

(株) 間組 正会員 山下 亮
 同 上 正会員 蓮井 昭則
 同 上 正会員 世一 英俊

1. まえがき

トンネルや地下空洞などの周辺岩盤では掘削によって岩盤の力学的・物理的特性が変化し、いわゆる“ゆるみ領域”が発生する。このゆるみの範囲、程度を把握することは、構造物の安定性を評価する上で重要であり、各種の計測法がある¹⁾。それらのうち、岩盤の非破壊法によるものとして、弾性波測定がよく用いられており、弾性波速度の変化のみならず弾性波振幅の減衰も注目されている。たとえば佐々ら²⁾は採掘跡の鉱柱の監視をするために、Paulssonら³⁾は岩盤加熱時の挙動を把握するために弾性波測定（速度、振幅）を用いている。

2. 開発の経緯

著者らは、ある地下空洞の掘削に伴う孔間弾性波測定結果について報告した⁴⁾。このなかで弾性波の発振方法としては、起振エネルギーが大きくある程度長区間の測定も可能である雷管爆破を用い、発振孔・受振孔間の間隔は2m～25mであった。その結果、速度変化については十分な高精度の測定結果が得られたが、振幅についてはバラツキが5～20%と大きかった。これは、雷管起振では、薬量、爆発位置、方向などがわずかに異なるため、岩盤への微細な振動の伝わり方に差異が生じたことによると思われる。また孔間隔についても空洞の周辺岩盤の挙動を十分に把握するためには、1mあるいはそれ以下の短区間での測定も必要となることがわかった。一方、室内岩石試験に通常用いているような測定器では、原位置岩盤における上記のような測定区間長では発振のエネルギーが小さく測定が困難である。そこで、1) 一定の大きさの波動が繰返し発振ができること、2) 2～3m程度の区間でも波が到達するような大きなエネルギーを持っていること、3) 20KHz以上の高い周波数の波の発振が可能なこと、4) ボーリング孔に水を満たさなくても、すなわちボーリング孔が上向きであっても発振が可能であることを目標として発振装置の開発を試みた。

3. 装置の概要、特徴

図-1に発振装置の概要を示す。発振方法としてφ30mmの圧電素子（発振子）をパルスジェネレーター（最大電圧 560～1700V）による電気パルスによって振動させる方法を採用している。図-1に示した発振装置は通常の岩盤調査によく用いられるφ66mmのボーリング孔用に製作されている。また、発振子は水圧を用いて装置に内蔵されたシリンダーを動かすことによって孔壁に圧着され、水圧を除去すると内蔵バネによって装置は縮小、孔壁から容易に脱着し、移動させることができる。

受振された波動は、A/D変換を行いデジタルストレージオシロスコプのメモリーに記録される。また発振・受振間の距離が長い、岩盤に亀裂が多い、あるいは掘削の影響などにより岩盤にゆるみが生じている等の理由により、測定される波の振幅が小さく、不明瞭な場合、スタッキング処理によりS/N比を改善すること

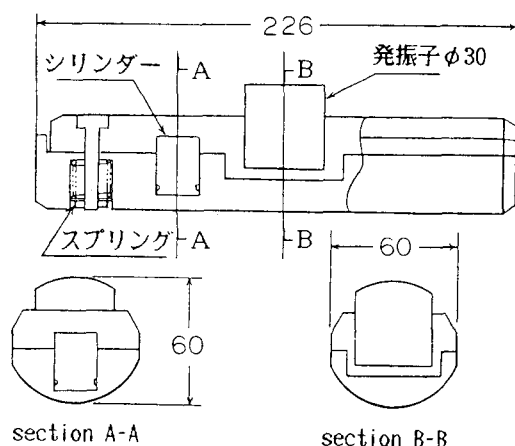


図-1 発振装置の概要（単位：mm）

ができる。一時的にメモリーに記憶されたデータをCRT上に表示しトリガーからの到達時間差および振幅を読み取るとともに、データを保存するために時間軸を引き伸ばしてデータレコーダに出力する。また必要であればマイコンにデータを送り波形解析を行うこともできる。速度の測定精度は、サンプリングタイムからみて、弾性波速度が5000m/sで1m区間の場合、0.5%程度となる。

4. 実例

本発振装置を用いた短区間の孔間弾性波測定結果について実例を示す。図-2は、測定システムを示したもので、岩盤中に $\phi 66\text{mm}$ のボーリング孔（長さ5m）を1m間隔に3本穿孔し、1孔を発振孔、他の2孔を受振孔として受振器（加速度計）を埋設してある。発振位置は図中A、B、Cの3ヵ所とし、計測は各位置毎に6点全てで行い最近点は発振位置から1m、最遠点は2.83mであった。

図-3（a）に計測結果の1例を、図-3（b）にスタッキング処理前後の計測波形を示す。図からもわかるように、測定された波形は、明確で立ち上がりも読み取りやすく、受振場所によってはP波、S波も判別できた。また、発振～受振間距離が離れている場合には高周波の波を測定しているため減衰が大きく、不明瞭になりがちである。このような波に対してはスタッキング処理を施すことにより図-3（b）に示すようにS/N比を向上させ、速度を精度よく読むことができた。

5. あとがき

本報告では、短区間の孔間弾性波測定の第1段階としての発振装置の開発について述べた。今後は、発振装置ばかりでなく、受振側も埋設せずに発振装置と同様のしくみで受振できる装置、あるいは、発振・受振を一体として、検層のできるものなどについても開発を進めたいと考えている。またS波をも精度よく測定できるシステムについても検討してゆきたいと考えている。そして“ゆるみ”の評価ばかりでなく、トンネル切羽前方の地山の評価、あるいは亀裂の程度の評価などの一手法として用いたいと考えている。最後に本装置の開発にあたって貴重な御意見をいただいた関係諸氏に深謝の意を表す。

参考文献

- 1) 日本トンネル技術協会：トンネル掘削によるゆるみ領域の調査報告書、1982.3.、2) 佐々・南光・渋谷：弾性波を利用する岩盤監視、日本鉱業会誌、1982.9.、3) B.N.P.Paulsson・M.S.King: Seismic velocities and attenuation in an underground granite waste depository subjected to heating, ISRM, 1984, Cambridge、4) 世一・蓮井・山下：地下空洞掘削時における周辺岩盤の物性変化に関する計測結果とその評価について、第6回岩の力学国内シンポジウム講演論文集、1984.12.

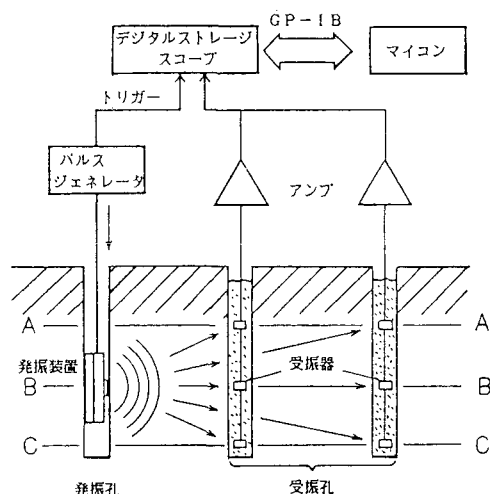


図-2 測定システム

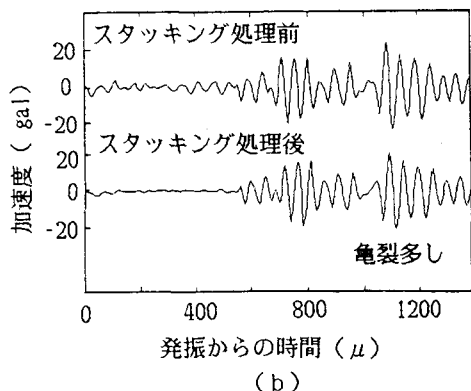
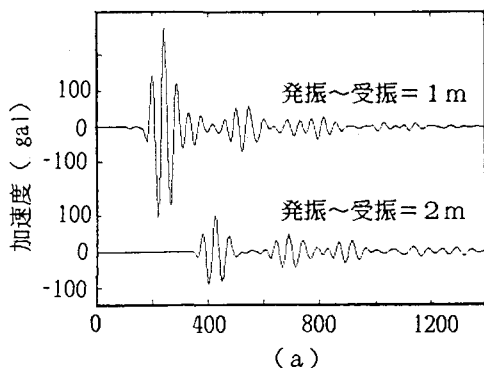


図-3 計測結果