

地質調査と土木工事 (その2)

住鉦コンサルタント(株)
福島 啓一



5. 途中で曲げたトンネル(承前)

前回調査漏れで次のような例がありました。

日豊線第4宗太郎トンネルは掘削中に大崩壊を起こしてトンネルが埋没したため、これを放棄してすぐ隣に新しいトンネルを掘削した。地質は安山岩質集塊溶岩の崖錐地である⁶⁾。

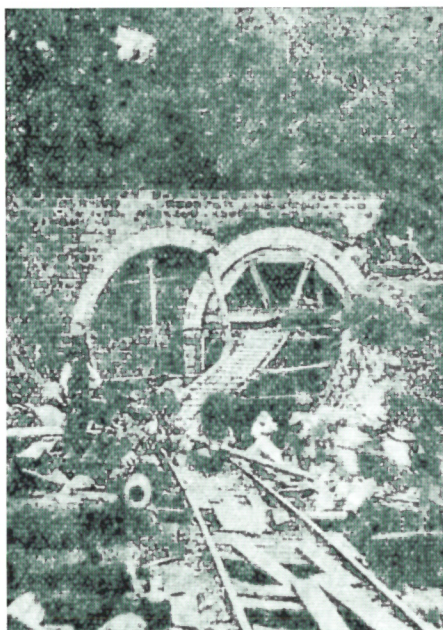


写真1 工事途中で路線変更したので、眼鏡トンネルの様な坑口になった。

播但線向山トンネルは断層に平行であったため、絶えず覆工部分が変形して、列車運転に差し支えを生じ、数十回にわたって補強したのであるが、到底人工的なものでは断層作用の如き強大な力は支ええず、線路を変更するの止むなきに至った⁶⁾。

松山線第2栗井トンネルは掘削中に数回崩壊し、ついにこれを放棄して海岸に迂回して線路変更をした(1926)。これは断層と平行にトンネルを掘削したためである。地表に2条の断層線があり、これを境にして地盤が階段状に滑落した跡が

歴然としていて、将来この断層が活動を始めそうなことは容易に想像できる。況やここにトンネルを掘れば、断層付近の地山をゆるめ、地すべりを惹起するのは自明のことである。



図6 向山トンネル平面と断面

この様に立派な断層の証拠があり、しかも海岸線には迂回できる余地があるのに、隧道の掘削をしたのは甚だ遺憾である、とは渡辺⁶⁾の評である。今はこんな地質を無視したような路線選定をするような人はいないでしょうね。

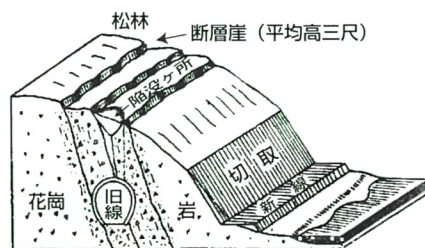


図7 第2栗井トンネル

雨竜線幌加内トンネル(北海道)は蛇紋岩のために生じた幌加内峠の最も凹んだ箇所を横断したため、工事困難に陥り、試錐の結果線路を迂回させて変更した⁶⁾。

筑豊線(福岡県)は蛇紋岩の所で工事

中に崩壊事故を起こし路線変更をしたと聞いたけれども、はっきりした報告書が見つからなかった。

6. トンネルは出来たけれども

何とかして(あるいは普通に)トンネルは出来たけれども、地すべりなどでなくなったトンネル、潰されてしまったトンネル、巻立てがひび割れたり、舗装が持ち上がったたり、線路が曲がったりでついに使うのを諦めて別に掘り直した例もある。

6. 1 地すべりでなくなったトンネル

関西線亀の瀬トンネル(大阪府)^{6) 7)}は最初大和川右岸にトンネルを掘ったが、昭和6年(1931)11月に突如地すべりを起こし、道路、鉄道とも危険になった。川岸も約150m間にわたり10~20m隆起し、さらに進行すればここに天然ダムが出来て、上流側の奈良市法隆寺付近が水没するかと心配された。地すべりは対岸まで持ち上がるほどの大規模なもので、関西線のトンネルは左岸(対岸)のそのすべり線よりさらに奥に新しく掘り直された。



図8 亀の瀬地すべりと付替えた明神トンネル

飯田線西山トンネル⁷⁾は昭和17(1942)年に建設されたトンネルであるが、昭和32年(1957)8月17日5時15分に大音響と共に山腹が崩壊し、40万 m^3 の土砂は天竜川に押し出されトンネルも約80mにわたって完全に崩壊した。幸い予兆があったので、2日前の8月15日より列車の運転は停止されていた。佐久間ダムの湛水池に面しているが、湛水の影響ではないとされている。

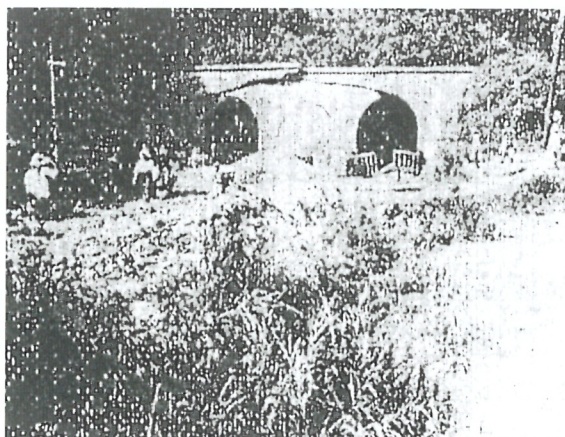


写真2 亀の瀬地すべりで放棄した旧トンネル

飯山線高場山トンネル(新潟県)⁷⁾は信濃川の湾曲した攻撃斜面側にあり、建設工事も難航したが(昭和2年、1927)、その後もトンネルの変状があった。昭和44年(1969)の豪雨後地すべりの様子が見えたので、観測をしていたが、昭和45年(1970)1月22日午前1時24分山全体が地すべりを起こしトンネルは半分潰れてしまった。そのため山側に100mほど追い込んだ新トンネルに切り替えた。地すべり計などの測定値から滑り時間を予測でき、列車運行を止めたので人的被害はなかった。

磐越線の尾登トンネル(新潟県)⁶⁾は巻立て完了後に、トンネル中央部が完全に川の中に吹き飛ばされた。地質は凝灰岩の崖錐という。

磐越西線松野トンネル(福島県、喜多方・山都間)⁶⁾の崩壊による線路改築は当時有名な事故であった。この地域は地名にも蛇崩れ山とあるとおり旧山崩れ跡で、地形も凹凸極まりなく緩傾斜地を形成している。地質は第3紀凝灰岩の風化したもので全くの灰白色粘土化している。松野隧道は2,323ft(≒708m)で、明治12年(1879)に竣工した。工事中にすでにアーチに変形を起こしていたが、明治44年(1911)の大豪雨の時、坑門切り取りが崩壊し、泥流がトンネル内に流入し線路を閉鎖した事故もあった。大正6年(1917)3月雪解け期の坑内中央部において大崩壊したので、全くこれを閉鎖した。到底復旧の見込みがないため、線路変更をし、新たにトンネルを掘削した。

6.2 坑口崩壊で廃棄したトンネル

北海道の豊浜トンネルは坑口上の崩壊(1996.2.10)で岩石がバスを直撃し、死者20名を出す大事故となった。直接に破壊したのはトンネル部でなく、落石覆いの部分であるが、一般の人にはそんな区別は付かない。ついでとしても、それはトンネルの重要な付録であり、やはりトンネル路線の選定が悪いと言わざるを得ない。

このトンネルは途中から曲げて長いトンネルに改築された。

1年半後(1997.8.25)には同じ路線の第2白糸トンネル上の岩石が崩壊した。幸い死亡者はなかった。

6.3 変状に悩まされ付替えたトンネル

伊東線宇佐見トンネル(静岡県)の掘削は温泉余土に悩まされ、約3kmのトンネルに1933～1938と5年間も掛かった。完成後も変状の絶えないトンネルで、1985年新しく掘り直された。

東海道本線の真鶴トンネルは、トンネルを短くするために典型的な、海蝕崖の斜面にところどころ顔を出したり、また潜ったりという路線である。関東大震災で被害を受けたほか、偏圧で巻立てに変状が進行し、ついに数100m山側に追い込んだ長い新しいトンネルを掘り、これに路線を切り替えた。

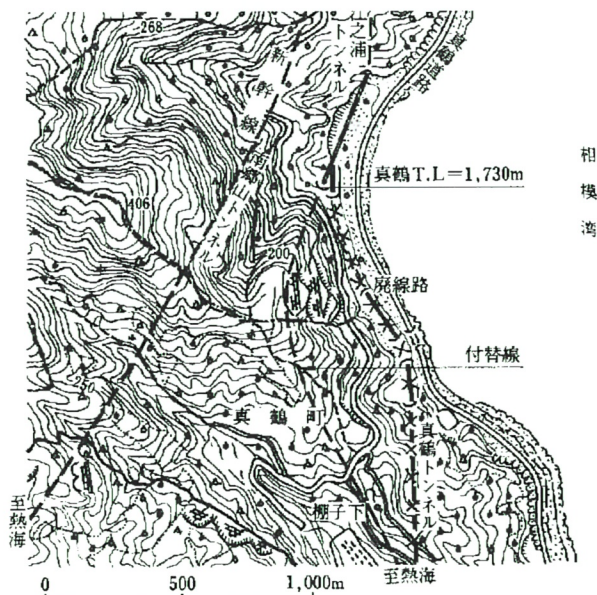


図9 新旧の真鶴トンネル

明治時代にはトンネルはm当たりの単価が高いので、少数の例外を除いては1マイル(≒1.6km)以上の長いトンネルは掘らない方針だった。最近は逆にトンネルの方が安くなり、長くて、被りの深いトンネルを安易に計画し過ぎるようで、強大な土圧や高圧の湧水に悩む例が散見される。

7. トンネルは出来たけれども

路線は変えなかったけれども、悪い地質で苦しんだトンネルは多い。面子にこだわって路線を変えなかったために、かえって多くの人が迷惑し、金も時間も掛かったのかも知れない。イタリアのクリスチナトンネル¹⁾は強大な土圧に苦しめられ、石積み覆工が押し出されて、複線トンネルを掘るはずが単線の列車がやっと通るだけの空間しか残らなかった。

アーチバルト・ブラックの『トンネルの話』⁸⁾という一般向きの本には最も困難なトンネルの例として東海道本線の丹那トンネル(静岡県、1917～1933)をあげている。もっとも、ここは路線を多少変えても活断層に当たると想定されるが、それにしてもあの凄まじい湧水は路線を変えたらかなり減ったかも知れない。丹那トンネルの上には丹那盆地というのがあり、地図で見ると本当にすり鉢のような形で、この真下をトンネルは通っている。建設当時横山又次郎教授はこれは火山爆裂口の跡だという説を立てた。幸いそうではなかったが、活断層で何度も断層滑りが起こり、もともと真っ直ぐ流れていた川がここで決闘鍵屋の辻みたいに2回直角に曲がっている。その真下にトンネルを掘ったのだから猛烈な湧水に見舞われた。地上では大湧水になった。

地質学も未発達でいろいろな説が出たのだろうが、そんな学者の論争にも馬耳東風で、1本のボーリングもしないで路線を決め、工事に着工した「神風特攻精神」は、今もまだ直ってなくて、時々世界一の難工事を引き起こしているのでは無かろうか。

膨張性地山にあたり難航したトンネル

としては紅葉山線登別トンネル(北海道)、ほくほく線鍋立山トンネル⁹⁾(L=9,117m、1973~1992、完成まで19年かかった)等の例がある。

中央高速道恵那山トンネル(岐阜県)は掘削中に強大な土圧で苦しんだが、開通後も巻立てにひび割れが入るなど、強大な土圧で苦しんでいる。PCケーブルで補強するなどしている。

この他にも側壁導坑方式で掘ったトンネルで、側壁が押し出して来て列車が徐行しているとかの噂を聞くトンネル、舗装が持ち上がって自動車が徐行しているトンネルもある。

この中には地質調査はしたけれども、それを計画にちゃんと反映しなかった例や、地質が悪いと言うより、地質に対応した設計や施工をしなかった例もあるようである。

鍋立山トンネルの内、大部分は3年で終わり、最も悪い区間650mに8年かかった。丹那トンネルも難所6ヶ所に半分の工期を費やしている。良い工事をするためには、調査の結果を土木屋に納得させ、計画や設計に反映させることが大事である。

8. 地質の良し悪しとトンネル

地質とトンネル施工の関係で、従来から地質が良ければと云うことがよく言われるが、これにはかなり注釈がある。地質の良し悪しはあくまでトンネルに働く荷重に比べての話で、荷重が小さければ多少軟らかい土砂の中にも難なく掘れる。露頭で見ると良い岩であっても、強大な土圧を受ける切羽では見る見る押し出してくることもある。稼ぎも多いが、金使いが派手な人と、少ない給料でもつましく暮らしている人のようなもので、どちらの経済状態が健全かは差し引きの問題である。地質の判断も地山の強度だけでなく、トンネルに働く荷重との関係で考える必要がある。この点については別に論じたので、参考にして下さい¹⁰⁾。

水とトンネルの関係もそうで、水圧が低ければ、粒度分布や均等係数がどうで

あろうと大したことはない。

東海道新幹線をつくるとき、伊豆半島をどこで横切るのが問題になったが、結局東海道線の丹那トンネルに平行して、約50mほど山側に、ただし高さを5mほどあげて掘ることになった。丹那トンネルが大量・高圧の湧水で苦しんだことは有名であるが、今度は隣の既設トンネルが水抜きトンネルの役を果たすと見込んだ。この目論見は的中して、旧トンネルで最大90m³/分の湧水があったのが、僅か3m³/分で済み、かつて19年もかかったトンネル工事は4年半で終わった。もちろん施工機械の発達、木製支保からH鋼支保への進歩もあったが、湧水や膨張性地山で何年も進行ゼロということがなかったのが最も効いている。とりわけ、地質は同じでも、湧水がないだけで44ヶ月もかかった西口7,000~8,000ftの火山粗砂層も、34ヶ月かかった西口12,000ftの丹那大断層も殆ど問題なく通過できた。

地質調査と地下水調査は別物でなく、合わせて判断する必要がある。

参考文献

- 6) 渡辺貫：地質工学、古今書院、1935
- 7) 山田剛二、渡正亮、小橋澄治：地滑り・斜面崩壊の実態と対策、山海堂、1971
- 8) アーチバルト・ブラック：トンネルの話、平山復二郎訳、岩波書店、1939
- 9) 柴田剛志、大沢光男：19年ぶりに導坑貫通の鉄道トンネル、トンネルと地下、1993.1
- 10) 福島啓一：地山等級分類の改善提案、トンネルと地下、2002.4