

スペクトルインバージョンに基づく強震動予測手法に関する研究

A study on the strong motion prediction method based on the characteristics estimated by generalized inversion technique



仲野健一 Kenichi NAKANO *1

要 旨

免震建物や超高層建物等の重要構造物の耐震設計実務においては、建設サイトにおいて適切な地震動を評価し、工学的判断に基づいて設計用入力地震動を設定する必要がある。一方、巨大地震に対する都市レベルの防災計画等の立案のためには、広域を対象とした面的かつ高密度な強震動予測が不可欠である。いずれの場合でも、任意の建設サイトにおいて簡便かつ高精度に地盤増幅の影響等を考慮可能な強震動予測手法の確立が課題である。

本論文では、任意地点における強震動予測手法に関して、スペクトルインバージョン (GIT) に基づく強震動特性の評価、および、それらの特性を用いた強震動予測手法を提案した。

まず、現状の設計入力地震動についてその制度的・歴史の変遷と現状の強震動予測手法の課題について整理し、本論文で提案する手法の位置づけを明確にした。続いて、主に公的機関から公開されている強震波形を収集し、約45万波形のデータベースを構築した。そして、既往研究に比べて観測点数や観測期間が大幅に増加し、幅広い組み合わせの震源距離や地震規模の地震波形に基づいて統計的な分析を行ったことにより、従来に比べて高精度かつ安定した強震動特性を評価できる可能性を示した。

次に、地震波形から変換したフーリエスペクトルの振幅・位相情報をそれぞれ対象にしたGITに基づいて強震動特性を評価し、これまでほとんど求められていない群遅延時間とその分散の震源項の特性について明らかにした。また、工学的利用に供することを目的に、震源特性の高振動数を支配する経験的なパラメータや回帰式等を導いた。

さらに、先ほど評価した強震動特性を詳細に分析し、震源特性の応力降下量に震源深さ依存性や明瞭な地域性が認められること、サイト特性はフーリエ振幅スペクトルの場合には地下構造パラメータと相関がある一方、群遅延時間は相関が極めて弱いことを明らかにした。また、日本全国の任意地点を対象にしたサイト特性の空間補間モデルや地盤非線形を簡便に考慮するための補正関数を構築した。

最後に、提案した各特性の予測モデルを組み合わせた強震動予測手法を提案し、2011年東北地方太平洋沖地震の最大余震である茨城県沖の地震 (M7.8) を対象にした強震動シミュレーションを通じて、計算波形が観測波形と整合することを示し、提案手法の妥当性を確認した。

以上のことから、任意の建設サイトの地盤増幅特性を高精度かつ簡便に考慮できる新しい強震動予測手法を確立できたと考える。

キーワード：設計用入力地震動、強震波形、スペクトルインバージョン、強震動予測手法、サイト増幅特性

Summary:

For the seismic design of seismically isolated buildings and high-rise buildings, it is necessary to evaluate strong motions at the construction site, and, set the seismic motions for design. On the other hand, the prediction of strong motions over a wide area with high density is indispensable for the planning of city-level disaster prevention plans. In both cases, we need to establish a simple and accurate strong motion prediction method to consider the effect of ground amplification at arbitrary sites accurately and/or quickly.

In this paper, the strong motion characteristics based on the generalized inversion technique (GIT) are evaluated and a strong motion prediction method for arbitrary points is proposed. Also, I performed the simulation for strong motions in a previous event to verify and validate the proposed method.

Firstly, I summarized the institutional and historical evolution of the present design input motions and the challenges of the present strong-motion prediction method, and I clarified the position of the proposed method. Followed by summary, I collected the strong motion records mainly from public institutions, and I constructed a database for strong motion records with approximately 450,000 waveforms.

Next, the strong motion characteristics were evaluated by GIT for the amplitude and phase information of the Fourier spectra converted from waveforms. Especially, I clarified the characteristics of the source term with the group delay time and its variance which have been unknown before. In addition, empirical parameters governing the level of high frequency in the source, and, regression equations were derived for engineering purposes.

Furthermore, I analyzed the strong-motion characteristics evaluated mentioned above in detail. It was found that the stress drop, which was one of the source characteristics, shows a strong dependence on the depth of the hypocenter and a clear regional feature. I proposed a spatial interpolation model for the site amplification at arbitrary locations throughout Japan. I constructed a correction function for easily considering the nonlinearity of soil material in the strong motions with large amplitude.

Finally, I proposed a strong-motion prediction method that combined a prediction model for each of the proposed characteristics mentioned above. And I confirmed the validity of the proposed method through strong motion simulations of the M7.8 earthquake off the coast of Ibaraki prefecture, which was the largest aftershock of the 2011 Tohoku earthquake.

By these things, a new strong-motion prediction method applicable to arbitrary site with accurately and simply has been established.