

海水ポンプエリア竜巻防護対策施設の振動モードを考慮した地震力の設定について

海水ポンプエリア竜巻防護右対策施設において、固有値解析結果及び床応答スペクトルから設計地震力を導出する手法について、エリア⑧例を例に示す。

1. X軸(NS)方向

各振動モードの有効質量比×加速度の影響を考慮して加重平均により加速度を算出すると、下記の計算により、1381.7cm/s²となる。

エリア 8 X軸方向 (NS方向)

次数	固有周期 (s)	固有振動数 (Hz)	加速度 (cm/s ²)と有効質量比 (%)			刺激係数
			X軸方向 (NS方向)			
			加速度	有効質量比 (%)	加速度×有効質量比	
1	0.106	9.454	2186.9	14.0	30606.6	3.17
2	0.103	9.702	2186.9	10.9	23911.9	-2.81
3	0.082	12.241	有効質量比0のため、未算出	0.0	0.0	0.00
4	0.079	12.582		0.0	0.0	0.00
5	0.059	16.846		0.3	0.0	-0.50
6	0.058	17.304	2020.2	0.4	729.6	-0.51
7	0.045	22.254	1088.5	8.7	9509.6	2.51
8	0.044	22.811	1088.5	3.7	4051.5	-1.64
9	0.038	26.235	1088.5	0.0	35.4	-0.15
10	0.038	26.349	1088.5	0.4	476.8	-0.56
11	0.037	26.970	1088.5	0.2	240.8	-0.40
12	0.037	27.138	1088.5	0.4	447.1	0.54
13	0.032	31.310	1088.5	49.6	53990.4	5.97
14	0.030	33.734	1088.5	0.5	500.6	0.58
15	0.029	34.484	1088.5	0.2	211.6	-0.37
16	0.027	37.567	1088.5	1.8	1930.9	-1.13
17	0.025	39.701	1088.5	0.0	48.3	0.18
18	0.025	40.298	1088.5	0.0	38.8	-0.16
19	0.025	40.589	1088.5	0.0	0.8	0.02
20	0.025	40.728	1088.5	0.0	2.4	0.04
21	0.024	40.953	1088.5	0.0	0.0	0.00
22	0.024	41.117	1088.5	0.0	15.8	0.10
23	0.023	44.294	1088.5	0.3	328.8	0.47
24	0.022	46.089	1088.5	0.8	844.8	-0.75
25	0.020	50.000	1088.5	0.4	416.0	0.52
26	0.018	56.848	1088.5	0.2	205.8	0.37
27	0.017	59.625	1088.5	0.0	1.2	0.03
28	0.017	60.053	1088.5	0.2	178.3	-0.34
29	0.016	60.651	1088.5	0.0	20.6	0.12
30	0.016	63.103	1088.5	0.1	96.8	0.25
			Σ	93.2	128841.2	

以下に30次モードまでの加速度(加重平均)を算出する。

$$A = \Sigma (A_i \cdot \text{有効質量比}) / \Sigma (\text{有効質量比})$$

ここに、A : 加重平均した加速度

A_i : 加速度

1次～6次モード : FRS(拡幅版)より算出した加速度(固有振動数<20Hz)

上記モード以外 : 1.2・ZPAより算出した加速度(固有振動数≥20Hz)

$$A = \frac{128841.2}{93.2} = \underline{\underline{1381.7 \text{ cm/s}^2}}$$

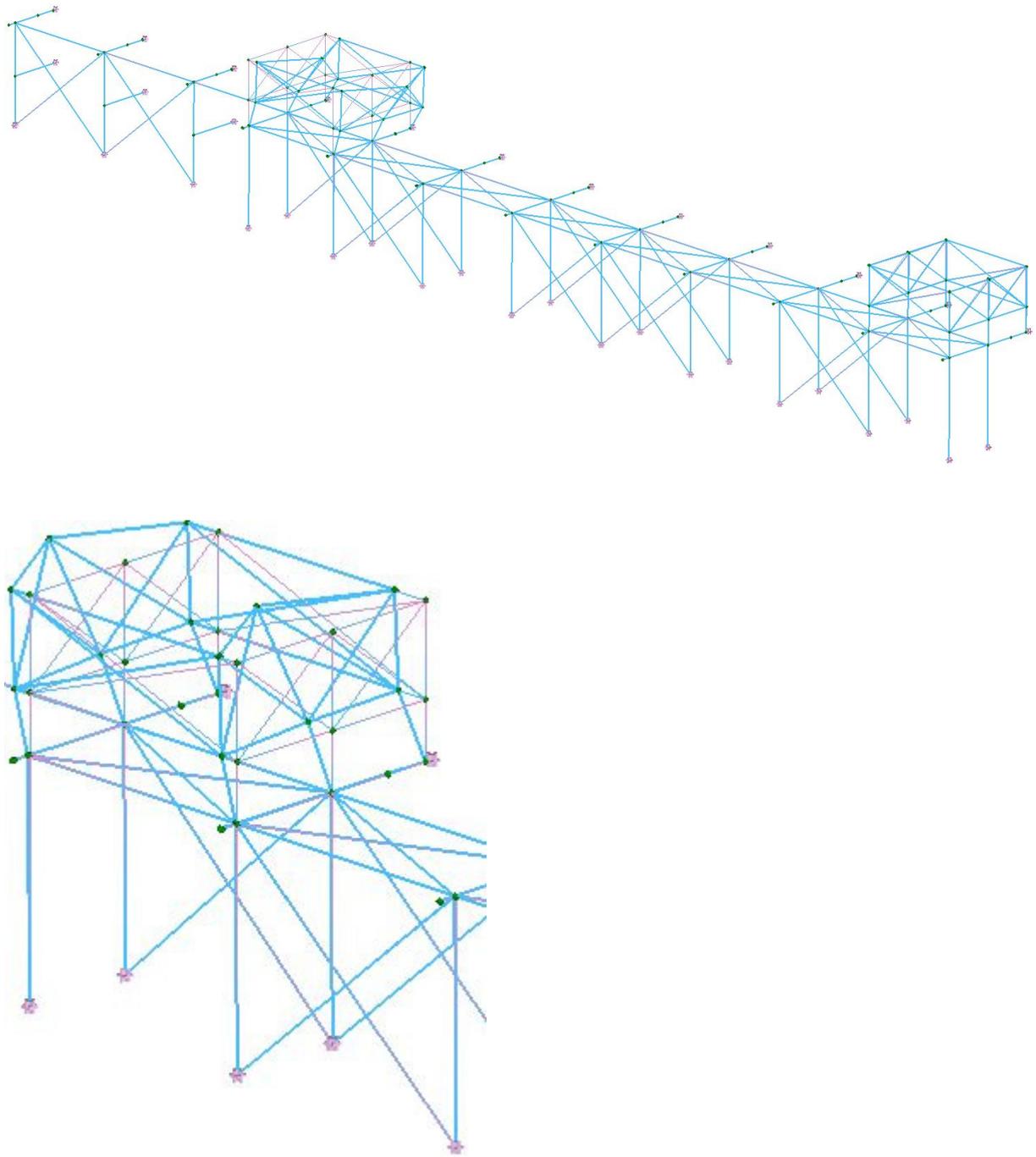


図1 1次モード図(9.454Hz)

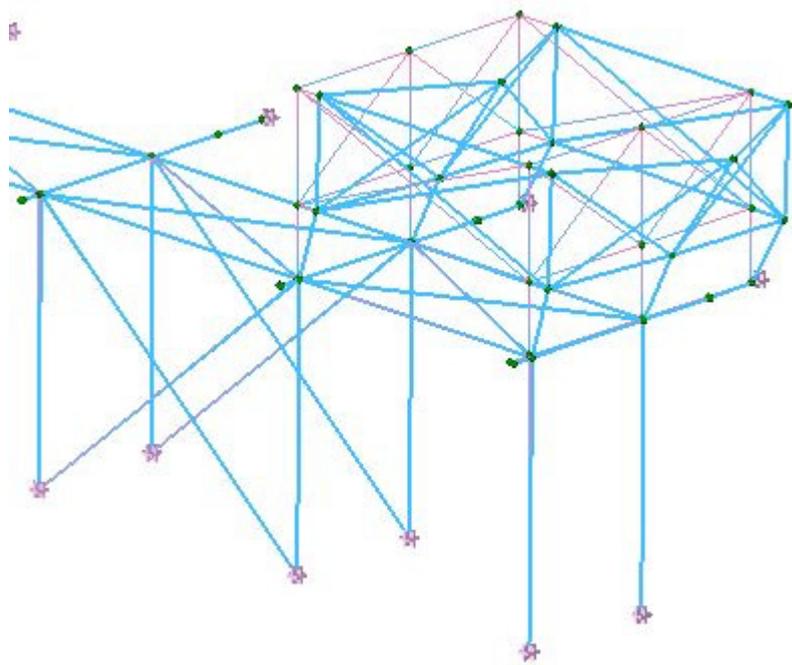
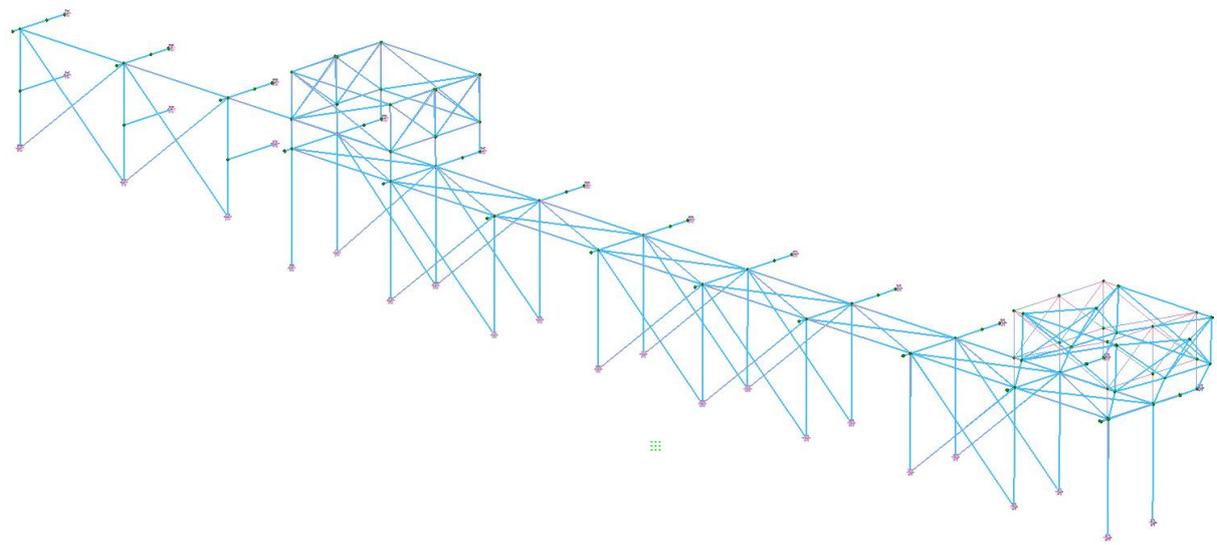


図2 2次モード図(9.702Hz)

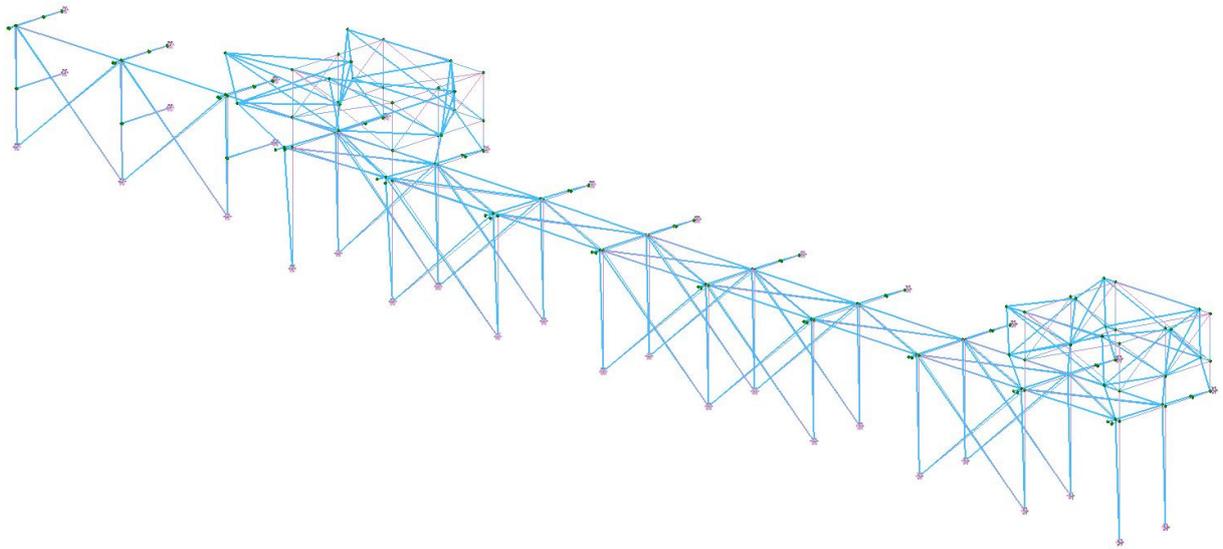


図3 7次モード図(22.254Hz)

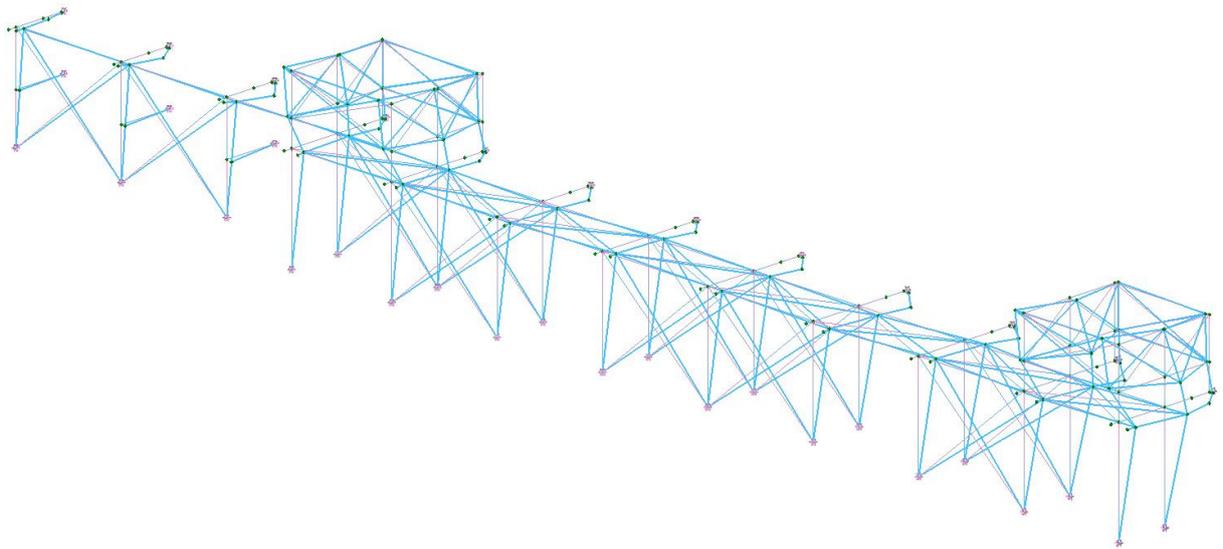


図4 13次モード図(31.310Hz)

2. Z軸(EW)方向

最も低次の固有振動数が20Hz以上であるため、設計震度は一律1.2・ZPAで算出される。

エリア8 Z軸方向 (EW方向)

次数	固有周期 (s)	固有振動数 (Hz)	加速度 (cm/s ²)と有効質量比 (%)			刺激係数
			Z軸方向 (EW方向)			
			加速度	有効質量比 (%)	加速度×有効質量比	
1	0.106	9.454	有効質量比0のため、未算出	0.0	0.0	0.00
2	0.103	9.702		0.0	0.0	0.00
3	0.082	12.241		0.0	0.0	0.00
4	0.079	12.582		0.0	0.0	0.00
5	0.059	16.846		0.0	0.0	0.01
6	0.058	17.304		0.0	0.0	-0.01
7	0.045	22.254	961.1	0.0	0.0	-0.03
8	0.044	22.811	961.1	0.0	0.0	-0.06
9	0.038	26.235	961.1	15.0	14416.5	3.29
10	0.038	26.349	961.1	0.0	0.0	-0.06
11	0.037	26.970	961.1	13.3	12782.6	-3.09
12	0.037	27.138	961.1	1.2	1153.3	-0.93
13	0.032	31.310	961.1	0.0	0.0	-0.09
14	0.030	33.734	961.1	0.0	0.0	0.06
15	0.029	34.484	961.1	0.0	0.0	-0.01
16	0.027	37.567	961.1	0.0	0.0	-0.13
17	0.025	39.701	961.1	0.0	0.0	-0.02
18	0.025	40.298	961.1	0.0	0.0	0.00
19	0.025	40.589	961.1	0.0	0.0	-0.01
20	0.025	40.728	961.1	0.0	0.0	0.00
21	0.024	40.953	961.1	0.0	0.0	-0.02
22	0.024	41.117	961.1	0.0	0.0	0.01
23	0.023	44.294	961.1	0.0	0.0	-0.02
24	0.022	46.089	961.1	0.0	0.0	-0.03
25	0.020	50.000	961.1	0.0	0.0	0.15
26	0.018	56.848	961.1	0.0	0.0	-0.01
27	0.017	59.625	961.1	0.0	0.0	0.03
28	0.017	60.053	961.1	0.0	0.0	0.01
29	0.016	60.651	961.1	0.0	0.0	0.10
30	0.016	63.103	961.1	0.0	0.0	0.01
Σ				29.5	28352.4	

以下に30次モードまでの加速度(加重平均)を算出する。

$$A = \Sigma (A_i \cdot \text{有効質量比}) / \Sigma (\text{有効質量比})$$

ここに、A : 加重平均した加速度

A_i : 加速度

1次～6次モード : FRS(拡幅版)より算出した加速度 (固有振動数 < 20Hz)

上記モード以外 : 1.2・ZPAより算出した加速度 (固有振動数 ≥ 20Hz)

$$A = \frac{28352.4}{961.1 \text{ cm/s}^2} = 29.5$$

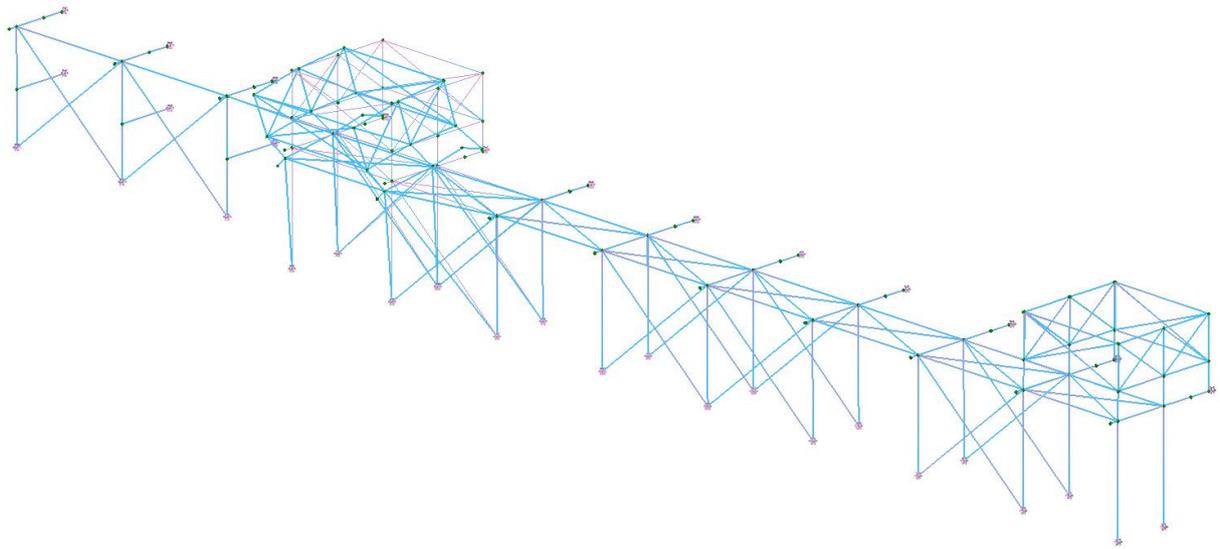


図5 9次モード図(26.235Hz)

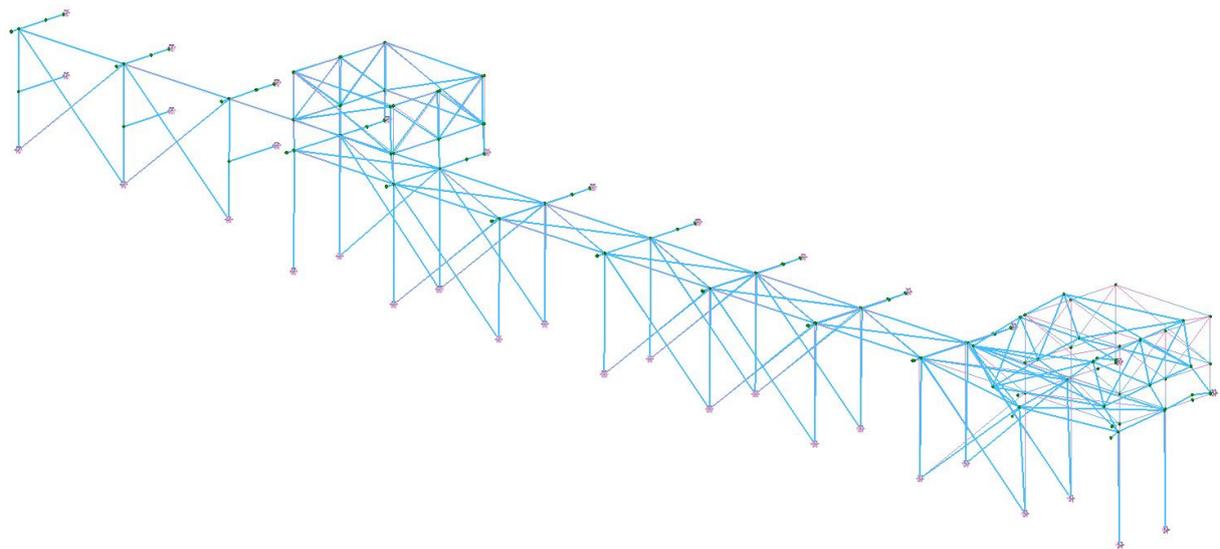


図6 11次モード図(26.970Hz)

3. Y軸(鉛直)方向

最も低次の固有振動数が20Hz以上であるため、設計震度は一律1.2・ZPAで算出される。

エリア8 Y軸方向(鉛直方向)

次数	固有周期 (s)	固有 振動数 (Hz)	加速度 (cm/s ²)と有効質量比 (%)			刺激係数
			Y軸方向(鉛直方向)			
			加速度	有効質量比 (%)	加速度× 有効質量比	
1	0.106	9.454	有効質量 比0のた め、未算 出	0.0	0.0	0.00
2	0.103	9.702		0.0	0.0	0.00
3	0.082	12.241		0.0	0.0	0.00
4	0.079	12.582		0.0	0.0	0.00
5	0.059	16.846		0.0	0.0	0.00
6	0.058	17.304		0.0	0.0	0.02
7	0.045	22.254	1019.9	0.0	0.0	0.00
8	0.044	22.811	1019.9	0.0	0.8	0.02
9	0.038	26.235	1019.9	0.0	4.0	-0.05
10	0.038	26.349	1019.9	0.0	1.6	-0.03
11	0.037	26.970	1019.9	0.0	14.3	0.10
12	0.037	27.138	1019.9	0.0	1.4	0.03
13	0.032	31.310	1019.9	0.0	9.9	-0.08
14	0.030	33.734	1019.9	0.0	7.1	0.07
15	0.029	34.484	1019.9	0.0	0.3	-0.01
16	0.027	37.567	1019.9	0.0	37.3	-0.16
17	0.025	39.701	1019.9	0.0	0.0	0.00
18	0.025	40.298	1019.9	0.0	1.7	-0.03
19	0.025	40.589	1019.9	0.0	0.2	0.01
20	0.025	40.728	1019.9	0.0	0.3	-0.02
21	0.024	40.953	1019.9	0.0	6.2	-0.07
22	0.024	41.117	1019.9	0.0	0.1	0.01
23	0.023	44.294	1019.9	0.0	9.6	-0.08
24	0.022	46.089	1019.9	0.0	20.9	-0.12
25	0.020	50.000	1019.9	0.6	628.3	0.67
26	0.018	56.848	1019.9	1.0	1001.5	0.84
27	0.017	59.625	1019.9	4.3	4409.4	-1.76
28	0.017	60.053	1019.9	0.5	510.7	0.60
29	0.016	60.651	1019.9	34.9	35564.2	-5.01
30	0.016	63.103	1019.9	0.2	162.6	0.34
			Σ	41.6	42392.4	

以下に30次モードまでの加速度(加重平均)を算出する。

$$A = \Sigma (A_i \cdot \text{有効質量比}) / \Sigma (\text{有効質量比})$$

ここに、A : 加重平均した加速度

A_i : 加速度

1次~6次モード : FRS(拡幅版)より算出した加速度(固有振動数<20Hz)

上記モード以外 : 1.2・ZPAより算出した加速度(固有振動数≥20Hz)

$$A = \frac{42392.4}{41.6} = \underline{\underline{1019.9 \text{ cm/s}^2}}$$

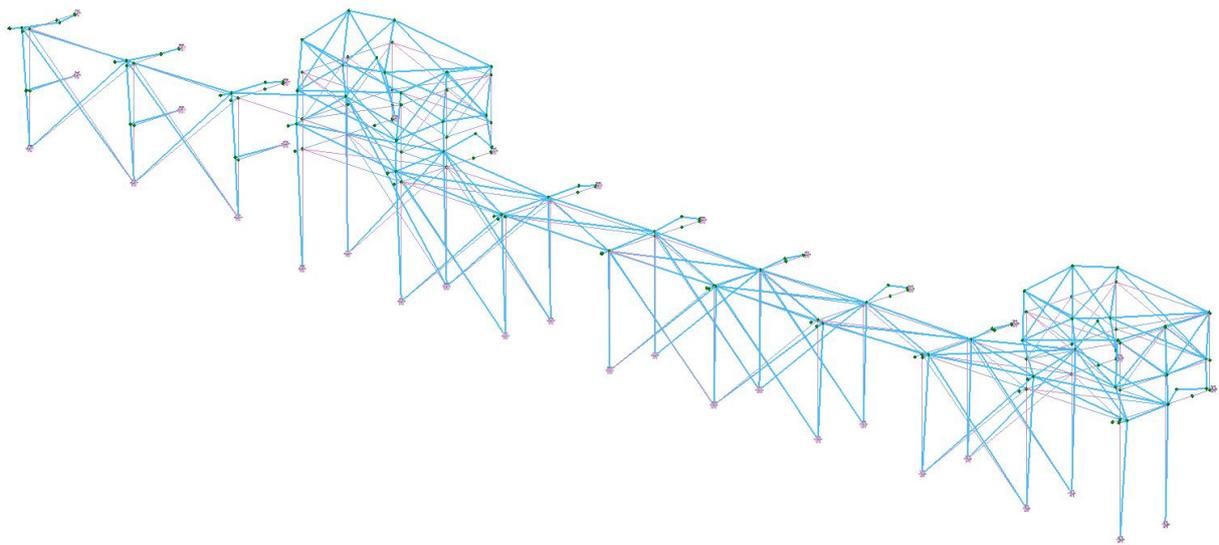


図7 29次モード図(60.651Hz)