

Staggered 試験におけるアルファファクタ定式化法の提案

Proposal of the Alpha factor formularization method for the staggered test

*池側 智彦¹, 松崎 隆久¹, 木村 竜介²

¹日立, ²日立 GE

NUREG 図書の Staggered 試験用のアルファファクタ定式化法が, Non-staggered 試験用の定式化法と整合していない可能性が指摘されている。本報告では, Staggered 試験用のアルファファクタ定式化法に係る検討結果を紹介する。

キーワード: 共通原因故障, アルファファクタ法, Staggered 試験

1. 背景と課題

米国原子力規制委員会 (NRC) 発行の NUREG 図書[1]に, 共通原因故障 (CCF) 発生確率を評価するための代表的なモデルの一つとしてアルファファクタ法が紹介されている。アルファファクタ ($\alpha_k^{(m)}$ (-)) 及び特定の機器の故障確率 (Q_t (-)) は, 以下の式で定義される。

$$\alpha_k^{(m)} = \frac{C_k \cdot Q_k^{(m)}}{\sum_{i=1}^m C_i \cdot Q_i^{(m)}} \cdots (1), \quad Q_t = \sum_{i=1}^m C_{i-1} \cdot Q_i^{(m)} \cdots (2)$$

ここで, ${}_a C_b$: 全 a 個の機器から b 個の機器を選ぶ際の組み合わせの数 (-), $Q_k^{(m)}$: 全 m 個のうちの特定の k 個の機器の CCF 発生確率 (-)である。文献[1]には, $Q_k^{(m)}$, Q_t , $\alpha_k^{(m)}$ の関係式として, 以下の2つが紹介されている。

$$Q_k^{(m)} = \frac{m}{C_k} \cdot \frac{\alpha_k^{(m)}}{\sum_{i=1}^m i \cdot \alpha_i^{(m)}} \cdot Q_t \text{ (Non-staggered 試験)} \cdots (3), \quad Q_k^{(m)} = \frac{\alpha_k^{(m)}}{C_{k-1}} \cdot Q_t \text{ (Staggered 試験)} \cdots (4)$$

しかしながら, 試験方法 (Non-staggered 試験, Staggered 試験) によらず, $Q_k^{(m)}$, Q_t , $\alpha_k^{(m)}$ の関係式が(3)式となることが理論的に導ける[2]ことから, 文献[1]の Staggered 試験のアルファファクタ定式化法に何らかの不整合が存在する可能性が示唆される。

2. アルファファクタ定式化法

本研究過程で, Staggered 試験と Non-staggered 試験の本質的な相違点が明らかとなった。即ち, Staggered 試験は m 個の機器全体 (システム) に係る試験ではなく, 個々の機器に係る試験のため, Staggered 試験のインパクトベクトル (試験の結果得られる故障状態のデータ) からシステムファクタである $\alpha_k^{(m)}$ を計算する際には, インパクトベクトル ($n_k^{(m)}$) を同時故障機器数 (k) で除する必要があることが分かった。すなわち, Staggered 試験における $n_k^{(m)}$ と $\alpha_k^{(m)}$ の関係式を, 右に示す(5)式とすることで, NUREG 図書[1]の不整合を解消できた。

$$\alpha_k^{(m)} = \frac{n_k^{(m)} / k}{\sum_{i=1}^m \left(n_i^{(m)} / i \right)} \cdots (5)$$

3. 結論

Staggered 試験におけるアルファファクタ定式化法を提案し, 提案した手法が Non-staggered 試験における定式化法と整合することを確認することができた。

参考文献

- [1] U.S. NRC: Guidelines on Modeling Common-Cause Failures in Probabilistic Risk Assessment, NUREG/CR-5485, November 1998.
 [2] 電中研: 共通原因故障の事例分析判断ガイドとパラメータ不確かさ評価手法の提案, L11018, 平成 24 年 8 月

*Tomohiko Ikegawa¹, Takahisa Matsuzaki¹ and Ryusuke Kimura²

¹Hitachi, ²HGNE