

京都大学防災研究所 土岐憲三

○ 東電設計株式会社 中瀬 仁

1. まえがき 長周期建造物の耐震安全性を考える際、振動系の変位応答が固有周期に対して比例的に増大することから、破壊的地震動の長周期帯域における特性を知ることが重要となる。地震動の特性に関する研究はわが国においては従来SMAC-B 2型強震計記録(以下SMAC記録とする)を主体として行われてきており、耐震工学の発展に対する貢献度は極めて高い。しかし、SMACは振子の固有周期が0.14秒であることや、得られたアナログ記録を数値化する過程の精度の関係で、数秒以上のオーダーの地震動を正確に記録し得るかどうかに関しては検討の余地があるとされてきた。そこで、SMAC記録を有効に利用するために、SMAC記録に固有の長周期帯域での精度の劣化⁽¹⁾の原因を解明し、これを補正するべく、運輸省港湾技術研究所と共同で観測と振動実験を行ない検討を行った。

2. 振動実験 振動台上にSMAC、およびサーボ型の加速度計(V401と称する)を載せて加振実験を行った。図-1にV401記録、ならびに図-2にSMAC記録を示す。明らかにSMAC記録のゼロ線が31秒あたりで紙面下方向に8gal程度ドリフトしている。両強震計の精度からみて、このような結果になるのはSMACに原因があると判断してよい。両記録に対する加速度応答スペクトルをとれば、SMACは図-3の

△印で示すように、○印で示すV401によるスペクトルに比べて長周期帯域において過大な値を取るようになる。長周期帯域における加速度応答スペクトルを計算した場合、SMAC記録が他の強震記録に較べ大きな値をとるのは、このようなゼロ線のドリフトに起因するといえる。

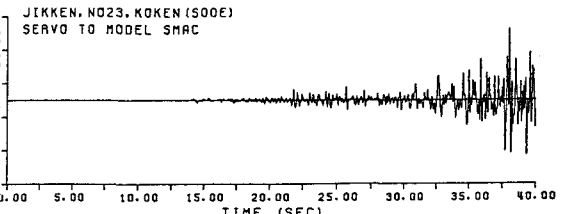


図-1 V401記録

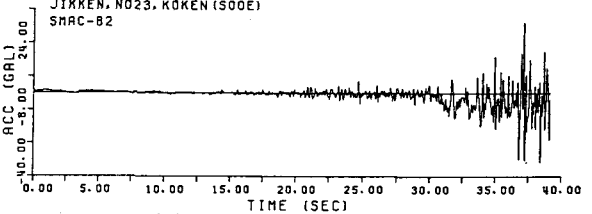


図-2 SMAC記録

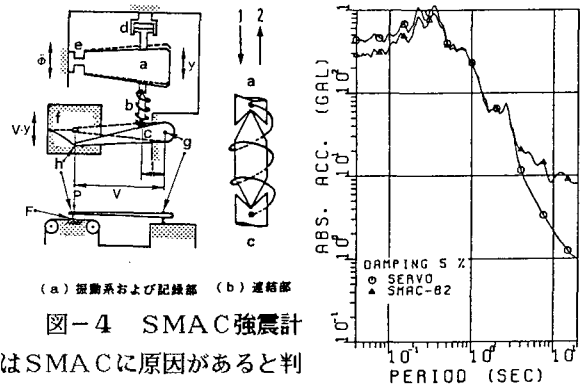


図-4 SMAC強震計

図-3 応答スペクトル

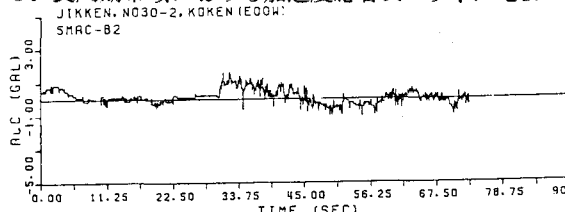


図-5 無加振記録におけるSMAC記録

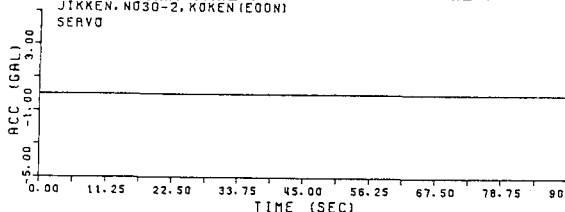


図-6 無加振記録におけるV401記録

3. ゼロ線のドリフト 前節に述べたゼロ線のドリフトの生じる原因について検討を進める。図-4にSMACの振子と記録部およびそれらの連結部を示す。図中のaに示す部分がSMACの重錘で、eが板バネ、dがダンパーであり、SMACの振動系を構成する。地動加速度 ϕ に対する振動系の応答変位は y となり、連結部bを介して記録ペンcに伝えられ、軸gを支点にVの機械倍率で、ペンの針hにより記録紙fに記録される。図-4(b)に連結部bの拡大図を示す。連結部は両端がピボットとなっている連

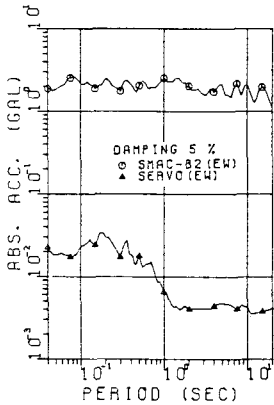


図-7 強震記録の比較

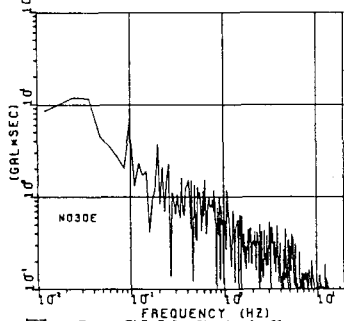


図-8 SMACノイズ

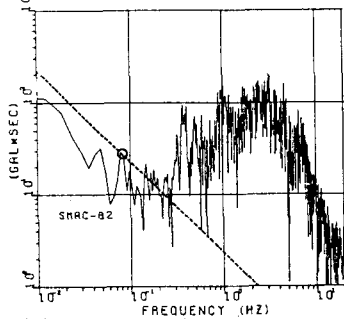


図-9 ノイズスペクトル

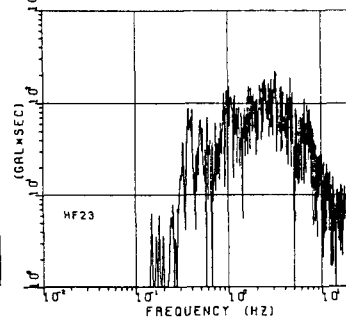


図-10 補正スペクトル

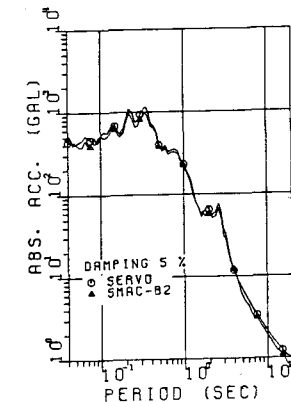


図-12 応答スペクトルの比較

結軸と、重錘aとペンcを引き寄せる連結バネからなる。重錘が図(a)の点線に示す位置から実線に示す位置に動いたときは連結部に図(b)の1に示す方向の力が加わり、ペンcは連結軸により同方向に押し出されて記録紙に実線の記録を残す。重錘が図(a)の実線に示す位置から点線に示す位置に戻ったときは連結部に図(b)の2に示す方向の力が加わり、ペンcは連結バネにより記録紙の実線の記録から点線的位置に戻るはずである。ところが連結バネの強さがペンを引き戻すのに十分でないため、ペンcは記録紙との摩擦により点線的位置にまで引き戻されない結果、ペンの軸すなわちゼロ線が実線に示すようなドリフトを生じることになる。次に、SMACを静止状態で起動させた際に得られる記録波形（以下、無加振記録）に見られる、ゼロ線ドリフトに類似のノイズ（以下、SMACノイズ）について以下の様な検討を行った。

図-5に振動実験における加振方向と直角方向成分のSMAC記録と図-6にV401型の記録を示す。V401型の記録を見れば明らかなように、振動台はこの方向には振動していない。それにもかかわらず、SMAC記録は図-5に示す通り、SMACを起動させた際に駆動系の振動によって重錘が揺れ動き摩擦と連結バネの複合作用によりペンが一方（紙面下方）にドリフトしていることがわかる。ただし記録に対して一次補正⁽²⁾が施されている。これらの波形に対して加速度応答スペクトルを定めたものが図-7である。○印がSMAC、△印がV401型のスペクトルである。SMACはV401型をはるかに上回るノイズレベルであることが解る。このSMAC記録のフーリエスペクトルを図-8に示す。SMAC記録中には無加振記録に見られるような

SMACノイズが常に含まれていると考えられる。

4. SMACの記録補正法の提案 図-10は図-2のSMAC記録のフーリエスペクトルである。SMACノイズのフーリエスペクトルの概形は全て図-8のような $1/f$ の45°右下がりのグラフで表すことができる。

これを図-9の点線で示し、SMAC記録のフーリエスペクトルから差し引けばこの

影響を取り除くことができるはずである。図-10はノイズ分を差し引いたSMAC記録のフーリエスペクトルである。これに対してフーリエ逆変換を行って図-11に示す補正されたSMAC波形を得る。図-2に見られたゼロ線のドリフトは完全に取り除かれている。補正波形に対する応答スペクトルは図-12の△印に示すとおり○印のV401による加速度応答スペクトルとほとんど一致している。なお、本研究は運輸省港湾技術研究所との共同研究によるものである。

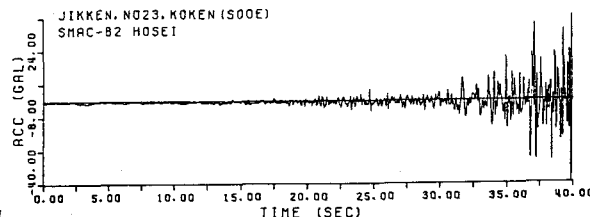


図-11 SMAC補正波形

参考文献 (1)中瀬仁：強震記録における長周期成分の信頼度に関する研究，京都大学大学院修士論文，1986年 (2)井合進他：強震記録のデジタル化と補正，港湾技研資料，No.286