

大平山トンネル苔谷における孔中地震計による地質調査

京都大学 吉川宗治

鹿島建設 佐藤忠五郎 渋谷長美 ○田村 計

1 はしがき

山陽新幹線大平山トンネル東工区苔谷の調査用旧ボーリング孔から被圧自噴水が噴出した事実から判断してトンネル施工中に破碎帯と湧水に遭遇する危険性があるので、苔谷を中心として苔谷と戸田山一湯野破碎帯にはさまれた区間もあわせて地質状況を把握するため地質踏査、ボーリング調査、電気探査、地震探査を図-1に示す区域で実施した。この中、地質踏査、ボーリング調査、地震探査について述べる。

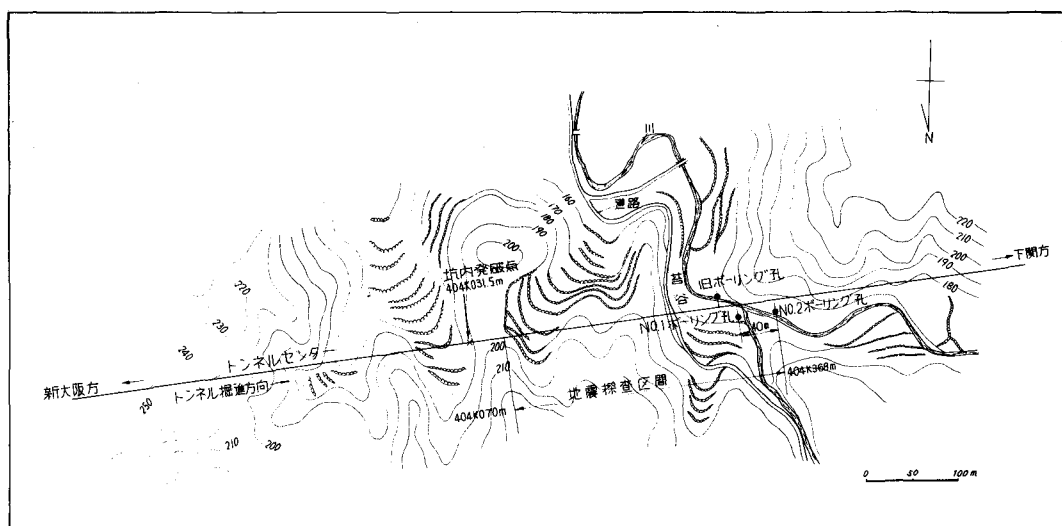


図-1 苔谷付近平面図

2 地質概要

苔谷付近の地質は、いわゆる三群変成岩帯に属する片岩類とこれを貫く中生代白亜紀末の花崗岩からなり、地質構造はかなり複雑になっている。また苔谷付近は東西性の谷と北西性の谷とが合流する地点にあたり付近一帯湿潤な低地帯となっており、これらの谷筋では東西性の断層と北西性の断層が観察される。坑口より約1,400m付近以奥は片岩と花崗岩が交互にあらわれその接触部は破碎されていることが多く、トンネルは片岩と花崗岩との接触部付近を通過している。

苔谷のトンネル路線付近の1地点(図-1、旧ボーリング孔)で行なわれたボーリング孔より被圧水が自噴した事実があり、2本の追加ボーリング(物探測定用、図-1の№1、№2ボーリング孔)のコアの状況からみて岩片の節理や断層面に沿って花崗岩やベグマタイト、アブライト岩脈が多数貫入しており、その接触部が破碎されている例が多い。したがってこれらの破碎帯が苔谷の流水と連絡している可能性が多いので、地下内部の地震探査を行なって地質状況を把握した。

3 ボーリング調査

44年12月苔谷の旧ボーリング孔（坑口より1,873m地点、路線Cより10m南側）より被圧地下水の噴出と破碎帯存在の事実があり、苔谷の地下を施工する際、破碎帯に遭遇し湧水の危険があり、このため坑口より1,893m地点に $\#$ 1孔（孔長125m）および坑口より1,933m地点に $\#$ 2孔（孔長130m）のボーリング（いずれも路線Cより10m北側）を行ない、地質状況を把握するとともに、この孔を地震探査にも利用した。図-2にボーリング柱状図を示す。

ボーリング孔内の地質状況はつぎのとおりである。

(1) $\#$ 1孔

表土のすぐ下に花崗岩があらわれているが、これは片岩中に貫入したものである。この下に黒色片岩が地表より-26~-40m間にわたって破碎されており、これは花崗岩と片岩の接触部に相当するためと考えられる。この下方の部分も花崗岩の細い貫入脈が多く、き裂が多い。

(2) $\#$ 2孔

黒色片岩とこれに貫入した花崗岩の細い貫入脈よりなり、地表より-18m~-24m付近および-51m~-54m付近には破碎帯があり、柱状図およびコアの写真よりみて花崗岩と片岩の接触部に相当するものである。この他の部分もき裂が多い。

(3) 旧ボーリング孔

片岩とこれに貫入した花崗岩またはアブライトが交互にあらわれている。片岩と花崗岩やアブライトの接触部はき裂が多く湧水も多い。被圧水の自噴はこれらの接触部のき裂の大きいものを通して行なわれたものと考えられる。苔谷の旧ボーリング孔および新ボーリング孔 $\#$ 1および $\#$ 2の地質柱状状況より考察すると、苔谷付近トンネル施工基面における地質は、片岩と片岩中に貫入した花崗岩およびアブライトが交互にあらわれてくるものと考えられ、これらの接触部はき裂が多く湧水を伴う危険性が高い。

4 弾性波探査

(1) ボーリング孔間の弾性波探査

速度測定用ケーブルをボーリング孔 $\#$ 2に挿入し、地表下44~66m間（2m毎に12個）に設置し、他方ボーリング $\#$ 1孔内においては地表下7地点（-123m、-110m、-100m、-80m、-60m、-40m、-20mの地点）で成形爆薬により発破を行ない、 $\#$ 2孔で受震した。この結果を表-1と図-3に示し、測定記録を図-4に示す。

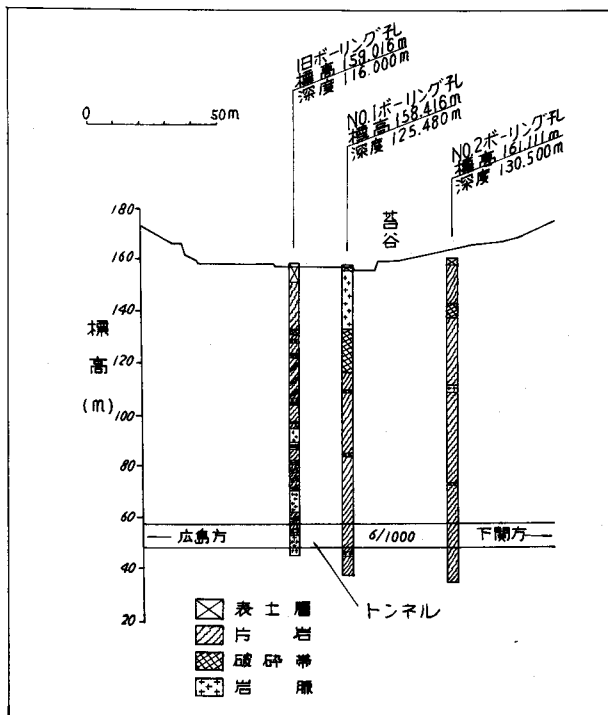


図-2 ボーリング柱状図

№1孔の20m地点と№2孔の受震点間の速度は5.1～5.5 Km/sec, 40m地点のそれは5.7～6.0 Km/sec, 60m地点では5.5～6.4 Km/sec, 80m, 100m, 110m, 123mでの速度はいずれも6.0 Km/sec 以上であり, 100m地点では6.6 Km/sec の速度を有するものである。

(2) 先進探査

苔谷を中心とし, 苔谷と戸田山—湯野破砕帯にはさまれた区間の中, 地表の404k070～404k280(坑口より1,635～1,845m)間に受震器を展開し, 同時にボーリング孔№2孔中に受震器を挿入し, 切羽(坑口より1,596.5m)の発破を利用して速度測定を行なった。その結果は図-3に示すとおりである。図-3より404k070～404k240(坑口より1,635～1,805m間)にわたる苔谷の東側の区域において低速度層としてP波の伝播速度2.6～3.8 Km/sec の6層の速度層と4.3 Km/sec の2層の速度層がそれぞれ幅10～30mで存在し, 他の部分は6.0 Km/sec の高速度層からなり, 低速度層と高速度層とが坑口側に約60°の傾斜で交互にあらわれるものと考えられる。なお, 2.6, 2.8, 3.0 Km/sec の速度層は粘土化しているものとみられ, 3.6, 3.8 Km/sec の速度層は, 粘土化部分と良質の部分とから成り立っており, 4.3 Km/sec の速度層は上記の値に比して若干良質ではあるが, 施工上要注意の地質と考えられる。

5 弾性波探査と掘削結果の比較

このトンネルにおいては, 底設導坑先進工法を採用し, 底設導坑掘進時において上記諸探査を実施したが, 昭和47年12月1日現在上半部の掘進はすでに苔谷を通過して下関方にさらに掘進中である。その結果, 坑口から1,565～1,644m間の2.6, 6.0, 2.6 Km/sec の速

受震器 NO.と深度	-20	-40	-60	-80	-100	-110	-123
Km/sec							
P1-44(m)	5.5	6.0	6.4	6.2	6.3	6.1	6.1
2-44	5.3	5.9	6.3	6.2	6.3	6.1	6.2
3-48	5.3	6.1	6.3	6.3	6.4	6.1	6.2
4-50	5.3	6.1	6.1	6.4	6.4	6.1	6.6
5-52	5.2	5.9	5.9	6.4	6.5	6.4	6.3
6-54	5.2	6.0	6.0	6.3	6.4	6.2	6.2
7-54	5.2	6.0	5.8	6.3	6.4	6.3	6.4
8-58	5.2	6.0	5.7	6.3	6.5	6.2	6.3
9-60	5.3	5.8	5.8	6.3	6.7	6.2	6.3
10-62	5.3	5.7	5.4	6.1	6.7	6.1	6.3
11-64	5.3	5.7	5.4	6.1	6.4	6.1	6.5
17-64	5.4	5.7	5.4	6.1	6.4	6.2	6.2

表-1 ボーリング孔間の弾性波速度

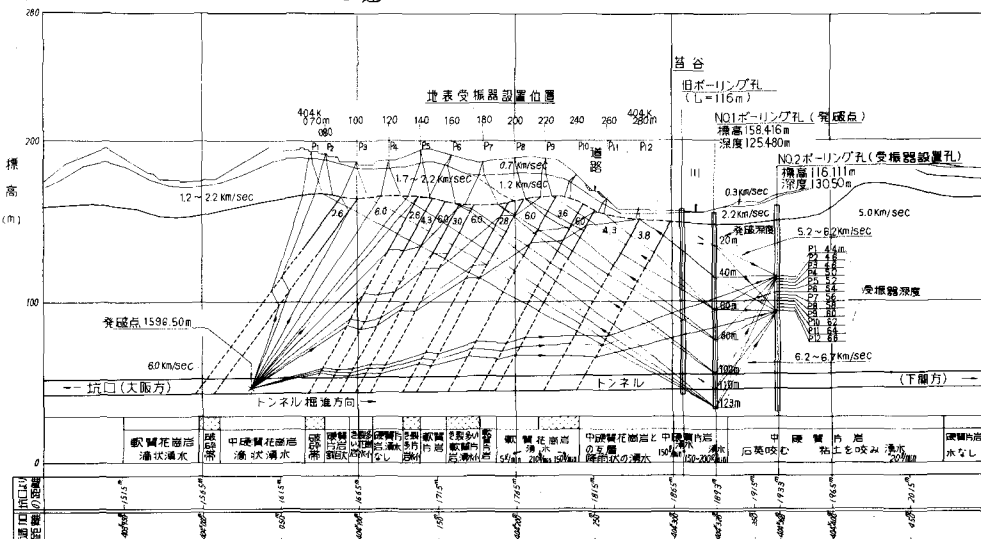


図-3 弾性波探査解析断面図

度層において、軟質花崗岩と中硬質花崗岩から成り立っているが、 2.6 km/sec の速度層は破碎部分に
あたり湧水を伴って軟質化していた。また 6.0 km/sec の速度層は中硬質花崗岩よりなり滴状の湧水を
伴っていた。

坑口より $1,644 \sim 1,693 \text{ m}$ 間の $4.3, 6.0, 3.0, 6.0 \text{ km/sec}$ の速度層において、 3.0 km/sec
の速度は、き裂の多い花崗岩から成り小量の湧水があった。片岩類は大きな割れ目がみられるが湧水
はなかった。

坑口より $1,693 \sim 1,752 \text{ m}$ 間の $2.8, 6.0, 3.6, 6.0 \text{ km/sec}$ の速度層は、やや軟質の片岩で
小量の湧水があった。

坑口より $1,752 \sim 1,805 \text{ m}$ 間の $4.3 \sim 3.8 \text{ km/sec}$ の速度層は、軟質花崗岩で 4.3 と 3.8 km/sec
の速度境界で約 210 l/min の湧水がありまた 3.8 km/sec の部分は破碎帯を形成し $100 \sim 150 \text{ l/min}$
の湧水があった。

坑口より $1,805 \text{ m}$ より旧ボーリング孔および $\#1$ ボーリング孔にかけて、き裂の多い中硬質の花
崗岩と、き裂の多い中硬質片岩の互層が続く、天端より降雨状の湧水があり特に自噴水のあった旧ボ
ーリング孔付近では約 150 l/min の湧水があった。また $\#1$ ボーリング孔付近では $150 \sim 200$
 l/min の湧水があった。 $\#1$ ボーリング孔付近通過後は、中硬質片岩から硬質片岩に変わり、ところど
ころ石英や粘土をはさむ状態になった。

6 むすび

苔谷の新ボーリング孔 $\#1$ および $\#2$ 孔間は、施工基面
付近の弾性波速度が 6.0 km/sec 以上を示す点からみて、岩
質は良好であると考えられたが、苔谷の東側（坑口より $1,$
 $635 \sim 1,805 \text{ m}$ 間）は、 $2.6, 3.8 \text{ km/sec}$ の6層の速
度層と 4.3 km/sec の2層の低速度層および 6.0 km/sec の高
速度層とが坑口側に約 60° の傾斜で交互にあらわれ、苔
谷に近づくに従って湧水量が増すことが考えられ、特に坑
口から $1,720 \sim 1,805 \text{ m}$ 間は、 $3.6, 4.3 \text{ km/sec}$ の速
度層が幅約 10 m の 6.0 km/sec の速度層をはさんで、約
 80 m の幅を有している点を考慮して、施工対策上十分な
注意を行なって掘削を実施した。
掘削後、地質状況を比較してみると、調査結果とほぼ合っ
ていることが判明した。

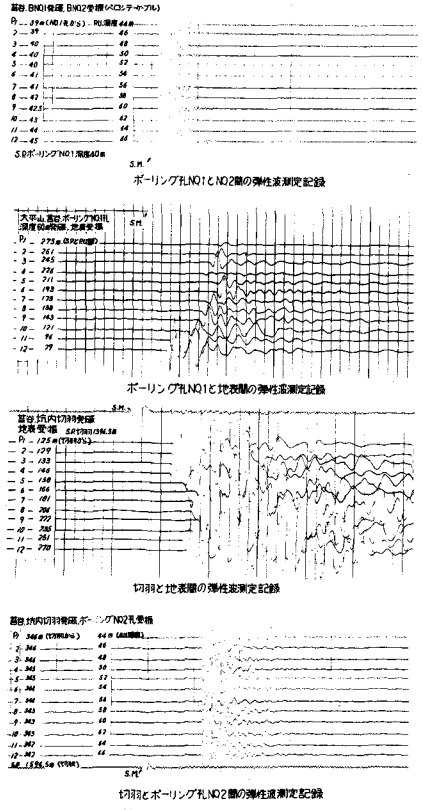


図 - 4 測定記録

Geological Survey by Borehole Geophones in Kokedani of Ōhira Tunnel

Kyoto University

Soji YOSHIKAWA

Kajima Corporation

Chūgorō SATOH

Takemi SHIBUYA

Hakaru TAMURA

Authors considered that underground water would run off in tunnel work, judging from fact of gushing of confined water from old boring for geological surveying of Kokedani in Higashi Section of Ōhira Tunnel on New Sanyō Railroad Line.

In order to investigate geological condition, two borings were driven on both sides of Kokedani river.

Seismic waves generated by blasting in boring No.1 were caught by borehole geophones set in boring No.2 and coincidentally were received by geophones put on surface (404K070~404K280).

Furthermore, prospecting of innermost recesses was carried out by geophones on surface (404K070~404K280) and borehole geophones in boring No.2.

These results are explained in this paper.