

島根原子力発電所 津波防波壁の設計について

中国電力(株) 正会員 ○吉次 真一 正会員 清重 直也
正会員 大久保 佳美 正会員 河原 和文

1. はじめに

中国電力(株)島根原子力発電所は、日本海に面した島根半島の島根県松江市鹿島町に位置し、敷地標高は 1,2 号機が E. L. 8.5~15.0m, 3 号機が E. L. 8.5m である。

平成 23 年 3 月 11 日に発生した東北地方太平洋沖地震により、震源地付近の発電所では津波により甚大な被害を受けたことを踏まえ、当発電所では安全確保に向けた対策の多重性や多様性を考慮し、電源や冷却機能の確保、浸水防止対策等、原子炉や使用済燃料の損傷を防止するための安全対策を実施してきた。



図-1 島根原子力発電所
および津波波源位置図

津波防波壁建設時における島根原子力発電所の想定津波最高水位*は、「原子力発電所の津波評価技術 (H14) ; 土木学会」に準拠し、敷地前面海域の活断層および日本海東縁部で想定される地震に伴い発生する津波について評価を行い、1,2 号機北側護岸部で E. L. 6.5m, 3 号機北側護岸部で E. L. 9.2m であった。なお、当想定津波最高水位は、設計想定津波高さに海域活断層の活動による地盤変動量を考慮したものである。図-1 に島根原子力発電所および津波波源位置図を示す。

これに対し、1,2 号機については敷地高さ (E. L. 8.5m), 3 号機については波返壁天端高さ (E. L. 11.0m) をそれぞれ下回るため、原子炉施設が津波により被害を受ける恐れはないが、発電所の津波に対する安全性をさらに高める対策として、基準地震動 S_s および東北地方太平洋沖地震で震源地付近の発電所に襲来した津波 (浸水高さ E. L. 15m) にも耐えうる津波防波壁の設置工事を、東北地方太平洋沖地震発生から僅か 3 ヶ月後の平成 23 年 6 月に着工した。3 号機廻りの津波防波壁は平成 24 年 1 月に完成、1,2 号機廻りの津波防波壁は平成 25 年 9 月に完成した。本稿では、この津波防波壁構造選定等の設計概要について報告する。

※現在 (H26.3) の想定津波最高水位は、最新の科学的知見を踏まえ、さらに安全側に立った評価を行う観点から、自治体による津波評価についても検討を行ったうえで、これまで想定していた津波高さを見直し、平成 24 年に鳥取県が想定した日本海東縁部の地震に伴う津波を「基準津波」として安全性を評価した。この基準津波による最高水位は、1,2 号機北側護岸部で E. L. 9.5m となるが、津波防波壁の高さ (E. L. 15.0m) を十分下回っている。

2. 津波防波壁の配置および構造形式の選定

津波防波壁の配置および構造については、「東日本大震災における港湾施設等の津波被害 1)」から、沿岸施設の被災パターンとして津波の速い流れの力により地盤が洗掘し被災したケースがあることから、津波防波壁は岩盤に支持させる構造を基本とし、既設波返壁の構造や、発電所のレイアウトから図-2 に示す 3 工区に分割し、工区毎に合理的な構造形式を選定した。

各工区の構造選定の概要を以下に示す。

(1) 3 号機北側津波防波壁

3 号機北側の既設護岸は、耐波・耐震・止水性護岸として岩盤上に設置しているものであり、既設波返壁の嵩上げを行っても護岸の安定性を十分確保できることから、既設波返壁 (天端高 E. L. 11.0m) を内包して鉄筋コンクリートにより E. L. 15.0m まで嵩上げする構造を採用した。また、津波作用時の既設護岸本体の安定性を

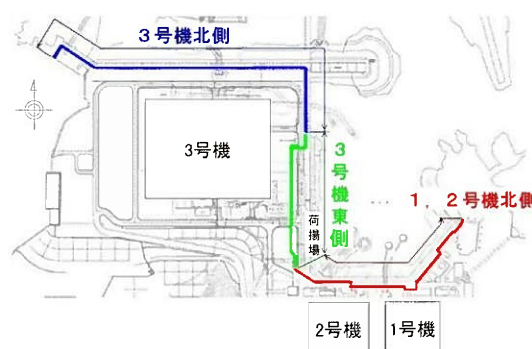


図-2 津波防波壁配置図

キーワード 津波防波壁, 構造合理化

連絡先 〒730-8701 広島市中区小町 4-33 中国電力(株)電源事業本部(原子力土木) TEL 082-544-2665

向上するため、グラウンドアンカーを設置する構造とした。図-3に構造概要図を示す。

(2) 3号機東側津波防波壁

3号機東側は、荷揚場の利用上、護岸沿いに防波壁が設けられないこと、また、護岸の背後に比較的広いスペースがあることから逆T型擁壁構造を採用した。

基礎形式は、十分な支持力を確保するため鋼管杭基礎とし、津波作用時の防波壁の安定性を確保するため、グラウンドアンカーを設置する構造とした。また、埋立地盤の強化のために薬液注入による地盤改良を行った。図-4に構造概要図を示す。

(3) 1,2号機北側津波防波壁

1,2号機北側の既設護岸は、昭和40年代に捨石上にコンクリートブロックを積み重ねて構築したものであること、および、護岸沿いの道路に近接して発電所設備が配置され、限られたスペースの中で防波壁を構築する必要があることから、大口径鋼管の多重構造を採用した。図-5に構造概要図を示す。

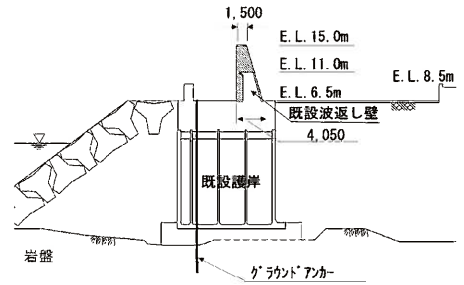


図-3 3号機北側津波防波壁構造概要図

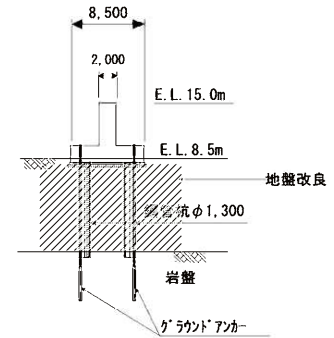


図-4 3号機東側津波防波壁構造概要図

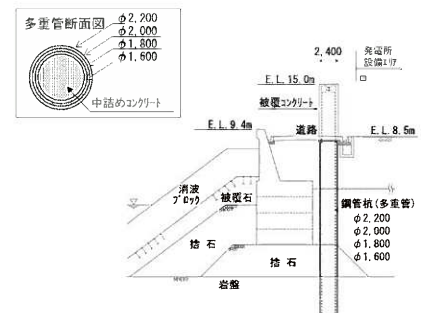


図-5 1,2号機北側津波防波壁構造概要図

3. 地震に対する検討

地震に対する検討は、当発電所における基準地震動 S_s を対象として2次元FEM解析を行い、変形量照査と部材断面照査を実施した。

津波防波壁の変形量照査は、地震発生後に津波が襲来することを想定し、防波壁間の水平変形によって津波が発電所内に流入しないよう、残留水平変位が防波壁の最小部材厚の1/2以下になることを確認した。

部材断面照査についても、地震発生後における津波の襲来に備えて、発生断面力が降伏応力度を超えないように部材設計を行った。

4. 津波に対する検討

津波防波壁の津波に対する検討は、東北地方太平洋沖地震で震源地付近の発電所に襲来した最大の津波と同レベルの津波波力に対して、安定性照査と部材断面照査を実施した。以下に検討手順を示す。

- ① 数値シミュレーションにより、発電所構内の浸水高さが E.L. 15m となる津波を再現し、島根原子力発電所護岸位置における入射津波高さを求めた。なお、数値シミュレーション結果については、2次元水路による水理模型実験により妥当性を確認している。
- ② 設定した入射津波高さから、「港湾の施設の技術上の基準・同解説 (H19.7), P237, (5.4) 式」に基づき波圧を算定し、津波防波壁の安定性が所定の安全率以下であること、および構造部材が降伏応力度以下であることを確認した。

5. まとめ

本稿では津波防波壁の設計概要として、津波防波壁の構造を発電所レイアウト等から合理的に設定したこと、耐震・耐津波設計の考え方について報告した。津波防波壁の施工については別稿にて報告するが、津波防波壁が当初計画どおり設置できたことは、関係者の皆様のお蔭であり、この場を借りて御礼申し上げる。

【参考文献】 1) 高橋重雄, 下迫健一郎, 有川太郎, 辰巳大介, 根木貴史: 東日本大震災における港湾施設等の津波被害, 沿岸技術研究センター機関誌 CDIT, Vol135, pp.12-15, 2011.