

Ⅲ-B87

TBM導坑と電子雷管を活用した制御発破について

兵庫県土木部 大窪正秋, 岩崎日出夫
戸田建設(株) フェロ・岡村光政*, 多々納浩二

1. 概要

中硬岩地山を発破掘削により建設した一般国道312号線城山トンネル(内空断面積 63m^2 , 延長 623m)は, 起点坑口付近に民家が近接する(離隔約 50m), 既設導水路トンネルと地中交差する(最小離隔約 17m)等の環境条件下にあり, 建設工事に伴う振動, 騒音規制が必要であった. 特に, 近接施工となる導水路については, 管理者との協議により振動速度 1cm/sec (kine) 以下という厳しい制約条件が設けられていた.

そこで, 掘削効率を確保しつつ確実な振動制御を実現するため, 心抜きとしてTBM導坑を先行施工し, 爆破秒時をICにより精密制御可能な電子雷管を用いた一括制御発破を採用し, 所定の成果が得られたものである. 本稿では, 主に近接導水路トンネルに対する振動制御について述べることにする.

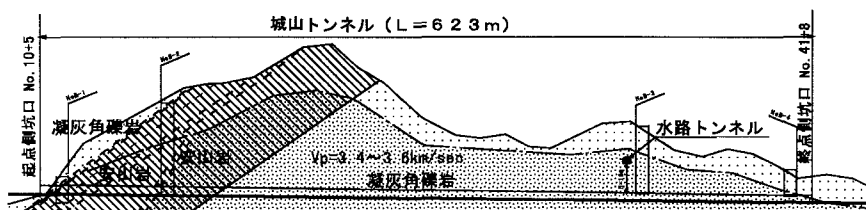


図-1 地質縦断面図

2. 地質条件と振動制御手法

地質は, 凝灰岩類を主体とし, 圧縮強度が概ね 60MPa 程度の中硬岩である. また, 起点坑口側では, 圧縮強度が 100MPa を越える安山岩が貫入している.(図-1)

当トンネルでは, 導水路との近接施工の他, トンネル周辺に民家が近接するため, 振動制限区間が全延長の 50% 以上となり, 当該区間での機械掘削方式や分割発破方式の採用は, 工期的に不利であると判定された. そこで, 発破工法を主体とした効率的な掘削と振動制限を両立するため, TBM(外径 2.3m)による心抜き導坑の先行施工, 電子雷管を用いた実質単孔発破による一括発破の実施を, 振動制御の基本とした.

3. 振動制御の実施結果

導水路に対する振動制御は, 各発破ごとに図-2に示す振動計測を行って導水路の振動値を予測し, 通常の電気雷管では分割発破が必要と判定される区間で, 電子雷管による一括発破に切り替えることで行った.(図-3)

電子雷管はIC制御によって 1ms 単位の秒時設定が可能で実質

K.ワード; 制御発破, TBM導坑, 電子雷管

連絡先*; 〒104-0032 東京都中央区八丁堀4-6-1 TEL 03-3206-7188 FAX 03-3206-7190

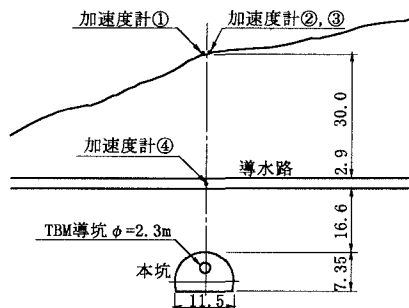


図-2 横断面, 計測位置図

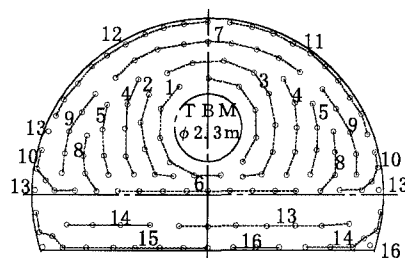


図-3 基本発破パターン(電子雷管)

単孔発破となり，振動波形の分離とその打消作用によって発破振動を抑制するものである．今回は秒時設定30ms，最大156段発を実現している．制御区間においては，導水路の振動予測値に基づき，一進行長，孔数，装薬量の調整を適宜行い，基本パターンの修正を行った．

図-4に切羽の進行に応じた各測点での変位速度（三方向合成値）の推移を示した．電子雷管による完全制御区間でも一進行長を1m確保し，通常の電気雷管の場合と同等以上の総装薬量（50kg程度）を用いて，所要の振動制限を実現することができた．

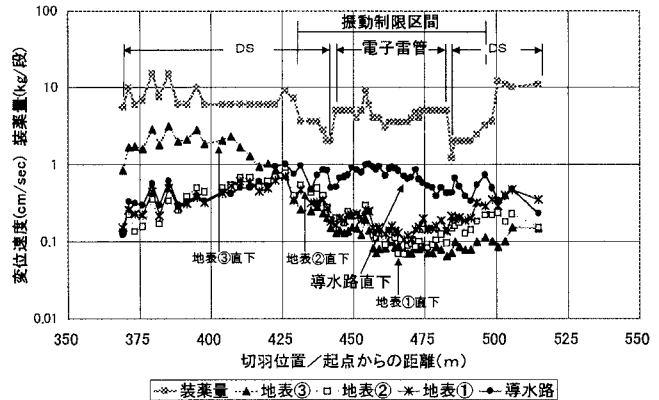


図-4 各測点における変位速度の推移

4. 考察

通常の電気雷管（DS）と電子雷管発破の振動特性を比較するため，一般的な振動予測式を用いて発破係数K値の分析を行った．ここで，電子雷管の場合の装薬量は，細分化され複合化された波形を精密に分離できないため，最大変位速度を生ずる主段での装薬（副段の合計）として取り扱っている．これによって，DS主段における斉発と電子雷管による単孔発破の多段発の差異を明確にできると考えた．

表-1に，検討結果を示す．表中の前方とは，測点が発破切羽の前方にある場合で，後方とはその反対である．尚，標本には，導水路を初めとする各測点での振動データを含めている．DS発破に比べ，電子雷管発破では，6割程度K値が低減されており，発破の細分化による振動抑制効果が明らかである．また，TBM導坑による心抜き効果を定量的に把握する目的で，導坑から離れた断面位置において電子雷管を用いた心抜き発破試験を行っている．上記と同様にK値の比較を行うと表-2のようであり，心抜き時のK値が拡幅時の3倍程度になっていることから，TBM導坑の心抜き効果が裏付けられた．

表-1 発破係数K値の比較

	DS前方	DS後方
標本数	85	70
K値平均値	540	381
標準偏差	191	137
	電子雷管前方	電子雷管後方
標本数	26	86
K値平均値	181	138
標準偏差	31	46
振動予測式 $V=K \cdot W^{2/3} \cdot D^{-2}$ による V:変位速度 (cm/sec) W:主段装薬量 (kg) D:爆源からの距離 (m)		

表-2 心抜き発破試験結果（0.5kg/孔×6孔）

	地表①	②	③	導水路	平均
心抜きK値	649	298	552	505	551
進行時K値					181

5. まとめ

TBM導坑の評価として，①振動制限における心抜き効果が確認された，②導坑換気，水抜き効果が発揮されて施工性及び作業の安全性が向上した，等のことが言える．また，電子雷管による発破振動制御については，①従来の電気雷管の段発に比べて振動値を6割程度低減可能である，②振動測定により，次発破の必要諸元が高い確率で想定でき，きめ細かな制御が可能である，等のことが明らかとなった．

なお，TBM導坑を活用する今回の方式は，振動規制値や制限区間の延長割合によっては，必ずしも経済性が伴わない場合もあり，今後，制約条件下に置かれた機械掘削の不向きな硬岩地山において，その効果が発揮されるものと思われる．