

京都大学	博士 (工学)	氏名	坂井公俊
論文題目	土木構造物の非線形応答特性を考慮した性能設計のための地震動評価の高度化に関する研究		
(論文内容の要旨)			
<p>1995年兵庫県南部地震以降、土木構造物の耐震設計が性能設計化されてきており、これに伴って、震源依存、地点依存の設計入力地震動が評価され、これに対する構造物の非線形応答解析が実施されるようになってきている。しかしながら、入力地震動評価の段階で構造物の非線形応答特性が考慮されることは稀で、必ずしも適切な非線形応答値を与える入力地震動が設定されているとは限らない。</p> <p>そこで本論文は、土木構造物の非線形応答特性を考慮して設計入力地震動を評価することを目的とし、特に地震動の位相特性に着目して、地震動予測手法を高度化するための研究をまとめたものであり、8章からなる。</p> <p>第1章は序論であり、地震動予測手法に関する既往の研究を概観するとともに、近年の大規模地震に対する土木構造物の設計においては、構造物の非線形挙動を高精度に評価する必要性を述べている。その上で、本論文の主題である設計地震動の評価においても、構造物の非線形応答特性に十分配慮する必要があることを論じている。</p> <p>第2章は、深部地下構造の変化が地震動特性に与える影響について論じている。観測記録に基づく検討と数値解析に基づく検討の結果、地震基盤が浅い地点においては、最大加速度や応答スペクトルの0.1~0.3秒程度の短周期成分が大きく、これに対して地震基盤の深い地点では、応答スペクトルの周期1秒程度の成分が大きいことを明らかにした。</p> <p>第3章は、工学的基盤面の傾斜角および地震動入射角の変化が、表層地盤の伝達関数と、この伝達関数に基づいて推定される地盤構造に与える影響について論じている。解析的な検討の結果、基盤の傾斜、地震動の斜め入射に伴って、伝達関数の卓越振動数や見かけの減衰が複雑に変化するとともに、この伝達関数に基づいて水平成層、鉛直下方入射を仮定した条件での逆解析では適切な地盤構造が推定出来ないことを明らかにした。その上で、設計地震動を評価する際の地盤構造の取り扱いについて整理を行うとともに、地盤の伝達関数から基盤傾斜が抽出される可能性を指摘している。</p> <p>第4章では、まず土木構造物の非線形挙動に及ぼす位相スペクトルの重要性を確認した上で、震源、伝播経路、サイト特性をモデル化した位相スペクトルを用いた統計的グリーン関数法の提案を行っている。モデル化の妥当性を構造物の非線形挙動の観点から確認するとともに、各特性の変化が構造物の非線形挙動に与える影響について定量的に考察している。その上で、設計地震動を評価する際の各特性の取り扱い方法を整理している。</p> <p>第5章は、非線形応答スペクトルに適合した時刻歴波形の合成方法を提案している。土木構造物の耐震設計基準には、非線形応答スペクトルによって入力地震動を規定しているものがあるが、時刻歴応答解析を実施するには、これに適合する入力地震動が必要となる。そこで、複数の地震動波形のウェーブレット係数を適切に重ね合わせることで、目標とする非線形応答スペクトルに適合する波形を算定する方法を提案している。重ね合わせを行う際の重み係数は、遺伝的アルゴリズムによって求めている。多数の非線形応答指標に対して提案手法を適用することで、適切な時刻歴波形を合成</p>			

京都大学	博士 (工学)	氏名	坂井公俊
<p>出来ることを確認している。</p> <p>第6章は、確率論的地震危険度解析と構造物の非線形応答特性に基づいて地震リスク解析を実施する際に必要となる、生起確率付地震動群の合成方法を提案している。これは、地震危険度解析結果と、応答スペクトルの距離減衰式と第4章においてモデル化した位相スペクトルに基づいて、比較的簡易に発生確率を有する時刻歴波形を作成する方法である。提案手法を用いることで、非線形時刻歴応答解析による土木構造物の地震リスク評価を可能としている。</p> <p>第7章は、地震リスクを考慮した構造物の性能評価法についての検討を実施している。具体的には、新設構造物を対象として、予め多数の諸元に対して地震リスクと初期費用等を加えたトータルコストが最小となるような周期、靱性率、降伏震度の組み合わせを算定しておき、それらの結果を非線形応答スペクトルの一つである必要強度スペクトルと同じ空間に、復旧性照査用ノモグラムとして表現する。構造物の設計を行う際に、この復旧性照査用ノモグラムを用いることで、従来の耐震設計の流れと同様の手続きでトータルコストを指標とした復旧性照査が可能となる。復旧性照査用ノモグラムの例として、複線用RC壁式橋脚を対象としたノモグラムを全国8地点で算定するとともに、地域の地震活動度の高低によって、最終的に得られる復旧性照査用ノモグラムが変化することを明らかにしている。</p> <p>第8章は結論であり、本論文で得られた成果について要約している。</p>			

氏名	坂井公俊
----	------

(論文審査の結果の要旨)

本論文は、土木構造物の耐震設計が性能設計化されてきている現状を踏まえ、構造物の非線形応答特性を考慮した上で設計入力地震動を評価するために、地震動の位相特性に着目して地震動予測手法の高度化を試みた結果をまとめたものであり、得られた主な成果は次のとおりである。

1. 地震動予測を行う際に必要となるサイト特性の評価に関して、深層地盤構造の影響と浅層地盤構造の影響を調べている。深層地盤構造の影響は工学的基盤面における地震動のスペクトル特性および最大加速度値等に大きな影響を与えることが示されている。また、工学的基盤面の傾きや地震動の入射角によって、浅層地盤における増幅特性が変化することを示し、観測点直下の地盤構造を水平成層構造としてモデル化した場合の問題点について整理している。
2. 震源、伝播経路、サイト特性をモデル化した位相スペクトルを用いた統計的グリーン関数法の提案している。また、各特性の変化が構造物の非線形挙動に与える影響について定量的に示している。
3. 設計非線形応答スペクトルが規定されていた場合に、構造物の非線形応答解析を実施する場合に必要な入力地震動を作成するために、非線形応答スペクトルに適合した時刻歴波形を、地震動予測手法によって作成された適切な位相特性を持つ波形に基づいて、求める方法を提案している。また、構造物の非線形応答を考慮して地震リスク解析を実施する際に必要となる生起確率付き地震動群を、適切な位相特性を考慮して求める方法を提案している。
4. 確率論的に評価された地震危険度と構造物の非線形応答特性に基づく地震リスク解析の結果を、非線形応答スペクトルと同じ空間上にノモグラムとして表現することによって、地震リスクに基づく構造物設計を簡便に行う方法を提案している。

以上のように、本論文は、構造物の非線形応答を適切に与える入力地震動を評価する手法から、これに基づく地震リスク解析結果を設計スペクトルとして表現する設計法まで総合的に検討しており、学術上、実際上寄与するところが少なくない。よって、本論文は博士(工学)の学位論文として価値あるものと認める。また、平成26年1月27日、論文内容とそれに関連した事項について試問を行って、申請者が博士後期課程学位取得基準を満たしていることを確認し、合格と認めた。

なお、本論文は、京都大学学位規程第14条第2項に該当するものと判断し、公表に際しては、当該論文の全文に代えてその内容を要約したものとすることを認める。