

一八、温泉余土物語

温泉余土といふのは温泉の熱湯が岩の割目を、絶えず循環したゝめ變質して出來た粘土のことを謂ふのです。温泉郷別府を訪れて、地獄巡りをなさつた方は、噴き出す湯のため、土が煮滾ぎつて居るのを御存じでせう。あれは今盛に温泉余土製作中の光景なのです。

扱て丹那トンネルで此の粘土に出遇つたのは熱海口の八千二百呎から九千呎當りにかけてで、トンネルの通る筋では最も高い瀧地山の眞下、山のシンの一番硬いと思はれる所でした。此處で一番軟い温泉余土にぶつかつて手を焼いたのですから、山の中は皮肉なものです。

膨れる力

始めてこの青粘土に出遇つたのは大正十三年の十一月頃です。此粘土は掘つてから三日たち四日立ちする中に上下左右、どの部分も膨れ出してきて、矢板は弓の様に曲る、押木は押される、柱は内側に出てきて、遂には坑道も車を通れない程小さくなつてしまふのです。當時掘鑿の親方の桂君が、昔北海道の駒ヶ岳を掘つた時、青粘土に出遇ひその時には檜の木を矢木に打つて成功したから、使用させて呉れといふ話で、大分縣から檜木一千本を買つて使つて見ましたが、これも大した效能はありませんでした。當時皆の考へでは支保工がこんなに押されては、ぐづぐづしてゐると、やがて崩壊するに違ひないと心配しました。又膨脹する原因は掘鑿後空氣にさらされて風化する

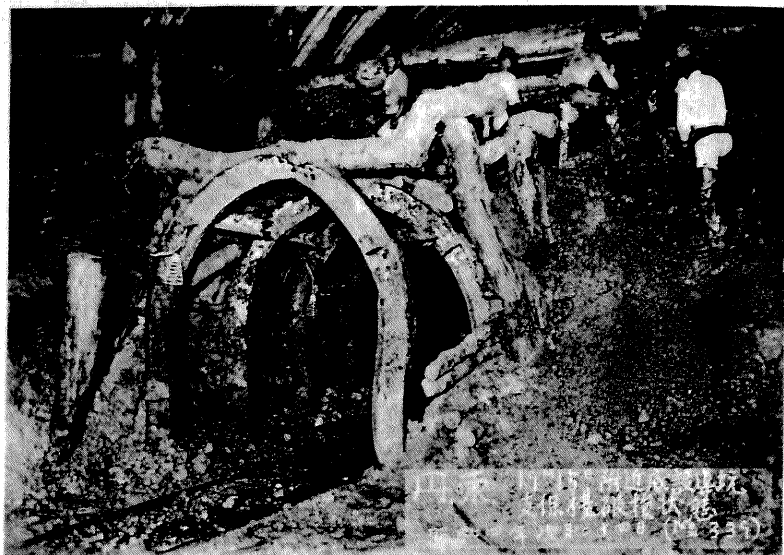
ためなのだ、だから何でも早く巻いた方がよいといふので、導坑を掘つたら、すぐコンクリート塊で巻く事にした。併しそれでも駄目で、やがては押されて龜裂がはいつてしまひました。それでその中にレールセントルを入れて補強しましたが、このレールさへ餘の様に曲りくねつてしまひます。それから工ビームをアーチ型に曲げて、使つたり、アーチ型では變形した時、補強が難かしいから、と矩形にして見たり、色々のものを試して見ましたが、そんなものを使つても一二ヶ月の中には駄目になつてしまふ有様で、實際閉口しました。

併しこの温泉余土と二年二年戦つて居る中に、其粘土の性質もおぼろげ乍ら段々解つてきました。つまり粘土は膨れて支保工は随分いためられますが、結局坑道が押されて、狭くなるだけで、中々崩壊するものではないのです。だから始め掘る時に矢板の裏側をなるべくすかしておいて、これに杉葉を入れてクツション代りにつめておきますと、やがて粘土が膨れ出して矢板は曲つて折れ出します。其時に矢板をはずし膨れた粘土をかきとつて又元の様にすかして置くと、暫らくは又坑道を持ちこたへる事が出来ます。

水と粘土の聯合軍

温泉余土が膨れるだけでも、これ程苦勞したのですが、これに水が加勢して、更に幾回となく事故を頻發した時には、従業員もほと／＼途方に暮れました。丹那トンネル絶望、など、新聞に騒がれたのもこの時分の事です。

元來温泉余土は粘土の一種ですから、水を透さないものです。處が此の温泉余土に出會つた場所の眞上の瀧地山から西側の丹那盆地にかけては、地下水が非常な壓力をもつて豊富に溜つて居ました。だから此の温泉余土の地層



温泉餘土の強大な土壓により鉛の様に曲つた鐵製支保工

は、局部的に此の溜り水を透さぬ様に遮ぎつて居つた譯です。従つて此の地層の中を掘つていつて、ゆるみ易く水を導き易い斷層とか、地層の變り目に近づくとか謂ふ場合には、此の壓力ある水が噴出して來るに違ひなかつたのです。溫泉余土の成因を考へると、溫泉余土のある個所には、斷層が大概あります。溫泉餘土は溫泉で出來たのですが、溫泉の噴出は普通斷層に沿つて岩脈が出るからなのです。だから溫泉余土にぶつつかれば、斷層の存在を豫想しなければなりません。此の丹那の溫泉余土の場合も、果して此の通りでありまして、幾つかの斷層に出會ひ、水の噴出に散々苦しめられたのでした。斷層は大小數多ありましたが、中にも八千二百呎と九千二百呎當りにあつたのが特別大きなものでした。殊に後者は大もので、昭和五年秋の伊豆地震にも動いて、此の個所の厚いコンクリート卷に龜裂を作つた程でした。又水の壓力の高いのにも驚きました。何時も毎平方呎二百五十封度を下つたことがありません。軟い粘土に、此の水ですから、たまつたものではなかつたのです。

色々事故がありました。八千貳百呎の斷層で南の方に迂回した坑道を進めて居る時でした。二個許りの水が出たなど見るまに、約十五呎の間、線路も支保工も、もくもくと一尺五寸許り盛り上つたのには、實際吃驚しました。こんな事故のなかで、最も大きかつたのは、南側迂廻坑の一つで、九千三十五呎邊りに起つたものでした。この模様を少し詳しく話して見ませう。

此の事故は、皮肉にも大正十四年の十二月三十日と謂ふ、暮も押し詰つてから、起つたのです。爲に楽しい御正月も、休み處ではなく、元日早々から、従事員一同現場の警備につかなければなりません。事故の起つた場

所は、漸く温泉余土も盡きて、水をうんと含んで居る奥の安山岩地帯に入らうとする部分でしたが、丁度其の境に九千百呎の大断層が控へて居つたのです。此の断層に掘り當てたのは、丁度大貯水池の底に穴をあけた型になつたのですから、堪りません。満を持して居た壓力三百封度もある水の軍勢が、一時にどつと押し寄せたことになつたのです。それでも最初は、約六個位の湧水につれて、五十坪許りの土砂が噴き出したゞけでした。此の程度の崩壊なら、温泉余土地帯に入つてから此の方一年、度々出會つて、馴れて居ましたから、又かと、いつもの通り直ぐ土留柵を作つて、崩壊土砂を喰ひ止めようと掛りました。處が今度は意外も意外、作つた土留堰に土砂が一杯つまつて、奥からの水が一時せかれると、次の瞬間には、更に其の勢を盛り返し、堰を打ち破つて、土砂はざりざりと押し寄せて來ます。已むなく後退して、此の邊りなら大丈夫と、更に土留堰を作りますと、一時は喰ひ止められても、又打ち破られてしまひます。こんな工合に止めては破られ、破られては退き、土留堰を作りかへる事、實に七回に及びました。最後には、倉庫から袋入りセメントを持ち出し、其のまゝ積み重ねて、堰を作りましたが、これも結局は失敗に歸しました。堰を丈夫にして、無理に喰ひ止めると、其の天井や肩の當りに水が廻つて來て、軟い地山を崩し、堰を乗り越えて押し出して來ますから、どうにもならないのです。暮から正月の十二日にかけて、こんな戦をつゞけたのですが、此の間に押し出した土砂の量は約五百四十坪許りで、坑道を千百呎許りも埋めてしまひました。其の力の猛烈だつたことは、押し出した土砂が、二十呎もある上段への「切上り」を昇つて、丸形から中背盤迄に溢れ出て居つた事からも、想像出來ます。

此の事故は、結局二週間にわたつて起つたのですが、押し出す土砂の速度は、比較的緩慢で、勞働者は逃げる餘裕がありましたから、幸に一人の死傷者もありませんでした。此の時正月の熱海灣は一面に白く染まつて、折角の景勝が臺なしになりましたが、これは崩壊箇所からの湧水が温泉余土を溶し青白く濁つたのが海に注いだ爲であります。このとけた粘土分はやがて海岸一帯に沈澱しましたが、之れが名物樂燒の原料になつた等はユーモラスな話です。

シールドの話

温泉余土の膨れる力にさへ、打ち勝てずに困つて居つたのに、水と云ふ厄介物が加つて、右の様な恐ろしい大事故を見せ付けられましたから、最早普通の方法でトンネルを進める自信は全くなくなりました。如何なる方法をとるかに就いては色々の意見が出ました。セメント注入、シールド、凍結法等と、種々の方法が論議されましたが、セメントの注入は三島口四千九百五十呎での経験から見ても、粘土の多い所には、成功の見込が餘りありません。又凍結法は水を凍らして其の中を掘らうと云ふのですから、利用出來さうですが、莫大の設備費を要し、それにトンネルに使つた例が今迄に餘りないので、これも一寸利用困難です。シールドと云ふのは、移動出來る鐵製の頑丈な圓筒で、此の中で安全に作業しながら進まうと云ふ方法です。まあ一種のタンクと云ひたいところです。之れはロンドンやニューヨーク等の川底をくぐるトンネルに屢々利用して成功をおさめてますが、日本でも羽越線の折渡トンネルの地質不良個所に利用したことがあります。セメント注入も駄目、凍結法も金が掛り過ぎると云ふことにな

り、外に名案もないとすると、自然此のシールドを利用する以外に方法がありませんでした。こんな譯でシールド使用に方針が定まりました。併しシールドだけでは、水の出て来るのは止められませんから、空気掘鑿と云つて、壓搾空氣を使つて水を押へる方法をも同時に利用することにしました。川底等を作るトンネル其他湧水の多いトンネルでは、能く之を利用して居ます。

空気掘鑿のことに就いては、後程三島口で大々的に利用して成功した話がありますから、説明は其時に譲つて、シールドの構造のことを今少し詳しく説明しませう。

シールドは、英國の發明がもとですが、何でも船喰蟲が木を喰ふのを見て思ひ付いたのだと云ふ話です。形は一才一口で云ひ悪いのですが、鐵で組立てた太い短い筒みたいなものです。前方の周圍は双口に尖らしてあります。が、少し下つた處に戸がありまして、前面からの崩壞土砂を押へることが出来る様になつてゐます。又後方には圓周に沿つて幾つかの水壓ジャッキが取付いて居ますが、筒の外殼はジャッキ取付個所より少し後の方に延びて居ります。此のシールドを掘らうとするトンネルの先端に据ゑ付けて、ジャッキを出來上つたトンネルの壁やアーチ等にふんばらせながら、ジャッキに水を送りますと、シールドは前の方に押し出されます。此の様にしてシールド前面の土砂を掘りながら、シールドを押し進め、進んだだけ、後方の筒の中で、コンクリート塊なり、鐵粹なりを圓形に組立てますと、圓形のトンネルが仕上ります。此のシールド作業は鐵製の頑丈な筒の中で仕事をするのですから、支保工を一々組立て乍ら掘るのに比べますと、非常に安全な作業が出來ます。丹那トンネルで使用したのは外



シールド (前面を見たところ)



シールド掘削状況

周の直径が九呎許りの圓い小さなもので、五百噸の水壓ジャツキを十個つけたものです。トンネルを巻くにはセグメントと云ふ鐵製の枠をボルト締にしました。

シールドと空氣掘鑿の併用と云ふことに方針が定まつて、シールドの設計製作、附屬ジャツキ、水壓ポンプの購入、空氣掘鑿用ロツクの築造等、諸準備が萬事整つて、愈々その作業を開始したのは、大正十五年の十一月でありました。大事故から約一年後です。

作業開始後暫くは、粘土の中を進みましたから、水も出ず、シールド作業も順調で、工事も豫定通り進捗して前途有望に見えました。併し進むにつれて、水が少し宛洩れ出して來る様になつたので、坑道の前方に水平にボーリングをやり、溫泉余土が此の先どこ迄續くのか、験べて見ました。所が此のボーリングの穴から出て來る水は、僅かだつたのですが、壓力計を當てゝ見ると、毎平方呎二百七十五封度と云ふ高壓を示して居るのです。皆驚きましたが、そんな高い壓力なんてあるものぢやない、壓力計が破損して居るんだらうといふので、倉庫から新品の壓力計を持つてきて改めて、更に計り直して見ますと、何回計つても同じ事で、やつぱり二百七十五封度に間違ひがないのです。これが本當だとすると、この水をとめるのにはこれと同じ壓力の空氣を使はなければなりません、併しこんな空氣の中で、人間は到底働ける者ではありません。人間は精々五十封度位迄の空氣の中でしか、安全に入れません。五十封度の壓力と謂ふと、大體水深百呎の下にもぐつた場合と同じなのですが、之れ迄の壓力になると、三十分以上働くのは無理です。こんな譯で二百七十五封度の水壓を見せつけられたのでは、空氣掘鑿の前途も覺束な

い感じがして來ました。併し乗りかけた船で今更引き返す譯にもいきません。行けるだけ進まう、それに壓搾空気を入れて置けば、全然ないよりは、湧水をとめるなり、崩壊を押へるなりに役立つであらうと、更に前進を續けて見ました。それから約百八十呎迄は無事に進んで、愈々粘土がつきて安山岩の地帯に喰ひ入りましたが、果して水は其の割目から、驟雨の如く噴出しました。空気の壓力を三十封度迄あげて見ましたが、何等水が引き込み様子がありません。考へて見れば、三百封度近い壓力の水を、たつた其の一割餘りの三十封度で押へようと謂ふのですから、當り前の事だつたのです。丁度昭和二年の正月休になつたので、一先づ空気を抜くことにしましたが、此の際に空気を抜く前後の水量を計つて見ましたら、メーターに表はれる程の變化がありませんでした。これには一同がっかりしてしまいました。

シールドが安山岩の部分にはいつてからは、上向きに進んで困りました。これはシールドの戸の敷居の構造が悪かつた爲に、此の部分に水が溜り、シールドが進むのに邪魔にならぬ様盤下げをやるのが面倒だつた爲です。シールドを推すと、どんどん上向に上つて行きます。しまひには豫定より二尺も高く上つてしまいました。元來此のシールドで掘つた坑道は水抜坑にしようとするつもりでしたから、方向は少し位くるつても差支ないのですが、下盤が上ることは困るのです。こんな工合に色々苦勞しながらも、兎に角進行を續けたのですが、全體で約二百八十五呎進行した所で、安山岩のぐじやぐじやに壞れた地質に出會ひ、水は猛烈に吹き出す、その力で岩が崩れ落ち、どうにもかうにもシールドを推し進められなくなつてしまいました。色々方法を講じましたが、たうとう駄目で、

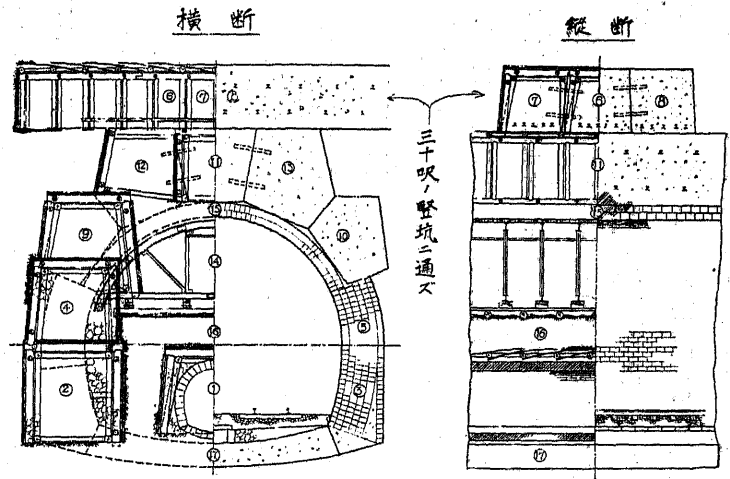
多大の望をかけた此のシールド作業も、着手後約四ヶ月に亙り、約二百八十五呎を掘つただけで、果ない最後を遂げてしまいました。

其後數年たつて、此の附近の本工事も完成し、いらない水抜坑を全部埋め戻すことになりました。シールドの残骸も最後の位置に其儘葬られることになりましたが、さすがに一沫の哀愁を感じました。曾て此の作業に終始奮闘した齋藤技師にも「もう最後の御別れだ、弔に來ないか」と知らせてやりました。

こんな工合で、シールドは役にたつたのかどうか甚だ曖昧でしたが、此の九千呎の斷層を突破するには、結局セメント注入を採用して成功をおさめました。

飛び出すへ、どろ

此の温泉余土の部分では數多くの坑道を掘り進め、その何れの坑道でも何度も崩壊事故を起したのですから、所に粘土が水に溶かされてポケットが出来て居て、其中に粘土と小砂利がどろどろになつて溜つて居りました。さうしてこんなポケットが芽づぶるの樣になつて存在して居たので、切擴を進める時も弱りました。坑道が奥の方に進んで此の邊の地下水も大分無くなり、温泉余土も始めの頃程膨れないので安心して掘つて居りますと、突然掘り當てたポケットから、どろが飛び出してきて、斧指が商賣道具をほつたらかして、命からがら逃げ出した事も再三ありました。或る日、本館彌二郎といふ坑夫が丸形を掘つて居る時です。やはり此のポケットにほり當て、埋りかけ、附近に居た者がアレヨアレヨと助に向ひましたが、次から次へ出て來る、どろを止めることも出來ず、遂に尊



熱海口八九六〇呎附近疊築順序圖

い命をトンネルに捧げてしまったのは誠に氣の毒でした。
 こんな状態なので八千九百四十呎から八千九百八十八呎の
 僅か四十四呎の區間は側壁又は獨逸式により圖面の様に2、
 3、4、5の順序で漸く掘鑿、疊築して側壁部分だけは奥と
 つながりましたが、アーチの部分は、前後が出来上つた後も
 此の部分を擴げようとするに直ぐへどろが飛び出して来て、
 とても危くて近よれず、たうとう一年餘りもそのままにして
 様子を見て居りました。何時迄立つても變りない様子なので
 最後に迂廻坑から三十呎計りの堅坑を切上り、その上から坑
 道を掘つて悪い部分のアーチ上の地質を探りました所、其處
 では水も絞れて無事に掘れさうです。そこで圖面の様にトン
 ネルと直角に三個の坑道6、7、8を掘り進め、坑道内を全
 部コンクリートで埋めて、丁度アーチを巻く部分の上にコン
 クリートの屋根を作つてしまひました。その後で三島口の四
 千九百五十呎で施工したのと同じ様に側壁の上からアーチに

沿つて五個の坑道9、10、11、12、13を順次掘つて、壓搾空氣でコンクリートを吹込み、かうして大きなコンクリ
 ートの塊でトンネルを圍んで、最後に眞中の部分に残つた土砂をとり除けて全部を仕上げました。此の部分に底設
 導坑が達してから、こんな風にすっかり巻き終る迄には、實に六年八月といふ長日月を要しました。