

VII-266

住民感覚に及ぼす発破振動影響の評価尺度に関する一考察

(株)大林組 正 員○橋爪正博 山口大学工学部 正 員 古川浩平
(株)青木建設 正 員 塩月隆久 山口大学工学部 正 員 中川浩二

1. はじめに 市街地近郊でのトンネル工事、宅地造成工事等の建設工事において、発破工法を用いる場合、発破による振動が住民感覚に及ぼす影響を合理的に評価する必要がある。一般に、発破振動の評価尺度として、振動の最大速度振幅(PPV)か振動レベル(VL)が用いられる。しかしながら、発破振動はその特殊性から振動規制法の対象とされず、明確な評価基準が存在していないのが現状である。本研究では、発破振動値が有するばらつきを考慮した重畳シミュレーションを用いて発破振動を創出し、発破振動の評価尺度である PPV_{max} および VL_{max} の特性を明らかにする。そして、その特性を基に、環境問題として捉えた場合の、管理側から見た発破振動の評価尺度に関して検討を行う。

2. 発破振動を創出する重畳シミュレーション これまで筆者らは、発破振動の分布にかかわる個々の要因を抽出し、それらの中で発破源の荷の重さ・軽さで表現される発破破砕効果の違いによる要因を捉え、そして、その要因により影響を受けた速度振幅のばらつき、速度波形パターンの違いを明らかにしてきた。また、宮地ら¹⁾が明らかにした雷管の起爆秒時誤差を加えて、それらが発破振動全体のばらつきに及ぼす影響の度合いを重畳シミュレーションにより明らかにすることを試みている²⁾。

本研究において、任意の発破による振動波形を創出する重畳シミュレーションは、筆者らがこれまで検討を行ってきた重畳シミュレーション²⁾と同様である。即ち、任意の発破に対して、発破振動を管理する立場から見た管理パラメータである、1)段当たり孔数(N)、2)使用段数(I)を設けている。また発破振動の大きさの分布に影響を及ぼす要因として、筆者らがその影響を明らかにした、3)雷管の起爆秒時誤差、4)速度振幅ばらつき、5)速度波形パターンの違いを考慮している。尚シミュレーション回数は1000回である。

発破振動の評価尺度である PPV_{max} は、創出した一回の発破における段発破振動速度波形の各段の最大速度振幅のPPVの最大値を PPV_{max} としている。また振動レベル記録は、同様のシミュレーションにより段発破振動加速度波形を創出し、この加速度波形を振動レベル記録に変換し、記録値の最大値をもって、振動レベルでの評価尺度 VL_{max} を得ている。

3. トンネル掘進発破を対象とした発破振動速度、振動レベルの特性の把握 対象とした発破パターンを表-1に示す。これらの発破パターンは、実際のトンネル現場において採用されたものであり、全孔数は、パターン03で異なるが、他は110～130孔程度でほぼ等しい。実施工では、初段の雷管は瞬発雷管DS1が用いられている。尚、シミュレーションにあたり、1孔あたりから生じる発破振動の最大速度振幅の平均値 $PPV(1, \mu) = 0.02(\text{kine})$ としている。また孔当たりの薬量、各孔に対するK値は孔配置にかかわらず便宜上すべて同一として扱うこととする。

表-1 シミュレーション対象発破パターン

発破 パターン	段当たり孔数\段番号															全孔数 (孔)
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
パターン01	6	8	7	7	7	8	8	6	6	8	14	25	7	7	2	126
パターン02	4	5	5	7	8	7	6	16	15	10	7	9	7	4	2	112
パターン03	6	13	13	13	14	12	11	10	12	13	15	15	15	14	4	180
パターン04	4	6	14	8	8	14	16	19	17	16	10	2				134
パターン05	6	8	4	13	13	8	14	32	33	2						133
パターン06	6	6	6	11	10	16	19	22	37	2						135

(a) 発破パターンと発破振動速度 PPV_{max} 各パターンによる発破振動速度を、1孔あたりから生じる発破の平均的な最大速度振幅 $PPV(1, \mu) = 0.02(\text{kine})$ で除した値を考え、これを重畳孔数と呼び、次式で定義する。

$$n_{max} = \text{創出した発破の振動速度 } PPV_{max} / PPV(1, \mu) \quad (1)$$

これは、N孔を同段で発破したとき、そのうちのn孔分の速度波形が重畳したとする考え方である。

図-1に、各パターンにおける重畳孔数 n_{max} の分布をヒストグラムで示す。各パターンとも重畳孔数にして約2孔程度のばらつきを有しているが、その分布は、初段6孔のパターン01,03,05,06と初段4孔のパターン02,04とで明らかに異なっている。図中に重畳孔数 n_{max} の平均値 μ と標準偏差 σ を示す。これより初段6孔の場合、 $n_{max}(\mu) = 5.17 \sim 5.40(\text{孔})$ であるのに対して、初段4孔の場合、 $n_{max}(\mu) = 3.82 \sim 4.13(\text{孔})$ である。瞬発雷管DS1を用いた多数孔の発破の場合、各孔から生じる振動の起爆秒時はほぼ一致するため、その発破による振動の最大速度

振幅は段当たり孔数の影響を大きく受ける。シミュレーション結果からも初段に瞬発雷管DS1を用いていることから、初段の段当たり孔数が発破振動速度 PPV_{max} に大きく影響を及ぼしていることが見出される。

(b) 発破パターンの発破振動レベル VL_{max}

図-2に、各パターンにおける VL_{max} の分布をヒストグラムで示す。これによると、パターン01,02がほぼ59～60(dB)、パター

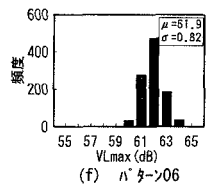
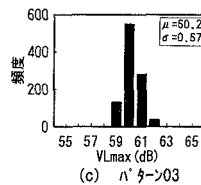
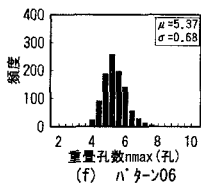
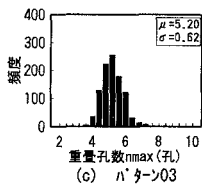
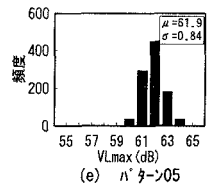
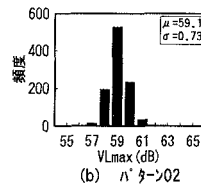
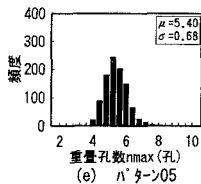
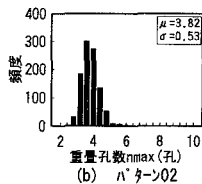
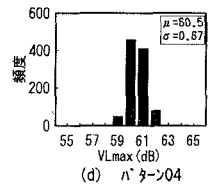
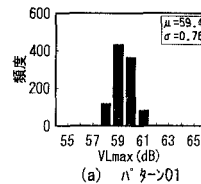
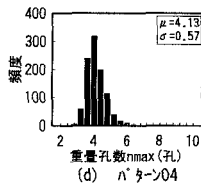
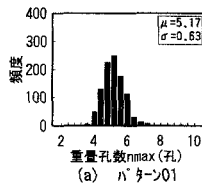


図-1 各パターンにおける重畳孔数 n_{max} の分布

図-2 各パターンにおける発破振動レベル VL_{max} の分布

ン03,04が60～61(dB)、パターン05,06が61～63(dB)である。パターン05,06を除くと、発破パターンが全く異なるにもかかわらず、その振動レベル VL_{max} は、ほぼ59～61(dB)の範囲内にあることが分かる。パターン05,06の場合、その発破パターンは8,9段目に全孔数の約半分である65孔、59孔を集中して起爆しており、このことにより VL_{max} がやや高い分布域を示したものである。段発破による発破振動レベル VL_{max} は、初段からの振動のデシベル和をとっていくことから、全孔数が比較的等しい場合は、特異な発破パターンを除いて VL_{max} は発破パターンによらずほぼ同じになることが見出される。

(c) 発破振動の重畳に対する評価 発破振動の場合、定常振動と異なり、発破にかかわる要因により重畳し、非常に大きな振幅のピークを持つ振動を生じることがある。このような重畳による影響がどの程度か、1000回シミュレーションの最大値(MAX)と最小値(MIN)を用いて検討する。

表-2に、各発破パターンにおける重畳孔数 n_{max} および発破振動レベル VL_{max} のシミュレーション最大値(MAX)と最小値(MIN)を示す。重畳孔数について見てみると、シミュレーションの最大値と最小値の比は、 $n_{max}(MAX)/n_{max}(MIN)=2.2\sim 2.7$ 倍である。つまり、発破の荷の重さ・軽さ、雷管の起爆秒時誤差に起因して PPV_{max} の値が2.2～2.7倍程度変化することが見出される。これに対して、振動レベルについて見ると、シミュレーションの最大値と最小値のレベル差 $VL_{max}(MAX)-VL_{max}(MIN)=3.9\sim 5.1$ (dB)である。特に各段の段当たり孔数がほぼ等しいパターン03,04では、約4(dB)程度であることが見出される。

表-2 シミュレーションによる最大値(MAX)と最小値(MIN)の検討

発破 パターン	重畳孔数 n_{max}			発破振動レベル VL_{max}		
	$n_{max}(MAX)$ (FL)	$n_{max}(MIN)$ (FL)	$n_{max}(MAX)/n_{max}(MIN)$	$VL_{max}(MAX)$ (dB)	$VL_{max}(MIN)$ (dB)	$VL_{max}(MAX)-VL_{max}(MIN)$ (dB)
パターン01	7.29	3.14	2.32	61.8	57.3	4.4
パターン02	6.60	2.45	2.69	61.4	56.6	4.8
パターン03	7.29	3.36	2.17	62.4	58.5	3.9
パターン04	6.68	2.73	2.45	62.6	58.7	3.9
パターン05	9.19	3.76	2.44	64.6	59.6	5.0
パターン06	9.42	3.80	2.48	64.6	59.5	5.1

4. まとめ 以上、発破振動の評価尺度である PPV_{max} 、 VL_{max} の特性を検討してきた。これより発破振動レベル VL_{max} を管理値として用いることにより、その数値の変動のもつ心理的な影響も含めて発破パターンおよび発破にかかわる要因の影響に左右されにくく、比較的一定な発破振動となり発破振動管理が容易であると考察される。

参考文献 1) 宮地明彦, 古川浩平, 吉川和行, 中川浩二: 重畳孔数の考え方に基づくトンネル掘進発破振動の評価について, 土木学会論文集, No.480/VI-21, pp.53～62, 1993年12月。 2) 塩月隆久, 橋爪正博, 古川浩平, 中川浩二: 発破振動のばらつき要因分析とこれを考慮した重畳シミュレーションによる振動評価, 土木学会論文集, No.518/VI, 1996年3月掲載予定