

# Chapter 1

## まえがき

研究代表者は、明石海峡大橋基礎の耐震設計プロジェクトに参加する機会に恵まれた。設計用地震荷重の改良、耐震解析・設計方法の改良など新しい考え方を積極的に採用するなど活気に満ちたプロジェクトであった。従来の設計法を改良していたので、1995年1月17日兵庫県南部地震後、明石海峡大橋は大丈夫だと思った。しかし一方で、TVや新聞に明石海峡大橋の傾いた姿がでるのではとの思いもあり目を配ったものである。幸い結果はよい方であった。このような経験により、設計用入力地震動の研究計画もそれほど間違っていないと自信を深めたのも事実である。幸い1995年度の科研費申請が採択された。

本報告書は、設計用入力地震動の改良に関する基礎的研究を平成7年度から平成8年度の2年間で行なった研究成果報告書である。本研究では、設計用入力地震動の評価を地震断層の物理に基づいて理論的に行なうための道具の開発に重点を置いて研究を進めた。多くの道具を提案することができた。本研究で行なった横ずれ断層による地震動の理論的検討結果から、兵庫県南部地震による地震動において、断層直交方向成分が卓越したこと、1秒程度以上の大加速度の長周期パルスが発生したこと、および断層から5 kmから10 kmの地域の揺れが大きかったことの特徴は、横ずれ断層による地震動の普遍的特徴であるといえるようである。しかし、まだまだ研究は十分ではないし、地震動の特徴を把握するには至っていない。なお、本研究は以下のような背景と目的で実施したものである。以下は科研費申請時の内容と研究成果の要約である。

最近15年間において、地震地体構造の研究や理論的地震動予測の研究は著しく進歩したので、これら測地学的研究成果と理論的研究成果を取り入れて、設計用入力地震動の評価ができる状況にある。研究代表者は弾性波動理論と確率場理論を結合した確率波動場理論により地震動を定式化し、表層地盤に関する不確定性および実地震動の時・空間不規則

性とその統計量の関係を分析してきた。次の段階として、震源過程の特性を組み込んで震源過程・波動伝播と地震動特性が分析できる確率波動場理論へと拡張することが考えられる。これにより理論的手法を取り入れた設計用入力地震動の新しい評価方法が提案できると予想される。

本研究では、構造物の地震災害軽減のために、これまでに得られた経験的な地震動に関する研究成果と地震地体構造の研究成果および理論的な地震動予測の研究成果に基づいて、地震時の限界状態設計法をにらんだ設計用入力地震動の新しい評価方法を提案する。このためには、(1) 設計用入力基盤面の地震動に及ぼす震源や地震波動伝播に関する種々の不確定性の影響が容易に評価できる予測モデルの構築、(2) 小地震の観測記録から大地震の強震動を予測するモデルの構築、(3) 実記録による上記2つの予測モデルの実証的研究、が重要な課題となる。これらの理論的方法によって、従来の種々の経験式を解釈し、パラメータに対する物理的意味を探り、現行の経験式の適用性を拡張するとともに、理論的方法の適用条件と適用手順を示して、設計用入力地震動の評価のための新しい道具を提供する。本研究の成果をまとめると以下のようなになる

(1) 地震学分野で発展してきた運動学的断層モデルを工学分野に適用するために、本研究では、半無限地盤の地震波動場に関する解析解を導びいた。半無限地盤上の表層地盤の地震動への影響は、表層地盤を水平成層地盤と仮定して剛性マトリックス法によって取り扱った。数値計算の安定性と容易性を実現するために、水平成層地盤の各層に対応する要素剛性マトリックスの解析解を示した。定式化の妥当性を既往の厳密解や既往の数値計算結果との比較によって確認した。工学的応用として、振動数 約 1Hz 以下の長周期領域に対して本研究で提案した解析解とその計算プログラムを用いて、Parkfield 地震による変位、速度、加速度波形を計算した。振動数 1Hz 以上の短周期領域に対しては、地震断層を考慮した確率論的モデルによって計算した。これらを合成し、観測記録と比較し、方法の有用性を示した。

(2) 小地震記録から大地震の地震動を計算する経験的グリーン関数法に関する従来の定式化を一般化した。本研究では、大地震の断層面上でのすべりや応力降下量、そして断層破壊伝播速度の不均質性の地震動への影響を一つのパラメータによって記述したモデルを提案した。この一般化した経験的グリーン関数法から平均的な震源スペクトル振幅を求め、地震断層を考慮した確率論的モデルを提案した。本モデルは、3つのコーナー振動数を持つが、この震源スペクトル特性は、不均質断層モデルに関する従来の研究成果と同様であることが確かめられた。

(3) SH波入射による不整形多層地盤の応答計算プログラムを直接境界要素法により

作成した。しかし、水平成層地盤との応答の違いを定量化するには至っていない。

(4) 一般化した経験的グリーン関数法の定式に基づいて、実記録から断層パラメータを逆推定する方法を検討した。シミュレーション波形を用いた検討では、本研究で提案した方法は目標の断層パラメータを予測することができた。実地震動による検討では、それなりの解を逆推定しているが、もう少し検討が必要である。

