

## 二二、有効だった水抜坑

此の春に亡くなつた池原元所長が、「丹那の難工事たる所以は、一つの掘鑿方式で、全體を押すことが出来ないにある」と、よく謂ひましたが、全く至言だと思ひます。地質のいゝ所は、普通の掘鑿方法で、どんどん進めるのですが、一旦悪い難所にあつたると、たつた一本の水抜坑を通すのに、一年も二年も掛つてしまふのです。苦心慘愴して、これを突き抜けると、又なんでもなく進めるのです。この様に厄介な難所は、處々に介在して居るのですが、然も其の性質が必ずしも同一でないのです。

或る難所でセメント注入なり、空氣掘鑿なりで成功したからと謂つて、それが他の箇所は無條件に當てはまりません。一々箇所毎に性質をつきとめて、方法を考へなければなりません。又難所が連続的に纏まつてないので、或る箇所をセメント注入なりで苦心して突破しても、それを抜けてしまふと、もう其の工法は用がないのです。折角整へた設備、馴れた職工の腕も、長く使へませんから、甚だ不經濟、不得策です。こんな工合に、特種な工法も、只斷續的に實行したのですが、茲で只一つ、「水抜坑を掘る方法」だけは終始利用して——甚だ平凡に見えますが——非常に有效な成績を挙げました。

一體地中の工事で、相手は何だと言へば、「水」と「土」との聯合軍だと謂ふことになります。「水」があつても、「土」の方が硬い岩石等で崩れなければ、この聯合軍あへて恐るゝに足りません。併し「土」が崩れ易い土砂等になると、それに水が加勢したら、とても始末におへません。何とかしてこの水を追拂はねばなりません。崩れ易い土砂でも、水さへ無くすと大體おとなしくなり、崩れにくくなるものです。だから水を追ひのけさへすれば、いと謂ふことになりませんが、此の水を追ひのける方法には、大體二通りあります。一つは積極的と謂ひませうか、工事場所へ水が來ない様に押さへてしまふ方法で、他の一つは、出るだけの水を出して洩して其の勢をそいでしまふ方法です。後者は前者に比べると、甚だ平凡な消極的な方法ですが、此のどつちをつかふかは、一に場所によつて定めなければなりません。

海の底や、大きな河の底にトンネルを掘る様な場合には、水を洩さうにも、無限で洩せないのですから、壓搾空氣の力を借りて、水を押さへて、水が少しも出ない様にして掘る外ありません。岩石等の龜裂又は斷層等で、そこから局部的に湧水が出ると云ふ場合なら、セメントさへ入るならセメント注入で、之を留めて掘ることも出来ます。併し丹那トンネルの様に、山を構成して居る岩石の大部分が、非常に多孔性で、且つ龜裂に富み、其の間に地下水を多量に含んで居る場合は、どこもかもセメント注入で防水しながら掘ることは、非常に不經濟なものになります。又斷層等の箇所で三百封度近い水壓があるのでは、水を押へる空氣掘鑿も出來ない相談です。だから、こんな場合には、どうしても先づ水を絞れるだけ、絞つて洩らす第二の方法を取るのが、一番確かな方法です。

### 丹那式掘鑿法

こんな考へから、丹那トンネルでは、湧水に散々苦勞した擧句、「水抜坑」を掘ると云ふことをやり出しました。

此の水抜坑は本當のトンネルとは、別に離して横に掘るのですが、本トンネルの底設導坑よりは、盤を低く、出来るだけ先進させます。そして本トンネルの導坑が到達する前に、極力奥の水を絞ります。又斷層其他地質の悪い難所を攻撃する場合には、底設導坑は、其手前適當な地點で前進を休止させて置いて、此の水抜坑を第一線として、戦を開始します。さうすると、萬一崩壊等の事故があつて、地山を弛めても、本トンネルを掘る地山迄は弛めませんから、後で切擴作業をやるのに支障がありません。又崩壊土砂で埋め戻された場合にも、埋まつた坑道を勝手に放棄することが出来ません。此の水抜坑は普通八呎八呎の加背で、地質のいゝ所では、トンネルの横に中心から五十呎位離して、トンネルの盤よりは五呎位低く、一本だけしか掘つて行きませんが、難所にはぶつかりますと、これから熊手の如くトンネルの兩側に分岐して戦線を擴大します。水抜坑の数が多くなる程、坑奥の水を餘計絞れますし、又難所の性質がはつきり解つて來ます。其の上、地質調査用ボーリング、水抜用ボーリング、セメント注入作業等をやる戦線が増えます。又幾つか掘る内には、丁度難所の比較的地質のいゝ處を突いて、之を突破出来ることもあります。こんな譯で、難所に掘り當てますと、地質の模様、湧水の出方、崩れ工合等から考へて、水抜坑を幾つか適當な方向に掘り進め、先づ水を絞ることに努めます。それからどれでも良いから、先づ其の一本だけを突進させて、難所の背後をつく様努力するのです。それには、縫地——柱の間をつめて、衣服を縫ふ如く矢板をうち乍ら掘る方法——で強行的に押し通す場合もあります。時にはセメント注入、空氣掘鑿と云ふ武器を利用することもあります。かうして一本でいゝから難所を突破し一旦難所の背後を突くことに成功すれば、もうしめたものです。水

はどんどん此の水抜坑に吐かれますし、斷層などだと、襲撃する水の源を斷つことになりすから、暫くすると、さすがの難所も、水が涸れてしまつて、最早崩れる勢力がなくなります。本トンネルの導坑がたどり着いて、大きく掘り擴げをやつても、もう心配はなくなり、地質のいゝ所を掘ると大した變りがなくなります。

難所を攻める場合に水抜坑をどう云ふ風に、何本ほるか云ふことは、一に難所の性質に依るのですが、單にトンネルの左右に平面的に幾つか掘るだけでなく、立體的にトンネル上部にシャフト——堅坑——から上つて平行に進めるのも有効です。

此の方法を假りに「丹那式掘鑿法」と命名しますが、湧水の多い不良地質の箇所を征服するには、確に有效な一つの方法です。丹那トンネルの實例から見ますと、少い時には水抜坑二本か三本で成功したこともあります。地質の悪い所では随分多く、最大二十一本まで掘りました。

#### 水抜坑を掘る迄

「丹那式掘鑿法」等と名付けて、如何にも調子よく水抜坑を利用する効果を述べてきましたが、こんなやり方も、何も初めから計畫的に實行したわけではありません。新規な試みは一寸したことでも、出來上るまでには相當な苦勞があるものですが、此の方法にしても、かういふ纏まつたシステムになる迄には、色々な経路を辿つて來たのです。

この方法のそもその起りは、三島口の「忘れらぬ四千九百五十呎」の斷層で、一年間掘つても掘つても一歩も進めなかつた時からののです。當時の技術者氣分とでも謂ひませうか、一般の頭では、トンネルをはづれて、横に迂

回して坑道を掘るなど云ふことは、邪道の様に考へたのでありまして、なんでもかんでも、本トンネルの導坑を避二無二、眞つすぐ掘つて押し通さうとしたのです。併しこの四千九百五十呎では、此の意氣込も、一年間の失敗で、たうとう挫け、其の擧句、迂回坑を掘つて見ようと云ふことになつたのです。先づ最初は南側にトンネルの中心から六十呎離して回り道をして見たのですが、失敗に終わりました。次に北側に同様廻つて見たのですが、これは幸にも成功して、一年間苦心した断層を見事に通り抜けて、其の背後に出る事が出来ました。此の経験はあとから考へると、大變尊いものであつたのでありまして、同じ断層でも、悪い所と、比較的いゝ所とあることが解り、又一方の坑道で水を抜いて置いてから、次の坑道を進めると、湧水の量が二本に分れる爲弱くなつて、通り抜けるのが楽になると云ふことが臆氣ながら解つたのです。

併し此の様な理解も、當時としては初めての経験であり、又断層についての觀念も、まだ充分でなかつたのでありますから、今日程にははつきりと認識されなかつたのであります。湧水の原因も、部分的に悪い層に沿つて出る水か、或は地下に自然に存する空洞にたまつて居る水ぐらゐにしか考へて居なかつたのですから、堂々と本トンネルと別に水抜坑を掘つて進むと云ふ決心もなく、迂回坑も只悪い個所の底設導坑を掘る爲の一時の補助手段位にしか考へなかつたのであります。

四千九百五十呎の断層を迂回して、其の背後に出てからは、直ぐに此の迂回坑道をトンネルの位置にもどし、最後に底設導坑を掘り進めたのですが、奥に進むにつれて、底設導坑には夕立よりも、劇しい湧水が出る様になりました。導坑が水浸になり、それが切擴からコンクリート巻のすんだ部分に流れ出ると、下水が小さくてはききれません。已むなく下水を大きくしたり、別に増したりしましたが、益々増えてくる水量には、とても間に合はず、トンネルの地盤一面に水が溢れる有様となりました。これに加へて丹那盆地のボーリングの結果は、將來益々湧水の多くなることを示して居ります。もうかうなつては、ほつて置くわけにもいかなくなりました。當時の湧水量の増え行く割合から推すと。近き將來には、三島口の總湧水量が百個になるかも知れないと云ふ心配も出て來ました。こんな事情で、どうしても姑息な方法では駄目だ、トンネルと別に水抜専門の坑道を掘る方がいゝと云ふ意見が現場の強い主張となり遂に大正十四年の春、熱海、三島兩口共、トンネル中心から五十呎離して、トンネルと平行に其の盤より五呎下げて、高幅共六呎の水抜坑を坑門からずつと通して、掘ることになり、又之を底設導坑同様坑奥へ掘り進める方針が決定しました。これは實狀が然らしめたと謂へ、當時としては随分思ひ切つた決断であつたと思ひます。處が此の水抜坑工事にかゝるか、かゝらないうちに、三島口では七千八十呎の箇所で百二十個と云ふ途方もない、大湧水の被害を喰つて、水抜坑速進の急務が、一層痛感されることになりました。

こんな事情で、水抜坑は大正十五年に東西兩口共、完成し、坑内の排水はすつかり面目を一新しました。併し、玆迄考へが進んでも、未だ、水抜坑を底設導坑より先進さして、難所突破に利用しようといふ考は、未だはつきりしてなかつた様であります。

普通のトンネルでも、過つて崩壊事故を起し、一旦地山を弛めてしまひますと、土の押す力が増しますから、其

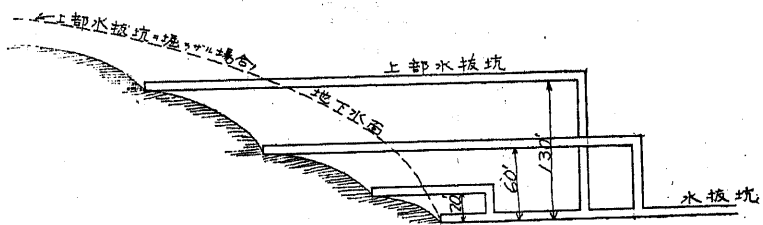
處を復舊して、切擴をやりコンクリート巻をやるのは、非常に困難になります。まして、丹那トンネルの様に、地質が悪く、水が多いトンネルでは、非常に苦心をしなければなりません。三島口の四千九百五十呎と、熱海口の九千呎の温泉餘土の部分とは、其の適切な例であります。底設導坑をこれに掘り當て、えらい崩壊事故を起したばかりに、「忘れられぬ四千九百五十呎」「温泉餘土物語」で御話した様なえらい苦勞をしました。こんな關係から、自然と底設導坑を無暗に先に進めるのは考物だ、水抜坑を掘ることになったのだから、之れをパイロットとして先に進ませて後から、底設導坑がついて行く方が得策だと云ふ考へが出て來ました。併しかう解つても、折角先に進んで居る底設導坑を、みすみす中止して水抜坑が追ひ越すのを待つのも、何だかもうつたない様な氣持で、やつぱり中々實行に移せませんでした。處が三島口では、七千呎を越して砂層にはいり「空氣掘鑿」をやることになった時から、又熱海口では九千呎の斷層と續く龜裂の多い安山岩で苦しんで、セメント注入をやり、漸く難所を通り抜けるのに成功した後、底設導坑を一時停止せしめて水抜坑を追ひ抜かせた時から、漸く理想通り水抜坑を先進せしめる方法に移ることが出來ました。これで初めて丹那式掘鑿に變つたのですが、其以後にぶつかつた難所では、最早底設導坑、切擴等の作業になつて三島口の四千九百五十呎、熱海口の九千呎の様な轍を踏むことも全くなく、水のない所で樂な作業をやることが出來ました。

#### 徹底的な水抜坑の利用

三島口の一萬二千呎の大斷層、これは地震の時に活動したもので丹那トンネル最大の斷層ですが、これを突破するには、第一八七頁の圖面に示す様に、水抜坑と水抜用ボーリングとを徹底的に利用しました。此の斷層で大湧水と大崩壊にぶつかつて行き詰まつたことは「水との戦ひ」に述べた通りです。

丹那盆地でやつたD號ボーリングは、此の大斷層から約六百呎許り奥にあります。大正十三年にこのボーリングを掘つた時に、深さ三百呎位の處から、大噴水が出ましたが、トンネルの兩口が段々奥へ進むにつれて、丹那盆地下の水も次第にトンネルの方に吸ひ取られた爲、此の噴水の勢も、だん／＼に弱く成り、しまひには吹き上げなくなつてしまひました。其後もトンネルの進行と共に、ボーリング孔内の水位は一日一日とさがつて行きましたが、丁度昭和五年に三島口の水抜坑が此の斷層で大崩壊事故を起し、切羽から五十個許りの湧水が出た時です、此のボーリングの水面は急に地表下八十呎まであつたのが百四十呎迄下りました。處が崩れた水抜坑が段々つまつて事故から一週間もたつて、水が殆んど出なくなりましたら、D號の水位は元に戻りかけ地表から百二十呎の處に落付きました。これでD號ボーリング内の水位は、丁度タンクのウォータージと同様、斷層の奥の地下水の高さを表はして居ることがはつきり解りました。此のD號ボーリングの深さを計算しますと、此の大斷層邊でトンネルは地表から五百二十呎位下ですから、地下水は四百呎位高さがあることになり、D號ボーリングからこれだけの事情がわかつたのですが、空氣掘鑿などは、前にも述べた通り、こんな高い壓力の水には應用出來ません。又水抜坑を澤山掘つて見たのですが、此の斷層は底設導坑の處で、百呎も粘土を挟んで居り、しかも其の背後は砂層で、稍ともすると大崩壊を起す危険があります。其の上折角水抜坑で水をはかせようとしても、湧水





なことが解つたので、更に今一つ、トンネル盤から高さ六十呎のものを掘ることになりました。一方北側の大迂回坑も、其後進行を續けて、断層の背後に近づきました。これ断層背後の水を絞る段取も、すつかりつきましたから、試に一かばちかの決心で、六千樽のセメントを押し込んだ北側水抜坑を突貫さして見ました。處が意外にも此の部分では断層背後の地質がよかつたのと、一部セメント注入がきいて居た爲か、案外する／＼と、此の水抜坑は断層を突破してしまひました。全く意外でしたが、丁度昭和七年六月で、昭和五年六月の大崩壊事故から、まる二年になります。これはしめたところばかりに上部水抜坑の掘進も中止して、一意此の水抜坑を押し進めようとしたのですが、さすがトンネルの大断層です、喜びも束の間で、百呎も進まない内に、崩れ易い砂層の地質にぶつかつて一步も進めなくなつてしまひました。更に水抜坑を分岐して見ましたが、役に立ちません。又再び大々的な水抜作業が必要となりました。モトイです。百三十呎六十呎の上部水抜坑、大迂回坑總て再び作業開始です。其後六十呎の上部水抜坑も断層を突破して奥に入り、大迂回坑も益々進んで水を絞るので、D號の水位も一日五寸乃至一呎位宛どん／＼下つて行きます。併し此の行き詰まつた砂層は、少しの水にも崩れ易く、なか／＼進めさうありません。戦場は最早第一線の断層箇所から背後の第二線の砂層

に移つたのですが、此の砂層の深さは相當續きさうで前途の樂觀を許しません。六十呎の上部水抜坑、大迂回坑も此の砂層に達し、小崩壊が瀕發して中々の苦戦です。それで最後に今一つ二十呎の高さの上部水抜坑を進めることにしました。此の水抜坑を、北側の断層を突破した水抜坑に沿ふて掘り進め、上下相呼應して、上が行詰まると、下を進め、下が行詰まると、上を進めると云ふ風に、水位が下るのを待つては交互に掘り進め、持久戦を續けることにしました。又大迂回坑からも、水抜坑を分派して水抜用ボーリングを盛んに掘りました。此のやうにして掘つては、崩され、崩されては進み、小崩壊を繰返しつつも、水位の下ると共に一歩々々前進を續けて居る内、昭和八年の二月になり、北側水抜坑が、トンネルを横断して南側に迂回することに成功しました。此の間の出来事です。水の爲め二十呎の上部水抜坑の地盤が、突然下部の北側水抜坑に陥落し、大崩壊を起しさうな危険にも會ひました。此の南側への迂回は此の砂層の征服上大成功でありました。迂回後此の水抜坑をトンネルと平行に掘り始めましたら意外にも地質がよく、しばらくは無難で進むことが出来、此の分ならばと、勇みたちました。奥に進むとやはり小崩壊の續出です。幾度か蹉跌しましたが、屈せず、水位の低下を待つては掘進を起し、我慢強く作業を續けて居る内、とう／＼昭和八年の四月になつて此の執拗な砂層を突破してしまひました。丁度昭和五年から三年ぶりで、實に長い忍苦の戦でした。こゝから貫通迄は残り六百呎位しかありませんでしたが、もうしめたものです。ラストヘビーで、ぐん／＼突進し六月十九日日出度貫通迄漕ぎつけることが出来ました。

此の一萬二千呎の断層、これが丹那トンネル最後の難物でした。日露戦争の奉天會戦と謂ふところでせう。

いくら掘つたか、丹那の六大難場

有効だった水抜坑、一體どの位全體で掘つたかと謂ひますと、延長で、熱海口が二萬呎弱、三島口が二萬八千呎餘です。三島口が餘計掘つて居るのは、それだけ難所の性質が悪かつたことを一部反映してゐます。之れを合計して見ますと、四萬八千呎になりますが、トンネルの延長が約二萬五千七百呎ですから、一寸倍近く掘つたことになります。有効だった水抜坑ですから、自然かうなつたのも尤です。水抜坑をかう餘計掘ることになつたのは、特別な難所があつたからですが、水抜坑をたくさん掘つた難所はいくつあつたかと云ひますと、水抜坑一本を通すのに約一年以上掛つた所だけで、六ヶ所あります。こゝで掘つた水抜坑の數、其の延長、一本だけ通すのに要した期限は、左の通りです。第二一四頁の圖面に此の六ヶ所の位置が示してあります。

箇 所	地 質	貫 通 工 期	水抜坑の數と其の掘鑿延長
九、〇〇〇呎附近	溫泉餘土層	自大正十四年十一月(四十二ヶ月)至昭和三年四月	一本 四、六〇〇呎
一〇、〇〇〇呎附近	斷 層	自昭和四年四月(十二ヶ月)至昭和五年五月	五本 九〇〇呎
一一、二〇〇呎附近	斷 層	自昭和六年三月(十二ヶ月)至昭和七年二月	六本 一、一〇〇呎
三島口では			
四、九五〇呎附近	斷 層	自大正十一年二月(十四ヶ月)至大正十二年六月	三本 二、七〇〇呎

七、〇八〇呎― 火山荒砂 自大正十四年五月(四十四ヶ月)至昭和三年十二月 五本 三、四〇〇呎  
 八、四八〇呎― 自大正十四年五月(四十四ヶ月)至昭和三年十二月 五本 三、四〇〇呎

二二、〇〇〇呎附近 斷 層 自昭和五年六月(三十四ヶ月)至昭和八年三月 一一本 七、八〇〇呎

結局熱海口に三ヶ所、三島口に三ヶ所宛、合計六ヶ所です。此の水抜坑一本を通すのに要した期限を、兩口でよせて見ますと、熱海口が五年半、三島口が七年八ヶ月ですが、今迄掛つた十六年の半分位の年月は、此の六ヶ所で足踏みして居たことになりました。「丹那の六大難場」だつたのです。

こんなに水抜坑を澤山掘つて、一體トンネルから、どの位水をしばつたかと云ひますと、大きつばに計算して、約二百億個と云ふべらぼうな數字が出ました。これは工事着手から、貫通して地下水の水位がトンネルの盤迄さがる期間につき計算したのですが、まあ箱根蘆の湖程度の湖を三つ位ほしたことになります。

たくさん掘つた水抜坑は、東西坑門口迄、一本丈完全にコンクリートで巻いて、永久に残りますが、外のいらなくなつたのは、トンネル中心から百呎位の間にあるのは、みんな埋め戻してしまひます。最後に残る水抜坑は、第二二四頁の圖面で示した様に熱海口では九千呎の溫泉餘土邊迄は兩側を、三島口では、「忘れられぬ四千九百五十呎」の邊迄は北側を走つて居ますが、それから奥は難場を突破した都合で、じぐざぐと、或は南側に或は北側に移り、結局七ヶ所で、トンネルを横斷して居ます。横斷箇所はコンクリートの蓋をしてありますが、トンネルのなかにこんな大溝のあるのも珍しいことです。新聞紙上で丹那トンネルの中に鐵橋がかゝるなど、報道したことがありましたが、これは恐らく此のことを誤り傳へたのだと思ひます。