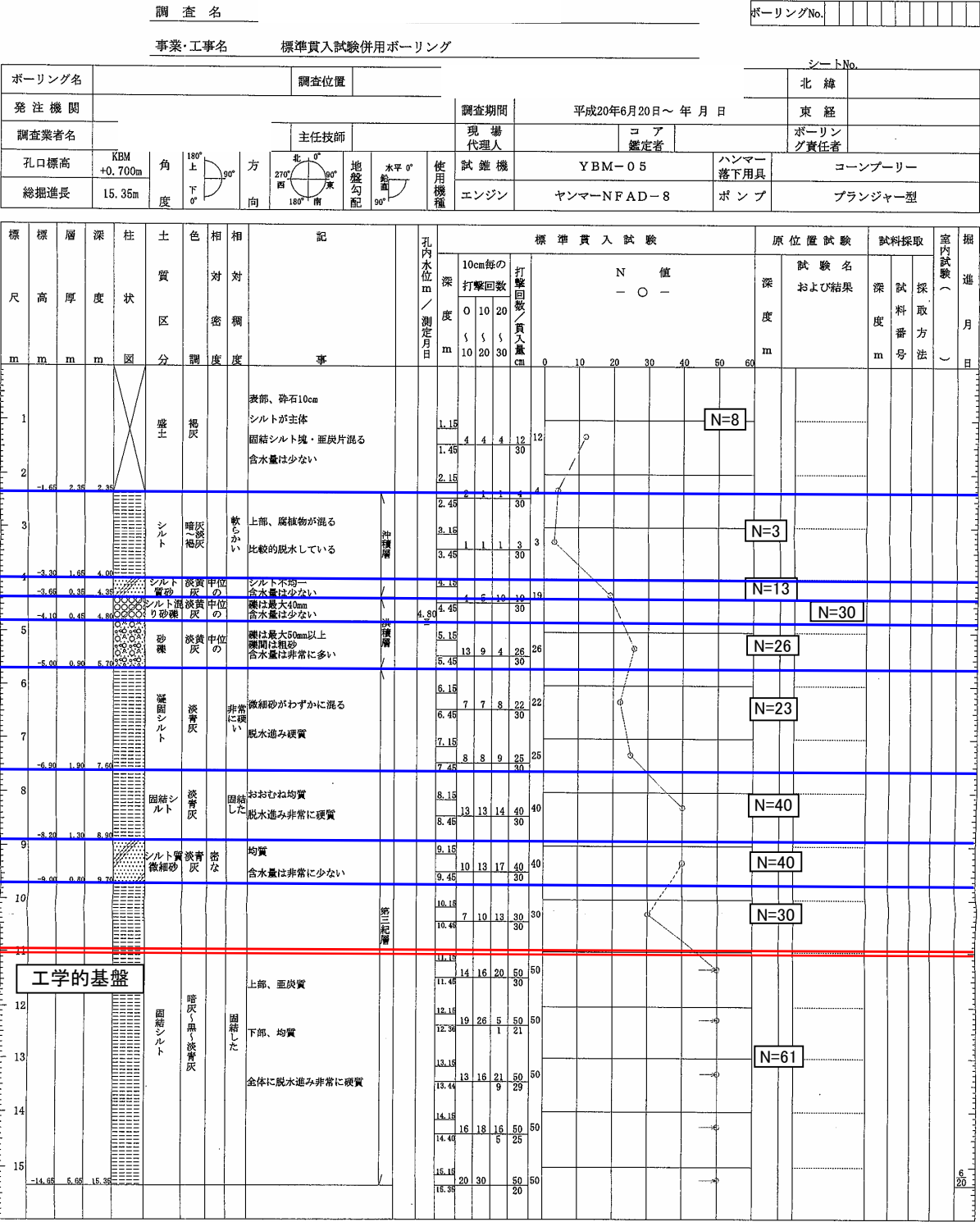
表 I-4 土の単位重量 (kN/m³)

地盤	土質	ゆるいもの	密なもの
自然地盤	砂及び砂れき	18	20
	砂 質 土	17	19
	粘 性 土	14	18
盛土	砂及び砂れき	20	
	砂 質 土	19	
	粘 性 土	18	

『道路橋示方書・同解説Ⅰ共通編 平成14年3月』より

2.地盤のモデル化

建設サイトにおけるボーリング柱状図と検討に用いた地層区分を以下に示す。



上部構造

免震層

地表面

第1層

第2層

...

第n層

工学の基盤

加速度増幅率 G_s

ρ_1, G_1, h_1

ρ_2, G_2, h_2

ρ_n, G_n, h_n

$m_1 = 0.5 \cdot \rho_1 d_1$

$K_1 = G_1 / d_1$

$m_2 = 0.5 \cdot (\rho_1 d_1 + \rho_2 d_2)$

$K_2 = G_2 / d_2$

m_n

K_n

多質点系へ置換
(モーダルアナリシス)

一次モード形

U_1

U_2

U_n

(工学的基盤に関する条件)

- ・せん断弾性波速度Vsが400m/sec程度以上であること
 - ・層厚が5m以上であること
 - ・建設物直下を中心とし、表層地盤の厚さの5倍程度の範囲において、工学的基盤の層上面の傾斜が5°以下の傾斜
- 次ページ以降に、建設サイト周辺の工学的基盤勾配調査書を添付する

[illegible]

- ・せん断剛性 $G_{0i} = \rho_i V s_i^2$ ※シルト層, 固結シルト層の土質係数Stはそれぞれ粘土, 礫の数値とした。
 - ・質点質量 $m_i = 0.5 \cdot (\rho_i d_i + \rho_{i-1} d_{i-1})$
 - ・質点間ばね $K_i = G_i / d_i$ (表層地盤)
 $K_i = K_b = 8G_i \cdot B / (2 - \nu_b)$ (工学的基盤)
 - ・ $B = (1/\pi)^{0.5} = 0.564m$
 - ・工学的基盤のポアソン比 $\nu_b = 0.45$
 - ・波動インピーダンス比 $\alpha = \rho_{i-1} V s_{i-1} / \rho_i V s_i$

3.表層地盤のT1, Gs1, Gs2の算定

(1) 地盤モデルに基づき、T1, Gs1, Gs2の収斂計算を行う。【旧告示モデル】

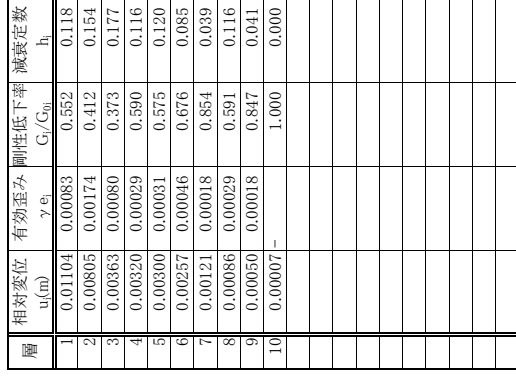
①T1, Gs1, Gs2の算定 - 1回目

[illegible]

表層厚H=11.2
 $\Sigma V_{s;d_j} = 2493.5$

$$\Sigma V_{s,d_j} = 2493.5$$

平均密度	ρ_e (kN/m ³)	17.3	固有周期	T_1 (sec)	0.198	$S_{d(T_1, h=0)}$	38.5
等価Vs	Vse (ml/sec)	222.6	G _{S1}		1.867	Ds(T ₁)	0.01139
波動インピーダンス比	α	0.504	G _{S2}		1.671	Dd(T ₁)	0.00036
減衰定数	h	0.02	G _b		0.059	Ds(T ₁) - Dd(T ₁)	0.01104



図I-4-1-次毛一ト図(1回目)

②T1, Gs1, Gs2の算定 - 2回目

低下率減衰定数

[illegible]

表層厚H= 11.2	$\Sigma V_{sdi}= 2059.9$	$\Sigma w_i= 0.1$	$\Sigma h_i \cdot w_i= 0.0$
------------	--------------------------	-------------------	-----------------------------

 $\Sigma w_i = 0.1$
$$\Sigma \mathbf{h}_i \cdot \mathbf{w}_i = 0.0$$

平均密度 ρ (kN/m ³)	17.3	固有周期 T_1 (sec)	0.279	$S_{a(T_1, \theta=0)}$	38.
等価Vs	183.9	Gs ₁	1.697	Ds(T ₁)	0.02045
波動伝達 ν^2 -タンズ比	α	Gs ₂	1.070	Dd(T ₁)	0.00353
減衰定数 η		Gb	0.293	$Ds(T_1) - Dd(T_1)$	0.01692

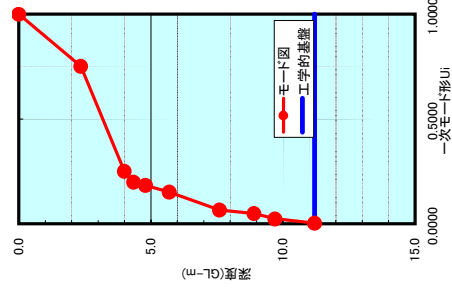


図 I-4-2 一次元トド図(2回目)

(2) 地盤モデルに基づき、T1, Gs1, Gs2の収斂計算を行う。【HDモデル】

①T1, Gs1, Gs2の算定 - 1回目

[illegible]

表層厚H= 11.2
 $\Sigma V_{s;d_j} = 2493.5$

平均密度	ρ_e (kN/m ³)	17.3	固有周期	T_1 (sec)	0.198	$S_{d(T_1, h=0)}$	38.5
等価Vs	Vse (m/sec)	222.6	G _{s1}		1.867	Ds(T ₁)	0.01139
波動インパルス比	α	0.504	G _{s2}		1.671	Dd(T ₁)	0.00036
減衰定数	h	0.02	G _b		0.059	Ds(T ₁) - Dd(T ₁)	0.01104

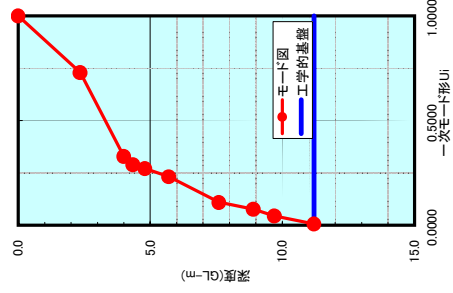


図 I-5-1 一次モード図(1回目)

[illegible]

②T1, Gs1, Gs2の算定 - 2回目

層	せん断剛性低下率	減衰定数	1次モード	相対変位	有効歪み	剛性低下率	減衰定数
	$G_0(\text{kN/m}^2)$	h_1	U_1	$u_1(\text{m})$	γ_{e1}	G_1/G_0	h_1

表層厚H= 11.2	$\Sigma V_{s,d} = 2225.3$	$\Sigma w_i = 0.2$	$\Sigma h_i \cdot w_i = 0.0$
------------	---------------------------	--------------------	------------------------------

平均密度	ρ e (kN/m ³)	17.3	固有周期	T ₁ (sec)	0.251	S _a (T ₁ , H=0)	38.5
等価Vs	Vse (m/sec)	198.7	G ₈₁	Ds(T ₁)	1.870	Ds(T ₁)	0.01821
波動インピーダンス比	α	0.450	G ₈₂	Dd(T ₁)	1.419	Dd(T ₁)	0.00155
減衰定数	h	0.054	G ₈₃	Ds(T ₁) - Dd(T ₁)	0.159	Ds(T ₁) - Dd(T ₁)	0.01667

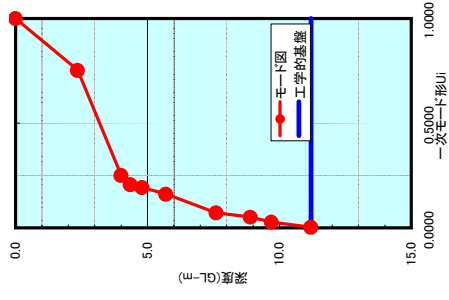


図 I-5-2 一次元トポ図(2回目)

【HDモデル収斂計算】

③T1, Gs1, Gs2の算定 - 3回目

[illegible]

表層厚H= 11.2	$\Sigma Vsd_i = 2178.4$	$\Sigma w_i = 0.27$	$\Sigma h_i \cdot w_i = 0.0$
------------	-------------------------	---------------------	------------------------------

平均密度	ρ_e (kN/m ³)	17.3	固有周期	T_1 (sec)	0.283	$S_{a(T_1, I=0)}$	38.5
等価Vs	Vs (m/sec)	194.5	G _{s1}		1.769	Ds(T ₁)	0.02201
波動インピーダンス比	α	0.441	G _{s2}		1.227	Dd(T ₁)	0.00275
減衰定数	h	0.080	G _b		0.221	Ds(T ₁)-Dd(T ₁)	0.01926

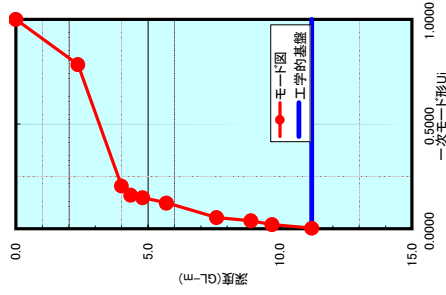


図 I-5-3 一次モード図(3回目)

④T1, Gs1, Gs2の算定 - 4回目

[illegible]

表層厚H=	11.2	$\Sigma V_{sd_i}=2182.5$	$\Sigma w_i=0.3$	$\Sigma h_i \cdot w_i=0.0$
-------	------	--------------------------	------------------	----------------------------

平均密度	ρ_e (kN/m ³)	17.3	固有周期 T_1 (sec)	0.302	$S_{a(T_1, H=0)}$	38.5
等価Vs	Vse (m/sec)	194.9	G _{S1}	1.697	Ds(T ₁)	0.02405
波動インピーダンス比	α	0.441	G _{S2}	1.130	Dd(T ₁)	0.00356
減衰定数	h	0.094	G _b	0.251	Ds(T ₁) - Dd(T ₁)	0.02050

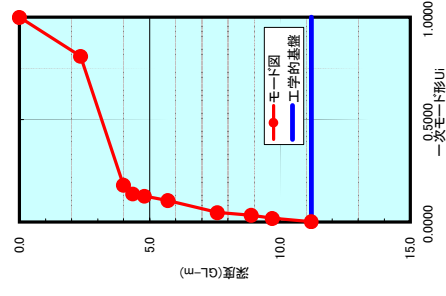


图 I-5-4 一次主—上图(4回目)

⑤T1, Gs1, Gs2の算定 - 5回目

[illegible]

表層厚H= 11.2	$\Sigma V_{sd_i} = 2192.3$	$\Sigma w_i = 0.3$	$\Sigma h_i \cdot w_i = 0.0$
------------	----------------------------	--------------------	------------------------------

平均密度	ρ_e (kN/m ³)	17.3	固有周期	T_1 (sec)	0.313	$S_{a0}(T_1, \lambda=0)$	38.5
等価Vs	Vse (m/sec)	195.7	Gs ₁		1.656	Ds(T ₁)	0.02516
波動インピーダンス比	α	0.443	Gs ₂		1.081	Dd(T ₁)	0.00404
減衰定数	h	0.102	Gb		0.266	Ds(T ₁) - Dd(T ₁)	0.02112

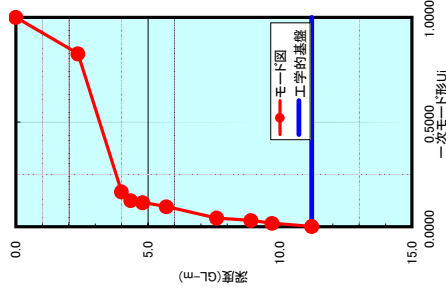


図 I-5-5 一次モード図(5回目)

⑥T1, Gs1, Gs2の算定 - 6回目

[illegible]

表層厚度	$H = 11.2$	$\Sigma V_{s,d} = 2199.5$	$\Sigma w_i = 0.4$	$\Sigma h_i \cdot w_i = 0.0$
------	------------	---------------------------	--------------------	------------------------------

平均密度 ρ_e (kN/m ³)	17.3	固有周期 T_1 (sec)	0.319	$S_{a(T_1, 1.0)}$	38.5
等価Vs Vse (m/sec)	196.4	G _{S1}	1.633	Ds(T ₁)	0.02577
波動インピーダンス比 α	0.445	G _{S2}	1.055	Dd(T ₁)	0.00432
減衰定数 h	0.107	G _b	0.274	Ds(T ₁) - Dd(T ₁)	0.02145

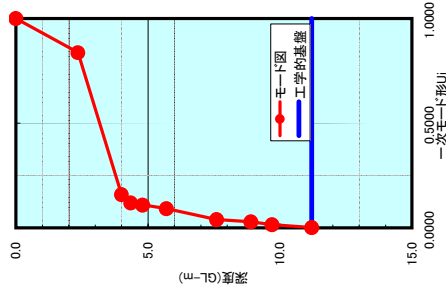


図 I-5-6 一次モード図(6回目)

⑦T1, Gs1, Gs2の算定 - 7回目

[illegible]

表層厚H=	11.2	$\Sigma V_{sd_i}=2203.8$	$\Sigma w_i=0.4$	$\Sigma h_i \cdot w_i=0.0$
-------	------	--------------------------	------------------	----------------------------

平均密度 ρ_e (kN/m ³)	17.3	固有周期 T_1 (sec)	$S_{a(T_1, 1.0)}$	38.5
等価Vs Vse (m/sec)	196.8	G ₁	1.621	0.02613
波動インピーダンス比 α	0.446	G ₂	1.042	0.00448
減衰定数 h	0.109	G _b	0.278	0.02165
			$D_s(T_1) - D_d(T_1)$	

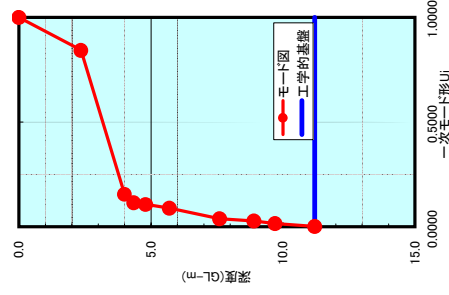


図 I-5-7 一次モード図(7回目)

⑧T1, Gs1, Gs2の算定 - 8回目

[illegible]

表層厚H= 11.2	$\Sigma V_{s,d_i} = 2206.3$	$\Sigma w_i = 0.4$	$\Sigma h_i \cdot w_i = 0.0$
------------	-----------------------------	--------------------	------------------------------

平均密度	ρ_e (kN/m ³)	17.3	固有周期 T_1 (sec)	0.324	$S_{a(T_1, H=0)}$	38.5
等価Vs	Vse (m/sec)	197.0	G _{S1}	1.614	Ds(T ₁)	0.02634
波動インピーダンス比	α	0.446	G _{S2}	1.035	Dd(T ₁)	0.00457
減衰定数	h	0.110	G _b	0.280	Ds(T ₁) - Dd(T ₁)	0.02177

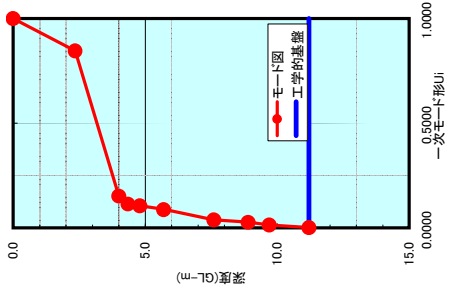


図 I-5-8 一次元一ト図(8回目)

⑨T1, Gs1, Gs2の算定 - 9回目

[illegible]

表層厚H= 11.2	$\Sigma V_{sd_i} = 2207.7$	$\Sigma w_i = 0.4$	$\Sigma h_i \cdot w_i = 0.0$
------------	----------------------------	--------------------	------------------------------

平均密度	ρ_e (kN/m ³)	17.3	固有周期	T_1 (sec)	0.325	$S_{a0}(T_1, I=0)$	38.5
等価Vs	Vse (m/sec)	197.1	G _{S1}		1.610	Ds(T ₁)	0.02646
波動インピーダンス比	α	0.446	G _{S2}		1.031	Dd(T ₁)	0.00462
減衰定数	h	0.111	G _B		0.281	Ds(T ₁) - Dd(T ₁)	0.02184

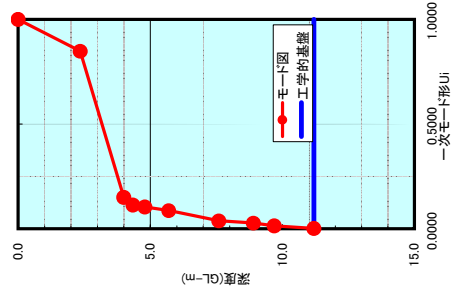


図 I-5-9-1 次子一ト図(9回目)

[illegible]

表層厚度	$H = 11.2$	$\Sigma V_{s,d_i} = 2208.5$	$\Sigma w_i = 0.4$	$\Sigma h_i \cdot w_i = 0.0$
------	------------	-----------------------------	--------------------	------------------------------

平均密度 ρ_e (kN/m ³)	17.3	固有周期 T_1 (sec)	0.326	$S_{ae}(T_1, 1.0)$	38.5
等価Vs Vse (m/sec)	197.2	G _{S1}	1.608	Ds(T ₁)	0.02654
波動インピーダンス比 α	0.447	G _{S2}	1.029	Dd(T ₁)	0.00465
減衰定数 h	0.112	G _b	0.282	Ds(T ₁) - Dd(T ₁)	0.02189

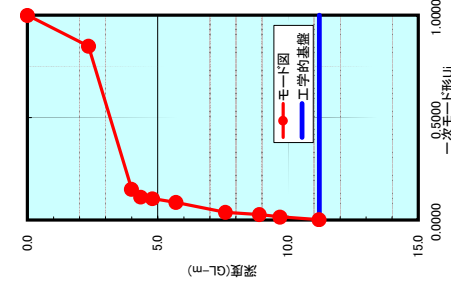


図 I-5-10 一次主-ト図(10回目)

ここに、

- ・収斂計算過程の初期値(1回目)として、剛性低下率 $G_i/G_{0i}=1.00$ ，減衰定数 $h_i=0.02$ とする。
- ・ $G_i=(\text{剛性低下率}) \times G_{0i}$
- ・一次固有周期 T_1 と一次モード U_i は多質点せん断棒モデルの固有値解析(stodola法)により求めた。
- ・表層地盤の平均密度 $\rho_e=(1/H) \sum \rho_i \cdot d_i$
- ・表層地盤の等価(平均)せん断弾性波速度 $V_{se}=(1/H) \sum V_{si} \cdot d_i$
- ・表層地盤と工学的基盤の波動インピーダンス比 $\alpha=(\rho_e \cdot V_{se})/(\rho_b \cdot V_b)$
- ・減衰定数 $h=(\sum h_i \cdot w_i)/(\sum w_i)$
- ・ $w_i=(G_i/2d_i) \cdot (U_i - U_{i-1})^2$
- ・表層地盤の一次卓越周期 T_1 における増幅率 $G_{s1}=1/(1.57h + \alpha)$
- ・表層地盤の二次卓越周期 T_2 における増幅率 $G_{s2}=1/(4.71h + \alpha)$
- ・工学的基盤の一次卓越周期における増幅率 $G_b=1.57h/(1.57h + \alpha)$
- ・非減衰加速度応答スペクトル

$$\begin{aligned} S_{a(T,h=0)} &= 3.2 + 35.3 \cdot T / 0.16 & (T \leq 0.16) \\ &= 38.5 & (0.16 < T \leq 0.64) \\ &= 38.5 / (1.91 T^{1.45}) & (0.64 < T \leq 5.0) \end{aligned}$$
- ・地表面変位 $D_s(T_1) = T_1^2 / (2\pi)^3 \cdot G_{s1} \cdot S_{a(T_1,h=0)}$
- ・工学的基盤変位 $D_b(T_1) = T_1^2 / (2\pi)^3 \cdot G_b \cdot S_{a(T_1,h=0)}$
- ・相対変位 $u_i = \{D_s(T_1) - D_b(T_1)\} \cdot U_i$
- ・有効歪み $\gamma_{ei} = 0.65 \cdot (u_i - u_{i+1}) / d_i$

表 I-7 収斂計算のまとめ【旧告示モデル】

	1回目	2回目	3回目	4回目	5回目	6回目	7回目	8回目	9回目	10回目
地表面地盤の1次卓越周期	0.198	0.279	0.313	0.323	0.324	0.323	0.322	0.322	0.322	0.321
地表面地盤の2次卓越周期	0.066	0.093	0.104	0.108	0.108	0.108	0.107	0.107	0.107	0.107
波動インピーダンス比	0.504	0.417	0.409	0.414	0.419	0.422	0.423	0.423	0.423	0.424
地盤の減衰定数	0.020	0.110	0.149	0.163	0.167	0.168	0.168	0.168	0.168	0.135
1次卓越周期に対する増幅率	1.867	1.697	1.557	1.494	1.467	1.458	1.455	1.454	1.454	1.575
2次卓越周期に対する増幅率	1.671	1.070	0.902	0.847	0.829	0.823	0.822	0.822	0.823	0.946

※10回目(最終)の地盤の減衰定数: $h=0.8 \times (\sum hi \cdot wi) / (\sum wi)$ とする。

表 I-8 収斂計算のまとめ【HDモデル】

	1回目	2回目	3回目	4回目	5回目	6回目	7回目	8回目	9回目	10回目
地表面地盤の1次卓越周期	0.198	0.251	0.283	0.302	0.313	0.319	0.322	0.324	0.325	0.326
地表面地盤の2次卓越周期	0.066	0.084	0.094	0.101	0.104	0.106	0.107	0.108	0.108	0.109
波動インピーダンス比	0.504	0.450	0.441	0.441	0.443	0.445	0.446	0.446	0.446	0.447
地盤の減衰定数	0.020	0.054	0.080	0.094	0.102	0.107	0.109	0.110	0.111	0.112
1次卓越周期に対する増幅率	1.867	1.870	1.769	1.697	1.656	1.633	1.621	1.614	1.610	1.608
2次卓越周期に対する増幅率	1.671	1.419	1.227	1.130	1.081	1.055	1.042	1.035	1.031	1.029

※

4.表層地盤による加速度増幅率Gsの算定

・収斂計算によるT₁, T₂, G_{s1}, G_{s2}を用いて、表層地盤の加速度増幅率Gsを下式で算定する。

表 I -8 Gs算定式		
建物周期(T)と地盤の卓越周期との関係	増幅率:Gs(T,h,α)	安全限界 下限値
T≦0.8T ₂	$G_s(T,h,\alpha)=\frac{G_{s2}\cdot T}{0.8\cdot T_2}$	1.23
0.8T ₂ <T≦0.8T ₁	$G_s(T,h,\alpha)=G_{s2}+\frac{T-0.8T_2}{0.8(T_1-T_2)}(G_{s1}-G_{s2})$	1.23
0.8T ₁ <T≦1.2T ₁	$G_s(T,h,\alpha)=G_{s1}$	1.23
1.2T ₁ <T	$G_s(T,h,\alpha)=\frac{G_{s1}-1}{\frac{1}{1.2T_1}-0.1}\left(\frac{1}{T}-\frac{1}{1.2T_1}\right)+G_{s1}$	1.23

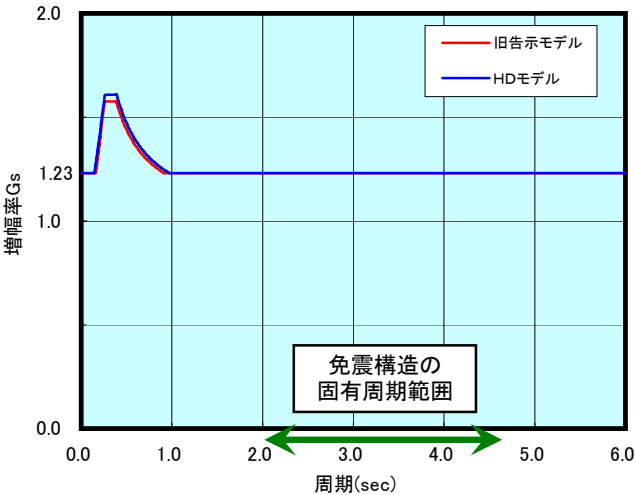


図 I -6 表層地盤の加速度増幅率

表 I -9 T₁, T₂, G_{s1}, G_{s2}をの計算結果

	地盤の非線形特性	
	旧告示	HD
T ₁ (sec)	0.321	0.326
T ₂ (sec)	0.107	0.109
G _{s1}	1.575	1.608
G _{s2}	0.946	1.029

免震構造の固有周期Tは2.0～5.0secの範囲にあり、本検討地盤の場合、この固有周期帯における増幅率Gsは、地盤の非線形モデルを【旧告示モデル】，【HDモデル】いずれを用いた場合でも、下限値の1.23となる。

よって、本検討地盤における免震層の応答計算では、地盤の非線形モデルは【旧告示モデル】，【HDモデル】いずれのモデルを用いても、応答計算結果は同じである。

・地表面の加速度応答スペクトルの算定

開放工学的基盤での5%減衰の加速度応答スペクトルSaの算定式を以下に示す。

$$\begin{aligned} 0.16 \leq T & \quad Sa = 3.2 + 30T \\ 0.16 < T \leq 0.64 & \quad Sa = 8.0 \\ 0.64 < T & \quad Sa = 5.12/T \end{aligned}$$

地表面での加速度応答スペクトル(h=0.05)は開放工学的基盤での加速度応答スペクトルに上記で算定した表層地盤による加速度増幅率Gsを乗じて求める。結果【旧告示モデル】を下図に示す。

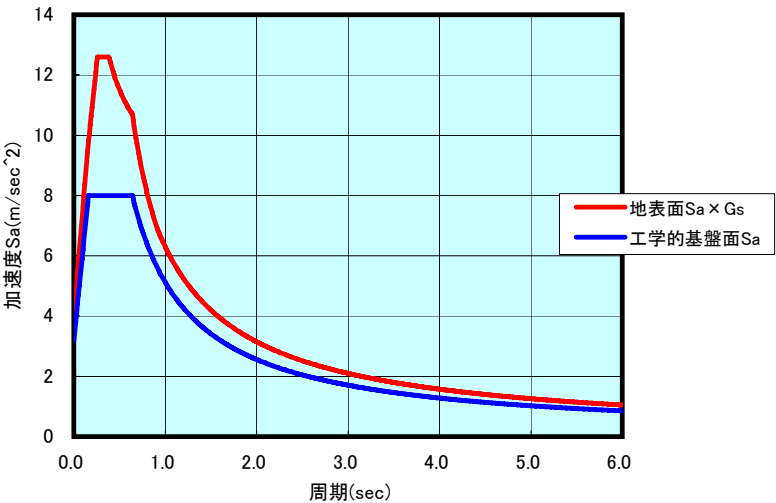


図 I -7 地表面の加速度応答スペクトル(h=0.05)【旧告示モデル】

- 変位応答スペクトルの算定
前ページに記載した加速度応答スペクトルから、下式を用いてSa-Sdの関係を算定する。
 $Sd=(T/2\pi)^2 \cdot Sa$

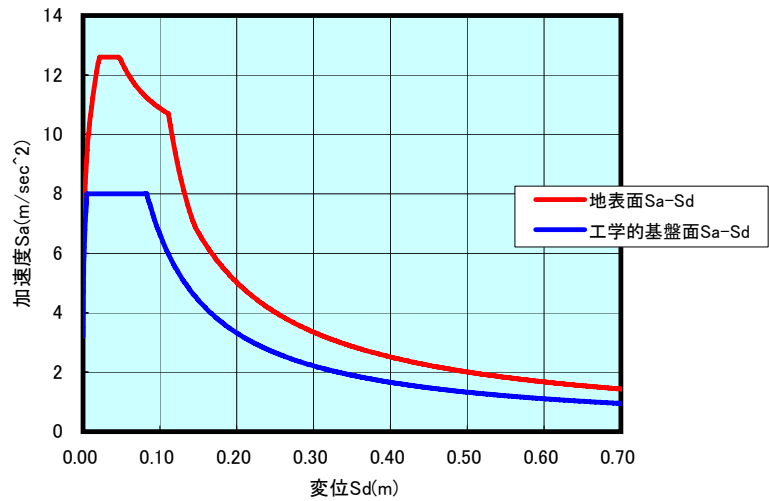


図 I -8 Sa-Sdの関係

5.地盤種別の判定

地盤種別の判定は『昭和55年建告1793号』により判定するものとする。

表 I -10 各地盤種別の特徴

第一種地盤	岩盤、硬質砂れき層その他主として第三紀以前の地層によつて構成されているもの又は地盤周期等についての調査若しくは研究の結果に基づき、これと同程度の地盤周期を有すると認められるもの
第二種地盤	第一種地盤及び第三種地盤以外のもの
第三種地盤	腐植土、粘土その他これらに類するもので大部分が構成されている沖積層（盛土がある場合においてはこれを含む。）で、その深さがおおむね30m以上のもの、沼沢、泥海等を埋め立てた地盤の深さがおおむね3 m以上であり、かつ、これらで埋め立てられてからおおむね30年経過していないもの又は地盤周期等についての調査若しくは研究の結果に基づき、これらと同程度の地盤周期を有すると認められるもの

表 I -11 微小歪領域での地盤周期

地 盤 周 期 Tg (秒)	地盤種別
Tg≦0.2	第1種
0.2<Tg≦0.75	第2種
0.75<Tg	第3種

地盤周期Tgは、地盤のせん断剛性低下のない微小歪領域として、固有値解析の収斂計算における1次固有周期T₁の第1回目と2回目の平均値を用いる。（固有値解析の収斂計算は、表 I -7 参照）

収斂計算過程	1回目	2回目	平均値
1次固有周期T ₁ (sec)	0.198	0.279	0.238

→

地盤種別
第2種地盤

Ⅱ. 表層地盤における液状化に対する検討

1. 液状化の判定を行う地盤条件

- ・地表面から20mの深さ以内
- ・砂質土で粒径が比較的均一な中粒砂などからなること
- ・地下水位以深にあって、水で飽和されていること
- ・N値がおおむね15以下であること

地盤調査にて室内試験(密度試験、粒度試験等)が行われていない場合、液状化の判定に用いる地盤特性(単位体積重量、細粒分含有率)は下表を参照する。

表Ⅱ-1 土質分類と単位重量、平均粒径、細粒分含有率の概略値

	地下水位面下の 単位重量 γ_{t2} (kN/m^3)	地下水位面上の 単位重量 γ_{t1} (kN/m^3)	地下水位面下の 有効重量 γ'_{t2} (kN/m^3)	平均粒径 D_{50} (mm)	細粒分 含有率 FC (%)
埋土	17.0	15.0	7.0	0.02	80
シルト	17.5	15.5	7.5	0.025	75
砂質シルト	18.0	16.0	8.0	0.04	65
シルト質細砂	18.0	16.0	8.0	0.07	50
微細砂	18.5	16.5	8.5	0.1	40
細砂	19.5	17.5	9.5	0.15	30
中砂	20.0	18.0	10.0	0.35	10
粗砂	20.0	18.0	10.0	0.6	0
砂れき	21.0	19.0	11.0	2.0	0

『道路橋示方書・解説Ⅴ耐震設計編 平成14年3月』参考資料より

2. 液状化の判定条件

表層地盤における液状化のおそれがないことの判定条件として、以下のことを確認する。

- 【CASE①】地表面最大加速度150gal以上に対して 下記のa) を満足
 【CASE②】地表面最大加速度350gal以上に対して 下記のa)、b)、c)のいずれかを満足

- a)判定指標 $FL > 1.0$ (恐れがない)、 $FL \leq 1.0$ (可能性あり)
 b)軽微な範囲の液状化。予測地盤変位 $D_{cy} \leq 5\text{cm}$ (軽微)
 c)液状化による危険が低いこと。影響度指標 $PL \leq 5$ (低い)

a)FI値による判定

F_L 値	可能性
$F_L > 1.0$	恐れなし
$F_L \leq 1.0$	可能性ある

b)地盤変位量の概略値による判定

地盤変位 D_{cy} (cm)	程度
$D_{cy} \leq 5$	軽微
$5 < D_{cy} \leq 10$	小
$10 < D_{cy} \leq 20$	中
$20 < D_{cy} \leq 40$	大
$40 < D_{cy}$	甚大

c)PI値による判定

P_L 値	危険度
0	かなり低い
$P_L \leq 5$	低い
$5 < P_L \leq 15$	高い
$15 < P_L$	極めて高い

a)FI値

$$FI = \frac{\tau_d / \sigma'_z}{\tau_d / \sigma'_z} = \begin{cases} \geq 1.0 & (\text{液状化の可能性なし}) \\ \leq 1.0 & (\text{液状化の可能性あり}) \end{cases}$$

ここに、

$$\tau_d / \sigma'_z: \text{繰返しせん断応力比} \quad \left(\frac{\tau_d}{\sigma'_z} = r_n \frac{\alpha_{\max}}{g} \frac{\sigma_z}{\sigma'_z} r_d \right)$$

r_n : 繰返し回数に関する補正係数($=0.1(M-1)$)

M : マグニチュード

$\alpha_{\max}$: 地表面における設計用水平加速度

g : 重力加速度

σ_z : 検討深さにおける全土被り圧

σ'_z : 検討深さにおける有効土被り圧

r_d : 地盤が剛体でないことによる低減係数($=1-0.015z$)

z : 地表面からの検討深さ

τ_d / σ'_z : 液状化抵抗比(右上図 $\gamma=5\%$ による)

N_a : 補正N値($=N_1 + \Delta N_f$)

ΔN_f : 細粒分含有率 F_c に応じた補正N値増分(右図)

N_1 : 換算N値($=C_N \cdot N$)

C_N : 拘束圧に関する換算係数($=\sqrt{(98 / \sigma'_z)}$)

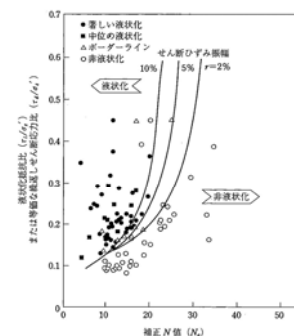


図 4.5.1 補正N値と液状化抵抗、動的せん断ひずみの関係⁴⁴⁾

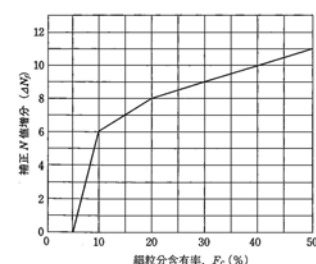
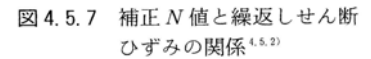


図 4.5.2 細粒分含有率とN値の補正係数⁴⁴⁾

- ・ N_a と τ_d/σ'_z から地盤の繰返しせん断ひずみ γ_{cy} を推定(右図)
- ・ γ_{cy} が同一方向に発生すると仮定し、これを鉛直方向に積分して振動中の最大水平変位分布を求める


$$Pl = \int_0^{20} (1 - Fl) w(z) dz$$

$w(z)$: 深さに対する重み関数 (= $10 - 0.5z$)
 $Fl < 1$ の層のみを対象とする。

盛土・・・シルト(粘性土)主体
谷床堆積物・・・シルト、砂質土、砂礫の順に分布する
東海層群・・・凝固～固結シルト主体で、砂質土の薄い層を挟んでいる。

谷床堆積物(GL-4.0m～GL-5.7m)に分布する砂質土層および砂礫層
東海層群(GL-8.9m～GL-9.7m)に分布する砂質土層

表Ⅱ-2 液状化の判定結果一覧

[illegible]

以上より、本案件において表層地盤における液状化のおそれはないと判定する。

(ボーリング柱状図)

調査名

事業・工事名

標準貫入試験併用ボーリング

ボーリングNo.

シートNo.

ボーリング名		調査位置		調査期間		北緯	
発注機関		主任技師		現場代理人		東経	
調査業者名		コア鑑定者		ボーリング責任者			
孔口標高	KBM +0.700m	角	180° 上 90° 下 0°	方	北 0° 270° 西 180° 南 90° 東	地盤勾配	水平 0° 鉛直 90°
総掘進長	15.35m	度		使用機種	試験機 YBM-05 エンジン ヤンマーNFAD-8	ハンマー 落下用具 ポンプ	コーンブーリー プランジャー型

標尺	層高	層厚	深	柱状	土質	色	相対	相対	記	孔内水位 m 測定月日	標準貫入試験				N値 -○-	原位置試験 深度 m	試験名 および結果	試料採取 深度 m	採取方法	室内試験 ()	掘進 月日
											10cm毎の 打撃回数	打撃回数 / 貫入量 cm	0	10							
m	m	m	m	図	分	調	度	度	事		m	0	10	20	30	40	50	60			
1					盛土	褐灰			表部、碎石10cm シルトが主体 固結シルト塊・亜炭片混る 含水量は少ない		1.15 1.45 2.15 2.45 3.15 3.45	4 4 4 1 1 1	12 30 30 30 30 30								
2											-1.65	2.35	2.35								
3					シルト	暗灰 褐灰			軟らかい 上部、腐植物が混る 比較的脱水している												
4											-3.30	1.65	4.95								
5					シルト	暗灰 褐灰			シルト不純物 含有量は少ない 固結シルト塊 混入量は少ない												
6					凝結シルト	淡青灰			微細砂がわずかに混る 脱水進み硬質												
7											-6.90	1.90	7.80								
8					固結シルト	淡青灰			固結した 脱水進み非常に硬質												
9											-8.80	1.30	8.80								
10																					
11																					
12					暗灰・黒 凝結シルト				上部、亜炭質 下部、均質 全体に脱水進み非常に硬質												
13																					
14																					
15																					

 : 液状化の検討を行う地層

液状化の判定

(1) 計算条件

地震の想定マグニチュード

地表面における設計用水平加速度

350 gal
← [CASE②]重力の加速度 $\alpha = 980 \text{ gal}$

等価な繰り返し回数に関する補正係数

項目	単位	値	備考
地下水位	GL-	0.00	(地表面に地下水位が位置する状態を想定する)

(2)地層の構成

[illegible]

※地下水位で地層を分けて入力する。

(3) N値測定点での液状化の判定

[illegible]

※粘性土(粘土,シルト)の層において液状化の判定は行わない

Ⅲ. 免震層の構造計算

1. 基本事項

・プロジェクト名		・環境温度 基準時	20 ℃
・建設地		最小	-5 ℃
・地域係数 Z=	1.0	最大	35 ℃
・積雪区分	一般地域	・地震時荷重	2004 kN
・構造種別	W造	・地盤増幅率	旧告示別表第1,2
・階数 棟屋	なし	T ₁ =	0.321 sec
地上	2階	T ₂ =	0.107 sec
地下	1階	G _{S1} =	1.575
・軒高	6.71 m	G _{S2} =	0.946
	(→四号建築物に該当)	・地盤種別	T _g = 0.238 sec ⇒ 第2種地盤
・建物固有周期	0.201 sec		

2. 免震装置の種類

本案件において使用する免震装置の種類を下表に示す。

認定番号	認定名称	免震装置形式	配置基数	備考
MVBR-0381	ATG式十字型直動転がり支承	CLB011	5	ストローク±450mm
MVBR-0381	ATG式十字型直動転がり支承	CLB017	12	ストローク±450mm
MVBR-0381	ATG式十字型直動転がり支承	CLB021	3	ストローク±450mm
MVBR-0297	復元ゴム	R30-300-20×10	5	RF300SKS
MVBR-0387	AT式増幅機構付き減衰装置-減衰こま	RDT5S	4	ストローク±450mm

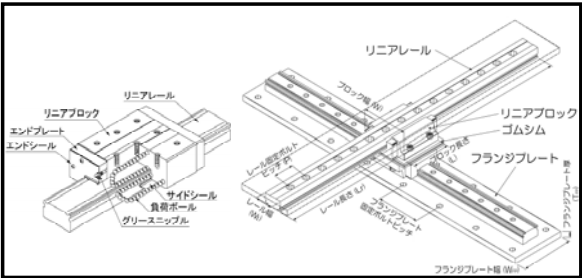


図.十字型直動転がり支承:THK(株)

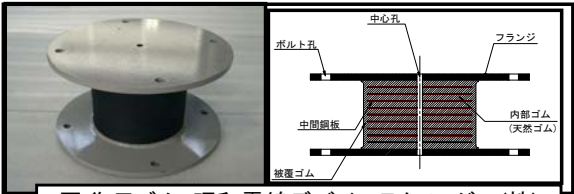


図.復元ゴム:昭和電線デバイステクノロジー(株)

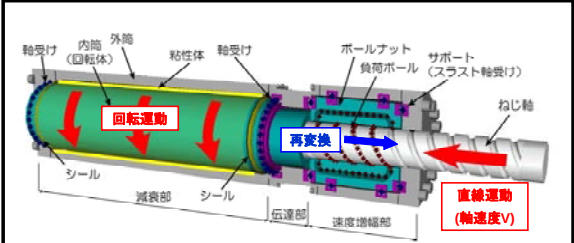


図.増幅機構付き減衰装置-減衰こま:THK(株)

3. 免震装置の配置

・支承材

番号	十字型直動転がり支承 CLB						
	X座標(mm)	Y座標(mm)	設置角度(°)	支承材名			
1	910	1210	0	CLB011			
2	4550	1210	0	CLB011			
3	8190	1210	0	CLB017			
4	11375	1210	0	CLB017			
5	14560	1210	0	CLB011			
6	910	3940	0	CLB017			
7	4550	3940	0	CLB017			
8	8190	3940	0	CLB017			
9	11375	3940	0	CLB017			
10	14560	3940	0	CLB011			
11	910	7125	0	CLB017			
12	4550	7125	0	CLB021			
13	8190	7125	0	CLB021			
14	11375	7125	0	CLB017			
15	14560	7125	0	CLB017			
16	910	10310	0	CLB017			
17	4550	10310	0	CLB021			
18	8190	10310	0	CLB017			
19	11375	10310	0	CLB017			
20	14560	10310	0	CLB011			

・復元材および減衰材

番号	復元ゴムRF			増幅機構付き減衰装置-減衰こま RDT					
				基礎側		免震架台側		設置角度(°)	支承材名
	X座標(mm)	Y座標(mm)	支承材名	X座標(mm)	Y座標(mm)	X座標(mm)	Y座標(mm)		
1	2275	2575	R30-300-20×10	8190	2730	6840	2730	0	RDT5S
2	13195	2575	R30-300-20×10	2730	4850	2730	6200	90	RDT5S
3	8190	5760	R30-300-20×10	13195	4850	13195	6200	90	RDT5S
4	2275	9400	R30-300-20×10	8190	9100	6840	9100	0	RDT5S
5	13195	9400	R30-300-20×10						

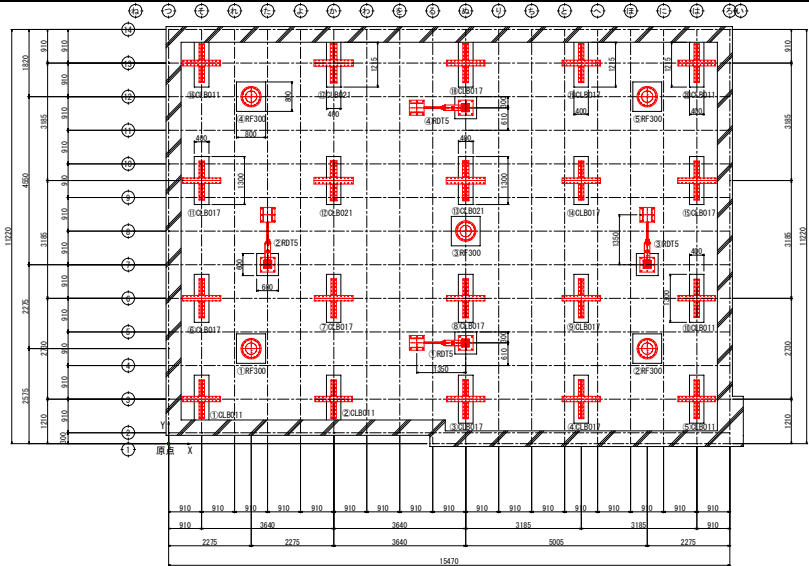


図.免震装置配置平面図

4. 免震層の設計限界変位

装置 種類	装置名称	水平基準 変位 δu	β	設計限界 変位 _m δd
		(mm)		(mm)
転がり系支承材	CLB011	450	0.9	405
転がり系支承材	CLB017	450	0.9	405
転がり系支承材	CLB021	450	0.9	405
復元材	R30-300-20×10	800	1.0	800
減衰材	RDT5S	450	1.0	450

※1.各装置の水平基準変位は、「5. 免震装置の諸元と特性」を参照

※2._m $\delta d = \beta \times \delta u$

免震層の設計限界変位は、各免震装置の設計限界変位の最小値となる。

$$_m \delta d = 405 \text{ mm}$$

表. 各免震装置の水平基準変位 δu

転がり系支承材	水平限界変位 δst
弾性系支承材	基準面圧における限界変位
復元材	面圧0N/mm ² における限界変位
減衰材	限界変形 δst

5. 各免震装置の諸元と特性

(1)直動転がり支承 【CLB】

①材料強度および材料特性

			CLB011	CLB017	CLB021			
支承高	H	(mm)	93.5	117.0	143.5			
レール全長	Lr	(mm)	1020	1020	1020			
静 定格荷重	圧縮 P ₀	(kN)	113	162	210			
	引張 tP ₀	(kN)	79	114	148			
短期 許容荷重	圧縮 P _{AS}	(kN)	226	324	420			
	引張 tP _{AS}	(kN)	24	39	77			
限界荷重	圧縮 P _{cr}	(kN)	377	541	701			
	引張tP _{cr}	(kN)	36	58	116			
レール溝曲率	ρ	(%)	51	51	51			
転がり 摩擦係数	圧縮 μ	(×10 ⁻³)	1.2+7.8 ×P _v /P ₀	1.2+7.8 ×P _v /P ₀	1.2+7.8 ×P _v /P ₀			
	引張 μ	(×10 ⁻³)	0.4+6.0 ×P _v /P ₀	0.4+6.0 ×P _v /P ₀	0.4+6.0 ×P _v /P ₀			
転がりでし変位	δ	(mm)	0.2	0.2	0.2			
切片荷重	Qd	(kN)	μ ×P _v	μ ×P _v	μ ×P _v			
一次剛性	K ₁	(kN/m)	5000・μ・P _v	5000・μ・P _v	5000・μ・P _v			
二次剛性	K ₂	(kN/m)	0	0	0			
鉛直剛性	圧縮 K _v	(kN/m)	556	712	750			
	引張 tK _v	(kN/m)	52	81	97			
水平限界変位	δ st	(mm)	450	450	450			
水平性能 (摩擦係数) の変化率	製造ばらつき増加分		+0.002	+0.002	+0.002			
	経年変化		+20%	+20%	+20%			
	繰返し依存		±5%	±5%	±5%			
	設置精度 による変動	傾斜	+20%	+20%	+20%			
		捩れ	+10%	+10%	+10%			
基 数			5	12	3			

※設置角度 θ をなす摩擦係数 $\mu_\theta = (\cos \theta + \sin \theta) \mu$

②水平性能の変化率

レール溝 曲率 ρ (%)	免震装置名称	製造ばらつき		その他依存性合計	
		負側	正側	負側	正側
51	CLB011 CLB017 CLB021	0	+0.002	-5%	+55%
52		0	+0.001	-5%	+55%

③基準時の摩擦係数

装 置	設置角度 (°)	設置基数	静定格荷重 (kN/基)	長期許容荷重 P_0 (kN)	長期軸力 P (kN)	判 定	P_V/P_0	摩擦係数 μ
CLB011	0	5	113	565	403	OK	0.713	0.007
CLB017	0	12	162	1944	1419	OK	0.730	0.007
CLB021	0	3	210	630	435	OK	0.690	0.007

④摩擦係数のばらつきを考慮したCLBの復元力特性

装 置	摩擦係数			切片荷重 Q_d (kN)			1次剛性 K_1 (kN/m)		
	負 側	基準時	正 側	負 側	基準時	正 側	負 側	基準時	正 側
CLB011	0.006	0.007	0.012	2.6	2.7	5.0	12947	13629	25154
CLB017	0.007	0.007	0.013	9.3	9.8	18.0	46464	48910	90000
CLB021	0.006	0.007	0.012	2.7	2.9	5.3	13608	14324	26552
Σ				14.6	15.4	28.3	73019	76862	141706

⑤ばらつきを考慮したCLBの復元力特性の集計

			負 側	基準時	正 側
全摩擦力	ΣQ_d	(kN)	14.6	15.4	28.3
設計限界変位	$_m \delta d$	(mm)	405	405	405
一次剛性	K_1	(kN/m)	73019	76862	141706

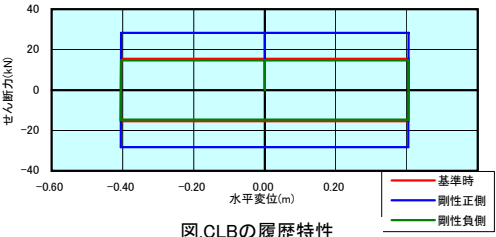


図.CLBの履歴特性

(2)復元装置【RF】

①材料強度および材料特性

装置			R30-300- 20×10		
符号			RF300SKS		
せん断弾性係数	Gr	(N/mm ²)	0.29		
ゴム外径	D	(mm)	300		
ゴム内径	D ₀	(mm)	15		
ゴム層数	n		10		
ゴム総厚	n・tr	(mm)	200.0		
支承高	H	(mm)	246.4		
鋼板厚	ts	(mm)	1.6		
限界歪	面圧0N/mm ²	(%)	400		
限界変形	面圧0N/mm ²	(mm)	800		
基準面圧		(N/mm ²)	0		
等価剛性	Keq	(×10 ³ kN/m)	0.104		
1次形状係数	S ₁		3.6		
2次形状係数	S ₂		1.5		
水平性能 の変化率	製造ばらつき	Keq	±15%		
	経年変化率※1	Keq	+10%		
	温度 依存性※2	Keq	-10℃/20℃	+10%	
			0℃/20℃	+5%	
			30℃/20℃	-5%	
			40℃/20℃	-5%	
	ひずみ3 ⁴	Keq	50%/100%	+10%	
			200%/100%	-10%	
基 数			5		

※1. 初期値に対する60年相当値

※2. 20℃基準

※3. 100%ひずみ基準

②基準時(γ=100%)の復元力特性

装 置	基 数	水平剛性K	
		(kN/m)	
R30-300-20×10	5	104	519
Σ			519

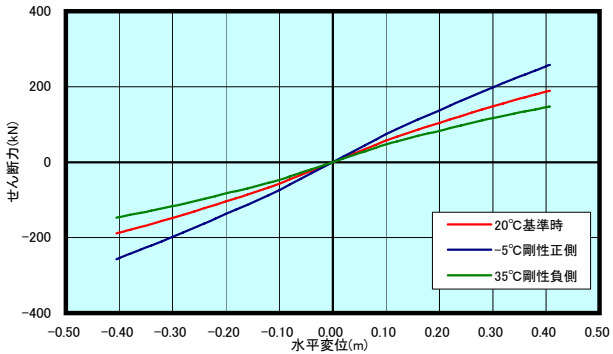


図.RFの履歴特性

③水平性能の変化率

			水平剛性K	
			負側	正側
製造ばらつき+経年変化			-15%	+25%
温度依存性	環境温度 (℃)		35	-5
	変化率		-5%	+7.5%

※①材料強度および材料特性の表中より直線補間により求める

		設計限界 変位 _m δ d (mm)	水平歪 γ	水平剛性 の 変化率
ひずみ 依存性	R30-300-20×10	405	203%	-10%

※①材料強度および材料特性の表中より直線補間により求める

■変化率の集計

環境温度 各種依存性,ばらつき	20℃			-5℃			35℃		
	負 側	基準時	正 側	負 側	基準時	正 側	負 側	基準時	正 側
R30-300-20×10	- 25.0%	- 10.0%	+ 15.0%	- 17.5%	- 2.5%	+ 22.5%	- 30.0%	- 15.0%	+ 10.0%

④ばらつきを考慮した復元力特性の集計(設計限界変位時)

水平剛性K

単位:kN/m

環境温度 各種依存性,ばらつき	20℃			-5℃			35℃		
	負 側	基準時	正 側	負 側	基準時	正 側	負 側	基準時	正 側
R30-300-20×10	389	467	596	428	506	635	363	441	570
Σ	389	467	596	428	506	635	363	441	570

(3)減衰装置【RDT】

・材料強度および材料特性

装置			RDT5S		
粘性体動粘度		η_{25} (mm ² /sec)	100000		Vs=0sec ⁻¹ ,t=25℃のとき
リード		Ld (m)	0.036		
内筒外直径		Dn (m)	0.098		
有効長さ		Le (m)	0.345		
せん断隙間		dy (m)	0.0025		
せん断面積		A (m ²)	0.1062		(= π・Dn・Le)
増幅率		S	8.552		(= π・Dn/Ld)
限界変形		δ st (m)	0.450		
限界軸速度		Vnmax (m/sec)	1.5		
限界せん断歪速度		Vsmax (1/sec)	5131		(=S・Vnmax/dy)
水平性能 基準時 最大 減衰力 (α=0.85, t=20℃, Vn=1.5m/s)	繰返し依存係数	α	0.85		
	基準温度	t (℃)	20		
	動粘度	η ₂₀ (mm ² /sec)	110408		Vs=0sec ⁻¹ ,t=20℃のとき
	係数	b	0.0116		(=0.000472・η _t ^{0.276})
	係数	β	0.7889		(=0.308・η _t ^{0.081})
	見掛けの粘度	η (Vs,t)	0.0102		(= η _t /(1+b・Vs ^β)×10 ⁻⁶)
	粘性抵抗力	Qv (kN)	47.5		(=S・η (Vs,t)・Vs・A)
	最大抵抗力	F (kN)	49.4		(=X・(α Qv+Y))
		X	1.16		
		Y	2.2		
水平性能 の変化率	製造ばらつき		±10%		
	繰返し依存性		±15%		基準時 α =0.85
	経年変化		—		経年変化無し
基 数			2		解析方向の基数

6. 各免震装置の諸元と特性の集計

(1)免震層の復元力特性

環境温度			35℃			20℃			-5℃		
各種依存性, ばらつき			負 側	基準時	正 側	負 側	基準時	正 側	負 側	基準時	正 側
CLB	一次剛性	$K_1(\text{kN/m})$	73019	76862	141706	73019	76862	141706	73019	76862	141706
	摩擦力	Qd(kN)	14.6	15.4	28.3	14.6	15.4	28.3	14.6	15.4	28.3
LRB NRB	一次剛性	$K_1(\text{kN/m})$	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	二次剛性	$K_2(\text{kN/m})$	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	切片荷重	Qd(kN)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
RF	等価剛性	$K_{eq}(\text{kN/m})$	363	441	570	389	467	596	428	506	635
免震層の 復元力特 性	設計限界変位	$m \delta d(\text{m})$	0.405	0.405	0.405	0.405	0.405	0.405	0.405	0.405	0.405
	切片荷重	Qd(kN)	14.6	15.4	28.3	14.6	15.4	28.3	14.6	15.4	28.3
	$m \delta d$ せん断力	Qr(kN)	161.6	193.9	259.3	172.1	204.4	269.8	187.8	220.1	285.6
	等価剛性	$K_{eq}(\text{kN/m})$	399	479	640	425	505	666	464	543	705

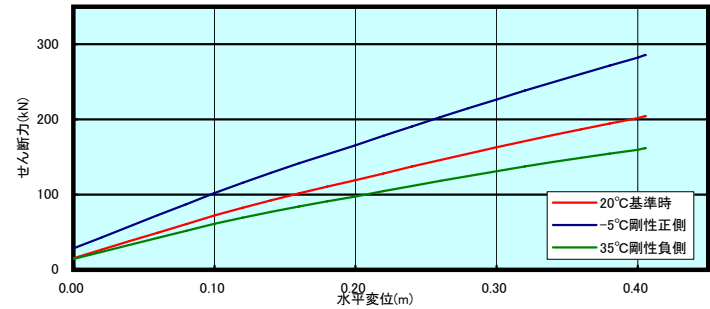
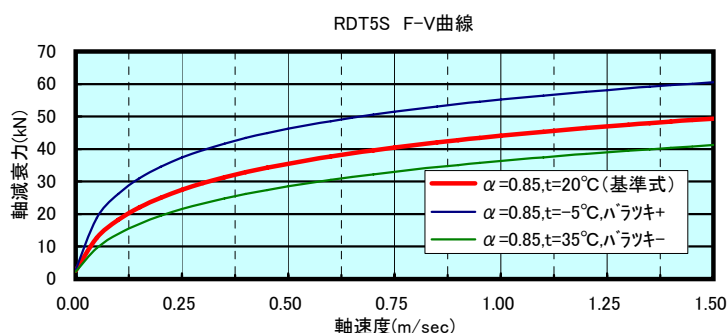


図.免震層の復元力特性

(2)減衰装置のF-V特性

RDT5S									
繰返し係数	$\alpha = 0.85$			$\alpha = 0.85$			$\alpha = 0.85$		
環境温度	$t = 35^{\circ}\text{C}$			$t = 20^{\circ}\text{C}$			$t = -5^{\circ}\text{C}$		
軸速度 V_n (m/sec)	抵抗力:剛性負側			抵抗力:基準時			抵抗力:剛性正側		
	F(ハ'ラツキ-)	F	F(ハ'ラツキ+)	F(ハ'ラツキ-)	F	F(ハ'ラツキ+)	F(ハ'ラツキ-)	F	F(ハ'ラツキ+)
(kN)	(kN)	(kN)	(kN)	(kN)	(kN)	(kN)	(kN)	(kN)	(kN)
0.00	2.3	2.6	2.8	2.3	2.6	2.8	2.3	2.6	2.8
0.10	13.8	15.4	16.9	16.4	18.2	20.0	21.5	23.8	26.2
0.20	19.5	21.6	23.8	22.5	25.1	27.6	28.3	31.5	34.6
0.30	23.3	25.9	28.4	26.6	29.5	32.5	32.5	36.1	39.7
0.40	26.2	29.1	32.0	29.6	32.8	36.1	35.5	39.4	43.4
0.50	28.5	31.7	34.9	31.9	35.5	39.0	37.8	42.0	46.2
0.60	30.5	33.9	37.3	33.9	37.7	41.5	39.8	44.2	48.6
0.70	32.2	35.8	39.4	35.6	39.6	43.6	41.4	46.0	50.6
0.80	33.7	37.5	41.2	37.1	41.3	45.4	42.8	47.5	52.3
0.90	35.1	39.0	42.9	38.5	42.7	47.0	44.0	48.9	53.8
1.00	36.3	40.3	44.4	39.7	44.1	48.5	45.2	50.2	55.2
1.10	37.4	41.6	45.8	40.8	45.3	49.8	46.2	51.3	56.5
1.20	38.5	42.8	47.0	41.8	46.4	51.1	47.1	52.4	57.6
1.30	39.4	43.8	48.2	42.7	47.5	52.2	48.0	53.3	58.7
1.40	40.4	44.8	49.3	43.6	48.5	53.3	48.8	54.2	59.6
1.50	41.2	45.8	50.4	44.4	49.4	54.3	49.5	55.0	60.5



7. 設計限界固有周期の算定

上部構造の総重量, 設計限界変位, 免震層の復元力特性から設計限界固有周期を算定する。

環境温度		剛性負側:35℃			基準時:20℃			剛性正側:-5℃		
各種依存性, ばらつき		負側	基準時	正側	負側	基準時	正側	負側	基準時	正側
上部構造の総重量	$M(\text{kN})$	2004	2004	2004	2004	2004	2004	2004	2004	2004
設計限界変位	$m \delta \text{ (m)}$	0.405	0.405	0.405	0.405	0.405	0.405	0.405	0.405	0.405
設計限界変位時せん断力	$Q_r(\text{kN})$	161.6	193.9	259.3	172.1	204.4	269.8	187.8	220.1	285.6
等価剛性	$K_{eq}(\text{kN/m})$	399	479	640	425	505	666	464	543	705
設計限界固有周期	$T_s(\text{sec})$	4.497	4.105	3.549	4.357	3.998	3.480	4.171	3.853	3.382
免震層の等価速度	$V_{eq}(\text{m/sec})$	0.57	0.62	0.72	0.58	0.64	0.73	0.61	0.66	0.75
接線剛性	$K_t(\text{kN/m})$	363	441	570	389	467	596	428	506	635
接線周期	$T_t(\text{sec})$	4.715	4.278	3.761	4.555	4.158	3.678	4.343	3.995	3.564

※1. $K_{eq} = Q_r / m \delta$

※2. $T_s = 2\pi \sqrt{M / K_{eq} / g}$

※3. $V_{eq} = 2\pi \cdot m \delta / T_s$

※4. $K_t = K_2 + K_{eq}$

※5. $T_t = 2\pi \sqrt{M / K_t / g}$

8. 等価粘性減衰定数の算定

(1)弾塑性系減衰材の等価粘性減衰定数hdの算定

等価粘性減衰定数hdを下式にて算定する。
直動転がり支承の摩擦減衰を無視するため、hd＝0とする。

(2)流体系減衰材の等価粘性減衰定数hvの算定

等価粘性減衰定数hvを下式にて算定する。

$$h_v = \frac{1}{4\pi} \cdot \frac{T_s \sum C_{vi}}{M}$$

減衰材の設置基数及び設置角度

型番		設置角度	設置基数
RDT5S	①	0°	2
	②		0
	①		
	②		
	①		
	②		

環境温度			剛性負側:35℃			基準時:20℃			剛性正側:-5℃		
各種依存性, ばらつき			負 側	基準時	正 側	負 側	基準時	正 側	負 側	基準時	正 側
設計限界固有周期		Ts(sec)	4.497	4.105	3.549	4.357	3.998	3.480	4.171	3.853	3.382
免震層の等価速度		Veq(m/sec)	0.57	0.62	0.72	0.58	0.64	0.73	0.61	0.66	0.75
抵抗力 (1基当り)	RDT5S	F _① (kN)	29.9	34.3	39.7	33.6	38.4	44.2	39.9	45.3	51.5
		F _② (kN)									
		F _① (kN)									
		F _② (kN)									
		F _① (kN)									
		F _② (kN)									
抵抗力	RDT5S	F _① (kN)	59.7	68.6	79.4	67.3	76.8	88.3	79.9	90.6	103.0
		F _② (kN)									
		F _① (kN)									
		F _② (kN)									
		F _① (kN)									
		F _② (kN)									
		Σ F(kN)	59.7	68.6	79.4	67.3	76.8	88.3	79.9	90.6	103.0
減衰係数Cv		(kN・sec/m)	105.5	110.6	110.8	115.2	120.7	120.8	130.9	137.2	136.9
上部構造の重量		M(kN)	2004	2004	2004	2004	2004	2004	2004	2004	2004
等価粘性減衰定数		h _v	0.185	0.177	0.153	0.195	0.188	0.164	0.213	0.206	0.180

※Cv:減衰係数 (= ΣF/Veq)

9. 免震層地震力および基準変位の算定

(1)減衰による加速度低減率Fh

$$Fh = \frac{1.5}{1 + 10 \cdot (h_d + h_v)} \quad (Fh \geq 0.40)$$

(2)表層地盤による加速度増幅率Gs

収斂計算によるT1, T2, Gs1, Gs2を用いて、表層地盤の加速度増幅率Gsを算定する。

「地表面の加速度応答スペクトルの算定」を参照

(3)免震層の地震力の算定

$$Q = \frac{5.12}{Ts} \cdot M \cdot Fh \cdot Z \cdot Gs \quad (0.64 \leq Ts)$$

(3)免震層の基準変位 δ の算定

$$\delta = \frac{Q}{Keq}$$

環境温度		剛性負側:35℃			基準時:20℃			剛性正側:-5℃		
各種依存性, ばらつき		負側	基準時	正側	負側	基準時	正側	負側	基準時	正側
建物重量	M(kN)	2004	2004	2004	2004	2004	2004	2004	2004	2004
地域係数	Z	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
設計限界固有周期	Ts(sec)	4.497	4.105	3.549	4.357	3.998	3.480	4.171	3.853	3.382
m δ u時免震層せん断力	Qr(kN)	161.6	193.9	259.3	172.1	204.4	269.8	187.8	220.1	285.6
m δ u時時等価剛性	Keq(kN/m)	399	479	640	425	505	666	464	543	705
等価粘性減衰定数	弾塑性系 hd									
	流体系 hv	0.185	0.177	0.153	0.195	0.188	0.164	0.213	0.206	0.180
加速度低減率		Fh	0.527	0.542	0.593	0.508	0.521	0.569	0.480	0.491
表層地盤の増幅率	一次周期 T1(sec)	0.321	0.321	0.321	0.321	0.321	0.321	0.321	0.321	0.321
	二次周期 T2(sec)	0.107	0.107	0.107	0.107	0.107	0.107	0.107	0.107	0.107
	一次周期増幅率 Gs1	1.575	1.575	1.575	1.575	1.575	1.575	1.575	1.575	1.575
	二次周期増幅率 Gs2	0.946	0.946	0.946	0.946	0.946	0.946	0.946	0.946	0.946
	加速度増幅率 Gs	1.230	1.230	1.230	1.230	1.230	1.230	1.230	1.230	1.230
免震層地震力		Q(kN)	150.8	169.8	214.9	150.0	167.6	210.4	148.1	163.9
免震層の基準変位		δ (m)	0.378	0.355	0.336	0.353	0.332	0.316	0.319	0.289

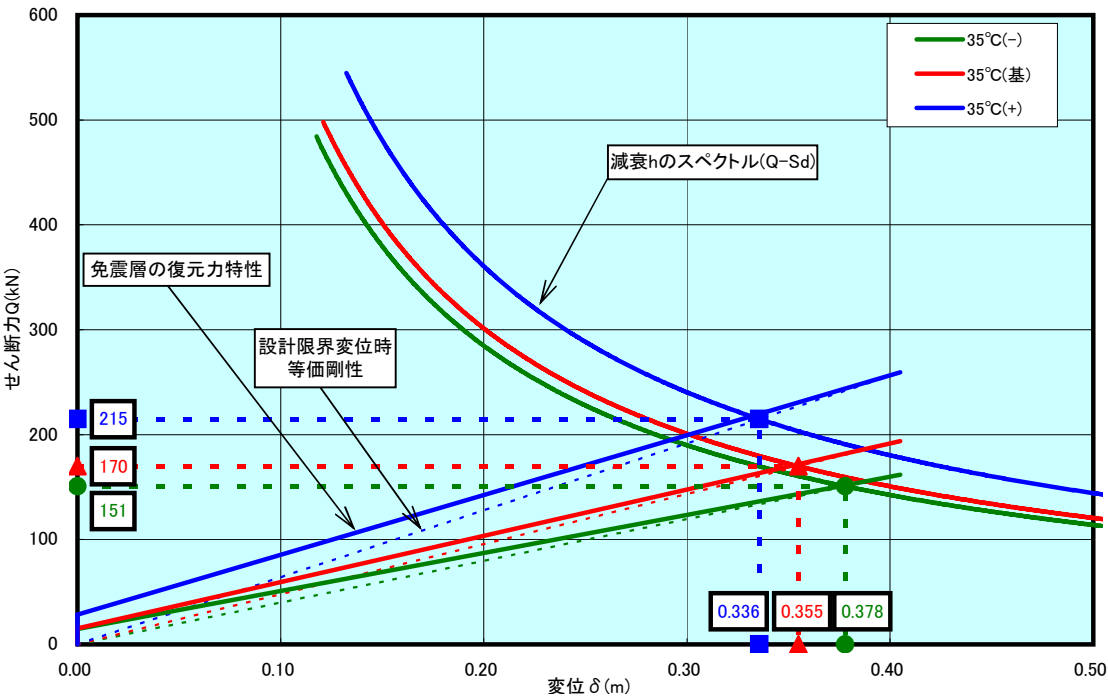


図. STEP1免震層の基準変位と地震力 (環境温度: 35℃時)

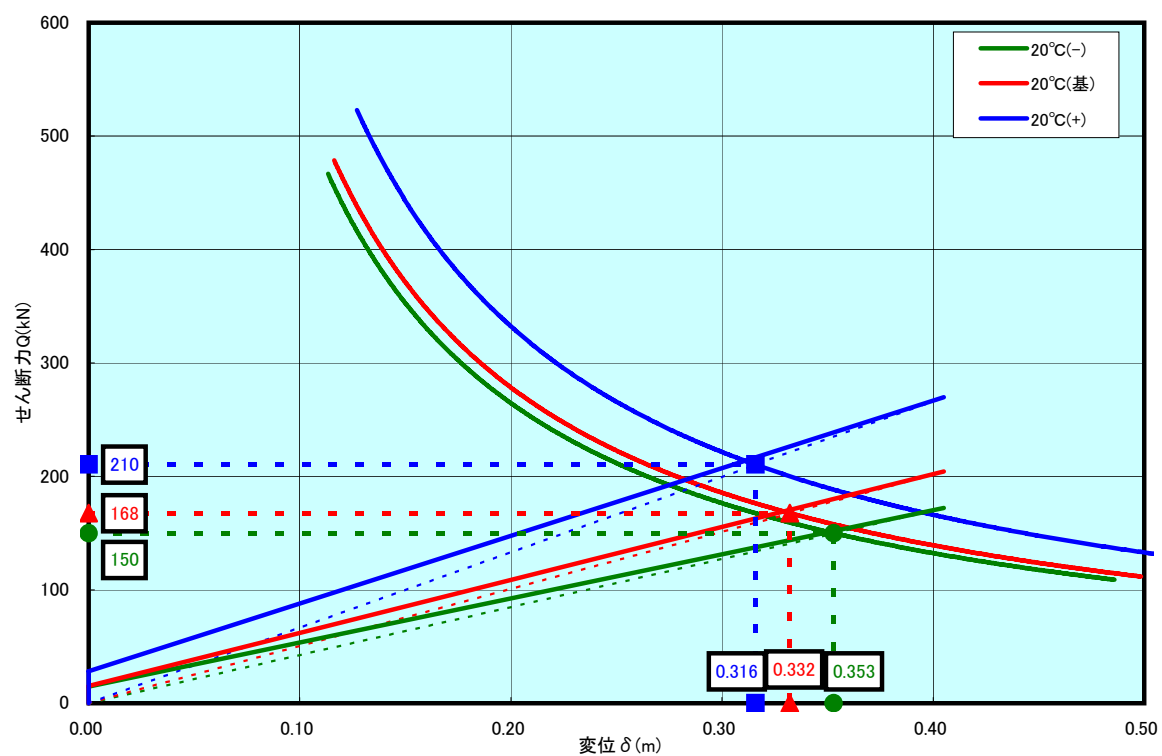


図. STEP1免震層の基準変位と地震力(環境温度:20°C時)

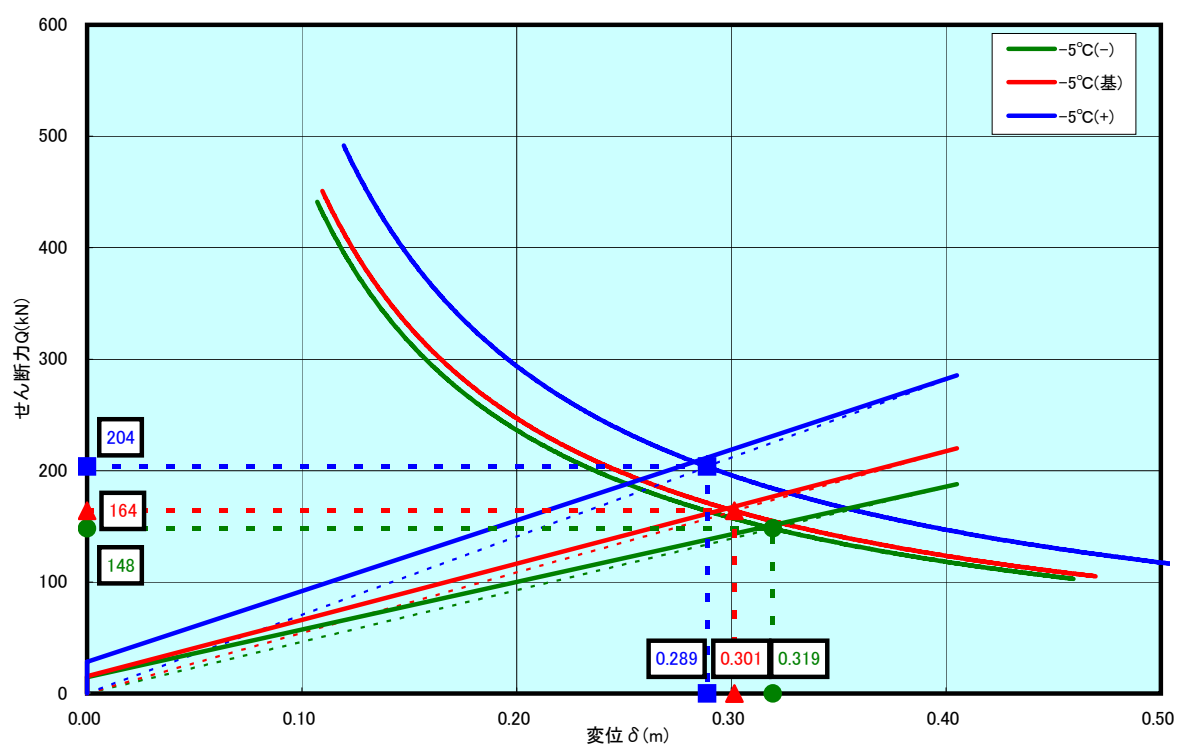


図. STEP1免震層の基準変位と地震力(環境温度:-5°C時)

10. 免震層の水平変位の収束値 δc の算定

上記の δ を設計限界変位 δu より求めた第1回目(STEP1)の変位とし、収束計算により変位の収束値 δc を求める。

(1)収束計算STEP2

①復元装置(RF)のひずみ依存による復元力特性の再計算

RFのひずみ依存性変化率

環境温度		剛性負側:35℃		基準時:20℃		剛性正側:-5℃	
各種依存性, ばらつき		負側	基準時	正側	負側	基準時	正側
免震層の基準変位 δ (m)		0.378	0.355	0.336	0.353	0.332	0.301
R30-300-20×10		189%	177%	168%	176%	166%	151%
水平ひずみ γ							144%
R30-300-20×10		-9%	-8%	-7%	-8%	-7%	-5%
剛性の 変化率							

変化率の集計(ひずみ依存性変化率+各種変化率)

環境温度		剛性負側:35℃		基準時:20℃		剛性正側:-5℃	
各種依存性, ばらつき		負側	基準時	正側	負側	基準時	正側
R30-300-20×10		-28.9%	-12.7%	+13.2%	-22.6%	-6.6%	+19.2%
							+2.4%
							+28.1%

ばらつきを考慮した復元力特性

環境温度		剛性負側:35℃		基準時:20℃		剛性正側:-5℃	
各種依存性, ばらつき		負側	基準時	正側	負側	基準時	正側
R30-300-20×10		369	452	587	401	484	618
						449	531
							664
Σ		369	452	587	401	484	618

単位:kN/m

②免震層の復元力特性

環境温度		剛性負側:35℃		基準時:20℃		剛性正側:-5℃	
各種依存性, ばらつき		負側	基準時	正側	負側	基準時	正側
CLB	一次剛性 K (kN/m)	73019	76862	141706	73019	76862	141706
	摩擦力 Qd (kN)	14.6	15.4	28.3	14.6	15.4	28.3
RF	等価剛性 Keq (kN/m)	369	452	587	401	484	618
	基準変位 δc (m)	0.378	0.355	0.336	0.353	0.332	0.301
免震層の 復元力特 性	切片荷重 Qd (kN)	14.6	15.4	28.3	14.6	15.4	28.3
	δc せん断力 Qr (kN)	153.9	175.9	225.3	156.1	176.2	223.6
	等価剛性 Keq (kN/m)	407	496	671	442	531	708

③基準変位 δ の算定

環境温度		剛性負側:35℃		基準時:20℃		剛性正側:-5℃	
各種依存性, ばらつき		負側	基準時	正側	負側	基準時	正側
設計限界固有周期	Ts (sec)	4.450	4.034	3.466	4.270	3.900	3.723
免震層の等価速度	Veq (m/sec)	0.53	0.55	0.61	0.52	0.54	0.51
	δy (m)						0.56
CLBの 減衰定数	履歴面積 ΔW (kNm) 履歴エネルギー W (kNm)						
	$0.8 \times heq$	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
弾塑性系減衰定数	Σhd	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	F_0 (kN)	58.4	65.8	74.9	64.7	72.6	82.4
	F_{ϕ} (kN)						95.3
RDTの 抵抗力	F_0 (kN)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	F_{ϕ} (kN)						0.0
	F_0 (kN)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	F_{ϕ} (kN)						0.0
	ΣF (kN)	58.4	65.8	74.9	64.7	72.6	82.4
減衰係数 Cv	$kN \cdot sec / m$	109.5	119.0	123.2	124.6	135.7	140.2
等価粘性減衰定数	$h\nu$	0.190	0.187	0.166	0.207	0.206	0.184
加速度低減率	Fh	0.518	0.523	0.563	0.488	0.490	0.528
一次周期	T_1 (sec)	0.321	0.321	0.321	0.321	0.321	0.321
二次周期	T_2 (sec)	0.107	0.107	0.107	0.107	0.107	0.107
表層地盤 の増幅率	G_{s1}	1.575	1.575	1.575	1.575	1.575	1.575
	G_{s2}	0.946	0.946	0.946	0.946	0.946	0.946
	G_s	1.230	1.230	1.230	1.230	1.230	1.230
免震層地震力	Q (kN)	149.7	166.7	209.2	147.2	161.7	201.1
免震層の基準変位	δ (m)	0.367	0.336	0.312	0.333	0.305	0.284

0.261 0.246

(2)収束計算STEP3

①復元装置 (RF) のひずみ依存による復元力特性の再計算

RFのひずみ依存性変化率

環境温度		剛性負側:35℃		基準時:20℃		剛性正側:-5℃	
各種依存性, ばらつき	δ (m)	負側	基準時	正側	負側	基準時	正側
免震層の基準変位	δ (m)	0.367	0.336	0.312	0.333	0.305	0.284
R30-300-20×10		184%	168%	156%	166%	152%	142%
水平ひずみ γ							
R30-300-20×10							
剛性の変化率		-8%	-7%	-6%	-7%	-5%	-4%

変化率の集計(ひずみ依存性変化率+各種変化率)

環境温度		剛性負側:35℃		基準時:20℃		剛性正側:-5℃	
各種依存性, ばらつき	δ (m)	負側	基準時	正側	負側	基準時	正側
R30-300-20×10		-28.4%	-11.8%	+14.4%	-21.6%	-5.2%	+20.8%

ばらつきを考慮した復元力特性

環境温度		剛性負側:35℃		基準時:20℃		剛性正側:-5℃	
各種依存性, ばらつき	δ (m)	負側	基準時	正側	負側	基準時	正側
R30-300-20×10		371	457	593	406	491	626
Σ		371	457	593	406	491	626

②免震層の復元力特性

環境温度		剛性負側:35℃		基準時:20℃		剛性正側:-5℃	
各種依存性, ばらつき	δ (m)	負側	基準時	正側	負側	基準時	正側
CLB		73019	76862	141706	73019	76862	141706
RF		73019	76862	141706	73019	76862	141706
免震層の復元力特性		73019	76862	141706	73019	76862	141706
等価剛性		73019	76862	141706	73019	76862	141706
一次剛性		73019	76862	141706	73019	76862	141706
摩擦係数		73019	76862	141706	73019	76862	141706
等価剛性		73019	76862	141706	73019	76862	141706
基準変位		73019	76862	141706	73019	76862	141706
切片荷重		73019	76862	141706	73019	76862	141706
δ cせん断力		73019	76862	141706	73019	76862	141706
等価剛性		73019	76862	141706	73019	76862	141706

③基準変位 δ の算定

環境温度		剛性負側:35℃		基準時:20℃		剛性正側:-5℃	
各種依存性, ばらつき	δ (m)	負側	基準時	正側	負側	基準時	正側
設計限界固有周期	Ts(sec)	4.430	4.005	3.434	4.233	3.859	3.666
免震層の等価速度	Veq(m/sec)	0.52	0.53	0.57	0.49	0.50	0.45
降伏変位	δ y(m)						
履歴面積	Δ W(kNm)						
減衰定数	W(kNm)						
弾塑性系減衰定数	hd	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
RDT5S	Σ hd	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
RDTの抵抗力	F ₀ (kN)	57.9	64.7	73.2	63.6	70.8	81.5
	F ₀ (kN)						
	F ₀ (kN)						
	F ₀ (kN)						
減衰係数Cv	Σ F ₀ (kN)	57.9	64.7	73.2	63.6	70.8	81.5
等価粘性減衰定数	h _v	111.2	122.6	128.4	128.8	142.6	181.9
加速度低減率	Ph	0.192	0.191	0.172	0.212	0.214	0.194
一次周期	T ₁ (sec)	0.514	0.515	0.552	0.480	0.477	0.511
二次周期	T ₂ (sec)	0.321	0.321	0.321	0.321	0.321	0.321
表層地盤の増幅率	G _{s1}	0.107	0.107	0.107	0.107	0.107	0.107
	G _{s2}	1.575	1.575	1.575	1.575	1.575	1.575
	G _s	0.946	0.946	0.946	0.946	0.946	0.946
免震層地震力	Q(kN)	1.230	1.230	1.230	1.230	1.230	1.230
免震層の基準変位	δ (m)	149.4	165.5	206.9	146.0	159.1	180.0
		0.363	0.329	0.302	0.324	0.294	0.228

(3)収束計算STEP4

①復元装置 (RF) のひずみ依存による復元力特性の再計算

RFのひずみ依存性変化率

環境温度		剛性負側:35℃		基準時:20℃		剛性正側:-5℃	
各種依存性, ばらつき	δ (m)	負側	基準時	正側	負側	基準時	正側
免震層の基準変位	δ (m)	0.363	0.329	0.302	0.324	0.294	0.270
R30-300-20×10		182%	165%	151%	162%	147%	135%
水平ひずみ γ							
R30-300-20×10		-8%	-6%	-5%	-6%	-5%	-4%
剛性の変化率							

変化率の集計(ひずみ依存性変化率+各種変化率)

環境温度		剛性負側:35℃		基準時:20℃		剛性正側:-5℃	
各種依存性, ばらつき	δ (m)	負側	基準時	正側	負側	基準時	正側
R30-300-20×10		-28.2%	-11.5%	+14.9%	-21.2%	-4.7%	+21.4%

ばらつきを考慮した復元力特性

環境温度		剛性負側:35℃		基準時:20℃		剛性正側:-5℃	
各種依存性, ばらつき	δ (m)	負側	基準時	正側	負側	基準時	正側
R30-300-20×10		372	459	596	409	494	630
Σ		372	459	596	409	494	630

②免震層の復元力特性

環境温度		剛性負側:35℃		基準時:20℃		剛性正側:-5℃	
各種依存性, ばらつき	δ (m)	負側	基準時	正側	負側	基準時	正側
CLB	一次剛性 K _i (kN/m)	73019	76862	141706	73019	76862	141706
	摩擦係数 μ	14.6	15.4	28.3	14.6	15.4	28.3
RF	等価剛性 K _{eq} (kN/m)	372	459	596	409	494	630
	基準変位 δ _c (m)	0.363	0.329	0.302	0.324	0.294	0.270
免震層の復元力特性	切片荷重 Q _d (kN)	14.6	15.4	28.3	14.6	15.4	28.3
	δ _c せん断力 Q _r (kN)	149.9	166.5	208.5	147.1	160.5	195.3
	等価剛性 K _{eq} (kN/m)	413	506	689	454	547	734

③基準変位 δ の算定

環境温度		剛性負側:35℃		基準時:20℃		剛性正側:-5℃	
各種依存性, ばらつき	δ (m)	負側	基準時	正側	負側	基準時	正側
設計限界固有周期	T _s (sec)	4.421	3.994	3.421	4.217	3.842	3.316
免震層の等価速度	V _{eq} (m/sec)	0.52	0.52	0.56	0.48	0.48	0.51
	δ _y (m)						
降伏変位	ΔW(kNm)						
CLBの履歴面積	ΔW(kNm)						
減衰定数	W(kNm)						
	0.8×h _{eq}	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
弾塑性系減衰定数	Σhd	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	F ₀ (kN)	57.7	64.2	72.5	63.1	70.0	78.8
RDT5S	F ₀ (kN)						
	F ₀ (kN)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
RDTの抵抗力	F ₀ (kN)						
	F ₀ (kN)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	F ₀ (kN)						
	ΣF(kN)	57.7	64.2	72.5	63.1	70.0	78.8
減衰係数C _v	(kN·sec/m)	111.8	124.0	130.5	130.7	145.8	153.2
等価粘性減衰定数	h _v	0.193	0.193	0.174	0.215	0.218	0.198
加速度低減率	F _h	0.513	0.512	0.548	0.477	0.472	0.504
一次周期	T ₁ (sec)	0.321	0.321	0.321	0.321	0.321	0.321
二次周期	T ₂ (sec)	0.107	0.107	0.107	0.107	0.107	0.107
表層地盤の増幅率	G _{s1}	1.575	1.575	1.575	1.575	1.575	1.575
	G _{s2}	0.946	0.946	0.946	0.946	0.946	0.946
	G _s	1.230	1.230	1.230	1.230	1.230	1.230
免震層地震力	Q(kN)	149.2	165.0	206.0	145.5	158.0	195.5
免震層の基準変位	δ (m)	0.362	0.326	0.299	0.321	0.289	0.266

(4)收束計算STEP5

①復元装置(RF)のひずみ依存による復元力特性の再計算

RFのひずみ依存性変化率

環境温度		陽性負側:35℃		基準時:20℃		陽性正側:-5℃	
	各種依存性、ばつつき	負側	基準時	正側	負側	基準時	正側
免震層の基準変位 δ (m)		0.362	0.326	0.299	0.321	0.263	0.219
	R30-300-20×10	181%	163%	149%	160%	131%	110%
水平ひずみ γ							
R30-300-20×10		-8%	-6%	-5%	-6%	-3%	-2%
	剛性の 変化率						-1%

変化率の集計(ひずみ依存性変化率＋各種変化率)

[illegible]

ばらつきを考慮した復元力特性

環境温度	陽性負側:35℃				基準時:20℃				陽性正側:-5℃			
	負側	基準時	正側	負側	基準時	正側	負側	基準時	正側			
各種依存性,ばらつき												
R30-300-20×10	373	460	597	409	495	631	463	548	682			
Σ	373	460	597	409	495	631	463	548	682			

②免震層の復元力特性

		環境温度				基準時:20℃				剛性正則:-5℃			
		各種依存性		各種負荷		基準時		正則		基準時		正則	
CLB	一次剛性 $K_1(\text{kN/m})$	730.19	141.706	730.19	141.706	730.19	141.706	730.19	141.706	730.19	141.706	730.19	141.706
	摩擦係数 μ	0.362	0.326	0.299	0.321	0.289	0.266	0.263	0.236	0.236	0.219	0.219	0.219
RF	等価剛性 $K_{eq}(\text{kN/m})$	373	460	597	409	495	631	463	548	463	548	463	548
	基準変位 $\delta(\text{cm})$	14.6	15.4	20.7	14.6	15.4	28.3	14.6	15.4	28.3	14.6	15.4	28.3
免震層の 後方力特性	切片荷重 $Q_d(\text{kN})$	149.5	165.4	206.7	145.9	158.6	196.4	136.3	144.6	178.0	144.6	178.0	144.6
	等価側方力 $Q_r(\text{kN})$	413	507	691	455	549	737	519	613	811	519	613	811

③基準変位 δ の算定

環境温度		剛性負側:33℃				基準時:20℃				剛性正側:-5℃			
各種依存性,ばらつき		負側	基準時	正側	負側	基準時	正側	負側	基準時	正側	負側	基準時	正側
設計限固着有周期 免震層の等価速度	Ts(sec)	4.418	3.989	3.416	4.211	3.835	3.308	3.943	3.627	3.154			
	Veq(m/sec)	0.51	0.51	0.55	0.48	0.47	0.51	0.42	0.41	0.44			
	降伏変位 δ(yin)												
	履歴面積 ΔW(kNm)												
	減衰定数 W(kNm)												
	0.8×heq												
	弾塑性系減衰定数 Σhd	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	F ₀ (kN)	57.6	64.0	72.2	62.9	69.7	78.4	71.9	79.4	89.0			
	F ₂₀ (kN)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	F ₂₀ (kN)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
RDTの 抵抗力	F ₂₀ (kN)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	F ₂₀ (kN)												
	減衰係数Cy	57.6	64.0	72.2	62.9	69.7	78.4	71.9	79.4	89.0			
	等価粘性減衰定数 hv	112.1	124.6	131.4	131.5	147.1	154.9	171.9	194.3	203.7			
	加速度低減率	0.193	0.194	0.175	0.216	0.220	0.200	0.264	0.274	0.250			
	一次周期	0.512	0.511	0.546	0.475	0.469	0.501	0.412	0.401	0.428			
	二次周期	0.321	0.321	0.321	0.321	0.321	0.321	0.321	0.321	0.321			
	表面地盤の増幅率	0.107	0.107	0.107	0.107	0.107	0.107	0.107	0.107	0.107			
	一次増幅率	1.575	1.575	1.575	1.575	1.575	1.575	1.575	1.575	1.575			
	二次増幅率	0.946	0.946	0.946	0.946	0.946	0.946	0.946	0.946	0.946			
免震層の基準変位	Gs	1.230	1.230	1.230	1.230	1.230	1.230	1.230	1.230	1.230			
	Q(kN)	149.2	164.8	205.7	145.2	157.4	194.8	134.6	142.1	174.8			
	δ(m)	0.361	0.325	0.298	0.319	0.287	0.264	0.259	0.232	0.216			

(5)収束計算STEP6

①復元装置 (RF) のひずみ依存による復元力特性の再計算

RFのひずみ依存性変化率

環境温度		剛性負側:35℃		基準時:20℃		剛性正側:-5℃	
各種依存性, ばらつき	δ (m)	負側	基準時	正側	負側	基準時	正側
免震層の基準変位	δ (m)	0.361	0.325	0.298	0.319	0.287	0.264
水平ひずみ率	R30-300-20×10	181%	163%	149%	160%	143%	132%
	γ						
剛性の変化率	R30-300-20×10	-8%	-6%	-5%	-6%	-4%	-3%

変化率の集計(ひずみ依存性変化率+各種変化率)

環境温度		剛性負側:35℃		基準時:20℃		剛性正側:-5℃	
各種依存性, ばらつき	δ (m)	負側	基準時	正側	負側	基準時	正側
R30-300-20×10		-28.1%	-11.3%	+15.1%	-21.0%	-4.3%	+21.8%

ばらつきを考慮した復元力特性

環境温度		剛性負側:35℃		基準時:20℃		剛性正側:-5℃	
各種依存性, ばらつき	δ (m)	負側	基準時	正側	負側	基準時	正側
R30-300-20×10		373	460	597	410	496	631
Σ		373	460	597	410	496	631

②免震層の復元力特性

環境温度		剛性負側:35℃		基準時:20℃		剛性正側:-5℃	
各種依存性, ばらつき	δ (m)	負側	基準時	正側	負側	基準時	正側
CLB	一次剛性 K ₁ (kN/m)	73019	76862	141706	73019	76862	141706
RF	摩擦力 Q _d (kN)	14.6	15.4	28.3	14.6	15.4	28.3
	等価剛性 K _{eq} (kN/m)	373	460	597	410	496	631
免震層の復元力特性	基準変位 δ c(m)	0.361	0.325	0.298	0.319	0.287	0.264
	切片荷重 Q _d (kN)	14.6	15.4	28.3	14.6	15.4	28.3
	δ cせん断力 Q _r (kN)	149.3	165.0	205.9	145.4	157.7	195.2
	等価剛性 K _{eq} (kN/m)	414	507	692	456	550	739

③基準変位 δ の算定

環境温度		剛性負側:35℃		基準時:20℃		剛性正側:-5℃	
各種依存性, ばらつき	Ts(sec)	負側	基準時	正側	負側	基準時	正側
設計限界固有周期	T _s (sec)	4.417	3.987	3.414	4.208	3.832	3.305
免震層の等価速度	V _{eq} (m/sec)	0.51	0.51	0.55	0.48	0.47	0.50
CLBの減衰定数	降伏変位 δ y(m)						
	履歴面積 ΔW(kNm)						
弾塑性系減衰定数	W(kNm)						
	0.8×h _{eq}	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
RDTの抵抗力	Σhd	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	F ₀ (kN)	57.6	64.0	72.1	62.8	69.5	78.2
減衰係数C _v	F ₀ (kN)						
	F ₀ (kN)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
等価粘性減衰定数	ΣF(kN)						
	h _v	112.2	124.8	131.7	131.9	147.7	155.7
加速度低減率	一次周期 T ₁ (sec)	0.321	0.321	0.321	0.321	0.321	0.321
	二次周期 T ₂ (sec)	0.107	0.107	0.107	0.107	0.107	0.107
表層地盤の増幅率	G _{s1}	1.575	1.575	1.575	1.575	1.575	1.575
	G _{s2}	0.946	0.946	0.946	0.946	0.946	0.946
免震層地震力	G _s	1.230	1.230	1.230	1.230	1.230	1.230
	Q(kN)	149.2	164.8	205.5	145.1	157.2	194.5
免震層の基準変位	δ (m)	0.361	0.325	0.297	0.319	0.286	0.263

①復元装置(RF)のひずみ依存による復元力特性の再計算

①復元装置(RF)のひずみ依存による復元力特性の再計算

環境温度

変化率の集計(ひずみ依存性変化率+各種変化率)

ばらつきを考慮した復元力特性

②免震層の復元力特性

各種依存的性質,ばらつき	環境温度				剛性負荷:35℃				基準時:20℃				剛性正側:-5℃			
	負側	基準時	正側	負側	基準時	正側	負側	基準時	正側	負側	基準時	正側	負側	基準時	正側	
CLB	73019	76862	141706	73019	76862	141706	73019	76862	141706	73019	76862	141706	73019	76862	141706	
一次剛性 K_1 (kN/m)																
摩擦係数 μ	14.6	15.4	28.3	14.6	15.4	28.3	14.6	15.4	28.3	14.6	15.4	28.3	14.6	15.4	28.3	
RF	373	460	597	410	496	632	465	549	683	465	549	683	465	549	683	
等価剛性 K_{eq} (kN/m)	0.361	0.325	0.297	0.319	0.286	0.263	0.258	0.231	0.214	0.258	0.231	0.214	0.258	0.231	0.214	
基準変位 δ (m)	14.6	15.4	28.3	14.6	15.4	28.3	14.6	15.4	28.3	14.6	15.4	28.3	14.6	15.4	28.3	
切片荷重 Q_0 (kN)	149.2	164.8	205.6	145.2	157.3	194.7	134.3	142.3	174.4	134.3	142.3	174.4	134.3	142.3	174.4	
免震層の復元力特性																
δ c せん断力 Q_r (kN)	149.2	164.8	205.6	145.2	157.3	194.7	134.3	142.3	174.4	134.3	142.3	174.4	134.3	142.3	174.4	
等価剛性 K_{eq} (kN/m)	414	508	693	456	550	739	521	616	816	521	616	816	521	616	816	

(7)收束計算STEP8

①復元装置(RF)のひずみ依存による復元力特性の再計算

RFのひずみ依存性変化率

[illegible]

変化率の集計(ひずみ依存性変化率+各種変化率)

[illegible]

ばらつきを考慮した復元力特性

環境温度		陽性負側:35℃				基準時:20℃				陽性正側:-5℃			
各種底存性,ばらつき		負側	基準時	正側	負側	基準時	正側	負側	基準時	正側	負側	基準時	正側
R30-300-20×10		373	460	597	410	496	632	465	549	684			
Σ		373	460	597	410	496	632	465	549	684			

②免震層の復元力特性

[illegible]

(8)収束計算STEP9

①復元装置 (RF) のひずみ依存による復元力特性の再計算

RFのひずみ依存性変化率

環境温度		剛性負側:35℃		基準時:20℃		剛性正側:-5℃	
各種依存性, ばらつき	δ (m)	負側	基準時	正側	負側	基準時	正側
免震層の基準変位	δ (m)	0.361	0.324	0.297	0.318	0.286	0.263
		180%	162%	148%	159%	143%	131%
水平ひずみ γ							
剛性の变化率		-8%	-6%	-5%	-6%	-4%	-3%

変化率の集計(ひずみ依存性変化率+各種変化率)

環境温度		剛性負側:35℃		基準時:20℃		剛性正側:-5℃	
各種依存性, ばらつき		負側	基準時	正側	負側	基準時	正側
R300-300-20×10		-28.0%	-11.2%	+15.2%	-20.9%	-4.3%	+21.9%
						-10.3%	+6.0%
							+31.9%

ばらつきを考慮した復元力特性

環境温度		剛性負側:35℃		基準時:20℃		剛性正側:-5℃	
各種依存性, ばらつき		負側	基準時	正側	負側	基準時	正側
R300-300-20×10		373	460	597	410	496	632
						465	549
							684
Σ		373	460	597	410	496	632

②免震層の復元力特性

環境温度		剛性負側:35℃		基準時:20℃		剛性正側:-5℃	
各種依存性, ばらつき		負側	基準時	正側	負側	基準時	正側
CLB	一次剛性 K ₁ (kN/m)	73019	76862	141706	73019	76862	141706
	摩擦力 Qd(kN)	14.6	15.4	28.3	14.6	15.4	28.3
RF	等価剛性 K _{eq} (kN/m)	373	460	597	410	496	632
	基準変位 δ c(m)	0.361	0.324	0.297	0.318	0.286	0.263
免震層の復元力特性	切片荷重 Qd(kN)	14.6	15.4	28.3	14.6	15.4	28.3
	δ cせん断力 Qr(kN)	149.2	164.7	205.5	145.1	157.1	194.3
	等価剛性 K _{eq} (kN/m)	414	508	693	456	550	740

③基準変位 δ の算定

環境温度		剛性負側:35℃		基準時:20℃		剛性正側:-5℃	
各種依存性, ばらつき		負側	基準時	正側	負側	基準時	正側
設計限界固有周期	Ts(sec)	4.416	3.986	3.413	4.206	3.829	3.302
免震層の等価速度	V _{eq} (m/sec)	0.51	0.51	0.55	0.48	0.47	0.50
	δ y(m)						
降伏変位	δ y(m)						
CLBの履歴面積 ΔW(kNm)							
減衰定数	W(kNm) δ y(m)×せん断力						
	0.8×h _{eq}	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
弾塑性系減衰定数	Σ hd	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	F ₀ (kN)	57.6	63.9	72.0	62.8	69.4	78.1
	F ₀ (kN)						
	F ₀ (kN)						
	F ₀ (kN)						
	Σ F(kN)	57.6	63.9	72.0	62.8	69.4	78.1
減衰係数Cv	(kN·sec/m)	112.3	125.0	131.9	132.1	148.2	156.2
等価粘性減衰定数	hν	0.193	0.194	0.175	0.216	0.221	0.201
加速度低減率	Fh	0.512	0.510	0.545	0.474	0.467	0.499
一次周期	T ₁ (sec)	0.321	0.321	0.321	0.321	0.321	0.321
二次周期	T ₂ (sec)	0.107	0.107	0.107	0.107	0.107	0.107
表層地盤の増幅率	G _{s1}	1.575	1.575	1.575	1.575	1.575	1.575
	G _{s2}	0.946	0.946	0.946	0.946	0.946	0.946
	G _s	1.230	1.230	1.230	1.230	1.230	1.230
免震層地震力	Q(kN)	149.2	164.7	205.5	145.1	157.1	194.3
免震層の基準変位	δ (m)	0.361	0.324	0.297	0.318	0.285	0.263

--	--	--	--	--	--	--	--

(9)収束計算STEP10

①復元装置 (RF) のひずみ依存による復元力特性の再計算

RFのひずみ依存性変化率

環境温度		剛性負側:35℃		基準時:20℃		剛性正側:-5℃	
各種依存性, ばらつき	δ (m)	負側	基準時	正側	負側	基準時	正側
免震層の基準変位	δ (m)	0.361	0.324	0.297	0.318	0.285	0.231
水平ひずみ率	R30-300-20×10	180%	162%	148%	159%	143%	115%
	γ						106%
剛性の变化率	R30-300-20×10	-8%	-6%	-5%	-6%	-4%	-3%
							-2%
							-1%

変化率の集計(ひずみ依存性変化率+各種変化率)

環境温度		剛性負側:35℃		基準時:20℃		剛性正側:-5℃	
各種依存性, ばらつき		負側	基準時	正側	負側	基準時	正側
R30-300-20×10		-28.0%	-11.2%	+15.2%	-20.9%	-4.3%	+21.9%
						-10.3%	+6.0%
							+31.9%

ばらつきを考慮した復元力特性

環境温度		剛性負側:35℃		基準時:20℃		剛性正側:-5℃	
各種依存性, ばらつき		負側	基準時	正側	負側	基準時	正側
R30-300-20×10		373	460	597	410	496	684
Σ		373	460	597	410	496	684

②免震層の復元力特性

環境温度		剛性負側:35℃		基準時:20℃		剛性正側:-5℃	
各種依存性, ばらつき		負側	基準時	正側	負側	基準時	正側
CLB	一次剛性 K(kN/m)	73019	76862	141706	73019	76862	141706
RF	摩擦力 Qd(kN)	14.6	15.4	28.3	14.6	15.4	28.3
	等価剛性 Keq(kN/m)	373	460	597	410	496	684
免震層の復元力特性	基準変位 δ c(m)	0.361	0.324	0.297	0.318	0.285	0.231
	切片荷重 Qd(kN)	14.6	15.4	28.3	14.6	15.4	28.3
	δ cせん断力 Qr(kN)	149.2	164.7	205.5	145.1	157.1	194.3
	等価剛性 Keq(kN/m)	414	508	693	456	550	740

③基準変位 δ の算定

環境温度		剛性負側:35℃		基準時:20℃		剛性正側:-5℃	
各種依存性, ばらつき		負側	基準時	正側	負側	基準時	正側
設計限界固有周期	Ts(sec)	4.416	3.986	3.413	4.206	3.829	3.302
免震層の等価速度	Veq(m/sec)	0.51	0.51	0.55	0.48	0.47	0.50
降伏変位	δ y(m)						0.42
CLBの履歴面積 ΔW(kNm)							
減衰定数	W(kNm) δ y(m)×せん断係数						
弾塑性系減衰定数	0.8×heq	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	hd	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
RDTの抵抗力	Σhd						
	F ₀ (kN)	57.6	63.9	72.0	62.8	69.4	78.1
	F _α (kN)						
	F _β (kN)						
減衰係数Cv	ΣF(kN)	57.6	63.9	72.0	62.8	69.4	78.1
	(kN·sec/m)	112.3	125.0	131.9	132.1	148.2	156.2
等価粘性減衰定数	hν	0.193	0.194	0.175	0.216	0.221	0.201
加速度低減率	Fh	0.512	0.510	0.545	0.474	0.467	0.499
一次周期	T ₁ (sec)	0.321	0.321	0.321	0.321	0.321	0.321
二次周期	T ₂ (sec)	0.107	0.107	0.107	0.107	0.107	0.107
表層地盤の増幅率	G _{s1}	1.575	1.575	1.575	1.575	1.575	1.575
	G _{s2}	0.946	0.946	0.946	0.946	0.946	0.946
	G _s	1.230	1.230	1.230	1.230	1.230	1.230
	加速度増幅率	149.2	164.7	205.5	145.0	157.1	194.3
免震層地震力	Q(kN)	149.2	164.7	205.5	145.0	157.1	194.3
免震層の基準変位	δ (m)	0.361	0.324	0.297	0.318	0.285	0.231

(10)収束計算の集計

9ケースの収束計算の集計を以下に示す。

(環境温度:35℃)

		STEP1	STEP2	STEP3	STEP4	STEP5	STEP6	STEP7	STEP8	STEP9	STEP10
負側	設計限界変位 δ (cm)	0.405	0.378	0.367	0.363	0.362	0.361	0.361	0.361	0.361	0.361
	固有周期 Ts(sec)	4.497	4.450	4.430	4.421	4.418	4.417	4.416	4.416	4.416	4.416
	δ cせん断力 Qr(kN)	161.6	153.9	151.1	149.9	149.5	149.3	149.2	149.2	149.2	149.2
	等価剛性 Keq(kN/m)	399	407	411	413	413	414	414	414	414	414
	等価速度 Veq(m/sec)	0.57	0.53	0.52	0.52	0.51	0.51	0.51	0.51	0.51	0.51
	減衰定数	hd	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		hv	0.185	0.190	0.192	0.193	0.193	0.193	0.193	0.193	0.193
	加速度低減率 Fh	0.527	0.518	0.514	0.513	0.512	0.512	0.512	0.512	0.512	0.512
	免震層地震力 Q(kN)	150.8	149.7	149.4	149.2	149.2	149.2	149.2	149.2	149.2	149.2
基準時	基準変位 δ (m)	0.378	0.367	0.363	0.362	0.361	0.361	0.361	0.361	0.361	0.361
	設計限界変位 δ (cm)	0.405	0.355	0.336	0.329	0.326	0.325	0.325	0.325	0.324	0.324
	固有周期 Ts(sec)	4.105	4.034	4.005	3.994	3.989	3.987	3.987	3.986	3.986	3.986
	δ cせん断力 Qr(kN)	193.9	175.9	169.2	166.5	165.4	165.0	164.8	164.7	164.7	164.7
	等価剛性 Keq(kN/m)	479	496	503	506	507	507	508	508	508	508
	等価速度 Veq(m/sec)	0.62	0.55	0.53	0.52	0.51	0.51	0.51	0.51	0.51	0.51
	減衰定数	hd	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		hv	0.177	0.187	0.191	0.193	0.194	0.194	0.194	0.194	0.194
	加速度低減率 Fh	0.542	0.523	0.515	0.512	0.511	0.510	0.510	0.510	0.510	0.510
正側	免震層地震力 Q(kN)	169.8	166.7	165.5	165.0	164.8	164.8	164.7	164.7	164.7	164.7
	基準変位 δ (m)	0.355	0.336	0.329	0.326	0.325	0.325	0.325	0.324	0.324	0.324
	設計限界変位 δ (cm)	0.405	0.336	0.312	0.302	0.299	0.298	0.297	0.297	0.297	0.297
	固有周期 Ts(sec)	3.549	3.466	3.434	3.421	3.416	3.414	3.413	3.413	3.413	3.413
	δ cせん断力 Qr(kN)	259.3	225.3	213.2	208.5	206.7	205.9	205.6	205.5	205.5	205.5
	等価剛性 Keq(kN/m)	640	671	684	689	691	692	693	693	693	693
	等価速度 Veq(m/sec)	0.72	0.61	0.57	0.56	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55
	減衰定数	hd	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		hv	0.153	0.166	0.172	0.174	0.175	0.175	0.175	0.175	0.175
正側	加速度低減率 Fh	0.593	0.563	0.552	0.548	0.546	0.545	0.545	0.545	0.545	0.545
	免震層地震力 Q(kN)	214.9	209.2	206.9	206.0	205.7	205.5	205.5	205.5	205.5	205.5
	基準変位 δ (m)	0.336	0.312	0.302	0.299	0.298	0.297	0.297	0.297	0.297	0.297

(環境温度:20℃)

		STEP1	STEP2	STEP3	STEP4	STEP5	STEP6	STEP7	STEP8	STEP9	STEP10
負側	設計限界変位 δ_c (m)	0.405	0.353	0.333	0.324	0.321	0.319	0.319	0.318	0.318	0.318
	固有周期 T_s (sec)	4.357	4.270	4.233	4.217	4.211	4.208	4.207	4.206	4.206	4.206
	δ_c せん断力 Q_r (kN)	172.1	156.1	149.8	147.1	145.9	145.4	145.2	145.1	145.1	145.1
	等価剛性 K_{eq} (kN/m)	425	442	450	454	455	456	456	456	456	456
	等価速度 V_{eq} (m/sec)	0.58	0.52	0.49	0.48	0.48	0.48	0.48	0.48	0.48	0.48
	減衰定数	hd	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		hv	0.195	0.207	0.212	0.215	0.216	0.216	0.216	0.216	0.216
	加速度低減率 F_h	0.508	0.488	0.480	0.477	0.475	0.475	0.474	0.474	0.474	0.474
	免震層地震力 Q (kN)	150.0	147.2	146.0	145.5	145.2	145.1	145.1	145.1	145.1	145.0
	基準変位 δ (m)	0.353	0.333	0.324	0.321	0.319	0.319	0.318	0.318	0.318	0.318
基準時	設計限界変位 δ_c (m)	0.405	0.332	0.305	0.294	0.289	0.287	0.286	0.286	0.286	0.285
	固有周期 T_s (sec)	3.998	3.900	3.859	3.842	3.835	3.832	3.830	3.830	3.829	3.829
	δ_c せん断力 Q_r (kN)	204.4	176.2	165.2	160.5	158.6	157.7	157.3	157.2	157.1	157.1
	等価剛性 K_{eq} (kN/m)	505	531	542	547	549	550	550	550	550	550
	等価速度 V_{eq} (m/sec)	0.64	0.54	0.50	0.48	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47
	減衰定数	hd	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		hv	0.188	0.206	0.214	0.218	0.220	0.220	0.221	0.221	0.221
	加速度低減率 F_h	0.521	0.490	0.477	0.472	0.469	0.468	0.468	0.467	0.467	0.467
	免震層地震力 Q (kN)	167.6	161.7	159.1	158.0	157.4	157.2	157.1	157.1	157.1	157.1
	基準変位 δ (m)	0.332	0.305	0.294	0.289	0.287	0.286	0.286	0.286	0.285	0.285
正側	設計限界変位 δ_c (m)	0.405	0.316	0.284	0.272	0.266	0.264	0.263	0.263	0.263	0.263
	固有周期 T_s (sec)	3.480	3.376	3.333	3.316	3.308	3.305	3.303	3.303	3.302	3.302
	δ_c せん断力 Q_r (kN)	269.8	223.6	206.3	199.3	196.4	195.2	194.7	194.4	194.3	194.3
	等価剛性 K_{eq} (kN/m)	666	708	726	734	737	739	739	740	740	740
	等価速度 V_{eq} (m/sec)	0.73	0.59	0.54	0.51	0.51	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
	減衰定数	hd	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		hv	0.164	0.184	0.194	0.198	0.200	0.200	0.201	0.201	0.201
	加速度低減率 F_h	0.569	0.528	0.511	0.504	0.501	0.499	0.499	0.499	0.499	0.499
	免震層地震力 Q (kN)	210.4	201.1	197.2	195.5	194.8	194.5	194.4	194.3	194.3	194.3
	基準変位 δ (m)	0.316	0.284	0.272	0.266	0.264	0.263	0.263	0.263	0.263	0.263

(環境温度: -5℃)

		STEP1	STEP2	STEP3	STEP4	STEP5	STEP6	STEP7	STEP8	STEP9	STEP10
負側	設計限界変位 δ_c (m)	0.405	0.319	0.285	0.270	0.263	0.259	0.258	0.257	0.256	0.256
	固有周期 T_s (sec)	4.171	4.039	3.982	3.955	3.943	3.937	3.934	3.932	3.932	3.931
	δ_c せん断力 Q_r (kN)	187.8	157.9	145.0	139.1	136.3	135.0	134.3	134.0	133.9	133.8
	等価剛性 K_{eq} (kN/m)	464	494	509	516	519	521	521	522	522	522
	等価速度 V_{eq} (m/sec)	0.61	0.50	0.45	0.43	0.42	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41
	減衰定数	hd	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		hv	0.213	0.239	0.253	0.260	0.264	0.266	0.266	0.267	0.267
	加速度低減率 F_h	0.480	0.442	0.425	0.416	0.412	0.410	0.409	0.409	0.409	0.409
	免震層地震力 Q (kN)	148.1	140.9	137.2	135.4	134.6	134.1	133.9	133.8	133.8	133.7
	基準変位 δ (m)	0.319	0.285	0.270	0.263	0.259	0.258	0.257	0.256	0.256	0.256
基準時	設計限界変位 δ_c (m)	0.405	0.301	0.261	0.244	0.236	0.232	0.231	0.231	0.231	0.231
	固有周期 T_s (sec)	3.853	3.723	3.666	3.640	3.627	3.620	3.619	3.619	3.619	3.619
	δ_c せん断力 Q_r (kN)	220.1	175.5	156.9	148.5	144.6	142.6	142.3	142.2	142.2	142.2
	等価剛性 K_{eq} (kN/m)	543	582	600	609	613	615	616	616	616	616
	等価速度 V_{eq} (m/sec)	0.66	0.51	0.45	0.42	0.41	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40
	減衰定数	hd	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		hv	0.206	0.241	0.260	0.270	0.274	0.277	0.277	0.277	0.277
	加速度低減率 F_h	0.491	0.440	0.417	0.406	0.401	0.400	0.400	0.400	0.400	0.400
	免震層地震力 Q (kN)	163.9	152.2	146.4	143.5	142.1	142.2	142.2	142.2	142.2	142.2
	基準変位 δ (m)	0.301	0.261	0.244	0.236	0.232	0.231	0.231	0.231	0.231	0.231
正側	設計限界変位 δ_c (m)	0.405	0.289	0.246	0.228	0.219	0.216	0.214	0.213	0.212	0.212
	固有周期 T_s (sec)	3.382	3.253	3.195	3.167	3.154	3.147	3.144	3.143	3.142	3.141
	δ_c せん断力 Q_r (kN)	285.6	220.0	194.4	183.2	178.0	175.6	174.4	173.8	173.6	173.4
	等価剛性 K_{eq} (kN/m)	705	762	790	804	811	814	816	817	817	817
	等価速度 V_{eq} (m/sec)	0.75	0.56	0.48	0.45	0.44	0.43	0.43	0.43	0.42	0.42
	減衰定数	hd	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		hv	0.180	0.217	0.236	0.245	0.250	0.252	0.254	0.254	0.254
	加速度低減率 F_h	0.535	0.474	0.447	0.434	0.428	0.426	0.424	0.424	0.423	0.423
	免震層地震力 Q (kN)	203.6	187.5	180.0	176.5	174.8	174.0	173.7	173.5	173.4	173.3
	基準変位 δ (m)	0.289	0.246	0.228	0.219	0.216	0.214	0.213	0.212	0.212	0.212

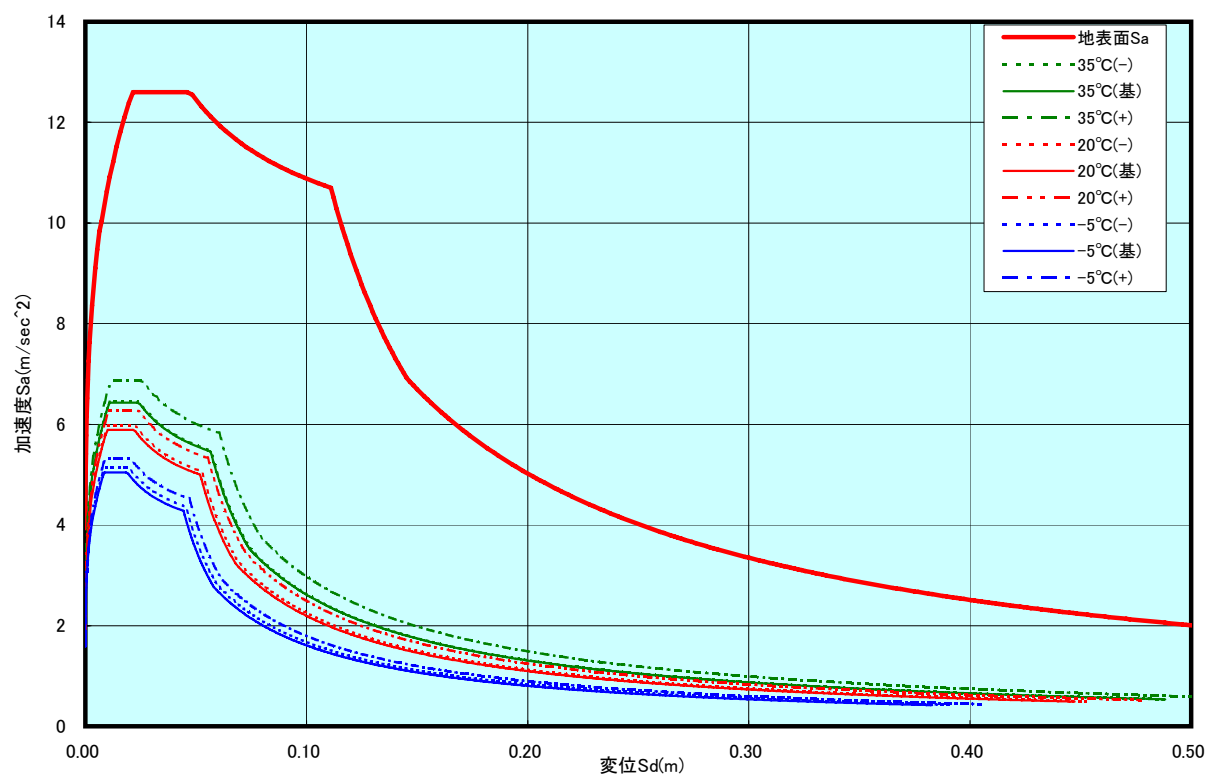


図. Sa-Sd関係(地表面と応答値)

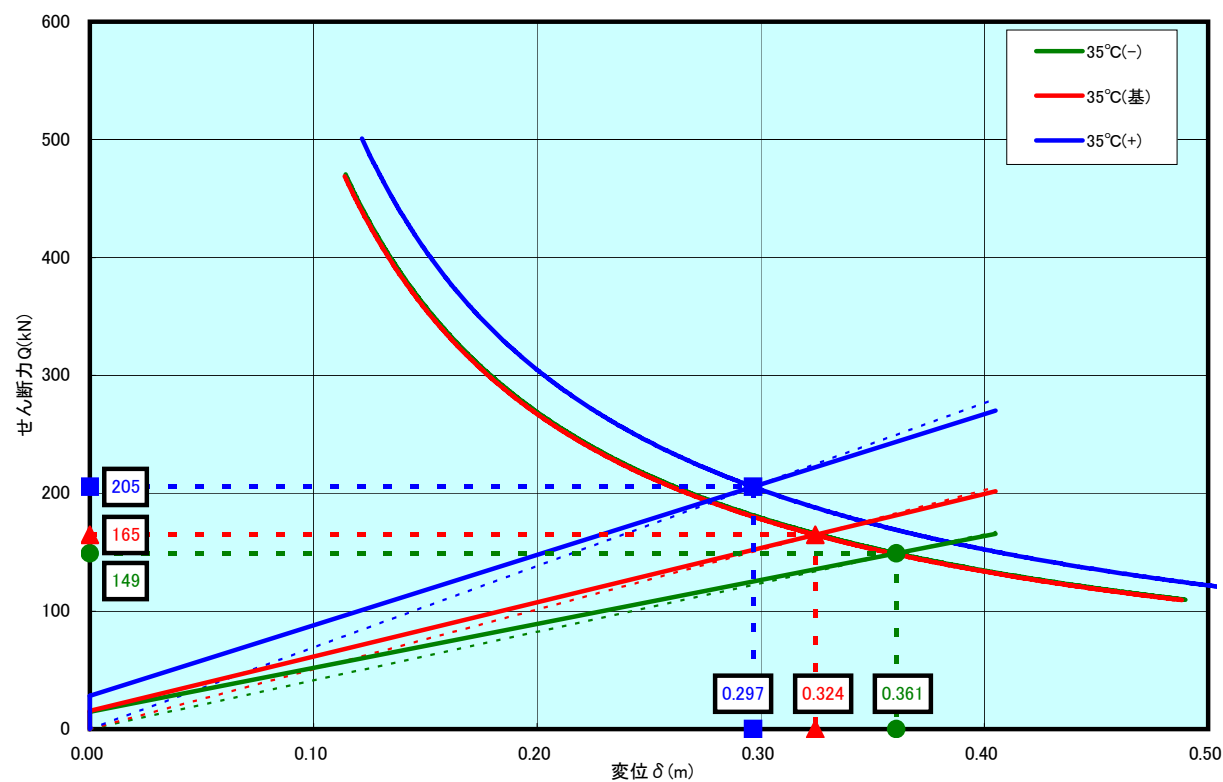


図. 免震層の基準変位と地震力の収束値(環境温度: 35°C時)

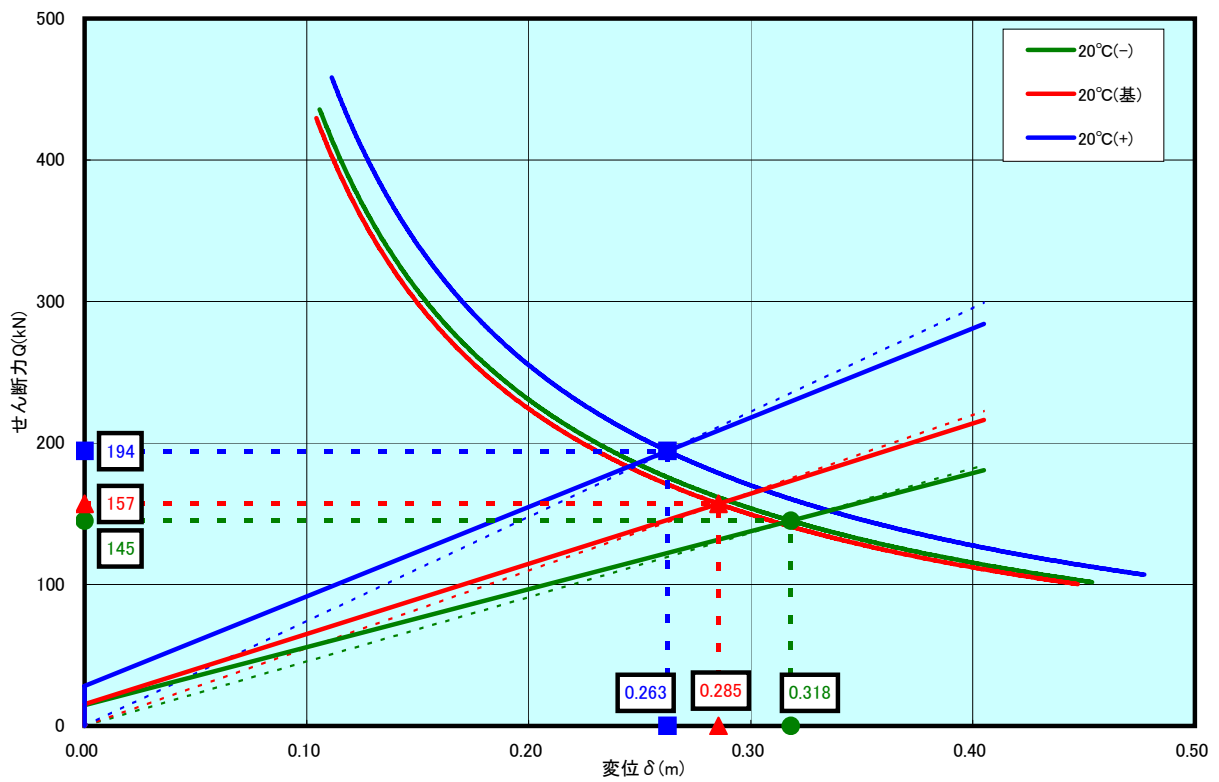


図. 免震層の基準変位と地震力の収束値(環境温度:20°C時)

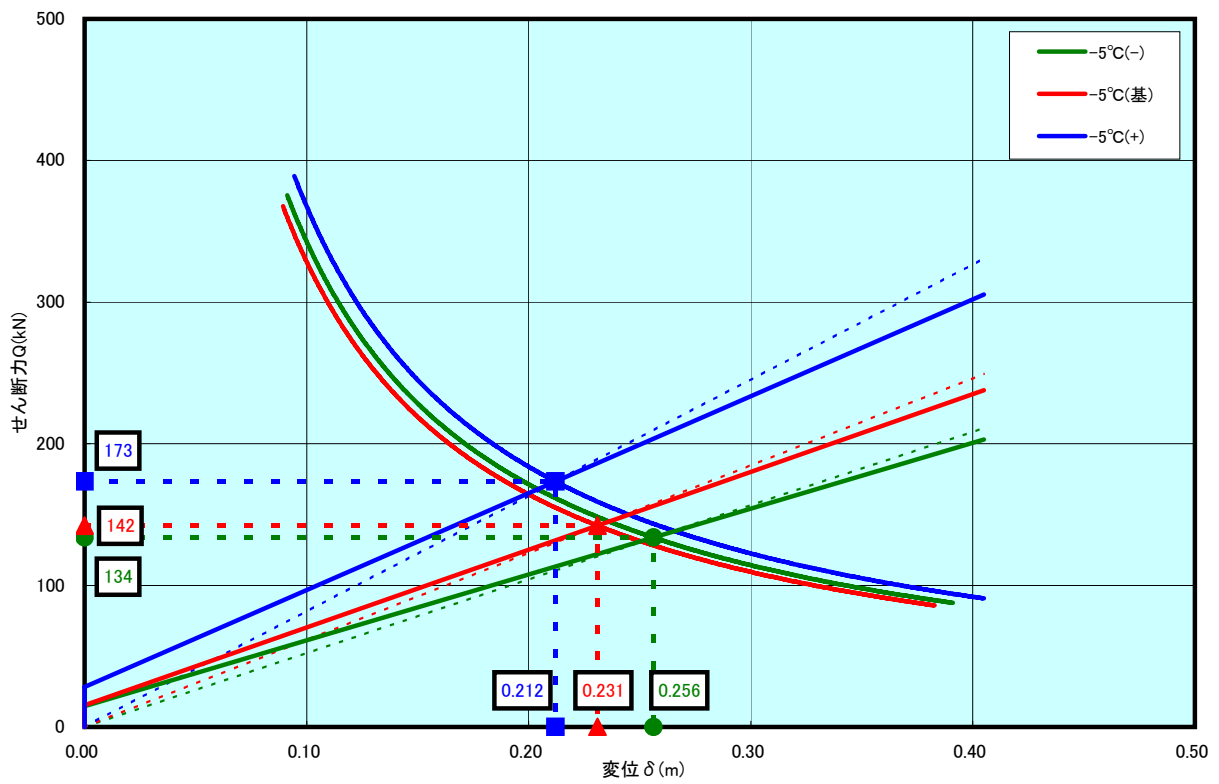


図. 免震層の基準変位と地震力の収束値(環境温度:-5°C時)

11. 免震層の応答変位の検証と必要クリアランスの算定

免震層の応答変位 δ_r が、設計限界変位 δ_d を超えないことを確認し、建物周辺の水平クリアランスの設定を行う。

(1) 免震層の応答変位 δ_r の算定

基準変位 $\delta =$ (収束計算STEP10における収束変位)

代表変位 $\delta'_r = \alpha \times \delta$ (α : ばらつき, 環境および経年変化に関する係数,
免震層の剛性のばらつき等を考慮しているため $\alpha=1.0$ とする)

応答変位 $\delta_r = 1.1 \times \delta'_r$ (建物のねじれによる影響を考慮して $1.1 \times \delta'_r$ とする)

(2) 免震層の必要クリアランス δ_{req} の設定

1) 通行の用に供する場合

$$\delta_{req1} = \delta_r + 0.80 \quad (\text{m})$$

2) 人の通行のある場合

$$\delta_{req2} = \delta_r + 0.20 \quad (\text{m})$$

3) 上記以外の場合

$$\delta_{req3} = \delta_r + 0.10 \quad (\text{m})$$

環境温度		剛性負側: 35℃			基準時: 20℃			剛性正側: -5℃		
各種依存性, ばらつき		負側	基準時	正側	負側	基準時	正側	負側	基準時	正側
基準変位 δ	(m)	0.361	0.324	0.297	0.318	0.285	0.263	0.256	0.231	0.212
代表変位 δ'_r	(m)	0.361	0.324	0.297	0.318	0.285	0.263	0.256	0.231	0.212
応答変位 δ_r	(m)	0.397	0.357	0.326	0.350	0.314	0.289	0.282	0.254	0.233
設計限界変位 δ_d	(m)	0.405	0.405	0.405	0.405	0.405	0.405	0.405	0.405	0.405
$\delta_r < \delta_d$		OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK
必要 クリアランス	δ_{req1}	(m)	1.197	1.157	1.126	1.150	1.114	1.089	1.082	1.054
	δ_{req2}	(m)	0.597	0.557	0.526	0.550	0.514	0.489	0.482	0.454
	δ_{req3}	(m)	0.497	0.457	0.426	0.450	0.414	0.389	0.382	0.354

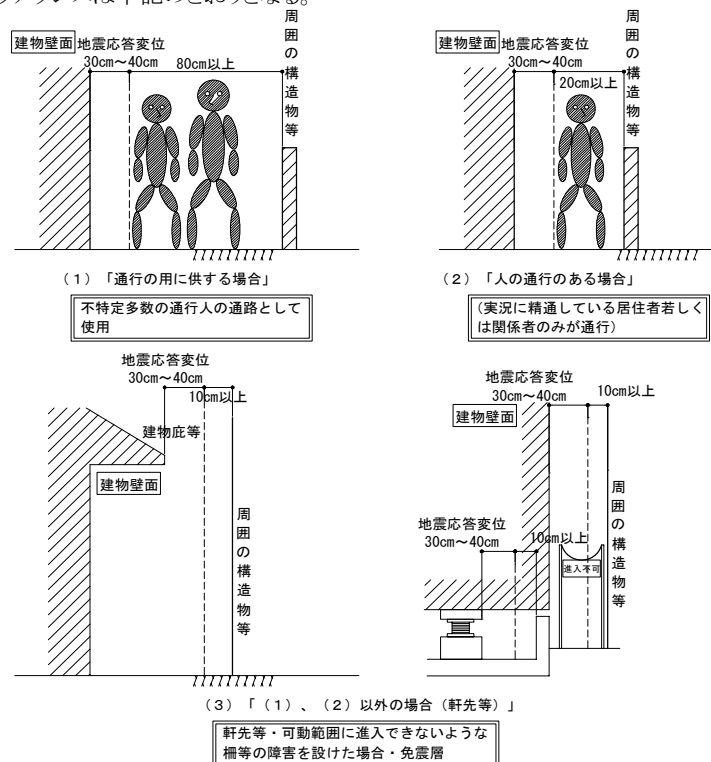
上表から、免震層の最大応答変位と必要クリアランスは下記のとおりとなる。

$$\delta_{rmax} = 0.397 \text{ m}$$

$$\delta_{req1max} = 1.197 \text{ m}$$

$$\delta_{req2max} = 0.597 \text{ m}$$

$$\delta_{req3max} = 0.497 \text{ m}$$



12. 上部構造設計用層せん断力の算定

(1) 下部構造を除いた部分の地震層せん断力係数Criの算定

$$C_{ri} = \gamma \frac{\sqrt{(Q_h + Q_e)^3 + 2\alpha(Q_h + Q_d)Q_v + Q_v^2}}{M \cdot g} \cdot \frac{A_i(Q_h + Q_v) + Q_e}{Q_h + Q_v + Q_e} \leq 0.20$$

(2) 免震層に作用する地震力Qisoの算定

$$Q_{iso} = \gamma \sqrt{(Q_h + Q_e)^3 + 2\alpha(Q_h + Q_d)Q_v + Q_v^2}$$

ここに、

Cri: 下部構造を除いた部分の一定の高さにおける地震層せん断力係数

Qiso: 免震層に作用する地震力

γ: 免震層のばらつき、環境および経年変化に関する係数 (→ばらつき等を考慮するため γ=1.0とする)

Qh: 基準変位が生じているときに弾塑性系減衰材が負担するせん断力 (=切片荷重Qd)

Qe: 基準変位が生じているときに復元材が負担するせん断力 (=Q-Qd)

Vr': 基準変位から求まる免震層の応答速度 (=2.0・√((Qh+Qe)・δ /M)

Qv: Vr'から求まる減衰材の抵抗力

ε: 流体系減衰材の特性に応じた係数 (→RDT ε =0.5)

Ai: 令第88条第1項に規定するAiの値

M: 上部構造の総重量

環境温度		剛性負側: 35℃			基準時: 20℃			剛性正側: -5℃		
各種依存性、ばらつき		負側	基準時	正側	負側	基準時	正側	負側	基準時	正側
上部構造重量	M(kN)	2004	2004	2004	2004	2004	2004	2004	2004	2004
基準変位	δ (m)	0.361	0.324	0.297	0.318	0.285	0.263	0.256	0.231	0.212
負担 せん断力	弾塑性系 Qh(kN)	14.6	15.4	28.3	14.6	15.4	28.3	14.6	15.4	28.3
	復元材 Qe(kN)	134.6	149.3	177.1	130.4	141.7	165.9	119.1	126.9	145.0
	応答速度 Vr'(m/sec)	1.03	1.02	1.09	0.95	0.94	1.00	0.82	0.80	0.85
	流体系 Qv(kN)	73.2	81.3	91.3	78.2	86.5	97.0	86.1	95.1	106.1
パラッキ等に関する係数	γ	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
流体系減衰材特性値	ε	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
免震層のAi	Ai	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
免震層 層せん断力係数	Cri	0.098	0.108	0.131	0.098	0.107	0.128	0.096	0.103	0.122
	Cri<0.20	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK
免震層地震力	Qiso(kN)	196.3	217.1	263.3	196.2	213.9	256.9	191.9	206.9	244.3

下表に、Ai分布、上部構造設計用地震力(せん断力係数)一覧を示す。

階	高さ H(m)	層重量 W(kN)	層重量和 ΣW(kN)	α i	Ai
2	2.90	402	402	0.201	1.510
1	3.27	402	804	0.401	1.296
免震層	0.60	1200	2004	1.000	1.000

※建物固有周期T＝ 0.201 sec

環境温度			剛性負側:35℃			基準時:20℃			剛性正側:-5℃		
各種依存性, ばらつき			負 側	基準時	正 側	負 側	基準時	正 側	負 側	基準時	正 側
層せん断力係数	Cri										
		2	0.118	0.130	0.158	0.119	0.129	0.156	0.118	0.128	0.152
		1	0.109	0.121	0.147	0.110	0.120	0.144	0.109	0.117	0.139
		免震層	0.098	0.108	0.131	0.098	0.107	0.128	0.096	0.103	0.122
層せん断力	Qi										
		2	235.9	260.6	317.4	237.8	259.5	313.3	236.7	256.1	304.3
		1	219.2	242.3	294.6	220.3	240.3	289.6	217.8	235.4	279.1
		免震層	196.3	217.1	263.3	196.2	213.9	256.9	191.9	206.9	244.3

13. 適用範囲の確認

(1)免震建築物の接線周期 K_t の確認

$$T_t = \sqrt{\frac{M}{K_t}} \geq 2.5(2.0)\text{sec}$$

ここに、

T_t :免震層の接線周期($\geq 2.5\text{sec}$, 四号建築物の場合: $\geq 2.0\text{sec}$)

M :上部構造の総重量

K_t :免震層の応答変位における接線剛性(免震層の二次剛性 K_2)

(2)減衰材の負担せん断力の算定

$$\mu = \frac{\sqrt{(Q_h + Q_e)^2 + 2\alpha(Q_h + Q_e)(Q_v + Q_v^2)}}{M \cdot g} \cdot \frac{Q_h + Q_v}{Q_h + Q_v + Q_e} \geq 0.03$$

ここに、

μ : 免震層のせん断力分担率

Q_h : 基準変位が生じているときに弾塑性系減衰材が負担するせん断力 (= 切片荷重 Q_d)

Q_e : 基準変位が生じているときに復元材が負担するせん断力 (= $Q - Q_d$)

V_r' : 基準変位から求まる免震層の応答速度 (= $2.0 \cdot \sqrt{((Q_h + Q_e) \cdot \delta / M)}$)

Q_v : V_r' から求まる減衰材の抵抗力

ε : 流体系減衰材の特性に応じた係数 ($\rightarrow RDT \ \varepsilon = 0.5$)

(4) 流体系減衰材の免震層応答速度 V_r の確認

$$V_r = 2.0 \sqrt{\frac{(Q_h + Q_e) \delta}{M}} \leq 1.50$$

ここに、

V_r : 免震層の応答速度 ($\leq 1.50 \text{ m/sec}$: RDT 限界速度)

Q_h : 基準変位が生じているときに弾塑性系減衰材が負担するせん断力 (= 切片荷重 Q_d)

Q_e : 基準変位が生じているときに復元材が負担するせん断力 (= $Q - Q_d$)

δ_r : 免震層の応答変位

M : 上部構造の総重量

環境温度		剛性負側: 35℃			基準時: 20℃			剛性正側: -5℃		
各種依存性, ばらつき		負側	基準時	正側	負側	基準時	正側	負側	基準時	正側
上部構造重量	$M(\text{kN})$	2004	2004	2004	2004	2004	2004	2004	2004	2004
応答変位	$\delta_r(\text{m})$	0.397	0.357	0.326	0.350	0.314	0.289	0.282	0.254	0.233
接線剛性	$K_t(\text{kN/m})$	373	460	597	410	496	632	465	549	684
接線周期	$T_t(\text{sec})$	4.650	4.186	3.676	4.435	4.032	3.573	4.165	3.832	3.435
	$T_t \geq 2.00$	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK
負担 せん断力	弾塑性系 $Q_h(\text{kN})$	14.6	15.4	28.3	14.6	15.4	28.3	14.6	15.4	28.3
	復元材 $Q_e(\text{kN})$	134.6	149.3	177.1	130.4	141.7	165.9	119.1	126.9	145.0
	流体系 $Q_v(\text{kN})$	73.2	81.3	91.3	78.2	86.5	97.0	86.1	95.1	106.1
流体系減衰材特性値	ε	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
減衰材の負担 せん断力分担率	μ	0.039	0.043	0.053	0.041	0.045	0.055	0.044	0.048	0.059
	$\mu \geq 0.03$	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK
応答速度	$V_r(\text{m/sec})$	1.08	1.07	1.15	1.00	0.98	1.05	0.86	0.84	0.89
	$V_r \leq 1.50$	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK

(5) 免震層の偏心率の算定

免震層の偏心率は下式により算定する。

① 重心

$$X_g = \frac{\sum X_i \cdot N_i}{\sum N_i} \quad Y_g = \frac{\sum Y_i \cdot N_i}{\sum N_i}$$

N_i : 支承材に作用する長期軸力

X_i, Y_i : 支承材の X 座標, Y 座標

② 剛心

$$X_k = \frac{\sum X_i \cdot K_{y_i}}{\sum K_{y_i}} \quad Y_k = \frac{\sum Y_i \cdot K_{x_i}}{\sum K_{x_i}}$$

K_{x_i} : X 方向の応答変位 δ_r に対する等価剛性 (= K_{y_i})

K_{y_i} : Y 方向の応答変位 δ_r に対する等価剛性 (= K_{x_i})

X_i, Y_i : 免震装置の X 座標, Y 座標

③ 偏心距離 e_x, e_y

$$e_x = |Y_g - Y_k| \quad e_y = |X_g - X_k|$$

④ ねじり剛性 K_T

$$K_T = \sum \{ K_{x_i} \cdot (Y_i - Y_k)^2 + K_{y_i} \cdot (X_i - X_k)^2 \}$$

⑤ 弾力半径 r_{ex}, r_{ey}

$$r_{ex} = \sqrt{\frac{K_T}{\sum K_{x_i}}} \quad r_{ey} = \sqrt{\frac{K_T}{\sum K_{y_i}}}$$

⑥ 偏心率 R_{ex}, R_{ey}

$$R_{ex} = \frac{e_y}{r_{ex}} \quad R_{ey} = \frac{e_x}{r_{ey}}$$

①重心位置の算定

[illegible]

■重心位置

$$X_g = 7.917 \text{ m}$$
$$\Rightarrow Y_g = 5.960 \text{ m}$$

②剛心位置の算定(環境温度20℃(基準時))

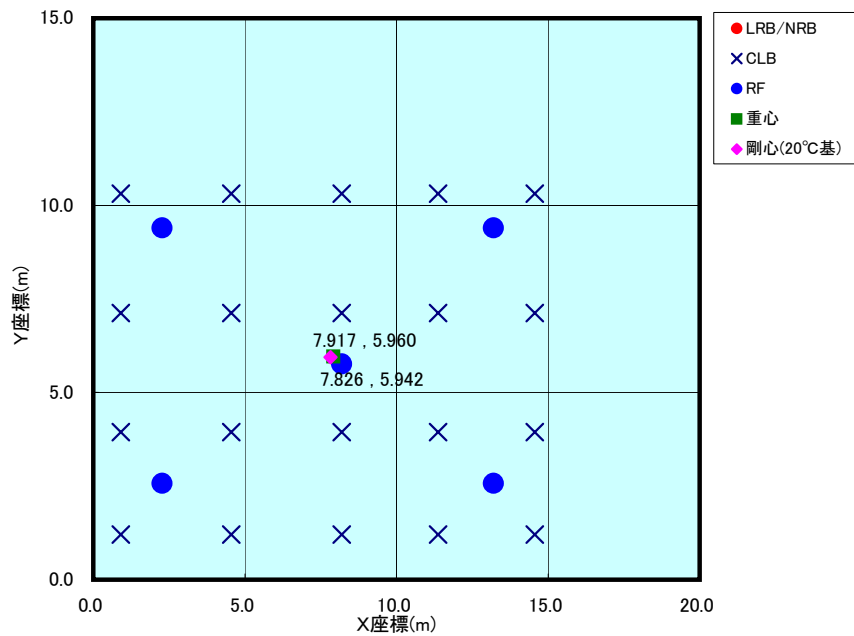
番号	支承材名	Xi(m)	Yi(m)	Ki(kN)	X・Ki	Y・Ki
1	R30-300-20×10	2.275	2.575	99	226	256
2	R30-300-20×10	13.195	2.575	99	1310	256
3	R30-300-20×10	8.190	5.760	99	813	572
4	R30-300-20×10	2.275	9.400	99	226	933
5	R30-300-20×10	13.195	9.400	99	1310	933
Σ				496	3884	2949

■剛心位置

$$X_k = 7.826 \text{ m}$$
$$\Rightarrow Y_k = 5.942 \text{ m}$$

⑥偏心率の算定

環境温度			剛性負側:35℃			基準時:20℃			剛性正側:-5℃		
各種依存性, ばらつき			負 側	基準時	正 側	負 側	基準時	正 側	負 側	基準時	正 側
重心位置	Xg	(m)	7.917	7.917	7.917	7.917	7.917	7.917	7.917	7.917	7.917
	Yg	(m)	5.960	5.960	5.960	5.960	5.960	5.960	5.960	5.960	5.960
剛心位置	Xk	(m)	7.826	7.826	7.826	7.826	7.826	7.826	7.826	7.826	7.826
	Yk	(m)	5.942	5.942	5.942	5.942	5.942	5.942	5.942	5.942	5.942
偏心距離	ex	(m)	0.018	0.018	0.018	0.018	0.018	0.018	0.018	0.018	0.018
	ey	(m)	0.091	0.091	0.091	0.091	0.091	0.091	0.091	0.091	0.091
ねじり剛性	K _T	(kNm)	12392	15286	19830	13618	16482	20983	15442	18243	22709
弾力半径	r _{eX}	(m)	5.763	5.763	5.763	5.763	5.763	5.763	5.763	5.763	5.763
	r _{eY}	(m)	5.763	5.763	5.763	5.763	5.763	5.763	5.763	5.763	5.763
偏心率	R _{eX}		0.016	0.016	0.016	0.016	0.016	0.016	0.016	0.016	0.016
	R _{eY}		0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003
	R _e <0.03		OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK



14. 免震層の応答計算結果一覧

平成12年建設省告示第2009号第6による構造計算																
上部構造総重量		長期	M	(kN)	2257											
		地震時	M	(kN)	2004											
地震地域係数				Z	1.0											
地盤の一次卓越周期				T ₁	(sec)	0.321										
地盤の二次卓越周期				T ₂	(sec)	0.107										
一次卓越周期に対する増幅率				G _{S1}	1.575											
二次卓越周期に対する増幅率				G _{S2}	0.946											
免震装置	設計限界変形			m δ u	(m)	0.405										
環境温度					剛性負側:35℃			基準時:20℃			剛性正側:-5℃			算定式	判定	
各種依存性,ばらつき					負 側	基準時	正 側	負 側	基準時	正 側	負 側	基準時	正 側			
設計 限界変形 m δ u時 (STEP1)	等価剛性		Keq	(kN/m)	399	479	640	425	505	666	464	543	705			
	設計限界固有周期		Ts	(sec)	4.497	4.105	3.549	4.357	3.998	3.480	4.171	3.853	3.382			
	地盤の加速度増幅率		Gs		1.230	1.230	1.230	1.230	1.230	1.230	1.230	1.230	1.230			
	加速度低減率		Fh		0.527	0.542	0.593	0.508	0.521	0.569	0.480	0.491	0.535			
	免震層の地震力		Q	(kN)	151	170	215	150	168	210	148	164	204			
	基準変位		δ	(m)	0.378	0.355	0.336	0.353	0.332	0.316	0.319	0.301	0.289			
応答変位		δ r	(m)	0.416	0.390	0.369	0.388	0.365	0.347	0.351	0.332	0.318				
収束値 (STEP10)	等価剛性		Keq	(kN/m)	414	508	693	456	550	740	522	616	817			
	設計限界固有周期		Ts	(sec)	4.416	3.986	3.413	4.206	3.829	3.302	3.931	3.619	3.141			
	地盤の加速度増幅率		Gs		1.230	1.230	1.230	1.230	1.230	1.230	1.230	1.230	1.230			
	弾塑性系減衰定数		hd		0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000			
	免震層の等価速度		Ve _q	(m/sec)	0.51	0.51	0.55	0.48	0.47	0.50	0.41	0.40	0.42	Ve _q =2 π δ /Ts		
	減衰係数		Σ Ci	(kN・sec/m)	112	125	132	132	148	156	175	197	208			
	流体系減衰定数		h _v		0.193	0.194	0.175	0.216	0.221	0.201	0.267	0.277	0.254	h _v =1/4 π・Ts Σ Ci/M		
	加速度低減率		F _h		0.512	0.510	0.545	0.474	0.467	0.499	0.409	0.400	0.423	F _h =1.5/(1+10・(hd+h _v))≥0.40		
	免震層地震力		Q	(kN)	149	165	205	145	157	194	134	142	173	Q=5.12・M・F _h ・Z・G _s /Ts		
	基準変位		δ	(m)	0.361	0.324	0.297	0.318	0.285	0.263	0.256	0.231	0.212	δ =Q/Keq		
	代表変位		δ 'r	(m)	0.361	0.324	0.297	0.318	0.285	0.263	0.256	0.231	0.212	δ 'r=α・δ =1.0× δ		
	応答変位		δ r	(m)	0.397	0.357	0.326	0.350	0.314	0.289	0.282	0.254	0.233	δ r=1.1× δ 'r≤0.405		(OK)
	免震層最小クリアランス		δ req	(m)	0.497	0.457	0.426	0.450	0.414	0.389	0.382	0.354	0.333	δ req= δ r+0.10		
	負担 せん断力	弾塑性系	Q _h	(kN)	15	15	28	15	15	28	15	15	28	Q _h =Q _d		
		復元材	Q _e	(kN)	135	149	177	130	142	166	119	127	145	Q _e =Q-Q _h		
		流体系	Q _v	(kN)	73	81	91	78	87	97	86	95	106			
	減衰材のせん断力分担率		μ		0.039	0.043	0.053	0.041	0.045	0.055	0.044	0.048	0.059	μ ≥0.030		(OK)
	免震層の応答速度		V _r	(m/sec)	1.08	1.07	1.15	1.00	0.98	1.05	0.86	0.84	0.89	V _r =2・√((Q _h +Q _e)・δ r/M) ≤1.50		(OK)
	接線剛性		K _t	(kN/m)	373	460	597	410	496	632	465	549	684	K _t =K ₂		
	接線周期		T _t	(sec)	4.650	4.186	3.676	4.435	4.032	3.573	4.165	3.832	3.435	T _t =2 π √(M/K _t) ≥2.00		(OK)
免震層層せん断力係数		C _{ri}		0.10	0.11	0.13	0.10	0.11	0.13	0.10	0.10	0.12	C _{ri} ≤0.20		(OK)	
下部構造作用地震力		Q _{iso}	(kN)	196	217	263	196	214	257	192	207	244				
免震層の偏心率	R _{eX}			0.016	0.016	0.016	0.016	0.016	0.016	0.016	0.016	0.016	R _e <0.030		(OK)	
	R _{eY}			0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	R _e <0.030		(OK)	

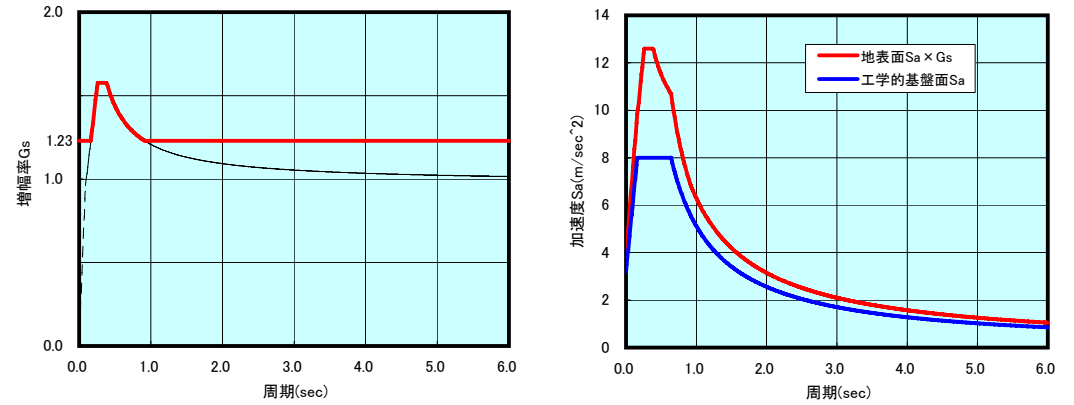
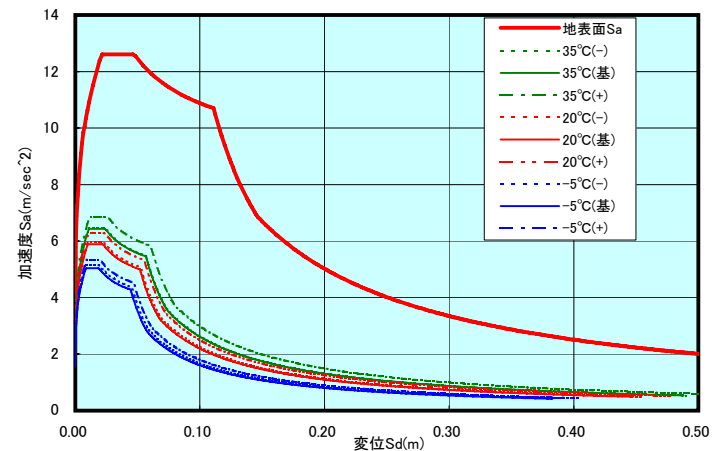
図.表層地盤の加速度増幅率 G_s 図.地表面の加速度応答スペクトル($h=0.05$)

図. Sa-Sd関係(地表面と応答計算収束時)

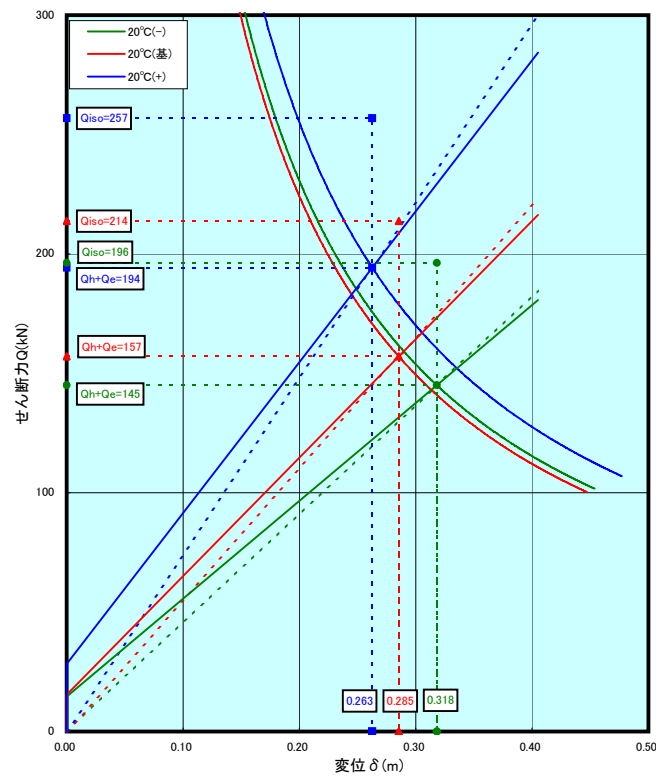
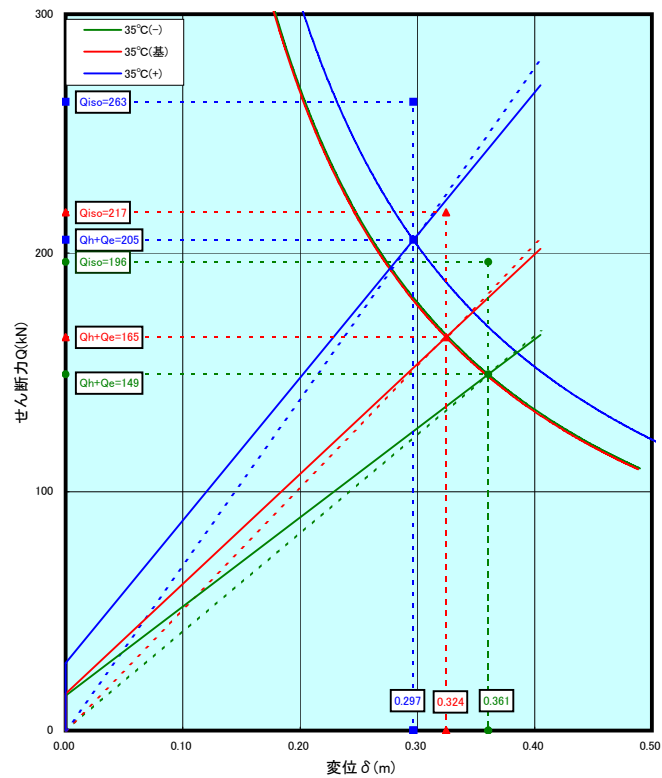
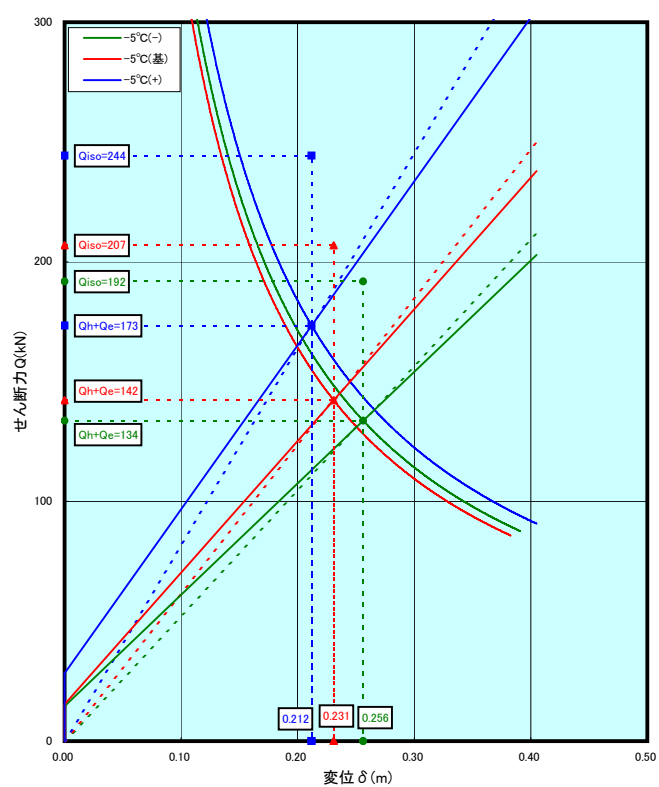


図.各環境温度に対する応答計算結果(収束時)



15. 免震装置の応力

(1) 支承材の軸力

各免震装置の長期圧縮軸力、地震時(短期)圧縮軸力および地震時付加軸力を下表に示す。

番号	支承材名	座標		長期軸力	地震時軸力	地震時付加軸力	
		Xi(m)	Yi(m)	NL(kN)	Ne(kN)	Nx(kN)	Ny(kN)
1	CLB011	0.910	1.210	47	42	6	2
2	CLB011	4.550	1.210	93	83	4	7
3	CLB017	8.190	1.210	110	98	11	25
4	CLB017	11.375	1.210	111	98	7	17
5	CLB011	14.560	1.210	81	72	46	13
6	CLB017	0.910	3.940	119	106	63	11
7	CLB017	4.550	3.940	128	114	2	7
8	CLB017	8.190	3.940	128	114	4	16
9	CLB017	11.375	3.940	114	101	4	3
10	CLB011	14.560	3.940	93	83	10	12
11	CLB017	0.910	7.125	106	94	12	18
12	CLB021	4.550	7.125	148	131	7	2
13	CLB021	8.190	7.125	146	130	2	2
14	CLB017	11.375	7.125	135	120	5	3
15	CLB017	14.560	7.125	121	107	25	9
16	CLB017	0.910	10.310	102	90	30	27
17	CLB021	4.550	10.310	141	125	4	12
18	CLB017	8.190	10.310	129	114	6	12
19	CLB017	11.375	10.310	116	103	3	12
20	CLB011	14.560	10.310	89	79	31	15
Σ				2257	2004		

(2)各支承の長期軸力(面圧)

直動転がり支承に作用する長期圧縮軸力NLが長期許容圧縮軸力 P_0 以下であることを確認する。

また、積層ゴム支承(LRB,NRB)については、長期面圧 σ_L が長期許容面圧(基準面圧) σ_0 以下であることを確認する。

[illegible]

(3)地震荷重時

①地震時圧縮軸力(面圧)

直動転がり支承に作用する長期圧縮軸力NLと設計地震力による付加圧縮力の和が短許容圧縮軸力 P_{AS} 以下であることを確認する。
また、積層ゴム支承(LRB, NRB)については、長期面圧と設計地震力による付加面圧の和が短期許容面圧(基準面圧 $2 \times \sigma_0$)以下であることを確認する。

[illegible]

②地震時軸力+地震時鉛直荷重(面圧)【圧縮荷重】

直動転がり支承に作用する長期圧縮軸力 N_L を1.3倍した値と、設計地震力による付加軸力の和が限界圧縮軸力 P_{cr} 以下であることを確認する。また、積層ゴム支承(LRB,NRB)については、長期面圧 σ_L の1.3倍と地震時付加面圧の和が鉛直基準強度(基準面圧 $3 \times \sigma_0$)以下であることを確認する。

[illegible]

③地震時軸力+地震時鉛直荷重(面圧)【引張荷重】

直動転がり支承に作用する長期圧縮軸力NLを0.7倍した値と、設計地震力による付加軸力(引張)の和が0以上(引張が生じない)であることを確認する。また、積層ゴム支承(LRB,NRB)については、長期面圧 σ_L の0.7倍と地震時付加面圧(引張)の和が0以上(引張が生じない)であることを確認する。

[illegible]

(3)風荷重時

建築基準法施工令第87条に規定する風圧力による場合を中規模の暴風雨時とし、その1.6倍を大規模の暴風時とする。

①速度圧の算定

$$q = 0.6 \cdot E \cdot V_0^2$$

E:屋根高、周辺状況により国土交通大臣が定める方法により算出した値(=Er²・Gf)

V₀:基準風速

Er:平均風速の高さ方向の分布を表す係数

$$Er = 1.7 (Z_b/Z_G)^{\alpha} \quad (H \leq Z_b)$$

$$Er = 1.7 (H/Z_G)^{\alpha} \quad (H > Z_b)$$

Gf:ガスト影響係数

H:建築物の高さと軒高さとの平均

Z_b, Z_G, α :地表面粗度区分から定まる値

建設地		
基準風速	V ₀ (m/sec)	32
地表面 粗度区分	区分	Ⅲ
	Z _b (m)	5
	Z _G (m)	550
	α	0.3
建物平均高さ	H(m)	8.00
ガスト影響係数	Gf	3.10
風速高さ方向分布係数	Er	0.542
	E	0.912
速度圧	q(N/m ²)	561

②風力係数の算定

$$C_f = C_{pe} - C_{pi}$$

C_f:風力係数

C_{pe}:閉鎖型および開放型の建築物の外圧係数

C_{pi}:閉鎖型及び開放型の建築物の内圧係数(=0←閉鎖型)

③風圧力Pおよび層せん断力Q_wの算定

$$P = C_f \cdot q \cdot A$$

P:風圧力

A:受風面積

・X方向 0

	高さ	作用位置	kz	C _{pe}		風力係数 C _f	受風面積 A(m ²)	風圧力	
	H(m)	Z(m)		風上側	風下側			P(kN)	1.6・P(kN)
RF	1.974	7.758	0.98	-0.10	-0.50	0.40	8.08	1.8	2.9
	0.000								
	0.000								
	0.000								
	0.000								
	0.000								
	0.000								
	0.000								
	0.000								
2	2.900	5.321	0.80	0.64	-0.40	1.04	24.30	14.2	22.7
1	3.271	2.236	0.78	0.62	-0.40	1.02	37.32	21.4	34.2
M	0.600	0.300	0.78	0.62	-0.40	1.02	6.85	3.9	6.3
							Σ	41.3	66.0

0

	高さ	作用位置	kz	Cpe		風力係数	受風面積	風圧力	
	H(m)	Z(m)		風上側	風下側	Cf	A(m ²)	P(kN)	1.6・P(kN)
RF	1.974	7.758	0.98	-0.10	-0.50	0.40	31.05	7.0	11.1
	0.000								
	0.000								
	0.000								
	0.000								
	0.000								
	0.000								
	0.000								
	0.000								
2	2.900	5.321	0.80	0.64	-0.40	1.04	40.14	23.4	37.5
1	3.271	2.236	0.78	0.62	-0.40	1.02	52.21	29.9	47.8
M	0.600	0.300	0.78	0.62	-0.40	1.02	9.58	5.5	8.8
							Σ	65.7	105.2

④大規模暴風時の免震層応答変位

大規模暴風時の免震層応答変位が、免震装置の水平基準変位 δ_u を超えないことを確認する。

[illegible]

(3)積雪荷重時

建築基準法施工令第86条に規定する積雪荷重を中規模の積雪時とし、その1.4倍を大規模の積雪時とする。

$S = d \cdot \rho$

S: 中規模積雪時の積雪荷重 (屋根投影面積1m²あたり)

d: 垂直積雪量 (= $\alpha \cdot ls + \beta \cdot rs + \gamma$)

ρ : 積雪の単位荷重

α, β, γ : 地域に応じて掲げる数値

ls: 標準的な標高

rs: 標準的な海率 (半径Rの円の面積に対する円内の海その他これに類するものの面積の割合)

建設地		
積雪区分		一般地域
屋根水平投影面積		A(m ²)
積雪の単位荷重		ρ (N/cm/m ²)
垂直積雪量		α
		β
		γ
	標準標高	ls(m)
	海率	rs
	半径	R (km)
	半径R面積	(km ²)
	海面積	(km ²)
	垂直積雪量	d(cm)
積雪荷重		S(N/m ²)
中規模積雪時		S・A(kN)
大規模積雪時		1.4S・A(kN)
建物長期重量		(kN)

積雪荷重は大規模の積雪時でも、建物長期重量の9.3%であり、免震材料の圧縮力は問題ない。