

有効孔数を考慮した発破振動管理手法に関する一研究

山口大学工学部 正会員 ○古川浩平
日本国土開発㈱ 正会員 宮地明彦
宇部市役所 西田重晴
山口大学工学部 正会員 中川浩二

1. まえがき

山岳におけるトンネル掘削は、発破によって行われることが多い。最近では、住居近くを通過するトンネルの施工が多く、厳しい制約条件下での制限発破が要求される。発破振動の予測式は、薬量 W と発振点から受振点までの距離 D とを用いた次の関係式が用いられている。

$$PPV = KW^a D^{-b} \quad (1)$$

ここに、 PPV は受振点の最大速度振幅、 K 、 a 、 b は定数である。薬量 W は、従来段当り薬量を用いており、雷管の秒時差のばらつきが考慮されていないため、予測値と実測値はかけはなれていることが多く、この式を用いるには問題が多いとされている。本研究は、実際の発破振動記録を基に、トンネル掘削における発破振動予測式において孔当り薬量を基本とした有効孔数を考慮した発破振動管理手法の有効性を検討するものである。本研究では、 a は $3/4$ 、 b は 2 を用い、 K 値については、発破毎の条件によって異なるため、その都度それ以前のデータを用いて K 値を決めている。本研究で用いた武田山トンネルの発破振動記録について、観測点で得られた鉛直方向の最大 PPV を縦軸に発破点と受振点との距離 D を横軸で表したものを図-1に示す。測定を始めて $D=249m$ までは、心抜きに DS 雷管の1段を、以降は DS 2段の雷管を初段に用いた。

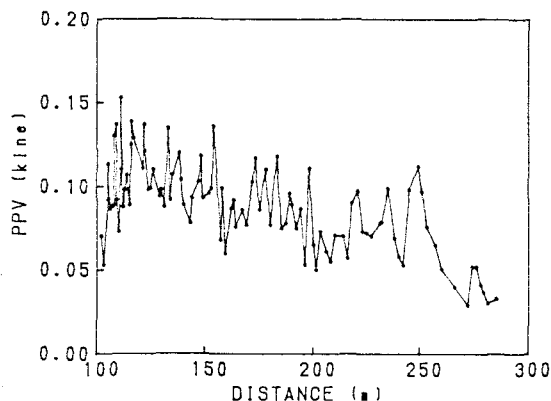


図-1 計測された速度振幅

2. 孔当りを基準とした有効薬量

式(1)の発破振動予測式において雷管の秒時差を考慮し、孔当りの薬量を基に佐々¹⁾の有効薬量についての概念を適用する。 i 段目の孔当り薬量、振動速度、有効孔数を、 W_{ki} 、 V_i 、 n_i とする。 DS 1段雷管では斉発と考えられるので、 $V_1 = AW_{D1}^a$ の関係が成立する。 i 段目では $V_i = A(n_i W_{ki})^a$ となる。よって、

$$n_i = (W_{D1}/W_{ki}) (V_i/V_1)^{1/a} \quad (2)$$

の関係が得られる。この概念を予測式に用いるには、予め n 値を決定しなければならない。そこで、武田山トンネルの DS 1段を初段とした発破のデータを用いて、縦軸に n 値、横軸に段数をとったものを図-2に示す。段が大きくなるにつれて n 値は幾分か低くなっているが、ほぼ定数と考えられる。そこで、 n 値は定数 1.3 として検討を行う。但し、 DS 1段の時のみ n は、その実孔数とする。

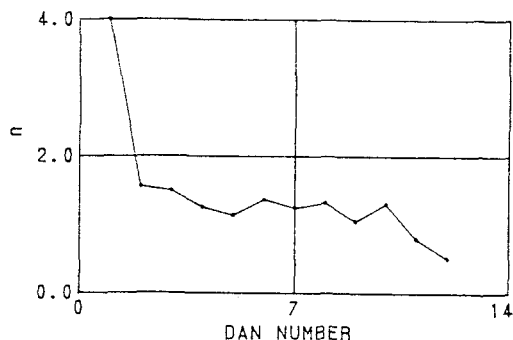


図-2 段数毎の n 値

PPVを図-1より距離による管理値とし、実際のK値、距離を用いて逆算した薬量Wを有効薬量と考えると、有効孔数 n で割ったものが実際にPPVに影響した孔薬量であるといえる。この薬量をcalとし、実際に発破に用いた孔薬量をrealとし、その比較を図-3に示す。横軸は距離Dである。(a)はcal(破線)とreal(実線)の薬量であり、(b)はreal/calを示している。(b)におけるreal/cal平均値は1.072,変動係数は0.321であり、平均値はほぼ1に近く、予測式としては精度の良いものと考えられる。

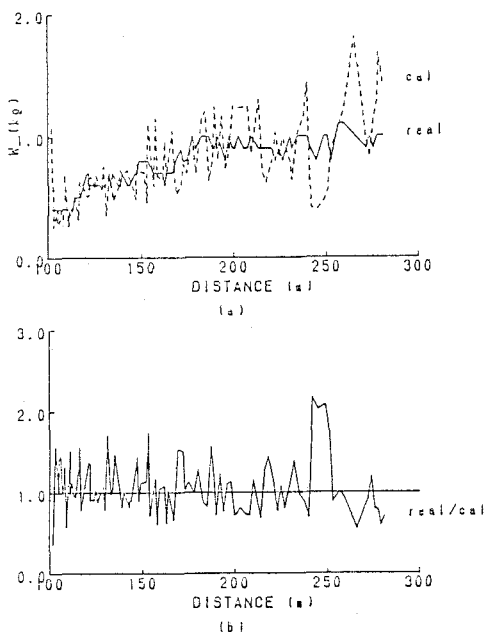


図-3 実薬量と計算薬量の比較

3. 西山トンネル施工時のデータによる検討

ここでは、DS1段、DS2段雷管を初段とした発破を交互に行った西山トンネル施工時のデータを用いて、 $n=1.3$ の妥当性検討を行う。図-4に、縦軸には実際のPPV、横軸には前回の最大PPVと有効薬量 nW によって求めたK値を用いて計算した有効薬量によるPPVをとった相関図を示す。データは振動予測の対象となる発破の進行方向より前方の測点での結果を用いている。相関係数は0.960と相関性は高く、 $n=1.3$ とした有効薬量を用いた発破振動予測式は精度の高いものといえる。

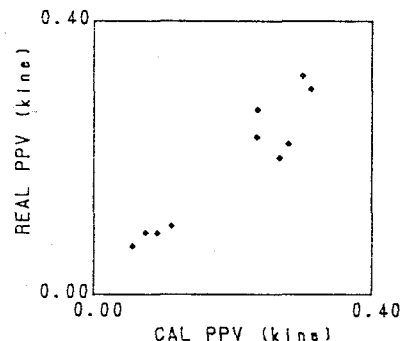


図-4 実測PPVと計算PPVの相関図

4. 雷管の秒時差を用いたシミュレーションによる $n=1.3$ の検討

さらに $n=1.3$ の検討として雷管の秒時差から検討を行う。方法は、A社のDS電気雷管秒時試験結果を正規分布と考え、乱数を用いて実孔数分標本を抜き取る。雷管が起爆する度に、100ms後に1/10となる振動波が発生すると考え、 $y = e^{-0.025t} (t:msec)$ なる振動波の包絡線モデルの重ね合わせの最大値が有効孔数と考えられる。これを各段毎に1000回計算した結果、その全体の平均値は1.38となった。この結果からも、雷管の秒時差のばらつきより有効孔数の概念が説明できるものと考えられる。

5. 結論

本研究は厳しい条件の下で制限発破が要求される場合に発破振動予測式の精度をいかに向上させるかを現場で測定したデータを基に論じたものである。孔当りを基準とした有効薬量の概念より、発破振動予測式に用いるために有効孔数 n を実際のデータから求めた結果、1.3程度の値を用いるのが実状に合うことがわかった。また、雷管の秒時差のシミュレーションから検討した結果についても有効孔数は1.38となり、ほぼこの程度の有効孔数を考えることの妥当性が示された。

以上より、発破振動予測式についての薬量は、有効孔数を1.3とした孔当りを基準とした有効薬量を考えることでより良い精度を持った発破振動予測式を決定できることが明らかになった。

参考文献

- 1) 佐々宏一：DS発破に起因する振動について、工業火薬協会昭和51年度年会講演要旨集，昭和51年