

東通原子力発電所  
基準地震動策定のうち地下構造評価の概要

---

2021年2月5日  
東北電力株式会社

## 基準規則解釈・審査ガイド(抜粋) (附番を加筆)

- 地震波の伝播特性に与える影響を検討するため、地質構造を評価するとともに、地震基盤の位置及び形状、岩相・岩質の不均質性並びに地震波速度構造等の地下構造及び地盤の減衰特性を評価すること。
- 地下構造が成層かつ均質と認められる場合を除き、三次元的な構造により検討すること。
- 既往文献調査、既存データの収集・分析、地震観測記録の分析、地質調査、ボーリング調査並びに物理探査等を適切な手順と組み合わせて実施すること。

### 【広域地下構造調査(概査)】(深部地下構造)

- 比較長周期における地震波の伝播特性に大きな影響を与える、地震基盤から解放基盤までの「深部地下構造モデル」を作成するための「深部地下構造調査(概査)」が適切に行われていることを確認する。
- a** ボーリング及び物理検層、反射法・屈折法地震探査、電磁気探査、重力探査、微動アレイ探査、水平アレイ地震観測等による調査・探査を適切な範囲及び数量で実施していることを確認する。
- b** 震源から対象サイトの地震基盤までの地震波の伝播経路特性に影響を与える地殻構造調査として、弾性波探査や地震観測等を適切な範囲及び数量で実施していることを確認する。
- c** 地震基盤から解放基盤までの三次元地下構造、三次元地下構造の不均質性が適切に把握できている必要がある。
- d** 敷地における観測記録を用いて、震源の深さや距離を考慮した上で、方位による振幅や波形の変化を調査することが重要である。

### 【敷地近傍地下構造調査(精査)】(浅部地下構造)

- 比較短周期における地震波の伝播特性に影響を与える、地震基盤から地表面までの「浅部地下構造モデル」を作成するための「浅部地下構造調査(精査)」が適切に行われていることを確認する。
- e** 地質構造・地下構造を把握するために、ボーリング調査に加えて地震基盤相当に達する大深度ボーリング、物理検層、高密度弾性波探査、重力探査、微動アレイ探査等による調査・探査、鉛直アレイ地震観測や水平アレイ地震観測等を適切な範囲及び数量で実施していることを確認する。
- f** 地震基盤から地表面までの詳細な三次元地下構造、地下構造の三次元不整形性等が適切に把握できている必要がある。

### 反射法・屈折法地震探査等

- 屈折法地震波探査 **a c e f**
- 敷地を通る東西・南北断面で探査を実施。  
東西(2012年)  
南北(2019年)
- 概ね水平な速度層構造を成している。

### 地質・地質構造調査

- 地質・地質構造調査
- 原子炉建屋位置の新第三系は、中新統の猿ヶ森層、泊層及び蒲野沢層からなる。
- 概ね水平成層を成す。
- ボーリング孔によるP S検層
- 試掘坑における各種試験
- 速度層構造は、岩盤分類と同様に概ね水平な成層構造で著しい高低差は認められない。
- 原子炉建屋が設置される深さ(T.P.-16.3m)には著しい風化は認められない。
- 原子炉建屋付近の岩盤は、 $V_s \geq 1.4\text{km/s}$ の硬質岩盤。

### 敷地内臨時高密度観測及び南北アレイ臨時観測による地下構造の不均質性の検討

- 敷地内臨時高密度観測(原子炉建屋周辺) **a d e**
- 2013年5月~2015年11月、原子炉建屋周辺24か所で稠密に観測(441地震)。
- 到来方向別の基準化スペクトル及びスペクトル密度比を比較。ばらつきは地点によらず小さく、地下構造に振動特性に影響を与える著しい不均質性は無いと判断。
- 南北アレイ臨時観測(敷地内広域)
- 2015年11月~2016年12月、敷地を縦断する5か所で観測(438地震)。
- 到来方向別の基準化スペクトル及びスペクトル密度比を比較。ばらつきは地点によらず小さく、地下構造に振動特性に影響を与える著しい不均質性は無いと判断。

### アレイ地震観測による増幅特性等の検討

- 原子炉建屋直下と自由地盤の比較(水平アレイ) **a d e**
- 原子炉建屋建屋直下(T.P.-16.3m)と自由地盤(T.P.+2.0m)を比較。
- 自由地盤の揺れは原子炉建屋直下に対し同等以上。
- 自由地盤の地震観測(鉛直アレイ)
- 地震波到来方向の違いによる影響(104地震、T.P.+2.0m/T.P.-282.8m)
- 到来方向の違いは小さく、地下構造には振動特性に影響を与えるような著しい不均質性はないと判断。
- 原子炉建屋直下の地震観測(鉛直アレイ)
- 地震波到来方向の違いによる影響(51地震、T.P.-16.3m/T.P.-82.8m)
- 到来方向の違いは小さく、地下構造には振動特性に影響を与えるような著しい不均質性はないと判断。

フロー図中の **a** 等は、基準規則解釈・審査ガイド(抜粋)の附番に対応する。

### 自由地盤観測点、電中研白糖観測点、As-net観測点の比較

- 敷地周辺にある観測点と比較 **a d e**
- 敷地は一般的な岩盤の振動特性と同等。

### Noda et al.(2002)との比較

- 自由地盤の岩盤上部地震観測点(T.P.+2.0m)との比較 **a b d e**
- 同程度か、むしろ小さい傾向。
- 少なくとも著しい増幅傾向は見られない。
- 地下構造には振動特性に影響を与えるような著しい不均質性はないと判断。

以下の知見から、解放基盤表面はT.P.-16.3mに設定。

- A) 新第三系の泊層等が相当な拡がりを持って分布する。
- B) 原子炉建屋基礎地盤には著しい高低差は認められない。
- C) 著しい風化は認められない。
- D) PS検層による $V_s$ が約1.4km/sの硬質岩盤である。

以下の知見から、一次元地下構造モデルで評価。

- A) 敷地地盤の速度構造は、概ね水平成層を成す。
- B) 屈折法地震探査からも層準は概ね水平に分布している。
- C) 自由地盤及び原子炉建屋の地震観測記録の分析から、振動特性に影響を与えるような地下構造の不均質性は無い。
- D) 自由地盤の振動特性は、岩盤の距離減衰式(Noda et al.(2002))と同程度かむしろ小さく、少なくとも著しい増幅傾向は認められない。
- E) 敷地内臨時高密度観測及び南北アレイ臨時観測の分析から、振動特性に影響を与えるような地下構造の不均質性は無い。

以下の知見から、解放基盤表面の振動特性は自由地盤岩盤上部の地震観測点(T.P.+2.0m)で表す。

- A) 自由地盤(T.P.+2.0m)の揺れは、解放基盤表面(T.P.-16.3m)に対し同等以上。

### 地殻構造に関する文献調査

- A) 永井ほか(2001) **b**
- B) 地震調査研究推進本部(2004)

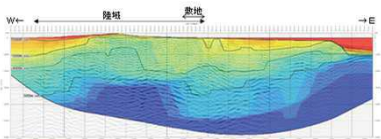
### 一次元地盤モデルの設定

### 一次元地盤モデルの検証

- 強震動シミュレーション(2008年岩手県沿岸北部の地震) **b c f**

反射法・屈折法地震探査等

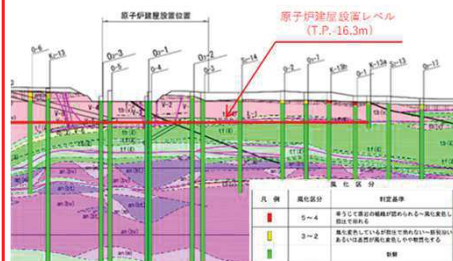
層準は概ね水平に分布する。



地質・地質構造調査及び物理検層

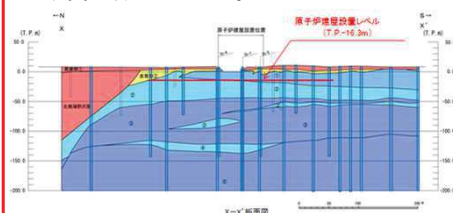
【敷地の地質・地質構造】

- 原子炉建屋設置位置の新第三系は、中新統の猿ヶ森層、泊層及び蒲野沢層からなる。
- 原子炉建屋基礎地盤の岩盤分類は、概ね水平な成層構造をなす。
- 原子炉建屋が設置される深さ(T.P.-16.3m)には著しい風化は認められない。



【速度層構造】

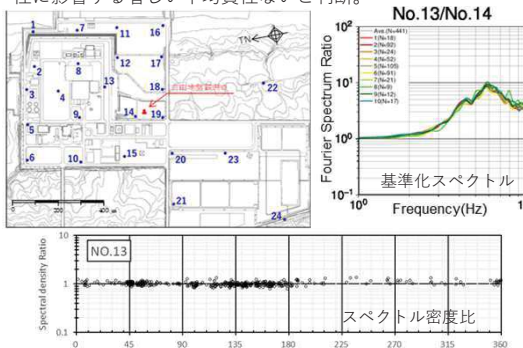
- 速度層構造は、概ね水平な成層構造をなす5層に区分され、著しい高低差は認められない。
- 原子炉建屋付近の岩盤は、 $V_s \geq 1.4\text{km/s}$ の硬質な岩盤からなる。



敷地内臨時高密度観測及び南北アレイ臨時観測による地下構造の不均質性の検討

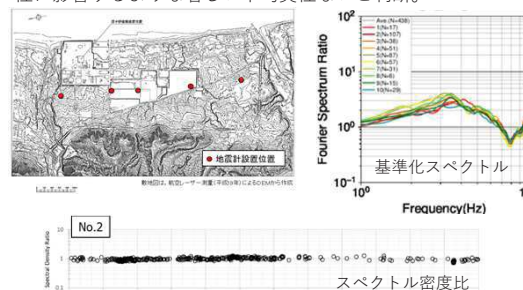
【敷地内臨時高密度観測】(原子炉建屋周辺)

基準化スペクトル及びスペクトル密度比により、地震波到来方向及び場所によるばらつきは小さく、地下構造には振動特性に影響する著しい不均質性ないと判断。



【南北アレイ臨時観測】

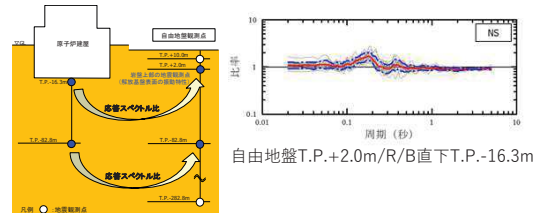
基準化スペクトル及びスペクトル密度比により、地震波到来方向及び場所によるばらつきは小さく、地下構造には振動特性に影響するような著しい不均質性ないと判断。



アレイ地震観測による増幅特性等の検討

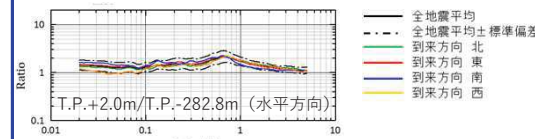
【原子炉建屋直下・自由地盤の比較(水平アレイ)】

- 自由地盤(T.P.+2.0m)の揺れは原子炉建屋直下(T.P.-16.3m)と同等以上。



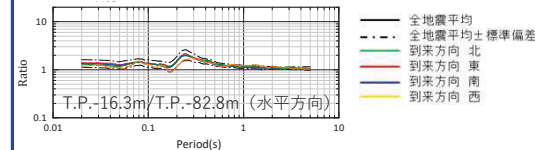
【自由地盤の振動特性(鉛直アレイ)】

- 地震波到来方向の違いによるばらつきは小さく、地下構造に振動特性に影響を与える著しい不均質性はないと判断。



【原子炉建屋直下の振動特性(鉛直アレイ)】

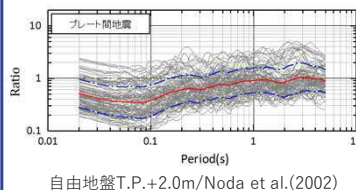
- 地震波到来方向の違いによるばらつきは小さく、地下構造に振動特性に影響を与える著しい不均質性はないと判断。



- A) 解放基盤表面はT.P.-16.3mに設定。
- B) 解放基盤表面の振動特性は自由地盤岩盤上部の観測点(T.P.+2.0m)で表す。
- C) 一次元地盤モデルで評価。

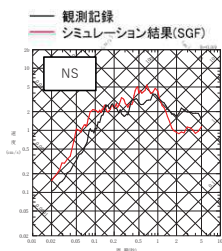
Noda et al.(2002)との比較

- 同程度か、むしろ小さい傾向。
- 少なくとも著しい増幅傾向は見られず、地下構造に振動特性に影響を与えるような著しい不均質性はないと判断。



一次元地盤モデルの検証

2008年岩手県沿岸北部の地震のシミュレーションで検証。



一次元地盤モデルの設定

【はざとり地盤モデル】

- PS検層及び海陸統合地震探査を参考に自由地盤の観測記録の伝達関数を対象として最適化。
- 信号成分から層構造を最適化、減衰は保守的に信号+雑音成分による評価を採用。
- 理論伝達関数は観測記録と整合している。
- 【SGFの地盤モデル】
- 自由地盤の観測記録(信号成分)の伝達関数を対象として最適化した浅部地盤モデル及びレシーバー関数等により最適化した深部地盤モデルに文献の知見を反映したモデル。

地殻構造に関する文献調査

- A) 永井ほか(2001)
- B) 地震調査研究推進本部(2004)

自由地盤観測点、電中研白糠観測点、As-net観測点の比較

- 敷地自由地盤の振動特性は一般的な岩盤と同等。

