

技術資料 Vol.4

震度法およびプッシュオーバー解析による 配水施設の耐震照査



株式会社クリアテック

東京都千代田区西神田 2 丁目 5-8 共和 15 番館 6 階

TEL:03-6268-9108 / FAX:03-6268-9109

<http://www.createec-jp.com/>

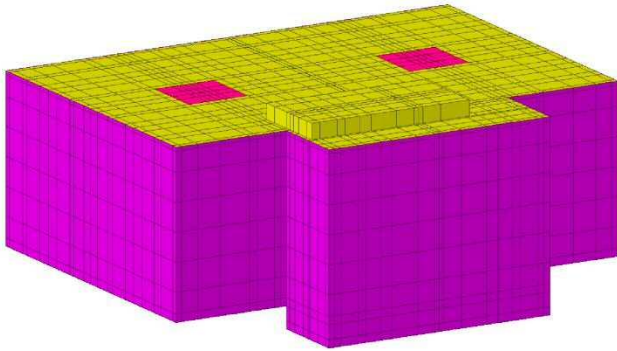
震度法およびプッシュオーバー解析による配水施設の耐震照査

解析種別	3次元静的線形解析、2次元静的非線形解析
キーワード	配水池、震度法、固有値解析、プッシュオーバー解析、静的線形解析、耐震照査
解析の目的	半地下構造物の配水池施設について、レベル1地震時およびレベル2地震時の耐震照査を行う。
解析の概要	<ul style="list-style-type: none"> ・柱部材を梁要素、床版および壁部材を板要素として3次元FEMモデルを作成する。 ・地盤種別および構造物の固有周期より設計水平震度を設定する。 ・施設重要度がランクA1（レベル2地震動に対して耐震性能2を確保）の場合、2次元プッシュオーバー解析により構造物特性係数を算出する。 ・算定された設計水平震度に基づき、地震時作用荷重（動水圧、地震時土圧、慣性力等）を設定する。 ・常時荷重および地震時荷重に対する3次元静的線形解析を行い、耐震性能1の場合は、許容応力度照査、耐震性能2の場合耐力照査をそれぞれ行う。
検討の流れ	<pre> graph TD A[構造・地盤諸元の整理] --> B[解析モデルの作成] B --> C[構造物固有周期算定] C --> D{地震動レベル} D -- レベル1 --> E[設計水平震度の算定] D -- レベル2 --> F[2次元プッシュオーバー解析] F --> G[構造物特性係数の算定] G --> E E --> H[地震時荷重の算定] H --> I[3次元静的線形解析] I --> J[構造部材の照査] B --> K[常時荷重の算定] K --> I </pre>
関連資料	<ul style="list-style-type: none"> ・水道施設耐震工法指針・解説（2009年版） 日本水道協会 ・道路橋示方書・同解説Ⅴ耐震性能編（平成24年3月） 日本道路協会
担当者の所見	<ul style="list-style-type: none"> ・施設構造物の種類（地下・半地下・地上）により、地盤変位による影響が異なるため、解析手法が異なる（震度法、応答変位法）ことに留意する。 ・震度法を適用した線形解析で耐震性能2に対する照査を行う場合、必要により2次元プッシュオーバー解析によって構造物特性係数を算出する。

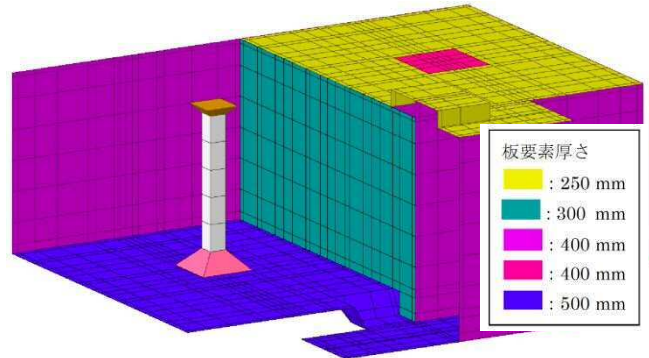
震度法およびプッシュオーバー解析による配水施設の耐震照査

対象構造物

- ・ 配水池容量：約 270m³×2 池
- ・ 施設重要度：ランク A1

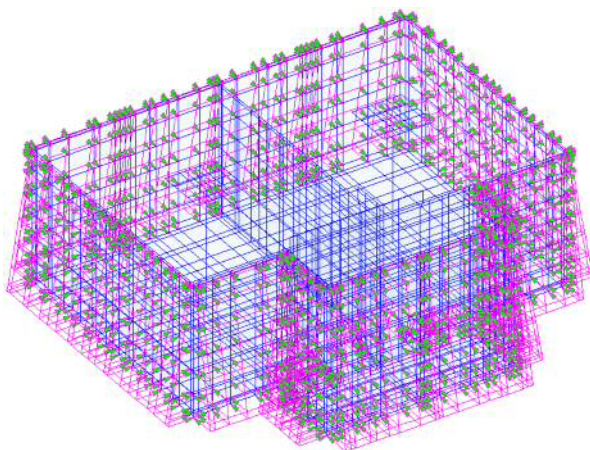


全体図

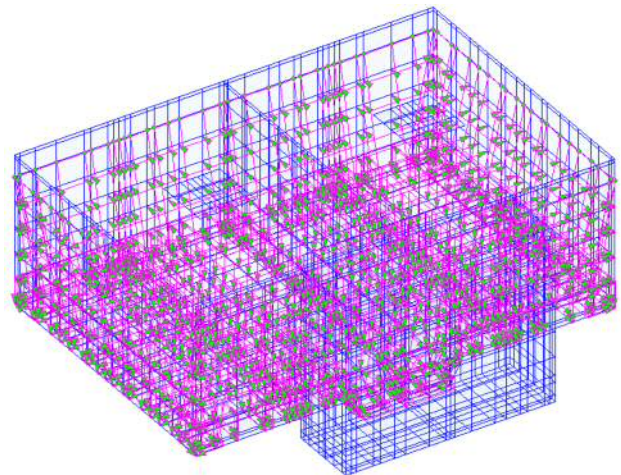


側壁、上床板片側非表示

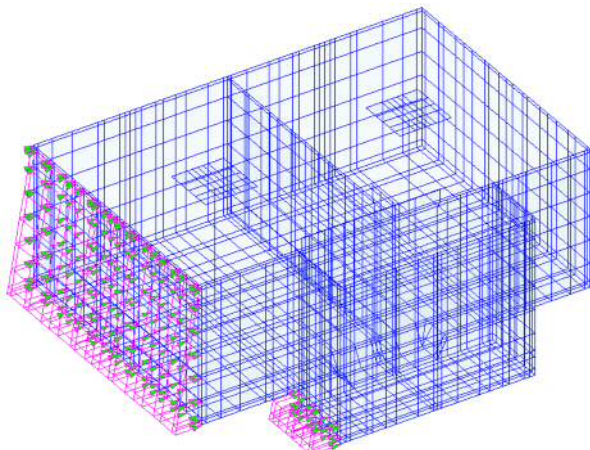
解析モデル



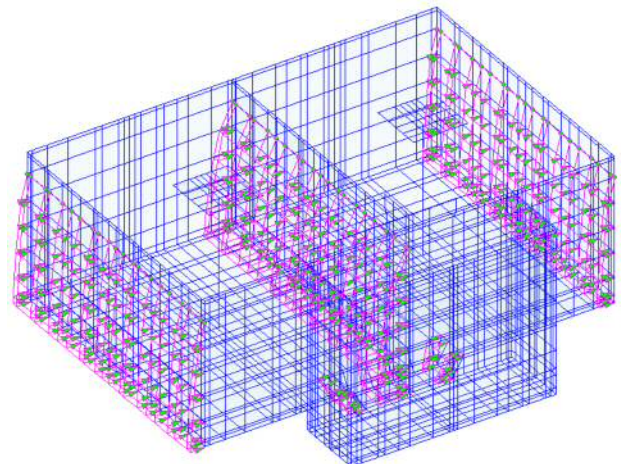
常時静止土圧



静水圧(満水時)



地震時主動土圧



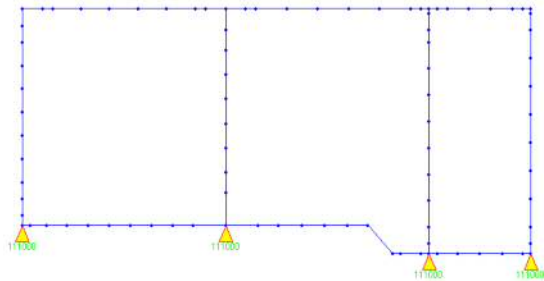
地震時動水圧

載荷荷重例

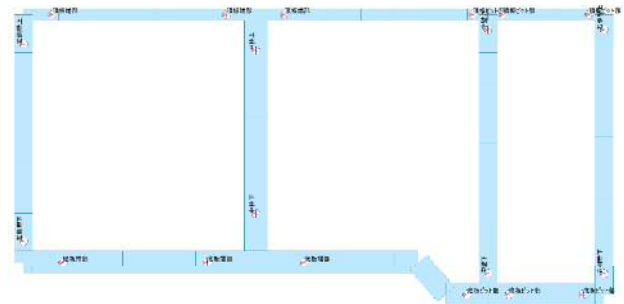
震度法およびプッシュオーバー解析による配水施設の耐震照査

2次元プッシュオーバー解析

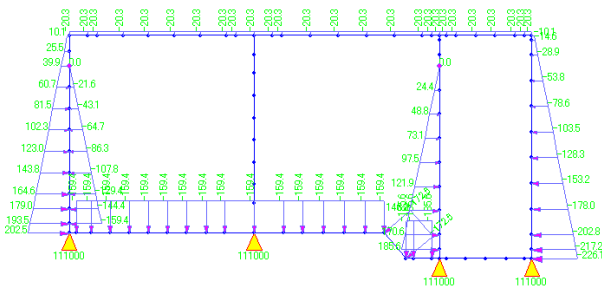
- ・奥行き幅：柱間隔により設定。
- ・境界条件：杭位置にてピン支持。側面の地盤ばねは考慮しない。
- ・接合部に剛域、部材端に塑性ヒンジを設定。



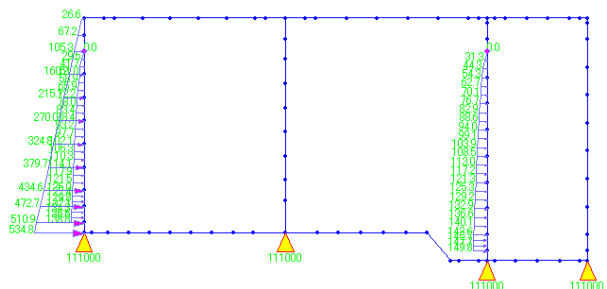
解析モデル



塑性ヒンジの設定

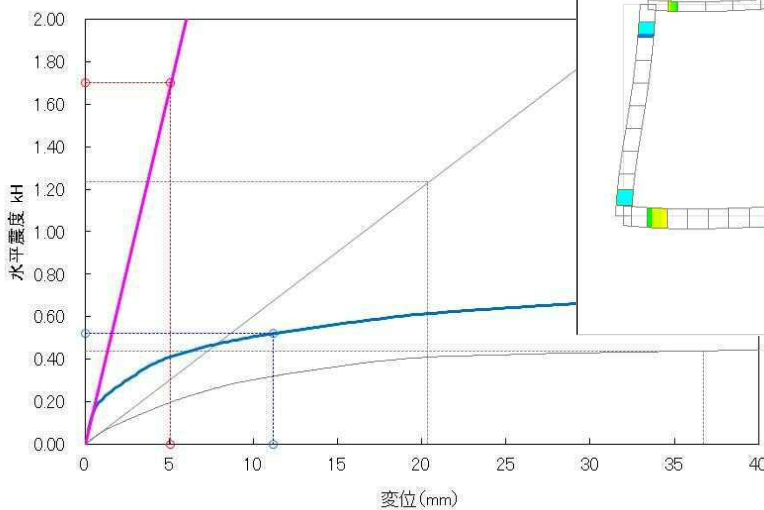


常時荷重
(自重+静水圧+土圧+上乗荷重)

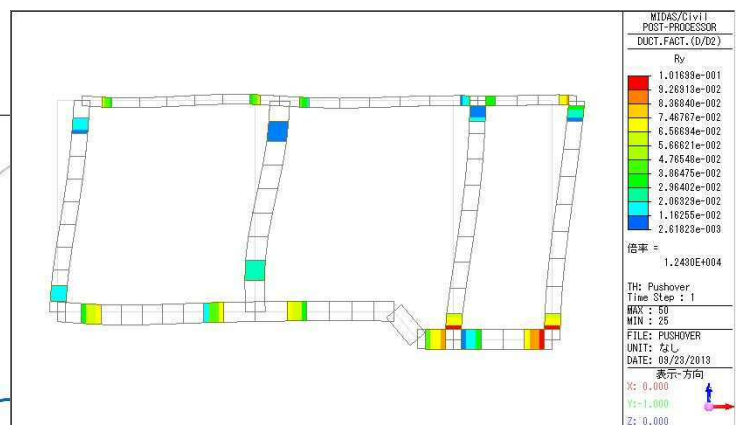


地震時荷重
(躯体慣性力+地震時土圧+地震時動水圧)

- ・解析結果による構造物特性係数の算定



荷重-変位曲線とCsの算定

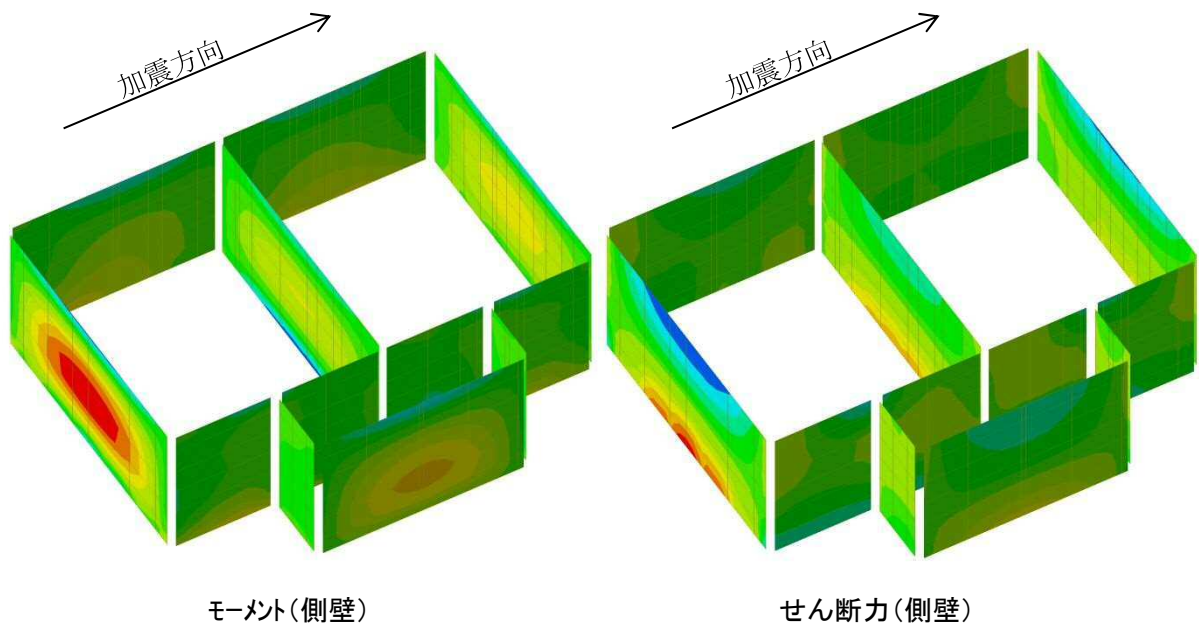
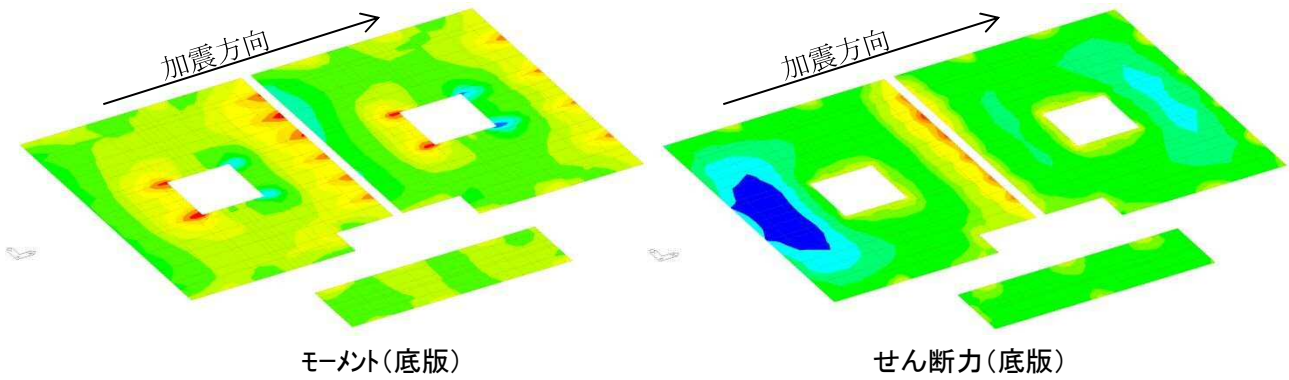
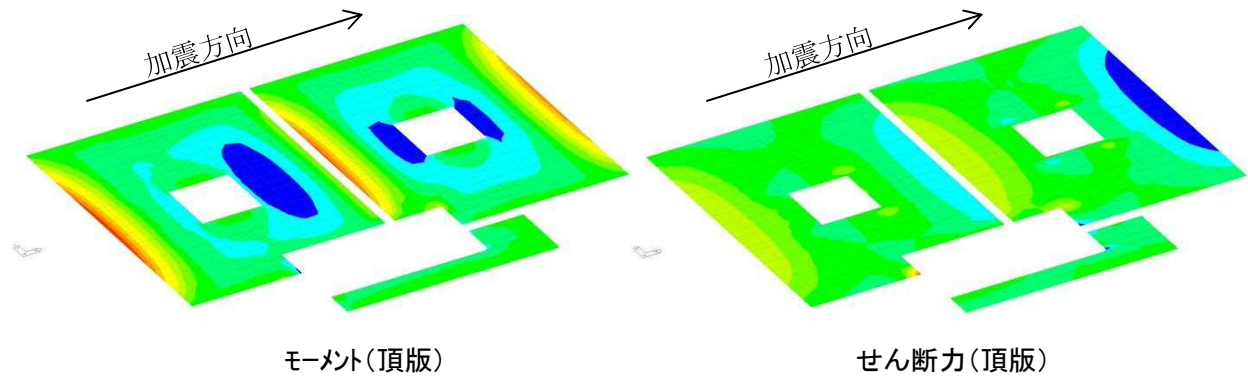


変形および塑性率

震度法およびプッシュオーバー解析による配水施設の耐震照査

3次元静的線形解析結果

- ・断面力コンター図



震度法およびプッシュオーバー解析による配水施設の耐震照査

照査結果例

・応力度照査(レベル1地震動)

照査箇所			発生断面力					発生応力度			許容応力度判定			応力比					
			+XL1	-XL1	+YL1	-YL1	最大	$\sigma_c(N/mm^2)$	$\sigma_s(N/mm^2)$	$\tau_m(N/mm^2)$	$\sigma_{ca}=10.5$	$\sigma_{sa}=270$	$\tau_a=0.33$	σ_c/σ_{ca}	σ_s/σ_{sa}	τ/τ_a			
頂版	長辺	柱列帯	M(kNm/m)	7.5	7.8	7.0	6.9	7.8	1.16	27.53	-	○	○	-	0.11	0.10	-		
			V(kN/m)	-18.4	-18.6	-15.4	-15.4	18.6	2.59	54.38	-	○	○	-	0.25	0.20	-		
		柱間帯	M(kNm/m)	21.1	21.3	19.7	19.6	21.3	-	-	0.107	-	-	○	-	-	0.32		
			V(kN/m)	-21.1	-20.9	-19.6	-19.6	21.1	-	-	0.106	-	-	○	-	-	0.32		
		短辺	柱列帯	M(kNm/m)	6.8	6.6	6.0	5.9	6.8	1.28	46.34	-	○	○	-	0.12	0.17	-	
				V(kN/m)	-17.8	-18.1	-14.8	-14.6	18.1	3.42	123.35	-	○	○	-	0.33	0.46	-	
	柱間帯		M(kNm/m)	20.8	21.2	19.3	19.3	21.2	-	-	0.106	-	-	○	-	-	0.32		
			V(kN/m)	-20.9	-20.3	-19.3	-19.1	20.9	-	-	0.105	-	-	○	-	-	0.32		
	底版		長辺	柱列帯	M(kNm/m)	8.2	8.4	8.2	8.2	8.4	1.25	29.64	-	○	○	-	0.12	0.11	-
					V(kN/m)	-16.1	-15.8	-16.6	-17.3	17.3	2.41	50.58	-	○	○	-	0.23	0.19	-
		柱間帯		M(kNm/m)	23.1	22.3	22.7	22.6	23.1	-	-	0.116	-	-	○	-	-	0.35	
				V(kN/m)	-23.4	-23.6	-22.5	-22.3	23.6	-	-	0.118	-	-	○	-	-	0.36	
短辺		柱列帯		M(kNm/m)	5.6	5.7	5.2	5.2	5.7	1.08	38.85	-	○	○	-	0.10	0.14	-	
				V(kN/m)	-13.0	-12.8	-8.7	-9.1	13.0	2.70	112.52	-	○	○	-	0.26	0.42	-	
		柱間帯	M(kNm/m)	15.8	15.7	15.1	15.3	15.8	-	-	0.079	-	-	○	-	-	0.24		
			V(kN/m)	-10.2	-9.8	-10.7	-10.8	10.8	-	-	0.054	-	-	○	-	-	0.16		
		管部	頂版	X方向	M(kNm/m)	52.8	53.6	47.9	47.7	53.6	1.81	55.16	-	○	○	-	0.17	0.20	-
					V(kN/m)	-74.1	-74.9	-59.9	-59.0	74.9	2.38	65.81	-	○	○	-	0.23	0.24	-
Y方向				M(kNm/m)	104.8	84.5	95.2	94.5	104.8	-	-	0.233	-	-	○	-	-	0.71	
				V(kN/m)	-82.5	-105.0	-95.6	-95.6	105.0	-	-	0.233	-	-	○	-	-	0.71	
底版	X方向			M(kNm/m)	49.1	48.9	44.8	45.1	49.1	1.92	74.46	-	○	○	-	0.18	0.28	-	
				V(kN/m)	-69.8	-70.8	-61.1	-63.7	70.8	2.77	107.37	-	○	○	-	0.26	0.40	-	
	Y方向		M(kNm/m)	71.3	71.5	70.2	72.9	72.9	-	-	0.162	-	-	○	-	-	0.49		
			V(kN/m)	-70.8	-73.3	-72.0	-74.2	74.2	-	-	0.165	-	-	○	-	-	0.50		
	管部		頂版	X方向	M(kNm/m)	58.0	57.8	58.3	59.0	59.0	1.99	60.72	-	○	○	-	0.19	0.22	-
					V(kN/m)	-80.9	-77.7	-84.4	-82.4	84.4	2.66	74.16	-	○	○	-	0.26	0.27	-
Y方向				M(kNm/m)	122.4	122.7	123.0	124.0	124.0	-	-	0.276	-	-	○	-	-	0.84	
				V(kN/m)	-134.3	-133.3	-136.8	-136.8	136.8	-	-	0.304	-	-	○	-	-	0.92	
底版		X方向		M(kNm/m)	39.1	36.7	38.2	38.6	39.1	1.53	59.30	-	○	○	-	0.15	0.22	-	
				V(kN/m)	-12.2	-12.8	-10.9	-13.5	13.5	0.53	20.47	-	○	○	-	0.05	0.08	-	
		Y方向	M(kNm/m)	51.0	51.3	44.8	40.9	51.3	-	-	0.114	-	-	○	-	-	0.35		
			V(kN/m)	-44.0	-44.3	-36.8	-41.0	44.3	-	-	0.098	-	-	○	-	-	0.30		
		管部	頂版	X方向	M(kNm/m)	0.9	3.1	1.4	1.5	3.1	0.15	7.50	-	○	○	-	0.01	0.03	-
					V(kN/m)	-1.7	-2.0	-1.9	-1.7	2.0	0.09	4.84	-	○	○	-	0.01	0.02	-
Y方向				M(kNm/m)	1.4	1.2	1.0	1.4	1.4	-	-	0.003	-	-	○	-	-	0.01	
				V(kN/m)	-2.0	-5.4	-3.3	-4.0	5.4	-	-	0.012	-	-	○	-	-	0.04	
底版	X方向			M(kNm/m)	6.5	6.7	8.0	8.0	8.0	0.29	9.96	-	○	○	-	0.03	0.04	-	
				V(kN/m)	-19.0	-18.5	-21.0	-21.2	21.2	0.77	26.39	-	○	○	-	0.07	0.10	-	
	Y方向		M(kNm/m)	-30.7	-30.3	-34.5	-34.8	34.8	-	-	0.077	-	-	○	-	-	0.23		
			V(kN/m)	16.7	16.7	18.2	17.1	18.2	0.87	45.79	-	○	○	-	0.08	0.17	-		
	管部		頂版	X方向	M(kNm/m)	-27.9	-28.0	-26.0	-26.8	28.0	1.34	70.44	-	○	○	-	0.13	0.26	-
					V(kN/m)	56.2	47.5	63.9	53.4	63.9	-	-	0.142	-	-	○	-	-	0.43
Y方向				M(kNm/m)	-47.8	-58.8	-67.9	-49.7	67.9	-	-	0.151	-	-	○	-	-	0.46	
				V(kN/m)	50.8	50.0	49.6	64.5	64.5	2.64	109.75	-	○	○	-	0.25	0.41	-	
底版		X方向		M(kNm/m)	-9.2	-8.9	-9.5	-12.9	12.9	0.59	21.95	-	○	○	-	0.05	0.08	-	
				V(kN/m)	55.6	55.1	52.6	65.0	65.0	-	-	0.144	-	-	○	-	-	0.44	
		Y方向	M(kNm/m)	-	-	-	-	0.0	-	-	-	-	-	○	-	-	-		
			V(kN/m)	-	-	-	-	0.0	-	-	-	-	-	○	-	-	-		

・耐力照査(レベル2地震動)

照査箇所			発生断面力					設計耐力		耐力比		設計耐力		耐力比			
			+XL2	-XL2	+YL2	-YL2	最大	Mud(kN・m)	曲げ耐力判定	M/Mud	Vyd(kN)	せん断耐力判定	M/Mu	V/Vyd			
頂版	長辺	柱列帯	M(kNm/m)	10.2	10.3	7.1	7.1	10.3	79.62	○	0.13	-	-	0.12	-		
			V(kN/m)	-27.6	-27.9	-15.4	-15.7	27.9	95.16	○	0.29	-	-	0.27	-		
		柱間帯	M(kNm/m)	24.6	25.9	19.9	19.7	25.9	95.16	-	-	116.04	○	0.00	0.22		
			V(kN/m)	-25.6	-23.9	-19.7	-20.0	25.6	95.16	-	-	116.04	○	0.00	0.22		
		短辺	柱列帯	M(kNm/m)	8.3	8.4	6.5	6.5	8.4	41.71	○	0.20	-	-	0.18	-	
				V(kN/m)	-25.0	-25.2	-14.7	-14.8	25.2	41.71	○	0.60	-	-	0.55	-	
	柱間帯		M(kNm/m)	23.4	25.0	20.2	20.0	25.0	25.92	-	-	73.10	○	0.00	0.34		
			V(kN/m)	-24.8	-22.7	-19.3	-19.2	24.8	25.92	-	-	73.10	○	0.00	0.34		
	底版		長辺	柱列帯	M(kNm/m)	8.2	8.4	8.3	8.1	8.4	120.73	○	0.07	-	-	0.06	-
					V(kN/m)	-16.2	-15.5	-20.2	-25.5	25.5	95.16	○	0.27	-	-	0.24	-
		柱間帯		M(kNm/m)	24.3	23.2	22.5	24.9	24.9	50.42	-	-	92.10	○	0.00	0.27	
				V(kN/m)	-24.7	-24.6	-21.5	-19.6	24.7	95.16	-	-	116.04	○	0.00	0.21	
短辺		柱列帯		M(kNm/m)	6.1	6.2	5.5	3.4	6.2	41.71	○	0.15	-	-	0.14	-	
				V(kN/m)	-14.6	-14.2	-11.4	-14.7	14.7	32.82	○	0.45	-	-	0.41	-	
		柱間帯	M(kNm/m)	17.2	17.0	16.7	18.6	18.6	25.92	-	-	73.10	○	0.00	0.25		
			V(kN/m)	-8.2	-7.9	-13.3	-12.8	13.3	16.70	-	-	62.93	○	0.00	0.21		
		管部	頂版	X方向	M(kNm/m)	74.6	74.8	48.2	48.3	74.8	275.77	○	0.27	-	-	0.25	-
					V(kN/m)	-100.1	-98.7	-60.2	-60.6	100.1	322.11	○	0.31	-	-	0.28	-
Y方向				M(kNm/m)	125.6	61.5	95.4	94.5	125.6	117.00	-	-	129.12	○	0.00	0.97	
				V(kN/m)	-56.7	-123.0	-95.3	-96.9	123.0	228.31	-	-	162.68	○	0.00	0.76	
底版	X方向			M(kNm/m)	60.6	60.6	43.4	44.7	60.6	187.43	○	0.32	-	-	0.29	-	
				V(kN/m)	-117.1	-113.3	-80.8	-93.9	117.1	187.43	○	0.62	-	-	0.57	-	
	Y方向		M(kNm/m)	146.2	84.9	116.7	127.1	146.2	187.43	-	-	151.86	○	0.00	0.96		
			V(kN/m)	-81.8	-141.1	-114.3	-130.3	141.1	187.43	-	-	151.86	○	0.00	0.93		
	管部		X方向	M(kNm/m)	59.4	58.9	60.6	68.4	68.4	275.77	○	0.25	-	-	0.23	-	
				V(kN/m)	-79.3	-77.6	-94.7	-96.6	96.6	322.11	○	0.30	-	-	0.27	-	
Y方向			M(kNm/m)	121.6	121.9	123.5	128.2	128.2	117.00	-	-	129.12	○	0.00	0.99		
			V(kN/m)	-134.6	-133.0	-142.4	-147.6	147.6	228.31	-	-	162.68	○	0.00	0.91		
管部		頂版	X方向	M(kNm/m)	42.2	41.6	36.0	39.6	42.2	187.43	○	0.23	-	-	0.20	-	
				V(kN/m)	-23.3	-23.9	-28.7	-21.4	28.7	187.43	○	0.15	-	-	0.14	-	
	Y方向		M(kNm/m)	63.5	61.6	40.9	18.2	63.5	78.55	-	-	112.76	○	0.00	0.56		
			V(kN/m)	-60.8	-60.3	-22.9	-53.6	60.8	50.40	-	-	97.07	○	0.00	0.63		
	底版		X方向	M(kNm/m)	0.8	2.2	3.8	3.1	3.8	117.00	○	0.03	-	-	0.03	-	
				V(kN/m)	-1.0	-2.4	-3.4	-2.6	3.4	117.00	○	0.03	-	-	0.03	-	
		Y方向	M(kNm/m)	-1.2	-4.5	-9.9	-9.3	9.9	117.00	-	-	129.12	○	0.00			