

000002

富山県一般県道下梨城端線
綜合地質調査報告

昭和 40 年 3 月



与長谷川 40.4.8.

建設省土木研究所

目 次

1. ま え が き	1
2. 調 査 項 目	1
3. 地 質 上 の 問 題 点	27
4. 地質条件と路線位置及び掘削方式	31
5. あ と が き	33

1. ま え が き

本報告書は、富山県及び建設省土木研究所が行なつた種々の地質調査結果を集め検討したものである。各項の調査は各調査機関によつて行なわれたが、調査の計画、実施、調査結果の検討は、土木研究所の監督又は指導のもとに行なわれている。なお、各調査機関とその調査項目は下記の通りであるが、報告書は別々に提出されているので、詳しくはその報告を参照されたい。

a 株式会社応用地質調査事務所

地 表 踏 査

弾 性 波 探 査

b サンコーコンサルタント株式会社

試 錐 工 事

湧水量調査 (J F T)

c 土木研究所

密 度 検 査

試錐コアの物理試験

2. 調 査 項 目

2-1 地 表 踏 査

調査地は富山堆積盆地の南縁部にあたり、基盤をなす古期花崗岩類とこれを覆う新生代の堆積層からなる。主要地質構造は北東-南西方向、北北西-南南東方向であり、花崗岩中にみられる古い断層の方向及び岩褶層の堆積構造の方向は前者に属し、上梨-城端断層は後者に属する。

(a) 古期花崗岩類

時代未詳の花崗岩類からなる。本岩は白色～淡紅色中粒～細粒の黒雲母花崗岩～黒雲母角閃石花崗閃緑岩で局部的に石灰岩を夾む典型的な船津型花崗岩類である。谷底では新鮮な黒雲母、石英、長石類、および少量の角閃石等の鉱物からなるが、用水トンネルや試錐コアでみると黒雲母や長石類の風化変質が著しく緑泥石や粘土（白色）に変っている。

花崗岩中に発達する節理の走向傾斜は $N 60^{\circ} \sim 70^{\circ} E, 60^{\circ} N; N 40^{\circ} W, 70^{\circ} N$; $N 80^{\circ} \sim 90^{\circ} W, 80^{\circ} S$ の三方向が卓越し、その間隔は新鮮部で $10 \sim 50 \text{ cm}$ 、破碎されているところでは $2 \sim 10 \text{ cm}$ である。風化の影響を受けているところでは、平滑な節理面に粘土や緑泥石が薄く附着しており、非常に滑落し易い。新鮮な花崗岩は硬く、コンクリート骨材として使用できるが、かなり節理や変質の著しいところがあるので、歩留りは大部低下するものと思われる。

(b) 検原累層

下部は砂岩、泥岩を主とする堆積岩で 上部は安山岩及びその火山砕屑岩類からなり、産状、分布は一様でない。下部の堆積岩は砂岩、泥岩、礫岩等からなるがトンネルに遭遇する位置にはアルコーズ砂岩（石英や長石粒の多い粗～中粒砂岩）、アルコーズ砂を基質とする礫岩及び凝灰質泥岩が存在する。一般に砂岩は割れ目や節理が少く、良好な地山となつているが、泥岩は風化し易く破碎帯の附近では細かく割れ、非常に軟質になつている。特に下梨掘坑口附近は軟岩化が著しい。本層の一般走向傾斜は $N 40^{\circ} \sim 50^{\circ} E, 20^{\circ} \sim 40^{\circ} N$ であるが、堆積基盤の凹凸が著しい上、堆積中及び堆積後の地殻変動により、地

層は非常に乱れ、横方向への連続性に乏しい。

上部は安山岩を主とする。安山岩の新鮮なところは、黒色緻密で熔岩、熔結性凝灰岩などからなり、堅硬であるが、一般にキレツが多く細かく割れている。最上部には紫紅色の石英安山岩が発達している。石英の斑晶は特に顕著であるが、他は比較的均質で、キレツの発達も粗く（50 cm～1.0 m間隔）岩石の内部は新鮮である。

(c) 岩 稜 累 層

主として安山岩及びその火山碎屑岩よりなる厚層であるが、上、中、下部に大きく分けられ、下部層は角閃石安山岩熔岩を多く挟み、中部層はしばしば凝灰質砂岩（ヤムルーズ）を介する安山岩、上部は非斑状黒色緻密な安山岩よりなる。一般に下部、中部の凝灰岩～集塊岩、砂岩などの部分では節理の間隔が広く（50 cm～1 m）上部の熔岩を主体とする部分では狭く（5 cm～50 cm）、密である。

なお、本累層の最下部に相当する部分に1～2 mの礫層がある。礫種は花崗岩、チャート、石英安山岩で径5～6 cmの円礫である。基質は砂や泥で固結度が低いが分級度が悪いので、透水性はない。

非斑状黒色緻密な安山岩はコンクリート用骨材として適する。

(d) 断層破砕帯及び節理

上梨一城端断層 本地区最大の規模をもつ断層破砕帯で、数本の断層が複雑にかみ合った複断層である。全体的な走向はN 10°～15°W傾斜は不明だがほぼ垂直に近いもので、巾は100 mを超えるものと思われる。この断層破砕帯の西側には太美山層群に属する石英粗面岩、東側には岩稜累層に属する安山岩が発達するが断層を南の方に追跡してゆくと基盤の花崗岩を取り込んでいるところもある。

断層破碎帯は、原岩がほとんど皆破碎されて、断層角礫や断層粘土などになっており、堅岩のまゝで残っているところは少い。

ii) 城端側トンネル梨谷坑口附近 走向は、 $N 45^{\circ} E$ 位の断層である。断層の東側では基盤の花崗岩が地表にでていることからするとかなり落差のあるものと考えられるが詳かでない。ただし検原累層の安山岩が広く破碎されており、崩壊地地形も存在するので、破碎帯の巾(弾性波探査の結果では明らかに断層とされているところは30~40 mだが擾乱帯は100 mに及ぶものと思われる。)やその性質などの解明は今後に残された問題点の1つである。

iii) 下梨側トンネル小来栖坑口附近 走向 $N 20^{\circ} E$ 、巾20~30mの断層で古期花崗岩類、検原累層中の泥岩や砂岩は著しく脆弱化している。

IV) 節理 城端側トンネル梨谷坑口附近以外の安山岩類中には比較的少いが、下梨側トンネルの花崗岩には種々の走向傾斜を有する節理が多く発達している。節理の間隔は40~50cm、或いはそれ以下で、長石類は緑泥石に変わり、節理面は平滑で、表面に薄い粘土層が附着しており、非常に崩落し易くなっている。

2-2. 試 錐 工 事

試錐工事は、地表踏査や弾性波探査の調査結果を補い岩盤の深さ、地層の境界、断層の確認、岩盤や断層内の状態、湧水状況などを調べる目的で行われた。工事はサンコーコンサルタント株式会社が行い、コアの採取の他、その穴を使つて、JFTによる湧水量の測定やRI密度検層を行つた。

A孔は、城端側トンネル城端側坑口附近の人喰谷左枝坑口から300m余

りのところで、上梨一城端断層の確認のために行つた。試錐地点は山腹斜面を選び、山側へ伏角60度でトンネル予定線には掘進長約100mで達するよう計画した。又、弾性波探査の結果では、断層と断層との間に40~50mの中で堅岩が存在することが推定されるので、その確認も計画した。工事は或る程度難工することを予想していたが、実際には断層粘土と岩屑とで予想以上に難波をきわめ、弾性波探査で推定していた堅岩も、断層にとり残された岩塊程度にしかでて来なかつた。最終掘進長は110mだが、その間、ほとんど、安山岩と石英粗面岩からなる断層粘土及び角礫粘土である。

B孔は城端側トンネル梨谷坑口から約400mの地点で、150mの、垂直ボーリングとして行つた。この工事は岩稻累層の安山岩、檜原累層の石英安山岩の岩質を調べる他、岩稻累層と檜原累層との境界の確認と、境界附近の湧水を調べることを目的とした。

岩稻累層は予想通りキレツの少い良好な岩である。檜厚累層は上部に発達していると考えられていた安山岩はなく、すぐ石英安山岩がでてくる。両層群の境界には厚さ2cm足らずの礫層があり、礫層の下、石英安山岩の上部はキレツに富み、著じるしい透水性を示す。その他の石英安山岩中でも破砕されているところが多く、粘土を挟んでいたり湧水したりすることがある。

108.65m以深は、檜原累層中の砂岩泥岩であるが、これはキレツが多く軟質で不良地山である。

C孔は下梨側トンネルのほぼ中間で、現道脇から垂直に150m掘つた。目的は、檜原累層と花崗岩との境界の確認の他、湧水調査やトンネルフォーメーション附近の花崗岩の岩質調査である。地表踏査と弾性波探査

では、地表下 10 数 m で すぐ花崗岩が出ると推定していたが、実際には 79.5 m であつた。花崗岩は地質踏査では、露頭や附近の水路トンネル等から標高 700 m 附近まで追跡できるので、試錐結果と比較すると著しく凹凸があると考えられる。この附近の弾性波探査では、基盤は 4.2 Km/sec の速度値を示したが、試錐地点での花崗岩の位置や、花崗岩の岩質を考えると、これは弾性波が安山岩のシート又は熔岩上面を伝わつたもので花崗岩中を伝わつたものではないと思われる。

地表から 13.15 m までは表土（及び崖錐）で、13.15 ~ 15.1 m 間は B 孔と同じ石英安山岩で、風化してかなり軟岩化している。15.1 ~ 28.6 m 間は軟質の砂岩、泥岩で、採取率はほとんど 0 である。

28.6 ~ 41.6 m 間は、安山岩でその産状から熔岩流又は岩床と考えられるが詳でない。岩質は堅固でキレツも少く良好な岩盤をなしている。これと同様なものが、57.0 ~ 63.8 m 間にも発達しているが、やはり熔岩流又は岩床と考えられる。41.6 ~ 57.0 m 及び 63.8 ~ 79.5 m までは上記砂岩泥岩と同じ岩相を示し軟質である。

花崗岩は 79.5 m から 146.5 m まで続くが、上部 86.95 m までは風化してキレツの多い岩である。86.95 m 以深は風化の影響が少なくなつてくるが、キレツが多く、粘土が生成されているところがある。特に緑泥石が生じて全体が緑がかつた色を呈しているのが特徴的である。146.5 m 以深に再び安山岩の岩脈が存在する。この岩脈の規模は確認できなかつたが、キレツが多くキレツ面には粘土が夾まれている不良地山である。

2-3 試錐孔利用の諸調査

- (a) 湧水量の推定 地質調査用の試錐孔（B 孔、C 孔）を利用して湧水試験を行つた。使用機械は J F T（ジョンソンフォージョンテ

スター)で、掘さく中、固結度の悪い砂岩や礫岩、キレツの多いところ、岩相が変わるところ、地層の境界など湧水の可能性のある箇所を中心に測定した。その結果、B孔で2カ所、C孔で3カ所の湧水層を確認できたが、いずれも岩のキレツからの湧水である。測定結果及び解析結果は別に報告されているが、二、三問題になる点を指摘する。測定方法で問題になるのは、湧水量をロッドの水位上昇量に換え、ロッドから出る空気量をオリヒスメーターで読みとることである。その為湧水量が多い場合には、小口径のロッドでは湧水を防げる働きを伴い、オリヒスメーターは差圧が小さい場合には読みとり誤差や換算誤差、オリヒスメーターに当る風による誤差などが大きい。又、動水圧は、ロッド中の水柱で代用させているので実際より小さくする傾向がある。

透水係数の算出には非定常流が問題になる。一般にダルシーの公式から導かれる透水係数は定常流が条件であるが、調査箇所ではキレツからの湧水であることと、初期の条件(バルブを開けた瞬間)湧水量に対してロッドの口径が小さすぎるなどから、湧水は非定常でこれによる透水係数の誤差は大きいと考えられる。今回の調査で試算された透水係数は、初期条件で $10^{-4} \sim 10^{-5} \text{ cm/sec}$ 定常流に近いと思われる2～3分後の部分でも 10^{-5} cm/sec と比較的大きな値を示す。トンネル掘削時の湧水量については、前記報告書で試算してあるが、例えばトンネル半径30 m、被りが100 mの場合、B-2カ所の初期湧水量は1メートル当り $9.0 \text{ m}^3/\text{min}$ というように非常に大きい値を示すが、2～3分後の湧水量は $0.22 \sim 0.38 \text{ m}^3/\text{min}$ に激減する。前者は、測定誤差と非定常流からくる過大評価で、実際には後者の値を示すものと考え

られる。さらに湧水層の厚さは、各点の測定区間より小さく、最も厚い場合でもせいぜい1 m位と考えられる。その上地中の包蔵水量や地表からの流入量が少いので、一時的な出水は大きい、すぐ減水するものと考えられる。城端側トンネル梨谷坑口から掘削してゆく場合には、天端から先に湧水層に入つてゆくので、切羽の天井に注意しなければならない。B孔のその他の箇所の湧水も小さいものと思われる。C孔の湧水も小さいが、花崗岩からの湧水は透水係数が小さいので湧水量そのものよりも、水で包和されている節理面の粘土が湧水によつて洗い出され、岩塊が崩落し易くなつてくることが問題である。

(b) 密度 検 層

最近現場で土や岩の密度を手軽にしかも迅速に測定する方法としてアイソトープを用いる方法が使われている。測定方法は ^{60}Co を線源にして γ 線を土や岩に照射し背面散乱させ、検出器で散乱 γ 線を計測するものである。密度と計数値との関係は線源の種類、量、線源と検出器の距離、プローブ（線源と検出器を内蔵している）と孔壁との間隔、泥水濃度、ケーシングなどによつて異なる。このため実測された計数値と密度とを関係づけるカリブレーションカーブが必要になつてくるが、今回の調査では、時間的な余裕がなかつたことと、試錐コアから何点かの密度を実測できるので、カリブレーションカーブの作成は行わなかつた。しかし、コアの実測密度値と検層による値とが必ずしも一致しなかつたので、検層による計数値を密度に換算することは行わなかつた。けれども、全体的な傾向を把握することはできる。特に岩質が同じ場合でも風化の程度やキレツの有無によつて計数値がかなり増減することが分る。

B孔では、計数値 6000 が実測密度で 2.69 ~ 2.71、以下同様に 7000 は 2.44 ~ 2.47、8000 は 2.19 ~ 2.16 ……という関係に近い（カリブレーションカーブは密度 1 以上はほぼ直線に近い変化をする）が、試料はクラックのない最も良好な部分を使っているので、試験孔の中で測定される密度より大きいはずである。実際にキレツの多いところの計数値は大きくなっており、試料から考えられる密度より小さい密度値を示している。以下の説明では計数値で示すが、計数値が大きい程密度は小さい。

試験コーでは 165 m までコーの採取が行われていないが、検層によると、深度 40 m から岩盤（安山岩）と変わらない密度をもつたものが存在することが分る。従つて安山岩の風化層である表土は 40 m までと想定される。又、120 ~ 165 m までも密度の低いもの（245 前後）があるが、これはキレツが多くなることによるものと思われる。425 ~ 455 m までの高い計数値は、安山岩の破砕によるものであり、それ以深 482 m の礫岩までは、無数のキレツによるものと考えられる。礫岩は基質が泥質であるのであまり変らず、石英安山岩は一般に密度が小さい（234 ~ 241）。しかし 570 ~ 590 m 間に、低い計数値を示すところがあるが、試験工事の結果では変化がないので、計器の不良によるものかもしれない。

C孔では検層から判断される風化層の深さは 225 m までである。深度 130 ~ 195 m までの高い計数値を示す部分は孔壁が崩壊しているため、ある一定の空間を含めた密度を示しているものと思われる。C孔には他にも孔壁の崩壊箇所があり、実際の密度値よりも小さな値がでるものと思われる。C孔は砂岩や泥岩及びクラックの多い安山岩のた

め、一般にB孔より高い計数値を示しているが、370 m以深では、計器不良により高計数値を示すものと思われる。

2-4 弾性波探査

地質調査を短期間で経済的に行うには、弾性波探査が適している。しかしこれが単独で行われる場合には多くの誤りを犯すので地表踏査及び試錐調査を併用し、又掘削しながらチェックする必要がある。

側定及び解析は株式会社応用地質調査事務所が行った。側線配置はトンネル予定線にそう A、B 2 基側線（計 3,670 m）とこれに交叉する C～F 4 本の副側線（計 1,495 m）である。各側線共受振点間隔は 5 m とし発破点間隔は 115 m を原則としたが、トンネルの坑口附近では発破点間隔を約 60 m として解析精度を高めるよう努力した。

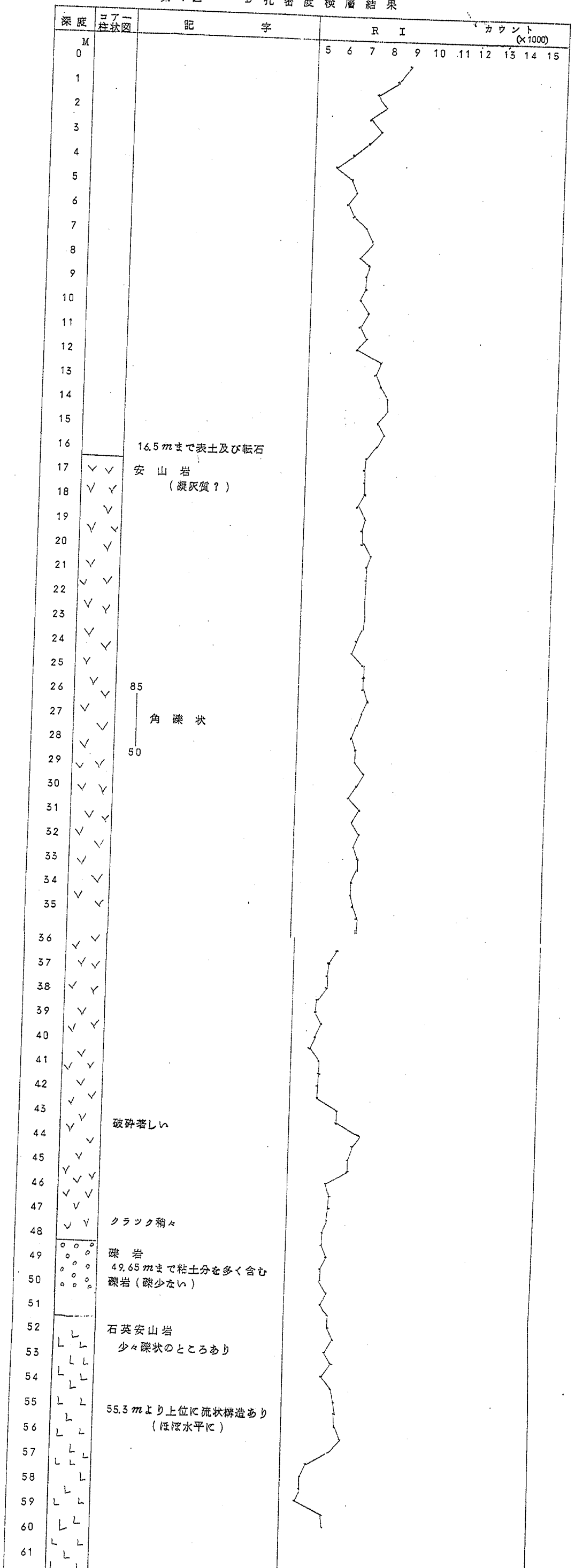
(a) 側定番号 30～110（人喰谷坑口から 400 m 附近まで）

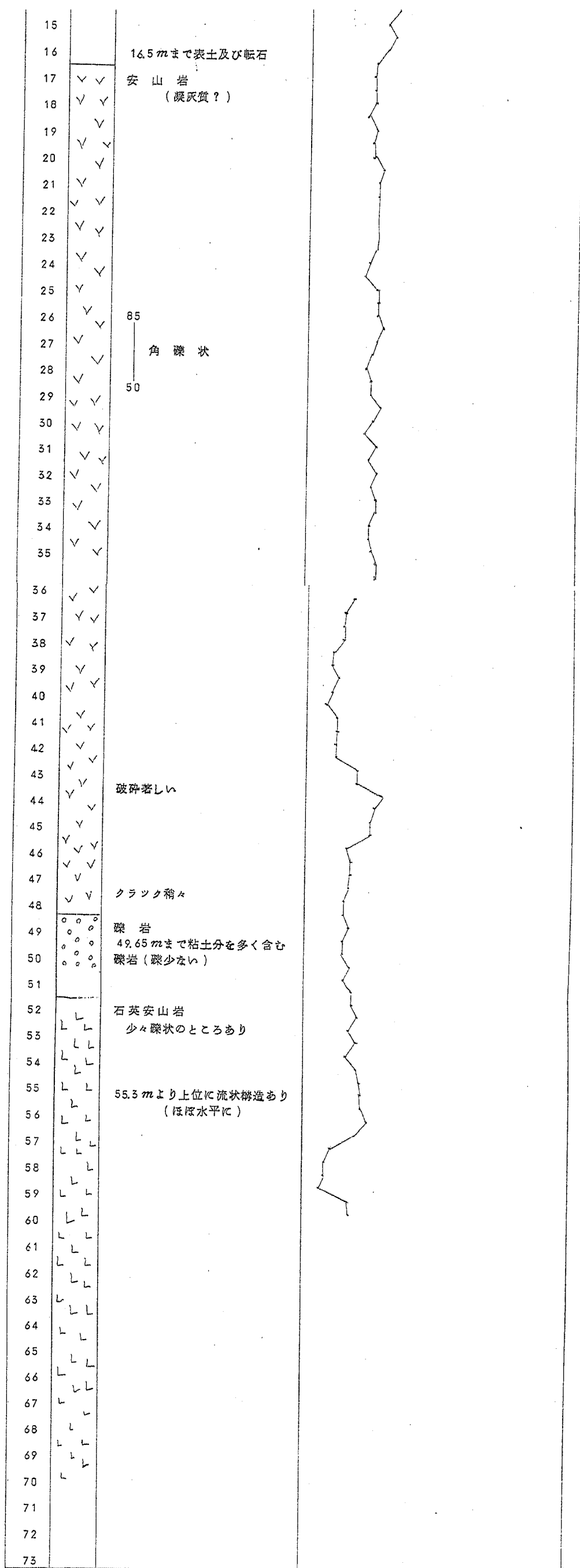
地表踏査の結果では石英安山岩と考えられ、弾性波探査の結果では、 $3.6 \sim 3.8 \text{ Km/sec}$ の堅岩中に $2.0 \sim 0.8 \text{ Km/sec}$ を示す低速度帯（断層破砕帯）が数本存在することが推定された。そこで堅岩と断層破砕帯の状態を一部確認しようとして調査用の試錐工事（C 孔）を行つたが、推定されたより堅岩は少く、断層による角礫と粘土との発達が著じるしい。

(b) 側定番号 110～390

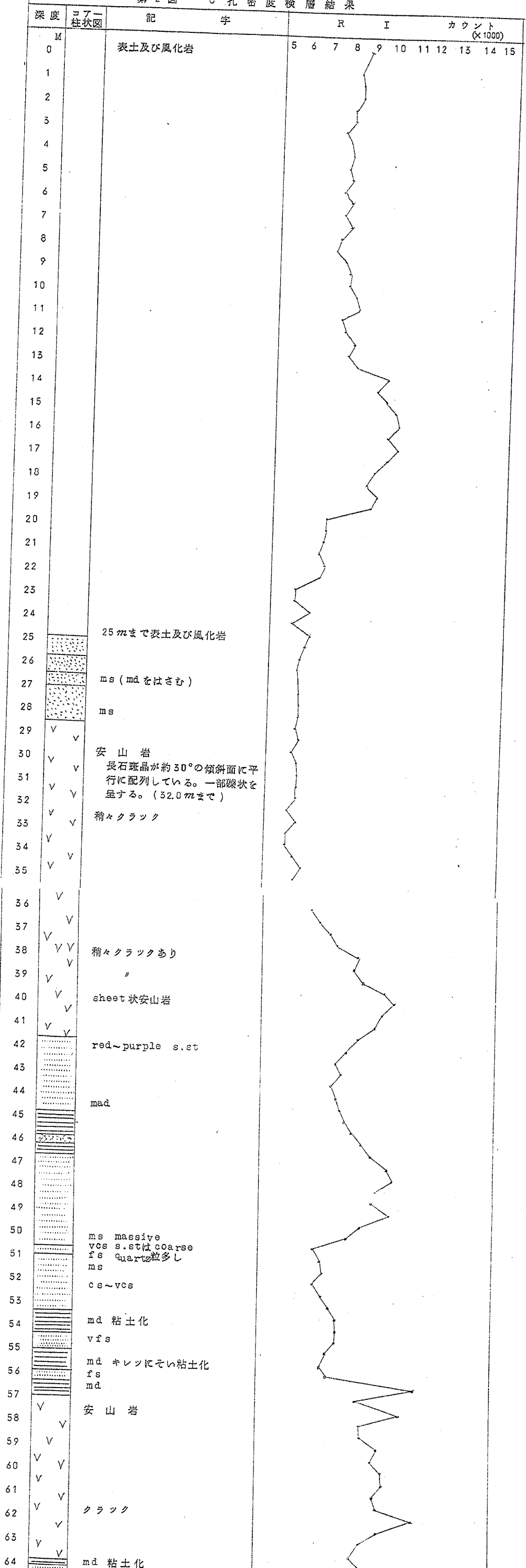
城端側トンネルの主要部を占めるもので、大部分安山岩からなる。一般に新鮮なキレツの少い安山岩は通常 $3.0 \sim 5.0 \text{ Km/sec}$ を示す。本地区では $3.1 \sim 4.0 \text{ Km/sec}$ を示すので、地山の状態は良好なものと考えられる。側点番号 270 から 330 にかけて、それぞれ 1.4、2.0、 1.6 Km/sec という低速度帯が存在する。これらの低速度帯は安山岩熔岩中に夾み

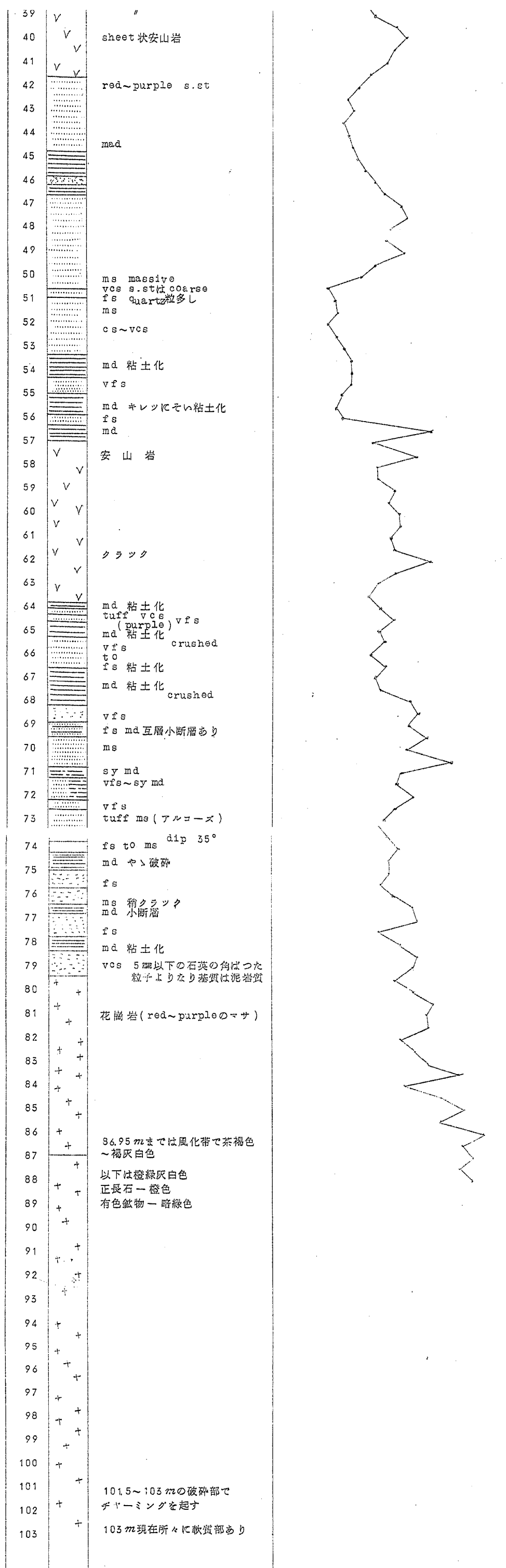
第 1 図 B 孔 密 度 検 査 結 果





第2図 C 孔密度検層結果





込まれた砂岩である可能性もあるが、楡原層中の砂岩泥岩中（下梨側トンネル中）の速度をみると、少なくとも 25 Km/sec 以上であるので、一般に新鮮な第3紀の砂岩は $2.0 \sim 4.0 \text{ Km/sec}$ ぐらいである）破碎帯と考えた方がよい。

(c) 測定番号 390～470（梨谷坑口）

安山岩及び石英安山岩の発達している地域である。弾性波探査の結果では 28 Km/sec とかなり低い速度値を示している。岩石試料でみると石英安山岩は安山岩の 4.0 Km/sec にくらべてかなり遅い（ $3.2 \sim 3.8 \text{ Km/sec}$ ）が、地山の 2.8 Km/sec は遅すぎる。したがって安山岩はもとより、石英安山岩もかなりゆるんで、不良な地山になっているものと思われる。又梨谷坑口から 100m 附近のところに巾 $20 \sim 30 \text{ m}$ の破碎帯が存在するようである。

(d) 下梨側トンネル

弾性波探査の結果が示す速度値が、楡原層中の安山岩を示すものと考えられるが、一部花崗岩の速度値を示すことも考えられる。安山岩の場合には、前記した如く、新鮮でキレツの少ないもので $3.0 \sim 5.0 \text{ Km/sec}$ を示す。従つて測定値が $4.0 \sim 4.2 \text{ Km/sec}$ であるから、かなり良好なものと考えられる。実際にトンネルに遭遇する岩は花崗岩で、この安山岩の部分は少ない。側点 60～70、80～90 間の、低速度帯は安山岩や花崗岩の場合には破碎帯と思われるが、むしろ楡原層中の泥岩や砂岩と考えた方がよい。

主な岩種別地山の速度値は下記の通りである。

安山岩（岩褶累層）	$3.4 \sim 4.0 \text{ Km/sec}$
石英安山岩	$2.8 \text{ Km/sec} (?)$

花 崗 岩 (新 鮮) (?)	4.5 Km/sec
安 山 岩 (楡 原 累 層)	4.2 ~ 4.4 Km/sec
砂 岩 泥 岩	2.7 (?) ~ 3.5 Km/sec

2-5 試錐コアの物理試験

調査用試錐工事で採取されたコアを整形し各種の物理試験を行つた。

コアは長さ 10 cm 以上のキレツのないもののみを選んでいるので、岩質の異つたものをすべて十分なだけ取り出すことは出来なかつた。特に問題の多い花崗岩の試料は二ヶのみであり、砂岩の部分は一部のみで泥岩は殆んど採取できなかつた。その為試験結果を集計し評価することが困難である。コアの整形は、長さはすべて約 10 cm であるが、直径はピントの径によつて異り、B 1 ~ B 6 は約 6 cm、B 7 ~ B 20、C 1 ~ C 21 は約 5 cm、B 21 ~ B 33 は約 4 cm である。各試験結果は第 3 表の通りである。

試料の弾性波速度は建設電子測器研究所製 SLS-1002D-S 超音波伝播速度測定器によつて測定している。コアは湿潤すると崩壊するものがあるので自然乾燥状態で測定した。もし湿潤状態で測定するといくらか速くなることは経験的に知られている。

(a) 試料の弾性波速度と「きれつ係数」

一般にキレツの少ない新鮮な岩石はほぼ一定の速度値を示すが、キレツや風化(岩の劣化)によつてその速度値は低下してくる。従つて弾性波探査による地山の速度と試料による速度とを対比して、岩の劣化程度を推定することができる。各試料の速度値は第 2 表の通りであるが、安山岩は $4.000 \text{ m/sec} \sim 5.050 \text{ m/sec}$ 、石英安山岩は $3.250 \text{ m/sec} \sim 3.800 \text{ m/sec}$ (但し B 17 は 4.130 m/sec を示した) 砂岩は 2.150

$m/sec \sim 3600 m/sec$ を示し、安山岩と石英安山岩のようにどちらも新鮮堅固で、肉眼的にはあまり変らないと思われる岩でも、速度値にはかなりの差違があることが分る。したがって、弾性波探査のA湖線測点385附近より測点430附近(城端側トンネル梨谷坑口附近)の約250m間で第3速度層が $2.8 m/sec$ と、かなり遅い速度値を示すのも、これが石英安山岩の示す速度値と考えれば、安山岩にくらべ、それ程岩盤は劣化していない。但し第3速度層までの深さが50mにも達していることは、坑口に近いことを考え合せると、かなり問題のあることは否定し得ない。

「きれつ係数」はダムの岩盤の劣化程度を示すために考えられたもので、試料の動弾性係数 E_D ：地山の動弾性係数を E_d とすれば「きれつ係数」 $= (E_D - E_d) / E_D$ と定義されている。この係数が岩盤のよさ(劣化程度)を示し、下記の如く分類される。

第1表 「きれつ係数」による岩質区分

きれつ計数	岩 質 区 分		備 考
0.25以下	きわめて良質	A	岩質は新鮮で、節理は殆んどなく、風化変質も受けていない。
0.25～0.5	良質健岩	B	節理はやゝ多くなるが、殆んど密着しており、一部で風化がみられる程度で岩塊は新鮮で堅硬
0.5～0.65	健 岩	C	岩塊内部は新鮮であるが表面はやゝ風化し、節理は多く、多少開口している。
0.65～0.8	やや不良	D	岩質は硬い部分もあるが節理の発達は著しく、開きも大きく表面からの風化も進んでいる
0.8以上	不 良	E	風化は著しく進み変質を受す、岩盤は脆弱化し、節理は密に発達し、殆んどが開口している。

(工 藤 慎 — ダムの基礎岩盤の調査 土木技術資料 vol.2/63)

第 2 表 試錐コアの速度測定結果

試料及び サンプル番号	採取深度	岩石名	長さ	直径	測定速度値	備考
B 1	2020~ 2030 ^(m)	褐灰安山岩	9.66 ^(cm)	5.93 ^(cm)	4,400 ^(m/sec)	
2	2040~ 2050	"	9.83	5.92	4,250	
3	2405~ 2415	"	10.00	5.90	4,700	
4	2420~ 2430	"	9.88	5.93	4,350	
5	2720~ 2730	"	10.03	5.85	4,900	
6	2770~ 2780	"	9.94	5.91	4,550	
7	35.65~ 35.75	"	10.19	4.88	4,200	
8	36.05~ 36.15	"	9.98	4.87	4,200	
9	42.60~ 42.70	黒灰安山岩	10.06	4.88	4,100	
10	43.10~ 43.20	"	10.26	4.84	4,100	
11	46.80~ 46.90	暗褐灰安山岩	9.95	4.91	4,700	
12	46.90~ 47.00	"	10.23	4.91	4,750	
13	47.00~ 47.10	"	10.07	4.91	4,850	
14	47.20~ 47.30	"	10.20	4.88	4,850	
15	47.30~ 47.40	"	10.25	4.90	4,650	
16	48.00~ 48.10	"	10.00	4.89	4,700	
17	51.60~ 51.70	石英安山岩	10.01	4.84	4,150	
18	55.00~ 55.10	"	10.38	4.80	3,500	
19	59.40~ 59.50	"	9.89	4.80	3,350	
20	67.20~ 67.30	"	10.04	4.86	3,800	
21	74.00~ 74.10	"	10.08	3.94	3,850	
22	77.10~ 77.20	"	10.22	3.91	3,800	
23	78.75~ 78.85	"	10.22	3.88	3,750	
24	83.00~ 83.10	"	9.85	3.89	3,500	
25	90.10~ 90.20	"	8.70	3.93	3,300	
26	97.05~ 97.15	"	9.74	4.00	3,600	
27	98.50~ 98.60	"	10.84	3.98	3,750	
28	107.15~ 107.25	"	9.49	3.84	3,250	

試料及び サンプル番号	採取深度 (m)	岩石名	長さ (cm)	直径 (cm)	測定速度値 (m/sec)	備 考
B 29	108.55~108.65	石英安山岩	10.07	3.90	3,350	
30	116.00~116.10	砂質シルト	6.98	3.64	2,900	湿潤崩壊
31	118.30~128.30					整形不能
32	129.70~129.80	泥質砂岩	10.39	3.89	2,300	湿潤崩壊
33	130.55~130.65	"	10.08	3.90	2,650	"
34	146.20~146.30	細粒砂岩	5.95	2.87	2,650	"
35	150.00~150.10	"	10.02	2.87	2,900	"
C 1	27.80~ 27.90	粗粒砂岩	9.94	4.91	2,800	
2	27.90~ 28.00	"	9.80	4.91	2,800	
3	28.30~ 28.40	"	9.80	4.94	3,200	
4	28.40~ 28.50	"	10.07	4.94	3,650	
5	33.20~ 33.30	白斑安山岩	9.74	4.95	4,650	
6	33.60~ 33.70	"	10.27	4.95	4,350	
7	34.65~ 34.75	"	9.90	4.94	4,650	
8	34.85~ 34.95	"	10.00	4.95	4,650	
9	38.85~ 38.95	"	9.71	4.97	5,050	
10	39.05~ 39.15	"	10.04	4.97	4,800	
11	44.50~ 44.60	粗粒砂岩	10.10	4.92	2,700	
12	44.60~ 44.70	"	9.90	4.92	2,700	湿潤崩壊
13	47.20~ 47.30	"	10.19	4.96	2,900	
14	47.30~ 47.40	"	10.19	4.94	2,950	湿潤崩壊
15	52.45~ 52.55	"	9.90	4.80	2,150	
16	52.55~ 52.65	"	10.50	4.89	1,800	
17	57.70~ 57.80	白斑安山岩	10.14	4.96	4,350	
18	57.80~ 57.90	"	10.31	4.95	4,150	
19	71.35~ 71.45	シルト	10.27	4.92	3,850	
20	89.65~ 89.70	花崗岩	10.28	4.96	3,000	著しく変質している
21	89.70~ 89.80	"	10.30	4.97	4,100	

第3表 試錐コアの物理試験結果

番号	岩石名	単位容量重量 Wet ρ (gr/cm ³)	地山弾性 波速度 V_p (m/sec)	試料弾性 波速度 V_s (m/sec)	圧縮強度 σ_c (kg/cm ²)	引張強度 σ_t (kg/cm ²)	せん断強度 σ_s (kg/cm ²)
B1	褐灰安山岩	2.59	3,400~	4,400	583		80~
2	"	2.60	4,000	4,250	453		180
3	"	2.60	"	4,700		28.7	"
4	"	2.61	"	4,350		42.6	"
5	"	2.68	"	4,900		122.4	"
6	"	2.66	"	4,550		54.0	"
7	"	2.60	"	4,200	356	22.4	"
8	"	2.60	"	4,200	470		"
9	黒灰安山岩	2.53	"	4,100	247		"
10	"	2.52	"	4,100		66.9	"
11	暗褐灰安山岩	2.63	"	4,700	434		"
12	"	2.62	"	4,750	1095		"
13	"	2.63	"	4,850	963		"
14	"	2.62	"	4,850		91.8	"
15	"	2.62	"	4,650	733	94.9	"
16	"	2.62	"	4,700	734		"

ポアソン数 m	内部摩擦角 θ_{11}	引張弾性 限界強度 $\sigma_0 (\text{kg/cm}^2)$	亀裂(破砕) 度 $(V_F/V_B)^2$	亀裂係数 $(\frac{V_B^2 - V_F^2}{V_B^2})$	吸 水 率 (%)	動弾性係数 $E_d (\times 10,000)$
	50		0.59	0.41	4.7	45.3
			0.82	0.18		
	54		0.64	0.36	4.4	42.1
			0.89	0.11		
		31.9	0.53	0.47	5.6	51.3
			0.73	0.27		
		42.3	0.61	0.39	1.7	44.7
			0.84	0.16		
		20.8	0.48	0.52	3.1	57.9
			0.67	0.33		
			0.56	0.44	3.7	49.8
			0.77	0.23		
	40		0.66	0.34	6.1	41.1
			0.91	0.09		
	38		0.66	0.34	6.0	40.9
			0.92	0.08		
	42		0.68	0.32	7.5	38.7
			0.94	0.06		
		43.7	0.69	0.31	6.9	37.9
			0.96	0.04		
	52		0.52	0.48	3.7	52.3
			0.72	0.28		
	44		0.51	0.49	4.2	53.4
			0.71	0.29		
	60		0.49	0.51	3.4	55.7
			0.68	0.32		
		39.2	0.49	0.51	3.4	55.9
		31.2	0.67	0.32		
	58		0.53	0.47	3.8	51.0
			0.74	0.26		
	54		0.52	0.48	3.9	52.1

番号	岩石名	単位容量 重量 $\rho(\text{g/cm}^3)$	地山弾性 波速度 $V_F(\text{m/sec})$	試料弾性 波速度 $V_B(\text{m/sec})$	圧縮強度 $\sigma_c(\text{kg/cm}^2)$	引張強度 $\sigma_t(\text{kg/cm}^2)$	せん断強度 $\sigma_B(\text{kg/cm}^2)$
B17	石英安山岩	2.41	2.800	4.150	1630		80~180
18	"	2.34	"	3.500		92.9	85~165
19	"	2.34	"	3.350		56.7	"
						40.0	"
20	"	2.36	"	3.800	665		"
21	"	2.38	"	3.850			"
22	"	2.37	"	3.800			"
23	"	2.39	"	3.750			"
24	"	2.38	"	3.500			"
25	"	2.40	"	3.300		49.0	"
						66.7	"
26	"	2.42	"	3.600			"
27	"	2.41	"	3.750		68.9	"
						53.3	"
28	"	2.33	"	3.250			"
29	"	2.37	"	3.350		45.7	"
						58.8	"
30	砂質シルト	2.26	2.000	2.900			
31							
32	泥質砂岩	2.47	"	2.300			
33	"	2.48	"	2.650			
34	細粒砂岩	2.45	"	2.650			
35	"	2.44	"	2.900			
C 1	粗粒砂岩	2.43	"	2.800	484		55~135
2	"	2.44	"	2.800		20.6	"
3	"	2.47	"	3.200	836		"
4	"	2.50	"	3.650	995		"
5	白斑安山岩	2.58	4.200~	4.650	620		95~200
			4.400				"
6	"	2.56	"	4.350		68.1	"

ポアソン数 m	内部摩擦角 θ_0	引張弾性 限界強度 σ_0 (kg/cm ²)	亀裂(破碎) 度 $(V_F/V_0)^2$	亀裂係数 $(\frac{V_F^2 - V_0^2}{V_0^2})$	吸 水 率 (%)	動弾性係数 Ed (10,000)
			0.72	0.28		
			0.46	0.54	5.3	37.0
			0.63	0.37	7.3	21.5
		36.1	0.71	0.29	7.4	19.2
		40.0				
	5.0		0.54	0.46	6.2	25.2
			0.53	0.47	5.7	26.2
			0.54	0.46	5.6	25.3
			0.56	0.44	5.1	24.6
			0.64	0.36	5.6	21.5
		40.8	0.71	0.29	5.2	19.8
			0.61	0.39	4.7	23.1
		38.3	0.55	0.45	4.6	25.2
			0.74	0.26	7.1	18.3
		32.2	0.69	0.31	6.8	18.6
			0.48	0.52	10.9	19.0
			0.76	0.25	4.2	9.8
			0.57	0.43	3.8	13.1
			0.57	0.43	5.1	12.5
			0.48	0.52	5.6	15.4
	6.6		0.51	0.54	6.0	14.1
			0.51	0.54	5.8	14.2
	6.0		0.39	0.61	4.1	18.7
	4.0		0.30	0.70	3.4	24.5
	7.0		0.90	0.10	2.9	50.0
			0.82	0.18		
			0.93	0.07	3.5	44.0

本地域の地質は安山岩類はよく追跡でき地山の速度と試料の速度とを対比することができるが、花崗岩や砂岩泥岩等とはよく対比できない。現在入手できるデータからもとめた速度値及び「きれつ係数」による岩質区分を、各速度層について地質的に解釈すると、次のようになる。安山岩地域の場合、安山岩の試料の速度は $4.1 \sim 4.9 \text{ Km/sec}$ を示すので地山の速度が 3.4 Km/sec のときは「きれつ係数」は $0.31 \sim 0.41$ で「良質堅岩」、 4.0 Km/sec のときは $0.04 \sim 0.18$ で「きわめて良質」といえる。石英安山岩の部分では試料の速度は $3.3 \sim 4.1 \text{ Km/sec}$ であるので、地山の速度が 2.8 Km/sec とすれば「きれつ係数」が $0.26 \sim 0.54$ で「良質堅岩～堅岩」である。砂岩の試料速度は $2.3 \sim 3.6 \text{ Km/sec}$ で地山の速度が 2.0 Km/sec の場合には「きれつ係数」は $0.26 \sim 0.69$ で「堅岩」もしくは「やゝ不良」となっている。以上を要約すると、断層や風化帯を除いて安山岩地域では岩質は新鮮で節理が殆んどなく風化変質も受けていないきわめて良質なものから、節理が多くなるが、殆んど密着しており、一部に風化がみられる程度で岩塊は新鮮で堅硬な岩であると判断される。石英安山岩地域は、節理が多くなり、多少開口して、表面はやゝ風化している程度であり、砂岩や泥岩の部分は、一部に堅固なところもあるが、地表からの風化が進み、軟岩化しているものと思われる。附図の地質縦断面に示した「きれつ係数」は上記のようにして算出しているので、テルツァギーの岩の分類とは必ずしも一致しない。

(b) 塑性範囲の推定

山のゆるむ範囲 すなわち塑性範囲は次式で表わすことができる。

(注1)

$$R' = R - a$$

$$= \left\{ \left\{ 1.2 \times \frac{\left(\frac{-\rho h}{m-1} - \sigma_0 \right) (1-\sin\theta)^{\frac{1-\sin\theta}{2\sin\theta}}}{-\sigma_0} \right\} - 1 \right\} \times a$$

R = ずい道中心からの塑性範囲 (cm)

R' = ずい道壁面からの塑性範囲 (cm)

a = ずい道半径

m = ボアソン数

ρ = 単位容積重量 (g/cm³)

$\sigma_0 = \sigma_0 \times (V_F/V_S)^2$

h = 地表からの深度 (cm)

$\theta = \theta_0 \times (V_F/V_S)^2$

θ_0 = 岩石試料の内部摩擦角

注1 池田和彦 応用地質 第4巻 第2号

クラックのない均質な岩石からなる地山に空洞をあけた場合、その塑性範囲は岩石の物理的力学的性質によつて決つてくる。したがつて塑性範囲 R からずい道半径 a を差引いたものが、理論的な地山のゆるむ範囲となる。ところが弾性波探査の結果と試料試験とから上記の式に代入して R' を算出すると、地山のよいところでは R' が0になつたり負になつたりする。これは塑性範囲が掘削線より内側にくることを意味する。しかし実際には、掘削時の発破でゆるむ地山の範囲が掘削線から2~3mはあると考えられるので、その点を考慮して支保工や覆工の厚さを設計しなければならない。又、第4表は新鮮でキレツの少い岩石試料のみから算出しているが、キレツの多い区間や断層区間で

は塑性範囲が広がり爆薬量が少なくなることは論をまたない。例えば、
 親不知トンネル（国鉄）の例では、地山及び試料の弾性波速度 2,200~
 2,500 m/sec、圧縮強度 $2 \sim 6 \text{ kg/cm}^2$ 、せん断強度 $0.4 \sim 1.8 \text{ kg/cm}^2$ 、
 内部摩擦角 25° の断層破砕帯は、掘削断面からの塑性範囲は、被り
 100 m で $5 \sim 12 \text{ m}$ 、150 m で $7 \sim 15 \text{ m}$ 、200 m で実に 23 m に
 達するという。一方爆薬量は $0.1 \sim 0.2 \text{ kg/m}^3$ で硬岩の $1/10$ 程度であ
 る。

なお第4表は岩石の諸性質を示したものであるが、それらについて簡
 単な説明を加える。

引張強度 σ_t (kg/cm^2) 円筒状試料を横に倒して上から荷重をかけ、
 試料に働く水平方向の張力によつて圧裂破壊させるものである。圧裂
 破壊強度 P_t (kg)、試料の径 d (cm)、試料の長さを l (cm) とすれ
 ば、次式で表される。

$$\sigma_t = \frac{2P_t}{\pi d l}$$

剪断強度 σ_s (kg/cm^2)、圧縮強度 σ_c 、引張強度 σ_t より次式を用いて
 垂直応用が零の時の剪断強度を算出した。この式はモールの応力円か
 ら導き出せる。

$$\sigma_s = \frac{\sqrt{\sigma_c \times \sigma_t}}{2}$$

内部摩擦角 ρ 圧縮試験の際試料の破断角 α （力の方向と破断面と
 の角）を測定し、次式によつてもとめた。

$$\rho = 90 - 2\alpha$$

ただし破断角は試料のクレッツや鉱物粒子の並び方、或いは整形の出来
 具合によつてかなり変つてくるので注意しなければならない。

ポアソン数 m 、ポアソン逆数をとり、多くの例から $4.20 \sim 3.30$ を

仮定して計算した。

(c) 掘さく所要爆薬量

爆薬量は岩質の相違やキレツの多少によつて変化するが、国鉄の実績によると火薬量 $Q(kg/m^3)$ は次の実験式で表わされるという。

導坑の場合

$$Q = k \times H^{0.6}$$

但し k は断面積によつて異なる係数。

切掘げの場合

$$Q = 0.07 \times 10^{0.46}$$

$$H = \left(\frac{V_F}{V_S} \right)^2 \left(1 + \frac{1}{\frac{V_{Fmax}}{V_F} - 1} \right) \times \sigma_S$$

ここで

V_F = 地山の弾性波速度 (m/sec)

V_S = 試料の弾性波速度 (m/sec)

σ_S = 試料のせん断強度 (kg/cm^2)

V_{Fmax} = 地山の最大弾性波速度 (m/sec)

3. 地質上の問題点

現在の計画線で遭遇する地質上の問題点を要約すると次のようになる。

(a) 崖 錐

いずれの坑口にも多少は分布しているが大規模に発達しているところはない。しかし工事に直接影響を及ぼすとみられるものは城端側トンネル梨谷坑口附近で、少くとも 20~30 m はこの中を掘削することになる。

崖錐区間の湧水は直接降雨量や融雪量に左右されるので、この部分の

第 4 表 地山の塑性範囲と爆薬量

試料 番号	岩石名	単位容量 重量 $\rho(\text{g/cm}^3)$	地山弾性 波速度 $V_F(\text{m/sec})$	試料弾性 波速度 $V_B(\text{m/sec})$	圧縮強度 $\sigma_c(\text{kg/cm}^2)$	引張強度 $\sigma_t(\text{kg/cm}^2)$	せん断強度 $\sigma_s(\text{kg/cm}^2)$
B 1 ~16	安山岩	2.52 ~2.66	3,400 ~4,000	4,100 ~4,900	350 ~1,100	25 ~120	80 ~180
B17 ~29	石英安山岩	2.33 ~2.41	(2,800)	3,250 ~4,150	665 ~1,630	45 ~93	85 ~165
B30 ~35	細粒砂岩	2.26 ~2.48	(2,000)	2,300 ~2,900	(200 ~460)	(25 ~35)	(55 ~135)
C 1 ~4	粗粒砂岩	2.43 ~2.50	(2,000)	2,800 ~3,650	485 ~995	20	55 ~135
C 5 ~10	安山岩	2.56 ~2.63	4,200 ~4,400	4,350 ~5,050	620 ~1,550	42 ~105	95 ~200
C11 ~16	粗粒砂岩	2.41 ~2.45	(2,000)	2,150 ~2,950	200 ~460	25 ~35	55 ~135

ポアソン 数 m	内部摩擦角 θ_s	引張弾性 限界強度 σ_0 (kg/cm ²)	亀裂(破碎) 度 $(V_D/V_0)^2$	亀裂係数 $(\frac{V_D^2 - V_0^2}{V_D^2})$	塑性範囲 (m)			爆薬量 (kg/m ³)		
					被り H (m)			導坑 (m ²)		切 掘 け
(4.2)	40 ~60	30 ~44	0.69 ~0.67		100	150	300	10	13	
					—	—	3.1	106	0.98	0.51
(3.3)	50	36 ~41	0.74 ~0.46		—	—	—	1.79	1.61	0.76
					—	—	0.7	1.10	0.99	0.52
(3.3)	(60 ~70)	(20 ~30)	0.76 ~0.48		0.4	1.0	5.0	1.22	1.10	0.57
					—	—	0	0.80	0.72	0.41
(3.3 ~4.2)	40 ~60	(20 ~30)	0.51 ~0.30		—	0.2	1.0	1.07	0.93	0.50
					2.0	3.2	6.9	0.63	0.57	0.34
(4.2)	40 ~60	33 ~45	0.93 ~0.76		2.2	3.8	8.5	0.79	0.74	0.41
					—	—	—	—	—	—
(3.3 ~4.2)	60 ~70	(20 ~30)	0.86 ~0.46		—	—	0.3	1.52	1.36	0.67
					—	—	—	2.13	1.92	0.87
(3.3 ~4.2)	60 ~70	(20 ~30)	0.86 ~0.46		0.7	1.4	3.1	0.93	0.84	0.43
					—	0	0.7	1.02	0.91	0.50

掘削は、雨期や融雪期は避けなければならない。

(b) 断 層

i) 上梨一城端断層

城端側トンネルの人喰谷坑口から約 350 m 区間に発達する数本からなる断層群である。原岩は安山岩及び石英粗面岩であるが、いずれも破砕がひどく角礫化や粘土化している。断層と断層の間に残っている非破砕部もあまり大きくなく、強度的には全然期待できない。

ii) 弾性波探査測点 450 附近

巾 10 ~ 20 m の破砕帯で、この附近は崖錐がよく発達しているうえ風化も深いので注意を要する。

iii) 弾性波探査 (B 側線) 測点 150 ~ 160 附近

巾 10 ~ 20 m の花崗岩中の断層で花崗岩の変質が著じるしい。

(c) 花崗岩中の節理

花崗岩は一般に節理が多い。節理の間隔は 20 ~ 30 cm 以下で方向は不定である。節理面は平滑で薄い粘土層や緑泥石が生成されている。したがって掘削中岩塊の滑落はさけられないので防護策を考えなければならない。

(d) 湧 水

調査地で最も湧水の恐れがあるのは試錐 B 孔を中心とする両側 100 m 内外の部分である。B 孔における湧水試験でも最大透水係数 10^{-5} 台のものが計測されている。実際はこれ程大きくなくとも 10^{-5} 台位のものとは予想される。地表からの侵入水はないと思われるが、水圧 6 kg/cm^2 以上に被圧されているので初期湧水は相当大きくなる。花崗岩地域はキレツが多いが地表からの水の供給がないので大きな湧水はない

と判断されるが、節理の傾で述べたように、湧水が点滴程度でもキレツ面をぬらし、薄い粘土層を洗い流して岩塊の滑落を容易にする懸念がある。城端側トンネル人喰谷坑口は断層を突破した場合その背面に貯留されている水の存在が予想されるので施工時の注意が必要である。他の地点での湧水は問題でないと思われる。

4. 地質条件と路線位置及び掘削方式

トンネル路線を地質条件のみから考えると、計画路線（フォメーションを含む）としては次のような問題点を含んでいる。

- i) 人喰谷坑口は坑門が断層帯中（一部は堅固な部分があるかもしれない）に存在すること。及び破りが十分でない位置で断層を通過しなければならないこと。
- ii) 下梨側のトンネルはほぼ花崗岩中を通るが、フォメーションが花崗岩の上面から十分深い位置にないので風化変質しており、著しく軟岩化していること。
- iii) 城端側トンネル梨谷坑口は地山のゆるみの徴候があること。

等である。したがって城端側のトンネルにあつてはフォメーションの位置を上げ、人喰谷坑口は計画中のものより山側に入れることと、梨谷坑口はもつと北側に移動することである。それによつてトンネル延長もいくらか短くなる。又下梨側のトンネルは、計画中のものよりやや長くなるが、フォメーションを下げて岩のいゝところを掘つた方が安全である。ただし、トンネルフォメーションを上げることは降雪に対して不利になるし、両トンネルに高低差が生ずれば、その間の取り付け道路をよく検討しておかなければならない。それらの諸条件を考慮しながら調査を続けた方がよい。

最後に今回の調査で得た結果から掘削方式、支保工、覆工を考えると次のようになる。

トンネルの掘削方式は地質の良否と断面の大きさに応じ、経済性と安全性から最も適するものを選ばなければならない。一般的にいつて地質のよい場合には削岩爆破にできるだけ多くの自由面が利用でき、ずりの積出しが迅速にできることであり、地質の悪い場合にはできるだけ不安定な状態を少なくするため、小さく区切つて地山をゆるめないように周囲（特に上方）をかためることである。そういう条件をみたすべくいろいろな方式が考えられているが、現在我が国で広く行われている方式は、(a)全断面式工法、(b)上部半断面式工法、（変型として原爆型工法）、(c)底設導坑先進上部半断面工法、(d)側壁導坑式（ドイツ式）工法などであろう。本トンネルの場合も上記方式のいずれかを採用することになるであろうが、トンネル掘削の場合は特に施工者の経験が重要であるから、特定の工法を決め難いが、次のような掘削方式が適すると思われる。

- (a) 城端側トンネル人喰谷坑口から 400 m 地点までの区間は側壁導坑式工法で、特に地質の悪いところはリングカットを行う。覆工は側壁から打つてゆく本巻であるがインバートも打たなければならない。
- (b) その他の区間は底設導坑先進上部半断面式工法を用い、城端側トンネルの安山岩部分は地質が良いので、いわゆる原爆型工法を用いて能率を上げることができる。

半断面工法は、いずれも鋼製アーチ支保工を用い、山の軟いときには根固めコンクリートをしておけば全巻もできるが、一般に逆巻である。なお施工者は工法を変えることをあまり好まないのが、監督者は常に地質の変化に留意し、安全管理上必要とあればいつでも工法を変えられるよ

うにしておかなければならない。

支保工や覆工をどうするかという問題は掘削方式よりもっと困難な問題である。実際学問的な解決は全然ついていないし、末だ経験も法則化していない。支保工は、鋼アーチ支保工が作業上の安全度が高く、大型機械の使用が容易なので、その使用が望ましい。

支保工の断面と建込み間隔も一義的に決めることができないが、例として昭和39年土木学会制定のトンネル標準示方書（第33条）を上げておく。なお本トンネルでは「土圧があると推定される」のは、城端側トンネル人喰谷坑口附近の断層区間及び同トンネル梨谷坑口附近約200 m区間で、他の区間では「土圧がない」と推定される。又花崗岩の部分もはだ落ちが多いことを考慮しておく必要がある。

覆工も全く経験にたよる他ないが、上記標示書が一つの目安になるであろう。ただし、地質が悪い場合や偏圧を受ける場合に覆工の厚さをいたずらに増加するよりも断面の大きい支保工を使うとか、建込みを増すとか、或いはコンクリートに鉄筋を入れて補強した方がよいことを付記しておく。

5. あ と が き

以上は昭和39年度に行われた各種の調査結果であるが、本トンネルの如き長大トンネルの地質調査を一か年で終了することは不可能である。従つて今回の調査は一応基礎的なことを全て網羅してあるが、実際にトンネルを掘るまでにはもっと試験調査を中心とした調査をしなければならない。地質の概要は把握されたが、細部はまだまだの感がある。今後行いたい調査項目は試験調査であるが、最も知りたいところから列举すると

花崗岩と檜原炭層の境界を確認する。その結果によつては下梨側
トンネルの路線変更又はフォーメーションを下げることも考える。

上梨一城端断層の巾の確認

城端側トンネル梨谷坑口附近の地山のゆるみや湧水の調査（水平
ボーリング）

などである。なおこの調査及び報告書を作成するにあつては、富山
県道路課の各位、応用地質調査事務所、サンコーコンサルタントの各位
に御協力、御援助を得た。記して謝意を表する次第である。