

強震記録におけるペン摩擦の影響

京都大学防災研究所 正会員 土岐 憲三
 京都大学大学院 〇学生員 中瀬 仁

1. まえがき 軟弱地盤上の長大構造物, すなわち長大トンネルや長大橋などの耐震安全性にとっては, やや長周期帯域における地震動の特性が重要となる。ところが, 強震地震動の研究のために数多くの情報を提供してきたSMAC強震計による記録と, 気象庁1倍強震計の記録を比較すれば, その応答スペクトル値においてSMAC強震計による値の方が常にいくらかレベルが高くなるという系統的な差異がある。²⁾ そこでこのような結果を生む原因がSMAC強震計の記録紙とペンの固体摩擦にあるという, 常識とは逆の仮説に基づき, これを検証するために本研究を実施した。

2. 計算手順 本研究では, 強震計の振子を1自由度の振動系とみなし, これが摩擦を伴ない, かつ不規則な外力を受けるときの応答値を計算する。入力波についてはR.M.Sを10 gal及び50 galに調節した2種類のホワイトノイズとした。まず, 対象とする2種類の強震計の特性を考へて, 実際に測した摩擦値について応答計算を実施した。つぎにこの時刻歴に対して絶対加速度応答スペクトルを定めた。

3. 計算結果 気象庁1倍強震計では摩擦項 ρ が0と2004 cmの場合を比較したが, R.M.S 10 gal, 50 galのどちらの入力波を用いても, 時刻歴及び応答スペクトル値において両者の差異は図上では認められない程度のものであった。したがってこの強震計による強震記録における摩擦の影響はほとんどないことがわかった。

一方SMAC-B2強震計においては, 加速度に換算して数gal程度の摩擦のあることがわかっているので²⁾ R.M.S 10 galの入力波を用い, 摩擦項が加速度換算で0 galと4.23 galの場合について比較したが, 応答スペクトルについて図示すれば図1のようになる。すなわち, 2本の曲線は周期が0.5秒あたりで交叉しており, 0.5秒より短周期の短い領域において, 摩擦のある方の応答スペクトルは摩擦のないものに較べて小さい値をとるのは当然であるが, これより長い周期帯域においては摩擦のある方がかえって大きい値をとることが注目される。R.M.S 50 galの入力波を用いた場合は10 galの場合より摩擦の影響は相対的に少なくなることもわかった。

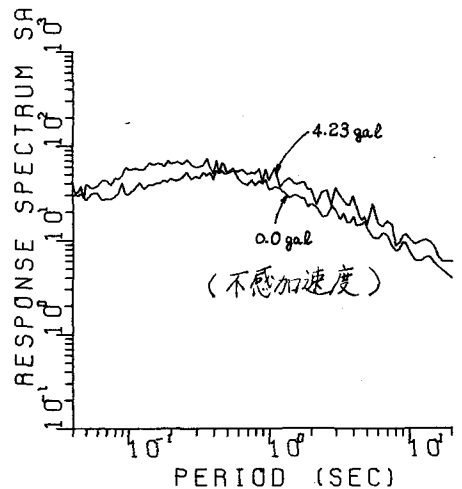


図1 SMAC-B2強震計
 における摩擦の影響

4. SMAC強震記録における摩擦の影響 記録紙とペンの間の摩擦および記録系のリンクでの機械的摩擦によって、強震記録に影響を生じる原因は次の2つである。

- ・摩擦により振子の持つ運動エネルギーを消費すること。
- ・摩擦により振子が異常な動き方をすること。

前者の原因により強震記録を過少に評価することになるのは自明であるが、入力波によっては、後者の原因により実地動を過大に評価することもある。これについて以下に検討する。SMAC強震計のペンの動きは設計周期の範囲においては地動加速度に比例的であるから、図2において縦軸を地動加速度により振子に生じる力 ϕ 、横軸をペンの変位 y とし、摩擦による不感帯域を ϕ_0 とすると、 ϕ と y の関係は同図中に示すような履歴を描く。このような履歴特性を持つ系にR.M.Sが10galであるホワイトノイズを入力させたときのペンの記録が図3である。ただし、加速度換算の摩擦の大きさ、すなわち不感帯域幅 ϕ_0 は4.23galである。この結果によれば零軸の両側の ± 4.23 galあたりより内側では内側に向うピークがけずらされてしまったように見える部分が目につく。このような現象は以下のように説明される。図3は3~4秒程度のゆっくりした振動成分の上に数サイクルの高振動成分が重なったように見える。この一部分を模式的に表示すれば図4の左半分のように、 ϕ_0 という準静的な加速度、すなわち振子の力の上パルス的な変動が重なったものとなる。このような力が図2で示されるような履歴特性を持つ振動系に作用したときのペンの出力は ϕ_0 を中心として両側にパルスが見られるものとなる筈であるから、摩擦の存在することは準静的な部分を ϕ_0 だけ増大させる効果を持つことになる。これらの図中における準静的な部分は全体の時刻歴の中ではやや長周期成分に相当しているのであるから、この ϕ_0 の時間と共にゆっくりと変動することになる。したがって、摩擦はこのゆっくりした変動成分の振幅を増大させることになるのである。

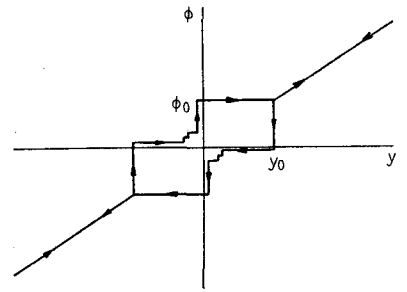


図2 系の示すヒステリシス

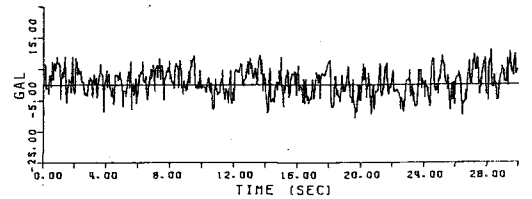


図3 SMAC強震記録

5. 結論 SMAC強震計はペン摩擦の影響により地動を受け実際にやや長周期帯域において記録振幅が大きくなる事が確認された。加速度応答スペクトルにおける増大の程度は従来の1倍強震計による結果との差異に近いことも示された。

土木学会：屋外貯蔵タンクの耐震安全性検討のために入力地震波の変位特性に関する調査報告書(57-12, 1133-96) 2) 記録紙の固体摩擦の測定について(明石製作所)、建設省土木研究所川島一孝氏との私信による。

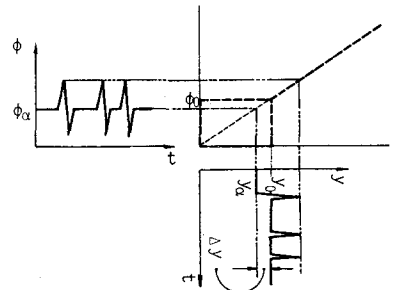


図4 不規則振動を付けた系に答