

論文提出者氏名 尹 元 彪

地盤と構造物の相互作用は、構造物に与えられたエネルギーの一部が、基礎を介して地盤に逸散していく現象である。この地盤と構造物間のエネルギーの収支差が構造物の運動と破壊に費やされるエネルギーであり、したがって相互作用の的確な評価が構造物の地震時応答や破壊過程を検討する上で極めて重要な意味を持つ。

相互作用効果を評価する上で、構造物とそれに比べて空間的に大きな広がりを持つ地盤を同じ土俵で議論しなければならないことから、様々な注意が必要である。波動の逸散効果の表現、構造物と地盤の非線形挙動、基礎構造物と地盤の接触面での剥離、すべりなどいずれへの配慮が欠けても、それは評価される相互作用効果の精度を大きく損ないかねない。一般にこのような複雑な非線形性を含む現象の評価には有限要素法が用いられるが、領域分割を前提とするこの方法では入力データを得るために空間的に相当量の調査を行わなければならない。したがって設計の実務では群杭を個別の地盤ばねに支えられた梁（Winkler モデル）として経験的なばね値の設定を行い、杭間の相互作用（群杭効果）もまた経験的な評価を加えている。本論文では一般の群杭で杭間隔が杭径に対し 2~3 と密に配置されることが多いことに着目し、群杭全体を一本の等価な梁と見なすことができるアイデアを示し、この等価梁を記述するパラメータで群杭基礎と地盤の相互作用を統一的に記述できる可能性を示し、簡便で合理的な耐震性評価のための方法論を提示している。

本論文の第 1 章では以上の研究背景と本論分の目的を、第 2 章では既往の研究事例と耐震設計基準を概括し、これらの課題について記述している。

第 3 章では群杭を等価な 1 本の直立梁としてモデル化し得ることを示し、その剛性マトリックスを提示している。この等価梁モデルは、ベルヌーイ・オイラー梁、あるいはチモシェンコ梁のいずれとも異なり、その剛性マトリックスには二つの曲げ剛性パラメータが含まれる。一つは、群杭の水平方向へのたわみを支配するパラメータで、単独の杭の曲げ剛性に群杭本数を乗じた値として定義される。一方もう一つのパラメータは、群杭の回転を支配するもので、群杭とこれに取り囲まれる土も含めて一体の複合梁と見立てた時の曲げ剛性に相当する。等価梁モデルの適用性を検証するためには、まず群杭基礎と地盤の相互作用の厳密解を示す必要がある。そこで成層地盤の半解析の得られる薄層要素法（田治見・下村）で群杭周囲の地盤をモデル化し、個別の杭間の相互作用

を考慮してその厳密解を得て、これと提案する梁による近似解とを比較することで、等価梁モデルの適用範囲を杭径で無次元化した杭間隔をもって記述している。

杭は撓みやすい構造であるため、その頭部に載荷した場合、変形が及ぶ深さが限定される。この範囲を特性長 (active pile length) とよび、それは杭と地盤の相対剛性比で決定する。この考え方は単独の杭では存在したものの、群杭にこれを敷衍する明確な理論は存在しなかった。第4章では、等価梁の剛性マトリクスに含まれる剛性パラメータが、この特性長を決定付けていることを示し、この特性長を用いた非線形地盤中の群杭基礎上端部剛性の簡易な評価式を提案している。そして既往の野外実験や模型実験の結果をこの評価式で統一的に記述できることを示しその有効性を確認している。第5章は本研究で得られた知見を整理し、今後の実験手法の発展の方向と課題をまとめている。

以上、本研究は、構造物の破壊過程を、“地盤・基礎”の相互作用を定量的に評価しながら合理的に検討することを可能にしたものであり、有用性に富む独創的な研究成果と評価できる。よって本論文は博士(工学)の学位請求論文として合格と認められる。