

既設特定廃棄物管理施設

弾性設計用地震動 S_d による確認結果について

平成 21 年 4 月

日本原燃株式会社

目 次

1. はじめに
2. 確認内容
3. 弾性設計用地震動 S_d の設定
4. 弾性設計用地震動 S_d による確認
5. まとめ

1. はじめに

平成21年2月18日付けで原子力安全委員会により「既設原子力施設の耐震安全性確認における弾性設計用地震動評価の位置づけ等について」（21安委決第9号）が決定された。これに伴い，原子力安全・保安院より「耐震設計審査指針の改訂に伴う既設原子力施設の耐震安全性評価における弾性設計用地震動Sdによる確認等について」（平成21・02・18原院第4号 平成21年2月20日）が出された。

本報告書は，上記指示を受け，既設特定廃棄物管理施設の主要な施設に対して弾性設計用地震動Sdによる確認を実施した結果についてとりまとめたものである。

2. 確認内容

弾性設計用地震動 Sd による地震力に対して，既設特定廃棄物管理施設の主要な施設が概ね弾性範囲であることを確認する。なお，詳細な確認内容については4. に示す。

(1) 確認を実施する施設

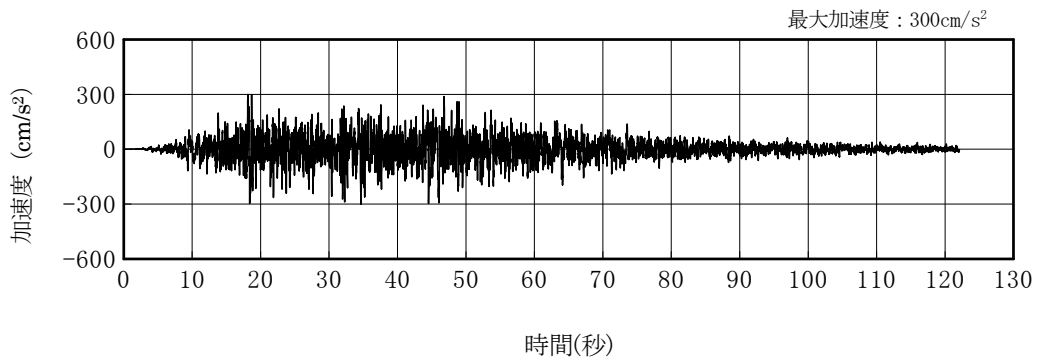
特定廃棄物管理施設は，国内の原子力発電所から発生した使用済み燃料の一部を海外（フランス及びイギリス）の再処理工場へ委託して再処理を行い，その際に発生した高レベル放射性廃棄物がガラス固化体として返還され，その返還されたガラス固化体を最終的な処分に向けて搬出されるまでの30～50年間，貯蔵・冷却するための施設である。

今回，弾性設計用地震動 Sd による確認を実施する施設は，以下の施設とする。

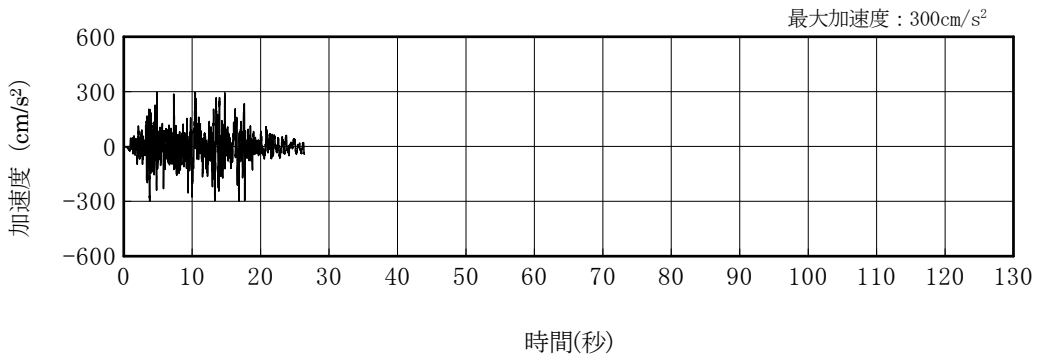
- ① ガラス固化体貯蔵建屋（EB 建屋）
- ② 貯蔵建屋床面走行クレーン
- ③ 収納管及び通風管

3. 弾性設計用地震動 S_d の設定

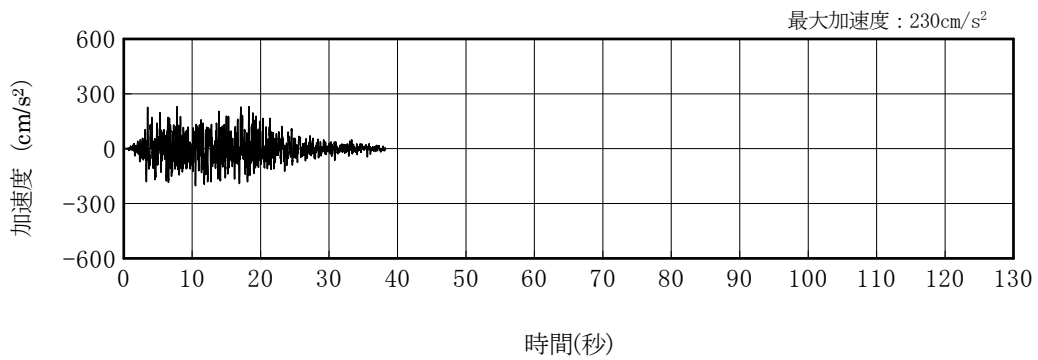
弾性設計用地震動 S_d は、耐震設計審査指針において、基準地震動 S_s による安全機能保持をより確実なものとする観点から、弾性設計用地震動 S_d と基準地震動 S_s の比率 (S_d/S_s) を 0.5 以上としており、本確認においては応答スペクトルが基準地震動 S_1-D を下回らないよう配慮し、基準地震動 S_s を $2/3$ 倍した地震動を弾性設計用地震動 S_d とする。確認に用いた弾性設計用地震動 S_d-1_H 、 S_d-2_H の加速度時刻歴波形を第 3-1 図、第 3-2 図に、参考として基準地震動 S_1-D の加速度時刻歴波形を第 3-3 図に、また上記地震動の加速度応答スペクトルを第 3-4 図に示す。



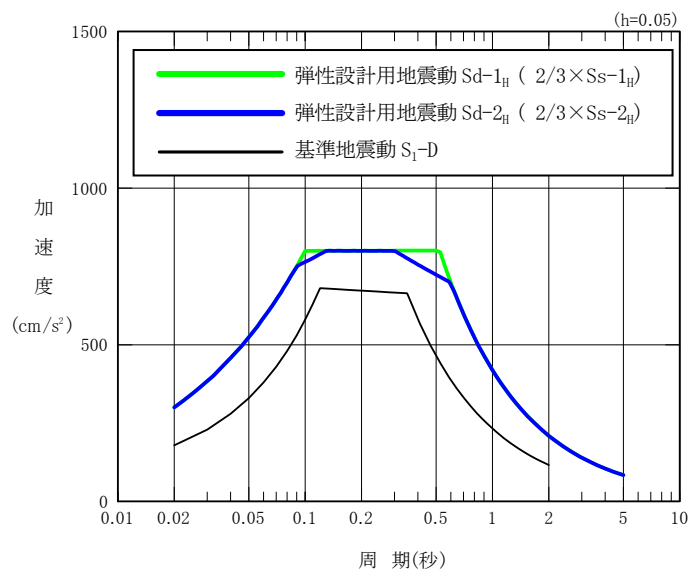
第3-1図 弾性設計用地震動 Sd-1_h の加速度時刻歴波形



第3-2図 弾性設計用地震動 Sd-2_h の加速度時刻歴波形



第3-3図 基準地震動 S₁-D の加速度時刻歴波形



第3-4図 加速度応答スペクトル

4. 弾性設計用地震動Sdによる確認

4.1 ガラス固化体貯蔵建屋の確認

4.1.1 地震応答解析

弾性設計用地震動Sdによる地震応答解析は、基準地震動Ssに対する地震応答解析に用いた解析モデルに基づき実施した。なお、岩盤部の減衰については、2%（基準地震動Ssでは3%）としている。

ガラス固化体貯蔵建屋の解析モデル図等を第4.1-1図及び第4.1-2図、第4.1-1表～第4.1-4表にそれぞれ示す。

4.1.2 地震応答解析結果

ガラス固化体貯蔵建屋の弾性設計用地震動Sdによる最大発生値をせん断スケルトンカーブ上にプロットして第4.1-3図～第4.1-6図に、最大発生せん断ひずみをせん断スケルトンカーブの第一折点のひずみを比較して第4.1-5表～第4.1-8表にそれぞれ示す。

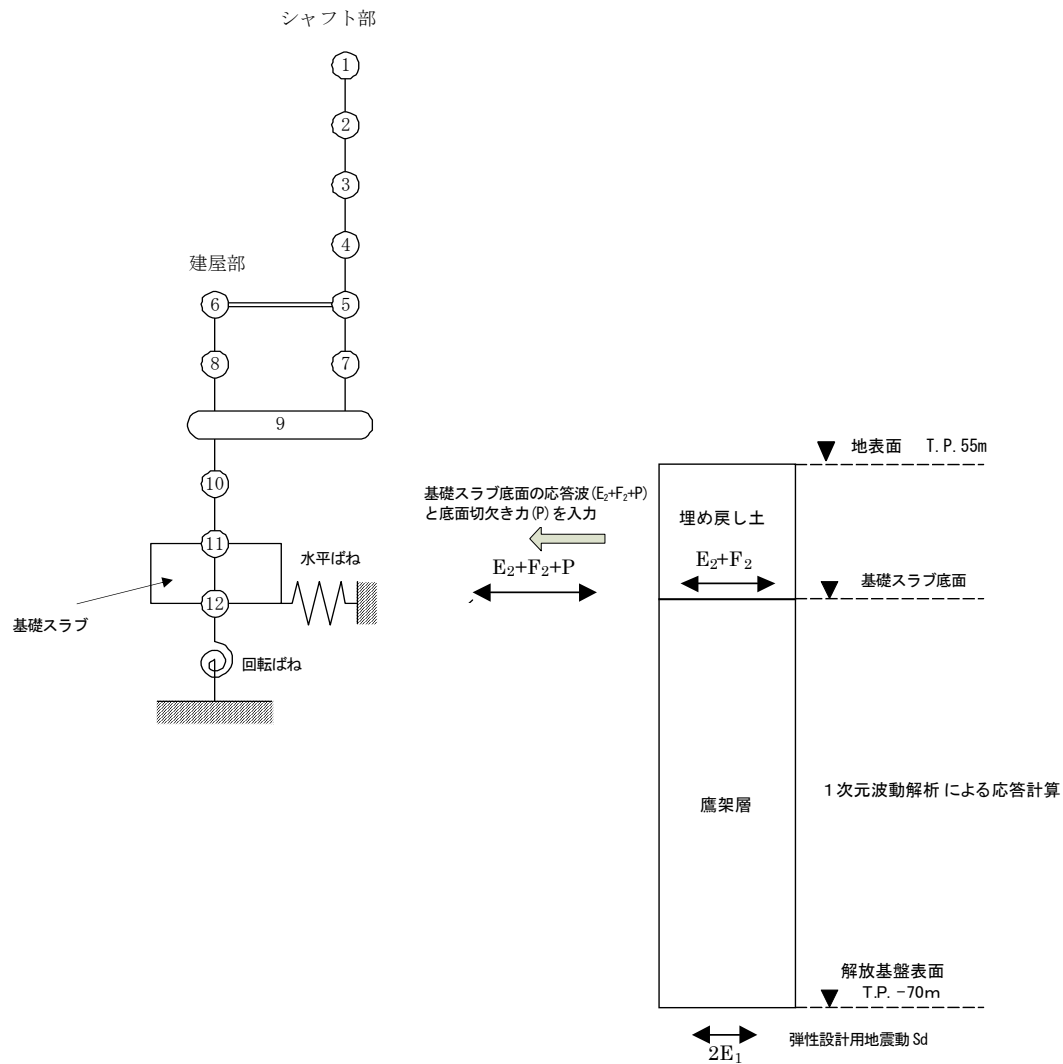
弾性設計用地震動Sdによる最大発生値は、ガラス固化体貯蔵建屋の一部でせん断スケルトンカーブの第1折点と第2折点の間となっているが、その他は、せん断スケルトンカーブの第1折点と同程度か、下回っている。

また、ガラス固化体貯蔵建屋の弾性設計用地震動Sdによる最大応答せん断力と設計及び工事の認可申請書（以下、「設工認」という。）の設計用地震力及び耐震壁の鉄筋のみで負担できるせん断補強用の短期許容応力度から求めた耐力（ $p_w \times \sigma_y \times A_s^{*1}$ ）を比較し、第4.1-7図及び第4.1-8図に示す。

弾性設計用地震動Sdによる最大応答せん断力は、鉄筋のせん断補強用の短期許容応力度から求めた、鉄筋のみで負担できる耐力以下となっている。

以上から、ガラス固化体貯蔵建屋は、弾性設計用地震動Sdによる地震力に対して概ね弾性範囲であることを確認した。

- ※1 p_w : 耐震壁の最小鉄筋比
 σ_y : 鉄筋のせん断補強用の短期許容応力度
 A_s : せん断断面積



第4. 1-1図 入力地震動算定概要図

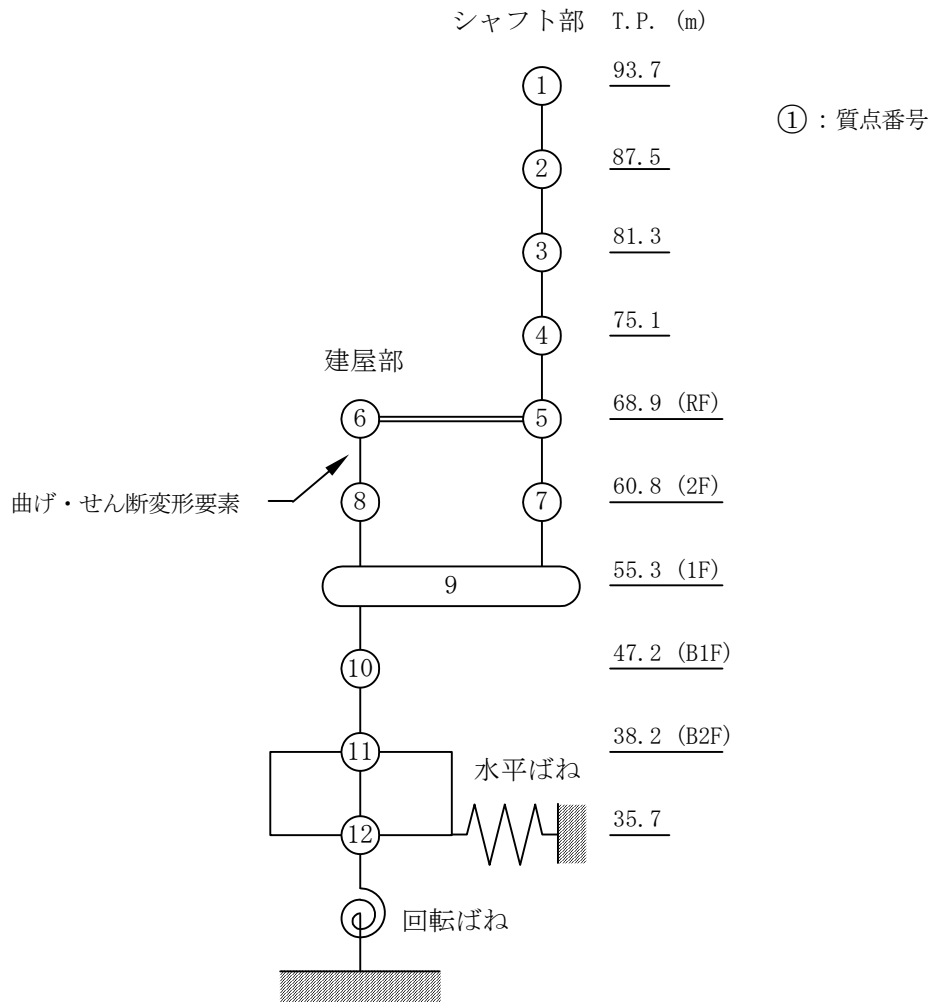
第4. 1-1表 地盤モデル

標高 T.P.(m)	単位体積 重量 γ_t (kN/m ³)	ポアソン 比 ν_d	S波速度 V_S (m/s)	P波速度 V_P (m/s)	せん断 弾性係数 G_0 ($\times 10^3$ kN/m ²)	減衰 定数 h (%)
基礎スラブ底面▽	17.7	0.460			*1,*2	*3
17.0	15.9	0.438	570	1,720	527	2.0
-22.0	15.6	0.432	580	1,680	535	
-50.0	16.4	0.431	590	1,690	582	
解放基盤表面▼-70.0	17.0	0.409	730	1,860	923	
	15.9	0.404	780	1,940	987	

*1:初期剛性 G_0 は $G_0=710 \sigma_v^{0.629}$ より求める。ここで、 σ_v は有効上載圧(kgf/cm²)

*2 : $G/G_0=1/(1+307 \gamma^{0.80})$ ここで、 γ は有効ひずみを示す。

*3 : $h=\gamma/(3.94 \gamma+0.00515)$ ここで、 γ は有効ひずみ、 h は減衰定数を示す。



第4. 1-2図 地震応答解析モデル

第4. 1-2表 地震応答解析モデルの振動諸元 (NS方向)

建屋部					シャフト部				
質点番号	重量 W*1 (kN)	回転慣性 重量*1 I _G (×10 ⁷ kN・m ²)	断面二次 モーメント I (×10 ⁴ m ⁴)	せん断 断面積 A _s (m ²)	質点番号	重量 W*1 (kN)	回転慣性 重量*1 I _G (×10 ⁷ kN・m ²)	断面二次 モーメント I (×10 ⁴ m ⁴)	せん断 断面積 A _s (m ²)
					1	5,790	0.00	0.003	8.1
	—	—	—	—	2	5,060	0.00	0.015	12.3
					3	4,680	0.00	0.016	15.3
					4	5,670	0.00	0.017	16.2
6	51,140	0.94	1.266	63.0	5	10,290	0.01	0.026	20.7
8	34,420	0.63	1.290	66.1	7	9,390	0.00	0.020	26.4
9	165,250	3.06	11.368	394.7					
10	177,920	3.29	10.872	377.8		—	—	—	—
11	156,130	2.89	39.799	2,162.0					
12	64,800	1.19							

- ・建物総重量 : 690,540 (kN)
- (鉄筋コンクリート部)
- ・減衰定数 : 0.03
- ・ヤング係数 : 2.43×10^4 (N/mm²)
- ・せん断弾性係数 : 1.01×10^4 (N/mm²)

*1 : 設工認で用いた値を SI 単位化

第4. 1-3表 地震応答解析モデルの振動諸元 (EW方向)

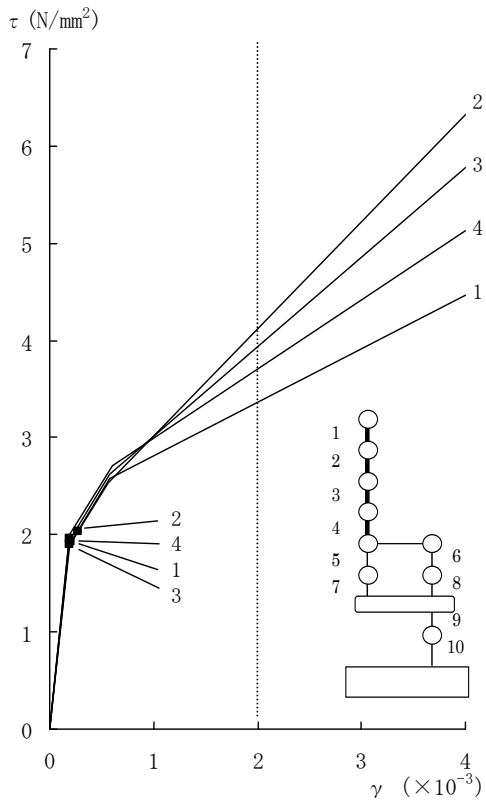
建屋部					シャフト部				
質点番号	重量 W*1 (kN)	回転慣性 重量*1 I _G (×10 ⁷ kN・m ²)	断面二次 モーメント I (×10 ⁴ m ⁴)	せん断 断面積 A _s (m ²)	質点番号	重量 W*1 (kN)	回転慣性 重量*1 I _G (×10 ⁷ kN・m ²)	断面二次 モーメント I (×10 ⁴ m ⁴)	せん断 断面積 A _s (m ²)
					1	5,790	0.02	∞	0.72
	—	—	—	—	2	5,060	0.01	0.083	12.6
					3	4,680	0.01	0.094	12.6
					4	5,670	0.02	0.101	14.4
6	45,950	0.81	0.325	25.6	5	15,480	0.27	0.468	40.1
8	29,550	0.52	0.425	27.4	7	14,260	0.25	0.682	42.5
9	165,250	2.93	6.336	240.2					
10	177,920	3.15	6.245	234.4		—	—	—	—
11	156,130	2.76							
12	64,800	1.14	38.123	2,162.0					

- ・建物総重量 : 690,540 (kN)
- (鉄筋コンクリート部)
- ・減衰定数 : 0.03
- ・ヤング係数 : 2.43×10^4 (N/mm²)
- ・せん断弾性係数 : 1.01×10^4 (N/mm²)

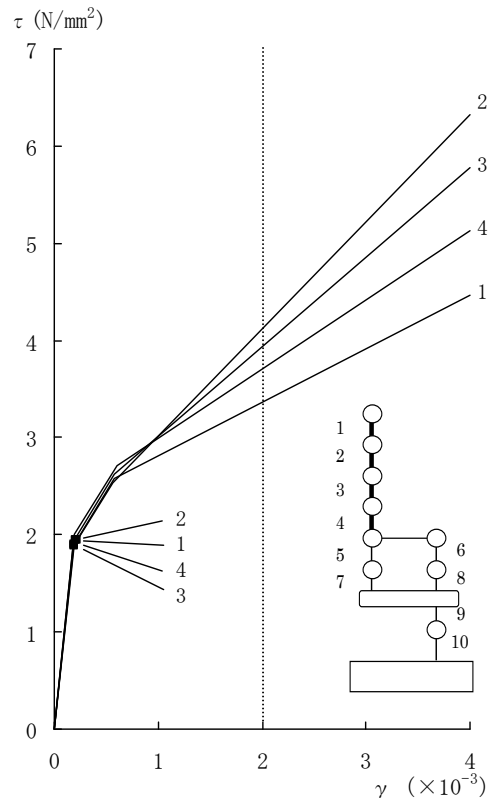
*1 : 設工認で用いた値を SI 単位化

第4. 1-4表 地盤ばね定数（水平方向）

振動 方向	水平ばね		回転ばね	
	剛性	減衰係数	剛性	減衰係数
	K(kN/m)	C(kN·s/m)	K(kN·m/rad)	C(kN·m·s/rad)
NS	7.040×10^7	1.720×10^6	4.360×10^{10}	3.150×10^8
EW	7.060×10^7	1.710×10^6	4.230×10^{10}	2.400×10^8



(弾性設計用地震動 Sd-1_H)



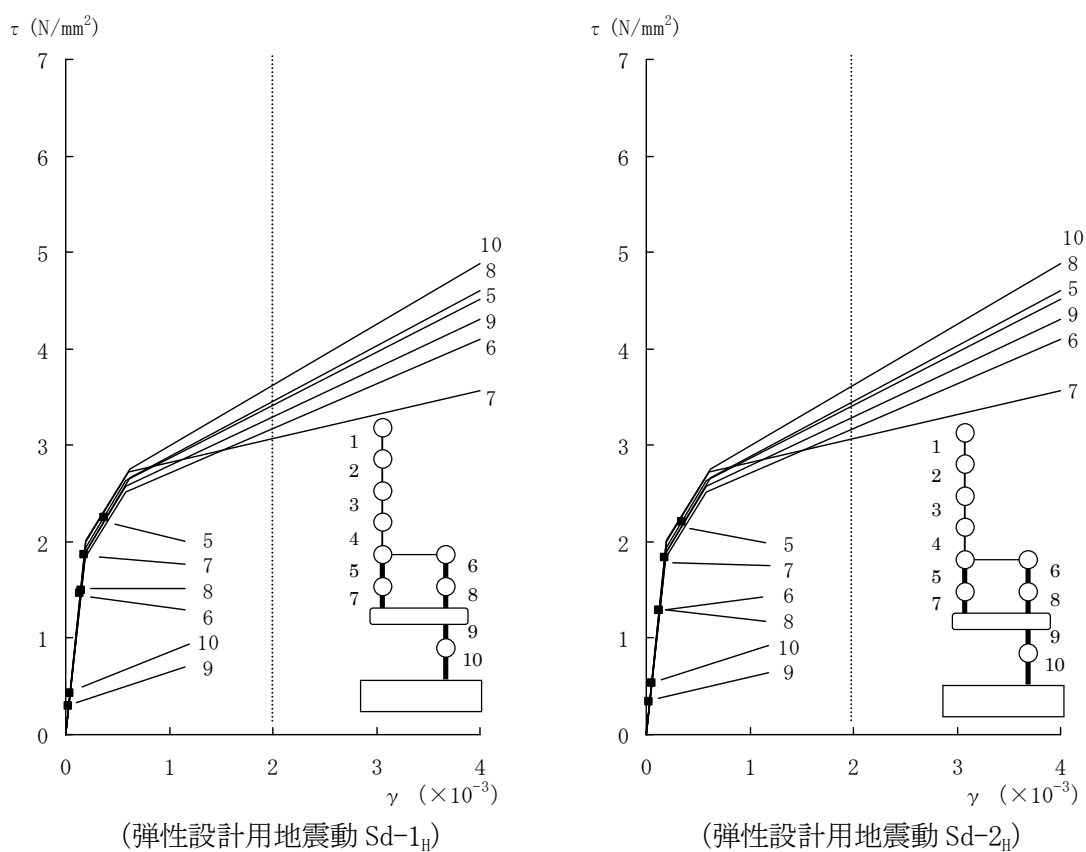
(弾性設計用地震動 Sd-2_H)

第 4. 1 - 3 図 スケルトンカーブ上の最大発生値 (NS方向 シャフト部)

第 4. 1 - 5 表 最大発生せん断ひずみと第 1 折点のひずみの比較 (NS方向 シャフト部)

(単位 : $\times 10^{-3}$)

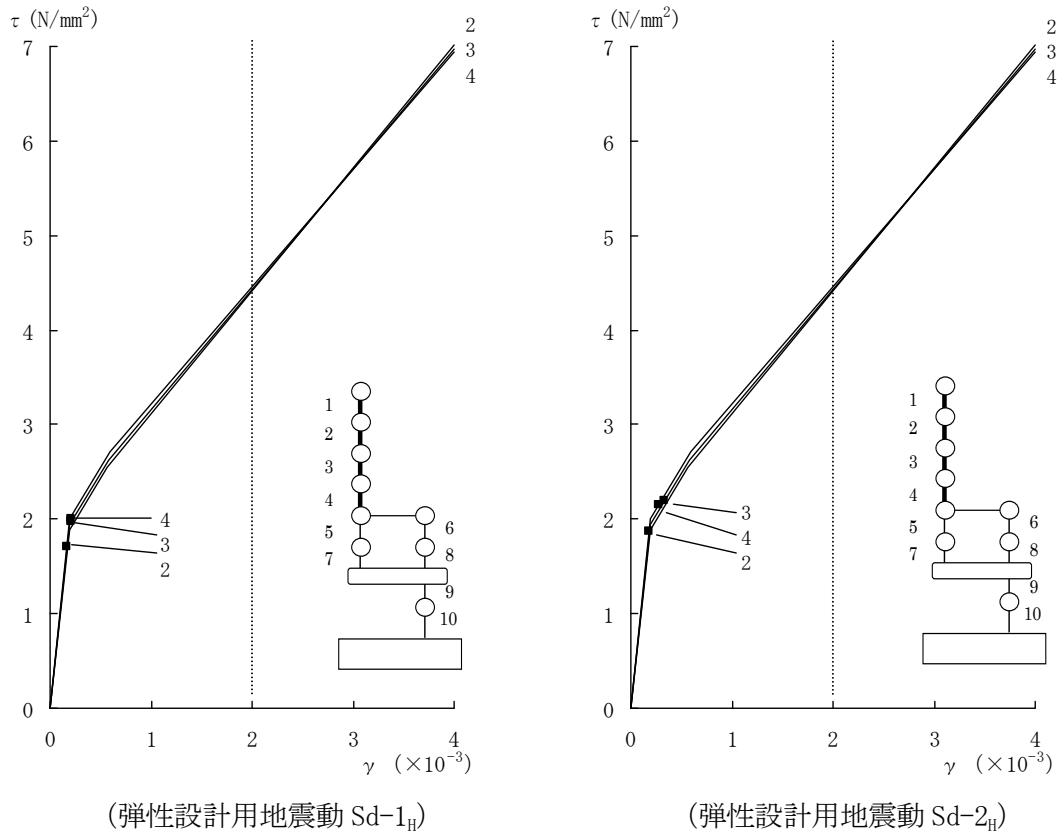
要素 番号	T. P. (m)	最大発生せん断ひずみ		第 1 折点 のひずみ
		Sd-1 _H	Sd-2 _H	
1	93.7~87.5	0.208	0.212	0.188
2	87.5~81.3	0.279	0.225	0.185
3	81.3~75.1	0.188	0.188	0.192
4	75.1~68.9	0.194	0.188	0.199



第 4.1 - 4 図 スケルトンカーブ上の最大発生値 (NS 方向 建屋部)

第 4.1 - 6 表 最大発生せん断ひずみと第 1 折点のひずみの比較 (NS 方向 建屋部)
(単位: $\times 10^{-3}$)

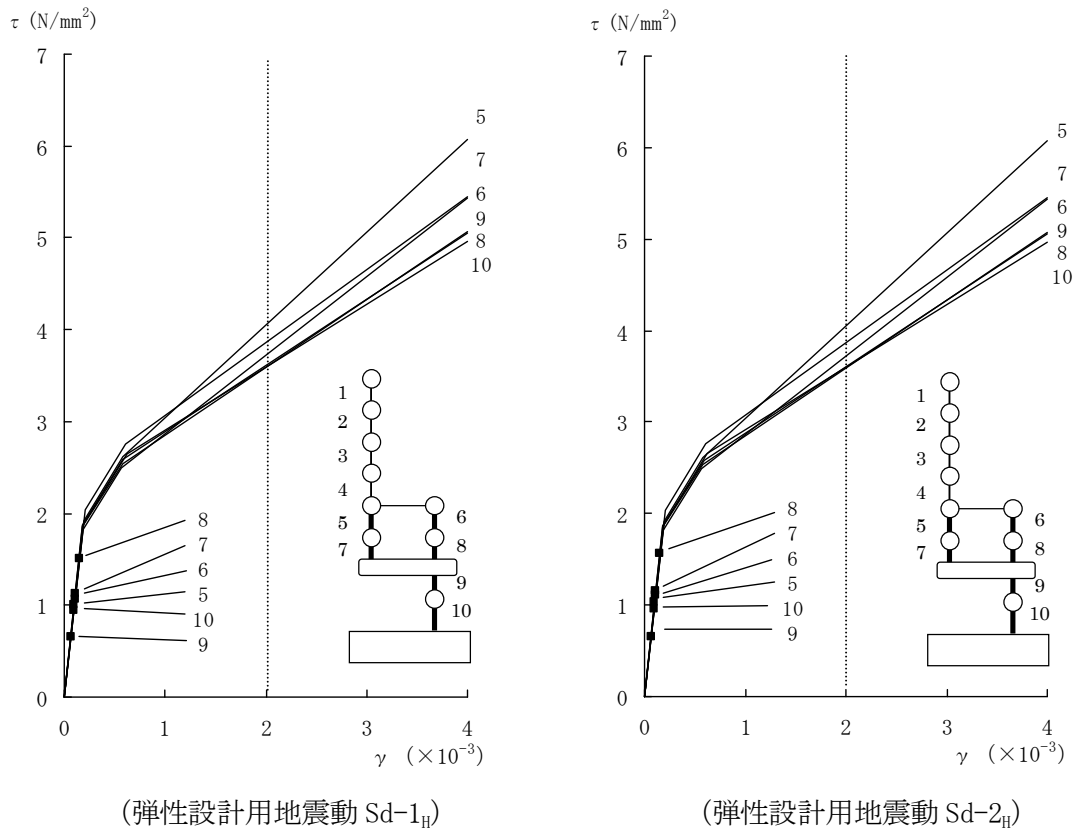
要素 番号	T.P. (m)	階	最大発生せん断ひずみ		第 1 折点 のひずみ
			Sd-1 _H	Sd-2 _H	
5	68.9~60.8	2F	0.367	0.343	0.192
6	68.9~60.8	2F	0.144	0.128	0.180
7	60.8~55.3	1F	0.185	0.181	0.198
8	60.8~55.3	1F	0.147	0.127	0.188
9	55.3~47.2	B1F	0.029	0.034	0.187
10	47.2~38.2	B2F	0.042	0.052	0.199



第 4.1 - 5 図 スケルトンカーブ上の最大発生値 (EW方向 シャフト部)

第 4.1 - 7 表 最大発生せん断ひずみと第 1 折点のひずみの比較 (EW方向 シャフト部)
(単位: $\times 10^{-3}$)

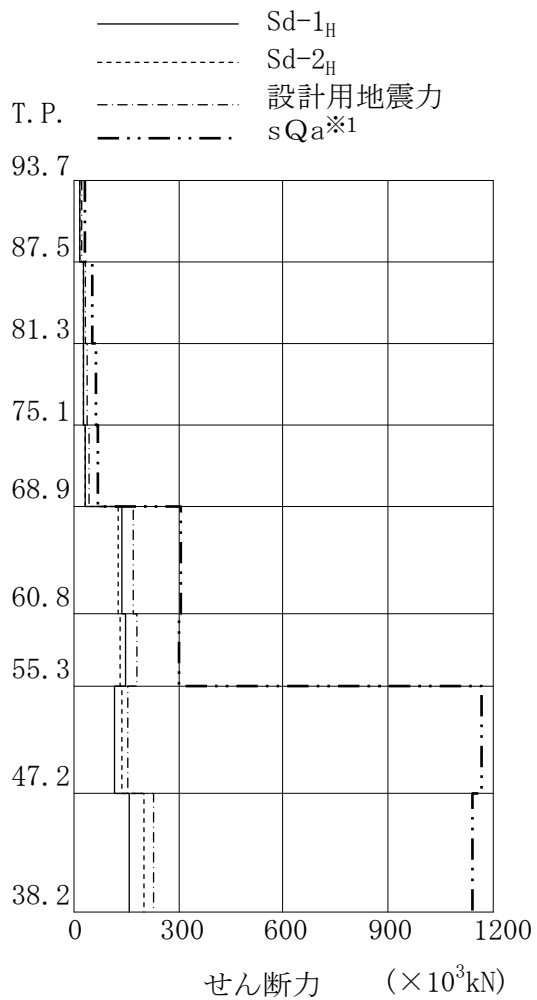
要素 番号	T. P. (m)	最大発生せん断ひずみ		第 1 折点 のひずみ
		Sd-1 _H	Sd-2 _H	
1	93.7~87.5	—	—	—
2	87.5~81.3	0.169	0.185	0.187
3	81.3~75.1	0.212	0.334	0.193
4	75.1~68.9	0.200	0.280	0.199



第 4.1 - 6 図 スケルトンカーブ上の最大発生値 (EW方向 建屋部)

第 4.1 - 8 表 最大発生せん断ひずみと第 1 折点のひずみの比較 (EW方向 建屋部)
(単位: $\times 10^{-3}$)

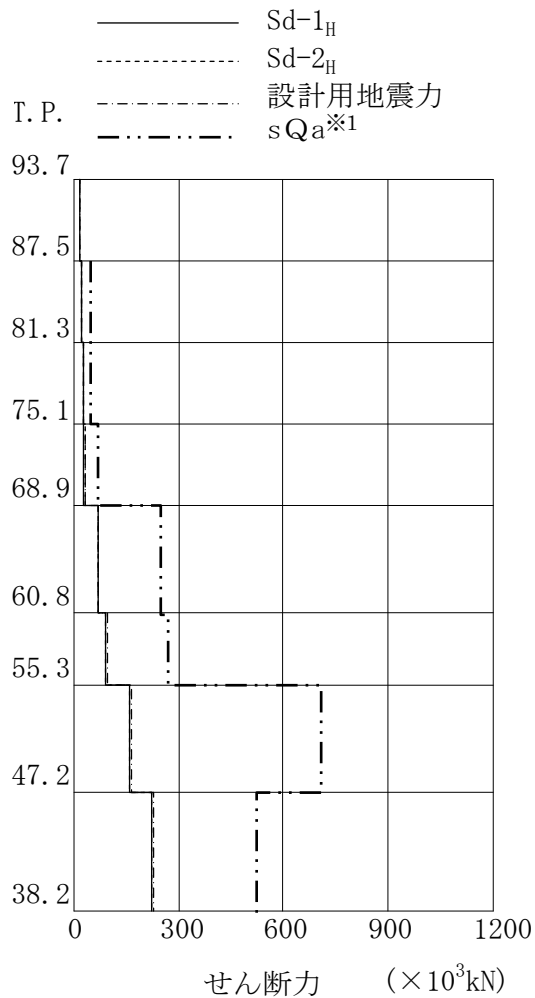
要素 番号	T.P. (m)	階	最大発生せん断ひずみ		第 1 折点 のひずみ
			Sd-1 _H	Sd-2 _H	
5	68.9~60.8	2F	0.099	0.102	0.190
6	68.9~60.8	2F	0.106	0.110	0.179
7	60.8~55.3	1F	0.111	0.114	0.202
8	60.8~55.3	1F	0.148	0.155	0.185
9	55.3~47.2	B1F	0.065	0.066	0.183
10	47.2~38.2	B2F	0.094	0.095	0.187



T. P. (m)	せん断力 ($\times 10^3$ kN)			
	Sd-1H	Sd-2H	設計用 地震力	sQa ^{※1}
93.7				
87.5	15.6	15.7	21.0	33.5
81.3	25.0	23.9	33.0	50.9
75.1	29.1	29.0	39.3	63.3
68.9	31.8	30.8	42.2	67.1
60.8	138.2	126.9	169.8	306.2
55.3	147.4	133.3	180.6	302.3
47.2	116.1	135.2	155.0	1168.3
38.2	161.3	200.3	228.1	1144.7

※1: 鉄筋のみで負担できるせん断補強用の短期許容
応力度から求めた耐力 ($p_w \times \sigma_y \times A_s$)

第 4.1 - 7 図 層せん断力比較 (NS方向)



T. P. (m)	せん断力 (×10 ³ kN)			
	Sd-1H	Sd-2H	設計用 地震力	sQ _a *1
93.7				
87.5	15.4	17.4	15.7	—
81.3	21.5	23.5	21.5	52.2
75.1	25.0	27.7	26.0	52.2
68.9	29.0	31.0	30.2	59.6
60.8	67.6	69.6	69.6	255.6
55.3	88.7	91.8	92.7	271.9
47.2	157.5	159.6	166.0	711.0
38.2	222.9	224.6	228.1	527.4

※1: 鉄筋のみで負担できるせん断補強用の短期許容
応力度から求めた耐力 ($p_w \times \sigma_y \times A_s$)

第 4.1 - 8 図 層せん断力比較 (EW方向)

4. 2 ガラス固化体貯蔵建屋の主要設備の確認

4. 2. 1 確認方法

確認対象とした主要設備が、弾性設計用地震動 S_d に対して概ね弾性範囲であることを確認するために、以下の手順にて確認を実施した。

(1) 基準地震動 S_s による発生値と許容応力状態Ⅲ_ASの比較（確認方法1）

確認対象設備の基準地震動 S_s 評価時の評価基準値は許容応力状態Ⅳ_ASであるが、この評価基準値を仮に許容応力状態Ⅲ_ASとし、基準地震動 S_s による発生値が許容応力状態Ⅲ_AS以下であることを確認する。

弾性設計用地震動 S_d は基準地震動 S_s の 2/3 倍にて設定していることから、設備の基準地震動 S_s による発生値が許容応力状態Ⅲ_AS以下であれば、弾性設計用地震動 S_d による発生値についても、許容応力状態Ⅲ_AS以下となる。

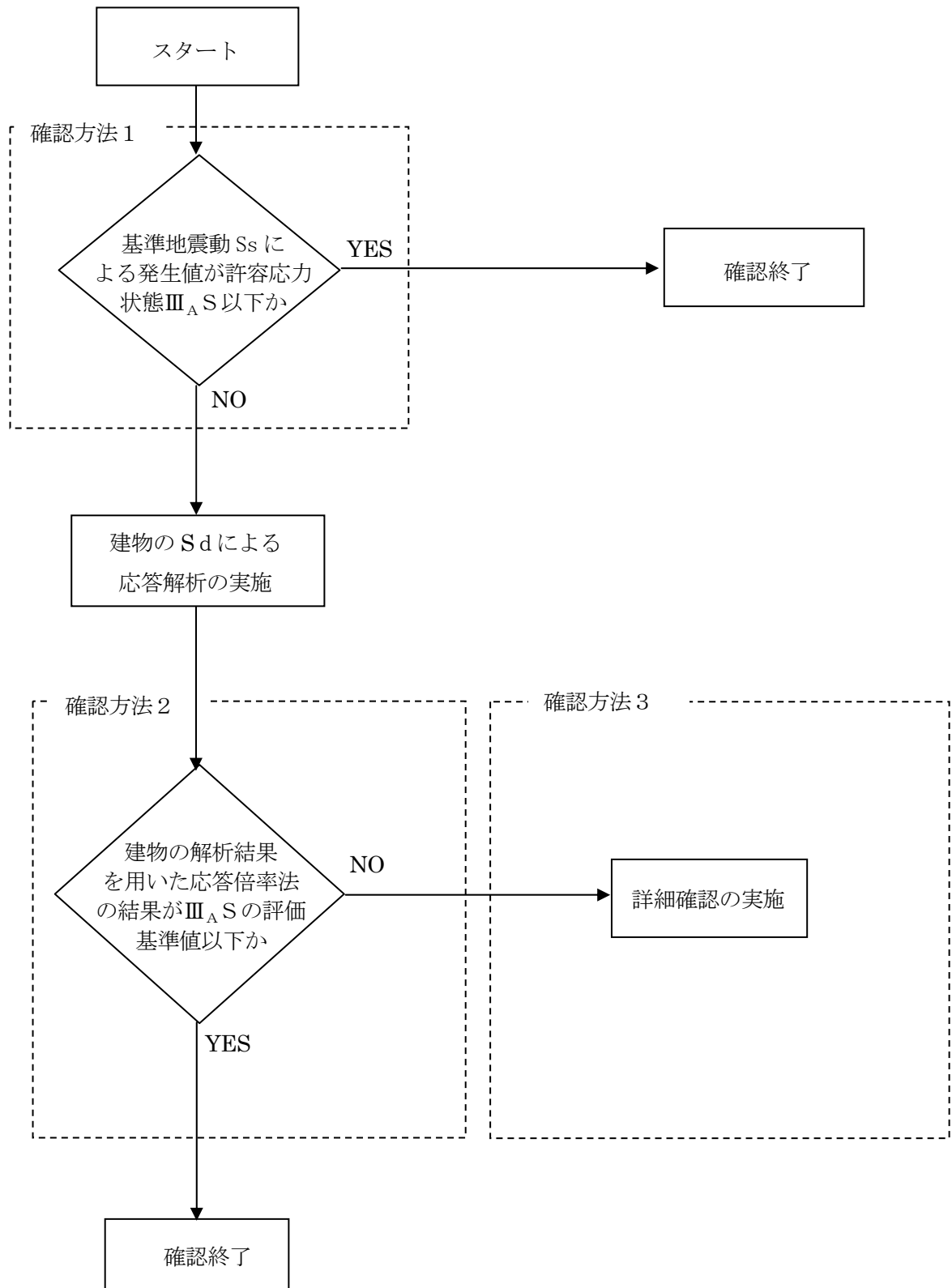
(2) 弾性設計用地震動 S_d による発生値と評価基準値（許容応力状態Ⅲ_AS）の比較（確認方法2）

(1)項にて、確認対象設備の基準地震動 S_s による発生値が、許容応力状態Ⅲ_ASを上回った設備については、建物の弾性設計用地震動 S_d による解析結果と設工認書における応答との比を用いた応答倍率法を適用し、その発生値が評価基準値（許容応力状態Ⅲ_AS）以下であることを確認する。

(3) 弾性設計用地震動 S_d による発生値と評価基準値（許容応力状態Ⅲ_AS）の比較（確認方法3）

(2)項にて、応答倍率法による発生値が、評価基準値（許容応力状態Ⅲ_AS）を上回った設備については、詳細確認を実施し、弾性設計用地震動 S_d による発生値が、評価基準値（許容応力状態Ⅲ_AS）以下であることを確認する。

確認手順を第4. 2 - 1図に示す。



第4. 2-1 図 弾性設計用地震動 Sd に対する確認手順

4. 2. 2 確認結果

確認対象設備の基準地震動 S_s による発生値と、許容応力状態Ⅲ_A Sの比較結果（応力比）を第4. 2 - 1表に示す。

確認対象設備について、基準地震動 S_s による発生値が許容応力状態Ⅲ_A S以下となることを確認した。

以上より、確認対象とした主要設備は、弾性設計用地震動 S_d に対して弾性範囲である。

第4. 2-1表 既設特定廃棄物管理施設 構造強度確認結果 (1/4)

【基準地震動 S_s による発生値と許容応力状態Ⅲ_ASとの比較】

建屋略称	機器名称	評価部位	応力分類	応力比 (発生値/ Ⅲ _A S)	判定 (判定1以下)	確認手法		
EB	貯蔵建屋床面走行クレーン	東側ガーダ	曲げ	0.62	○	確認方法1		
			せん断	0.20	○	確認方法1		
		西側ガーダ	曲げ	0.65	○	確認方法1		
			せん断	0.28	○	確認方法1		
		クレーン脱輪防止ラグ の溶接部	曲げ	0.43	○	確認方法1		
			せん断	0.62	○	確認方法1		
			組合せ	0.75	○	確認方法1		
		トロリ脱落防止ローラ軸	曲げ	0.58	○	確認方法1		
			せん断	0.14	○	確認方法1		
			組合せ	0.60	○	確認方法1		
		トロリ脱落防止ラグの溶接部	せん断	0.80	○	確認方法1		
		ガーダ固定金物	せん断	0.20	○	確認方法1		
		ガーダ中央固定金物	せん断	0.20	○	確認方法1		
		トロリ固定金物	せん断	0.78	○	確認方法1		
		クレーン転倒防止ラグ	曲げ	0.71	○	確認方法1		
			せん断	0.24	○	確認方法1		
			組合せ	0.74	○	確認方法1		
		トロリ転倒防止ラグ	曲げ	0.62	○	確認方法1		
			せん断	0.28	○	確認方法1		
			組合せ	0.68	○	確認方法1		
		しゃへい容器	しゃへい本体	引張	0.06	○	確認方法1	
				せん断	0.02	○	確認方法1	
			支持フレーム	曲げ	0.55	○	確認方法1	
				ウェブ	せん断	0.50	○	確認方法1
				フランジ	せん断	0.06	○	確認方法1
			取付ボルト	引張	0.65	○	確認方法1	
		シアプレートの溶接部	せん断	0.82	○	確認方法1		

第4. 2-1表 既設特定廃棄物管理施設 構造強度確認結果 (2/4)

【基準地震動 S_s による発生値と許容応力状態Ⅲ_ASとの比較】

建屋略称	機器名称	評価部位	応力分類	応力比 (発生値/ Ⅲ _A S)	判定 (判定1以下)	確認手法
EB	収納管	首部	引張	0.08	○	確認方法1
			せん断	0.03	○	確認方法1
			曲げ	0.07	○	確認方法1
			組合せ応力	0.15	○	確認方法1
		中間支持部	引張	0.08	○	確認方法1
			せん断	0.05	○	確認方法1
			曲げ	0.11	○	確認方法1
			組合せ応力	0.18	○	確認方法1
		下部支持部	引張	0.08	○	確認方法1
			せん断	0.03	○	確認方法1
			曲げ	0.02	○	確認方法1
			組合せ応力	0.09	○	確認方法1

第4. 2-1表 既設特定廃棄物管理施設 構造強度確認結果 (3/4)

【基準地震動 Ss による発生値と許容応力状態Ⅲ_AS との比較】

建屋略称	機器名称		評価部位	応力分類	応力比 (発生値/ Ⅲ _A S)	判定 (判定1以下)	確認手法	
EB	通風管	支持架構	はり	中段はり	引張	0.14	○	確認方法1
					せん断	0.13	○	確認方法1
					圧縮	0.14	○	確認方法1
					曲げ	0.14	○	確認方法1
					組合せ応力	0.20	○	確認方法1
				下段はり	引張	0.07	○	確認方法1
					せん断	0.07	○	確認方法1
					圧縮	0.07	○	確認方法1
					曲げ	0.12	○	確認方法1
					組合せ応力	0.15	○	確認方法1
			はり	中段はり	引張	0.15	○	確認方法1
					せん断	0.03	○	確認方法1
					圧縮	0.15	○	確認方法1
					曲げ	0.08	○	確認方法1
					組合せ応力	0.22	○	確認方法1
				下段はり	引張	0.08	○	確認方法1
					せん断	0.03	○	確認方法1
					圧縮	0.08	○	確認方法1
					曲げ	0.07	○	確認方法1
					組合せ応力	0.15	○	確認方法1
			端はり	中段端はり	引張	0.06	○	確認方法1
					せん断	0.11	○	確認方法1
					圧縮	0.06	○	確認方法1
					曲げ	0.18	○	確認方法1
					組合せ応力	0.24	○	確認方法1
				下段端はり	引張	0.03	○	確認方法1
					せん断	0.05	○	確認方法1
					圧縮	0.03	○	確認方法1
					曲げ	0.10	○	確認方法1
					組合せ応力	0.15	○	確認方法1

第4. 2-1表 既設特定廃棄物管理施設 構造強度確認結果 (4/4)

【基準地震動 Ss による発生値と許容応力状態Ⅲ_AS との比較】

建屋略称	機器名称		評価部位	応力分類	応力比 (発生値/ Ⅲ _A S)	判定 (判定1以下)	確認手法	
EB	通風管	支持架構	ブラケット	中段 ブラケット	引張	0.09	○	確認方法1
				せん断	0.11	○	確認方法1	
				圧縮	0.09	○	確認方法1	
				曲げ	0.16	○	確認方法1	
				組合せ応力	0.22	○	確認方法1	
			下段 ブラケット	引張	0.05	○	確認方法1	
			せん断	0.06	○	確認方法1		
			圧縮	0.05	○	確認方法1		
			曲げ	0.18	○	確認方法1		
			組合せ応力	0.20	○	確認方法1		
		支柱	引張	0.11	○	確認方法1		
			せん断	0.02	○	確認方法1		
			圧縮	0.11	○	確認方法1		
			曲げ	0.06	○	確認方法1		
			組合せ応力	0.18	○	確認方法1		
	通風管	通風管	引張	0.02	○	確認方法1		
			せん断	0.02	○	確認方法1		
			圧縮	0.02	○	確認方法1		
			曲げ	0.05	○	確認方法1		
			組合せ応力	0.06	○	確認方法1		

5. まとめ

既設特定廃棄物管理施設の主要建物について、弾性設計用地震動 S_d による地震力に対して概ね弾性範囲であることを確認した。また、既設特定廃棄物管理施設の主要設備について、弾性設計用地震動 S_d による地震力に対して弾性範囲であることを確認した。

以上