



第 106 話 人工地震波作成法

今回は人工地震波の作成法についてお話する。動的解析では入力となる外乱が必要であり、特に地震波が重要となる。以前は主に標準波といわれる観測地震波が用いられていたが、現在では建築立地地盤を考慮した人工地震波を用いることが多い。ここでは、人工地震波に関する作成手法のひとつについてお話する。

人工地震波(サイト波)は2つの段階を経て作成される。第1段階は、基盤といわれる比較的硬い地盤で、設計用応答スペクトルに近似する地震波を創り出し、第2段階は、表層地盤といわれる比較的柔らかい地層において、この地震波が波動として伝播する過程をシミュレートし、地表面の地震波を模擬する。ここでは、第1段階で用いられるスペクトルフィッティング法について説明する。人工地震波作成には、目標スペクトルと共に**位相成分**が必要である。振動解析から位相成分が重要であることが理解され、乱数や位相差分の他に実際の地震波から直接取り出す場合が増加している。

図1には、現在よく使用される2種の目標スペクトルが示されている。目標スペクトルとして図のように加速度応答スペクトルでも速度応答スペクトルでも良い。地震波は波形振幅が時刻によって変化する。そのため作成した地震波に図2に示す包絡曲線を掛けることになる。包絡関数は Jennings による方法が良く用いられる。同図のパラメータは、地震継続時間 T_d 、主要動までの時間 T_b 、主要動の終わりまでの時間 T_c である。

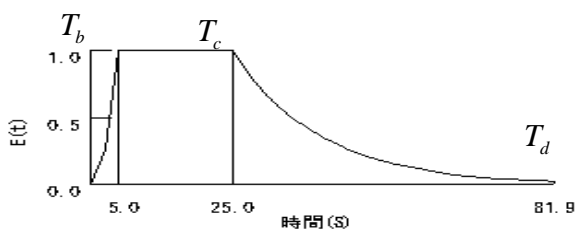


図 2 人工地震波に使用される包絡曲線

これらのパラメータによって地震波の振幅や地震継続時間を制御する。これらの値は設計者が指定することになる。

上下動地震波に関する目標応答速度スペクトルは、水平動目標応答速度スペクトルから作ることができる。上下動成分係数 $V(T)$ を、水平動目標応答速度スペクトルに掛けることによって、目標上下動応答速度スペクトルを得る。

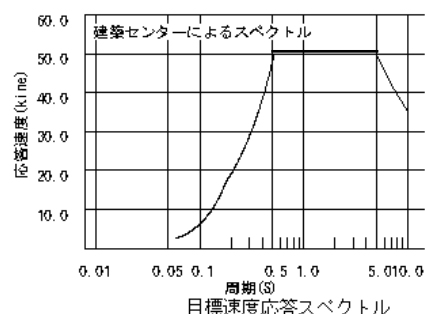
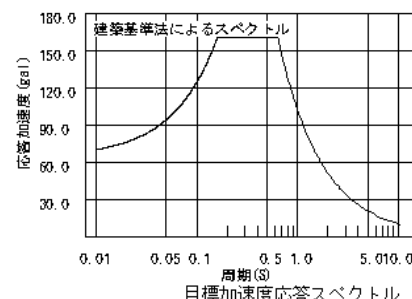
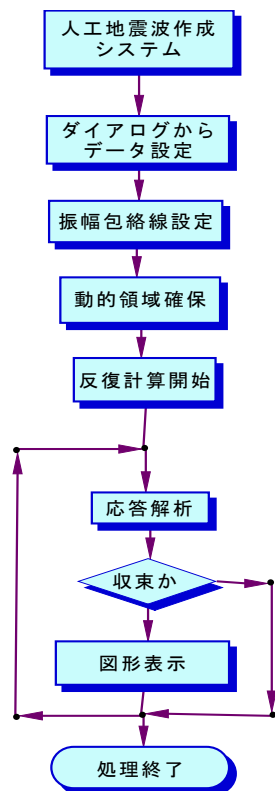


図 1 スペクトルフィッティング法で使用される目標スペクトル



(a) システムの解析フロー

図 3 は、このシステムにおける解析フローの概略を示したものである。同図のフローを参照し、解析の流れを説明する。まず人工地震波に関する設計用パラメータを入力する。次に地震波の継続時間と地震波の振幅包絡形状を設定する。さらに地震継続時間や増分時間によって解析に必要なワーク領域を動的に確保する。この後、位相の選択で実際の地震波を使用する場合は、地震波データを入力する。これまでで予備計算が終了し、次に反復計算に入る。

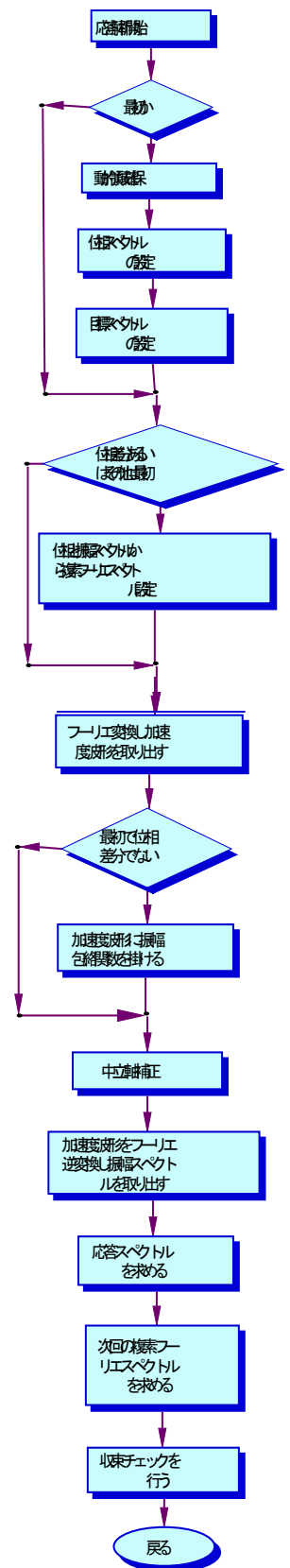
反復計算に入ると一連の応答解析を行う。同解析は後に右図を用いて説明する。一回の反復過程が終了すると解が収束したか否かをチェックし、収束していない場合は、元に戻って同じ処理を繰り返すことになる。

反復計算の第 1 回目では、位相スペクトルと目標スペクトルを設定する。上記の処理は、反復計算の最初に一回のみ行われる。反復計算では、位相と振幅スペクトルから複素フーリエスペクトルを、FFT を用いて求める。先に指定した位相は、位相差分以外、最初の 1 回だけ使用され、フーリエスペクトルの位相成分として用いる。

次に、このフーリエスペクトルをフーリエ逆変換し、加速度波形を取り出す。さらに、この加速度波形に包絡関数を掛けるが、位相差分と実地震波には既にこの包絡形状が含まれており、位相差分を使用する場合はこの処理を行わない。また実地震波の場合は、初期微動に大きな加速度が入るのを避けるために、初期微動部分にのみ一回だけ包絡形状を掛ける。乱数位相の場合は、最初の一回、この包絡関数を掛ける。得られた加速度波形は中心軸がずれている場合に備え、中立軸の補正処理を行う。その後、加速度波形からフーリエ逆変換して振幅スペクトルを求めておく。この振幅スペクトルは次回の反復時に使用する。

得られた加速度波形とデータ入力した減衰定数を用いて、応答スペクトルを計算する。求める応答スペクトルの周期は、フーリエスペクトルの振動数に適合する周期を用いる。応答スペクトルと目標スペクトルを比較し、その比を求める。さらに、その比を用いて複素フーリエスペクトルを設定し、次回の収束過程で用いる。設定した誤差評価のデータに従って、収束チェックを行う。指定した項目の誤差評価を行い、いくつかの収束項目が「AND」か「OR」によって収束判定が行われる。解が収束した場合は、求めた人工地震波を出力する。解が収束しない場合、元に戻り、次の反復計算に移ることになる。

スペクトルフィッティングにより、基盤といわれる比較的硬い地盤で、設計用応答スペクトルに近似する地震波を創り出す。次は、第 2 段階のシミュレーションによって地表の地震波を求める。



(b) 応答解析のフロー
図 3 人工地震波を作成するための解析フロー