

【公開版】

日本原燃株式会社	
資料番号	耐震建物 06 R0
提出年月日	令和3年1月26日

設工認に係る補足説明資料

【隣接建屋の影響に関する検討】

目 次

	ページ
1. 概要	1
1.1 隣接建屋の概要	2
2. 既往の知見を踏まえた考察	3
3. 応答解析による影響検討	4
3.1 解析条件	4
3.2 解析結果	11

1. 概要

本資料は、建物・構築物の地震応答解析における隣接建屋の影響に関する検討について示すものである。

燃料加工建屋では、当該建屋で独立して構築した地震応答解析モデルを用いて地震応答解析を実施している。これは、当該建屋は、それに隣接する建屋に対して十分な離隔距離を有していることから、隣接建屋の影響はないものと判断したためである。

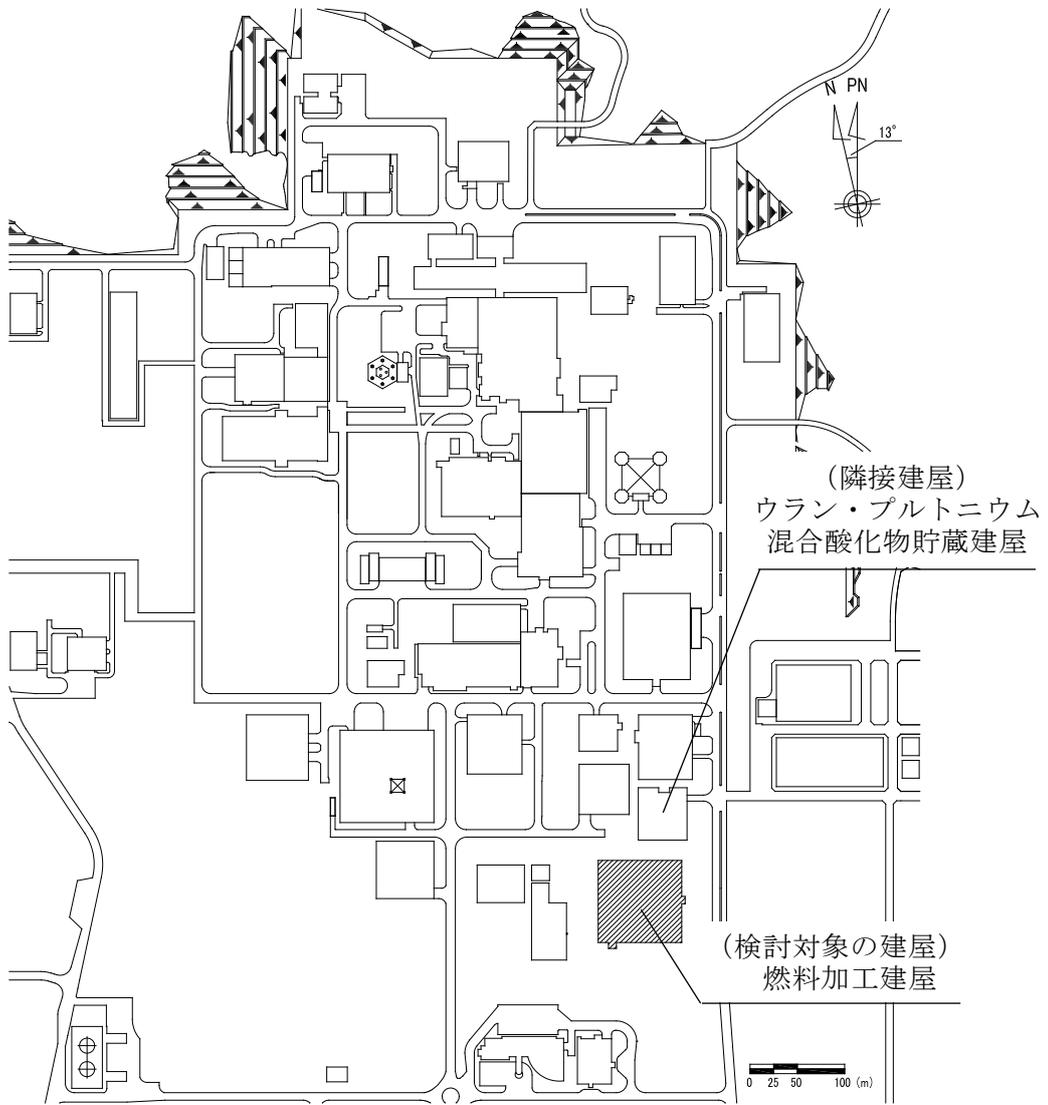
本資料では、まず、隣接建屋が評価対象建屋の応答に与える影響について、既往の知見を踏まえた考察を行う。次に、燃料加工建屋について、隣接建屋の影響を考慮した地震応答解析を実施し、隣接建屋が燃料加工建屋の応答に与える影響について検討する。

また、本資料は以下の添付書類の補足説明をするものである。

- ・ 再処理施設の設工認申請書のうち、添付書類「IV-1-1-5 地震応答解析の基本方針」
- ・ MOX燃料加工施設の設工認申請書のうち、添付書類「III-1-1-5 地震応答解析の基本方針」

1.1 隣接建屋の概要

建物・構築物の構内配置図を第 1.-1 図に示す。



第 1.-1 図 構内配置図

2. 既往の知見を踏まえた考察

(財)原子力発電技術機構において、建屋の隣接効果を明らかにすることを目的とした「原子炉建屋の隣接効果試験¹⁾」(以下、「NUPEC 試験」という。)の一環として、原子炉施設の実際の建屋配置状況に則して実地盤上に建設された鉄筋コンクリート製試験体を用いた検討が実施されている。その結果、同種 2 棟の建屋が隣接する場合の地震応答は、単独の場合と比較してほぼ同等または低減される傾向となることが確認されている。

さらに、同試験におけるその他各種試験結果から、隣接効果による建屋応答の性状変化は、建屋条件により固有のものとなることが明らかにされているが、定性的には、建屋が隣接した状態と単独の状態を比較した場合、隣接した状態の方が建屋応答が低減される傾向にあることが確認されている。

上記の知見を踏まえ、当社事業所内の燃料加工建屋においても、建屋応答について同様の傾向が見られると考えられる。

【参考文献】

- 1) 耐震安全解析コード改良試験原子炉建屋の隣接効果試験に関する報告書、(財)原子力発電技術機構、平成 14 年 3 月

3. 応答解析による影響検討

本章では、燃料加工建屋について、隣接する建屋との隣接間距離をパラメータとした地震応答解析を実施することにより、隣接建屋が燃料加工建屋の応答に与える影響を検討する。

3.1 解析条件

燃料加工建屋の建屋の周辺概要を第 3.1-1 図に示す。対象とする隣接建屋は、燃料加工建屋と最も近接するウラン・プルトニウム混合酸化物貯蔵建屋（離隔距離：約 19m）とする。

本検討で用いる地震応答解析モデルを第 3.1-2 図に、地震応答解析モデルの諸元を第 3.1-1 表に、地盤定数を第 3.1-2 表に、地盤ばね定数と減衰係数を第 3.1-3 表に示す。

2 建屋間は、原子力発電所耐震設計技術指針 4601-1991 追補版（（社）日本電気協会）（以下、「JEAG 4601-1991 追補版」という。）に記載の多質点系並列地盤モデルの軸ばね K_N （以下、「建屋間結合ばね」という。）を用いて結合し、下式にて設定する。建屋間結合ばねは、第 3.1-1 図に示す燃料加工建屋からウラン・プルトニウム混合酸化物貯蔵建屋への投影幅（46m）に対して、算定する。なお、建屋間の地盤の物性値は燃料加工建屋の地盤物性値を用いる。建屋間結合ばね定数を第 3.1-4 表に示す。

$$K_N = E \cdot A_N / \{(1 - \nu^2) \cdot L_E\}$$

E : 地盤のヤング係数

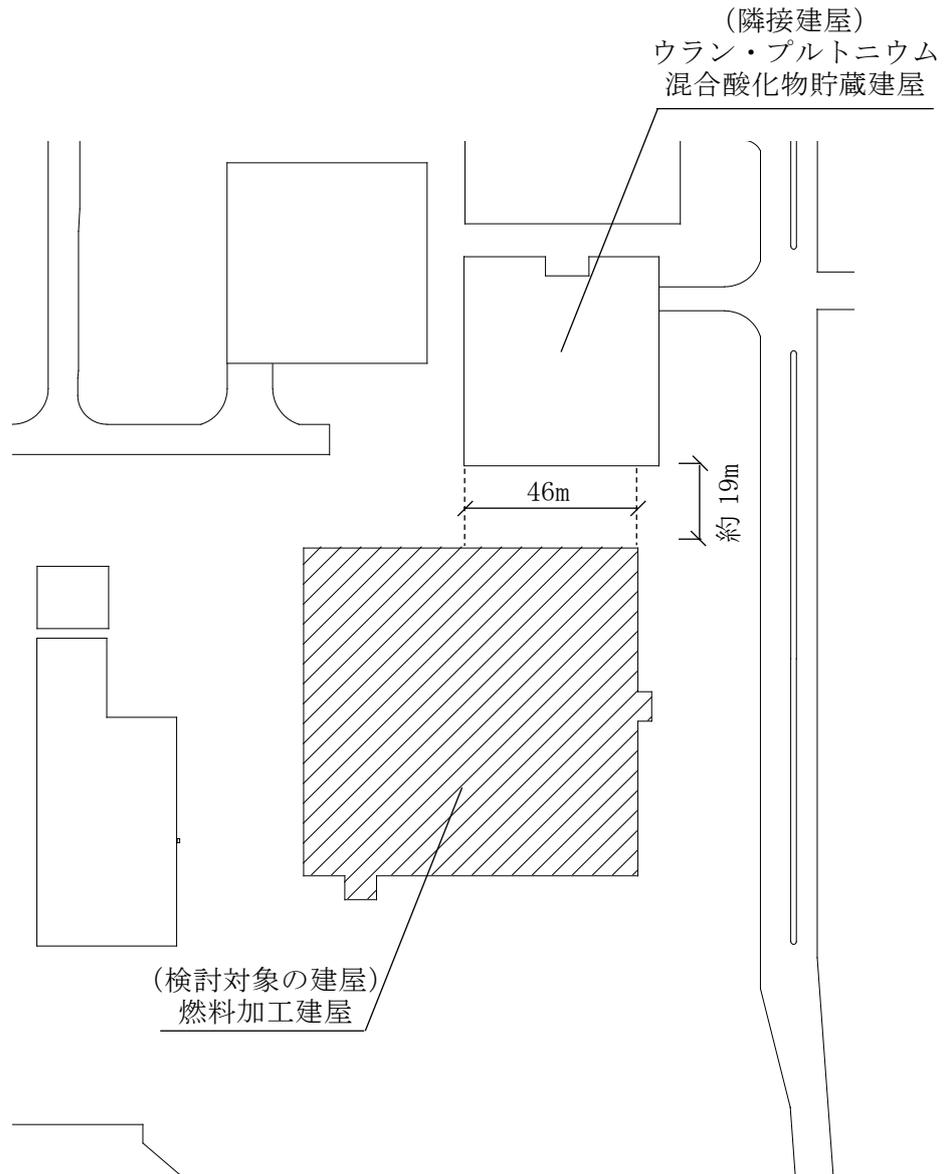
ν : 地盤のポアソン比

A_N : 軸ばねの支配面積

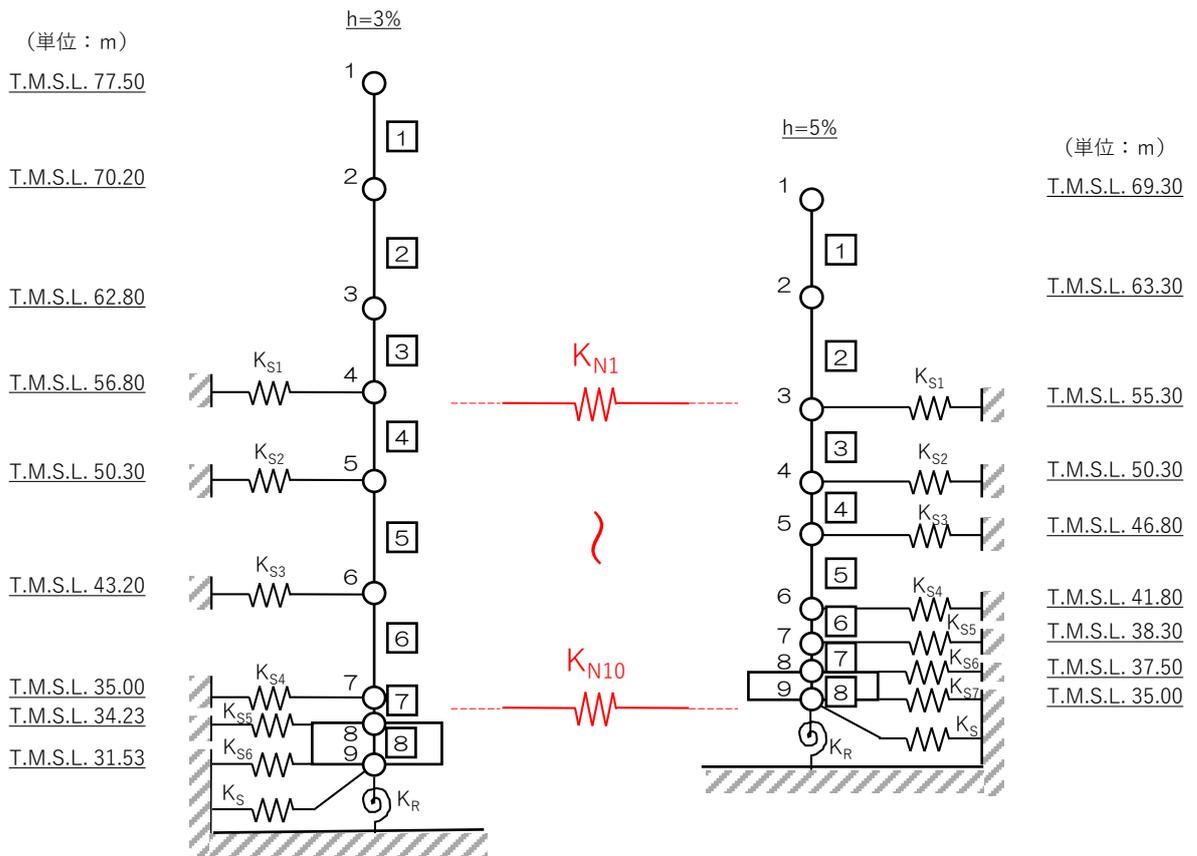
L_E : 水平方向土中間隔（＝建屋間の離隔距離）

検討は、NS 方向に対して行い、入力地震動は広帯域に周期成分を持つ Sd-A とする。また、検討する建屋間の離隔距離のパラメータは以下とする。

・ 離隔距離：15.0m, 20.0m



第 3.1-1 図 燃料加工建屋の建屋の周辺概要



(a) 燃料加工建屋

(b) ウラン・プルトニウム混合酸化物貯蔵建屋

注記：建屋間結合ばね $K_{N1} \sim K_{N10}$ の詳細は第 3.1-4 表による。

第 3.1-2 図 解析モデル

第 3.1-1 表 地震応答解析モデル諸元 (NS 方向)

(a) 燃料加工建屋

質点番号	質点位置 T. M. S. L. (m)	重量 W (kN)	回転慣性 重量 I_g ($\times 10^6 \text{kN}\cdot\text{m}^2$)	要素 番号	要素位置 T. M. S. L. (m)	断面二次 モーメント I ($\times 10^4 \text{m}^4$)	せん断 断面積 A_s (m^2)
①	77.50	174000	17.9	①	77.50~70.20	2.06	133.3
②	70.20	329000	209.0	②	70.20~62.80	29.12	362.5
③	62.80	385000	244.7	③	62.80~56.80	30.27	474.4
④	56.80	429000	272.7	④	56.80~50.30	37.63	640.5
⑤	50.30	492000	312.8	⑤	50.30~43.20	45.79	749.8
⑥	43.20	530000	337.0	⑥	43.20~35.00	49.22	876.1
⑦	35.00	386000	245.3	⑦	35.00~34.23	230.69	2956.9
⑧	34.23	277000	176.0	⑧	34.23~31.53	489.58	7708.6
⑨	31.53	280000	177.9	—	—	—	—
建屋総重量		3282000	—	—	—	—	—

(b) ウラン・プルトニウム混合酸化物貯蔵建屋

質点番号	質点位置 T. M. S. L. (m)	重量 W (kN)	回転慣性 重量 I_g ($\times 10^6 \text{kN}\cdot\text{m}^2$)	要素 番号	要素位置 T. M. S. L. (m)	断面二次 モーメント I ($\times 10^4 \text{m}^4$)	せん断 断面積 A_s (m^2)
①	69.3	17960	0.2	①	69.3~63.3	0.04	29.3
②	63.3	135270	34.0	②	63.3~55.3	10.90	203.5
③	55.3	139420	35.0	③	55.3~50.3	11.37	263.2
④	50.3	75960	19.1	④	50.3~46.8	11.31	263.7
⑤	46.8	138610	34.8	⑤	46.8~41.8	12.92	292.5
⑥	41.8	79780	20.0	⑥	41.8~38.3	12.44	319.4
⑦	38.3	87500	21.9	⑦	38.3~37.5	12.44	319.4
⑧	37.5	90300	22.7	⑧	37.5~35.0	70.81	2824.6
⑨	35.0	83110	20.8	—	—	—	—
建物総重量		847910	—	—	—	—	—

第 3.1-2 表 地盤定数

(a) 燃料加工建屋

標高 T. M. S. L. (m)	地層区分	層厚 (m)	単位 体積重量 γ_t (kN/m^3)	せん断 弾性係数 G ($\times 10^4 \text{kN}/\text{m}^2$)	等価 S波速度 (m/s)	等価 P波速度 (m/s)	等価 減衰定数 h	ポアソン比
55.00	造成盛土	1.45	16.3	3.08	136	367	0.03	0.42
53.55		3.25	16.4	2.85	131	352	0.05	
50.30		1.70	16.5	2.90	131	353	0.07	
48.60	六ヶ所層	5.40	17.0	24.1	373	955	0.04	0.41
43.20		4.10	17.0	22.7	362	927	0.04	
39.10		4.10	17.0	21.6	353	904	0.05	
35.00		0.77	17.0	21.1	349	893	0.05	
34.23		1.35	17.0	20.9	347	889	0.05	
32.88		1.35	17.0	20.7	346	885	0.05	
31.53	鷹架層	8.53	15.7	53.8	580	1710	0.03	0.44
23.00		41.00	15.3	85.5	740	1870	0.03	0.41
-18.00		52.00	17.4	140	890	2030	0.03	0.38
-70.00	解放基盤表面	—	18.1	160	930	2050	0.03	0.37

(b) ウラン・プルトニウム混合酸化物貯蔵建屋

標高 T. M. S. L. (m)	地層区分	層厚 (m)	単位 体積重量 γ_t (kN/m^3)	せん断 弾性係数 G ($\times 10^4 \text{kN}/\text{m}^2$)	等価 S波速度 (m/s)	等価 P波速度 (m/s)	等価 減衰定数 h	ポアソン比		
55.00	埋戻し土	2.35	17.8	5.76	178	419	0.03	0.39		
52.65		2.35	17.9	5.62	175	413	0.06			
50.30		1.75	18.0	5.86	179	421	0.07			
48.55		1.75	18.0	6.14	183	431	0.07			
46.80		2.50	18.1	6.71	191	449	0.08			
44.30		2.50	18.1	7.68	204	480	0.08			
41.80		1.75	18.2	8.65	216	508	0.08			
40.05		1.75	18.2	9.53	227	534	0.08			
38.30		0.40	18.3	10.1	233	548	0.07			
37.90		0.40	18.3	10.4	236	556	0.07			
37.50		1.25	18.3	10.8	241	567	0.07			
36.25		1.25	18.3	11.4	247	582	0.07			
35.00		鷹架層	12.00	15.7	53.8	580	1710		0.03	0.44
23.00			41.00	15.3	85.5	740	1870		0.03	0.41
-18.00	52.00		17.4	140	890	2030	0.03	0.38		
-70.00	解放基盤表面	—	18.1	160	930	2050	0.03	0.37		

第 3.1-3 表 地盤ばね定数と減衰係数

(a) 燃料加工建屋

		質点 番号	ばね定数	減衰係数
側面スウェイばね	K_{S1}	4	1.89×10^5	1.90×10^5
	K_{S2}	5	2.37×10^6	1.29×10^6
	K_{S3}	6	7.52×10^6	2.68×10^6
	K_{S4}	7	4.07×10^6	1.51×10^6
	K_{S5}	8	1.53×10^6	5.77×10^5
	K_{S6}	9	1.18×10^6	4.47×10^5
底面スウェイばね	K_S	9	2.03×10^8	7.60×10^6
底面ロッキングばね	K_R	9	4.80×10^{11}	5.23×10^9

注記：スウェイばね：ばね定数(kN/m)，減衰係数(kN・s/m)

ロッキングばね：ばね定数(kN・m/rad)，減衰係数(kN・m・s/rad)

(b) ウラン・プルトニウム混合酸化物貯蔵建屋

		質点 番号	ばね定数	減衰係数
側面スウェイばね	K_{S1}	3	5.63×10^5	2.42×10^5
	K_{S2}	4	9.77×10^5	4.23×10^5
	K_{S3}	5	1.15×10^6	4.69×10^5
	K_{S4}	6	1.43×10^6	5.24×10^5
	K_{S5}	7	8.67×10^5	2.91×10^5
	K_{S6}	8	7.38×10^5	2.36×10^5
	K_{S7}	9	5.93×10^5	1.84×10^5
底面スウェイばね	K_S	9	1.11×10^8	2.88×10^6
底面ロッキングばね	K_R	9	1.02×10^{11}	7.68×10^8

注記：スウェイばね：ばね定数(kN/m)，減衰係数(kN・s/m)

ロッキングばね：ばね定数(kN・m/rad)，減衰係数(kN・m・s/rad)

第 3.1-4 表 建屋間結合ばね定数

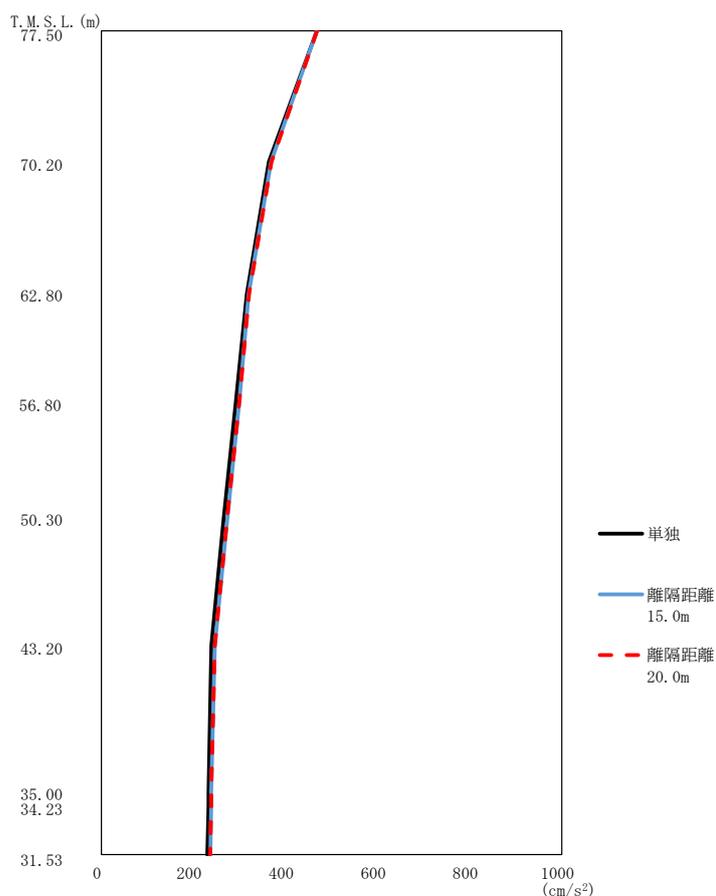
標高 T. M. S. L. (m)	建屋間 結合ばね	層厚 (m)	質点番号		ばね定数 ($\times 10^6$ kN/m)	
			燃料加工建屋	ウラン・プルト ニウム混合 酸化物貯蔵建屋	離隔距離 15m	離隔距離 20m
55.00	K_{N1}	1.45	4	3	0.472	0.354
53.55	K_{N2}	0.75	5		0.226	0.170
52.80	K_{N3}	4.25		4	1.40	1.05
48.55	K_{N4}	1.80		5	4.51	3.38
46.75	K_{N5}	2.45	6		6.14	4.60
44.30	K_{N6}	4.25	6	6	10.2	7.64
40.05	K_{N7}	0.95		7	2.24	1.68
39.10	K_{N8}	1.20	7		2.69	2.02
37.90	K_{N9}	1.65	7	9	3.70	2.78
36.25	K_{N10}	1.25			8	2.81
35.00						

3.2 解析結果

燃料加工建屋における最大応答値を第 3.2-1 図～第 3.2-3 図及び第 3.2-1 表～第 3.2-3 表に、建屋応答の加速度応答スペクトルを第 3.2-4 図～第 3.2-12 図に示す。ウラン・プルトニウム混合酸化物貯蔵建屋における最大応答値を第 3.2-13 図～第 3.2-15 図及び第 3.2-4 表～第 3.2-6 表に、建屋応答の加速度応答スペクトルを第 3.2-16 図～第 3.2-24 図に示す。

加速度応答スペクトル及び最大応答値の比較より、離隔距離が 15m 及び 20m の場合、建屋単独モデルでの応答結果とほぼ一致しており、隣接建屋の影響がないことが分かる。

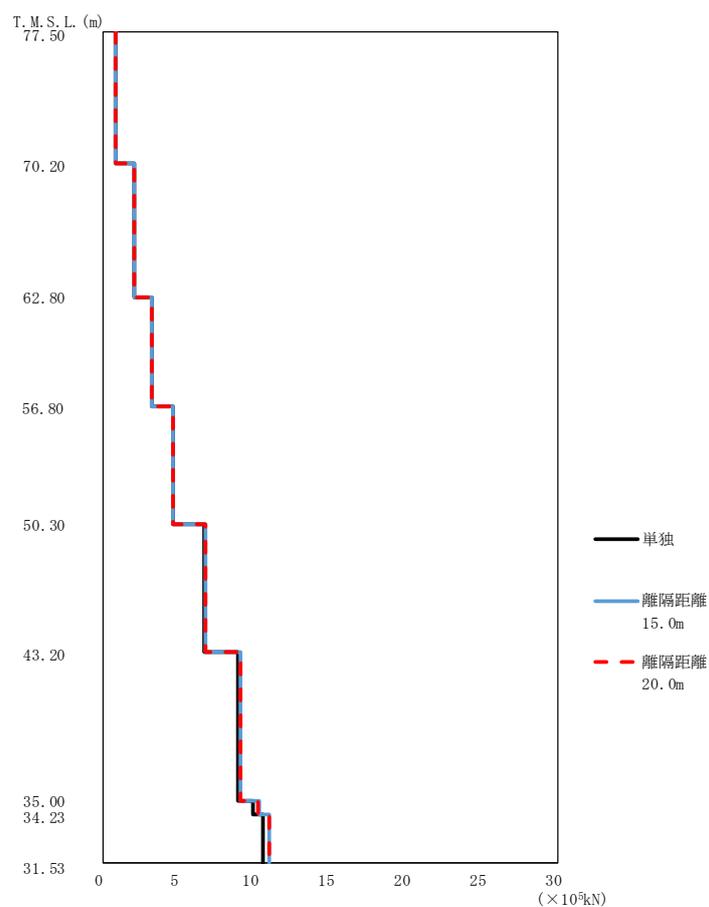
以上より、燃料加工建屋と最も近接する建屋であるウラン・プルトニウム混合酸化物貯蔵建屋は、実状の離隔距離が約 19m であることから、燃料加工建屋では隣接建屋の影響が生じないと判断した。



第3.2-1図 燃料加工建屋の最大応答加速度

第3.2-1表 燃料加工建屋の最大応答加速度一覧表

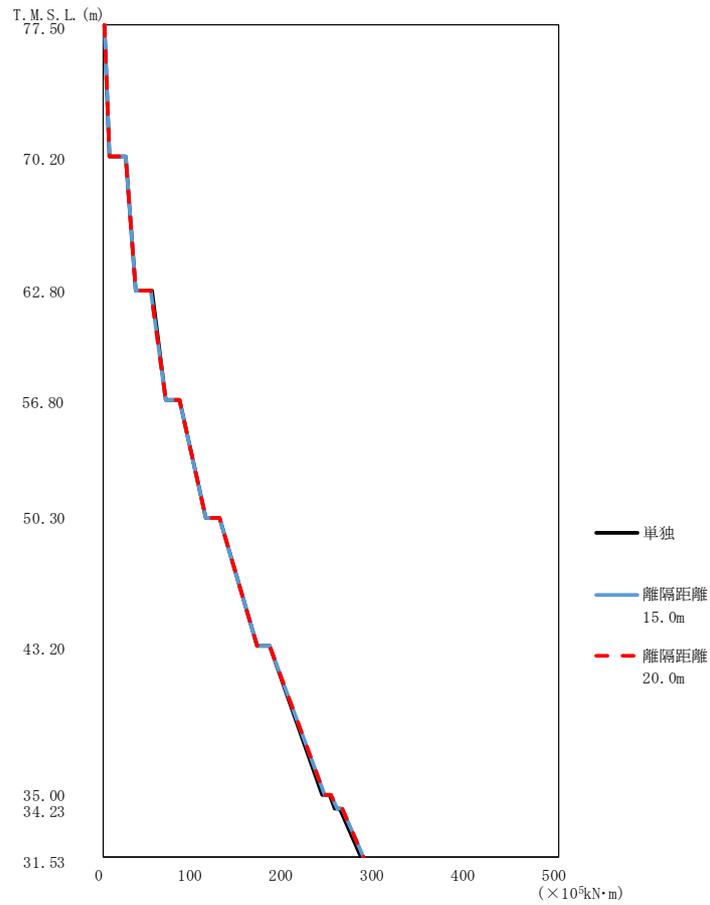
T. M. S. L. (m)	質点番号	最大応答加速度 (cm/s ²)		
		单独	離隔距離 15.0m	離隔距離 20.0m
77.50	1	468	467	469
70.20	2	364	369	369
62.80	3	316	320	321
56.80	4	292	300	300
50.30	5	266	274	273
43.20	6	239	247	246
35.00	7	233	239	239
34.23	8	233	238	238
31.53	9	230	237	237



第3.2-2図 燃料加工建屋の最大応答せん断力

第3.2-2表 燃料加工建屋の最大応答せん断力一覧表

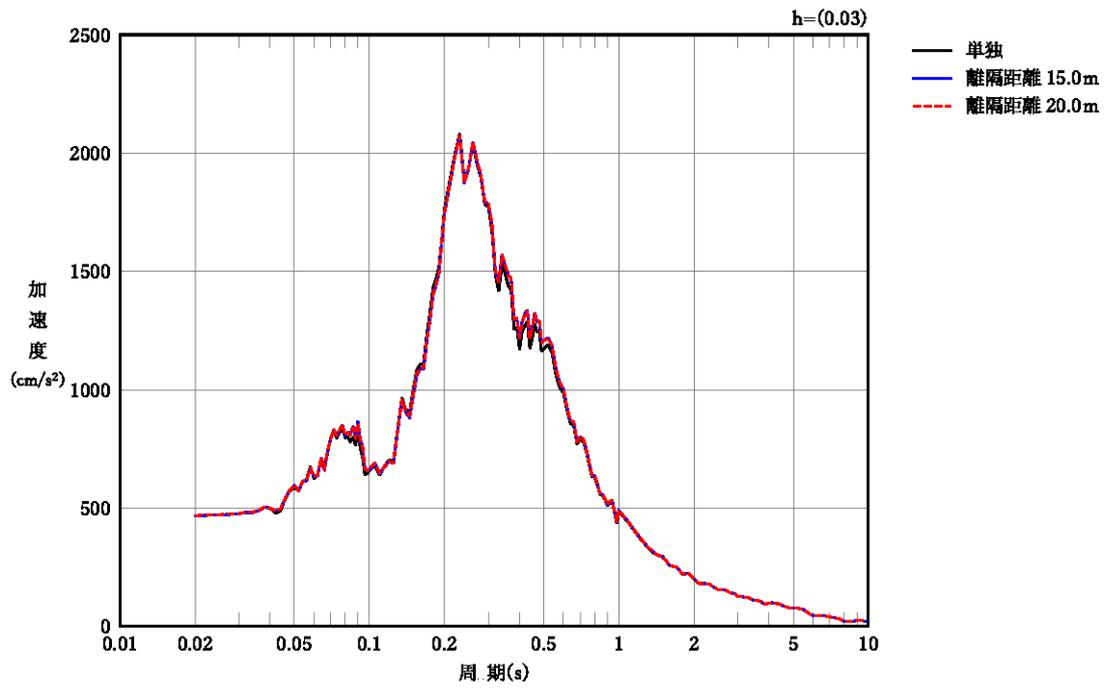
T. M. S. L. (m)	要素番号	最大応答せん断力 ($\times 10^5 \text{kN}$)		
		単独	離隔距離 15.0m	離隔距離 20.0m
77.50	1	0.83	0.83	0.83
70.20	2	2.05	2.05	2.06
62.80	3	3.20	3.20	3.21
56.80	4	4.57	4.62	4.63
50.30	5	6.71	6.76	6.77
43.20	6	8.87	9.09	9.07
35.00	7	9.92	10.27	10.24
34.23	8	10.56	10.98	10.96
31.53				



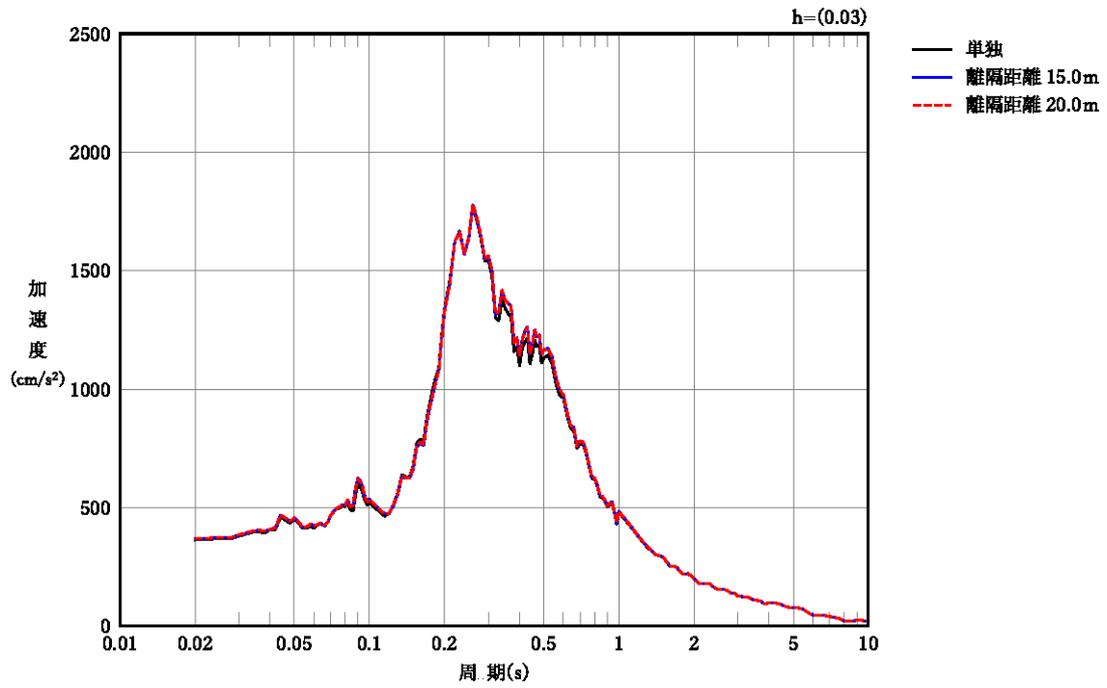
第3.2-3図 燃料加工建屋の最大応答曲げモーメント

第3.2-3表 燃料加工建屋の最大応答曲げモーメント一覧表

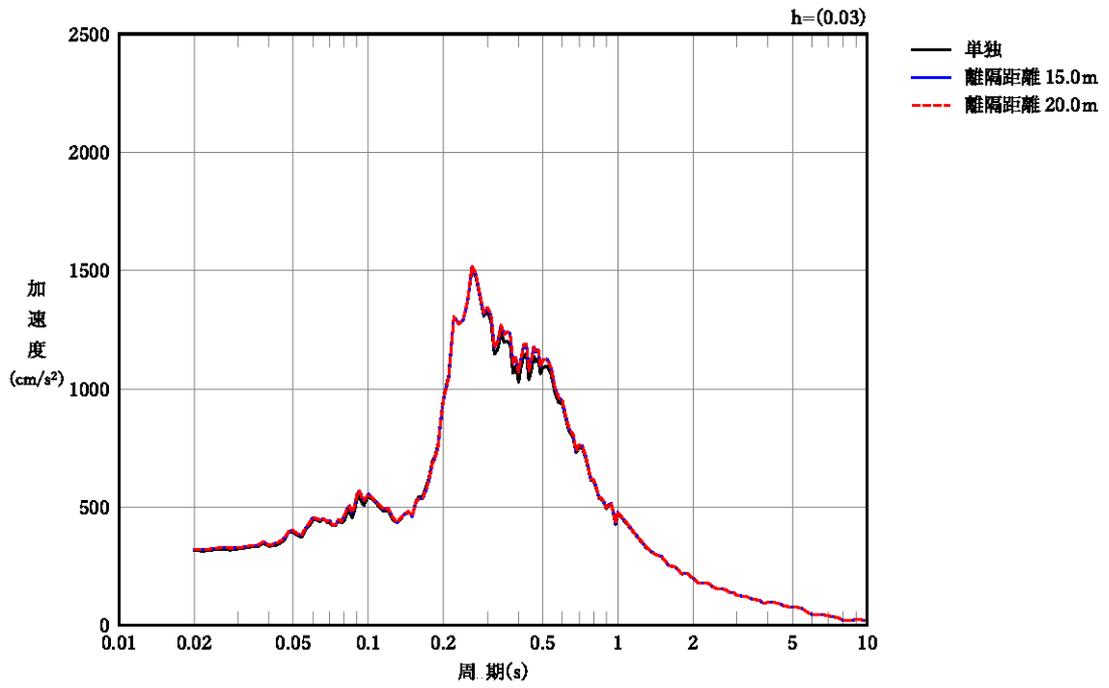
T. M. S. L. (m)	要素番号	最大応答曲げモーメント (×10 ⁵ kN・m)		
		単独	離隔距離 15.0m	離隔距離 20.0m
77.50	1	7.36	7.38	7.40
70.20	2	35.45	35.56	35.65
62.80	3	68.94	69.11	69.29
56.80	4	112.28	112.43	112.70
50.30	5	169.45	169.29	169.69
43.20	6	240.93	242.70	243.03
35.00	7	254.07	256.73	257.05
34.23	8	282.69	286.11	286.40
31.53				



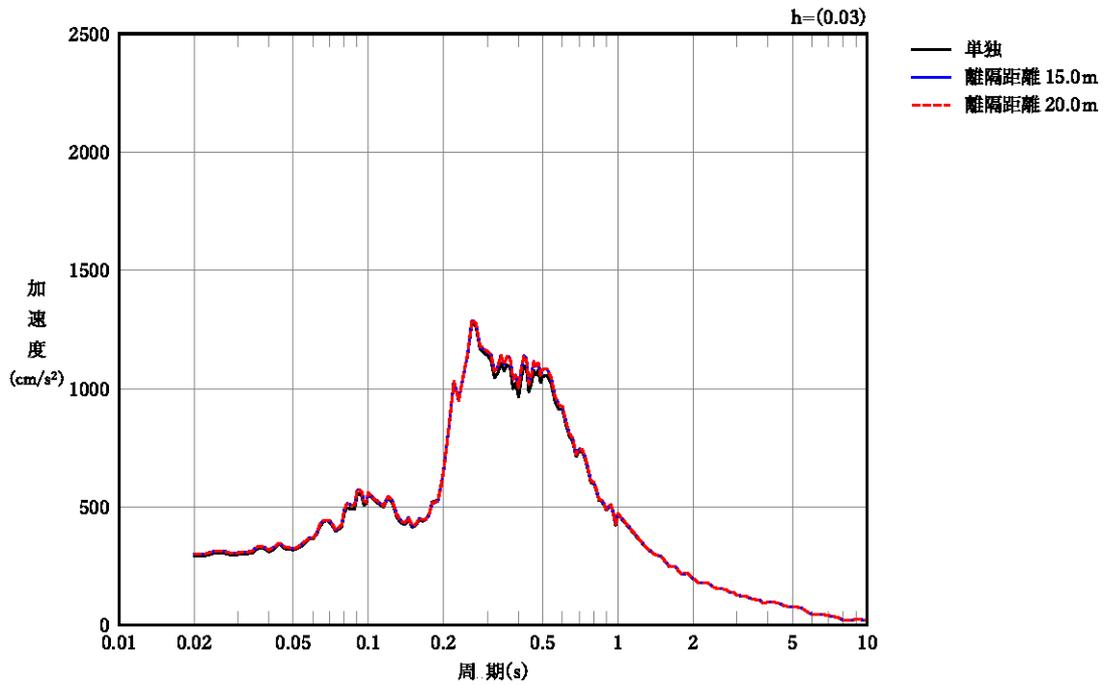
第 3. 2-4 図 燃料加工建屋の加速度応答スペクトル (T. M. S. L. 77. 50m)



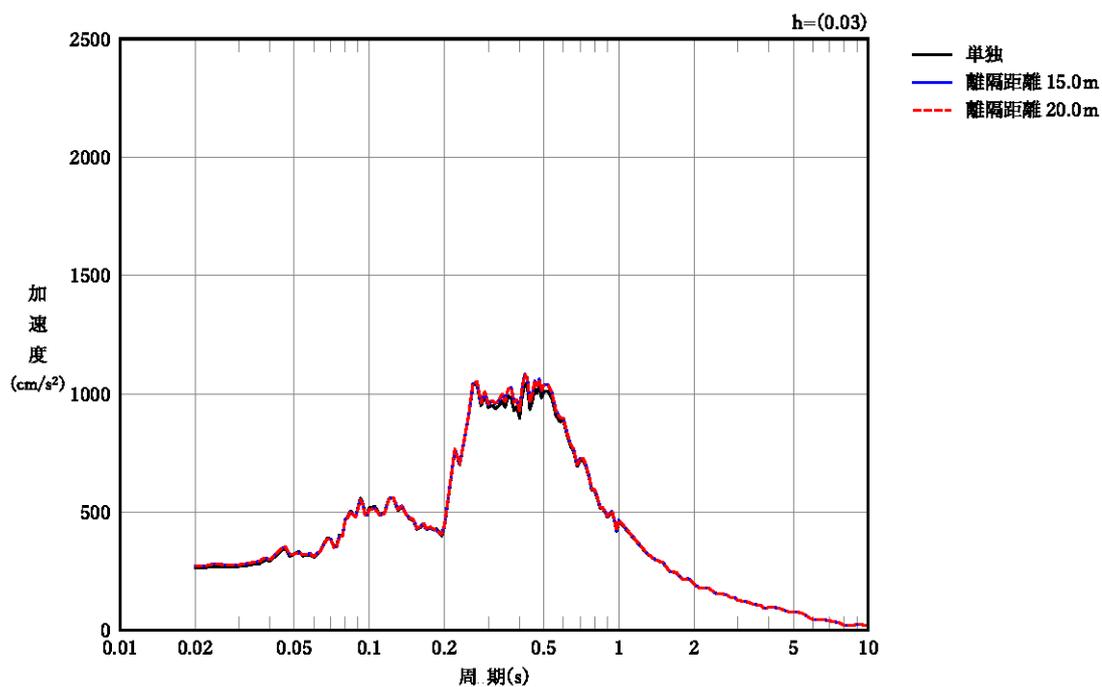
第 3. 2-5 図 燃料加工建屋の加速度応答スペクトル (T. M. S. L. 70. 20m)



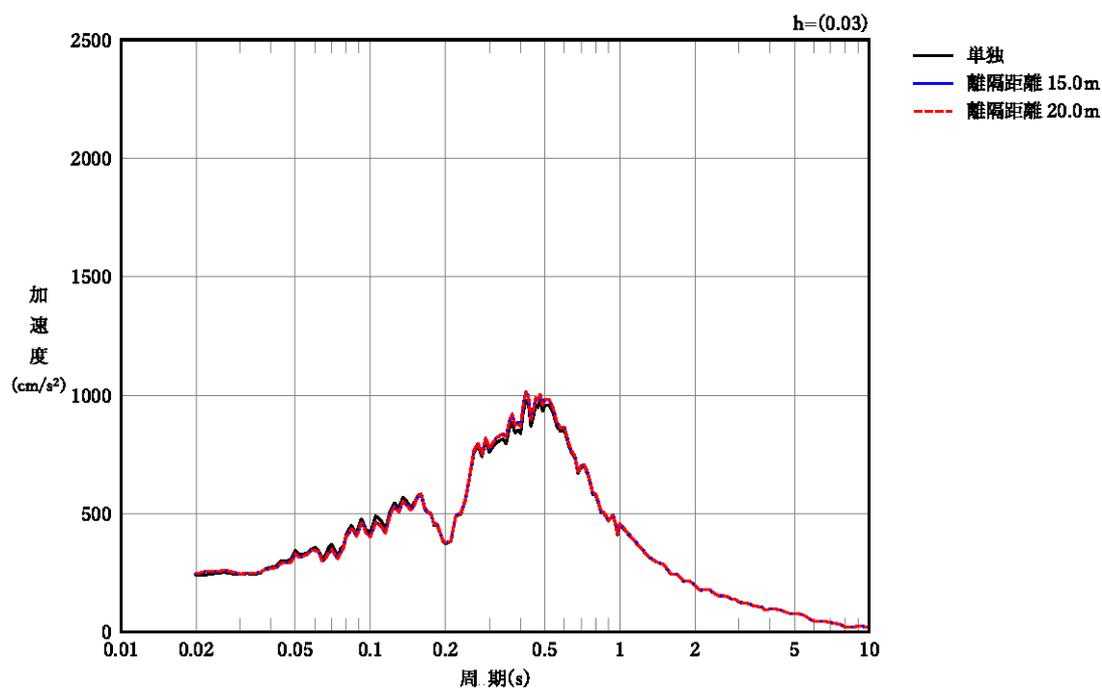
第 3. 2-6 図 燃料加工建屋の加速度応答スペクトル (T. M. S. L. 62. 80m)



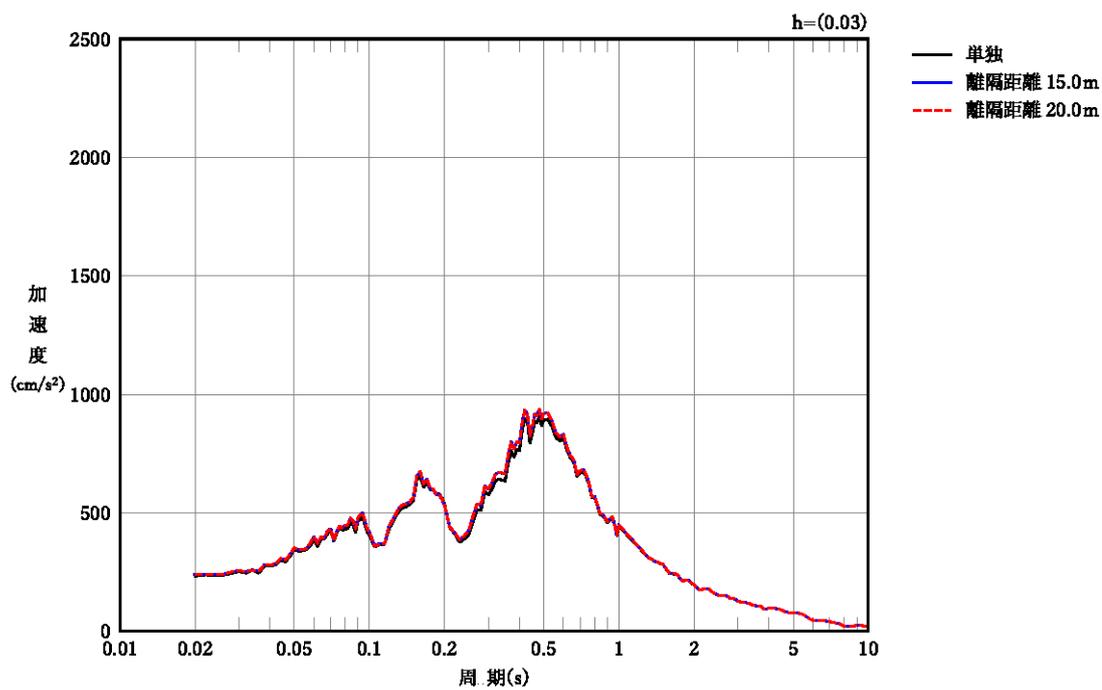
第 3. 2-7 図 燃料加工建屋の加速度応答スペクトル (T. M. S. L. 56. 80m)



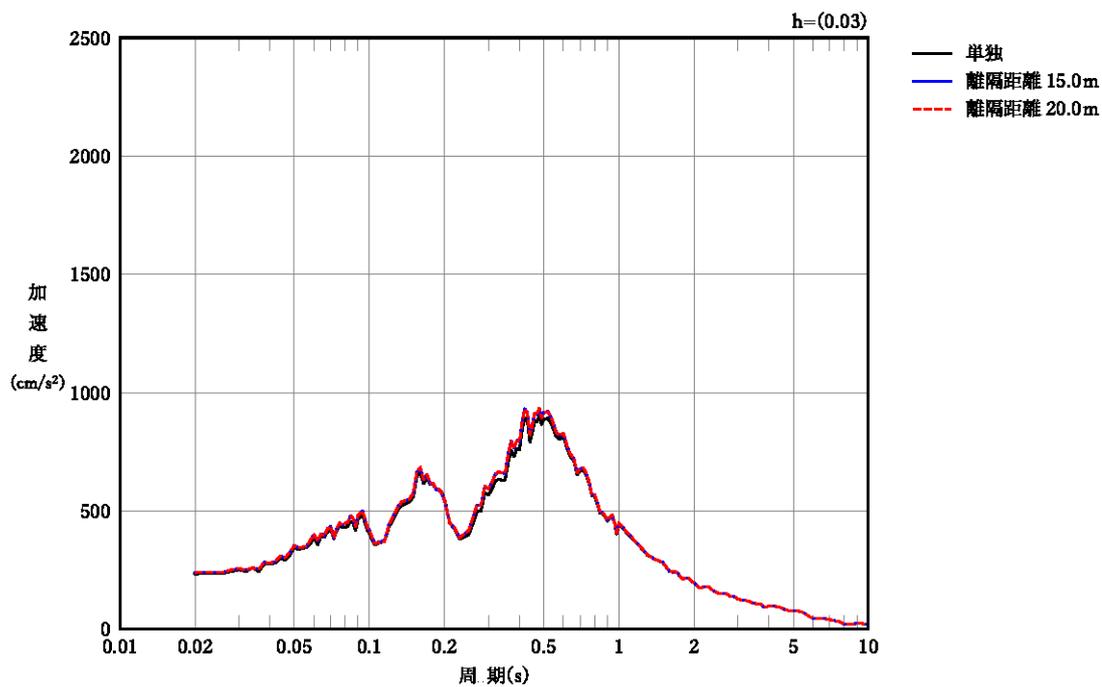
第 3. 2-8 図 燃料加工建屋の加速度応答スペクトル (T. M. S. L. 50. 30m)



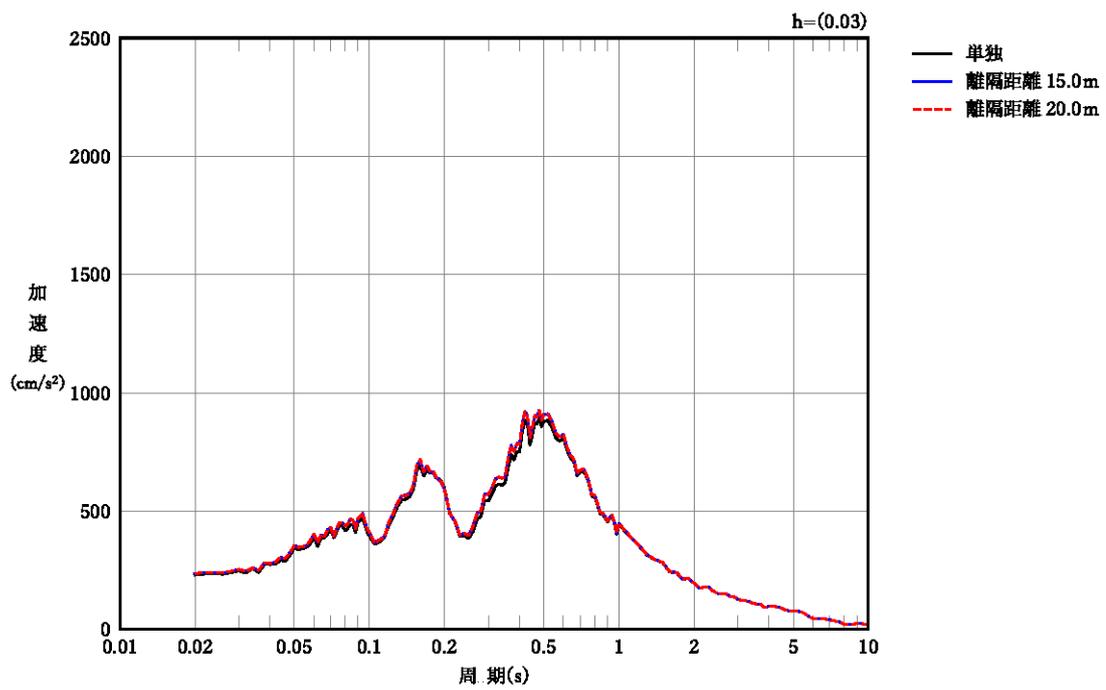
第 3. 2-9 図 燃料加工建屋の加速度応答スペクトル (T. M. S. L. 43. 20m)



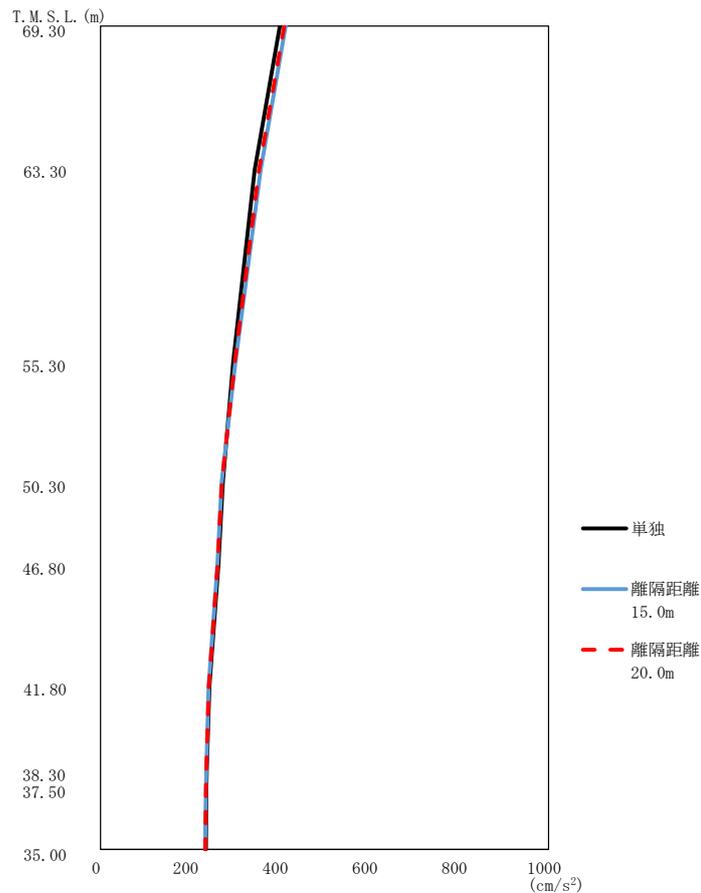
第 3. 2-10 図 燃料加工建屋の加速度応答スペクトル (T. M. S. L. 35. 00m)



第 3. 2-11 図 燃料加工建屋の加速度応答スペクトル (T. M. S. L. 34. 23m)



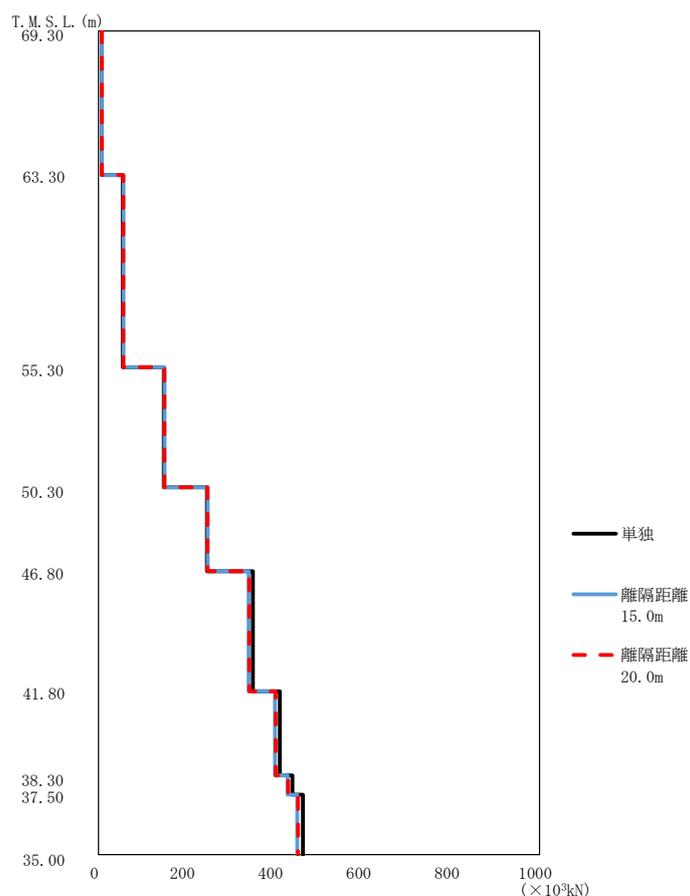
第 3. 2-12 図 燃料加工建屋の加速度応答スペクトル (T. M. S. L. 31. 53m)



第3.2-13図 ウラン・プルトニウム混合酸化物貯蔵建屋の最大応答加速度

第3.2-4表 ウラン・プルトニウム混合酸化物貯蔵建屋の最大応答加速度一覧表

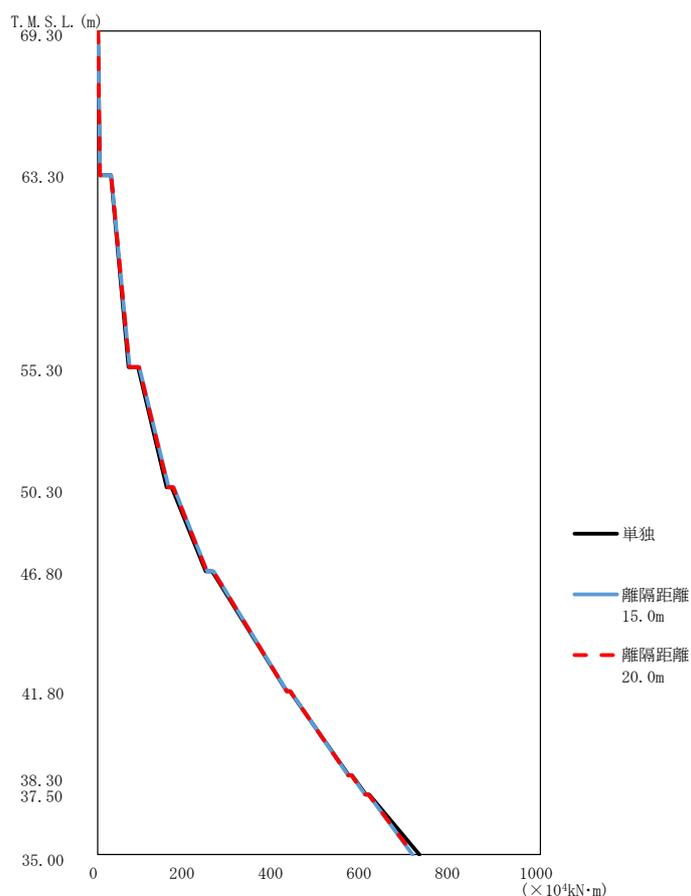
T. M. S. L. (m)	質点番号	最大応答加速度 (cm/s ²)		
		単独	離隔距離 15.0m	離隔距離 20.0m
69.30	1	400	413	410
63.30	2	344	357	354
55.30	3	296	301	300
50.30	4	273	270	271
46.80	5	263	261	261
41.80	6	243	241	241
38.30	7	237	236	236
37.50	8	236	235	235
35.00	9	235	233	234



第3.2-14図 ウラン・プルトニウム混合酸化物貯蔵建屋の最大応答せん断力

第3.2-5表 ウラン・プルトニウム混合酸化物貯蔵建屋の最大応答せん断力一覧表

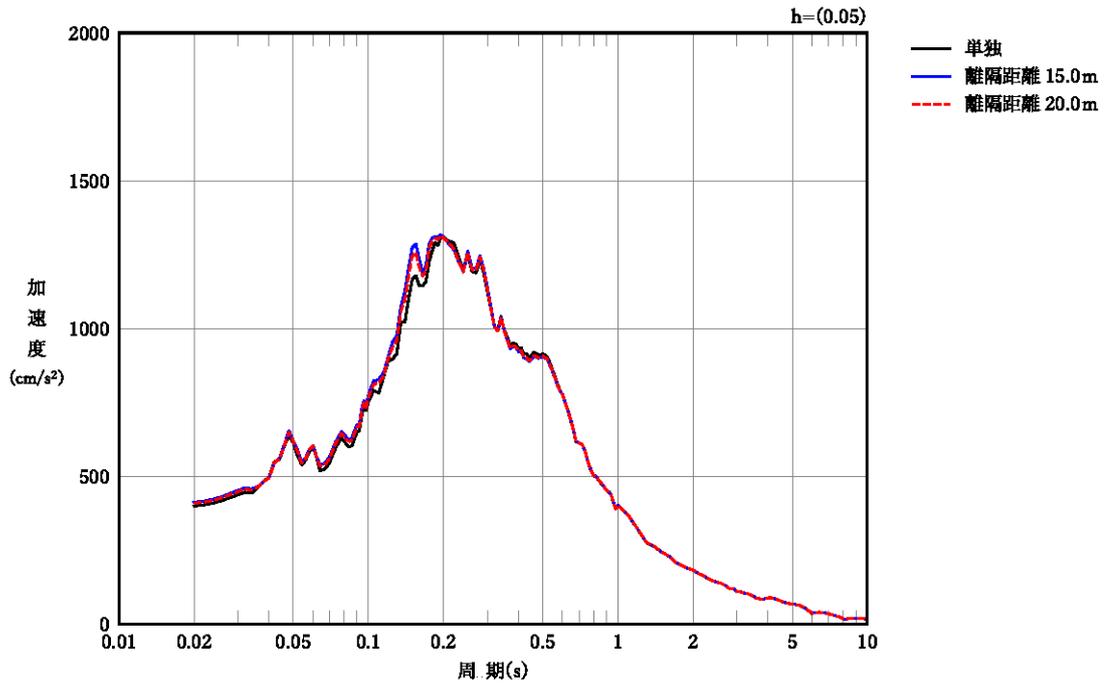
T. M. S. L. (m)	要素番号	最大応答せん断力(×10 ³ kN)		
		単独	離隔距離 15.0m	離隔距離 20.0m
69.30	1	7.38	7.66	7.58
63.30				
55.30	2	54.87	56.90	56.32
50.30				
46.80	3	148.25	149.99	149.45
41.80				
38.30	4	245.81	247.83	247.16
37.50				
	5	350.11	340.32	341.76
	6	411.10	400.31	401.67
	7	439.58	428.39	429.75
	8	463.51	450.48	452.24



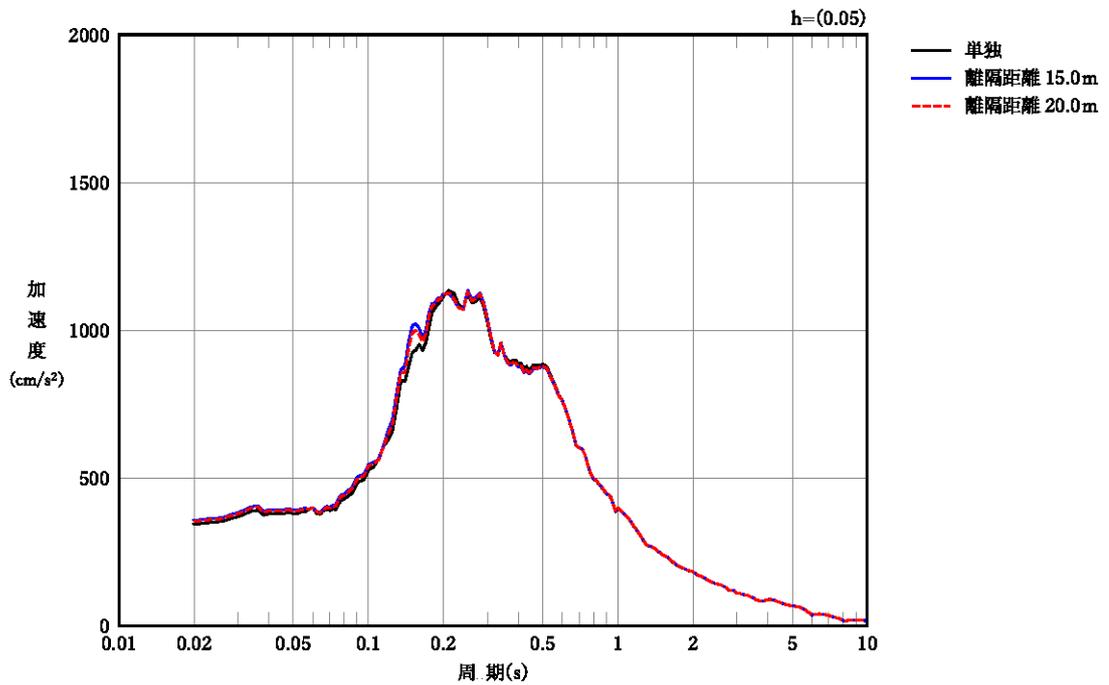
第3.2-15 図 ウラン・プルトニウム混合酸化物貯蔵建屋の最大応答曲げモーメント

第3.2-6 表 ウラン・プルトニウム混合酸化物貯蔵建屋の最大応答曲げモーメント一覧表

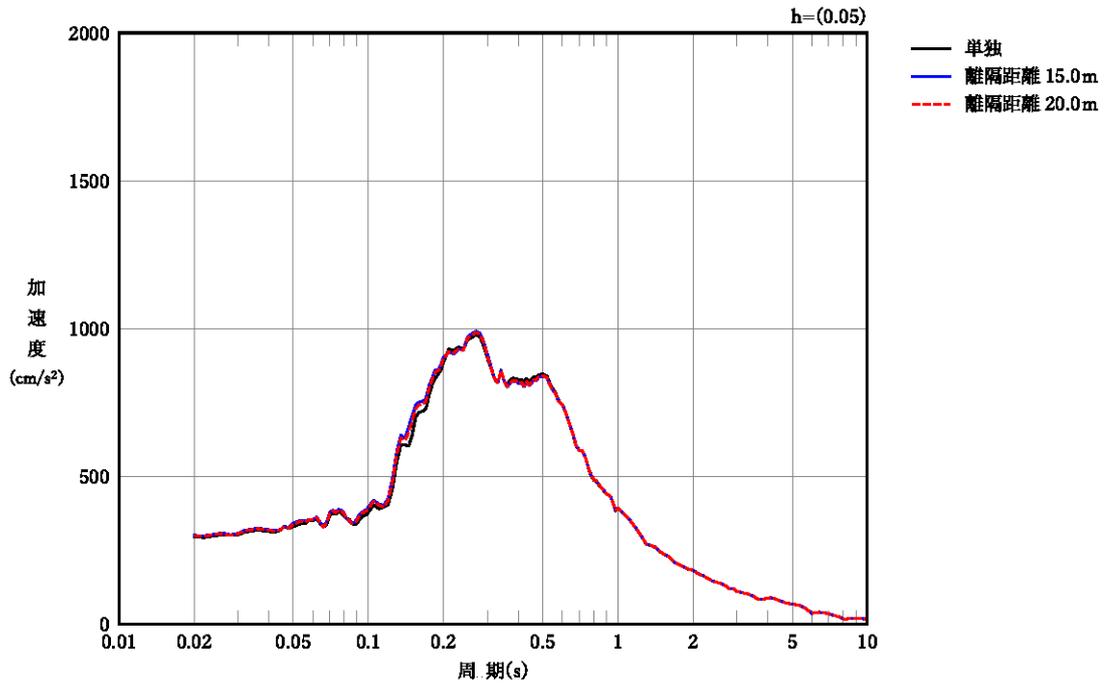
T. M. S. L. (m)	要素番号	最大応答曲げモーメント(×10 ⁴ kN・m)		
		単独	離隔距離 15.0m	離隔距離 20.0m
69.30	1	4.68	4.86	4.81
63.30				
55.30	2	69.65	71.92	71.26
50.30	3	155.87	160.33	159.02
46.80	4	244.14	247.04	246.15
41.80	5	426.88	427.57	427.06
38.30	6	566.97	565.63	565.51
37.50	7	605.79	604.05	604.00
35.00	8	726.73	711.38	713.32



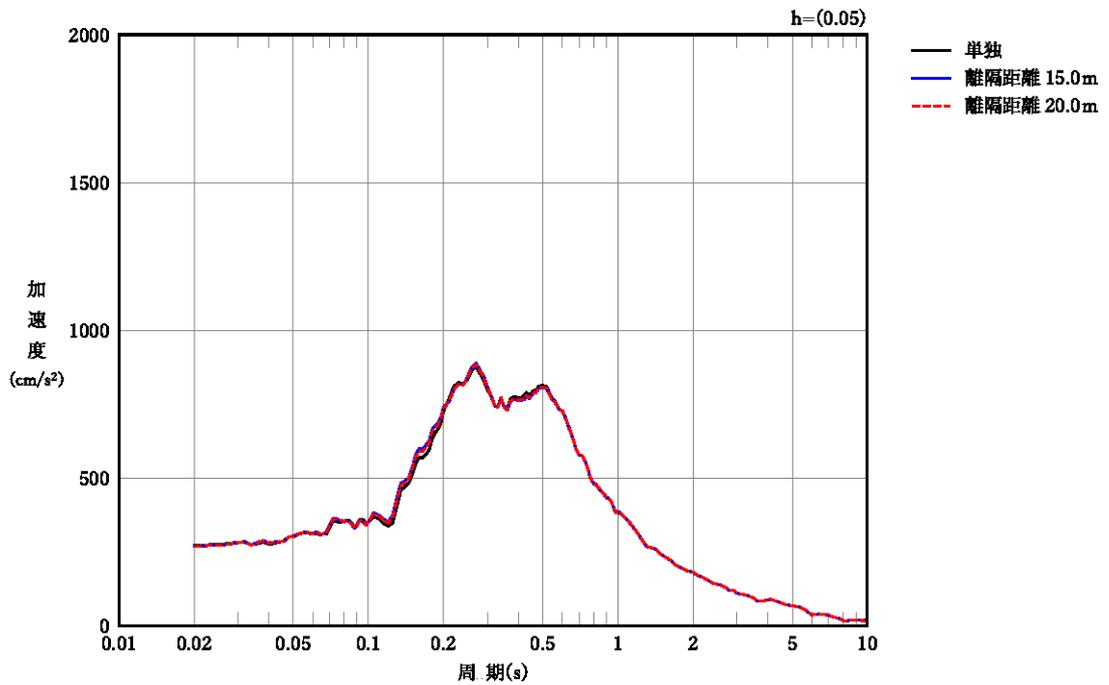
第3.2-16図 ウラン・プルトニウム混合酸化物貯蔵建屋の加速度応答スペクトル
(T. M. S. L. 69. 30m)



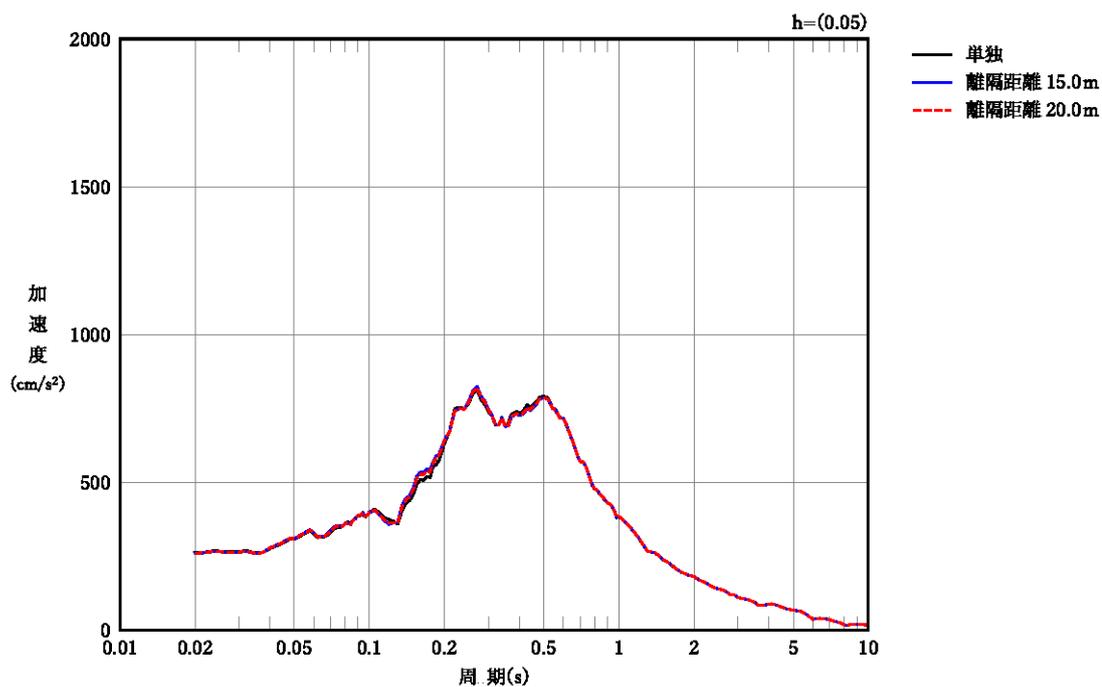
第3.2-17図 ウラン・プルトニウム混合酸化物貯蔵建屋の加速度応答スペクトル
(T. M. S. L. 63. 30m)



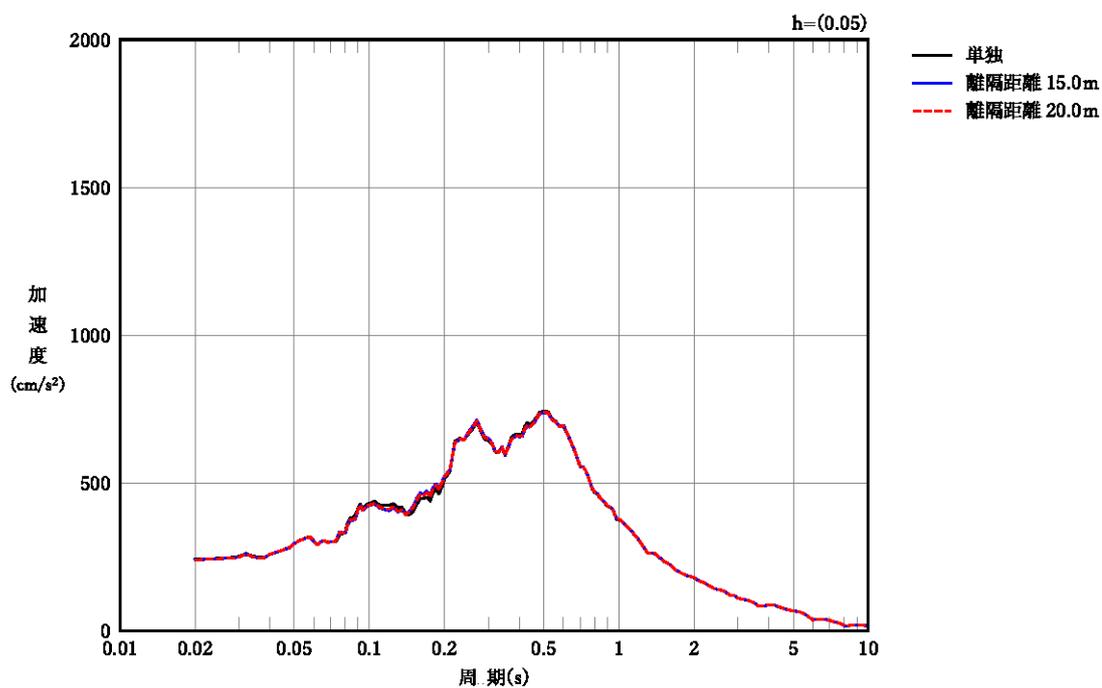
第3.2-18図 ウラン・プルトニウム混合酸化物貯蔵建屋の加速度応答スペクトル
(T. M. S. L. 55. 30m)



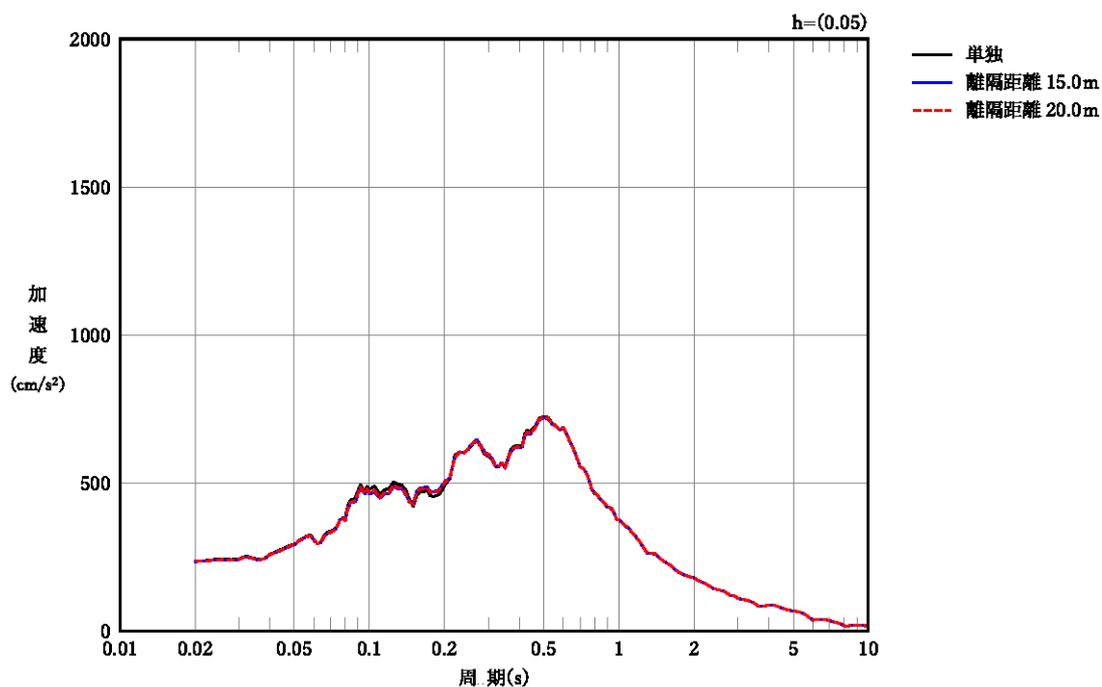
第3.2-19図 ウラン・プルトニウム混合酸化物貯蔵建屋の加速度応答スペクトル
(T. M. S. L. 50. 30m)



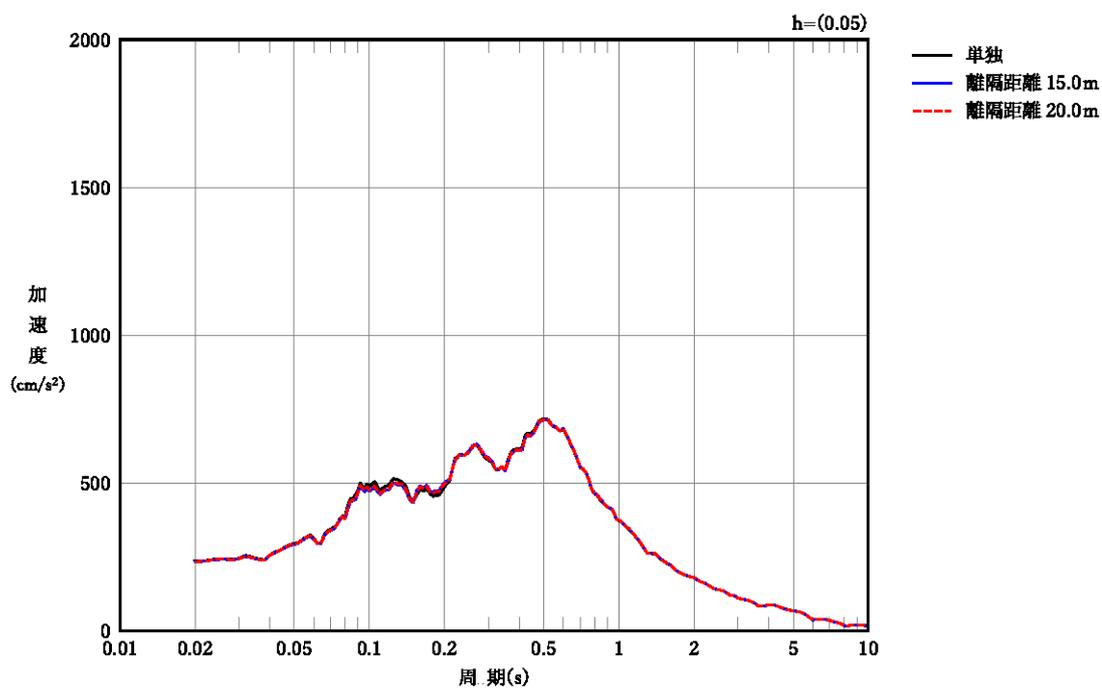
第3.2-20 図 ウラン・プルトニウム混合酸化物貯蔵建屋の加速度応答スペクトル
(T. M. S. L. 46. 80m)



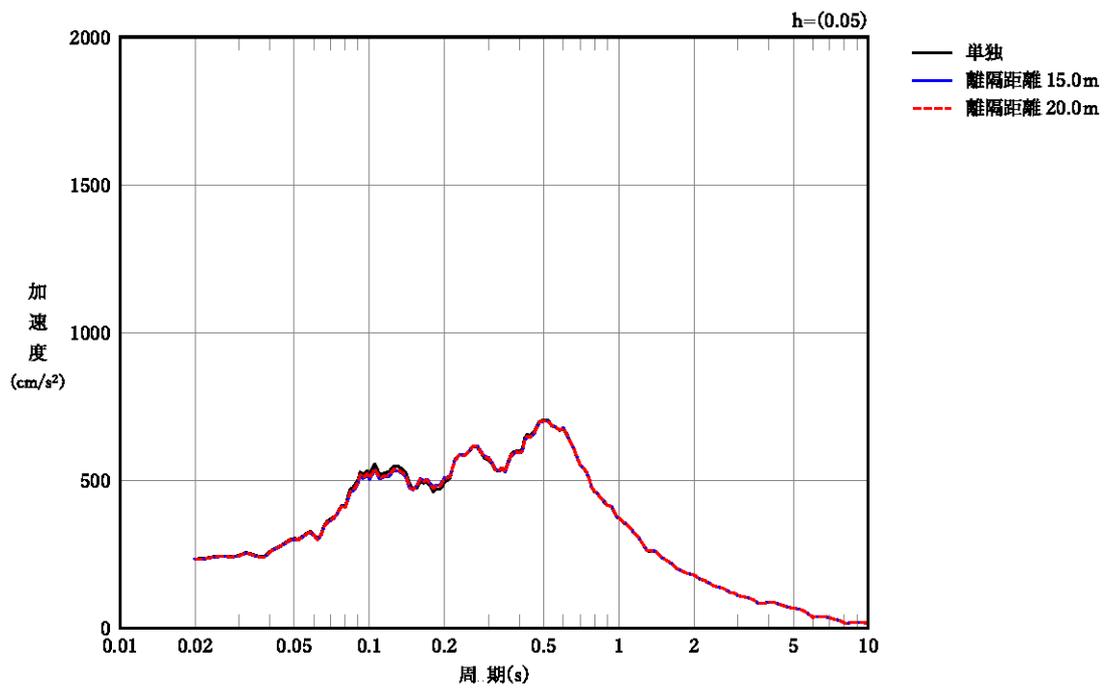
第3.2-21 図 ウラン・プルトニウム混合酸化物貯蔵建屋の加速度応答スペクトル
(T. M. S. L. 41. 80m)



第3.2-22 図 ウラン・プルトニウム混合酸化物貯蔵建屋の加速度応答スペクトル
(T. M. S. L. 38. 30m)



第3.2-23 図 ウラン・プルトニウム混合酸化物貯蔵建屋の加速度応答スペクトル
(T. M. S. L. 37. 50m)



第3.2-24図 ウラン・プルトニウム混合酸化物貯蔵建屋の加速度応答スペクトル
(T. M. S. L. 35.00m)