

Ⅲ-A332 放電衝撃のトンネル前方反射法弾性波探査への適用実験

大成建設技術研究所	正会員	○今井 博
同 上	正会員	川上 純
日立造船技術研究所		前畑 英彦
同 上		荒井 造成
同 上	正会員	佐々木加津也

1. まえがき

弾性波を用いたトンネル切羽前方探査技術として、TSP法がある。TSP法では、火薬 50～100 g 程度を起震源としている。しかし、火薬を使用できない場所では、それに代る非火薬震源が必要となる。非火薬震源として実験が行われたものには、重錐落下震源、コンクリート破碎薬、ショットパイプ等が挙げられる¹⁾。筆者等は、高電圧によりコンデンサに蓄積した電気エネルギーを液中で放電し、衝撃圧力を発生させる方法について研究を行っている²⁾。本研究では、この放電衝撃圧力を岩盤内で発生させて、岩盤内に振動を発生させる実験を行い、TSP法の震源としての適用性を検討した。

2. 実験概要

実験は栃木県の石灰石採石場のベンチ上で行った。現地の弾性波速度は 2 km/s 程度であるが、コアの弾性波速度は 4 km/s であり、非常にクラックが発達している箇所であることが推察できる。本実験では、震源として放電衝撃および爆薬を使用して、発生する振動を測定し、両者の振動特性の違いについて検討した。

発震孔はφ40 mmで深さ 1.5 m とした。放電衝撃および爆薬ともに、孔内に水を満たして起震した。放電電圧は、4000～9000 V と変化させ、比較のために用いた爆薬の薬量は、雷管一本のみ（0.6 g 相当）およびスラリー爆薬 5～50 g である。

振動測定は、3 成分加速度計（圧電型、707Z、TEAC 社製）を岩盤上の 3 箇所に石膏により固定して行った。震源孔は 20 本で、孔の位置により若干異なるが、受震距離は約 6 m、15 m および 30 m である。

3. 測定結果

図-1 に、X 方向の代表的な測定波形を示す。X 方向は震源に向かう水平方向、Y 方向は X 方向に直交な水平方向、Z 方向は上下方向である。放電衝撃と爆薬による波形はほぼ同じで顕著な差は認められない。

図-2 は、図-1 に示した観測波形のフーリエ・スペクトルであり、両者とも 70～80 Hz であった。振動数は通常に比べてかなり低くなっているが、上述のように、実験現場の岩盤内に存在する多くのクラックが原因と考えられる。

図-3 に起震方向（X 方向）の加速度最大値と受震距離の関係を示す。両者ともほぼ距離の 2 乗に比例して減衰していることが分かる。

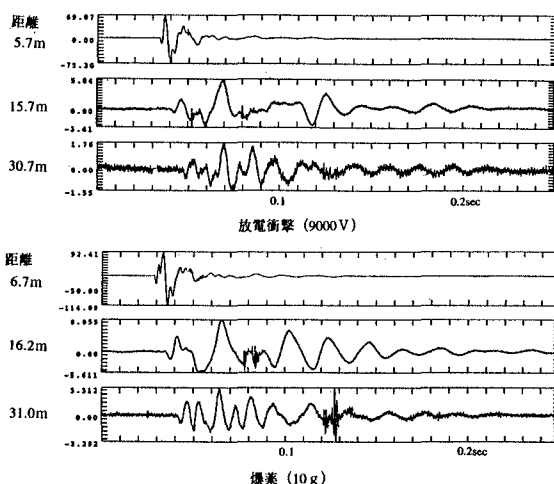
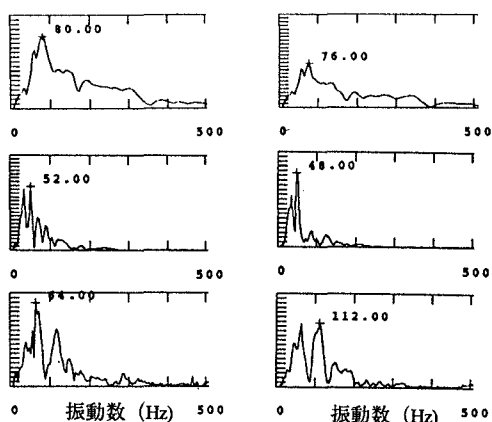


図-1 測定波形例

キーワード：非火薬震源、放電衝撃、弾性波反射法、トンネル前方探査

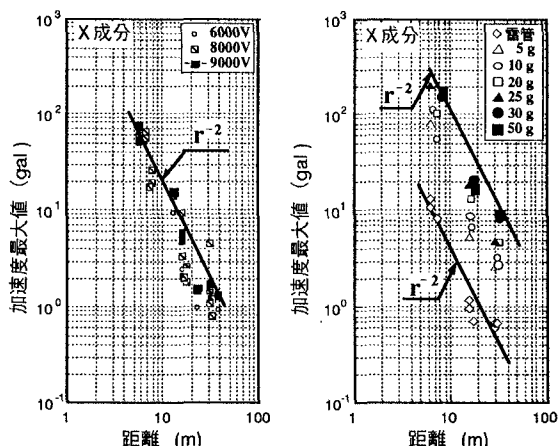
〒245 神奈川県戸塚区名瀬町 3 4 4 - 1 TEL 045-814-7237 FAX 045-814-7257

〒551 大阪市大正区船町 2 - 2 - 1 1 TEL 06-551-9435 FAX 06-551-9849



(a) 放電衝撃 (9000 V) (b) 爆薬 (10 g)

図-2 フーリエ・スペクトル



(a) 放電衝撃 (b) 爆薬

図-3 加速度最大値の距離減衰

4. 放電衝撃と爆薬の比較

図-4 に放電電圧と距離 30.7 m における加速度最大値の関係を示す。なお、図中の白抜きのデータは、花崗岩で行った他の実験結果（距離 20 m）である。花崗岩での実験結果では、加速度は放電電圧の 1.5 乗に比例し、本実験でも同様な結果を得た。

また、図-5 に爆薬の薬量と距離

31~32.8 m における加速度最大値の関係を示す。この場合は、地盤の加速度は薬量の 0.74 乗に比例する

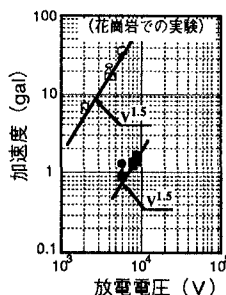


図-4 放電電圧と加速度の関係（距離 30.7 m）

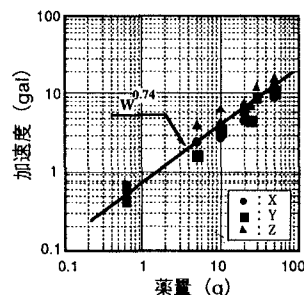


図-5 薬量と加速度の関係（距離 31~32.8 m）

放電衝撃法の場合、コンデンサーの蓄積エネルギー、即ち、放電衝撃エネルギー E は、 $E = (1/2)CV^2$ から得られ、放電電圧 V （充電電圧）の 2 乗に比例する（ここで、 C は電気容量である）。また、図-4 より加速度は放電電圧 V の 1.5 乗に比例している。故に、加速度は、放電衝撃の発生エネルギーの 0.75 乗に比例している。したがって、放電衝撃エネルギーと爆薬の薬量について整合性があることが分かる。図-4 および図-5 より、現在の放電衝撃装置の最大放電電圧である 10000V での加速度は、薬量 4 g に相当していると考えられる。

5. まとめ

本実験では、実験場の岩盤にクラックが多く、発生した振動数は通常より低くなっていたが、クラックの少ない岩盤ではより高振動数が発生すると考えられる。また、爆薬の薬量に換算して 4 g に相当する振動であったが、数個の放電回路の同時使用やスタッキングを行うことにより、TSP震源として使用できる可能性があると考えられる。

文献

- 1) 小林他、1996、破碎薬を震源として用いた弾性波探査、物理探査学会第95回学術講演会論文集。
- 2) 荒井他、1995、放電衝撃を利用した岩石破壊法の検討、岩盤力学に関するシンポジウム。