

- 9 設計用地震動時刻歴の設定方法の標準化

Standardization of generation method of design earthquake motion

(研究期間 平成 13 年度)

構造研究グループ

Dept. of Structural Engineering

大川 出

Izuru Okawa

Synopsis – The specification of the design earthquake ground motion time history is added as one of new notification in the revised Building Standard Law of Japan. The basic frame work and detailed methodology should be established for the notification to be efficiently enforced. A set of essential properties of the desing ground motion is examined using the recorded motions. Some technical improvements on the generation of design motion are to be proposed

【研究目的および経過】 設計用地震動時刻歴を作成するための告示が定められている。我が国では海溝型（海洋型）地震および内陸直下型の 2 つのタイプの地震による地震動を設計に考える必要があるとされている。これに加えて地盤条件や構造物特性によって適した地震動タイプが異なるなど、時刻歴設定に関しては、なお多くの課題があるが、設計用地震動においては、地震学的な知見を構造物への影響度をふまえて、耐震設計に使えるように分類、簡略化し具体的な数値として定量的に表現することが必要になる。本研究は建設地の想定条件に適合した地震動を算定あるいは設定するためのガイドライン作成のために資することを目的としている。当初予定では、本研究は 14 年度までの 2 カ年であったが、独法化後の研究課題の見直し作業に伴い、13 年度のみでうち切り、未着手部分については改めて 14 年度以降の別テーマの中で取り扱うこととなった。

【研究内容】

1. はじめに

過去設計において時刻歴が必要な対象としては、高層建築物あるいは免震構造物があげられる。従って、作成される時刻歴もやや長周期成分に配慮したものとなっている。

同種の建築物への適用が今後も多いと考えられるが、一方で、性能評価に基づく設計への指向があつて、多種多様な建築物への時刻歴解析の適用が予想されることから、対象を特定しない設計用時刻歴の設定方法の確立が必要となる。この考え方に対応した時刻歴作成のための検討事項としては、以下が考えられる。

(1) 建設地点の地震ハザード、影響震源の特定に関する資料の収集と方法の調査

(2) 用地震動時刻歴モデルの選定およびそのばらつき

設計用地震動の算定では、基本的に 2 通りの設定方法がある。すなわち、設計スペクトルと時刻歴によるものである。これらの 2 つには対象となる地震を考えた場合に根本的な違いがある。前者は、一般に建設地に影響を与える複数の地震の平均的な特性（包絡を含む）である

のに対して、後者は特定の地震（イベント）を模擬するものである。このどちらを選ぶかは、各地震の地点の地震動に対する影響度（寄与率）に依存する。

この違いは、いろいろな特性の設定に影響するが、地震動を確率統計的に考えるか、個々の地震を確定的に起こるものとして想定するかの基本的な課題である。また、対象を地震動そのものではなく、地震による影響（応答）に主眼をおいたものであるならば、たとえば主要な地震動特性の一つである設計スペクトルを基本において、個々の地震の寄与率に応じて特定の地震の評価を行うという現在の考え方でよいと思われる。

さて、具体的に時刻歴を作成するためにいくつかの必須パラメータがあり、本年度は、そのうちの継続時間についての検討を行った。継続時間については、過去いくつかの定義が提案されているが、自乗累積パワーによる手法を、主要な記録に適用し、観測記録からみた有効継続時間を算定した。

2. データによる検討

近年、特に 1995 年兵庫県南部地震後における強震ネットや気象庁震度計ネットなど、全国規模の様な強震観測ネットワークが完成し、同時にそれらのデータが一般に公開され自由に利用可能となった。大記録の蓄積は早急には進まないが、地震動の伝播や、表層地盤の増幅など地域固有の強震動に関する基本的な特性が大量のデータで管理されることになった。今後データが拡充されることによって、各地での高精度の強震動予測が可能になると考えられるが、同時に個々のデータを各地点の設計用地震動の算定への有効利用の仕組みを構築する必要がある。

模擬地震動に関しては、継続時間や応答スペクトルの形状の違いによる作成波形や応答特性のばらつきについての検討結果がある。しかしながら、それらの提案は強震記録が希少であった時期に作成されたものであり、現在拡充されつつあるデータで見なおしを行う必要もある。時刻歴作成に際しての課題として以下のものがある。

継続時間については、工学分野では継続時間は、昔か

ら地震動強さと関連づけて検討されることが多く、応答への影響度の大小をみることから、有効継続時間という用語もよく使われる。時刻歴の重要性については、時刻歴の違いが建築物の地震応答にどのように影響するかを知ることが重要である。模擬地震動における継続時間の長短の影響については、波形特性、応答特性のばらつきの観点から、検討を行っている。すなわち、作成波形の最大加速度、最大速度、応答スペクトルのばらつき、エネルギースペクトル、非線形スペクトル等について検討している。

ここでは、久しく検討の対象となっていなかった継続時間に焦点をあてて若干の解析を行い、今後の検討すべき事項について考えてみた。

3. 継続時間の算定方法

継続時間の定義については、大きく分けて2種類の定義がある。一つは、あるレベルを定めて、そのレベルを超える時間（最初に上回った時点から、そのレベルを上回らなくなった時点までの経過時間）と、あと一つは波形の累積パワー寄与率で定めるものである。いずれの定義をとっても、継続時間は地震規模に連動して増減することが明らかにされている。これらの定義に該当するものとして Housne(1965), Bolt(1973), Trifunac&Brady(1975) などによる提案がある。また、久田・安藤(鹿島技研報, 1976) による次の提案式は、我が国でよく用いられるものである。

$$T_d = 10^{0.31M - 0.774}$$

これ以外に、日本建築センター指針の方法(1993)では、高層建築物や免震建築物の長周期建築物を対象に、レベル1, 2について包絡関数が与えられており、継続時間は60, 120秒と定められている。この値は他と比べてやや長めであるが、これは、特に深い地下構造によるやや長周期成分を考慮した結果である。

継続時間に影響する物理量としては、地震の規模(マグニチュード)震源からの距離、地盤条件や場合によっては震源断面に対する方位等が考えられている。

4. 解析実施例

距離の影響を見るには、単独の地震で震源周辺で多数の観測記録がある場合がわかりやすい。2000年10月の鳥取県西部地震についてK-net(強震観測ネット、文部科学省防災技術研究所所管)の記録を用いて、各観測点での継続時間(ここでは、累積自乗パワーが5%-95%の部分の経過時間で算定)を算定した。その結果、この地震では、この定義による継続時間は、この地震では震源近傍で10秒あまりであるが、震源から離れると長くなり二十数秒に達する地点もあることがわかった。ただし、震源から

遠ざかると当然振幅レベルは小さくなる。また、同様に震源周辺の広域で強震記録が得られた2001年3月の芸予地震についても同様の傾向を得た。このほか既往の著名な地震についても同様方法で継続時間を求めたが、1968年の十勝沖地震(M7.9)の八戸港湾に記録では、50秒程度の値となった。また、1995年兵庫県南部地震(M7.2)の神戸海洋気象台の記録では10秒程度の値となった。逆に巨大地震の例として、ともに1985年に発生したチリ地震(Ms7.9)とメキシコ地震(M8.1)では、50秒前後の値を得た。

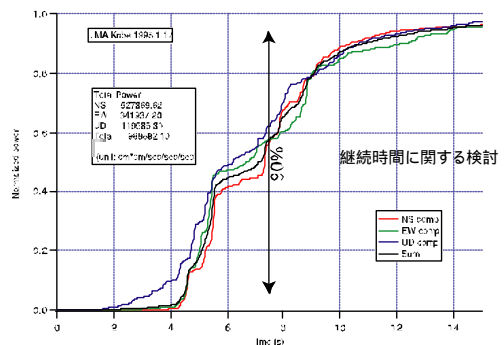


図1 累積自乗パワーに基づく継続時間の算定

【研究結果】

継続時間は、地震規模と密接な関係があることが知られている。これは直感的に理解できることであり、今までの提案も、マグニチュードとの関係を示すものが多い。解析結果などから見ると実際には、震源からの距離なども影響している。距離の影響は、具体的には、地下で種々の反射屈折を繰り返すことによって、波形が時間的に長くなることと考えられるが、地域の深い構造、固有の物性と深く関わっており、これらの情報が今後容易に取得できるとは考えられないので、全国的な強震記録の蓄積によって、地域固有の地震動の特徴を明らかにすることが必要であろう。

継続時間の算定では、一般に振幅特性の消長のみを考える。しかしながら、波形全体に同等な周波数特性が含まれるものではなく、卓越周期を時々刻々変化している。とくにやや長周期成分の地震動は地域によってはある特定の周波数成分の波が長く残存することがあり、いわゆる実体波と分けた形式で時刻歴を設定することも考えられる。設計スペクトルの周期帯域は、大体ほぼ0.05秒から5秒程度と考えられるが、設定した時刻歴にこの周期帯で一様な継続時間(各成分の有効な継続時間)を持たせるべきかどうかについては、今後検討を要する課題と考えている。