

# 東名高速道路鮎沢工区における岩質調査

——特に高切取部について——

四本 堯光<sup>\*1)</sup>・田口 紀幸<sup>\*2)</sup>・大久保 彪<sup>\*3)</sup>  
梶間 和彦<sup>\*4)</sup>・土屋 浩<sup>\*5)</sup>・藤江 力<sup>\*6)</sup>  
小川 康彦<sup>\*7)</sup>

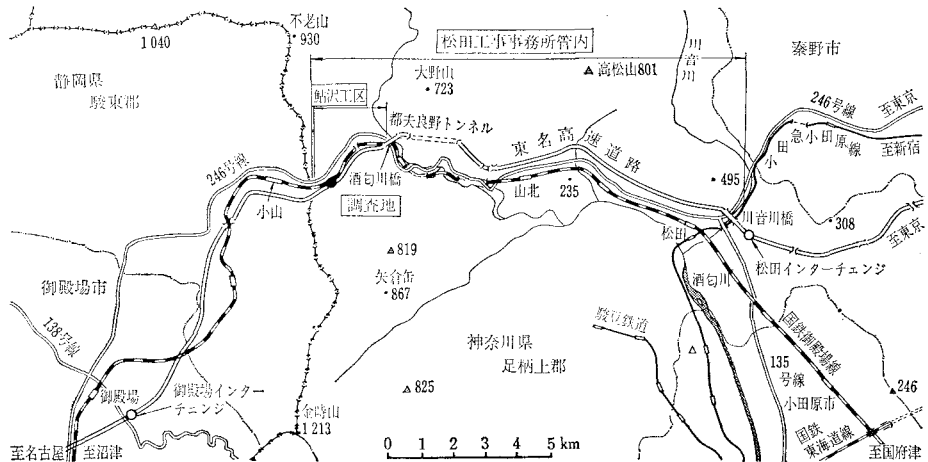
## 1. ま え が き

東名高速道路は、神奈川県松田町—静岡県御殿場市間を最後に、昭和44年5月全線の供用が開始された。最後に残ったこの工事区間は、箱根山地を迂回した路線が一般国道246号線および国鉄御殿場線とならんで丹沢山地の南縁を通過する部分にあっており、地形が急峻なために高い切取りや盛土、長大な橋梁やトンネルが連っている(図-1)。この区間は、東名道全線のうちでも山岳道路的な性格を最も濃く有しており、それだけに施工のみならず、計画段階から調査、設計に至るまで、種々の困難や未知・不明確な問題が多かった。この短い区間において、路線の選定や土工および構造物のために、前後

8年間にわたり20件を超える調査が行なわれたことが、それを示しているといえよう。

なかでも、静岡県との県境に位置する神奈川県山北町鮎沢工区は、直高55mの高盛土、直高75mに及ぶ長大切取りに代表される急峻工区であり、切取部の掘削とりの面の安定に主要な問題があった。現状、岩盤切取部についての調査法や設計の考え方は、未固結層におけるそれはもちろん、同じく岩盤を対象とするダムやトンネルの場合ほどにも明確にはされていない感がある。このため、鮎沢工区では、特に調査のモデル地区を設定し、設計、施工の各段階に応じて多様な地質調査を進めてきた。この一連の調査は、道路建設の各段階で必要な設計資料を提供するためのものではあったが、同時にその結果は、今後岩盤地域の道路調査を計画する場合の資料と

図-1 調査位置図



\*1) 正会員 日本道路公団高速道路広島建設局建設部長  
\*2) 日本道路公団高速道路広島建設局建設部  
\*3) 正会員 (株) 応用地質調査事務所浦和研究所物探課長  
\*4) 正会員 (株) 応用地質調査事務所技術本部課長

\*5) (株) 応用地質調査事務所浦和研究所物探課  
\*6) (株) 応用地質調査事務所東京事務所技術第2部長  
\*7) (株) 応用地質調査事務所東京事務所技術第3課長

もなりうると考えられる。ここに、これらの調査成果を主体に工法との関連において記し、参考に供したい。

なお、本文では、特に地形的、地質的条件から設計、施工に困難を伴った直高 75 m、掘削量 50 000 m<sup>3</sup> に及ぶ長大切取部の調査結果を中心に述べることにする。

## 2. 調査の概要

鮎沢工区の調査を道路建設の段階などから整理すると、次の5段階に分けられる。これらの調査のほかに、学識経験者などによる現地踏査や設計、施工についての検討も数度にわたっている。

① 路線選定のための調査：これは、地質踏査と弾性波探査を主体とした地域全体の地質条件を知るための概査である。山地部では、比較線を含む幅 1~数キロメートルの範囲の縮尺 1/5 000 地質図を作成して、比較線の地質的側面での優劣を検討し、路線計画の基礎的資料とした(昭和 35~38 年)。

② 調査計画立案のための調査：①の調査により、路線確定後の詳細設計のためには各所で種々の調査を追加する必要があることが明らかになった。そこで、以後の調査を合理的に進めるために、縮尺 1/1 000 概略設計図をもとに地質踏査を行なって、個々の土工や構造物の問題点の所在を明らかにし、それに対する調査の方法と数量とを地質とともに設計図に併示することにした。この調査計画の中から必要に応じて取捨選択するとともに、その結果いかんで調査計画も修正しつつ、路線延長 15 km 内の主要調査を以後 1 年 6 ヶ月以内にほぼ終了することができた。この調査の時点で、本文の主題地点での問題点が明瞭な形で浮び上ってきた(昭和 39 年)。

③ 詳細設計のための調査：②の結果をもとに、設計施工区間別および土工、構造物などの工種別に調査を開始した。鮎沢工区の土工部調査では、モデル地区 2 ヶ所を選び、弾性波探査、ボーリング調査、物理検層、岩石試験などを実施して、岩盤の性状を多面的に把握することを旨とした。また、モデル地区以外の要所でも、弾性波探査、ボーリングなどを行なった。これらの結果により切取部については、掘削工法とのり面の安定の二面から検討を加えたが、本文の主題地点の長大切取部には、なお設計上問題が残ると判断された(昭和 40 年)。

④ 工法決定のための精査：③の調査によってもなお問題の最終的解決をみなかった長大切取部について、工事発注後施工に先立ち、傾斜ボーリングを主体として、中心杭、幅杭を中心とした定位置による地質精査を実施した。この調査によって、掘削工法、のり面勾配、のり面安定工法の決定をみた(昭和 42 年)。

⑤ 施工中の追跡調査：この調査の主目的は、④ 2.

(3) の調査から得た資料が調査対象にとって必要な精度があったか否かの判定、② 掘削中の岩盤切取部の実態を知って適切な処置を講ずるための資料とする、③ 掘削種別の簡易な判定法についての資料を得る、などであった。調査方法は、切取面における弾性波速度測定、露頭観察、各種岩石試験、施工実績の集約などで、これらを工事の進捗と平行して前後 1 年 2 ヶ月にわたって実施した(昭和 43~44 年)。

## 3. 調査地の地質

鮎沢工区を含む周辺の地質は、第三紀鮮新世の礫岩、砂岩、泥岩、凝灰質礫岩など(足柄層)と、これらを含めぬく安山岩岩脈を基盤とし、それをおおう第四紀の段丘砂礫層、粗粒火山灰層、崖堆積層などの未固結層から構成されている(表-1)。

表-1 調査地の地質構成

| 地質年代             | 地質名              |         | 記号  | 層相および岩相           |
|------------------|------------------|---------|-----|-------------------|
| 新<br>第<br>四<br>紀 | 被<br>覆<br>層      | 粗粒火山灰層  | lm  | スコリヤ、未固結          |
|                  |                  | 崖堆積層    | dt  | 角礫、土砂、未固結         |
|                  |                  | 段丘砂礫層   | tr  | 円礫、亜角礫、砂、未固結      |
| 生<br>代           | 基<br>盤<br>岩<br>類 | 安山岩(岩脈) | Ad  | 灰色~黒色、堅硬、脈幅 1~12m |
|                  |                  | 礫岩      | Cg  | 青緑灰色、礫径普通 1~15 cm |
|                  |                  | 足柄層     | Ss  | 灰色~青緑灰色、細粒~粗粒、塊状  |
|                  |                  | 泥岩      | Md  | 洪緑灰色~黒地、塊状~層理     |
|                  |                  | 凝灰質礫岩   | Cgt | 灰色~緑色、堅硬、塊状       |

鮎沢工区の足柄層は中程度の固結度の礫岩を主とし、その所々に厚さ一般に数メートル以内の砂岩、泥岩をはさんでいる。礫岩は塊状、無層理であるが、泥岩は層理が発達している。地層の走向は N ないし N 30° E で、傾斜は 50°~70° NW である。足柄層に貫入する安山岩岩脈は、節理の発達した細粒堅硬な岩石で、幅は最大 15 m 程度に及ぶ。本文主題地点の高切取部にも幅 3~4 m 以内の安山岩岩脈が数本あり、これはほぼ地層面沿いに貫入しているので、切取のり面に対しては多少流れ盤的な関係になっている。

## 4. 各段階の地質調査の結果—設計、施工との関連—

### (1) 調査計画立案のための調査<sup>1)</sup>

この調査によって、鮎沢工区については切取部に最も大きな問題があることが明らかとなり、切取のり面の安定と掘削工法の検討は不可欠となった。このため、鮎沢工区の中で特に長大な 2 つの切取部をモデル A 地区、モデル B 地区として、以後重点的に調査を実施する方針が

表-2 モデルA地区の地質状況と問題点

| STATION    | STA.7+40m~STA.8+50m  |
|------------|--|
| 土工         | 切取り, 高さ 65m(概略設計当時)  |
| 概略の地質状況    | 礫岩が主体でこれに安山岩が貫入している。表土は薄い。地層の走向と路線の方向はほぼ一致し、切取りの面では流れ盤となる。路線付近には小崩壊が多い。  |
| 設計・施工上の問題点 | 国鉄御殿場線に近接していること、切取高が 65m に達することで、掘削工法に問題あり。機械掘削の可能性、のり面勾配の選定、のり面保護工が問題とされる。  |
| 調査方針と調査方法  | <ul style="list-style-type: none"> <li>・表土および風化帯の厚さ</li> <li>・固結の程度と割れ目の状態</li> <li>・安山岩岩脈の分布</li> <li>・砂岩などの挟みの有無</li> <li>・地下水の状態</li> </ul> |
|            | <ul style="list-style-type: none"> <li>・弾性波探査</li> <li>・ボーリング</li> <li>・物理検層</li> <li>・岩石試験</li> </ul>   |

決った。本文主題の長大切取部は、このモデルA地区である。モデル地区の地質状況および設計、施工上の留意点は表-2のとおりであった。

(2) 詳細設計のための調査<sup>2)</sup>

詳細設計に際し、一般に岩盤の性状と設計に必要な数値との関係には未詳の点が多いので、この調査ではできるかぎり多面的に岩盤状況をとらえて、両者の関係究明に役立てようとした。このため、調査手法としては、弾性波探査(屈折波法、扇形波法、直接波法)、ボーリング調査、物理検層(速度、反射、電気)、岩石試験(物理および力学試験)、トレンチ調査および地質踏査などを併用した。それぞれの調査手法から得られる情報と、それらを総括して地山の状態を評価しようとする過程を図-2に示す。

モデルA地区の調査結果は次のようであった。

調査位置を図-3に、調査結果を要約して表-3に示す。切取中央部の横断面図(図-4)に示したように、この地区の掘削部分は弾性波探査屈折波法による第1層および第2層の中にあり、特に第2層が掘削の主要な対

象になっている。第2層の速度は1100~1500 m/secの範囲の値を示している。ところでこの第2層は、扇形波法、直接波法、速度検層などの結果を勘案すると、速度値の変化や異方性が顕著であり、硬軟入り混じった多様な岩盤状況であること、割れ目の頻度も高いこと、などが予想される。速度層とボーリング結果との対応は表-4のとおりであった。

また、ボーリング調査やボーリング孔を利用した扇形波法や物理検層の結果から、安山岩岩脈や軟質砂岩、泥岩の薄層が図-6に示されるような形で切取面に分布することが推定された。

一方、のり面勾配の検討のために、付近の自然斜面や道路切取部の安定性についても調査した。自然斜面に関する資料を図-5に示す。また、道路切取部についてみ

図-3 モデルA地区調査位置

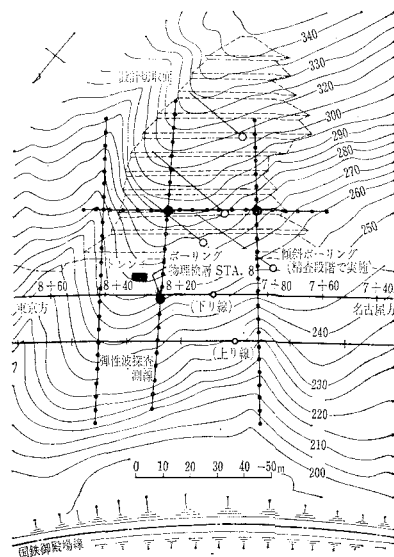


図-2 調査解析のダイアグラム

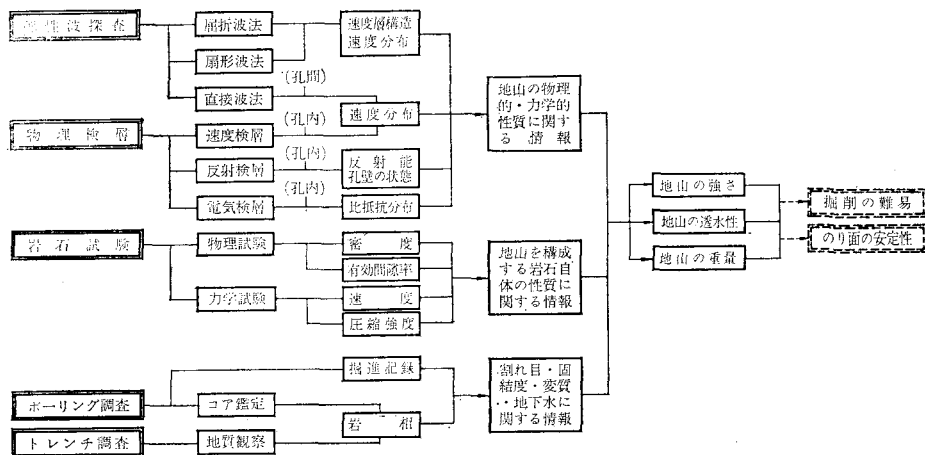


図-4 モデルA地区の調査結果 (横断面—STA.8+20)

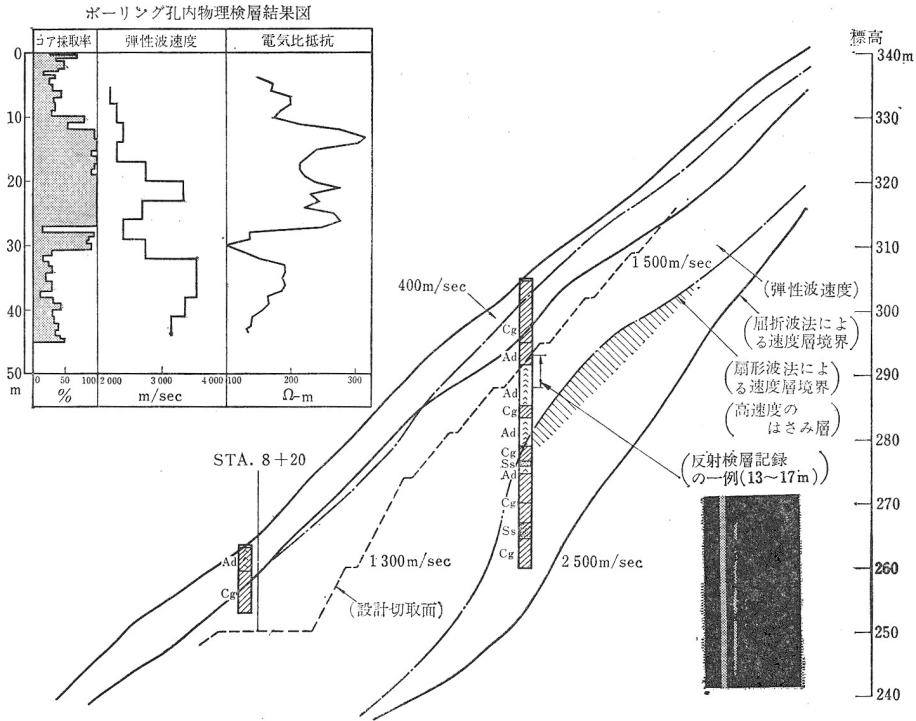
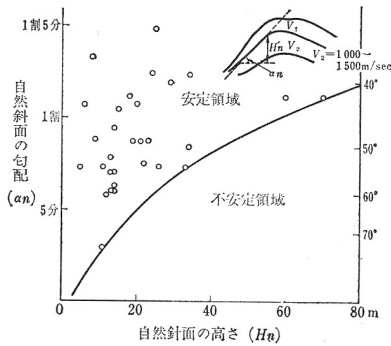


図-5 自然斜面の高さと勾配



ると、国道246号線には勾配0~3分、切取高15~20mののり面が各所にみられ、保護工なしで維持されてきたところも多いが、昨今は表面のはく落が目立ち、モルタル吹付けなどの処置が施されているのが観察された。

以上の調査資料に基づき、次のようなのり面勾配を設計基準とした。

- 土砂 (弾性波速度 1000 m/sec 程度以下) 1割
- 軟岩 (弾性波速度 1000~1300 m/sec) 8分
- 硬岩 (弾性波速度 1300 m/sec 程度以上) 5分

この要領により、モデル地A区の切取のり面は、下部で5分 (10m×1段+14m×1段)、上部で8分 (7m×8段) として、のり肩はラウンディングにより勾配をゆるめることになった。ただし、こののり面には、前述の

ように、流れ盤に近い形の岩脈や層状岩層が分布すると予想され、これによる滑落や小崩壊、また特に長大切土であることによる危険性、さらには斜面直下の国鉄御殿場線の存在など悪条件が重なるため、のり面の安定のために“岩盤P S工法”などを併用すべきことが決定された。

掘削については、山腹斜面が最大60°以上に及ぶという地形的条件や、斜面直下の国鉄線への近接という保安条件を考慮して、人力施工を主体とすべき基本方針となった。

### (3) 工法決定のための精査<sup>3)</sup>

前段階の検討の中で疑問が残された、安山岩岩脈の産状、風化軟弱層の有無、安定岩盤層の確認、割れ目の頻度と状態および、のり面に対する方向などを知ることが、工法の最終決定のためには必要であった。このため、精査として、傾斜ボーリングと地質踏査を追加実施した。これは、まず縮尺1/1000の地質踏査によって切取部の地山内奥の地質構成を予測し、それに基づいて効果的に岩相分布、風化状況などを把握できるようにボーリングの位置、角度を定め、4孔、延べ155mの傾斜掘りを行なったものである。その位置は図-3中に記入してある。

調査の結果、4孔とも礫岩が主体で、1~2枚の安山岩岩脈と数枚の砂岩、泥岩が確認された。また、いずれ

表-3 モデルA地区調査結果の要約

| 調査種別  | 調査数量                 | 調査結果  | 判断される事項  |
|-------|----------------------|---|--|
| 弾性波探査 | 屈折波法                 | 4 測線 435 m<br>・ 3 層構造<br>第1層: 0.3~0.4 km/sec, 層厚 1~5 m<br>第2層: 1.1~1.5 km/sec, 層厚 5~25 m<br>第3層: 2.3~2.6 km/sec   | <ul style="list-style-type: none"> <li>掘削の主対象となる第2層は、微視的にはかなり変化に富んだ岩盤状況である。</li> <li>弾性波の伝ば方向による速度の差が大きい(地表に平行な方向に測定された屈折波法、直接波法などの速度は物理検層による鉛直方向の速度にくらべて2/3~1/2程度である)。</li> <li>鉛直に近いまてに立っている(傾斜約70°)地層の異方性と、地層にはほぼ平行に貫入している安山岩岩脈の存在を裏づける。</li> <li>含水による速度増加が大きい。</li> <li>岩盤はきわめて割れ目に富むことが推定できる。</li> </ul> |
|       | 扇形波法                 | 2 孔 → 2 測線<br>・ 深度 17~20 m 付近に高速度はさみ層を検出。<br>・ 屈折法による速度層境界の検証, 解析誤差は 3~4 m。   |  |
|       | 直接波法                 | 3 孔 間<br>・ 屈折法による第2層内の孔間速度 1.1~2.2 km/sec, 速度は深層とともに増加する傾向あり。   |  |
| 物理検層  | 速度検層                 | 3 孔<br>・ 孔内速度 2 200~3 300 m/sec, 屈折波法の第2層の速度と比較すると約5割以上大きい。   | <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 岩盤には割れ目が多く開口しているところが多い。</li> <li>・ 安山岩は礫岩にくらべて堅く、掘削困難と思われる。</li> </ul>  |
|       | 反射検層                 | ”<br>・ 礫岩部分、一重反射のみ、割れ目が多い。安山岩部分、二重~三重反射。  |  |
|       | 電気検層                 | ”<br>・ 比抵抗、礫岩 150~250 Ω-m, 軟質な礫岩 150 Ω-m 以下, 安山岩 200~300 Ω-m。   |  |
| 岩石試験  | 速度<br>密度<br>圧縮<br>強度 | ボーリングコア 12 個<br>・ 礫岩: 乾燥速度 2.9, 湿潤速度 3.5 km/sec<br>圧縮強度 80~220 kg/cm <sup>2</sup><br>安山岩: 乾燥, 湿潤とも速度は 5.0 km/sec<br>圧縮強度 700~2 000 kg/cm <sup>2</sup>                   |  |
| ボーリング | 3 孔 95 m             | <ul style="list-style-type: none"> <li>・ コア採取率 48% (3 孔平均)</li> <li>・ 地下水は観察されず、掘進水は全量漏水する区間が多い。</li> <li>・ 表土 3.5 m 以浅。以深は礫岩, 安山岩からなる。安山岩は堅硬, 礫岩は大部分風化し軟岩化。</li> </ul> |  |
| トレンチ  | 1 か所                 | ・ 観察部分は礫岩および安山岩で、いずれもかなり風化。安山岩の割れ目は大きく開口していることが多い。  |  |

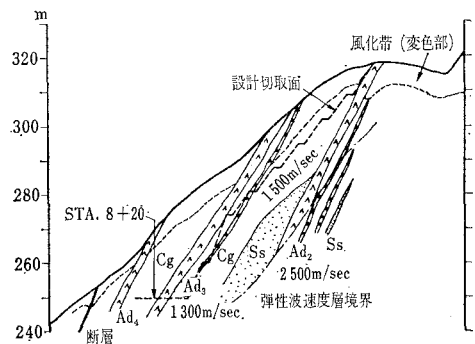
表-4 速度層の地質状況-ボーリング結果との対比

| 速度層 | ボーリングとの対比区間(m) | 砂質土・粘性土(土砂)(%) | 風化岩盤(軟岩~硬岩)(%) | 未風化岩盤(硬岩)(%) | 最も多く対比される地質状況 |
|-----|----------------|----------------|----------------|--------------|---------------|
| 第1層 | 114.9          | 81.7           | 15.7           | 2.6          | 砂質土・粘性土       |
| 第2層 | 87.7           | 27.8           | 49.8           | 22.4         | 風化岩盤          |
| 第3層 | 77.2           | —              | 27.0           | 73.0         | 未風化岩盤         |

も孔口付近の風化部(地表から深さ 3~9 m まで)と安山岩岩脈や砂岩周辺では、掘削中循環水の全量が漏水する箇所が多く、この付近の岩盤は割れ目に富み、割れ目沿いの風化とゆるみの進行が著しいことが推察された。一方、モデルA地区ののり面の走向は、ほぼ N 50° E であり、横断面上での地層のみかけ傾斜は 56°~62° である。このみかけ傾斜をのり面の勾配(下部で 63°, 上部で 51°)と比較すれば、のり面下部では地層が流れ盤的な位置関係になる(図-6)。地層面は最も著しい割れ目の方向と一致していることが多く、その割れ目がゆるんでいるとすれば、このような位置関係は斜面安定のうえに悪影響を及ぼすものと考えられた。また、割れ目が流れ盤的ではなくても、割れ目の組合せいかんでは、局所的な岩塊崩落の危険性のあることも予想された。

以上の事項を考慮しつつ、のり面勾配、のり面保護工、掘削工法について検討した。まず、のり面勾配については、付近の自然斜面の安定勾配(図-5)と同程度までゆるやかにする案もあったが、のり肩上方の斜面勾配がゆるいこと、および岩脈や地層面(主要な割れ目)はのり面に対して流れ盤的な方向性を有するとはいうも

図-6 モデルA地区地質横断面図 (STA.8+20m)



の、その走向とのり面の方向とのなす角度が 37~52°と比較的大きいことなどを考慮して、種々検討を重ね、最終的には5分(10m×1段+11m×3段)と8分(13.9m×1段+7.8m×1段+7m程度のり肩部)との組合せ案を採用した。

のり面保護工としては、P S工、擁壁工などが候補に上ったが、結局、鋼棒によるロックアンカー工法とすることが決定され、その締結岩盤層はのり面に直角な方向に10~15 m 内部の礫岩層とすることになった。鋼棒のサイズはφ32 mm, 施工間隔は原則として1.5×2.0 m とした。また、岩盤には割れ目が多く、かつゆるんでいることを考慮して、閉口部を減じて斜面の安定を増し、工事中の落石を防ぐために、最上部から自然流入によるセメントグラウトを行なうことにした。さらに、表層の安定のために、φ16 mm の鉄筋網をロックアンカーに結び

つけ、この上を厚さ 20~45 cm の吹付けコンクリートでおおうことも決定した。その他、ロックボルトなども追加することになった。

#### (4) 施工中の追跡調査<sup>4)</sup>

鮎沢工区における施工は昭和 42 年に開始され、モデルA地区については、施工前の調査のあり方、岩盤掘削難易の判定、のり面の安定性などに関する資料を得るために、工事の進捗に伴って種々の調査を続行した。その結果について以下に述べる。

##### a) 岩盤状況と施工

最終切取面上の岩相分布を 図-7 に示した。各岩相の面積比率は礫岩 75%、砂岩 8%、泥岩 2%、安山岩 10%、崖錐堆積層 5% で、礫岩が大勢を占めている。安山岩岩脈の分布については、施工前の推定がほぼ妥当であることが実証された。岩脈は厚さ 1~3 m で、厚さ、分布ともかなり不規則に変化し、第 3 小段以上では地層面にほぼ平行に、それ以下では地層面には斜交して、のり面にほぼ直角に分布している。また、割れ目の発達によって小岩塊に分離している。

礫岩中に砂岩や泥岩が挟在する部分では、その境界面からはく離、崩落した箇所が多い。

のり面上部の岩盤は、風化変質を受けて褐色化し割れ目の開口が著しい。下半部はそれほどではないが、やはり割れ目沿いの風化変質やゆるみは進んでいる。しかし、岩片自体の強度は未風化のものにそれほど劣るわけではなく、全般的には、

図-7 モデルA地区切取面地質展開図

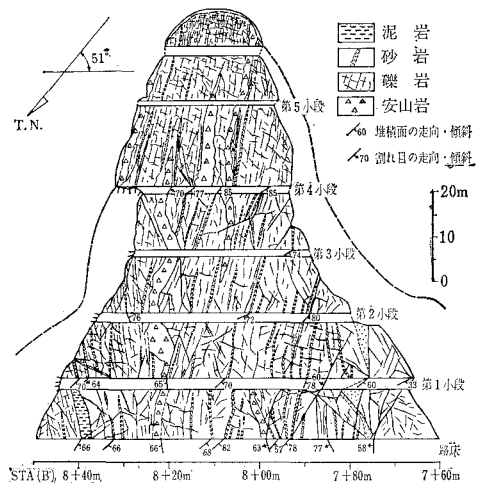


図-8 切取面における弾性波速度の分布

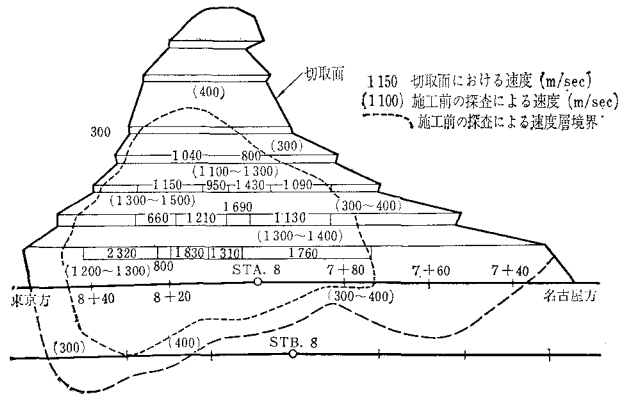
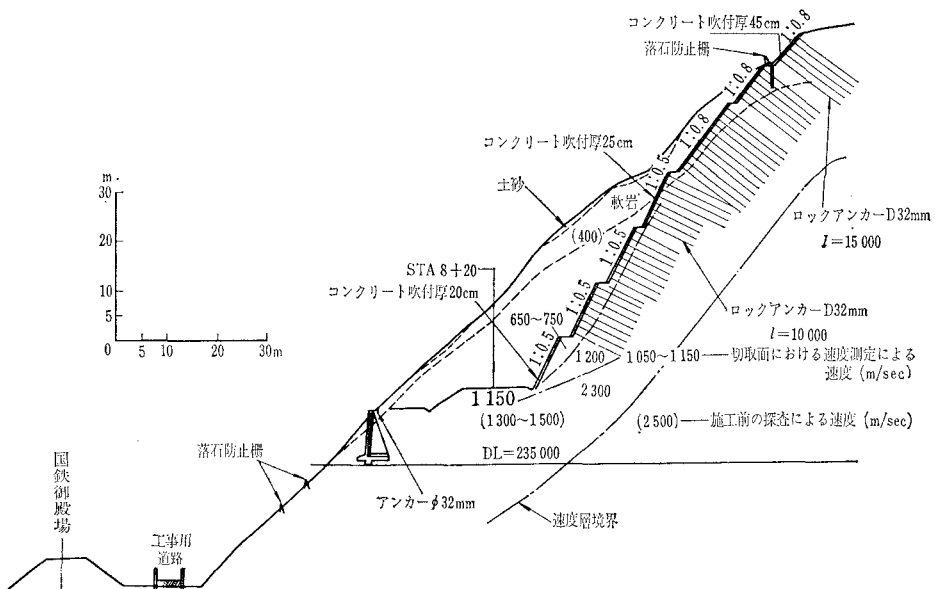


図-9 切取横断面 (STA. 8+20 m) における弾性波速度分布と施工状況



変質岩盤というよりは割れ目が多く、かつゆるんだ岩盤というのが特徴であった。

切取面上および小段における速度測定結果を図-8, 9に示す。なお、これらの図には、施工前の地表からの探查結果も併示してある。施工前後の測定速度を比較すると、当初 1100~1500 m/sec 層として一括された部分にあっても、微視的には ±50% の範囲で速度は変化し、全体としては掘削深さの小さい切取り上部よりも、掘削深さの大きい切取り下部におけるほうが速度が大きい傾向があった。

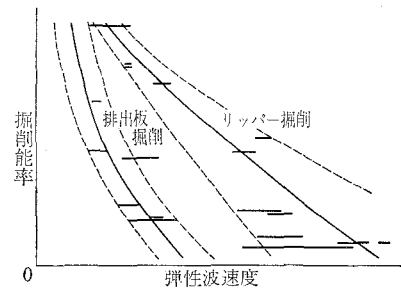
一方、施工の状況は次のようであった。掘削実績についてみると、この地区は急傾斜で高くかつ作業面積も狭いため、最上部から第5小段までの部分は人力掘削となった。第5小段から第4小段までの軟岩を主とする部分は 5t 級ブルドーザーにより、第4小段から第3小段までの軟岩を主とし硬岩を含む部分は 23t 級ブルドーザーと発破を併用して掘削された。第3小段以下は、掘り下げるに従って硬岩の部分が増大し、リッパーによる掘削能率が低下して、火薬の使用量が増した。火薬の使用量は、礫岩におけるよりも安山岩のほうが大きい傾向があった。

#### b) 弾性波速度と掘削能率

掘削難易の判定資料として、機械掘削の能率と弾性波速度との間に有意の相関があるかどうかを検討するために、両者の比較試験を行なった。

これは、試験地を定め、標準的なブルドーザーに排土板またはリッパーを装着して一定時間掘削したときの掘削土量と、同位置で測定した弾性波速度とを対比したものであり、結果を図-10に示す。これによると、排土板およびリッパーによる掘削能率は、いずれも弾性波速度の増加に対して2次関数的に減少しているようである。ただし、リッパーの掘削能率は、排土板のそれほどには弾性波速度とよい相関性を示さず、ことにこの傾向は掘削困難なものに向うほど著しい。これはリッパーによる掘削が岩石の硬軟のほか層理面や割れ目の性状、

図-10 弾性波速度と機械掘削の能率



頻度、方向性などに強く影響されるためであろう。他方、排土板で掘削可能なような部分は、全体に軟質であり、土に近い性質をより多く有しているとみてよいであろう。

このように、掘削能率は個々の地質状況に左右される面があるので、ここで得た結果をそのまま地質状況の異なる他の箇所での掘削難易の判定に適用することには問題があるが、少なくとも弾性波速度が掘削難易の判定の分野に寄与できる可能性を示す一例と考えられる。

#### c) 岩石の特性とのり面の安定性

鮎沢工区における一連の地質調査のなかで実施した岩石試験は 420 個にのぼった。その結果を表-5に総括して示す。

調査地の岩石は、密度が小さく空げきに富み、圧縮を受けた場合の体積減少と横方向への伸長は大きく、比較的容易に破壊する、などの物理的性質をもっている。また、水に浸した場合には吸水によって強度が低下する。湿潤、乾燥を 24 時間ずつ反覆させる試験(乾湿試験)では、大部分の供試体が 5~8 サイクルで割れ目を生じるか、または破損した。

このような性質を有する岩石がのり面上でさらされる環境はかなり過酷である。調査地付近の気候は太平洋岸型ではあるが、山岳地帯に近いために雨量がやや多く(年間降水量 1500~2300 mm)、冬季には降雪や凍結が起こる(最低気温 -10°C 前後)。加えてのり面には北

表-5 鮎沢工区の岩石の物理的性質

| 岩相        | 物理量 | 密度 $\rho_d$<br>( $\text{g}/\text{cm}^3$ )<br>L~U | 有効間びき率 $\phi$<br>(%)<br>L~U | P 波速度 $V_{pd}$<br>( $\text{m}/\text{log}$ )<br>L~U | S 波速度 $V_{sd}$<br>( $\text{m}/\text{sec}$ )<br>L~U | ポアソン比 $\sigma$<br>(無次元) | 動弾性係数 $E$<br>( $\text{kg}/\text{cm}^2$ )<br>$\times 10^4$ | 一軸圧縮強度 $\sigma_c$<br>( $\text{kg}/\text{cm}^2$ )<br>L~U | 体積弾性率 $K$<br>( $\text{kg}/\text{cm}^2$ )<br>$\times 10^4$ |
|-----------|-----|--|-----------------------------|--|--|-------------------------|---|---|---|
| 泥岩        |     | 2.32~2.47<br>平均 2.40                             | 3.8~12.8<br>平均 8.3          | 2620~3800<br>平均 3210                               | 1280~2320<br>平均 1800                               | 0.23~0.43<br>平均 0.33    | 1.6~45.0<br>平均 23.3                                       | 195~540<br>平均 370                                       | (注) 速度の平均値より算出したもの<br>16.6                                |
| 砂岩        |     | 2.32~2.52<br>平均 2.42                             | 9.0~16.8<br>平均 12.9         | 1680~4260<br>平均 2970                               | 1100~2180<br>平均 1640                               | 0.29~0.42<br>平均 0.36    | 2.8~48.0<br>平均 25.8                                       | 100~755<br>平均 430                                       | 13.1  |
| 礫岩        |     | 2.32~2.62<br>平均 2.47                             | 10.2~17.8<br>平均 14.0        | 1720~4180<br>平均 2950                               | 1120~2200<br>平均 1660                               | 0.26~0.44<br>平均 0.35    | 2.8~40.0<br>平均 21.4                                       | 65~475<br>平均 270  | 12.6  |
| 凝灰質礫岩     |     | 1.89~2.36<br>平均 2.13                             | 9.6~27.6<br>平均 18.6         | 2240~3320<br>平均 2780                               | 1080~1720<br>平均 1400                               | 0.29~0.43<br>平均 0.36    | 7.6~16.8<br>平均 12.2                                       | 190~345<br>平均 270                                       | 11.1  |
| ひん岩および安山岩 |     | 2.34~2.81<br>平均 2.60                             | 1.6~15.4<br>平均 8.5          | 2680~5340<br>平均 4010                               | 1260~2820<br>平均 2040                               | 0.32~0.43<br>平均 0.38    | 10.0~64.4<br>平均 37.2                                      | 210~1250<br>平均 730                                      | 27.1  |

面する長大なものが多い。岩石の特性とこのような気象条件からすると、のり面上の岩石は風化作用を受けやすいといえる。実際、調査地にはまったく草木をまとわない比較的新鮮な露頭が所々にみられ、たとえば礫岩では礫が基質との間でゆるんで、たえず崩落している。このような現象は、北ないし北西に向う沢に面した斜面に多く、凍結融解作用によるところが大きいことを示している。また、気象条件がのり面全体の安定に及ぼす影響としては、降水量が第一であろう。降水は、空げきに富む調査地の岩石に対しては、単位体積重量の増大、間げき水圧の発生、強度の低下などをもたらし、のり面の不安定化を招くと判断される。

次にモデルA地区の切取面（平均勾配7分5厘、切取高75m）は、これと同様の地質の自然斜面と比較すると、同程度の高さの自然斜面より急勾配を保持していると仮定するならば、この切取勾配は長期間の安定に関して問題があることになる（図-5参照）。のり面安定のためのロックアンカー工、グラウト工、吹付工は、以上のような諸条件を考慮して実施されたものである（図-9参照）。

## 5. 岩盤切取工事における調査法の検討

これまで述べてきた数次にわたる調査を振り返り、用いた調査手段の適用性について若干の考察をつけ加える。

① 地質踏査：鮎沢工区では、粗粒火山灰層、崖錐堆積層、段丘砂礫層、安山岩岩脈などが、しばしば施工上の問題点となり、これらの分布や性状の把握には地質踏査が重要な役割を果たした。ことに、のり面崩壊にかかわるのり肩部の未固結層や風化部、割れ目とのり面の関係（流れ盤など）、破碎帯などの分布の把握には、不可欠であった。調査に要求される精度に応じて地質図の精度も異なるが、問題箇所に対しては縮尺1/1000程度の調査が有効と考えられる。

② ボーリング調査：固結度の低い調査地の地層（足柄層）の中で、ことに礫岩のように異質の物質の集合した岩石では、コア採取は技術的にかなり困難であった。このような岩盤では、未風化の部分でも採取率が小さいことがあり、採取率のみから岩盤状況を推定するのは危険である。このような場合は、物理検層との併用が望ましい。また、掘進方向も、先行する地質踏査の結果を考慮し、地質構造や風化帯分布などの把握に便利なくふうする必要がある。

③ 弾性波探査：鮎沢工区では、屈折波法、扇形波法、直接波法（ボーリング孔間）を実施した。扇形波法と直接波法は、屈折波法による結果を検証するのに役立つとともに、より詳細な構造の解析を可能とした。これ

らの調査により、概略設計の資料としてはほぼ十分な成果が得られた。また、弾性波速度と岩質とは、かなりよい対応を示している。特に、速度が1000m/secを越えるような軟岩・硬岩の領域では、掘削に際して結果を確認しておくならば、精度、経費の点からみて現状で最も有効な調査手段の一つといえる。ただし、岩質全般の把握の目的から一步進んで施工能率や設計に直接用いるには、まだ不十分である。一例をあげると、同一箇所、比較的多雨の時期と乾燥期とで速度がかなり異なり（最大比2:1）、その変り方は低速度のものほど著しいことが測定されている。このような現行の弾性波探査の難点を補うためには、P波速度のほかに今後S波速度を測定する必要がある。P波速度が岩盤の含水状態に依存し風化部では特に大きな影響を受けるのに対し、S波速度はあまり影響を受けず、岩盤自体の強さをよく反映する性質をもっている。現状岩盤地域におけるS波の測定は実験的に試みられている段階にあり、その測定技術の確立が今後の重要な課題であろう。なお、通常の岩石地山は、屈折探査が前提としている諸条件に合致しない場合が少なくないので、解析の結果の細部は自然の状態を正しく反映していない場合もありうる。たとえば、下位に上位のものより速度の小さい地層が分布する場合などがそれである。したがって、それが地質踏査などで予測され、のり面の安定を左右するような場合には、他の調査法と組み合わせる必要がある。

④ 物理検層：弾性波探査などが広範囲の岩盤状況の把握に役立ったのに対し、物理検層は孔内の岩質を微細にとらえるのに効果的であった。電気検層による比抵抗、速度検層による速度、反射検層による反射強度などは、ボーリングコアの観察結果や、掘進状況とよい対応を示し、また、岩盤の硬軟や割れ目の状態などに関する情報を提供した。しかし、風化岩盤内では孔内水がないことが実施上の大きな制約となり、測定不能または不十分の結果に終わった部分もあった。現状、孔内水を必要としない検層法としては、密度検層、水分検層などがあり、これらは岩盤の硬軟や岩盤中の空げきの程度を知るのに役立つ。また、速度検層においても、その後、孔内の任意の位置に着脱できる孔中受振器が開発され、孔内水を必要とせずに、かつP波のみならずS波の測定まで可能となってきている。これらに対する今後の期待は大きい。

## 8. あとがき

東名高速道路鮎沢工区の高切取部について、設計、施工の段階を通じて実施したこの一連の調査は、今後の調査のあり方を研究するうえで、多くの資料を残した。たとえば、岩盤状況を把握するための物理的測定において、岩盤のもつ不均質性による測定値のばらつきを、い



かに解釈し、いかに表現するかは、今後の重要な課題である。また、ポーリングのコア採取率の不良や物理検層の測定不能などの事態にみられるように、固結度の低い岩盤もしくは風化岩盤など、設計、施工上に問題を秘めた部分に対してむしろ情報が不足する傾向があり、この面を補うための調査手法の研究の必要性が痛感された。これらの問題に関する今後の調査・研究の進展を期待して結びとしたい。

参 考 資 料

- 1) 日本道路公団・応用地質調査事務所：東名高速道路松田・県境間地質調査計画立案調査報告，昭和40年3月
- 2) 日本道路公団・応用地質調査事務所：東名高速道路第1次鮎沢地質調査（その1）報告書，昭和40年10月
- 3) 日本道路公団・前田建設工業（株）：東名高速道路鮎沢地区 STA 8 付近高切取岩盤調査報告書，昭和43年1月
- 4) 日本道路公団・応用地質調査事務所：東名高速道路山北地区岩質調査工事報告書，昭和44年3月

(1970. 6. 29・受付)

海外ニュース

アメリカで研究中の鉄道と  
自動車の結合輸送方式

自動車とその乗客を一緒に鉄道輸送するという、いわば陸上におけるフェリーのような輸送システムが、アメリカ運輸省で研究されている。これは中距離旅行者が出発地を出てから目的地に着くまでの時分を短縮する輸送システムとして提案された方式である。ここでは、鉄道と自動車の結合輸送方式の代表として、オートトレーン、パレットシステムの二方式を紹介する。

オートトレーンは自動車をドライバーが運転して鉄道車両に収め、ドライバーと乗客は自動車に乗ったまま目的地まで運ばれるシステムである。この場合、自動車の積載後、鉄道車両のドアが完全にしまると、旅客は車内を自由に歩きまわり、化粧室、食堂、談話室を利用できるようになっている。図-1 は2階建構造のオートトレーン車両への自動車積載の状況を示したものであり、図-2 はオートトレーンの内部構造を示したものである。

パレットシステムは、自動車1台をパレットと称される小型の車両1台で輸送するシステムであり、オート

レーンと異なり、車両は連結されない。パレットシステムには2つの長所、すなわち（1）高速度でガイドウェイに沿って走行するために自動車に特別な設備を要さない、（2）パレットは規則的な作業手順に沿ってシステムオペレータにより検査、保守がなされるので、システムへの信頼度がきわめて高い、がある。パレット車両は自動車を内部に完全に収納すると、最高速度 240 km/h で安全、快適に運転される。パレット車両の支持には、ゴムタイヤ車輪またはエアクッション、推進には電力を用いることが考えられている。図-3 は車輪支持のパレット車両の概略図の一例を示したものである。図-4 はパレット車両へ自動車を横から積み込む様子を示したものである。

これらの鉄道と自動車の結合輸送方式は、旅行時分を短縮する陸上輸送システムとして将来有望なシステムであるが、他の都市交通機関との調和をとるように計画することが、きわめて重要であるとはいってもない。

“Merger of Ground Transportation and Automobiles, Edward. J.W., Rail International, Vol. 1, No. 2, pp. 73 ~78, February 1970

図-1 オートトレーンへの自動車の積載の状況図

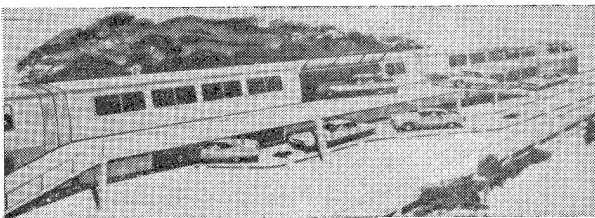


図-2 オートトレーンの内部

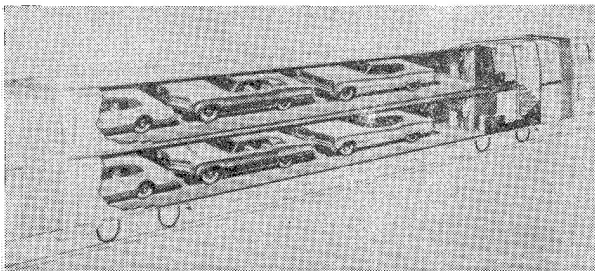


図-3 パレット車両の概略図

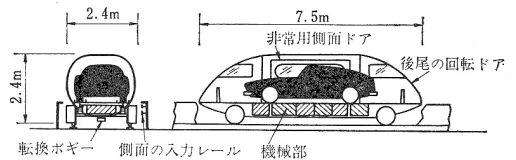


図-4 パレット車両への自動の積み込み

