

(Ⅵ-18) 土工時の発破掘削における振動の低減について

清水建設株式会社 正会員 田代 浩信
同 上 片桐 章雅
日本ロックエン지니어リング株式会社 石川 恒雄

1. はじめに

当現場は、小高い山岳地を切盛りによって土地造成するものであり、ほぼ三方を民家に囲まれている。地質は凝灰角礫岩、凝灰岩が主体で切土量の約60%を占めており、そのため切土掘削に発破工法を採用している。発破地点と民家との距離は約150m～500mと近接するため、発破の騒音、振動による苦情が工事の進捗における重要な課題となっている。一般には、この騒音、振動は建設機械のそれとは異なり継続時間が極めて短いため、「特定建設作業」には含まれていないが、その作業に規定されている基準値（騒音85dB、振動75dB以下）に従って、自主管理されなければならない。しかし、当作業所ではこの基準を満たすだけでは不十分で一層の振動の低減をせまられており、ここではその対策と効果について考察する。

2. 火薬量の調整による振動の低減について

地盤振動の大きさは、斉発火薬の量、自由面の数、岩質、発破地点からの距離、表土の土質に支配される。

(1) 発破振動は極めて複雑な現象であり、あらゆる発破振動を的確に関係付ける式を求めることは困難であるが、一般的には次のように表される。

$$V = K \cdot W^{0.75} \cdot D^{-2} \quad \text{--- ①}$$

V : 変位速度 (Kine, cm/sec)

K : 爆薬の種類、岩種、発破工法等により定める係数

W : 斉発火薬量 (Kg)

D : 爆源からの距離 (m)

$$[VL] \text{ (dB)} = 20 \log V + 91 \quad \text{--- ②} \quad [VL] : \text{振動レベル (dB)}$$

これで分かるように、斉発火薬量Wを低減することで振動レベルは下げられるが、当然施工面から考えればこれは非常に不利である。よって、最適な斉発火薬量を探さなければならないため、当現場では試験施工により上式を採用して管理する方法を以下のように検討した。

まず、K値について考えてみる。K値は、発破地点、施工形態（盤打ち、ベンチ）などの条件により決定される係数である。当現場では、岩質は凝灰角礫岩、凝灰岩であり、弾性波速度も2,700~4,300km/secといずれも中硬岩から硬岩の様相を呈している。そして、発破場所は大きく分類して、C-1、C-2、C-3の3地点に区分されこれらは特定要素（条件）となる。また、当現場では振動レベルの自主管理基準値を65dB以下に設定したが不測の要因、及び苦情の発生する振動レベルの実績を考慮して、基準値の85%の56dBを設計値として発破計画を立てることにした。上式に数値を代入すると、

$$\text{②より} \quad V = 10^{([VL]-91)/20} = 0.018 \text{ Kine} \quad (VL=56 \text{を代入})$$

$$\text{①より} \quad K = 0.018 / (W^{0.75} \cdot D^{-2})$$

となる。発破場所と施工形態により分類して、①式に実測の数値W、Dを代入しK値を求めると図-1のように表される。

以上のように、実測データからK値の平均値を求めK値を決定することで、設計振動レベルを満足する斉発火薬量と距離との関係式を得て、これを基に施工を行っている。

また、図-1の盤打ちとベンチのK値を比較して分かるように、いずれの場所でもベンチのK値の方が少なく、斉発火薬量Wを増やすことができ、施工面では断然有利となる。従って、盤打ちは極力少なくし、できるだけ早い時期にベンチの形態にするようにした。

3. 電気雷管と起砕量の検討

以上のように、振動レベルについては理論付けが出来たが、この薬量w(kg/段)では起砕量が少なく、施

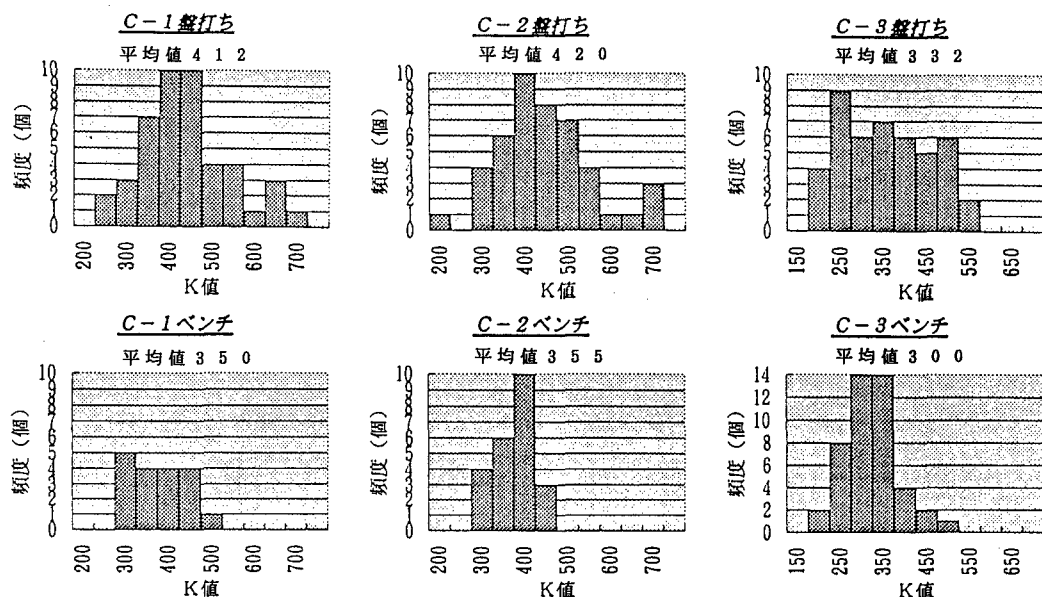


図-1

工面とりわけコスト及び工程の面で、非常に不利であった。起砕量と爆薬の孔数の関係式としては、次のように表される。

$$\text{起砕量} = \text{最小抵抗線} \times \text{孔間隔} \times \text{ベンチ高} \times \text{孔数} \quad \text{--- ③}$$

そこで、起砕量を増やすべく 1 回の発破あたりの孔数を増やす方法について検討した。電気雷管には、秒時間隔が異なる DS 段発電気雷管（秒時間隔が 250~300msec ピッチ）と MS 段発電気雷管（秒時間隔が 20~30msec ピッチ）がある。当初、DS 段発電気雷管を使用したのが、孔数を増やし起砕量を増加させるため、DS と MS を組み合わせ、市販の限界である各 20 段計 40 段を使用することを検討した。しかし、高段になって DS と MS の秒時間隔が近いものでは、誤差により同時に鳴ったり、逆転するなどで振動が制御できなくなるなどの危険性がある。そこで、DS 段発電気雷管に MS 段発電気雷管の秒時を組み込んだ秒時一様分散型雷管を使用することにした。当現場ではこの雷管を全部で 50 段、プラス瞬発電気雷管を合わせて 51 段で使用している。これによって段当たりの薬量 w を一定にして③式の孔数を増やすことが出来た。

4. 振動と低周波について

発破音は低周波成分を多く含むが、人間に対しては、騒音としてではなく、風のように戸や窓などをガタガタ揺るものとして感知され、それが苦情の原因になるとも考えられている。発破音の低周波成分に関する影響に関しては、外国の事例で、苦情が発生し始めるのは音圧波形のピーク値で 100dB 程度と報告されている。当現場でも低周波成分に関して計測を開始したが、現時点では低周波騒音と関連付けられる要素が特定できないため、結局は振動レベルを下げることにとどまっている。

5. おわりに

今後とも、都市発破など、騒音、振動等を制御しなければならない発破が増えてくると思われる。電気雷管の発達等で、これらの対策に効果を発揮してきているが、まだまだ不十分であると思う。さらなる電気雷管の発達と、爆薬の工夫等も必要ではないかと思われ、また、静的破碎材の開発も望まれるところである。さらに、先述した低周波についても、理論を発展させ、その対策を早急にたてる必要があると思われる。