

東京工業大学 正員 吉田 裕
 東京工業大学 正員 増田陳紀
 日本鉄道建設公団 正員 山中直人

1 はじめに 本研究の目的は、①これまで記録された幾つかの実地震波に基づいて、設計の面から要求される特性を代表する1つの波形を構成する手法を確立し、②数多くの実地震記録の中から、諸要因を考慮して選ばれた複数の実地震波の特性を代表する1つの波形を構成し、それを設計地震入力波として提供する、設計地震入力波作成のための一連のシステムを提案することである。著者らはこれまでに、数値濾波の計算法、それに基づいた時間変動パワースペクトルの評価法、実地震記録の特性を代表する1つの地震波形の作成過程、を提案した。ここでは特に、離散的に設定された周波数帯で評価される有限個の時間変動パワースペクトルに基づいて滑らかな周波数成分を有する波形を構成するための処理過程の提案を行う。この過程のその意義を明らかにするために、まず1つの具体例を通して数値処理過程の全体像を示す。

2 数値処理過程 基になる複数の波形の応答スペクトルの最大値の包絡線と応答スペクトルとして与えるような1つ波形を構成する場合の具体例を示す。複数の実地震記録（ここでは44成分）を対象とし、①対数軸上で等間隔にとった（24の）着目周波数 $\{\omega_i (i=1 \sim 24)\}$ を設定し、②基になる（44本の）波 $\{j=1 \sim 44\}$ のそれぞれの時間変動パワースペクトル $[G_j(\omega_i, t)]$ を評価し、③各着目周波数における時間変動パワースペクトルの最大値の包絡線 $[\tilde{G}_i(t) = \max [G_j(\omega_i, t)]]$ を求め、④得られた $\tilde{G}_i(t)$ に基づいて、各着目周波数を代表する波（部分波とよぶ） $[\tilde{x}_i(t) = \sqrt{2 \cdot \tilde{G}_i(t) \cdot \Delta\omega_i} \cdot \tilde{x}_i(t)]$ を構成し、⑤得られた（24本の）部分波を加えて1つの代表波形 $[\tilde{x}(t) = \sum \tilde{x}_i(t)]$ を構成する。この場合、部分波の基底となる波 $\tilde{x}_i(t)$ としてどのような波を与えるかが問題となる。1つの方法として簡単に $[\tilde{x}_i = \sin \omega_i t]$ として与えることが考えられる。この過程を「作成過程Ⅰ」と名づける。作成過程Ⅰによって得られた波 $\tilde{x}(t)$ が図2のNo.1の波である。

3 作成過程Ⅰの検討 減衰定数(H)を0.02～0.20の範囲で4通り選び、それぞれに対して、44本の記録の加速度応答スペクトルの最大値を求め、また、応答値に対応する時刻を明示したもののが図3であり、作成過程Ⅰによって得られた1本の波の加速度応答スペクトルおよび対応する時刻を明示したもののが図4である。減衰定数が0.05程度より大きい場合には過程Ⅰで十分目的を達成し得ていると判断できるが、 $H=0.02$ の場合には、各着目周波数を代表する部分波を構成するための基底となる波として単一の正弦波を用いているために、周波数特性が相当な幅をもって離散的であることの影響が現われてきている。そこでこの欠の改善策を考える。

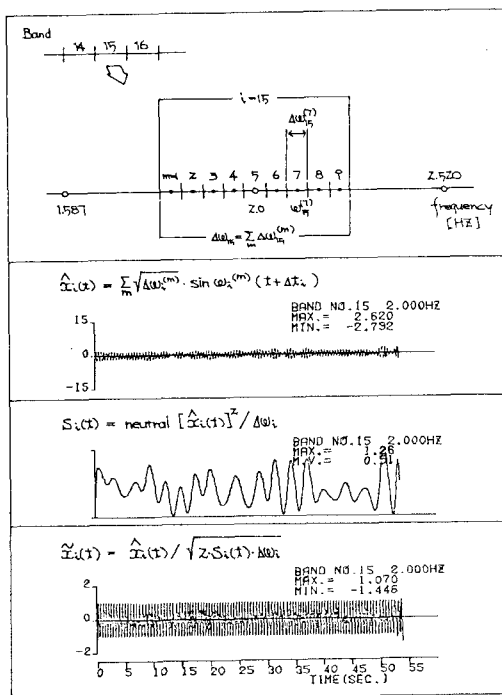


図-1 複数の周波数成分を含む基底波形の作成過程

4 作成過程Ⅱ 周波数特性が連続的なものとなる波を構成する方法として直ちに考えつくのは、設定する着目周波数 ω_i の数を増やすことである。しかし、設計地震入力波作成のための具体的なシステムを考えると、保存すべき時間変動パワースペクトルの数は、目的を達成できる範囲で少ないことが望ましい。したがって、ここでは対象とするパワースペクトルの数を増やすことはせずに、滑らかな周波数特性を有する波を構成する方法を考える。ここで提案するのは、滑らかな周波数成分を有する基底波形 $\tilde{x}_i$ を構成する方法である。基本的な考え方は、図1に具体例を示すように、設定した(24の)周波数領域のそれぞれを、さらに対数軸上で等間隔に切った領域(ここでは $m=1\sim 9$)に細分割し、各部分波の基底となる波 $\tilde{x}_i$ を多数(9個)の正弦波に基づいて構成することである。すなわち、①対象周波数領域($\Delta\omega_i$)内で、滑らかに分布する周波数特性を有する波 $\hat{x}_i(t)$ を、多数の正弦波に基づいて作成する($\hat{x}_i(t) = \sum_m \sqrt{\Delta\omega_i^{(m)}} \cdot \sin \omega_i^{(m)}(t + \Delta t_i)$)。②得られた波の振幅 $[\sqrt{2 \cdot S_i(t) \cdot \Delta\omega_i}]$ を評価し、③得られた波 $\hat{x}_i$ の振幅を強制的に修正することによって、単位1の振幅を有する基底波 $\tilde{x}_i(t)$ を作成する($\tilde{x}_i(t) = \hat{x}_i(t) / \sqrt{2 \cdot S_i(t) \cdot \Delta\omega_i}$)。この過程「作成過程Ⅱ」によって得られた波 $\tilde{x}(t)$ が図2のNo.2である。

5 波形の検討 作成過程Ⅱによって得られた波形の加速度応答スペクトルおよび各応答値に対応する時刻を図示したものが図4である。図から明らかなように、減衰定数が小さい場合にも滑らかな応答を示すことが分る。

6 おわりに 本研究の目的は、多数の実地震記録に基づいて構造物設計の際に対象とすべき地震入力波を作成し提供する、一連のシステムを構成することである。多数の実地震記録の中から、各地震に固有の要因(マグニチュード、震央距離、地盤条件、等)に基づいて、対象とする波をどのように選択するか、地盤の影響を受けた結果としての記録された波形を、どのようにしてより一般化するか、といった問題から、耐震設計の哲学に不慣れな問題まで関係してくるが、システムの具体的な形としての1つの可能性をここに提案した。

(参考文献) 1) 吉田, 増田, 澤, 若菜; 数値濾波の計算法と地震記録の非定常スペクトル解析への応用, 土木学会論文報告集No.274

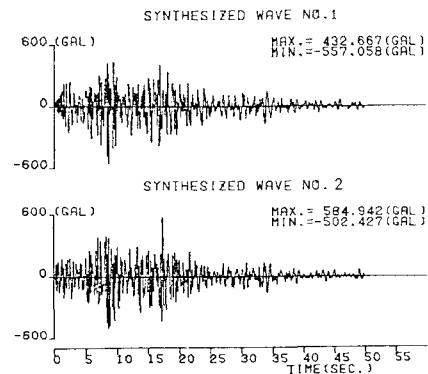


図2 対象記録(44成分)を代表する合成波形

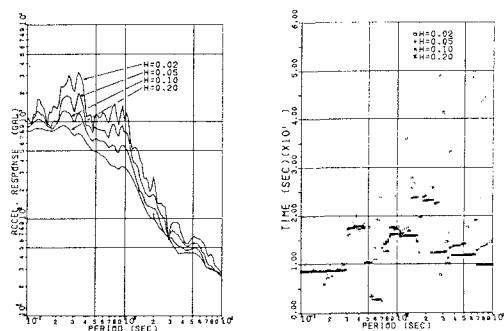


図3 対象記録の加速度応答スペクトルと各応答値に対応する時刻

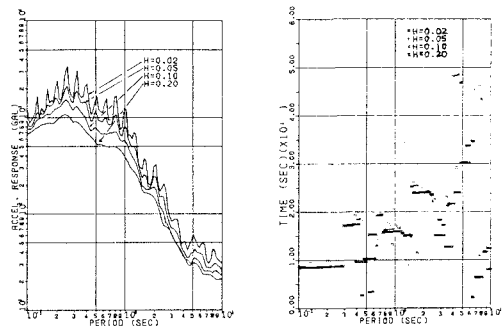


図4 合成波形No.1の加速度応答スペクトルと各応答値に対応する時刻

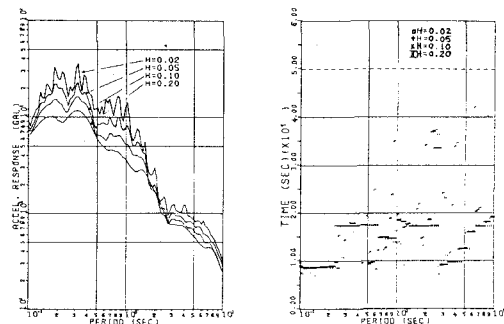


図5 合成波形No.2の加速度応答スペクトルと各応答値に対応する時刻