

外部電源系統の機能喪失確率評価及び 非常用 DG の免震構造の実機適用性の検討 【概要版】

原子力発電プラントの地震に対する確率論的安全性評価（以下、「地震 PSA」という。）において、外部電源喪失は炉心損傷頻度に大きな影響を及ぼす起因事象の一つである。これまでの地震 PSA においては、外部電源喪失はプラント内開閉所の碍管付き起動変圧器の損傷によって発生すると仮定され、それ以外の外部電源系統の影響は評価されていなかった。しかし、1995 年の兵庫県南部地震では、発電所外の変電所における変圧器、遮断器等の被害例が報告されており、1999 年の台湾集集地震では、多数の送電鉄塔の倒壊例が報告されている。そのため、外部電源喪失の発生確率をより正確に評価するためには、原子力プラント周辺の外部電源系統を含めた損傷確率を評価する必要がある。

また、外部電源の受電設備である開閉所の変電機器は耐震性が低く、外部電源喪失に係る地震リスク低減策として開閉所の免震化が有効であると考えられる。

さらに、外部電源喪失時の、電源供給を行う機器である非常用ディーゼル発電機（以下、「非常用 DG」という。）については、平成 15 年度より、免震構造の検討を行ってきた。非常用 DG を免震化した場合、周辺機器との接続配管の相対変位が増大するため、免震技術を実機に適用する場合には、非常用 DG と周辺部との取り付け部の構造を検討する必要がある。

本作業では、①送電鉄塔の損傷確率が外部電源喪失の発生確率へ及ぼす影響を把握するために、送電鉄塔の地震時損傷確率を開閉所変電機器の損傷確率と比較して評価した。また、外部電源喪失に係る地震リスク低減策として開閉所を免震化した場合の損傷確率の低減効果を評価した。②さらに、周辺配管を含めた非常用 DG の免震設計を行い、非常用 DG 免震系の加速度応答の低減と変位応答の増大との関係について検討した。

(1) 外部電源系統の機能喪失確率評価

電力中央研究報告「UHV 赤城実規模試験の動的試験」に掲載されている送電鉄塔の損傷確率を評価し、開閉所の変電機器のうち、遮断器及び碍管付き起動変圧器（以下、「起動変圧器」とい

う。)の損傷確率と比較した。UHV送電鉄塔構造図を図1に示す。送電鉄塔は、梁要素でモデル化し、応答係数法に基づき地震時における損傷確率を評価した。遮断器及び起動変圧器と比較した送電鉄塔の損傷確率曲線を図2に示す。送電鉄塔の損傷確率は開閉所の変電機器の損傷確率に比べて相対的に小さく、外部電源喪失の発生確率への影響は小さいと考えられる。

また、起動変圧器と遮断器を用いて、開閉所の簡易モデルを作成し、開閉所全体を免震化した場合の開閉所免震系の損傷確率を評価した。その結果、開閉所を免震化することによって損傷確率を低減できるとの見通しを得た。起動変圧器の損傷確率曲線を図3に、遮断器の損傷確率曲線を図4に示す。

(2) 非常用 DG の免震構造の実機適用性の検討

想定 BWR 建屋内に設置されている非常用 DG を対象に、配管の変位と隣接構造物とのクリアランスを考慮した免震試設計を行い、免震時及び非免震時の非常用 DG の地震応答解析を行い、非常用 DG 免震系の加速度応答低減と変位応答増大との関係性を評価し、以下の結論を得た。非常用 DG の免震構造を図5に、非常用 DG の応答解析モデルを図6に示す。

非常用 DG 免震系の最大加速度応答は、免震時の固有周期を1秒～2秒とした場合、約50%～20%に低減した。このときの最大変位応答は約5cm～6cmであり、許容変位の20cmを超えないことを確認した。

本作業の結果、非常用 DG の可動範囲と免震化に必要なスペースの概略値を把握することができた。

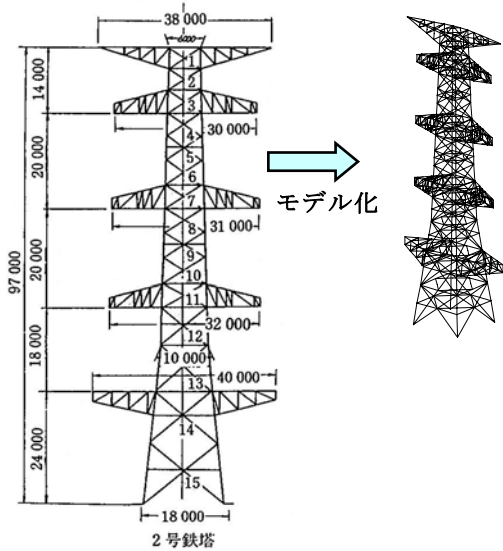


図1 UHV送電鉄塔構造図

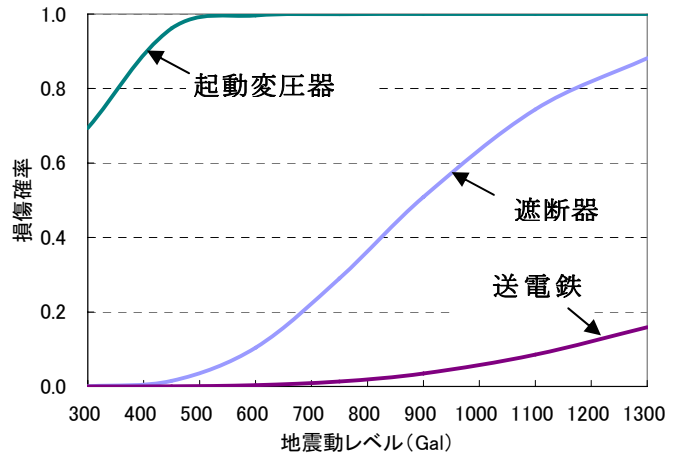


図2 送電鉄塔の損傷確率曲線
(起動変圧器及び遮断器との比較)

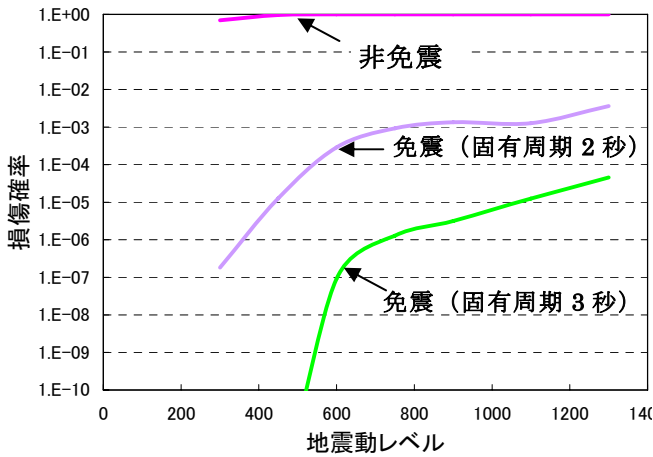


図3 起動変圧器の損傷確率曲線

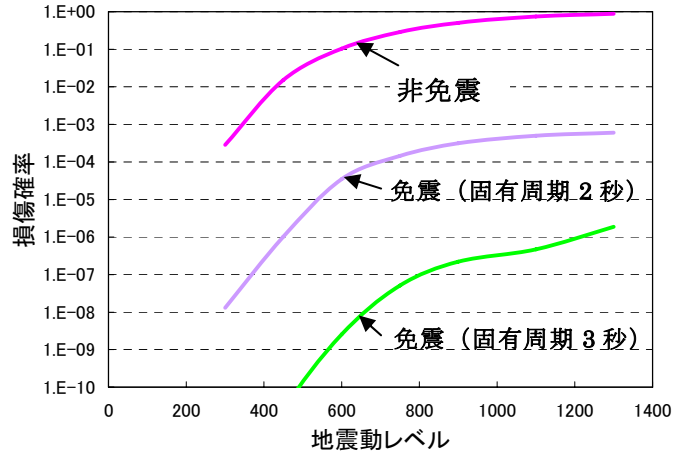


図4 遮断器の損傷確率曲線

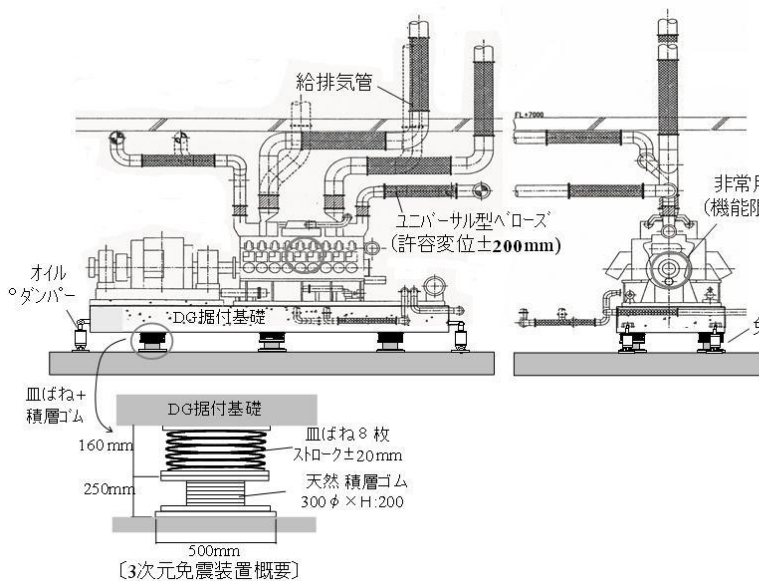


図5 非常用DGの免震構造

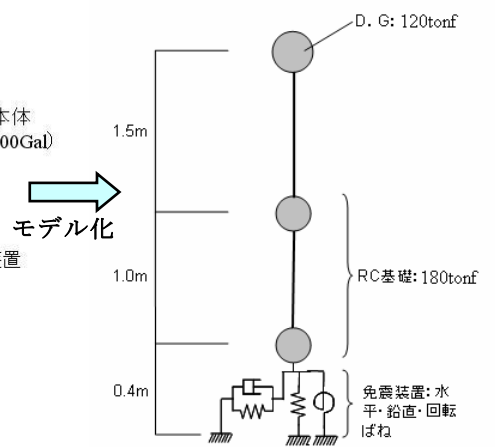


図6 非常用DGの応答解析モデル