

III-31 トンネル掘削時の発破振動減衰特性

西松建設株式会社 正会員○平田 篤夫
西松建設株式会社 正会員 千葉 了

1. はじめに

近年、既設構造物の近傍で発破による掘削作業を行う機会が多くなってきた。これまでは、発破による影響が必ずしも明かでないので、次式のような経験的に求められた式を用いて、十分安全と考えられる距離を確保した比較的高い安全率を持つ発破設計が行われてきた。

$$V = KW^m D^{-n}$$

ここで、V：振動速度(kine)、K：発破係数(50 - 600)、W：装薬量(kg)、D：距離(m)、 $m=0.6 - 1.0$ 、 $n=2$ 程度

ところで、振動特性は地盤や岩盤の状況に大きく左右されるため、上記の式で精度よくこれを推定することは困難な場合が多い。

そこで、発破振動の基本的性質を把握する目的で、トンネル掘削にともなう発破振動の計測を行って、発破振動の減衰特性について検討した。

2. 計測概要

図1に示すように坑口から21mの位置の、地表と地表から38m下の地中にそれぞれ3成分の速度型のピックアップを設置した。

地表(1,2,3ch)と地中(4,5,6ch)のピックアップはほぼ同一の特性を有し、トンネル軸を21°時計回りに回転した水平方向を1,4ch、1,4chに直交方向を2,5ch、上下方向を3,6chの成分とする。

なお、計測機器の総合周波数特性は、15Hz から 500Hz までほぼ平坦な特性をもつ。

また、対象とする地域は、地表から10m 程度までは崖錐堆積物、その下は比較的硬質の安山岩を主とする火成岩によって構成されている。地中ピックアップの設置位置および振動測定対象の掘削岩盤は電研式岩盤分類のBに相当し、比較的均質な状態にあると考えられる。

信号はカセットテープにアナログ記録して、5KHzのサンプリング周波数で同時にA/D変換した。

なお、A/D 変換前に1KHzの遮断周波数のローパスフィルターでテープノイズを除去した。

3. 計測結果

図2に発破点から約40m の距離の測定記録を示す。これはDS雷管を用いた5段の段発発破の例である。表示時間は2秒間である。最大値を示す位置は必ずしも芯抜発破ではない。特に地表の振動は最大値の多くが2段目以降に発生する。地中部分の振動は各段で完全に減衰しているのに対して、地表の振動は減衰が小さいため、2段目以降で波動が重畳することが原因といえる。

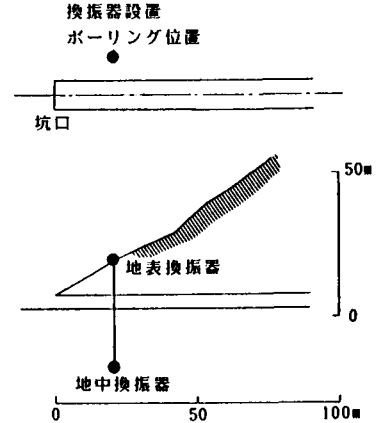


図1 計測位置図

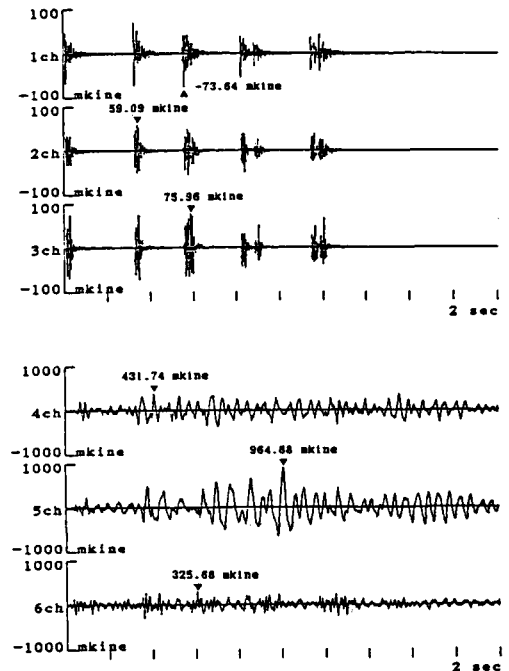


図2 発破振動速度波形(40m)

地表の振動は地中部分に比べて卓越周波数が低く、振幅は5倍程度に増幅される。継続時間も比較的長い。上下動成分の卓越周波数は水平動成分に比べてやや高い。地中の振動は距離が近い場合、水平動成分より上下動成分が大きいく。距離の増加にともなう水平動成分が相対的に大きくなる。これは波動の入射角の影響と考える。

図3、4は芯抜発破部分の1ch、4chにおける観測波形とそのフーリエスペクトルを示したもので、観測距離をパラメータとして表示している。図4における●はフーリエスペクトルが最大値を示す部分であり、破線は観測距離の増加にともなう卓越周波数の変動の様子を示している。なお、図中の振幅およびフーリエスペクトル値は、それぞれの最大値で正規化している。

高周波数成分ほど減衰が大きいので、地中の振動は観測距離が大きくなるにしたがって、相対的に低周波数成分が卓越してくる。地表の振動は地中の場合とは異なり、観測距離に応じて卓越周波数が変化することはない。これは地表の振動が地盤の固有振動モードに支配されているためと考えられる。

また、地表の上下動成分の卓越周波数が水平動成分に比べてやや高いのも表層の影響と考えられる。地中についても地表ほど顕著ではないが、水平動成分に比べて上下動成分の卓越周波数が高いため先に述べた経験式における距離減衰の負の勾配が大きくなる。

4. まとめ

計測結果のまとめを行うとともに今後の展望を述べる。

地震動に比べてかなり高い周波数成分が卓越する発破振動にも、比較的低周波数成分が含まれている。高い周波数成分ほど距離減衰が大きいことから、地中の振動については観測距離に応じて地盤がフィルターとして機能し、卓越周波数が変動する。また、地表の振動は表層地盤の振動特性に支配される。いずれの場合についても、岩盤や地盤固有の特性に大きく依存した振動特性を示すため、波動が伝搬する媒体の材料特性や応力状態についての検討を行う必要があると考える。

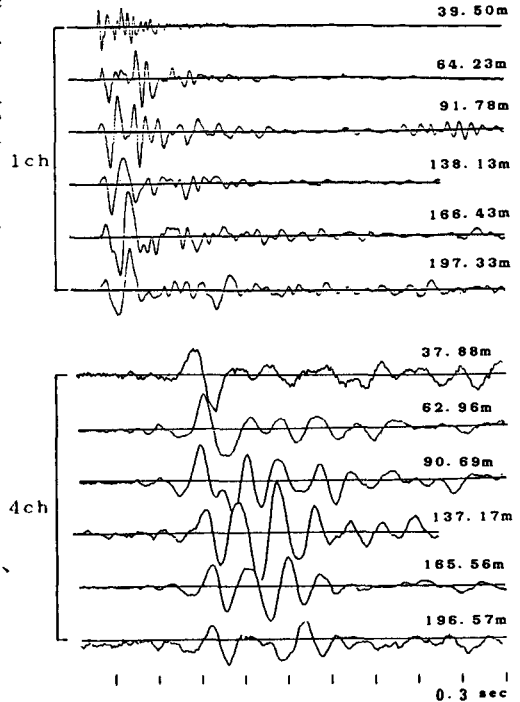
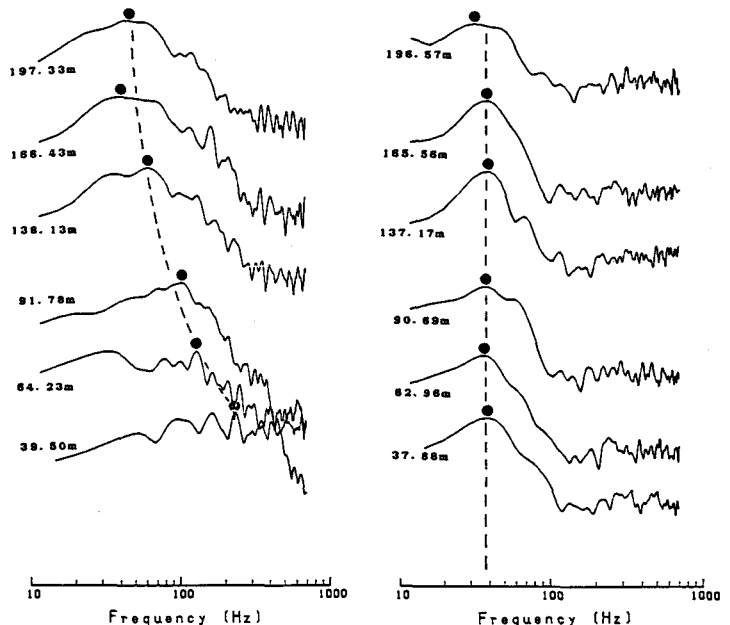


図3 芯抜部分発破振動速度波形
(最大値で正規化)



(a)1ch/地中

(b)4ch/地表

図4 芯抜部分速度フーリエスペクトル (最大値で正規化)