地震 PRA における損傷相関に関する研究

その 2 : 応答係数の共通変数と独立変数の分離に基づき生成した乱数を用いた DQFM 法

Research on Seismic Correlation for PRA

Part 2: DQFM using correlated random numbers based on
the concept of common and independent variability of response factors

*大鳥 靖樹¹, 牟田 仁¹, 村松 健¹

¹ 東京都市大学

損傷相関を考慮した地震 PRA を実施するために、地震動伝播経路の振動特性の類似性に基づき応答係数を共通変数と独立変数に分離して乱数を生成する方法を提案し、DQFM 法に実装してその有効性を確認した。

キーワード：損傷相関、応答相関、地震 PRA、共通原因故障、DQFM 法

1. 緒言

地震 PRA では機器の複数同時故障の可能性があるため、現実的な評価を行うには応答の相関を考慮した解析が必要となる。応答の相関については、SSMRP の結果から経験的に求めた相関係数[1]が提案され、用いられてきた。しかしながら、DQFM 法に実装して相関行列を三角行列に因数分解をする際に、行列の条件が悪く分解できないことがあるため、経験に基づき相関係数行列を修正する等の対応が行われてきた[2]。

本稿では、因数分解時の数値解析上の不安定性を回避するために、応答の相関係数行列の因数分解を伴わない乱数生成法を提案し、DQFM 法に実装したので、手法の概要とその結果について報告する。

2. 提案手法の概要

その 1 [3]で示した例題に対して、地震動の伝播経路の振動特性の相違を整理した結果を右の表に示す。ここで、 $F_{R(1)}$ は震源から解放基盤面まで、 $F_{R(2)}$ はサイトの地表面、 $F_{R(3)}$ は建物およびフロアー、 $F_{R(4)}$ は機器の応答係数である。また、各欄の識別記号は振動特性の相違を示し、括弧内の数値は不確かさ β を示している。その 1 [3]では、共通する不確かさの大きさ β_c を求めて相関係数行列を算出し、相関を有する乱数を生成した。本稿では、各欄の識別記号ごとに完全無相関な乱数を与えて各応答係数を算定し、 $F_{R(1)} \sim F_{R(4)}$ を掛け合わせることで各機器に対する応答係数を算出する。例えば、機器(1)の応答係数 F_R は $F_{R(1)}(DGM1) \times F_{R(2)}(GF1) \times F_{R(3)}(BF1) \times F_{R(4)}(CMP1)$ となる。本手法を適用して応答の相関係数を算出したところその 1 [3]と一致する結果が得られた。また、DQFM 法に実装したところ、安定的に解が得られることが確認できた。

表：地震動の伝播経路の分析結果

機器番号	$F_{R(1)}$	$F_{R(2)}$	$F_{R(3)}$	$F_{R(4)}$
(1)	DGM1 (0.25)	GF1 (0.20)	BF1(0.10)	CMP1 (0.05)
(2)			BF2(0.10)	
(3)		GF2 (0.20)	BF3(0.10)	
(4)				

3. 結論

本稿では、応答係数を共通変数と独立変数に分離して乱数を生成する手法を示し、DQFM 法に実装し有効性を確認した。今後は、実規模システムに対して開発した手法を適用し、有効性を確認していく予定である。

参考文献

- [1] Bohn, M.P., Lambright, J.A., NUREG/CR-4840 SAND88-3102, NUREG/CR-7237. U.S., 1990.
 [2] Watanabe, Y., Oikawa, T., Muramatsu, K., Reliability Engineering & System Safety 79, 265-279, 2003.
 [3] 大鳥・中島・牟田、地震 PRA における損傷相関に関する研究 その 1、2017 年原子力学会秋の大会、2017.

*Yasuki Ohtori¹, Hitoshi Muta¹ and Ken Muramatsu¹

¹Tokyo City University