国鉄新幹線関ヶ原^{*}い道の地質

伊崎 晃^{*}

General and Engineering Geology of Sekigahara
Tunnel, Shin-Tokaido Line.

by Akira Izaki

(abstract)

In planning of Sekigahara tunnel, 2809m long and situated in a disturbed area of Palaeozoic rocks at the midst of Nagoya and Kyōto, a series of careful investigation (including borings and seismic prospectings) was made adequately and construction schedule was based closely on geological considerations. Seeing back from the actual results of driving, many faults and breccia zones were forecasted properly, and except several small troubles due to swelling of clay in altered slate, almost all the works have successfully been completed to the end of this year.

Various data, such as obtained values of seismic velocity, kind of rocks, both inferred and encountered, and thickness of lining concrete planned and adopted, are summarized in Fig. 2.

1. ルート決定のいきさつ

国鉄の東海道新幹線は、計画当初名古屋—京都間のルートを決めるに際して、非常に大きな比較問題に直面した。すなわちここを最短距離で結べば標高1000m級の鈴鹿山脈をどこかで大トンネルにより横断しなければならず、これを避けて低処を越えるとすれば、北方へ関ヶ原付近まで迂回する外ない。そこで昭和33～34年頃図上でいろいろルートを検討したり現地では地質の概査を行って比較研究した結果、鈴鹿越えの主ルートと目されていた御池岳～鈴ヶ岳付近を貫くトンネルは多くの断層に遭遇する上、伏流水に富んだ石灰岩の部分が多いので、多量の湧水が予想さ

* 鉄道技術研究所地質研究室

れ、また南方の八風峠ルートは地形上片勾配の長大トンネルとなるため工期的に非常な難点のあることが明らかとなった。一方 関ヶ原付近も大きく見れば地質的には鈴鹿主脈と大差がないが、トンネル延長が比較的短かくてすむこと、および北陸方面との連絡に至便（米原で）なため、結局これが最終案として本決りとなった次第である。

2. 関ヶ原付近の地形および地質概要

関ヶ原越えは、低処とは云え、伊勢湾に注ぐ揖斐川の支流と琵琶湖に注ぐ天野川水系との分水嶺に当り、標高200～400mの丘陵地を横断しなければならぬ。一方新幹線は線路の規格を最急勾配＝ $\frac{20}{1000}$ ，最小曲率半径＝2500mと定めているので、この地区では前後の関ヶ原から海拔190m程度までしか登られず、従って延長3km前後のトンネルは不可避であった。

地質的に見ると、この地域の主体を構成するのはもっぱら古生層でENE～WSWの走向が優性であるが、東～南部には細粒砂岩やチャート・粘板岩が多いのに対し、西～北部には粘板岩・チャートの他、石灰岩が広く分布するのが注目される。両者の境は岩倉山の南麓を通り、須川部落の谷の付近に現われているが、伊吹山では後者（石灰岩）が前者（非石灰質諸岩）上に北北西方から衝上した関係にある¹⁾とされており、ここではこの衝上断層がその後の変動のためさらに分断、変位されて複雑化しているように考えられる。

なお、露頭で見ると一般に風化はかなり進んでおり、また地形的にもよく開析され、地質的な構造線は谷化していることが多い。

3. 事前の地質調査

それで、これ等の断層群の位置、規模、性状などを確かめるため、一通りの野外踏査のあと、昭和33年度にまず第Ⅰ次劇線A—W—X，a—eおよびf—jのおののちに沿って地震深査を、またⅠ～Ⅳの各点でボーリングを行った²⁾（第1図）。その後、

トンネル前後の取付けや用地

問題などとの関連で図示のようにルートが決定されたため、翌年さらに、第Ⅱ次劇線A—B，C—D，C—Eの地震深査および約20本のボーリングなどを追加して、トンネルが遭遇すべき地質を第2図のように推定した⁴⁾。すなわちトンネルを切る主な断層としてはF1～F20の各断層が認

第1図 関ヶ原トンネル付近地形図

められ、F15より西に石灰岩が現われる外は、堅硬な砂岩を主とし粘板岩、チャート（もっともトンネルにはチャートはほとんど出ない見込）を挟む地質である。断層については、F6, 7付近およびF12～15付近が特に複雑な地質となっているようであるが、上記伊吹衝上は確かめることが出来なかった。これが、解析上検出できないのか、或いは他の断層に切られていてこの測線に現われていないことによるのかは、不明である。

そして池田和彦技師らは施工条件を弾性波速度などに関連づけて第1表のように表現した。⁴⁾

4. トンネルの計画

最終的に決定されたトンネルの計画は、東京起点（以下同様）387k676Mを東口とし390k485Mを西口とする、延長2809Mの複線型直線トンネルで、この間、389k473M5を境に東側は $\frac{14}{1000}$ 、西側は $\frac{4}{1000}$ の拌み勾配を有する。途中、今須谷の下では土被りが非常に浅くなるので、一案としてここだけopen cutで施工することも検討されたが、結局普通工法を通すことに落着いた。

工区としては工期の関係上、全長を東（388k615M以東の939m間）、中（890m）、西（389k505M以西の980m間）の3地区に分け、中地区は今須谷を利用して斜坑で出入りすることとなった。

5. 掘さく実績

各地区はそれぞれ間組（東）、大成建設（中）、前田建設（西）の請負により昭和37年1月に着工された。以下、現場の指導・監督に当たった国鉄名古屋幹線工事局関ヶ原工事区（東・中地区）および同柏原工事区（西地区）の資料に主として基づき、実際に遭遇した地質ならびにこれに対する施工状況などにつき記述する。

(1) 東地区

部分的に砂岩と互層するところもあるが、もっぱら粘板岩が優勢であった。しかし節理が多く、特に粘板岩は黒光りしていわゆる「油目」状を呈したり粘土化した部分を挟むことが少くない。その最も著しいのは節理の多い暗青灰色粘板岩中に粘土を挟んだ388k090Mからの約20m間で、ここでは最初巻厚を50cmと計画し切抗げてH鋼を入れたところ、畳築の余地がなくなる位まで山が押し返してきたが、再び縫返し、巻厚を70cmに改めて漸くこれを克服した。

その他にも、各所で破碎帯や断層粘土に遭遇したため巻厚を変更したものもあるが特記する程のことはなく、ほとんど湧水もないまゝ全区間を半断面先進のベンチカット工法で掘さくすることができた。

区 間	ずい道延長に 対する各層帯 の比率 %	地質の良否		施工法
砂礫交り粘土層 F 7. 10. 11. 12. 15. 18	6	悪 ↑	I	縫地
他の断層 風化第1層(1500~2000m/s)	9		II	施工
F9~F14 間の 4000~4200m/s 帯 F15~F19 間の 4000~4200m/s 帯 }の一部 (湧水が考えられる)	10		II'	導坑掘さく
4000~4200m/s 帯 (湧水のない部分)	30	↓ 良	III	全断面
4500~5000m/s 帯	45		IV	半断面掘さく

第1表 文献4) による

(2) 中 地 区

中地区ではまず土被りの薄い今須谷の下が懸念されたが、河床の砂レキ層は天端の一部に現われる程度で底設導坑には出ず(これはツボ掘りで、あらかじめ予想していた)、漏水も水路の漏水防止策が効を奏して谷の下だけに限られた。

全般の地質はやはり粘板岩を主とするが、本地区西半では東地区に比し砂岩の割合が比較的多くなっている。このことは巻厚の相異となって第2図にも現われている。

断層は地震調査などから予想された位置に大体対応して幾つか見出されたが、破碎帯ないし、粘土化部分の幅は数m程度で、N20~25°Wの走向を示すものが多かった。中で特に著しいのは388k977~389k間で、そこでは導坑掘さくのときすでに荷がかかって矢板が破れ25kg レール支保も切損し、切抜けたところ20cm×20cmのH形鋼すら坐折する程であった。従ってここだけ特に増し支保を施しすぐにコンクリートで巻き立てたが、側壁を巻くと、コンクリートに入りつつあった亀裂もやがて落着き無事切り抜けることができた。この傾向は、他の群小の悪地質箇所についても同様に認められた。

工法は、全区間にわたり底設導坑を先進させ、あと半断面掘さくで施工した。

(3) 西 地 区

本地区は予想通り地質の変化に最も富んだ処であったが、底設導坑によりそれを確めつつ、全長を半断面工法で施工することができた。

まず西口坑門(390k485M)付近はかなり破碎された粘板岩より成り、玢岩の小岩脈が390k375M付近でこれを貫いている。390k364Mの断層*を過ぎると石灰岩が

現われるが390k300M前後は真黒な粘板岩が再び部分的に揉み込まれた著しい断層破碎帯で、底設導坑がこの黒色粘土を通過した直後の37年6月8日、毎分5ton 程度の湧水**に遭遇した。

以東はやゝ結晶質の石灰岩で、その中の亀裂も大抵は目の細い赤粘土で詰り、水を含まず良好であった。従って導坑の際もほとんどは後普請程度ですますことができた。390k208M付近では導坑に10m³の空洞が、また390k140M~130M間の導坑では間地石大の石灰岩ブロックが空積石垣のようにたゞ迫り持って隙間だらけになっている処があったが、何れも水がないのが幸であった。ここを過ぎると粘板岩質チャートが暫く続き、390k100Mで再び石灰岩となるが、この付近では地層は明らかに西傾斜(30°~90°)を示していた。

390k***の断層で石灰岩は完全に絶たれ、以東は東、中地区などと同じく粘板岩と砂岩の互層帯に入る。しかし純然たる砂岩ばかりのところは中地区との境付近だけであとは入り乱れた細互層が多く、また断層のため破碎されたり粘土化している処が少なかった。その1つ、389k950M付近では半断面堀さく後半月余りも経た頃天端が膨れ出し、Hビームが70cmも押されて延長5mにわたり底設導坑が崩壊した。

6. 推定と実績との対比

以上のごとき、実見した地質と事前の推定との関係は、第2図によりよく比較対照することができる。

- (1) 大局的な岩相分布の推定はほとんどの確であった。たゞ非石灰岩地帯では砂岩に比し粘板岩の方が多いようであるが、これは後者が前者より軟いためボーリングでコアが採りにくく、地表では堅い砂岩の露頭が目立ち易いことによるものと思われる。
- (2) 断層の数や、規模などもかなり高い精度で推定することができた。その位置は予想より数十米ズレているものもあるが、地震探査では(各断層毎に特別に密な刺線網を設けない限り)断層の傾斜を知り難いので、この程度は致し方なからう。
- (3) 地表の地震探査で求められた各岩層の弾性波伝播速度は、いわゆる地質の良否のおよその目安として十分実用的なindicator となった。端的にこれをうかゞい知る1例として事前に想定した上部半断面堀さく後の支保工計画と、巻厚の実績とを第2図に記入しておい

* F19としたものであろう。走向N40°E, 断層面の傾斜Eへ60°, 破碎帯は幅2mで石灰岩のブロックを含む。

** この状態が5日間続き、漸減して10日目に2ton/分、其の後涸渇した。また最初は濁ったが終りには澄明となる。石灰岩空洞中の溜り水であらう。

*** F17であらう。走向N20°W, 断層粘土幅約20cm

たので比較願いたい。ここに

- i) 堀さく甲とは150mm×150mm×7mm×10mm のH形鋼(第3図)を平均1.2m間隔に用い巻厚を50cmとする。
 - ii) 同乙とは200mm×200mm×8mm×12mm のH形鋼を平均0.9m間隔に用い、巻厚を70cmとする。
 - iii) 同丙とは導坑から切抜けの桁を入れ、持たせておいて盛替えて200mmのH鋼を入れるところ。巻厚は70cm又は90cm。
- (3) ただし石灰岩と非石灰岩とは同一基準で弾性波速度を比較することはできない。すなわち前者の区間は4.0~4.2 km/sec と比較的小さい値を得ているが、岩石は却ってかなり堅く、また火薬は第2表のように4割方余分に必要とした。
- (4) 湧水については、最大5~7気圧までの水頭をもつものを一応覚悟していたのであるが、結果は意外な程になやまされることが少く、幸せだった。これは、岩盤割目中の水の挙動の調査法が理論的にも方法論的にもまだ確立されていない上、フォーメーション・テスターによる孔底湧水圧測定を僅か1本のボーリング*でしか行っていなかったことによるためであらう。

		導 坑	半断面
西地区	石灰岩	1.0~1.5	0.6~1.0
	非石灰岩	1.0	0.6
東・中地区平均		0.7~0.9	0.5~0.6

第2表 火薬使用量(kg/cm³ , 銘柄は榎)

第 3 図

7. あとがき

筆者は、ごく一部の地表を踏査し、ずい道内には僅か数回入坑してそのときどきの切羽や未巻区間の地質を視察したに過ぎない。従って、工事实績に関する各種の資料を快く提供して下さった関ヶ原工事区長清崎義春氏、柏原工事区長木全美男氏以下の現場の方々、および事前の地質調査に活躍された池田和彦、持田 豊、田中敏夫、星加博二氏らには心から感謝せずにはおられない。本稿中には記述の不備、精疎の不揃いなども少くないことを恐れるが、それは総て著者の理解不足、吟味不十分として責任を痛感している次第である。

最後に、調査や視察に万般の便宜を計られた上、粗稿を校閲していろいろ有益な御助言をいただいた名古屋幹線工事局在塚宏主任技師に厚く御礼申上げて筆をおく。(昭38.10.18 受理)

* 文献3)で関ヶ原試錐No. 6としているもの。文献4)ではこれをNo. 19と改称しているので注意。

参 考 文 献

(年 代 順)

- 1) 関 武夫 (昭 1 4 ・ 月) : 伊吹山付近秩父系の層序及び構造に就いて, 矢部教授還
 暦記念論文集, 1 卷
- 2) 池田和彦・持田 豊 (昭 3 4 ・ 6 月) : 東海道新幹線地質調査, 鉄道技術研究報告 7 8 号
- 3) 藤田勝輔・小林 栄 (昭 3 5 ・ 1 2 月) : 東海道新幹線地質調査関ヶ原湧水圧力調査, 鉄
 道技術研究所速報, 6 0 - 3 2 4 号
- 4) 池田和彦 他 3 氏 (昭 3 6 ・ 4 月) : 東海道新幹線地質調査, 鉄道技術研究所速報,
 6 1 - 8 8 号

バックナンバー在庫のお知らせ (送料は当学会でサービスします)

1 卷 4 号	頒 価	1 0 0 円	
2 卷 1 号	"	1 4 0 円	
2 卷 2 号	"	1 7 0 円	
2 卷 3・4 合併号	"	2 8 0 円	
3 卷 1 号	"	1 2 0 円	
3 卷 2 号	"	9 0 円	
3 卷 3・4 合併号	"	1 3 0 円	
4 卷 1 号		品 切 れ	但し, 会員とし御加入の上 (バックナンバーを揃える方) には, リブリント致します。
4 卷 2 号	頒 価	1 5 0 円	
4 卷 3 号	"	1 5 0 円	
4 卷 4 号	"	2 0 0 円	