

VI-180

TBM導坑を自由面とする
制御発破工法の振動低減効果

(株)奥村組 正会員 浜田 元
本四公団 三島 功裕
(株)奥村組 牧野 卓三
(株)奥村組 正会員 新田 宏基

1. はじめに

近年、都市域あるいは住宅地近傍でトンネル工事が行われる機会が増加する傾向にある。このようなトンネル工事では、発破により生ずる振動が問題となる場合がほとんどであり、周辺住宅地などへの影響を考慮して数種の制御発破が用いられ、同時に振動計測が実施される。

今回、数種の制御発破工法を採用して施工を行った現場で、発破振動を計測し、振動低減効果の比較を行ったのでその結果について報告する。

2. トンネルと発破工法の概要

トンネルの概要を図-1に示す。本トンネルは直径5mの導坑を2本TBMで掘削した後、発破あるいは無発破工法により拡幅を行うものである。TBM導坑の目的は、掘削に伴う振動の低減とずり搬出路の確保である。図に示した区間では岩質・物性ともほぼ均一で、岩質はC_M級の六甲花崗岩、一軸圧縮強度は平均で100MPa程度である。

この区間では民家からの距離に応じて以下に述べるⅠ～Ⅳの4つの発破パターンを採用している。Ⅰ、Ⅱの標準発破パターンを図-2に示す。ⅠはTBM導坑を自由面とする発破工法¹⁾で、ⅡはTBM導坑を自由面とし、さらにトンネル外周部に設けたスロットを自由面とする発破工法である。これらの発破はTBM導坑に向かって行われる。Ⅲはトンネル外周部に設けたスロットだけを自由面とする発破工法²⁾で、外周部スロットに向かって発破が行われる。Ⅳは通常の制御発破工法である。Ⅰ、Ⅱ、Ⅳについては、上半先進で掘削が行われ、上半断面は2分割あるいは3分割で発破が行われた。掘進長は1.2m、段当たり薬量はⅠ、Ⅱで0.4～0.6kg、Ⅳで2.0～4.4kgである。Ⅲは、全断面発破で、掘進長は1.5m、段当たり薬量は1.2～2.0kgである。なお、いずれの発破においても、爆薬は含水爆薬、雷管はMS雷管を使用した。

3. 計測概要

計測位置を図-1に合わせて示した。図中、Ⅰ～Ⅳは先に述べた発破パターンで掘削を行った位置を示す。近接家屋の測点Aでは、施工管理計測を目的としてすべての発破で計測を行っている。また、それ以外にトンネル直上や坑内でも計測を行ったが、ここでは測点Aのデータについて述べる。計測項目は、振動レベルと振動速度である。振動レベルは上下方向について、振動速度は3方向(トンネル軸方向、トンネル横断方向、上下方向)について実施している。

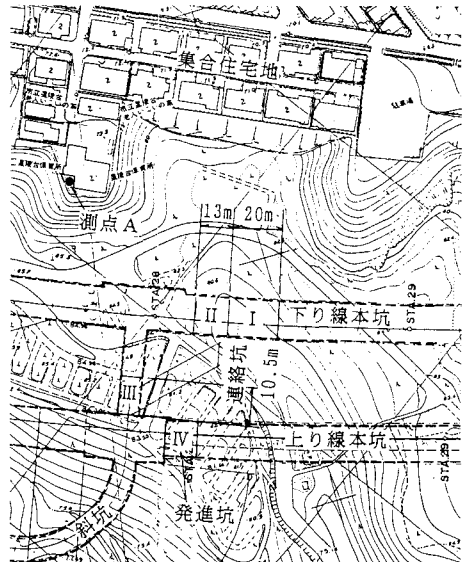


図-1 トンネルの概要

4. 計測結果

発破に際しての管理値は近接家屋で振動レベルが55dBとしている。計測結果をまとめて表-1に示す。表-1は、測点Aの上下方向成分の平均値で示している。Ⅲは連絡坑で、Ⅳは発進坑で試験的に実施されているため計測回数が少ない。ここでは、振動レベルの値を示していないが、Ⅰ、Ⅱ、Ⅲの場合、振動レベルは測点Aで管理値の55dB以下となった。

段当たり薬量についてみるとⅠ、Ⅱは、0.4~0.6kgで、Ⅳが2.0~4.4kgであり、大幅に低減できている。これは、TBM導坑あるいはスロットが自由面として大きな効果があり、このように薬量を低減できたものと考えられる。さらに最大振動速度は、Ⅳに比べてⅠ、Ⅱは1/7~1/10に減少している。

次に、振動低減効果について検討する。ここでは振動低減効果を以下に示す発破振動予測式を用いて、K値により比較する。

$$PPV = K \cdot W^{2/3} / r^2 \quad (1)$$

ただし、PPVは最大振動速度(kine)、Wは段当たり薬量(kg)、rは伝播距離(m)、Kは比振動値である。

薬量、距離以外の影響はすべてKに含まれているようである。表によれば、K値は、Ⅳ、Ⅲ、Ⅰ、Ⅱの順に小さな値となっており、これは自由面の程度を考慮すれば予想通りの結果が得られている。従来の分割制御発破に比べ、比振動値を1/3~1/2に低減できる。

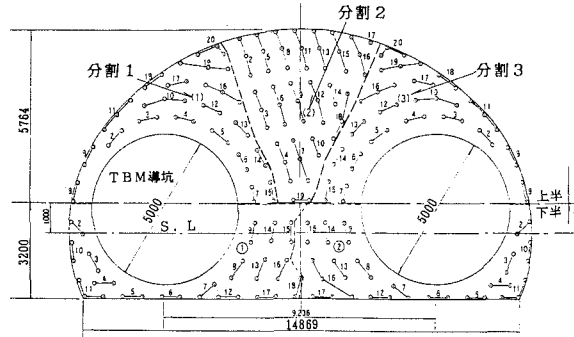
5. おわりに

今回の計測結果により、TBM導坑を自由面とする発破工法は、従来の分割制御発破に比べ、比振動値を1/3~1/2に低減でき、振動低減に有効な方法であることがわかった。

参考文献

- 1) 斉藤 進、目見田 哲、久良木 法昭：トンネルの先進導坑にTBMを使用した場合の発破振動低減効果、第23回岩盤力学に関するシンポジウム, pp.122-126, 1991
- 2) 枡本 正、村上 進、本田 裕夫、萩森 健治：硬岩トンネルの無発破掘削工法(SD工法)の開発、奥村組技術研究年報NO.13, pp.7-12, 1987

Ⅰ. TBM発破



Ⅱ. TBMスロット発破

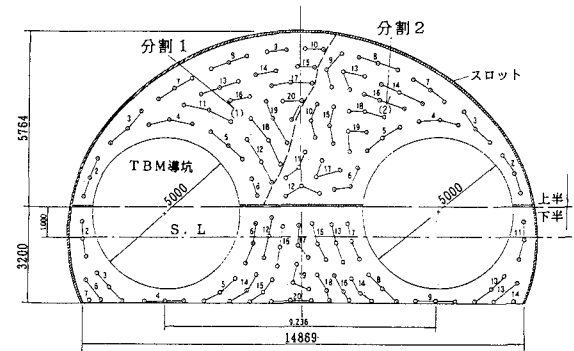


図-2 標準発破パターン

表-1 測点AにおけるPPVとK値

発破パターン	Ⅰ	Ⅱ	Ⅲ	Ⅳ
名 称	TBM発破	TBMスロット発破	外周スロット発破	通常制御発破
計 測 回 数	18	24	8	2
段当たり薬量(kg)	0.4~0.6	0.4~0.6	1.2~2.0	2.0~4.4
伝播距離(m)	90~110	80~90	80~90	100~110
PPV(kine)	0.015	0.011	0.065	0.105
K 値	247	152	382	544

ただし、PPVは最大振動速度である。