

第 I 部門

地震動の継続時間を考慮した応答スペクトル適合波の作成に関する研究

京都大学工学部

学生員 ○中村 貴

京都大学大学院工学研究科

正会員 清野 純史

1 概要

動的解析のための波形生成法の一手法として用いられてきたスペクトル・フィッティング法を基にして、これに任意の継続時間を与えられるような手順を提示することを目的としている。動的解析に用いる地震動としては、実際の観測された強震動や、理論的に生成する波動など様々な手法に基づくものが提案されているが、与えられた加速度応答スペクトルに近い特性を有するように振幅調整した強震記録を用いることも良く行われる。しかし、その場合は継続時間を任意に設定することはできない。ここでは継続時間を与えた包絡線関数を乗じてフィッティングを繰り返すことにより、任意の継続時間を有する波形を生成する一連の手法を提案し、それに従って模擬地震波を作成した。

2 解析に用いたモデル

図 1, 図 2 は、スペクトル・フィッティングのために用いた地震波のデータとターゲットとなる加速度応答スペクトルである。地震波は 1940 年 5 月にエル・セントロで記録された加速度波形の NS 成分であり、加速度応答スペクトルは、道路橋示方書・同解説に示されている I 種地盤におけるレベル 1 地震動の標準加速度応答スペクトルであり減衰定数は 5% である。

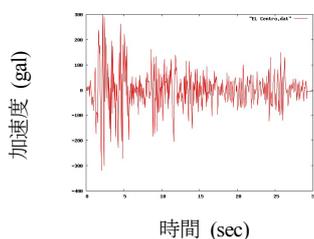
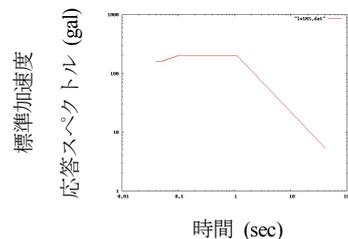


図 1 加速度時刻歴波形

図 2 ターゲットの標準
加速度応答スペクトル

3 スペクトル・フィッティング

固有周期ごとにターゲットのスペクトルの数値を地震波の応答スペクトルの数値で割り、その値を地震波

のフーリエ振幅スペクトルの数値に固有周期に対応する振動数ごとに乗じる。そうして得られたフーリエ振幅スペクトルの振幅と元の地震波の位相を用いてフーリエ逆変換を行い新たな地震波を求める。この一連の手順で地震波を作成することをスペクトル・フィッティングという。この手法ではターゲットとなるスペクトルに適合する地震波を作成したにすぎず、地震動の継続時間の考慮は行っていない。

4 包絡関数による継続時間の考慮

地震動の継続時間を設定するために、スペクトル・フィッティングを 1 度行って作成した地震波に対して図 3 のような包絡線に乗じてからスペクトル・フィッティングを繰り返す。ここで用いる継続時間の定義は、地震動の始めから振幅が主要動の振幅の 1/10 になるまでの時間とする。包絡関数 $E(t)$ は式(1)で表される。

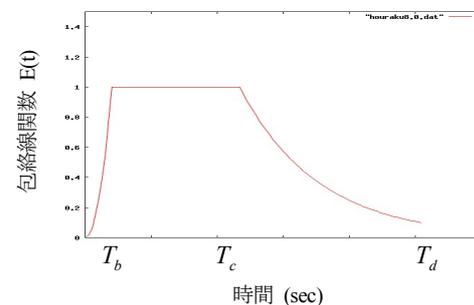


図 3 包絡関数

$$\begin{cases} 0 \leq t \leq T_b : E(t) = (t/T_b)^2 \\ T_b \leq t \leq T_c : E(t) = 1 \\ T_c \leq t \leq T_d : E(t) = e^{-a(t-T_c)} \end{cases} \quad (1)$$

ここに T_d は地震動の継続時間であり、地震のマグニチュードを M とすれば式(2)で与えられる。

$$T_d = 10^{0.31M - 0.774} \quad (2)$$

時刻 T_b の T_c と T_d に対する比は、マグニチュード M によって変化し、また $t = T_d$ で $E(t) = 1/10$ となる条件から、 a を定めれば式(3), (4)で T_b , T_c と a は求められる。

$$\begin{cases} T_b = [0.12 - 0.04(M - 7)]T_d & (3) \\ T_c = [0.50 - 0.04(M - 7)]T_d \end{cases}$$

$$a = -\ln(0.1)/(T_d - T_c) \quad (4)$$

4.1 継続時間を設定したスペクトル適合波

包絡関数 $E(t)$ にマグニチュード M を代入して包絡関数の形状を決め、継続時間を設定する。解析に用いたマグニチュード M は 6.5、7.0、7.5 であり、各々における継続時間は 17.41、24.49、35.56 [sec] である。図 4、図 5、図 6 に、(a)包絡線に乗じてスペクトル・フィッティングを繰り返して作成した地震波、(b)作成した地震波の加速度応答スペクトルを記す。

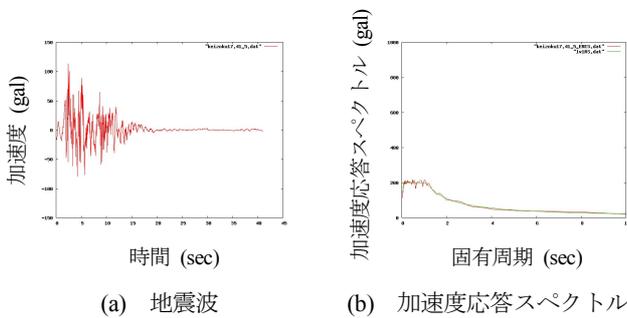


図 4 継続時間を考慮したスペクトル適合波 ($M = 6.5$)

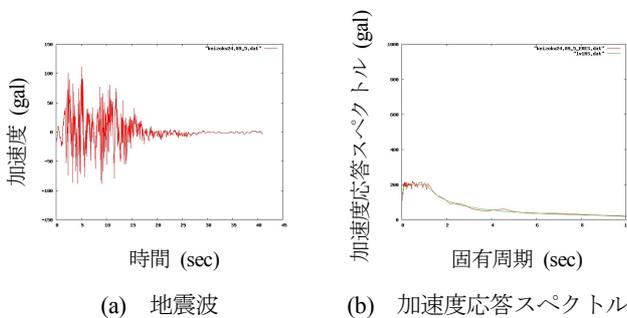


図 5 継続時間を考慮したスペクトル適合波 ($M = 7.0$)

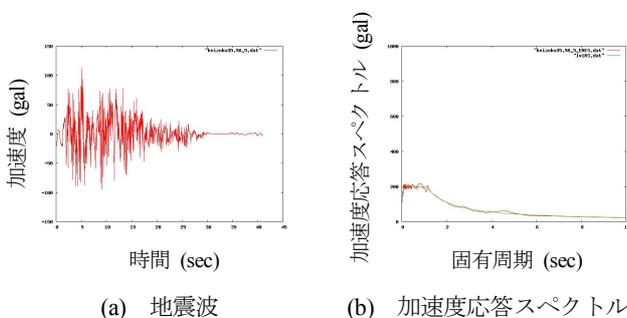


図 6 継続時間を考慮したスペクトル適合波 ($M = 7.5$)

4.2 包絡線に乗じる手法の評価

この手法を評価するために、別の地震波のデータを用いて継続時間の異なるスペクトル適合波をスペクトル

ル・フィッティングを用いて作成する。データは地震の挙動の特徴が大きくことなるものを使用する。図 7、図 8、図 9 に(a)元の地震波、(b)継続時間を指定して作成した地震波を記す。

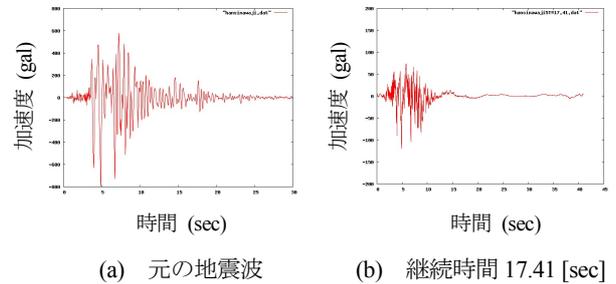


図 7 1995 年 1 月 兵庫県南部地震を用いた場合

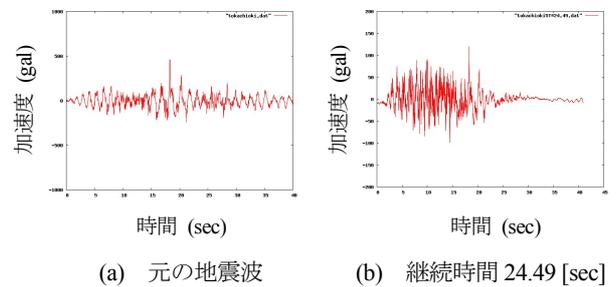


図 8 2003 年 9 月 十勝沖地震を用いた場合

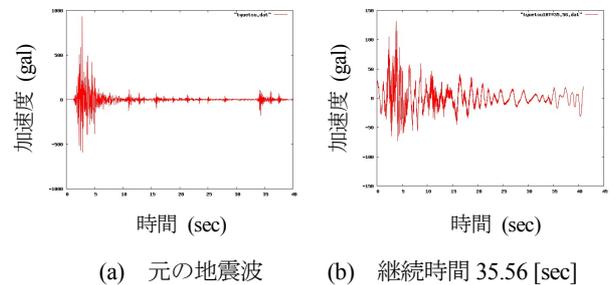


図 9 2004 年 10 月 新潟県中越地震を用いた場合

5 結論

捏案した包絡線に乗じて地震の振幅を変化させ継続時間を指定する手法は、地震動の特徴が異なる地震波でも適用可能であることがわかった

本手法を用いれば、与えられた応答スペクトルに適合する任意の継続時間を有する入力地震波の模擬が可能となり有用性が大きい。