恵那トンネル西部の地質調査について

猪 間 英 俊[※]

Geotechnical Surveys, Tests and Measurements on the West Side of Ena Tunnel

by Hidetoshi Inoma

Abstract

Geotechnical surveys in the area of the Ena Tunnel have being carried out by Japan Highway Public Corporation from 1965. In the area of Nakatsugawa, the west side of the Ena Tunnel, 5 boring works were completed, and several physical characters of boring cores and bore holes were tested and measured.

From their results, the geotechnical section of the west side of this tunnel is drawn. Considering difficulty of boring works and observation of boring cores, it seemed that geotechnical conditions in this area is not desirable for tunnel work beyond expection

1. ま え が き

中央高速道路恵那トンネルは、木曽山脈をほぼ直角につらぬいて、その延長8kmをこえる、道路トンネルとしては世界第二といわれる。昭41・7中央高速道路をふくむ五本の新規高速道路に対し、施行命令が発せられ、事業主体である日本道路公団が、設計のための地質調査を実施している。計画段階での地質調査について、前号（菅原捷：中央道恵那トンネルの地質調査—計画の進展に対応する地質調査—）に報ぜられたので、その後の調査の知見を簡単に御報告いたしたい。

日本道路公団では、昭和40年度に過去10年ちかくにわたっておけなわれた建設省の調査の成果1/50,000および1/5,000の地表地質調査、弾性探査等をひきついて、これらの成果を参考に機械ボーリングに着手した。

昭和41年度には機械ボーリングのほか、弾性波探査、電気探査を実施し現在続行中である。さらにロ

※ 日本道路公団高速道路名古屋建設局

ピンス型トンネル掘削機の能力の試験と、地質調査を目的として、試掘坑試験工事にも手をつけたが、これらの成果をみるのは今秋以降である。

2. 路線と地質の概要

恵那トンネルは当面二車線施行とし、下り線を開さくするものであるが、前号で紹介されたA～C案のうちA案（L＝8,518m）にちかいルート（L＝8,450m）を採択することに決定したが、これと比較線として有力であったのは、B案（L＝6,968m）である。地質について現在までの調査による知識では、岩石そのものは花崗岩・石英斑岩・ホルンフェルス・扇状地堆積物で両案に共通ではあるが、両案の東側坑口付近で横断することとなる園原断層群が、南から北に急速に収斂し、南のA案でその幅約900mであるが、北のB案でこれが％に集中しより高度に破碎された悪地質と想像される。B案坑口付近からさらに北方には完全にマサ化した花崗岩の山腹の崩壊がはげしく、B案の方が地質がおとる。A案は、トンネル延長のほとんどがながい案で、B案より1.5kmもながいため換気・照明までふくめた工費はたかいものの、前後のとりつけ道路の延長減がこれを相殺してなおやすいものと計算された。

現在案は長野県下伊那郡阿智村園原から、岐阜県中津川市神坂まで8,450m、この中約700mは曲線区間であり、縦断線形は検討の余地あるも両坑口約80mの差をおがみ勾配でぬく。

地層、岩質、構造等の詳細ははぶくこととするが、トンネルの東側の％が花崗岩（天竜峡花崗岩、夜鳥山花崗岩）で、西側の％が濃飛流紋岩ともよばれる石英斑岩であって、その境付近にトンネルと斜交する南北の神坂断層がある。花崗岩地域にはこのほか神坂神社断層、園原断層群など南北性の断層・破碎帯が発達しており、これに領家のホルンフェルスをともなう。西坑口付近には1m以上の岩塊をもふくむ数10mの厚さの扇状地堆積物が発達する。

3. 機械ボーリングによる調査・測定

掘進とそれにとまなう調査・測定を完了した全コア採取の機械ボーリングは、中津川市神坂の5地点である。

No.1が西坑口から約450m、No.5が西坑口から約2kmの地点で、他の3点は、これらの中間にある。No.1はボーリング着手時点では坑口とかがえられ、水平ボーリングとしたが、現在案では坑口が西によったため、西坑口から450mへだたり、かつ路線の計画高より102m高所となった。他の4点は垂直ボーリングで、現在案の計画高まで掘進すべく努力した結果、No.4のみが到達したが、他は地質不良により掘進困難で途中でうちきった。

3.1 掘進概況

いずれのボーリングも表層が岩屑堆積物で、岩盤は石英斑岩である。岩屑も石英斑岩である。

No.1掘削長200.20m水平、扇状地堆積物上にあり、崩壊はげしくセメンテーションも効なく、無水掘りでケーシングを挿入した。40mで孔まがりが上方へ約9°、基盤岩をにげる方向に大きく生じた。そ

のため最初の22mの扇状地堆積物をトレンチ・カットして再度ほりなおした。平均採取率78%。116mから湧水がつづき、153mで最高34ℓ/minをしめしたが、コアは破碎され粘性土をまじえ、断層にともなう水とおもわれる。

No.2 掘削長167.55m。垂直。山腹にあって岩屑が予想外にあつく25mほどあり、この間は全逸水。着岩後は比較的崩壊はすくなかったが、計画深度まで達しないうちに発生したジャミングが回復せず、中止した。平均採取率50%であるが、深度67m以下はコアがほとんどとれず、この間の平均採取率は21%にすぎない。粘土がおおく断層破碎帯とおもわれる。

No.3 掘削長250.30m。垂直。扇状地堆積物上に位置する。27mで着岩。破碎されたコア、粘土もおおいが、棒状のコアも他の4孔よりおおくとれた。平均採取率73%。202m以深では全逸水にちかく、崩壊もはげしい。

No.4 掘削長340.20m、垂直。扇状地堆積物上に位置する。29mで着岩。44mまで掘進中崩壊はげしく、全量逸水した。18m付近で孔まがりが約2°あって、口元までセメンテーションして、掘進を再度やりなおした。それ以深でも崩壊、おしだしはげしく、190～205mでとくにはげしかった。平均採取率64%。

No.5 掘削長300.40m。垂直。扇状地堆積物上に位置する。25mで着岩。ほとんど全深度にわたり泥水や逸水防止材を使用した。平均採取率79%、とくに78mから195m間連続して全コアを採取した。しかし破碎されており、また粘土ともない健岩でない。

3.2 湧水、孔内水位

No.2のみ湧水がみられず、ジャミング直前の孔内水位は-130m付近。

No.1は153mで34ℓ/minの湧水があって以奥で減少した。この水は断層破碎帯にともなうものとおもわれる。

No.3～No.5 湧水はあるが深度不詳孔内水位はいずれも小さきざみに変化する。

3.3 孔まがり

5孔の測定点数の総数120点。これより推定した孔底における孔まがりは表-1のとおり。

1) 孔まがりは地質の良否に支配され、断層破碎帯でとくに大きい。断層破碎帯は偏向点、偏角点となりやすい。

2) 口径をさげるところも孔まがりを生ずる。

3) 小口径ボーリングでの孔まがりの修正が困難であった。

表-1 孔まがり測定結果

No.	方 向	孔 底 深 度 (m)	孔 ま が り (m)	最 終 測 定 点 で の 測 定 値	偏 向 点	偏 角 点
No. 1	水 平	200.20	上 方 へ 約 5 東 へ 約 4	5° 40′	徐 々	徐 々
No. 2	垂 直	167.55	9.7	6° 00′	あ り	〃
No. 3	〃	250.30	12.5	4° 00′	徐 々	〃
No. 4	〃	340.20	47.5	18° 25′	あ り	あ り
No. 5	〃	300.40	20.2	8° 00′	徐 々	〃

3.4 物理検層

No.2 からNo.5 までの4孔について、電気検層と密度検層を実施した。電気検層は二極法で電極間隔25cm, 50cm, 100cmで測定した。密度検層はC_o⁶⁰, プローブの移動速度約14cm/sec, 時定数1secまたは5secで測定した。

その結果,

- 1) 電気検層の測定値はコアーの良否の状態とよく対応した。
- 2) 密度検層の結果, 基盤岩と表層の岩屑の堆積層との境界が, コアーと対照することにより明瞭に判定された。基盤岩では平均2.35~2.45 g/cm³ で, 岩屑の堆積層では2.2 g/cm³ 以下大体2.0 g/cm³ であった。
- 3) 岩石試験の結果から基盤岩の真の密度値を2.66 g/cm³ とすると, 密度検層による基盤岩の密度が2.4 g/cm³ ならば間隙率が $\frac{2.66-2.4}{2.66-1} \times 100 \div 15\%$ 前後と推定されるが, 精度は疑問である。

3.5 湧水圧測定

D, S, T, によりNo.2 からNo.5 について測定した。その結果透水係数は $2.7 \times 10^{-4} \sim 6.5 \times 10^{-6}$, 平均 6×10^{-5} 程度であった。

3.6 岩石試験

コアーから新鮮な試料を採取し, 両端を整形の上, 強制湿潤, 強制乾燥の状態です試験測定した。その内容は密度, 吸水率, 有効間隙率, 超音波伝播速度, 圧縮破壊強度, 静弾性係数である。その結果をまとめたのが表-2であるが, 結果をしめすだけにとどめる。これらの測定値の相互間に, とくにいちじるしい相関のあるものはないようである。

表-2 岩石試験成績一覽表

三つならべた数字の中央が平均値，両端が範囲をしめす。

試錐孔 No.	クラック の 多 寡	試 料 数	密 度 (g/cm ³)		有効間隙率 (%)	吸水率 (%)	超音波伝播速度 (km/sec)		弾 性 係 数 (kg/cm ²) (×10 ⁴)		一軸圧縮強度 (kg/cm ²)
			湿	乾			乾	湿	動弾性係数	静弾性係数	
1	a	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	b	4	2.61-2.62-2.62	2.59-2.62-2.63	0.76-1.17-1.27	0.23-0.41-0.49	4.15-4.90-5.43	5.22-5.57-5.86	38.1-56.6-75.9	5.5-8-10	430-820-1150
	c	11	2.61-2.62-2.65	2.60-2.62-2.62	0.51-1.08-1.75	0.20-0.41-0.67	4.35-4.95-5.26	5.33-5.58-6.05	42.5-66.9-81.8	2-8-14	500-730-1210
	計	15	2.61-2.62-2.65	2.59-2.62-2.63	0.51-1.09-1.75	0.20-0.41-0.67	4.15-4.93-5.43	5.22-5.58-6.05	38.1-64.1-81.8	2-8-14	530-750-1210
2	a	2	2.62-2.63-2.64	2.61-2.63-2.64	0.23-0.85-1.47	0.09-0.33-0.56	4.90-5.38-5.85	5.40-5.63-5.85	64.9-70.9-76.8	4-5-6	580-940-1300
	b	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	c	1	2.66	2.65	1.47	0.56	5.46	5.92	79.3	—	380
	計	3	2.62-2.64-2.66	2.61-2.63-2.65	0.23-1.06-1.47	0.09-0.40-0.56	4.90-5.40-5.85	5.40-5.72-5.92	64.9-73.7-79.3	4-5-6	380-750-1300
3	a	6	2.63-2.65-2.68	2.62-2.65-2.67	0.22-0.56-1.22	0.08-0.21-0.47	5.13-5.52-6.14	5.22-5.69-6.14	58.6-70.0-85.6	4-8-12	270-730-1300
	b	12	2.63-2.64-2.68	2.62-2.64-2.68	0-0.47-1.07	0-0.18-0.41	4.63-5.40-6.25	4.89-5.59-6.25	53.5-69.5-88.0	6-12-22	210-1250-1940
	c	19	2.61-2.64-2.68	2.61-2.64-2.68	0-0.52-1.75	0-0.20-0.67	4.61-5.31-5.93	5.06-5.49-5.93	57.4-67.8-79.8	6-14-20	160-1290-2120
	計	37	2.61-2.64-2.68	2.61-2.64-2.68	0-0.51-1.75	0-0.19-0.67	4.61-5.37-6.25	4.89-5.56-6.25	53.4-68.7-88.0	4-12-22	160-1190-2120
4	a	10	2.62-2.64-2.68	2.62-2.63-2.68	0.08-0.68-1.37	0.03-0.26-0.52	5.35-5.75-6.14	5.76-5.93-6.14	64.2-75.8-84.3	3-7-14	350-840-1270
	b	7	3.63-2.65-2.68	2.63-2.65-2.68	0-0.26-0.64	0-0.10-0.10	5.73-5.91-6.12	5.73-5.91-6.12	73.4-78.9-83.7	6-10-14	560-1040-1390
	c	4	2.65-2.66-2.69	2.65-2.66-2.69	0-0.07-0.17	0-0.03-0.03	5.45-5.87-6.47	5.74-5.81-6.02	74.5-78.2-82.3	7-13-18	1090-1340-1930
	計	21	2.62-2.65-2.69	2.62-2.64-2.69	0-0.42-1.37	0-0.16-0.52	5.35-5.83-6.47	5.73-5.90-6.14	64.2-77.3-84.3	3-9-18	350-1000-1930
5	a	13	2.61-2.65-2.68	2.60-2.65-2.68	0.22-0.54-0.93	0.11-0.20-0.35	4.65-5.50-5.95	5.16-5.76-6.22	60.0-65.6-83.8	2.5-8-14	380-830-1470
	b	18	2.61-2.65-2.68	2.61-2.64-2.68	0-0.48-0.96	0-0.17-0.36	4.87-5.18-5.87	5.04-5.60-6.07	53.4-65.7-77.9	3.5-8-14	380-990-1920
	c	7	2.60-2.64-2.67	2.60-2.64-2.67	0-0.34-0.51	0-0.13-0.20	5.32-5.50-5.94	5.32-5.61-5.94	62.8-69.7-79.5	5-9-13	1020-1330-1680
	計	38	2.60-2.65-2.67	2.60-2.64-2.68	0-0.47-0.96	0-0.17-0.36	4.65-5.35-5.95	5.04-5.66-6.22	53.4-66.4-83.8	2.5-8-14	380-1030-1920
計	a	31	2.61-2.65-2.68	2.60-2.64-2.68	0.08-0.61-1.47	0.03-0.23-0.56	4.65-5.58-6.14	5.16-5.79-6.22	58.6-70.1-85.6	2.5-7-14	270-860-1470
	b	41	2.61-2.64-2.68	2.59-2.64-2.68	0-0.50-1.27	0-0.18-0.49	4.15-5.41-6.25	4.89-5.65-6.25	38.1-68.2-88.0	3.5-9-22	210-1060-1940
	c	42	2.60-2.64-2.69	2.60-2.64-2.68	0-0.62-1.75	0-0.23-0.67	4.35-5.30-6.47	5.06-5.58-6.05	42.5-69.1-82.3	2-11-20	160-1130-2120
	總計	114	2.60-2.64-2.69	2.59-2.64-2.68	0-0.57-1.75	0-0.21-0.67	4.15-5.39-6.47	4.89-5.66-6.25	38.1-69.0-88.0	2-9-22	160-1030-2120

注 1) クラックの多寡 肉眼判定で区別 a: クラックの多いもの, b: クラックが少いもの, c: クラックのないもの
 2) 動弾性係数の計算にもちいた岩石のポアソン比は0.25と仮定した。
 3) 試料は全部石英斑岩

図ー１ 恵那トンネル平面図および中津川方地質断面図

４．ま と め

機械ボーリングをおこないながら、付近を1 / 1,000で地表踏査し、推定した断面が図ー１である。

地質状況の区分はAからDまでとし、H-200×200の支保工で、Aが1.5mピッチ、Dが60cmピッチ程度の岩盤状況とかがえればよい。湧水については調査不足である。一応現在までにえられた情報を御紹介するだけにとどめたが、この断面図にしめた範囲にも目下機械ボーリングをおこなっており、また東側園原地域にも実施中で、逐次トンネル基面付近の状況が判明してくるはずである。

参 考 文 献

1. (株)応用地質調査事務所(1967)：昭和40年度中央高速道路恵那トンネル地質調査(その1)報告書