

## 例題6

### 6-1 検討計算

本解析例は図 6.2.1 に示す地中構造物の非線形静的解析(応答変位法)を実施した例題である。

解析は、初めに常時荷重を用いた線形解析を行い、常時荷重で得られた断面力を地震時解析の初期状態とした。地震時の解析は地盤変位、構造物に作用する慣性力、周面せん断応力を荷重とし、構造物を非線形部材とした荷重増分法による非線形静的解析である。

検討計算は表6. 1. 1に示すとおりとした。

表6. 1. 1 検討計算

検討計算	検討内容
常時荷重計算	・常時荷重を考慮した静的線形解析
地震時荷重計算	・地震時荷重を強制変位として与えた静的非線形解析

### 6-2 解析モデル

構造物は梁モデルでモデル化し、地盤はばね要素でモデル化した。節点番号および要素番号を図6. 2. 2に示す。

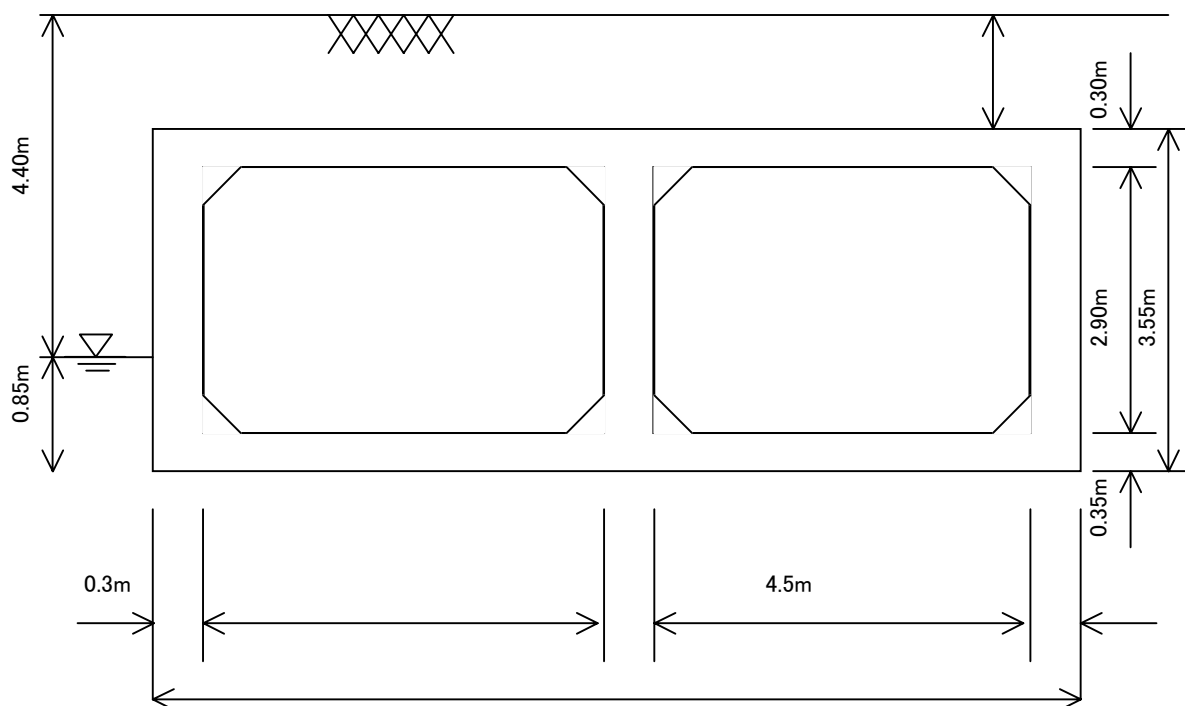
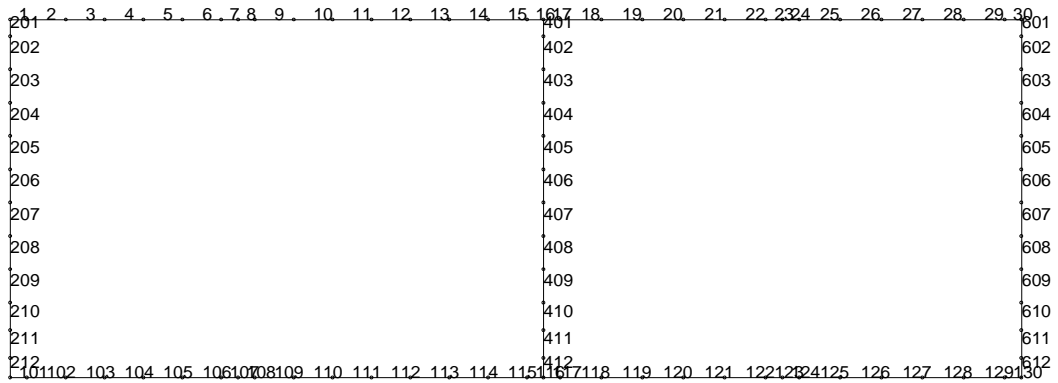
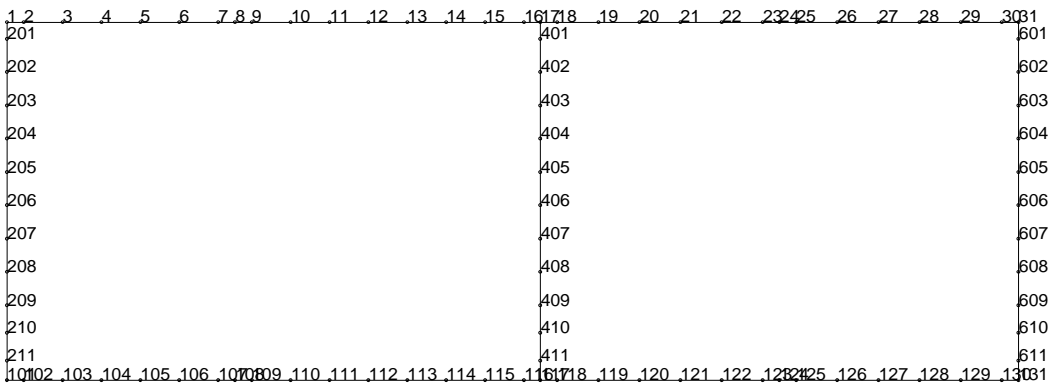


図6. 2. 1 解析モデル



(a) 节点番号



(b) 要素番号

图6. 2. 2 节点·要素番号

### 6-3 解析諸元

構造物 : 非線形部材でモデル化した。(表6. 3. 4、表6. 3. 5参照)

非線形特性としては、図6. 3. 1に示すような非対称のトリリニア型を用いた。

地盤 : 線形ばねでモデル化した。(表6. 3. 2参照)

使用材料 : 表6. 3. 1参照

3

表6. 3. 3に各節点の座標値を示す。

荷重条件は、別途解析結果の項に掲載。

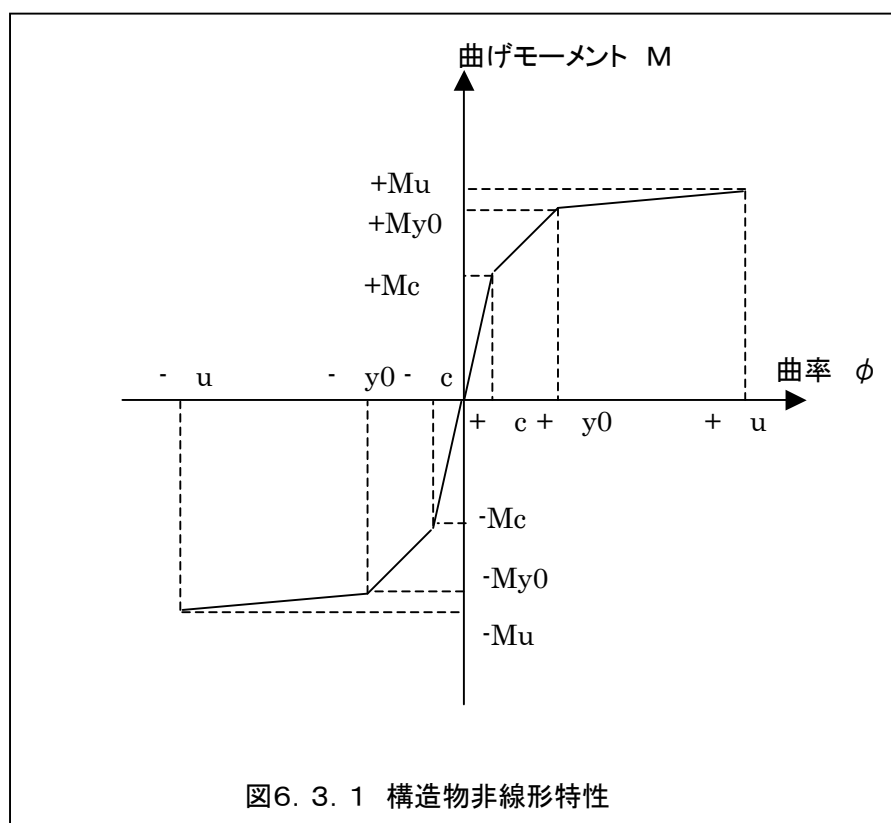


表6.3.1 使用材料

場所	ヤング率(tf/m <sup>2</sup> )
構造物	2.50E+06

表6.3.2 地盤ばね物性値

場所	要素番号	構成節点番号		ばね定数		場所	要素番号	構成節点番号		ばね定数	
		I端	J端	水平ばね (tf/m)	鉛直ばね (tf/m)			I端	J端	水平ばね (tf/m)	鉛直ばね (tf/m)
上面	701	1		408.53	1225.59	下面	801	101		51.60	154.81
	702	2		1361.77	4085.30		802	102		172.01	516.02
	703	3		1906.47	5719.42		803	103		240.81	722.43
	704	4		1906.47	5719.42		804	104		240.81	722.43
	705	5		1906.47	5719.42		805	105		240.81	722.43
	706	6		1906.47	5719.42		806	106		240.81	722.43
	707	7		1361.77	4085.30		807	107		172.01	516.02
	708	8		817.06	2451.18		808	108		103.20	309.61
	709	9		1361.77	4085.30		809	109		172.01	516.02
	710	10		1906.47	5719.42		810	110		240.81	722.43
	711	11		1906.47	5719.42		811	111		240.81	722.43
	712	12		1906.47	5719.42		812	112		240.81	722.43
	713	13		1906.47	5719.42		813	113		240.81	722.43
	714	14		1906.47	5719.42		814	114		240.81	722.43
	715	15		1906.47	5719.42		815	115		240.81	722.43
	716	16		1361.77	4085.30		816	116		172.01	516.02
	717	17		817.06	2451.18		817	117		103.20	309.61
	718	18		1416.24	4248.71		818	118		178.89	536.66
	719	19		2015.41	6046.24		819	119		254.57	763.71
	720	20		2015.41	6046.24		820	120		254.57	763.71
	721	21		2015.41	6046.24		821	121		254.57	763.71
	722	22		2015.41	6046.24		822	122		254.57	763.71
	723	23		1416.24	4248.71		823	123		178.89	536.66
	724	24		817.06	2451.18		824	124		103.20	309.61
	725	25		1416.24	4248.71		825	125		178.89	536.66
	726	26		2015.41	6046.24		826	126		254.57	763.71
	727	27		2015.41	6046.24		827	127		254.57	763.71
	728	28		2015.41	6046.24		828	128		254.57	763.71
	729	29		2015.41	6046.24		829	129		254.57	763.71
	730	30		1416.24	4248.71		830	130		178.89	536.66
	731	31		408.53	1225.59		831	131		51.60	154.81
左柱	901	1	221	1225.59	408.53	右柱	941	31	621	1225.59	408.53
	902	201	222	3676.77	1225.59		942	601	622	3676.77	1225.59
	903	202	223	4902.36	1634.12		943	602	623	4902.36	1634.12
	904	203	224	4304.68	1434.89		944	603	624	4304.68	1434.89
	905	204	225	3707.00	1235.67		945	604	625	3707.00	1235.67
	906	205	226	3707.00	1235.67		946	605	626	3707.00	1235.67
	907	206	227	3707.00	1235.67		947	606	627	3707.00	1235.67
	908	207	228	2163.11	721.04		948	607	628	2163.11	721.04
	909	208	229	619.23	206.41		949	608	629	619.23	206.41
	910	209	230	567.62	189.21		950	609	630	567.62	189.21
	911	210	231	516.02	172.01		951	610	631	516.02	172.01
	912	211	232	438.62	146.21		952	611	632	438.62	146.21
	913	101	233	180.61	60.20		953	131	633	180.61	60.20

表6.3.3 節点座標(1/2)

場所	節点番号	座標		場所	節点番号	座標	
	No	X (m)	Y (m)		No	X (m)	Y (m)
上面	1	0.000	3.225	下面	101	0.000	0.000
	2	0.150	3.225		102	0.150	0.000
	3	0.500	3.225		103	0.500	0.000
	4	0.850	3.225		104	0.850	0.000
	5	1.200	3.225		105	1.200	0.000
	6	1.550	3.225		106	1.550	0.000
	7	1.900	3.225		107	1.900	0.000
	8	2.050	3.225		108	2.050	0.000
	9	2.200	3.225		109	2.200	0.000
	10	2.550	3.225		110	2.550	0.000
	11	2.900	3.225		111	2.900	0.000
	12	3.250	3.225		112	3.250	0.000
	13	3.600	3.225		113	3.600	0.000
	14	3.950	3.225		114	3.950	0.000
	15	4.300	3.225		115	4.300	0.000
	16	4.650	3.225		116	4.650	0.000
	17	4.800	3.225		117	4.800	0.000
	18	4.950	3.225		118	4.950	0.000
	19	5.320	3.225		119	5.320	0.000
	20	5.690	3.225		120	5.690	0.000
	21	6.060	3.225		121	6.060	0.000
	22	6.430	3.225		122	6.430	0.000
	23	6.800	3.225		123	6.800	0.000
	24	6.950	3.225		124	6.950	0.000
	25	7.100	3.225		125	7.100	0.000
	26	7.470	3.225		126	7.470	0.000
	27	7.840	3.225		127	7.840	0.000
	28	8.210	3.225		128	8.210	0.000
	29	8.580	3.225		129	8.580	0.000
	30	8.950	3.225		130	8.950	0.000
	31	9.100	3.225		131	9.100	0.000
左柱	201	0.000	3.075	強制変位 入力節点	221	-1.000	3.225
	202	0.000	2.775		222	-1.000	3.075
	203	0.000	2.475		223	-1.000	2.775
	204	0.000	2.175		224	-1.000	2.475
	205	0.000	1.875		225	-1.000	2.175
	206	0.000	1.575		226	-1.000	1.875
	207	0.000	1.275		227	-1.000	1.575
	208	0.000	0.975		228	-1.000	1.275
	209	0.000	0.675		229	-1.000	0.975
	210	0.000	0.425		230	-1.000	0.675
	211	0.000	0.175		231	-1.000	0.425
				232	-1.000	0.175	
				233	-1.000	0.000	

表6.3.3 節点座標(2/2)

場所	節点番号	座標		場所	節点番号	座標	
	No	X (m)	Y (m)		No	X (m)	Y (m)
中柱	401	4.800	3.075				
	402	4.800	2.775				
	403	4.800	2.475				
	404	4.800	2.175				
	405	4.800	1.875				
	406	4.800	1.575				
	407	4.800	1.275				
	408	4.800	0.975				
	409	4.800	0.675				
	410	4.800	0.425				
	411	4.800	0.175				
右柱					621	10.100	3.225
	601	9.100	3.075		622	10.100	3.075
	602	9.100	2.775		623	10.100	2.775
	603	9.100	2.475		624	10.100	2.475
	604	9.100	2.175		625	10.100	2.175
	605	9.100	1.875		626	10.100	1.875
	606	9.100	1.575		627	10.100	1.575
	607	9.100	1.275		628	10.100	1.275
	608	9.100	0.975		629	10.100	0.975
	609	9.100	0.675		630	10.100	0.675
	610	9.100	0.425		631	10.100	0.425
611	9.100	0.175		632	10.100	0.175	
				633	10.100	0.000	

表6.3.4 構造物非線形特性

場所	耐力+				耐力-			
	ひび割れ (tf)	勾配率	降伏 (tf)	勾配率	ひび割れ (tf)	勾配率	降伏 (tf)	勾配率
上面	8.10	0.0984	10.50	0.0106	-8.20	0.0454	-11.40	0.0019
下面	9.60	0.0488	11.80	0.0013	-9.50	0.0889	-12.80	0.0072
左柱	6.20	0.0454	8.40	0.0019	-6.10	0.0984	-9.50	0.0106
中柱	5.70	0.0979	10.10	0.0021	-5.70	0.0979	-10.10	0.0021
右柱	5.10	0.0988	9.60	0.0107	-5.20	0.0458	-7.40	0.0019

表6.3.5 構造物物性値

要素	部材端節点番号		断面積	断面二次	備考	要素	部材端節点番号		断面積	断面二次	備考	
No.	I端	J端	A (m <sup>2</sup> )	I (m <sup>4</sup> )		No.	I端	J端	A (m <sup>2</sup> )	I (m <sup>4</sup> )		
1	1	2	0.31916	∞	上面	101	101	102	0.36916	∞	下面	
2	2	3	0.31916	0.00237		102	102	103	0.36916	0.00378		
3	3	4	0.31916	0.00237		103	103	104	0.36916	0.00378		
4	4	5	0.31916	0.00237		104	104	105	0.36916	0.00378		
5	5	6	0.31916	0.00237		105	105	106	0.36916	0.00378		
6	6	7	0.31916	0.00237		106	106	107	0.36916	0.00378		
7	7	8	0.31916	0.00237		107	107	108	0.36916	0.00378		
8	8	9	0.31916	0.00237		108	108	109	0.36916	0.00378		
9	9	10	0.31916	0.00237		109	109	110	0.36916	0.00378		
10	10	11	0.31916	0.00237		110	110	111	0.36916	0.00378		
11	11	12	0.31916	0.00237		111	111	112	0.36916	0.00378		
12	12	13	0.31916	0.00237		112	112	113	0.36916	0.00378		
13	13	14	0.31916	0.00237		113	113	114	0.36916	0.00378		
14	14	15	0.31916	0.00237		114	114	115	0.36916	0.00378		
15	15	16	0.31916	0.00237		115	115	116	0.36916	0.00378		
16	16	17	0.31916	∞		116	116	117	0.36916	∞		
17	17	18	0.31916	∞		117	117	118	0.36916	∞		
18	18	19	0.31916	0.00237		118	118	119	0.36916	0.00378		
19	19	20	0.31916	0.00237		119	119	120	0.36916	0.00378		
20	20	21	0.31916	0.00237		120	120	121	0.36916	0.00378		
21	21	22	0.31916	0.00237		121	121	122	0.36916	0.00378		
22	22	23	0.31916	0.00237		122	122	123	0.36916	0.00378		
23	23	24	0.31916	0.00237		123	123	124	0.36916	0.00378		
24	24	25	0.31916	0.00237		124	124	125	0.36916	0.00378		
25	25	26	0.31916	0.00237		125	125	126	0.36916	0.00378		
26	26	27	0.31916	0.00237		126	126	127	0.36916	0.00378		
27	27	28	0.31916	0.00237		127	127	128	0.36916	0.00378		
28	28	29	0.31916	0.00237		128	128	129	0.36916	0.00378		
29	29	30	0.31916	0.00237		129	129	130	0.36916	0.00378		
30	30	31	0.31916	∞		130	130	131	0.36916	∞		
201	1	201	0.31916	∞	左柱	401	17	401	0.31916	∞	中柱	
202	201	202	0.31916	0.00237		402	401	402	0.31916	0.00244		
203	202	203	0.31916	0.00237		403	402	403	0.31916	0.00244		
204	203	204	0.31916	0.00237		404	403	404	0.31916	0.00244		
205	204	205	0.31916	0.00237		405	404	405	0.31916	0.00244		
206	205	206	0.31916	0.00237		406	405	406	0.31916	0.00244		
207	206	207	0.31916	0.00237		407	406	407	0.31916	0.00244		
208	207	208	0.31916	0.00237		408	407	408	0.31916	0.00244		
209	208	209	0.31916	0.00237		409	408	409	0.31916	0.00244		
210	209	210	0.31916	0.00237		410	409	410	0.31916	0.00244		
211	210	211	0.31916	0.00237		411	410	411	0.31916	0.00244		
212	211	101	0.31916	∞		412	411	117	0.31916	∞		
601	31	601	0.31916	∞	右柱							
602	601	602	0.31916	0.00237								
603	602	603	0.31916	0.00237								
604	603	604	0.31916	0.00237								
605	604	605	0.31916	0.00237								
606	605	606	0.31916	0.00237								
607	606	607	0.31916	0.00237								
608	607	608	0.31916	0.00237								
609	608	609	0.31916	0.00237								
610	609	610	0.31916	0.00237								
611	610	611	0.31916	0.00237								
612	611	131	0.31916	∞								

## 6-4 解析結果

### (1) 常時荷重計算

常時荷重として考慮したのは以下の荷重である。また、荷重図を図6. 4. 1に示す。

- (a) 上載荷重
- (b) 揚圧力
- (c) 水平土圧
- (d) 水圧
- (e) 自重

上記荷重を載荷した結果の断面力を図6. 4. 2に示す。

### (2) 地震時荷重計算

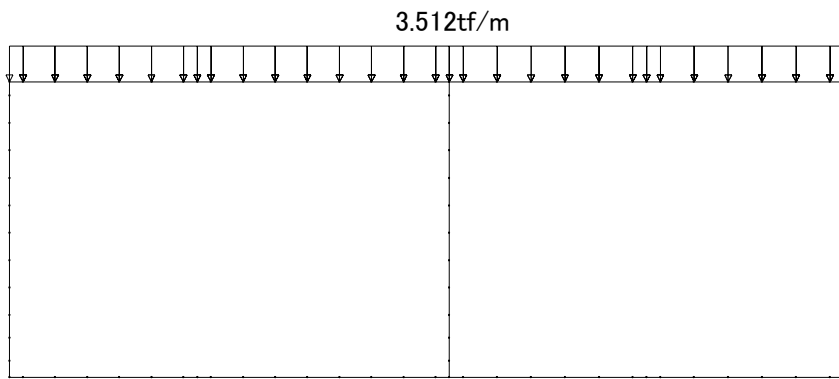
地震時荷重として考慮した強制変位の値を表6. 4. 1に示す。

また、応答変位・軸力・せん断力・曲げモーメントを図6. 4. 3に示す。

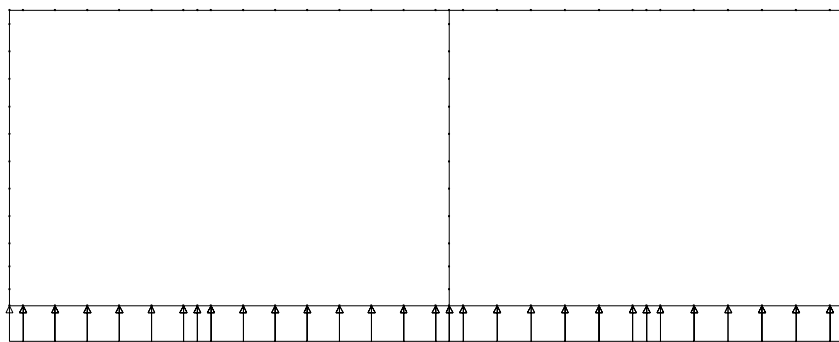


表6. 4. 1 強制変位

節点番号		強制変位 (m)
No.		
左	右	
1	31	0.01454
201	601	0.01386
202	602	0.01251
203	603	0.01115
204	604	0.00980
205	605	0.00845
206	606	0.00710
207	607	0.00575
208	608	0.00439
209	609	0.00304
210	610	0.00192
211	611	0.00079
101	131	0.00000



(a)上載荷重



0.878tf/m

(b)揚圧力

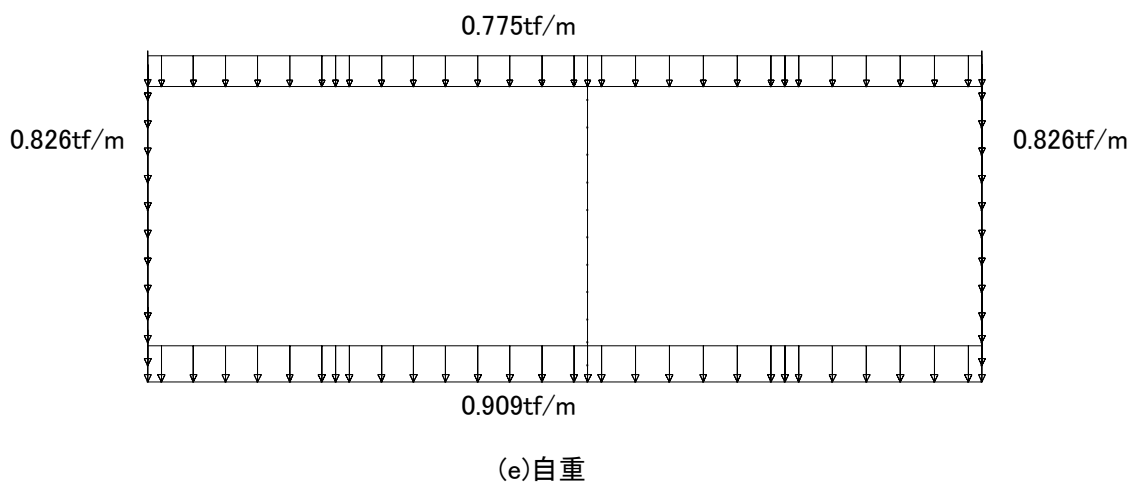
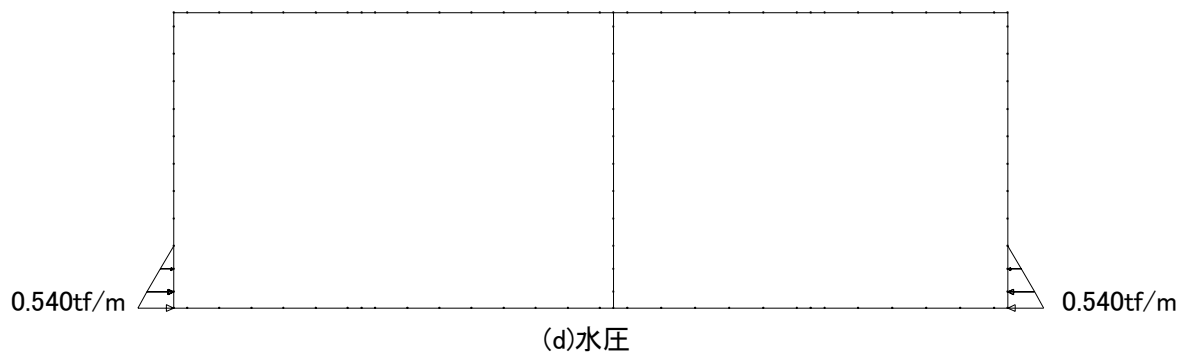
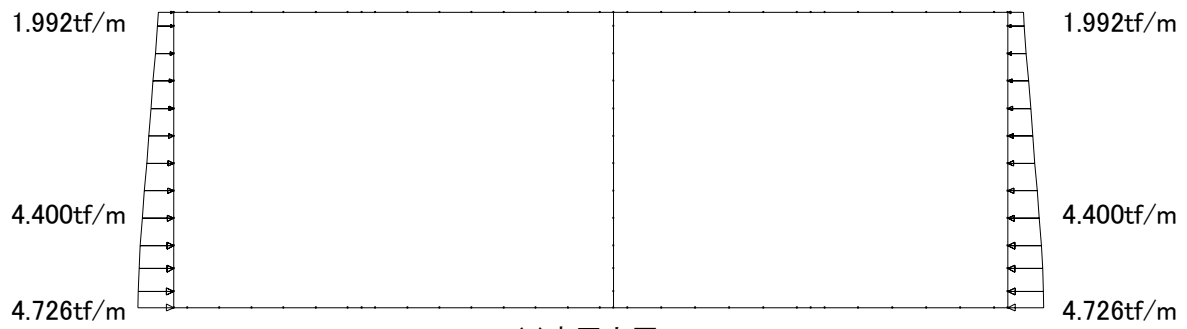
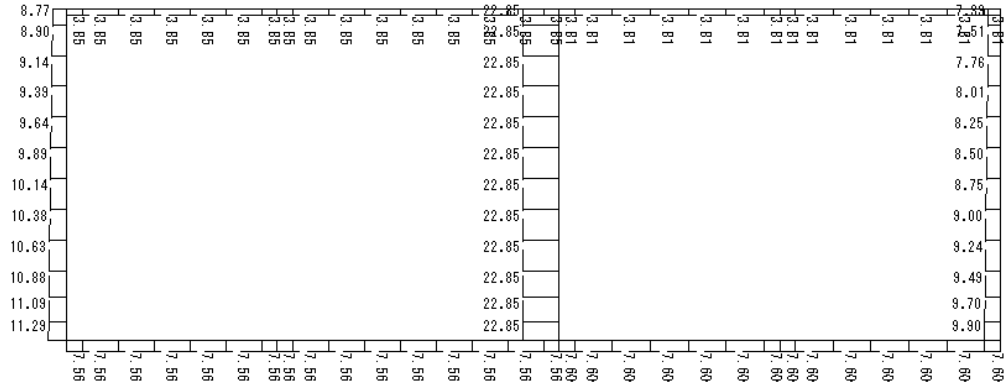
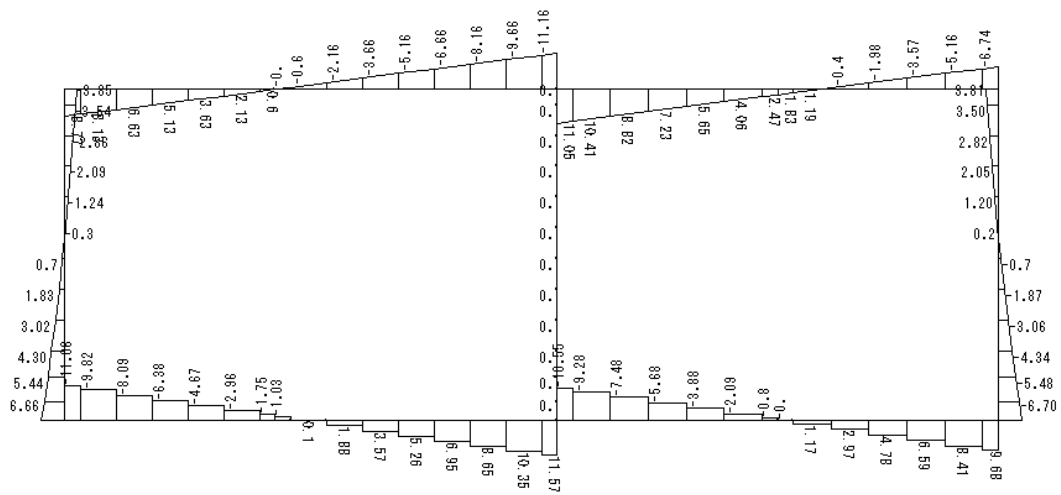


图6. 4. 1 常時荷重



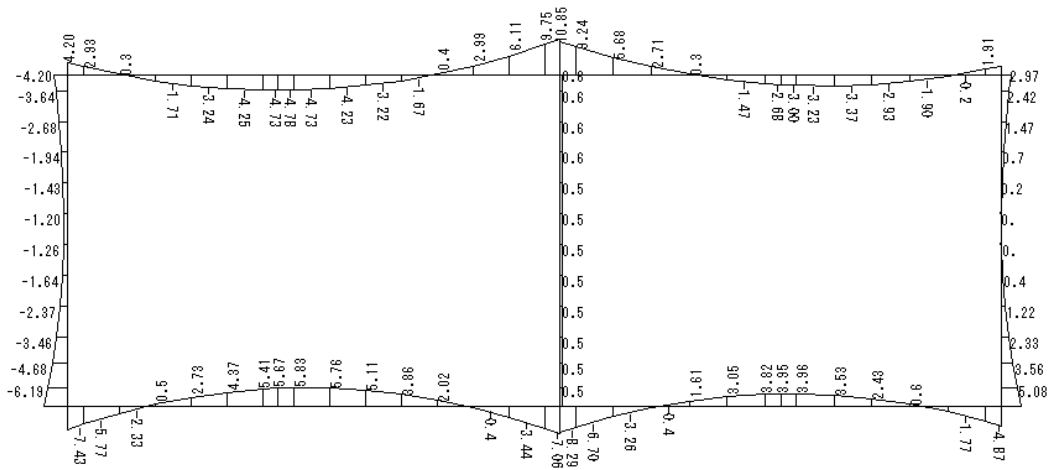
AXIAL-FORCE -3.814E0  
 -2.285E1  
 CASE 1

(a)軸力図(単位:tf)



SHEAR-FY 1.1805E1  
 -1.156E1  
 CASE 1

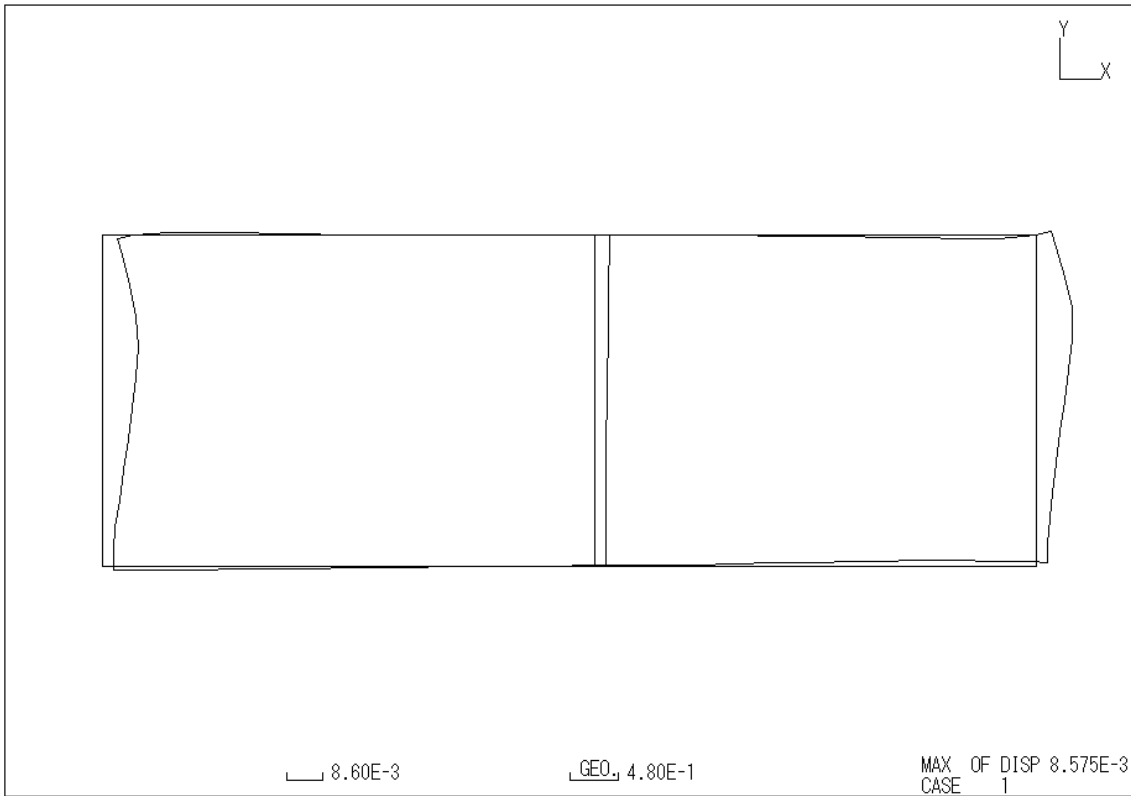
(b)せん断力図(単位:tf)



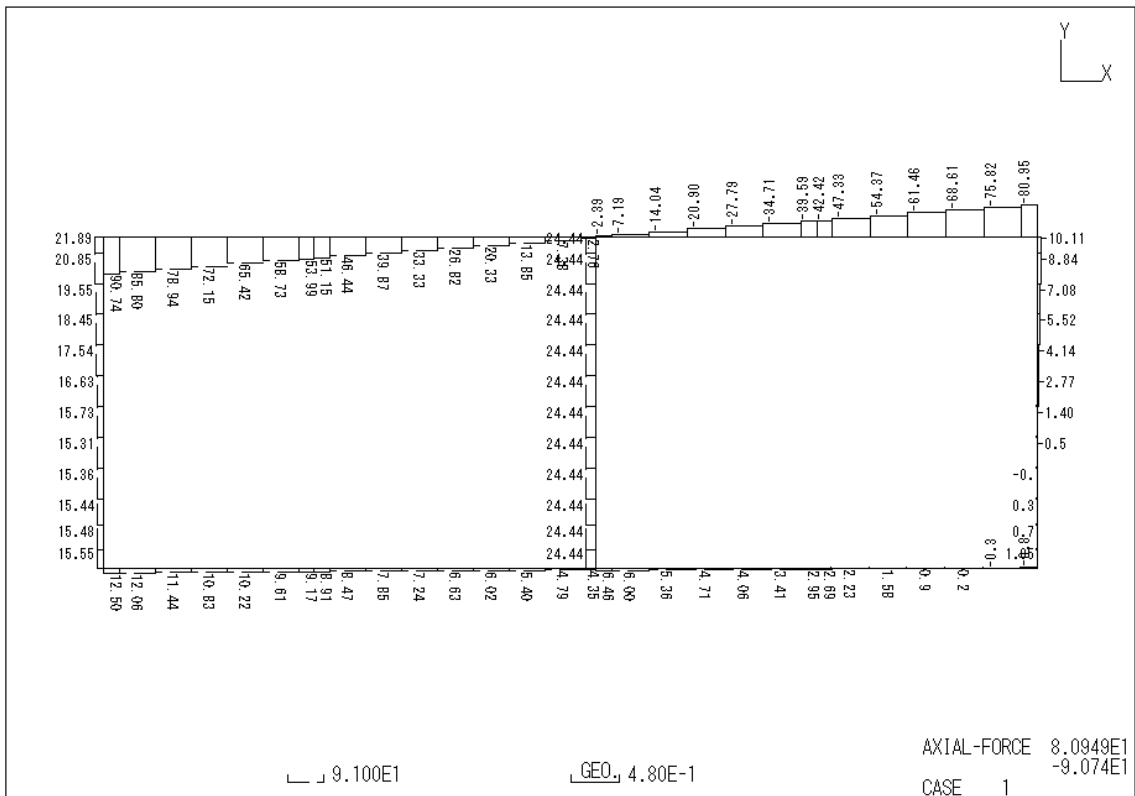
(c) 曲げモーメント図 (単位:tf)

MOMENT-MZ 1.0847E1  
 CASE 1 -1.148E1

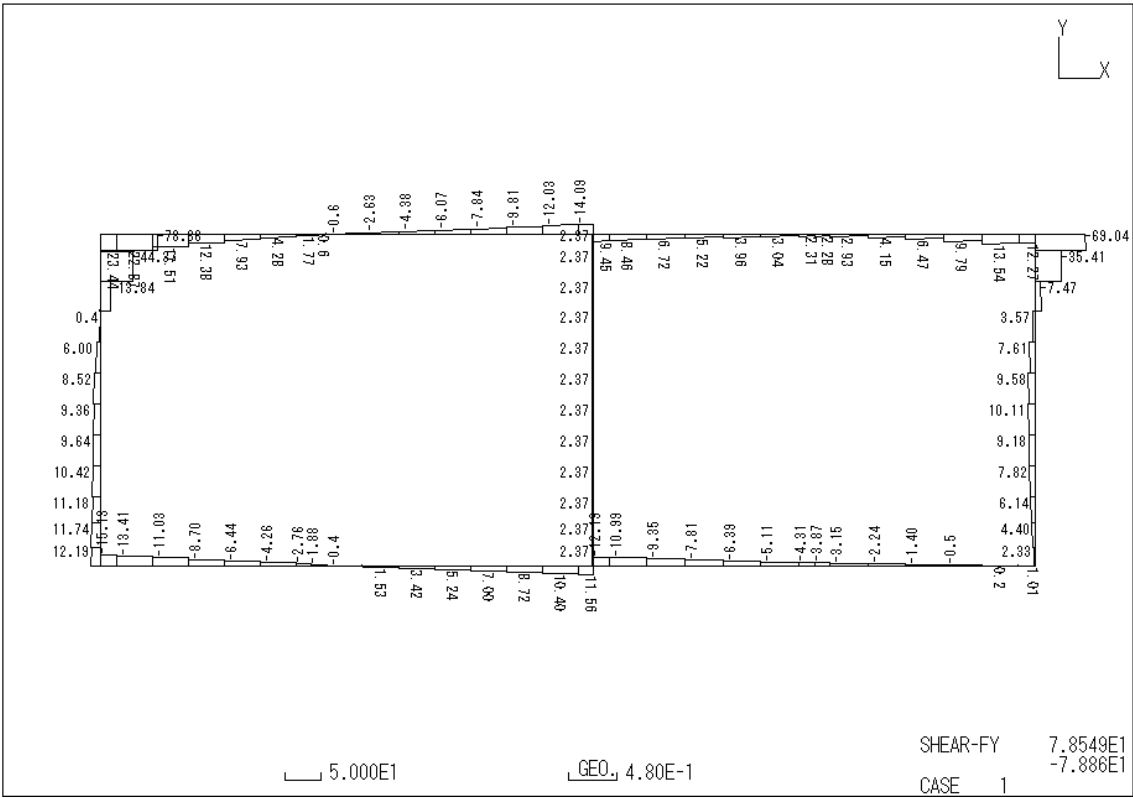
図6. 4. 2 常時計算結果断面力図



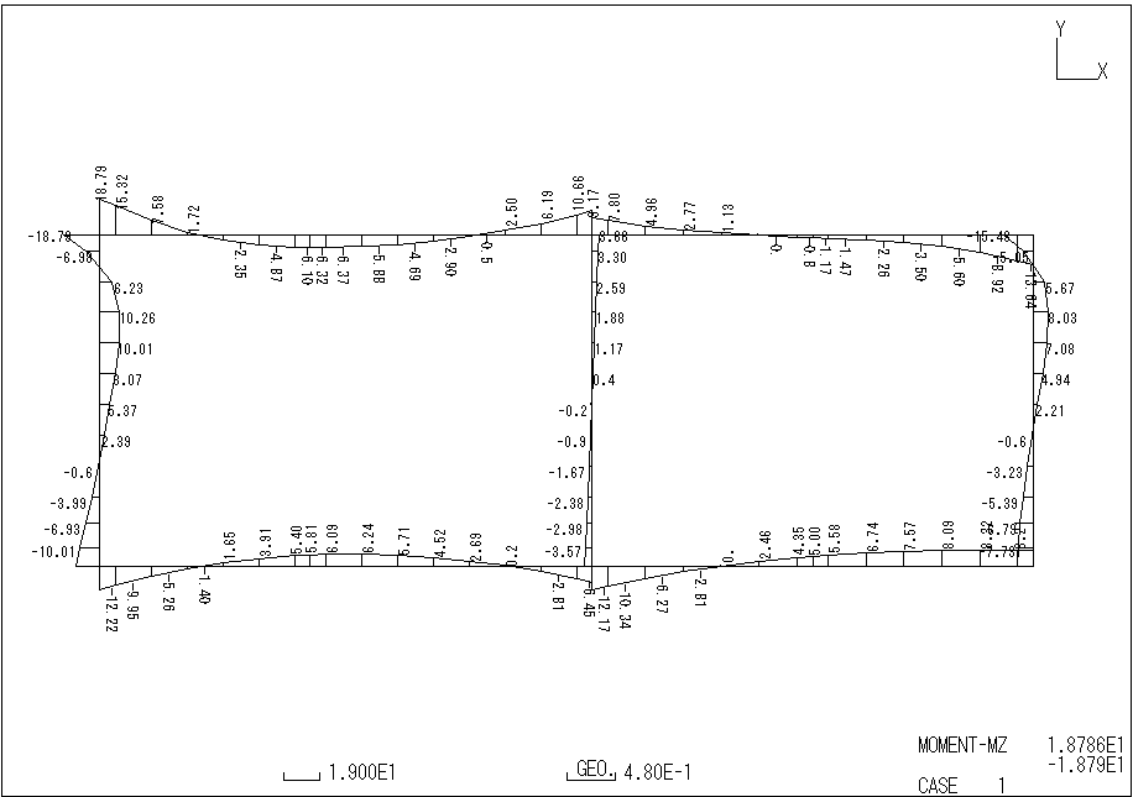
(a) 応答変位(単位:m)



(b) 軸力(単位:tf)



(c) せん断力(単位:tf)



(d) 曲げモーメント(単位:tfm)

図6.4.3 地震時計算結果断面力図