

審査の結果の要旨

氏名 ムハンマド リズワン リアズ

本論文「Application of Meta-Modeling Theory to Construction of Consistent Seismic Response Analysis Models Considering Soil-Structure Interaction (構造物-地盤の相互作用を考慮した整合する地震応答解析の構築のためのメタモデリング理論の適用)」は、既設大型構造物を対象とした地震応答解析に対して、地盤-構造物相互作用を考慮する整合するモデル化を提案する。整合するモデル化とは、連続体力学モデルの近似となるモデル化である。メタモデリング理論に基づき、地盤と構造物からなる系に対してラグランジュアンを設定し、そのラグランジュアンの変位関数に適切な制約を設けるという数理近似を行うことで、整合するモデル化が可能となることを示した。

本論文の要諦は、通常、地盤-構造物相互作用を考慮し、地盤は地盤バネ、構造物は多質点系が用いられるが、この簡略化されたモデルの質量やバネ定数が、連続体モデルから客観的に導出されることを示した点である。質量やバネ定数の設定には経験が必要とされている。本論文では、連続体モデルとの整合性を取ることで、連続体モデルで計算される固有周期・固有モードから、質量やバネ定数を陽に与える式が導出された。と、客観的に設定できることが重要である。

連続体モデルと整合する地盤バネ-質点系モデルに対し、質量やバネ定数を陽に与える式の導出は、連続体力学の観点での地盤-構造物相互作用の分析に基づいている。この分析では、地盤-構造物相互作用は、厚さ 0、剛性無限大という理想的な剛体基礎が仮定されていることに起因していることを明らかにした。剛体基礎が底部にある結果、構造物の固有周期・固有モードは底部の変位・回転が 0 となる同次解として与えられることになる。構造物のこの固有周期・固有モードを表現する多自由度系の構築は可能である。さらに、構造物が設置された箇所に併進・回転の強制変位を加えることで、地盤の反力が計算される。これが地盤バネであることが示された。この地盤バネは剛体基礎の強制変位に対応し、地盤の固有周期・固有モードとは異なる。この分析に基づき、地盤の固有周期・固有モードに対応する地盤バネを設定することも可能であることが示された。

以上の分析に基づき、地盤バネ-質点系モデルの質点・バネ定数を陽に与える式が導出された。地盤内を増幅して構造物に入力される地震動に付加される、構造物の固有震動、剛体基礎に対する地盤反力、剛体基礎の剛体運動が生じさせる構造物の応答に対して、質量や併進・回転バネのバネ定数が決定されることになる。

導出された整合する地盤バネ-質点系モデルの妥当性を検証するため、地盤と構造物のソリッド要素モデルを使った数値実験が行われた。簡単な二層構造物に対し、ソリッド要素モ

デルと整合する地盤バネ-質点系モデルが構築できることを示した。複数の地震動を入力する地震応答解析の結果を比較することで、地盤バネ-質点系モデルの精度や適当限界が議論された。

次いで岩盤上に設置された原子力発電所建屋に関して、地盤バネ-質点系モデルが構築された。建屋自体の構造は複雑であるが、最初の数固有モードを利用すれば、簡略な地盤バネ-質点系モデルが構築できる。当然の結果であるが、卓越周期が固有周期に近い地震動に関しては、地盤バネ-質点系モデルが精度良く地震応答を計算できることが示された。逆に、卓越周期が固有周期から離れると、地盤バネ-質点系モデルを使う地震応答の精度が下がり、地盤バネ-質点系モデルに適用限界があることが定量的に示された。

地盤 - 構造物相互作用という地震工学の古典的問題に対し、連続体力学の観点から厳密な分析を行い、地盤 - 構造物相互作用を簡単に示す地盤バネの物理的意味を明確にした点は評価された。さらに、その分析を基に、地盤と構造物のソリッド要素モデルと整合する、地盤バネ - 質点系モデルが客観的に構築可能であることを示した点も有用性の観点から評価された。簡略化されたモデルの常である、地盤バネ - 質点系モデルの適用限界が示されたことも有用性を増すことが指摘された。以上の審議により、本論文が学位にふさわしい論文であると判断された。