

## 【資料 例 3-2】 ローラゲートの照査例

### 1. ゲート概要

照査対象は、アーチ式コンクリートダム（堤高 140.0m）堤頂部に非常用洪水吐きの主ゲートとして設置されたクレストローラゲートである。その諸元を表-例 3.2.1 に、また構造を図-例 3.2.1 に示す。

表-例 3.2.1 ゲート諸元

純径間	扉高	ゲート敷高 <sup>注)</sup>	常時満水位 <sup>注)</sup>	開閉方式
10.00m	11.00m	127.00m	137.00m	ワイヤロープ 巻き取り式

注) ダム基礎標高からの高さ

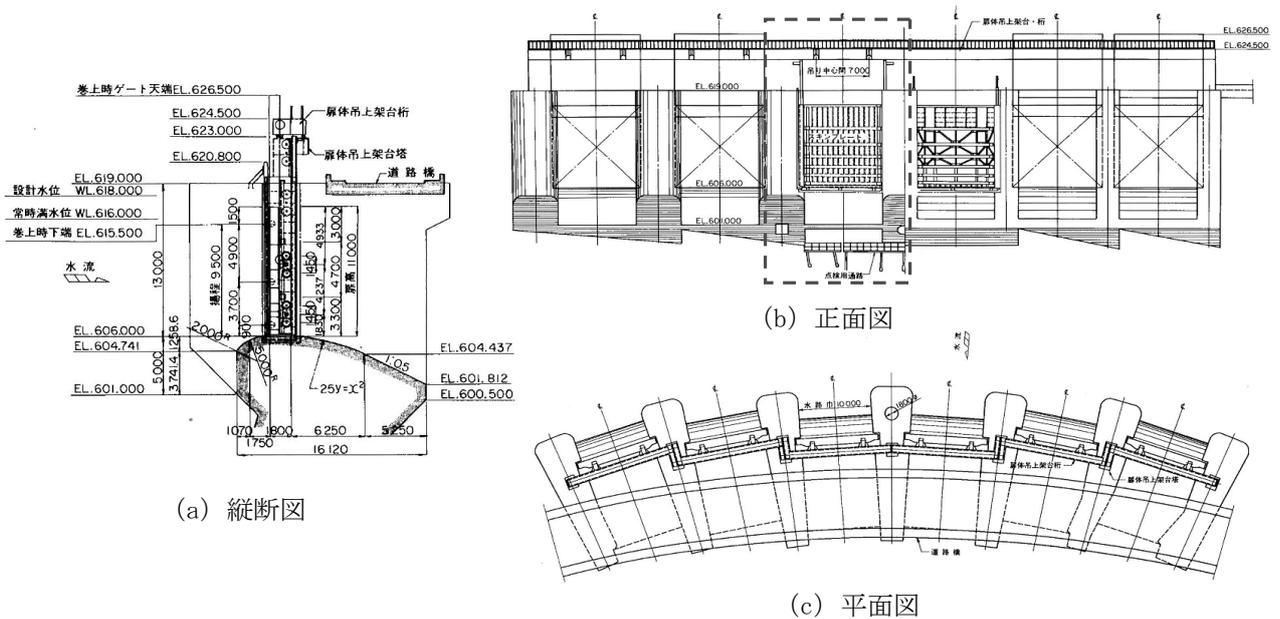


図-例 3.2.1 ゲート構造

### 2. 照査に用いる地震動<sup>注)</sup>

当該ダム地点において設定されたレベル2地震動に対するダム本体の地震応答解析により、当該ゲート設置位置における応答加速度の時刻歴（最大加速度 1,603gal）を求め、それをゲートの照査における入力地震動として用いることとした。入力地震動の加速度時刻歴波形および応答スペクトルをそれぞれ図-例 3.2.2 および図-例 3.2.3 に示す。

注) ゲートの地震応答解析において考慮する入力地震動の成分としては、水平動（上下流方向成分とダム軸方向成分）および上下動（鉛直方向成分）が考えられるが、これまでの検討により、ゲートの地震応答解析では、一般に水平動の上下流方向成分の影響が支配的となることがわかっているため、本資料では堤体応答加速度の上下流方向成分を入力地震動とした場合について示す。

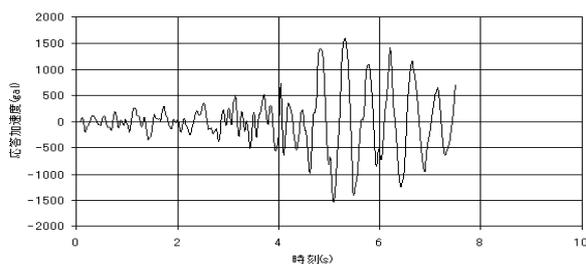


図-例 3.2.2 入力地震動（ゲート位置の応答加速度時刻歴）

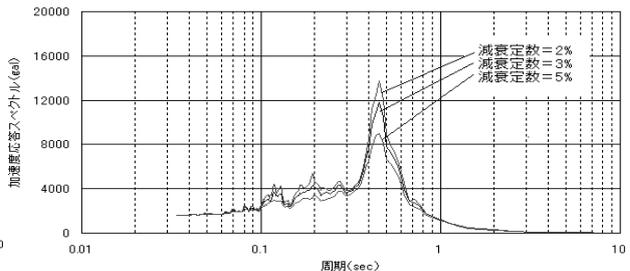


図-例 3.2.3 入力地震動の応答スペクトル

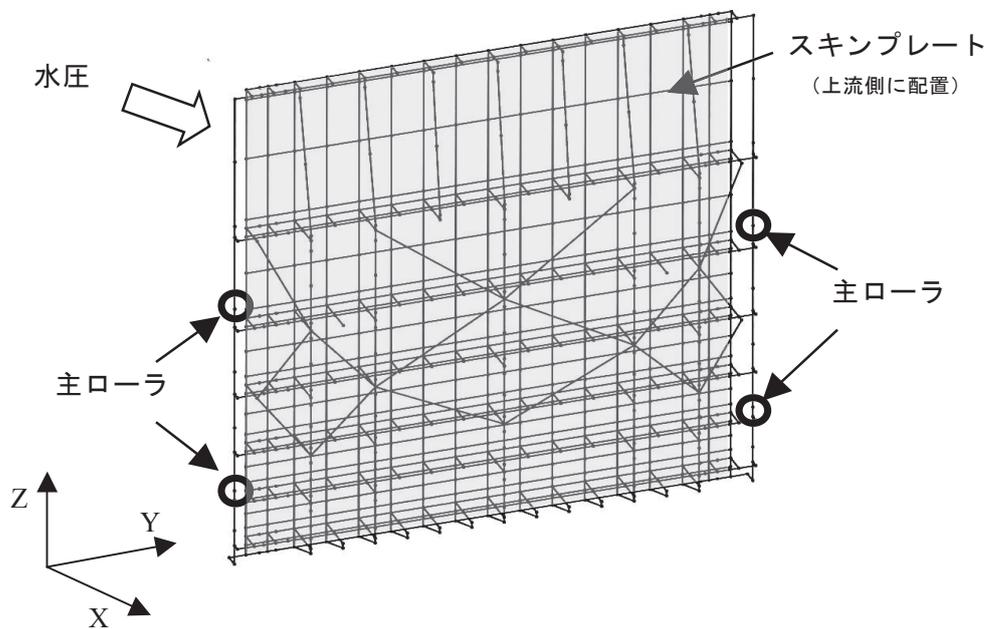
### 3. 地震応答解析による照査

#### 3.2 解析モデルおよび解析条件

##### (1) 解析モデル

図一例 3.2.1 に示したゲートの構造および表一例 3.2.2 に示す各部材の部材定数をもとに、図一例 3.2.4 に示すような 3 次元有限要素モデル（骨組みモデル）を作成した。なお、モデル化の対象とした部材は表一例 3.2.2 に示す各部材（架構部の主要構造部材（主桁、端桁）、補助構造部材（縦補助桁、ブレース材）、および受圧部スキムプレート）である。その他の部材（主ローラ、フロントローラ、サイドローラ、戸当り部、水密部）については直接モデル化せず、動的解析により得られた反力を用いた構造解析により照査を行うこととした。なお、各ローラについてはその重量を集中荷重として考慮することとした。

以降の検討において、座標軸は、図一例 3.2.4 に示すように上下流方向を X、ダム軸方向を Y、鉛直方向を Z とする。

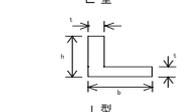
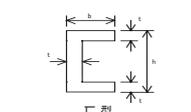
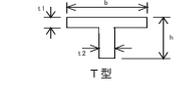
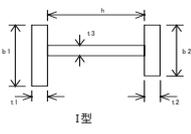
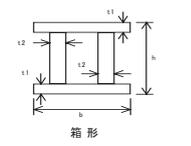


図一例 3.2.4 解析モデル

表一例 3.2.2 部材定数

(a) 部材形状

名称	断面番号	断面形状	断面寸法 (mm)		
縦主桁	1	箱型断面	PL - t1 × b PL - t2 × h	32 × 700 22 × 870	
横主桁①	111	I型	Flg PL - t1 × b1 Web PL - t3 × h	36 × 250 12 × 728	J端
"	112	I型	Flg PL - t2 × b2 Web PL - t3 × h	36 × 230 12 × 497	36 × 250 12 × 497
"	113	I型	Flg PL - t1 × b1 Web PL - t3 × h	36 × 250 12 × 728	36 × 230 12 × 497
"	114	I型	Flg PL - t2 × b2 Web PL - t3 × h	36 × 230 12 × 358	36 × 230 12 × 358
"	115	I型	Flg PL - t1 × b1 Web PL - t3 × h	24 × 250 12 × 382	24 × 250 12 × 358
横主桁②	121	I型	Flg PL - t1 × b1 Web PL - t3 × h	36 × 400 14 × 1128	
"	122	I型	Flg PL - t2 × b2 Web PL - t3 × h	36 × 350 14 × 1156	22 × 400 14 × 1156
"	123	I型	Flg PL - t1 × b1 Web PL - t3 × h	36 × 400 14 × 1128	22 × 350 14 × 1156
"	124	I型	Flg PL - t2 × b2 Web PL - t3 × h	22 × 350 14 × 1156	22 × 400 14 × 1001
"	125	I型	Flg PL - t1 × b1 Web PL - t3 × h	22 × 400 18 × 1001	22 × 350 18 × 826
横主桁③	131	I型	Flg PL - t1 × b1 Web PL - t3 × h	36 × 400 14 × 1128	
"	132	I型	Flg PL - t2 × b2 Web PL - t3 × h	36 × 350 14 × 1156	22 × 400 14 × 1156
"	133	I型	Flg PL - t1 × b1 Web PL - t3 × h	36 × 400 14 × 1128	22 × 350 14 × 1156
"	134	I型	Flg PL - t2 × b2 Web PL - t3 × h	22 × 350 14 × 1156	22 × 400 14 × 1001
"	135	I型	Flg PL - t1 × b1 Web PL - t3 × h	22 × 400 18 × 1001	22 × 350 18 × 826
横主桁④⑤	141	I型	Flg PL - t1 × b1 Web PL - t3 × h	36 × 400 14 × 1128	
"	142	I型	Flg PL - t2 × b2 Web PL - t3 × h	36 × 350 14 × 1156	22 × 400 14 × 1156
"	143	I型	Flg PL - t1 × b1 Web PL - t3 × h	36 × 400 14 × 1128	22 × 350 14 × 1156
"	144	I型	Flg PL - t2 × b2 Web PL - t3 × h	22 × 350 14 × 1156	22 × 400 14 × 1001
"	145	I型	Flg PL - t1 × b1 Web PL - t3 × h	22 × 400 18 × 1001	22 × 350 18 × 826
横主桁⑥	161	I型	Flg PL - t1 × b1 Web PL - t3 × h	28 × 400 12 × 1144	
"	162	I型	Flg PL - t2 × b2 Web PL - t3 × h	28 × 350 12 × 1144	18 × 400 12 × 1144
"	163	I型	Flg PL - t1 × b1 Web PL - t3 × h	28 × 400 12 × 1164	18 × 350 12 × 1164
"	164	I型	Flg PL - t2 × b2 Web PL - t3 × h	18 × 350 12 × 1164	18 × 400 12 × 1009
"	165	I型	Flg PL - t1 × b1 Web PL - t3 × h	18 × 350 16 × 1109	18 × 350 16 × 834
横主桁⑦	171	I型	Flg PL - t1 × b1 Web PL - t3 × h	40 × 400 16 × 1120	
"	172	I型	Flg PL - t2 × b2 Web PL - t3 × h	40 × 350 16 × 1120	26 × 400 16 × 1148
"	173	I型	Flg PL - t1 × b1 Web PL - t3 × h	40 × 400 16 × 1148	26 × 350 16 × 1148
"	174	I型	Flg PL - t2 × b2 Web PL - t3 × h	26 × 350 16 × 1148	26 × 400 16 × 993
"	175	I型	Flg PL - t1 × b1 Web PL - t3 × h	26 × 400 20 × 993	26 × 350 20 × 818
戸当り桁	181	T型	Flg PL - t1 × b Web PL - t2 × h	24 × 300 32 × 224	
縦桁	311	T型	Flg PL - t1 × b Web PL - t2 × h	12 × 90 12 × 350	
"	312	T型	Flg PL - t1 × b Web PL - t2 × h	12 × 250 12 × 250	
"	321	T型	Flg PL - t1 × b Web PL - t2 × h	12 × 90 12 × 300	
"	322	T型	Flg PL - t1 × b Web PL - t2 × h	12 × 90 12 × 300	
"	323	T型	Flg PL - t1 × b Web PL - t2 × h	12 × 150 12 × 150	
"	324	T型	Flg PL - t1 × b Web PL - t2 × h	12 × 150 12 × 300	
"	331	T型	Flg PL - t1 × b Web PL - t2 × h	12 × 90 12 × 350	
"	332	T型	Flg PL - t1 × b Web PL - t2 × h	12 × 90 12 × 350	
"	333	T型	Flg PL - t1 × b Web PL - t2 × h	12 × 150 16 × 350	
"	334	T型	Flg PL - t1 × b Web PL - t2 × h	16 × 150 16 × 350	
"	351	T型	Flg PL - t1 × b Web PL - t2 × h	12 × 280 12 × 350	
戸当り付近	361	長方形	PL - t × b	9 × 150	
縦桁	370	I型	Flg PL - t1 × b Web PL - t2 × h	200 × 90 × 8	
トラス材	400	L型	L - h × b × t	175 × 175 × 12	
仮設横桁	800				
仮設縦桁	850				
剛域	900				
スキンプレート	600	板厚 t (mm)			



注1) 各部材の位置は右下の参考図を参照  
 注2) 横主桁のI型断面について、I端の値のみ示した部材はI端からJ端で断面は一定。I端・J端とも示した部材は両端間で断面が一樣変化。

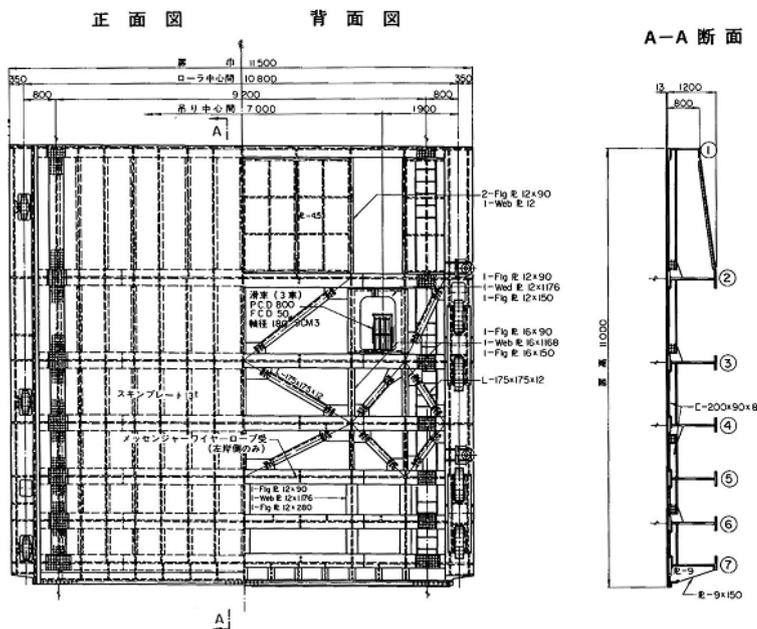
表一例 3.2.2 部材定数

(b) 断面定数

名称	断面形状	断面番号	断面積		断面 2 次モーメント		ねじり定数 J(Ix) [cm <sup>4</sup> ]
			A [cm <sup>2</sup> ]	Iy [cm <sup>4</sup> ]	Iz [cm <sup>4</sup> ]		
縦主桁	箱型断面	1	802.6	9.79E+05	3.87E+05	6.12E+05	
横主桁①	I型	111	260.2	1.47E+04	2.91E+05	7.88E+02	
〃	I型	112	246.3	1.39E+04	2.13E+05	7.82E+02	
〃	I型	113	223.2	1.26E+04	9.99E+04	7.71E+02	
〃	I型	114	215.8	1.21E+04	7.17E+04	7.67E+02	
〃	I型	115	161.0	9.15E+03	5.30E+04	2.43E+02	
横主桁②	I型	121	427.9	3.58E+04	1.08E+06	1.27E+03	
〃	I型	122	371.8	2.82E+04	8.97E+05	7.71E+02	
〃	I型	123	326.8	2.21E+04	7.51E+05	3.72E+02	
〃	I型	124	316.0	2.21E+04	6.50E+05	3.65E+02	
〃	I型	125	329.4	2.21E+04	4.81E+05	4.44E+02	
横主桁③	I型	131	427.9	3.21E+04	1.08E+06	1.27E+03	
〃	I型	132	463.2	2.52E+04	9.97E+05	1.07E+03	
〃	I型	133	419.3	1.97E+04	8.55E+05	6.77E+02	
〃	I型	134	402.3	1.97E+04	7.35E+05	6.49E+02	
〃	I型	135	329.4	1.96E+04	4.81E+05	4.44E+02	
横主桁④⑤	I型	141	427.9	3.21E+04	1.08E+06	1.27E+03	
〃	I型	142	371.8	2.52E+04	8.97E+05	7.71E+02	
〃	I型	143	326.8	1.96E+04	7.51E+05	3.72E+02	
〃	I型	144	316.0	1.96E+04	6.50E+05	3.65E+02	
〃	I型	145	329.4	1.96E+04	4.81E+05	4.44E+02	
横主桁⑥	I型	161	347.3	2.50E+04	8.69E+05	6.15E+02	
〃	I型	162	306.9	2.00E+04	7.35E+05	3.91E+02	
〃	I型	163	274.7	1.60E+04	6.28E+05	2.13E+02	
〃	I型	164	265.4	1.60E+04	5.43E+05	2.08E+02	
〃	I型	165	282.4	1.61E+04	4.07E+05	2.72E+02	
横主桁⑦	I型	171	479.2	3.99E+04	1.19E+06	1.75E+03	
〃	I型	172	423.4	3.22E+04	1.02E+06	1.11E+03	
〃	I型	173	378.7	2.61E+04	8.72E+05	5.96E+02	
〃	I型	174	366.3	2.61E+04	7.54E+05	5.86E+02	
〃	I型	175	376.1	2.61E+04	5.53E+05	6.81E+02	
戸当り桁	T型	181	136.0	5.85E+03	6.42E+03	3.57E+02	
縦桁	T型	311	39.4	2.57E+03	7.63E+01	1.89E+01	
〃	T型	312	39.4	2.57E+03	7.63E+01	1.89E+01	
〃	T型	321	45.4	4.24E+03	7.70E+01	2.18E+01	
〃	T型	322	45.4	4.24E+03	7.70E+01	2.18E+01	
〃	T型	323	40.6	1.67E+03	3.40E+02	1.95E+01	
〃	T型	324	52.6	5.05E+03	3.42E+02	2.52E+01	
〃	T型	331	51.4	6.47E+03	7.78E+01	2.47E+01	
〃	T型	332	51.4	6.47E+03	7.78E+01	2.47E+01	
〃	T型	333	67.8	8.44E+03	1.09E+02	5.79E+01	
〃	T型	334	77.4	1.00E+04	4.61E+02	6.61E+01	
〃	T型	351	74.2	9.49E+03	2.20E+03	3.56E+01	
戸当り付近 縦桁	長方形 C型	361 370	13.5 29.1	9.11E-01 1.74E+03	2.53E+02 2.20E+02	3.51E+00 6.21E+00	
トラス材	L型	400	40.6	1.21E+03	1.21E+03	1.95E+01	
仮想横桁		800	-	-	-	-	
仮想縦桁		850	-	-	-	-	
剛域		900	-	-	-	-	

	t(mm)
スキンプレート	600 13.000



(参考図)

## (2) 解析条件

解析に用いたゲート構成部材（鋼材）の物性値を表-例 3.2.3 に示す。貯水位およびゲートの状態は、ダム本体の照査において考慮した通常時の水位で、最も本ゲートに影響が大きいと考えられる常時満水位における全閉状態とした。動水圧の影響は、貯水を圧縮性流体としてモデル化して実施したアーチダム堤体の3次元動的解析によって求められたゲート設置位置における動水圧の時刻歴を、ゲートのスキンプレート面の各節点に対し、スキンプレート面直角方向に入力することによって考慮した<sup>注1)</sup>。

解析モデルの境界条件は、ゲートの構造を考慮して表-例 3.2.4 のとおり設定した。

以上の条件のもとで、ゲート支点である主ローラ位置から 2. で設定した入力地震動を入力した<sup>注2)</sup>。

注1) 一般にゲートの固有振動周期が堤体の固有振動周期に対して十分短い場合、ゲートの振動によって生じる動水圧がゲートの挙動に及ぼす影響は、堤体の応答のみによって生じる動水圧をゲートに作用する外力とする方法により、実用上妥当な精度で評価することができると思われる。なお、堤体およびゲートの固有振動周期は、固有値解析により確認する必要がある。

注2) 本事例では、解析用プログラムとして汎用有限要素解析コード“ASIST”を用いた。

表-例 3.2.3 ゲート構成部材（鋼材）物性値

部位	材質	単位体積重量 [kN/m <sup>3</sup> ] <sup>注1)</sup>	弾性係数 [N/mm <sup>2</sup> ]	ポアソン比	降伏応力度 <sup>注2)</sup> [N/mm <sup>2</sup> ]
架構部(構造部材)	SM400, SS400	77.0	$2.06 \times 10^5$	0.3	235
受圧部(スキンプレート)	SM490	77.0	$2.06 \times 10^5$	0.3	315

注1) モデル化しない部材があることにより合計重量が実際より小さくなるため、合計重量が実際の値に等しくなるよう調整した。

注2) 鋼材の降伏応力度は、『ダム・堰施設技術基準(案)』に記載されている設計基本強度（安全率を考慮して設計に用いる許容応力度を定める際に基準とされた強度）と同じ値とした。

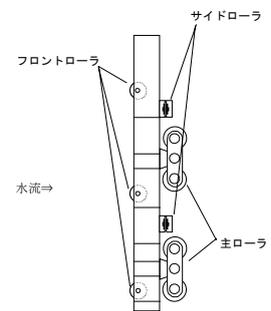
表-例 3.2.4 解析モデルの境界条件

部位 <sup>注1)</sup>	変位			回転		
	X軸 方向	Y軸 方向	Z軸 方向	X軸 まわり	Y軸 まわり	Z軸 まわり
主ローラ	非線形ばね <sup>注2)</sup>	自由	自由	自由	自由	自由
フロントローラ	非線形ばね <sup>注2)</sup>	自由	自由	自由	自由	自由
サイドローラ	自由	剛ばね <sup>注3)</sup>	自由	自由	自由	自由
下部戸当たり部	自由	固定	剛ばね <sup>注3)</sup>	自由	自由	自由

注1) 各部位の位置は右参考図（側面図）のとおり

注2) ばね定数(主ローラ): 上向き $1.0 \times 10^8$  [kN/m]、下向き $1.0 \times 10^8$  [kN/m]、同(フロントローラ): 上向き $1.0 \times 10^8$  [kN/m]、下向き $1.0 \times 10^3$  [kN/m]

注3) ばね定数(サイドローラ、下部戸当たり部):  $1.0 \times 10^8$  [kN/m]



下部戸当たり部

## 3.2 固有値解析

本ゲートの周波数応答特性を確認するため、図-例3.2.4に示した解析モデルを用いて固有値解析を行った。その結果として、加振方向である上下流方向の変形に着目した場合に主要な振動モードと考えられる振動モードを表-例3.2.5に示す。なお、ダム本体に関する地震応答解析の際に実施した固有値解析により得られたダム本体の基本固有振動数（上下流方向について最も支配的な2次モード）は、3.25Hz（固有周期0.31sec）であり、本ゲートの固有振動数はダム本体に比べ十分高いことがわかる。

表-例3.2.5 主な固有振動モード

次数	固有振動数[Hz]	固有周期[sec]	有効質量比
1	15.53	0.064	0.237
3	26.66	0.038	0.344