

地震起因の内部溢水シナリオの 連続マルコフ過程モンテカルロ法による定量化

Scenario Quantification of Seismic Induced Internal Flooding
by Continuous Markov Monte Carlo method

阪大院・工 ○ 松田 高志 高田 孝 山口 彰
Takashi MATSUDA Takashi TAKATA Akira YAMAGUCHI

冠水対応設備の地震起因による破損を仮定し、連続マルコフ過程モンテカルロ法を用いることで、水位上昇等のシナリオシーケンスの定量化を行い、ポンプ等の機能喪失確率の時刻歴変化をイベントツリーに組み込むことで炉心損傷確率の時刻歴変化を考慮したシナリオ定量化手法を構築した。

キーワード：内部溢水、連続マルコフ過程モンテカルロ法、レベル 1PRA、補助給水ポンプ

1. 緒言 タービン建屋において非耐震性配管である循環水配管等の破断を仮定すると、内部溢水により安全停止機能が損なわれる可能性がある^[1]。このため、原子力発電所内で発生する溢水事象に対し、原子炉施設の安全性を向上するためのアクシデントマネジメント(AM)の整備が重要となる。その際、各部屋の水位変化等の溢水シナリオの時間進展を把握することは、効果的なAM対策に有用であると考えられる。そこで本研究では、タービン建屋に位置する補助給水系等の工学的安全施設の機能喪失確率を、シナリオの時間進展を考慮して計算し、イベントツリー(ET)に組み込むことで、炉心損傷確率の時刻歴変化を考慮したシナリオ定量化手法を構築した。

2. 解析方法 フォールトツリー(FT)解析により補助給水ポンプ等の機能喪失確率を、没水(内部溢水)による破損、地震による破損、ランダム故障等を考慮して算出する。内部溢水による破損は、溢水源と溢水区画を設定したシナリオに対して漏えい水量の計算^[2]を行い、タービン室及び隣接する部屋の水位を得ることで評価する。伝播経路における漏えい水量の計算では、止水板からの越流($Q_{overflow}$)と止水板の破損により生じた隙間(断面積A)からの浸水量(Q_{leak})を考慮する。越流流量は止水板上流側水位と止水板高さとの差(h)を基に(1)式で、浸水量は(2)式で表すように止水板間の水位差(ΔH)の関数とした。また、堰については越流計算のみとした。

$$Q_{overflow} = 2/3 \times W \times \sqrt{2g} \times h^{3/2} \quad (1)$$

$$Q_{leak} = c \times A \times \sqrt{2g\Delta H} \quad (2)$$

(W:水路幅, c:流量係数, g:重力加速度)

3. 結果・考察 図1に示すような経路^[3]を選定し、溢水区画の床面積、止水板高さを定めることで計算した水位の時間変化を図2に示す。補助給水系電動ポンプの機能喪失水位(CWH)は約30cm^[4]であり、部屋4、5、6への配置で機能喪失までの時間猶予が最も大きい。しかし、電動ポンプの起動には電源系が機能している必要性があり、また、時系列の早いヘディングに対応する非常用電源設備等のように長期間の稼働が求められるとすれば、部屋4のような床面積の広い部屋、もしくは一番浸水が遅れる位置、つまり、溢水源から最も離れた部屋5、6には、電源系を優先して設置することを考えなければならない。

一方でCWHが約45cm^[4]である補助給水系タービン動ポンプは、電源系が必要ないため部屋4、5、6への配置が最適と思われる。しかし、AM策の観点では、タービン動ポンプを部屋2に配置することが効果的であると考えられる。図2に示す通り、部屋2の水位変化のグラフの傾きが緩やかである。これは、例えば10cm設備の基盤高さを高くすることにより得られる時間猶予が、他の部屋と比較して大きいことを表す。したがって、長期的に電源の確保ができない状況において、浸水後のタービン動ポンプのAM策による復旧作業で得られる効果が大きいと考える。

4. 結言 タービン建屋内の水位上昇を解析し、水位変化に伴う挙動を基に合理的な部屋の配置やAM策の効果について評価した。今後は具体的な定量化方法として、炉心損傷確率の時刻歴変化を評価し、AM策に対応した炉心損傷確率の変化から、AM策の効果の定量的に評価する。

参考文献

[1] NRC, INFORMATION NOTICE 2005-30, 2005
 [2] 土木学会, 水理公式集 平成11年版, 1999
 [3] Dominion, Internal Flooding Risk Reduction Activities, 2006
 [4] Dominion, Safety Significance Evaluation of Kewaunee Power Station Turbine Building Internal Floods Volume1, Revision1, 2005

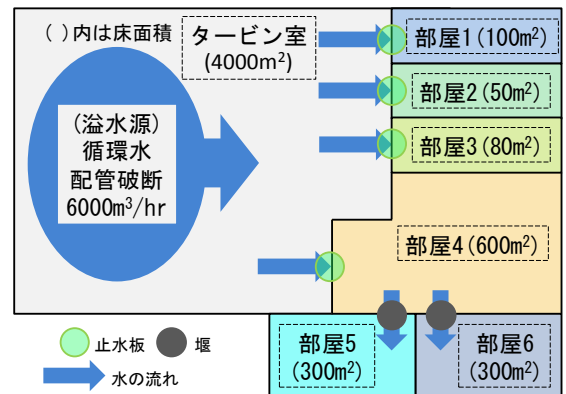


図1 溢水区画と溢水伝播経路

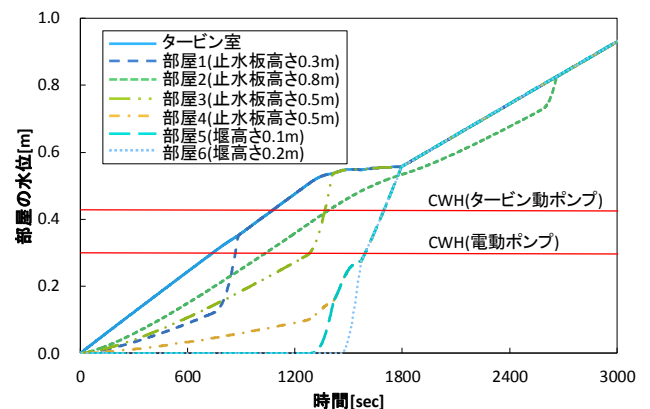


図2 各部屋の水位の時間変化