

**海洋および内陸型地震の震源域における  
長大構造物の応答特性の評価とその予測法  
(課題番号 13650527)**

平成13年度～平成15年度科学研究費補助金  
基盤研究(C)(2)研究成果報告書

研究代表者 原田隆典  
宮崎大学工学部教授

平成16年3月

# はしがき

従来の耐震設計法は、一般に過去の構造物被害に関する経験並びに地震動記録に基づきいわゆる経験的方法によって構築されているが、本研究では、震源域における地震動特性、津波波形特性、そして長大構造物の地震応答特性など過去の記録や経験の無い事項を理論的方法によって調べ、従来の耐震設計法を補完することを目的に研究を進めた。

具体的には、構造物として連続高架橋と幹線パイプラインを取り上げ、震源域の地震動と構造物の非線形応答特性の関係を調べるために、海洋並びに内陸型地震の震源域での強震動記録の不足から、(1) 震源・地震波伝播過程に基づく理論的方法によって震源域の断層永久変位を含む地震動の時・空間分布特性の定量化、(2) 理論的方法によって合成した地震動が構造物の3次元非線形応答特性に与える影響評価とその定量化、(3) 震源域での海底面の動的変位特性と津波波形特性並びに、波・潮流・構造物の相互作用を考慮した長大橋の地震応答特性の定量化、(4) 実記録による上記(1)から(3)の検討と解釈を重要な課題として取り扱った。

上記(1)に関しては、研究代表者が開発してきた剛性マトリックス法による震源・地震波伝播過程の定式を一般化することに成功した。コンピュータプログラムを整備し、試算例として、震源断層の深さや表層地盤の厚さによって、断層による永久変位を含む地表の地震動の時間・空間分布特性がどのように変わるかについて調べ、表層地盤の厚さや、断層上端の深さが重要な要因であることを明らかにした。地表面の動きを3次元的に視覚化し、震源域の地表面の動きは、台風時の雲の動きのように渦を巻いていることを始めて示すことができた。地表面の水平・鉛直方向の3成分変位に関する運動と共に地表面の傾きや回転に関する運動の3成分波形が大きくなるなど従来あまり知られていない地震動特性に関する成果を得ることができた。

上記(2)では、断層近傍に典型的な都市高速道路の連続高架橋とパイプラインを想定し、3次元非線形応答解析を実施し、その応答挙動を調べた。断層に平行なケースや横断するケース、回転地震動の影響を調べた。その結果、断層を横断する連続高架橋とパイプラインにおいても、断層上に表層地盤が存在する場合(断層が地表に現れない場合)には、応答を崩壊限度内に抑えることが可能であるが、断層が地表に現れるような場合には、断層を横断するケースで、応答は崩壊限度を大きく超え、特に、連続高架橋の橋脚に大きなねじりモーメントが発生することを示した。

上記(3)では、長波理論に基づく津波シミュレーションコードの改善を行い、日向灘地震(1968年)、南海地震(1854年)による津波高記録と計算結果

を比較し、計算精度の妥当性を確認した。また、日向灘地震については、沿岸構造物への津波の波力を計算するプログラムを開発した。試算例では、波力と地震力を比べると、波力は1/10程度と見積もられる結果であったが、条件を変えた試算例も実施する必要がある。

## 研究組織

研究代表者： 原田 隆典 (宮崎大学工学部教授)  
研究分担者： 村上 啓介 (宮崎大学工学部助教授)  
(研究協力者： 王 宏沢 (宮崎大学工学研究科博士後期課程学生))

## 交付決定額 (配分額)

平成 13 年度	210万円
平成 14 年度	50万円
平成 15 年度	60万円
合計	320万円

## 研究発表

### (1)学会誌等

- 1) 原田隆典、黒田拓氏、山上武志、3次元直接境界要素法による震源断層—不整形地盤系の応答解析と震源断層近傍地震動の渦現象、構造工学論文集、Vol.48A、pp.587-594、2002.
- 2) 原田 隆典、王宏沢、野中哲也、大角恒雄、震源断層近傍の連続高架橋の3次元応答挙動、第11回日本地震工学シンポジウム論文集、CD-ROM, Paper No.296、2002.
- 3) 王宏沢、原田隆典、野中哲也、坂本佳子、震源断層近傍における鋼製パイプラインの応答挙動、第11回日本地震工学シンポジウム論文集、CD-ROM, Paper No.393,2002.
- 4) 原田隆典、王宏沢野中哲也、山下典彦、横ずれ断層を横断する連続高架橋の応答挙動解析、応用力学論文集、Vol.6、701—711,2003.
- 5) 野中哲也、原田隆典、岩村真樹、王宏沢、観測地震波を用いた

トラス橋の実挙動の再現および大地震時挙動の予測, 応用力学論文集, Vol.6, 665-674, 2003.

- 6) 原田隆典、岡田洋輔、王宏沢、小林正樹、境界要素法に部分解析法を用いた震源断層-不整形地盤系の効率的地震動シミュレーション, 地震工学論文集、土木学会、Vol.27, CD-ROM, Paper No.72, 2003.
- 7) 原田隆典、王宏沢野中哲也、山下典彦、横すれ断層を横断する連続高架橋の応答挙動, 地震工学論文集、土木学会、Vol.27, CD-ROM, Paper No.71, 2003.
- 8) Murakami, K., Irie, I., Study on tsunami disaster prevention along Hyuganada Coast, Proc. of 13<sup>th</sup> Offshore and Polar Engineering Conference, 2003.

## 目次

はしがき i

第1章	まえがき	1
第2章	剛性マトリックスに基づく地震動の波形合成法	4
第3章	震源断層近傍における地震動の数値計算例	21
第4章	震源断層近傍の連続高架橋の非線系応答挙動	46
第5章	震源断層近傍の埋設パイプラインの応答挙動	71
第6章	津波と波力のシミュレーション	78
第7章	研究のまとめと課題	93