

東北地方太平洋沖地震に対する女川原子力発電所取水路の健全性評価

東北電力(株) 正会員 ○坂本 克洋, 伊藤 悟郎

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取水路に対して実施した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) 取水路概要

取水路は、図-2に示すとおり、取水口と海水ポンプ室を接続する水路である。本報では、解析断面(A-A断面)に対応する延長89.896mの鉄筋コンクリート造の二連カルバート部を対象とする。解析断面における構造は、外形は幅13.4m、高さ5.5m、内空は幅5.0m、高さ3.0mである。また、置換コンクリートを介して岩盤上に設置、埋戻されており、17.3mの土被りがある。

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

発電所における本地震の観測波の時刻歴波形(南北方向)及び応答スペクトルを図-3および図-4にそれぞれ示す。観測波の継続時間は約150秒と長く、NS方向の周期0.5秒付近で、発電所の基準地震動Ssを超過している。

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。

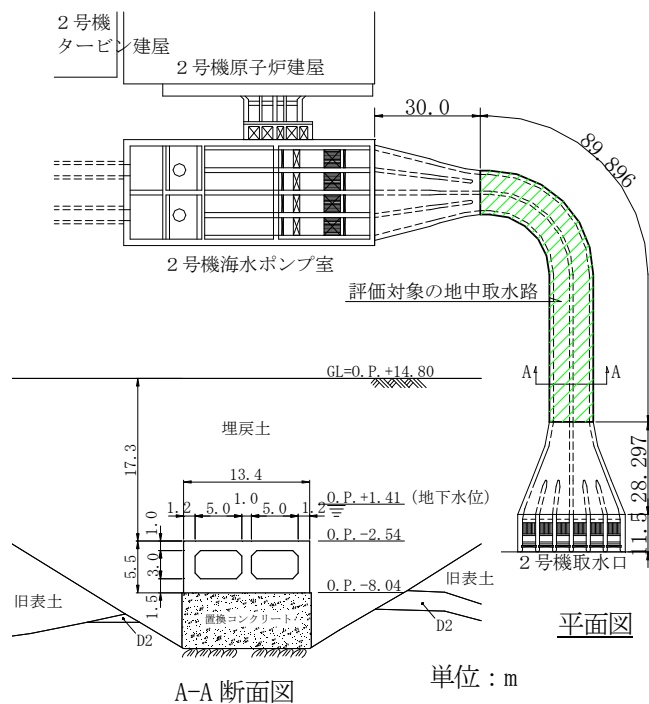


図-2 取水路構造図

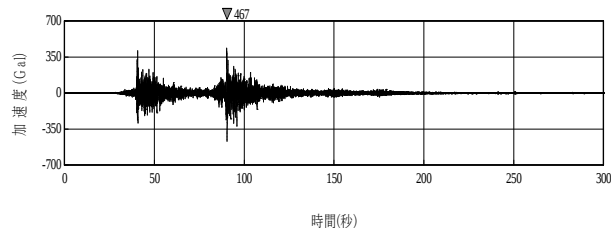


図-3 南北方向加速度時刻歴波形(Max=467Gal)

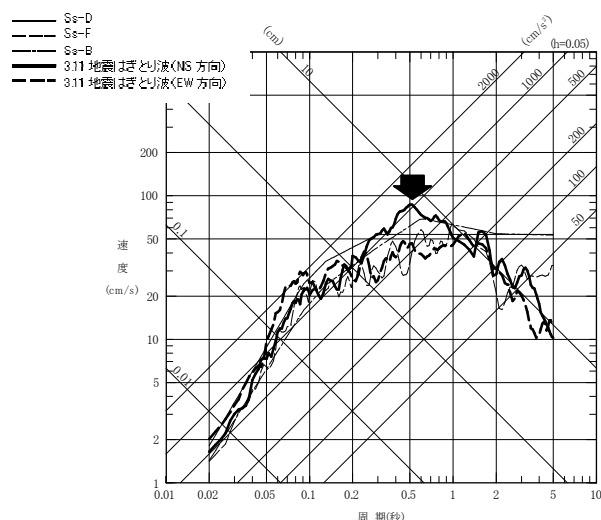


図-4 応答スペクトル(水平)

点検の結果、最大で幅 0.5mm（長さ 2.5m）の長手方向ひび割れが頂版に確認された。このひび割れは、地震前の幅は 0.3mm であり、地震の影響により開いた可能性が考えられる。その他、新たなひび割れ（幅 0.2mm 程度）が数本確認された。以上のひび割れはいずれも、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

(1) 解析モデル

地震応答解析は、時刻歴非線形解析により行い、取水路と埋戻土の非線形性を考慮した。解析モデルを図－5に示す。躯体ははり要素でモデル化し、M－φモデルにより非線形特性を考慮した。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。また、躯体全周面にジョイント要素を配置し、躯体－地盤間の剥離・すべりを考慮した。躯体材料や地盤等の物性値は、設計時の値を用いた。代表的な躯体材料の物性値を表－1に示す。

(2) 評価基準

地震応答解析における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、②せん断に対してせん断耐力以下であること、の2条件とした。

(3) 解析結果

代表的な解析結果として、層間変形最大時（層間変形角：0.0008）の断面力図を図－6に示す。また、照査結果を表-2に示す。なお、曲げに対する照査値は、発生曲げモーメントを降伏モーメントで除した値であり、せん断に対する照査値は、発生せん断力をせん断耐力式から求まるせん断耐力で除した値である。

曲げモーメント図より、各部材の端部において外側引張のモーメントが最大となっている。また、曲げに対する照査値は、隔壁で最大 0.63 となるが、すべての部位において発生曲げモーメントは降伏モーメント以下に収まっている。

せん断に対する照査値は、隔壁で最大 0.70 となるが、すべての部位において発生せん断力はせん断耐力を下回っている。

地震応答解析の結果、取水路は、健全性の評価基準を満足することが確認された。

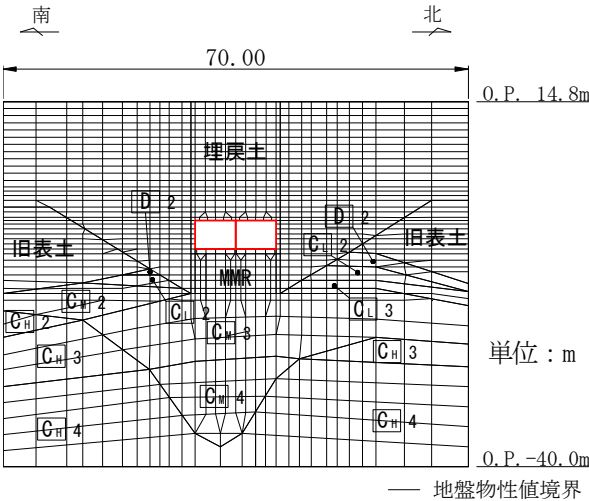
5. まとめ

基準地震動 Ss を上回る地震動を経験した取水路について、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、取水路は健全であると評価した。

参考文献

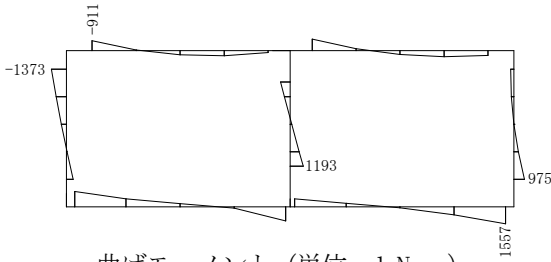
1) 東北電力（株）：女川原子力発電所2号機 平成 23 年（2011 年）東北地方太平洋沖地震および 2011 年 4 月 7 日宮城県沖の地震後の設備健全性に係る点検・評価計画書（建物・構築物編），2011



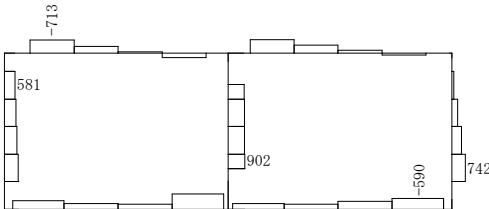
図－5 地震応答解析モデル

表－1 水路躯体の物性値

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



曲げモーメント（単位：kN・m）



せん断力（単位：kN）

図－6 断面力図（層間変位最大時）

表－2 水路躯体の照査結果

照査項目	照査値	部材	備考
曲げ	0.63	隔壁	降伏モーメント
せん断	0.70	隔壁	せん断耐力式