

発破による振動の振動レベル計測システムの開発

熊本工業大学 正会員○平田 篤夫

熊本工業大学 松本 浩次

熊本工業大学 松本 剛

1. はじめに

都市部や構造物の隣接地における発破工事の急増に伴って地盤、構造物あるいは住民への振動公害が問題視されるようになってきている。岩盤掘削工法の中で発破掘削工法は施工能力、経済性など他の掘削工法より有利な点が多いので、今後はさらに振動公害に対する配慮が必要になると考えられる。

振動公害を未然に防止するためには発破による振動の性質を把握することが必要であるので、まず必要となる計測システムを開発した。そこで、開発した計測システムの概要を発破における振動問題の背景とともに説明する。

2. 発破による振動問題と振動レベル計測システム構築の背景

従来、発破工事は人家密集地域から離れた地域で行っていたために、発破に伴う振動被害の対象を構造物や地盤として工事計画を立案することが多かった。Langeforsらによる研究を端緒として構造物に亀裂が発生したり斜面が崩壊する被害は振動の最大変位速度で規定されることが合理的であるとの考えから、最大変位速度 $V_{max} = K W^a D^b$ の形式の振動値予測式を用いて施工管理が行われることが現在では一般的になっている。この予測式の決定のためには最大変位速度の実測値を統計処理して、そのパラメータを決定するという手順がとられる。そのため、予測式の基データがそれぞれ異なる伝播経路を経て観測点に到達し、さらに各観測点の応答特性によって異なる増幅作用があるという観測条件の違いを含んだデータであるにも関わらず、予測式そのものはそれらのデータの平均的な性質のみに着目して決定されることになる。すなわち、予測式には地盤や構造物の応答の概念が欠落し、予測式が決定されるために使用されたデータの性質を考慮せずにこれを適用すれば、揺れやすい地点と揺れにくい地点の区別なく発破点からの距離が同じであれば同じ予測結果を与えることになる。

原子力発電所などの重要構造物近傍で発破工事を行う場合には、別途応答解析を実施した上で発破諸元や施工法の検討が行われるが、一般の構造物に対しては予測式を適用する以外の大がかりな検討は行われないのが実状である。まして、人体に対しては V_{max} で管理することは適当ではないといえる。

人体に対しては、特定建設作業による公害振動の評価指標として振動レベル L_a が採用されている。この指標は人体の周波数依存性や振動の継続時間に関する体感補正を施して規定されているものであり、人体の応答特性を考慮している指標であると解釈できる。すなわち、 L_a は V_{max} に比べると振動問題を論じるとき、より実状に即した指標と言うことができる。発破振動問題についても構造物への近接発破が増加しつつある現状を考えると、人を含めた対象物の応答性を考慮した簡便な管理指標およびその予測法の確立が緊急の課題であると言える。そこで、公害振動に対して一般に適用される振動レベルを発破による振動問題に適用することを検討し、振動レベル計測システムの構築を試みることにした。

3. 振動レベル計測システム

振動レベル L_a は変位加速度波形の実効値 a_{rms} を用いて、 $L_a = 20 \log(a_{rms}/a_0)$ で定義される量である。ここで、 a_0 は基準の変位加速度であり、人体が感知可能な下限値として $a_0 = 10^{-5} \text{ m/s}^2$ とされている。市販の振動レベル計は振動の継続時間と周波数に関する体感依存性を考慮に入れて設計されている。すなわち、継続時間に関しては10秒以下の正弦振動に対しては継続時間が短いほど振動を小さく感じるという知見から整流回路の平滑時定数が0.63秒に設定されている。また、周波数に関しては人体が

上下方向では4～8Hz、水平方向では1～2Hzの振動に対して敏感であることに立脚した周波数フィルターが設定されている。

開発する振動レベル計測システムは市販の振動レベル計による計測結果と同じ出力を得ることを条件とした。システムのハードウェアは変位加速度出力が得られる市販の圧電型加速度計とA/Dコンバータおよびデジタル記録装置からなるパソコンである。計測されたデジタル波形をフーリエ変換して周波数領域でフィルター処理を行って人体の周波数感覚補正を施した。さらに、逆フーリエ変換して時間領域で実効値処理を行えば a_{rms} を求めることができる。実効値処理の際は、0.63秒以下の継続時間の振動については処理時間を0.63秒とし、0.63秒以上の継続時間の場合には1秒とした。すなわち、市販の振動レベル計と同様に1秒ごとに振動レベルが表示される。

このシステムによると変位速度波形あるいは変位加速度波形のどちらか一方が記録されていれば、時間微分あるいは時間積分を施すことにより、それぞれの最大値が得られ、同時に振動レベルを算定することも可能である。すなわち、従来の最大振幅による施工管理を行うこともできるようになり、本計測システムは自由度の高い計測システムであると言える。

デジタル波形記録から振動レベルを計算する際に考慮しなければならないパラメータとして、サンプリング周波数がある。そこで、10Hzおよび100Hzの正弦波および10kHzのサンプリング周波数で実際に計測した発破の振動波形を用いて、サンプリング周波数が振動レベルの計算結果に与える影響を検討した。図1はその結果である。発破による振動波形は200Hz程度の周波数成分が卓越する波形である。サンプリング周波数が低くなると振動レベルが低下したり、前後のサンプリング周波数の計算値と異なる値を示すなど妥当な値を示さなくなる。実際の発破の卓越周波数は発破条件や観測点の地盤条件、構造によって変化するが、100～200Hzの範囲内にあると一般に考えられるので、1kHzのサンプリング周波数でデジタル化していれば妥当な振動レベルが計算できるものと判断できる。

計測システムの信頼性を評価するために、市販の振動レベル計による出力値と比較してみる。図2は横軸に振動レベル計による振動レベルを、縦軸に本計測システムによる振動レベルをとって、室内で両者の振動計を隣り合わせにおいて人工的に加振した場合についてそれぞれの振動レベルをプロットしたものである。両者は、ほぼ1：1の対応を示しており、市販の振動レベル計によるものと同じ振動レベルを開発した計測システムでも得られることがわかる。

4. おわりに

発破による振動を対象として振動レベル計測システムを開発した経緯を述べ、その内容を概説した。紙面の都合で適用例については説明できなかったため、発表会の席上で口頭にて紹介したい。

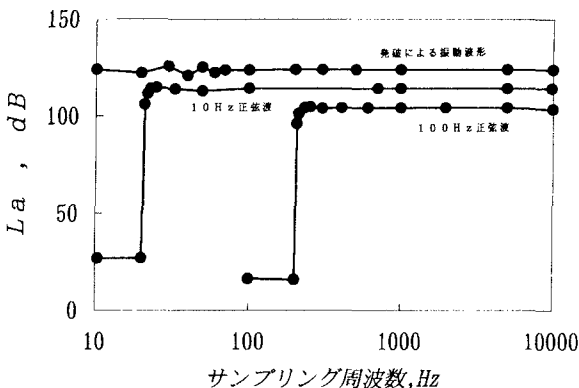


図1 サンプリング周波数と振動レベルの計算結果の関係

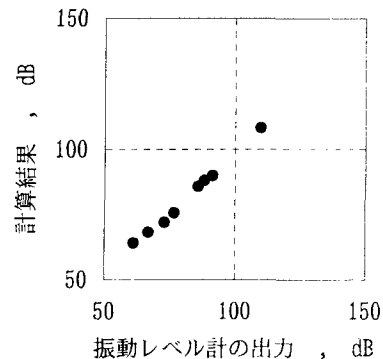


図2 市販の振動レベル計と開発した計測システムの出力結果の比較