

I-386

変電機器基礎の振動特性同定の適用

東京電機大学 大学院 学生員○大滝 晋
東電設計(株) 技術開発本部 正員 松島 学
東京電機大学 理工学部 正員 松井邦人

1.はじめに

構造物の動的応答から、地盤～基礎系のパラメータを同定することは、数値解析上では可能なことが立証されており、振動実験の結果についても既に報告がある。しかし、実際の地震観測データによる同定の実績はみられない。ここでは、既設の変電機器において観測された実地震データによって、基礎～地盤系パラメータの同定をGauss-Newton法を用いて行い、その精度、問題点について検討し、同定手法の検証を行う。

2.データの観測状況

既設変電機器基礎における地震観測は、図-1の①～④に示す個所に加速度センサーを設置し、時間刻み0.01secで時刻歴データを記録した。観測点①に於いては入力地震波 z_0 を、観測点②に於いては基礎版の水平加速度 z を観測した。観測点①の加速度センサーは実際には地表面より50cm下にあるが、この観測値を地表面入力地震波の観測値とする。観測点③、④に於いては基礎版の上下方向の加速度を観測し、

$$\ddot{\theta} = (u_3 - u_4) / l \quad (1)$$

(u_1 :観測点1における観測値 l :観測点間の距離)により基礎版のロッキング角加速度 $\ddot{\theta}$ を算出した。

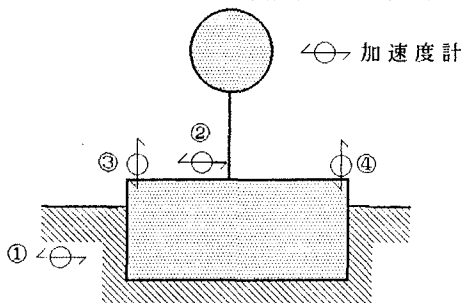


図-1 観測地点

3.実地震観測データ

観測された入力地震波、基礎版水平成分の応答加速度および式(1)で算出したロッキング角加速度の波形を図-2～図-4に示す。観測点③、④において観測された上下振動成分の差は非常に小さく、従って基礎版の振動は主に並進成分および上下振動成分から

なり、ねじれ、ロッキング振動のモードは小さく、基礎版は剛体として運動しているものと考えられる。

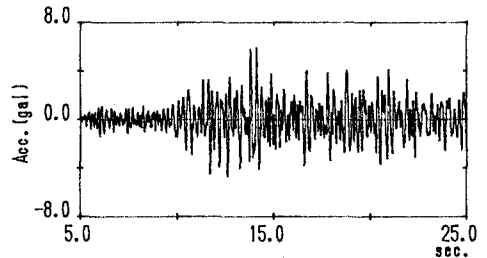


図-2 入力地震波

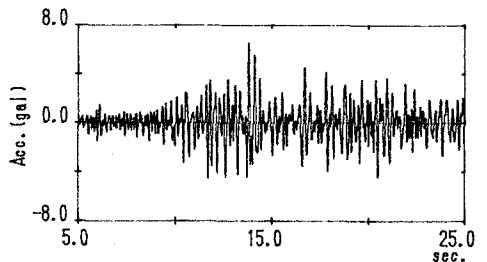


図-3 基礎版水平方向加速度応答

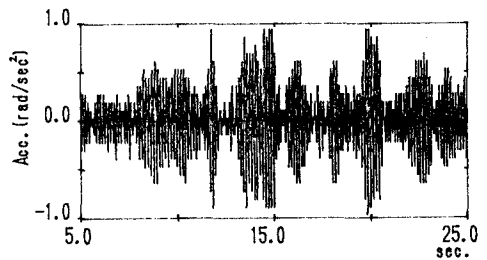


図-4 基礎版ロッキング角加速度応答

この波形を見ると、基礎版のロッキング方向の波形がピット波形になってしまっている。通常基礎版のロッキング応答は水平方向の応答に比べ小さく、今回観測されたデータにおいても最大値は水平方向の応答の1/6程度である。しかし変電機器基礎版に取り付けた加速度センサーの最大レンジは300galにセットしてあるため、値が小さいロッキングの観測データは桁落ちしてしまい、このようなピット波形になってしまったと思われる。

4. 同定

3. に示した地震観測データを使用して既設変電機器における地盤～基礎系に関する、回転剛性KR、並進剛性KH、及びそれらに対する減衰係数CR、CHの同定を行う。しかし、先に示した様に、ロッキング振動そのものが小さく、そのために観測データの精度が保証できないという事情があるところから、ロッキングと並進の振動を考慮した運動方程式を用いた同定（ケース1）、ロッキング振動を無視し、並進振動のみとした運動方程式を用いた同定（ケース2）の2ケースの同定を試みた。結果を図-5、図-6に示す。横軸はGauss-Newton法における繰り返し計算回数、縦軸はパラメータ収束値をしめす。同定するパラメータの初期値は、基礎近傍の地盤せん断波速度より算定された地盤～基礎系パラメータの計算値の150%の値とし、応答加速度の継続時間は40secに限った。ケース1の同定結果を、ロッキングのパラメータを実線、並進のパラメータを破線で示し、ケース2の同定結果を一点鎖線で示した。また図内で×印は計算が発散してしまったことを示す。ケース1においては、ロッキングの剛性が異常に大きくなってしまいそのために計算が発散してしまったものである。ケース2についてはロッキングは考慮していないので減衰係数、剛性ともにスムーズに収束したものである。また、Gauss-Newton法による同定の精度は、同定を開始するときのパラメータの初期値によっても影響を受ける。そこで、ケース2の同定においてパラメータの初期値を種々に変えて同定を行った。結果を図-7、図-8に示すが、いずれの初期値においても収束過程はスムーズである。同図の破線は、並進パラメータの計算値をしめす。収束値は計算値に対して、剛性で45%、減衰係数で56%の値となった。今回観測された入力地震波は最大値が5.96galである。主振動は6.0secあたりから始まっており、これより前の時刻における観測値をホワイトノイズ（観測誤差）とする。最大値は約0.4galであり、ここでSN比を、最大観測値に対する最大観測誤差の比、と定義すると、この観測データに混入しているホワイトノイズのSN比は約6.6%となる。数値計算による研究において、この程度のSN比では、同定結果はさほどノイズの影響を受けないということが立証されている。従って、今回の同定結果はノイズの影響をうけていないといえる。

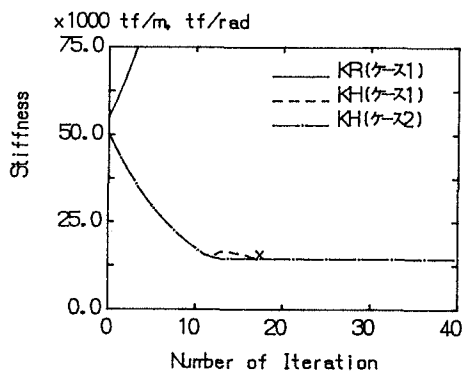


図-5 剛性の収束過程

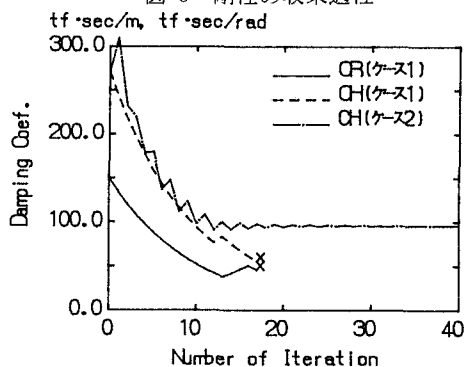


図-6 減衰係数の収束過程

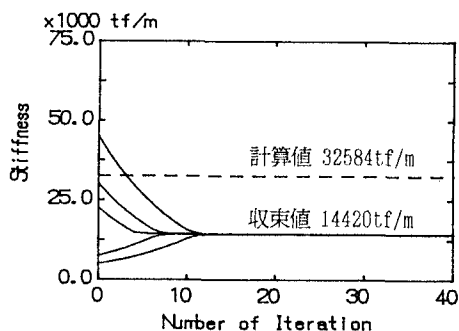


図-7 初期値による収束過程の違い（剛性:KH）

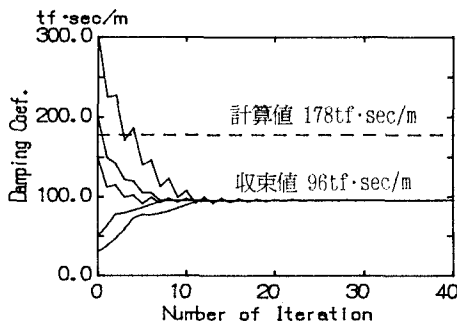


図-8 初期値による収束過程の違い（減衰係数:CH）