

機械式強震計記録の高振動数成分に含まれる誤差の物理的特性について

京都大学防災研究所 正員 亀田弘行
 京都大学工学部 正員 杉戸真太
 名古屋鉄道(株) 正員 ○鈴木 裕

1. はじめに 今日までにわが国で得られた強震記録はSMAC型強震計によるものが多く、それらの記録に含まれる各種の誤差はそれぞれ種々の補正法により補正して利用され、耐震工学の発展に大きく貢献してきている。中でもSMAC-B2型強震計記録に関しては、これまでデジタルフィルターによる補正法¹⁾をはじめ多くの補正法²⁻⁴⁾が提案されているが、SN比の低下する低・高振動数成分に関してはそのノイズ成分の評価において不明な点が多くあり、これらの領域での記録特性を的確に把握することは記録の信頼度を向上させる上で重要である。そのうち文献⁴⁾では計器記録系のペン摩擦による長周期ノイズの除去法を提案しているが、本研究では、計器記録系の力学モデルを用いた応答計算よりペン摩擦力及びペン質量が記録の短周期成分に及ぼす影響を定量的に評価し、それに基づいた記録補正法を検討する。

2. SMAC記録系のモデル化 図1に本研究において用いたSMAC記録系の力学モデルを示す。(以下このモデルをモデルSMACと称す。)同図でGはペンの重心、Iはペンの回転軸回りの慣性モーメントを表すが、ここで基盤に加速度 $\alpha(t)$ が生じた時の系の運動方程式を x, θ について表現すると次式のようになる。

$$M \ddot{x} = M\alpha(t) - C\dot{x} - Kx - T \quad \text{----- (1)}$$

$$I \ddot{\theta} = Tl - 16Fl + \frac{I}{Y} \alpha(t) \quad \text{----- (2)}$$

上式においてTは振子とペンとの連結部に生じている軸力、 $T = k(\ell\theta - x)$ と表される。Fはペン摩擦力であり、ペンの速度の正負に応じてそれぞれ大きさの等しい正負の値をとる。その標準値として、振子に2.5galの加速度を与える力とし図1中矢印向きを正とする。

諸元はSMACの仕様書に従い、或いは実測して得、入力地震動 $\alpha(t)$ として日本各地で観測された種々の特徴を有するSMAC-B2強震計記録30成分を採り上げ、これを真の地動とみなして応答計算を行い、得られたペン先の変位記録にSMAC-B2の公称感度125(gal/cm)を乗ずるとモデルSMAC記録を得る。

3. 摩擦スペクトル 摩擦力を考慮した場合とそうでない場合でのモデルSMAC記録のフーリエスペクトルを比較すると、約25Hzまでの高振動数領域において前者の場合の方が大きい振幅値を示す。そこで両者のフーリエ振幅の差を求めそれを摩擦スペクトル

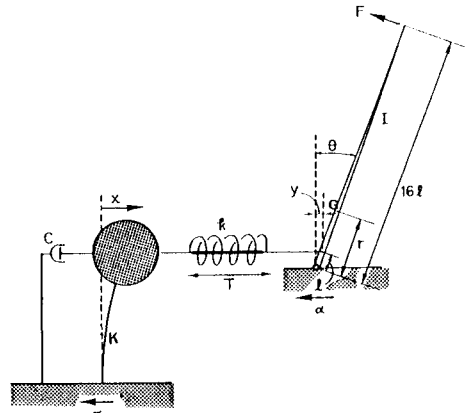


図1 モデルSMAC記録系

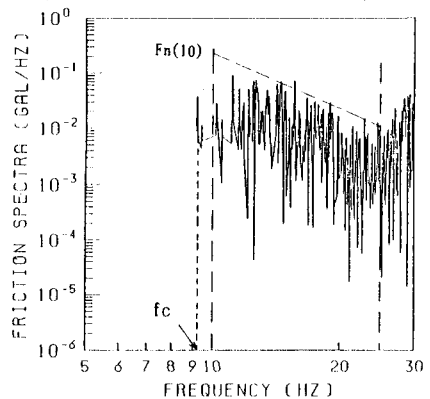


図2 摩擦スペクトル

Hiroyuki KAMEDA, Masata SUGITO, Yutaka SUZUKI

ルと称し、図2にその標準摩擦力での一例を示す。

摩擦スペクトルはほとんどの記録においてこのように両対数軸で右下がりの直線を示すのであるが、それより摩擦スペクトルを次式のように定式化することができる。

$$F_m(f) = F_m(10) \times \left(\frac{10}{f}\right)^\beta \quad (f \leq f \leq 25 \text{ (Hz)}) \quad \text{--- (3)}$$

ここに、 f_c : 遮断振動数 (Hz)
 β : 記録によって定まる定数

$F_m(10)$: 10Hzでの摩擦スペクトル(gal/Hz)

上式より、摩擦スペクトルを定めるには f_c , $F_m(10)$, β を知ればよいことがわかり、そのためにこれらの値とモデルSMAC記録(摩擦考慮)における卓越振動数、及び最大加速度との関係について調べた。

図3には、標準摩擦力の場合での f_c と卓越振動数との関係を示した。卓越振動数の増加に伴い f_c も増加しており、このことより記録の卓越振動数付近ほどSN比は良好であり摩擦によるノイズ成分も混入しにくいことがわかる。

図4、図5には $F_m(10)$, β と最大加速度との関係をそれぞれ示す。これらには比較的強い相関性が認められる。

4. むすび 以上まで、摩擦スペクトルを記録の卓越振動数と最大加速度より定める方法について述べたが、このことを用いてSMAC-B2強震計記録における短周期成分の補正法を検討する。

まず原記録をフーリエ変換し、その振幅スペクトルより摩擦スペクトルを差し引く。この際、位相スペクトルについてはそのままにしておく。そのようにして摩擦ノイズが除去されたフーリエ変換に、モデルSMACにおけるペンの変位の周波数応答関数から求まる補正フィルターの関数を乗じフーリエ変換を行うと、 f_c から高振動数成分について補正された加速度時刻歴が得られるであろう。

今後、この補正法を実際の強震加速度記録に対して適用し、その妥当性について検討することが急務である。

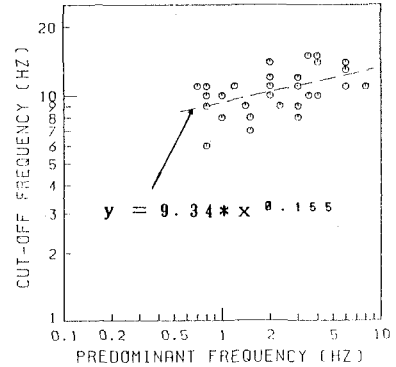


図3 卓越振動数と遮断振動数との関係

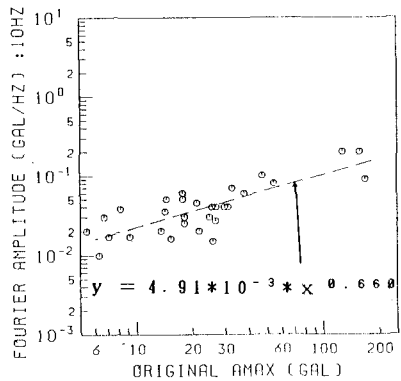


図4 最大加速度と $F_m(10)$ との関係

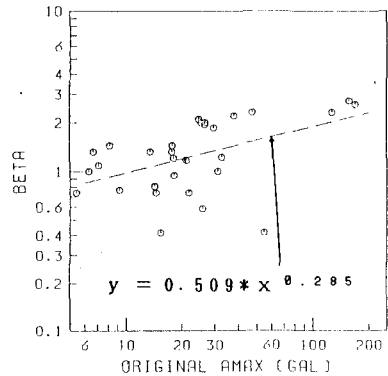


図5 最大加速度と β との関係

参考文献

- 1) 後藤・亀田・杉戸・今西, 土木学会論文報告集, No. 277, 1978.9
- 2) 岩崎・川島・若林・高木, 土木学会論文報告集, No. 309, 1981.5
- 3) 鈴木・後藤・亀田・杉戸, 土木学会第41回年次学術講演会講演概要集第1部, 1986.11
- 4) 土岐・中瀬, 土木学会第41回年次学術講演会講演概要集第1部, 1986.11