

女川原子力発電所2号炉 東北地方太平洋沖地震後の影響評価の概要

1. 女川原子力発電所2号炉原子炉建屋の初期剛性低下の要因分析

3. 11地震における女川原子力発電所建屋の振動特性の課題

水平動に関し、2号炉原子炉建屋のオペフロ下部などの応答は、弾性範囲の変形量なのにに対し、初期剛性が設計評価よりも低下している。
→ 地震動レベルに応じた初期剛性低下量よりも更に低下している要因を特定する必要がある。

----- 設計値の剛性によるせん断スケルトン (JEAGに基づき設定)
——— 観測記録と等価な初期剛性によるせん断スケルトン

せん断スケルトンカーブの設定例

振動特性の主な特徴

- 3.11地震においては、耐震クラスに係らず、全ての建屋で同様の水平動の初期剛性低下が認められる。
- 3.11地震に対して、鉛直動については顕著な初期剛性低下は認められない。
- 3.11地震前の中小地震においても、全ての建屋で設計評価を下回らないものの、水平動の初期剛性の低下傾向が認められる。

低下要因検討上のポイント

- 全建屋に共通した要因で、中小地震における初期剛性低下とも関連した要因が有力(例えば共通して使用している材料の問題)。
- 一方で、耐震クラスに係らず3.11地震に対し全て同様の初期剛性低下を来たしている事、鉛直動に対しては顕著な剛性低下はみられないことから、建屋個別の構造的損傷などが主要因とは考えにくい。但し、3.11地震に対しては個別建屋の複合的的要因となっている可能性はある。

【地震動以外の初期剛性低下の要因(候補)】



【各候補に対する検討】

- 2号炉原子炉建屋他からコアを抜き取り圧縮強度を確認した結果、強度の低下は認められない。
- 乾燥収縮に伴い発生するひび割れはヤング係数の低下に寄与すること、また乾燥収縮ひび割れは地震によるひび割れ発生への進展に影響を与える等の指摘がある。
- 女川の支持地盤は硬質(2号炉原子炉建屋の等価Vsは1820m/s)であり、剛性低下は考え難い。なお、固有振動数の低下を地盤パナで再現するには、Vsを計算上半分程度まで落とす必要がある。
- 耐震壁に耐震上有害となるひび割れ(1.0mm以上のひび割れ)は現地点検の結果、確認されなかった。
- 水平力は全て耐震壁で負担しており、フレーム部材(変形追従部材)は建屋剛性に寄与しない。また、壁と床などの交差部が全般的に損傷することは非現実的であるが、念のため現地で健全性の確認を行う。

2. 女川原子力発電所2号炉原子炉建屋 基準地震動Ss評価に用いるモデル

乾燥収縮に伴うひび割れの影響

乾燥を受けたコンクリート構造物の解析的検討から以下の指摘あり。

「ひずみが大きくなる領域では、引張応力は乾燥させない供試体の引張応力に漸近する。これはひずみの十分大きい領域では乾燥の影響に比べて載荷によって加わる力の影響が大きくなるためであると考えられる」

また、日本建築学会指針に基づき、女川2号炉の乾燥収縮の進行度合いを評価すると、収縮ひずみは概ね収束した状態となっている。

収縮ひずみの算定例(女川2号炉原子炉建屋)

基準地震動Ss評価に用いるモデル

- 初期剛性は3.11地震によって評価される初期剛性を反映する。
- ひずみレベルの大きい領域では基本的には初期剛性低下の影響は受けにくいことから、**第2折点やそれ以降のスケルトンカーブについてはJEAGに基づき評価することが妥当と判断した。**
- シミュレーションではRC減衰は7%(埋込み無し)と評価されたが、5%を採用することにより保守性を持たせている。

せん断スケルトンカーブの設定例

切り欠きを設けた試験体の繰り返し荷重を加えた実験

微小変形レベルから大変形レベルに至る耐震壁の静的加力実験より、基準地震動Ssの応答に対する許容値付近では、壁には非常に多くのひび割れが発生した状態となり、初期段階にひび割れ相当切り欠きを設けた試験体との差異は認められないことを確認している。

微小変形レベルにおける初期剛性低下の傾向
変形角 2.0×10^{-3} におけるひび割れ状況(切り欠きなし)
※試験体のコンクリート強度による初期剛性を基準とする

損傷程度の違いが終局耐力に与える影響の確認試験

事前加力により損傷を与えた耐震壁と損傷を受けていない耐震壁の終局耐力を比較する静的加力実験を実施しており、耐震壁の終局耐力は損傷度合いにほとんど影響されないことを確認

Ss応答上の許容値 2.0×10^{-3}
事前加力を受けた各試験体の荷重-変形関係
加力パターン概念図

3. 女川原子力発電所2号炉 東北地方太平洋沖地震後のバックフィット耐震設計の全体概要

