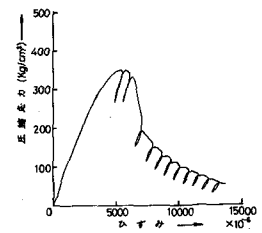


東北大学工学部資源工学科 正会員 小林良二

1. 緒言

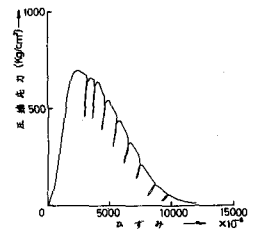
岩盤は、片理、節理、片理等の組織上の欠陥を多くもっており、特に節理、粘土目あるいは爆破によって人為的につくられる割れ目の存在は、岩盤構造物の強度に大きな影響をおよぼすので、岩盤内における割れ目の分布、方向、大きさ等を知ることが、岩盤構造の設計に極めて重要である。

また最近、剛性の大きな材料試験機による Stiff loading test によって、第1図に示すような応力-ひずみ線図が得られている。この試験によると、岩石試験片の圧縮強度域以後の変形破壊の様子がよくわかる。特に破壊亀裂の入った岩石試験片がなおかなりの耐圧力を有していることが注目される。すなわち、地下空洞周辺の岩盤内に高い応力が誘起され、この応力によって岩盤の破壊が進行し、いわゆる破砕帯が形成された場合でも、この破砕帯には、まだかなりの耐圧力を有していると考えられるので、破砕帯の状況を把握することは、地下空洞周辺の応力状態を知る上にも重要である。



第1-A図 未特砂岩による応力-ひずみ線図 (Stiff loading test)

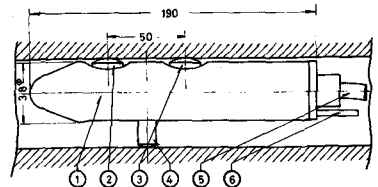
本研究は、岩盤内の割れ目、音速の分布を知る目的で、超音波パルス法による岩盤内の割れ目検知計を試作し、この検知計を用いて研究室における基礎試験と日鉄鉱業八尾鉱業所坑内における現場試験を行なったので、これについて述べる。



第1-B図 東北大理石による応力-ひずみ線図 (Stiff loading test)

2. 測定装置ならびに測定方法

第2図は試作した超音波パルス式岩盤割れ目検知計の概念図である。図において、①は検知計本体、②は超音波発信探觸子、③は超音波受信探觸子、④は探觸子押し付けピストン、⑤は窒素ガス用ゴムホース、⑥はシールドワイヤである。また第3図は検知計の写真を示したものである。



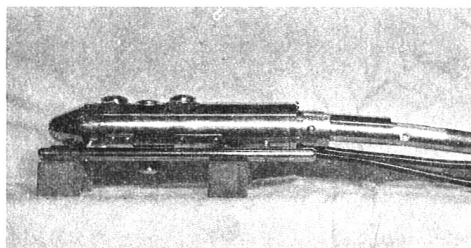
第2図 岩盤割れ目検知計の概念図

測定にあたっては、第2図に示すように、ボアホール内に検知計を挿入し、高圧窒素ガスボンベより8~10 kg/cm²に減圧した窒素ガスをゴムホース⑤を経て、検知計本体①内のシリンダーに送り、探觸子押し付けピストン④を作動させて、発信探觸子②と受信探觸子③とをボアホール内壁に12~15 kg の力で押し付け、探觸子②より超音波を発信させ、探觸子と接する岩盤を経て、これを探觸子③によって受信し、両探觸子内の岩盤の音速を測定する。なお両探觸子内の間隔を50 mmによってある。音速測定が終わったなら、窒素ガス圧を大気圧まで減じ、検知計を所定の距離だけ前進させ、上記と同様の手順にしたがって計測を行な

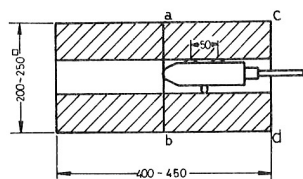
う。以上の測定操作を繰り返すことによって、ボアホール軸に沿って、岩盤各所の音速の分布と、岩盤の材質的欠陥部所のおおよその分布を知ることが出来るものと考えられる。

現場測定を行なうに先立って、本検知計による測定法を検討する目的で、模型岩盤による基礎研究を行なった。第4図は、模型岩盤のボアホール内に検知計を挿入した状態を示したものであり、またa-bは割れ目、c-dは空洞壁面を想定したものである。なおa-bの割れ目は、1個の岩石試料を図のように2個に分割し、これをボアホール軸方向に押し付けて設定したものである。模型試験にあたっては、検知計の1回の前進距離を25 mm にとって、岩盤の音速を測定した。

本研究において用いた圓井製作所製ウルトランスコープは、ブラウン管面上のパルス波形の移動量を測定することにより、音速の変化を測めることが出来る。



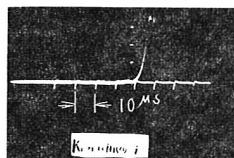
第3図 超音波パルス式岩盤割れ目検知計



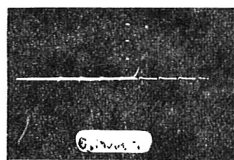
第4図 模型試験

3. 測定結果ならびに考察

3-i) 模型試験 第5図は、東待砂岩試料、荻野凝灰岩試料内に検知計を挿入し、測定区間に割れ目のない場合の現象波形である。また検知計の測定区間に第4図の割れ目設定部所a-bが入ると、超音波の減衰が大きくなり、上記の現象波形が消失し、この区間の音速の測定が不能となる。すなわち、模型試料で設定した程度の割れ目が測定区間の岩盤内に存在すると、本検知計では割れ目として、これを確認することになる。次に第6図は、模型試料内に検知計を挿入し、これを25 mm ずつ前進させて測定した各所の音速を棒グラフに表したもので、実線は棒グラフの中央値を結んだものである。また破線はブラウン管面上の現象波形の高さをとったものである。第6図をみると、東待砂岩試料では、割れ目設定部所が壁面より195 mm であるのに対し、現象波形の消失区間は150 ~ 225



東待砂岩試料



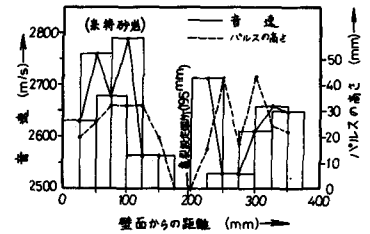
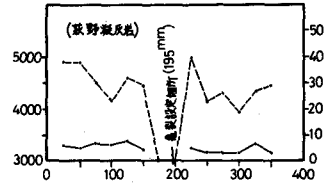
荻野凝灰岩試料

mm となっている。また荻野凝灰岩試料の割れ目設定部所195 mm に対し、現象波形の消失区間は150 ~ 225 mm となっている。本模型試験では、割れ目をボアホール軸にほぼ直角に設定したが、実際の岩盤の割れ目はボアホール軸と斜交する場合が一般的であり、場合によっては、ボアホール軸と平行になることもあり得る。このように割れ目が測定区間に存在する場合について種々検討した結果、大部分の割れ目については、現象波形が消失するが、一部の割れ目については、現象波形が消失せず、波形が著しく変形する場合がある。このような場合はボアホール内の検知計を同位置で左右に45° 傾けて測定を行ない、割れ目の存在を確かめることにした。すなわち、本研究でいう割れ目とは、検知計で感知出来る範囲内の割れ目ということになる。

第5図 模型岩盤内に挿入した検知計によって得られたブラウン管面上の現象波形

3-ii) 現場試験 以上のように、検知計について、模型試験を行ない、その測定精度ならび

に機能を調べた後、日鉄鉱業八尾鉱業所坑内において現場試験を行なった。坑内現場は、230 mL、E40 立入にして坑道側壁より水平に、BX ダイヤモンドビット（ビットゲージ 58 mm 中）による長さ約 7.5 m のボアホールを 4 本穿った。なお No.1 - No.3 ボアホールは鉱体周辺の石灰岩中に、No.4 ボアホールは鉱体を貫いて石灰岩に向って穿れたものである。



第6図 模型試験より求めた坑道壁面からの距離と音速、パルスの高さとの関係

第7図は No.1 - No.4 ボアホールについて、坑道壁面から測定位置までの距離とその位置の音速との関係を示したものである。なおこの場合の検知計の前進幅は 40 mm にとった。図をみると、No.1 - No.3 ボアホール内の石灰岩の音速は、おおよそ 4.5 - 5.5 Km/sec の範囲にあるが、坑道壁面からの音速の分布には、一定の傾向を見出すことが出来なかった。また石灰岩中の割れ目については、No.3 ボアホールのように、坑道壁面から 3 m 位までの間は割れ目の頻度が高く、3 m を過ぎるとその頻度が低いという典型的な Fracture zone を形成している例もみられるが、No.1 ボアホールのように、坑道壁面より約 2 m の位置に存在する粘土目によって、その周辺の岩盤内の応力が緩和され、したがって、割れ目が少なくなっている例もみられる。また No.2 ボアホールのように、坑道壁面より 5 - 6 m の位置に割れ目群の存在がみとめられるが、このボアホールについては、割れ目の分布に一定の傾向を見出すことは難しい。

次に鉱体を貫いて穿れた No.4 ボアホールの測定結果をみると、鉱体際の 6 - 7 m の位置に割れ目群が存在し、この区間の音速は鉱体中のそれと比べると低下している。また柘榴石を主とする一部をのぞいて、鉱体中の割れ目は殆んどみとめられず、さらに音速が 5.3 - 6.0 Km/sec と比較的高くなっている。すなわち、No.4 ボアホールの測定結果より、鉱体は割れ目が少なく、その強度は大きいがあるが、鉱体際に割れ目群が存在しているので、鉱体採掘にあたっては、この点を充分留意する必要がある。

なお上記 4 本のボアホールのうち、No.2、No.4 のボアホールについては、昭和 46 年 2 月、No.1、No.3 のボアホールについては、半年後の昭和 46 年 8 月に測定を行なったが、この半年の間に測定現場附近の採掘が展開し、坑内湿度、坑道側壁に加わる荷重等の坑内条件が急変したため、第 1 回目の測定における音速と第 2 回目のそれは、第 7 図にみられるように多少異なった音速値が得られたことを付言する。

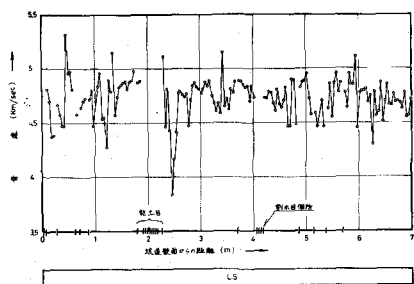
4. 結 言

以上、岩盤内の割れ目の検知について述べたが、これを要約すると次のようになる。

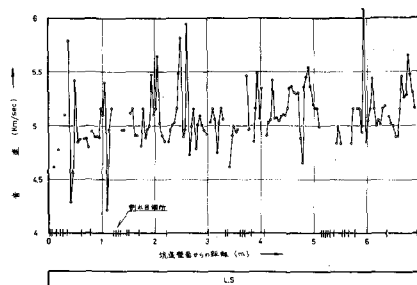
1) 超音波パルス式岩盤割れ目検知計を試作し、これを模型岩盤内の 1 本のボアホールに挿入して、岩盤内の割れ目の検知と、音速の分布に関する基礎試験を行ない、試作検知計の機能を調べた。

2) 日鉄鉱業八釜鉱業所坑内において、坑道壁面より水平方向に穿れた長さ約7.5 m の4本のボアホールについて、割れ目、音速の分布について測定を行ない、これを検討し、測定現場附近の岩盤の状況から考えて、本測定は、ほぼ妥当なものであるとみとめた。

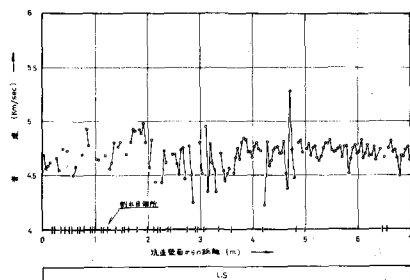
終りに、本研究を行なうにあたって、東北大学工学部富男教授の御指導と、また東北大学牛田篤助手、村上孝助手、奥村清彦技官の御協力と、さらに日鉄鉱業八釜鉱業所福地成治所長、鶴飼連雄採鉱課長はじめ鉱業所の各位の御援助をいただいたことを記し、厚く謝意を表します。



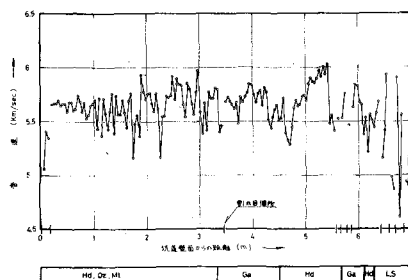
(A) No.1 ボアホール



(B) No.2 ボアホール



(C) No.3 ボアホール



(D) No.4 ボアホール

Hd : 灰鉄輝石

Qz : 石英

Mt : 磁鉄鉱

Ls : 石灰石

Ga : 柘榴石

第7図 各ボアホールにおける音速、割れ目の分布

On Crack Distribution Measured by Borehole Crack-Detector
Using Ultrasonic Pulse Method

by
Ryoji KOBAYASHI

(Faculty of Engineering, Tohoku University)

The purpose of this study is to determine the crack distribution and the sound velocity of the underground rock body.

The borehole crack-detector using the ultrasonic pulse method is manufactured to undertaking above investigation. Then, the BX borehole required for the test is drilled at right angle to the sidewall of the drift. Moreover, the detector is inserted in a hole, radial oriented. Further, the two-probe of the detector are pressed to the inner face of the borehole. Furthermore, the sound velocity of the rock between the two-probe is measured by the ultrasonic instrument. If the cracks exist in the rock between the two-probe, a pulse on the cathode-ray tube is disappeared.

The results obtained from the studies of the sound velocity and the crack distribution of the underground rock body in YAGUKI mine are as follows ;

The cracks of limestone are distributed widely, and it is difficult to find a certain relation between the sound velocity of limestone and the distance from the sidewall of the drift.

Then, the ore body have only a few cracks, but many cracks exist between the ore body and limestone, which is in contact with the ore body.