

審査請求人

総代 相沢 一正 殿

総代 軍司 道男 殿

総代 大石 光伸 殿

令和3年2月4日

「東海第二原子力発電所の設置変更の許可等に対する審査請求に係る
口頭意見陳述会」における質問に対する回答について

令和3年1月18日に開催した東海第二原子力発電所の設置変更の許可等に対する審査請求に係る口頭意見陳述会における御質問について、下記のとおり御回答します。

1.

東海第二の地盤モデルの減衰定数について。

日本原電が策定した東海第二発電所の「地盤モデル」では-15mまでの減衰定数は23.6%、-15~370m（解放基盤面の深さ）までの減衰定数を7%としています。さらに震源を特定せず策定する地震動において留萌地震を東海第二発電所に適用する際に使う減衰定数は新たに「留萌モデル」（留萌地震評価用の地盤モデル）を作って、減衰定数は更に深い-679mまで7%としています。

この23.6%とか7%という減衰定数について、

- ・ 「通常、線形では1~2%程度かと認識しており、この地盤モデルの定数はとても大きな値と思いますが、審査ではこれを適切なものと確認されているのですか」
- ・ 「この（非線形時の）減衰定数の値は大きくありませんか」
- ・ 「元の地盤モデルでは解放基盤面以深は減衰定数2%であったのが、震源を特定せず策定する基準地震動の留萌地震を東海第二に適用するときには解放基盤面以深の減衰定数を7%に変更しているのは解放基盤波を小さくしてしまうので如何なものですか？」

回答

東海第二発電所の地震動評価の際に用いる地盤モデルは、各種の調査・解析結果を踏まえて、解放基盤表面以浅とそれ以深の二つの地盤モデルに分けて設定されています。具体的に、解放基盤表面以浅（E.L. 8m~E.L. -370m）は地盤同定解析結果を基に、解放基盤表面以深（E.L. -370m~E.L. -1002m）は1000mボーリ

ング調査結果を基にそれぞれの地盤物性値が設定され、地震基盤から地表までの地盤モデルが構築されています（図1）。ここに、解放基盤表面以深の地盤モデルの減衰定数については、解放基盤表面から地震基盤までは信岡ほか（2012）、地震基盤以深（E.L.-677m以深）については佐藤ほか（1994）に基づき設定されています。なお、断層モデルを用いた手法による地震動評価では、想定する地震の震源域で発生した同じ地震発生様式の地震の敷地での観測記録で、震源特性、伝播経路特性及び敷地地盤の振動特性を適切に反映した記録を要素地震として適切なものと評価した上で、経験的グリーン関数法により評価されており、地震動評価の際には解放基盤表面以深の地盤モデルは使用されておりません。

- ①解放基盤表面以浅の地盤モデルは、地盤同定解析結果を基に設定した。
- ②解放基盤表面以深の地盤モデルは、1000mボーリングの調査結果を基に設定した。
- ③なお、解放基盤表面以深の最上層のS波速度、P波速度及び密度については、地盤モデルにおける物性値の連続性を考慮し、解放基盤表面以浅の地盤モデルにおける最下層の数値とした。
- ④減衰定数については、解放基盤表面から地震基盤までは信岡ほか(2012)、地震基盤以深については佐藤ほか(1994)に基づき設定した。

▽解放基盤表面 (E.L.-370m)

▽地震基盤 (E.L.-677m)

設定した地盤モデル

* E.L. (m)	層厚 (m)	S波速度 (m/s)	P波速度 (m/s)	密度 (g/cm ³)	減衰定数	
					水平	鉛直
① 8.0	2.5	130	280	1.71	0.236f ^{-0.752}	0.203f ^{-0.21}
5.5	4.5	151	403			
1.0	8.0	308	1589	1.66	0.072f ^{-0.931}	0.203f ^{-0.93}
-7.0	8.0	478	1509	1.82		
-15.0	91.0	477	1753	1.69	0.02	0.01
-106.0	62.0	557	1742	1.74		
-168.0	92.0	669	2067	1.78	Q=110f ^{0.69}	
-260.0	108.0	756	2256	1.82		
-368.0	2.0	790	2000	1.85		
-370.0	107.0	③ 790	2000	1.85	④ 0.02	0.01
-477.0	200.0	840	2110	1.96		
-677.0	60.0	2750	4740	2.63		
-737.0	265.0	3220	5550	2.70		
-1002.0	-	3220	5550	2.70		

* G.L. = E.L.8.0m

図1 地震動評価用「地盤モデル」

（東海第二発電所地下構造評価について：日本原子力発電株式会社、平成28年3月10日）

御指摘の解放基盤表面以浅における減衰定数 23.6%及び 7%は、いわゆる周波数依存型の減衰定数 ($h=h_0f^{-\alpha}$) に基づく地盤同定解析により得られた 1Hz における減衰定数 (h_0) となります。ここに、減衰定数の周波数のべき乗 α が 0.752、0.931 を呈することから、10Hz 以上の高周波数側の減衰定数は、1Hz における減衰定数 (23.6%及び 7%) のそれぞれ 1/10 程度以下と小さくなります。地盤同定

解析は、地盤非線形性の影響がない中小地震の地震観測記録に基づき線形解析により実施されており、観測スペクトル比を適切に説明する地盤モデルが設定されています。減衰定数は、等価線形解析により得られた履歴減衰ではありません。

また、御指摘の「震源を特定せず策定する地震動」に係る留萌地震については、同地震の震源近傍に位置する K-NET 港町観測点 (HKD020) の S 波速度 938m/s の基盤層において地震動 (基盤地震動) が評価されていることから、東海第二発電所の地盤特性の影響を考慮して、基盤層 (S 波速度 938m/s) に相当する E. L. -655m に留萌地震の基盤地震動を入力することにより、E. L. -370m の解放基盤表面における地震動が評価されています。上記のとおり、「震源を特定せず策定する地震動」の評価では、E. L. -655m に留萌地震の基盤地震動を入力することから、別途、1000m ボーリング孔の深度 1000m (E. L. -992m) に設置した地震計による地震観測記録を用いて、解放基盤表面以深の地盤モデルについて追加の地盤同定解析により設定された留萌地震評価用の地盤モデルが使用されています (図 2)。

●地盤モデルの同定結果

- ・地震観測記録から求めた伝達関数に、一次元波動論に基づく理論伝達特性を当てはめる逆解析により、地盤モデルを同定した。
- ・減衰定数の初期値は0.01(1%)と仮定した。
- ・解析手法は遺伝的アルゴリズムを用い、乱数の初期値を変えた5通りの計算結果の平均値を採用した。
- ・解析パラメータについては、山中・石田(1995)を参考に設定した。
- ・得られた結果を以下に示す。
 水平成分 $h(f)=0.022$
 鉛直成分 $h(f)=0.001 \times f^{-1.000}$

同定解析における初期値, 探索範囲, 同定結果

		固定パラメータ			探索範囲				同定結果			
E.L. (m)	層厚 (m)	地層	S波速度 (m/s)	P波速度 (m/s)	密度 (g/cm ³)	減衰定数 $h(f)=h_0 \times f^\alpha$						
						水平	鉛直	水平	鉛直			
▼ 8.0	2.5	第四系	130	280	1.71	0.236f ^{-0.752}	0.203f ^{0.21}					
5.5	4.5		151	403								
1.0	8.0		308	1589						1.66		
-7.0	8.0		478	1509						1.82		
▼ -15.0	2.0	新第三系	477	1753	1.69	0.072f ^{-0.931}	0.203f ^{0.93}					
-17.0	89.0		557	1742						1.74		
-106.0	62.0		669	2067						1.78		
-168.0	24.0		756	2256						1.82		
▼ -192.0	68.0	先新第三系	790	2000	1.85	0.072f ^{-0.931}	0.203f ^{0.93}					
-260.0	108.0		835	2124						1.89		
-368.0	2.0		904	2205						2.00		
▽ -370.0	2.0		947	2256						2.07		
▼ -372.0	104.0	先新第三系	2750	4740	2.65	-	-	h ₀ :0.001~1.000	h ₀ :0.022			
-476.0	90.0		3220	5550						2.78	α:0.000	α:1.000
-566.0	89.0		3220	5550						2.78		
-655.0	24.0		3220	5550						2.78		
△ -679.0	55.0	3220	5550	2.78								
▼ -734.0	258.0											
▼ -992.0	-											

▼:地震計位置 ▽:解放基盤表面 △:地震基盤

□:同定対象

図 2 留萌地震評価用「地盤モデル」
 (東海第二発電所震源を特定せず策定する地震動について：
 日本原子力発電株式会社、平成 28 年 10 月 14 日)

審査においては、地震動評価の際に用いる各地盤モデルの妥当性を確認しております。

2.

基準地震動の2E波の策定の際に、照射用地震動の観測記録から解放基盤面以浅からの反射波 F_n を除く際にどのような減衰定数を用いているのですかについて

日本原電が経験的グリーン関数法で使った中小地震記録が敷地地表面の記録か、解放基盤面相当の深さで観測された記録か定かでなく、

- ①地中の観測記録であれば $E_n + F_n$ から解放基盤波(2E)に変換する
- ②地表面での観測記録であれば $E_1 + F_1$ から解放基盤波(2E)に変換するという作業をされると思います。

基準地震動策定の際に上記①地中観測記録であれ、②地表観測記録であれ、いずれにせよ地盤モデルによる減衰定数が必要でしょうから、どの方法でどういふ減衰定数を使ってやっているのかが審査資料で探しても見当たらないので教えて頂きたい。

【回答】

東海第二発電所の断層モデルを用いた手法による地震動評価では、震源近傍で発生した適切な要素地震の観測記録が敷地で得られていることを踏まえて、経験的グリーン関数法に基づく地震動評価が行われています。経験的グリーン関数法では、要素地震波として E. L. -372m の地震観測記録から適切な観測地震動(E+F波)を選定し、E. L. -370m の解放基盤表面におけるはぎとり解析により得られた解放基盤波(2E波)を用いて波形合成を行っています。はぎとり解析では、解放基盤表面以浅(E. L. 8m~E. L. -370m)の地盤モデル(図1)が用いられております。

審査においては、経験的グリーン関数法に用いる要素地震波(解放基盤波(2E波))の妥当性を確認しております。

3.

赤城山噴火の想定規模を日本原電は総噴出量 5 キロ立方メートルで火山爆発指数は「VEI5」であるとしています。

他方、町田洋さんらの『新編 火山灰アトラス』を見ていたところ、赤城鹿沼噴火 (Ag-KP) は「VEI6」と評価されていたことから町田先生にお聞きしたところ、火山学会での赤城山の総噴出量は 25 キロ立方メートルというのが学会の定説ですので火山爆発指数は「VEI6」とのことでした。

日本原電の層噴出量が学会評価の 1/5 の規模で評価されていることは規制委員会は確認済みで、これで良しとしたのかを確認しておきたい。

【回答】

降下火砕物の影響評価においては、施設の設計荷重の元となる最大層厚の妥当性を審査しています。最大層厚は、降下火砕物の分布状況や降下火砕物シミュレーション結果等により評価されていますが、そのシミュレーションでは、噴出量がパラメータとして用いられています。

申請者は当初、鈴木(1990)による 25km³ を降下火砕物シミュレーションに用いる噴出量としていました。この文献は、町田・新井編「新編火山灰アトラス」に引用されているものです。

規制委員会は、この 25km³ については、最新の知見に基づくものではなく、また、当該文献では、噴出量の総体積とされており火山灰以外の溶岩流も含まれた値であることから、申請者に再検討を求め、その結果、より精緻な赤城鹿沼テフラの等層厚線図を示す最新の知見である山元(2013)及び山元(2016)に基づく 5km³ に見直されました。この噴出量及び平均的な風向・風速を用いた降下火砕物シミュレーションの結果は、最新の文献調査及び地質調査の結果である降下火砕物の等層厚線図と整合的であることを確認し、妥当であると判断しています。

原子力規制委員会原子力規制庁
原子力規制部審査グループ 地震・津波審査部門／実用炉審査部門
東海第二原子力発電所設置変更許可等処分担当