

女川原子力発電所2号機発破振動試験について

東北電力(株)土木部 正会員 ○ 氏家 久芳
千釜 章
高橋 均

1. 試験の目的

発破による振動が既設構造物に与える影響について種々発表されている。女川原子力発電所2号機増設のための調査の一環として、発電所本館建屋基礎の岩盤掘削に発破工法を採用した場合、既設1号機の構造物に対する影響を把握するため本試験を実施したものである。原子力発電所増設工事は、移動中の1号機に隣接して建設されるため、発破振動により1号機の機器・計装品が誤動作して運転に影響を与えることのないよう、発破振動の伝達特性および発破工法の適用範囲等について、特に発破振動は地震動と異なり短周期でかつ振動継続時間が短いという特性を有するために、検討しておく必要がある。

本試験は、女川における発破振動予測式を求め、距離(発破点と振動測定点)と装薬量(発破点での装薬量)に応じた発破振動値を予測し、発破振動の伝達特性を把握すること、及び運転中の1号機に影響を与えない発破振動の上限値である、例えば限界値、制限値および管理値などを求めたものである。

2. 試験の内容

試験発破はC_M級(電研式岩盤分類)岩盤を対象として、岩盤面を標高OP+12m~OP+14mに造成しベンチ発破、盤打ち発破およびプレスブリットを各装薬パターン毎に、DS雷管の段発および斉発にて実施した。測定については、地盤上測定として9点×3成分、機器・計装品測定として6点×(2~3成分)について圧電型加速度計を用い、建屋の振動測定として5点×(2~3成分)についてサーボ型加速度計を用いた。

発破振動値と装薬量および距離との関係は、一般に発破振動予測式として(1)式で表わされる。

$$A = C \times \frac{W^\alpha}{D^\beta} \quad \dots\dots\dots (1)$$

ここに、A；発破振動値(gal)
W；装薬量(kg/段)
D；距離(m)
 α 、 β 、C；岩盤などにより定まる定数

(1)式をもとに、(a)地盤振動式の算出、(b)地盤振動と建屋振動との関係、(c)発破による機器・計装品の振動特性、(d)発破条件と地盤との関係などを求める。

3. 測定および測定結果

測定波形については、地盤および建屋においては、発破による振動継続時間は100~300msecであり、その振動の周波数も50~120Hzで、自然地震に比し高い周波数帯域となっている。しかしながら機器・計装品での振動継続時間は300~500msecと長く、その周波数も20~50Hzとやや低くなっている。

地盤振動式については、地盤上各測点および制御建屋基礎部(C/B+1.5m)の最大発破振動値について距離との関係を求めて、各発破パターン毎に距離による振動の減衰定数を求め、振動式を算出すると、例えばベンチ発破(上・下成分)については以下ようになる。

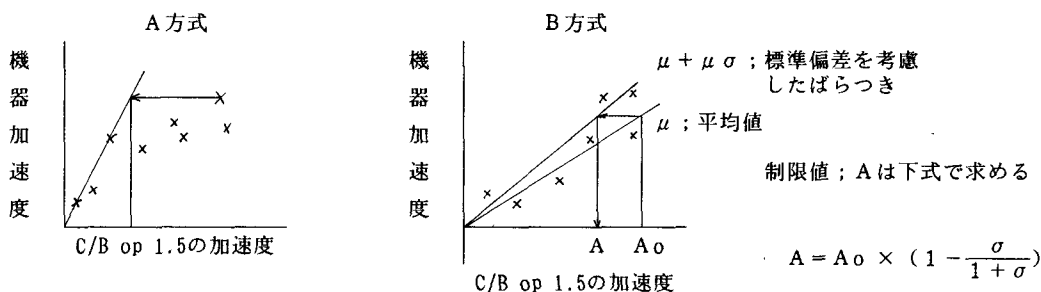
$$A = (3.46 \pm 0.87) \times 10^5 \times \frac{W^{0.75}}{D^{2.35}}$$

発破による機器・計装品の振動特性については、各発破パターン毎の制御建屋基礎部測点および各機器・計装品の最大発破振動値のうち、最大の加速度を示したのは孔当り装薬量が12.0 kg のベンチ発破であり、制御建屋基礎部測点で54.5 gal (N-S) , 制御建屋中央操作室制御盤の測点で 136.8 gal (E-W) であり、周波数帯域は主に25～ 75 Hz である。

各発破パターンと発破振動値の関係については、岩質、破碎効果およびベンチの方向などを考慮すると、岩質が硬いほど振動値がやや大きくなる傾向は盤打ち発破については認められるが、その他については特に有意な関係は認められない。段発効果については、段発発破における1段と3段との振動値の比較では、3段目の振動は1段に比し約50%低下しており振動影響を考える上では1段発の振動を対象とすれば十分である。プレスブリッティングの効果については、プレスブリット前後の振動値を比較した結果、今回の試験では有意な効果は認められない。発破による振動周波数については、振動周波数と距離との関係は特に明確な結果は見られず、また地盤と建屋基礎の周波数はほぼ同程度であった。発破振動の方向性については、発破による水平振動の方向は、地盤では地層の走向方向にほぼ卓越し、建屋ではその短軸方向が卓越している。また掘削機械による振動については、ロックブレイカー (UB-11型) では20 m程度の離隔地盤で10 gal 以下であり、発破に比べ振動値は相当に小さい。以上、発破振動について得られた測定結果の概要について述べた。

4. 振動解析結果

本試験は1号機の定期検査中に実施したものであり、2号機発電所本館建屋基礎の岩盤掘削は1号機の運転中にも行われるので本試験から1号機運転中における発破振動の制限値(管理値, 限界値)を設定する必要がある。本試験では制御建屋基礎部で56.7 galまで機器の誤動作が発生しなかったので、定期検査時における発破振動の制限値を制御建屋基礎部で56.7 galとした。1号機運転中における制限値については次のように設定した。すなわち、本試験において振動測定を実施した機器・計装品のデータを次の二つの方法により評価し、制御建屋基礎部での加速度制限値を求める。A方式は各機器・計装品の制御建屋基礎部に対する加速度比が最大勾配のものと各機器・計装品の最大加速度を評価し、制御建屋基礎部の加速度制限値を求める解析方式である。B方式は各機器・計装品の制御建屋基礎部に対する加速度比の平均に對するバラツキを標準偏差で考慮し、制御建屋基礎部の加速度制限値を求める解析方式である。



各機器・計装品に生じた最大加速度をこれらの最大許容振動値と判断して、以上の解析をもとに制御建屋基礎部から各機器・計装品までに伝達する振動のバラツキを安全側に評価することによって、制御建屋基礎部での発破振動の制限値を22.5 galまたは30.7 galと設定した。

5. 制限値(管理値, 限界値)の設定

発破振動の制限値は、制御建屋基礎部に設置する振動計の値を基準として、(a) 1号機運転中における管理値を22 gal, 限界値を30 galとし、(b) 1号機定期検査中における管理値を40 gal, 限界値を56 galと設定した。