

清水建設(株)技術研究所 正会員 石川 裕
 京都大学 防災研究所 正会員 亀田弘行

1. はじめに

工学分野における地震動予測の問題は、①将来の地震発生の問題、②震源過程の問題、③伝播経路の問題、④注目地点近傍の地盤構造による増幅の問題、の4つのプロセスに分けて取り扱われている。このうち、①の地震発生の問題は地震動予測の基本となるものであるが、現在、この問題に対しては、地震危険度解析と想定地震の両手法が用いられている。これらの手法はそれぞれ長所を有しているが、互いの関係は明確にされないまま別個のものとして扱われてきた。本報告では両手法の特徴を整理した上で、最近、著者ら¹⁾が提案している「地震危険度解析に基づく想定地震設定法」の実用化に際しての問題点について考察を加える。

2. 地震危険度解析と想定地震の特徴

地震危険度解析に基づく地震動予測法は、上記①の地震発生に関する諸々の不確定性を確率・統計的に処理するとともに、その確率・統計モデルに②～④のプロセスを組み入れて将来の地震動を予測しようとするものである。そして、結果としてアウトプットされる地震動の特性を、年超過確率や再現期間といったリスク指標と対応づけて評価できる利点を有する。反面、上述した地震動予測の4つのプロセスの不確定性をすべて厳密に処理するには、各プロセスにおける不確定性が不明であるなど未解決な問題も多く、現行の地震危険度解析では②～④のプロセスにおいて、比較的簡略化した地震動予測モデル（アテニューエーション式）が用いられているのが実情である。また、都市地震防災の観点から、都市域での震害予測などを行う場合には、都市レベルの広がりをもった地域において、種々の周期にわたる地震動予測が必要となる。こうした問題に地震危険度解析を適用する場合、その地域内の各地点を独立として解析を行うと（いわゆる地震危険度マップ）、地点間の地震危険度の相対的な比較を行うには良いが、1つの地震が発生した場合の地震動強度の地域的な分布特性を直接評価することができない。さらに、種々の周期の地震動に対する地震危険度解析の結果として一様リスクスペクトルがしばしば用いられるが、個々の建造物の設計地震荷重の設定には有効な一様リスクスペクトルも、周期ごとに結果を支配している地震群の特性が変化する²⁾ため、周期が異なる複数の建造物の震害予測を同時に行うような問題に適用するには不適切である。

一方、想定地震に基づく地震動予測法は、過去の地震歴や活断層の分布などを参考にして、将来発生しそうな地震の物理的な諸元（地震の規模や震源位置など）を確定的に設定し、その地震が発生した場合の地震動を予測するものである。地震の物理的な諸元が設定されれば、上記②～④のプロセスにおいて、断層モデルに基づく方法などの詳細な手法を用いて地震動を予測することが可能となるとともに、都市域での震害予測を行う場合にも、ある特定の地震に対する現実的なシナリオを組み立てることが可能となる。こうした観点から想定地震に基づく地震動予測も数多くの実用に供しているが、一般に想定地震と注目地点におけるリスク指標との関係は不明瞭である。そこで、想定地震と注目地点でのリスク指標との関係を結びつけておくことは、上述したような地震危険度解析と想定地震の両手法の長所を併せ持つ形で地震動予測を行うことを可能とさせるものであり、工学的にきわめて意義あることと言える。

3. 地震危険度解析に基づく想定地震の設定法とその問題点

著者ら¹⁾が提案している想定地震設定法は、地震危険度解析において、地震動強度があるリスク指標 p_0 に対応した値 $y(p_0)$ を上回るような条件下での地震群 [マグニチュード・震央距離の同時確率分布] を各地震域ごとにピックアップし、その地震群のハザード適合マグニチュード・震央距離³⁾ [マグニチュード・震央距離の条件付期待値] をもって想定地震の諸元とするものである。その際、貢献度 [$y(p_0)$ 以上の地震動強度を発生させる相対的な確率] が高い地震域が想定地震を設定する地震域として選択される。

この方法を用いれば、想定地震を注目地点でのリスク指標 p_0 と関係づけて設定することが可能となる。しかし、この方法を用いる場合、次のような問題点がある。

〔1〕地震危険度解析を行う場合の地震動パラメータの選択

地震危険度解析を行う場合の地震動パラメータによって、設定される想定地震は異なったものとなるため、地震動パラメータの選択は重要な問題である。構造物の応答や被害に影響する地震動パラメータを一つだけ選択するのは難しいが、対象構造物に最もふさわしいパラメータを地震危険度解析で用いる必要がある。

〔2〕想定地震の震央方位の設定

上述の方法によれば地震のマグニチュードと震央距離は設定できるが、震央位置を確定するにはこの他に震央方位を設定する必要がある。震央方位に関しても、「ハザード適合震央方位」をハザード適合マグニチュード・震央距離³⁾と全く同様の考え方で算定することができるため、各地震域ごとに算定したハザード適合震央方位をハザード適合震央距離と合わせて用いることにより震央位置を設定することが可能となる。ただし、ハザード適合震央距離に対応する方位が同一地震域内に 360° 存在する場合には、ハザード適合震央方位が一義的に定まらないため、別途、震央位置を設定する必要がある。

〔3〕想定地震による地震動強度と元の地震動強度の関係

設定された想定地震の諸元を用いて注目地点での地震動強度 y' を逆算した場合、一般的に y' は元の地震動強度 $y(p_0)$ と一致しない。例えば、図-1は大阪において想定地震を設定した例¹⁾ ($p_0 = 0.01$ 、 $y(p_0) = 196\text{gal}$) であるが、設定した3つの想定地震のマグニチュードと震央距離から逆算した最大加速度 y' は、地震A : 204gal 、地震B : 191gal 、地震C : 182gal となり、元の $y(p_0) = 196\text{gal}$ とは一致していない。これは、ハザード適合マグニチュード・震央距離を算定する場合に地震動強度が $y(p_0)$ を上回るような地震群を取り扱っていること〔このため $y' > y(p_0)$ となる〕、ならびに地震危険度解析においてアテニュエーション式のばらつきを見込んでいること〔このため $y(p_0)$ が大きくなるにつれて $y' < y(p_0)$ となる〕に起因している。

この関係を詳しく示したのが図-2である。この図は大阪において、 $y(p_0)$ を $50 \sim 250\text{gal}$ と変化させた場合に、上述の方法で設定した想定地震A～Cから逆算した最大加速度 y' をその地震のマグニチュードに対して示したものである。同図によれば、 y' と $y(p_0)$ が異なる度合いは上述した理由を反映して、 p_0 （もしくは $y(p_0)$ ）のレベルとマグニチュードなどの地震のタイプの双方に依存して複雑に変化している。想定地震に基づき地震動予測を行う場合に、この y' と $y(p_0)$ の不一致の問題をどう扱うかについては予測の目的によっても異なるであろうが、あらかじめ留意しておくべき問題である。

4. むすび

先に述べたように、想定地震をリスク指標と関連づけて設定する意義は大きい。著者らの方法には上述したような問題点があるが、今後検討を加えることにより、実用上使いやすいものに改善していく所存である。

《参考文献》

- 1) 石川 裕・亀田弘行：地震危険度解析に基づく想定地震の設定法，第8回日本地震工学シンポジウム論文集，pp.79-84，1990。
- 2) 亀田弘行・能島暢呂：一樣リスク応答スペクトルとハザード適合マグニチュード・震央距離の関係について，第42回土木学会年講(1)，pp.79-80，1987。
- 3) 亀田弘行・石川 裕：ハザード適合マグニチュード・震央距離による地震危険度解析の拡張，土木学会論文集，第392号/1-9，pp.395-402，1988。

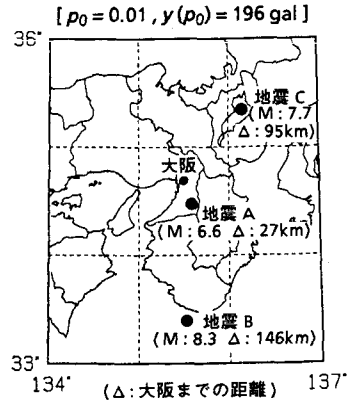


図-1 大阪で設定した想定地震¹⁾

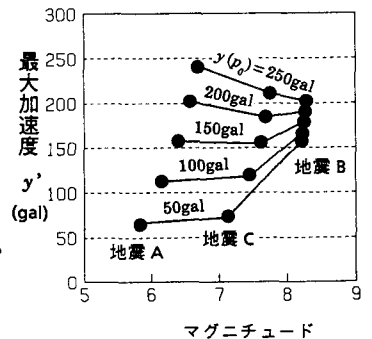


図-2 想定地震による最大加速度と $y(p_0)$ の関係