

VI-39

段発発破における発破回数と秒時差を考慮した振動レベルの推定

山口大学工学部 正会員 国松 直 山口大学工学部 正会員 中川浩二
山口大学工学部 正会員 三浦房紀 山口大学大学院 学生員 坂本匡規

1. はじめに 段発発破の振動レベルの推定式として筆者らは $VL_d = VL_s + \Delta VL$ （ここで、 VL_d は段発発破の振動レベル、 VL_s は単発発破の振動レベル、 ΔVL は段発発破を行うことによる振動レベルの増加量）という考えのもとに、ある秒時差（ T_i ）でお互いの振動波形が重畳することなく無限に発破が繰り返されるとした場合の2秒後の値を推定する式を提案した¹⁾。

しかし、実際には段発発破は無限に続くことはなく、ある数だけ起爆するのが通常である。段発発破が2秒以上続くような発破では先に提案した式を用いて振動レベルを推定しても問題はないが、段発発破の継続時間が2秒以下の場合には先の推定式を用いれば過大に評価することになる。

そこで、本研究では単発発破の加速度波形がある秒時差で繰り返されるとすることにより段発発破波形を作成し、その波形を用いて振動レベルを算出した。その結果を用いて段発発破の発破回数（ n ）と秒時差を考慮した振動レベルの推定式について検討を行った。

2. 重畳シミュレーションによる段発発破振動レベル 図1は間欠正弦波形を入力したときの振動レベルの時間的な変化を表したものであり、振動レベルが信号入力時には上昇、信号入力がない場合には下降を繰り返しながら前段の影響を受けて、徐々に上昇していることがわかる。継続時間が2秒近くではその上昇もほぼ一定値に落ち着くことから前回はその値の推定を行った。今回は砂質盛土地盤上で観測された6つの実振動加速度波形²⁾を用いて段発発破の秒時差と発破回数をパラメータとして計算を行い、その結果を整理した。秒時差は20～400（ms）の間で11個、発破回数は2、4、6、8、10の5個である。図2は縦軸に ΔVL 、横軸に（発破回数×秒時差）をとり、秒時差20（○印）、40（△印）、60（□印）（ms）の結果をプロットした結果である。いずれの秒時差においても（発破回数×秒時差）が大きくなるに従い ΔVL が増加していることがわかる。図中の実線はそれぞれの秒時差に対して2次曲線で回帰曲線を求めた結果である。（発破回数×秒時差）が小さい範囲において若干バラツキが大きいようであるが回帰曲線は ΔVL を約2 dB以下の誤差で評価しているといえる。図3は同様に秒時差が200（○印）、300（△印）、400（□印）（ms）の結果である。図2に比べて ΔVL の値がかなり小さいことがわかる。また、図2において秒時差60 msの場合の ΔVL が秒時差40 msの場合の ΔVL より大きくなるという結果が得られているが、図3では秒時差が大きくなるのに伴い ΔVL は小さくなっている。この原因として、図2の秒時差の領域では重畳シミュレーションによって作成されたシミュレーション波形は単発発破の波形がそれぞれ重畳し合った結果として得られるため複雑な波形となる。また波形の周波数特性もその重畳結果に影響を及ぼす。しかし、図3の秒時差の領域では単発発破の波形がお互いに重畳し合うことはなく、秒時差の影響のみにより ΔVL は変化することによると考えられる。

3. 段発発破の振動レベルの推定式の検討 図2、3において（ $n \times T_i$ ）と ΔVL の関係について2次曲線で回帰を行った。その回帰式は次式で表現される。

$$(\Delta VL)^2 = A \times (n \times T_i) \quad (1)$$

図4は式（1）の係数Aを縦軸、横軸に秒時差をとり両対数上にプロットした結果である。図中の○、●印が砂質盛土

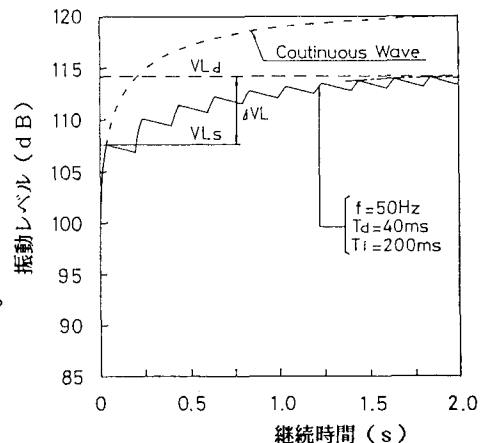


図1 間欠正弦波形入力に対する振動レベルシミュレーション結果

地盤の記録を用いて得られた結果であり、□、■印は岩盤上で記録された波形³⁾による結果である。また、黒塗りの記号は単発発破の振動波形の継続時間⁴⁾より秒時差が短い場合を表している。この図より振動波形の継続時間より秒時差が長い場合の○および□の係数Aはほぼ等しく両対数目盛上で直線近似が可能なのである。そこで、○と□の値(13個)を用いて直線回帰を行った。その結果次式が得られた。

$$\log(\text{式(1)の係数A}) = -1.42 \cdot \log(Ti) + 1.64 \quad (2)$$

図中の破線は上式を用いて表した線である。振動波形が重畳しない領域(○、□)においてはバラツキが少なく正確に式(1)の係数Aを評価しているといえる。振動波形が重畳する領域(●、■)においてはバラツキが大きく評価が困難である。この領域については別途検討を要する問題である。式(1)と式(2)より発破回数と秒時差を考慮した推定式として次式が得られる。

$$(\Delta VL)^2 = 10^{-1.42 \log(Ti) + 1.64} \cdot (n \times Ti) \quad (3)$$

上式を使用すれば、発破回数(n)と秒時差(Ti)を代入するだけで単発発破の振動レベルからの増加量 ΔVL を算出することができる。(n×Ti)が2秒を越えるような場合には先に提案した式を使用してもほぼ同様の推定値が得られる。

4. まとめ 段発発破の振動レベルに対して単発発破振動レベルからの増加量を発破回数と秒時差の関係で表すことを試みた。その結果、レベルの増加量と(発破回数×秒時差)の間にはほぼ2次曲線で表せる関係があること、またその2次曲線の係数と秒時差との間にも波形が重畳しない範囲においては両対数上で直線近似できることから、それらの関係を用いてレベルの増加量の推定式を提案した。今後は今回提案した推定式の妥当性について実験的に確かめて行く予定である。最後に本研究の計算に協力をして頂いた卒業生の本田剛志君に謝意を表します。

参考文献 1) 国松ら：土木学会論文集、第367号/VI-4、1986.3、2) 国松ら：第18回岩盤力学に関するシンポジウム講演論文集、1986.2、3) 国松ら：山口大学工学部研究報告、第35巻、第1号、1984、4) Vanmarcke et al:BSSA, Vol.70, No.4, 1980

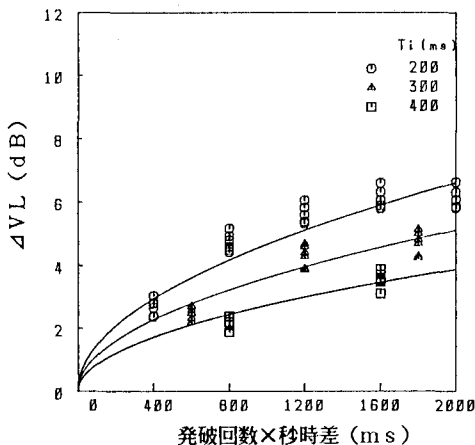


図3 ΔVL と(発破回数×秒時差)との関係
($Ti=200, 300, 400\text{ms}$)

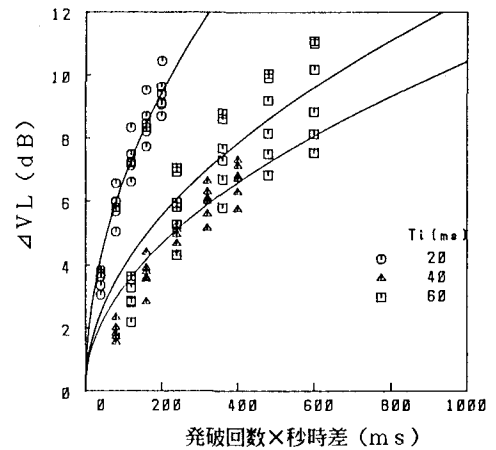


図2 ΔVL と(発破回数×秒時差)との関係
($Ti=20, 40, 60\text{ms}$)

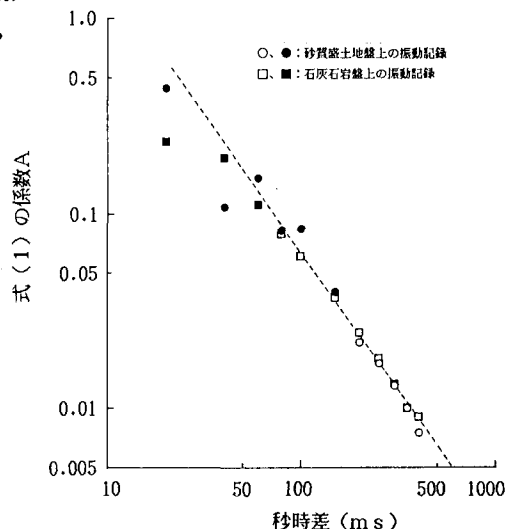


図4 式(1)の係数と秒時差との関係