

第1章 まえがき

従来の構造物の耐震設計法は、一般に過去の被害記録に基づく「経験的方法」によって構築されている。そこで本研究では、震源域の地震動、長大構造物の地震応答など、過去の記録や経験の無い事項に対して「理論的方法」を援用し、従来の耐震設計法を補完することを目的として研究を進めた。特に、震源域では、振幅・位相特性の違う波があらゆる方向から伝播し、基礎を通じて構造物に入射されるため、図1-1に示すような震源から地盤・基礎・構造物系を一貫して捉えて構造物の非線形応答挙動を予測し、分析する手法を開発することに重点を置いて研究を進めた。対象構造物としては、重要社会基盤施設であり、震源域での地震時挙動についてあまりわかっていない長大橋を主な対象とした。また、津波と沿岸構造物との被害の関係など津波に対する工学的対策などの研究も多くは無いので、沿岸堤防による津波被害についての研究を進めた。

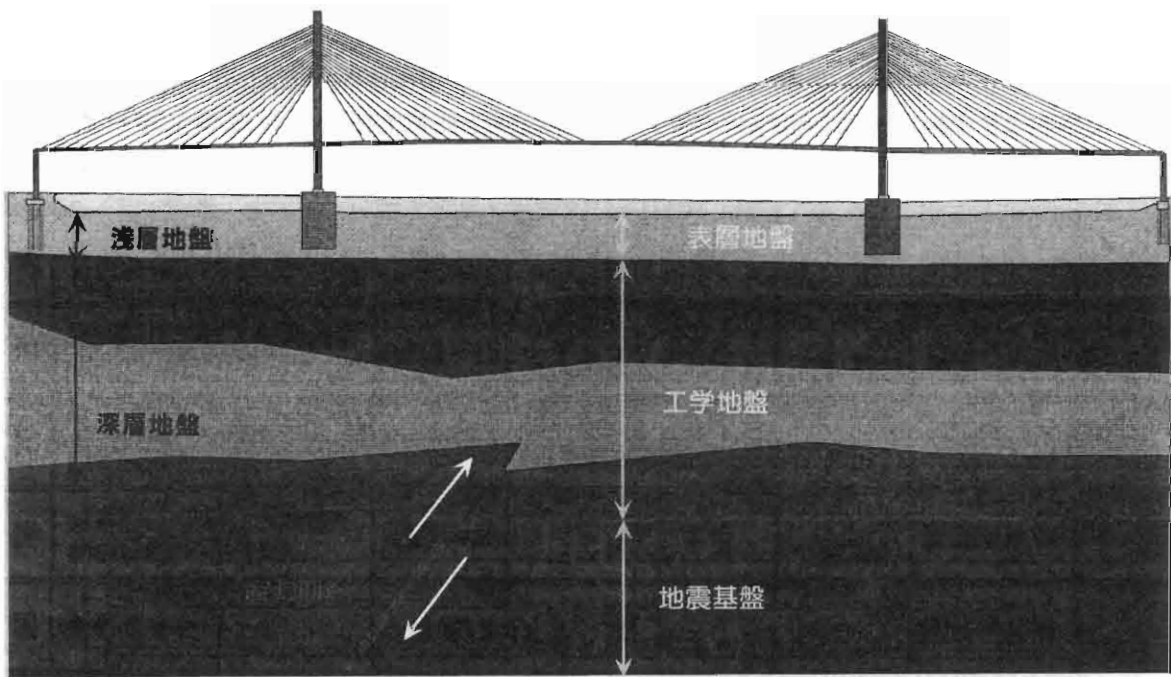


図1-1 震源断層を含む地盤・基礎・構造物系のイメージ図

第2章には、地震波発生・地震波伝播・基礎・構造物系の応答という一連の物理過程を定式化し、これに基づいて、どのような物理量を用いて基礎・構造物系の応答挙動を予測するのかを明らかにすることを目的として、このような一連の地震波発生から構造物応答の物理過程の定式化を示した。特に、直下地震による重要社会基盤施設の地震対策では、震源域の断層破壊伝播特性などの影響が大きいので、震源断層特性や地殻・表層地盤特性等を考慮した適切な基礎・構造物系の応答挙動の評価が不可欠となる。また、従来の基礎・構造物系の応答解析法を整理し、両者を比較できる形式

に整理した。

第3章では、工学的適用を目的として、運動学的断層モデルに基づく地震動波形の合成法において必要となる震源断層パラメータの予測式の平均値とそのばらつきを整理した。最近、地震学の研究成果をまとめて、「強震動予測レシピ」が公表されている。しかし、これは震源断層パラメータの平均的特性に理論的考察を加味して震源断層パラメータの平均値を予測するもので、断層パラメータに関する現状のばらつきや不確定性については、考慮されていない。強震動計算の工学的応用を考える場合、震源断層パラメータの不確定性が、予測波形に影響する程度を把握して、強震動計算波形を利用することは当然である。

第4章では、地盤と基礎の非線形動的相互作用モデルとして、応力・歪レベルの非線形地盤ばね要素によって構成されるマイクロ・ウインクラモデルを提案した。従来の地盤と基礎の動的相互作用モデルでは、集約地盤ばねによって地盤の影響を考慮したもの（マクロモデルと呼ぶことができよう）が多用されているが、ここでは基礎に働く地盤からの水平力やモーメントなどの力と変位の関係というマクロな情報しか得られない。しかし、本研究のモデルは、全ての要素が応力・歪レベルのマイクロモデルによって構成されているので、基礎の各点における地震時地盤反力特性を応力と地盤との相対変位の関係から調べるができる。そして、この地盤と基礎の非線形動的相互作用モデルを組み込み、ファイバー要素を用いた基礎・構造物系の非線形応答解析プログラムによる地震時応答計算を実施し、構造物におよぼす地盤と基礎の非線形動的相互作用の影響を調べた。

第5章には、本研究の目的である、震源から地盤・基礎・構造物系を一貫して捉えて構造物の非線形応答挙動を予測するためのモデルの特性や応答挙動の特性を調べるために、震源断層を含む地盤・基礎・構造物系の地震応答解析例を示した。これらは第2章から第4章にまとめた研究成果をプログラム化したものによる。本解析では、①運動学的断層モデルによる震源断層特性、②水平成層地盤モデルによる地震波伝播特性、③等価非線形解析による表層地盤の非線形応答特性、④ファイバー要素を用いた地盤と基礎の非線形動的相互作用、⑤ファイバー要素を用いた基礎・長大橋梁系の幾何学的・材料非線形特性、を考慮している。

もちろん、ここで示す全体系の解析手法における最大の特徴は、震源断層を含む地盤・基礎・構造物の全体系の全ての要素が応力・歪レベルのマイクロモデルによって構成されている点である。従来の地盤と基礎の動的相互作用モデルでは、集約地盤ばねによって地盤の影響を考慮したもの（マクロモデルと呼ぶことができよう）が多用されているが、ここでは基礎に働く地盤からの水平力やモーメントなどの力と変位の関係というマクロな情報しか得られない。また、従来の上部構造物のモデル化においても、部材のモーメントと回転角の関係や軸力の関係といった力と変位をモデル化（マクロモデル）した要素を使う場合が多い。しかし、本研究のモデル化では、全ての要素が応力・歪レベルのマイクロモデルによって構成されているので、基礎の各点における地震時地盤反力特性を応力と地盤との相対変位の関係から調べるができる。また、構造物の各部の断面力とともに断面の応力・歪特性を調べるができる。

第6章には、津波と沿岸構造物との被害の関係など津波に対する工学的対策を目的として、護岸に作用する津波力や越流する津波の特性を調べた結果を記述した。

最後に、第7章にまとめと課題を述べる。