

機器設置位置の床の動剛性を考慮した機器応答評価法の検証

Verification of Evaluation Method of Equipment Response Considering the Dynamic Stiffness at the Support Location

*後藤 祥広¹, 熊谷 貴仁², 俵谷 侑吾², 小島 直貴³

¹日立, ²日立 GE, ³HiICS

機器が設置される床の動剛性を用い、機器と床の動的相互作用が考慮可能な機器応答評価法について、高次になるほど複雑になる床の振動モード形状に着目し、動剛性で床の振動特性が模擬可能な範囲を検討した。

キーワード： 機器・構造物の動的相互作用、3次元 FEM、動剛性

1. 緒言

原子炉建屋内機器の耐震評価では、機器と床の動的相互作用の影響を考慮せず、機器設置位置の加速度応答を用いるため、床と機器を連成した時よりも機器の加速度応答が大きくなる傾向がある。EPRI^[1]では、機器設置位置の床の動剛性を用いることで動的相互作用が考慮可能な機器応答評価法(図1)を提案している。動剛性は機器設置位置の節点に調和加振力を作用させることで求めることから、機器設置位置の振動特性と関連があり、振動数依存性がある。建屋3次元FEMモデルに適用する場合、この動剛性によって低次の振動特性を模擬できるが、振動モード形状が複雑となる高次の振動特性は模擬できず、振動応答の評価精度が低下する可能性がある。本研究では、床の振動モードに着目し、動剛性で床の振動特性が模擬可能な範囲を検討した。

2. 検証方法

検証にあたり、原子炉建屋から1部屋分の床を抜粋し、床の中央に機器が設置される条件を対象とした(図2)。比較対象は、床を3次元FEMでモデル化し、1自由度系の機器を連成したモデル(以下、比較対象モデル)とした。EPRI提案手法のモデルと比較対象モデルで得られた機器の伝達関数を比較することで、適用範囲を確認した。

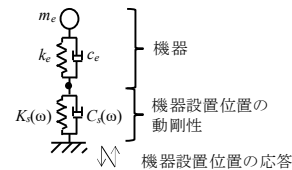


図1 EPRI提案手法に基づくモデル

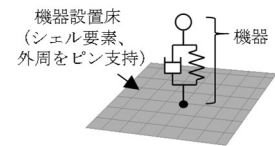
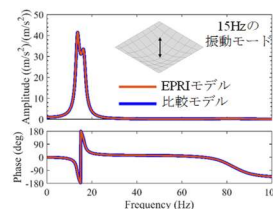
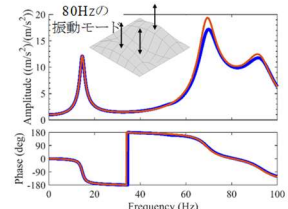


図2 比較対象モデル



(a) 固有振動数 15Hz



(b) 固有振動数 80Hz

図3 各モデルで得られた伝達関数

3. 検証結果

比較例として、機器と床の重量比が0.01で、床中央が変形する振動モードの固有振動数と一致するように機器の固有振動数を設定した条件の結果を図3に示す。図3(a)より、床の一次モードが卓越する振動数範囲で機器と連成する条件では、比較対象モデルと同等の伝達関数が得られるものの、図3(b)のように床の高次モードと機器が連成する場合は、伝達関数に差分が生じることがわかる。これは動剛性を算出する際に床の一次の振動モードを模擬するように荷重を作用させており、高次の振動モードに対応する動剛性が適切に表現できないことが原因の1つと考えられる。以上より、床の振動特性を動剛性でモデル化する方法は、二次以上の床の振動モードが卓越する範囲で振動応答の評価精度が低下する可能性があることを確認した。

参考文献

- [1] EPRI, Advanced Nuclear Technology: High-Frequency Seismic Loading Evaluation for Standard Nuclear Power Plants, 3002009429, 2017.

*Yoshihiro Goto¹, Takahito Kumagai², Yugo Hyotani² and Naoki Ojima³

¹Hitachi, ²Hitachi-GE, ³HiICS