

建設省土木研究所

○正員 川島一彦

〃

正員 高木義和

〃

正員 相沢 興

まえがき

加速度強震記録を時間積分して地震動の速度および変位を求める手法に関しては現在までに多くの研究がある。これらを一列すると、①加速度記録から速度、変位を求めた段階で中心軸と適当な関数で近似し、速度もしくは変位のパワーを最小とするよう中心軸関数を決定する方法、②デジタルフィルターによりハイパスフィルターをかける方法、の2つが考えられている。いずれの方法を用いるにしても、本来加速度強震記録から速度、変位を直接求めると発散する傾向を示す理由は、記録の数値化時の誤差による所が大きいと考えられる。そこで、本報告では、直線をデジタイザーで読取った場合の長周期成分の誤差に対する検討結果を報告する。

模擬直線加速度記録の作成

デジタルプロッターにより 0.3mmのボールペンを用いて約90cmの直線と2本描いた。読取の対象として“真の直線”を引くことは実際には容易でなく、種々検討した結果デジタルプロッターの直線を用いることにしたものである。また、2本の線を描いたのはプロッターの系統的な誤差を考慮したためである。次に、この2本の直線を統合読取精度 $\pm 0.01\text{cm}$ のデジタイザーにより、(i)約1cmの間隔で読取った場合(以下、粗読と呼ぶ)、(ii)約1mmの間隔で読取った場合(細読と呼ぶ)の2種類の方法でそれぞれ3回ずつ合計12回(2本 $\times$ 2種類 $\times$ 3回)読取った。読取区間長はいずれも約68cmであり、読取個数は約80点(粗読)、800点(細読)である。次に、この読取った直線とSMAC-B2型強震計記録の時間軸および感度にあわせて、1cm=1秒(時間軸)、1mm=12.5gal(感度)と考え、 $1/100$ 秒間隔に直線補間してこれを等時間間隔の加速度記録とみなした。このようにして求めた加速度記録の標準偏差 $\sigma$ は表1に示す通りである。

模擬直線加速度記録およびこれより求めた変位記録の周波数特性

上記により求めた加速度記録のパワースペクトルの一例(直線No.1の読取結果)を図1に示す。これによれば、加速度記録に含まれる誤差の振動数成分は細読の場合の方が粗読の場合よりも高くまで存在している。いま、読取の平均時間間隔は、粗読の場合が $\Delta t \approx 68/80 = 0.85$ 秒、細読の場合が $\Delta t \approx 68/800 = 0.085$ 秒であり、従ってナイキスト振動数は約0.6Hz(粗読)、6Hz(細読)となる。実際の計算は $1/100$ 秒の等時間間隔に補間して行なっているため、これよりやや高い振動数成分が出ているが、基本的にはナイキスト振動数までの誤差が加速度記録には含まれていることがわかる。しかしながら、0.6Hz以下の成分に対しては、粗読と細読の違いは少ない。

次に、加速度記録をフーリエ変換により周波数領域で2回積分し、これを逆フーリエ変換して求めた変位記録およびそのパワースペクトル(いずれも直線No.1)を図2、3に示す。この場合には、変位記録に含まれる卓越周期は粗読、細読のいずれの場合も約40秒であり、また、誤差の変位振幅は7~15cmに達することがわかる。

最後に、図3の誤差のパワースペクトルの卓越周期範囲のおおむね下限に対応する20秒以上の成分をデジタルフィルターにより加速度記録から除いて求めた変位記録とそのパワースペクトルを図4、5に示す。この場合には、15秒程度の誤差の成分が卓越するが、その振幅は1cm以下と比較的小さい値となっている。

まとめ

- (1) 現有の土木研究所の数値化システムで直線状の模擬加速度波形を読取り、これをSMAC-B2型強震計による記録と見なして2回積分により求めた変位記録には約40秒の周期成分が卓越し、その誤差は7~15cm程度となる。
- (2) 上記の加速度記録から20秒以上の成分を除いて変位記録を求めると、この変位記録には約15秒の周期成分が卓

し、その誤差は1cm以下となる。

## 参考文献

Trifunac, M.D. : Low Frequency Digitization Errors and A New Method for Zero Baseline Correction of Strong-Motion Accelerograms, EERL 70-7, CIT, 1970. 9.

表1 加速度記録の標準偏差[Gal]

| 読取     | 読取No.1 | 読取No.2 | 読取No.3 | 平均     |
|--------|--------|--------|--------|--------|
| 直線粗読   | 0.2229 | 0.2690 | 0.2062 | 0.2347 |
| No.1細読 | 0.2104 | 0.2857 | 0.2522 | 0.2494 |
| 直線粗読   | 0.2458 | 0.2606 | 0.2451 | 0.2505 |
| No.2細読 | 0.2224 | 0.3166 | 0.3263 | 0.2884 |

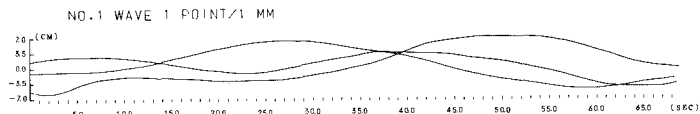


図2 変位記録の一例(直線No.1の細読の場合)

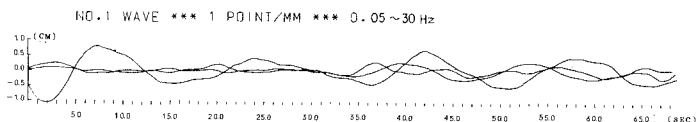
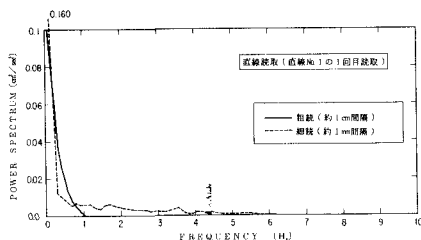
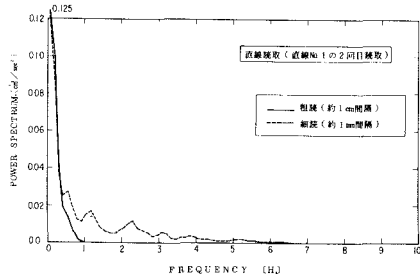


図4 変位記録の一例(20秒以上フィルターアウト)(直線No.1の細読の場合)

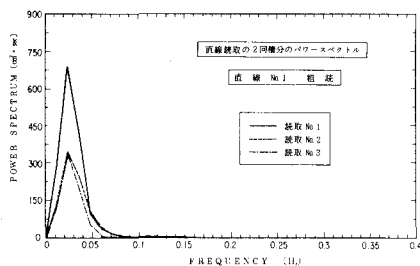


(a) 1回目読取

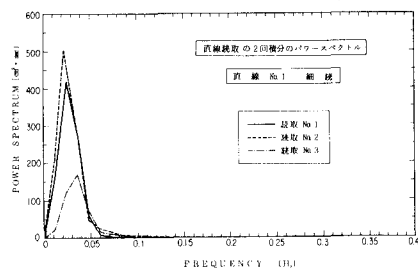


(b) 2回目読取

図-1 加速度記録のパワースペクトル(直線No.1の読取結果)

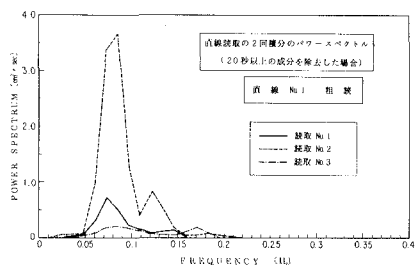


(a) 粗読の場合

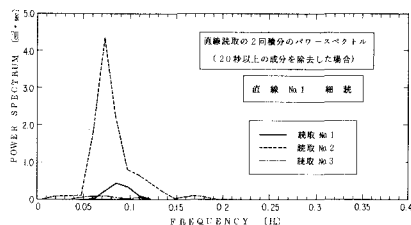


(b) 細読の場合

図-3 変位記録のパワースペクトル(直線No.1)



(a) 粗読の場合



(b) 細読の場合

図-5 変位記録(20秒以上フィルターアウト)のパワースペクトル(直線No.1)