

神戸大学工学部 正 桜井春輔 同大学院 学〇高谷富也
神戸大学工学部 正 清水則一 同工学部 正 北村泰寿

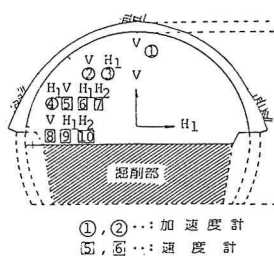
1. まえがき

上部半断面先進掘削工法の施工過程において、大背部掘削に使用する発破はトンネル上半覆工に対して安全に実施されているが、発破による上半覆工の振動性状を数量的に評価した例は見あたらない。本文は、発破によるトンネル上半覆工の振動性状を数量的に明らかにするとともに、近接発破による既存構造物の発破管理のためのデータ収集を目的として、大背部発破による上半覆工の振動速度、加速度および大背部地盤の振動速度の測定を行なった。

2. 測定現場の概要および測定方法

測定を実施したトンネルの土かぶり厚は約 200m で、現場は新鮮な花崗閃緑岩からなり、弾性波速度は約 4.7km/sec である。換振器は動電型速度計 (Geo Space 社製、固有振動数 4.5Hz & 8Hz) およびひずみゲージ式加速度計 (共和電業 (株) 社製、AS-50B) を使用した。トンネル断面および換振器の取り付け位置はそれぞれ図-1

および図-2 に示すとおりである。さらに、写真-1 に覆工の速度計および加速度計の取り付け状況を示す。換振器の取り付けには、設置共振の問題点を考慮して脚付き特殊金具を用い、取り付け金具は覆工および大背部地盤にモルタルで固着させた。



①, ②... 加速度計
④, ⑤... 速度計

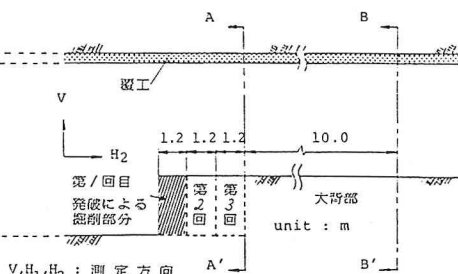


図-2 換振器の取り付け位置

第1回目の発破については、断面 AA' において上半覆工および大背部地盤の振動の同時測定を行なったが、第2回目および第3回目の発破については、図-2 に示す測定成分のうち速度計のみを断面 BB' に移動した。図-3 は大背部の標準発破パターンを示したもので、発破諸元は表-1 に示す。なお、穿孔長は 1.2m、各段は 2 穿孔、1 孔当りの薬量は 0.3kg (段当りの薬量 0.6kg) である。

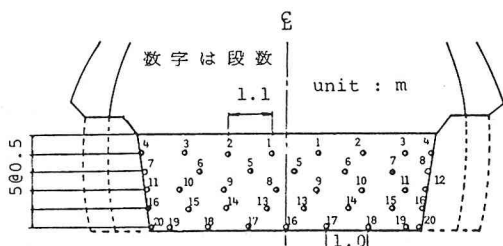


図-3 大背部標準発破パターン

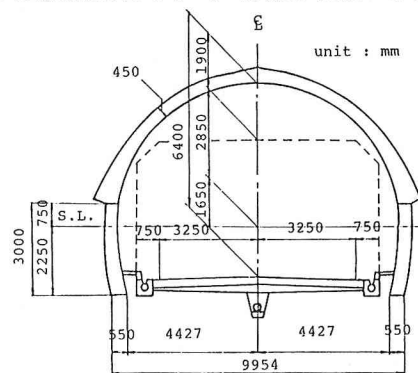


図-1 トンネル断面 (完成時)

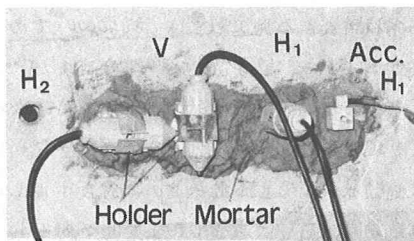


写真-1 換振器の取り付け状況

表-1 発破諸元

爆薬	2号槓 0.1kg + スラリ- 0.2kg
電気雷管	DS 1~20 段
断面積	18.4 m ²
岩質	花崗閃緑岩 (Ch~B 級)
破砕量	22.08 m ³
穿孔数	40 孔
爆薬使用量	12.0 kg

3. 測定結果と考察

発破各段に対応する波群中の最大振幅（振動速度および加速度）を読み取り、以下の3項目について測定結果の整理と考察を行なった。なお、本文は紙面の都合上、第1回目の発破に対する結果のみを図示し、第2回目と第3回目の発破の結果については全段における最大値のみを表-2に示す。

(1) 覆工および大背部地盤の振動速度について

図-4に断面AA'における覆工および地盤の振動速度（測定成分⑤～⑦および⑧～⑩）を示す。発破点より、約2.4mの断面AA'では覆工速度は地盤速度に比べて極めて小さくなっており、ピークを示す段数も異なっている。一方、BB'断面では、表-2より両者の速度差は小さくなる傾向にあり、またピーク位置もほぼ一致している。これより、発破点付近では覆工と地盤は異なる振動をするが、発破点より遠ざかるにつれて両者は一体となって振動する傾向にあると考えられる。また、発破点付近では地盤速度が大きいにもかかわらず、覆工速度が小さくなっているのは上半覆工に損傷を与えることなく安全に発破が実施されている事実を説明するものであろう。なお、速度計⑧の最大値が20kine程度になっているが、これについては速度計の応答の直線性の面から多少問題はあろう。

(2) 覆工加速度について

図-5に示す覆工加速度において、覆工下端のトンネル半径方向成分④が最も大きく、天端の上下方向成分①が最も小さい値を示している。第2回と第3回目の発破についても同様の結果が得られている。これは、発破孔からの距離減衰に起因しているものと考えられる。また、加速度のピークは、第2、3回の結果も含めて、ほぼ第3、4、7、11、15、18、20段に現われている。これらは図-3の発破パターンより大背部周辺の爆破と関係が深いことを示している。

(3) 発破の周波数について

図-6は覆工下端の加速度④と速度⑥の同時測定結果を比較したもので、両者はよく対応していることがわかる。また、同図に両者の値より計算した周波数を示すが、この周波数は観測波形から読み取られる周波数よりは多少小さいようである。

最後に、実験の実施にあたり種々の便宜をはかって頂いた神戸市道路公社および大成建設（株）の関係各位に深く感謝致します。

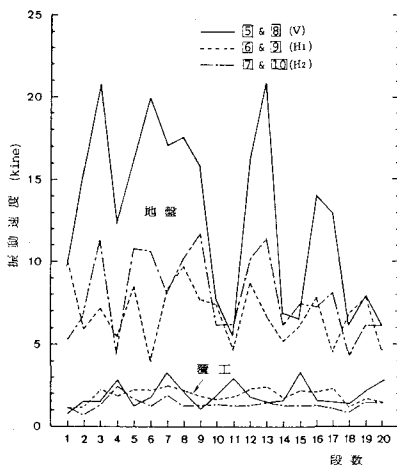


図-4 地盤速度と覆工加速度

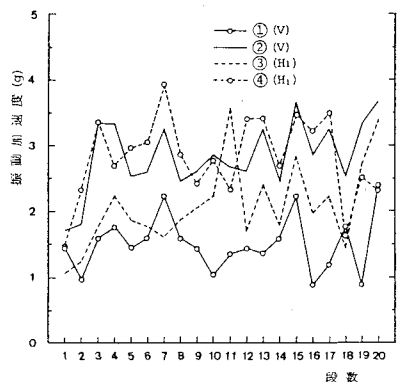


図-5 覆工加速度

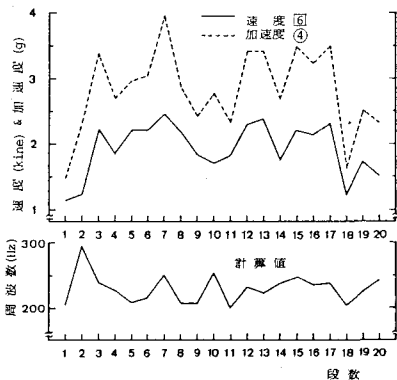


図-6 覆工速度・加速度および周波数

表-2 各発破の最大振動値の比較

	振 動 速 度 (kine)						覆工と地盤の比較			振動加速度 (g)			
測定位置	覆 工			地 盤			V ⑤	H ⑥	H ⑦	覆 工			
測定成分	V ⑤	H ⑥	H ⑦	V ⑧	H ⑧	H ⑩	V ⑧	H ⑨	H ⑩	V ①	V ②	H ③	H ④
第1発破	3.32	2.46	2.45	20.92	10.13	11.44	0.16	0.24	0.21	2.39	3.67	3.57	3.97
第2発破	1.53	0.87	1.47	1.59	2.83	3.86	0.96	0.31	0.38	2.66	4.97	3.25	7.69
第3発破	1.94	0.97	1.54	3.74	4.78	5.46	0.52	0.20	0.28	3.37	9.22	4.30	7.87