リサイク	ル燃料貯蔵株式	试会社
提出日	2022年3。	月9日
管理表 No.	0209-74	改訂 00

項目	コメント内容
耐震 (第7条)	SHAKE の問題点を挙げ、これらが問題ないレベルか、あるいはどのように解決されているか説明 すること(例えば、加速度の過大・過小評価、材料特性の非線形性)。

(回答)

SHAKE は、一次元波動理論を用いた地盤の地震応答解析を行う解析コードであり、周波数領域で地盤応答を求める解析コードである。地盤の非線形性(地盤ひずみ度に応じた地盤剛性及び減衰)を等価線形解析で考慮する。

JEAC 4601-2008 の「第3章 建物・構築物の耐震設計」のうち、「3.5.3 地盤の地震応答解析」の項には、以下の記載がある。

「参考資料 3.3 に示すように、支持地盤の剛性低下率の平均値が 0.7 を下回らない範囲では、R-Oモデルを用いた時刻歴非線形解析と等価線形解析の結果に大きな差がないことから、等価線形解析の適用範囲を支持地盤の剛性低下率の平均値で 0.7 を下回らない範囲とした。」

基準地震動毎に整理した地盤モデルを表1に示す。

これらのモデルの地盤の剛性低下率は、いずれも0.7を下回らないことから、適用範囲にあると考えている。

また、「建物と地盤の動的相互作用を考慮した応答解析と耐震設計(日本建築学会 2006 年)」には、以下の記載 がある。

「等価線形解析(SHAKE)の適用に関する注意点として、特に地盤が軟弱で地震動のレベルが大きい場合に、土の せん断歪みが増大すると観測値との差が大きくなることが報告されている。等価線形解析の適用できるせん断歪み の上限は0.1~1%といわれており、せん断歪みが適用限界を超える場合は、次項の逐次非線形解析を用いることも 必要であろう。」

基準地震動 Ss に対する,等価線形解析による地盤のせん断ひずみ分布を図1に示す。せん断ひずみの最大値は Ss-BlH における 0.17%であり,等価線形解析が適用できるせん断ひずみの上限である 0.1~1%を超えない値となっている。

以上

標高 T.P.	地層名	地盤 分類	密度 γ	弹性係数 G <sub>0</sub>	ポアソン比 <sub>V0</sub>	剛性低下 G/G <sub>0</sub>	率*1	弹性係数 G	等価減衰定数* h			
(m)	. <del>Ц</del>		$(g/cm^3)$	$(kN/m^2)$				$(kN/m^2)$		(%)		
13.8	田夕	Tn <sub>3</sub>	1.91	284, 000	0.47	0.911 →	0.9	256,000	3. 233	$\rightarrow$	3.	
13.5	部層	Tn <sub>2</sub>	1.92	376, 000	0.45	0.820 →	0.8	301,000	3.754	$\rightarrow$	3.	
7.0		Sn <sub>4</sub>	1.82	409, 000	0.45	0.711 →	0.7	286, 000	6.235	$\rightarrow$	6	
-39.5		Sn <sub>3</sub>	1.83	655, 000	0. 44	0.788 →	0.8	524,000	4. 221	$\rightarrow$	4	
-122.0	砂子											
	又層	$\operatorname{Sn}_2$	2.01	1, 230, 000	0. 41	0.773 →	0.8	984, 000	3. 767	$\rightarrow$	3	
-140.0		Sn <sub>1</sub>	1.77	847, 000	0. 42	0.806 →	0.8	678, 000	3. 454	Ť	ç	
210.0			1 00	1 874 000	0.41	1 000 -	1.0	1 274 000	0.0	1		
主記*1:	等価線形	解放基盤 解析での以束 率G/G。は小券	1.99 値を地層毎に層厚 点以下第2位をD	1,274,000 厚重み付け平均した作 四捨五入、減衰定数1	ā ā ss─A Ss─A	1位を切り捨て	とした端畿	妙迎遇。				
記*1: 標高 T.P. (m)	等価性低下地層名	解放基盤 解析での収束 率G/G。は小参 分類	1.99 値を地層無ご麗 ない下第2位をP 密度 ッ (g/cm <sup>3</sup> )	1,274,000 算重み付け平均したf 四捨五入、減衰定数1		1位を切り捨て 剛性低下 G/G <sub>e</sub>	×* <sup>1</sup>	築価せん断 弾性係数 G (kN/m <sup>2</sup> )	等価約	或衰沉 h (%)		
標高 T.P. (m) 13.8	等剛性低下 地層名 田名	解放基盤 解析での収束 率空G/G-は小夢 地盤 分類 Tn <sub>3</sub>	1.99 植を地層無ご顧問 な見以下第2位をP 密度 γ (g/cm <sup>3</sup> ) 1.91	1,274,000 東天小計平均したf 四捨五入、減衰定数		1 位を切り捨て 剛性低下 G/G <sub>0</sub> 0. 909 →	ン をした始勝 の、9	蛟0理。 等価-せん断 弾性係数 G (kN/m <sup>2</sup> ) 256,000	等価》 3.267	或衰; h (%)		
標高 T.P. (m) 13.8 13.5	等剛性 地層名 田名部層	解放基盤 辨研でで20収束 率G/G(は小夢 一 てn <sub>3</sub> てn <sub>2</sub>	1.99 値を地層無二層四 なな以下第2位を四 第2位を四 (g/cm <sup>3</sup> ) 1.91 1.92	1,274,000 算重み付け平均した 価 増 性 係 数 G <sub>0</sub> (kN/m <sup>2</sup> ) 284,000 376,000	。	1位を切り捨て 剛性低下 G/G <sub>0</sub> 0.909 → 0.818 →	・ シレた端線 ・ マッ <sup>×1</sup> 0.9 0.8	築価せん断 弾性係数 G (kN/m <sup>2</sup> ) 256,000 301,000	等価) 3.267 3.815		主数	
標高 T.P. (m) 13.8 7.0	等剛性 地層名 田名部層	解放基盤 解析での収束 率応(/G)は力場 地盤 分類 可n <sub>3</sub> Tn <sub>2</sub> Sn <sub>4</sub>	1.99       値を地層無二層県       値を地層無二層県       応以下第2位を四       (g/cm <sup>3</sup> )       1.91       1.92       1.82	1,274,000       評重み付け平均した信       関格五入、減衰定数1       弾性係数       G0       (kN/m <sup>2</sup> )       284,000       376,000       409,000	a. a. 1は小数点以下第 Ss −A 初期 ボアソン比 v <sub>0</sub> 0.47 0.45 0.45	1位を切り捨て 剛性低下 G/G <sub>0</sub> 0.909 → 0.818 → 0.693 →	空率*1 0.9 0.7	等価-せん断 弾性係数 G (kN/m <sup>2</sup> ) 256,000 301,000 286,000	等価》 3.267 3.815 6.452		主数	
標高 T. P. (m) 13. 8 13. 5 7. 0 -39. 5	等砷性 地層名 田名部層	解放基盤 解研での知束 率G/Gは小夢 一 て 加3 て 加3 て 加3 て 加3 て N4 Sn3	1.99       値を地層無二層県       位を地層気に開いて第2位を世       密度	1,274,000            「東天付け平均した値 四捨五入、減衰定数日 「単性係数 G <sub>0</sub> (kN/m <sup>2</sup> )            284,000             376,000             409,000             655,000	a. a. hは小数点以下第 Ss — A 初期 ボアソン比 vo 0.47 0.45 0.45 0.44	1位を切り捨て 剛性低下 G/G 0.909 → 0.818 → 0.693 → 0.799 →	2 <sup>率*1</sup> 0.9 0.8 0.7	第価せん断 弾性係数 G (kN/m <sup>2</sup> ) 256,000 301,000 286,000 524,000	等価) 3.267 3.815 6.452 4.076	或衰7 h (%) → → → → →	定数	
標高 T.P. (m) 13.8 13.5 7.0 -39.5 -122.0	等剛性 地層名 田名部層 砂子又層	解放基盤 解析での収束 率G/G(は)小夢 一 て 加。 て 加。 て 加。 て 加。 Sn4 Sn4 Sn3 Sn2	1.99       値を地層無二層理 の応以下第2位を理                            1.91       1.92       1.82	1,214,000            「頭はん断 弾性係数 G <sub>0</sub> (kN/m <sup>2</sup> )            284,000             376,000             409,000             1,230,000	a a A A が期 ポアソン比 v <sub>0</sub> 0.47 0.45 0.45 0.44 0.41	1位を切り捨て 剛性低下 G/G <sub>e</sub> 0.909 → 0.818 → 0.693 → 0.799 → 0.824 →	・ をした3職 で率*1 0.9 0.8 0.7 0.8 0.8	等価せん断 弾性係数 G (kN/m <sup>2</sup> ) 256,000 301,000 286,000 524,000 984,000	等価約 3.267 3.815 6.452 4.076 3.333		定数	
標高 T.P. (m) 13.8 13.5 7.0 -39.5 -122.0	等剛性 地層名 田名部層 砂子又層 WFT (1) 10 10 10 10 10 10 10 10 10 10 10 10 10	解放基盤 解析での収束 率6/G(は)場 7 7 7 7 3 7 7 3 7 3 5 4 5 8 4 5 8 2 5 8 2 5 8 2 5 8 2 5 8 2 5 8 2	1.99       植を地層無二層県       成以下第2位を四       密度 γ       (g/cm <sup>3</sup> )       1.91       1.92       1.82       1.83       2.01       1.77	1,274,000       第重み付け平均した信       関格五入、減衰定数1       弾性係数       G0       (kN/m <sup>2</sup> )       284,000       376,000       409,000       655,000       1,230,000       847,000		1位を切り捨て 副性低下 G/G <sub>0</sub> 0.909 → 0.818 → 0.693 → 0.799 → 0.824 →	x をしたが議 で率*1 0.9 0.8 0.7 0.8 0.8	续0理。       等価せん断 弾性係数 G (kN/m <sup>2</sup> )       256,000       301,000       286,000       524,000       984,000       762,000	等価) 3.267 3.815 6.452 4.076 3.333			
標高 T. P. (m) 13. 8 13. 5 7. 0 −39. 5 −122. 0 −140. 0 −218. 0	等剛性 地層名 田名部層 砂子又層	解放基盤 解析での知束 率G/G(は小夢 空房/G(は小夢 分類 て 五 五 五 五 名 4	1.99       値を地層無二層風 の応以下第2位を世 (g/cm <sup>3</sup> )       1.91       1.92       1.82       1.83       2.01       1.77	1,214,000                 前項 せん断 弾性係数 G <sub>0</sub> (kN/m <sup>2</sup> )                 284,000                 376,000                 409,000                 1,230,000                 847,000		1位を切り捨て 剛性低下 G/G <sub>e</sub> 0.909 → 0.818 → 0.693 → 0.824 → 0.854 →	ン を した 当職 で 率 *1 0.9 0.8 0.7 0.8 0.8 0.8 0.9 0.9	等価せん断 弾性係数 G (kN/m <sup>2</sup> ) 256,000 301,000 286,000 524,000 984,000 762,000	等価約 3.267 3.815 6.452 4.076 3.333 2.838	哀 府 (%) → → → → → → → → → → → → → → → → → → →	定数 33 33 6 4 2 2	

表1(1) 地盤モデル

表1(2) 地盤モデル

標高 T.P. (m)	地層名	地盤 分類	密度 γ (g/cm <sup>3</sup> )	初期せん断 弾性係数 G <sub>0</sub> (kN/m <sup>2</sup> )	初期 ポアソン比 <sup>ν</sup> 0	剛性低下率*1         等価せん携 弾性係数 G/G0           (kN/m <sup>2</sup> )		等価せん断 弾性係数 G (kN/m <sup>2</sup> )	等価減衰定数 <sup>*</sup> h (%)			
13.8	田夕	Tn <sub>3</sub>	1.91	284, 000	0.47	0.934	$\rightarrow$	0.9	256, 000	2.900	$\rightarrow$	2.0
13.5	部層	Tn <sub>2</sub>	1.92	376, 000	0.45	0.874	$\rightarrow$	0.9	338, 000	2.462	$\rightarrow$	2.0
7.0		Sn <sub>4</sub>	1.82	409, 000	0.45	0. 793	$\rightarrow$	0.8	327, 000	4.065	Ť	4.0
-39.5	까	Sn <sub>3</sub>	1.83	655, 000	0.44	0. 820	Ť	0.8	524, 000	2.636	Ť	2.0
122.0	砂子又層	Sn <sub>2</sub>	2.01	1, 230, 000	0.41	0. 776	À	0.8	984, 000	2.833	À	2.0
-140.0		Sn <sub>1</sub>	1.77	847, 000	0. 42	0. 813	→	0.8	678, 000	2.038	→	2.0
		解放基盤	1.99	1, 274, 000	0.41	1.000	$\rightarrow$	1.0	1, 274, 000	0.0	Ļ	0.0

注記\*1:等価線形解析での収束値を地層毎に層厚重み付け平均した値。 剛性低下率6/6,は小数点以下第2位を四捨五人、減衰定数hは小数点以下第1位を切り捨てとした端数処理。

Ss-B2

標高 地 T.P. 名 (m)		地盤 分類	密度 γ (g/cm <sup>3</sup> )	初期せん断 弾性係数 G <sub>0</sub> (kN/m <sup>2</sup> )	初期 ポアソン比 <sup>い</sup> 0	剛	低下 G/G <sub>0</sub>	率*1	等価せん断 弾性係数 G (kN/m <sup>2</sup> )	等価減	載衰) h (%)	主数 <sup>*1</sup>
13.8	ш											
13 5	名	Tn <sub>3</sub>	1.91	284, 000	0.47	0.935	$\rightarrow$	0.9	256,000	2.900	$\rightarrow$	2.0
1010	部層	Tn <sub>2</sub>	1.92	376, 000	0.45	0.875	$\rightarrow$	0.9	338, 000	2.638	$\rightarrow$	2.0
7.0		$\mathrm{Sn}_4$	1.82	409, 000	0.45	0. 799	$\rightarrow$	0.8	327, 000	4. 781	$\rightarrow$	4.0
-39.5	砂	Sn <sub>3</sub>	1.83	655, 000	0. 44	0. 867	Ť	0.9	590, 000	3. 058	Ť	3.0
	2子又層	$\operatorname{Sn}_2$	2.01	1, 230, 000	0.41	0.864	$\rightarrow$	0.9	1, 107, 000	2.900	$\rightarrow$	2.0
-140.0		$\operatorname{Sn}_1$	1.77	847, 000	0. 42	0. 900	À	0.9	762, 000	2. 138	À	2.0
		解放基盤	1.99	1,274,000	0.41	1.000	$\rightarrow$	1.0	1,274,000	0.0	$\rightarrow$	0.0

注記\*1:等価額時務時行での収束値を地層毎二層厚重が付け平均した値。 剛性低下率6/Gitが数点以下第2位を四捨五入、減衰定数hitが数点以下第1位を切り捨てとした端数の理。

Ss-B3

表1(3) 地盤モデル

標高	地層	地盤	密度	が期せん断弾性係数	<sub>が期</sub> ポアソン比	剛性低下率*1			弾性係数	等価減衰定数*		
1. P. (m)	名	分類	$\gamma$ $(g/cm^3)$	G <sub>0</sub> (kN/m <sup>2</sup> )	ν <sub>0</sub>		G/G <sub>0</sub>		G (kN/m <sup>2</sup> )	h (%)		
13.8	田	Tn.	1 01	284 000	0.47	0.020	_	0.0	256,000	3 033		3
13.5	名部	- 1113 	1. 51	204,000	0.41	0. 520	·	0.9	230,000	0.000		J.
7.0	層	In <sub>2</sub>	1.92	376, 000	0.45	0.843	$\rightarrow$	0.8	301,000	2.931	→	2.
1.0		$\operatorname{Sn}_4$	1.82	409, 000	0.45	0. 776	$\rightarrow$	0.8	327, 000	4.639	$\rightarrow$	4.
-39.5		Sn <sub>3</sub>	1.83	655, 000	0. 44	0. 881	→	0.9	590, 000	2. 979	→	2.
-122.0	砂子又層	Sn <sub>2</sub>	2.01	1, 230, 000	0.41	0.861	→	0. 9	1, 107, 000	3.000	→	3.
-140.0												
-218.0		$\mathrm{Sn}_1$	1.77	847, 000	0.42	0. 879	$\rightarrow$	0. 9	762, 000	2.162	→	2.
		解放基盤	1.99	1, 274, 000	0.41	1.000	$\rightarrow$	1.0	1, 274, 000	0.0	$\rightarrow$	0.

Ss-B4



図1(1) 等価線形解析による地盤のひずみ分布











