

VI-144

電子遅延雷管を用いたトンネル発破振動の波形的特徴

西松建設技術研究所	正会員	戸松	征夫
同上	正会員	牧野	清
同上		大道	将史
西松建設		小野	利昭

1. はじめに

トンネル発破工法において周辺環境への振動・騒音の影響を低減する目的で、電子遅延雷管を用いることの可能性が指摘されている。電子遅延雷管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発薬量を減らし、振動エネルギーの分散をはかる方法である¹⁾。

本報告では、電子遅延雷管を使用した時、および通常のDS電気雷管を使用した時のトンネル坑内での振動波形を測定し、両者の波形を比較して報告する。

2. 試験発破の測定概要

試験発破の対象としたトンネルの周辺地質は、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と、これよりもやや脆弱な頁岩と粘板岩などからなっている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、削孔長は1.7mである。振動計の測定点配置を図1に示す。振動計は切羽から100m、126m、164mの各地点のトンネル内側壁上に設置した。測定した振動の方向は上下方向である。

表1 振動速度測定した発破特性

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

試験発破では電子遅延雷管およびDS電気雷管を用いた発破の発生振動を比較した。使用爆薬は含水爆薬（サンベックス）であり、5回の試験発破の特性を表1に示す。発破装薬量はいずれの発破もほぼ同量である。

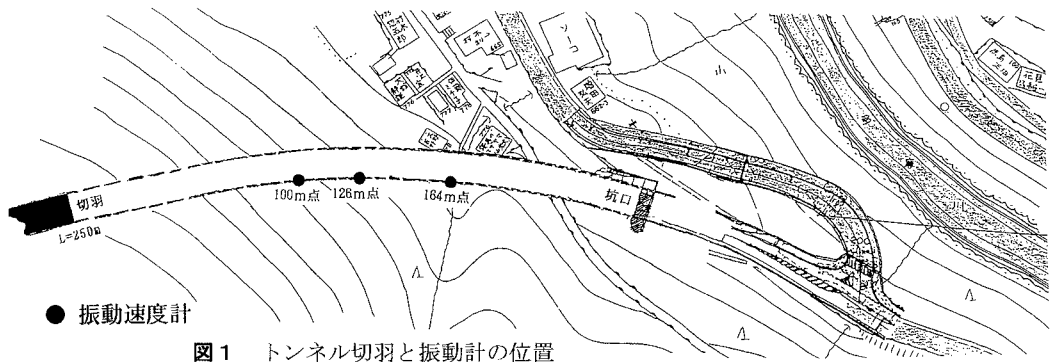


図1 トンネル切羽と振動計の位置

3. 測定結果

3-1. 発破振動の最大値

測定結果を電子遅延雷管とDS電気雷管に分け、振動速度の最大値を表2に示す。なお、164m測点では4回目と5回目の発破記録を得られなかった。表2の下欄には電子遅延雷管とDS電気雷管の平均値、および両者の平均値の比率を示す。

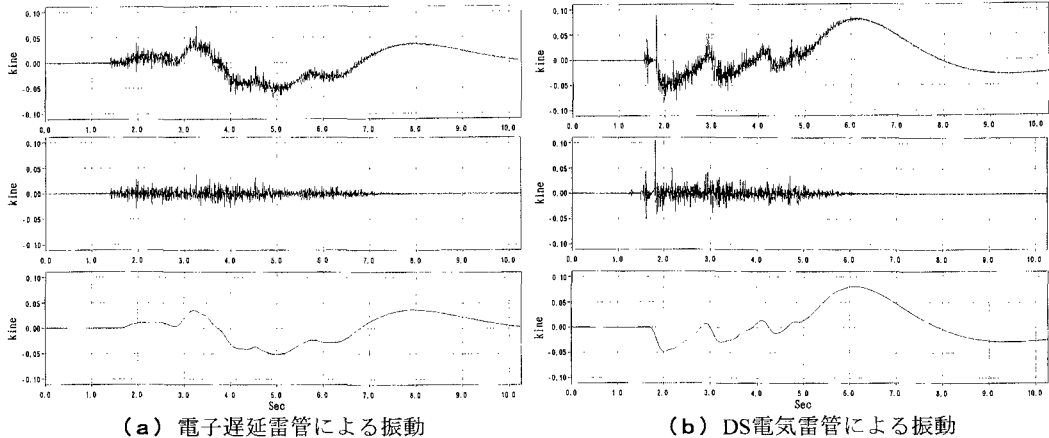
同じ雷管を使っても発破ごとに発生振動は大きく違ったり、100m地点と126m地点の大小関係が距離減衰傾向から逆転した記録もある。このような発生振動のばらつきや距離によるばらつきを考慮しても、測定の平均値でみると、雷管の違いにより約2倍の発生振動の差違が明らかに認められる。

3-2. 振動速度波形の特徴

収録した発破振動の波形記録例を図2に示す。左側が電子遅延雷管（発破No.1）、右側がDS電気雷管（発破No.2）であり、いずれも100m地点の10秒間の記録を対比している。左右の各3本は、上から測定波形、3.1Hz以上の高周波成分の波形、低周波成分の波形である。観測波形は高周波成分と低周波成分が合わさっている。

表2 発破振動速度の坑内測定結果一覧(単位:kine)

雷管種		電子遅延雷管			D S 電気雷管		
距 離		100m	126m	164m	100m	126m	164m
発破 No	1 2	0.073	0.096	0.021	0.090	0.161	0.058
	3 4	0.121	0.114	0.021	0.364	0.163	—
	5	0.097	0.056	—			
平 均		0.097	0.087	0.021	0.227	0.162	0.058
DS/電子		2.34	1.86	2.76			



(a) 電子遅延雷管による振動

(b) DS電気雷管による振動

図2 発破振動の速度波形記録例

他の発破や測定点の記録と併せると、発破振動は発破ごとに差はあるものの、次の特徴が把握される。

- (1) 測定波形で振動の最大値は、電子遅延雷管の場合は初動から2秒程後に現れるケースが多いが、DS電気雷管ではほぼ初動で現れる。それらは1～2波のシャープな孤立波で形成される。
- (2) 高周波振動の主要な長さは、電子遅延雷管で約6秒間あり、DS電気雷管の約5秒間と比べやや長い。
- (3) 低周波振動は、初動から遅れて到達し、電子遅延雷管ではDS電気雷管よりやや小さな振動速度となる。

なお、参考のために、発破振動波形の主要部分をフーリエスペクトル分析したが、雷管の電子遅延雷管とDS電気雷管の違いによる明瞭な相違は把握されなかった。

4. おわりに

トンネル坑内において発破振動波形を記録した。波形記録は、電子遅延雷管とDS電気雷管による振動の相違を直接的に比較できるのが特徴である。分析により次の振動特性が明らかとなった。

- (1) 電子遅延雷管とDS電気雷管で振動初動に相違があり、前者で初段の振動が顕著に減少する。
- (2) 振動速度の最大値は、電子遅延雷管でDS電気雷管の1/2程度に減少する。
- (3) 振動の継続時間は、電子遅延雷管でDS電気雷管に比べ1.2倍程度長くなる。

測定した発破事例数は少ないが、電子遅延雷管には振動エネルギーの分散効果が認められる。これらの振動特性は、トンネルの周辺における振動影響や、騒音影響の低減につながる事が推定される。他方、トンネル外周辺で同時に実施した振動レベルや騒音レベルの実測結果²⁾は、今回の分析結果と整合性があり、この推定を支持する1つの事例として挙げられる。

本試験発破は旭化成(株)の支援の基に行いました。記して謝意を表します。

参考文献

- 1) 田中義晴、平田篤夫、寺本勝三他：EDDを用いた心抜き発破実験に関する考察、第24回岩盤力学に関するシンポジウム、土木学会、390-394、1992
- 2) 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)、日本道路協会、152-153、1997