

参考資料 1 原子炉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-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	0.484	2.06	1.55
2	0.236	4.24	-0.59
3	0.094	10.67	-0.09
4	0.081	12.41	0.21
5	0.064	15.69	-0.08

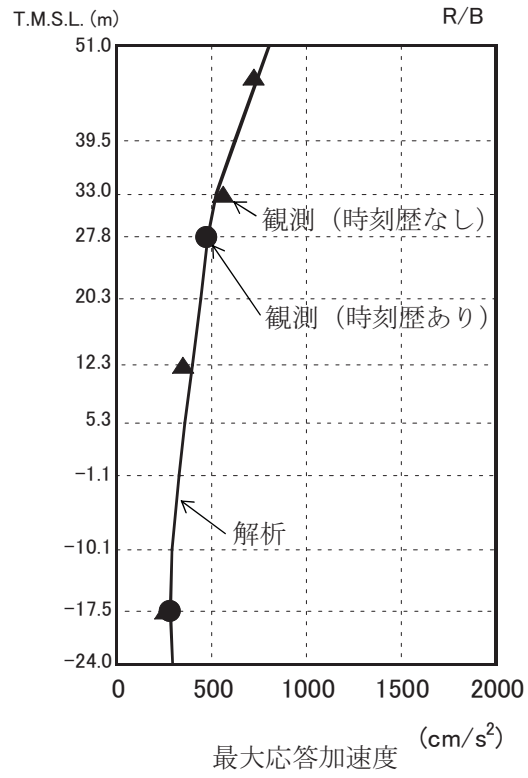
(東西方向)

次数	固有周期 (s)	固有振動数 (Hz)	刺激係数*
1	0.484	2.07	1.54
2	0.236	4.25	-0.58
3	0.092	10.81	-0.08
4	0.078	12.83	0.18
5	0.061	16.35	-0.08

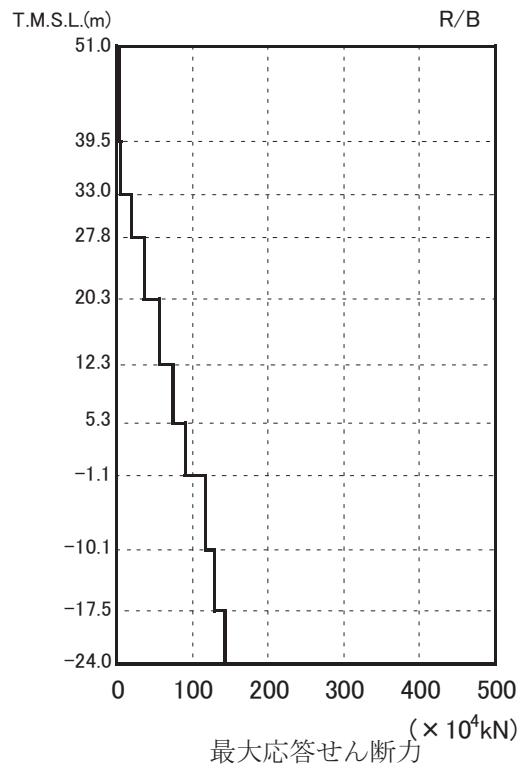
(鉛直方向)

次数	固有周期 (s)	固有振動数 (Hz)	刺激係数*
1	0.326	3.07	4.96
2	0.280	3.57	-4.01
3	0.080	12.57	0.08
4	0.057	17.47	-0.11
5	0.054	18.64	0.12

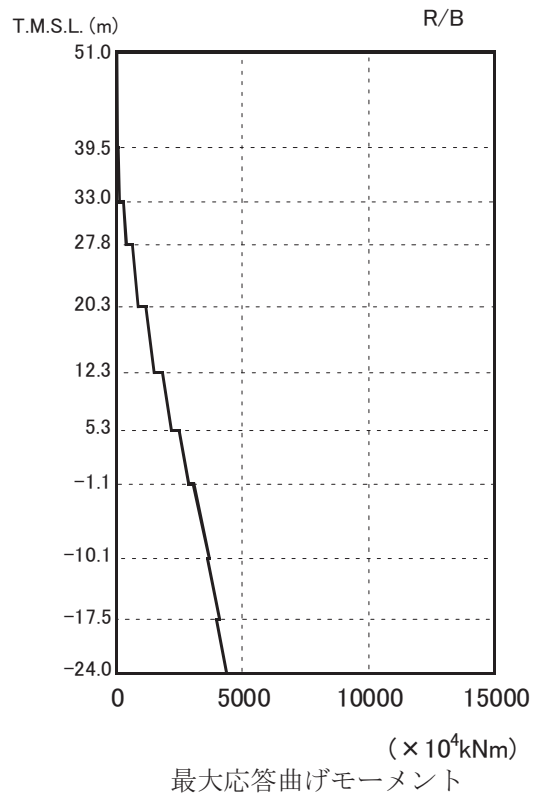
注* : 各モードごとに固有ベクトルの最大値を1に基準化して得られる刺激係数を示す。



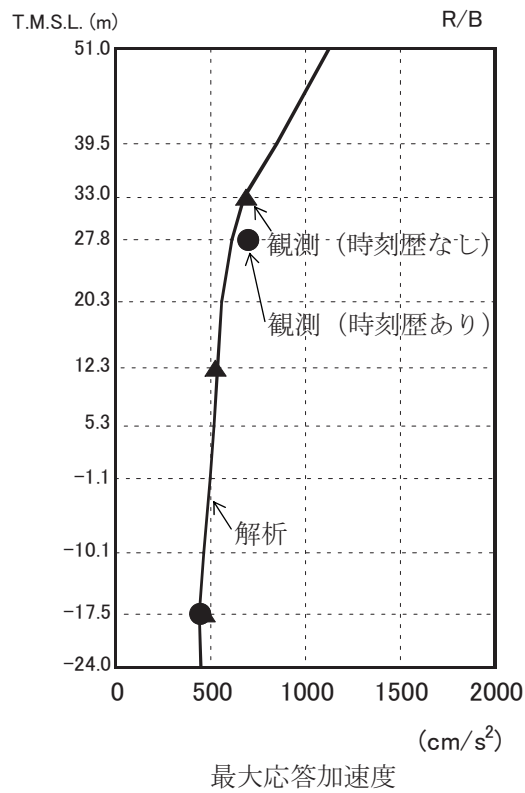
参図-1.1 最大応答加速度 (南北方向)



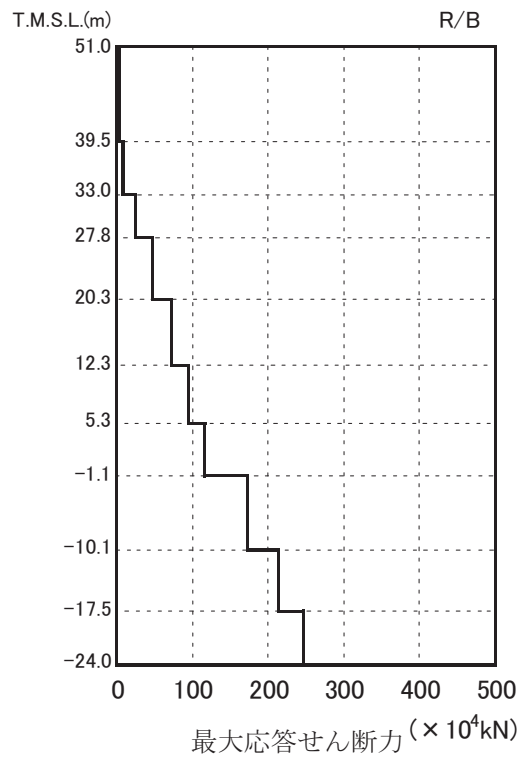
参图-1.2 最大応答せん断力 (南北方向)



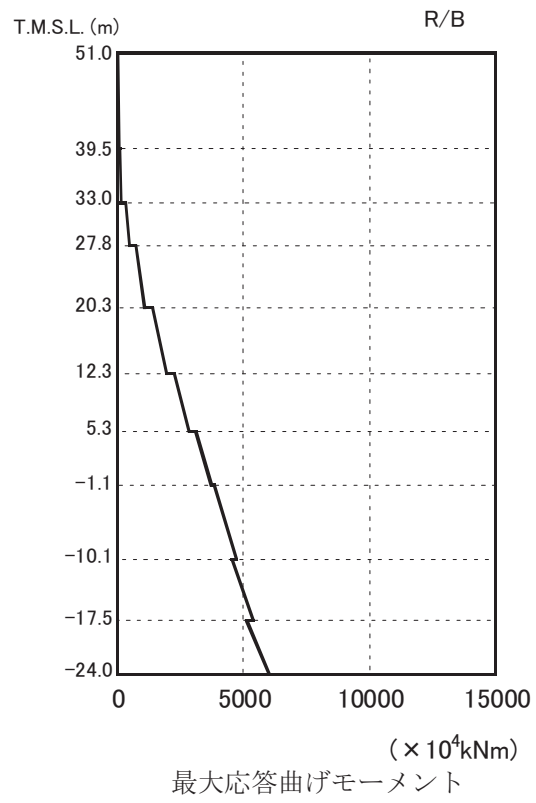
参図-1.3 最大応答曲げモーメント (南北方向)



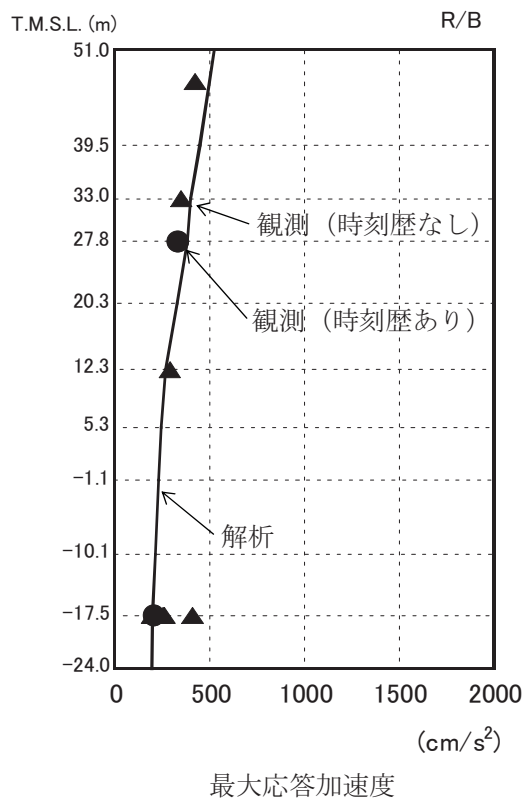
参図-1.4 最大応答加速度 (東西方向)



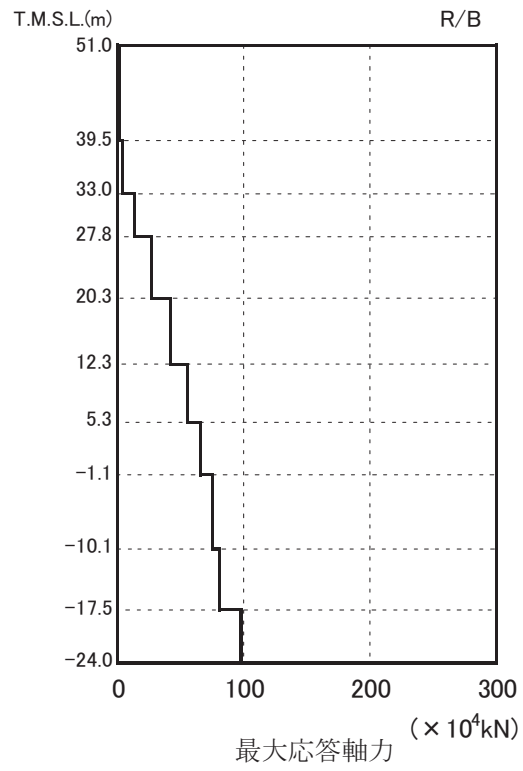
参图-1.5 最大応答せん断力 (東西方向)



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)



参图-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。

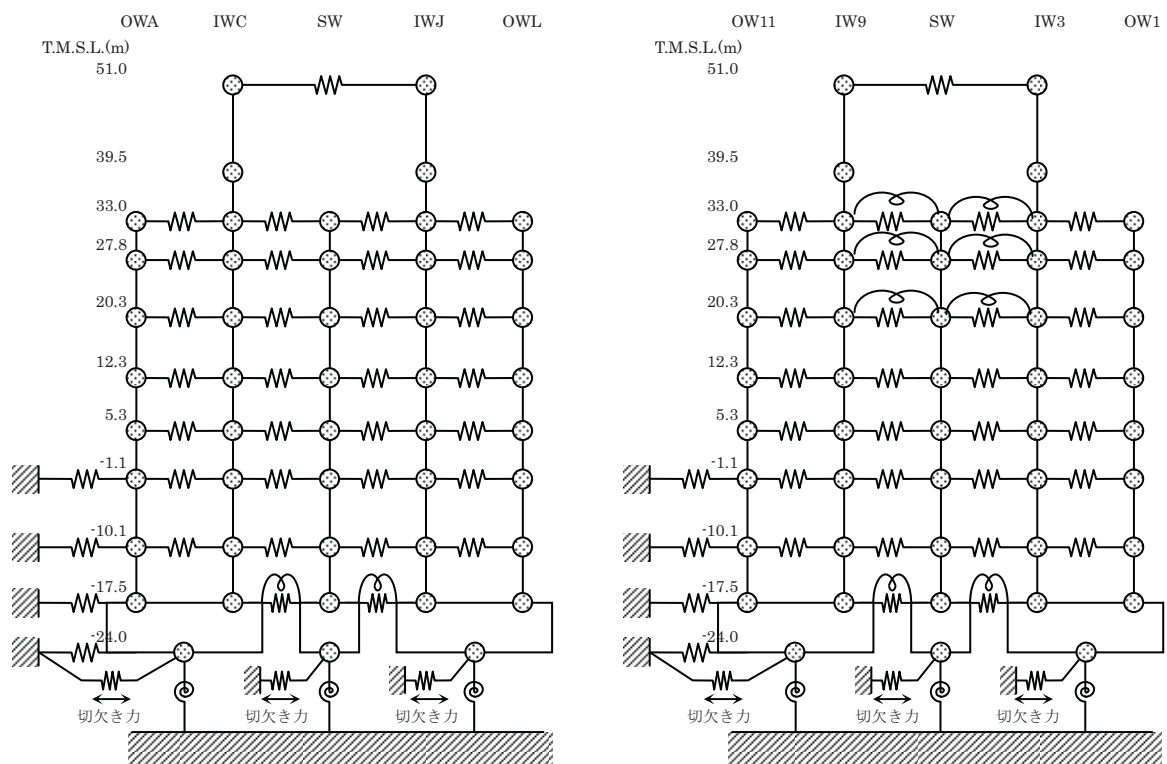
参表-1.2 浮上りの検討結果

	浮上り限界モーメント M_0 (kNm)	最大転倒モーメント M_{max} (kNm)	接地率 η (%)
南北方向	6.58×10^7	4.19×10^7	100
東西方向	6.58×10^7	5.77×10^7	100

参考資料 2 原子炉建屋の追加検討モデルによる応答結果比較

1. はじめに

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を実施し、現状のシミュレーション解析モデル（剛床仮定のモデル）による結果との比較を行う。追加検討モデルは、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) 南北方向

(b) 東西方向

参図-2.1 追加検討モデル

2. 追加検討モデルによる応答結果

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。また、参考として、追加検討モデルによる各床レベルの加速度応答スペ

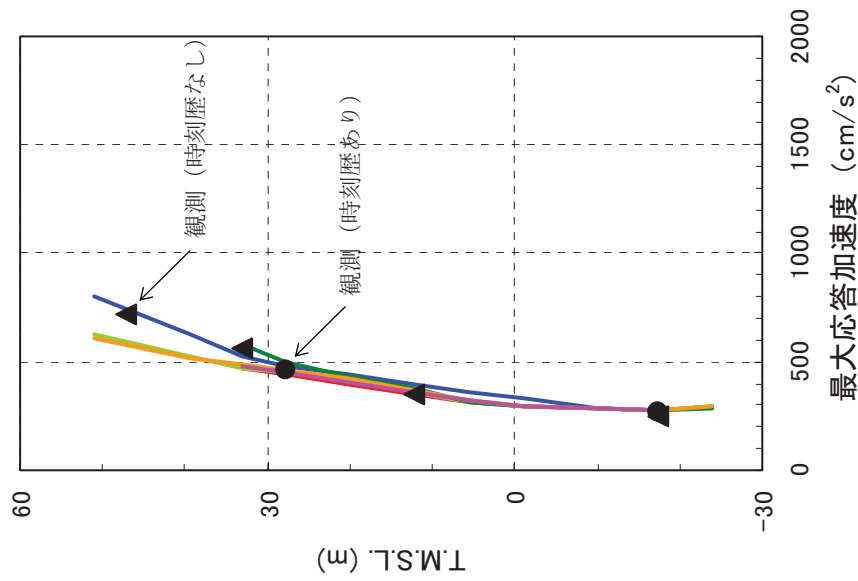
クトルを参図-2.5～参図-2.6 に示す。中間階の加速度応答スペクトルの比較を見ると、追加検討モデルとシミュレーション解析モデルとで大きな違いは無いものと考えられる。

3. 建屋の健全性評価

参図-2.7～参図-2.18 に耐震壁（外部ボックス壁[OW]、内部ボックス壁[IW]、シェル壁[SW]）のせん断応力とせん断ひずみの比較を示す。各耐震壁のせん断応力は設計配筋量のみで負担できる短期せん断応力度を下回っており、かつ、各耐震壁のせん断ひずみもひび割れ発生の目安値を下回っている。

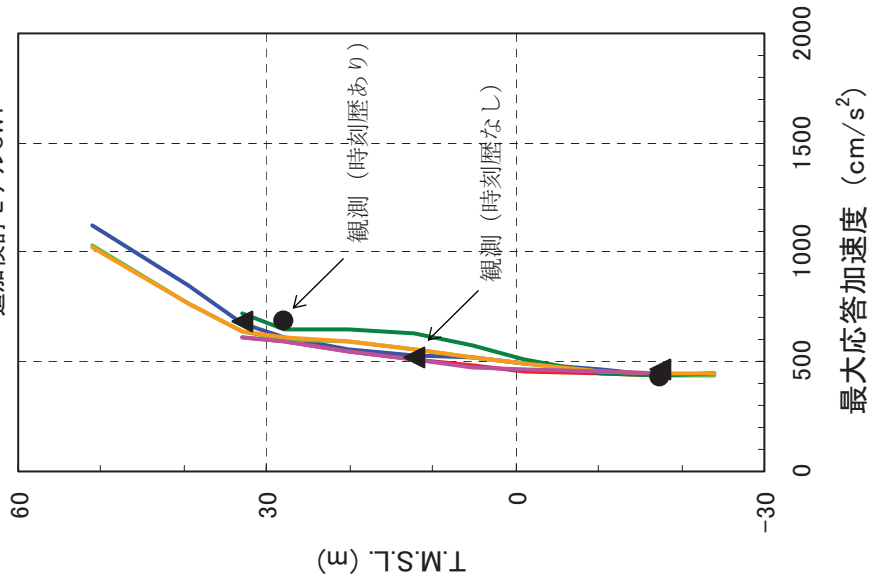
また、参考としてシミュレーション解析モデルと追加検討モデルによる層せん断力の比較を参図-2.19～参図-2.20 に示す。各層の耐震壁を集約して評価したせん断力は、シミュレーション解析モデルの結果とほぼ同等であり、建屋の健全性評価に与える影響は小さいと考えられる。

- シミュレーションモデル
- 追加検討モデルOWA
- 追加検討モデルIWC
- 追加検討モデルSW
- 追加検討モデルIWJ
- 追加検討モデルOWL



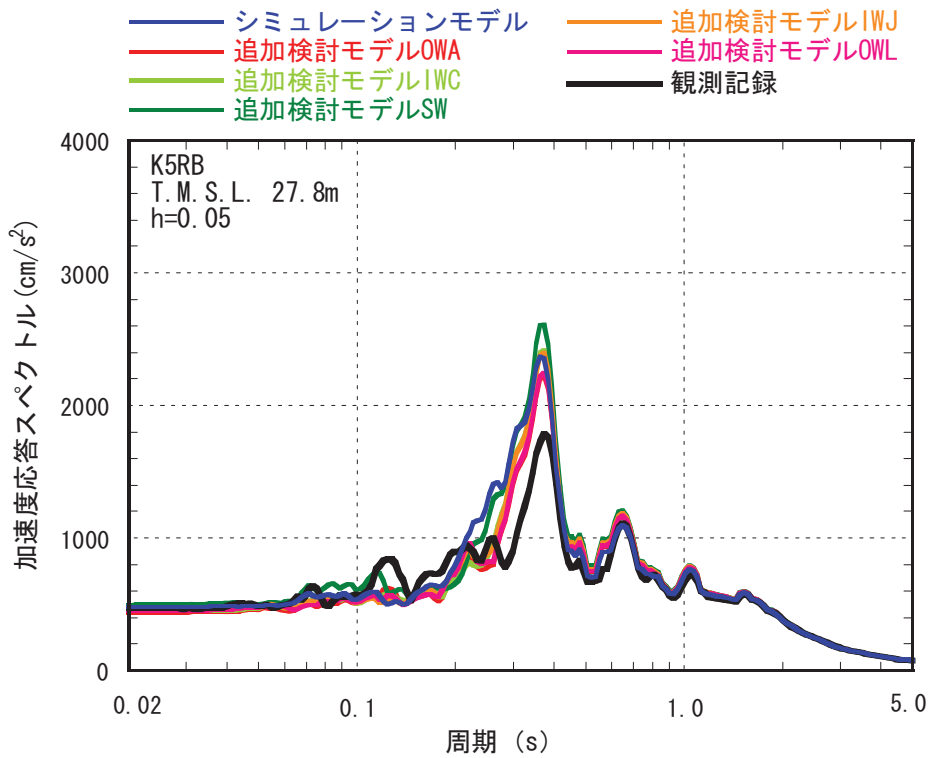
(a) 南北方向

- シミュレーションモデル
- 追加検討モデルOW11
- 追加検討モデルIW9
- 追加検討モデルSW
- 追加検討モデルIW3
- 追加検討モデルOW1

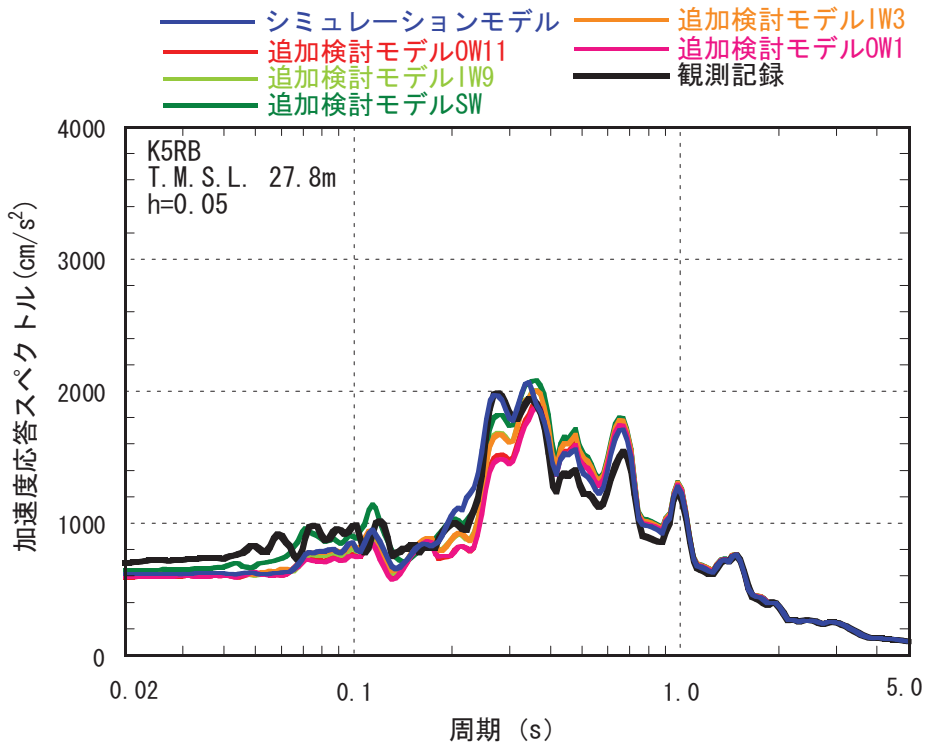


(b) 東西方向

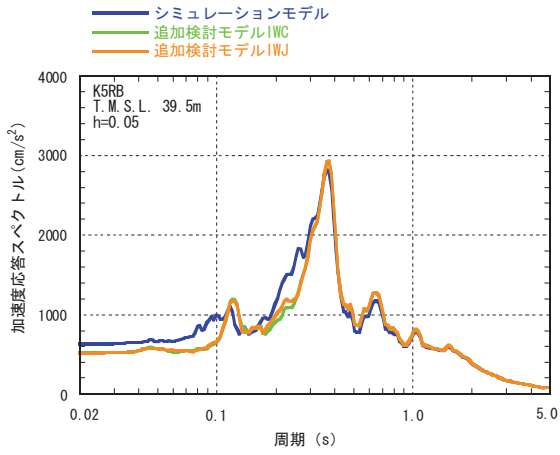
参図-2.2 最大応答加速度の比較



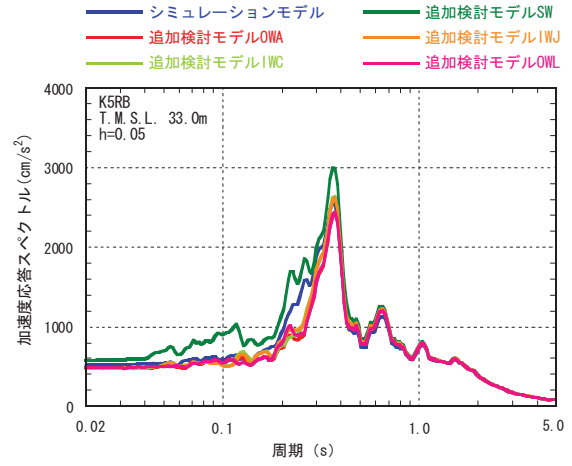
参図-2.3 加速度応答スペクトルの比較
 中間階(T. M. S. L. 27.8m)、南北方向



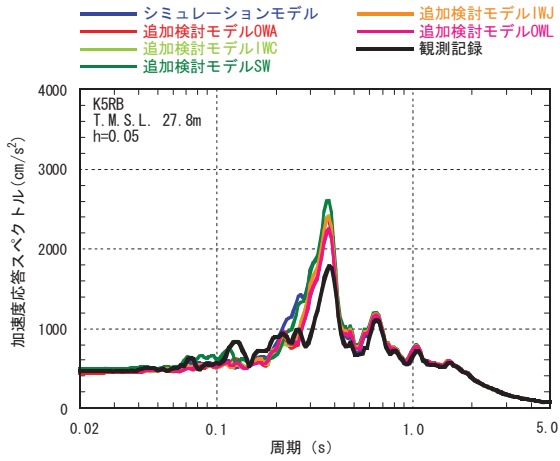
参図-2.4 加速度応答スペクトルの比較
 中間階(T. M. S. L. 27.8m)、東西方向



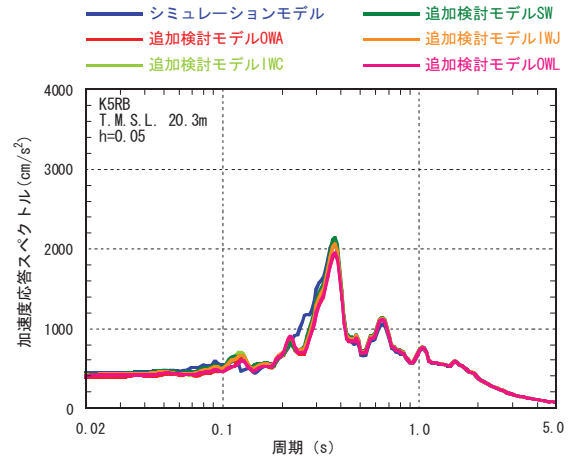
①T.M.S.L. 39.5m



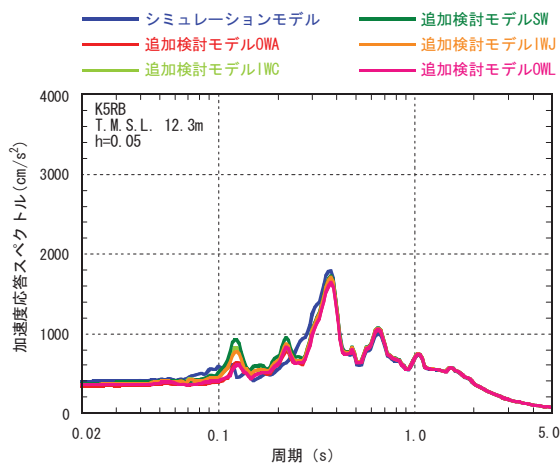
②T.M.S.L. 33.0m



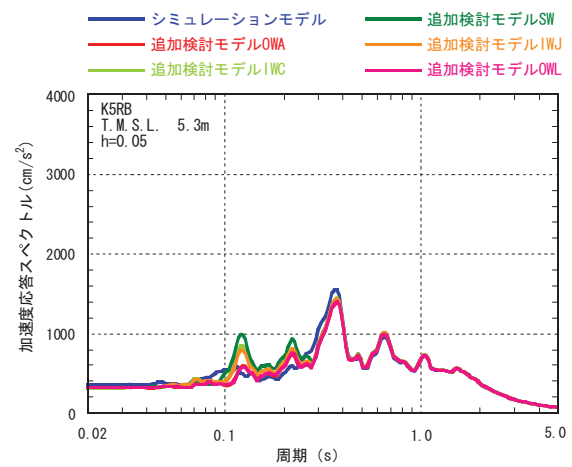
③T.M.S.L. 27.8m



④T.M.S.L. 20.3m

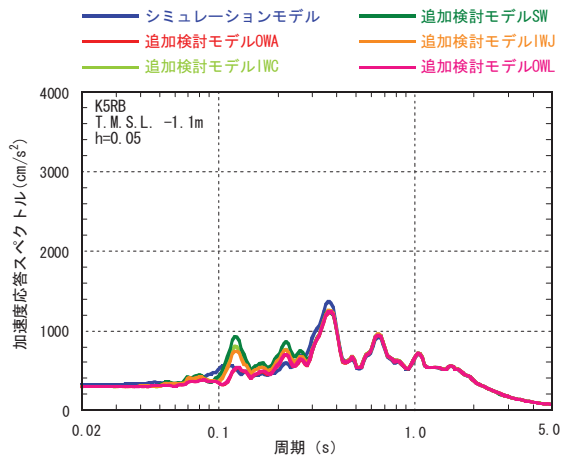


⑤T.M.S.L. 12.3m

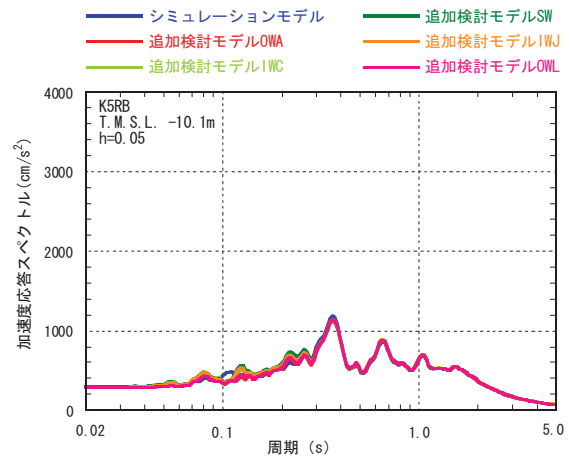


⑥T.M.S.L. 5.3m

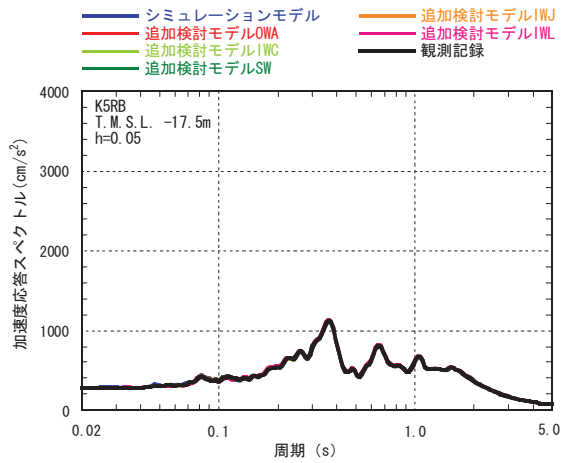
参図-2.5 各床レベルの加速度応答スペクトル(南北方向)(その1)



⑦ T.M.S.L. -1.1m

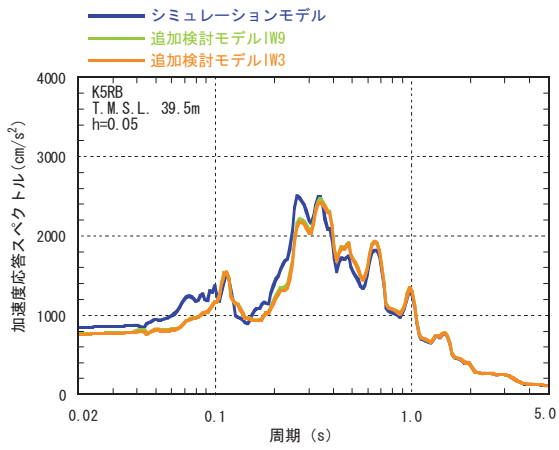


⑧ T.M.S.L. -10.1m

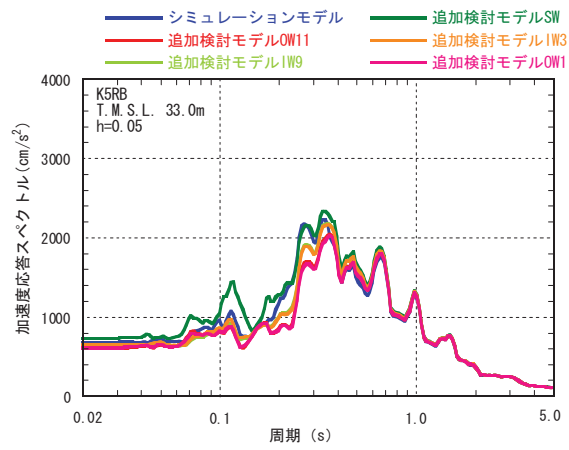


⑨ T.M.S.L. -17.5m

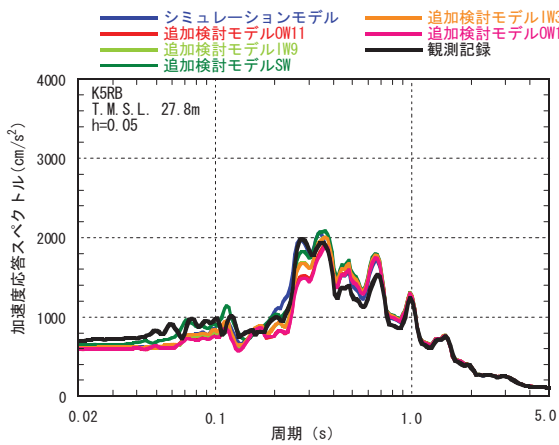
参図-2.5 各床レベルの加速度応答スペクトル(南北方向)(その2)



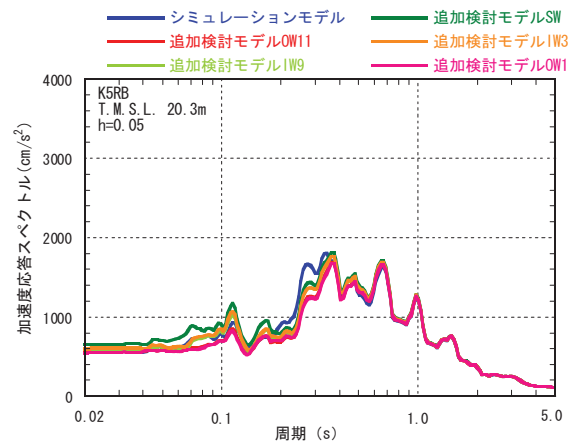
① T.M.S.L. 39.5m



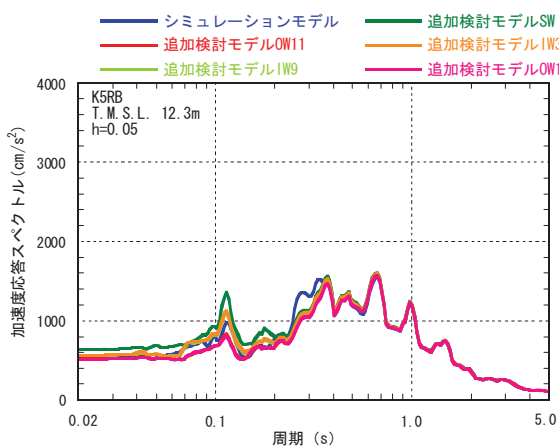
② T.M.S.L. 33.0m



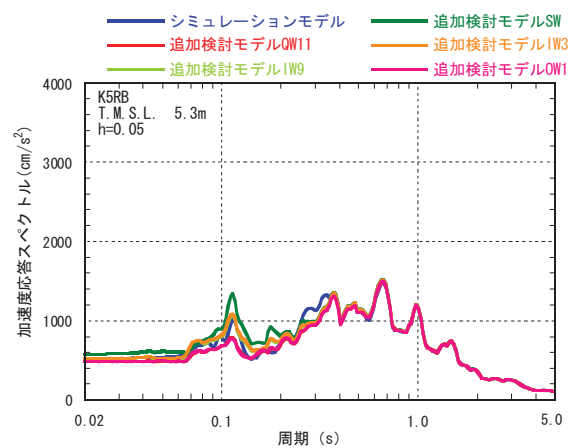
③ T.M.S.L. 27.8m



④ T.M.S.L. 20.3m

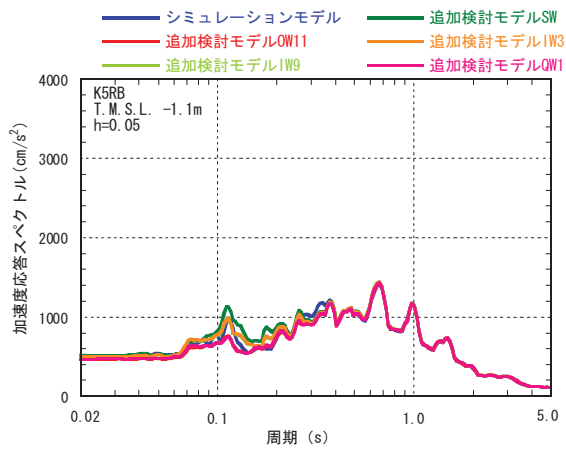


⑤ T.M.S.L. 12.3m

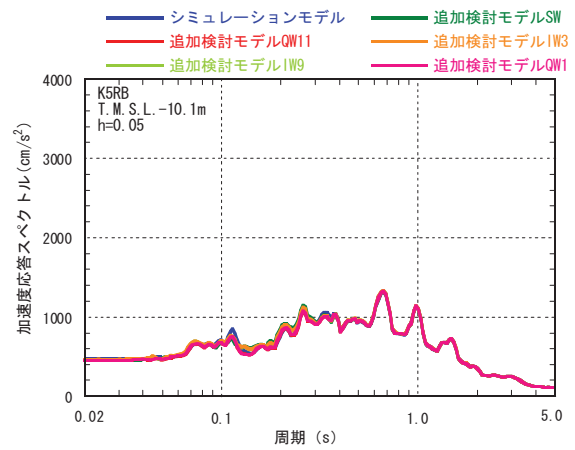


⑥ T.M.S.L. 5.3m

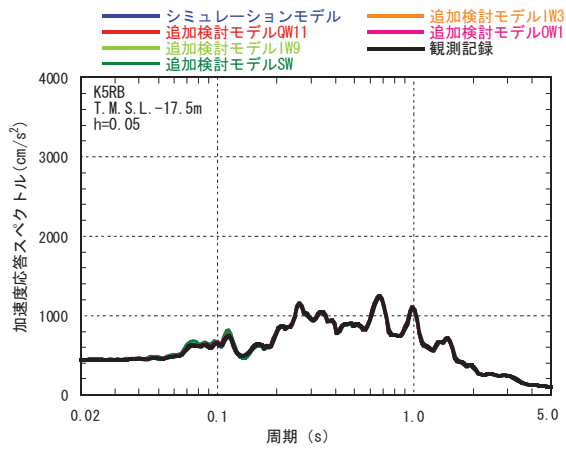
参図-2.6 各床レベルの加速度応答スペクトル(東西方向)(その1)



⑦T. M. S. L. -1.1m

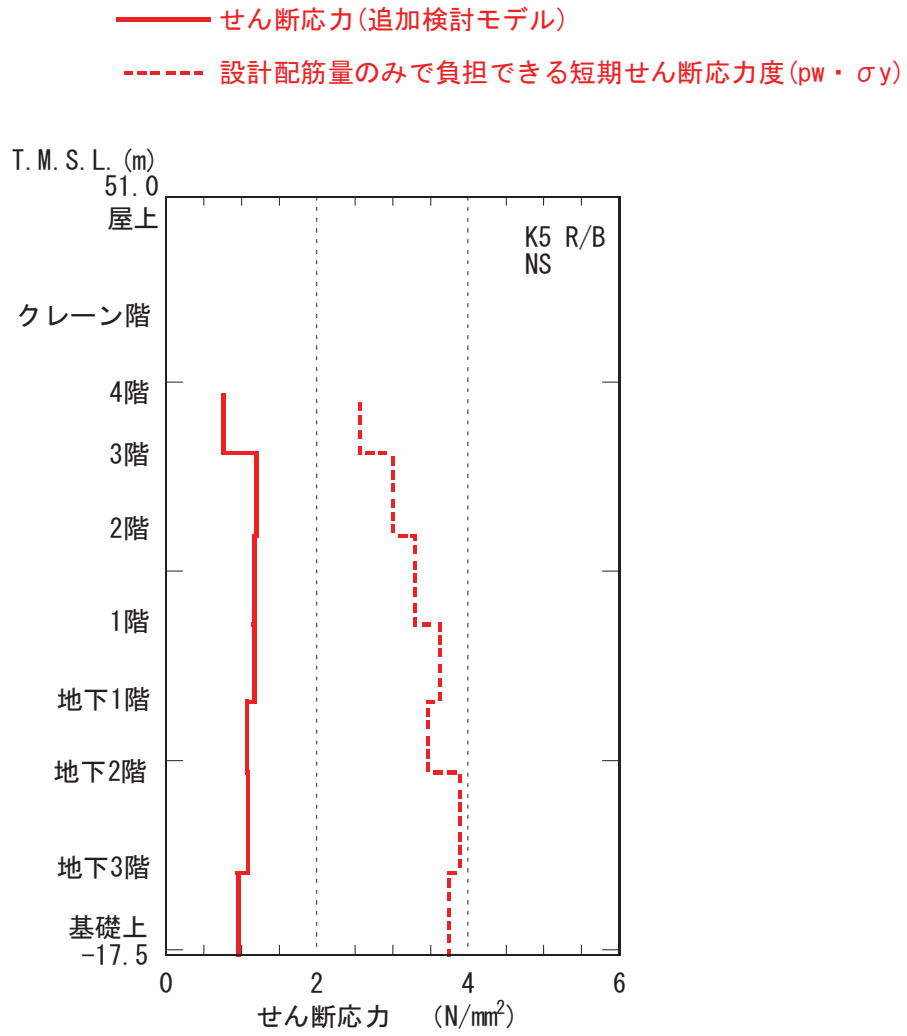


⑧T. M. S. L. -10.1m

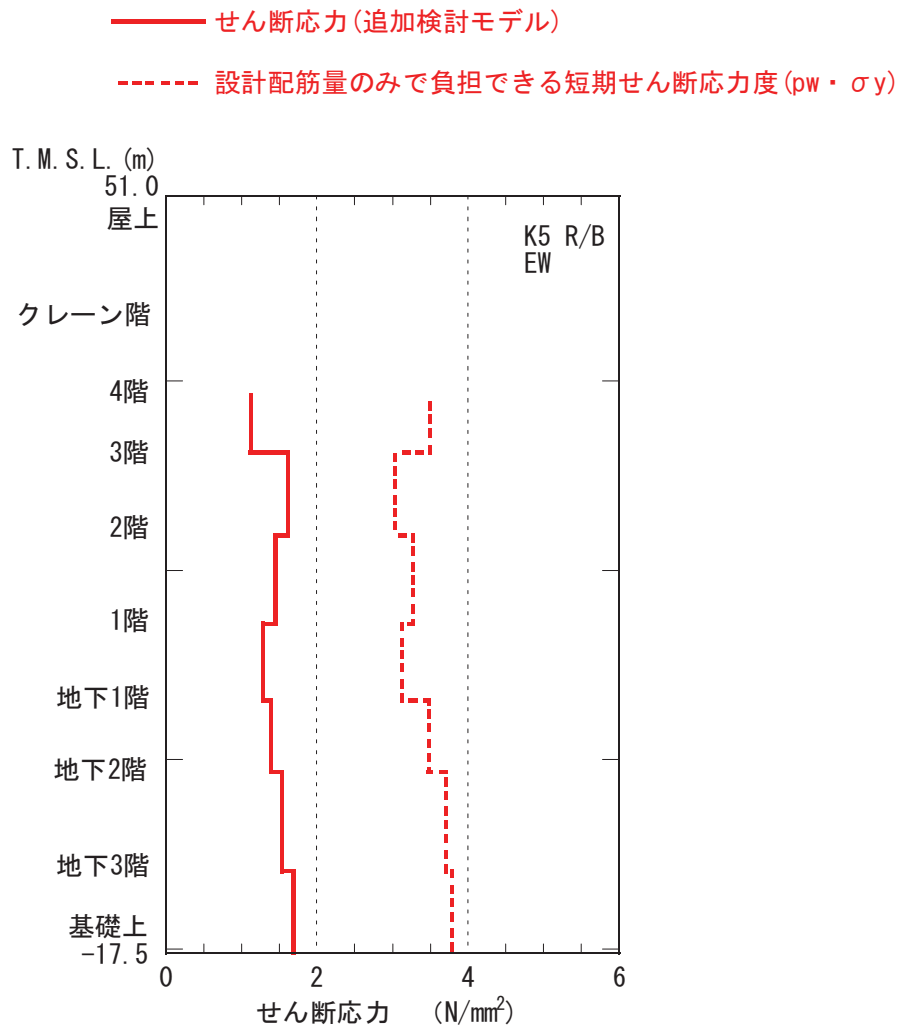


⑨T. M. S. L. -17.5m

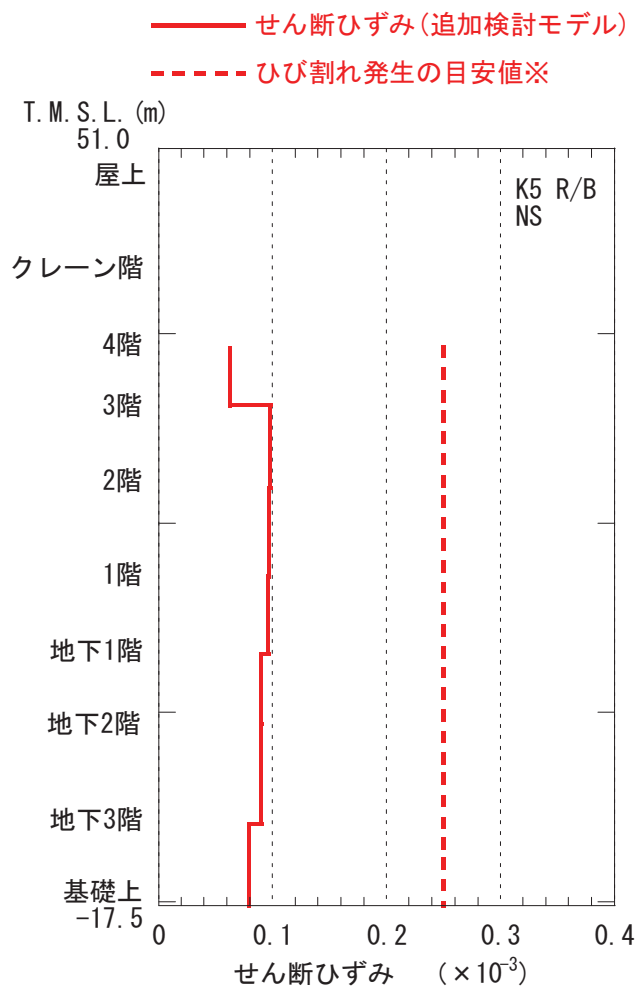
参図-2.6 各床レベルの加速度応答スペクトル(東西方向)(その2)



参図-2.7 原子炉建屋 耐震壁 (外部ボックス壁) のせん断応力 (南北方向)

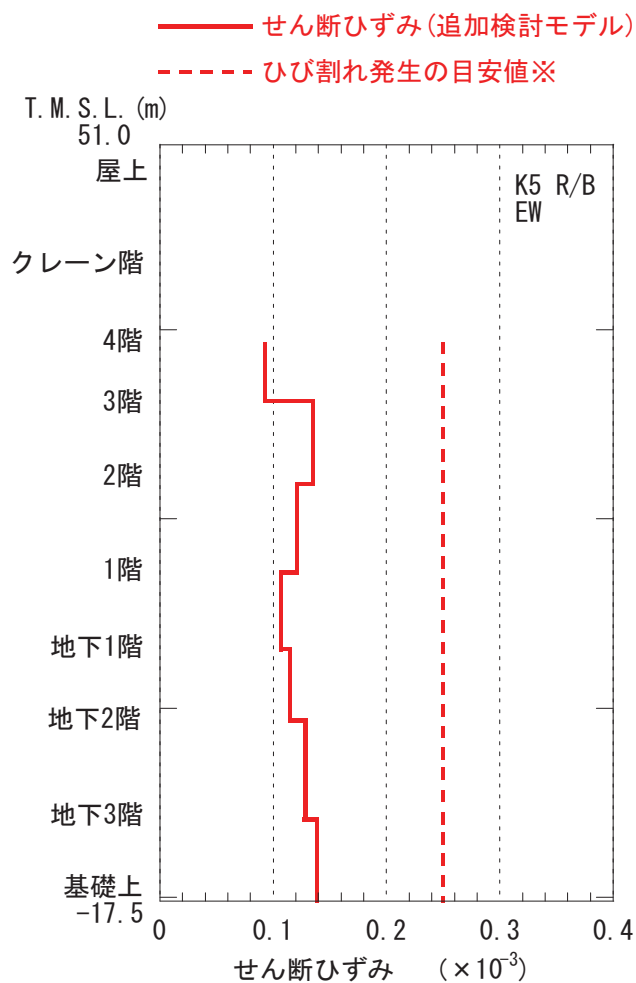


参図-2.8 原子炉建屋 耐震壁（外部ボックス壁）のせん断応力（東西方向）



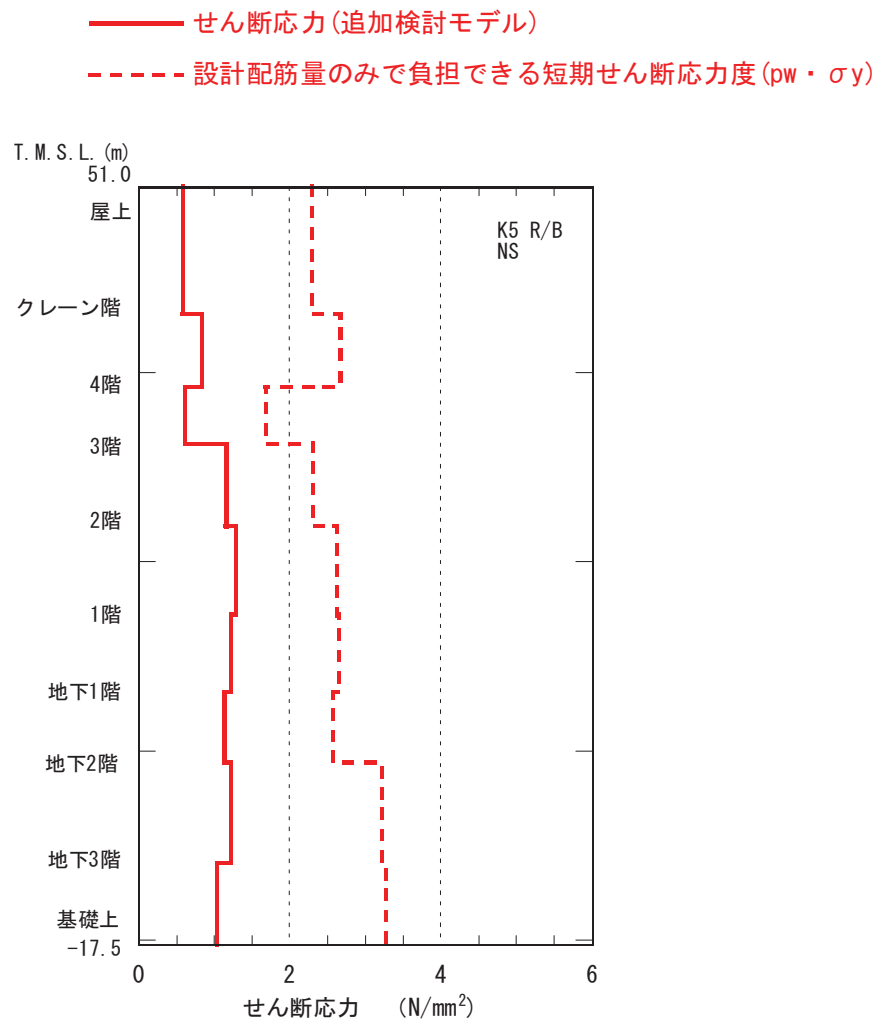
※過去の実験結果の平均的な値による目安値であり、せん断初ひび割れが発生するせん断ひずみの値にはばらつきがある。

参図-2.9 原子炉建屋 耐震壁（外部ボックス壁）のせん断ひずみ（南北方向）

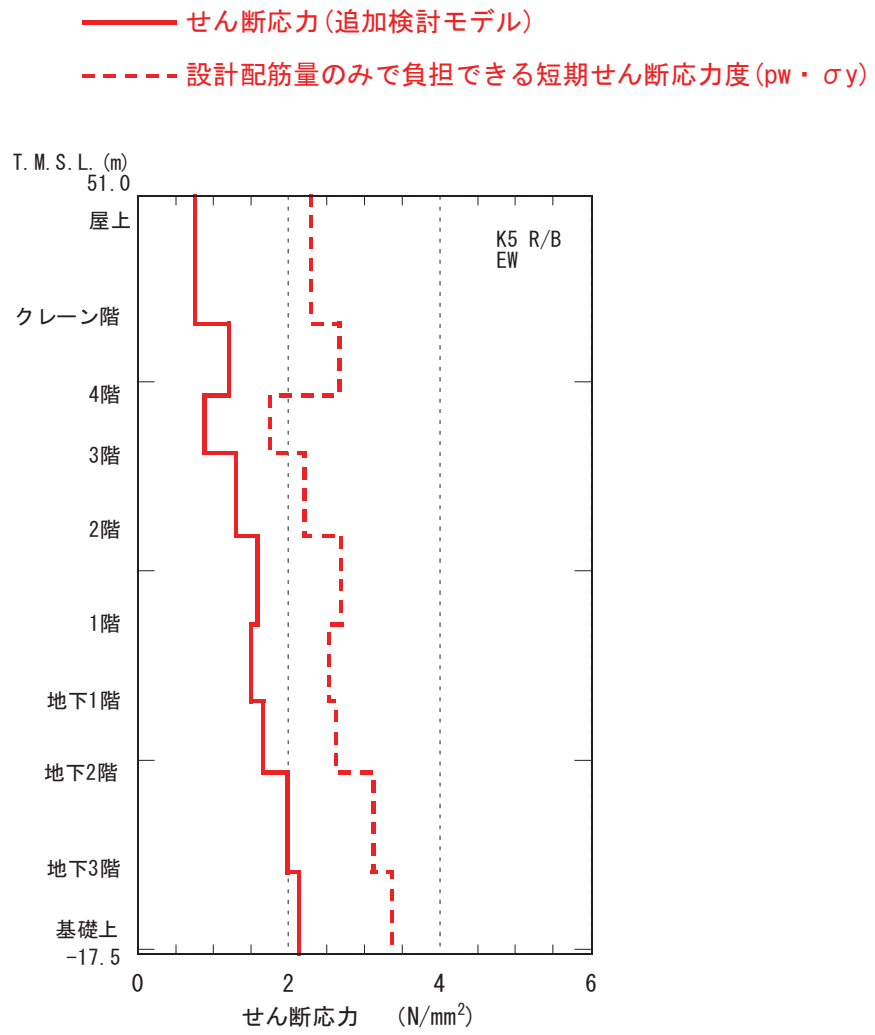


※過去の実験結果の平均的な値による目安値であり、せん断初ひび割れが発生するせん断ひずみの値にはばらつきがある。

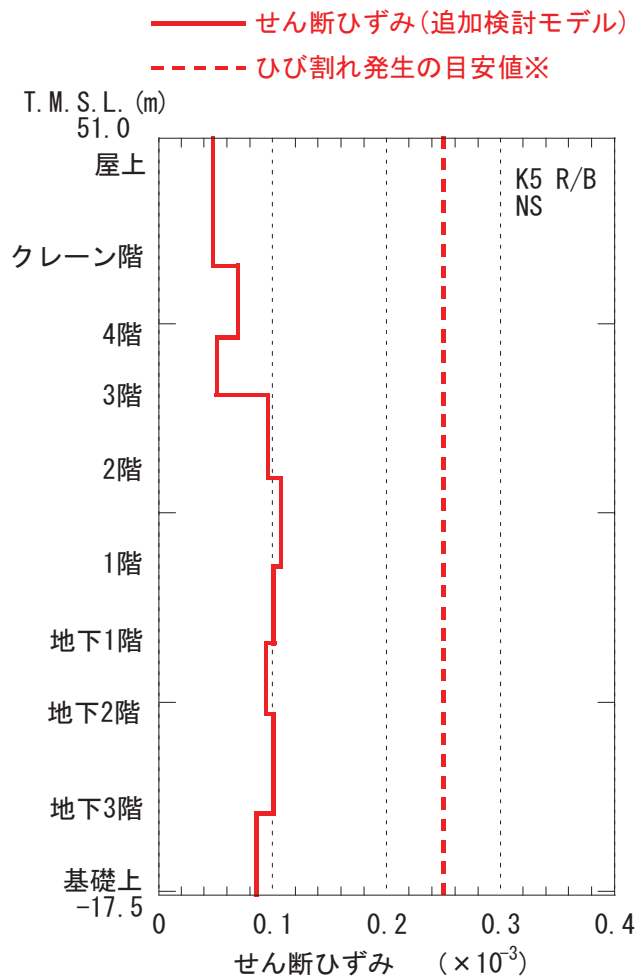
参図-2.10 原子炉建屋 耐震壁（外部ボックス壁）のせん断ひずみ（東西方向）



参図-2.11 原子炉建屋 耐震壁 (内部ボックス壁) のせん断応力 (南北方向)

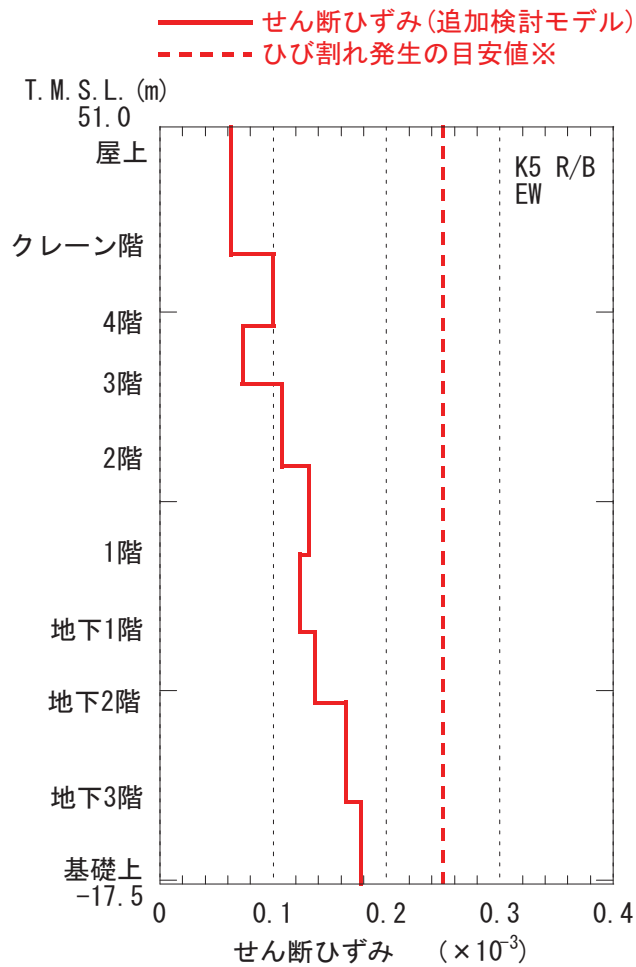


参図-2.12 原子炉建屋 耐震壁 (内部ボックス壁) のせん断応力 (東西方向)



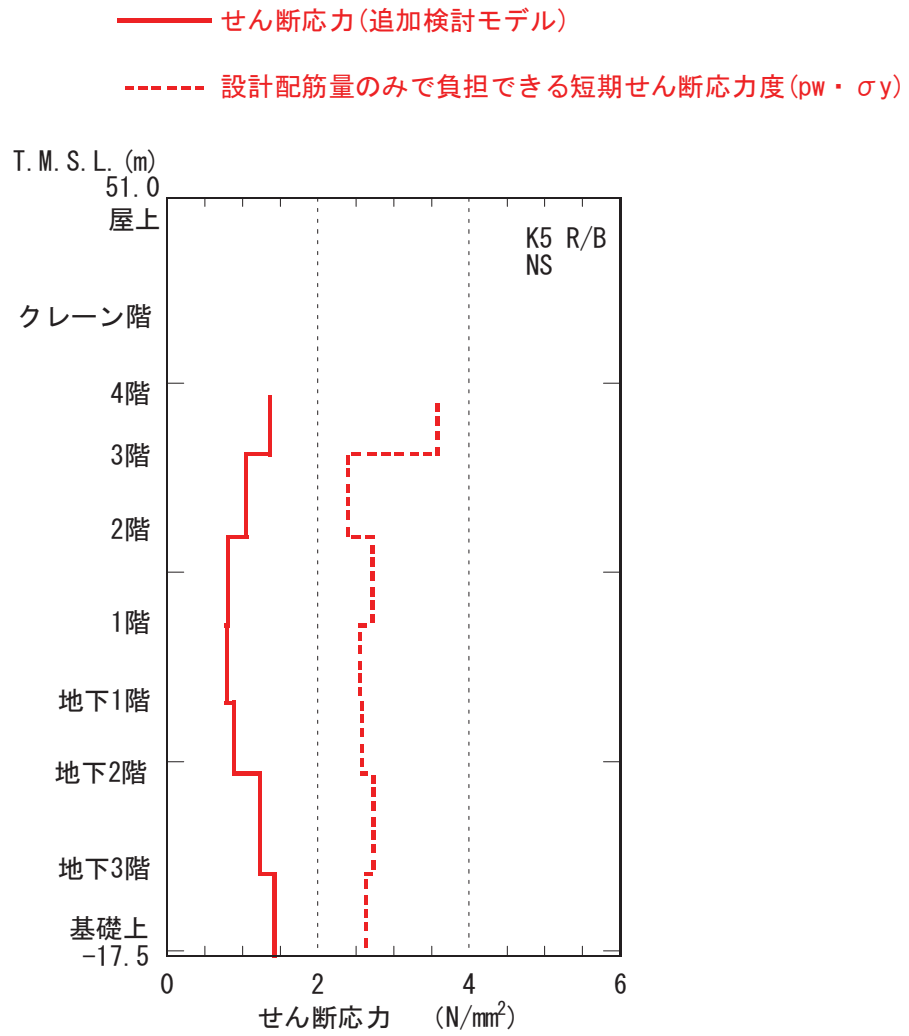
※過去の実験結果の平均的な値による目安値であり、せん断初ひび割れが発生するせん断ひずみの値にはばらつきがある。

参図-2.13 原子炉建屋 耐震壁（内部ボックス壁）のせん断ひずみ（南北方向）

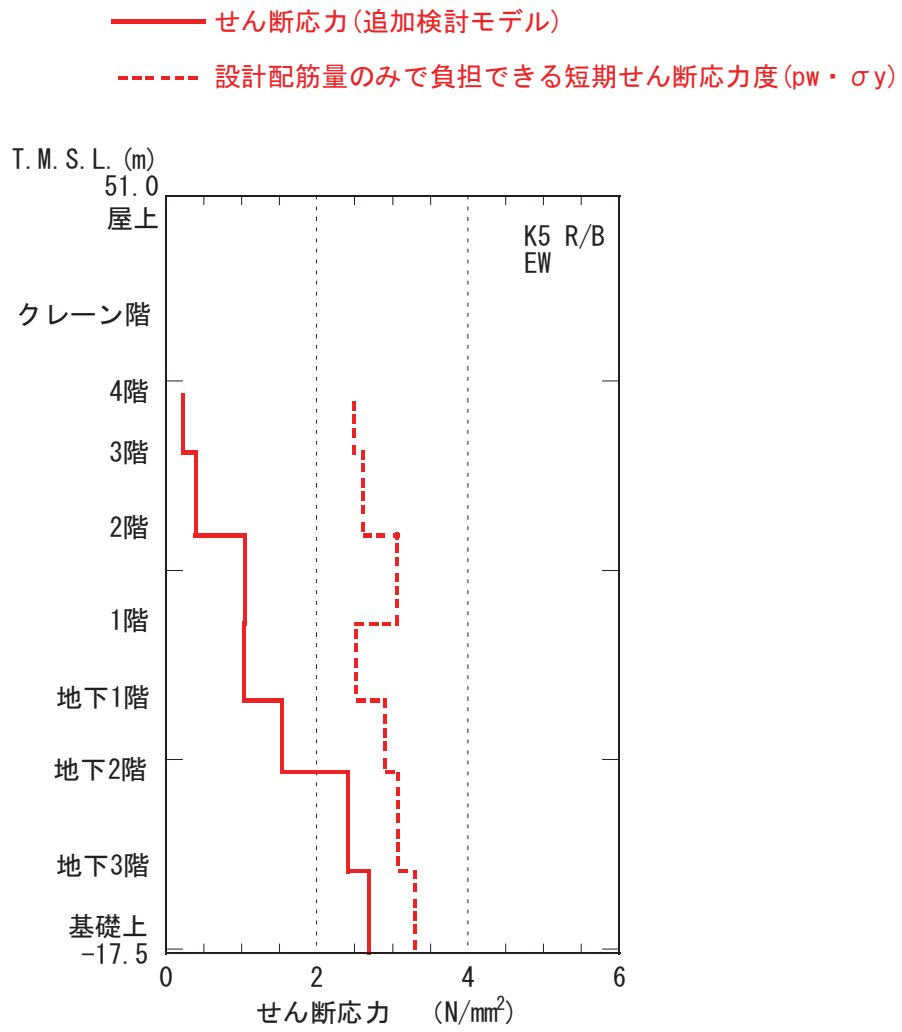


※過去の実験結果の平均的な値による目安値であり、せん断初ひび割れが発生するせん断ひずみの値にはばらつきがある。

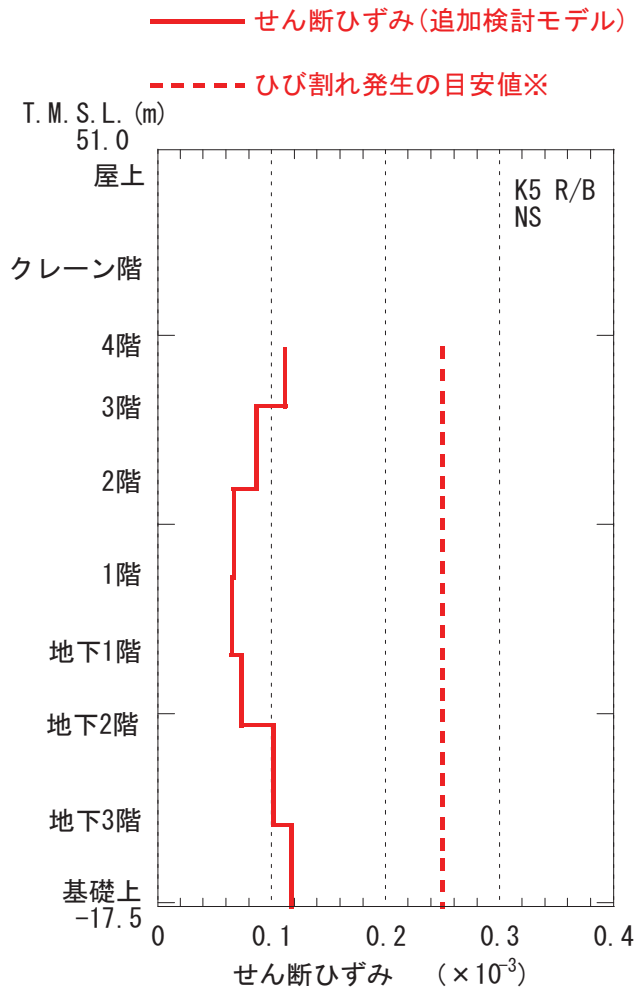
参図-2.14 原子炉建屋 耐震壁（内部ボックス壁）のせん断ひずみ（東西方向）



参図-2.15 原子炉建屋 耐震壁 (シェル壁) のせん断応力 (南北方向)

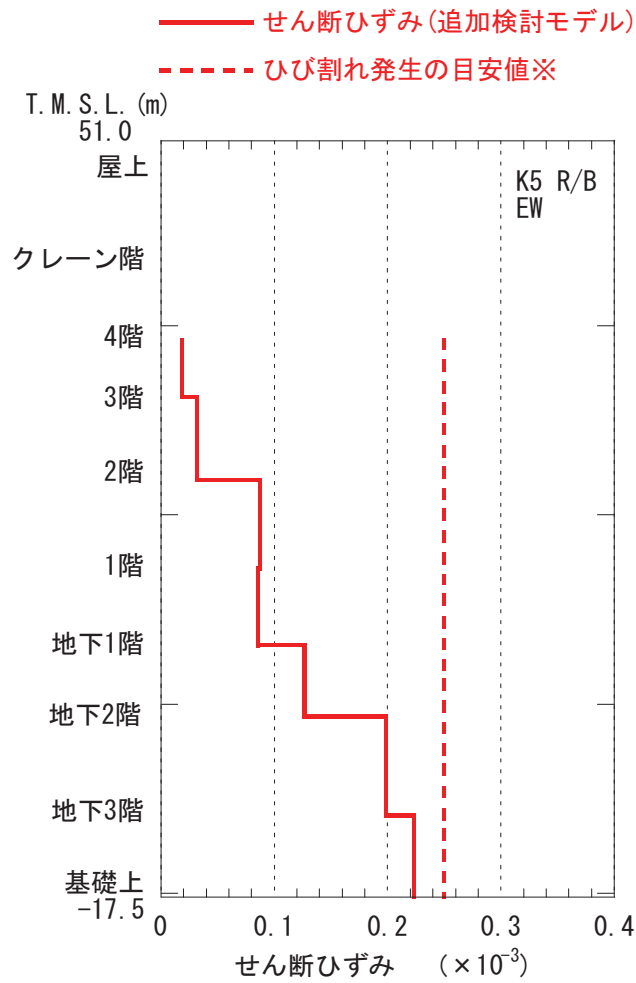


参図-2.16 原子炉建屋 耐震壁 (シェル壁) のせん断応力 (東西方向)



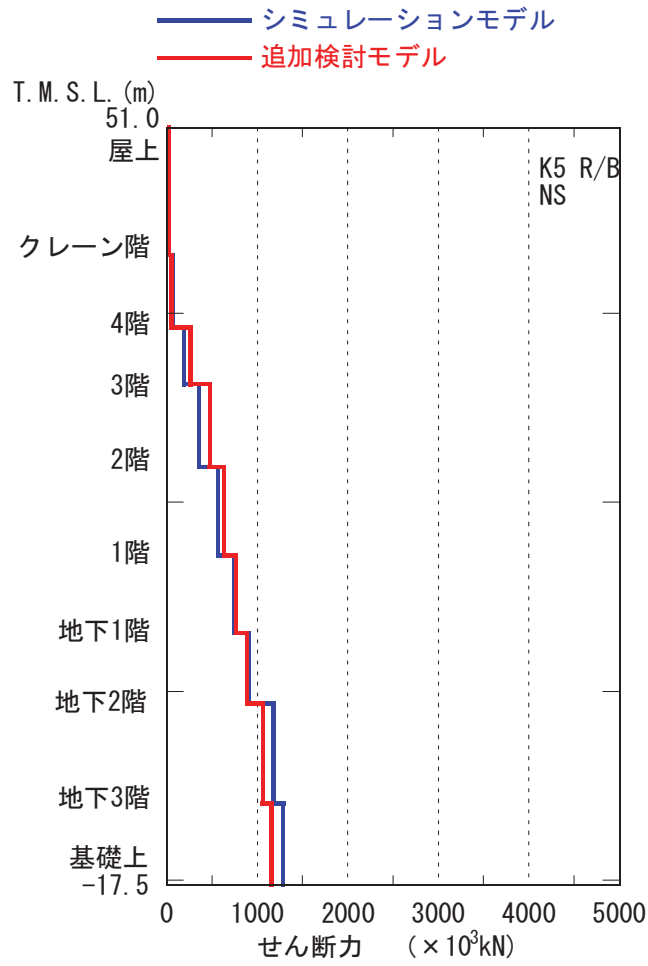
※過去の実験結果の平均的な値による目安値であり、せん断初ひび割れが発生するせん断ひずみの値にはばらつきがある。

参図-2.17 原子炉建屋 耐震壁 (シェル壁) のせん断ひずみ (南北方向)

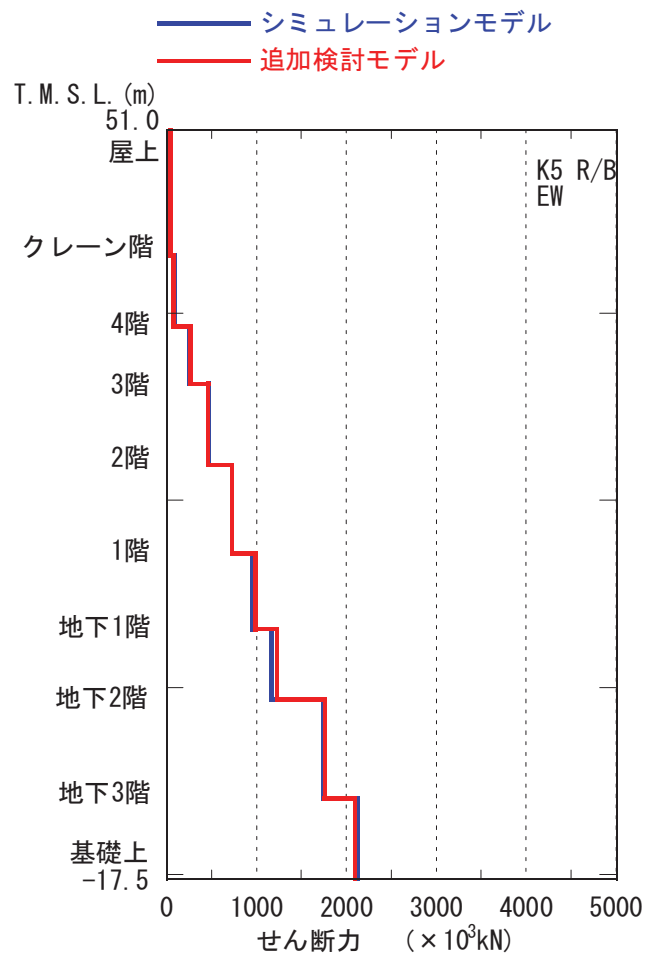


※過去の実験結果の平均的な値による目安値であり、せん断初ひび割れが発生するせん断ひずみの値にはばらつきがある。

参図-2.18 原子炉建屋 耐震壁（シェル壁）のせん断ひずみ（東西方向）



参図-2.19 原子炉建屋 最大応答せん断力 (南北方向)



参図-2.20 原子炉建屋 最大応答せん断力 (東西方向)

参考資料 3 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-3.1 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-3.1～参図-3.6 に示す。

参表-3.1 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	0.335	2.98	1.91
2	0.235	4.25	-0.83
3	0.186	5.39	-1.45
4	0.163	6.12	0.72
5	0.158	6.32	0.34

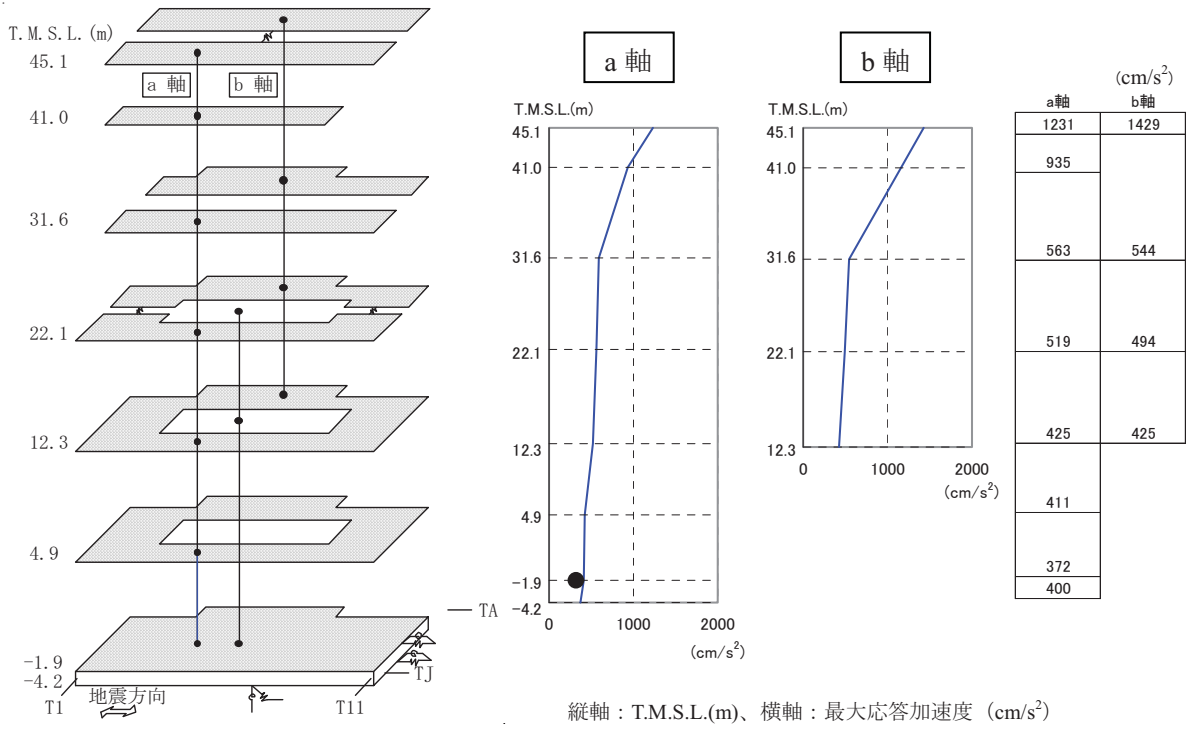
(東西方向)

次数	固有周期 (s)	固有振動数 (Hz)	刺激係数*1
1	0.342	2.92	2.56
2	0.227	4.41	-0.77
3	0.209	4.78	-1.51
4	0.172	5.81	-0.04
5	0.153	6.54	1.48

(鉛直方向)

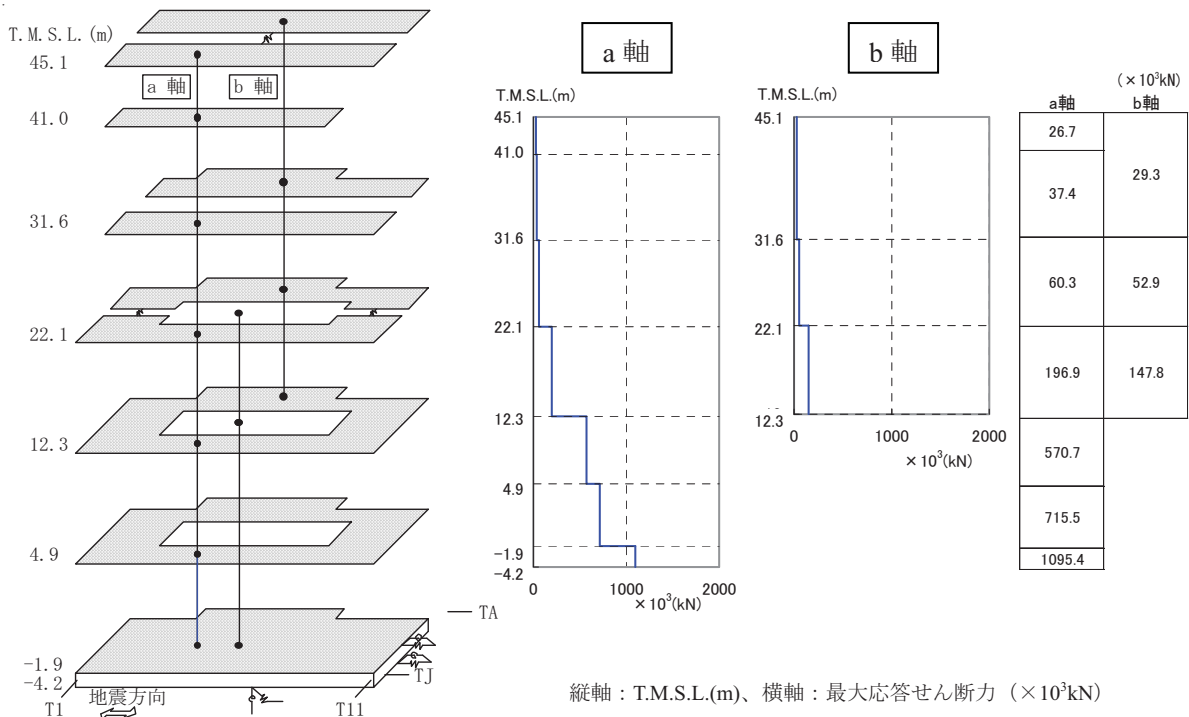
次数	固有周期 (s)	固有振動数 (Hz)	刺激係数*1
1	0.352	2.84	2.21
2	0.227	4.41	-1.28
3	0.078	12.76	0.11
4	0.056	17.97	-0.05
5	0.052	19.31	0.01

*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。



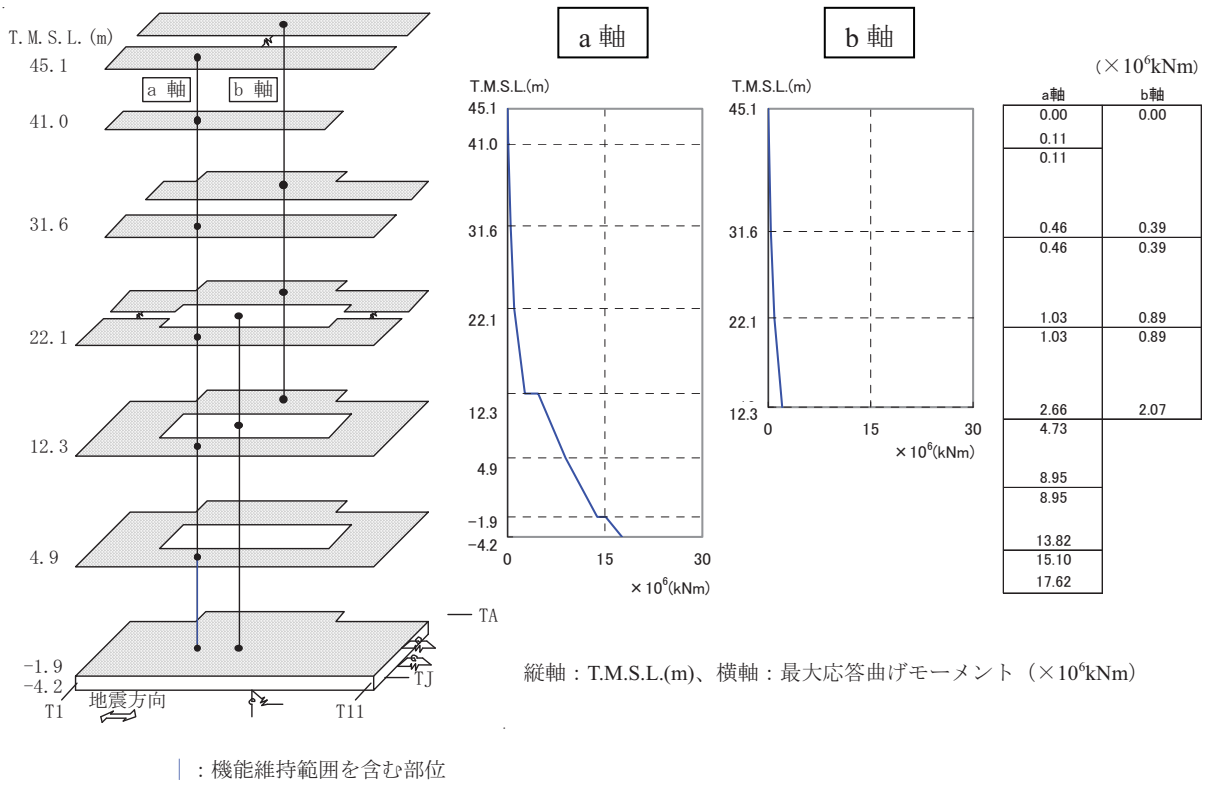
：機能維持範囲を含む部位

参図-3.1 最大応答加速度（南北方向）

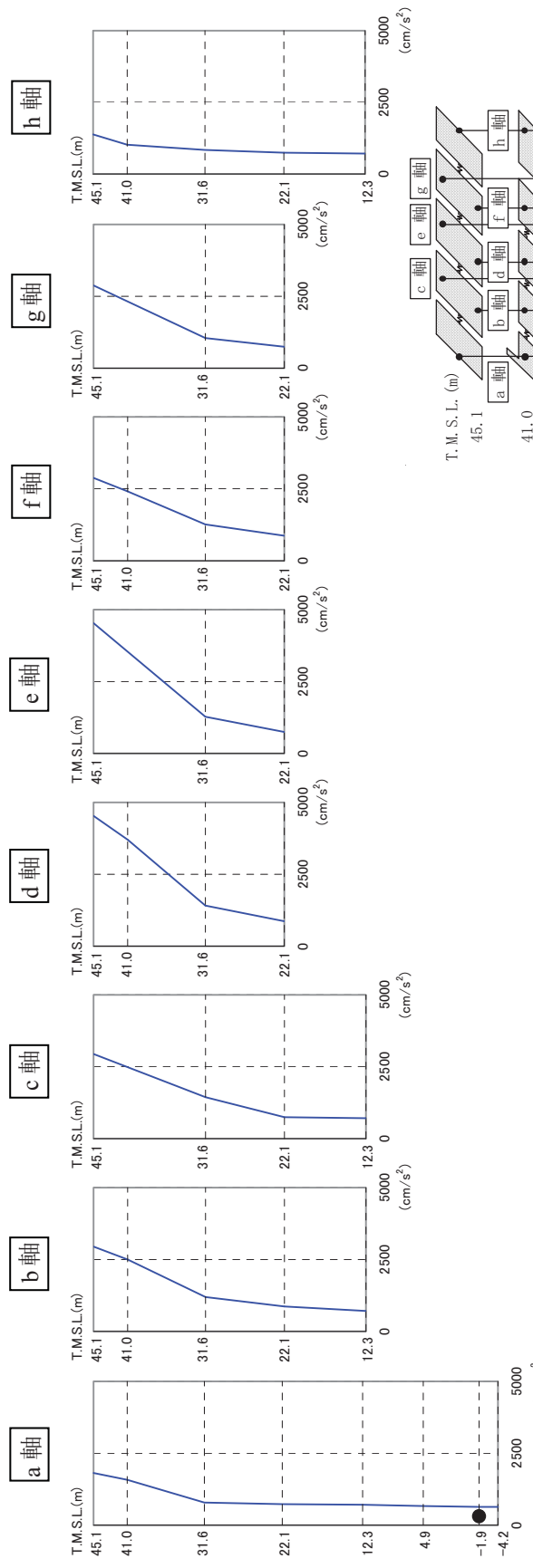


：機能維持範囲を含む部位

参図-3.2 最大応答せん断力（南北方向）

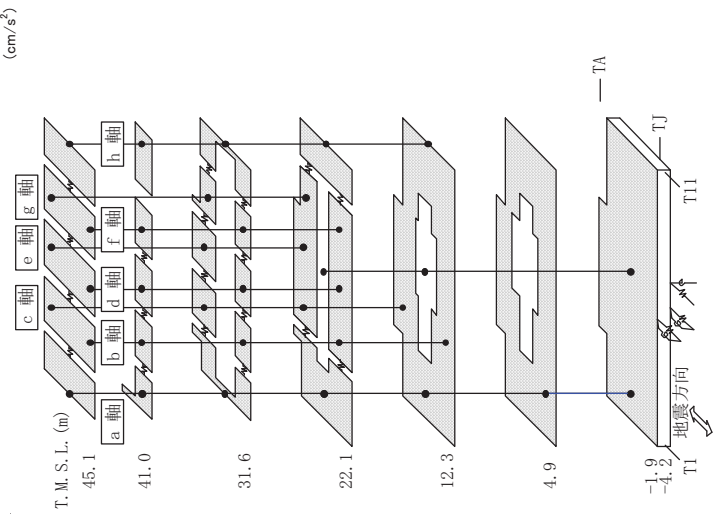


参図-3.3 最大応答曲げモーメント (南北方向)



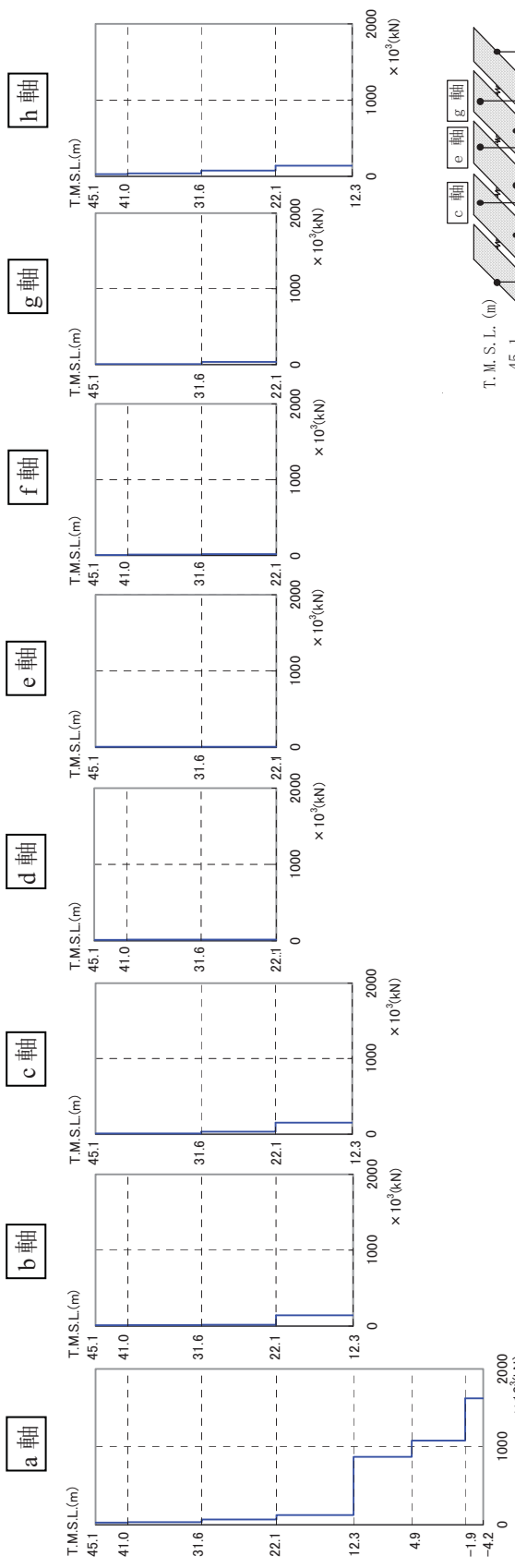
縦軸：T.M.S.L.(m)、横軸：最大応答加速度 (cm/s²)

T. M. S. L. (m)	a軸	b軸	c軸	d軸	e軸	f軸	g軸	h軸
45.1	1810	2945	2945	4530	4530	2875	2875	1376
41.0	1576	2501		3701		2409		1020
31.6	789	1190	1446	1409	1279	1263	1051	838
22.1	730	870	750	870	750	870	750	743
12.3	709	709	709					709
4.9	667							
-1.9	634							
-4.2	636							



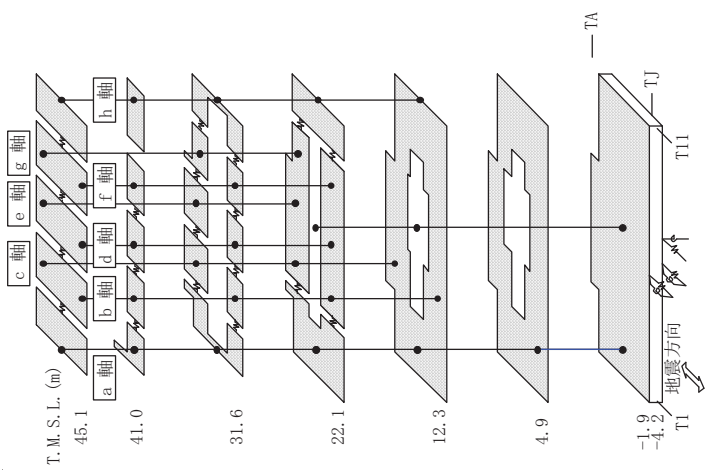
| : 機能維持範囲を含む部位

参図-3.4 最大応答加速度 (東西方向)



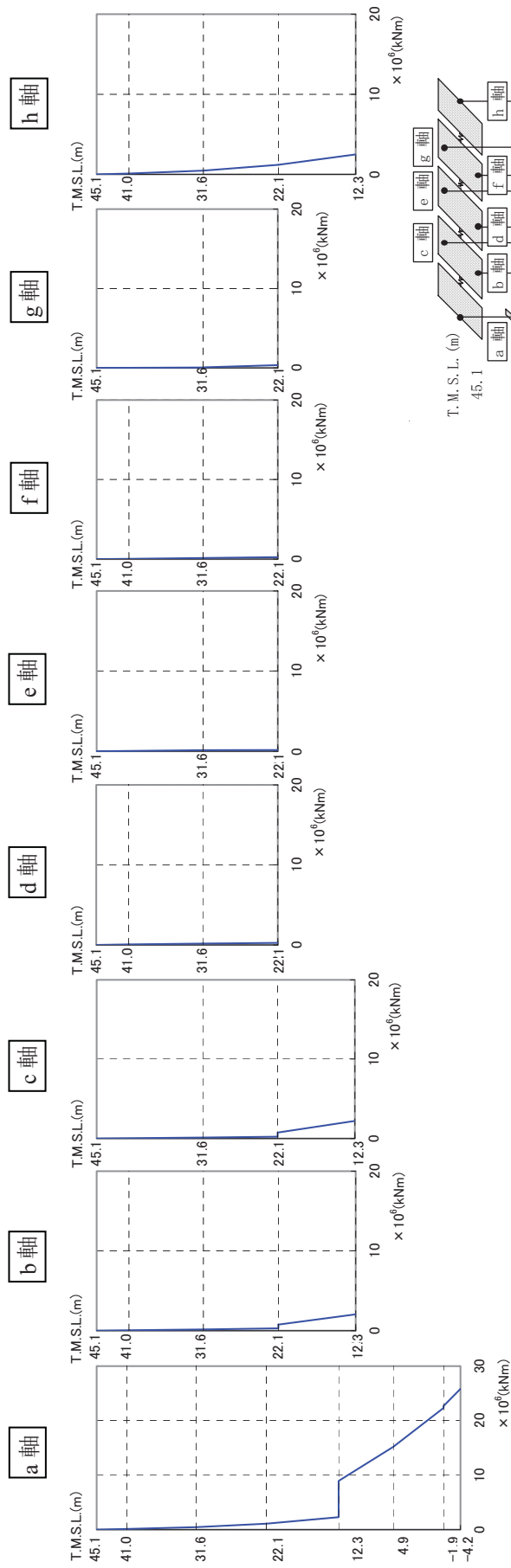
縦軸：T.M.S.L.(m)、横軸：最大応答せん断力 (×10³kN)

T. M. S. L. (m)	a軸	b軸	c軸	d軸	e軸	f軸	g軸	h軸
45.1	27.2	10.4		10.3	6.9	29.1		
41.0	35.8	14.6	7.9	13.4	9.8	5.0	37.7	
31.6	68.0	17.6	33.0	15.0	8.6	16.4	74.8	
22.1	126.0	144.1	152.3				138.6	
12.3	869.9							
4.9	1081.7							
-1.9	1624.0							
-4.2								



┆：機能維持範囲を含む部位

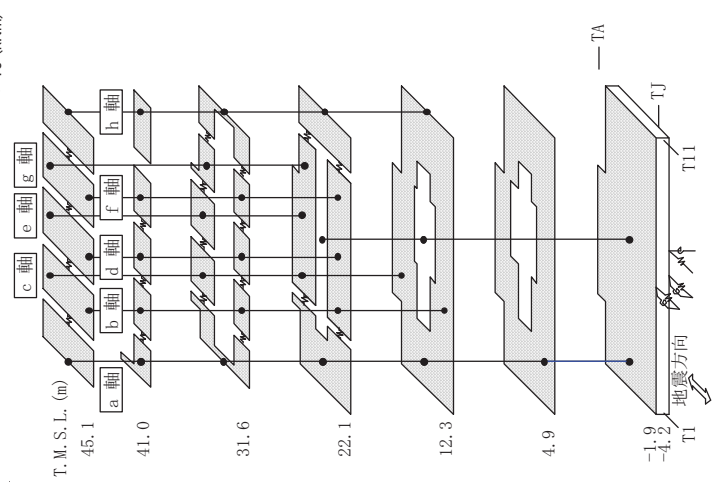
参図-3.5 最大応答せん断力 (東西方向)



縦軸：T.M.S.L.(m)、横軸：最大応答曲げモーメント (×10⁶kNm)

T. M. S. L. (m)	a軸	b軸	c軸	d軸	e軸	f軸	g軸	h軸
45.1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
41.0	0.11	0.04	0.04	0.04	0.03	0.03	0.12	0.12
	0.11	0.04	0.04	0.04	0.03	0.03	0.12	0.12
31.6	0.43	0.18	0.11	0.16	0.13	0.15	0.07	0.47
	0.43	0.18	0.12	0.16	0.13	0.14	0.08	0.47
22.1	1.08	0.31	0.22	0.24	0.17	0.24	0.35	1.18
	1.08	0.78	0.76	0.24	0.17	0.24	0.35	1.18
12.3	2.29	2.05	2.20					2.49
	8.93							
4.9	15.20							
	15.20							
-1.9	22.33							
-4.2	22.70							
	25.80							

参照-3.6 最大応答曲げモーメント (東西方向)



—：機能維持範囲を含む部位

タービン建屋の接地率は、「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-3.2 に示す。

参表-3.2 浮上りの検討結果

	浮上り限界モーメント M_0 (kNm)	最大転倒モーメント M_{max} (kNm)	接地率 η (%)
南北方向	5.26×10^7	1.74×10^7	100
東西方向	3.07×10^7	2.81×10^7	100

参考資料 4 5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

「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、5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、「5号機解放基盤波」という）を用いて5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「5号機解放基盤波」から算定される地盤一建屋連成系の解析モデル下端における地震動とした。5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-4.1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。

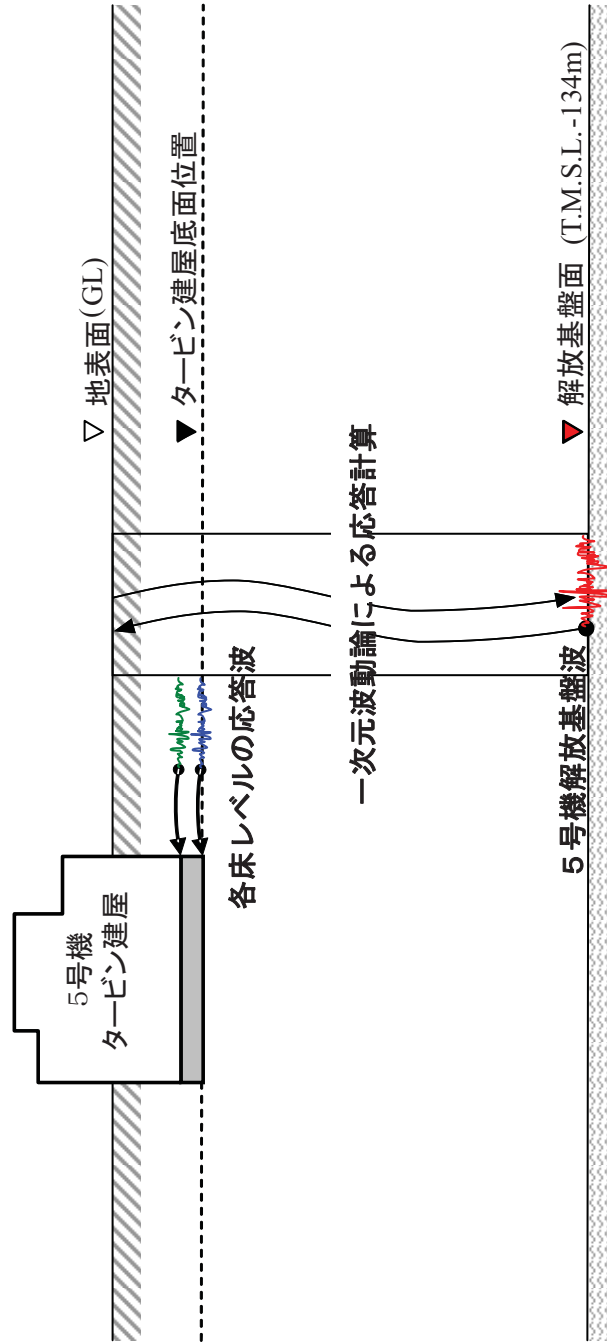
(2) 地震応答解析結果

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-4.2～参図-4.4に示す。

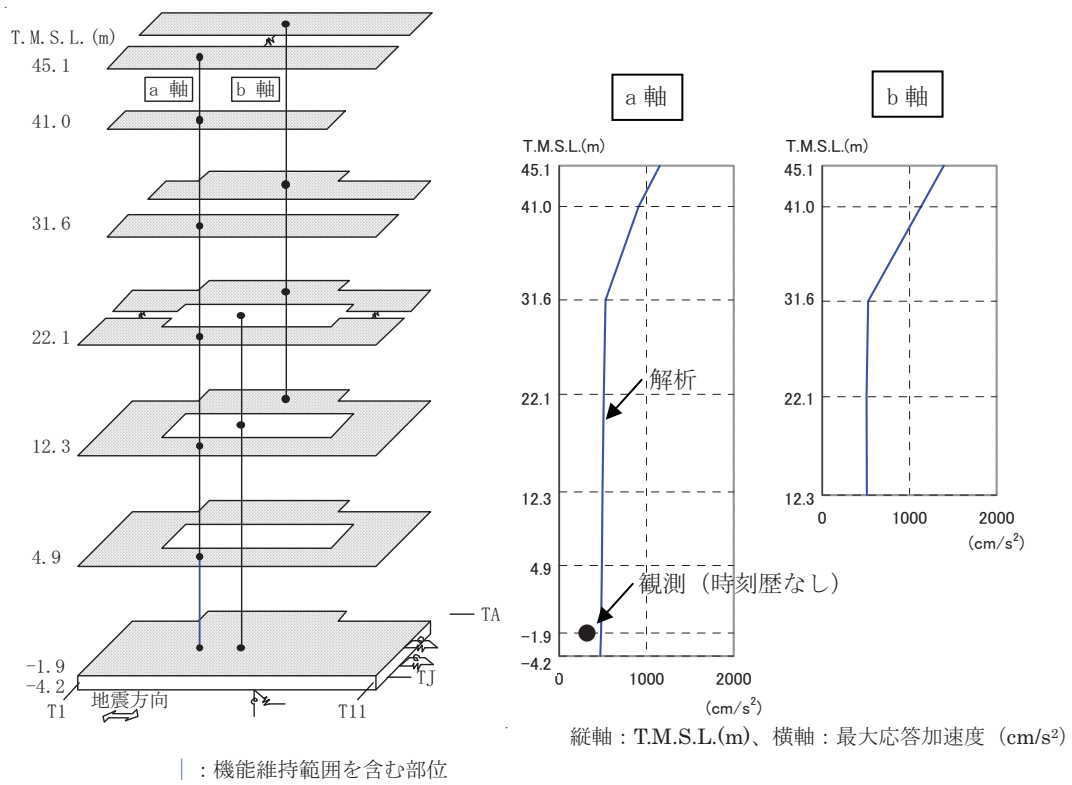
また、機能維持部位のせん断応力を、設計配筋量のみで負担できる短期せん断応力度 ($p_w \cdot \sigma_y$) と併せて参図-4.5および参図-4.6に示す。せん断ひずみを、壁のひび割れが発生するひずみの目安値と併せて参図-4.7および参図-4.8に示す。

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-4.9および参図-4.10に示す。

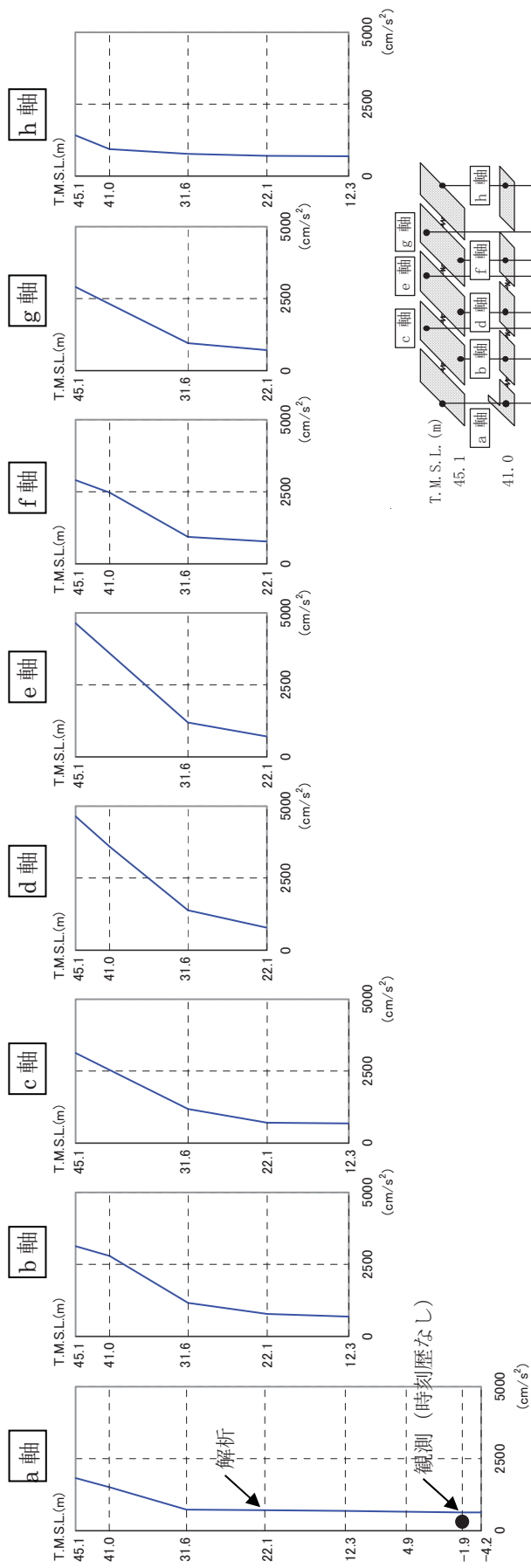
地震応答解析から求められた南北方向、東西方向の最大応答せん断力分布および最大応答曲げモーメント分布を参図-4.11～参図-4.14に示す。



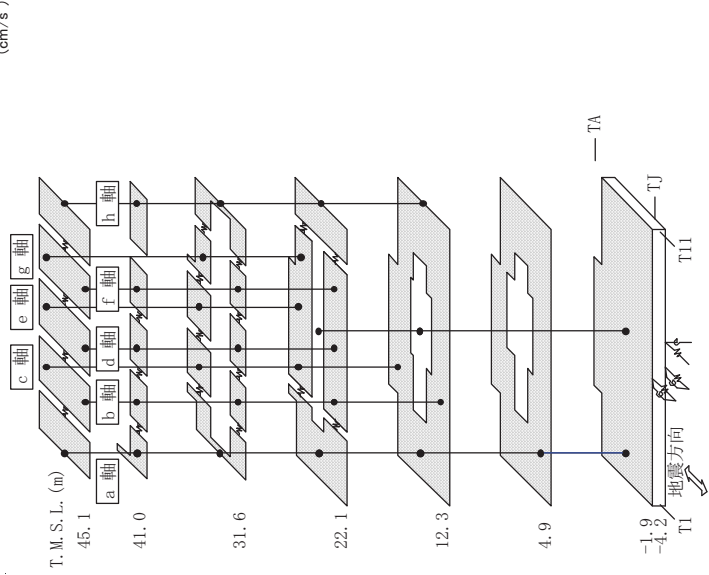
参図-4.1 5号機解放基盤波を用いた地震応答解析方法のイメージ



参図-4.2 最大応答加速度 (南北方向)

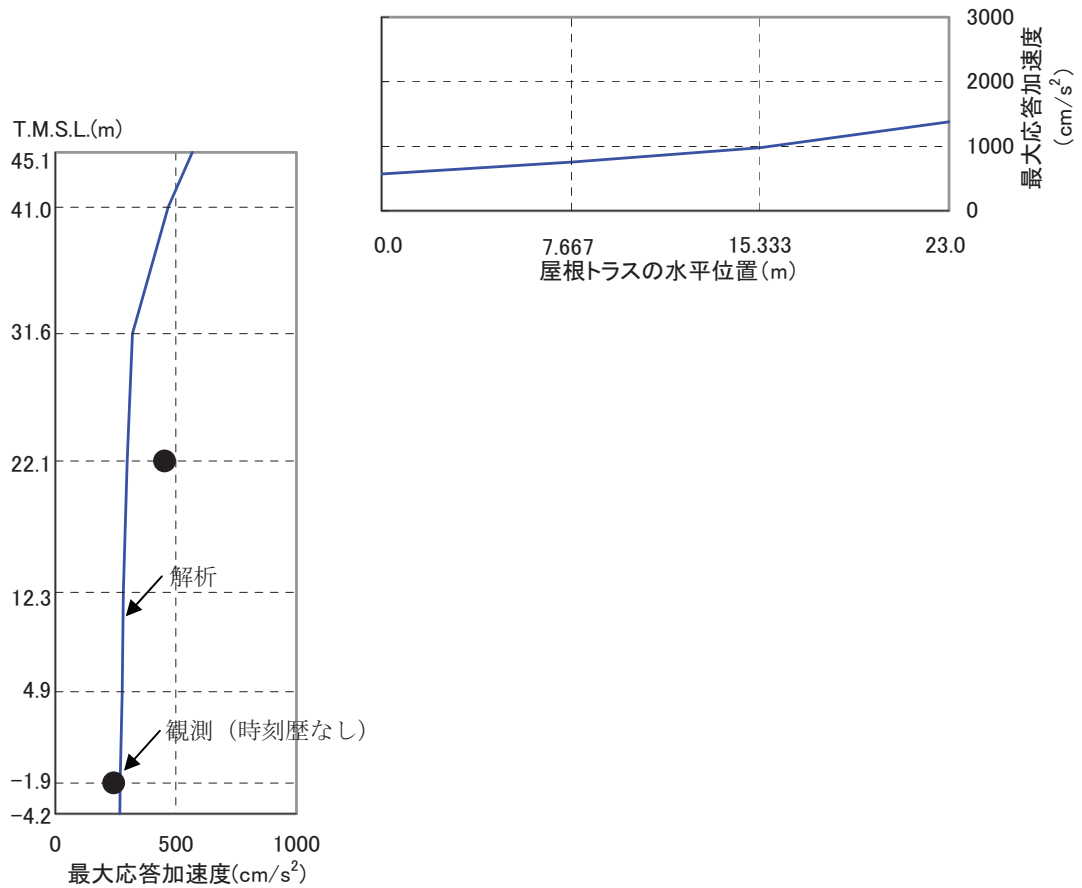
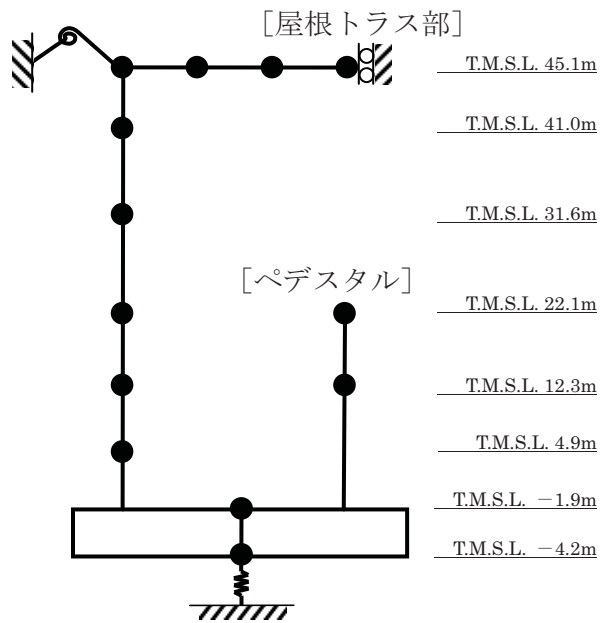


縦軸：T.M.S.L.(m)、横軸：最大応答加速度 (cm/s²)

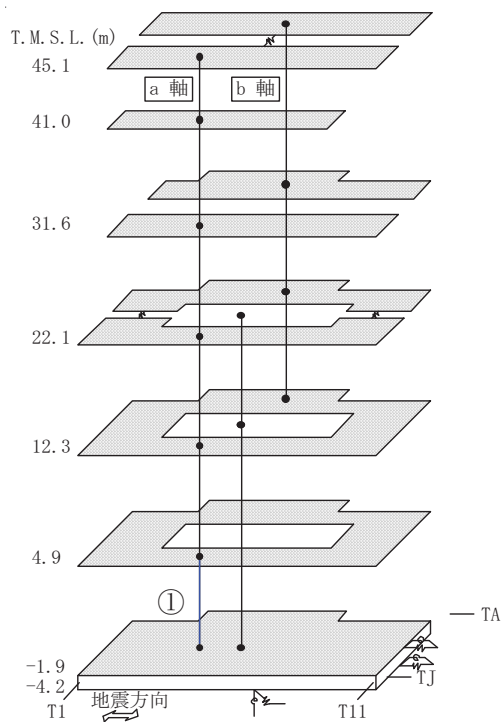


—：機能維持範囲を含む部位

参图-4.3 最大応答加速度 (東西方向)



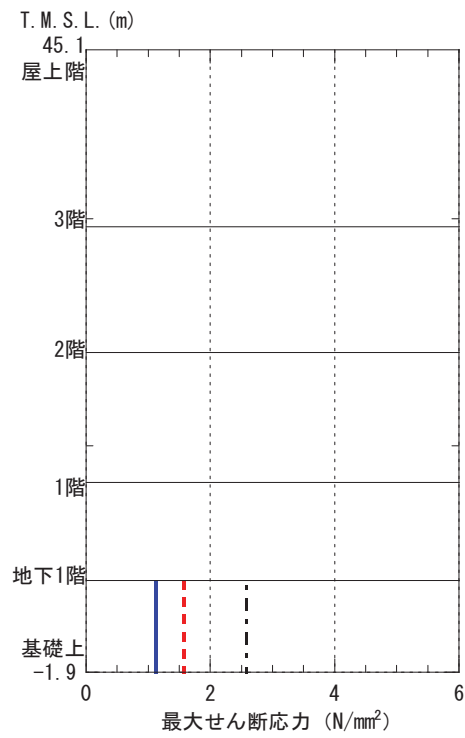
参図-4.4 最大応答加速度 (鉛直方向)



①は機能維持範囲を含む

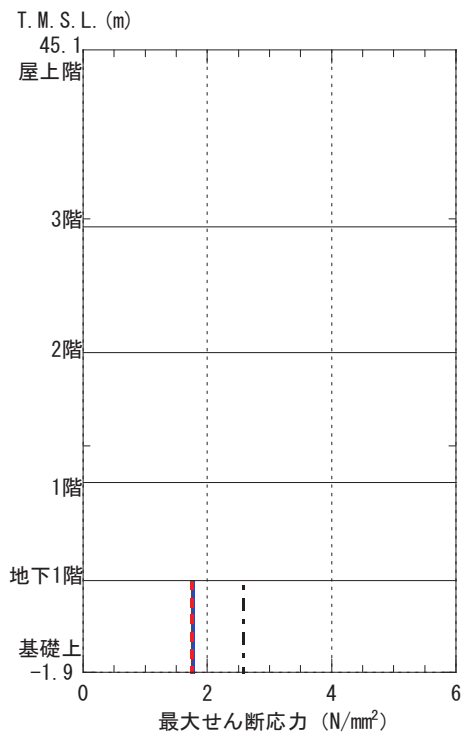
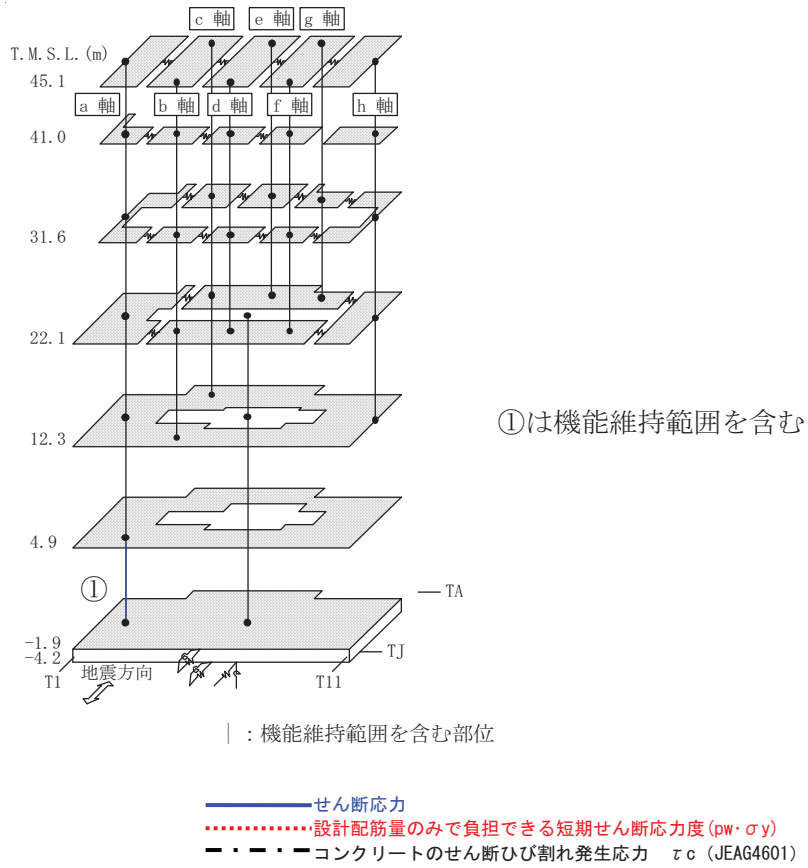
| : 機能維持範囲を含む部位

- せん断応力
- 設計配筋量のみで負担できる短期せん断応力度 ($p_w \cdot \sigma_y$)
- - - - コンクリートのせん断ひび割れ発生応力 τ_c (JEAG4601)



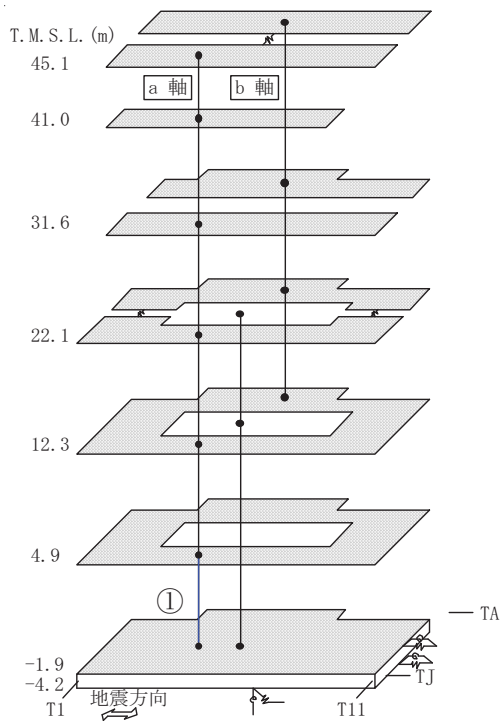
機能維持部位①

参図-4.5 機能維持部位のせん断応力 (南北方向)



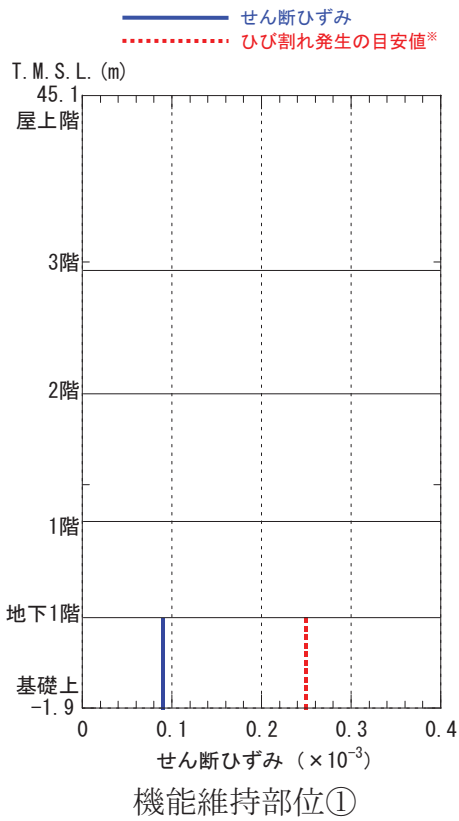
機能維持部位①

参図-4.6 機能維持部位のせん断応力 (東西方向)



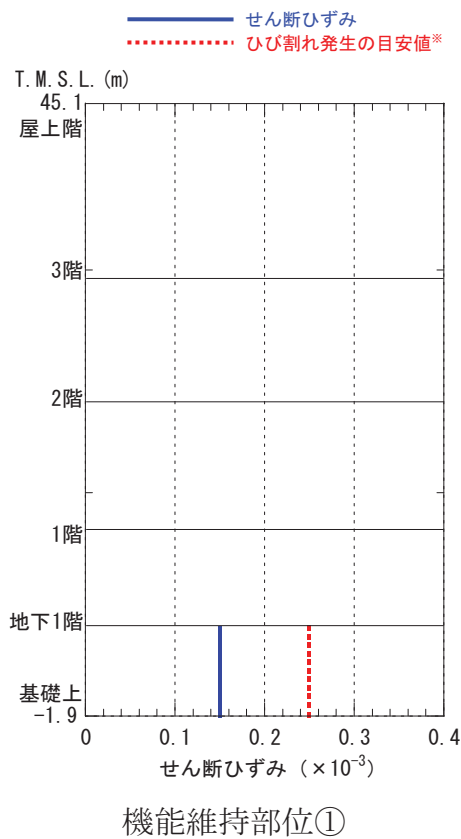
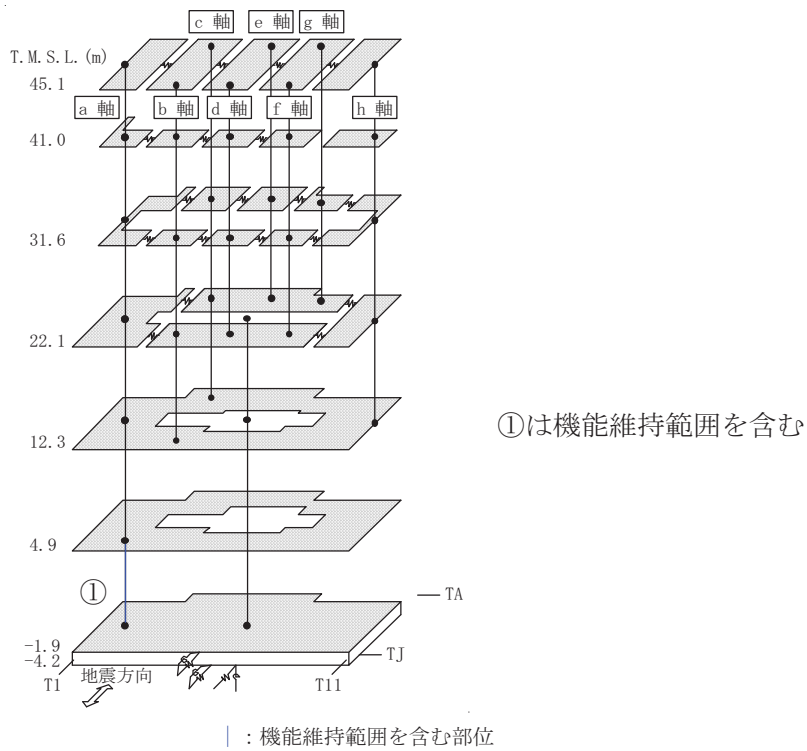
①は機能維持範囲を含む

| : 機能維持範囲を含む部位



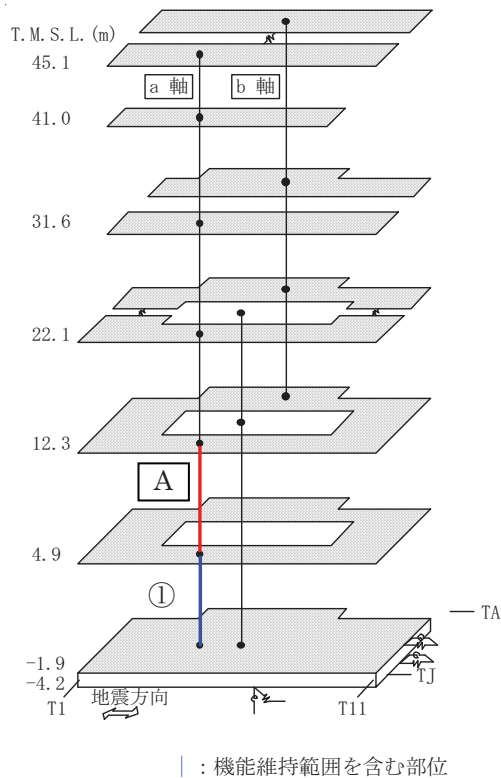
※過去の実験結果の平均的な値による目安値であり、せん断初ひび割れが発生するせん断ひずみの値にはばらつきがある。

参図-4.7 機能維持部位のせん断ひずみ (南北方向)



※過去の実験結果の平均的な値による目安値であり、せん断初ひび割れが発生するせん断ひずみの値にはばらつきがある。

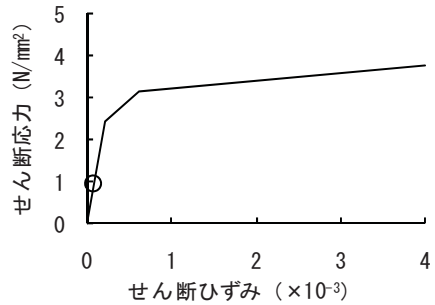
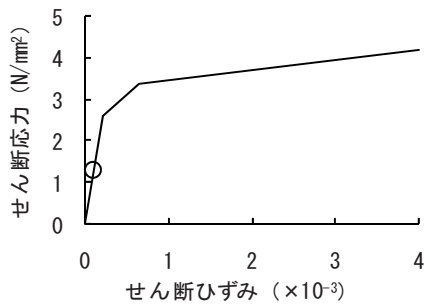
参図-4.8 機能維持部位のせん断ひずみ (東西方向)



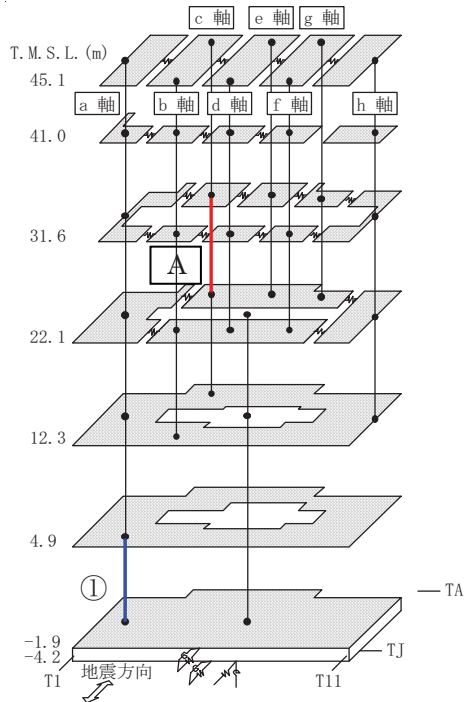
- ①は機能維持範囲を含む
- はせん断スケルトン曲線上の最大応答値を表す。

機能維持範囲①

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**

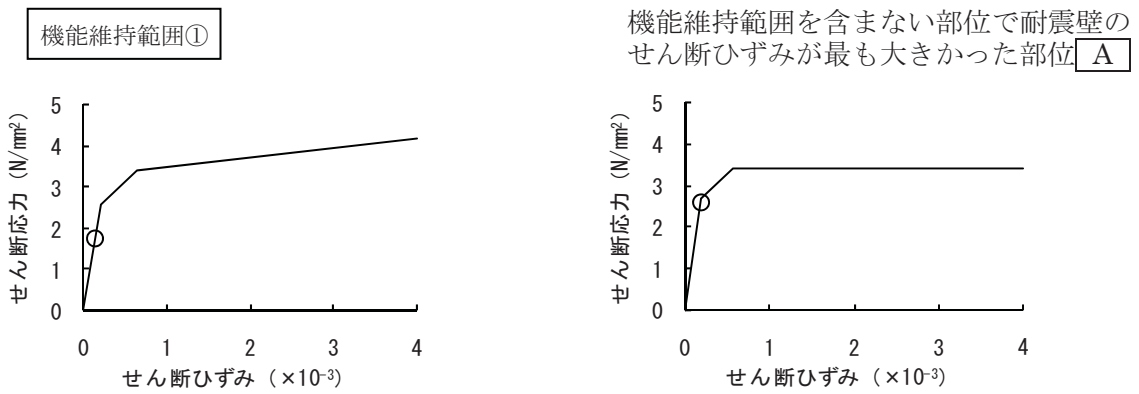


参図-4.9 せん断スケルトン曲線上の最大応答値 (南北方向)

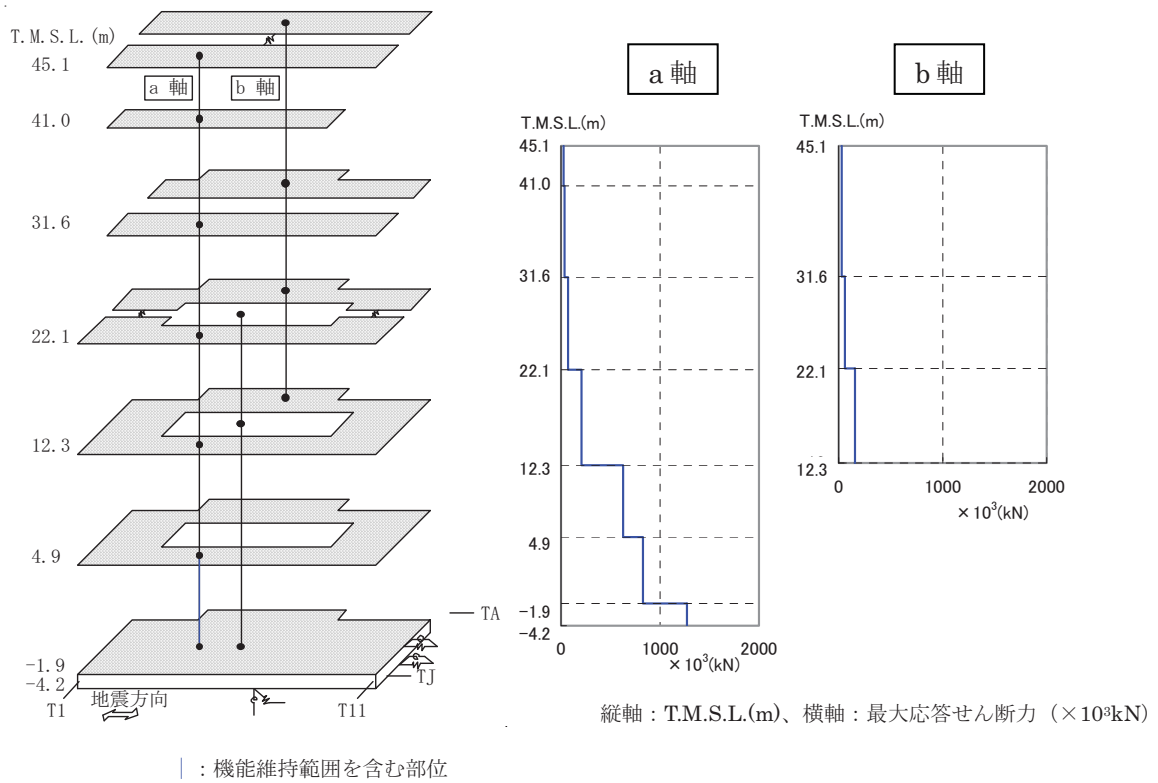


| : 機能維持範囲を含む部位

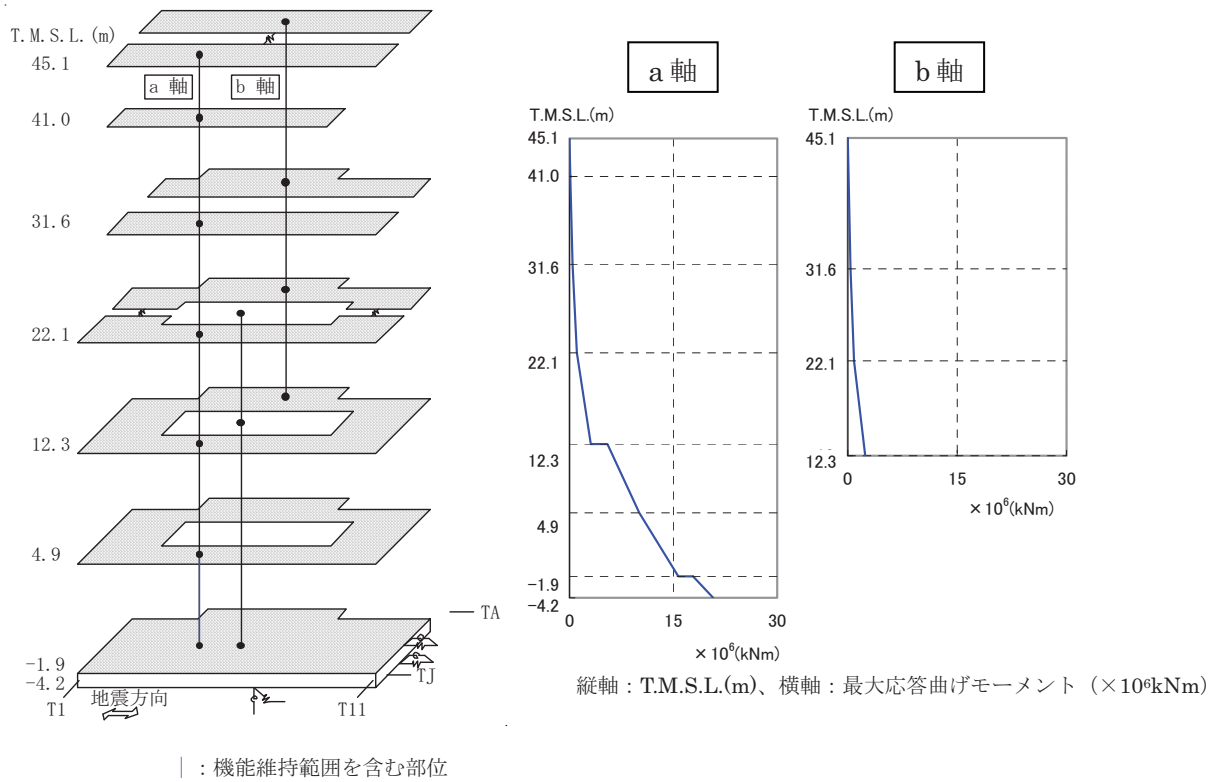
①は機能維持範囲を含む
○はせん断スケルトン曲線上の最大応答値を表す。



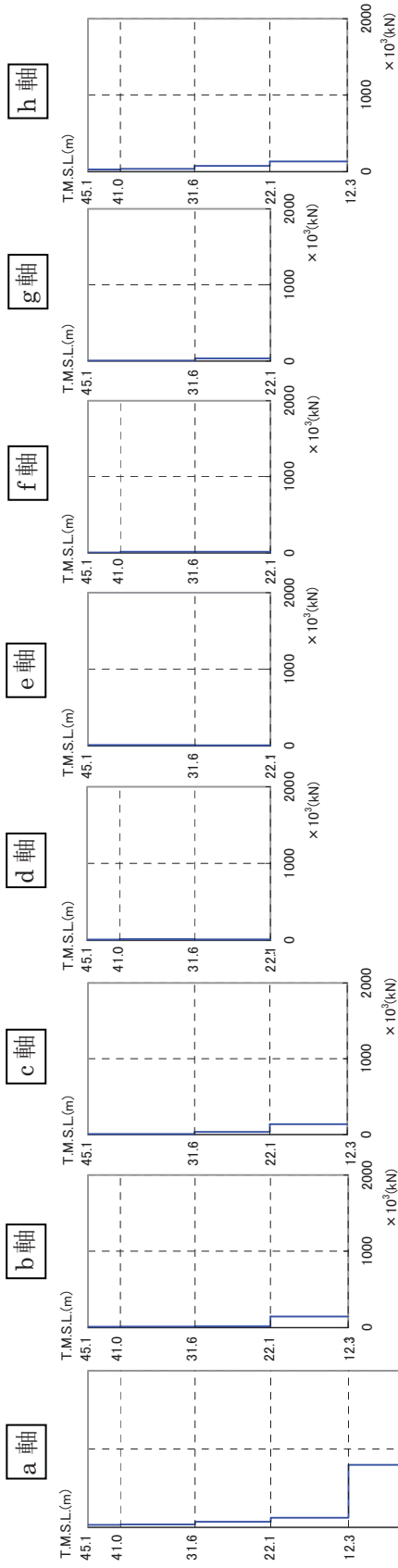
参図-4.10 せん断スケルトン曲線上の最大応答値 (東西方向)



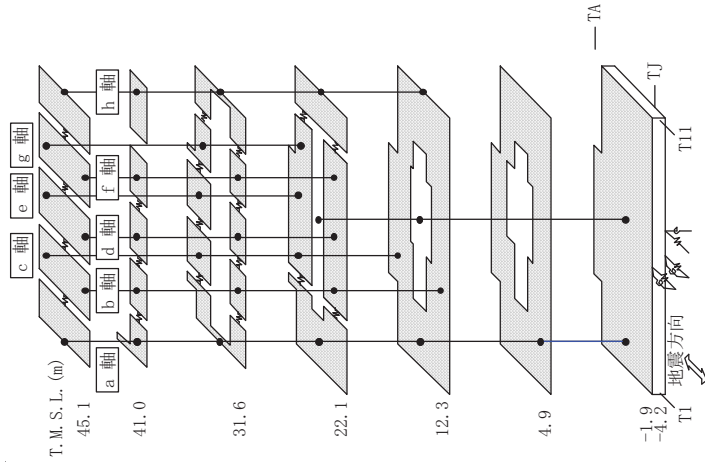
参図-4.11 最大応答せん断力 (南北方向)



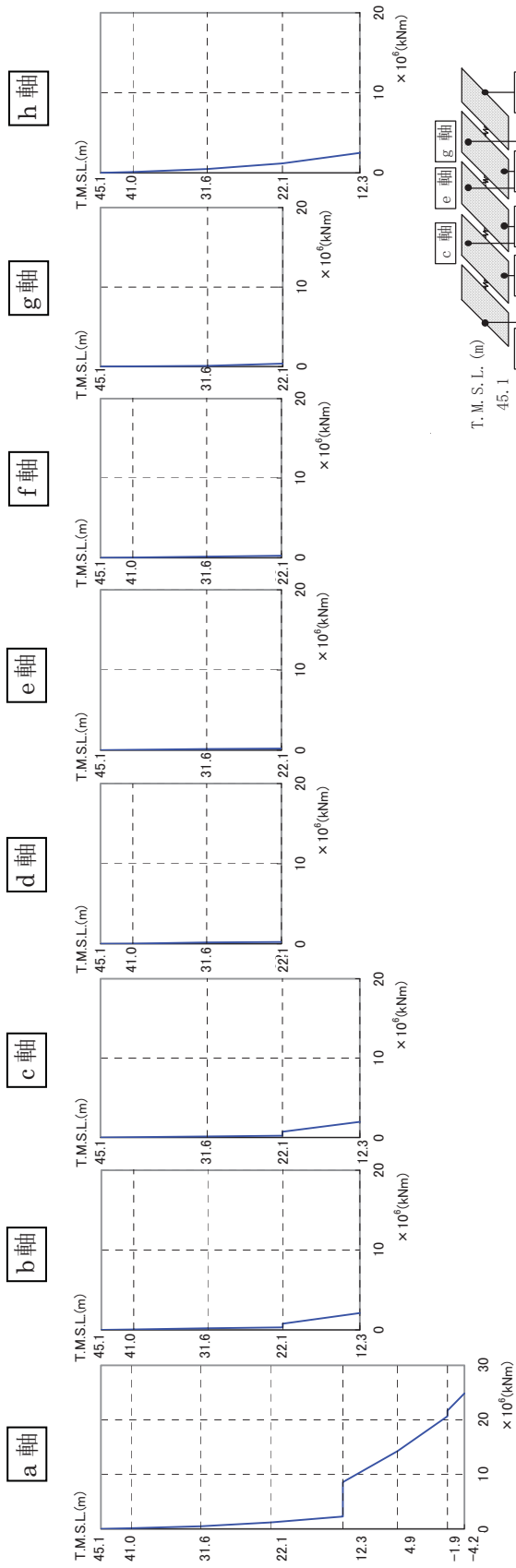
参図-4.12 最大応答曲げモーメント (南北方向)



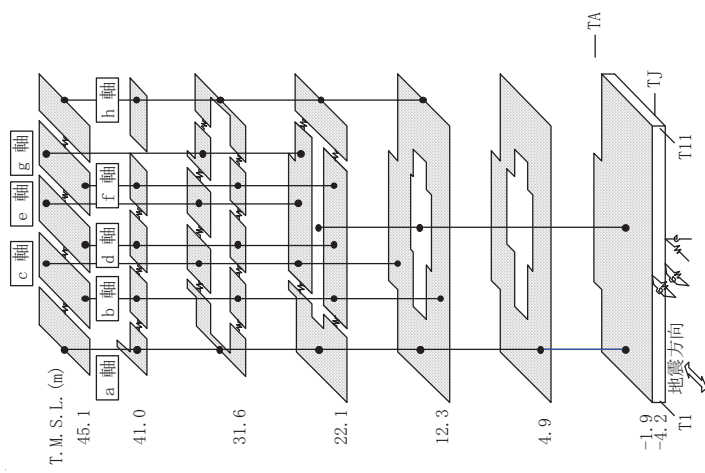
縦軸：T.M.S.L.(m)、横軸：最大応答せん断力 (×10³kN)



参图-4.13 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 (×10⁶kNm)



参図-4.14 最大応答曲げモーメント (東西方向)

— : 機能維持範囲を含む部位

参考資料 5 海水熱交換器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-5.1 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-5.1～参図-5.6 に示す。

参表-5.1 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	0.243	4.12	2.926
2	0.186	5.39	-2.003
3	0.099	10.06	0.207
4	0.043	23.10	-0.058
5	0.026	39.05	-0.024

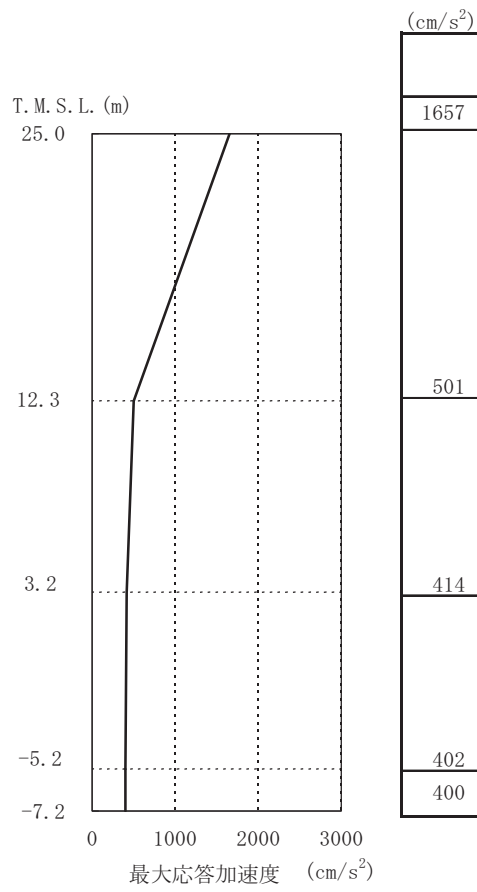
(東西方向)

次数	固有周期 (s)	固有振動数 (Hz)	刺激係数* ¹
1	0.460	2.17	1.288
2	0.193	5.18	1.229
3	0.100	9.99	0.232
4	0.053	19.02	-0.084
5	0.033	29.99	-0.039

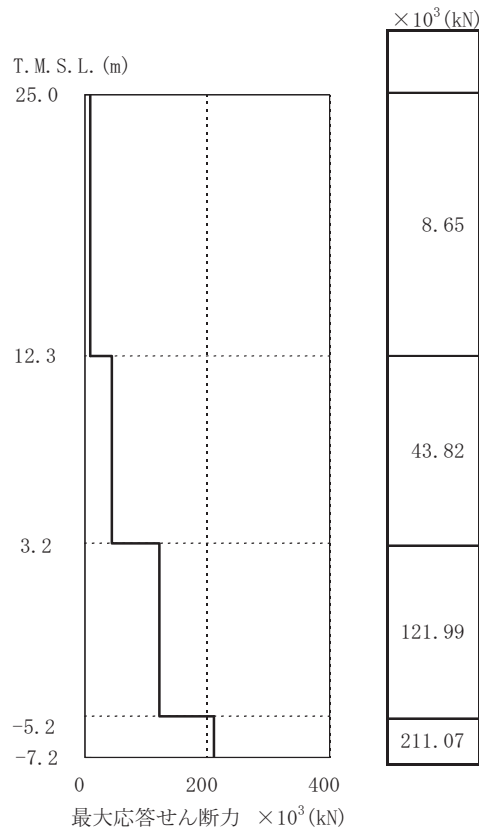
(鉛直方向)

次数	固有周期 (s)	固有振動数 (Hz)	刺激係数* ¹
1	0.144	6.95	8.203
2	0.132	7.59	-7.253
3	0.036	27.65	-0.117
4	0.026	38.44	0.064
5	0.022	44.83	-0.037

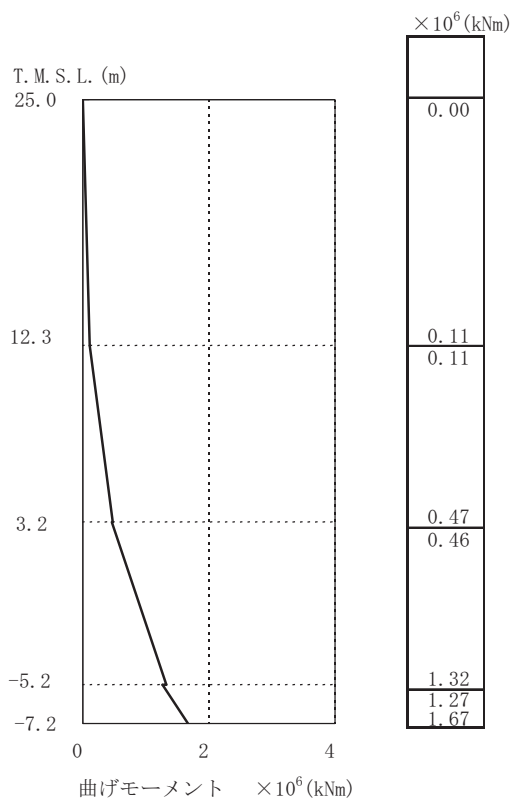
*1:各モードごとに固有ベクトルの最大値を1に基準化して得られる刺激係数を示す。



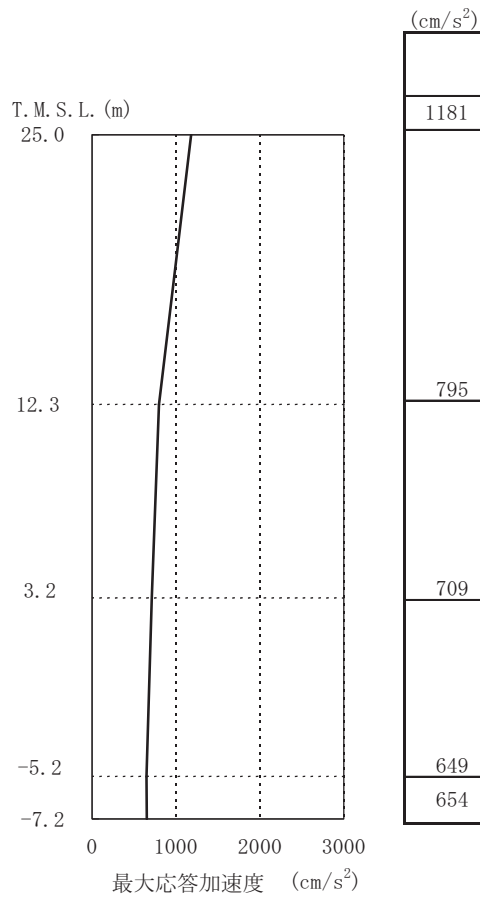
参图-5.1 最大応答加速度 (南北方向)



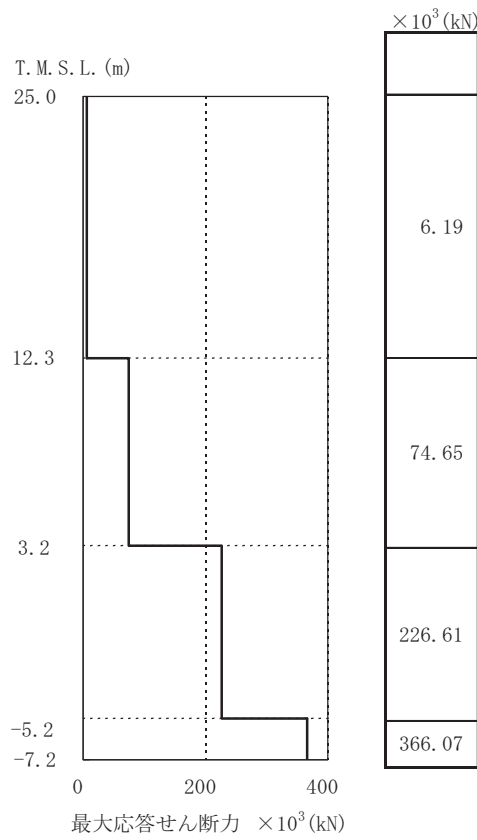
参图-5.2 最大応答せん断力 (南北方向)



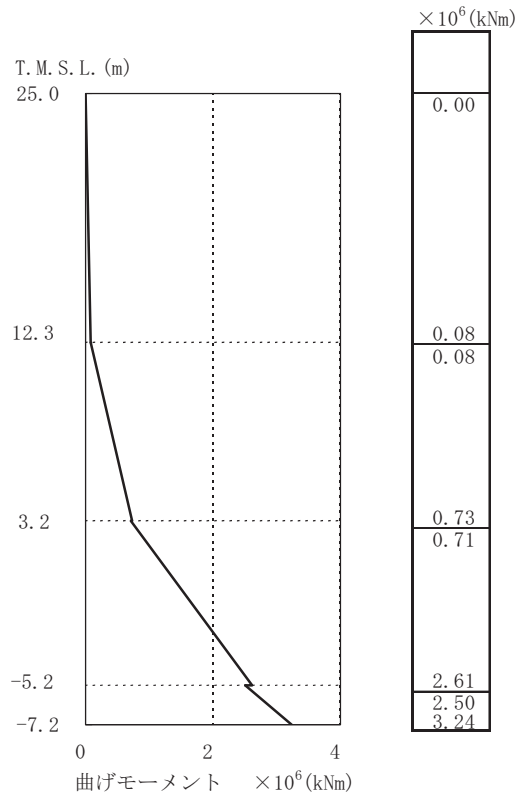
参図-5.3 最大応答曲げモーメント（南北方向）



参图-5.4 最大応答加速度（東西方向）



参图-5.5 最大応答せん断力（東西方向）



参図-5.6 最大応答曲げモーメント（東西方向）

海水熱交換器建屋の接地率は、「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-5.2に示す。

参表-5.2 浮上りの検討結果

	浮上り限界モーメント M_0 (kNm)	最大転倒モーメント M_{max} (kNm)	接地率 η (%)
南北方向	3.18×10^6	1.62×10^6	100
東西方向	3.18×10^6	2.97×10^6	100

参考資料 6 5号機解放基盤波を用いた海水熱交換器建屋の耐震健全性評価

「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、5 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、「5 号機解放基盤波」という）を用いて 5 号機海水熱交換器建屋の健全性評価を行う。

1. 検討方法

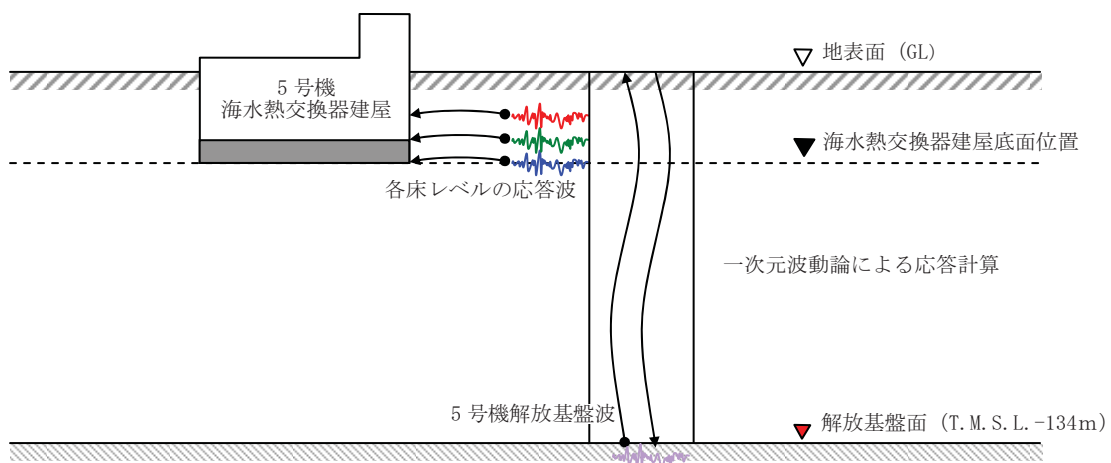
地震応答解析における入力地震動を「5 号機解放基盤波」から算定される地盤－建屋連成系の解析モデル下端における地震動とした。5 号機解放基盤波を用いた地震応答解析のイメージを参図-6.1 に示す。

その他の検討条件は、報告書本編の「5.3. 海水熱交換器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。

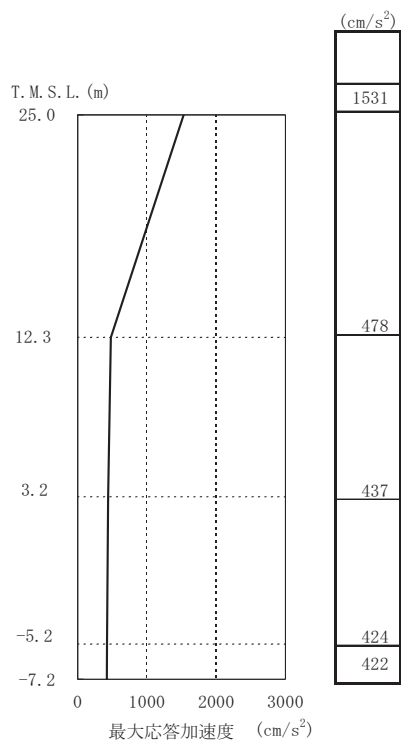
2. 地震応答解析結果

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-6.2～参図-6.4 に示す。

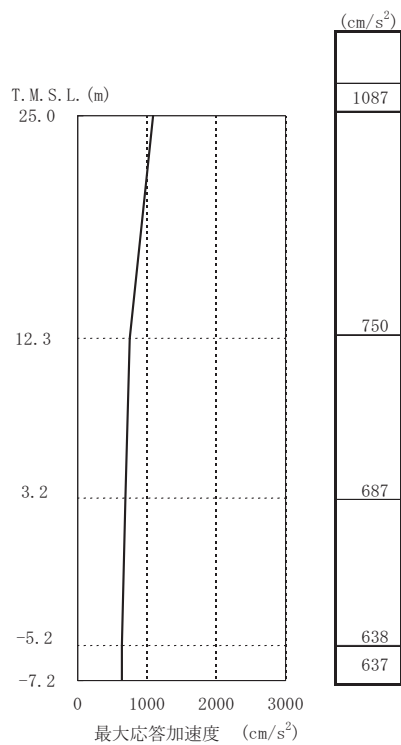
また、機能維持部位のせん断応力を、設計配筋量のみで負担できる短期せん断応力度 ($p_w \cdot \sigma_y$) と併せて参図-6.5 および参図-6.6 に示す。せん断ひずみを、壁のひび割れが発生するひずみの目安値と併せて参図-6.7 および参図-6.8 に示す。地震応答解析から求められた南北方向、東西方向の最大応答せん断力分布および最大応答曲げモーメント分布を参図-6.9～参図-6.12 に示す。



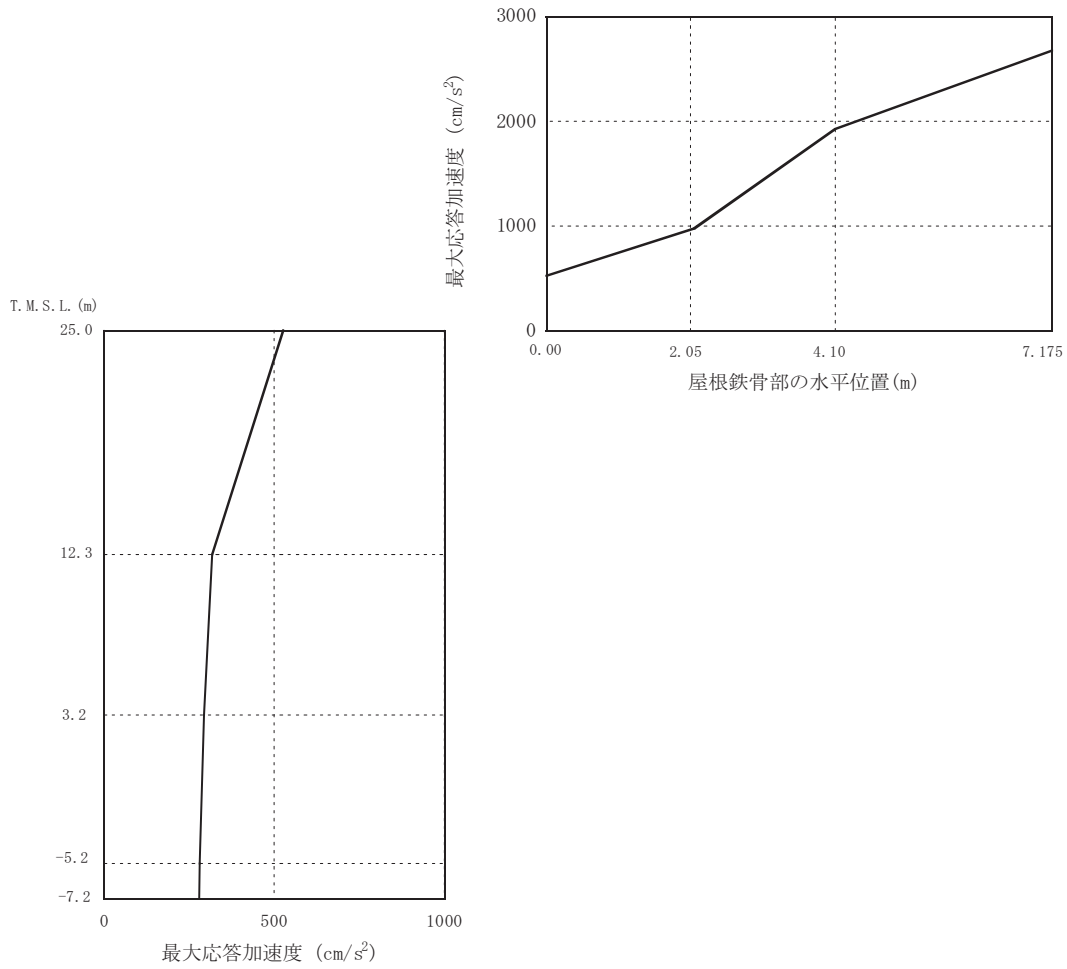
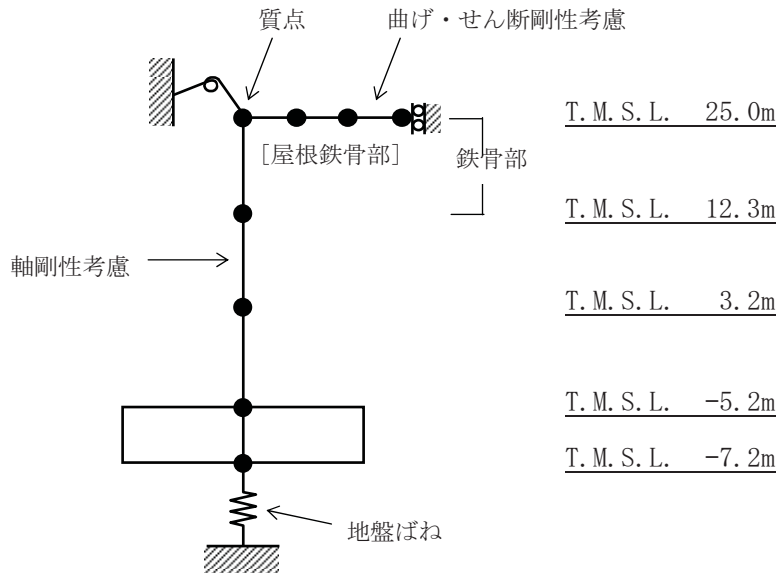
参図-6.1 5号機解放基盤波を用いた地震応答解析方法のイメージ



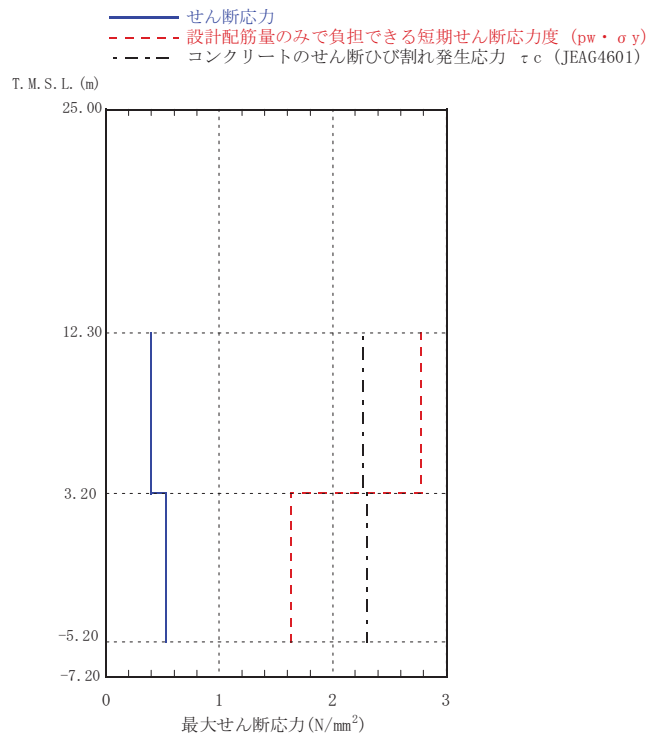
参图-6.2 最大応答加速度（南北方向）



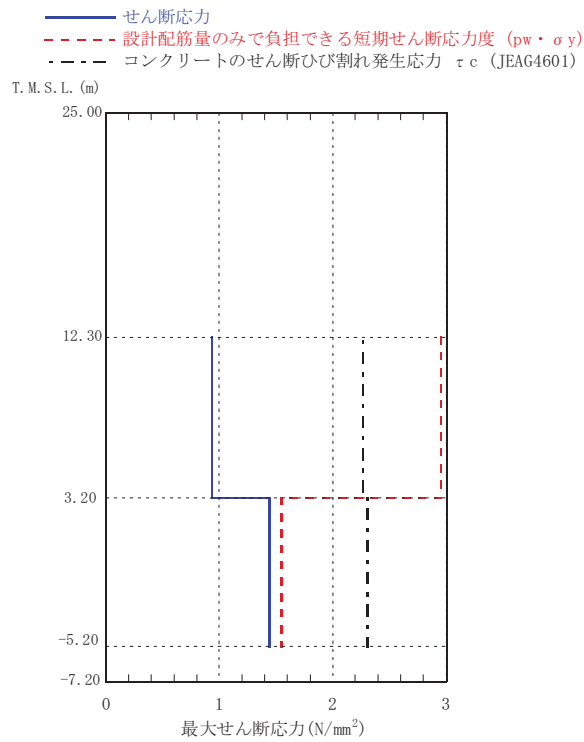
参图-6.3 最大応答加速度（東西方向）



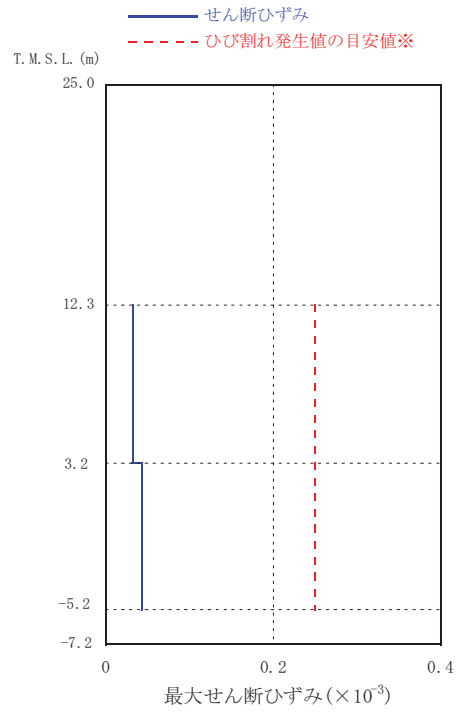
参図-6.4 最大応答加速度 (鉛直方向)



参図-6.5 機能維持部位のせん断応力 (南北方向)

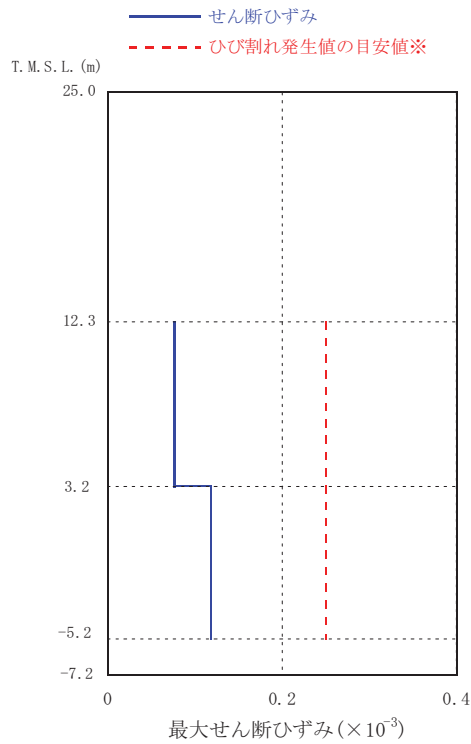


参図-6.6 機能維持部位のせん断応力 (東西方向)

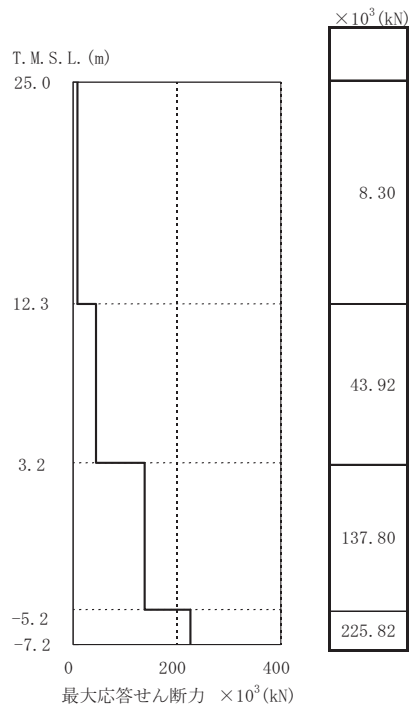


※過去の実験結果の平均的な値による目安値であり、せん断初ひび割れの発生するせん断ひずみの値にはばらつきがある。

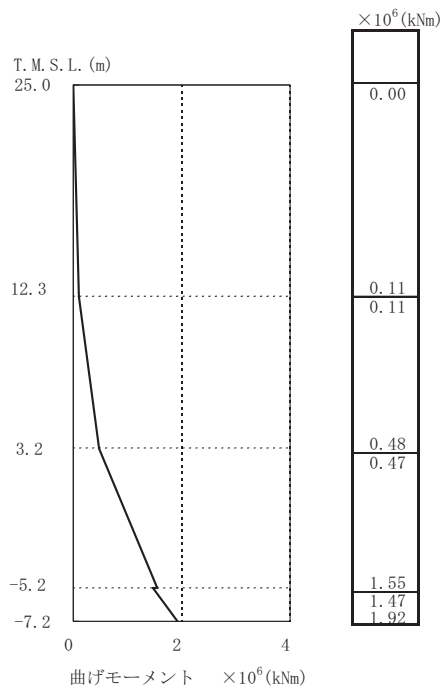
参図-6.7 機能維持部位のせん断ひずみ (南北方向)



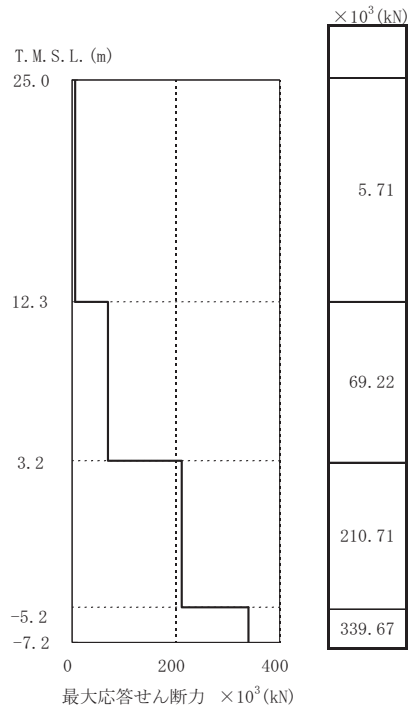
参図-6.8 機能維持部位のせん断ひずみ (東西方向)



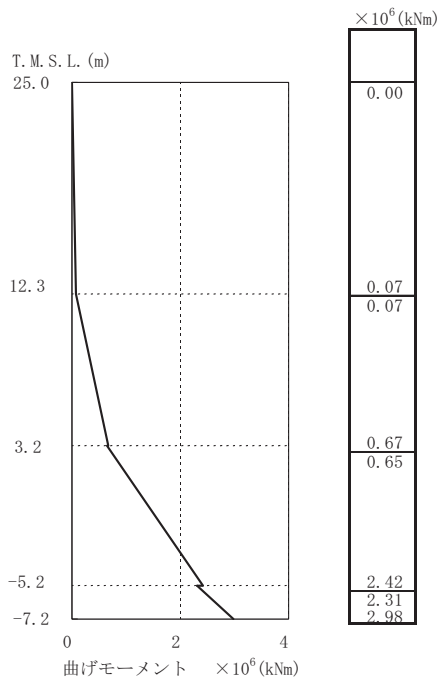
参図-6.9 最大応答せん断力 (南北方向)



参図-6.10 最大応答曲げモーメント (南北方向)



参図-6.11 最大応答せん断力（東西方向）



参図-6.12 最大応答曲げモーメント（東西方向）

参考資料 7 杭頭付近の目視点検結果と解析結果との対応について

5号機排気筒の杭基礎の杭頭付近の目視点検の結果と解析的に求められた最大応答結果とを比較して示す。

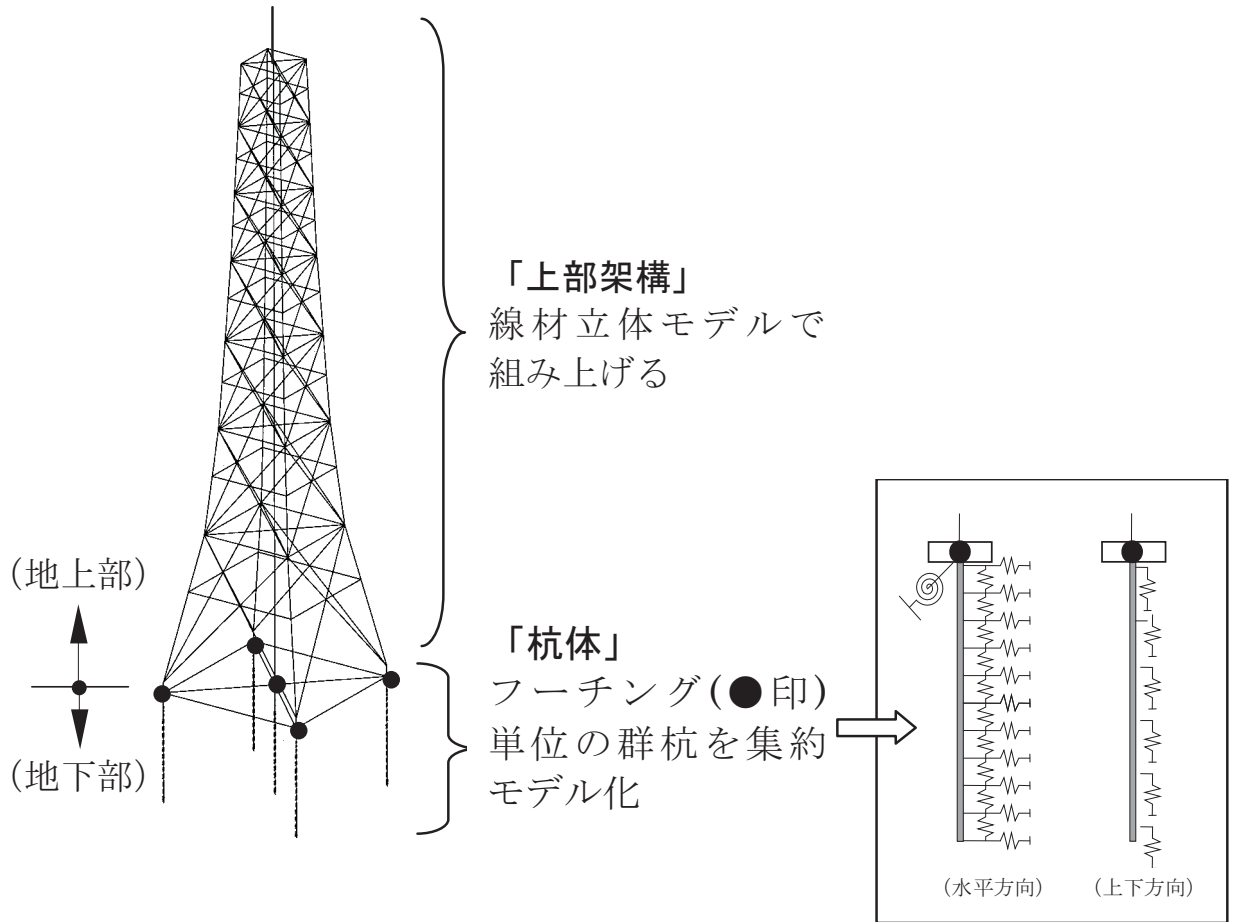
参図-7.1 に排気筒の地震応答解析モデル図を示す。

杭頭付近の目視点検結果（ひび割れ箇所、ひび割れ発生状況）を参図-7.2、参図-7.3 および参表-7.1 に示す。杭頭付近ではひび割れが確認されなかった。

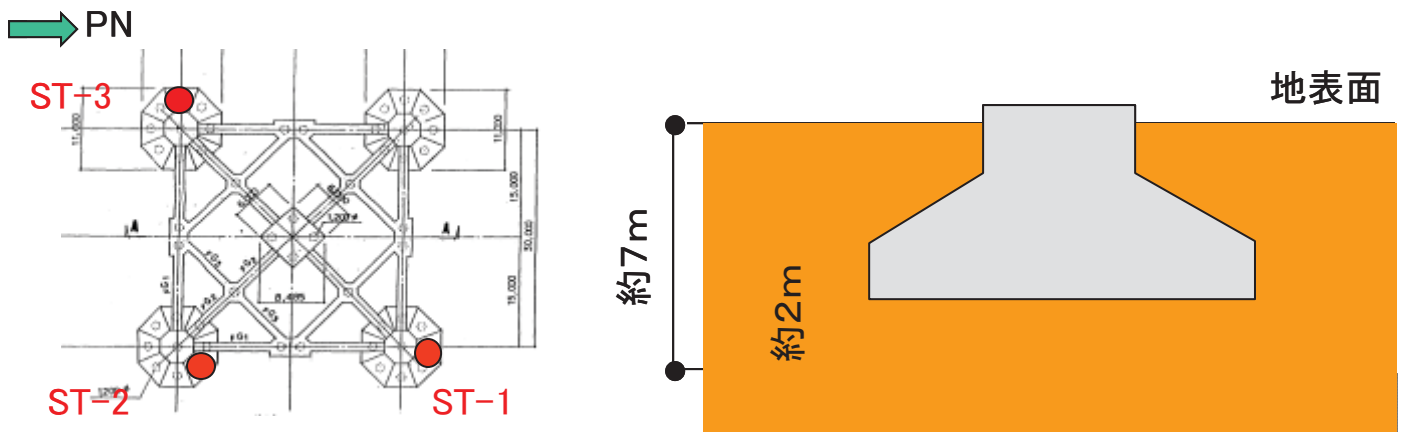
次に地震応答解析から求めた杭の応答曲げモーメントや応答軸力を曲げモーメント-曲率($M-\phi$)関係図と軸力-曲げモーメント相関図にプロットして参図-7.4 に示す。その結果、コンクリートのひび割れ点に相当する第一折れ点を超過し、鉄筋降伏点に相当する第二折れ点までの中間的な応答を呈している。

以上のように、杭頭付近の目視点検結果と地震応答解析結果とを比較した結果、解析結果が実際の点検結果よりも保守的な応答値を示しているものと判断される。

なお、杭の曲げモーメント-曲率($M-\phi$)関係は、(社)日本電気協会編『乾式キャスク貯蔵建屋基礎構造の設計に関する技術指針』(JEAG4616-2003)に基づき設定している。また、 $N-M$ 相関図は日本建築学会編『鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説』(1991年)の15条(柱)の円形断面に基づき設定している。



参図-7.1 排気筒の地震応答解析モデル



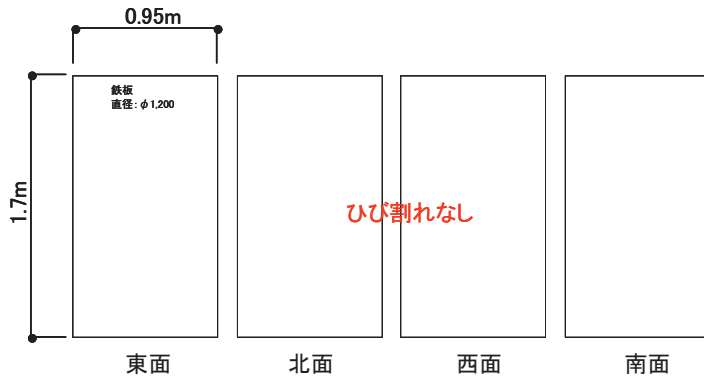
(a) 調査箇所図

(b) 掘削状況図

参図-7.2 杭の調査箇所とその掘削状況の概要図

参表-7.1 杭頭付近に確認されたひび割れ状況のまとめ

調査箇所	ひび割れ本数 (本)	ひび割れ幅 (mm)	ひび割れ長さ (m)	主なひび割れ発生面
ST-1				損傷無し
ST-2				損傷無し
ST-3				損傷無し



—ひび割れ状況図 (展開図)—

—杭頭状況—

(位置記号: ST-3)

その他、ST-1、ST-2についてもひび割れは確認されていない。(参表-7.1 参照)

参図-7.3 杭頭付近の最大ひび割れの発生状況

杭頭付近の地震応答解析結果の概要

■ 杭の骨格曲線の条件

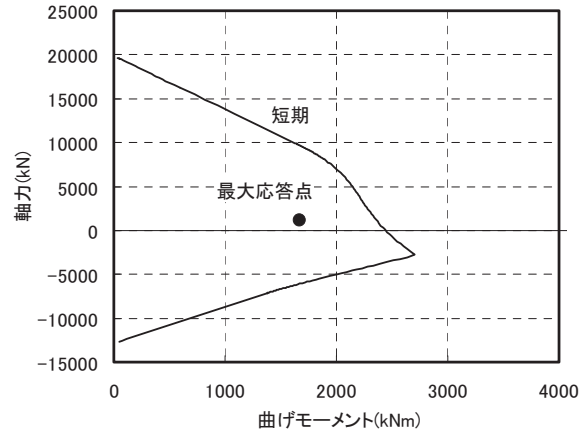
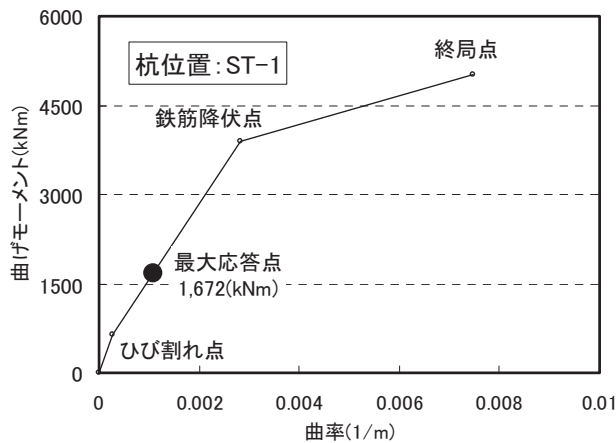
杭の曲げモーメント-曲率(M- ϕ)関係は、(社)日本電気協会編『乾式キャスク貯蔵建屋基礎構造の設計に関する技術指針』(JEAG4616-2003)に基づき設定している。

- ・ 第 1 折れ点：軸力 N が加わる時にコンクリートの縁部がコンクリートの引張強度 $0.56\sqrt{F_c}$ に達した点 ($M_c = 0.56\sqrt{F_c} \cdot Z_e + N \cdot D/8$)
- ・ 第 2 折れ点：圧縮側あるいは引張側の縁鉄筋が降伏に達した点
- ・ 終 局 点：圧縮側コンクリートの圧壊に相当する点(コンクリートの限界圧縮ひずみ 0.3%)

■ 杭の N-M 相関図の条件

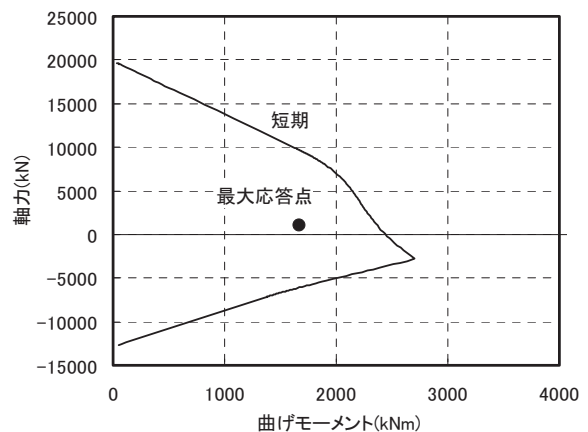
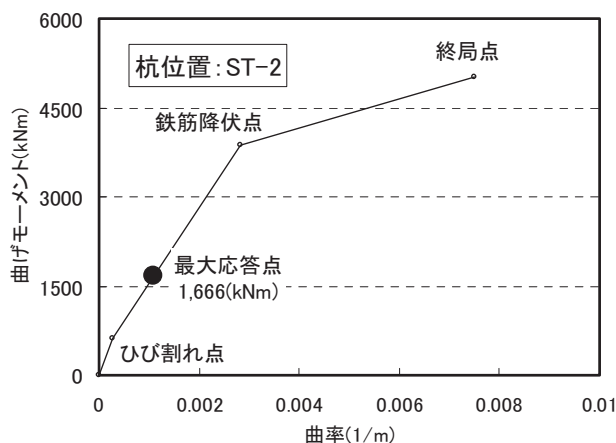
N-M 相関図は日本建築学会編『鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説』(1991 年)の 15 条(柱)の円形断面に基づき設定している。

- ・ コンクリートの短期許容圧縮応力度： $11.75 (N/mm^2)$
- ・ 鉄筋の短期許容圧縮応力度： $345 (N/mm^2)$
- ・ 鉄筋の短期許容引張応力度： $345 (N/mm^2)$



注) 最大応答点●：最大曲げモーメント発生時の曲げモーメントおよび軸力の点をプロット
(杭の位置記号：S T - 1 にある 1 本あたりの応答結果)

(a) 杭の M- ϕ 関係図と応答プロット点 (b) 杭の N-M 相関図と応答プロット点



注) 最大応答点●：最大曲げモーメント発生時の曲げモーメントおよび軸力の点をプロット
(杭の位置記号：S T - 2 にある 1 本あたりの応答結果)

(a) 杭の M- ϕ 関係図と応答プロット点 (b) 杭の N-M 相関図と応答プロット点
参図-7.4 地震応答解析から求まる杭頭付近の応答軸力～曲げモーメント関係 (EW 方向)

参考資料 8 5号機解放基盤波を用いた排気筒の耐震健全性評価

「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、5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、「5号機解放基盤波」という)を用いて5号機排気筒の健全性評価を行う。

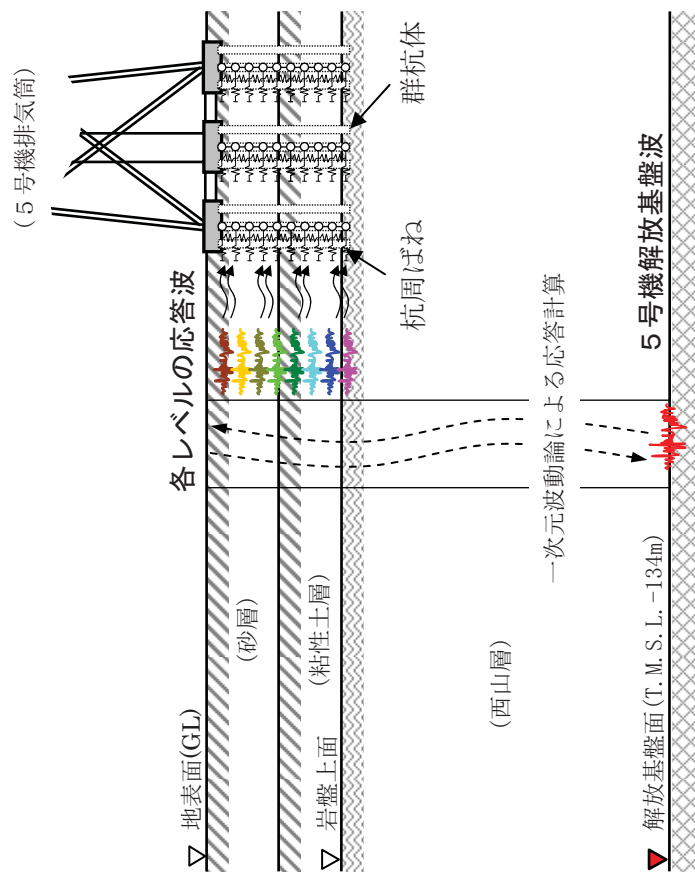
(1) 検討方法

地震応答解析における入力地震動を「5号機解放基盤波」から算定される杭一体型解析モデル各レベルにおける地震動とした。5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-8.1に示す。

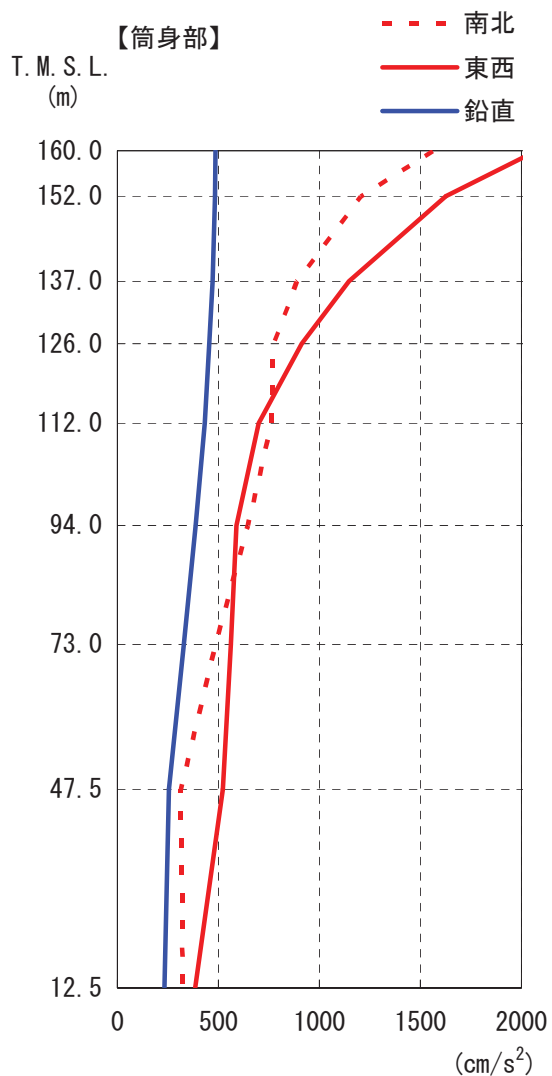
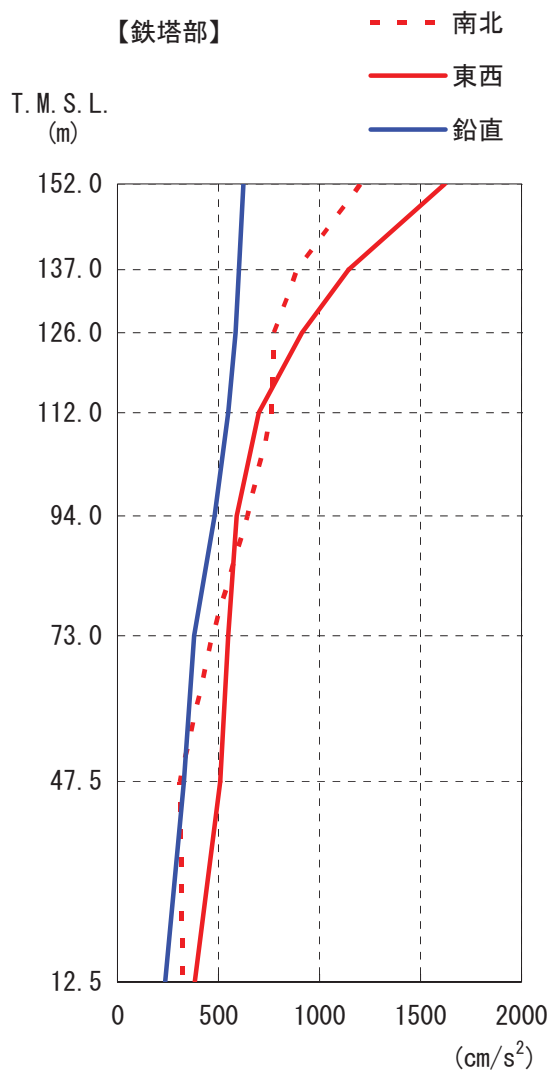
その他の検討条件は、報告書本編の「5.4. 排気筒の耐震健全性評価」に示された評価手順、地震応答解析手法、評価基準と同一である。

(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-8.2に示す。



参図-8.1 5号機解放基盤波を用いた地震応答解析のイメージ



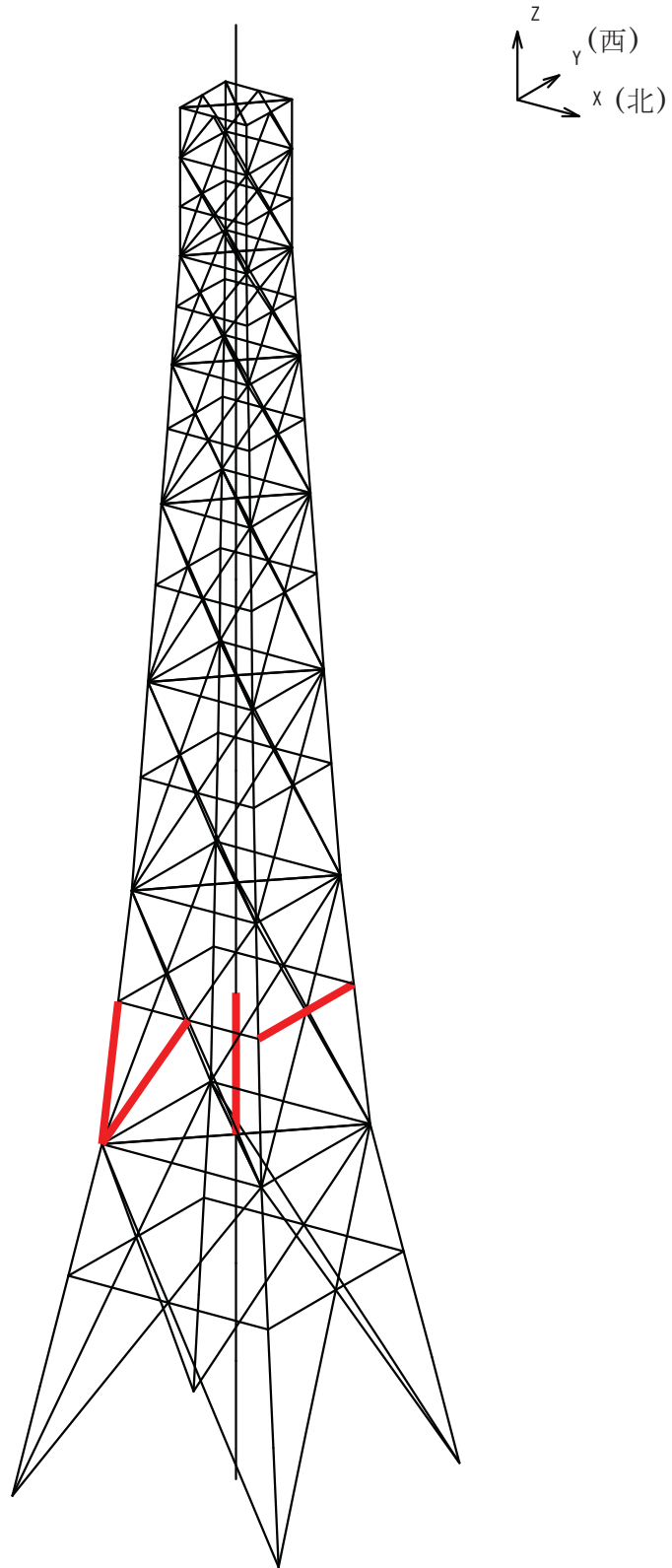
参図-8.2 排気筒 最大応答加速度

(3) 耐震健全性評価結果

① 鉄塔部、筒身部

各部材の評価結果のうち、発生応力と評価基準値の比（発生応力／評価基準値）が最大となる部位を参図-8.3に、評価結果を参表-8.1に示す。

排気筒について、各部材の軸力と曲げモーメントの組み合わせによる発生応力は、評価基準値以下であり、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、耐震安全性は確保されているものと評価した。



— : 最大応力発生位置 (部材種別毎) を示す。

参図-8.3 5号機排気筒の応答評価部位

参表-8.1 各部の最大応力比

箇所	部材	N (kN)	M (kNm)	A ($\times 10^2 \text{mm}^2$)	Z ($\times 10^3 \text{mm}^3$)	σ_c (N/mm ²)	σ_b (N/mm ²)	f_c (N/mm ²)	f_b (N/mm ²)	$\frac{\sigma_c}{f_c} + \frac{\sigma_b}{f_b}$
鉄塔	主柱材	5448	142	302	5956	180.5	23.8	263.2	325.0	0.76
	斜材	1235	—	98	828	126.0	—	244.1	—	0.52
	水平材	660	—	69	522	96.4	—	186.4	—	0.52
筒身	—	3889	1073 *	91275 *	13.3	42.6	189.8	200.8	0.28	

注) * 有効板厚：腐蝕代を内径に 2mm 考慮

記号の説明 N : 軸力 (圧縮を正とする。)

M : 曲げモーメント

A : 断面積

Z : 断面係数

f_c : 許容圧縮応力度

f_b : 許容曲げ応力度

σ_c : 圧縮応力 (N/A)

σ_b : 曲げ応力 (M/Z)

② 杭の支持力の確認

参表-8.2 に上部架構からフーチング基礎に伝達される荷重を示す。また、参表-8.3 及び参表-7.4 に杭の支持力確認結果を示す。

参表-8.2 上部架構からフーチング基礎に伝達される荷重

		鉄塔部	筒身部	備考
上部から 伝達される 荷重	圧縮力 (kN/脚)	8,024	2,212	長期軸力含む
	引抜き力 (kN/脚)	5,803	(生じない)	
	水平力 (kN/脚)	2,053	123	南北方向及び 東西方向の ベクトル和
	曲げモーメント (kNm/脚)	169	2,045	
杭支持力の 確認用の荷 重 (フーチン グ下面)	フーチング基礎下端位置に おける曲げモーメント* (kNm/脚)	11,459	2,537	南北方向及び 東西方向の ベクトル和
	フーチング基礎廻り自重 (kN/脚)	12,876	4,962	基礎梁及び 土被り重量含む

注) *: 水平力×フーチング基礎高さ (鉄塔部 5.5m、筒身部 4.0m) + 曲げモーメント

参表-7.3 杭の鉛直支持力等の確認 (鉄塔部)

検定項目	発生応力	評価基準値 (抵抗力)	発生応力等 評価基準値
全体引抜き力の確認 (kN/脚)	5,803 (最大引抜き力)	12,876 (フーチング+基礎梁+土被り)	0.45
杭の支持力の確認 (最外縁杭: kN/本)	3,028 (最大圧縮力)	3,923 * (短期許容支持力)	0.77

注) *: 杭の先端支持力

参表-7.4 杭の鉛直支持力等の確認 (筒身部)

検定項目	発生応力	評価基準値 (抵抗力)	発生応力 評価基準値
全体引抜き力の確認 (kN/脚)	— (引抜きは生じない)	4,962 (フーチング+基礎梁+土被り)	—
杭の支持力の確認 (最外縁杭: kN/本)	1,906 (最大圧縮力)	3,923 * (短期許容支持力)	0.49

注) *: 杭の先端支持力

③ 非常用ガス処理系用排気筒

a) 筒身部

参表-8.5 に筒身の変位を、参表-8.6 に SGTS 用排気筒応力及び評価結果を示す。

SGTS 用排気筒の発生応力は評価基準値以下であり、耐震健全性は確保されている。

参表-8.5 筒身の変位

支持点	標高 T. M. S. L. (m)	地震応答解析結果 (mm)
TOP	160.0	696
A	152.0	627
B	137.0	502
C	126.0	414
D	112.0	312
E	94.0	196
F	73.0	93
G	47.5	25

参表-8.6 SGTS 用排気筒の評価結果

支持点 T. M. S. L. (m)	N (kN)	M (kNm)	A ($\times 10^2 \text{mm}^2$)	Z ($\times 10^3 \text{mm}^3$)	${}_s \sigma_c$ (N/mm ²)	${}_s \sigma_b$ (N/mm ²)	${}_s f_c$ (N/mm ²)	${}_s f_b$ (N/mm ²)	$\frac{{}_s \sigma_c}{{}_s f_c} + \frac{{}_s \sigma_b}{{}_s f_b}$
160.0~ 152.0	11.2	0.8	94.0	920	1.2	0.9	218	245	0.01
152.0~ 137.0	28.0	1.6			3.0	1.8	226		0.02
137.0~ 126.0	39.3	2.3			4.2	2.5	222		0.03
126.0~ 112.0	54.4	2.9			5.8	3.1	210		0.04
112.0~ 94.0	74.1	3.3			7.9	3.6	218		0.05
94.0~ 73.0	96.4	5.3			10.3	5.8	210		0.07
73.0~ 47.5	122.9	5.3			13.1	5.8	215		0.08
47.5~ 12.5	157.6	3.2			16.8	3.5	210		0.09

- 記号の説明
- N : 軸力 (圧縮を正とする。)
 - M : 曲げモーメント
 - A : 断面積
 - Z : 断面係数
 - ${}_s f_c$: 許容圧縮応力度
 - ${}_s f_b$: 許容曲げ応力度
 - ${}_s \sigma_c$: 圧縮応力 (N/A)
 - ${}_s \sigma_b$: 曲げ応力 (M/Z)

b) 支持部

評価結果を参表-8.7 に示す。

支持部の発生応力は、評価基準値以下にあり、弾性範囲にあると判断させ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。

参表-8.7 SGTS 用排気筒支持部材の評価結果

N (kN)	M (kNm)	A ($\times 10^2 \text{mm}^2$)	Z ($\times 10^3 \text{mm}^3$)	${}_s\sigma_c$ (N/mm ²)	${}_s\sigma_b$ (N/mm ²)	${}_s f_c$ (N/mm ²)	${}_s f_b$ (N/mm ²)	$\frac{{}_s\sigma_c}{{}_s f_c} + \frac{{}_s\sigma_b}{{}_s f_b}$
0.0	2.4	22.1	102	0.0	23.4	221	235	0.10

記号の説明

N : 軸力 (圧縮を正とする。)

M : 曲げモーメント

${}_s f_c$: 許容圧縮応力度

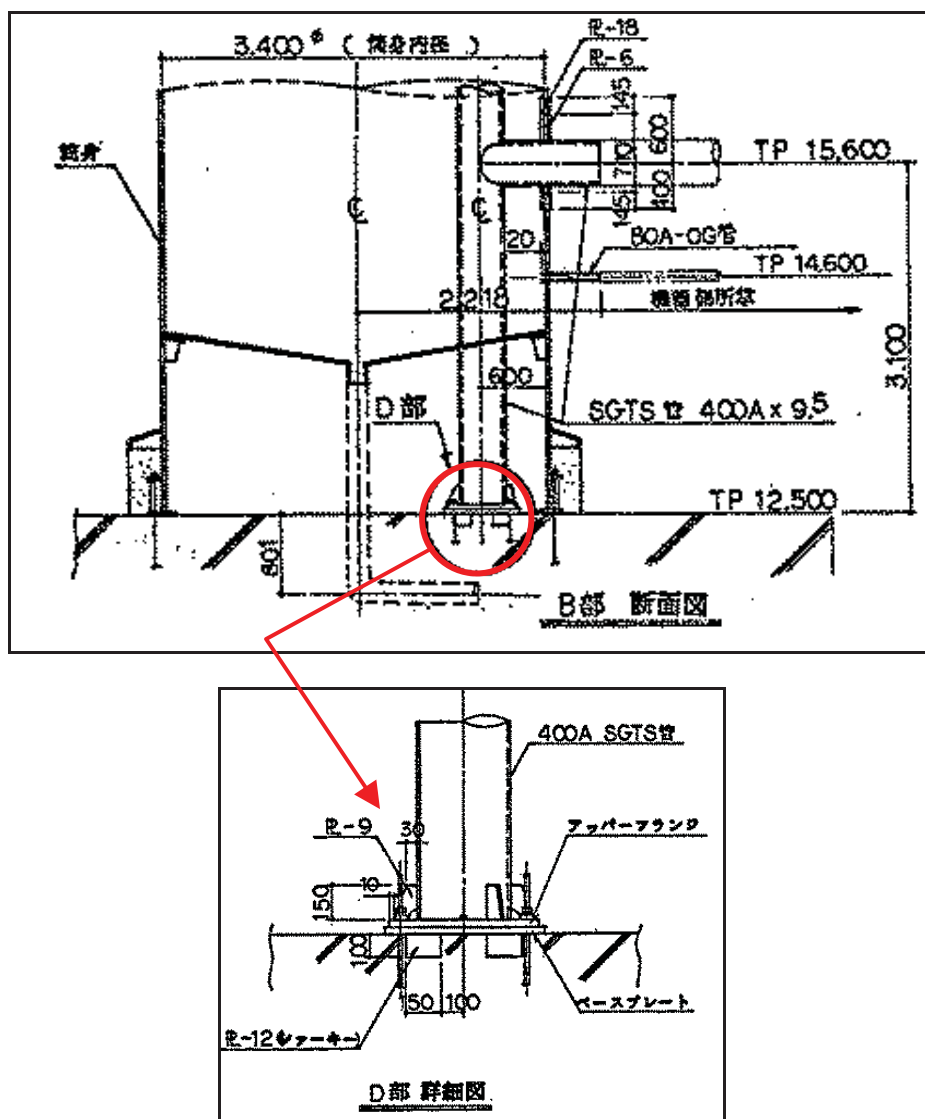
${}_s f_b$: 許容曲げ応力度

${}_s\sigma_c$: 圧縮応力 (N/A)

${}_s\sigma_b$: 曲げ応力 (M/Z)

参考資料 9 非常用ガス処理系用排気筒脚部のコンクリートの評価について

非常用ガス処理系（SGTS）用排気筒は、熱による変形を考慮し、上下方向は拘束せず、水平方向のみを拘束した構造となっている。また、SGTS 用排気筒脚部は、参図-9.1 に示すとおり、筒身基礎にベースプレートとアンカーボルトによって直接支持されており、自重や地震時に発生する応力を筒身基礎に伝達できる構造となっている。したがって、SGTS 用排気筒による軸力が全て筒身基礎に作用することとなり、当該部位について健全性評価を行う。



参図-9.1 5号機 SGTS 用排気筒脚部詳細図（建設時設計図より抜粋）

新潟県中越沖地震に対する健全性評価にあたっては、SGTS 用排気筒について地震力を上向きと下向きに検討している。上向きに地震力を考慮した場合の断面検討用軸力は 118.9 kN (圧縮力) であり、引張力は作用していない。また、軸力の大きな下向きの地震力を考慮した場合の断面検討用軸力は 157.6 kN (圧縮力) であり、ベースプレート下面に発生する応力は 0.42 N/mm^2 となる。これに対して、コンクリートの短期許容応力度は 29.4 N/mm^2 であり、健全性は確保されているものと評価できる。

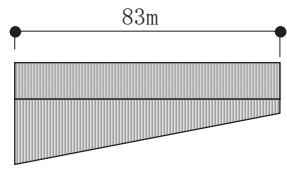
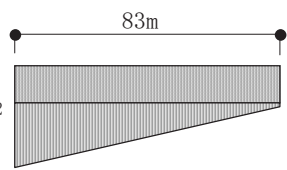
参考資料 10 地震応答解析結果に基づく地盤支持力の評価

(1) 原子炉建屋・タービン建屋・海水熱交換器建屋

原子炉建屋基礎版上の観測記録に基づく入力地震動を用いた地震応答解析結果^{※1}に基づく原子炉建屋・タービン建屋・海水熱交換器建屋の接地圧を参表-10.1～参表-10.3に示す。地盤の短期許容支持力度は、原子炉建屋は $2,941\text{kN/m}^2$ (300tf/m^2)、タービン建屋および海水熱交換器建屋は $2,745\text{kN/m}^2$ (280tf/m^2)であり、地震時接地圧に対して十分な余裕がある。

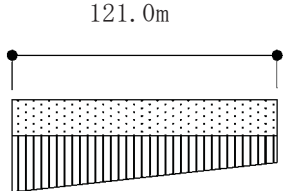
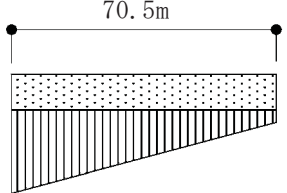
※1 水平地震動による応力と鉛直地震動による応力とを組み合わせる。

参表-10.1 地震応答解析結果に基づく接地圧（原子炉建屋）

原子炉建屋	NS	EW	反力分布図
鉛直力 N (kN)	4,676,182	4,641,591	[NS方向] 
転倒モーメント M (×10 ⁵ kNm)	419.3	576.7	[EW方向] 
最大接地圧※ (kN/m ²)	1,119	1,279	1,279 kN/m ²

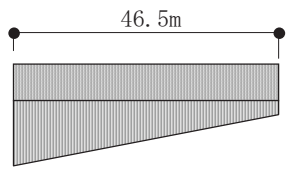
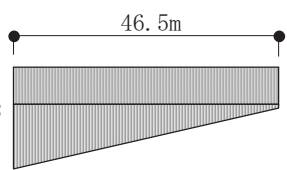
※：地盤の短期許容支持力度 2,941kN/m²

参表-10.2 地震応答解析結果に基づく接地圧（タービン建屋）

タービン建屋	NS	EW	反力分布図
鉛直力 N(kN)	2,518,550	2,821,930	[NS方向] 
転倒モーメント M(×10 ⁵ kNm)	174.1	280.8	[EW方向] 
最大接地圧※ (kN/m ²)	396	611	611 kN/m ²

※：地盤の短期許容支持力度 2,745 kN/m²

参表-10.3 地震応答解析結果に基づく接地圧（海水熱交換器建屋）

海水熱交換器建屋	NS	EW	反力分布図
鉛直力 N (kN)	378,116	388,336	[NS方向] 
転倒モーメント M (×10 ⁵ kNm)	16.2	29.7	[EW方向] 
最大接地圧※ (kN/m ²)	272	357	357 kN/m ²

※：地盤の短期許容支持力度 2,745kN/m²

(2) 屋外重要土木構造物

原子炉建屋基礎版上の観測記録に基づく入力地震動を用いた地震応答解析結果における、屋外重要土木構造物から地盤に作用する鉛直方向の合力（V）および設置地盤の極限支持力（ Q_u ）を参表-10.4に示す。非常用取水路、原子炉補機冷却系配管ダクト（A系）、同（B系）および非常用ガス処理系配管ダクトの各断面において、鉛直方向の合力は設置地盤の極限支持力を下回ることを確認した。

参表-10.4 極限支持力に関する検討結果

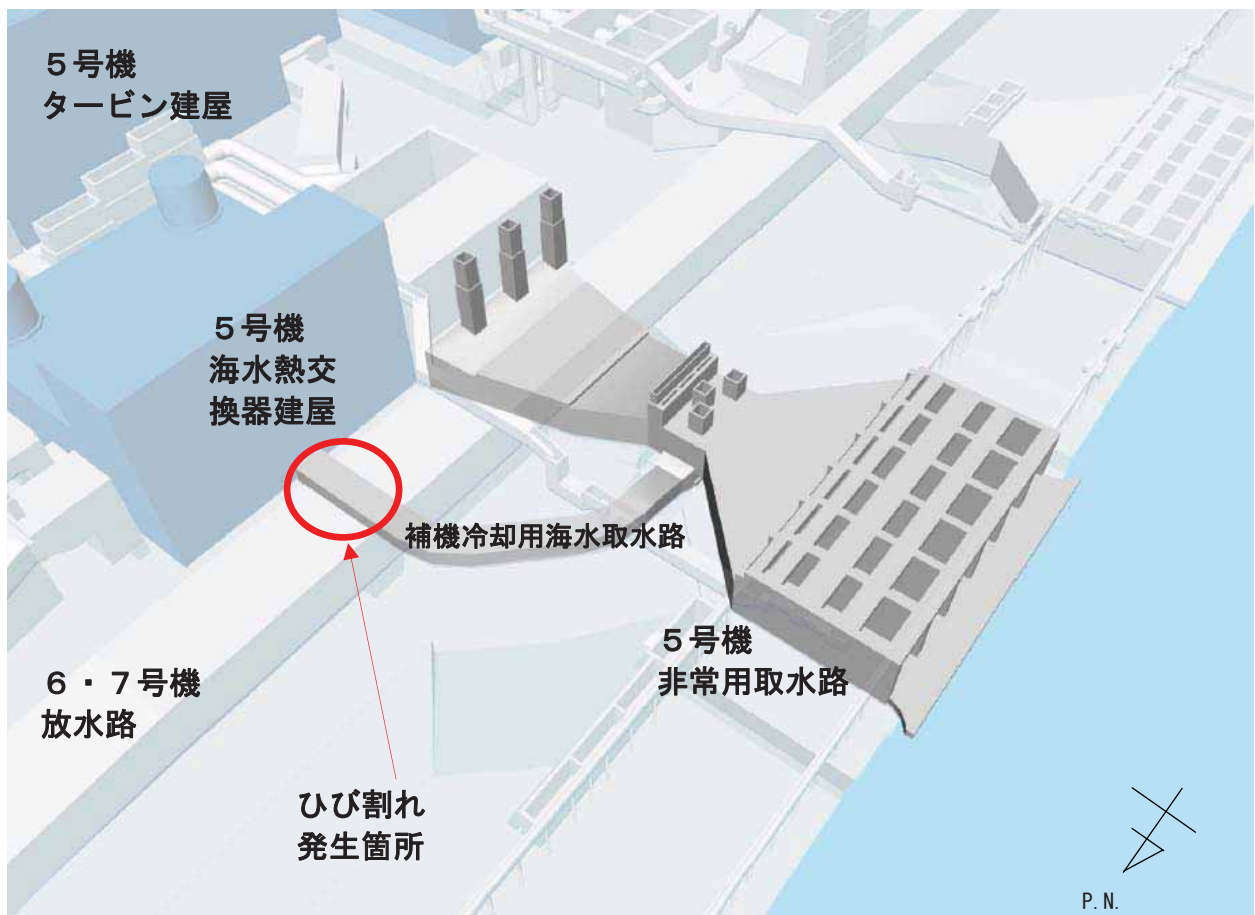
		鉛直力 V (kN)	極限支持力 Q_u (kN)	Q_u/V
非常用 取水路	スクリーン室 ^{※1}	9,450	165,000	17
	取水路 ^{※1}	4,360	17,600	4.0
	補機冷却用海水取水路 ^{※1}	2,190	9,450	4.3
原子炉補機冷却系配管ダクト（A系） ^{※1}		2,980	39,200	13
原子炉補機冷却系配管ダクト（B系） ^{※1}		2,710	32,400	12
非常用ガス処理系配管ダクト ^{※2}		609	2,531	4.2

- ※1 ・鉛直力V（奥行き1m当り）：構造物から地盤に作用する鉛直方向の合力
 ・極限支持力 Q_u （奥行き1m当り）：非常用取水路は「道路橋示方書・同解説 下部構造編、日本道路協会、平成14年3月」に基づき算出。また、原子炉補機冷却系配管ダクトは原位置岩盤支持力試験の最大荷重に基づき算出。
- ※2 ・鉛直力V（鋼管杭1本当り）：杭頭部の鉛直力
 ・極限支持力 Q_u （鋼管杭1本当り）：「道路橋示方書・同解説 下部構造編、日本道路協会、平成14年3月」に基づき算出。

参考資料 11 5号機補機冷却用海水取水路のひび割れについて

(1) はじめに

5号機非常用取水路は、新潟県中越沖地震によって、補機冷却用海水取水路においてひび割れが生じた（添付資料6）。本資料では、このひび割れの発生状況、原因の推定について述べる。

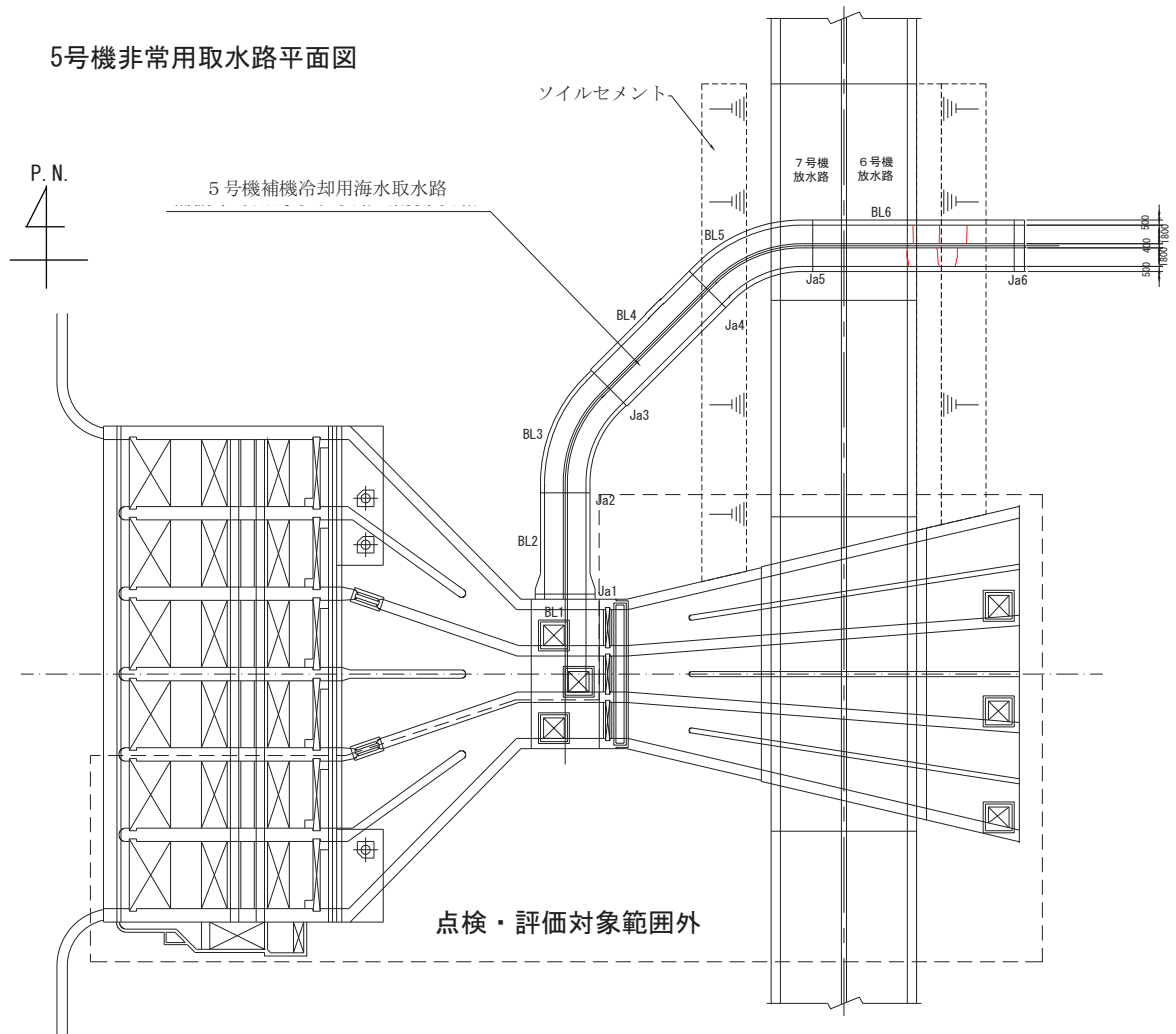


参図-11.1 5号機非常用取水路の全景

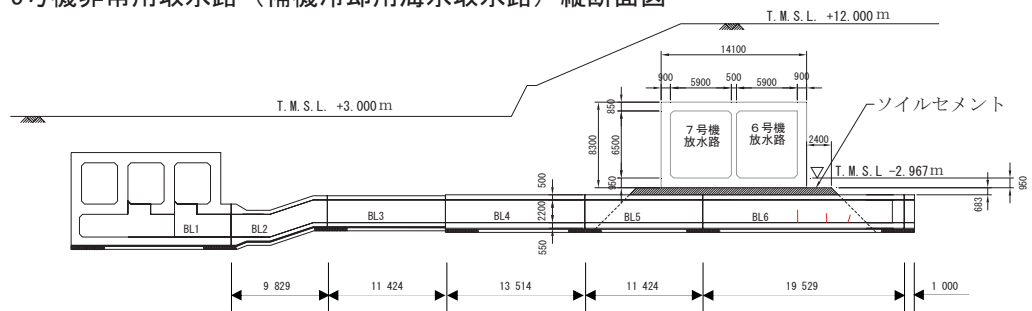
(2) 補機冷却用海水取水路のひび割れ

a) 損傷の状況

参図-11.2 および参図-11.3 に、損傷箇所の平面図・縦断面図、損傷展開図を、また参写真-11.1 にひび割れ発生状況を示す。



5号機非常用取水路（補機冷却用海水取水路）縦断面図



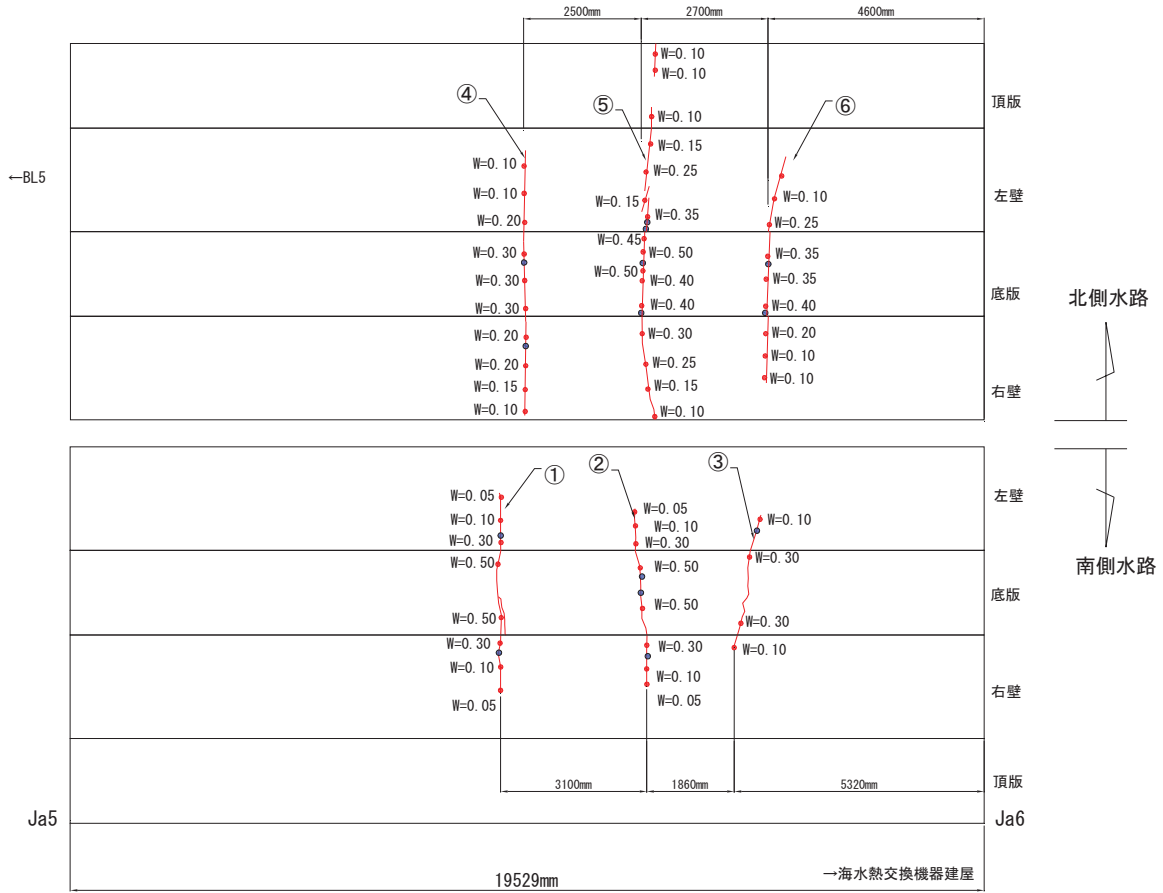
参図-11.2 平面図・縦断面図

補機冷却用海水取水路（北側，南側水路）

● ひび割れ幅計測箇所

B L 6 損傷展開図

● 漏水箇所



参図-11.3 損傷展開図

	<p>5号機補機冷却用海水取水路 (北側水路)</p> <p>ひび割れ部全景</p>
	<p>5号機補機冷却用海水取水路 (北側水路)</p> <p>ひび割れ⑤</p>
	<p>5号機補機冷却用海水取水路 (北側水路)</p> <p>ひび割れ⑤漏水箇所</p>

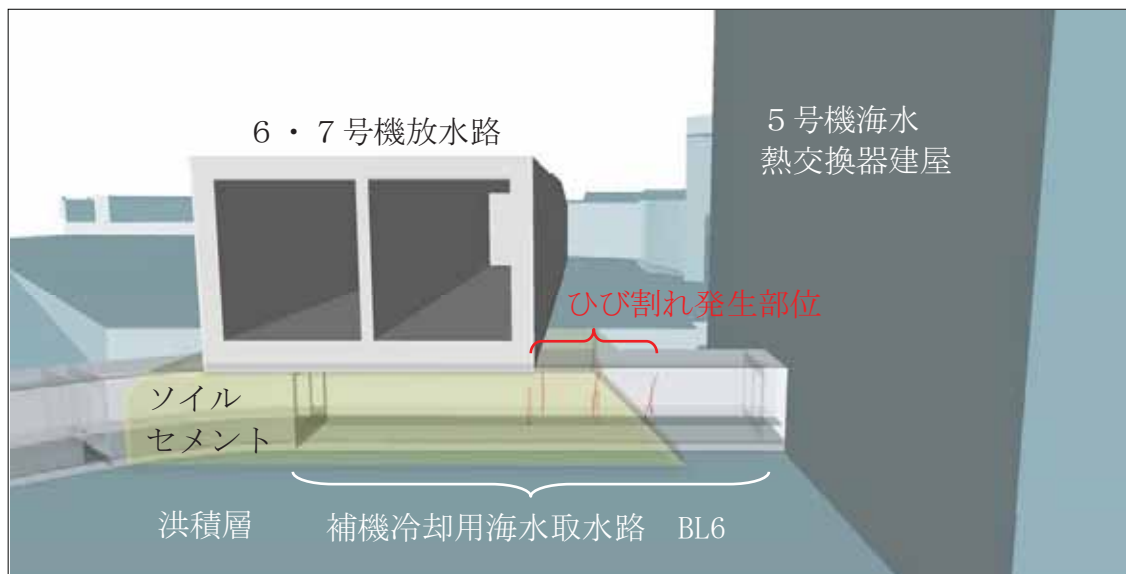
参写真-11.1 ひび割れ発生状況

補機冷却用海水取水路 BL6 の放水路交差位置近傍に 3 本のひび割れが認められる。最大ひび割れ幅は 0.5mm であり、微量であるが漏水が認められる。3 本のひび割れはいずれも底版においてひび割れ幅が大きく、頂版に向けてひび割れ幅が小さくなり、目視では全周を連続しない。

b) 原因の推定

ひび割れ発生パターン（軸直交方向のひび割れであり、底版でひび割れ幅が大きく頂版に向けてひび割れ幅が小さくなること）から、地震時に、軸方向にみて下方にたわむような曲げが作用して発生したものと推定される。

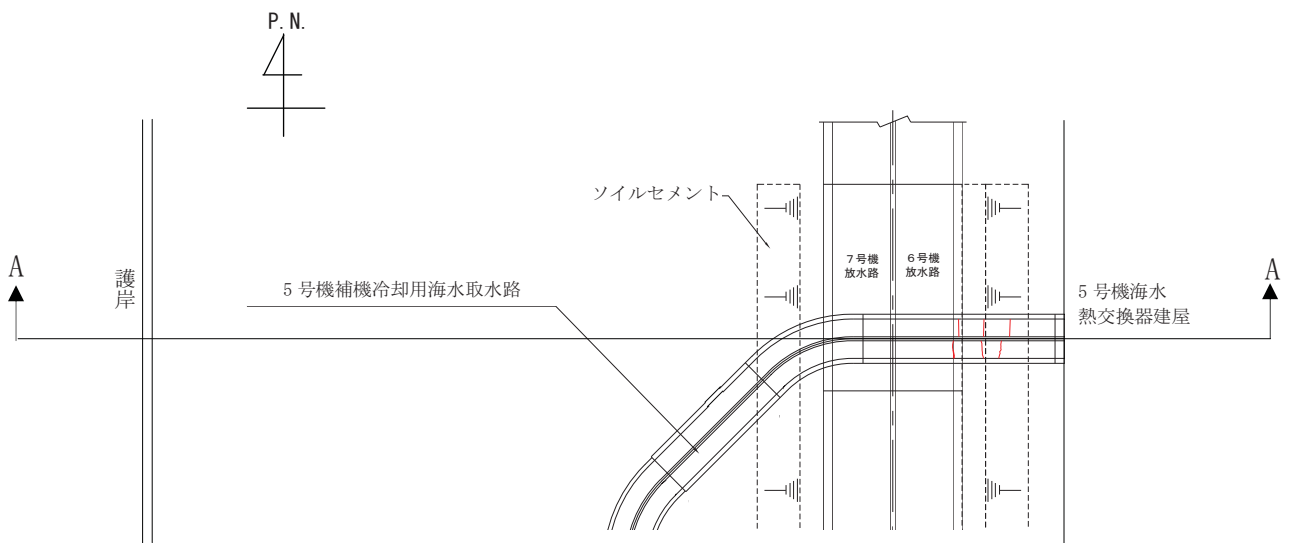
ひび割れ発生箇所の上部には、ソイルセメントを介して 6・7 号機放水路が直交して配置されており（参図-11.4）、これによる地震時荷重が影響を与えた可能性があることから、6・7 号機放水路を考慮した解析を実施し、ひび割れ発生原因について検討した。



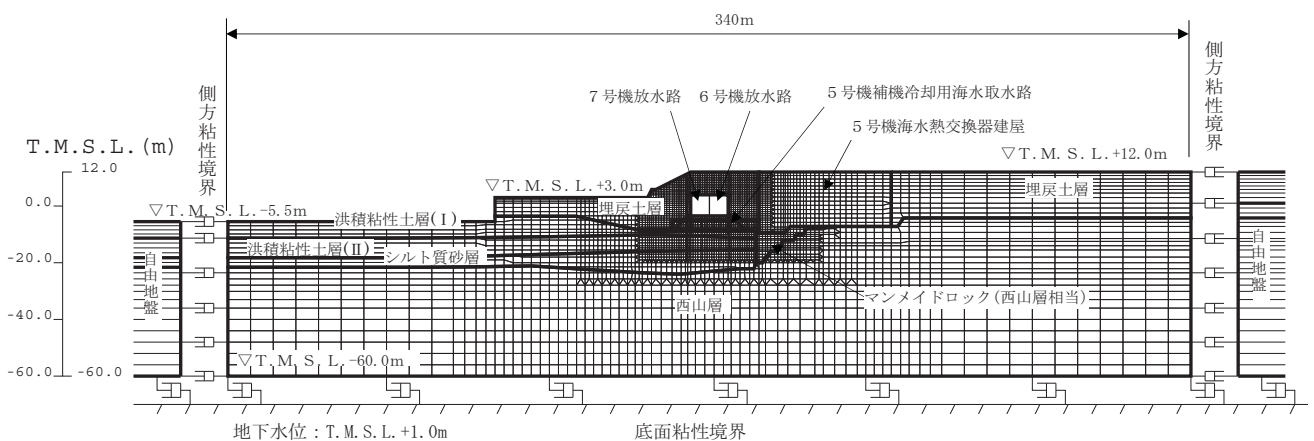
参図-11.4 ひび割れ発生部位と 6・7 号機放水路の位置関係

5号機補機冷却用海水取水路の軸方向の地震時応答を検討するために、参図-11.5に示す汀線直交断面(A-A断面)の二次元解析モデル(参図-11.6および参図-11.7)を設定した。

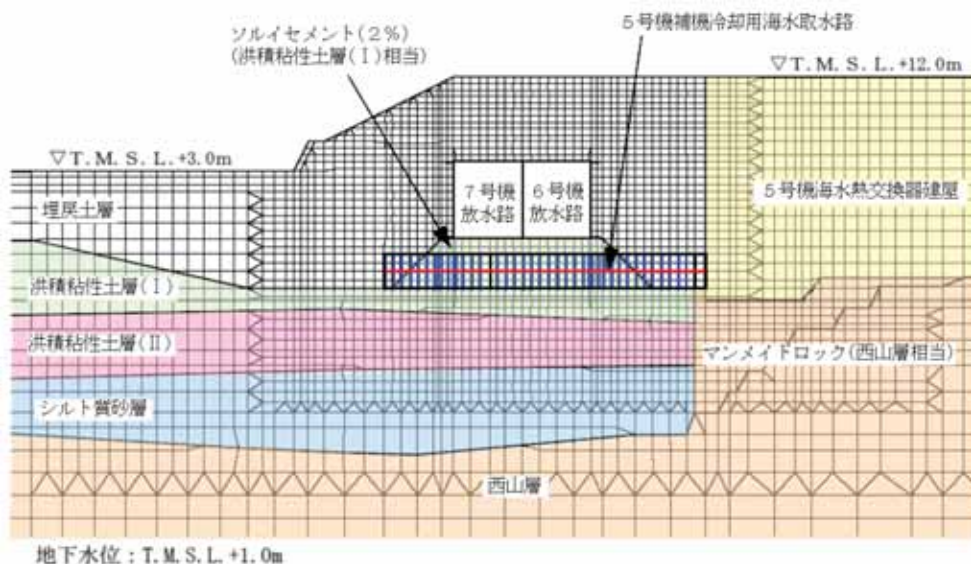
5号機補機冷却用海水取水路周辺のモデル化について参図-11.8に示す。ここでは、上部にある6・7号機放水路の1ブロック(21m)を、等価剛性に換算してモデル化した。



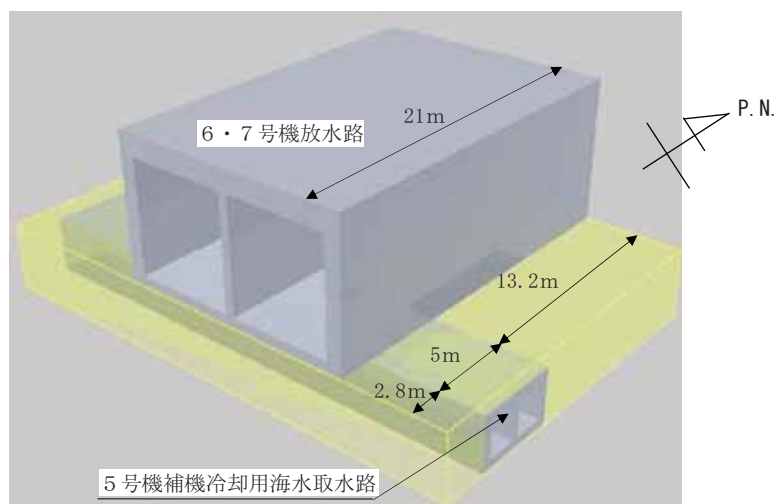
参図-11.5 5号機補機冷却用海水取水路平面図および検討断面位置



参図-11.6 5号機補機冷却用海水取水路の地震応答解析モデル(A-A断面)

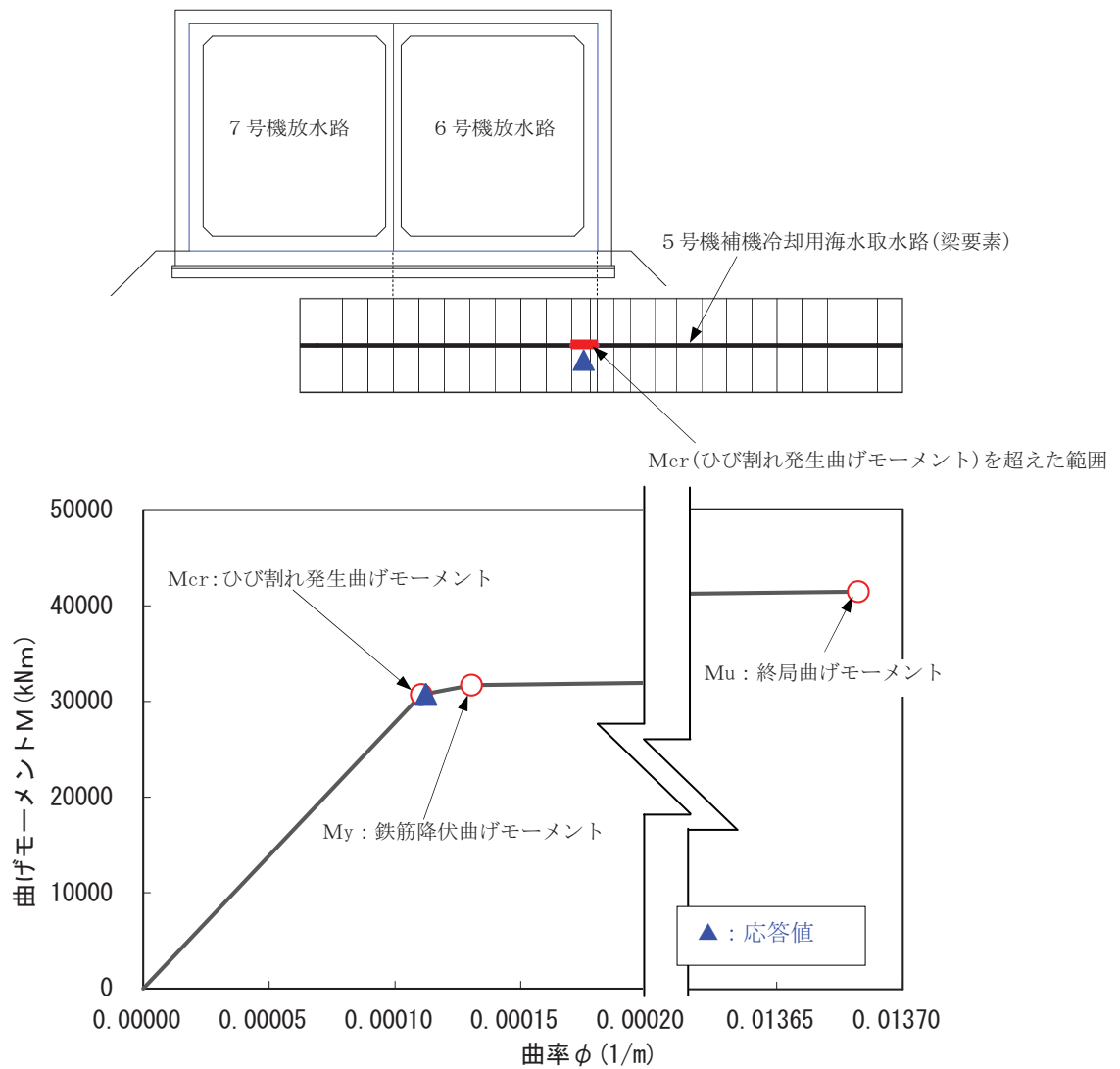


参図-11.7 5号機補機冷却用海水取水路周辺の地震応答解析モデル(A-A断面、拡大図)



参図-11.8 5号機補機冷却用海水取水路周辺のモデル化

地震応答解析結果において、5号機補機冷却用海水路の軸方向に発生したひび割れ範囲およびM- ϕ スケルトンと応答値を参図-11.9に示す。6・7号機放水路右側壁の下部付近において、5号機補機冷却用海水取水路の底版側にひび割れ発生曲げモーメント M_{cr} を超える曲げモーメントが発生している。



参図-11.9 5号機補機冷却用海水取水路に発生したひび割れ範囲および M- ϕ スケルトンと応答値 (7.25 秒時)

以上のことから、5号機補機冷却用海水取水路で確認されたひび割れは、地震時に上部にある6・7号機放水路から下向きに荷重が作用し、軸方向の曲げ変形によって底版が引張状態となったために発生したものと推定される。

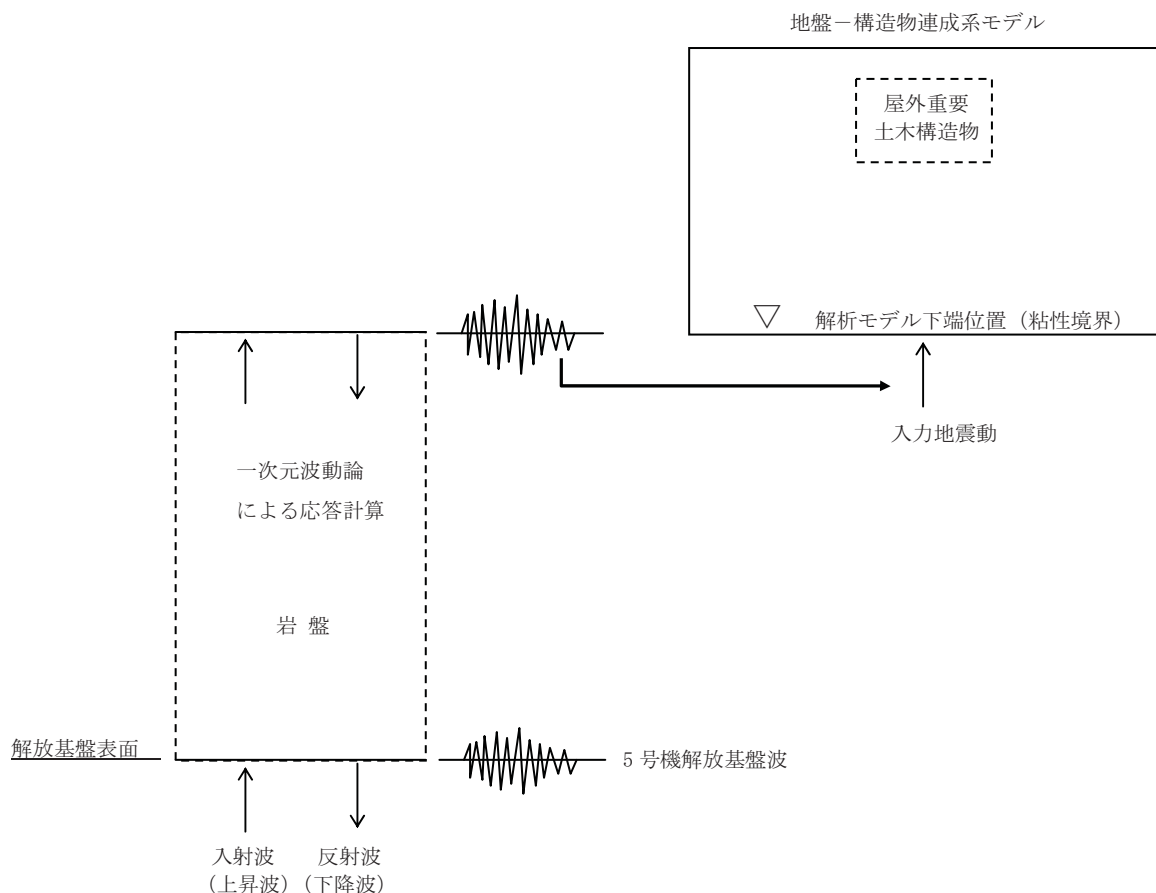
参考資料 12 5号機解放基盤波を用いた屋外重要土木構造物の耐震健全性評価

「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、5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、「5号機解放基盤波」という）を用いて5号機屋外重要土木構造物の耐震健全性評価を行う。

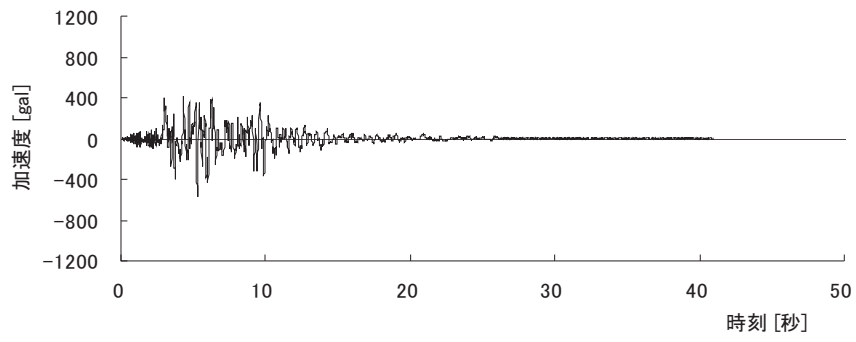
(1) 検討方法

「5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、地盤一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-12.1 に、解析モデル下端位置での入力地震動を参図-12.2 に示す。

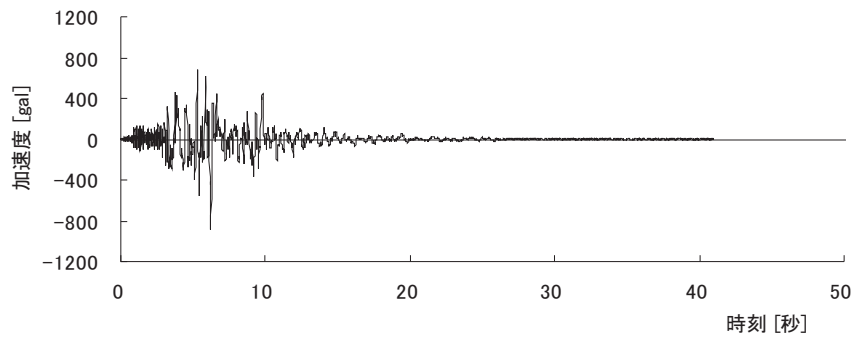
その他の検討条件は、報告書本編の「5.5. 屋外重要土木構造物の耐震健全性評価」に示された評価手順、地震応答解析手法、評価基準と同一である。



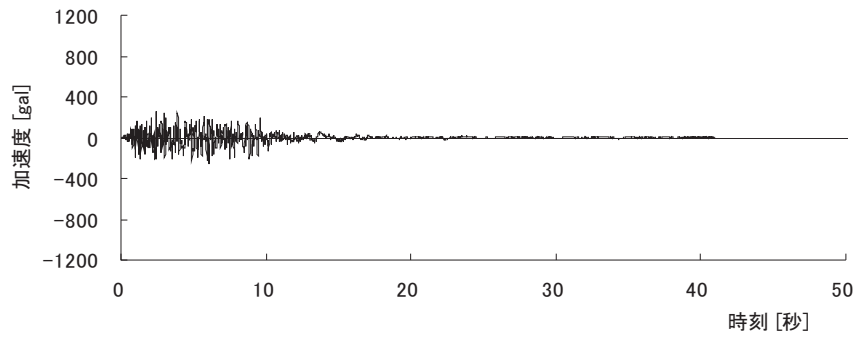
参図-12.1 入力地震動の作成方法の概念図



(a) 水平方向 (NS方向)



(b) 水平方向 (EW方向)



(c) 鉛直方向

参図-12.2 解析モデル下端位置での入力地震動

(2) 耐震健全性評価結果

鉄筋コンクリート構造物の層間変形角による照査結果を参表-12.1に、せん断力による照査結果を参表-12.2に示す。また、非常用ガス処理系配管ダクトの鋼管杭に対して実施した照査結果を参表-12.3～参表-12.5に示す。

参表-12.1, 参表-12.2より、鉄筋コンクリート構造物の層間変形角による照査の結果、評価位置において照査用応答値（照査用層間変形角 R_d ）が評価基準値（限界層間変形角 R_u ）を下回ることを、せん断力による照査の結果、評価位置において照査用応答値（照査用せん断力 V_d ）が評価基準値（せん断耐力 V_{yd} ）を下回ることを確認した。また、参表-12.3～参表-12.5より、鋼管杭の曲げおよびせん断については、照査用応答値（最大曲率 ϕ_d および最大せん断力 V_d ）が、それぞれ評価基準値（限界曲率 ϕ_u およびせん断耐力 V_{yd} ）を下回ることを、支持力についても照査用応答値（杭頭部の最大反力（最大軸力 N'_d ））が評価基準値（極限支持力 R_u ）を下回ることを確認した。

以上のことから、鉄筋コンクリート構造物の曲げ、せん断、および鋼管杭の曲げ、せん断、支持力については、いずれも評価基準を満足す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。

参表-12.1 層間変形角による照査結果（鉄筋コンクリート構造物）

解析対象断面	評価位置	照査用 応答値	評価 基準値	照査用応答値 ／評価基準値
非常用取水路 (スクリーン室)	頂版 ～底版	0.0393/100	1/100	0.039
非常用取水路 (取水路)	頂版 ～底版	0.0913/100	1/100	0.091
非常用取水路 (補機冷却用海水取水路)	頂版 ～底版	0.193/100	1/100	0.19
原子炉補機冷却系 配管ダクト (A系)	頂版 ～底版	0.111/100	1/100	0.11
原子炉補機冷却系 配管ダクト (B系)	頂版 ～底版	0.185/100	1/100	0.18
非常用ガス処理系 配管ダクト	頂版 ～底版	0.121/100	1/100	0.12

参表-12.2 せん断力による照査結果（鉄筋コンクリート構造物）

解析対象断面	評価位置	照査用 応答値 (kN)	評価 基準値 ^{※1} (kN)	照査用応答値 ／評価基準値
非常用取水路 (スクリーン室)	頂版	114	536	0.21
	底版	298	1614	0.18
	側壁	260	1520	0.17
	隔壁	357	1483	0.24
非常用取水路 (取水路)	頂版	330	1461	0.23
	底版	436	1550	0.28
	側壁	398	1799	0.22
	隔壁	453	1233	0.37
非常用取水路 (補機冷却用海水取水路)	頂版	331	731	0.45
	底版	464	1234	0.38
	側壁	357	765	0.47
	隔壁	268	483	0.55
原子炉補機冷却系 配管ダクト (A系)	頂版	531	1651	0.32
	底版	344	1445	0.24
	側壁	577	1753	0.33
	隔壁	138	587	0.24
原子炉補機冷却系 配管ダクト (B系)	頂版	507	1330	0.38
	底版	405	1190	0.34
	側壁	528	1394	0.38
	隔壁	166	575	0.29
非常用ガス処理系 配管ダクト	頂版	39	497	0.078
	底版	102	618	0.17
	側壁	75	536	0.14

※1 せん断耐力評価式を用いた方法による

参表-12.3 曲率による照査結果（鋼管杭）

解析対象断面	評価位置	照査用 応答値 (1/m)	評価 基準値 (1/m)	照査用応答値 ／評価基準値
非常用ガス処理系 配管ダクト	杭頭部	0.00366	0.0314	0.12
	地中部	0.00478	0.0276	0.17

参表-12.4 せん断力による照査結果（鋼管杭）

解析対象断面	評価位置	照査用 応答値 (kN)	評価 基準値 (kN)	照査用応答値 ／評価基準値
非常用ガス処理系 配管ダクト	杭頭部	152	587	0.26
	地中部	309	587	0.53

参表-12.5 支持力の評価結果（鋼管杭）

解析対象断面	評価位置	照査用 応答値 (kN)	評価 基準値 (kN)	照査用応答値 ／評価基準値
非常用ガス処理系 配管ダクト	杭頭部	498	2531	0.20

(参考)

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（本編 5.5. 参照）と、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-12.6～参表-12.10 に示す。

参表-12.6 層間変形角による照査結果の比較（鉄筋コンクリート構造物）

解析対象断面	評価位置	照査用応答値／評価基準値	
		基礎版観測波	解放基盤波
非常用取水路 (スクリーン室)	頂版～底版	0.045	0.039
非常用取水路 (取水路)	頂版～底版	0.11	0.091
非常用取水路 (補機冷却用海水取水路)	頂版～底版	0.24	0.19
原子炉補機冷却系 配管ダクト (A系)	頂版～底版	0.13	0.11
原子炉補機冷却系 配管ダクト (B系)	頂版～底版	0.24	0.18
非常用ガス処理系 配管ダクト	頂版～底版	0.15	0.12

参表-12.7 せん断力による評価結果の比較（鉄筋コンクリート構造物）

解析対象断面	評価位置	照査用応答値／評価基準値	
		基礎版観測波	解放基盤波
非常用取水路 (スクリーン室)	頂版	0.22	0.21
	底版	0.17	0.18
	側壁	0.18	0.17
	隔壁	0.27	0.24
非常用取水路 (取水路)	頂版	0.21	0.23
	底版	0.28	0.28
	側壁	0.20	0.22
	隔壁	0.34	0.37
非常用取水路 (補機冷却用海水取水路)	頂版	0.46	0.45
	底版	0.41	0.38
	側壁	0.49	0.47
	隔壁	0.60	0.55
原子炉補機冷却系 配管ダクト (A系)	頂版	0.30	0.32
	底版	0.26	0.24
	側壁	0.35	0.33
	隔壁	0.25	0.24
原子炉補機冷却系 配管ダクト (B系)	頂版	0.39	0.38
	底版	0.39	0.34
	側壁	0.42	0.38
	隔壁	0.31	0.29
非常用ガス処理系 配管ダクト	頂版	0.081	0.078
	底版	0.16	0.17
	側壁	0.11	0.14

参表-12.8 曲率による照査結果の比較（鋼管杭）

解析対象断面	評価位置	照査用応答値／評価基準値	
		基礎版観測波	解放基盤波
非常用ガス処理系 配管ダクト	杭頭部	0.11	0.12
	地中部	0.13	0.17

参表-12.9 セン断力による照査結果の比較（鋼管杭）

解析対象断面	評価位置	照査用応答値／評価基準値	
		基礎版観測波	解放基盤波
非常用ガス処理系 配管ダクト	杭頭部	0.23	0.26
	地中部	0.35	0.53

参表-12.10 支持力による照査結果の比較（鋼管杭）

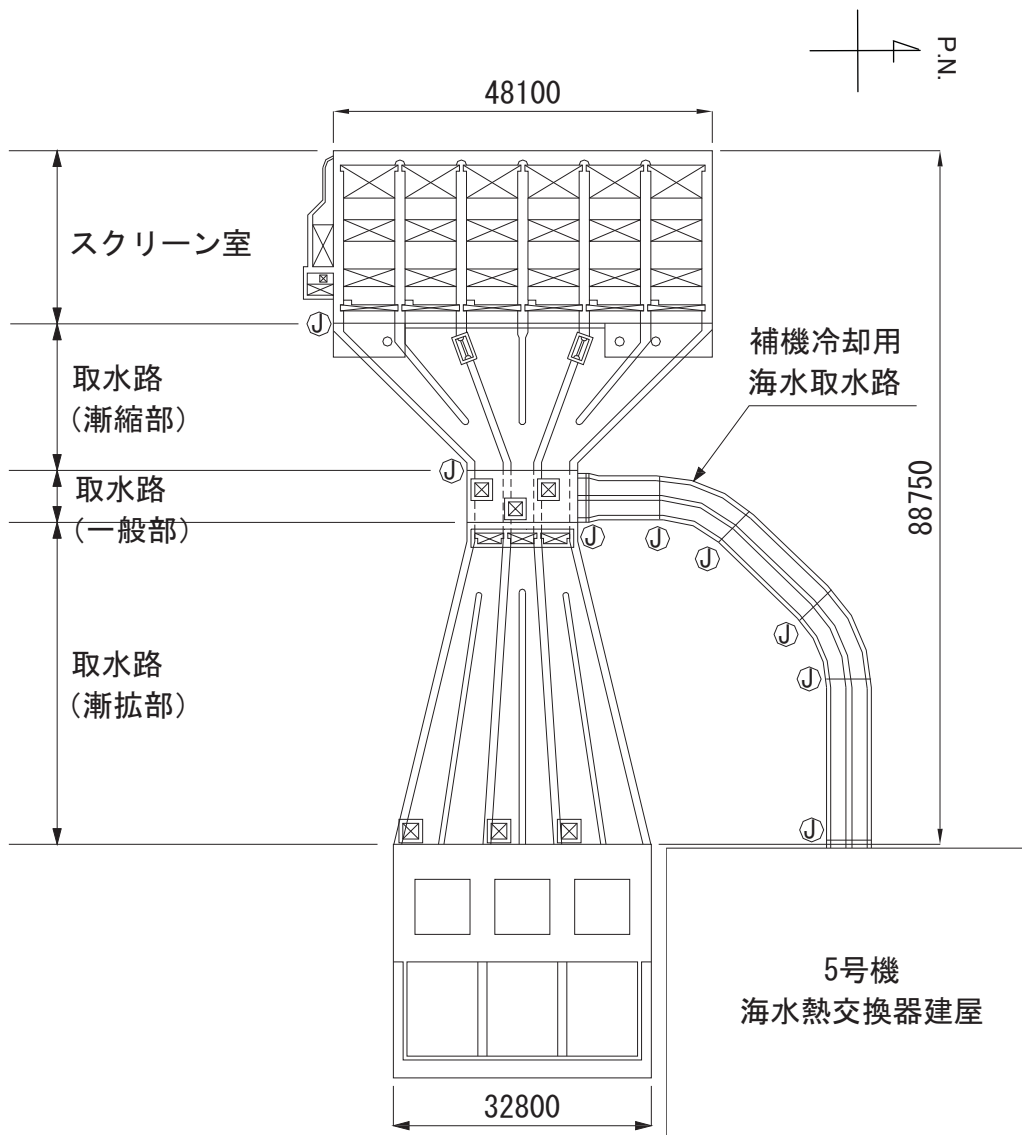
解析対象断面	評価位置	照査用応答値／評価基準値	
		基礎版観測波	解放基盤波
非常用ガス処理系 配管ダクト	杭頭部	0.24	0.20

参考資料 13 5号機非常用取水路の軸方向の評価

(1) 軸方向におけるブロック分割の考え方

非常用取水路の設計では、取水路軸方向について構造的に問題となるような応力が生じないように、軸方向における構造の変化等を考慮してブロック分割し、その間に耐震ジョイントを設けている。

このような考え方に沿って、5号機非常用取水路は、参図-13.1 に示すように、軸方向のブロック長さが概ね 20m 以下となるように分割されている。



Ⓧ : 耐震ジョイント

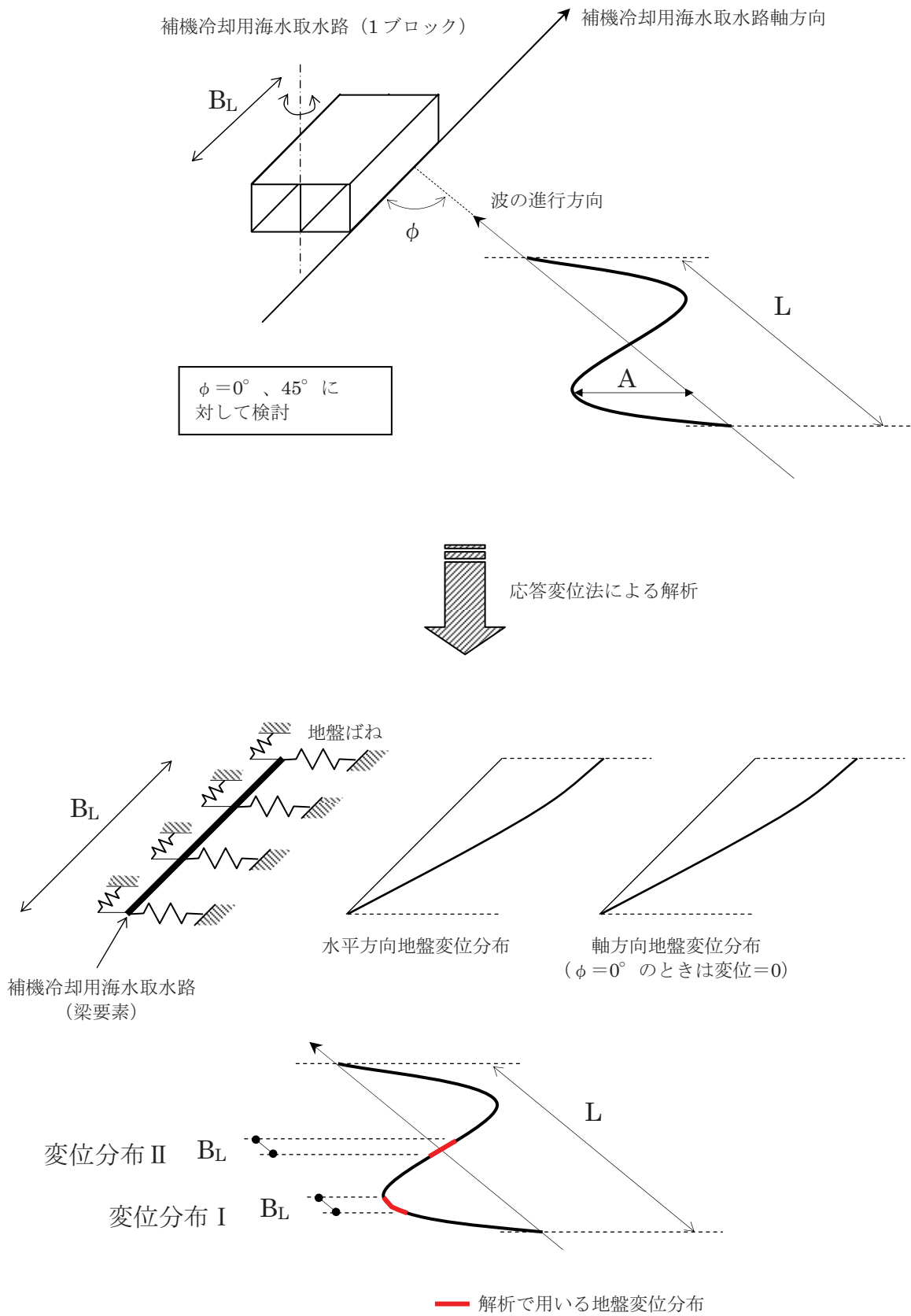
参図-13.1 5号機非常用取水路のブロック分割

(2) 応力度に関する評価

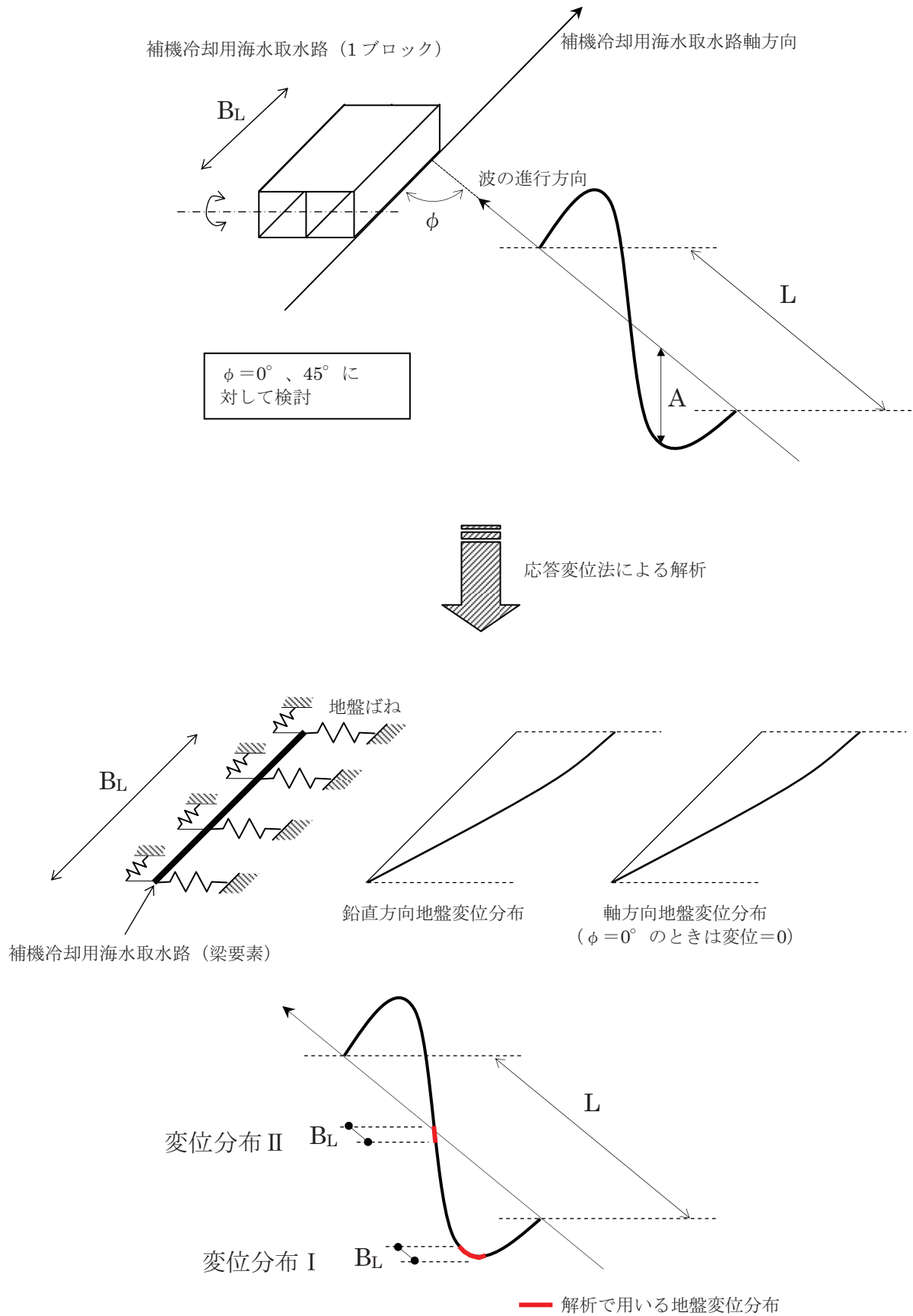
(1)で述べたとおり、軸方向のブロック間には耐震ジョイントが設けられ、軸方向に応力が伝達しない設計となっている。そこで、軸方向の応力度の評価にあたっては、単独のブロックでの解析を行い、そこで得られた断面力に基づいて応力度を評価する。

評価対象は、非常用取水路のうち補機冷却用海水取水路とし、ブロック長については、補機冷却用海水取水路の最も長いブロック長である 19.529m とした。これは、ブロック長が長いほど軸方向の曲げ剛性は低くなり、曲げ応力度の照査がより厳しくなることを考慮したものである。

検討方法の概念は参図-13.2 に示すとおりであり、梁要素と地盤ばねからなる非常用取水路 1 ブロックの解析モデルに、静的に地盤変位分布（水平方向および鉛直方向）を与えて断面力を算出し、応力度を照査する。

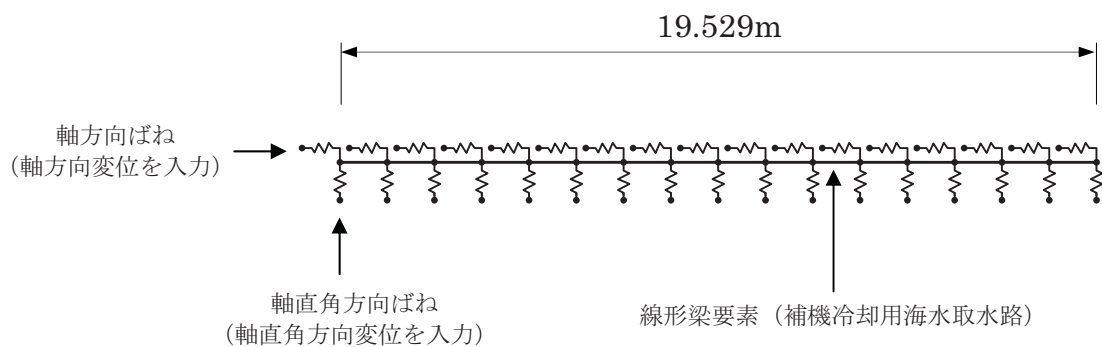


参図-13.2(a) 軸方向の検討方法の概念 (水平方向)



参図-13.2(b) 軸方向の検討方法の概念 (鉛直方向)

解析モデルを参図-13.3 に示す。構造物の全長は、補機冷却用海水取水路の最大ブロック長を参照して 19.529m とする。地盤ばねは「道路橋示方書・同解説 下部構造編、日本道路協会、平成 14 年 3 月」の考え方に従い、地盤物性値から推定される地盤反力係数を用いて、経験式に基づき算定する。解析に用いた諸定数を参表-13.1 に示す。



※ 別途算定した変位分布に従い、軸直角方向変位および軸方向の変位を各節点の地盤ばねを介して入力。

参図-13.3 解析モデル

参表-13.1 解析に用いた諸定数

	ヤング率 E (kN/mm ²)	断面二次 モーメント I (m ⁴)	断面積 A (m ²)	軸方向 ばね定数 K ₁ (kN/m)	軸直角方向 ばね定数 K ₂ (kN/m)
水平変位 入力モデル	32.6	22.1	8.33	1.22 × 10 ⁵	1.47 × 10 ⁵
鉛直変位 入力モデル	32.6	11.1	8.33	1.22 × 10 ⁵	1.78 × 10 ⁵

※K₁、K₂は単位長さあたりのばね定数

地盤ばねに与える地盤変位は、「共同溝設計指針、日本道路協会、昭和 61 年 3 月」の考え方に従い、以下のとおり算出する。

補機冷却用海水取水路における地盤の波長と最大変位振幅を参表-13.2 に示す。

$$\text{波長 } L = \frac{2L_1 \times L_2}{L_1 + L_2}$$

$$L_1 = V_{DS} \times T_S, \quad L_2 = V_{BS} \times T_S$$

ここに、

V_{DS} : 表層地盤のせん断弾性波速度 (m/s)

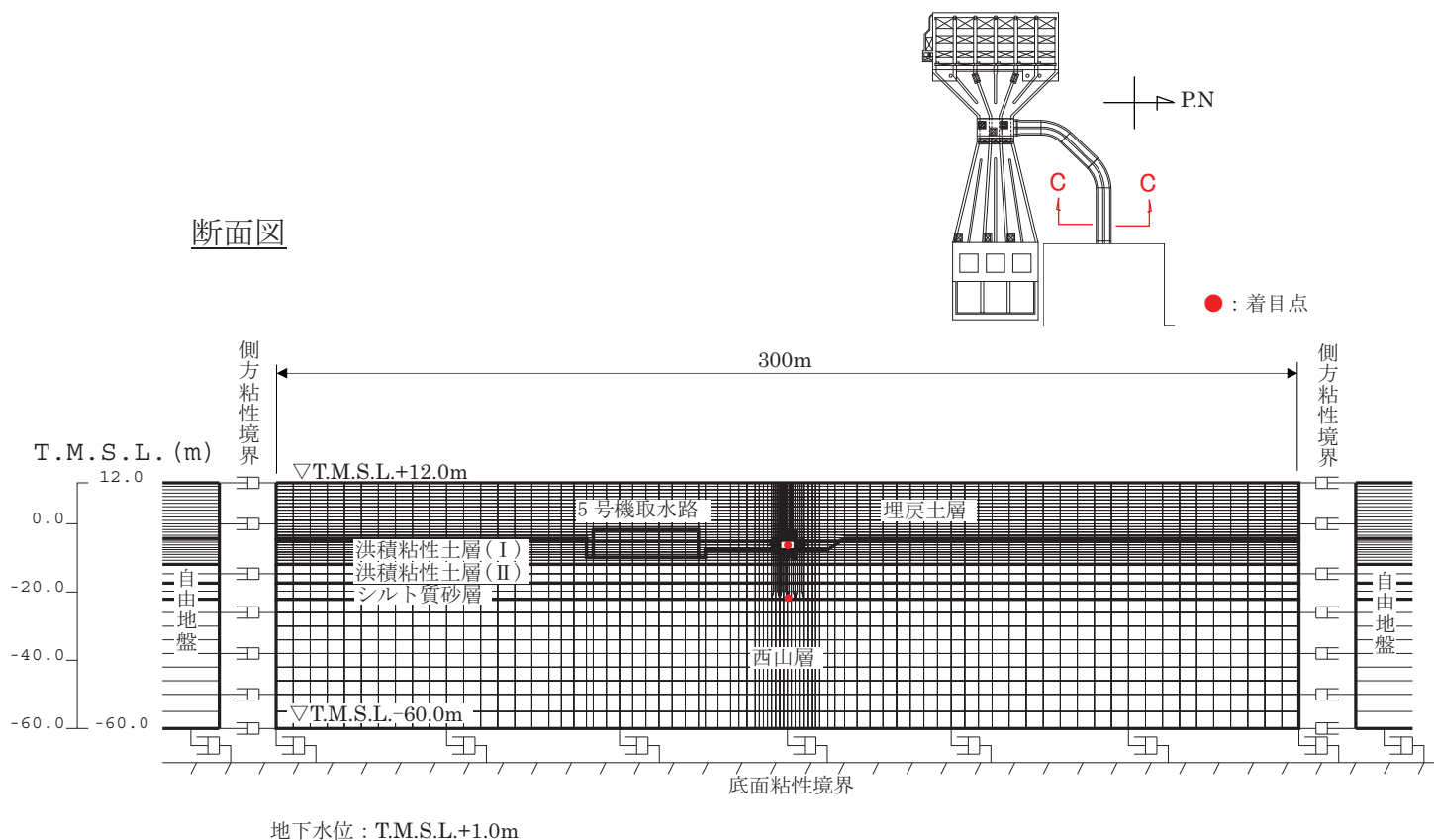
V_{BS} : 基盤のせん断弾性波速度 (m/s)

T_S : 表層地盤の固有周期 (s)

最大変位振幅 A : 補機冷却用海水取水路の二次元地盤—構造物連成モデル部材非線形解析 (報告書本編 5.5. 参照) における構造物高さ中心—西山層上面間の最大相対変位 (水平方向および鉛直方向) (参図-13.4)

参表-13.2 地盤の波長と最大変位振幅

	波長 L (m)	最大変位振幅 A (mm)
水平方向	211	73.5
鉛直方向	211	2.44



参図-13.4 補機冷却用海水取水路高さ中心—西山層上面間の最大相対変位算出位置

解析モデルに作用させる変位分布は、構造物の軸方向と波の進行方向がなす角度を 0° と 45° に仮定し、参図-13.2 のように水平変位および鉛直変位についてそれぞれ 2 種類の変位分布を設定する。変位分布 I は変位の変化率が大きくなり、変位分布 II はブロック両端の相対変位が大きくなる。

曲げ・軸力による照査結果を参表-13.3 に、せん断力による照査結果を参表-13.4 に示す。軸方向に発生する応力度はコンクリート引張強度に対して十分に小さく、発生せん断力もせん断耐力に対して十分に小さい。

参表-13.3 曲げ・軸力による照査結果

	構造物と地震波 進行方向のなす 角度 ϕ (°)	変位 分布	発生応力度 σ_d (N/mm ²)	コンクリート 引張強度 f_t (N/mm ²)	σ_d / f_t
水平方向 変位	0	I	0.395	3.04	0.13
		II	0.00694	3.04	0.0023
	45	I	0.143	3.04	0.047
		II	0.746	3.04	0.25
鉛直方向 変位	0	I	0.0193	3.04	0.0063
		II	0.000345	3.04	0.00011
	45	I	0.00696	3.04	0.0023
		II	0.0247	3.04	0.0081

参表-13.4 せん断力による照査結果

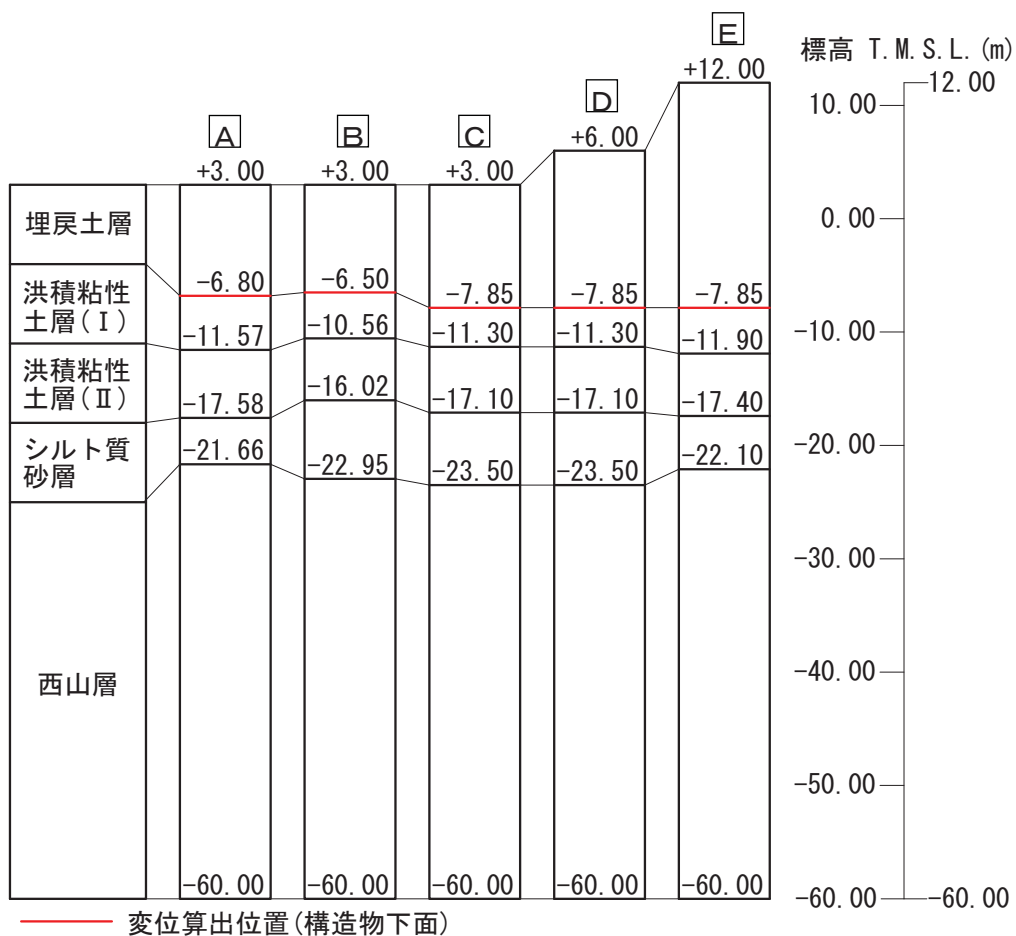
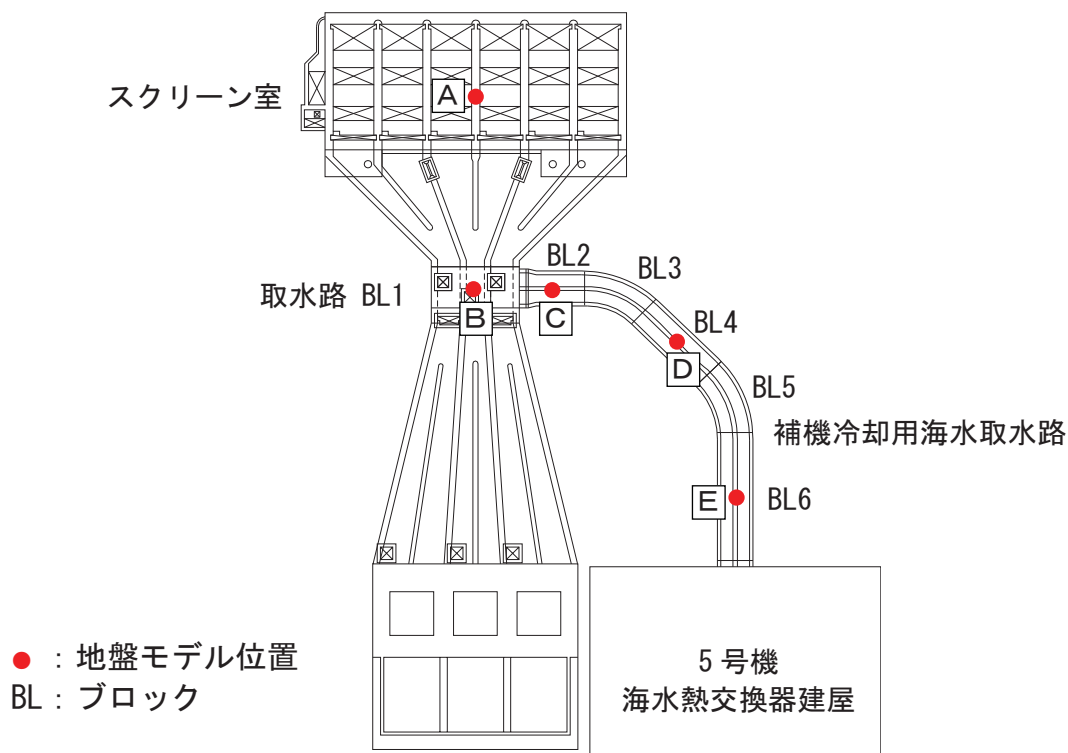
	構造物と地震波 進行方向のなす 角度 ϕ (°)	変位 分布	照査用せん断力 V_d (kN)	せん断耐力 V_{yd} (kN)	V_d / V_{yd}
水平方向 変位	0	I	543	12700	0.043
		II	21.1	12700	0.0017
	45	I	192	12100	0.016
		II	5.28	11400	0.00046
鉛直方向 変位	0	I	20.2	9770	0.0021
		II	0.790	9770	0.000081
	45	I	7.16	9410	0.00076
		II	0.0800	8230	0.000097

(3) ブロック間相対変位量に関する評価

非常用取水路のブロック間相対変位の検討結果を以下に示す。ブロック間相対変位は、地盤の非線形性を考慮した一次元地震応答解析によって検討するものとし、対象とするスクリーン室、取水路、補機冷却用海水取水路の設置位置における地層構成に基づいて、地盤モデルを作成する。このうち、補機冷却用海水取水路については、全体が5つのブロックに分割されており、海側から山側に向かって地表面レベルが3.0m、6.0m、12.0mと変化するため、地表面レベルが異なる位置で3つの地盤モデルを作成する。一次元地盤モデルA～Eの位置と地層構成を参図-13.5に示す。

ブロック間の相対変位量は、地震応答解析の結果から各モデルの構造物設置レベルにおける変位時刻歴を算出し、隣接する地盤モデルの変位時刻歴から得られる相対変位時刻歴に基づいて評価する。

一次元地震応答解析の結果から算出した隣接するブロック間の最大相対変位量を参表-13.5に示す。隣接するブロック間の最大相対変位量は、地表面レベルが6.0mから12.0mに変化するBL4～BL6の区間で最大水平相対変位量が30mm程度とやや大きくなるが、いずれのブロック間においても、耐震ジョイントの限界性能（伸び300mm、ずれ400mm）と比較して十分に小さいことを確認した。



参図-13.5 一次元地盤モデル

参表-13.5 最大相対変位量

単位 [mm]

区 間		軸方向			軸直交方向		
ブロック	地盤 モデル	加振方向	最大水平 相対変位	最大鉛直 相対変位	加振方向	最大水平 相対変位	最大鉛直 相対変位
スクリーン室 - BL1	A-B	E-W	8.20	0.0470	N-S	4.30	0.0380
BL1 - BL2	B-C	N-S	5.70	0.390	E-W	10.8	0.550
BL2 - BL3	C-D	N-S	12.1	0.407	E-W	17.1	0.370
BL3 - BL4	C-D	NE-SW	11.4	0.380	NW-SE	19.8	0.393
BL4 - BL5	D-E	NE-SW	25.1	0.842	NW-SE	35.6	0.730
BL5 - BL6	D-E	E-W	27.4	0.596	N-S	31.4	0.717

(4) まとめ

5号機非常用取水路について、軸方向の応力度と、ブロック間相対変位量について検討を行った。

軸方向に発生する応力度はコンクリート引張強度に対して十分に小さく、発生せん断力もせん断耐力に比べて十分に小さいことを確認した。

また、隣接するブロック間の相対変位により、取水機能に影響が及ばないことを確認した。

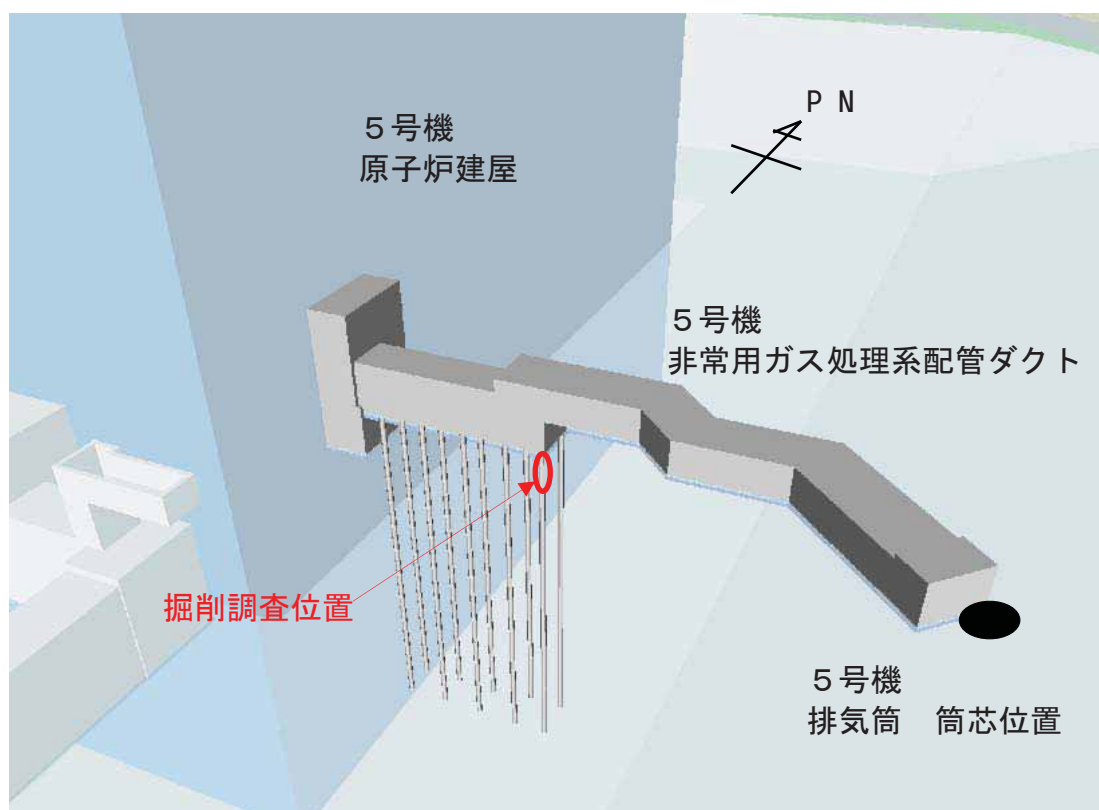
参考資料 14 5号機非常用ガス処理系配管ダクトの杭基礎の点検結果について

5号機非常用ガス処理系配管ダクトは、水平部（原子炉建屋寄りの延長13.2mの区間）について、鋼管杭（ $\phi=400\text{mm}$ 、 $t=7\text{mm}$ 、 $L=25\text{m}$ ）を介して西山層に支持されている。

5号機非常用ガス処理系配管ダクト躯体内部からの点検の結果、杭基礎の損傷を示唆するひび割れや沈下・移動などの異常は認められない（添付資料6参照）が、念のため、周辺地盤を掘削して鋼管杭および底版下面の詳細点検を実施した。

点検対象とした杭は、南東側端部の1本である（参図-14.1）。周辺地盤の掘削により、杭頭部（躯体との接合部から高さ2mの範囲）を露出させ、鋼管杭の断面形状の変化（杭径）、座屈、傾斜、きずおよび杭頭部底版コンクリートの損傷について確認した。

詳細点検の結果、参表-14.1、参写真-14.1～参写真-14.2に示すとおり、鋼管杭ならびに底版下面には損傷が認められないことを確認した。



参図-14.1 詳細点検対象杭の位置

参表-14.1 詳細点検結果

a) ノギスによる鋼管杭外径（直径）測定結果

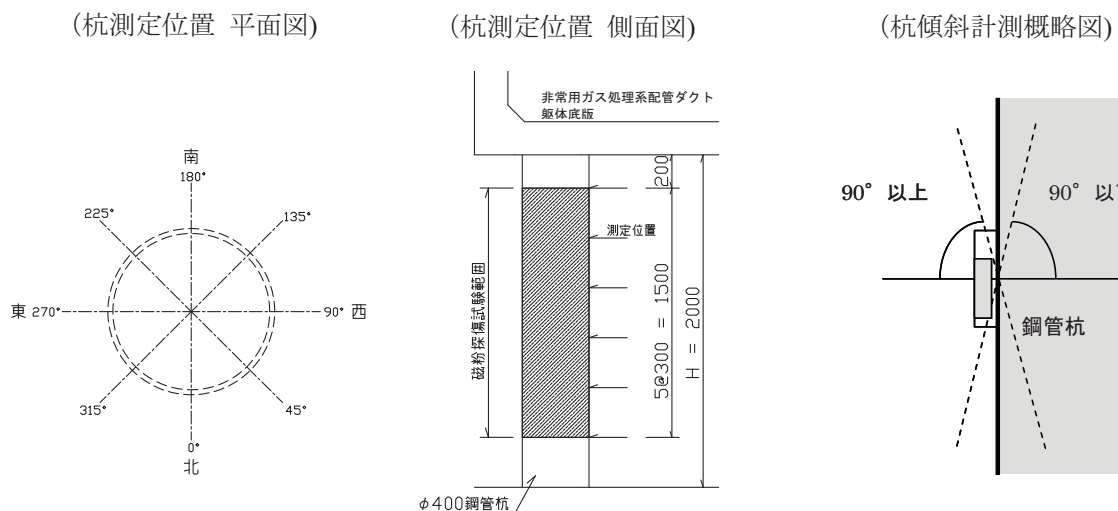
躯体底版下端からの距離	測定位置			
	0° -180° 北-南	315° -135° 北東-南西	270° -90° 東-西	225° -45° 南東-北西
200mm	401.2	399.3	399.8	399.5
500mm	399.0	399.0	400.0	400.8
800mm	400.5	400.0	399.0	400.0
1100mm	400.2	400.0	399.0	399.7
1400mm	400.2	399.7	399.8	399.5
1700mm	399.8	399.8	399.2	400.2
平均	400.1	399.6	399.5	399.9

b) デジタル傾斜計による鋼管杭傾斜測定結果

躯体底版下端からの距離	測定位置							
	180°	225°	270°	315°	0°	45°	90°	135°
200mm	89.9	89.9	90.1	90.3	90.1	89.8	89.7	89.6
500mm	89.9	89.6	90.2	90.1	90.5	90.1	90.0	89.7
800mm	89.6	89.9	90.0	90.2	90.5	90.0	90.1	89.5
1100mm	89.7	90.0	90.1	90.2	90.3	90.1	90.4	89.5
1400mm	89.9	89.5	90.0	90.3	90.2	90.1	90.0	89.9
1700mm	89.8	90.0	89.8	90.2	90.2	90.2	90.0	89.9
平均	89.8	89.8	90.0	90.2	90.3	90.1	90.0	89.7

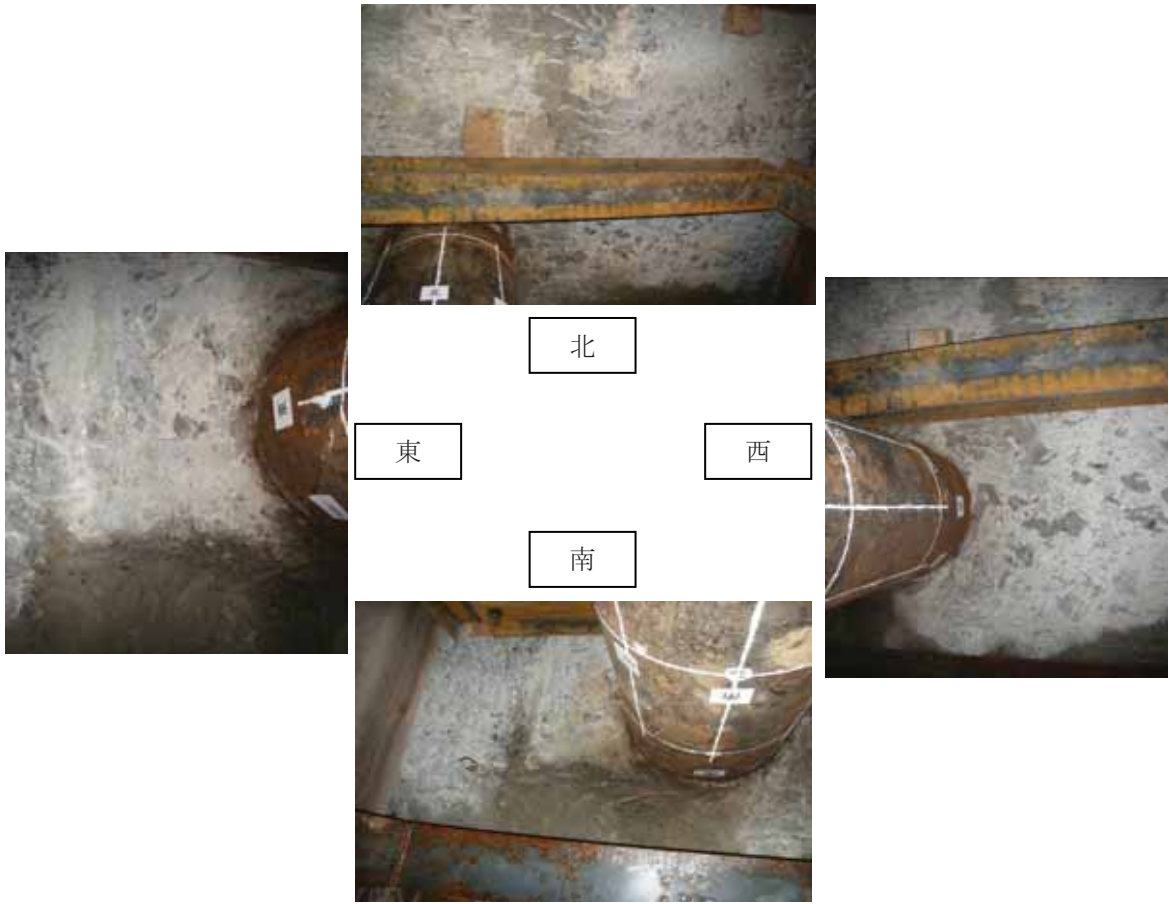
c) 磁粉探傷試験による杭損傷検査結果

適用規格	JIS Z 2320-1(2007)「非破壊試験-磁粉探傷試験-第1部：一般通則」
検査位置	躯体底版から下部へ200mmの位置から1500mmまでの範囲
表面状態	グラインダー処理
検査結果	きず指示模様は検出されなかった



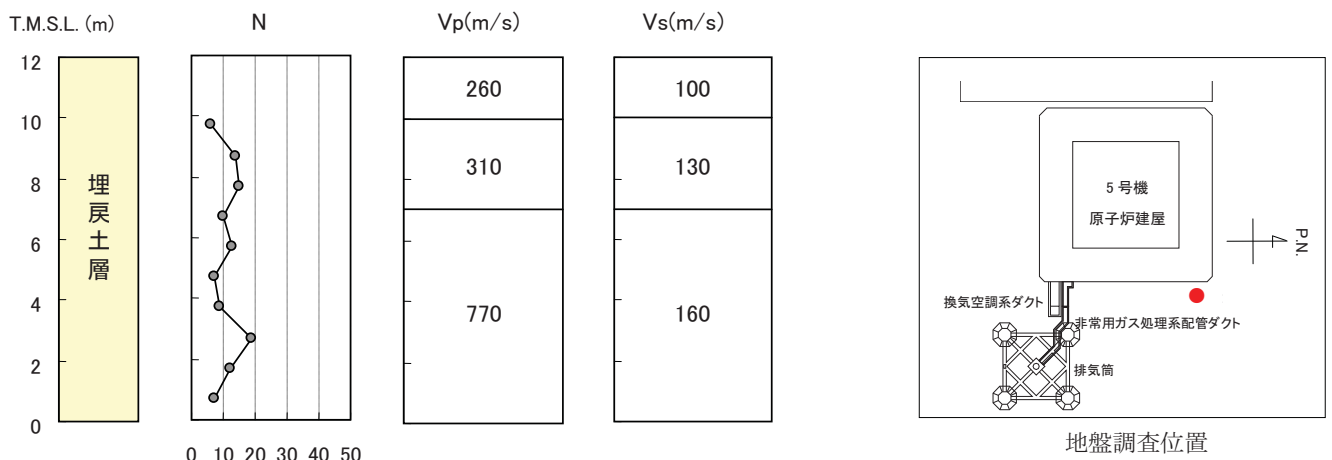


参写真-14.1 鋼管杭の表面状態



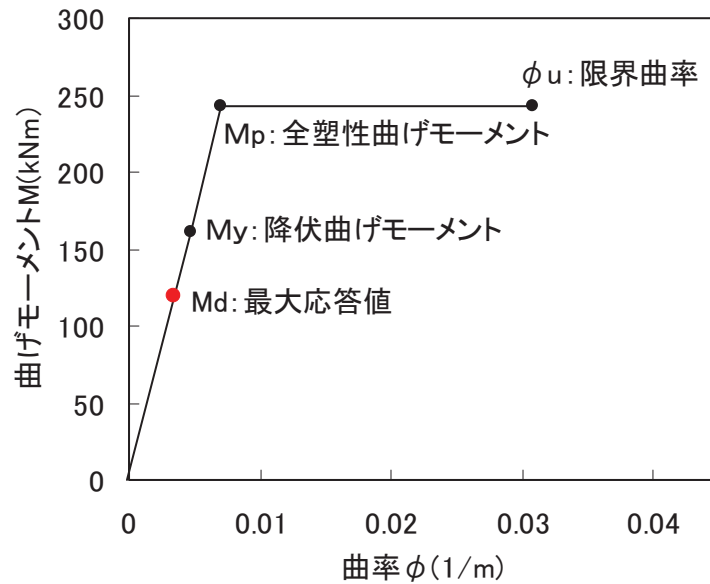
参写真-14.2 底版コンクリートの表面状態

評価対象設備周辺における地盤調査結果を参図-14.2 に示す。



参図-14.2 地盤調査結果

地震応答解析による耐震健全性評価（報告書本編 5.5. 参照）においても、杭頭部に発生する曲げモーメントは降伏曲げモーメント M_y を下回っており、点検結果と整合している。解析で用いた杭の曲げモーメントと曲率の関係（ $M-\phi$ スケルトン）と応答値を参図-14.3 に示す。



参図-14.3 杭頭部の $M-\phi$ スケルトンと応答値

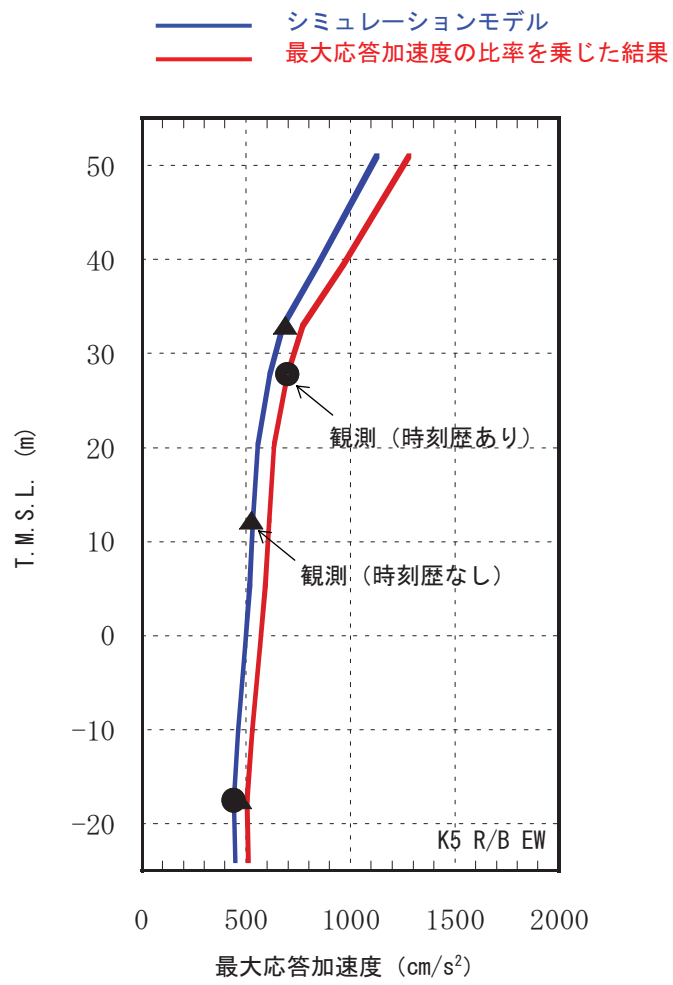
参考資料 15 観測記録と解析結果との相違の影響検討について

原子炉建屋の健全性評価について、解析結果と観測記録の加速度応答スペクトルを比較した結果、東西方向の一部周期帯において解析結果が観測記録を下回っている部分が見られた。従って、ここでは解析結果と観測記録との相違による影響を把握することを目的として、下記のような検討を実施する。

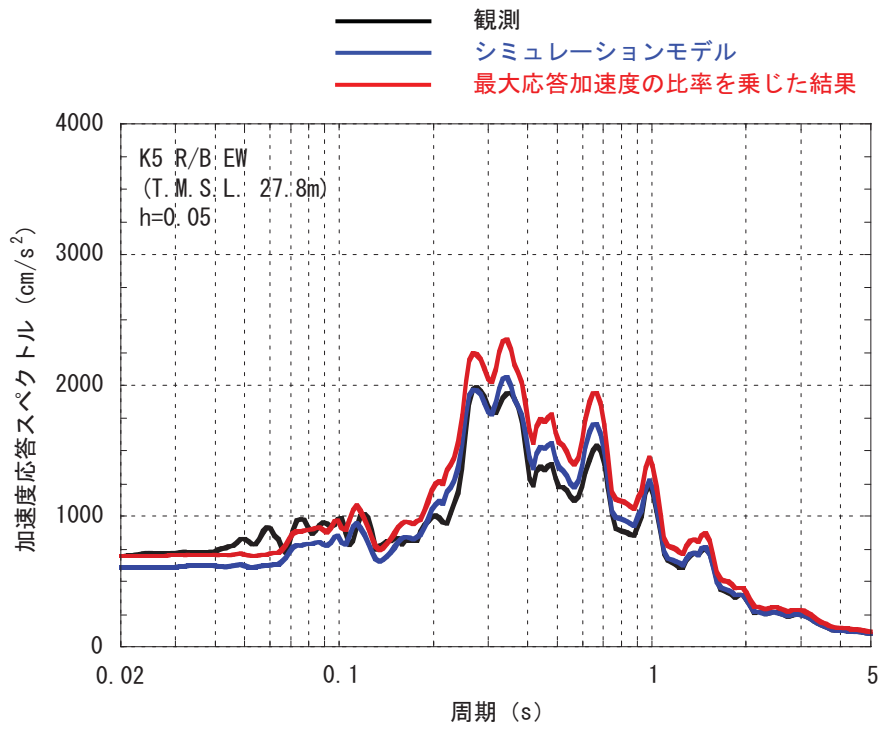
- 東西方向を対象に、中間階における解析結果の最大応答加速度に対する観測記録の最大応答加速度の比率を求めると、1.14 となる。
- 解析から求まる東西方向のせん断応力に対して、上記の最大応答加速度の比率を乗じて評価基準値との比較を行い弾性範囲であることを確認することで、耐震健全性への影響を検討する。

参図-15.1 に最大応答加速度、参図-15.2～参図-15.3 に中間階および基礎版上の加速度応答スペクトルの比較を示す。参図-15.4～参図-15.5 に耐震壁のせん断応力およびせん断ひずみの比較を示す。耐震壁のせん断応力は設計配筋量のみで負担できる短期せん断応力度を下回っており、かつ、各耐震壁のせん断ひずみもひび割れ発生の目安値を下回っている。

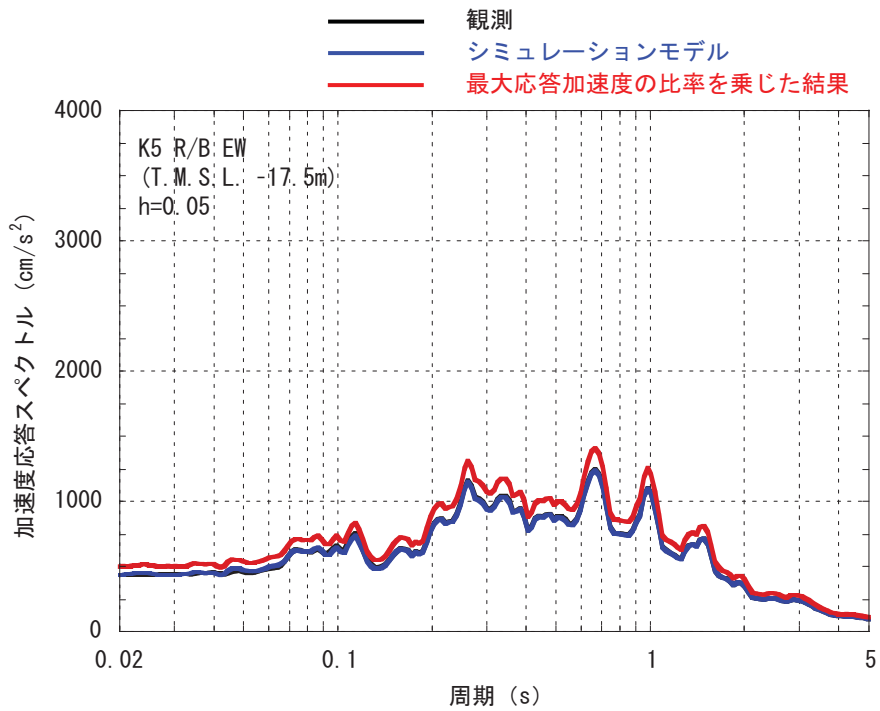
以上のことから、解析結果と観測記録との相違による影響検討結果を踏まえても、耐震壁の鉄筋コンクリート部は概ね弾性範囲にあると判断されるとともに裕度を有しており、耐震健全性は確保されているものと考えられる。



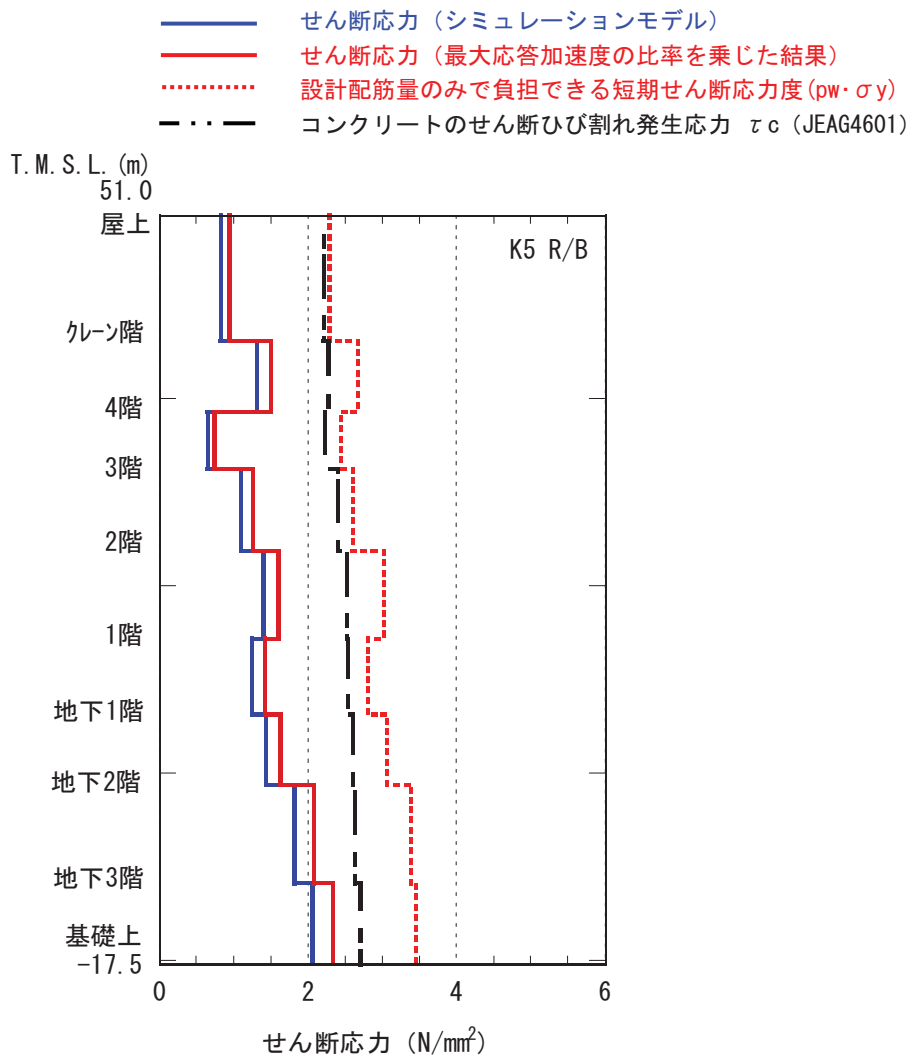
参図-15.1 最大応答加速度の比較 (東西方向)



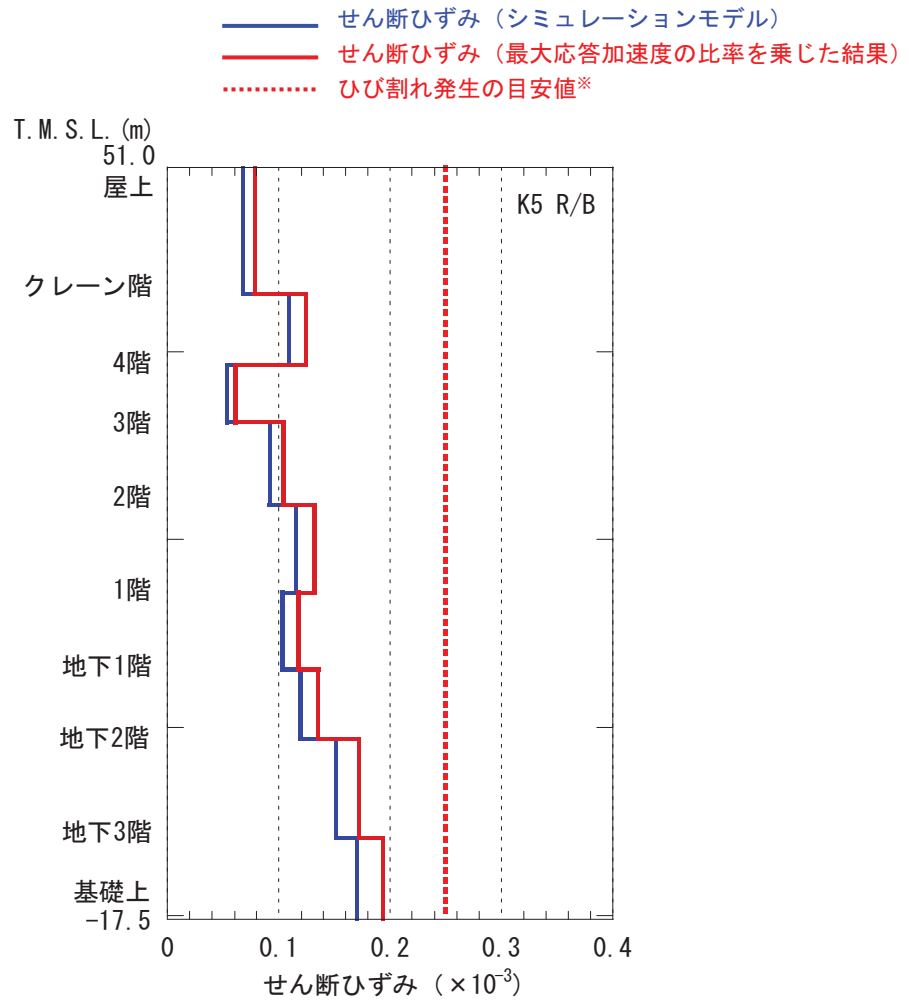
参図-15.2 加速度応答スペクトルの比較
 中間階 (T.M.S.L. 27.8m)、東西方向



参図-15.3 加速度応答スペクトルの比較
 基礎版上 (T.M.S.L. -17.5m)、東西方向



参図-15.4 原子炉建屋 耐震壁のせん断応力 (東西方向)



※過去の実験結果の平均的な値による目安値であり、せん断初ひび割れが発生するせん断ひずみの値にはばらつきがある。

参図-15.5 原子炉建屋 耐震壁のせん断ひずみ (東西方向)

参考資料 16 原子炉建屋の設計時に想定していた地震時応力と中越沖地震時の応力との比較について

1. はじめに

新潟県中越沖地震による地震動は、原子炉建屋基礎版上の観測記録で、設計時に考慮した基準地震動 S2-D の応答加速度を上回る大きなものであったが、点検・評価結果に基づく総合評価から健全であったと評価している。原子炉建屋の健全性が保たれた要因について分析するために、原子炉建屋の設計時に想定していた地震時応力と中越沖地震時の応力との比較を実施することとした。

2. 静的地震力との比較

原子炉建屋は、設計時に基準地震動 S1-D と S2-D による地震力に加え、静的地震力を考慮している。それぞれの地震力によって生じるせん断応力と中越沖地震によるせん断応力との比較を参図-16.1 に、せん断力の比較を参図-16.2 に示す。中越沖地震で作用したと考えられるせん断応力およびせん断力は基準地震動 S1-D および S2-D によるせん断応力およびせん断力を上回っている。静的地震力と比較した場合は、NS 方向に関しては、せん断応力、せん断力共に静的地震力を下回っており、EW 方向に関しては、せん断応力は静的地震力を下回っており、せん断力で見えた場合は一部の階で静的地震力を上回る結果となる。以上のことを踏まえると、健全な状態が保たれた大きな要因の一つとして、設計時に静的地震力を考慮していたことが挙げられる。

3. 設計用地震力との比較

設計時には S1-D や静的地震力に対し、更に設計上の余裕を持たせるために工学的判断を加えて、設計用地震力を設定しており、設計用地震力に対する許容応力度設計を行っている。

中越沖地震による原子炉建屋のせん断応力と設計用地震力、S1-D、S2-D および静的地震力によるせん断応力との比較を参図-16.3 に、せん断力との比較を参図-16.4 に示す。中越沖地震で作用したと考えられるせん断応力およびせん断力は、NS 方向に関しては、設計用地震力を下回っており、EW 方向に関しては、せん断応力は設計用地震力を下回っており、せん断力で見えた場合は一部の階で設計用地震力を上回る結果となる。

4. 配筋量のみで負担できる短期せん断応力度との比較

必要配筋量の設定にあたっては、発生応力に対して、コンクリートに力を負担させず全て鉄筋で負担させるものとして必要配筋量を算定する。この時の設計許容限界は、短期許容応力度以下を目標としている。設計配筋量のみで負担できる短期せん断応力度と中越沖地震によるせん断応力の比較を参図-16.5に示す。また、同図には参考として、『JEAG4601-1991』に示されている標準的な手法を用いた場合のせん断スケルトン曲線の第一折れ点に相当するせん断応力（コンクリートのみで負担できる短期せん断応力度に相当）についても示している。

中越沖地震時のせん断応力は、設計配筋量のみで負担できる短期せん断応力度およびコンクリートのみで負担できる短期せん断応力度を下回る結果となる。

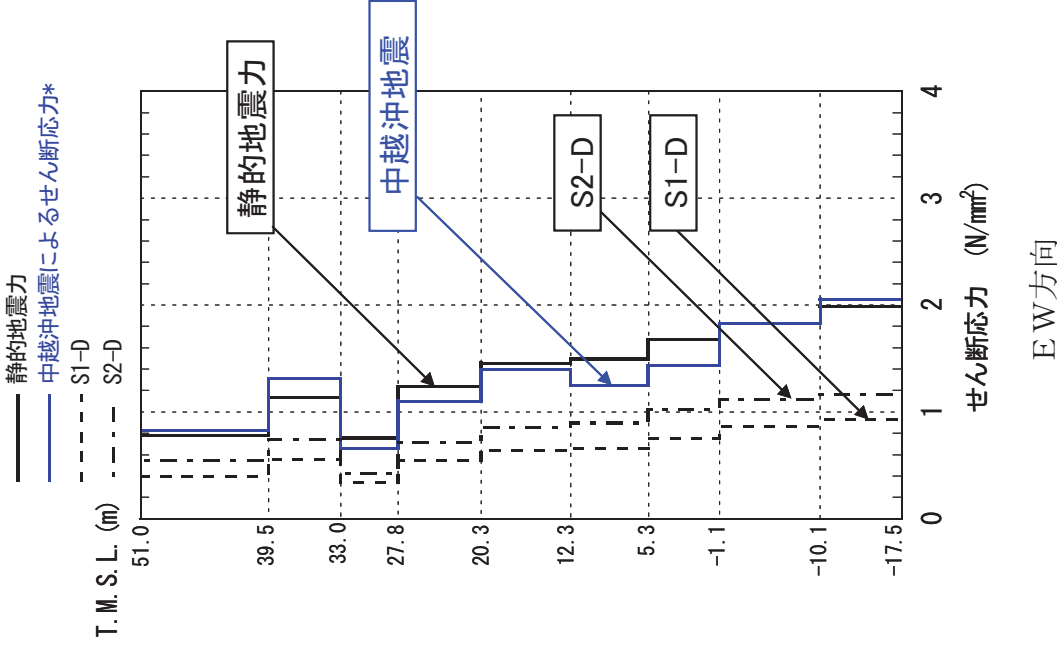
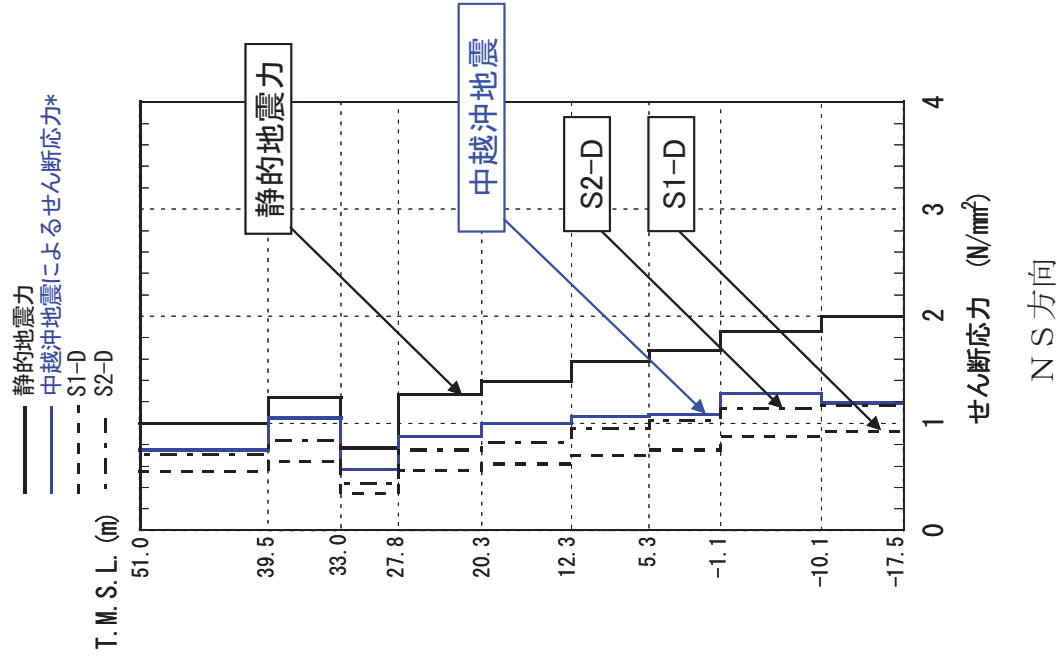
5. せん断スケルトン曲線状での応答値の確認

基礎版上（地下4階）と中間階（3階）を代表とし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-16.6および参図-16.7に示す。スケルトン曲線の算定にあたっては、『JEAG4601-1991』に示されている標準的な手法を用いている。なお、解析にあたっては、コンクリートの実強度と補助壁を考慮している。応答は第一折れ点以内であり、弾性範囲に収まっていることが確認できる。

6. まとめ

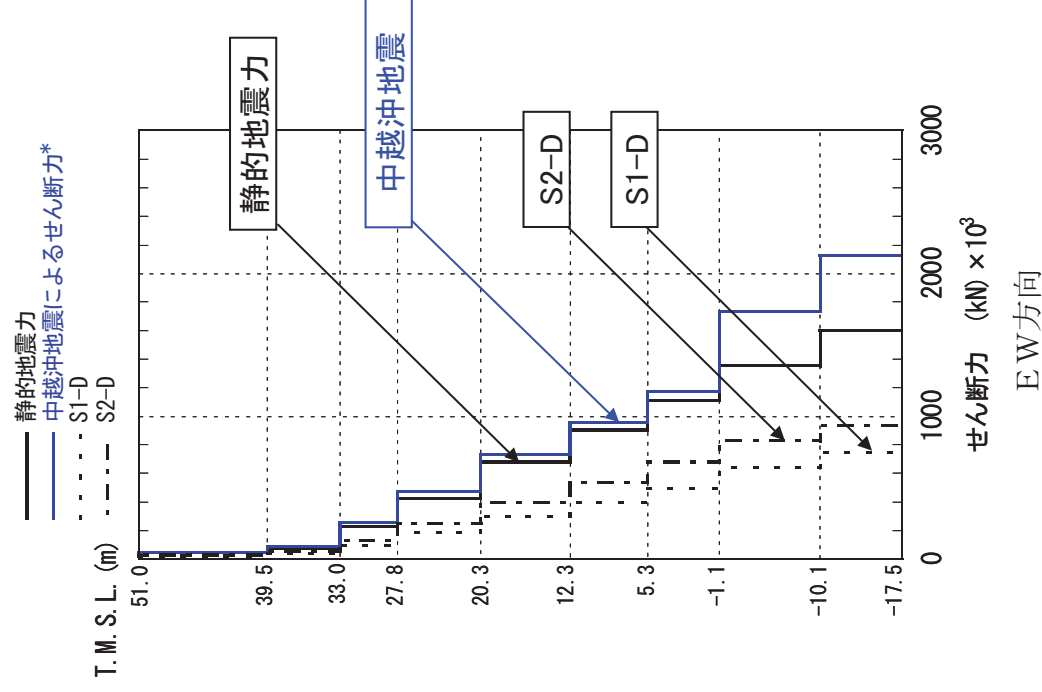
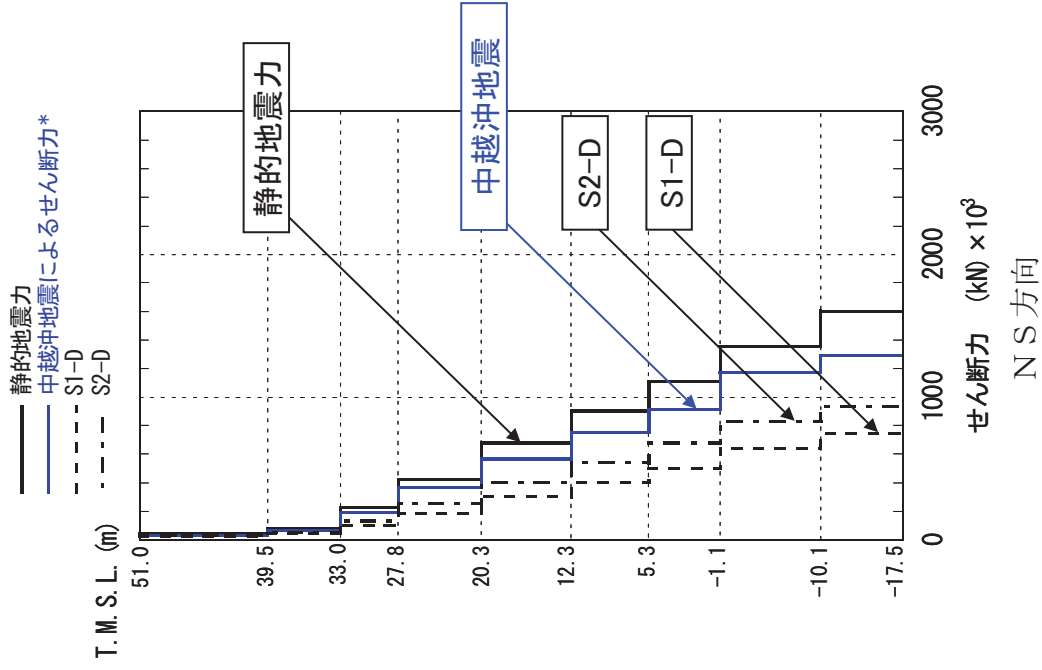
中越沖地震による原子炉建屋基礎版上の応答は、基準地震動S2-Dによる基礎版上の応答結果を部分的に上回るものであったが、建屋の健全性は保たれた。

その大きな要因の一つとしては、一般建築物の3倍の静的地震力を考慮していたことが挙げられる。また、静的地震力に更に余裕を加えた設計用地震力を考慮していたことや配筋量設定時の余裕の効果も重なり、応答が弾性範囲におさまったものと考えられる。



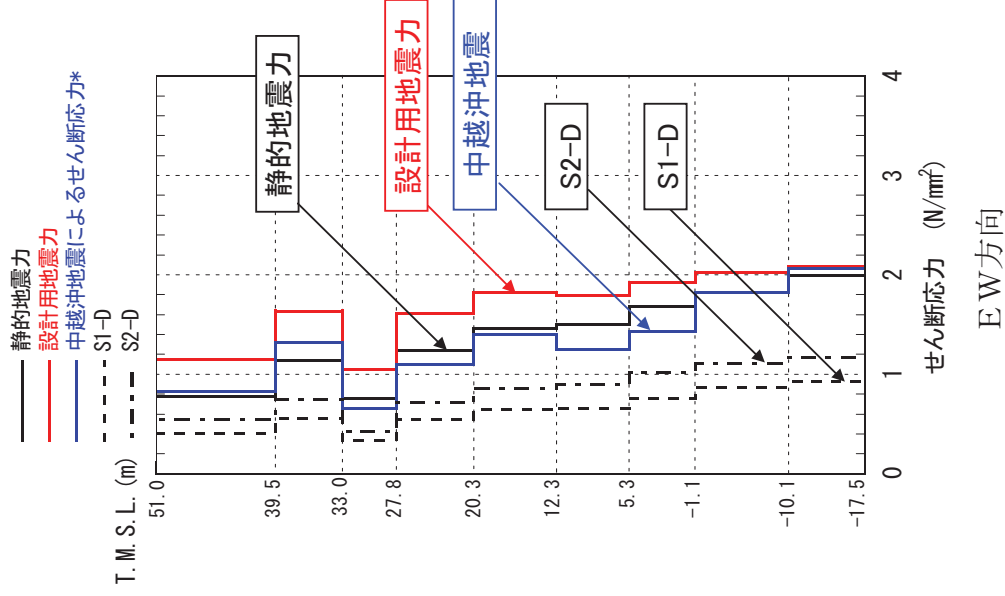
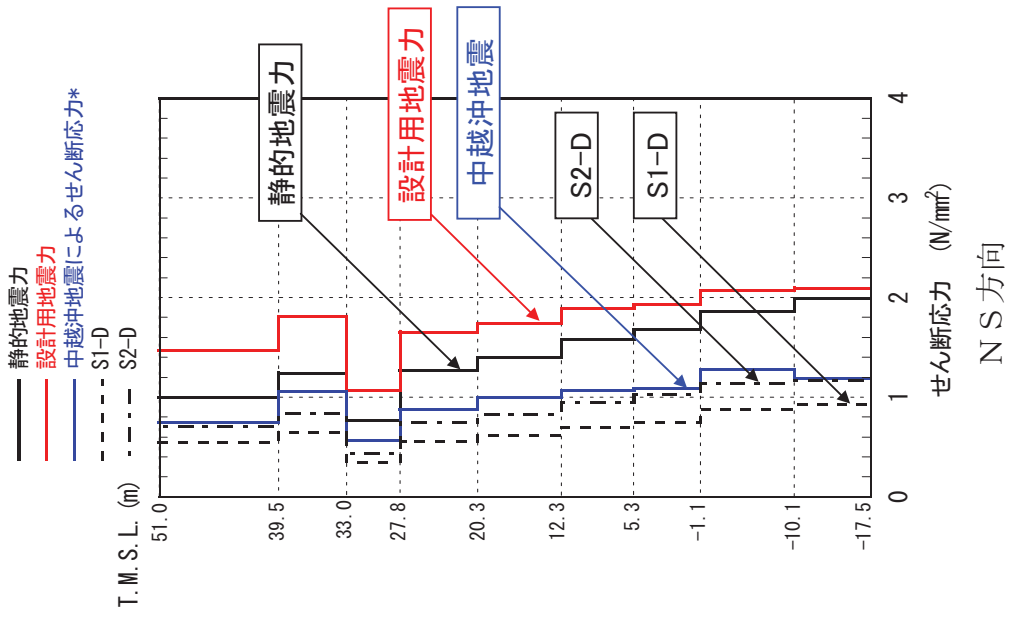
* 中越沖地震によるせん断応力は、耐震壁及び補助壁を耐震要素として考慮した解析に基づき算定。

参図-16.1 せん断応力の比較 (S1-D、S2-D、静的地震力、中越沖地震)



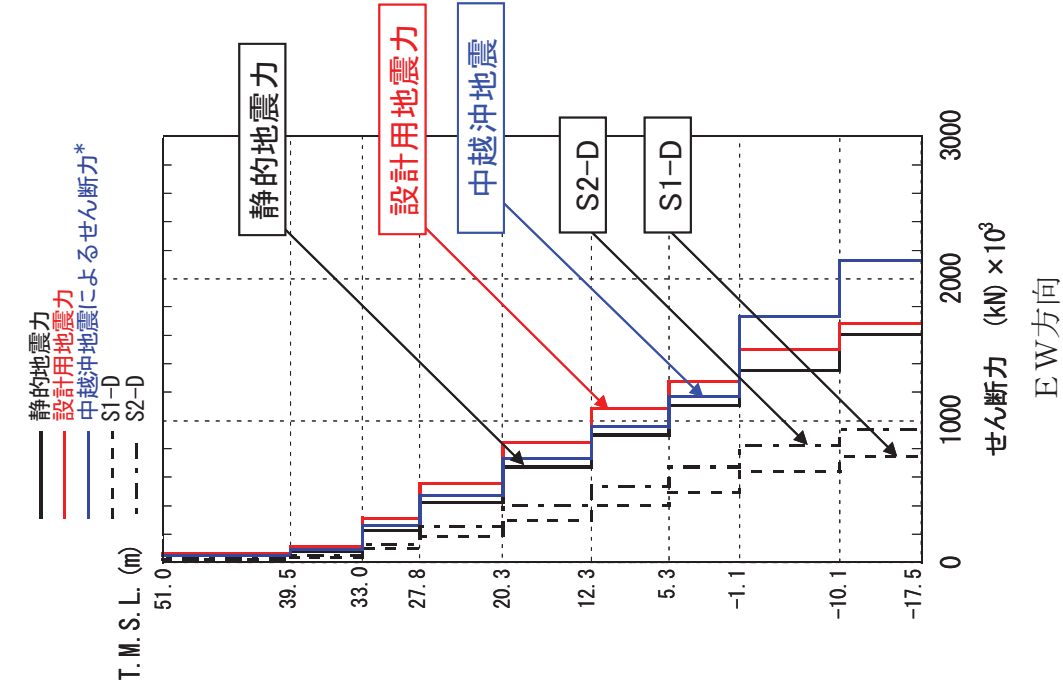
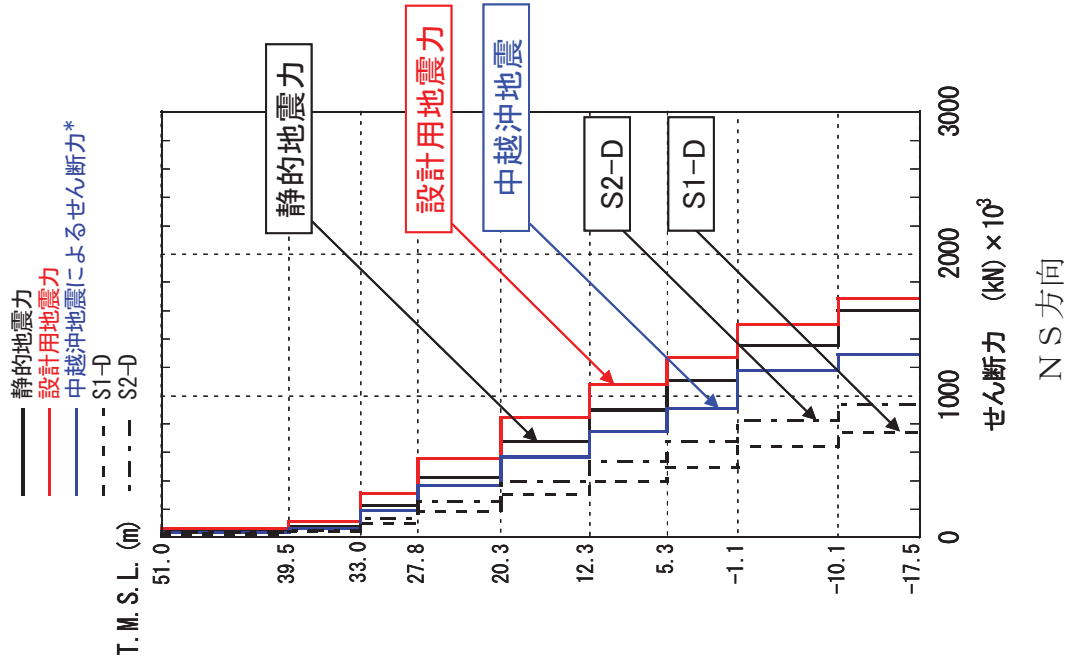
* 中越沖地震によるせん断力は、耐震壁及び補助壁を耐震要素として考慮した解析に基づき算定。

参図-16.2 せん断力の比較 (S1-D、S2-D、静的地震力、中越沖地震)



* 中越沖地震によるせん断応力は、耐震壁及び補助壁を耐震要素として考慮した解析に基づき算定。

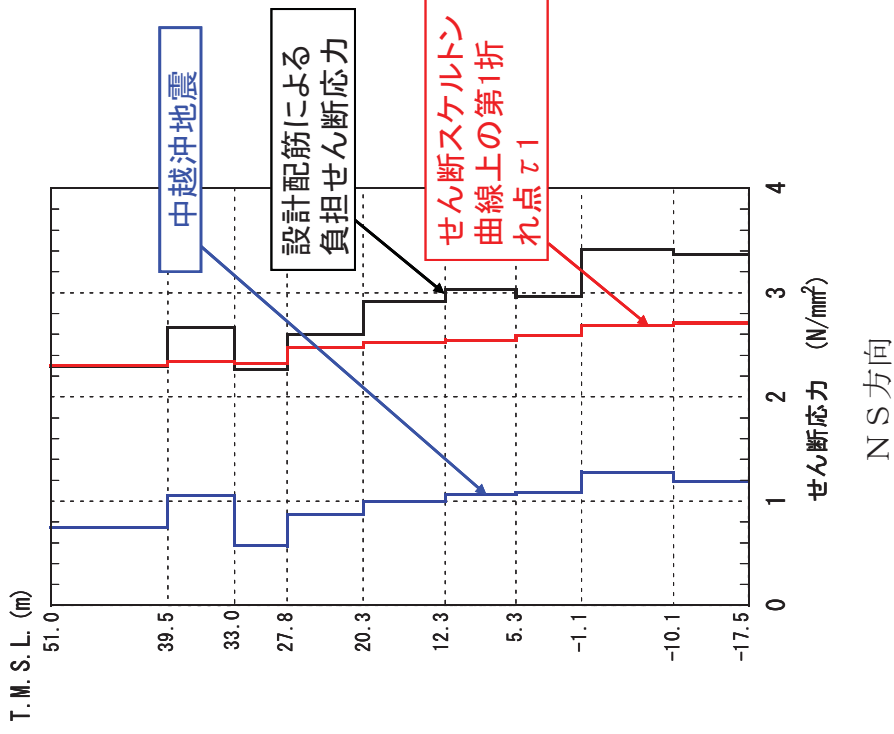
参図-16.3 せん断応力の比較 (S1-D、S2-D、静的地震力、設計用地震力、中越沖地震)



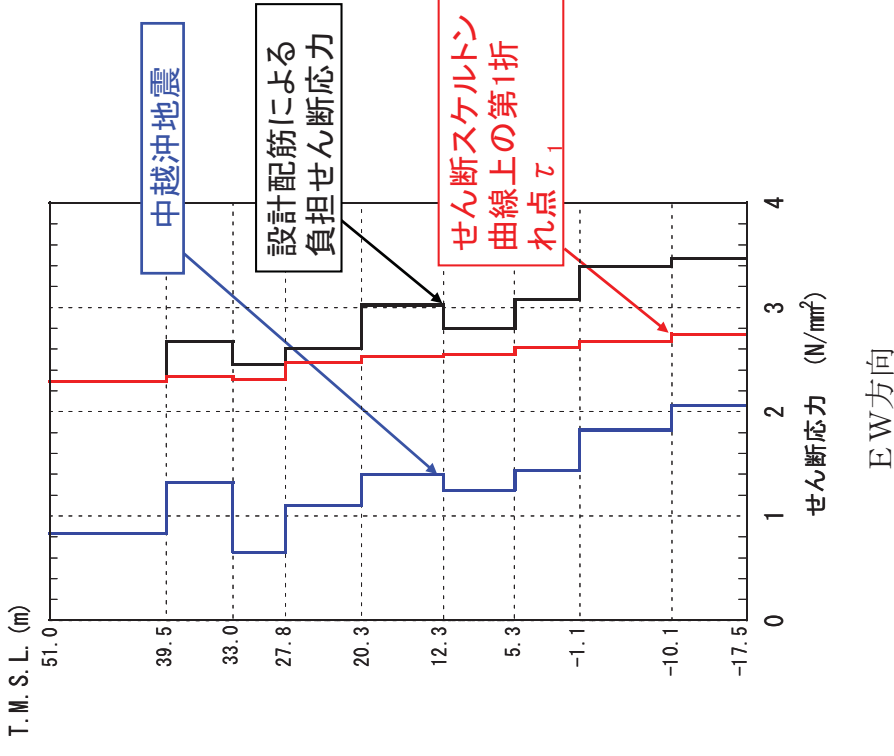
* 中越沖地震によるせん断力は、耐震壁及び補助壁を耐震要素として考慮した解析に基づき算定。

参图-16.4 せん断力の比較 (S1-D、S2-D、静的地震力、設計用地震力、中越沖地震)

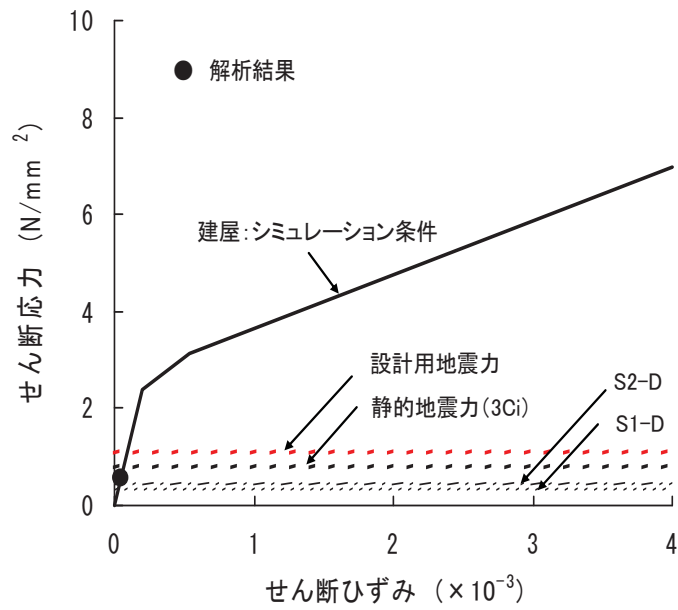
— 中越沖地震によるせん断応力
 — 設計配筋による負担せん断応力 τ_{st}
 — せん断スケルトン曲線上の第1折れ点 τ_1



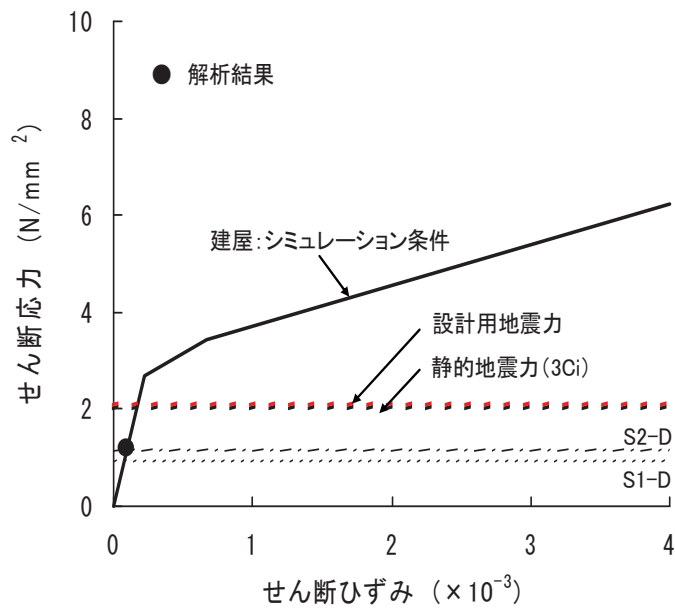
— 中越沖地震によるせん断応力
 — 設計配筋による負担せん断応力 τ_{st}
 — せん断スケルトン曲線上の第1折れ点 τ_1



参図-16.5 せん断応力の比較 (設計配筋による負担せん断力、せん断スケルトン曲線上の第1折れ点、中越沖地震)

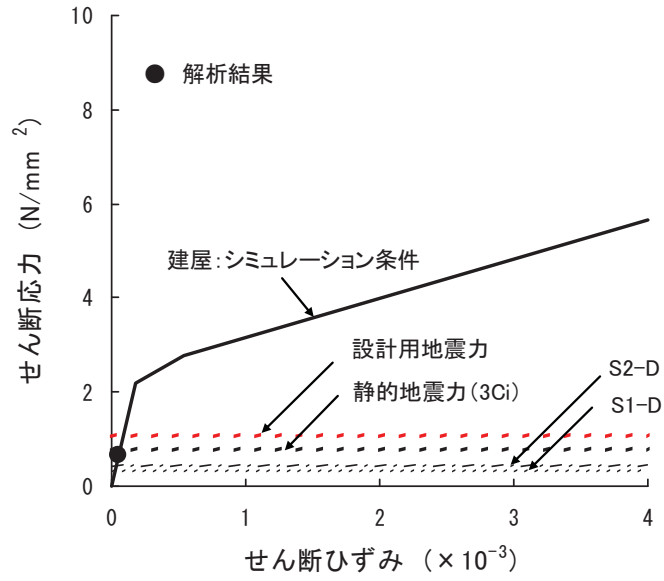


中間階(3F)

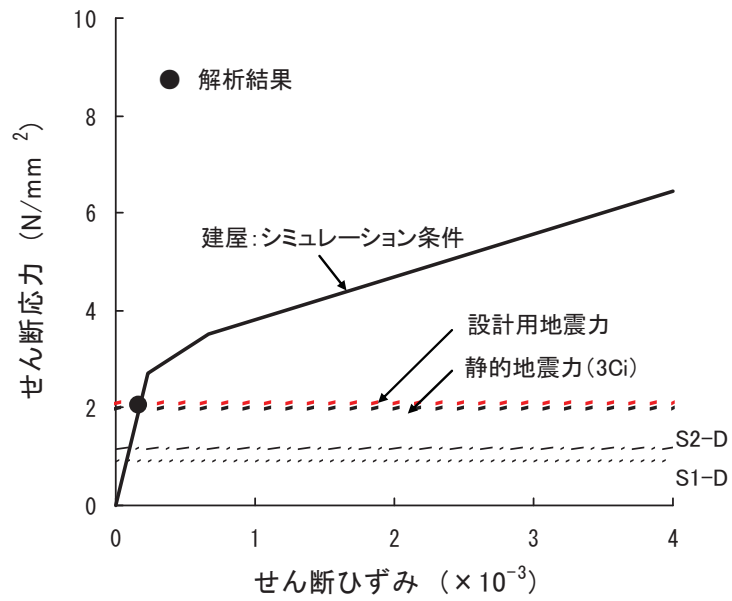


基礎版上(B4F)

参図-16.6 せん断スケルトン曲線上の応答値 (NS方向)



中間階(3F)



基礎版上(B4F)

参図-16.7 せん断スケルトン曲線上の応答値 (EW 方向)