

東北地方太平洋沖地震に対する女川原子力発電所海水ポンプ室の健全性評価

東北電力（株） 正会員 ○伊藤 悟郎, 坂本 克洋

1. はじめに

平成 23 年 3 月 11 日に発生した東北地方太平洋沖地震（以下、「本地震」という）は、観測史上、国内最大となるマグニチュード (M) 9.0 の地震であった。女川原子力発電所（図-1）は、震央の西方約 120km と、震源に最も近い原子力発電所であったが、原子炉は設計どおり自動停止した。現在は地震後の点検および復旧工事等を実施している。

本報は、2号機の非常用冷却用海水を取水する海水ポンプを格納している海水ポンプ室の地震後の健全性評価について報告する。



図-1 発電所位置図

2. 概要

(1) 海水ポンプ室概要

海水ポンプ室は、図2に示すとおり、幅 32.5m、高さ 23.6m～28.4m、延長 77.0mの鉄筋コンクリート造で、置換コンクリートを介して岩盤上に設置、埋戻されている。A-A 断面においては、下2層が海水路、上1層が機器類の設置面というように3層構造となっている。

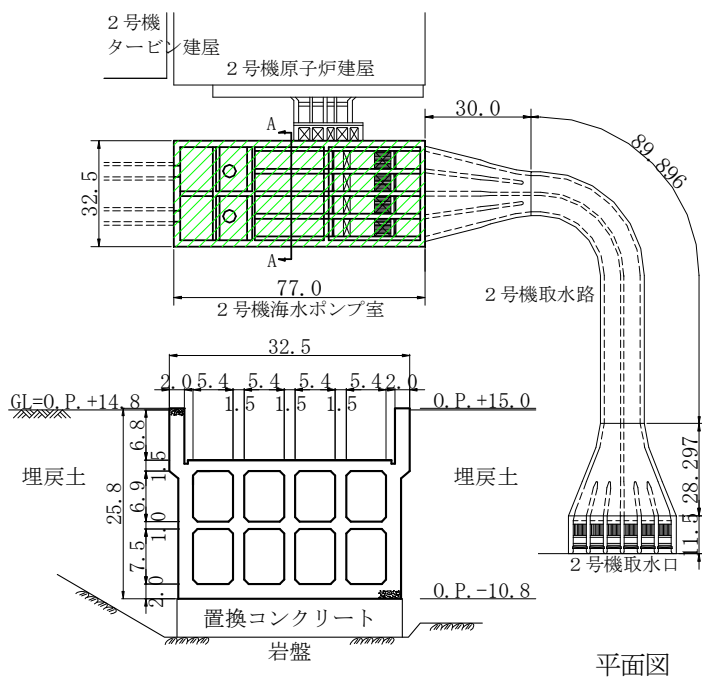
地震後の健全性評価は、点検と地震応答解析の両者の結果を総合評価している。

(2) 観測地震動

発電所敷地内で観測された本地震の時刻歴波形（東西方向）及び応答スペクトルを図-3および図-4にそれぞれ示す。観測波は、継続時間が約 150 秒と長く、EW 方向波では短周期側で超過しているものの、概ね女川原子力発電所の基準地震動 S_s 相当の地震であった。

3. 点検

点検は目視点検を主とし、ひび割れの性状観察や地震前の点検記録との比較等により、地震の影響を否定できない変状を保守的に評価したうえで、耐震性に影響を及ぼす変状か否かを評価した。その評価基準としては、①曲げに起因するコンクリートの剥離、②曲げに起因する幅 1mm 以上のひび割れ、③せん断に起因するひび割れ、の 3 条件に該当しないこととした。



单位: m

A-A 断面图

図-2 海水ポンプ室構造図

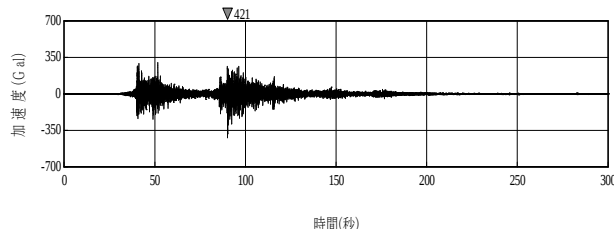


圖-3 東西方向加速度時刻歷波形(Max=421Gal)

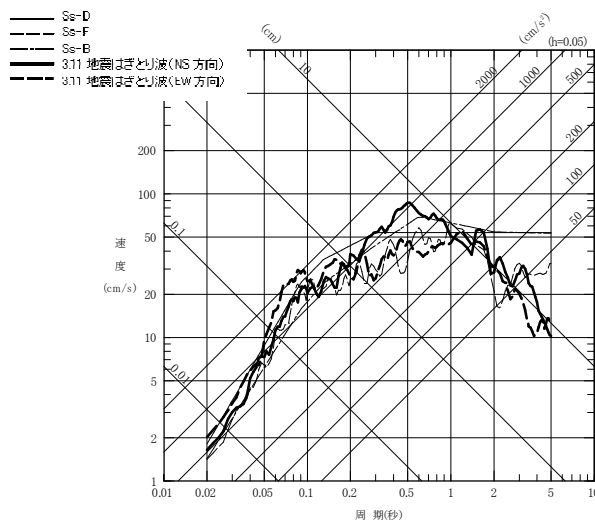


図-4 応答スペクトル (水平)

キーワード 東北地方太平洋沖地震，地震後の健全性評価，地震応答解析
連絡先 〒980-8550 仙台市青葉区本町 1-7-1 TEL 022-799-6103

点検の結果、構造躯体には最大で壁面に幅 0.8mm の鉛直方向のひび割れが確認された。このひび割れは、乾燥収縮等により発生した幅 0.4mm のひび割れが、地震の影響により開いた可能性が考えられる。その他、金物取合部の剥離等が確認されたが、いずれの変状も、耐震性に影響を及ぼす評価基準には該当しないことを確認した。

4. 地震応答解析

三次元静的非線形解析において構造物に作用させる動土圧および慣性力を算出する目的で、時刻歴非線形解析による地震応答解析を実施した。解析モデルを図-5に示す。躯体は妻壁を考慮し、平均的な剛性を有する線形の平面要素およびはり要素でモデル化した。地盤は、二次元平面ひずみ要素でモデル化し、ひずみ依存特性は修正 GHE モデルにより考慮した。物性値は設計時の値を用いた。躯体の物性値を表-1に示す。

5. 三次元静的非線形解析

(1) 解析モデル

三次元静的非線形解析は、地震応答解析結果から、躯体が最も厳しい状態となる最大層間変形発生時刻における動土圧および慣性力を作用させた静的非線形解析により行う。解析モデルを図-6に示す。躯体はコンクリートおよび鉄筋の材料非線形性を考慮したソリッド要素でモデル化した。

(2) 評価基準

健全性の評価基準は、①曲げに対して鉄筋が降伏していないこととし、主筋ひずみが鉄筋の降伏ひずみ 1725μ 以下であること、また、②せん断に対して部材にせん断ひび割れは発生しているものの、部材の一体性は保たれており、破壊が生じていない状態を想定し、せん断ひずみ 10000μ 以下であること、の2条件とした。

(3) 解析結果

主筋ひずみ分布図を図-7に示す。主筋ひずみの最大値は側壁外側で $1,128\mu$ のひずみが発生しており、評価基準を満足している。

せん断ひずみ分布図を図-8に示す。せん断ひずみの最大値は取水路接続部の開口部隅角部で $1,401\mu$ のひずみが発生しており、評価基準値を満足している。

6. まとめ

基準地震動 S_s 相当の地震動を経験した海水ポンプ室について、点検および地震応答解析による健全性評価を実施した。点検および地震応答解析の結果は共に、健全性の評価基準値を満足することを確認し、海水ポンプ室は健全であると評価した。

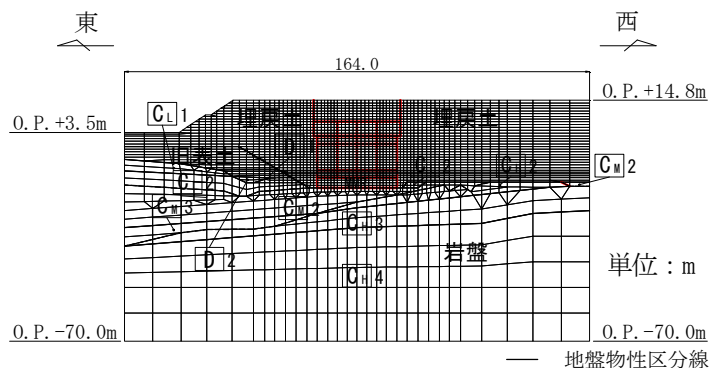


図-5 地震応答解析モデル

表-1 海水ポンプ室躯体の物性値

コンクリート設計基準強度 (N/mm^2)	20.5
コンクリート弾性係数 (kN/mm^2)	23.3
鉄筋降伏強度 (N/mm^2)	345
鉄筋弾性係数 (kN/mm^2)	200
ポアソン比	0.2
密度 (t/m^3)	2.45

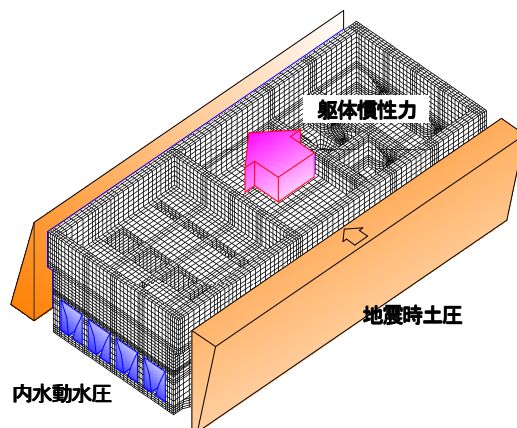


図-6 三次元静的非線形解析モデル及び地震時荷重概念図

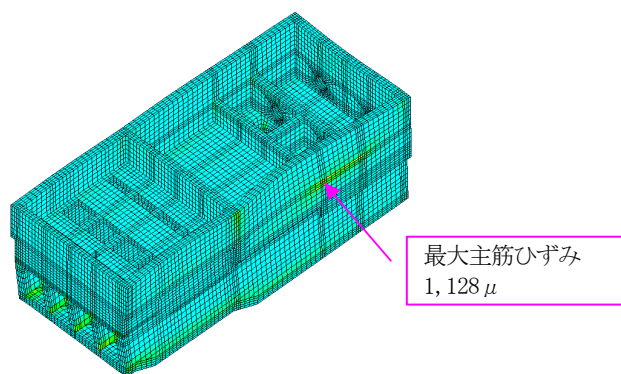


図-7 主筋ひずみ分布図

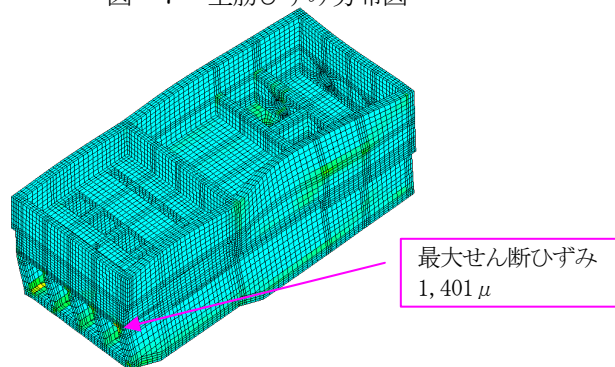


図-8 せん断ひずみ分布図