

I-B 210

断層モデルによる地震動予測式の作成法

—概 要—

日本原子力研究所	正	○蛭沢 勝三
佐藤工業株式会社	正	中村 晋
(財)大阪土質試験所	正	田居 優, 香川 敬生
京都大学防災研究所	正	亀田 弘行

1. はじめに

原子力発電所の地震リスクを評価する手法の開発が行われている¹⁾。地震による原子力発電所の炉心損傷事故発生頻度の不確実性に大きな影響を及ぼす要因として、地震危険度評価における地震動距離減衰式の不確実さが同定されている²⁾。著者等は、この不確実さを小さくするための検討を行い、経験式として距離減衰式を求める従来の方法では、不確実性を大きく低減することは望めないのに対し、断層モデルから地震動を予測する方法(以下断層モデルによる地震動予測式の作成法という)によれば不確定性低減の効果を期待できる結果を得た。

著者等は、地震動予測式作成法に関する研究を3段階に分け実施している。Phase I 研究では、簡易な断層モデルによる地震動予測式作成法を確立した上で、対象サイトに適用し、作成法上の課題を同定する。Phase II では、同定課題を対象とし、手法の高度化を図る。Phase III では、Phase II での手法を種々のサイトに適用し、手法の適用性の検討を行う。著者等は、Phase I 研究として、予測式作成法の概念を確立し、対象サイトを選定した上で、予測式の定量評価を行い、予測式作成上及び地震危険度評価上の課題を同定した。

本報では、作成法の概念及び特長について述べると共に、対象サイトの選定及び定量評価結果の概要と予測式作成上及び地震危険度評価上の課題について述べる。作成法を構成する各項目の詳細内容については、本発表会での他の論文で述べる^{3)~5)}。

2. 断層モデルによる地震動予測式作成法の概念及び特長

断層モデルによる地震動予測式の作成に当たっては、まず、地震動が断層モデルにより、震源特性、伝播特性、サイト局所地盤増幅特性の線形結合で表し得ると仮定する。次いで、地震動がある確率分布に従う確率変数で、上記のうち3つの特性を構成するパラメータも確率変数であると仮定する。

そして、地震動予測式が、3特性からなる加速度 $\ddot{u}$ の中央値と標準偏差で表し得るとする。

図-1に断層モデルによる地震動予測式の作成手順を示す。作成手順としては、まず、対象サイト及び周辺観測点で同時観測された地震動データを収集する。次いで、特に対象、表層地盤の影響を取り除くために、はざとり解析を行い、基盤での地震動データを求める。これらサイト基盤データと周辺観測点でのデータを用い、インバージョン解析で上記3特性を求める。3特性のうちの震源特性データを用い、断層パラメータの定量評価を行った上で、得られたパラメータを用い、震源理論により震源特性を求める。そして、震源理論による震源特性、伝播特性、局所地盤特性を用い、ばらつきの伝播解析から加速度 $\ddot{u}$ の中央値と標準偏差を求める。断層モデルによる地震動予測式の主な特徴を次に挙げる。

①理論式であるので、一般性があり立地条件の異なる種々のサイトに適用可能であると共に、強地震動の統計データの範囲外にあり地震リスク評価上重要な強地震動領域の評価も可能となることが期待できる。

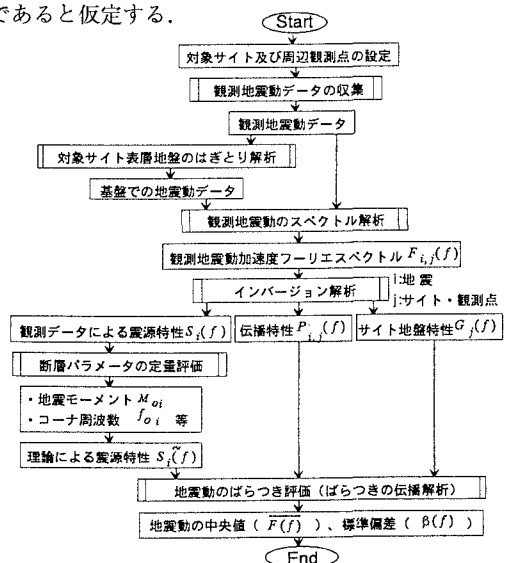


図1 断層モデルによる地震動予測式の作成手順

地震動を震源特性として表し得る。③対象サイト及び周辺観測点での観測地震動データだけを用いるので、対象サイト固有の地震動予測式となる。④地震動のばらつきの要因を地震動の3特性に係わる種々のパラメータとして表すので、重要な要因を明らかにできる。⑤予測式が加速度フリスパクトルであるので、これに対象とする建屋や機器の応答伝達関数を乗ずることで、それらの応答の振動特性を考慮して評価できる。⑥加速度フリスパクトルは種々のパラメータ(最大加速度、最大速度、変位等)に変換可能であるので、予測式を対象とする建屋や機器の損傷モードを表す物理量で表現できる。

3. サイトの選定条件と対象サイト

対象サイトの主な選定条件としては、①周波数特性の異なる多くの地震動が期待し得ること、②サイトで観測がなされていること、③サイト周辺に地震動観測網が密に分布していること、④サイトの表層地盤の物性値が測定されていることが挙げられる。

茨城県大洗町の日本原子力研究所大洗研究所サイトでは、地表面から1.2m(せん断波速度 $V_s=170\text{m/s}$)、32.1m、95.2m、173.6m($V_s=1020\text{m/s}$)の4箇所に設置された水平2・鉛直1成分の地震計による鉛直アレー観測が実施されていると共に、敷地内地盤の詳細な調査が行われており、上記サイト条件を満足するので、大洗研究所を対象サイトとして選定した。

4. 地震動予測式の評価条件及び評価結果

評価条件としては、大洗サイトでの評価対象位置を $V_s=1020\text{m/s}$ の地盤とした。大洗サイト周辺の観測点は、気象庁の8観測所(小名浜、宇都宮、前橋、東京、横浜、館山、銚子、水戸)とした。但し、観測点の数を多くするために、大洗サイト地表面での地震動も1サイトのものとして取り扱ったので、周辺観測点の合計は9地点である。対象地震動は、1987年12月～1992年4月までの約5年間に大洗周辺で発生した8地震(マグニチュード：4.9～6.0、震央距離：約38～62km)によって同時観測されたものとした。震源理論としては、Booreのモデルを用いた。

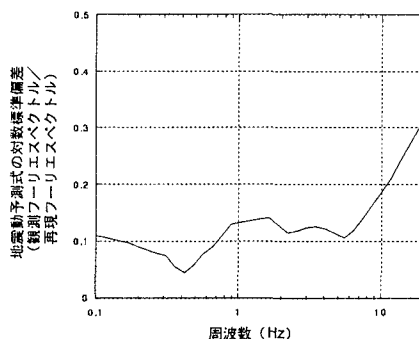


図2 地震動予測式のばらつき評価結果

地震動予測式のばらつきは、断層パラメータ等のばらつきの伝播解析によらず、観測フリスパクトルと断層モデルによる再現フリスパクトルの比が対数正規分布に従うと仮定し、対数標準偏差として評価した。図-2に評価結果を示す。図から、周波数が高くなるにつれ、対数標準偏差が大きくなり、高周波数帯域で約0.1～0.3の範囲にある。

5. 地震動予測式作成上及び地震危険度評価上の課題

地震動予測式作成上の主な課題としては、多くの原子力機器の1次固有振動数が約10Hz前後の高周波数帯域にあるので、この帯域でのばらつきを小さくするため、高周波限界周波数や応力降下量等を用いた断層モデルの補正がある。また、断層モデルをマグニチュードM8程度の大規模地震にも適用できるようにするための中小規模地震の重ね合わせ手法の検討や、コーダ波を用いたQ値のばらつきの検討がある。

地震危険度評価に地震動予測式を組み込む場合の主な課題としては、地震危険度評価での地震発生モデルを構成するパラメータのうちのマグニチュードと地震動予測式内の断層パラメータとの関係の検討がある。地震危険度評価で必要なサイト周辺の地震域を応力降下量やQ値の違いとして表し得るかの検討がある。

6. おわりに

著者等が提案する断層モデルによる地震動予測式作成法を大洗サイトに適用し、その見通しを得た。今後、観測地震動を蓄積した上で、予測式作成上及び地震危険度評価上の課題を対象として、手法の高度化を行う。

謝辞 距離減衰式の御検討を頂いた京都大学赤松純平助教授、現岐阜大学杉戸真太助教授に感謝の意を表す。

参考文献 1)阿部清治他:日本原子力学会誌, Vol.36, No.4, 1994, 2)U.S.NRC:NUREG-1150, 1989, 3)中村晋他:土木学会第51回年次学術講演会概要集, 1996年9月, 4)田居優他:同概要集, 5)香川敬生他:同概要集, 6)蛭沢勝三他:第23回地震工学研究発表会講演概要集No.14, 1995