

1. はじめに

今回、未曾有の大地震に自然の怖さと人間の無力さを感じずにはいられなかった。被災された方々の一日も早い復興を願うところであるが、この震災に関しては過去の経験が全くあてはまらず、別次元と捉えるべきである。このような事態の中で自分に何が出来るか考えたとき、少しかじった知識と学科の要請で振動工学実験を支援することになり、その際に地震波形の処理を行ったので報告する。今回は平成 23 年 3 月 11 日 14:46 に、宮城県栗原市築館町で観測された M9.0 の築館 EW 方向の加速度成分についてのみである。

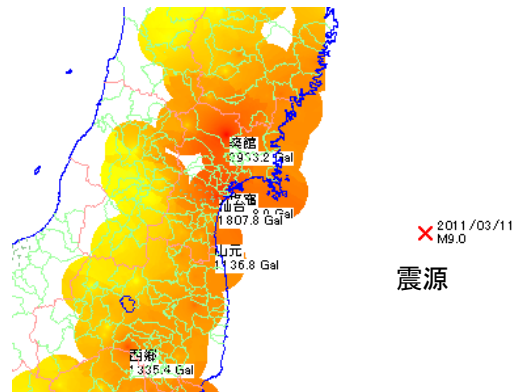


図 1 東北地方太平洋沖地震¹⁾

2. 波形処理の概要

波形処理と言っても加速度波形を速度波形、変位波形へ積分しただけである。しかしながら、単純に積分と言っても境界条件から積分定数を求める訳ではなく、加速度波形から速度波形へ、速度波形から変位波形へと進むに従って、ドリフト等の悩ましい問題に直面する。積分処理としては、時間領域における積分と周波数領域における積分に大別される。

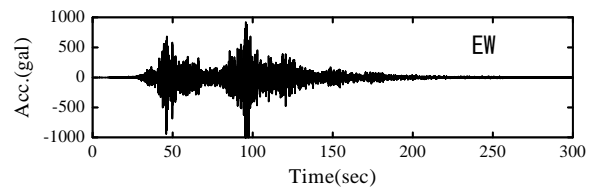


図 2 基線補正した加速度波形

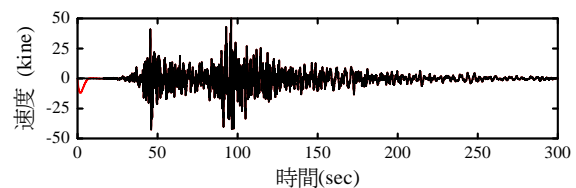


図 3 線形加速度法による速度波形

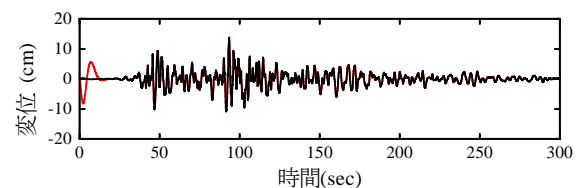


図 4 線形加速度法による変位波形

3. 時間領域における数値積分

時間領域における積分は、台形公式や線形加速度法などの方法があり、時間ステップ毎に逐次積分される。図 3,4 は 0.1Hz のローカットフィルターを施して線形加速度法により積分した結果である。加速度の基線補正なしの場合(赤線)は、図に見られるように速度、変位ともに積分開始時に大きなずれが生じる。

種々の基線補正式が提案されているが、以降の波形処理には、次式の単純な基線補正を施した加速度波形を用いた。

$$\bar{y} = \sum_{i=1}^N y_i / N$$

4. 周波数領域における数値積分

周波数領域では主に加速度波形をフーリエ変換した後、各種提案されているフィルタ関数で処理を

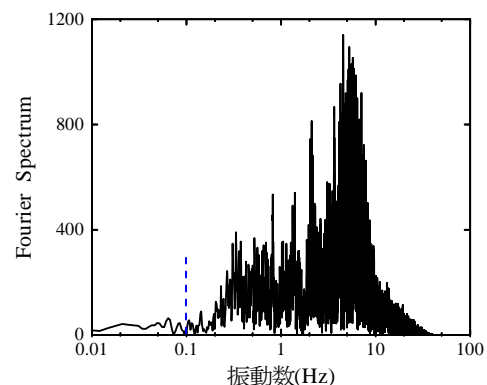


図 5 加速度波形のフーリエスペクトル

施し、逆フーリエ変換で時間領域に戻す方法である。図5は加速度波形のフーリエスペクトルである。また今回は、標準的なフィルタとして図6に示す固定フィルタを採用した。

固定フィルタは次式で表され

$$H(f) = \frac{1}{1 - (f_0/f)^2 - 2h(f_0/f)i} \cdot \frac{1}{\sqrt{1 + (f_1/f)^2}}$$

$$f_0 = 1/6(\text{Hz})$$

$$f_1 = 0.1(\text{Hz})$$

ここに、定数は $h = 0.552$ である。

加速度のフーリエ変換を用いて速度、変位との変換式は次式になる。

$$y = Ae^{i\omega t}, \quad \dot{y} = i\omega y, \quad \ddot{y} = (i\omega)^2 y$$

$$\dot{y} = \frac{\ddot{y}}{i\omega}, \quad y = \frac{\ddot{y}}{(i\omega)^2}$$

図7はフィルタ処理を行わず周波数領域で積分した結果である。低周波数の影響がでていることが見てとれる。同様に変位波形についても、フィルタの有無について比較した。フィルタなしの場合、変位のオーダーを見ても何を計算しているのか解らない結果となっている。

5. おわりに

たかだか加速度波形の積分と言え、フィルタの有無で全然違った値となり、何が正解か見失うこともある。図11,12に波形の出所元であるk-netにおける積分波形を図示した。図8,10と比較して、ほぼ同じ値になっていることが判る。また、時間領域(図3,4)と周波数領域の積分を比較しても、同様の結果を得ることができた。なぜ積分するのか? 殆どの地震計は加速度を観測し、また地震被害は、加速度だけで一意的に決まるものではない。主に、加速度は地盤に影響を与え、建物の被害の大きさは速度に依存し、地中構造物の被害は変位に支配される。因みに阪神淡路大震災における神戸海洋気象台の最大変位は200cm弱であった。今回は10cm強(図12)となる。

【参考文献】

1) <http://tkamada.web.fc2.com/jishin/20110311tohoku/20110311tohoku.htm>

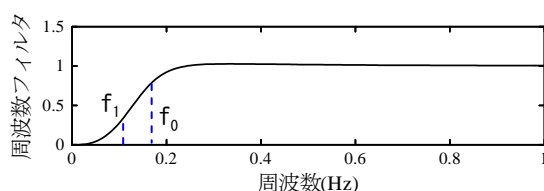


図6 固定フィルタ

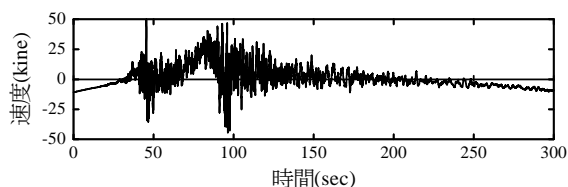


図7 フィルタなし速度波形

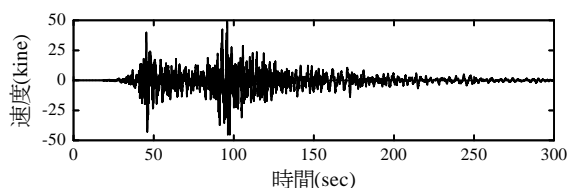


図8 固定フィルタによる速度波形

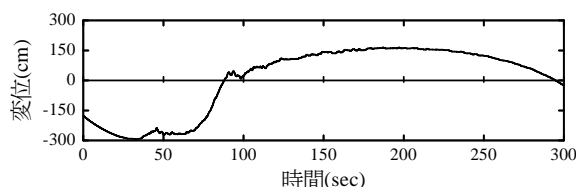


図9 フィルタなし変位波形

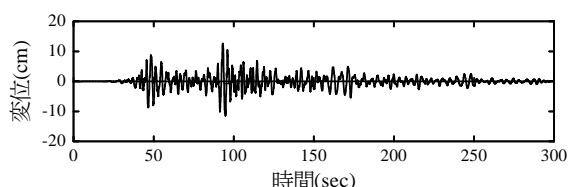


図10 固定フィルタによる変位波形

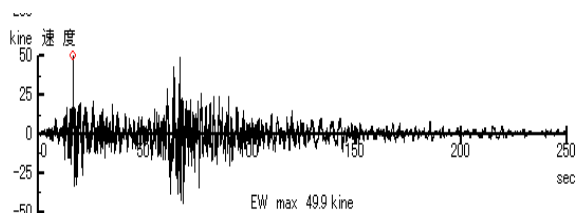


図11 K-netにおける速度波形

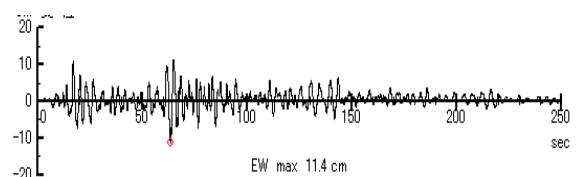


図12 K-netにおける変位波形¹⁾