

気象庁地震観測所坑内における弾性波速度測定

南雲昭三郎

東京大学地震研究所

高橋博

国立防災科学技術センター

長谷川淳

住総コンサルタント株式会社

Elastic Wave Velocity Measurement in the Pit of the Matsushiro Seismological Observatory

By

S. NAGUMO

Earthquake Research Institute, Tokyo University

H. TAKAHASHI

National Research Center for Disaster Prevention, Tokyo

and

K. HASEGAWA

Sumiko Consultants Co., Ltd., Tokyo

Abstract

Elastic wave velocity measurement was made in the pit of the Matsushiro Seismological Observatory of the Japan Meteorological Agency. The methods are mean velocity method and seismic refraction method.

(1) The mean velocities of longitudinal elastic waves are about 3.2 km/sec in the black shale formation, and 3.8 km/sec in the porphyry mass.

(2) Around the pit wall, these velocities are reduced to about 2.4 km/sec in the part of black shale, and to about 3.1 km/sec in the part of porphyry. This may be due to a relaxation of bed rock due to opening of the pit.

(3) When elastic waves pass through a fractured fault zone, the time delay of 1 to 3 milliseconds was observed on the travel-time curve.

1. 緒言

松代付近における弾性波速度分布に関する基本的資料を得る目的をもって、松代の気象庁地震観測所坑内において弾性波速度測定を行なった。方法はダムサイトにおいて、横坑を利用して行なわれている平均速度法および屈折波法を用いた。当坑内は黒色頁岩（別所層）とヒン岩とから成っている（図-1）。坑内には国際標準地震計、ひずみ地震計等の地震観測器械が設置されていることと、これらの設置工事の際の捨石による坑道の埋没ならびに落盤などのため、爆破点、測線の設定

に著しい制約を受けた。図-2に測線および爆破点の位置を示す。展開1は黒色頁岩部分に対するものであり、展開2はヒン岩部分に対するものである。展開1付近はちょうど黒色頁岩からヒン岩に移行する部分にあたり、両者はたがいに入りこみ、境界部には凝灰岩が分布し、また破碎帯が多く伴っている。また節理の発達が非常に著しい所である。

観測に使用した器械はETL M3-O型地震探針機、NEC製20cps受振器である。展開は受振点間隔3m、12成分にて行なった。

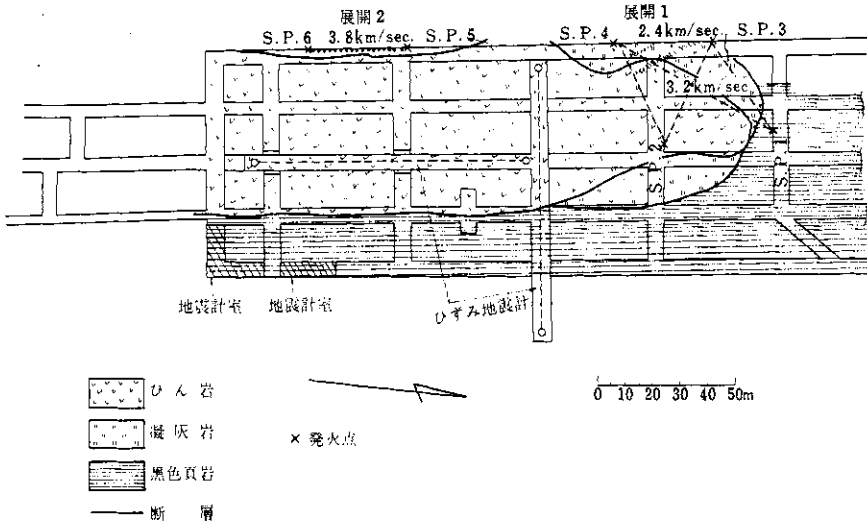


図-1 気象庁地震観測所坑内地質図

Geological map in the pit of the Matsushiro Seismological Observatory of the Japan Meteorological Agency.

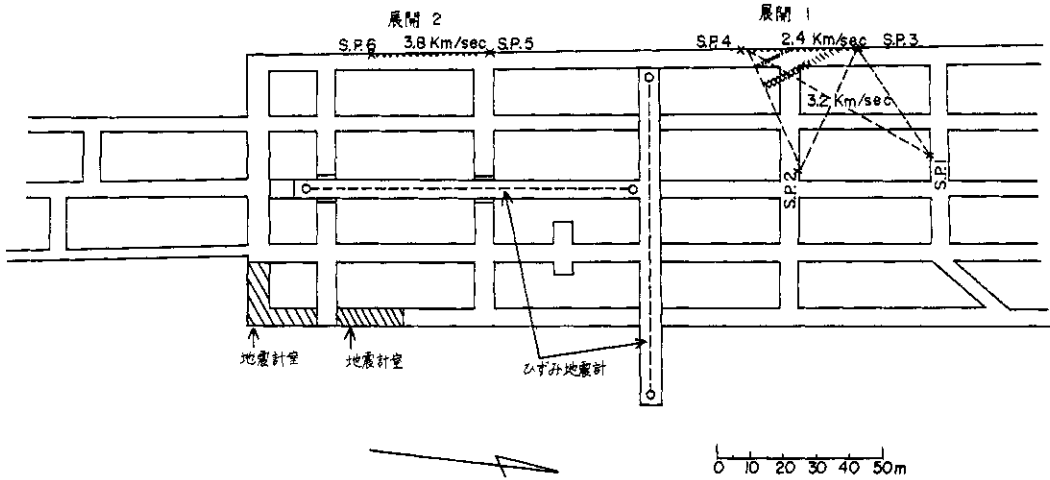


図-2 地震観測所の坑内における弾性波速度測定の測線位置図

Spread configurations for elastic wave velocity measurement by the mean velocity method and the seismic refraction method in the Matsushiro Seismological Observatory.

2. 測定結果

2.1 展開 1 についての平均速度法

図-3 に得られた平均速度分布を示す。図-4 に伝搬距離に対する走時を示す。図-5 にそれらの結果と記録上の波形の変化を参照して求めた速

度分布図を示す。

速度分布 (図-3) は、爆破点 S. P. 1 と展開 1 の受振点 No. 11, 12 の間において 3.2 ~ 3.0 km/sec の値を示し、爆破点 S. P. 2 と展開 1 の受振点 No. 12 ~ 7 との間において約 3.0 km/sec

の値を示している。爆破点 S. P. 1 と展開 1 の受振点 No. 10~1 の間の 3.0 ~ 2.3 km/sec という速度低下は測線付近の低速度帯 (約 2.4 km/sec, 後述) によるものと考えられる。図-4 に

明らかなように、走時曲線に 3 msec ~ 1 msec 程度の時間のとびがみられるが、これは断層破碎帯を通過する際に生じた時間の遅れと考えられる。以上のことから、(1) 黑色頁岩部分の速度は新鮮

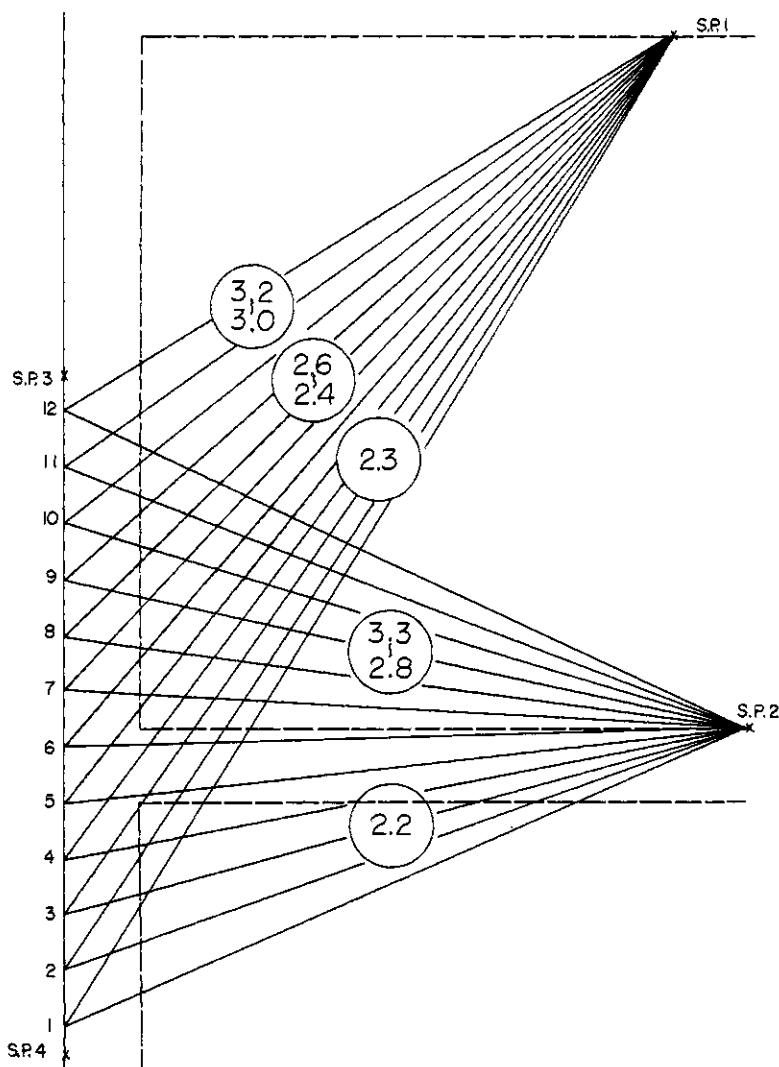


図-3 展開 1 における平均速度分布。丸印内の数字は速度 (km/sec) を示す。

Distribution of mean velocity in the spread 1. The figures in the circles show the value of the longitudinal wave velocity in the unit of km/sec.

な岩体内部において約 3.2 km/sec であること。(2) 測線付近の速度は 2.4 km/sec であること、(3) 断層破碎帯を通過する際に 1 msec ~ 3 msec 程度の時間の遅れが生じていること等が考えられ

る。破碎帯は図-5 にバツ印で示され、 F_1 は 3 msec の時間遅れを示す。 F_1 の一部分は東西方向では遅れの時間が少なく 1 msec 程度になっている。 F_2 は 1 msec の時間遅れを示す。

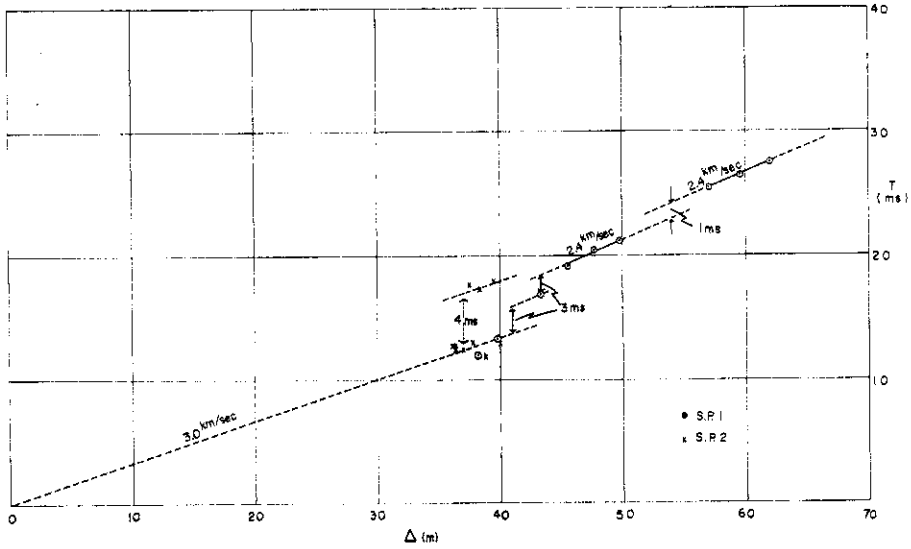


図-4 展開1における横坑間速度測定の時時曲線。⊙、×印はそれぞれS. P. 1, 2に対するもの。断層破砕帯通過に伴う時間遅れがみられる。

Travel-time curve for the intra-pit velocity measurement in the spread 1. ⊙, × are marks for shot point 1 and shot point 2, respectively. Time delays due to crossing fault zones are seen on the curve.

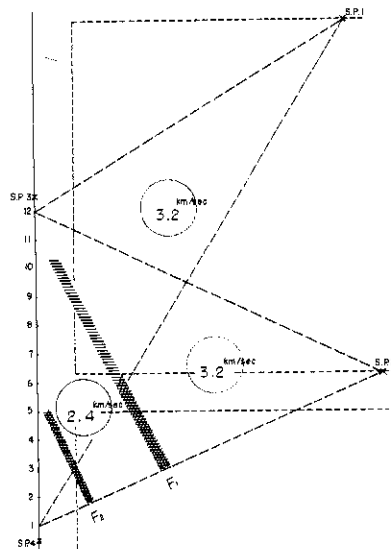


図-5 展開1における平均速度分布図。F₁, F₂は弾性波の通過の際に時間の遅れを伴う断層破砕帯を示す。

Distribution of mean velocity in the spread 1. F₁ and F₂ indicate the fractured fault zones which cause the time delay in the propagation of elastic waves for passing through it.

2.2 展開1の屈折波法

この展開1は黒色頁岩からヒン岩への移行部に設けられたものである。図-6に展開1の屈折波法による走時曲線および“はぎとり”走時曲線を示す。生の初動走時のバラッキは節理の影響によるものと思われる。“はぎとり”走時曲線は受振

点No. 11~10間において時間のとびが認められる。それ以外の区間では約2.4 km/secの値を示す。この岩盤速度の値が平均速度法で求められた岩盤内部の値に比べて小さいのは、開坑によって坑道周辺の岩盤がゆるんだことによるものと考えられる。

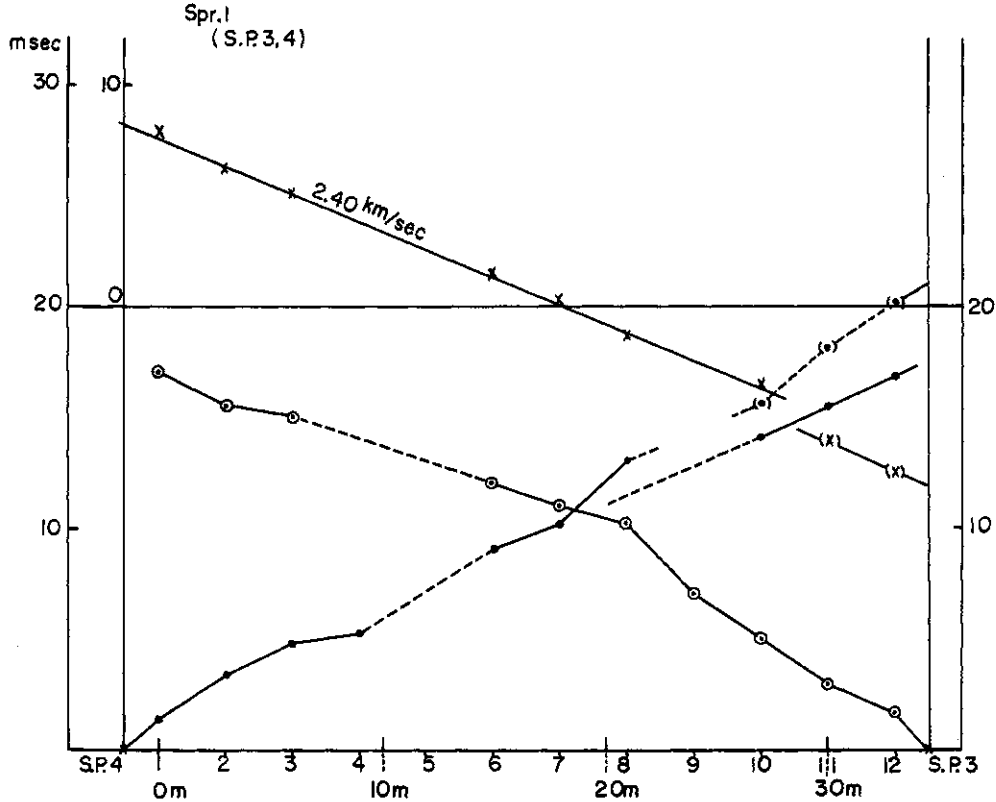


図-6 展開1 (黒色頁岩からヒン岩への移行部分) における屈折波走時曲線。×印は“はぎとり”走時曲線を示す。

The travel-time curve of seismic refraction method in the spread 1. This spread is located in the transitional part from black shale formation to porphyry mass. × marks indicate the “unveiled” travel-time curve, which shows the travel-time curve in the refraction bed.

2.3 展開2の屈折波法

この展開2はヒン岩部分に設けられたものである。図-7に展開2の屈折波法による走時曲線および“はぎとり”走時曲線を示す。受振点No. 6~4の間に走時の飛びがあるが、その両側で速度はNo. 1~No. 4間において3.8 km/sec, No. 6~No. 12間において3.1 km/secの値を示す。

前節の結果を参照すると、横坑内の屈折波速度は横坑間速度よりも小さくなっている傾向が著しいので、この展開においても同様の現象が生じているものと思われ、この“はぎとり”走時曲線に表われた速度は開坑のためゆるみを受けた岩盤の速度と考えられる。したがって岩盤内部の新鮮なヒン岩の速度はこれより大きい値を持つ可能性もあ

り、少なくとも 3.8 km/sec 以上の速度となるものと推定される。この速度を展開1におけると同

様に、直接横坑内のひずみ地震計に近づくために残念ながら割愛せざるをえなかった。

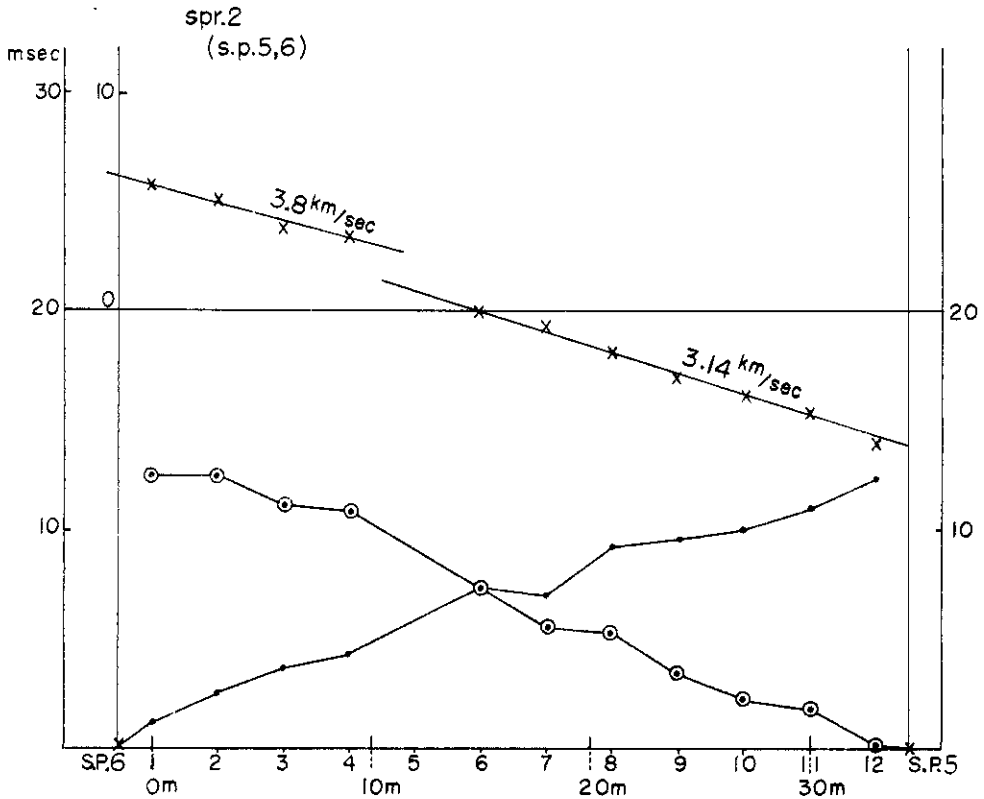


図-7 展開2(ヒン岩部分)における屈折波走時曲線。×印は“はぎとり”走時曲線を示す。

Travel-time curve of seismic refraction method in the spread 2. This spread is located in the porphyry mass. × marks show the “unveiled” travel-time curve.

3. 結論

平均速度法および屈折波法による弾性波速度測定によって次の結果を得た。

(1) 黒色頁岩内を依わる弾性波速度は約 3.2 km/sec と考えられるヒン岩のそれに対しては 3.8 km/sec の値が得られた。

(2) 坑道周辺においては速度の値が低下し、黒色頁岩部分において約 2.4 km/sec に、ヒン岩部分において約 3.1 km/sec という値になっている。これは岩盤のゆるみによるものと考えられる。

(3) 断層破砕帯では弾性波がそこを通過する際に、 $1 \text{ msec} \sim 3 \text{ msec}$ 程度の時間の遅れが生ず

ることが見いだされた。

謝 辞

今回の測定に当たってご協力をいただいた気象庁地震観測所竹花所長をはじめ職員の方々に厚く謝意を表する。

参 考 文 献

- 1) 増田秀夫：わが国におけるコンクリートダム基礎岩盤の弾性波速度に関する応用地球物理学的研究。電力中央研究所技術研究報告，1961。
- 2) 増田秀夫：ダム基礎の地球物理的調査

気象庁地震観測所坑内における弾性波速度測定 — 南雲・高橋・長谷川

(弾性波試験について). 物理探鉱,

Vol. 13, p. 25~35, 1960.