

基準地震動を超える領域の高速炉燃料集合体群振動に起因する反応度投入量の評価について

The evaluation of a reactivity insertion due to the group motion of FBR core subassemblies under the seismic condition over Design Basis Ground Motion

阪大院・工 ○有吉 昌彦 山口 彰 高田 孝

Masahiko ARIYOSHI Akira YAMAGUCHI Takashi TAKATA

電中研 遠藤 寛

Hiroshi ENDO

高速炉の基準地震動を上回る領域において、燃料集合体の群振動により複数の集合体間隔が同時に縮小した場合の反応度を評価し、地震条件と炉心損傷限界との関係を明らかにした。

キーワード：高速増殖炉、炉心損傷事故、地震 PSA、反応度投入型事象、炉心群振動

1. 緒言

地震 PRA の観点から、高速炉の原子炉構造条件下で地震応答による反応度が投入された場合の炉心損傷挙動を体系的に評価している[1]。本報告では、集合体変位に伴う投入反応度評価に摂動法を適用することの妥当性を確認するとともに、集合体群振動時の投入反応度と加振周波数との関係性を評価した。

2. 評価手法

電気出力が約 30 万 kW の高速炉炉心において、摂動法の考え方にに基づき、燃料集合体毎の炉心物質反応度係数の軸方向分布[2]を用いて、集合体群振動における投入反応度を評価した。炉心物質としては燃料、構造材、ナトリウム冷却材を考慮し、着目集合体の変位量から挿入反応度を求めた。ここで、冷却材反応度については、集合体間隔の縮小によるナトリウム排出（正の反応度）とその反対側に対する流入（負の反応度）を考慮した。

上記の反応度評価手法の妥当性を確認するため、多群モンテカルロ輸送計算コード GMVP による反応度計算結果と比較した。この検証計算では、炉心各層ごとに、同じ層に装荷されている全ての集合体を炉心中心方向に向けて 4mm 変位させた。両者の計算結果は図 1 に示すようにほぼ一致しており、摂動法によって集合体変位に伴う挿入反応度を評価することの妥当性が確認された。

3. 集合体群振動における投入反応度

高速炉の燃料集合体は炉心支持板上に自立しているため、加振時には下端のみ支持された片持ち梁体系(1次固有振動：約 2Hz)の振動モードが現れる。加振加速度が増大すると、集合体頂部の衝突に起因して上下両端支持の単純支持梁体系(1次固有振動：約 9Hz)へと振動モードが変化する。正弦波加振で最大加速度を 40m/s^2 とした場合、加振周波数 9Hz 近傍において単純支持梁体系の振動が励起され、反応度値が最大となる炉心高さ中心部での集合体変位が大きくなる。一方、約 5Hz 近傍では、片持ち梁体系と単純支持梁体系が混在する振動モードが励起され、集合体間隔の増減に関する位相が広範囲で揃うことにより、集合体が最も集中する。従って、投入反応度には周波数依存性があると考えられるため、最大加速度を一定とする条件で正弦波による周波数掃引解析 (0.25Hz/秒) を行って、投入反応度を評価した。その結果、最大加速度が 40m/s^2 一定の場合、図 2 に示すように加振周波数が約 5Hz の条件で投入反応度が最大となり、その値は約 1\$ と評価された。投入反応度が約 5Hz で正弦波状に変化する場合、反応度振幅 $\pm 1.15\$$ が炉心損傷限界の目安[3]となる。従って、最大加速度 40m/s^2 、周波数約 5Hz で加振されると、集合体群振動による投入反応度が炉心損傷限界に近づく結果となった。

3. まとめ

燃料集合体群振動に関して、投入反応度の加振加速度・周波数に対する依存性のメカニズムを解明した。その結果、最大加速度 40m/s^2 、周波数約 5Hz の場合に、炉心損傷に近づく結果となった。この結果は、燃料集合体群振動による反応度投入量評価及び地震 PRA に活用する。

参考文献

[1] 日本原子力学会「2012年春の年会」D25, 2012. [2] JNES/SAE08-030, 2008. [3] Proc. No. N8P1023, NTHAS8, 2012.

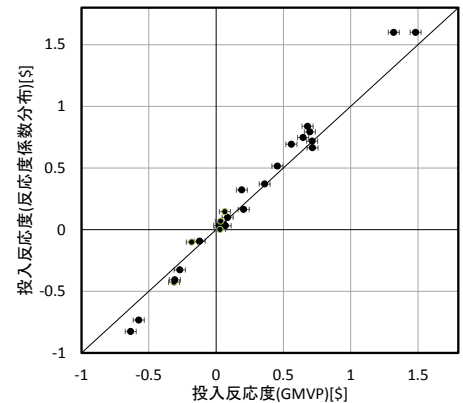


図 1 反応度評価手法の検証

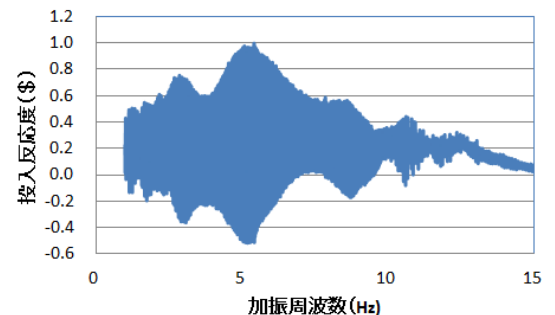


図 2 投入反応度の周波数依存性