

地震入力エネルギーに基づく模擬地震波の作成について

九州大学大学院 学生員 内藤伸幸
九州大学大学院 正会員 松田泰治

九州大学大学院 フェロー 大塚久哲

1. はじめに

時刻歴応答解析を行う場合入力地震動としては、架橋地点で観測された強震記録を用いるのが望ましい。しかし、そのような記録は得られていない場合既存の強震記録を、示方書に規定されているような平均的な加速度応答スペクトルに対して振動数領域で振幅調整したものが用いられる。しかし応答スペクトルの算出は線形の 1 質点系に対して行われる。このため、この応答スペクトルを一定のレベルに規定しても、非線形を考慮した実際の構造系に対しては、必ずしも所要レベルとして地震入力を与えているとは言い難い。

そこで、本研究では非線形系に対する応答のレベルを、指定した降伏震度を有する構造系への地震入力エネルギー(エネルギー換算速度応答スペクトル)によって規定した模擬地震波を作成する方法についての検討を行った。

2. エネルギー換算速度応答スペクトル¹⁾²⁾

エネルギー換算速度応答スペクトル(以下 V_E スペクトルと略す)は地震の始まりから終わりまでに構造物に投入されるエネルギーの累積総量((1)式の右辺)を E とし、これを速度に変換((2)式)したものを固有周期ごとに算出しプロットしたものである。

$$m \int_0^{t_0} \ddot{y} dt + c \int_0^{t_0} \dot{y}^2 dt + \int_0^{t_0} F(y) \dot{y} dt = -m \int_0^{t_0} \ddot{z}_0 \dot{y} dt \quad (1)$$

ここで、 m : 質点質量, c : 粘性減衰係数, $F(y)$: 復元力, z_0 : 地動水平加速度, y : 質点相対変位

$$V_E = \sqrt{2E/m} \quad (2)$$

V_E スペクトルには、無減衰弾性 1 質点系については地動加速度のフーリエ振幅スペクトルと一致し、減衰系・完全弾塑性系についてはフーリエ振幅スペクトルを単に平滑化したものに近似するという特徴がある。また V_E スペクトルは、構造物の弾性固有周期のみに支配され、それ以外の構造特性にはほとんど

依存しないきわめて安定した量である。そこで本研究では、入力レベルを規定するために、一般に用いられる加速度応答スペクトルや速度応答スペクトルではなく、この V_E スペクトルを用いることにする。

3. 模擬地震波の作成方法³⁾

模擬地震波は、地震波の 2 つの特性である振幅と位相を与え、これをフーリエ逆変換することによって作成する。このとき振幅の情報は、フーリエ振幅スペクトルと V_E スペクトルの相似性から、作成した模擬地震波の V_E スペクトルが目標 V_E スペクトルと一致するように繰り返し修正を行う。

目標 V_E スペクトルは、内陸直下型- 種地盤上の地震動を想定し神戸海洋気象台(NS 成分)の観測波の減衰系に対する V_E スペクトルを包絡する事で図-1 のように定めた。一方、位相の情報は加速度波形の包絡線を図-2 のように定め、これを用いて与えた。

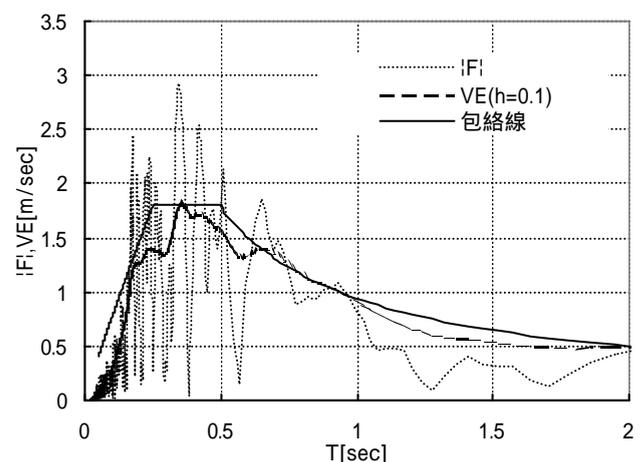


図-1 目標 V_E スペクトル

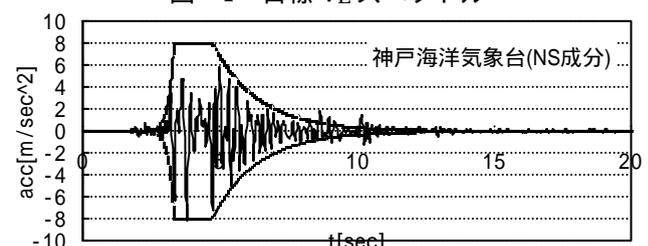


図-2 加速度時刻歴の包絡形

キーワード : エネルギー換算速度応答スペクトル、模擬地震波

連絡先 〒812 - 8581 福岡市東区箱崎 6 - 10 - 1 TEL : 092 - 642 - 3267 FAX : 092 - 642 - 3306

4. 模擬地震波の作成例

模擬地震波の作成例として、降伏震度をそれぞれ0.6、0.4、0.2とした完全弾塑性1質点系の V_E スペクトルを目標スペクトルに収束させて作った波の加速度時刻歴とフーリエ振幅スペクトルを図3に示す。これを見ると加速度時刻歴の概略系は、同じ包絡曲線から与えているので、いずれの波もほぼ同じ形をしている。しかし、降伏震度0.2のモデルを用いたケースでは、短周期成分が抜け落ちている。これは、目標スペクトルを減衰系の V_E スペクトルから決めているが、完全弾塑性系の降伏震度が小さいケースでは V_E の値が短周期側で減衰系よりも大きくなる(図-4)。これに基づき振幅の補正を行うため、結果として短周期成分をカットしたような波となっている。

5. まとめ

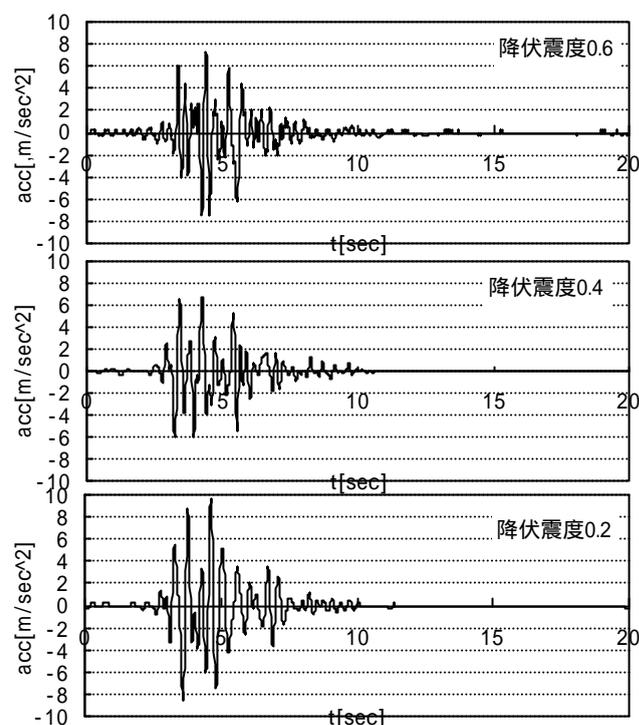
構造物の非線形性を考慮した入力地震動の設定を行うために、まず完全弾塑性を仮定した1質点系の V_E スペクトルを用いて、降伏震度をパラメータとして総入力エネルギーを規定した模擬地震動を作成する方法について検討した。

減衰系の V_E スペクトルの包絡系を目標スペクトルとして振幅の調整を行うと、降伏震度を小さく設定した完全弾塑性系の V_E スペクトルが短周期側で目標スペクトルに収束せず、反復を繰り返す結果、作成する地震波の短周期成分を取り除いた形になってしまうという結果が得られた。

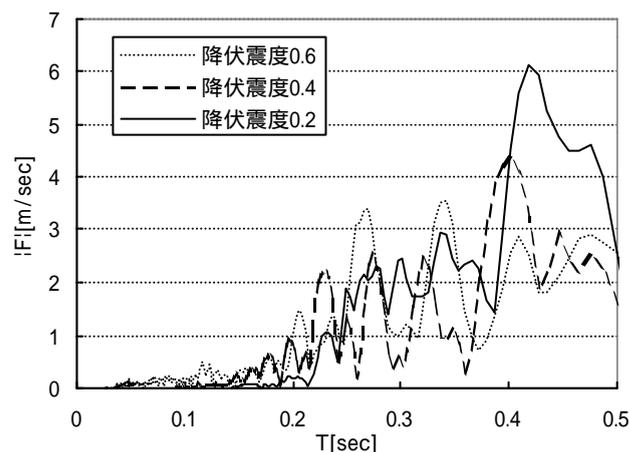
このため、降伏震度をパラメータとして模擬地震波を作成する場合、目標スペクトルは短周期側について減衰系にしたがって、原点を通る直線を与えるのは、適切ではない。

参考文献

- (1) 桑村 仁, 秋山 宏: フーリエ振幅スペクトルの平滑化による地震入力エネルギーの評価, 日本建築学会構造系論文集, 第442号・1992.12
- (2) 秋山 宏: 建築物の耐震極限設計, 東京大学出版会, 1980.9
- (3) 大崎順彦: 新・地震動のスペクトル解析入門, 鹿島出版会, 1994.5



(a) 加速度時刻歴



(b) フーリエ振幅スペクトル

図-3 模擬地震波の例

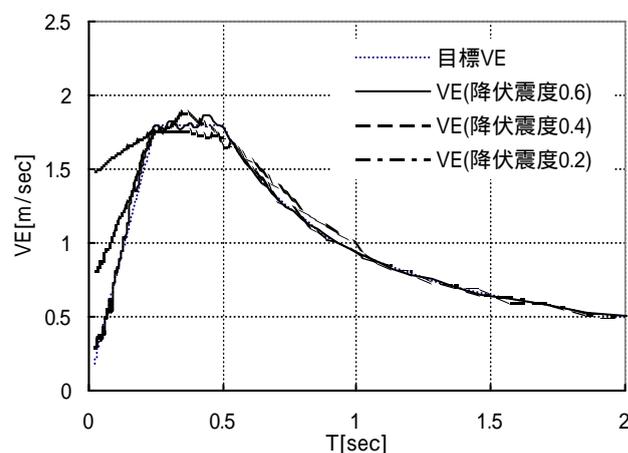


図-4 模擬地震波の作成例(V_E スペクトルの収束)