

# 近接構造物における発破振動が与える影響について

中部電力御奥美濃水力建設所 正会員

藍田正和

○山本浩司

## 1. はじめに

地下発電所の本体掘削時における発破振動はアーチコンクリート等の近接構造物に対して悪影響を及ぼすことが懸念される。これらの構造物に対して発破振動の予測を行うには、一般的に発破振動式を用いて構造物に与える振動を予測し、この値が設定した規制値を越えているかいないかで判断している。この発破振動式は経験式的なもので各種因子により係数が大きく変化する。しかも、従来から用いられている発破振動予測式は至近距離の場合適用性に問題がある。今回は各種因子のうち至近距離における振動特性についてその振動方向、距離減衰について検討を行ったので報告する。

## 2. 測定概要

### (1) 測定方法

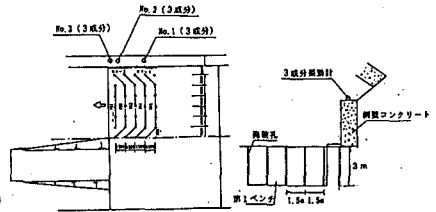
振動測定は下記による2方法で実施した。各測定での振動計配置を図-1に示す。

①測定-1：発破点から5～10m位置における至近距離における振動特性（振動方向）を把握するために発破位置近傍のアーチ側壁コンクリート天端部の3箇所に測定点を設け、各測点3成分（鉛直1成分、発電所縦断方向1成分、発電所横断方向1成分）の振動計を設置して測定を行った。

②測定-2：発破振動の距離減衰を確認するためにアーチ側壁コンクリート天端部に鉛直1成分の振動計を発破位置より、50m区間の距離がほぼ対数軸等距離になるように9点配置して測定を行った。

測定時の発破パターンは図-1に併記した通りでD S 1～5段およびS B発破を基本としたもので、振動測定回数は各振動測定3～4発破である。また、発破1段あたりに使用した薬量は10～20kg程度である。

測定-1



測定-2

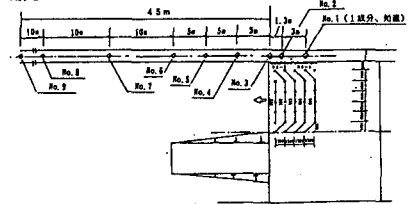


図-1 振動計配置図

### (2) 測定装置

測定装置は図-2に示す通りで、振動計は動コイル型速度計を用いた。また、振動計からの出力信号はケーブルを通じ測定器本体に入る。測定器本体は簡易測定器で3成分（または3測点）の振動を1台で測定するもので、この測定器に入力した電気信号は内部でA/D変換され、フロッピーディスクに収録される。1回当たりの測定時間は10秒間、サンプリングタイムは0.1msecである。

収録された測定データはパソコンにより処理され、波形および散布図等が出力されるとともに発破振動式の算出等の解析が行える。

測定により得られた波形例は図-3に示す通りで、発破の全体波形および一部時間軸を拡大した波形を出力することができる。また、その波形の最大振動値および周波数が自動的に読取られる。

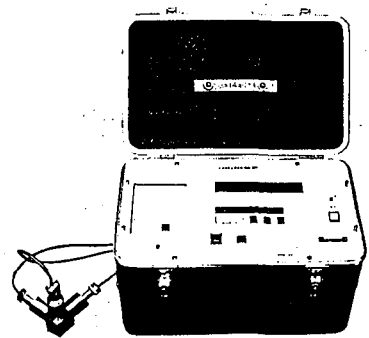
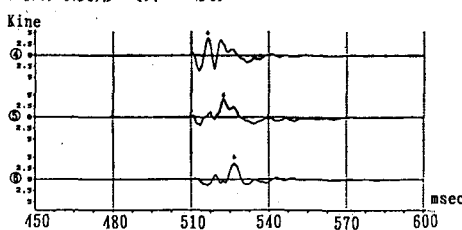


図-2 測定装置図

拡大波形（第1段）



全体波形

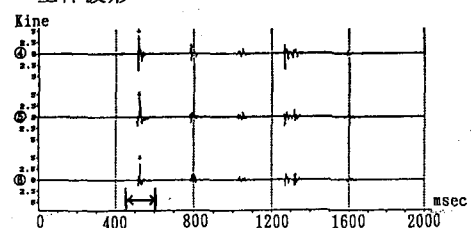


図-3 測定波形例

### 3. 測定結果

発破振動の解析は各段発破のうち同一装薬量で最も大きな振動波形となる第1段目の波形を使用して解析を行った。下記の発破振動式より最小自乗法による多変量解析を行い、装薬量を10kgで基準化した最大速度振幅と距離との関係を図-4に示す。

$$\text{発破振動式 } A = C \cdot Q^{\alpha} / r^{\beta}$$

A : 振動値 (kine)    Q : 装薬量 (kg)  
C : 発破係数        r : 距離 (m)

この図において、発破振動値に最も大きな影響を与える距離減衰係数 $\beta$ について最小自乗法により求めると、測定-1では $\beta = 2.29$ 、測定-2では $\beta = 1.82$ となる。

また、測定-2により得られた発破点より14mと50mの位置での波形を比較すると図-5の通りで、距離の近い14m位置では185~278Hzの周波数成分が卓越するのに対し、遠い50m位置では卓越周波数が68~98Hzと低くなっている。第1段の最大振動値について距離と周波数の関係をまとめた結果を図-6に示す。

この結果、発破点からの距離が遠くなるとともに周波数が低くなっており、距離と振動値の関係と同様の結果となっている。

すなわち、至近距離ではその振動特性として高い周波数成分が卓越し、そのため距離減衰が大きく、遠くなるに従い高い周波数が減衰し、低い周波数が残るとともに振動の減衰が小さくなり、その境界は20m程度と考えられる。

次に、上記の発破振動式において $\alpha = 0.75$ 、 $\beta = 2.0$ として、至近距離での振動方向について発破係数Cを求めると下表の通りとなる。

|      | 全   | 体縦断方向 | 横断方向 | 鉛直方向 |
|------|-----|-------|------|------|
| 発破係数 | 182 | 165   | 185  | 200  |

上記表より、至近距離における発破係数は振動方向については特に大きな差はないが、発破の自由面の大きな方向である鉛直方向及び本体横断方向がやや大きくなっている。

### 4. まとめ

今回の測定結果より発破振動の距離減衰は発破点より20m付近を境界に振動特性が変わるとともにその境界以内の至近距離部では高周波成分(150~200Hz)が卓越する。

従来振動値は距離の2.0乗に逆比例して減衰すると一般的に考えられているが、今回の至近距離に置ける振動測定結果の距離減衰係数 $\beta$ の値は2.3と大きくなった。これは、至近距離に置ける振動特性として、高い周波数成分が卓越しているために距離減衰が大きくなるものと考えられる。

また、振動方向については発破の自由面方向がやや大きいことが確認されたが地下発等の盤下げ発破では振動の方向性はあまりないものと考えられる。

データ層別条件

□ 全データ(層別指定なし)  
□ 層別係数 ..... 2.6  
□ Q(x(2)) ..... 10.0kg (基準化)

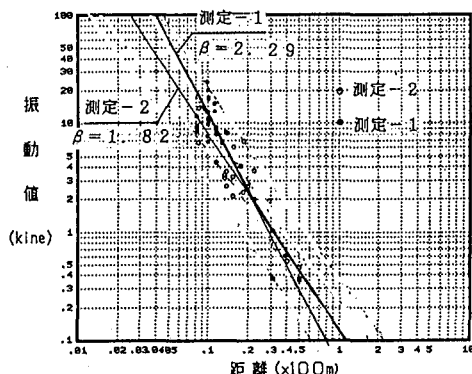


図-4 最大速度振幅と距離の関係図

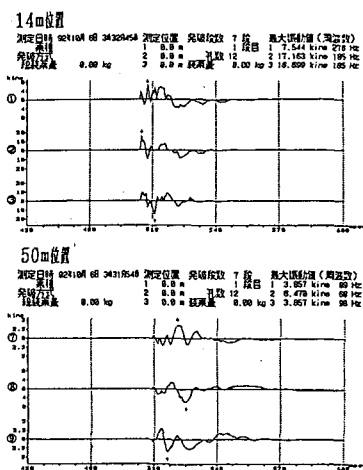


図-5 第一段波形の比較

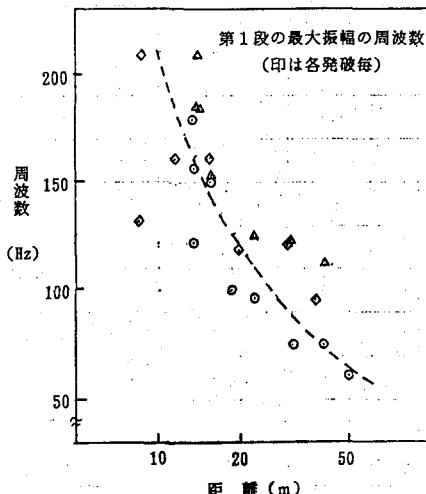


図-6 距離と周波数の関係図