参考資料１　原子炉建屋の地震応答解析結果

地震応答解析モデルの固有値（固有周期および固有振動数）を、参表-1.1 に示す。

地震応答解析（水平）により求められた最大応答値を、参図-1.1～参図-1.6 に示す。

地震応答解析（鉛直）により求められた最大応答値を、参図-1.7 および参図-1.8 に示す。

地震応答解析により得られた最大転倒モーメントを用い算出した、基礎浮上りの検討結果を参表-1.2 に示す。

参表-1.1　固有値解析結果

（南北方向）

次数	固有周期 (s)	固有振動数 (Hz)	刺激係数*
1	0.436	2.30	1.58
2	0.192	5.22	-0.68
3	0.087	11.4	0.04
4	0.076	13.2	0.10
5	0.074	13.5	0.00

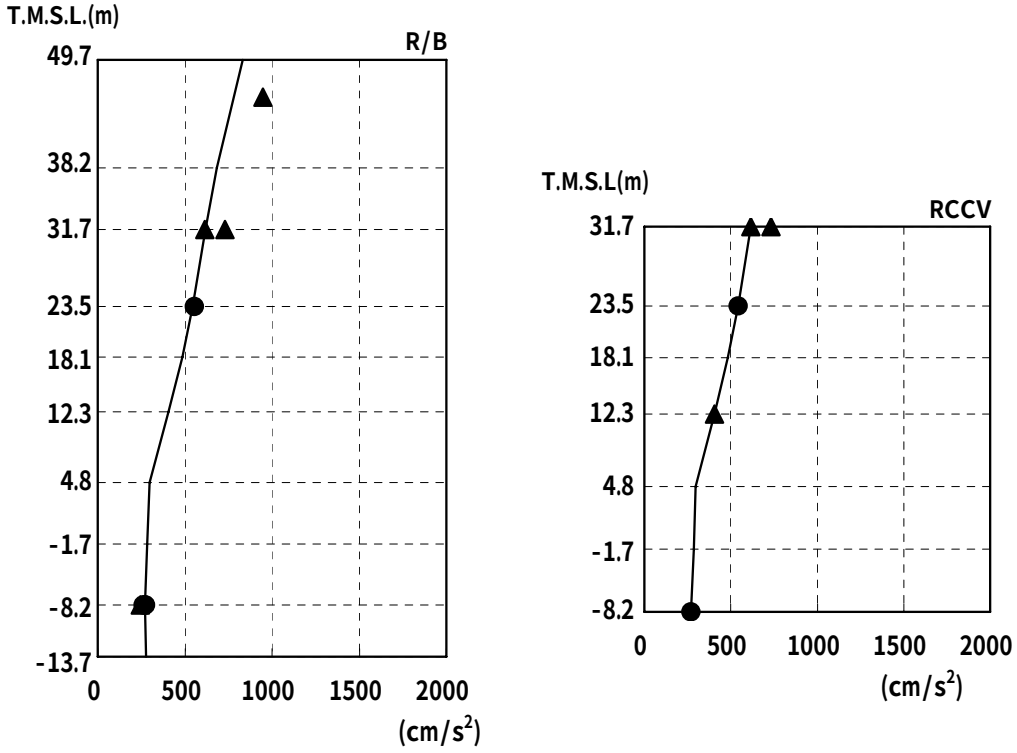
（東西方向）

次数	固有周期 (s)	固有振動数 (Hz)	刺激係数*
1	0.426	2.35	1.54
2	0.190	5.25	-0.61
3	0.080	12.6	-0.04
4	0.075	13.4	0.14
5	0.070	14.3	0.03

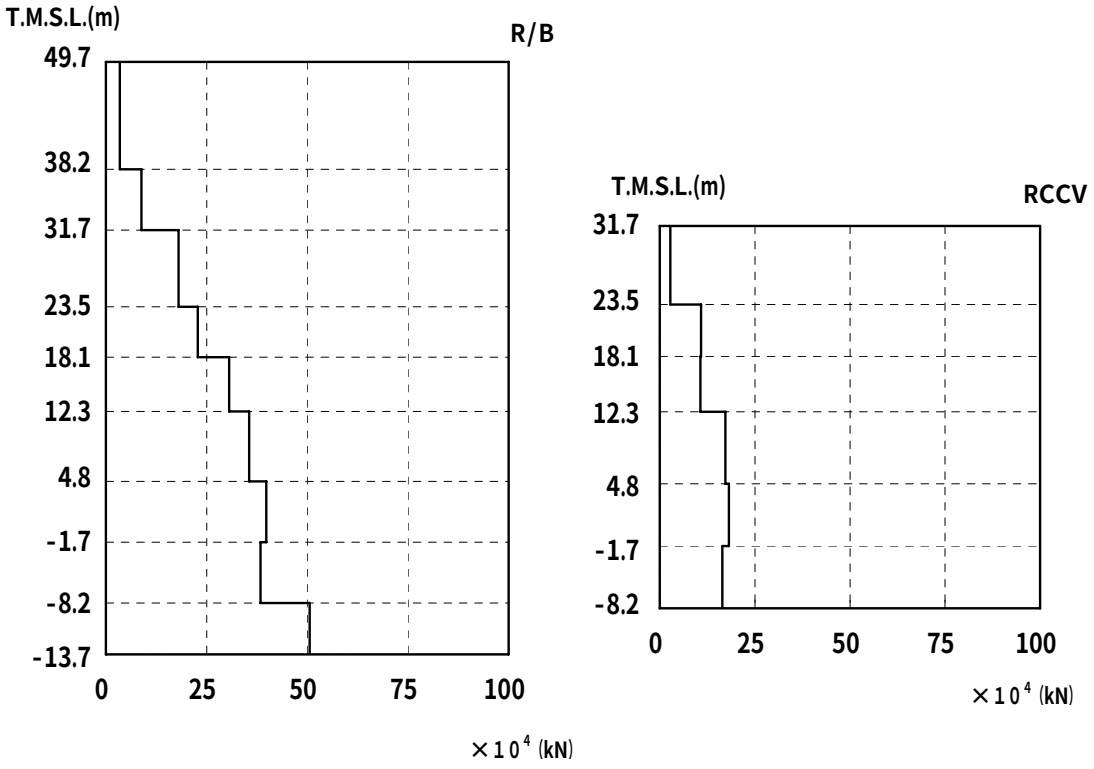
（鉛直方向）

次数	固有周期 (s)	固有振動数 (Hz)	刺激係数*
1	0.267	3.74	7.78
2	0.243	4.11	-6.83
3	0.070	14.3	0.09
4	0.047	21.1	-0.34
5	0.046	21.7	0.35

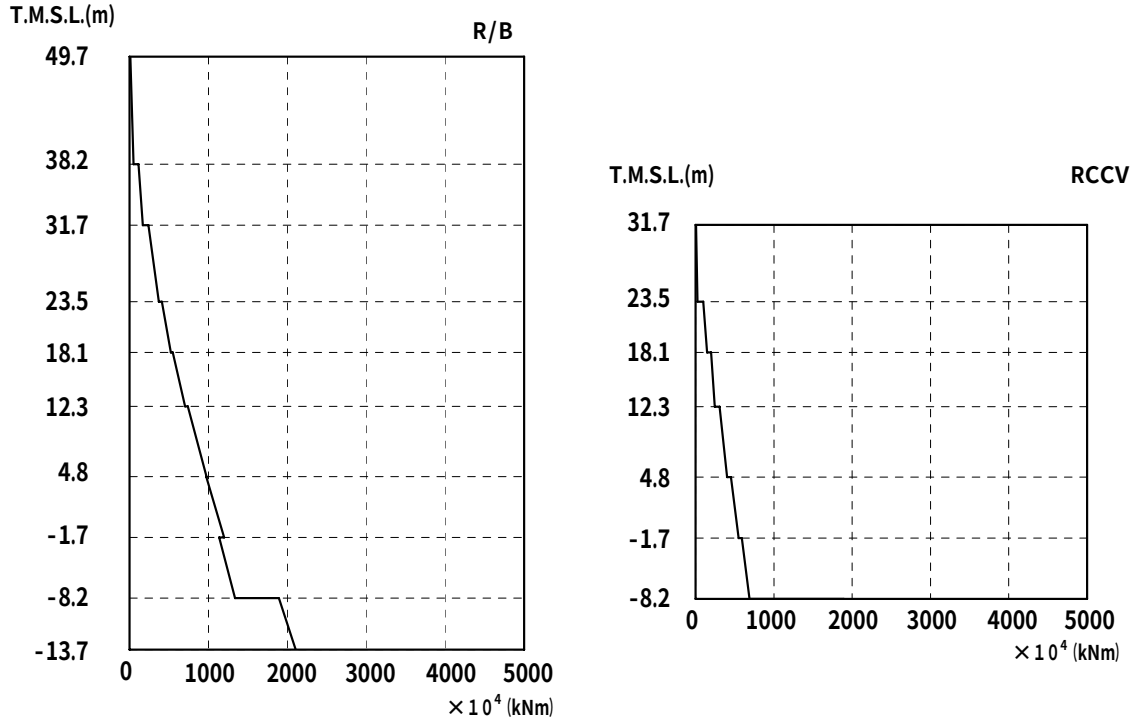
注*：各モードごとに固有ベクトルの最大値を１に基準化して得られる刺激係数を示す。



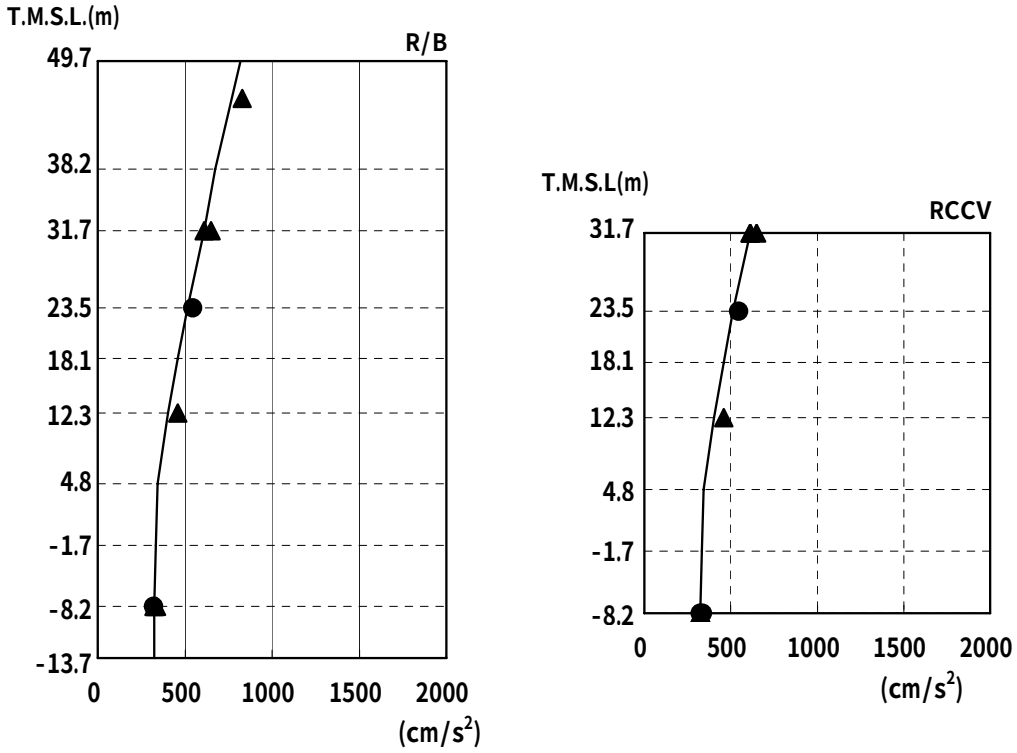
参図-1.1　最大応答加速度（南北方向）



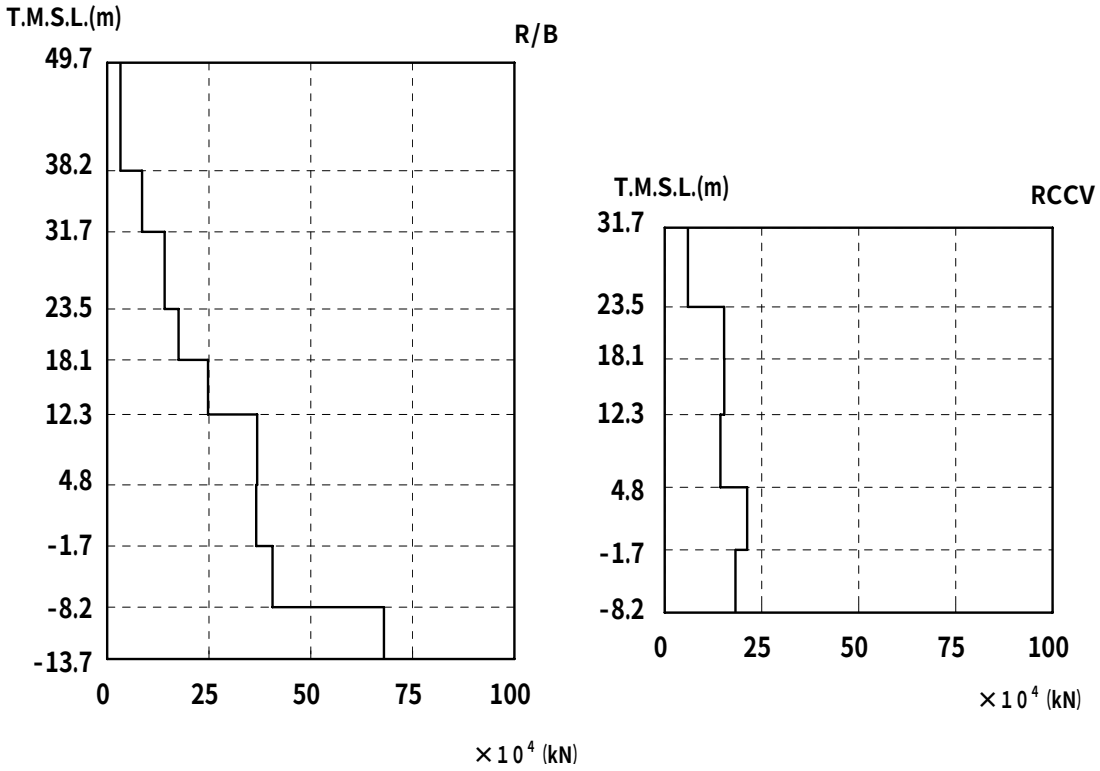
参図-1.2　最大応答せん断力（南北方向）



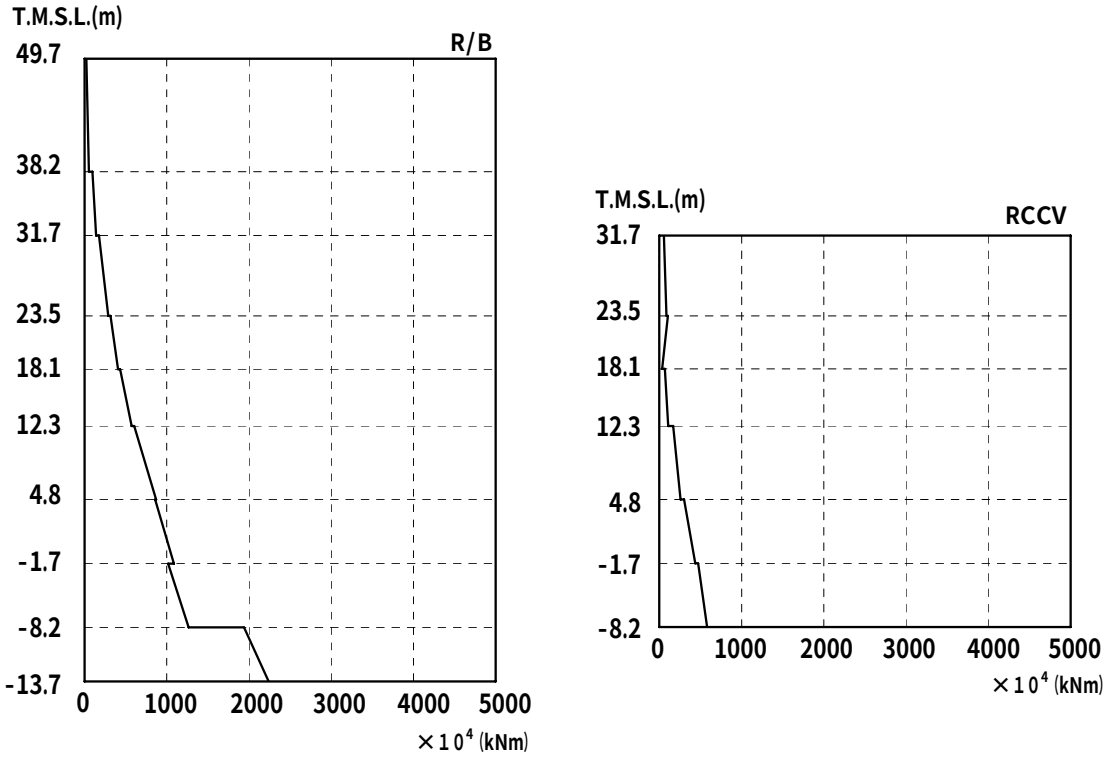
参図-1.3　最大応答曲げモーメント（南北方向）



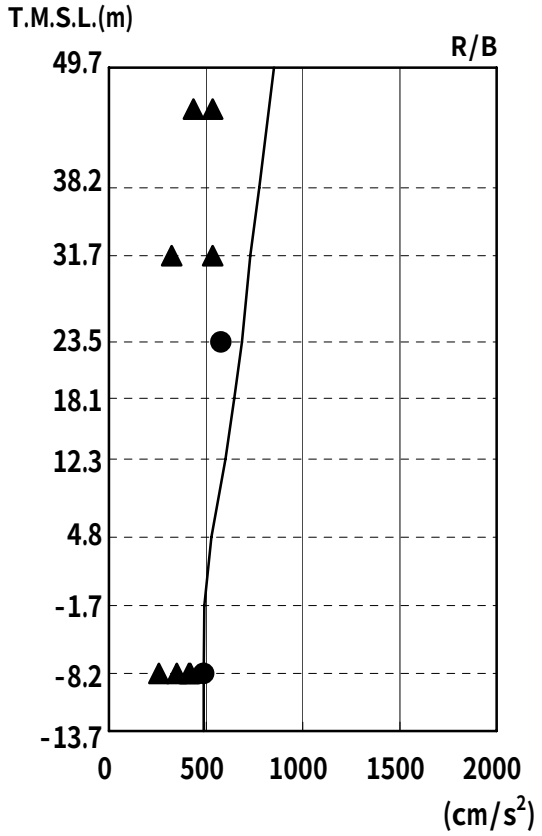
参図-1.4　最大応答加速度（東西方向）



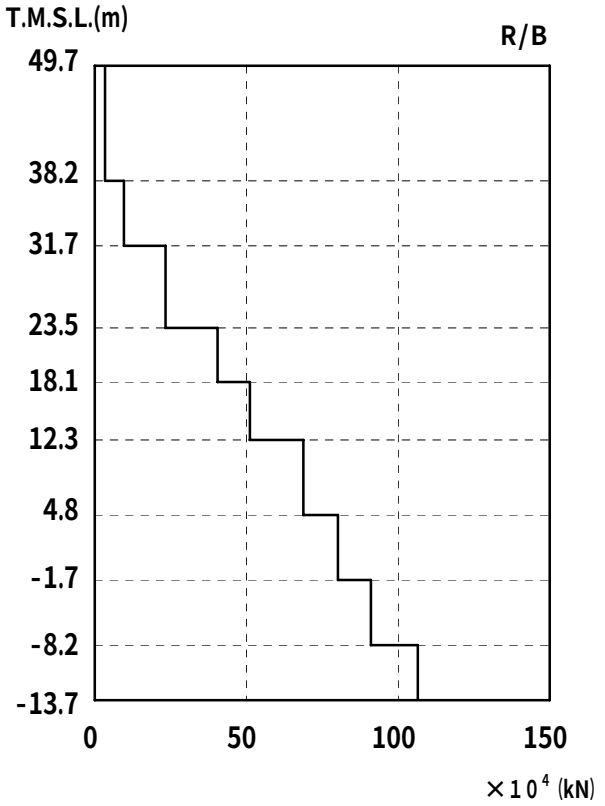
参図-1.5　最大応答せん断力（東西方向）



参図-1.6　最大応答曲げモーメント（東西方向）



参図-1.7　最大応答加速度（鉛直方向）



参図-1.8　最大応答軸力（鉛直方向）

建屋の接地率は、JEAG4601-1991 に基づき、地震応答解析の結果得られた最大転倒モーメントを用い、地盤反力を三角形分布と仮定して算出する。

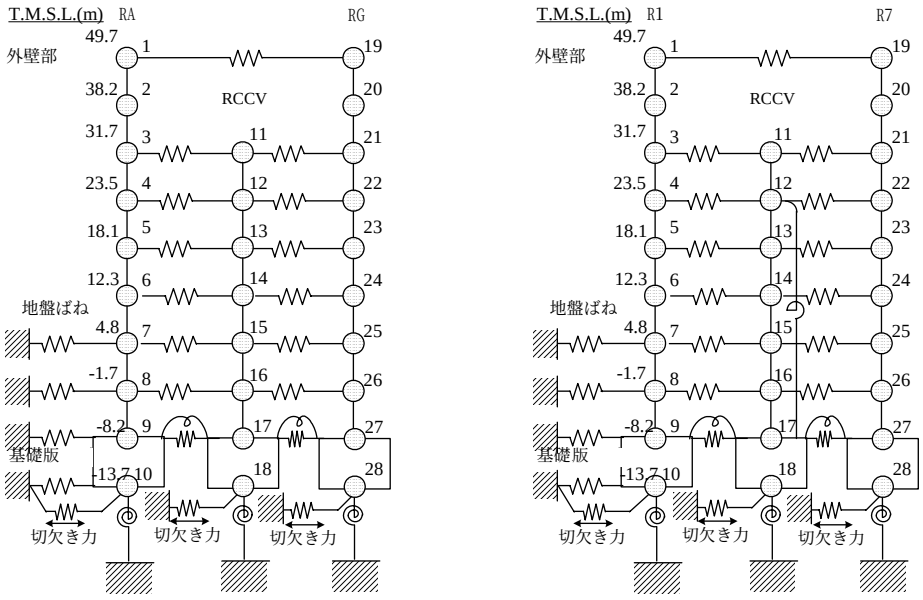
基礎浮上りの検討結果を参表-1.2 に示す。

参表-1.2　浮上りの検討結果

	浮上り限界モーメント M_0(kN・m)	最大転倒モーメント M_{max}(kNm)	接地率 η(%)
南北方向	1.88×10^7	2.07×10^7	95
東西方向	1.98×10^7	2.19×10^7	95

参考資料 2　追加検討モデルによる応答結果比較

シミュレーション解析の一連の検討結果に基づき、追加検討モデルによる地震応答解析結果を実施し、現状のシミュレーション解析モデルによる結果と比較を行なう。参図-2.1 に示すとおり、水平方向については床の柔性を考慮した多軸質点系モデルとする。なお、地盤ばね及び入力動は、シミュレーション解析モデルと同一条件とする。

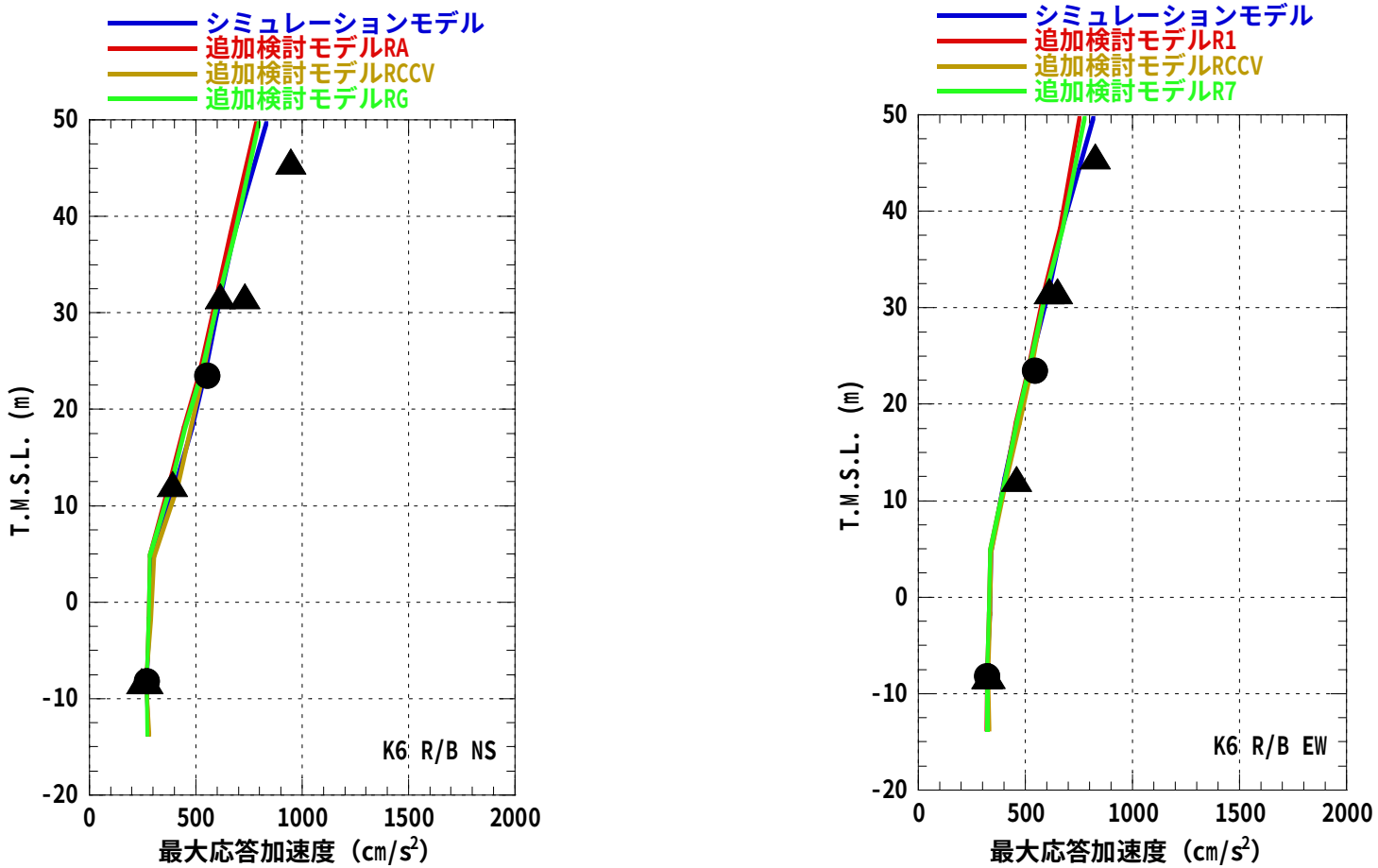


(a)NS 方向　　(b) EW 方向

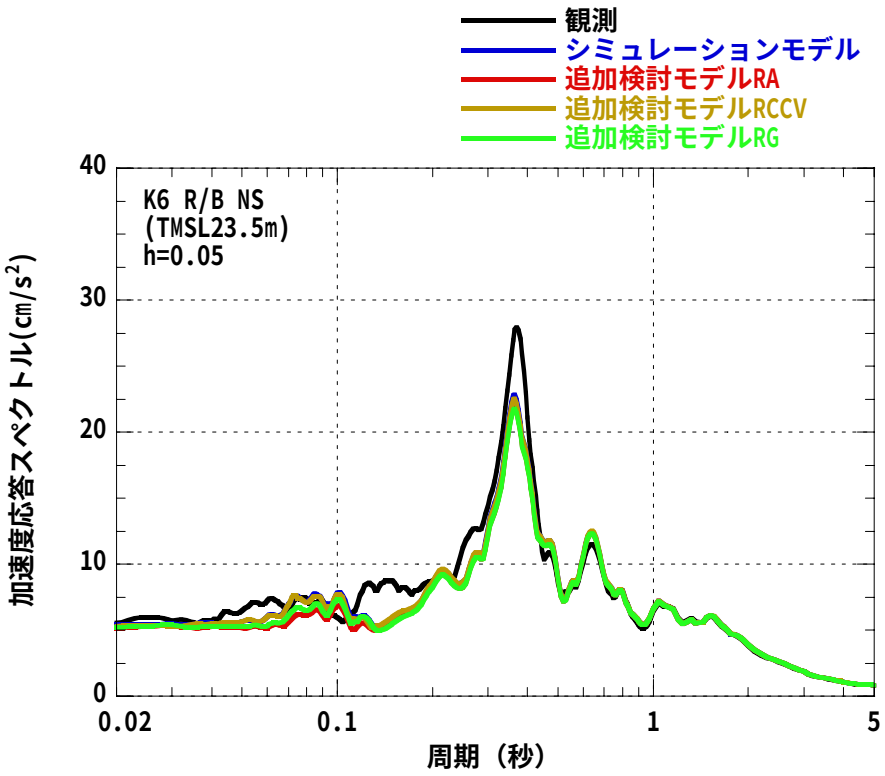
参図-2.1　追加検討モデル

参図-2.2 に最大応答加速度、参図-2.3～参図-2.4 に中間階の加速度応答スペクトルの比較を示す。水平方向については、追加検討モデルとシミュレーション解析モデルによる結果はほぼ同等である。

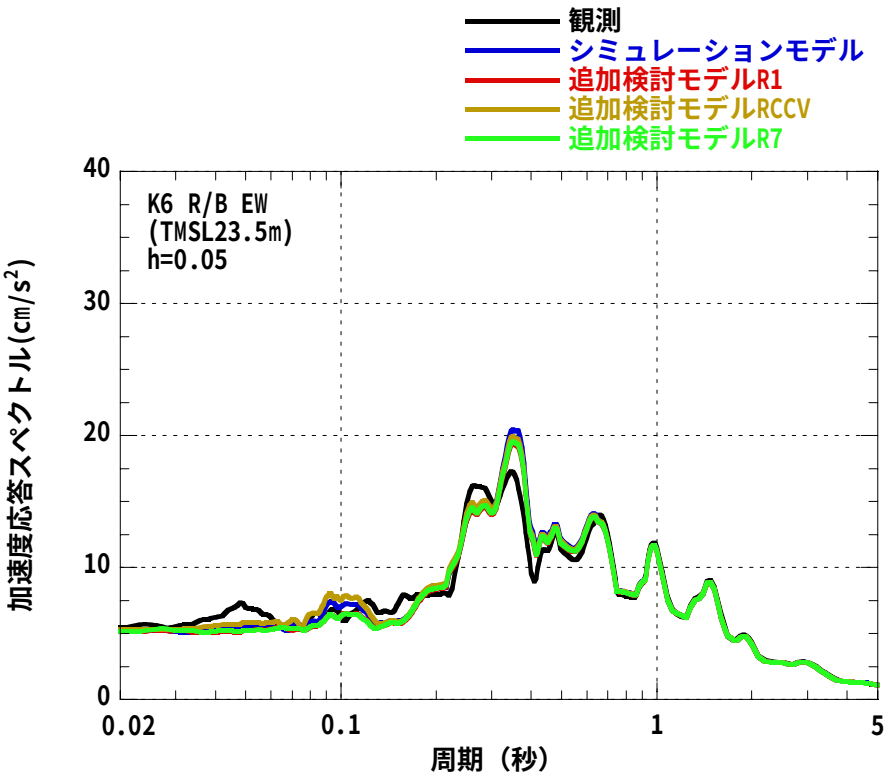
参図-2.5～参図-2.8 に外壁のせん断応力度とせん断ひずみの比較、参図-2.9～参図-2.12 に RCCV のせん断応力度とせん断ひずみの比較を示す。また、参考としてシミュレーション解析モデルと追加検討モデルによる層せん断力の比較を参図-2.13～参図-2.14 に示す。追加解析モデルは床の柔性を考慮しているため、重量の大きい RCCV の応答が特にせん断応力度の大きな層で若干大きくなる傾向がある。ただし、外壁と RCCV を集約して評価したせん断力は、シミュレーション解析モデルの結果とほぼ同等であり、建屋の健全性評価に与える影響は小さい。



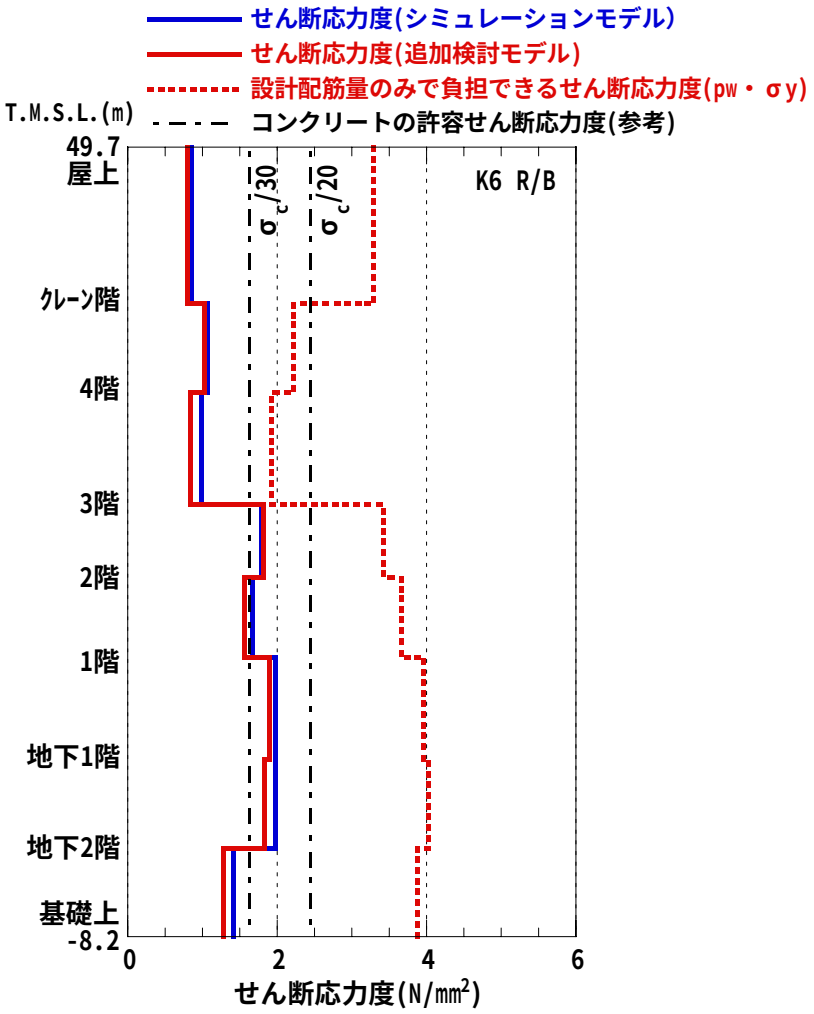
参図-2.2　最大応答加速度の比較



参図-2.3　加速度応答波形および加速度応答スペクトルの比較
中間階（T.M.S.L. 23.5m)、南北方向

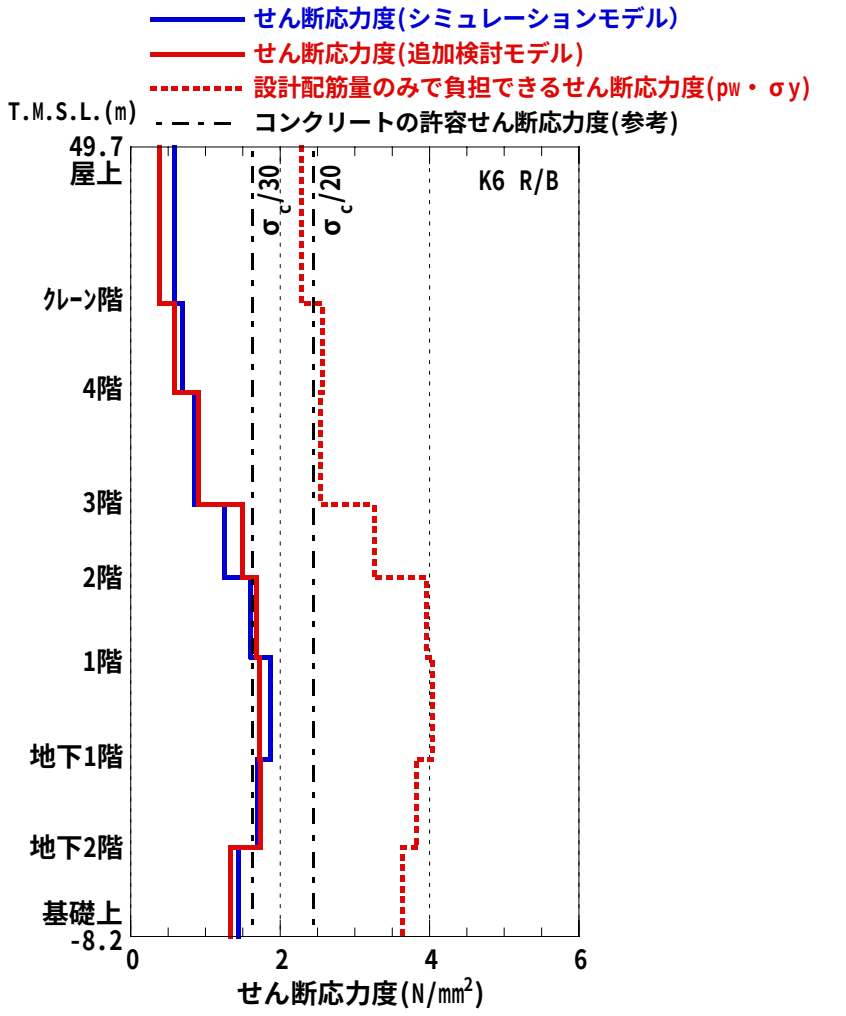


参図-2.4　加速度応答波形および加速度応答スペクトルの比較
中間階（T.M.S.L. 23.5m)、東西方向



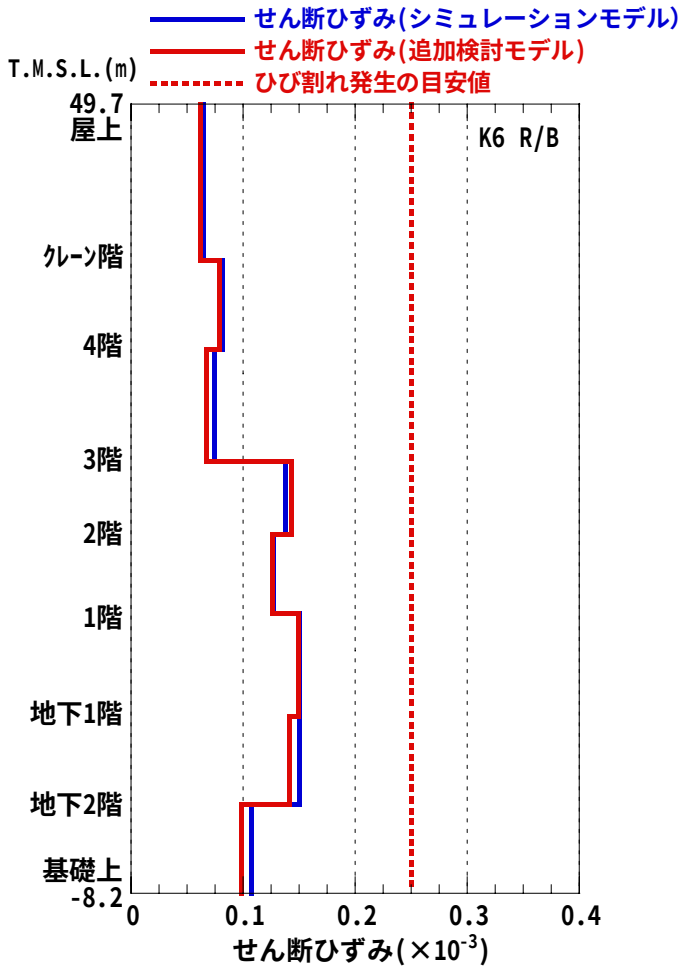
※σ_c= コンクリートの実強度

参図-2.5　原子炉建屋　耐震壁のせん断応力度（南北方向）

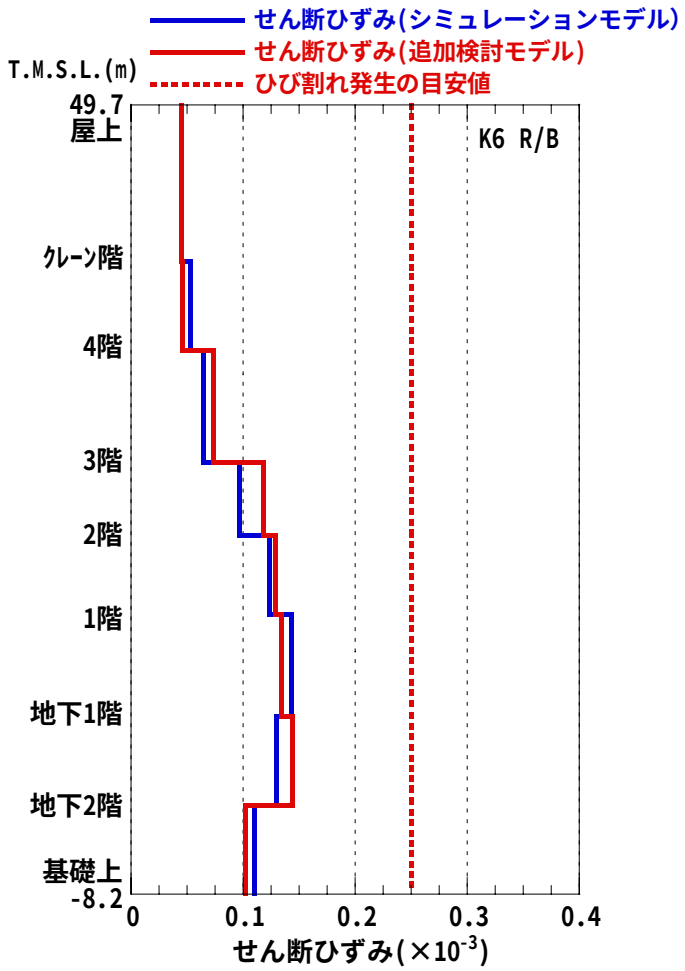


※σ_c= コンクリートの実強度

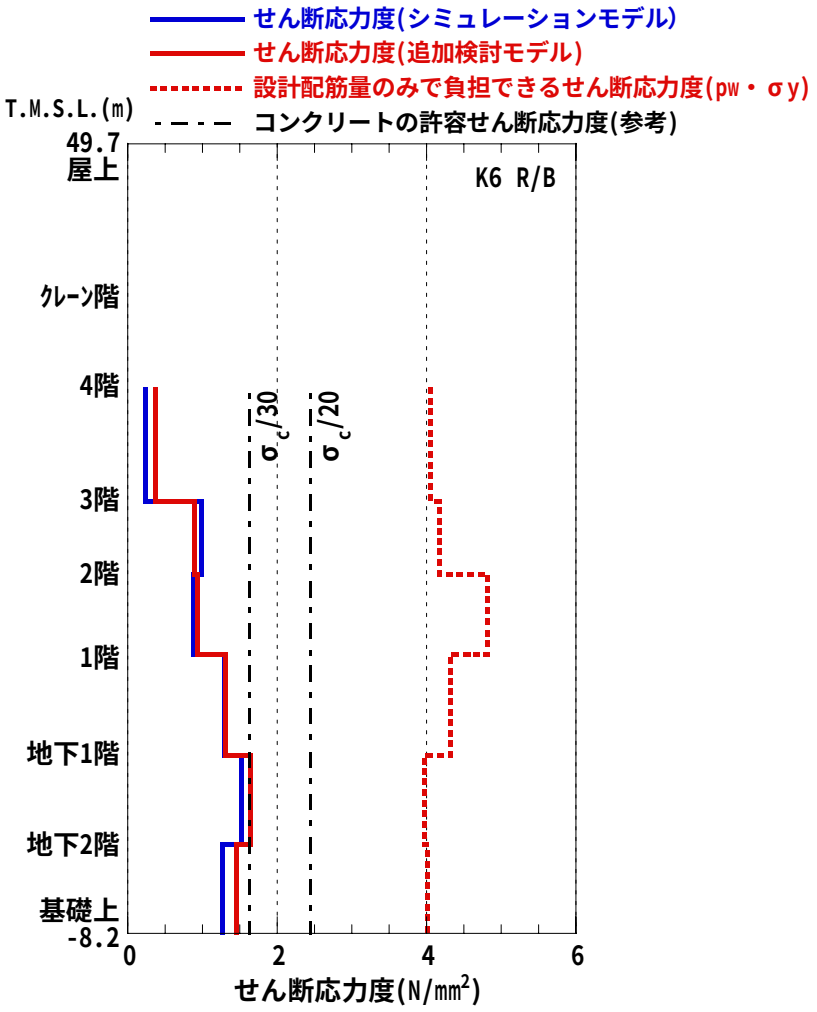
参図-2.6　原子炉建屋　耐震壁のせん断応力度（東西方向）



参図-2.7　原子炉建屋　耐震壁のせん断ひずみ（南北方向）

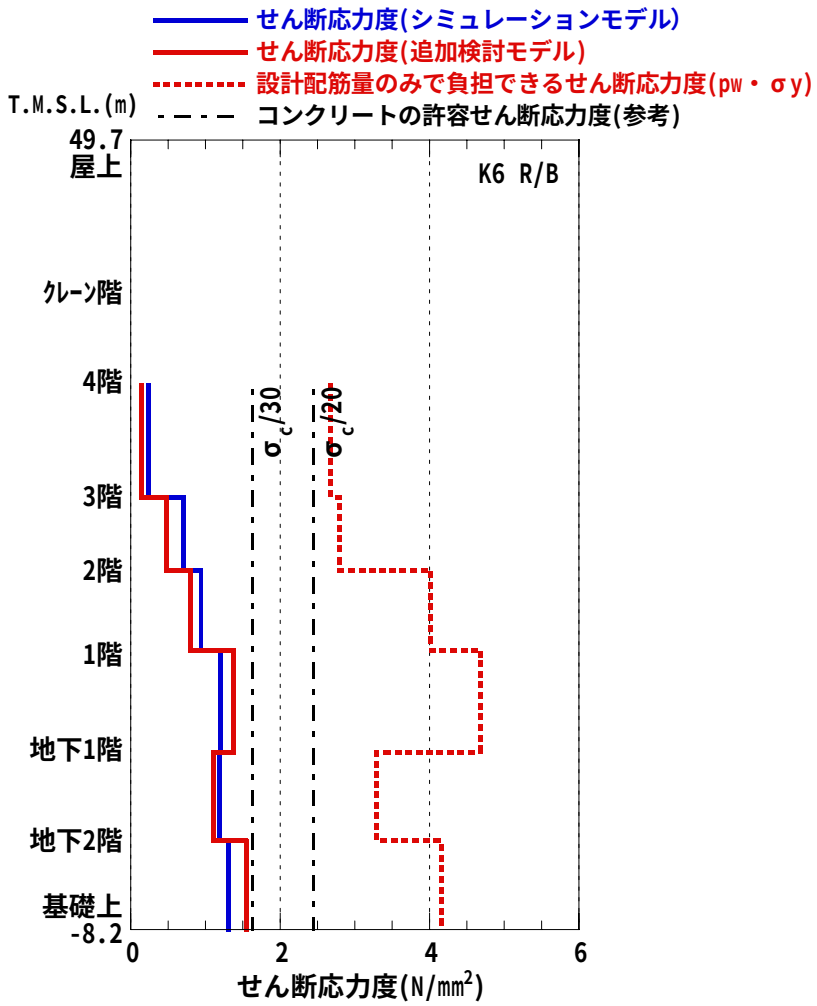


参図-2.8　原子炉建屋　耐震壁のせん断ひずみ（東西方向）



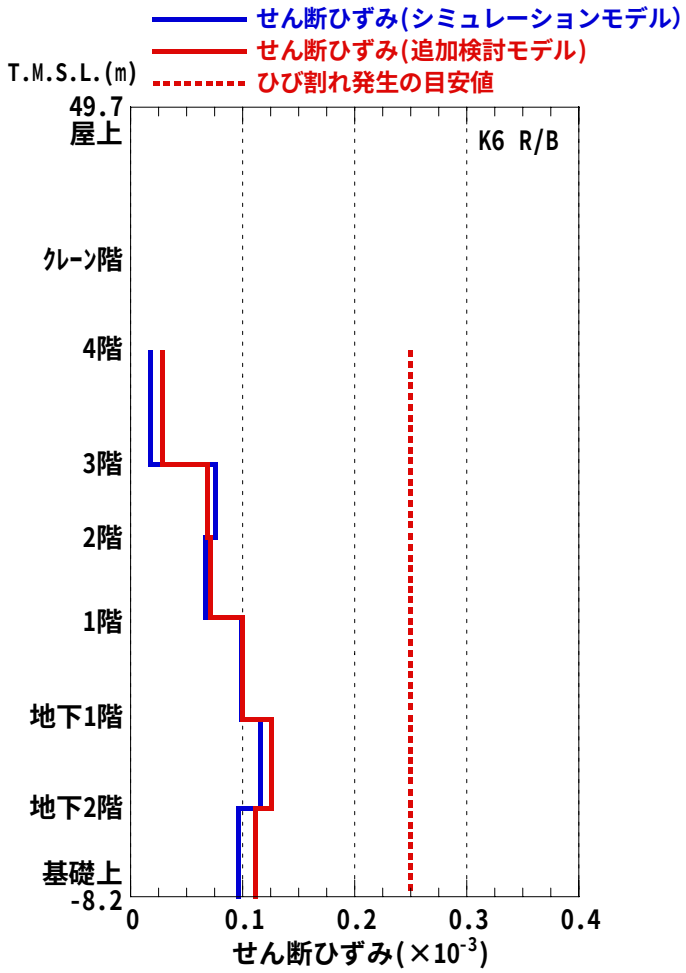
※σ_c= コンクリートの実強度

参図-2.9　RCCV の鉄筋コンクリート部のせん断応力度（南北方向）

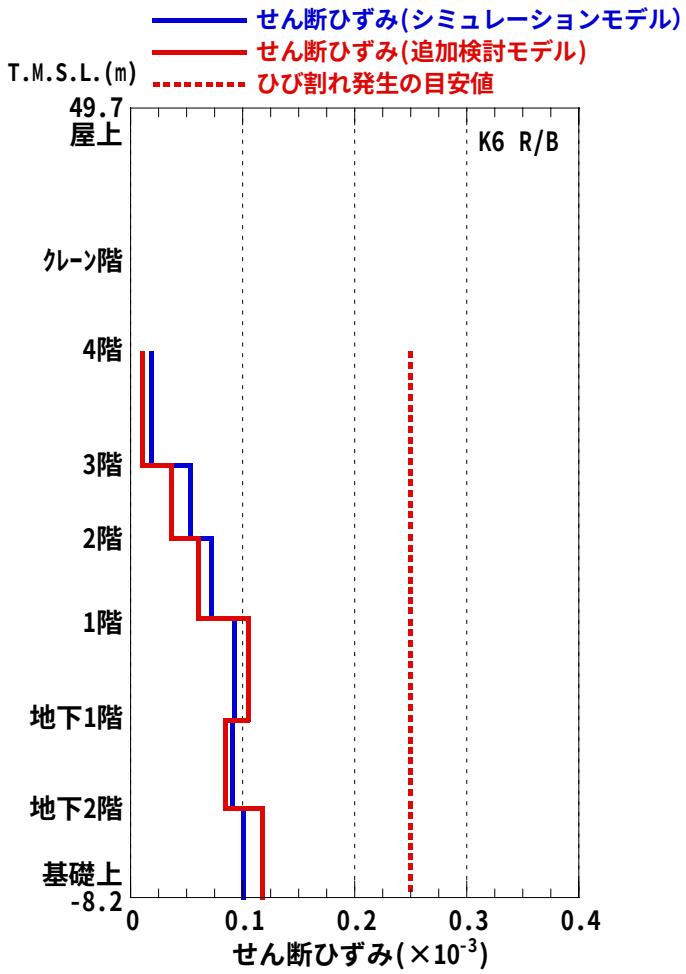


※σ_c= コンクリートの実強度

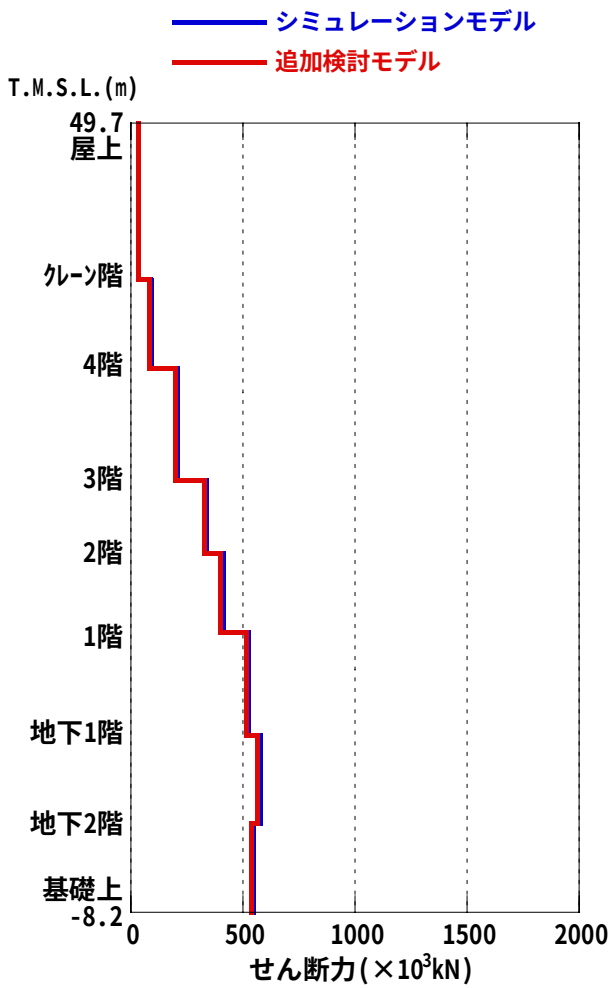
参図-2.10　RCCV の鉄筋コンクリート部のせん断応力度（東西方向）



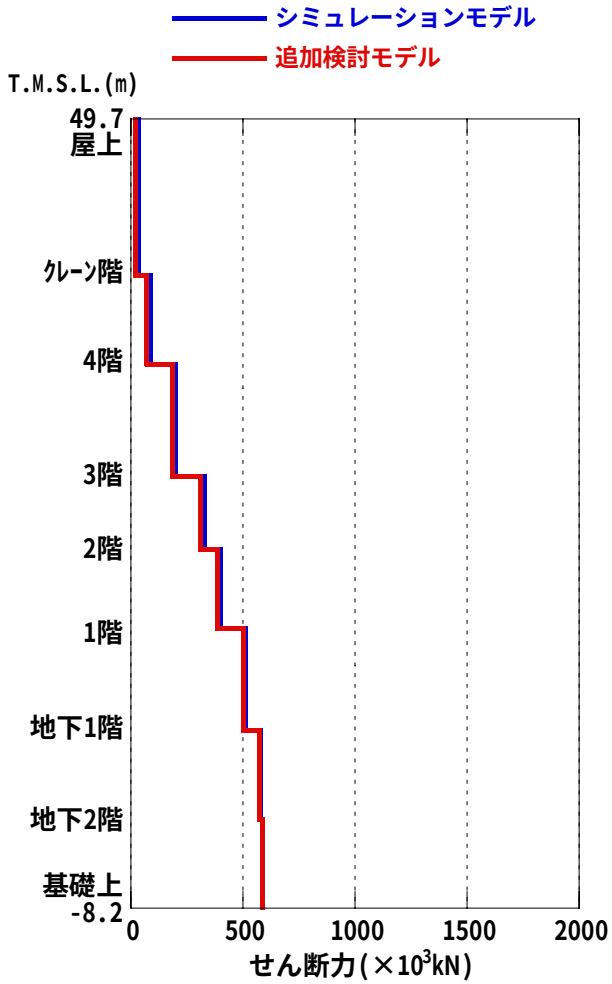
参図-2.11　RCCV の鉄筋コンクリート部のせん断ひずみ（南北方向）



参図-2.12　RCCV の鉄筋コンクリート部のせん断ひずみ（東西方向）



参図-2.13　原子炉建屋　最大応答せん断力（南北方向）

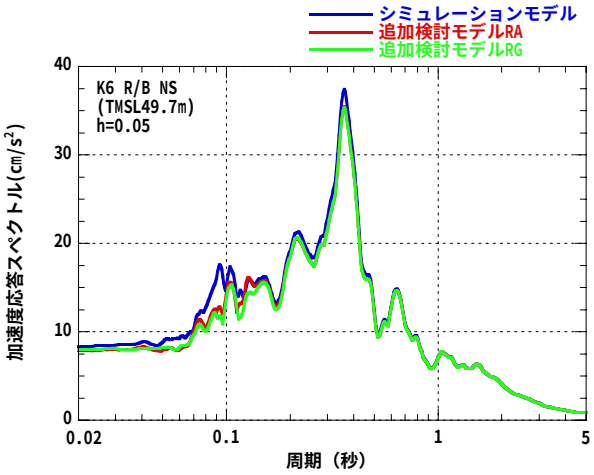


参図-2.14　原子炉建屋　最大応答せん断力（東西方向）

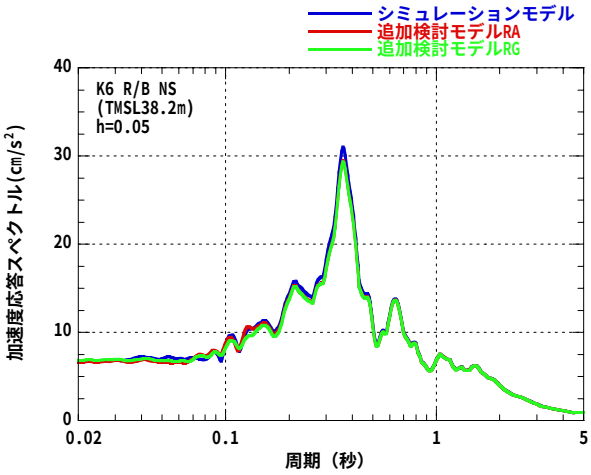
参考資料 3　原子炉建屋の追加検討モデルによる加速度応答スペクトルについて

参考資料 2 で示した 6 号機原子炉建屋の追加検討モデルによる結果として、加速度応答スペクトルの比較を床レベル毎に示す。

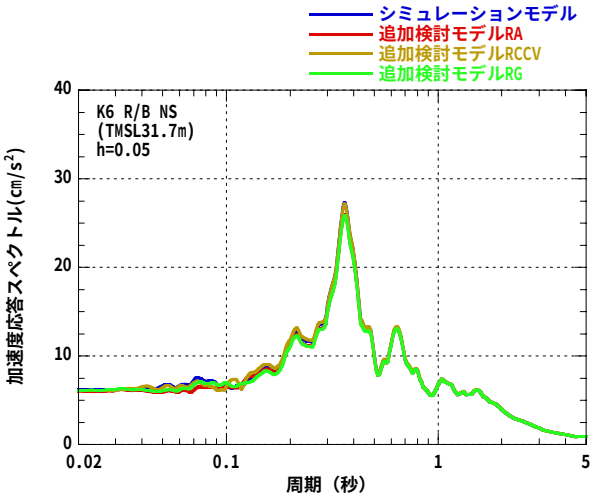
参図-3.1 に NS 方向の加速度応答スペクトルの比較、参図-3.2 に EW 方向の加速度応答スペクトルの比較をそれぞれ示す。



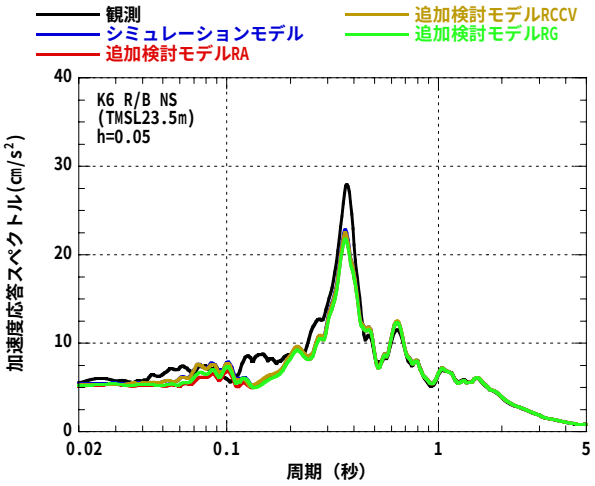
①T.M.S.L. 49.7m



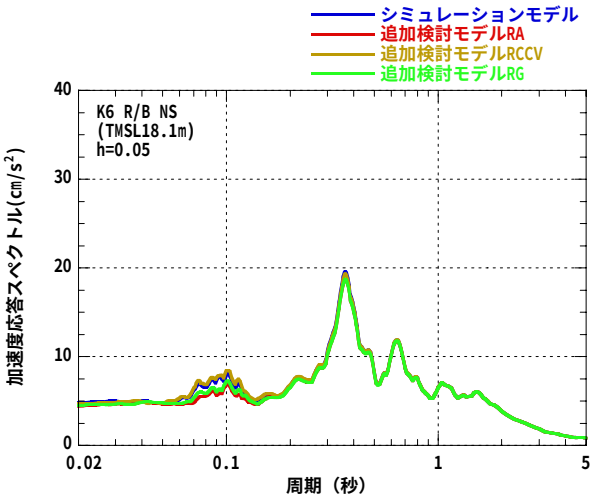
②T.M.S.L. 38.2m



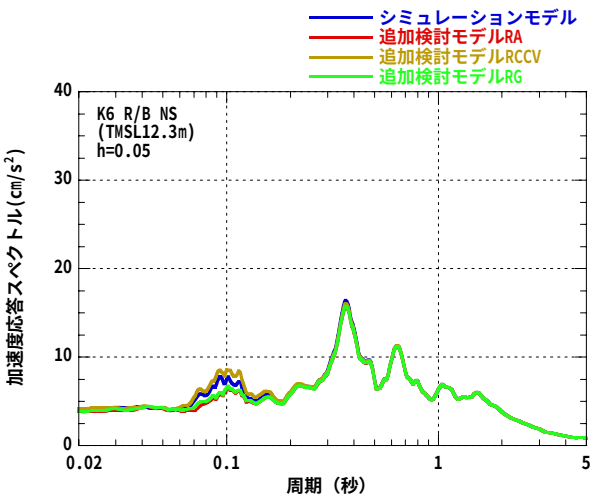
③T.M.S.L. 31.7m



④T.M.S.L. 23.5m

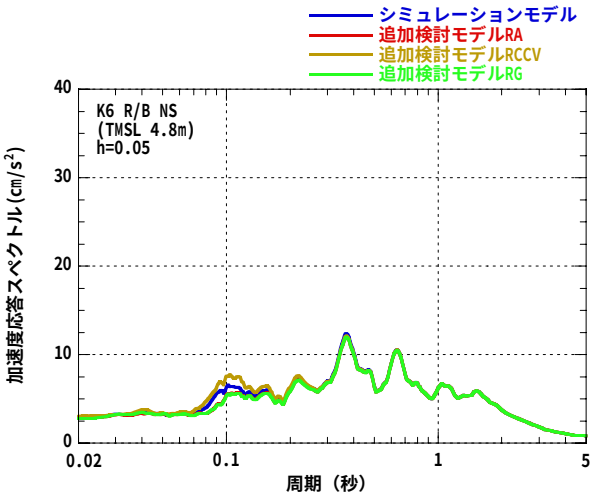


⑤T.M.S.L. 18.1m

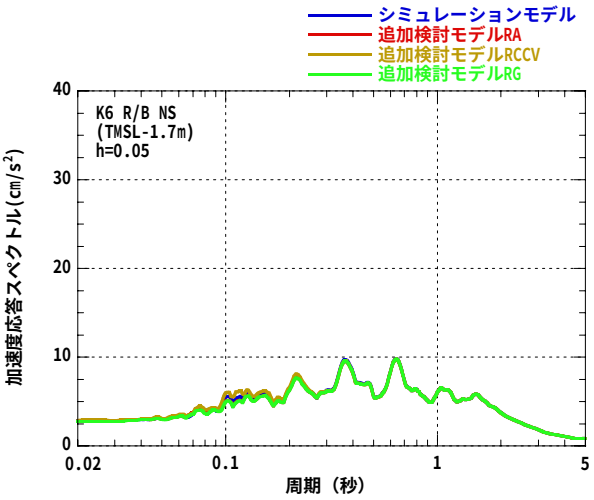


⑥T.M.S.L. 12.3m

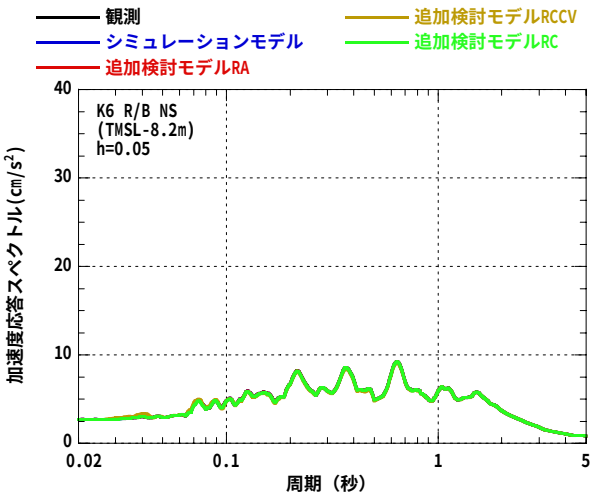
参図-3.1　K6-R/B 加速度応答スペクトル（NS 方向）(その 1)



⑦T.M.S.L. 4.8m

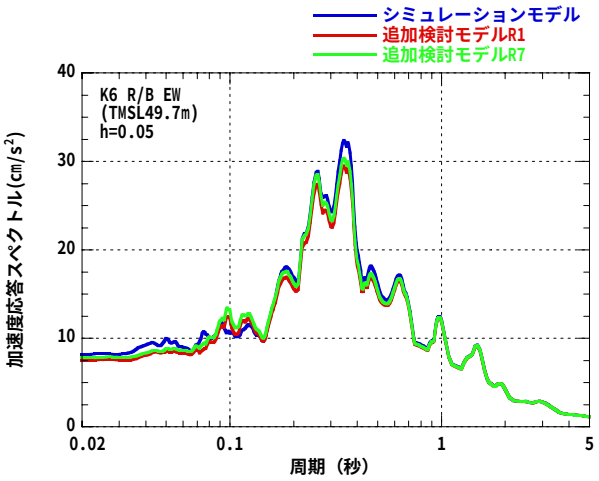


⑧T.M.S.L. -1.7m

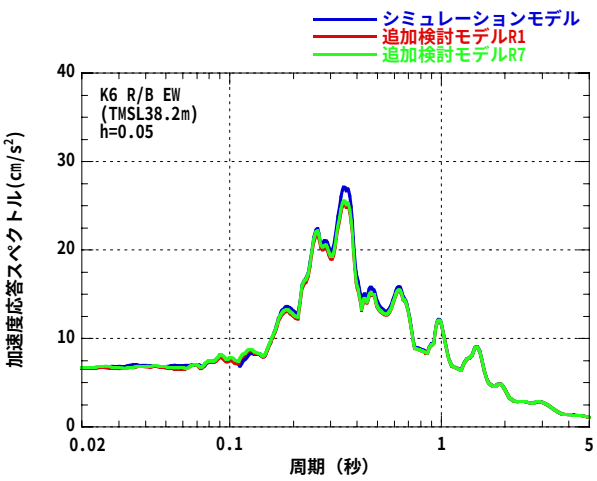


⑨T.M.S.L. -8.2m

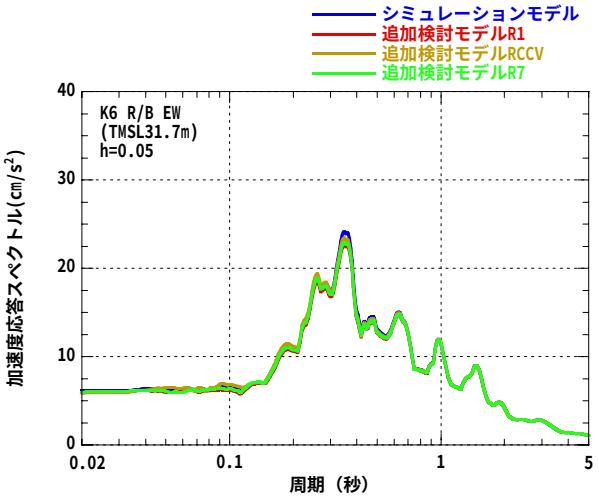
参図-3.1　K6-R/B 加速度応答スペクトル（NS 方向）（その 2)



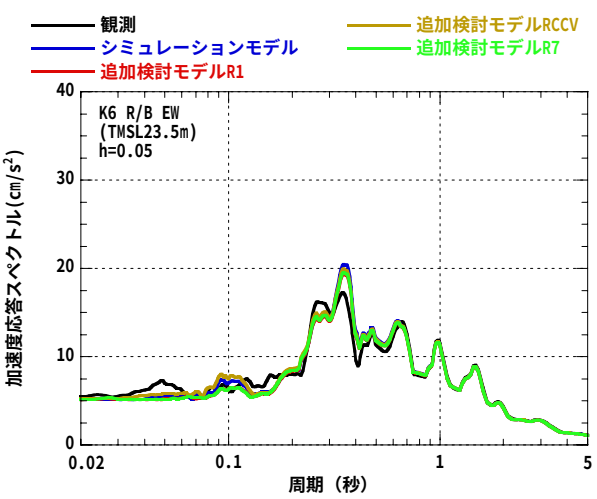
①T.M.S.L. 49.7m



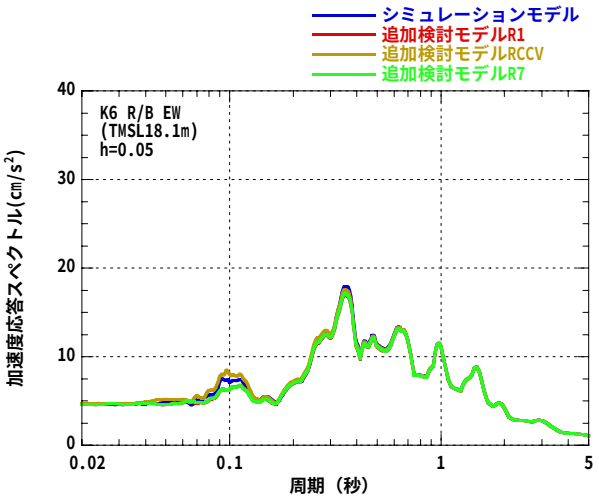
②T.M.S.L. 38.2m



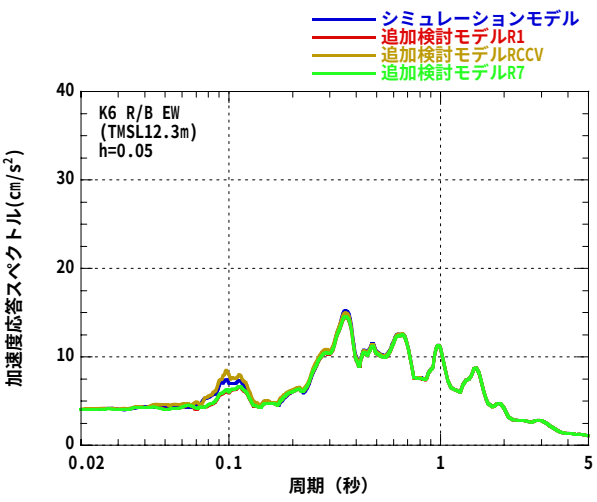
③T.M.S.L. 31.7m



④T.M.S.L. 23.5m

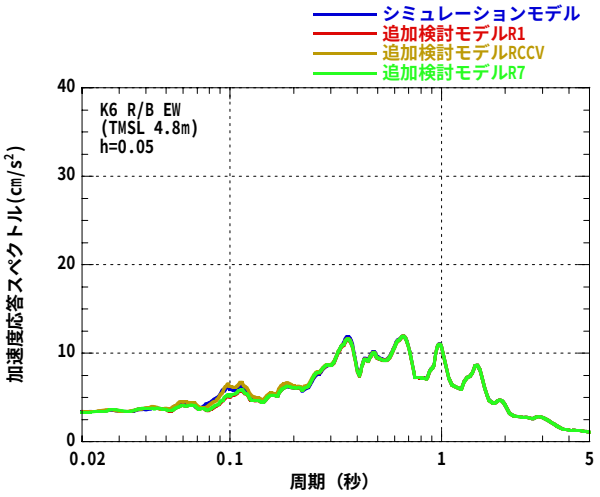


⑤T.M.S.L. 18.1m

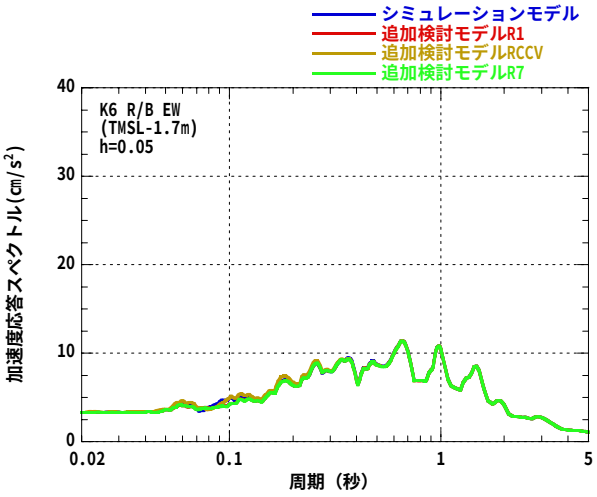


⑥T.M.S.L. 12.3m

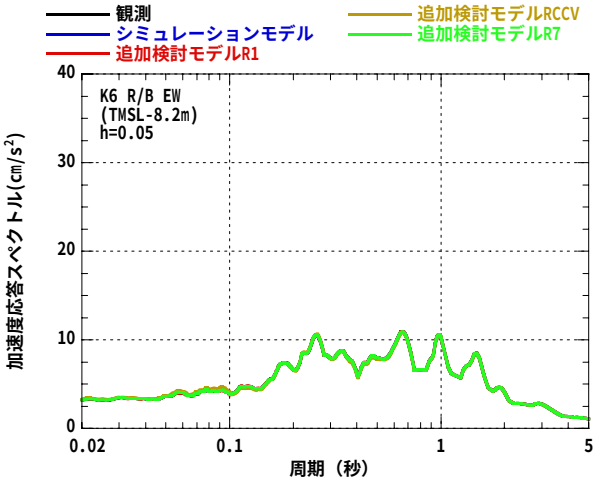
参図-3.2　K6-R/B 加速度応答スペクトル（EW 方向）(その 1)



⑦T.M.S.L. 4.8m



⑧T.M.S.L. -1.7m



⑨T.M.S.L. -8.2m

参図-3.2　K6-R/B 加速度応答スペクトル（EW 方向）(その 2)

参考資料４　タービン建屋地震応答解析結果

地震応答解析モデルの固有値（固有周期および固有振動数）を、参表-4.1 に示す。
地震応答解析（水平）により求められた最大応答値を参図-4.1～参図-4.4 に示す。

参表-4.1　固有値解析結果

（南北方向）

次数	固有周期 (s)	固有振動数 (Hz)	刺激係数*1
1	0.358	2.794	2.201
2	0.281	3.560	−0.955
3	0.217	4.610	−1.686
4	0.187	5.360	−1.088
5	0.183	5.450	−0.497
6	0.135	7.416	0.241
7	0.106	9.451	−0.032
8	0.096	10.455	0.053
9	0.092	10.917	0.014
10	0.078	12.820	−0.013

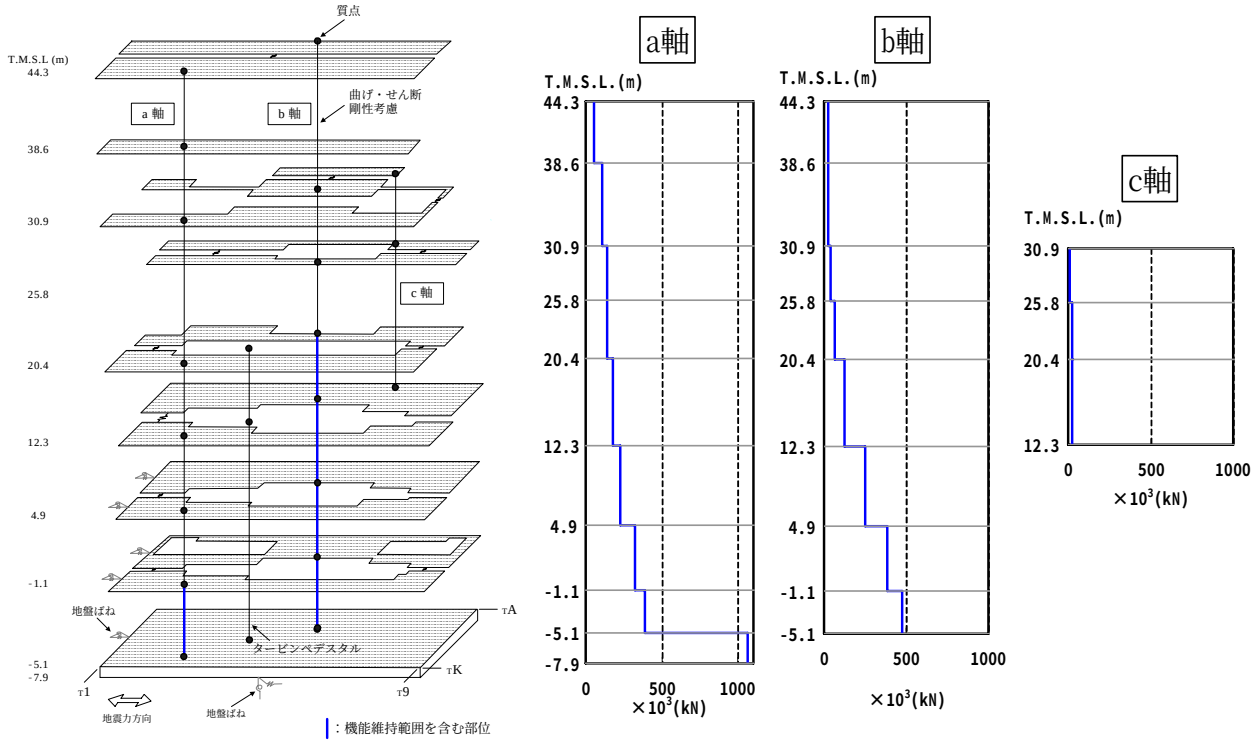
（東西方向）

次数	固有周期 (s)	固有振動数 (Hz)	刺激係数*1
1	0.388	2.576	3.367
2	0.299	3.339	−1.640
3	0.248	4.029	−1.386
4	0.220	4.546	0.728
5	0.174	5.736	−1.017
6	0.168	5.965	0.699
7	0.157	6.386	0.853
8	0.149	6.725	0.039
9	0.128	7.826	−0.230
10	0.125	8.020	0.079

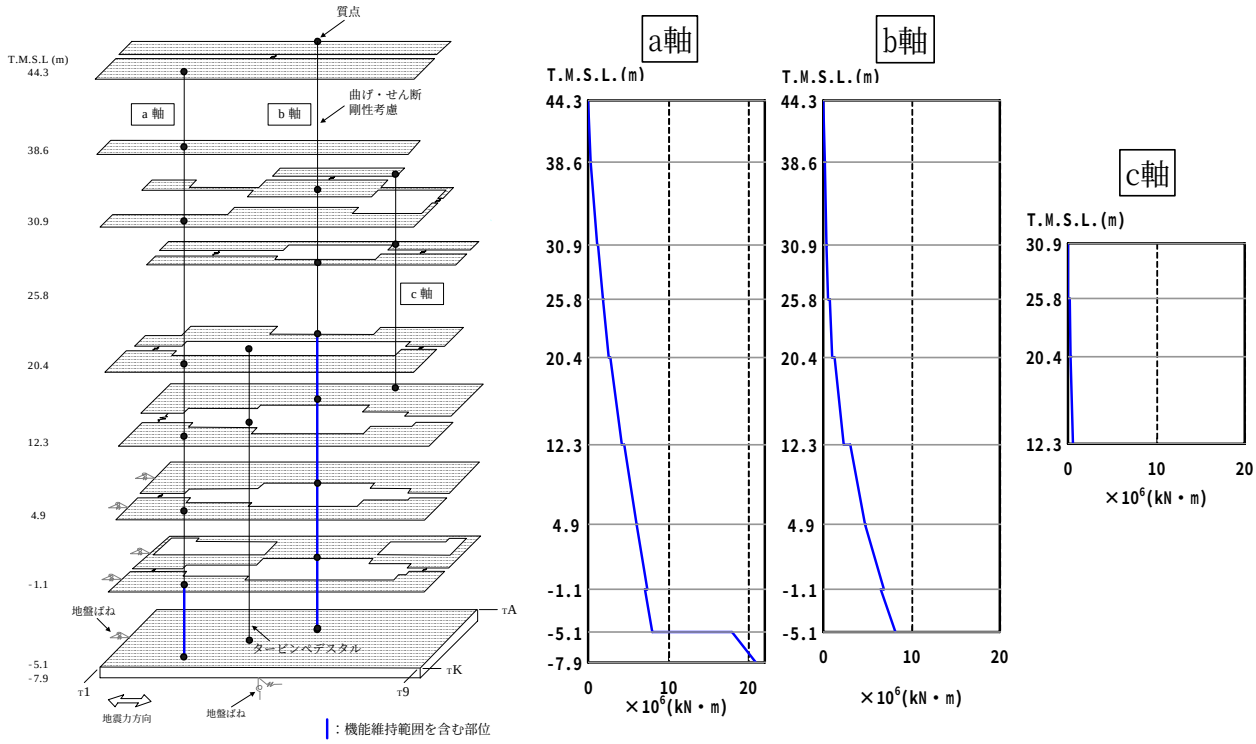
（鉛直方向）

次数	固有周期 (s)	固有振動数 (Hz)	刺激係数*1
1	0.394	2.537	2.034
2	0.232	4.304	−1.136
3	0.086	11.645	0.186
4	0.064	15.715	−0.125
5	0.055	18.304	−0.040
6	0.049	20.521	0.051
7	0.041	24.566	−0.028
8	0.035	28.810	−0.045
9	0.024	41.323	0.011
10	0.019	52.103	0.012

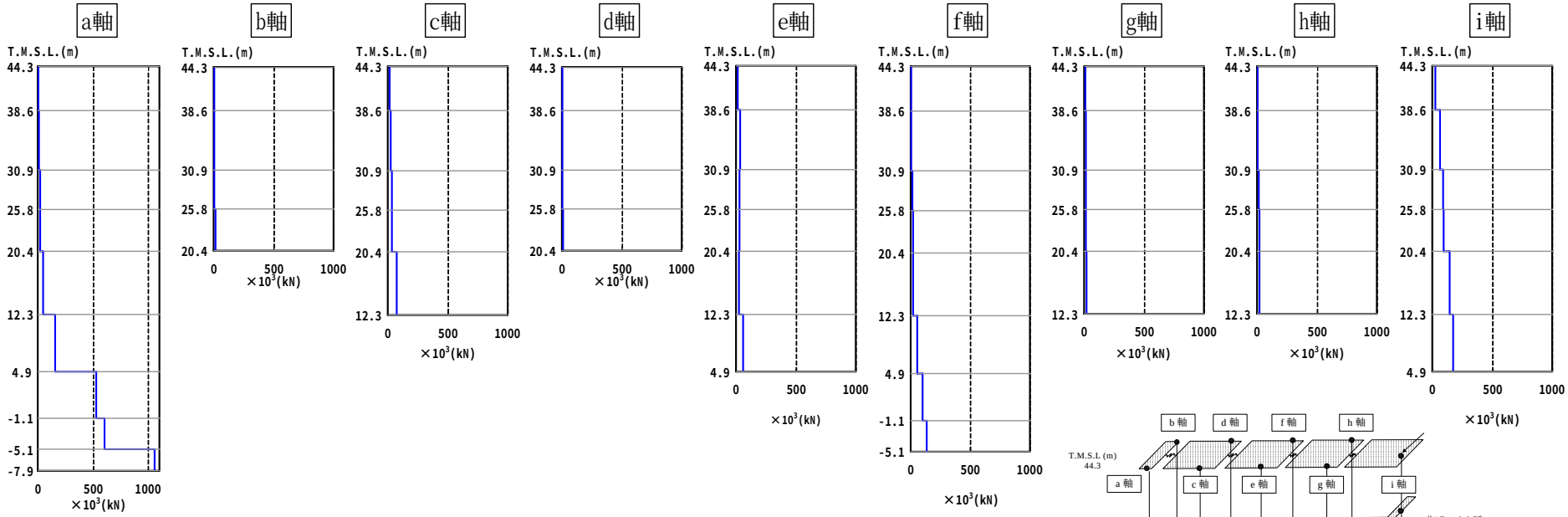
*1 ：各モードごとに固有ベクトルの最大値を 1 に基準化して得られる刺激係数を示す。



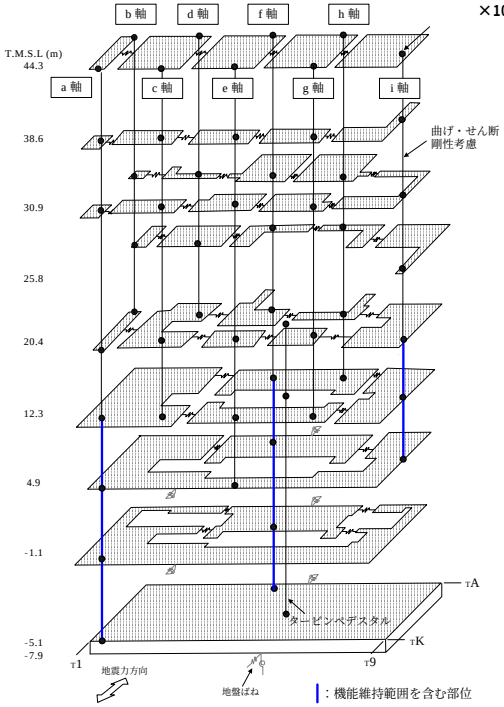
参図-4.1　最大応答せん断力（南北方向）



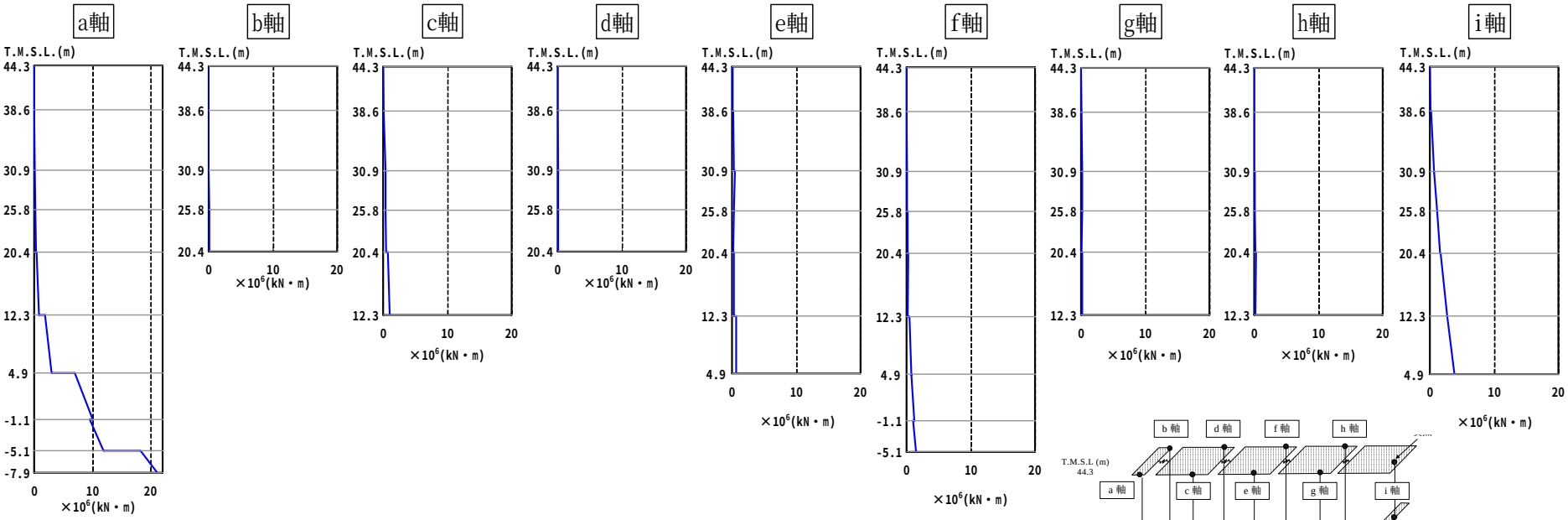
参図-4.2　最大応答曲げモーメント（南北方向）



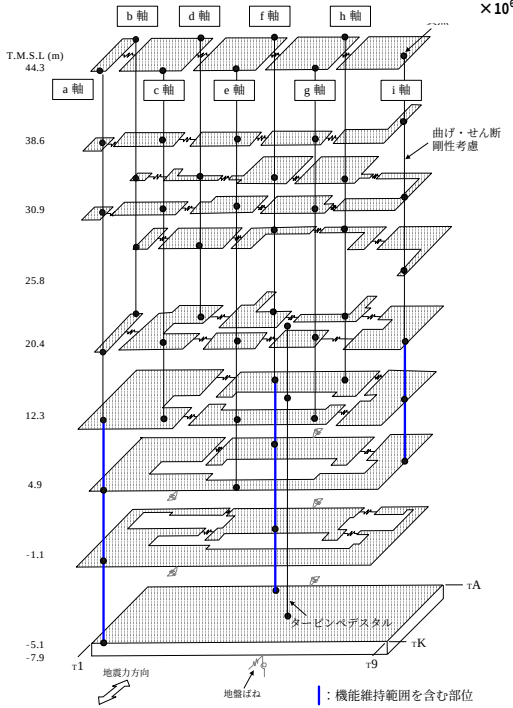
縦軸：T.M.S.L.(m)、横軸：最大応答せん断力（$\times 10^3$kN）



参図-4.3　最大応答せん断力（東西方向）



縦軸：T.M.S.L.(m)、横軸：最大応答曲げモーメント（×10^6kN･m）



参図-4.4　最大応答曲げモーメント（東西方向）

参考資料５　６号機解放基盤波を用いたタービン建屋の耐震健全性評価について

「柏崎刈羽原子力発電所における平成 19 年新潟県中越沖地震時に取得された地震観測データの分析及び基準地震動に係る報告書」（平成 20 年 9 月 22 日補正、東京電力株式会社）に示されている、６号機原子炉建屋基礎版上の記録を用いて推定された解放基盤表面の地震動（以下、「６号機解放基盤波」という）を用いて６号機タービン建屋の健全性評価を行う。

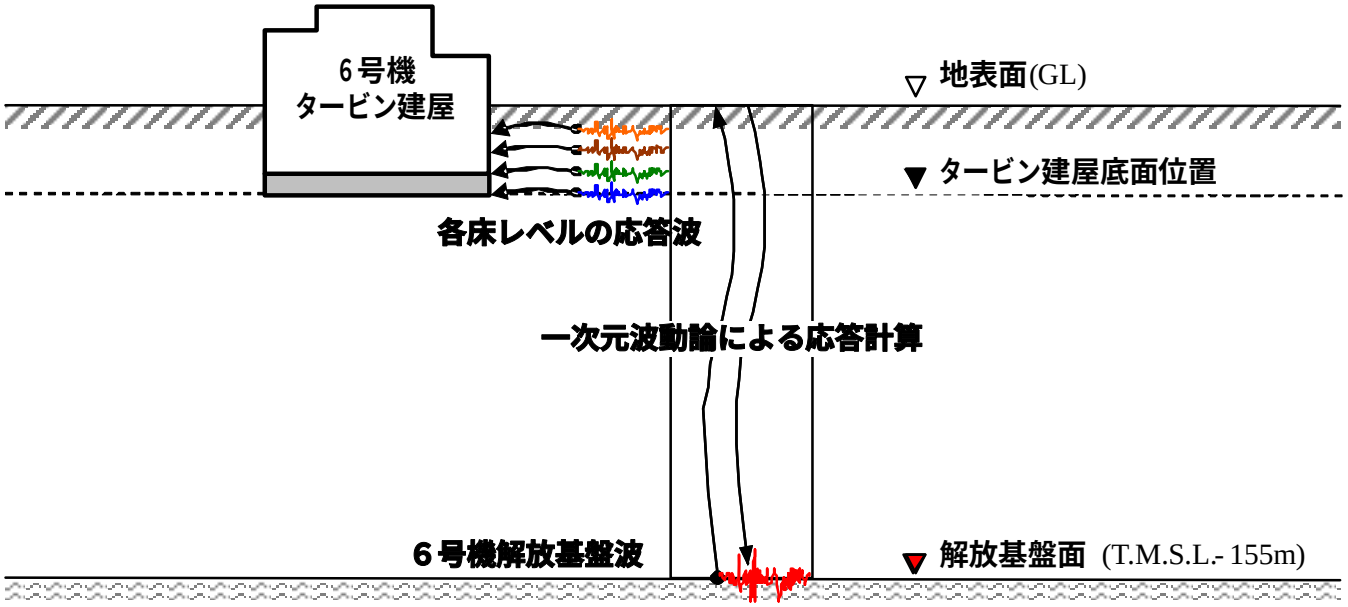
(1) 検討方法

地震応答解析における入力地震動を「６号機解放基盤波」から算定される地盤－建屋連成系の解析モデル下端における地震動とした。６号機解放基盤波を用いた地震応答解析のイメージを参図-5.1 に示す。

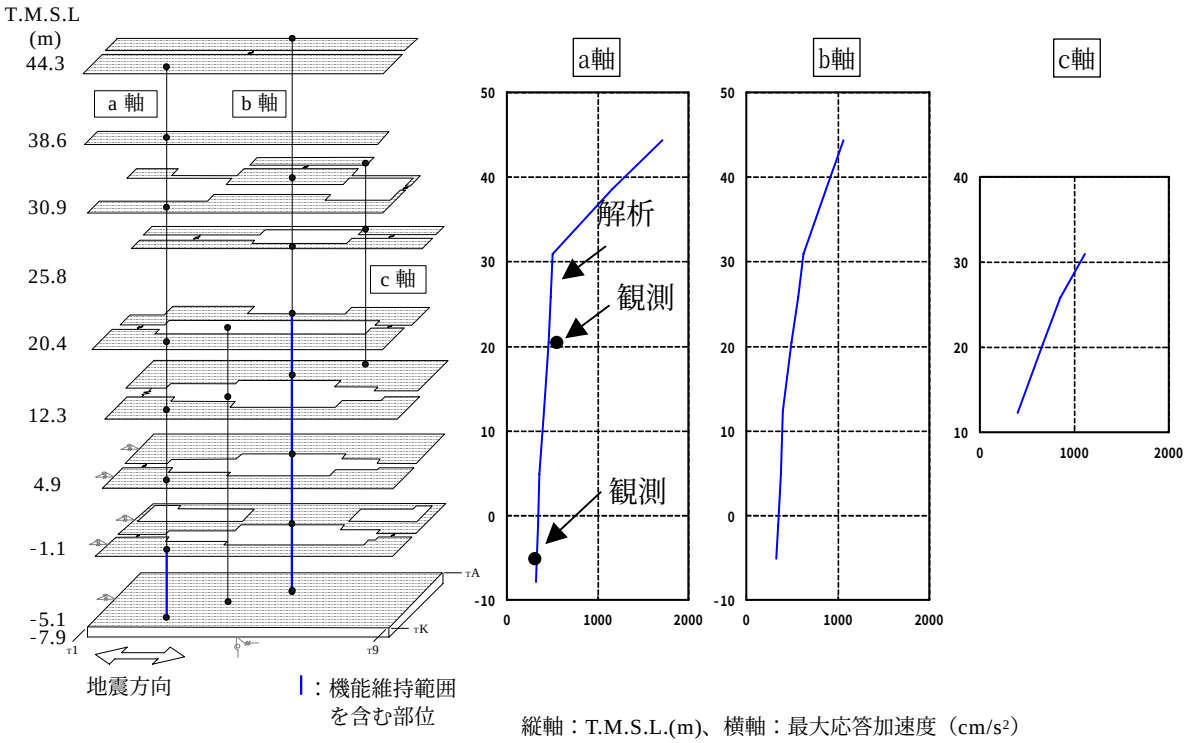
その他の検討条件は、報告書本編の「5.2．タービン建屋の耐震健全性評価」に示された評価手順、地震応答解析手法、評価基準と同一である。

(2) 地震応答解析結果

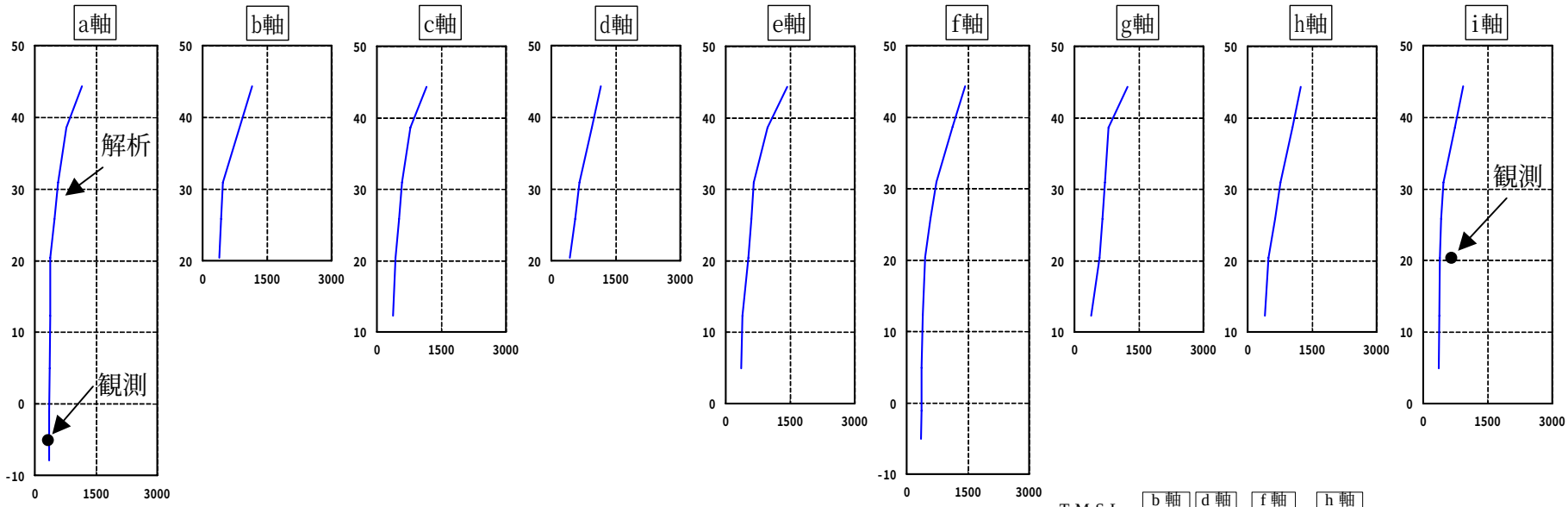
地震応答解析から求められた南北方向、東西方向、鉛直方向の最大応答加速度分布を参図-5.2～参図-5.4 に示す。



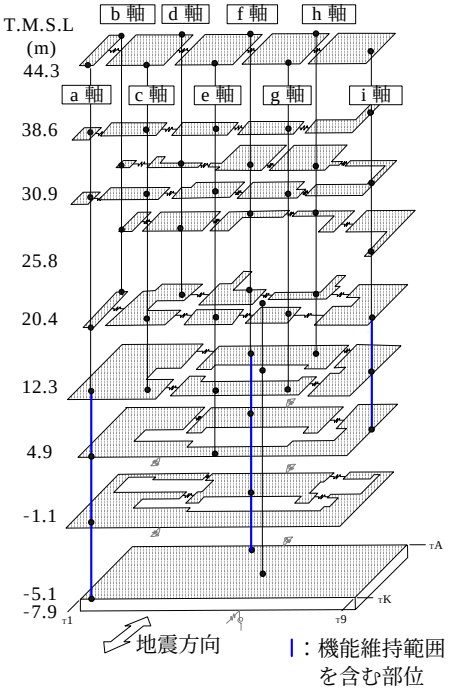
参図-5.1　6号機解放基盤波を用いた地震応答解析のイメージ



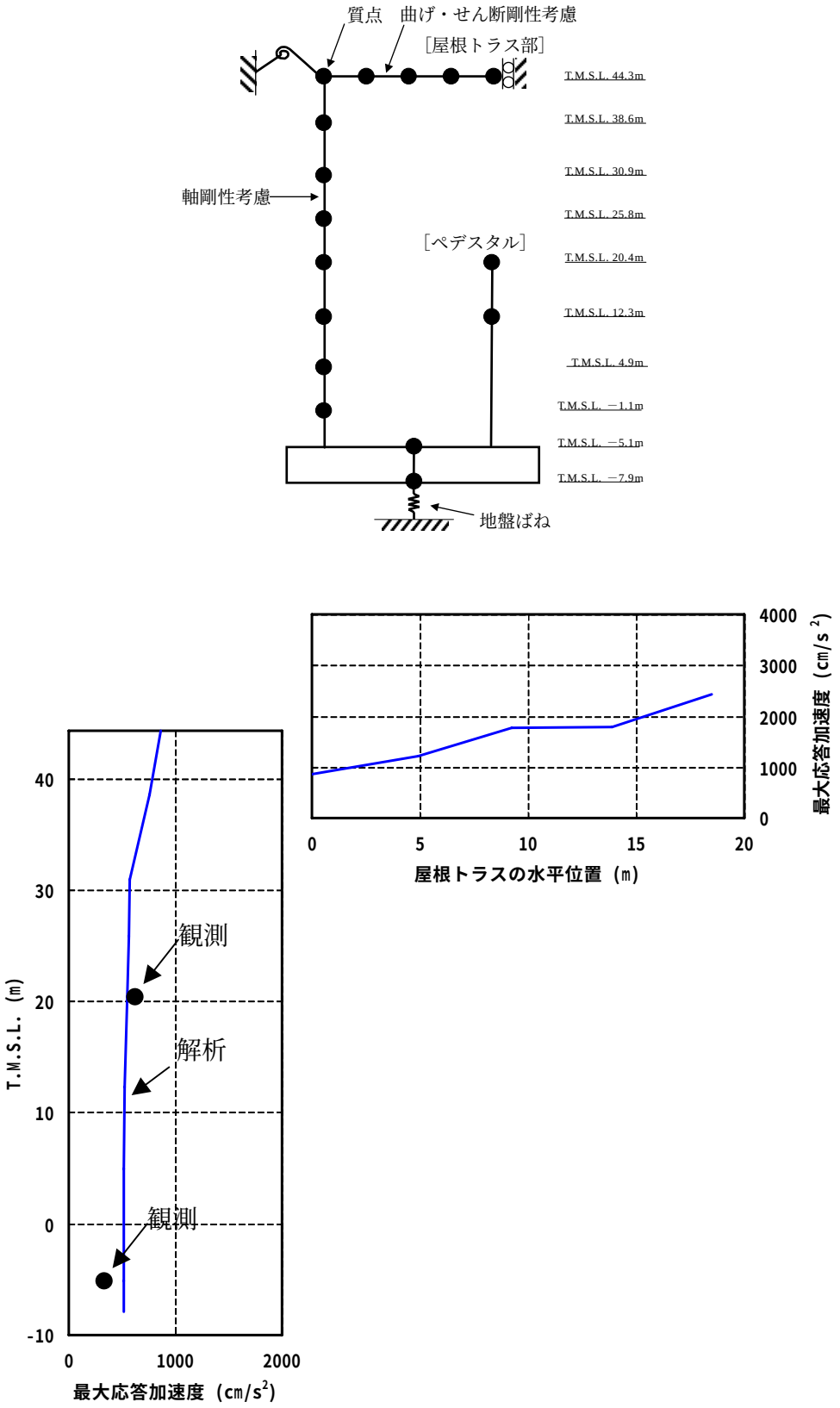
参図-5.2　最大応答加速度（南北方向）



縦軸：T.M.S.L.(m)、横軸：最大応答加速度（cm/s²）



参図-5.3　最大応答加速度（東西方向）



参図-5.4　最大応答加速度（鉛直方向）

(3) 耐震健全性評価結果

地震応答解析により得られた機能維持部位のせん断応力度を、設計配筋量のみで負担できる短期せん断応力度（$p_w \cdot \sigma_y$※1）と併せて参図-5.5 および参図-5.6 に示す。これより、機能維持部位のせん断応力度は、設計配筋量のみで負担できる短期せん断応力度に対して余裕がある状態にある。

また、地震応答解析により得られた機能維持部位のせん断ひずみを、壁のひび割れが発生するひずみの目安値と併せて参図-5.7 および参図-5.8 に示す。これより、機能維持部位のせん断ひずみは、壁のひび割れが発生するひずみの目安値を下回っている。

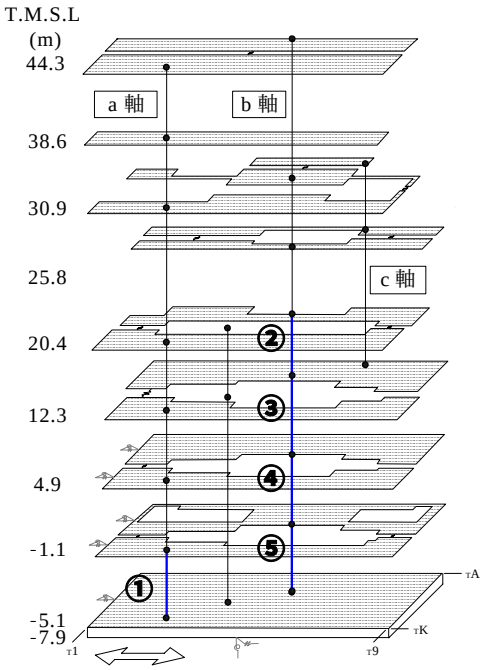
タービン建屋については、弾塑性解析を行っている。機能維持範囲を含む部位について、応答結果をスケルトン曲線上にプロットしたものを参図-5.9 および参図-5.10 に示す。なお、機能維持範囲を含まない部位で最もひずみの大きかった部位についても同じ図に示している。タービン建屋の耐震壁のせん断ひずみについては、最もひずみの大きかった耐震壁において、ほぼ第１折点の近傍となっている。

なお、参図-5.5～参図-5.10 に示す機能維持範囲を含む部位については、耐震壁に加えて設計時に耐震要素として考慮していなかった補助壁の分も含めて評価している。

以上のことから、タービン建屋の機能維持部位は、概ね弾性範囲にあると判断されるとともに裕度を有しており、耐震健全性は確保されていると評価した。

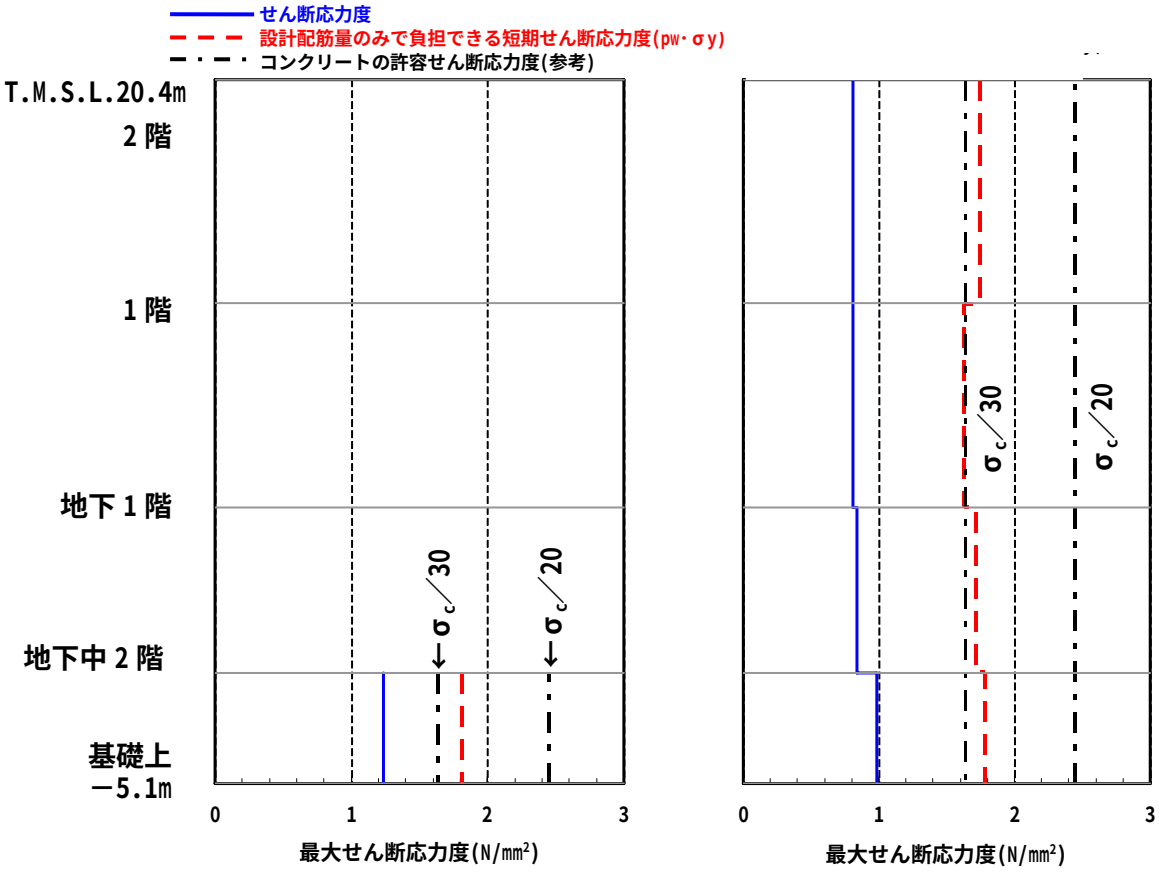
※１：p_w　耐震壁の設計鉄筋比

　　σ_y　鉄筋の短期許容引張応力度(SD345：345N/mm^2)



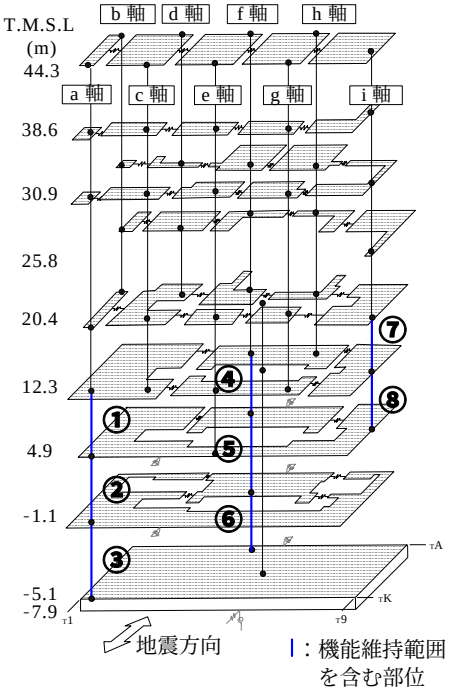
①～⑤は機能維持範囲を含む

σ_c　：コンクリートの実強度



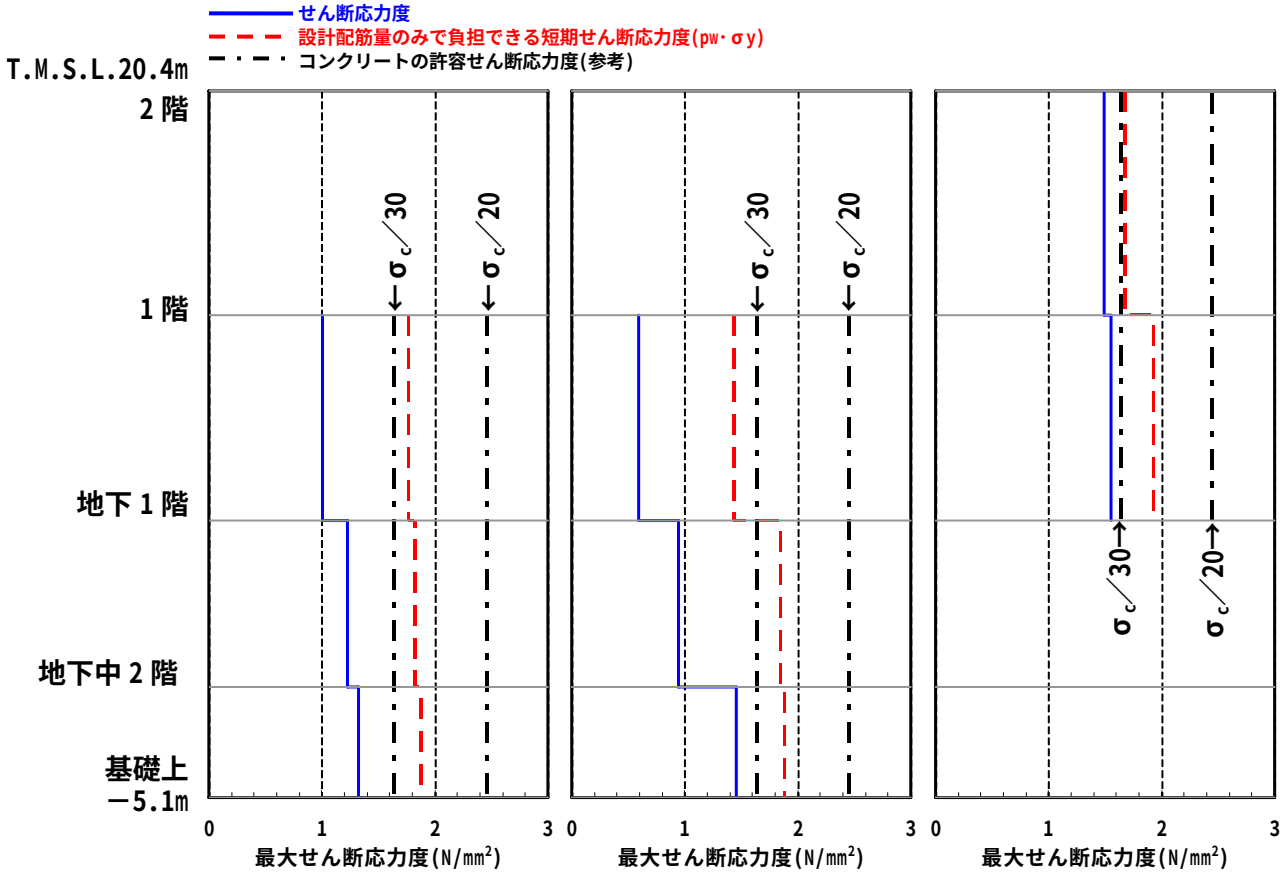
機能維持部位①　　機能維持部位②～⑤

参図-5.5　機能維持部位のせん断応力度（南北方向）



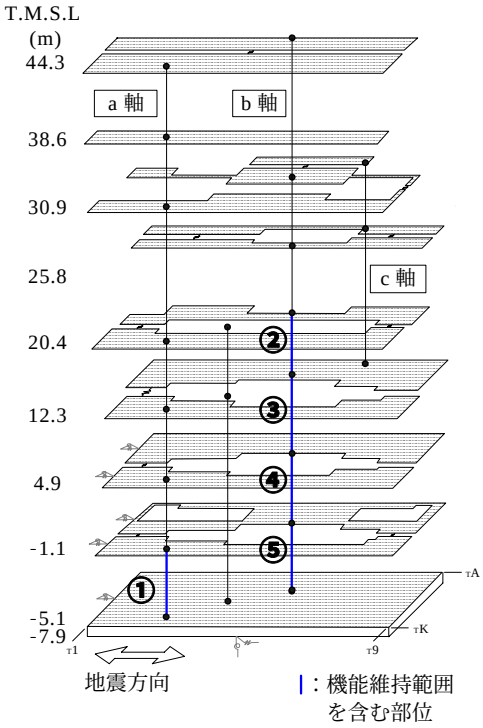
①～⑧は機能維持範囲を含む

σ_c　　：コンクリートの実強度

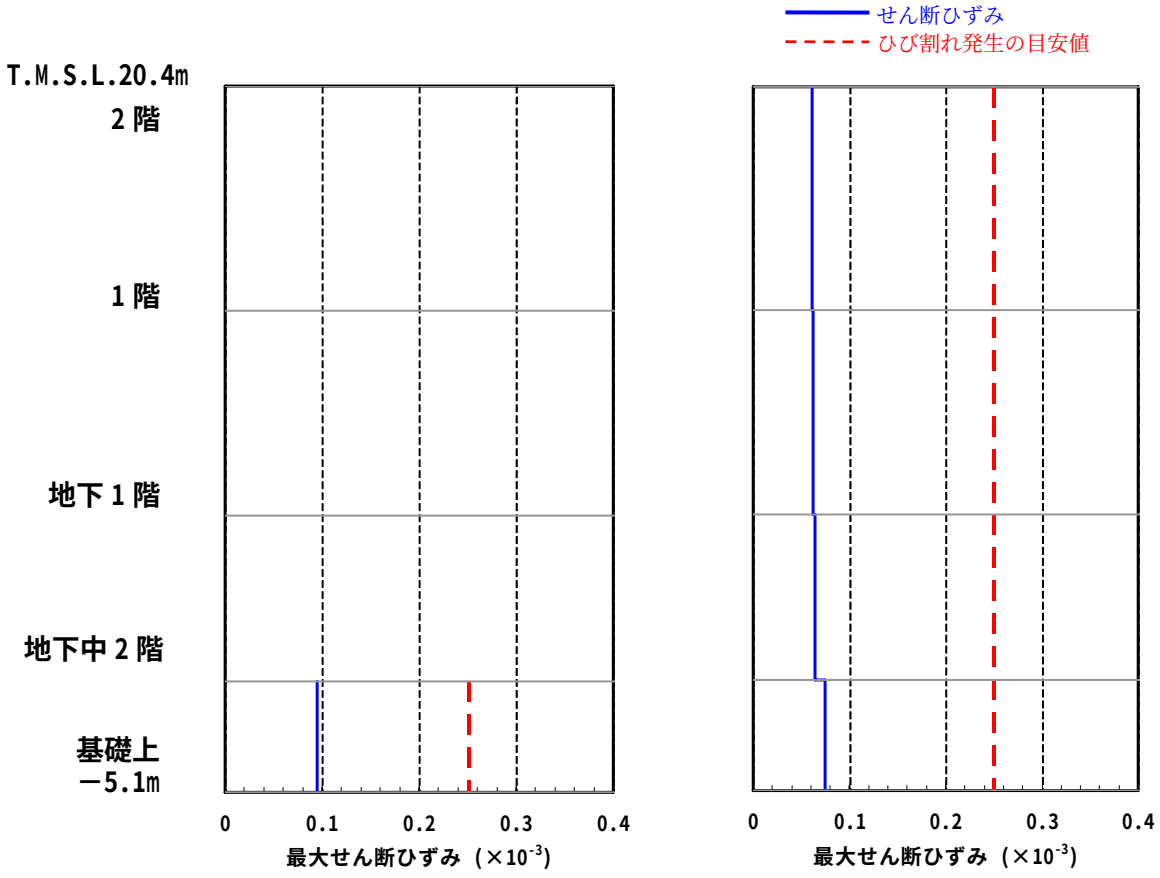


機能維持部位①～③　　機能維持部位④～⑥　　機能維持部位⑦～⑧

参図-5.6　機能維持部位のせん断応力度（東西方向）

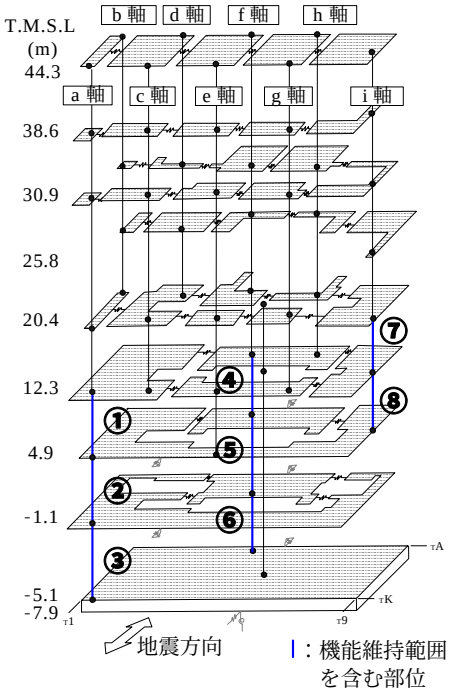


①～⑤は機能維持範囲を含む

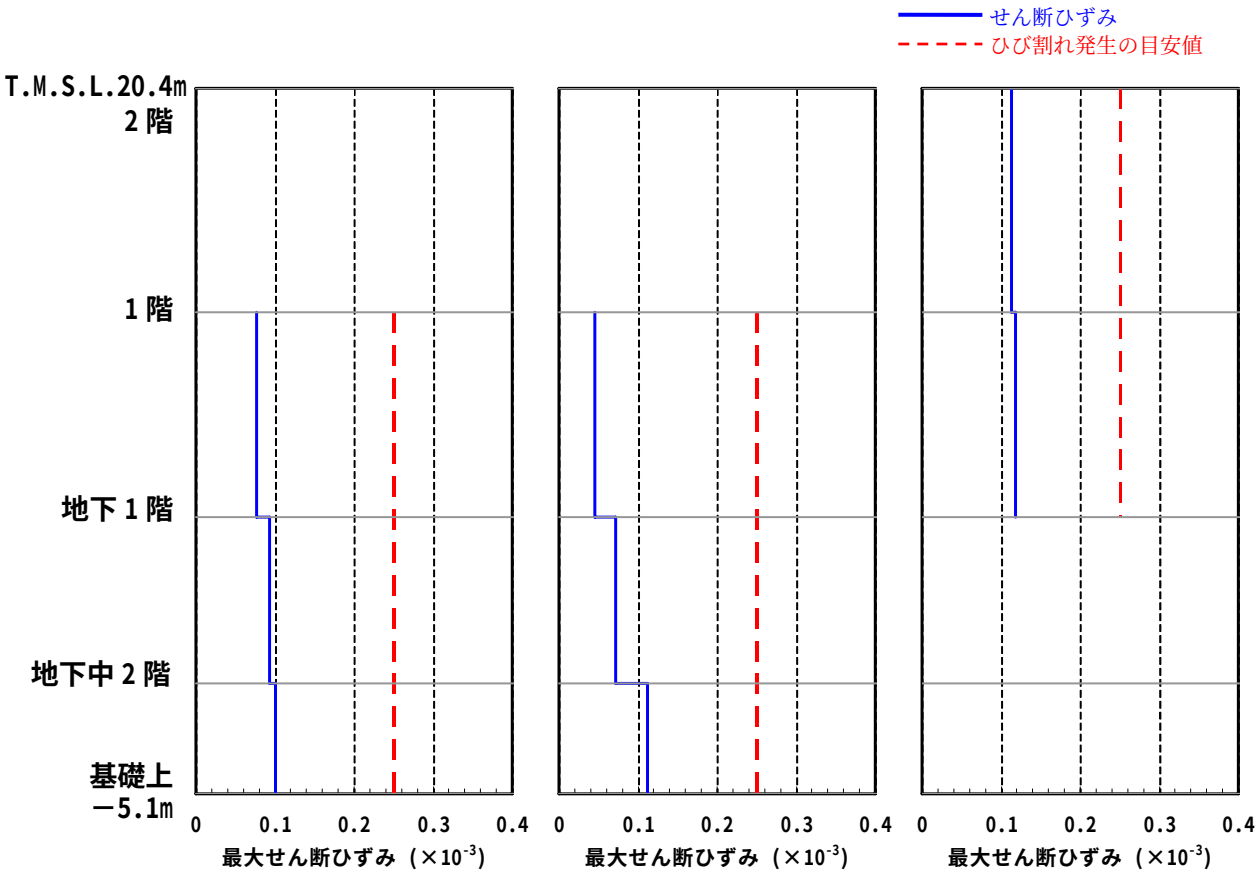


機能維持部位①　　機能維持部位②～⑤

参図-5.7　機能維持部位のせん断ひずみ（南北方向）

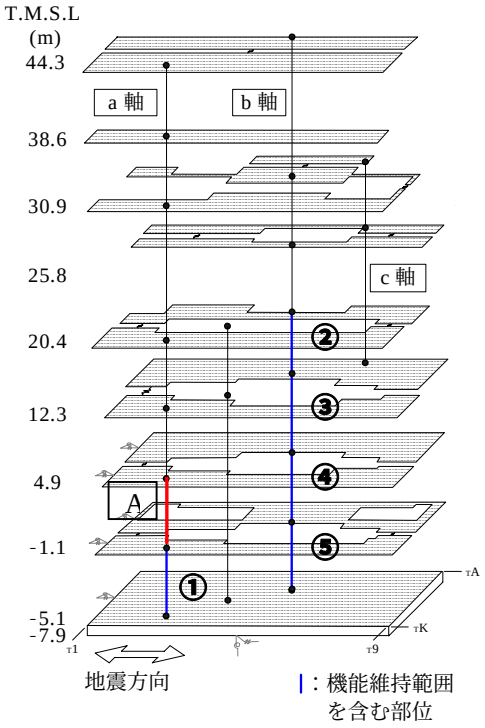


①～⑧は機能維持範囲を含む

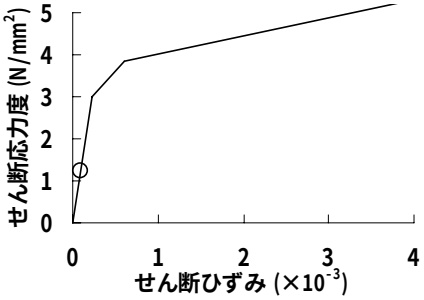


機能維持部位①～③　　機能維持部位④～⑥　　機能維持部位⑦～⑧

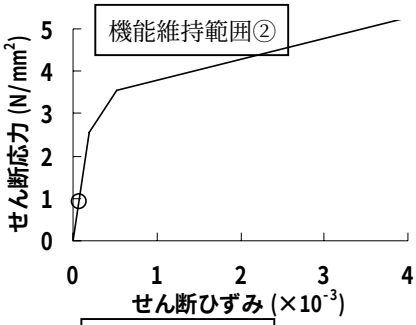
参図-5.8　機能維持部位のせん断ひずみ（東西方向）

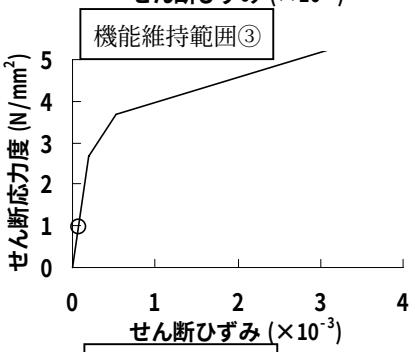


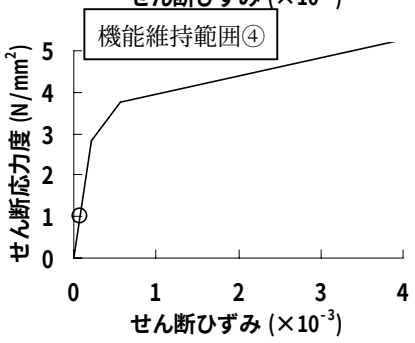
①～⑤は機能維持範囲を含む
○ はせん断スケルトン曲線上の最大応答値を表す。

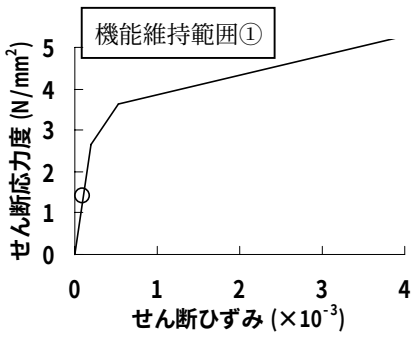


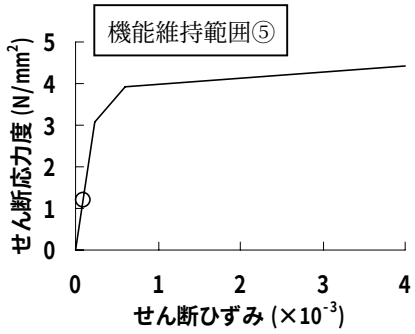
機能維持範囲を含まない部位で耐震壁のせん断ひずみが最も大きかった部位 A



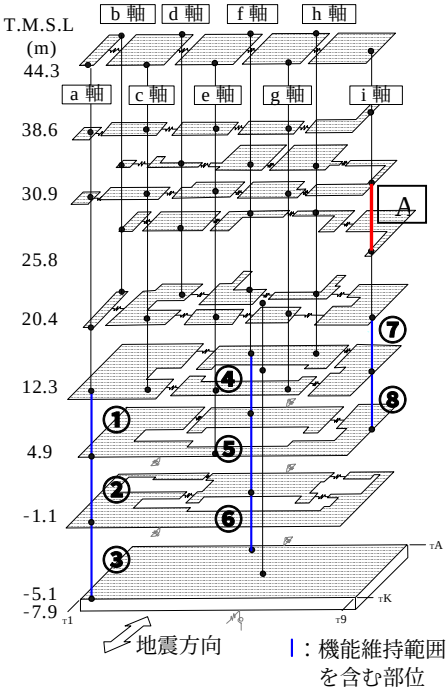


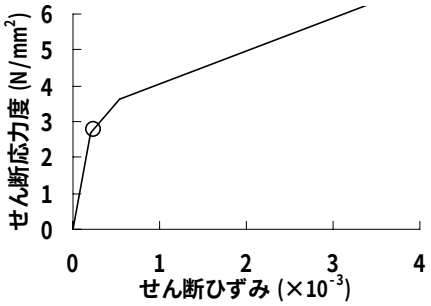




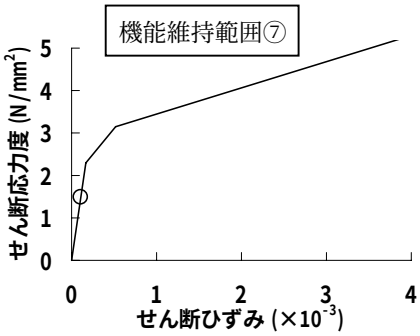


参図-5.9　せん断スケルトン曲線上の最大応答値（南北方向）

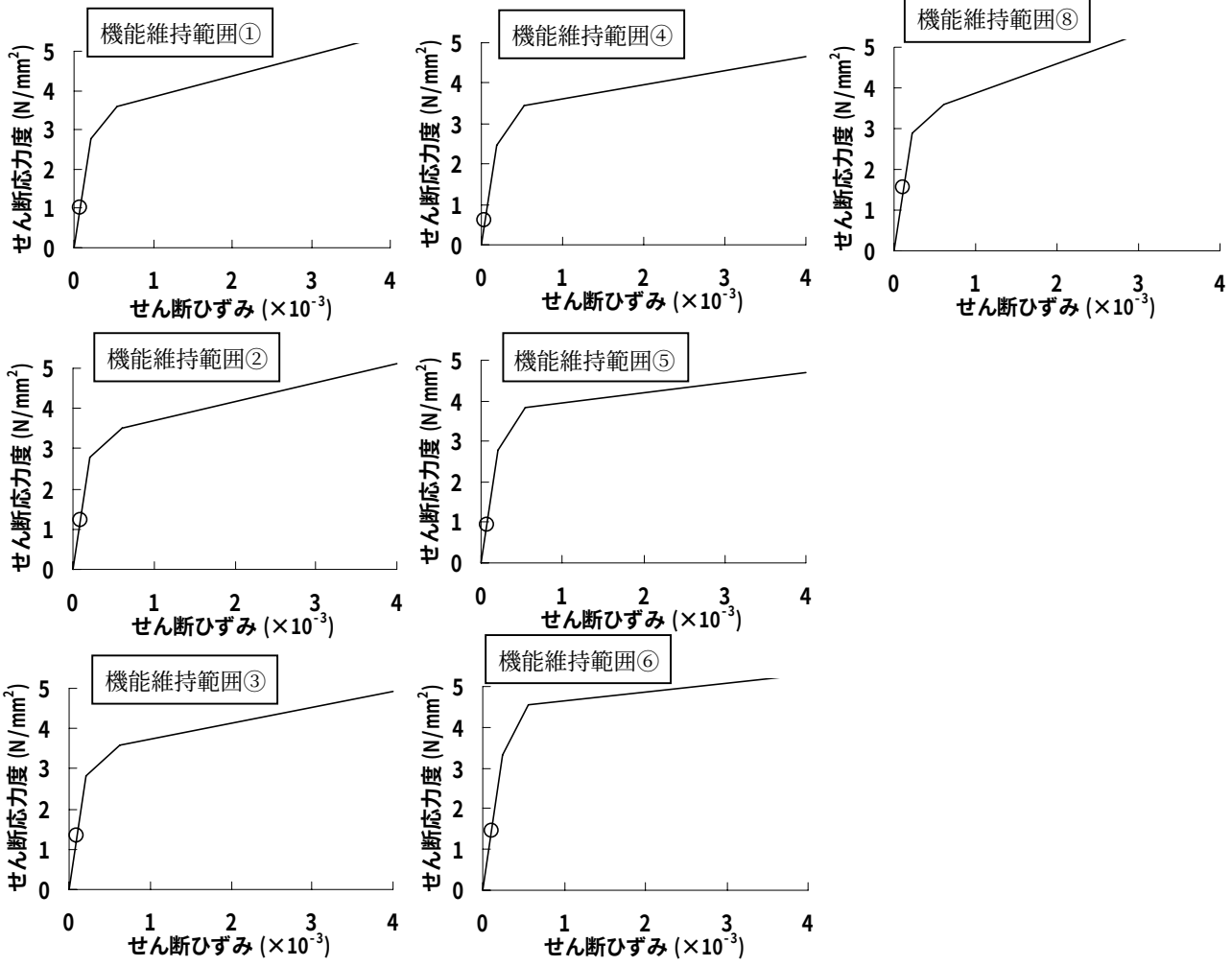




機能維持範囲を含まない部位で耐震壁のせん断ひずみが最も大きかった部位 A



①～⑧は機能維持範囲を含む
○はせん断スケルトン曲線上の最大応答値を表す。



参図-5.10　せん断スケルトン曲線上の最大応答値（東西方向）

参考資料 6　コントロール建屋地震応答解析結果

地震応答解析モデルの固有値（固有周期および固有振動数）を、参表-6.1 に示す。地震応答解析（水平）により求められた最大応答値を、参図-6.1～参図-6.6 に示す。地震応答解析（鉛直）により求められた最大応答値を、参図-6.7 および参図-6.8 に示す。

参表-6.1　固有値解析結果

（南北方向）

次数	固有周期 (sec)	固有振動数 (Hz)	刺激係数*
1	0.257	3.89	1.321
2	0.123	8.12	0.420
3	0.053	18.69	-0.073
4	0.042	23.62	0.062
5	0.030	33.73	0.002

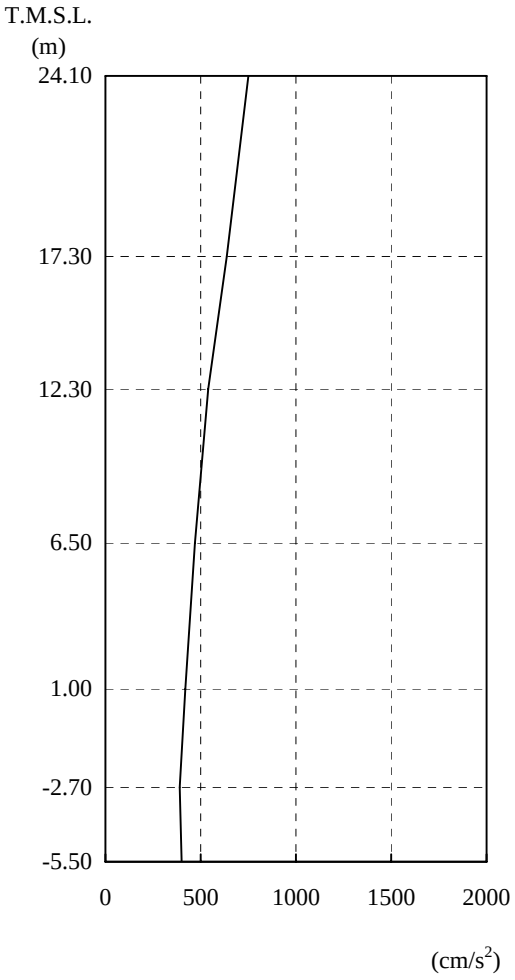
（東西方向）

次数	固有周期 (sec)	固有振動数 (Hz)	刺激係数*
1	0.243	4.11	1.263
2	0.127	7.86	0.310
3	0.056	17.82	-0.107
4	0.040	25.10	0.052
5	0.031	32.46	0.002

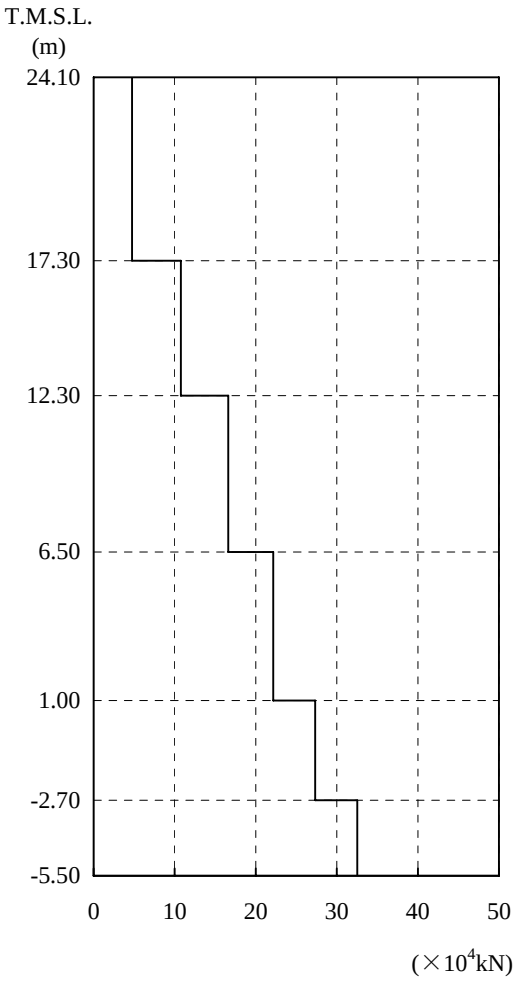
（鉛直方向）

次数	固有周期 (sec)	固有振動数 (Hz)	刺激係数*
1	0.169	5.91	1.055
2	0.031	32.77	-0.069
3	0.017	57.38	0.017
4	0.012	81.29	0.005
5	0.009	108.53	0.002

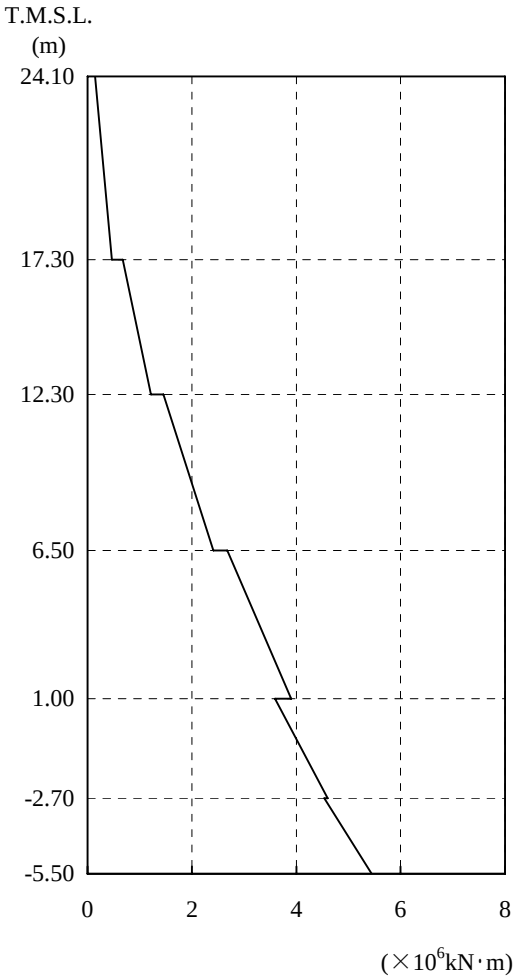
注*：各モードごとに固有ベクトルの最大値を１に基準化して得られる刺激係数を示す。



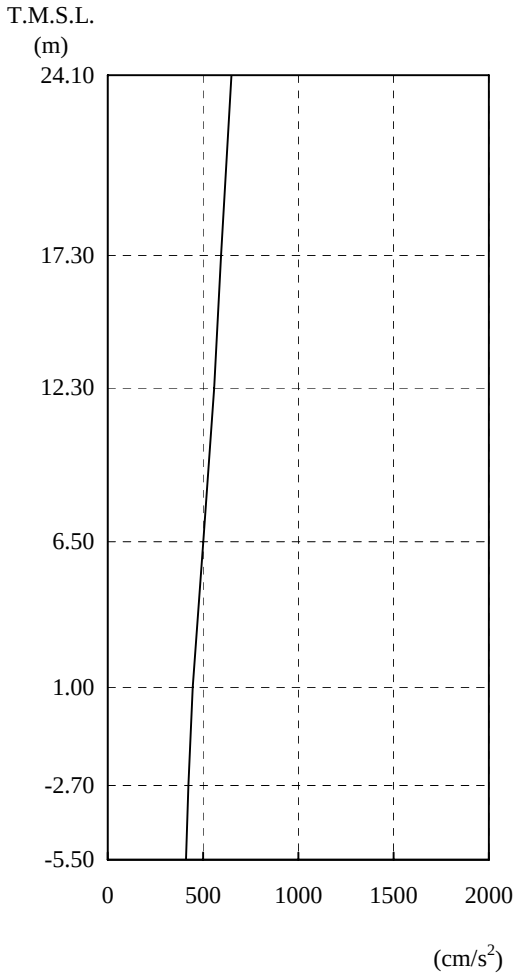
参図-6.1　最大応答加速度（南北方向）



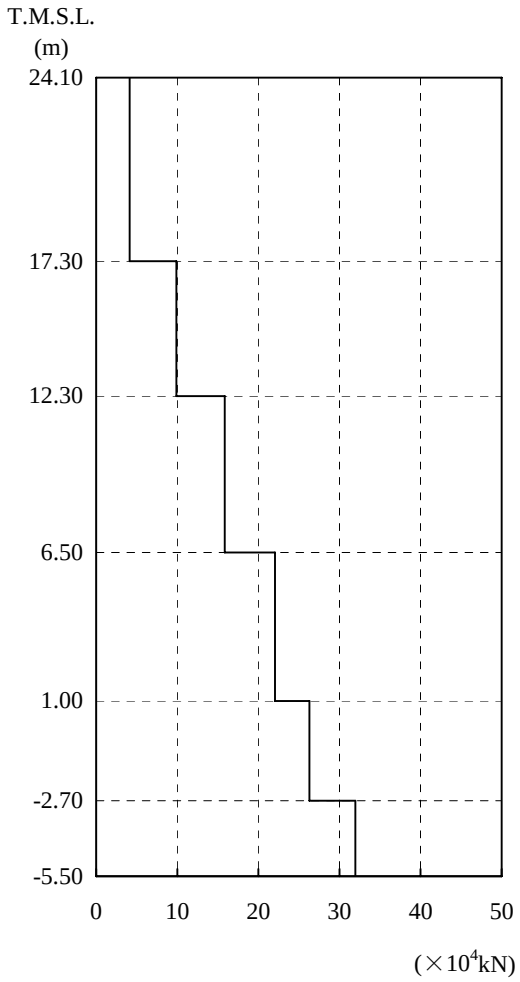
参図-6.2　最大応答せん断力（南北方向）



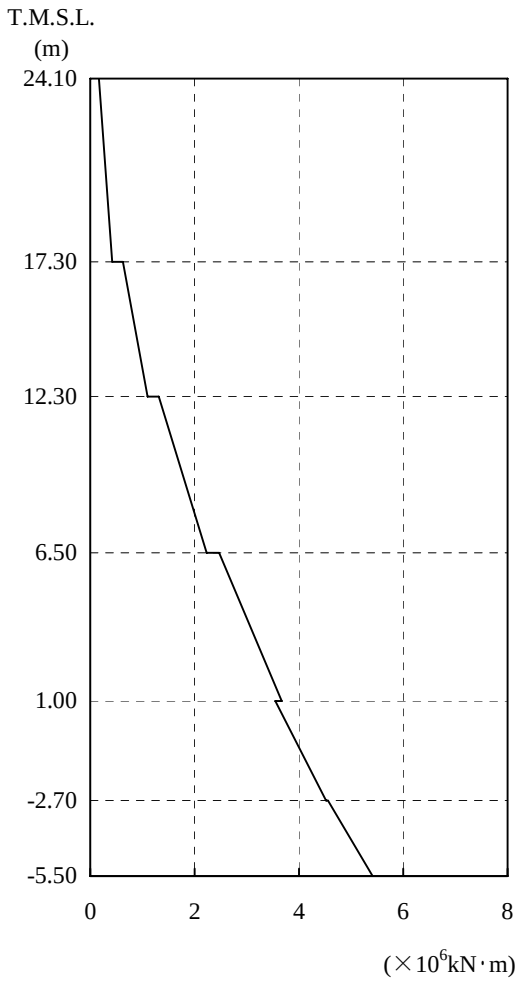
参図-6.3　最大応答曲げモーメント（南北方向）



参図-6.4　最大応答加速度（東西方向）



参図-6.5　最大応答せん断力（東西方向）



参図-6.6　最大応答曲げモーメント（東西方向）

建屋の接地率は、JEAG4601-1991 に基づき、地震応答解析の結果得られた最大転倒モーメントを用い、地盤反力を三角形分布と仮定して算出する。

基礎浮上りの検討結果を参表-6.2 に示す。

参表-6.2　浮上りの検討結果

	浮上り限界モーメント M_0(kN・m)	最大転倒モーメント M_{max}(kN・m)	接地率 η(%)
南北方向	4.63×10^6	5.32×10^6	92.6
東西方向	6.51×10^6	5.23×10^6	100.0

参考資料 7　６号機解放基盤波を用いたコントロール建屋の耐震健全性評価について

「柏崎刈羽原子力発電所における平成 19 年新潟県中越沖地震時に取得された地震観測データの分析及び基準地震動に係る報告書」（平成 20 年 9 月 22 日補正、東京電力株式会社）に示されている、６号機原子炉建屋基礎版上の記録を用いて推定された解放基盤表面の地震動（以下、「６号機解放基盤波」という）を用いて６号機コントロール建屋の健全性評価を行う。

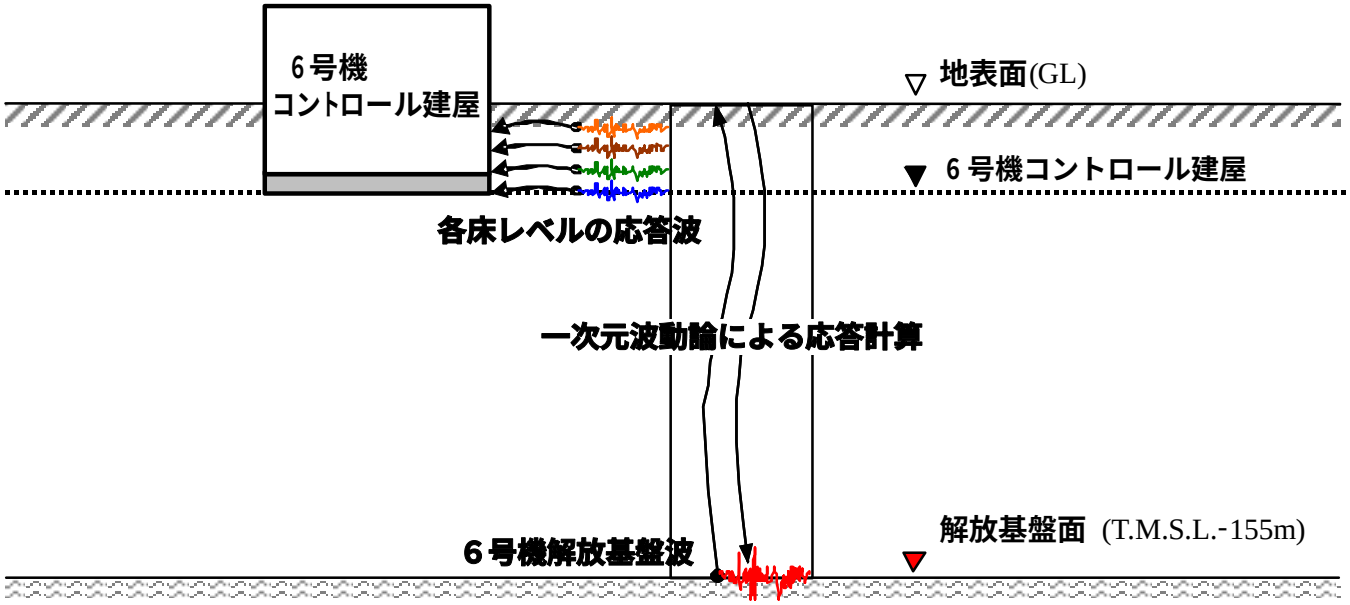
(1) 検討方法

地震応答解析における入力地震動を「６号機解放基盤波」から算定される地盤－建屋連成系の解析モデル下端における地震動とした。６号機解放基盤波を用いた地震応答解析のイメージを参図-7.1 に示す。

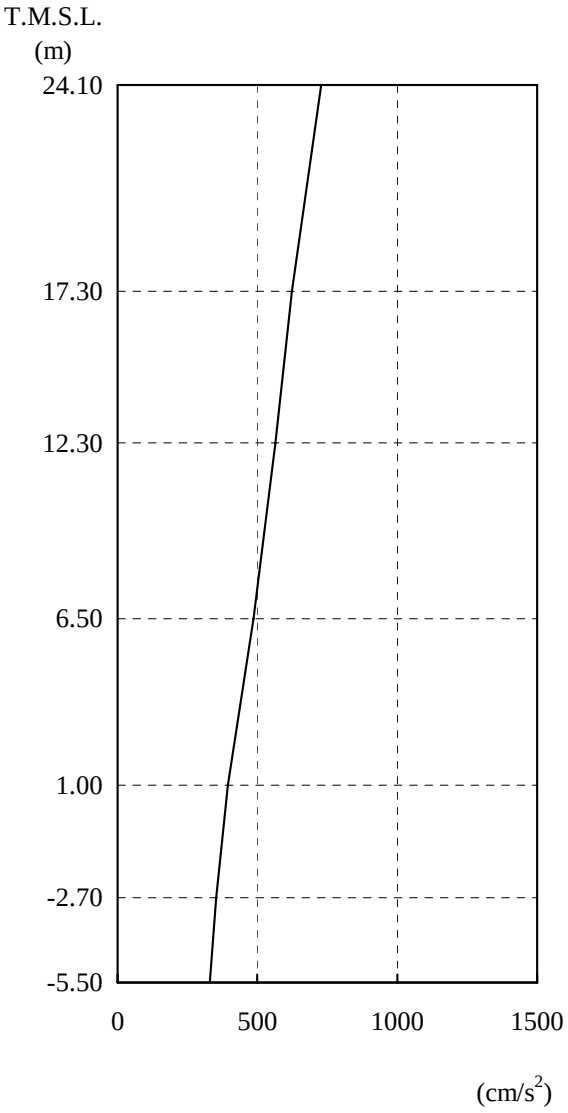
その他の検討条件は、報告書本編の「5.3．コントロール建屋の耐震健全性評価」に示された評価手順、地震応答解析手法、評価基準と同一である。

(2) 地震応答解析結果

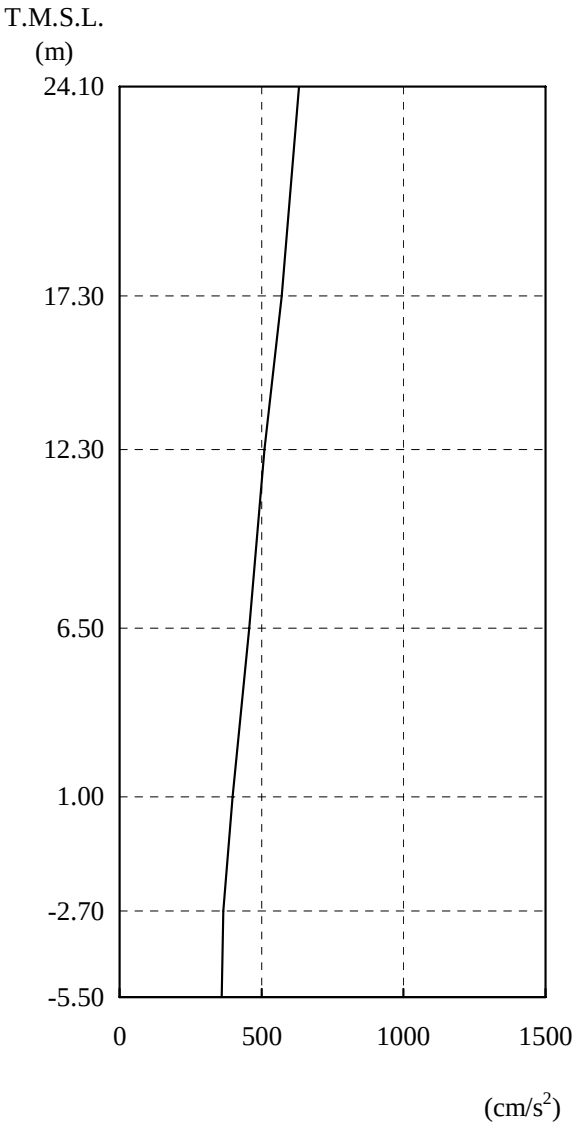
地震応答解析から求められた南北方向、東西方向、鉛直方向の最大応答加速度分布を参図-7.2～参図-7.4 に示す。



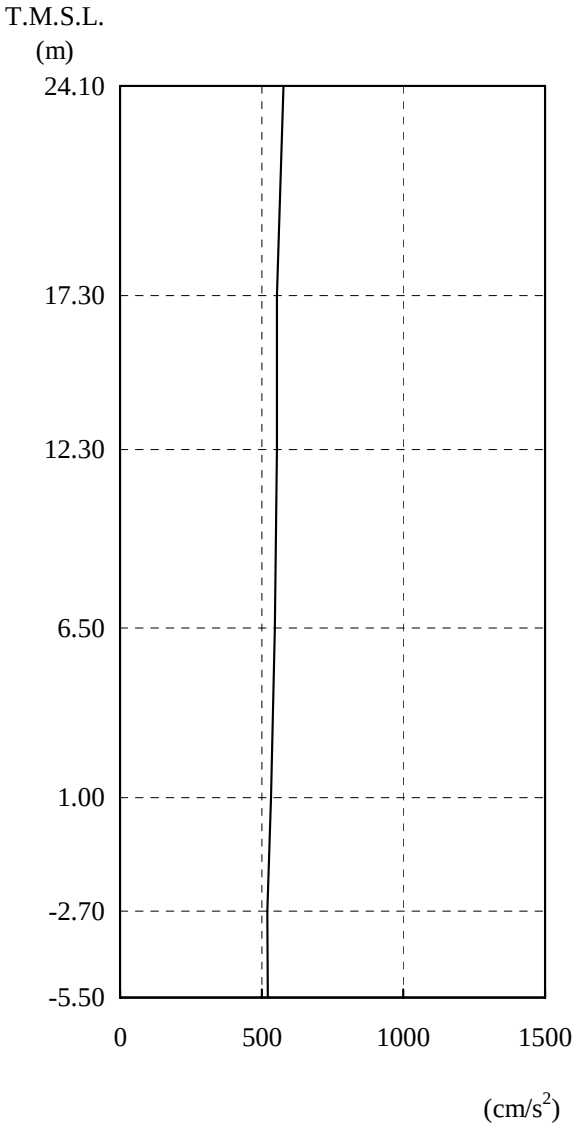
参図-7.1 ６号機解放基盤波を用いた地震応答解析のイメージ



参図-7.2　コントロール建屋　最大応答加速度（南北方向）



参図-7.3　コントロール建屋　最大応答加速度（東西方向）



参図-7.4　コントロール建屋　最大応答加速度（鉛直方向）

(3) 耐震健全性評価結果

地震応答解析により得られた各階のせん断応力度を、設計配筋量のみで負担できる短期せん断応力度（$p_w \cdot \sigma_y$※1）と併せて参図-7.5 および参図-7.6 に示す。これより、各階のせん断応力度は、設計配筋量のみで負担できる短期せん断応力度に対して余裕がある状態にある。

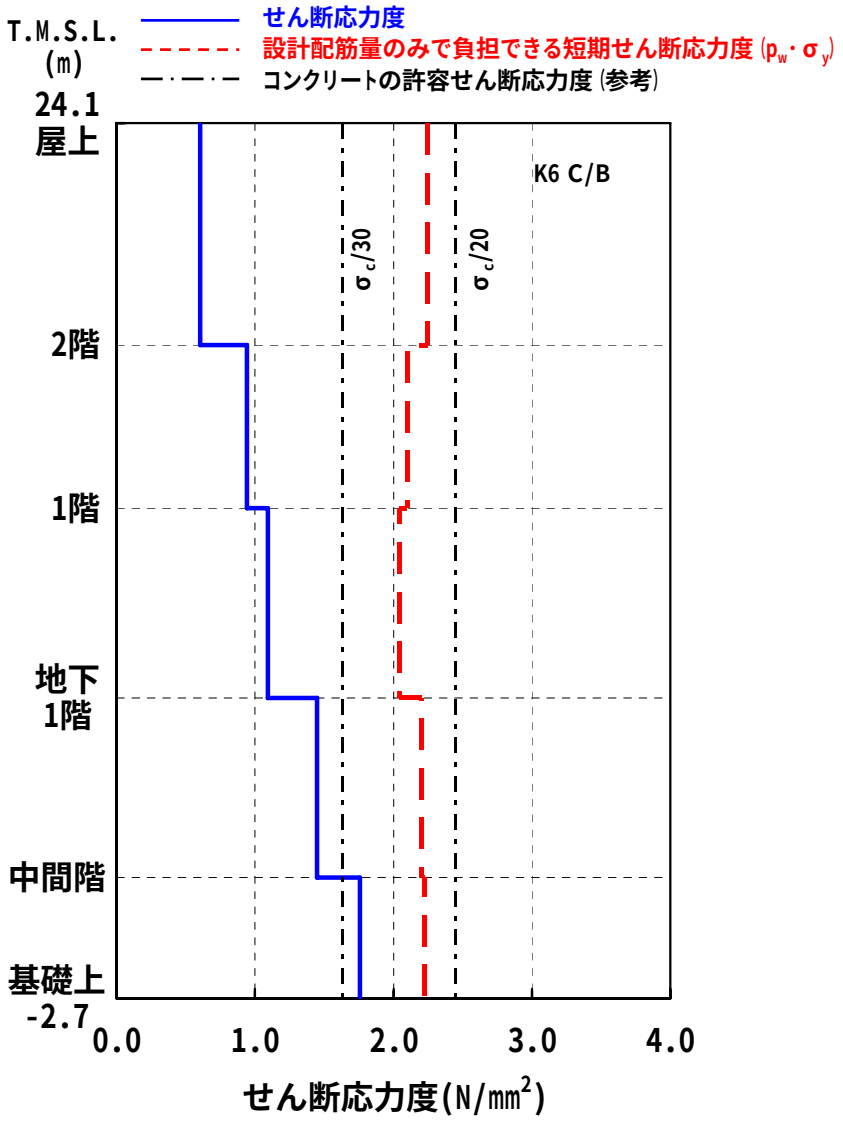
また、地震応答解析により得られた各階のせん断ひずみを、壁のひび割れが発生するひずみの目安値と併せて参図-7.7 および参図-7.8 に示す。これより、各階の壁のひずみは目安値を下回っている。

なお、参図-7.5～参図-7.8 に示す原子炉建屋の耐震壁とは、設計時に耐震要素として考慮していなかった補助壁の分を含めて評価している。

以上のことから、耐震壁の鉄筋コンクリート部は概ね弾性範囲にあると判断されるとともに裕度を有しており、耐震健全性は確保されているものと評価した。

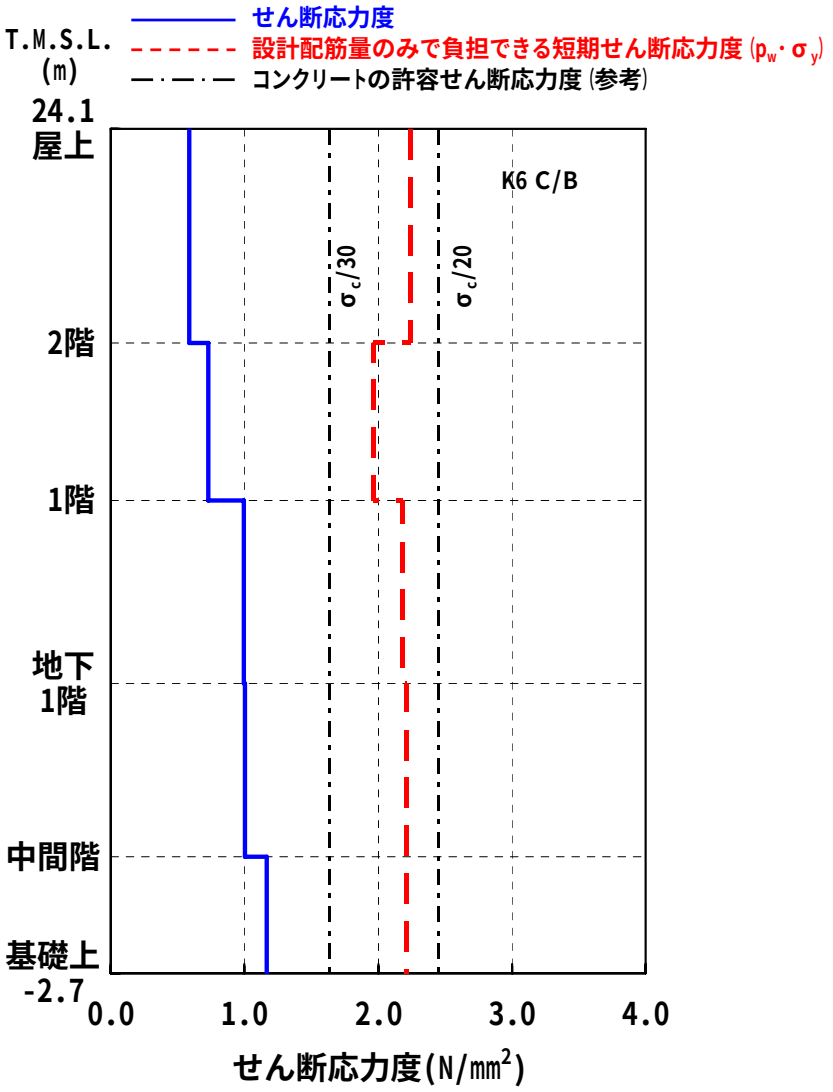
※1：p_w　耐震壁の設計鉄筋比

σ_y　鉄筋の短期許容引張応力度（SD345：345N/mm^2）



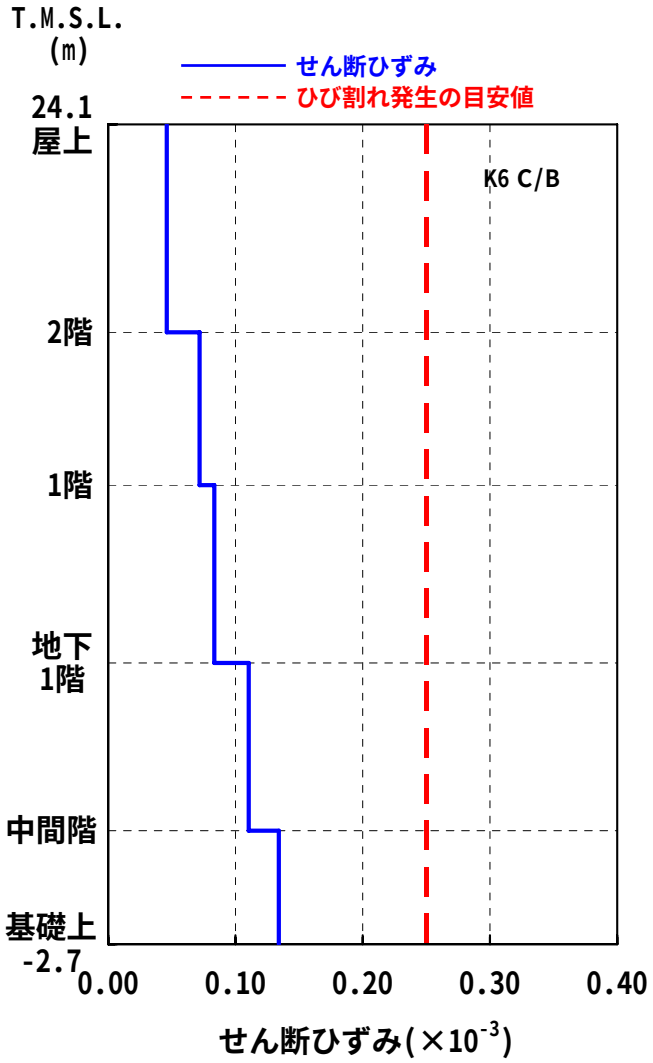
※σ_c = コンクリートの実強度

参図-7.5　コントロール建屋　耐震壁のせん断応力度（南北方向）



※σ_c = コンクリートの実強度

参図-7.6　コントロール建屋　耐震壁のせん断応力度（東西方向）



参図-7.7　コントロール建屋　耐震壁のせん断ひずみ（南北方向）

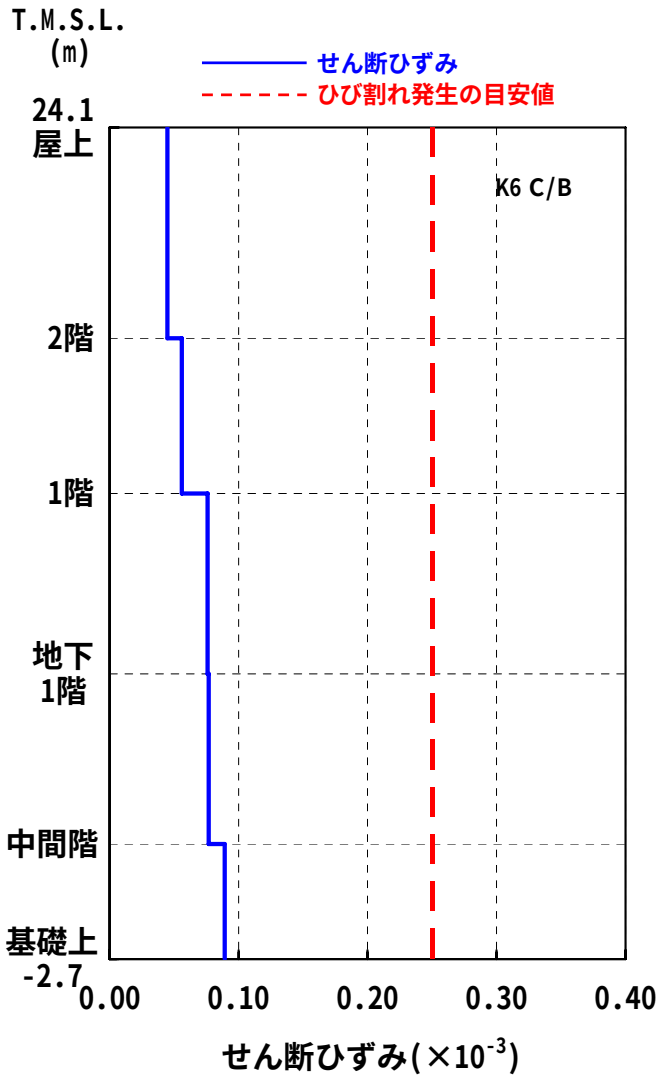


図-7.8　コントロール建屋　耐震壁のせん断ひずみ（東西方向）

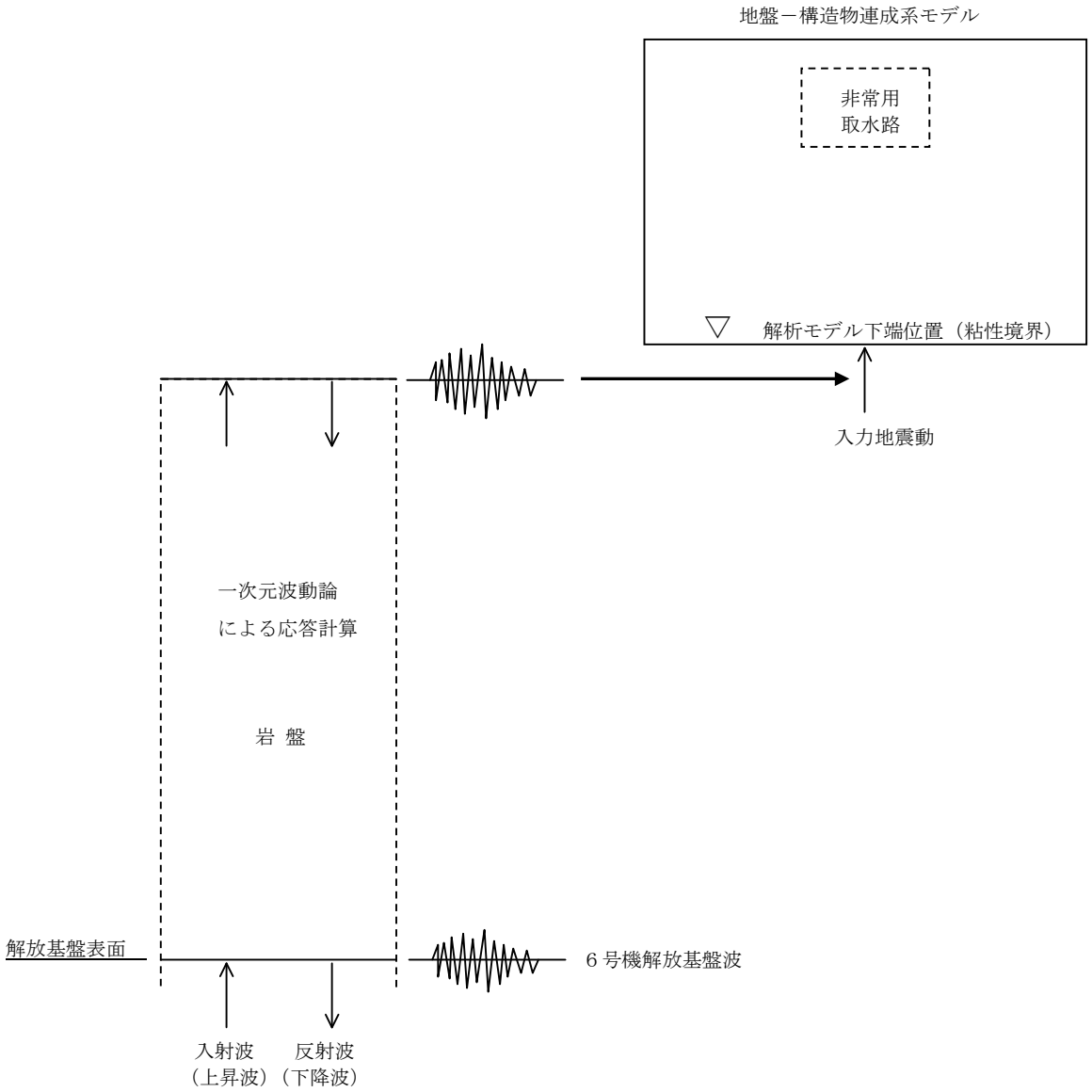
参考資料 8　６号機解放基盤波を用いた非常用取水路の耐震健全性評価について

「柏崎刈羽原子力発電所における平成 19 年新潟県中越沖地震時に取得された地震観測データの分析及び基準地震動に係る報告書」（平成 20 年 9 月 22 日補正、東京電力株式会社）に示されている、６号機原子炉建屋基礎版上の記録を用いて推定された解放基盤表面の地震動（以下、「６号機解放基盤波」という）を用いて６号機非常用取水路の耐震健全性評価を行う。

(1)　検討方法

「６号機解放基盤波」を用いて一次元波動論による地震応答解析を行い、地盤－構造物連成系の地震応答解析モデル下端位置で評価したものを入力地震動とする。入力地震動の作成方法の概念図を参図-8.1 に示す。

その他の検討条件は、報告書本編の「5.5. 非常用取水路の耐震健全性評価」に示された評価手順、地震応答解析手法、評価基準と同一である。

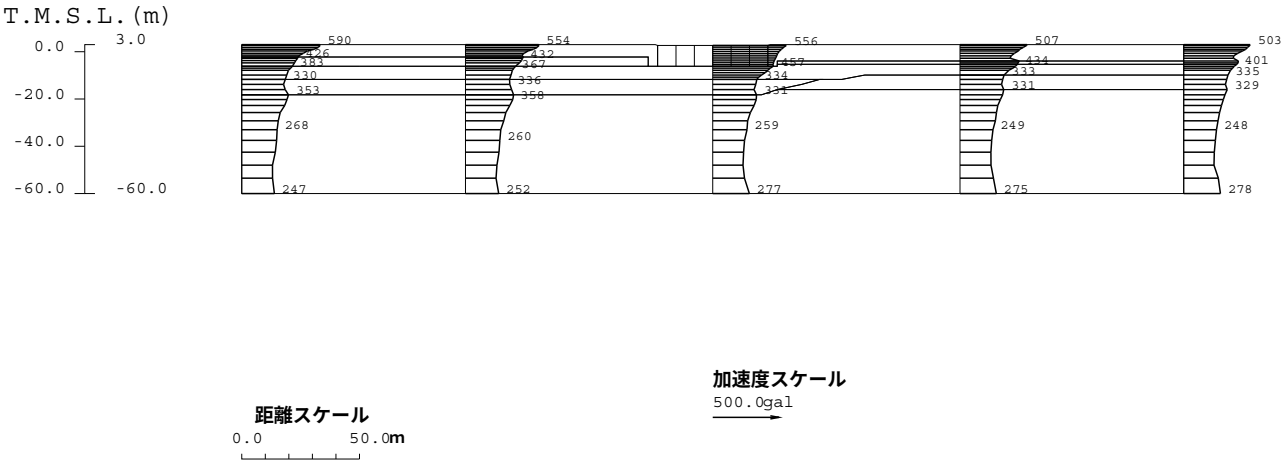


参図-8.1　入力地震動の作成方法の概念図

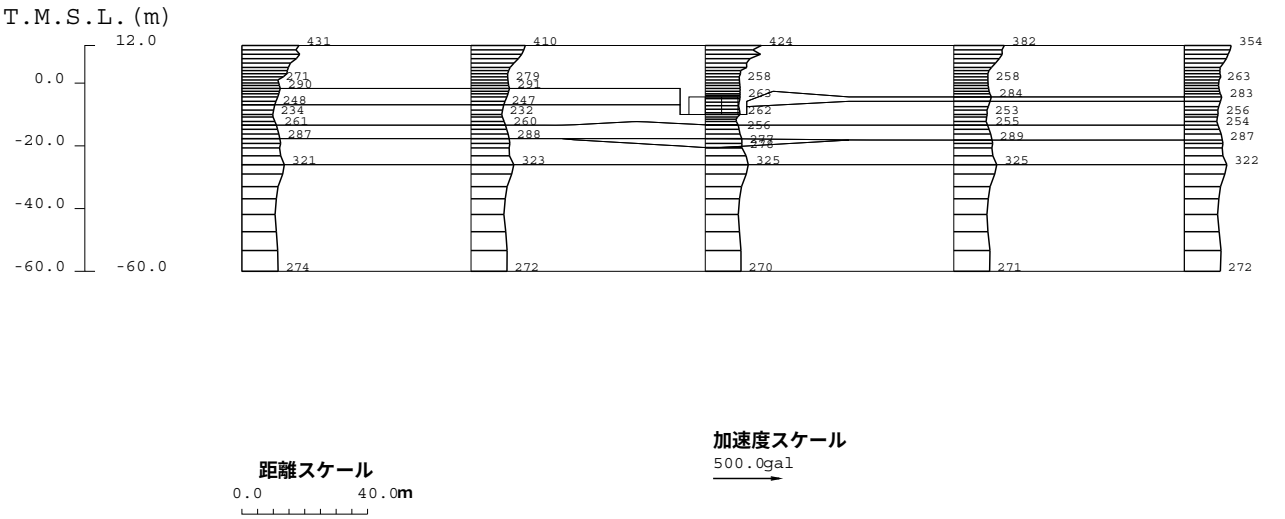
(2) 地震応答解析結果

地震応答解析から求められる最大加速度分布図を参図-8.2～参図-8.5 に示す。

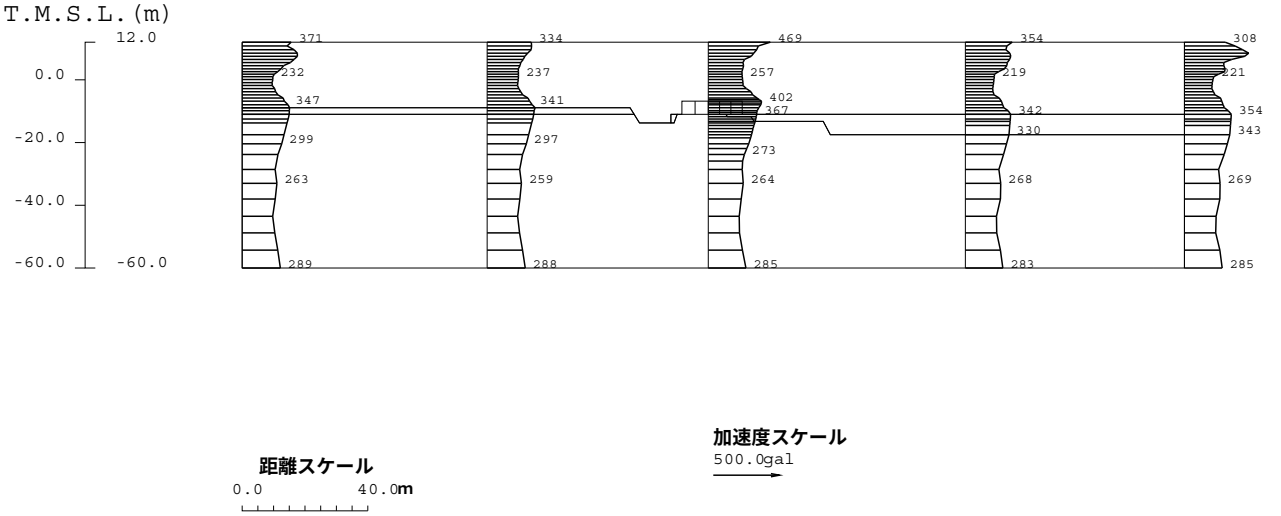
また、構造物頂底版間の最大相対変位および発生時刻を参表-8.1 に、最大相対変位発生時刻の変形図および加速度分布図をそれぞれ参図-8.6～参図-8.9、参図-8.10～参図-8.13 に示す。



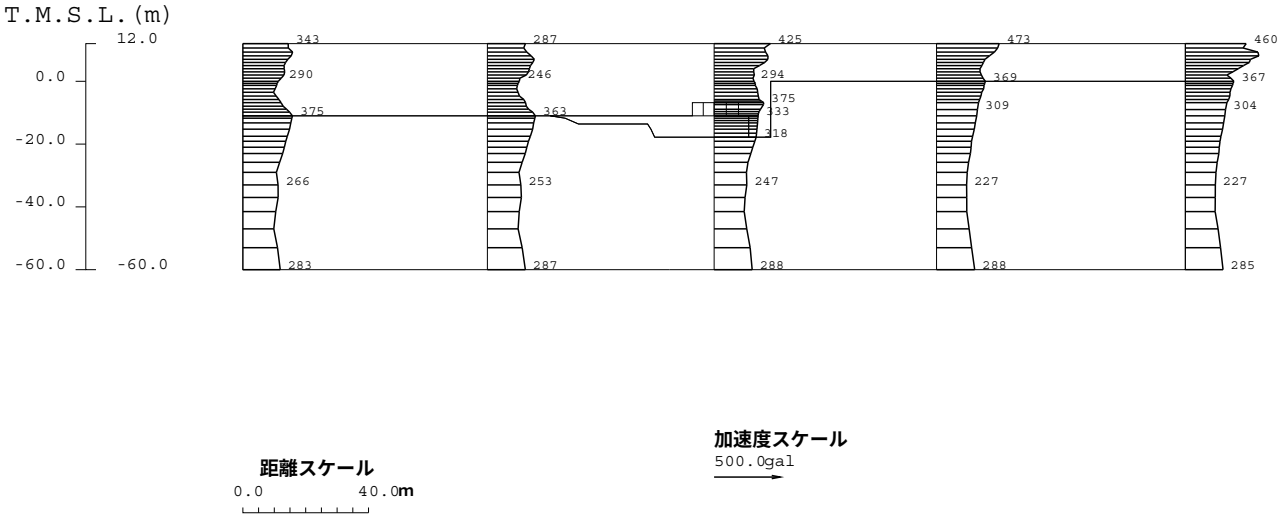
参図-8.2　スクリーン室最大加速度分布図



参図-8.3　取水路最大加速度分布図



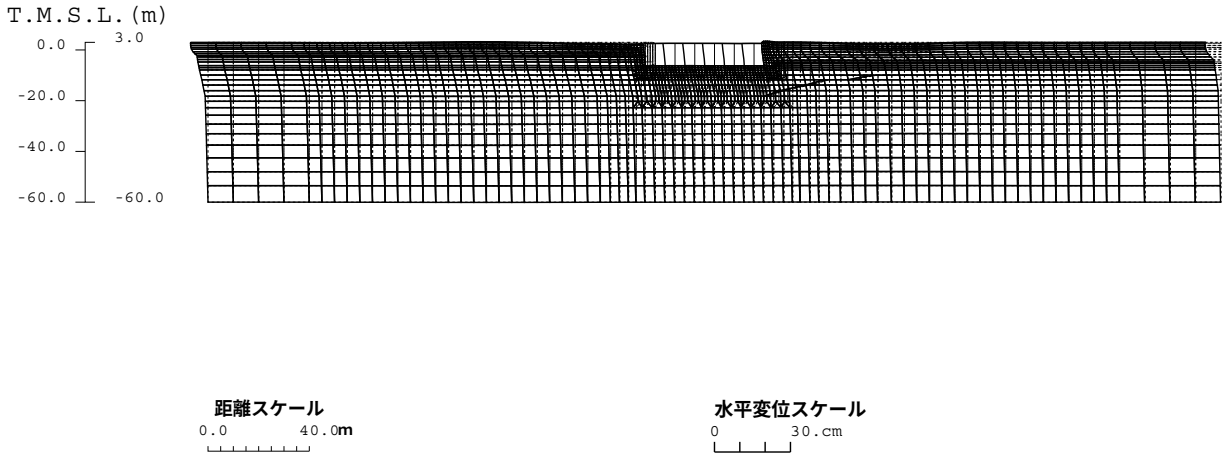
参図-8.4　補機冷却用海水取水路（南側）最大加速度分布図



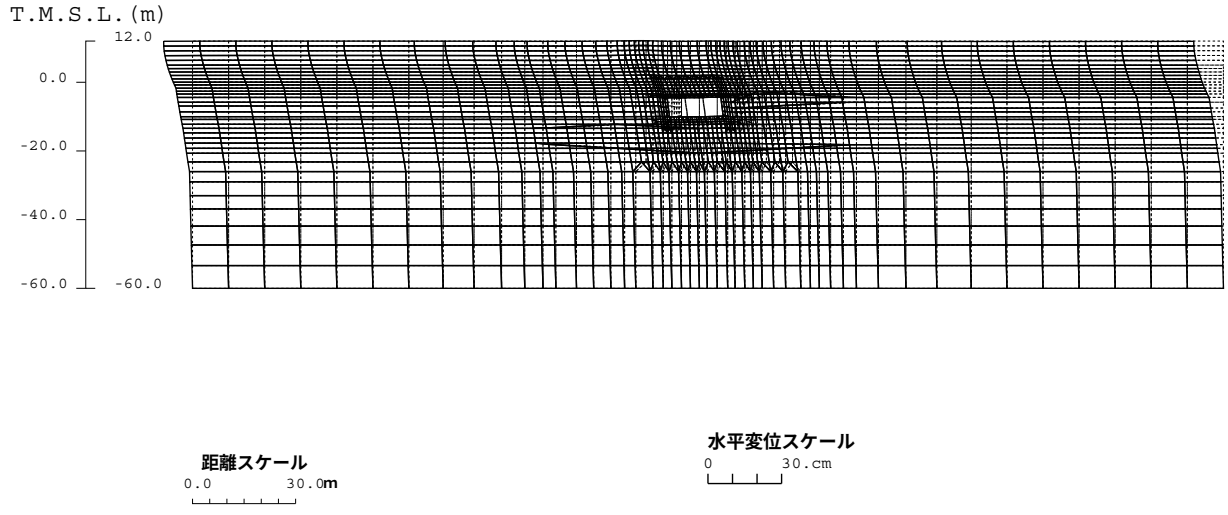
参図-8.5　補機冷却用海水取水路（北側）最大加速度分布図

参表-8.1　頂底版間の最大相対変位

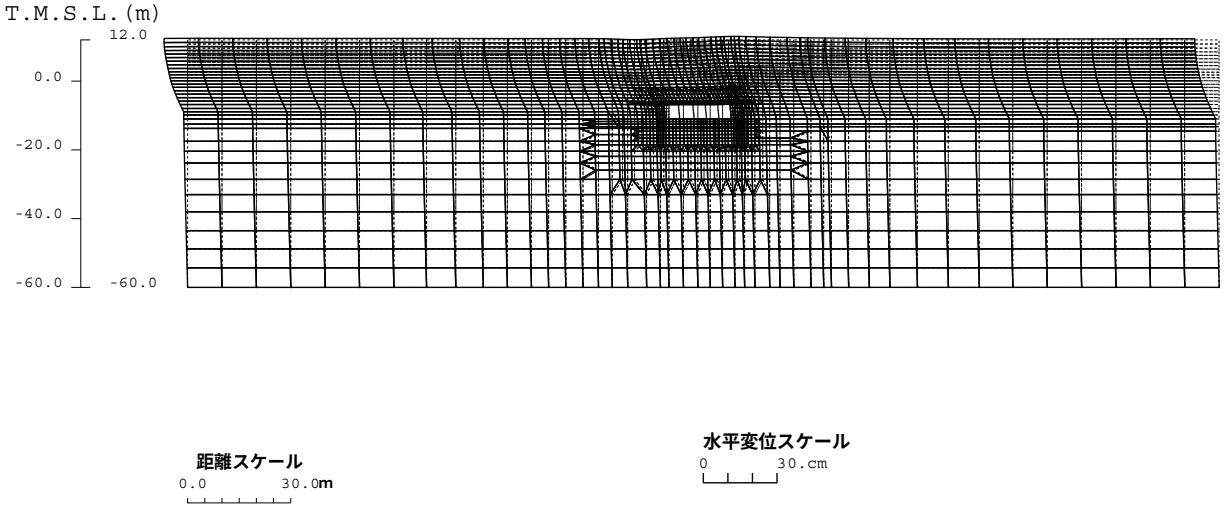
	最大相対変位(mm)	時刻(秒)
スクリーン室	8.6	6.66
取水路	9.1	3.58
補機冷却用海水 取水路（南側）	4.3	3.53
補機冷却用海水 取水路（北側）	4.1	3.52



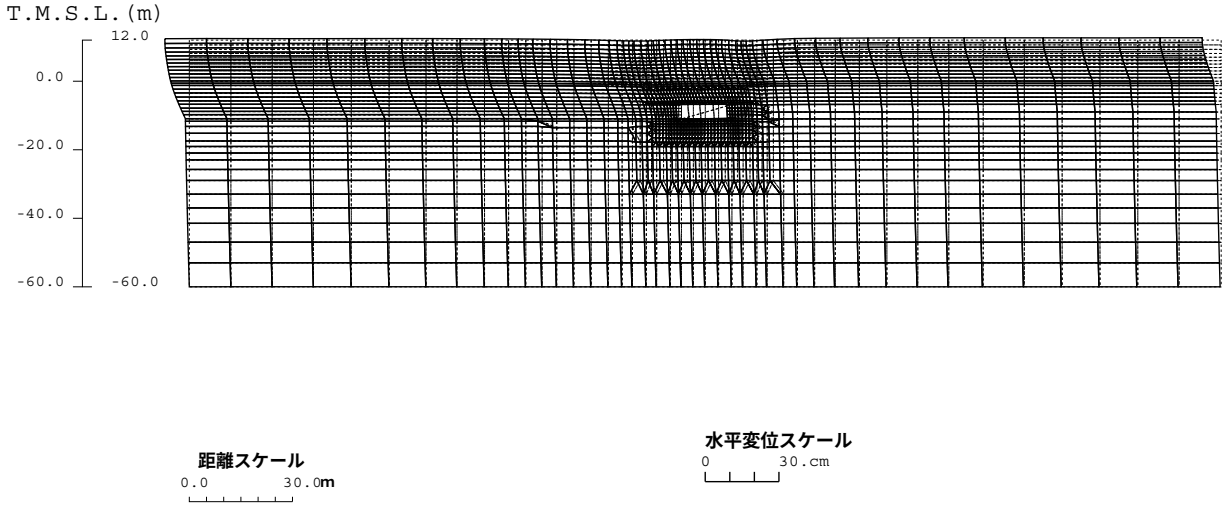
参図-8.6　スクリーン室変形図（6.66 秒）



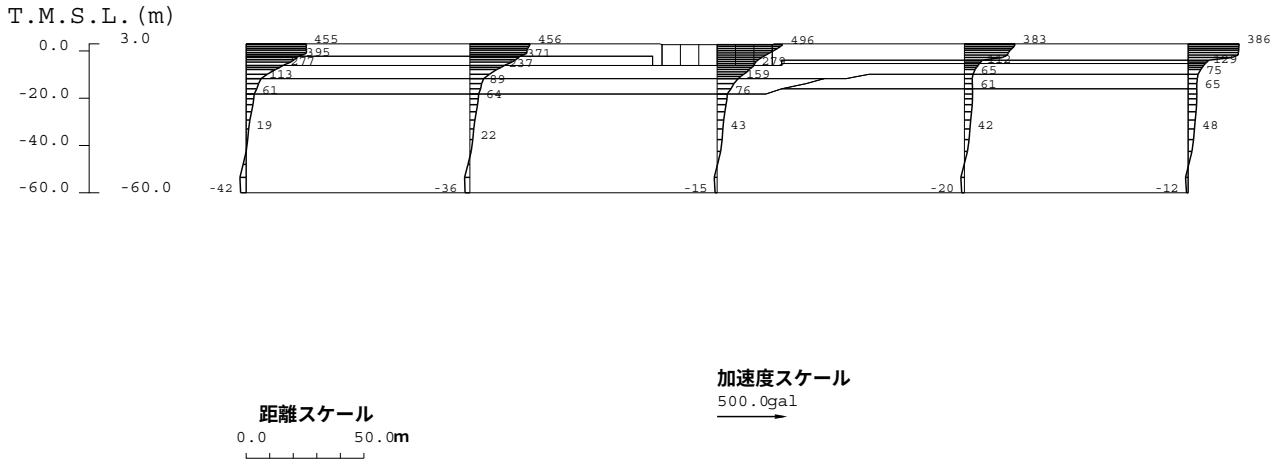
参図-8.7　取水路変形図（3.58 秒）



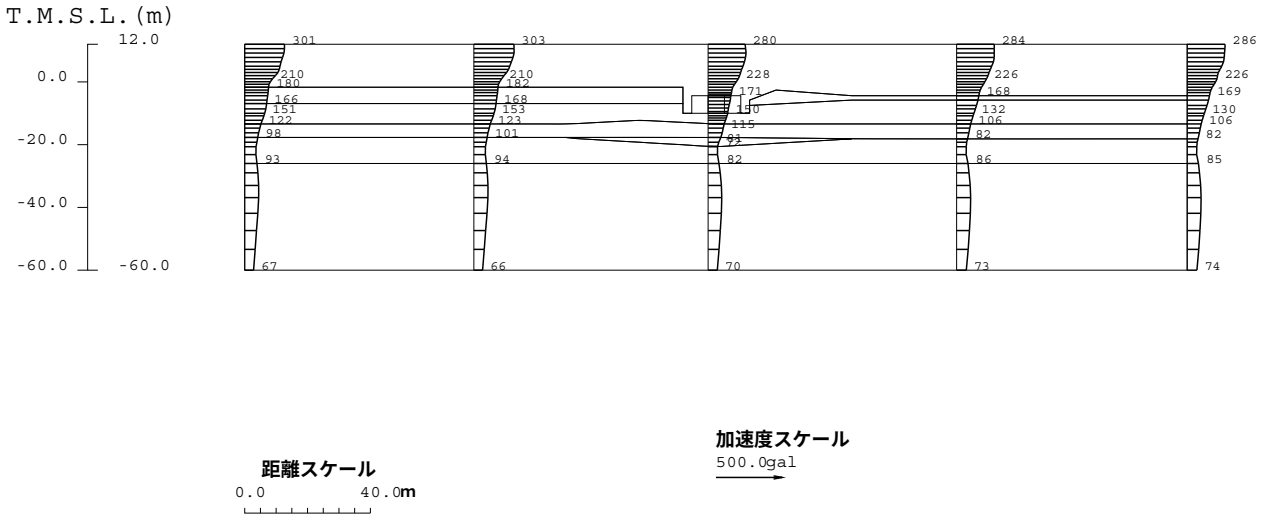
参図-8.8　補機冷却用海水取水路（南側）変形図（3.53 秒）



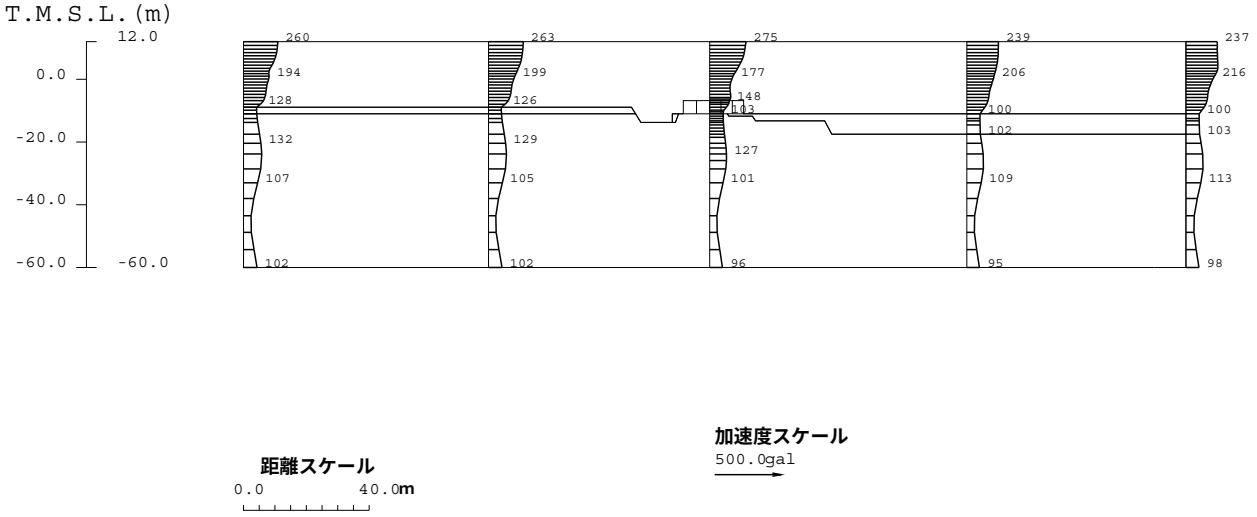
参図-8.9　補機冷却用海水取水路（北側）変形図（3.52 秒）



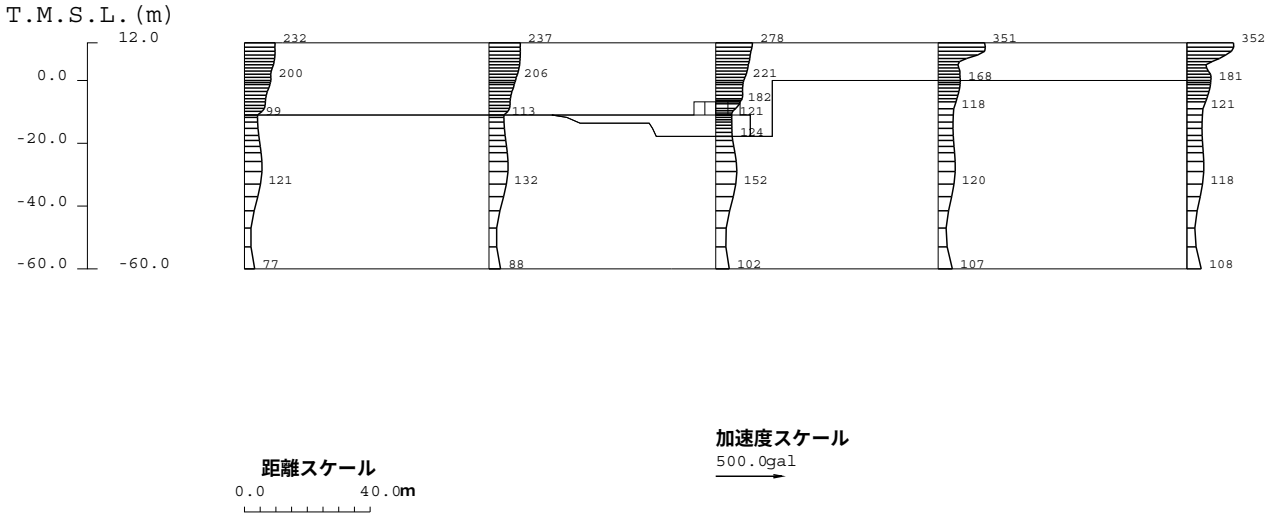
参図-8.10　スクリーン室加速度分布図（6.66 秒）



参図-8.11　取水路加速度分布図（3.58 秒）



参図-8.12　補機冷却用海水取水路（南側）加速度分布図（3.53 秒）



参図-8.13　補機冷却用海水取水路（北側）加速度分布図（3.52 秒）

(3) 耐震健全性評価結果

層間変形角による照査結果を参表-8.2 に、また、せん断力による照査結果を参表-8.3 に示す。層間変形角による照査の結果、評価位置において照査用層間変形角が限界層間変形角を下回ることを、また、せん断力による照査の結果、評価位置において照査用せん断力がせん断耐力を下回ることを確認した。

以上より、曲げ、せん断のいずれも評価基準を満足するとともに裕度を有していることから、耐震健全性は確保されているものと評価した。

参表-8.2　層間変形角による照査結果

	評価位置	照査用層間変形角 R_d	限界層間変形角 R_u	R_d/R_u
スクリーン室	頂版～底版	0.0974/100	1/100	0.097
取水路	頂版～底版	0.162/100	1/100	0.16
補機冷却用海水取水路（南側）	頂版～底版	0.102/100	1/100	0.10
補機冷却用海水取水路（北側）	頂版～底版	0.0979/100	1/100	0.098

参表-8.3　せん断力による照査結果

	評価位置	照査用せん断力 V_d(kN)	せん断耐力 V_{yd}※1(kN)	V_d/V_{yd}
スクリーン室	頂版	166	573	0.29
	底版	351	1483	0.24
	側壁	483	1723	0.28
	隔壁	407	1341	0.30
取水路	頂版	817	3437	0.24
	底版	796	3086	0.26
	側壁	483	1778	0.27
	隔壁	644	1082	0.60
補機冷却用海水取水路（南側）	頂版	713	2507	0.28
	底版	578	2510	0.23
	側壁	456	1450	0.31
	隔壁	598	893	0.67
補機冷却用海水取水路（北側）	頂版	701	2813	0.25
	底版	554	2554	0.22
	側壁	531	1656	0.32
	隔壁	523	861	0.61

※1 等価せん断スパン比を用いた方法による。

（参考）

６号機原子炉建屋基礎版における観測波を入力条件とした解析（報告書本編記載）と、「６号機解放基盤波」を入力条件とした解析（本参考資料）の比較を参表-8.4 および参表-8.5 に示す。

参表-8.4　層間変形角による照査結果の比較

	評価位置	R_d/R_u	
		基礎版観測波	解放基盤波
スクリーン室	頂版～底版	0.094	0.097
取水路	頂版～底版	0.20	0.16
補機冷却用海水取水路（南側）	頂版～底版	0.13	0.10
補機冷却用海水取水路（北側）	頂版～底版	0.12	0.098

参表-8.5　せん断力による評価結果の比較

	評価位置	V_d/V_{yd}	
		基礎版観測波	解放基盤波
スクリーン室	頂版	0.30	0.29
	底版	0.22	0.24
	側壁	0.26	0.28
	隔壁	0.33	0.30
取水路	頂版	0.25	0.24
	底版	0.26	0.26
	側壁	0.29	0.27
	隔壁	0.67	0.60
補機冷却用海水取水路（南側）	頂版	0.31	0.28
	底版	0.26	0.23
	側壁	0.34	0.31
	隔壁	0.75	0.67
補機冷却用海水取水路（北側）	頂版	0.25	0.25
	底版	0.22	0.22
	側壁	0.36	0.32
	隔壁	0.69	0.61

参考資料 9　実強度および近接構造物などの影響を考慮した非常用取水路の耐震健全性評価について

６号機非常用取水路について、実強度および近接構造物などの影響を考慮して、解析条件に含まれる安全側への配慮に基づく保守性を取り除いた地震応答解析（部材非線形解析）を実施するとともに、曲げひび割れの発生の可能性について材料非線形解析による検討を実施し、それらの結果に基づいた耐震健全性評価を行う。

(1)　地震応答解析による検討

①　検討方法

報告書本編の「5.5. 非常用取水路の耐震健全性評価」に示された評価手順、地震応答解析手法、評価基準を基本とし、次の２点について解析条件を変更することにより検討する。

a　コンクリートおよび鉄筋の材料定数は、実際の平均的な強度を基に算定した（参表-9.1)。なお、ひび割れ発生曲げモーメントの算定においては、コンクリート引張強度に代えて、曲げ強度を採用する。

b　対象設備の地震時挙動に影響を及ぼす可能性がある近接構造物などを解析モデルに反映する（参表-9.2)。

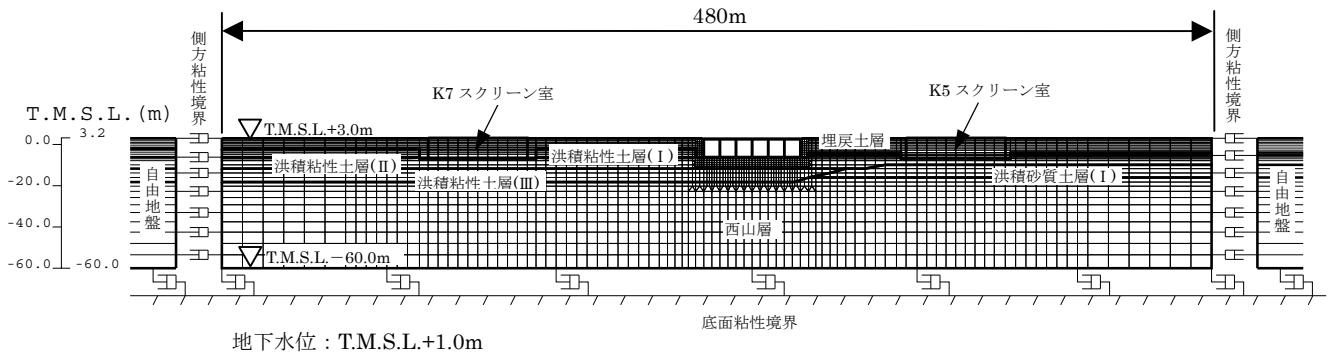
参表-9.1　材料の物性値

コンクリート (設計基準強度 24N/mm^2)	単位体積重量(kN/m^3)	23
	圧縮強度(N/mm^2)	48 ※1
	ヤング係数(kN/mm^2)	32.6 ※2
	ポアソン比	0.2
鉄　筋 (SD345)	単位体積重量(kN/m^3)	80
	降伏強度(N/mm^2)	390 ※3
	ヤング係数(kN/mm^2)	200
	ポアソン比	0.3

※1　実機（２～７号機非常用取水路）から採取したコア強度（試験体数 40 本）の平均値を適用
※2　コンクリート標準示方書に示された圧縮強度とヤング係数の関係を用いて算定
※3　建設時のミルシートに記載された試験結果の平均値を適用

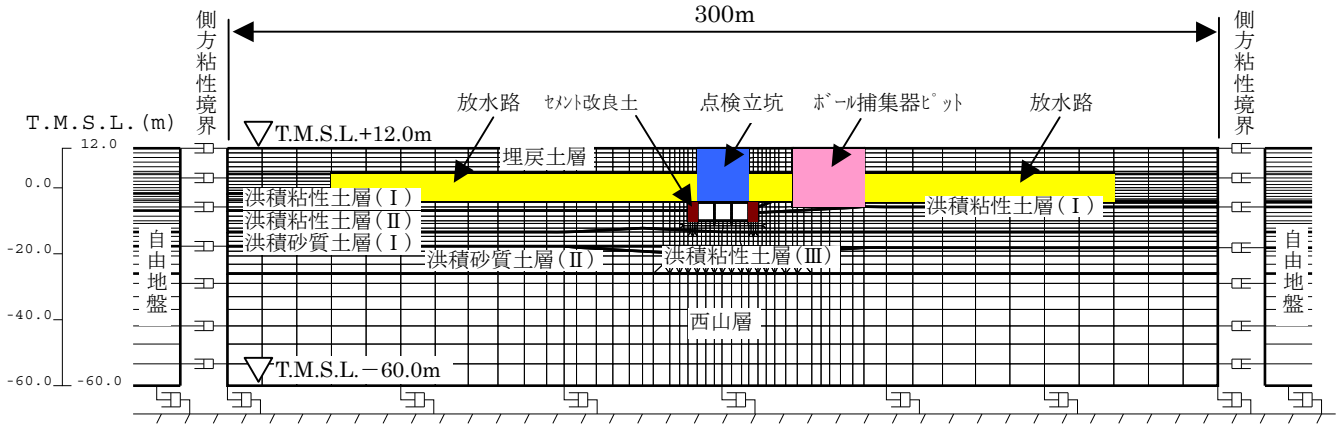
参表-9.2　考慮した近接構造物

	考慮した近接構造物
スクリーン室	５号機および７号機スクリーン室（参図-9.1）
取水路	点検立坑、放水路、ボール捕集器ピット（参図-9.2）
補機冷却用海水取水路 （南側および北側）	取水路漸拡部（参図-9.3 および参図-9.4）



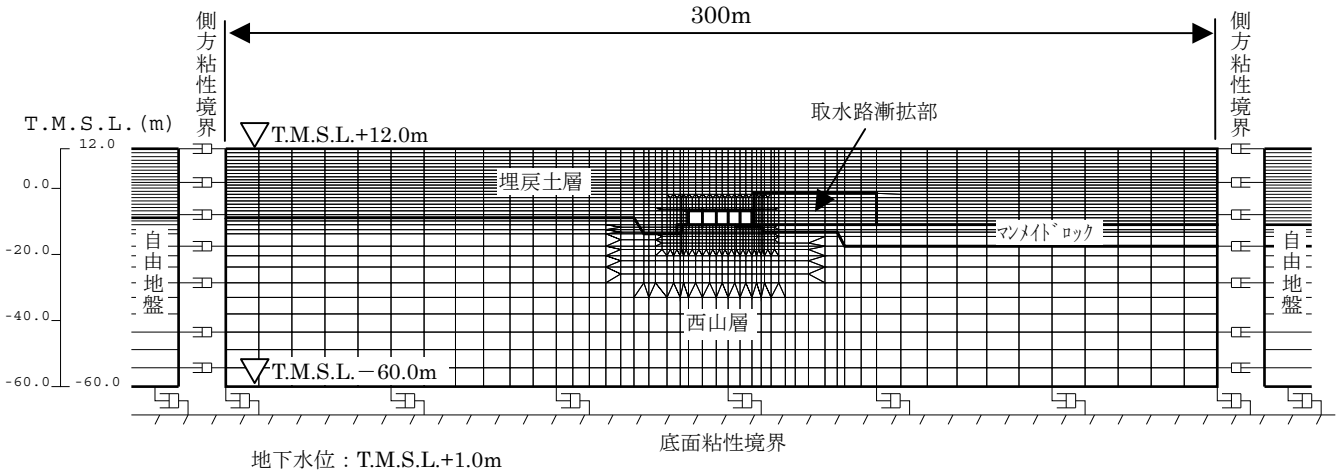
地下水位：T.M.S.L.+1.0m

参図-9.1　スクリーン室地震応答解析モデル

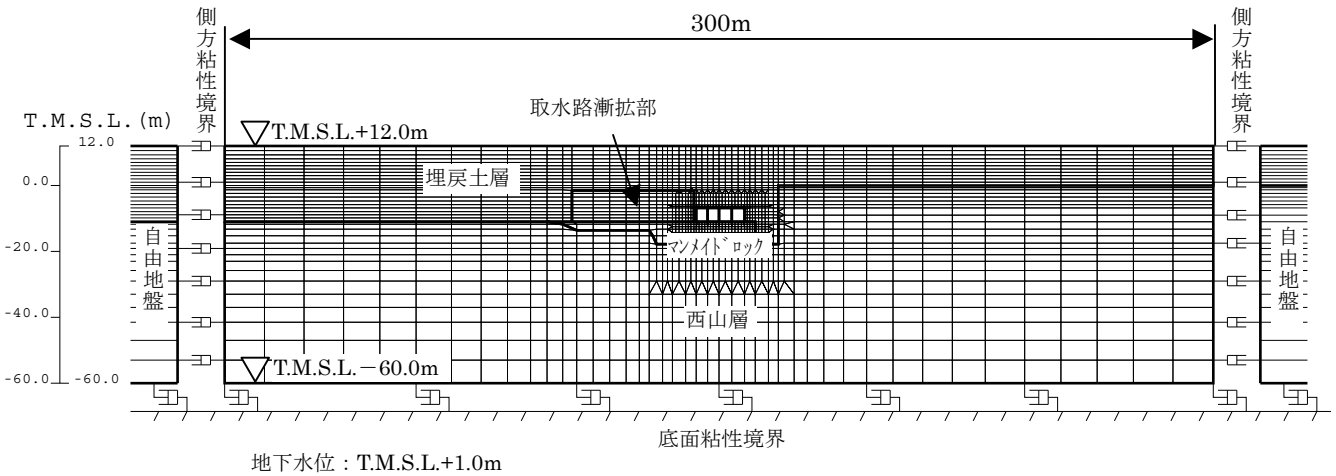


地下水位：T.M.S.L.+1.0m

参図-9.2　取水路地震応答解析モデル



参図-9.3　補機冷却用海水取水路（南側）地震応答解析モデル

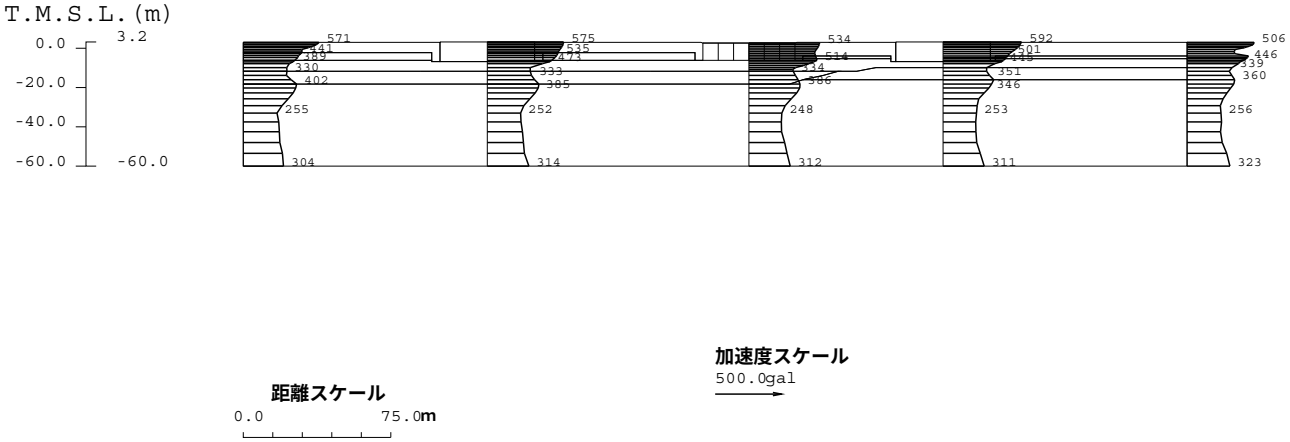


参図-9.4　補機冷却用海水取水路（北側）地震応答解析モデル

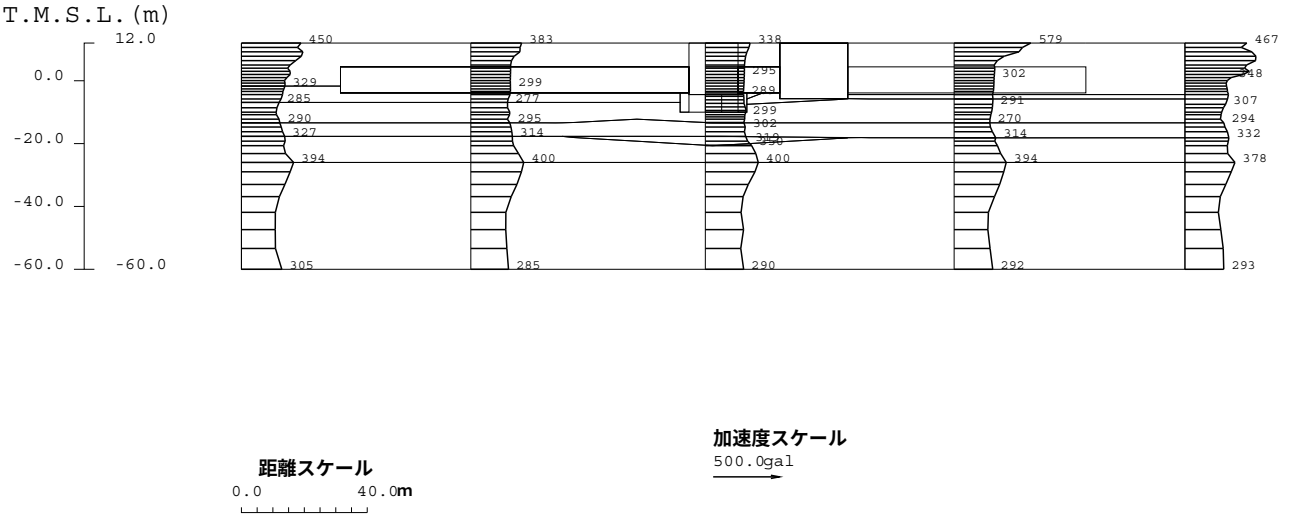
② 地震応答解析結果

地震応答解析から求められる最大加速度分布図を参図-9.5～参図-9.8 に示す。

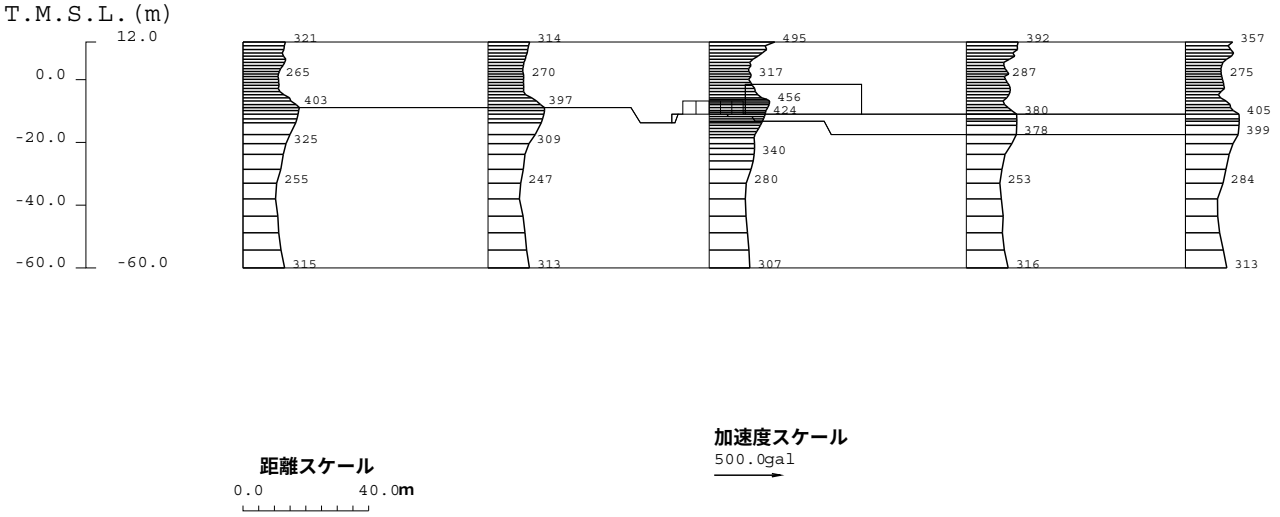
また、構造物頂底版間の最大相対変位および発生時刻を参表-9.3 に、最大相対変位発生時刻の変形図および加速度分布図をそれぞれ参図-9.9～参図-9.12、参図-9.13～参図-9.16 に示す。



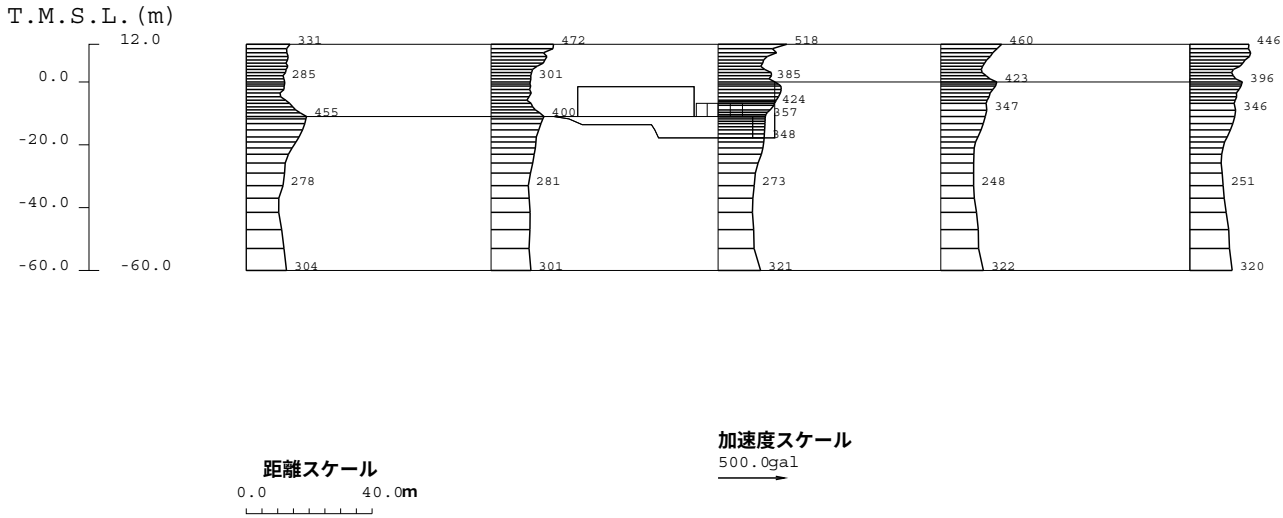
参図-9.5　スクリーン室最大加速度分布図



参図-9.6　取水路最大加速度分布図



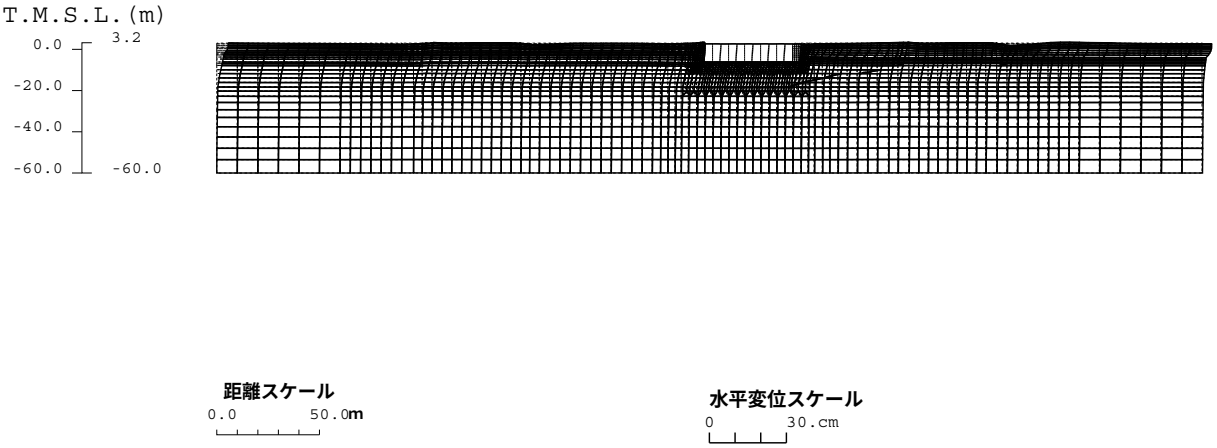
参図-9.7　補機冷却用海水取水路（南側）最大加速度分布図



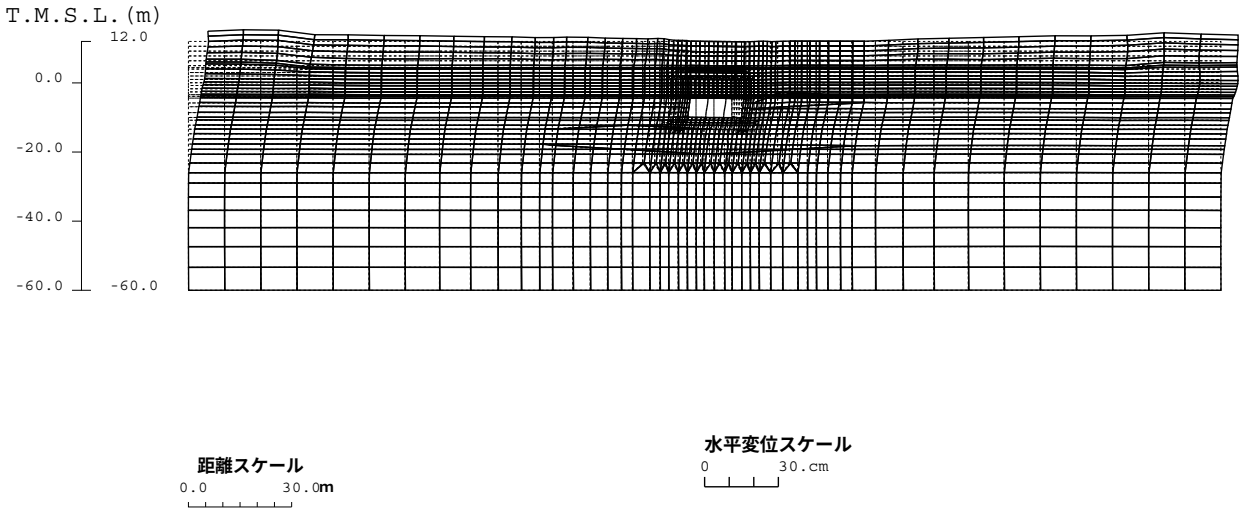
参図-9.8　補機冷却用海水取水路（北側）最大加速度分布図

参表-9.3　頂底版間の最大相対変位

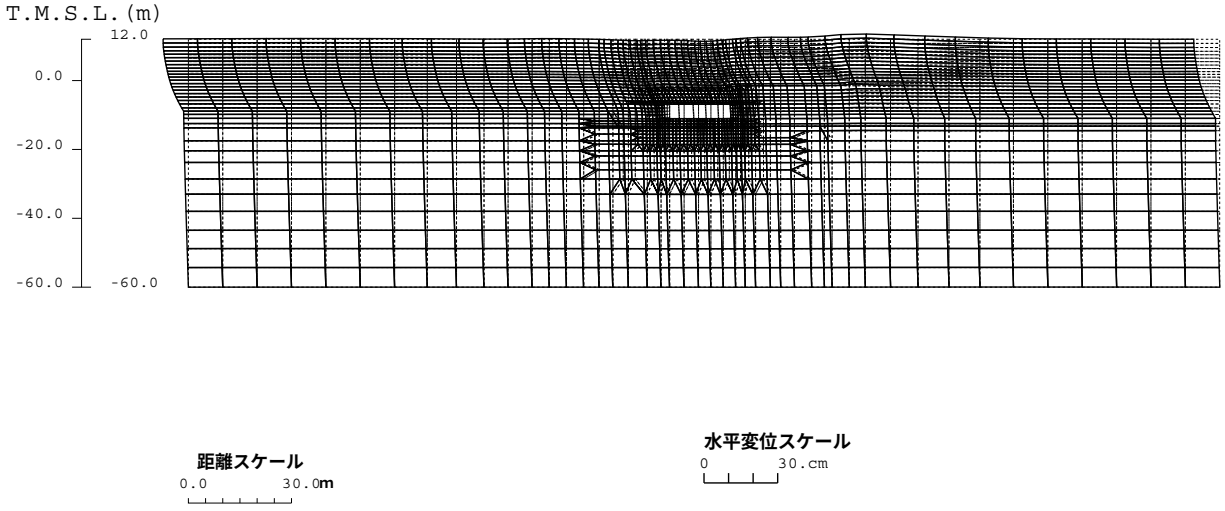
	最大相対変位(mm)	時刻(秒)
スクリーン室	4.3	10.29
取水路	9.5	14.44
補機冷却用海水 取水路（南側）	2.4	8.16
補機冷却用海水 取水路（北側）	1.9	8.05



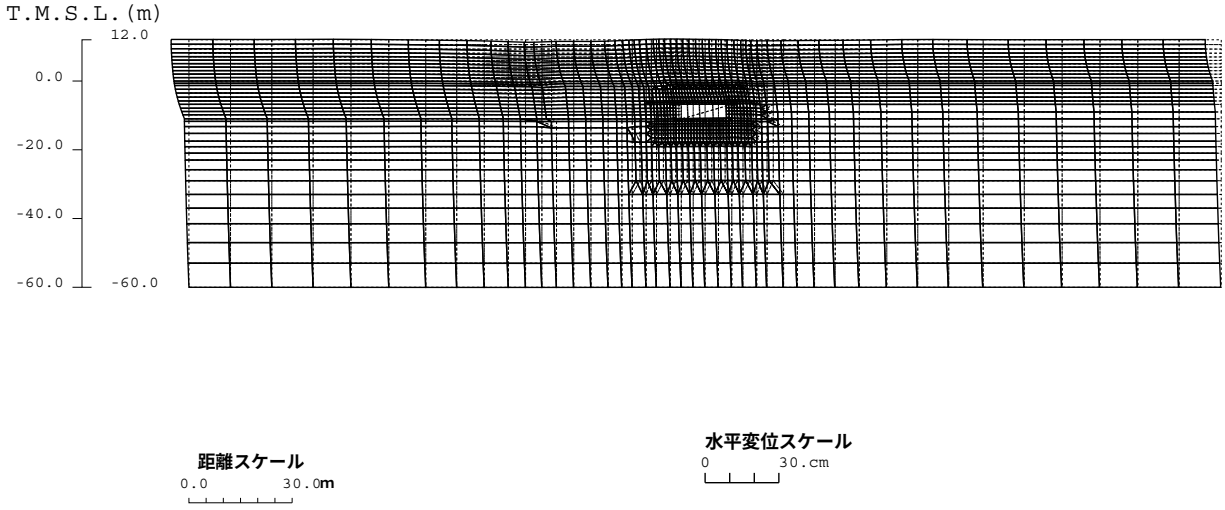
参図-9.9　スクリーン室変形図（10.29 秒）



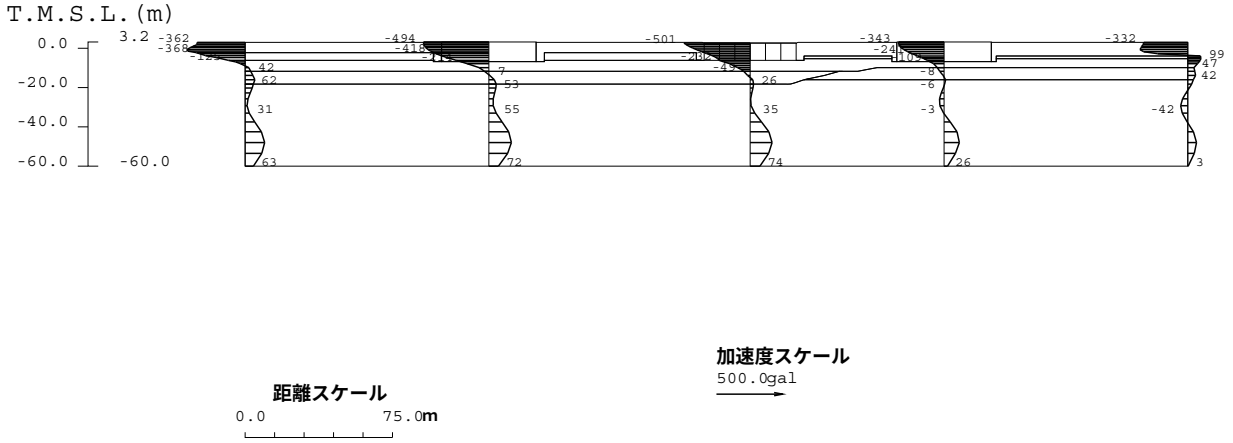
参図-9.10　取水路変形図（14.44 秒）



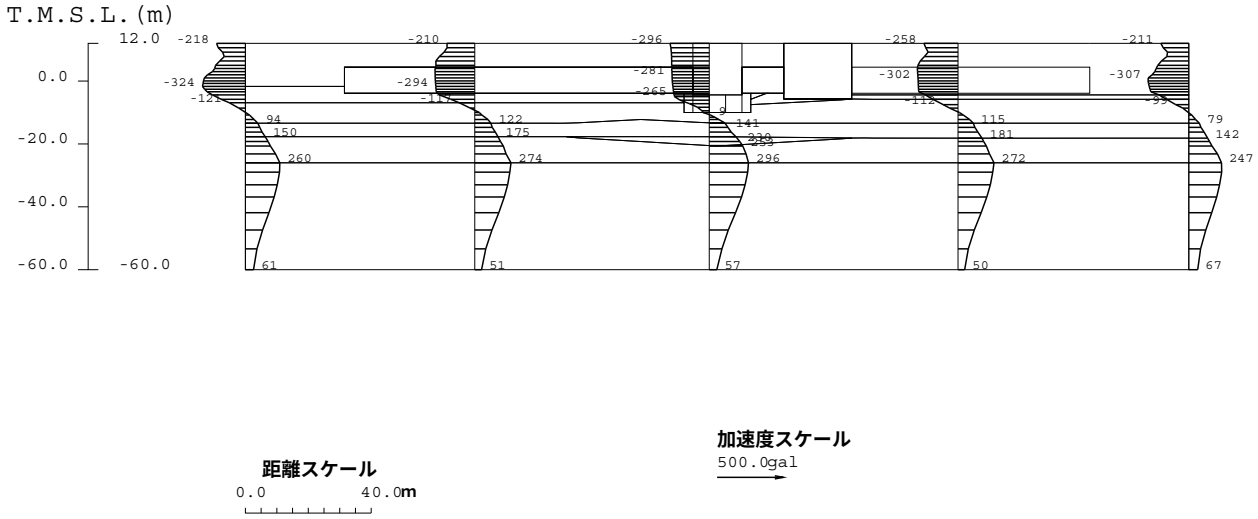
参図-9.11　補機冷却用海水取水路（南側）変形図（8.16 秒）



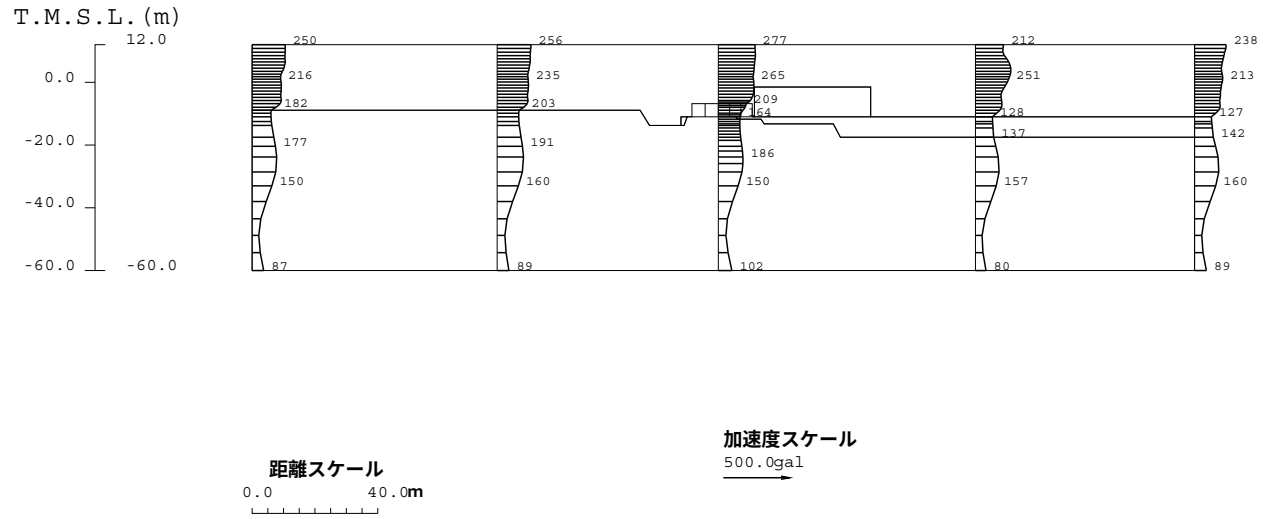
参図-9.12　補機冷却用海水取水路（北側）変形図（8.05 秒）



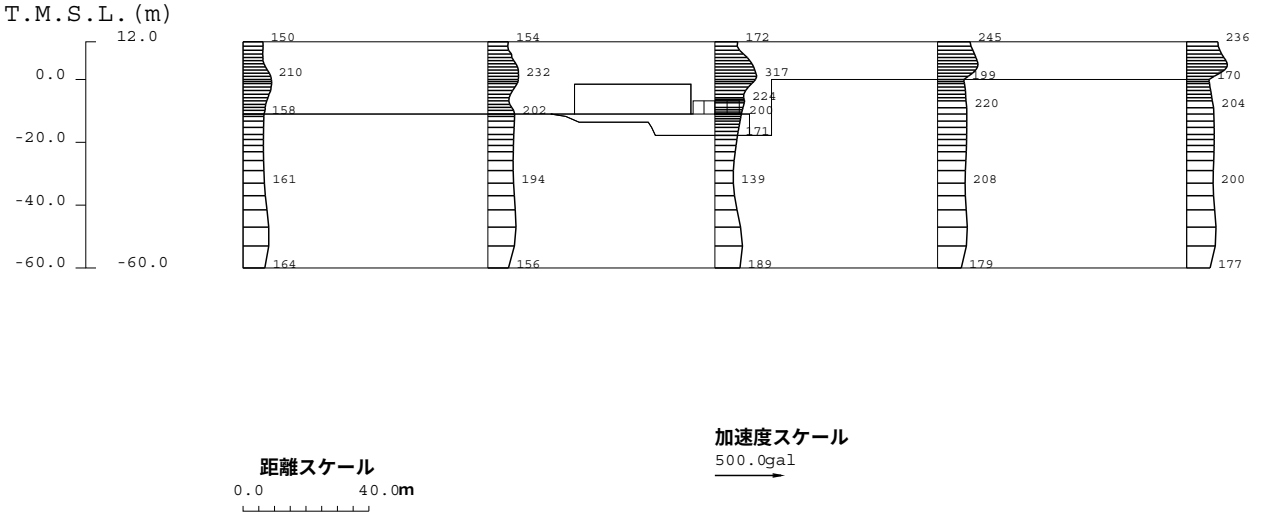
参図-9.13　スクリーン室加速度分布図（10.29 秒）



参図-9.14　取水路加速度分布図（14.44 秒）

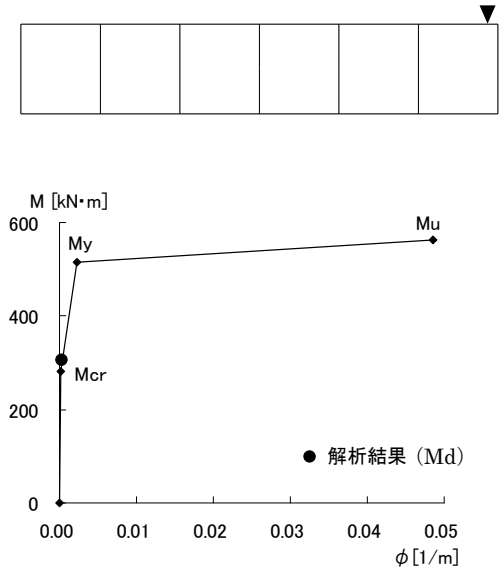


参図-9.15　補機冷却用海水取水路（南側）加速度分布図（8.16 秒）



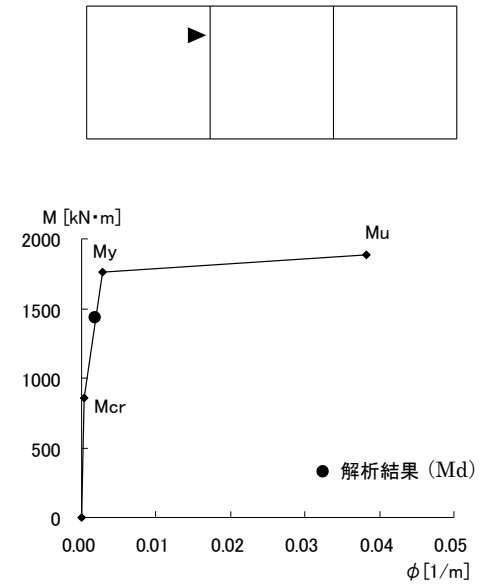
参図-9.16　補機冷却用海水取水路（北側）加速度分布図（8.05 秒）

参図-9.17～参図-9.20 に、スクリーン室、取水路、補機冷却用海水取水路（南側）および補機冷却用海水取水路（北側）の各断面において、発生曲げモーメントMd と降伏曲げモーメントMy の比Md/My が最も大きい部位のM－φスケルトン上に最大応答値をプロットした結果を示す。なお、図中のMcr はひび割れ発生曲げモーメント、Mu は最大曲げモーメントを表わしている。



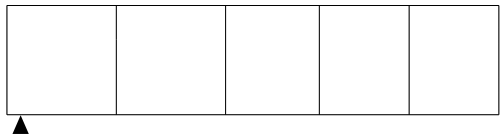
頂版
Md/My=0.60

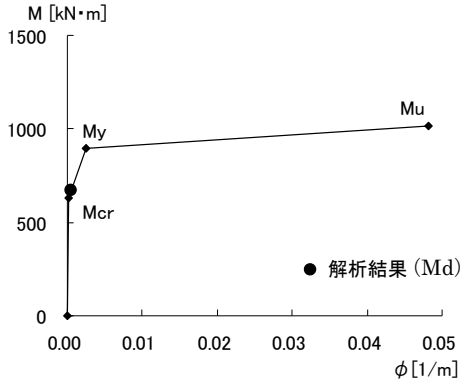
参図-9.17　スクリーン室M－φスケルトン



隔壁
Md/My=0.82

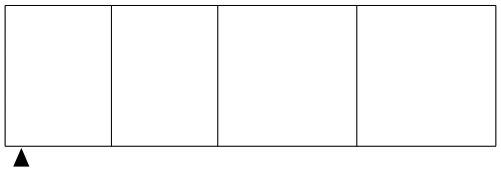
参図-9.18　取水路M－φスケルトン

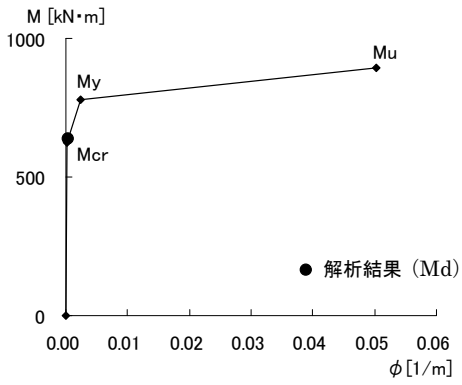




底版
Md/My=0.75

参図-9.19　補機冷却用海水取水路（南側）Ｍ－φスケルトン





底版
Md/My=0.82

参図-9.20　補機冷却用海水取水路（北側）Ｍ－φスケルトン

層間変形角による照査結果を参表-9.4 に、また、せん断力による照査結果を参表-9.5 に示す。

参表-9.4　層間変形角による照査結果

	評価位置	照査用層間変形角 R_d	限界層間変形角 R_u	R_d/R_u
スクリーン室	頂版～底版	0.0493/100	1/100	0.049
取水路	頂版～底版	0.170/100	1/100	0.17
補機冷却用海水取水路（南側）	頂版～底版	0.0574/100	1/100	0.057
補機冷却用海水取水路（北側）	頂版～底版	0.0460/100	1/100	0.046

参表-9.5　せん断力による照査結果

	評価位置	照査用せん断力 V_d(kN)	せん断耐力 V_{yd}※1(kN)	V_d/V_{yd}
スクリーン室	頂版	158	594	0.27
	底版	352	1782	0.20
	側壁	513	2696	0.19
	隔壁	443	1658	0.27
取水路	頂版	828	3594	0.23
	底版	913	3573	0.26
	側壁	667	1803	0.37
	隔壁	874	1251	0.70
補機冷却用海水取水路（南側）	頂版	724	2912	0.25
	底版	690	3139	0.22
	側壁	488	1647	0.30
	隔壁	630	1070	0.59
補機冷却用海水取水路（北側）	頂版	765	3335	0.23
	底版	689	3292	0.21
	側壁	475	1622	0.29
	隔壁	523	1041	0.50

※1 等価せん断スパン比を用いた方法による。

(2)　曲げひび割れ発生の可能性に関する検討

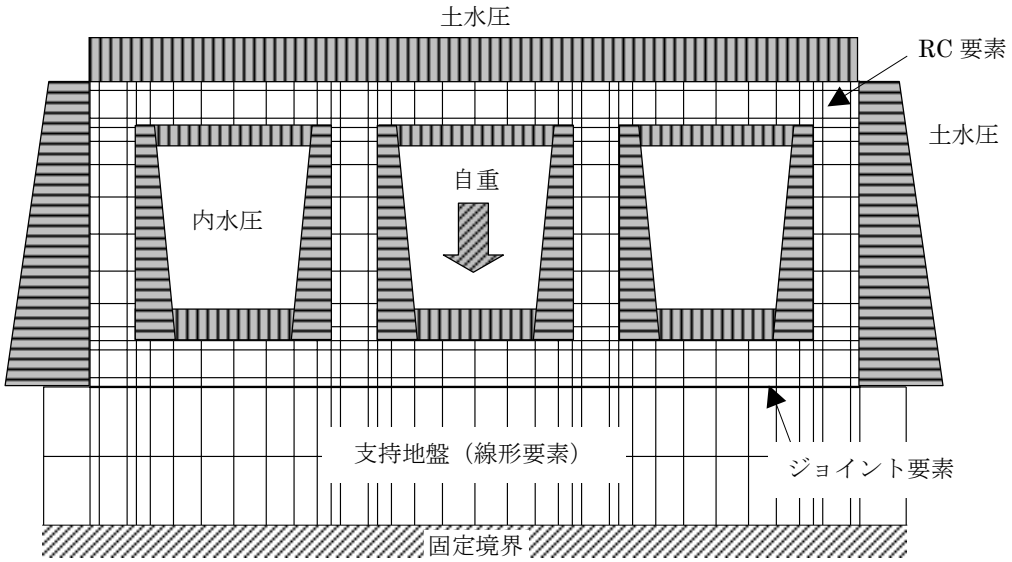
６号機非常用取水路のうち取水路を対象に、曲げひび割れの発生の可能性について、材料非線形解析を用いて、さらに詳細な検討を行う。

①　検討方法

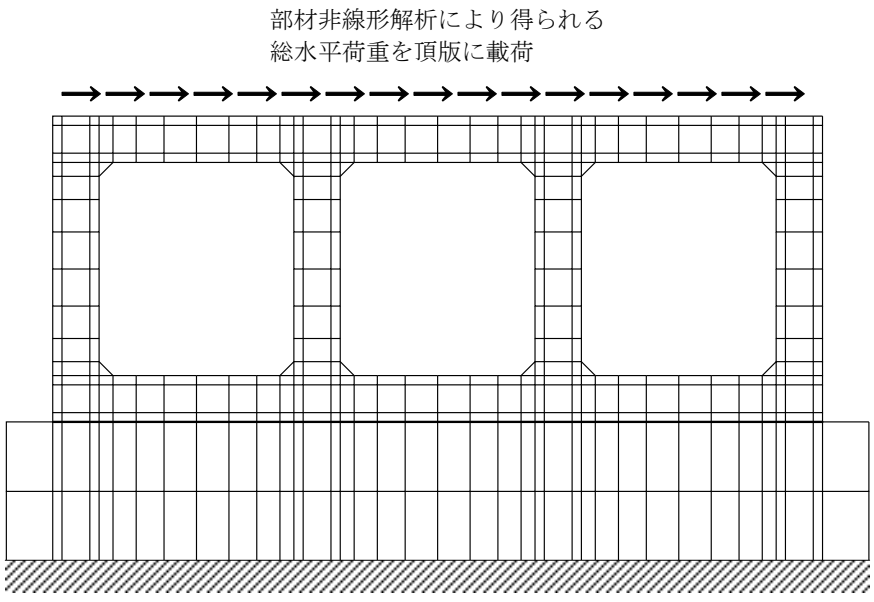
取水路を対象に、地震応答解析（部材非線形解析）により求めた水平荷重を頂版に載荷して構造物単体モデルの材料非線形解析を実施し、要素平均ひずみから最大ひび割れ幅と残留ひび割れ幅を求める。

材料非線形解析に用いる構造物単体モデルおよび荷重載荷方法を参図-9.21 に、また、部材非線形解析による頂底版間相対変位最大時刻の断面力図を参図-9.22 に示す。

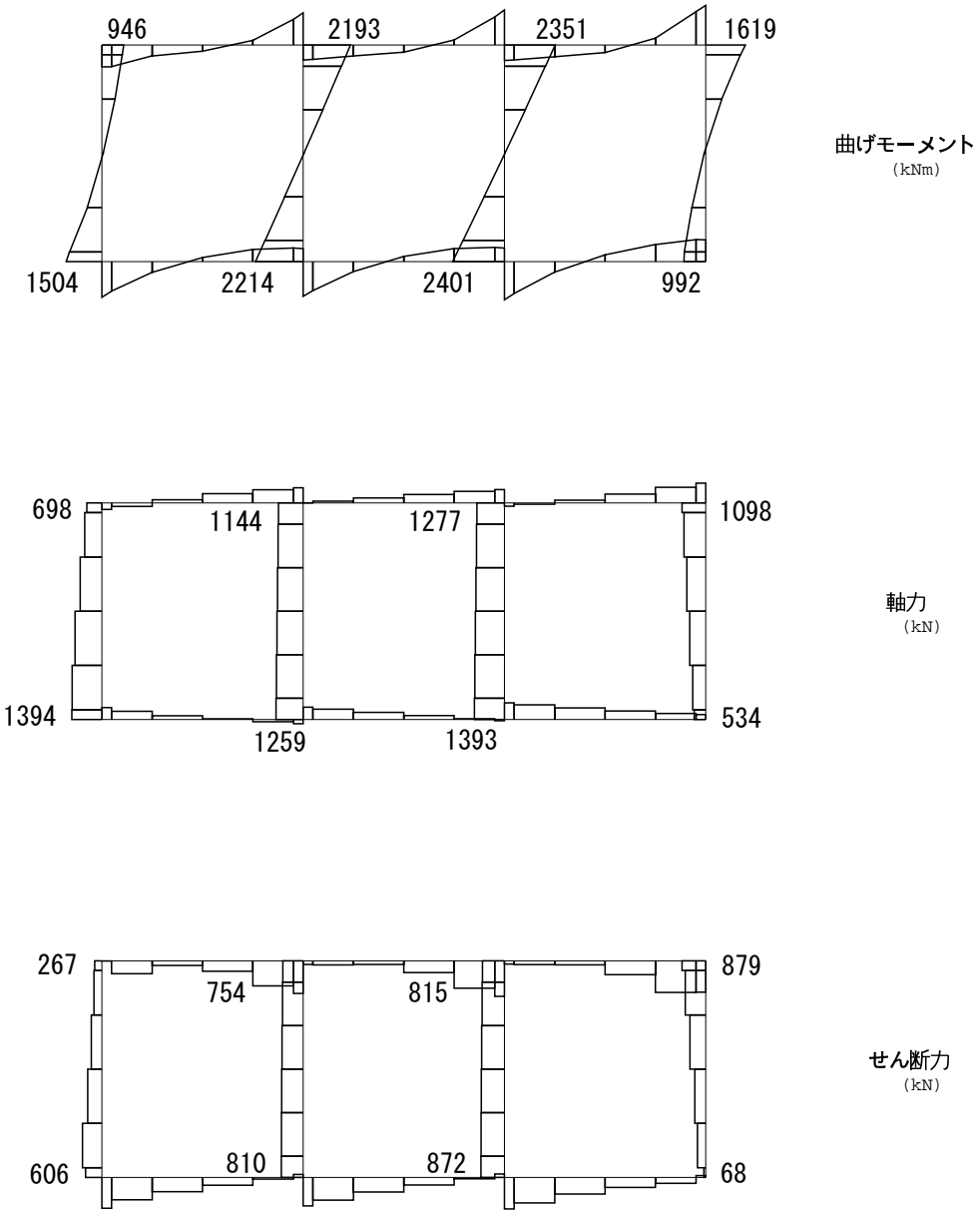
常時解析



地震時解析



参図-9.21　材料非線形解析に用いる構造物単体モデル



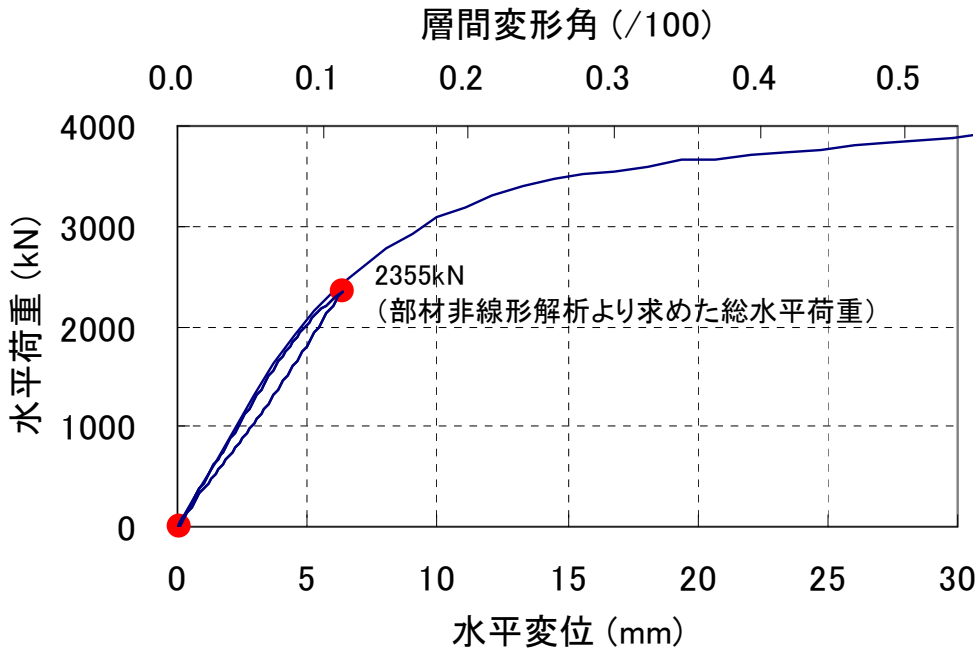
参図-9.22　断面力図（頂底版間相対変位最大時刻）

② 材料非線形解析結果

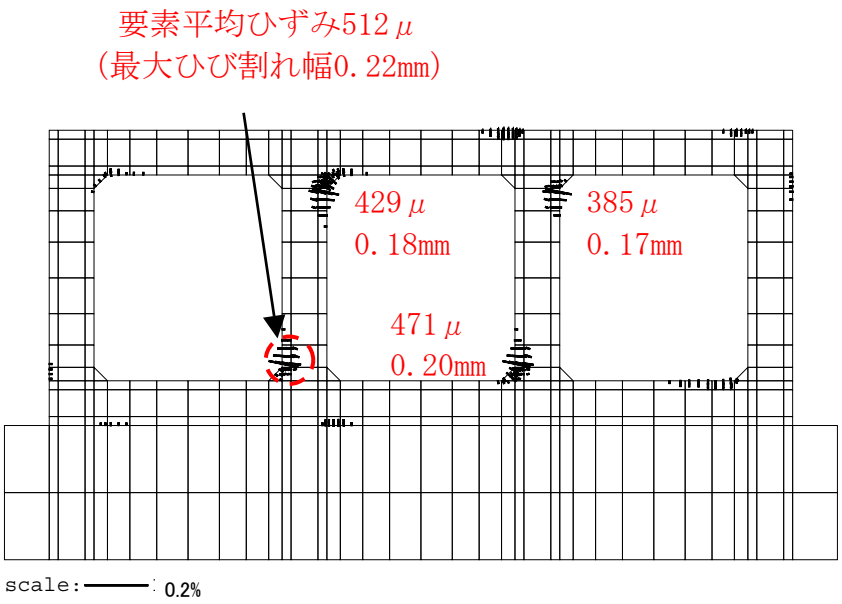
構造物単体モデルの材料非線形解析においては、常時荷重を載荷した後、部材非線形解析により求めた総水平荷重 2355kN（鉛直部材のせん断力の総和）を構造物単体モデルの頂版各節点に分布させて一方向に漸増載荷し、最大荷重に達してから除荷した。

荷重－変位関係を参図-9.23 に、最大荷重載荷時および除荷後のひび割れ図を参図-9.24 に示す。最大荷重載荷時には隔壁上下端に最大 500μ程度の要素平均ひずみが生じ、コンクリート標準示方書（設計編、土木学会、2007）に示された曲げひび割れ幅算定式に基づきひび割れ幅を求めると、最大 0.2mm 程度となる。一方、取水路の場合、土かぶりが約 16m あり、隔壁に高い軸圧縮応力（1.5N/mm^{2}程度）が作用しているため、除荷後の要素平均ひずみは圧縮となり、引張ひずみは発生しない。

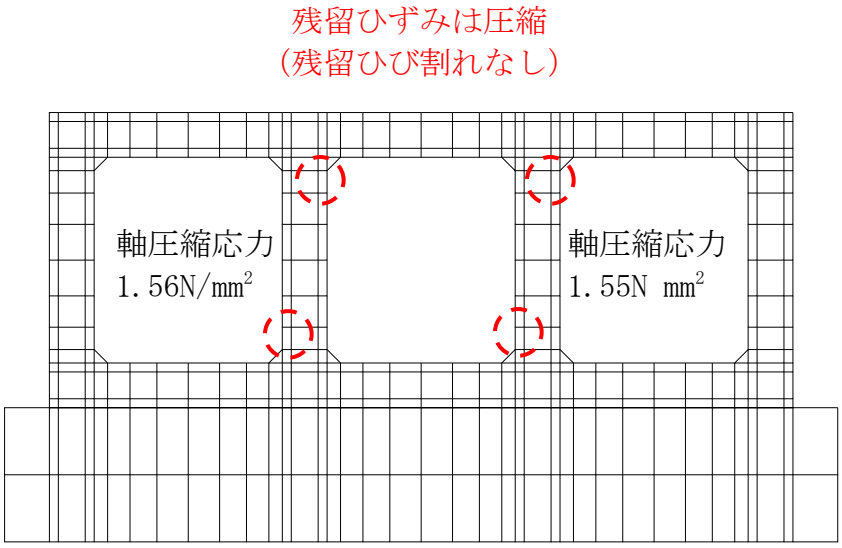
隔壁下端部のＲＣ要素の要素平均応力－ひずみ関係を参図-9.25 に示す。除荷後の要素平均ひずみは圧縮ひずみ状態になっている。



参図-9.23　荷重－変位関係

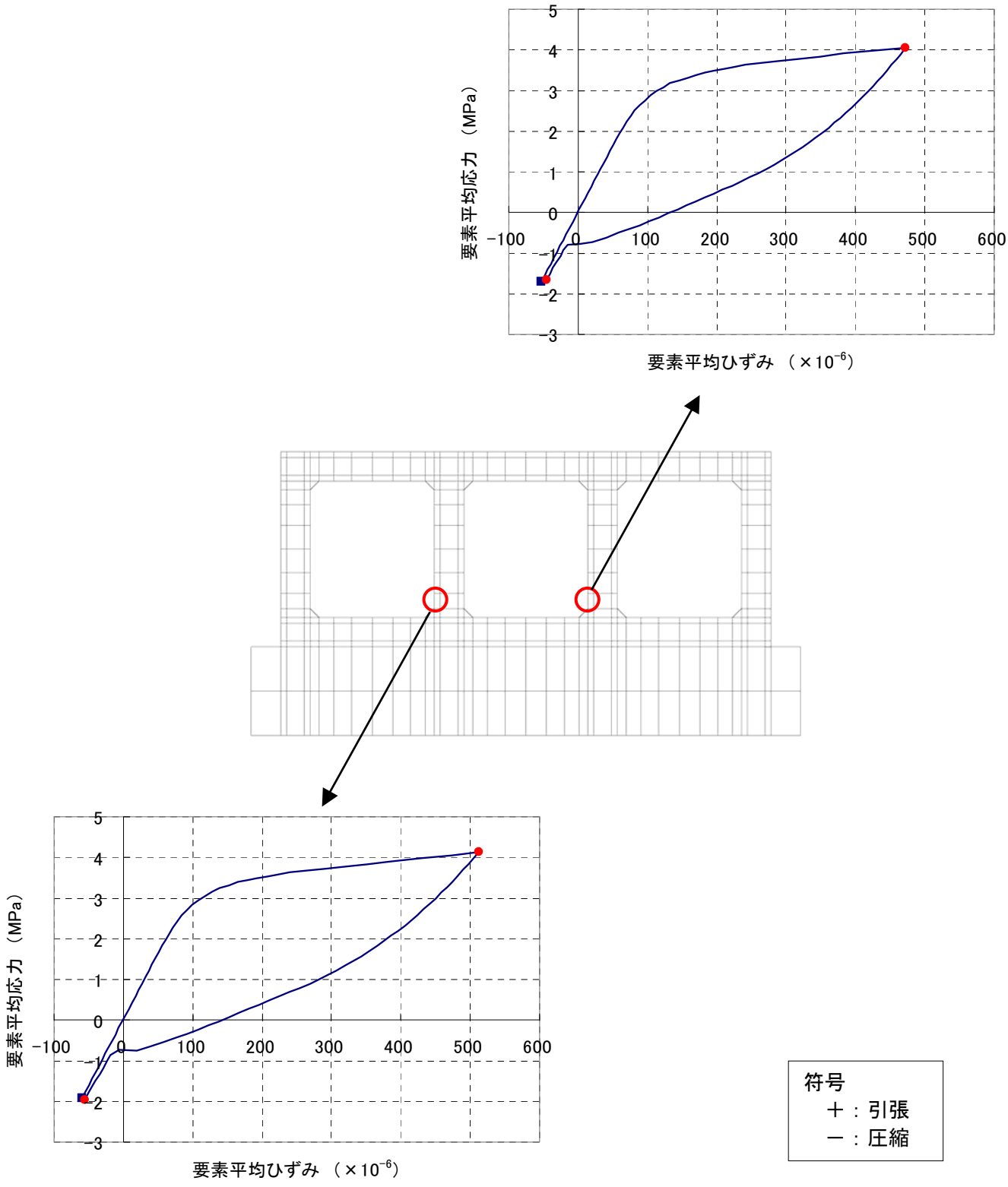


(a) 最大荷重載荷時



(b) 除荷時

参図-9.24　ひび割れ図



参図-9.25　応力－ひずみ関係（要素平均）

(3) 耐震健全性評価結果

地震時応答解析（部材非線形解析）では、層間変形角による照査の結果、評価位置において照査用層間変形角が限界層間変形角を下回ることを、また、せん断力による照査の結果、評価位置において照査用せん断力がせん断耐力を下回ることを確認した。

以上より、曲げ、せん断のいずれも評価基準を満足するとともに裕度を有していることから、耐震健全性は確保されているものと評価した。

また、材料非線形解析では、最大曲げモーメントMd はひび割れ発生曲げモーメントMcr を上回っており、局所的に幅 0.2㎜ 程度（瞬間最大値）の曲げひび割れが発生した可能性があるが、最大曲げモーメントMd は降伏曲げモーメントMy を下回っており、残留曲げひび割れが認められる程度には至っていないと考えられる。