

電子遅延式雷管による発破振動と騒音の影響低減効果

牧野 清*
Kiyoshi Makino

戸松 征夫*
Yukio Tomatsu

小野 利昭**
Toshiaki Ono

表-1 試験発破の発破特性

発破No.	使用雷管種類	装薬量	段数
1	DS電気雷管	120kg	13
2	電子遅延式雷管	113	167
3	DS電気雷管	112	13
4	電子遅延式雷管	117	167
5	DS電気雷管	121	13
6	電子遅延式雷管	121	167

トンネル坑内は●印で示す3点で切羽から100m, 126m, 164mの地点に振動計を設置した。坑口の外にP-1地点, 川を挟んだ約150mの所にP-2地点があり, ここでは振動レベル, 騒音レベルと, 低周波音レベルを測定した。

1. はじめに

トンネルの発破工法において, 周辺環境への影響を考慮することが求められている。当該トンネルも坑口付近に民家が立地し, 発破による住居への影響が懸念された。

そこで, 電子遅延式雷管を用いて試験発破を実施した。電子遅延式雷管(EDD)は高精度に起爆秒時を設定可能にするもので, 1孔1段で起爆して同時斉装薬量を減らすことができる¹⁾。本報告では, 電子遅延式雷管による振動・騒音の実測結果から, 影響低減効果について報告する。

2. 試験発破の測定概要

試験発破を実施したトンネルの周辺地質は, 主にジュラ紀に堆積して固結度の極めて高い硬砂岩やチャートからなる²⁾。試験発破時の切羽面は坑口から約250mの位置にあり, 岩区分はC₁等級である。試験発破ではDS電気雷管の他に電子遅延式雷管を用いて発破を行った。試験発破の発破特性を表-1に示す。いずれもほぼ同量の装薬量であり, 含水爆薬(サンベックス)を使用した。

図-1は, 試験発破時の切羽と測定器の位置を示す。

3. トンネル坑内の振動波形の特徴

トンネル坑内で測定された振動速度の最大値を, 電子遅延式雷管とDS電気雷管に分けて表-2に示す。表-2の下欄には各平均値と両者の平均比率を示す。平均比率でみれば, 電子遅延式雷管はDS電気雷管に比べ, 振動速度が約半分になることが認められる。

坑内で収録した波形記録例を図-2に示す。上がDS電気雷管(発破No.3), 下が電子遅延式雷管(発破No.2)の波形であり, いずれも100m地点の10秒間の記録である。これらの波形を対比して分析すると, 次の振動特性が明らかとなる。

(1) 電子遅延式雷管による振動は, DS電気雷管と比べて, 振動の初動部分での減少が顕著である。

表-2 発破振動速度の坑内測定結果一覧(単位: cm/sec)

雷管種類	DS電気雷管(DS)			電子遅延雷管(EDD)			
	距離	100m	126m	164m	100m	126m	164m
発破No.	1,2	-	-	-	0.073	0.096	0.021
	3,4	0.090	0.161	0.058	0.121	0.114	0.021
	5,6	0.364	0.163	-	0.097	0.056	-
平均	0.227	0.162	0.058	0.097	0.087	0.021	
EDD/DS				0.43	0.54	0.36	

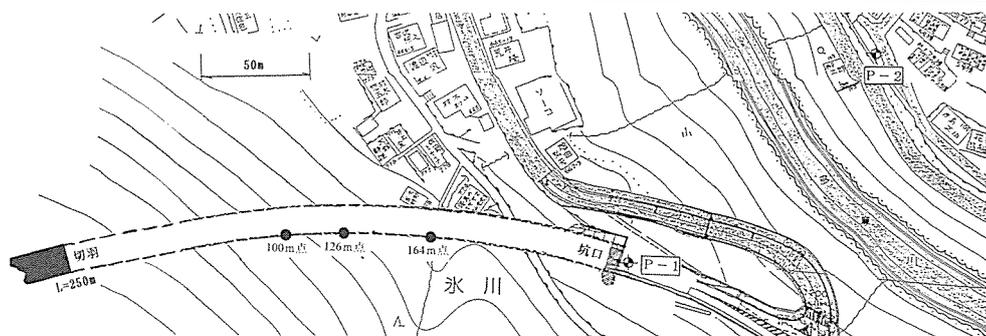


図-1 トンネル切羽と測定点の位置

*技術研究所環境研究課

**関東(支)東電神流川(出)

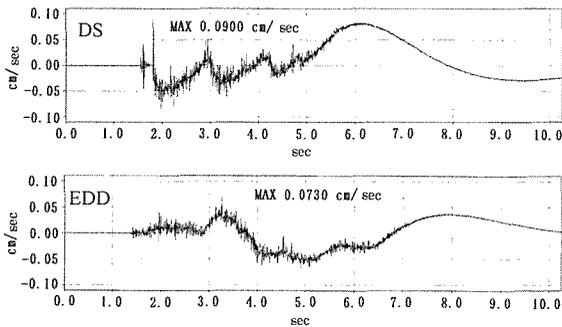


図-2 発破振動の波形記録例

- (2) 振動速度の最大値は、電子遅延式雷管でDS電気雷管の1/2程度に減少する。
- (3) 初動の後に低周波成分の振動が現れる。高周波と分離すると、これはトンネル内の空気振動である。

4. トンネル周辺での影響調査

トンネル坑口および河川対岸にて測定された振動レベル、騒音レベル、低周波音レベルの測定結果をまとめて表-3に示す。電子遅延式雷管の使用による効果は、表-3の平均値から振動レベルで7~8dB、低周波音レベルで6~7dBの軽減が見られる。騒音レベルは、坑口のP-1地点で10dBの差が見られるが、対岸のP-2地点では、差が明瞭に出なかった。発破音が小さく、周辺の交通騒音が大きかったことが影響している。

図-3には、P-1地点における振動レベル、騒音レベル

表-3 トンネル周辺の測定結果一覧(単位: dB)

測定点	発破No.	振動レベル		騒音レベル		低周波音レベル	
		DS	EDD	DS	EDD	DS	EDD
P-1	1,2	49	35	105	93	133	126
	3,4	41	39	101	95	132	126
	5,6	41	35	100	91	130	124
	平均	45	37	103	93	132	125
P-2	1,2	-	30	-	-	-	90
	3,4	37	28	61	60	97	91
	5,6	37	31	62	60	96	-
	平均	37	30	62	60	97	91

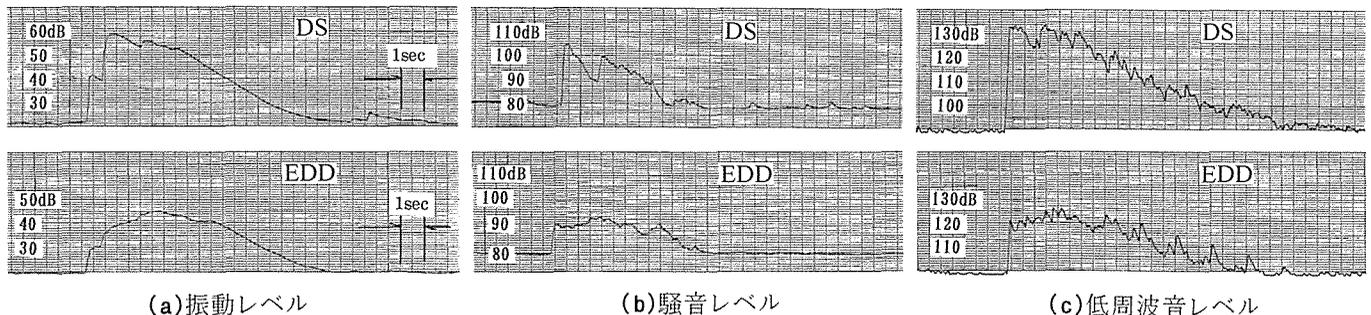


図-3 発破による各種レベルの時間変化比較

ル、低周波音レベルの時間変化をDS電気雷管(発破No.1)と電子遅延式雷管(発破No.2)とで比較して示す。DS電気雷管を使用した発破(グラフ上側)では、いずれも初動部分でレベルが鋭く大きく立ち上がり、最大レベルに達して徐々に小さくなる。他方、電子遅延式雷管の場合(グラフ下側)は鋭く立ち上がった後、変動の小さい状態が一定時間続く。後者の最大レベルは相対的に小さく、継続時間は少し長い。

5. おわりに

電子遅延式雷管による試験発破を行い、トンネル坑内とその周辺で振動・騒音・低周波音を測定した。トンネル坑内での波形記録から、電子遅延式雷管による振動エネルギーの分散効果が認められた。

トンネル坑口周辺での測定結果では、従来発破に比べ振動レベルで7~8dB、低周波音レベルで6~7dB、騒音レベルは場所によって10dBの低減効果が確認された。これらの低減効果は、トンネル坑内における振動波形の分析結果と整合性がある。

電子遅延式雷管は、コストが多少高くなる欠点はあるものの、厳しい周辺環境の中で発破作業を行うためには、有効な選択肢の1つとなる。さらに、施工性についても大きな問題はなく、通常発破と同程度のサイクルタイムで実施できることを確認した。

本試験発破は旭化成(株)の支援を得て行いました。記して謝意を表します。

参考文献

- 小野利昭, 牧野清, 緒方雅幸: 電子遅延雷管によるトンネル制御発破試験, 第22回日本道路会議, 一般論文集(B), pp.152-153, 1997
- 戸松征夫, 牧野清, 大道将史, 小野利昭: 電子遅延雷管を用いたトンネル発破振動の波形的特徴, 土木学会第53回年次学術講演会, 第VI部門, pp.288-289, 1998