

## 第四章 西口 7,000 呎 工事

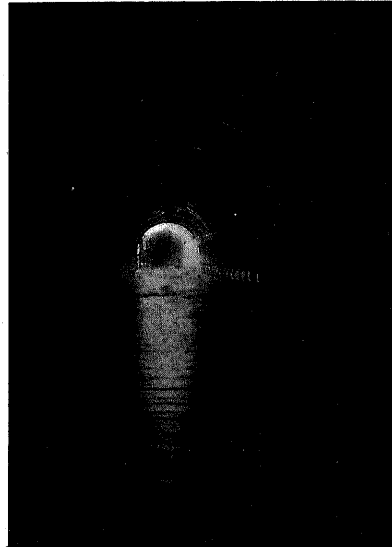
丹那隧道西口坑門起點 7,000 呎以奥約 1000 呎に至り、地質火山荒砂層にして、含水砂層帯の掘進は、甚だ困難なので、壓搾空氣を應用して掘鑿した。

### 第一節 大 湧 水

大正 14 年 5 月 8 日 西口底設導坑が 7,008 呎に到達した時、爆破と同時に大湧水が一時に湧出



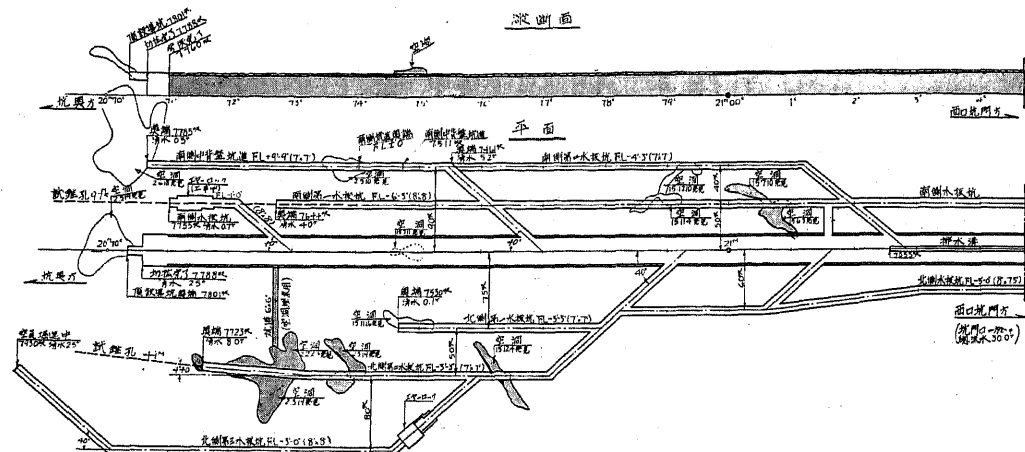
第 322 圖 大湧水當時の西口坑門附近



第 323 圖 西口 7,000 呎より大湧水の際坑口附近の状況

して其の量は最大 123 個に達し工事は一頓挫を來した。123 個の數字は坑口に於て測つた隧道の總湧水量である。

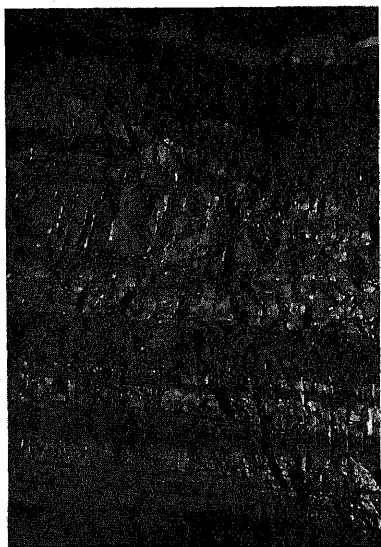
この地點まで土砂の浚泥や湧水の始末をして、再び底設導坑に着手出来る様になつたのは 1 年後の大正 15 年 6 月 21 日であつた。この湧水量は丹那隧道最大なもので、この際 800 餘立坪の土砂を流出した。多量の湧水があるだらうと云ふ事はその前から考へられてゐた。大湧水前既に 40 個であつたが或る人は 100 個位の水は出るだらうと云ひ、或る人は 150 個と云つてゐたが何れも之と云ふ根據のある譯でなくさう云ふ豫感を持つてゐただけである。この様な大湧水即ち地下洪水と呼ばれる大量の水は一體どこから來るのであらうか？



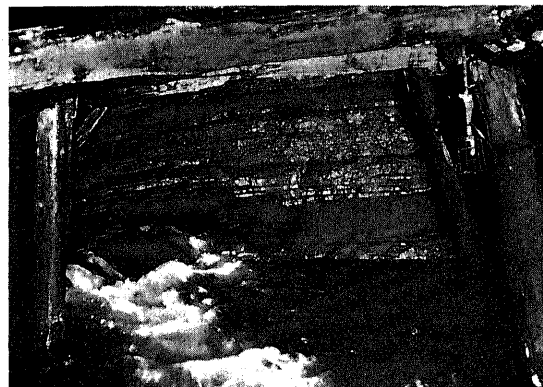
第 324 圖 丹那隧道西口掘鑿狀況圖

### 第二節 大湧水箇所奥の地質

大湧水箇所を突破したる後、はつきり判つたことであるが、始めは色々の説があつた。其の一つは大湧水箇所は断層であつてこれに水を堰止めて居り断層の壁を破つて出て来るものであると云ふ



第 325 圖 西口 7,292 呎附近土泥岩 黒砂互層の状態



第 326 圖 西口底設導坑 7,250 呎附近泥岩下部よりの湧水

説、これはそれ迄の経過によつても断層背後の湧水には惱まされてゐたからである。

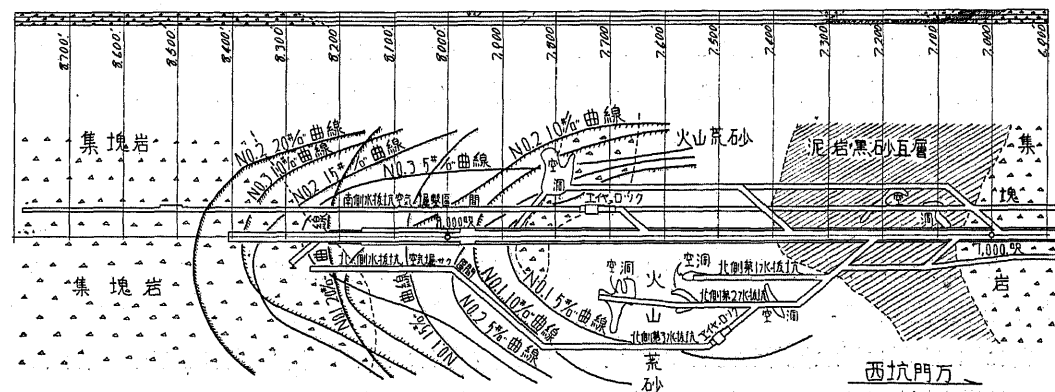
又一つは、大きな水路があつてそれに打當つたとする説、この説はわかり易い説明であるが水路と云ふものはどう云ふものを指してゐるか判然しない。

要するに大きな水溜りに突き當つたことは間違ひな

い事實である。大湧水箇所までは地質は集塊岩であつて、掘れば掘る程水が増加し 42 個に達してゐた。然し大湧水箇所直前はあまり増加がなかつた。大湧水箇所地點に到達して見ると、空洞が諸所に出来てゐて、坑奥の地質は約 1,000 呎の間砂地で、その境は泥岩と黒砂の互層であつた。茲に稱する泥岩は極く微細な火山灰の沈澱堆積固結したもので tuffaceous shale (凝灰質泥板岩) と稱してもよい様なものである。

地質圖に明瞭である様に上部から泥岩黒砂の互層が下りて来て、施行基面の高さから緩く坑奥に傾斜し、その奥が全部砂である。

依つてこの不透過層たる泥岩層に奥の地下水は遮られ非常に多量に貯藏されて居り、泥岩層の壁の厚さがうすめられた時坑奥の地下水壓に破られて、水は砂と一緒に流されて来たのである、丁度水桶の底を割つた様なもので、然もこの水桶が非常に大きなものである。



第 327 圖 丹那隧道西口坑内 8,000 呎附近地質圖

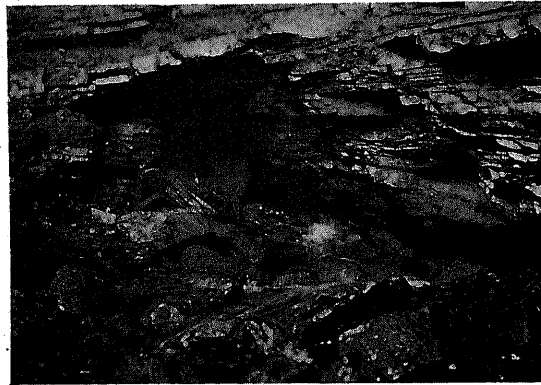
### 第三節 空 洞

坑奥を調べて見ると、諸所に空洞があつてこれが大湧水當時の水路を作つてゐた様である。この空洞は皆泥岩黒砂の互層並に砂層の所にあつた。

坑奥に掘進するには先づ水を取らねばならないから左右に水抜坑を掘つた、その頃はもう湧水量も大湧水前の程度に戻り、坑奥の湧水は 1 箇所にとまり水抜坑掘進の切羽の水はたいしたものではなかつたが、地質が火山荒砂であるために實に難澱したのである。

掘鑿の狀況圖を見ると坑道の奥端にきまつて空洞が出来てゐる、これを見てもわかる様に空洞は出来るが奥へ進むことが出来ない。空洞が出来る原因は含水砂層が悪者であるが次の二様の出来方がある。

(1) 大湧水箇所のように、隔壁があつてその奥の火山砂に水が飽和されてゐると、隔壁が破れる際、



第 328 圖 大湧水に依り生じたる空洞

の高さ以上になると隙さえあれば出ようする。砂を出さず水だけ出し乍ら掘ると云ふ器用な眞似は仲々出来ないから矢板の先が段々と飽和していつかは崩されてしまふ。北側水抜のものは全部これである。

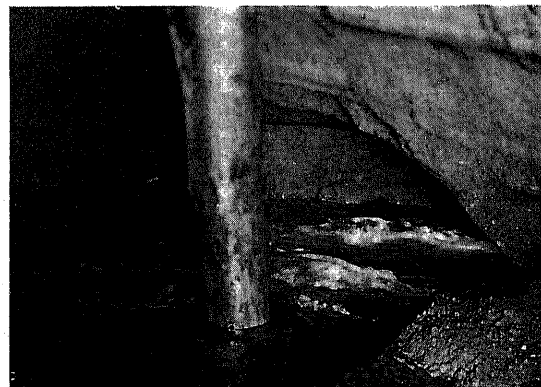
#### 第 四 節 地 下 水

火山荒砂層と地下水との関係を描べよう。丹那隧道は結局水に悩まれたのであるが水のいのたづらの仕方に色々ある。

前に述べた様に湧水箇所を突破して行くと踏前(即ち盤)には水が湧出して居るが上部には水がない、坑道も掘り進めて行くと切羽の水位が段々上つて来る。又底設導坑には水があるが頂設導坑には水がない、然しこれを進めて見ると廳で湧水がある。はつきり云へば地下水が地下水勾配を有してゐることが判つたのである。而して坑道を進めるに當つて坑奥地質調査の意味に於て諸所に試錐を行つたがこれに依つて砂層が當分続くことと、地下水位が  $1/7 \sim 1/9$  で坑奥に昇つてゐることが判つた。

火山荒砂層は均一のもので出来てゐないが實際的には uniform であると考えて差支へなかつた。

試錐で知り得た地下水勾配は、坑奥の貯溜水が多い間は急傾斜であるが段々に緩傾



第 329 圖 西口南側水抜聯絡坑 7,360 呎附近奥端の湧水

奥方の火山砂が崩れて来て忽ち空洞を作る。

中脊盤坑道と云つて施行基面より 10 呎高く掘つたものは、集塊岩が隔壁の作用を爲した爲奥に溜つてゐた水が砂を崩して来た、これは空積約 400 立坪あつて空洞の中最大なものである。

(2) 次の地下水の項に於て述ぶるが如く水抜坑を掘り進んで行くと水位が段々高くなり、砂層が水を含んで加脊

斜となつて最後に constant flow となる迄下つて行く譯であるから時間的に坑奥の水は少くなり、従つて掘鑿は楽となつて行く。

坑道を掘進するに當つて地下水が高まつて掘進が危険となればこれを中止し何らかの方法によつて水を抜けば又暫く掘進出来ると云ふ様な状態であつた。

上述の様な理由で底設導坑或は水抜坑の掘進は困難であつても中脊盤、頂設導坑の掘進は樂であつた。然し最後には含水砂層の中に這入つて空洞を作つてしまつた。

#### 第 五 節 砂層に於ける掘鑿方針

以上述べた如く普通に掘進し行くことは如何に含水砂層帯の掘進が困難であるかを知り得たのみで、この地帯の突破には絶望であつた。その頃東口に於ては楯構を使用して空気掘鑿を施行して居つたが壓搾空気の使用は此の砂質には最理想的なものであると思つた。

空気掘鑿決定に至る迄の理由は次の如くである。

- (1) 普通の方法では空洞のみを作り掘進不可能である、適當なる工事施行法を見出さねばならぬ。
- (2) 地下水位の低いこと、地下水勾配を  $1/7$  となし空氣の壓力を 45 封度迄働くとすれば地下水 100 呎迄掘進出来ることになり、一つの空氣閘門により 700 呎掘進出来る。試錐の結果地下水勾配は大體  $1/7$  程度のものであつた。
- (3) 楯構を使用せざること、水さえなければ支保工は問題ではなかつた、砂地を樂に掘抜けることが出来るので楯構は使用せぬことにした。

上記の様な理由で空気掘鑿を施行することに決定した、後から考へて見るとすこし時期の遅すぎる嫌があつた、結果は豫想した當時より地下水位も漸時後退し、壓搾空氣の壓力もあまり上昇しない内に目的を達することが出来て好都合であつた。

尙含水砂層帯が 700 呎進んでも尙抜けぬ時は更に空氣閘門を設け左右交互に進めて、この難場を切抜けることにした、然し幸に約 700 呎で地質が集塊岩と變つたので左右 1 回づゝで空気掘鑿は終了したのである。

尙付加へて話して置きたい事は、空気掘鑿を施行した水抜坑の目的である。これは丹那隧道は多量の湧水と悪地質に悩まされたので、水抜坑の必要を感じたのである。水抜坑を先進せしめて、不良地質を突破せしめ、湧水を排除して、本線の進行を容易ならしめんとしたのである。

#### 第 六 節 空気掘鑿設備

空気掘鑿施行に方針が決定したのでこれが準備に取掛つた。必要なものは

- (1) 空気圧搾機
- (2) 空気圧搾機より現場迄の空気輸送管
- (3) 空気閘門

空気掘鑿施行に當り空気がどれ程要るものか仲々此の決定はむづかしく空気掘鑿施行後空気が不足を來したが、所要空気に就いては別の項に述べるとしてこゝには初めの考を記して置くに止める。

諸外國の例を見ると次の様になつて居る。

隧道名稱	外徑 D (呎)	隧道の數 N	空氣準備量 C (毎分立方呎)	$\frac{C}{ND^2}$	地質其の他
Black wall	27.00	1	10,000	13.8	砂利層
Baker St. & Waterloo	12.81	1	3,200	19.4	
Rotherhithe	30.00	1	16,667	18.5	緻密なる地質
Hudson & Manhattan	19.50 16.58	2	8,954	13.7	"
" & "	16.58	2	5,040	9.2	泥砂
" & "	16.58	2	5,550	10.0	"
" & "	16.58	2	10,840	19.7	砂, 砂利
P. R. R. Hudson River	23.00	2	13,167	12.4	岩, 砂, 泥砂
P. R. R. Hudson River	23.00	1	13,167	24.8	砂, 砂利
P. R. R. East River.	23.00	4	35,000	16.8	砂, 岩石, 玉石, 粘土
P. R. R. East River.	23.00	4	45,000	21.3	
P. R. R. East River.	23.00	1	19,000	35.9	
Concorde Metropolitan	25.54	1	9,500	14.6	石灰岩, 砂
Greenwich.	12.75	1	1,640	10.0	砂利, 砂, 粘土

上記のうちで  $\frac{C}{ND^2}$  の最大なものはイースト河の 35.9 であるがこれは河底を吹抜いた際のものである故ハドソン河の 24.8 が最大な例となる。所要空気量は隧道断面に比例するものである。今  $\frac{C}{ND^2} = 24.8$  とし、9 呎の徑のものを掘るものとすれば  $\frac{C}{ND^2} = 24.8 \therefore C = 2,009$

今回施行のものは 8×8 呎の加脊の計畫であつた。

即ち空気量毎分 2,009 立方呎を要することとなる。

西口の計畫前熱海口に於て盾構を併用して空気掘鑿を施行した、温泉餘土の中を掘進したのであるが大正 15 年 11 月 20 日から昭和 2 年 2 月 17 日迄約 3 ヶ月壓搾空気をを使用した。空気の出口つまり鐵管の先端に逆上瓣の作用する蝶番の蓋がついて居りそれが空気が送り込まれる毎にパタパタやつて居つた。そんな具合でこの時は空気量も極く僅であつた。西口で空気掘鑿を始めるに當つて熱海に据付てあつたウオーシントン會社の低壓壓搾機を移しこれに高壓型として据付てあつたインガーソル・ランド會社製のものを當てることにした。

ウオーシントン會社製	200 馬力	1,350×1=1,350	} 3,951
インガーソルランド會社製	200 馬力	867×3=2,601	

毎分 3 951 立方呎を供給出来ることになるから諸外國の例に比しこれで差支へないだらうと云ふことになりこれで始めることにした。然し實際は空気が非常に要るので後で増設致したのである。これは後で詳しく述べる事とする。それから現場迄輸送するのに 8 吋鐵管を低壓用として敷設することにした、これも施行に當つて不足なので又別に 6 吋鐵管を増設した。なにしろ壓搾機室から使用箇所迄 8000 呎もあるから壓力低下が仲々大きい、西口 12,000 呎の難場も砂地で掘鑿に非常な困難を來し再び空気掘鑿を施行する計畫をたてたこともあつたが、この時は今お話しする 7,000 呎の空気掘鑿にこりて壓搾機は坑内作業箇所近く据付ける案をたてた。隧道の坑奥深く空気掘鑿を 2 度とやる場合は殆んどないであらうが相當考慮すべき點である。費用の點に於ては輸送管が助かるのと電氣代が非常に違ふ。又管の問題になりますが管の徑が適當でない、いかに壓搾機を廻しても現場の壓力は高めることが出来ないことになる、従つて十分に仕事が出来ないことになる。7,000 呎の場合に於ても坑奥に据へた方が徳だつたらうと思ふ。管代を 30,000 圓も拂つて今日これは屑金として賣る様なことになる。電線は後で大概用途があるからさう無駄にはならない。次に空気閘門の位置の問題であるが、坑奥は狀況圖で示す様に空洞が澤山あるから、これに空気が洩れては大變なのでこれを避けることにした。空気閘門を作る場所は出来るだけ地質のよい所が望ましいので選定には大分弱つたが、結局處女地に行くことに決めて北側のはしに持つて行き空洞を廻つて掘つて行くことにした。

### 第七節 空気閘門

北側第 3 水抜坑を圖の位置迄掘進してこゝに空気閘門を設けることにした。段々水位が上昇して來るので危険とならぬうちに此處で止めた。

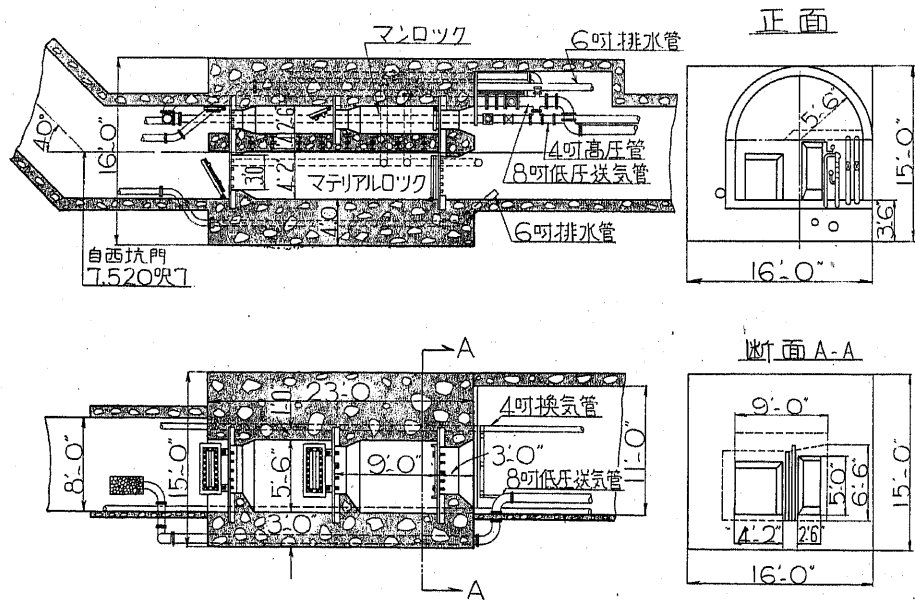


第 330 圖 西口北側水抜坑エアーロック

空気閘門設置の爲切擴掘鑿に着手したのが昭和 2 年 6 月 10 日ですつかり準備が終つて最後に扉を取付け、初めて空気を送つて試験したのが 9 月 2 日で空気閘門を作るのに約 80 日かゝつた。空気を送つた所、空気が洩れ多い所があつたのでこれを修理して 9 月 29 日から空気掘鑿作業に移つた。

空気閘門は人氣閘と材料氣閘とから出来てゐて人氣閘に應急氣閘を付けたので人氣閘側は扉3枚で奥方のものは常に開き萬一に備へた。材料氣閘は扉が2枚である。主體はコンクリートでこれに骨格として鐵を用ひ又鐵筋を挿入した箇所もある。人氣閘の大きさは幅2呎、高5呎10吋材料氣閘は幅4呎2吋、高4呎6吋である。空氣閘門として打つたコンクリートは長23呎、幅16呎、高14呎である。空氣閘門の設計に重大なのは種々の用途の鐵管の埋込みであつて次の様なものがある。

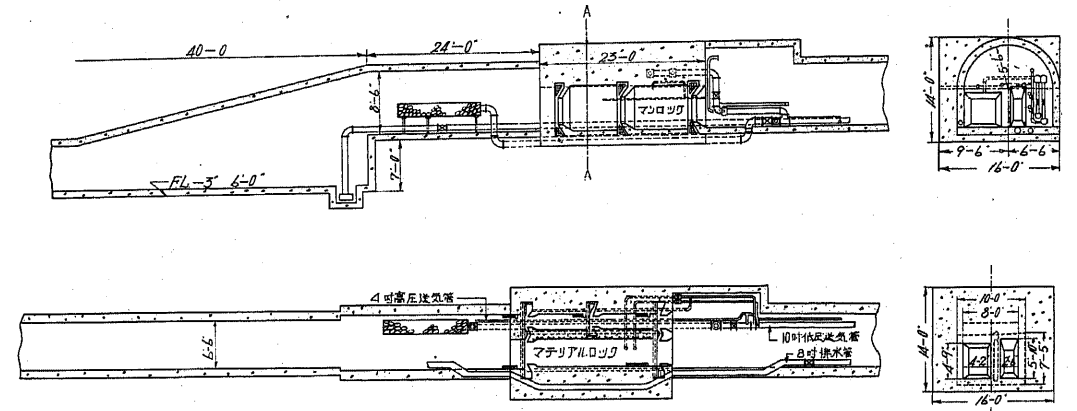
1. 低壓空氣輸送管	8吋或は10吋	1本
2. 高壓空氣輸送管	4吋	1〃
3. 排水管	6〃	2〃
4. 材料氣閘送氣並に排氣用鐵管	4〃	2〃
5. 應急用排氣管	2〃	1〃
6. 人氣閘送氣並に排氣用管	2〃	2〃
7. 人氣閘並に材料氣閘用の壓力計用管	1〃	2〃
8. 人氣閘點燈用鐵管	2〃	1〃
9. 換氣管	4〃	1〃
10. 坑臭壓力計用管	1〃	1〃
11. 坑臭警笛用鐵管	1〃	2〃
12. 電鈴線並に呼鈴線用鐵管	1〃	1〃



第 331 圖 北側水抜坑空氣閘門圖

13. 坑臭點燈用鐵管	2吋	1本
14. 材料氣閘點燈用鐵管	2〃	1〃

このうちで換氣管は閘門内の空氣がよごれる場合適當に空氣をを抜いて空氣を清淨にする主意であつたが今回は非常に空氣を要するのでこれは不要であつた。北側のも南側のも大體同じものであつて、掘鑿の施行も南側の方が2度目で旨くなつたが、閘門も全體として旨く出来た。南側のもの



第 332 圖 南側水抜坑空氣閘門圖

は特に本線施行基面の高さに置き水抜坑の上に設けたが排氣のとき非常に都合であつた。話が前後するが、空氣を抜くとき北側の如く水抜坑の盤と閘門とが同じ高さであると仲々不便がある。

北側の如き場合送氣を止めて排氣を始めると閘門は直ぐに水がしみだし湧出して排水管の弁も開く。排氣管から水と空氣と交つて出て来る勢は非常にえらいもので、どうなるだらうと思ふ程凄音がして緊張させられ刻々水は増すにかゝらず坑内の壓力は仲々零にならない。さうしてやつと壓力計が零を指す。そこで扉を開けようとしても内外空氣の壓力は等しくなつた譯であるが仲々開かない、この時は随分心配した、然るに南側の如く閘門の位置が高いと坑内に満水して、上に昇つて來て閘門から流れ出すことになるから安心して扉があげられる、約700呎坑道が進んで居り、これから溢れて來る迄約1時間位かゝつた。

餘談であるが水があふれ出ようとしたときポコン、ポコンと大きな音がしたので坑奥が崩れて來たのかと心配したことがあるが、これは坑道が奥に向つて上つて居る爲に段々に壓縮された空氣が一時は坑奥の上部に溜つたものが逃場がなく入口に出て來た爲であつた。

### 第八節 北側水抜坑掘鑿

昭和2年9月2日に閘門が出来たので空氣を始めて入れて試験して見たことを述べたが、壓力

6 封度で坑内の湧水皆無となつた、當然の事とは云へ非常な喜びと希望を感じたのである。空気掘鑿の目的は掘鑿後湧水排除が大眼目であつた。坑内は普通の掘鑿法で行く事にして居たが空気が非常に逃げる事が判つたので疊築して進む事にした。

空気量の問題に就ては、又別項に述べる事とす。進むに従つて壓力も上昇し、壓力の上昇に従つて空気量も非常に多量を要する事となつたので、1月30日一時空気作業を中止して低壓壓搾機の増設を急いだ、この頃迄が空気掘鑿の試験時代であつて、色々莫然と考へてゐた事が明瞭となり色々新しい試みも行つた。

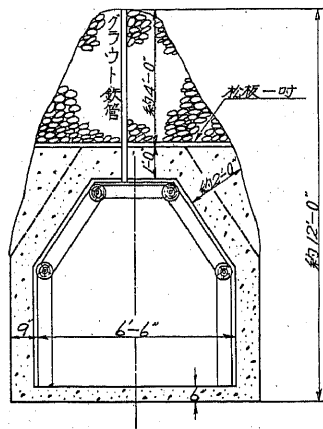
第一に空気洩れに悩んだ事であつて、これはモルタルの塗布が最有效である様に思つた。又空気量の問題から一間は二間即ち4呎か8呎位素掘し、疊築して進めて行く事にした。最初は支保工を設け、支保工だけでは空気が逃げて困るので、周囲にコンクリートを打つたが、空気漏洩を防ぐ意味で疊築せねばならぬので直ちに疊築する以上支保工をする必要を認めなくつた。

3月1日空気壓搾機の増設工事が竣工したので再び着手した。この頃から上述の様に空気の逃げ具合を見ては4呎、8呎づゝ素掘して疊築した。

壓搾機増設以前は空気の不足から天端の砂が崩れて露出面が大きくなると、空気壓力が下り、又崩れて來ると云ふ具合で困つたことも度々あつた。又空気量が一杯なので短時間の停電でも壓力が下つて崩れ出す、地質の悪い所もサラサラと砂が落ちて來て、色々と臨機な處置を取らねばならなかつた。又1月30日に止める頃は何としても空気量が足りないので2段にして掘つた事もあつた、3月1日以後は、加脊も出来る丈小さくした。

壓搾機を増設してからも、空洞の澤山ある邊を迂迴して行くときは、空気を多量に要して、空洞の先端に潜りこんで見ると空気掘鑿箇所から空気の洩れて來ることが判つた。斯様にして最後には幅6呎6吋、高さ6呎6吋の大きさにし、上部は合掌型にして疊築した、さうして仕事が順調に進む様になつたとき約2時間に亙る停電に遇つて大分崩れてしまつた。

壓搾機を増設してからも、空洞の澤山ある邊を迂迴して行くときは、空気を多量に要して、空洞の先端に潜りこんで見ると空気掘鑿箇所から空気の洩れて來ることが判つた。斯様にして最後には幅6呎6吋、高さ6呎6吋の大きさにし、上部は合掌型にして疊築した、さうして仕事が順調に進む様になつたとき約2時間に亙る停電に遇つて大分崩れてしまつた。



第333圖 上部崩壊せる場合の工事圖

### 第九節 停電事故

停電に遇つたのは、昭和3年5月25日午後6時より約2時間の間であつて、北側水抜坑の切端は、坑門起點8,164呎到達し8,157呎迄疊築が出来上つて居た、地質は火山荒砂層から集塊岩に移り變りの所であつた。

停電の原因は、坑門起點2,000呎附近の南側に敷設してあつた普通高壓3,300Vの電纜が短絡破

壊し、短絡電流並に接地電流の爲、變電所内動力線引出用油入開閉器並に變電所内變壓器2次線側油入開閉器が動作した爲である。

然るに過電流遮斷の瞬間に油入開閉の兩端子間に閃絡した爲、絶縁用碍子及び炭刷子が破壊され使用にたえなくなつた。その爲坑内全部停電し空気壓搾機も運轉不可能となつた。

直ちに油入開閉器を撤去し、電線接續を變更したが遂に2時間も停電したのである。

### 停電の場合に對する處置

回轉型壓縮機が3臺増設されて空気量が増して仕事はどんどんと出来る様になつたが、地下水の壓力が段々高まる爲仕事は出来るとは云へ空気量は一杯一杯であつた。それ故もし空気が餘程逃げ行く様な地質に行つたなら實に仕事に困難を來すこととなるのである。

(1) 切端が崩れる場合 砂ではあるが天盤の肌落ちが割に少い爲に仕事が出来たのであるが、もし大きく崩れたならばどうなるであらうか、切羽の壓搾空氣の曝露面が廣くなれば必ず壓搾空氣の量を増加せねばならぬ。この場合準備せる供給量が不足すれば空気壓力は減少し益々崩壊を大ならしめ原因は結果となり結果は原因となり空氣の壓力は段々と下降し、下手をすると湧水する迄になつて防ぎ切れなくなることがありはしないかとおそれてゐた。

(2) 空洞のある場合 大きな空洞に遭遇するか大きな空洞が接近してある場合も一應考慮に入れて見てゐた。

空洞がさうあつてはたまらぬ譯であるがこの附近には無数の空洞を作つてしまつてゐた。勿論これは我々が掘鑿突破せんとして失敗して造つたものであるから、斯かる原因によつて出来たものはない譯であるが、この空洞成生の原因は急激に地下水を出した爲に粗鬆な砂が流れ出たのであるから長い間水が流れてゐる場合徐々に砂を運び出してゐる場合が無いとも云へない。

丹那盆地に於てD號の試掘を2度行つたが、2度目のものは確かに空洞と思はれる所に遭遇した、又空洞と云ふには當てはまらない割目の存在もあるし、この割目も相當大きいものと小さくても數多くある場合もあるだらうと考へられた。要するに空気が多量に逃げ出して行く場合に遭遇したときの事である。

この場合直ちに崩壊は起らぬとしても空気壓力は低下し、停電して、空気が送れなくなつたときと同一の結果になる。然し上述の場合は地質が堅岩の場合に起り易いのであるが全然無いとも云へなかつた。

(1)と(2)との場合をおそれてゐたが結局停電した場合空気が來なくなつた場合と同じ事になつてかゝる際にかに處置すべきかと考へてゐた。それでその際の事を交代交代の班長に出来るだけ崩壊防止の最良の手段は勿論盡すとして結局壓力は低下するし、壓力が低下する爲に湧水はどんどん増加し土砂を交へて流出して來たときは、閘門の扉を開放しろと命じてゐた。その理由は、

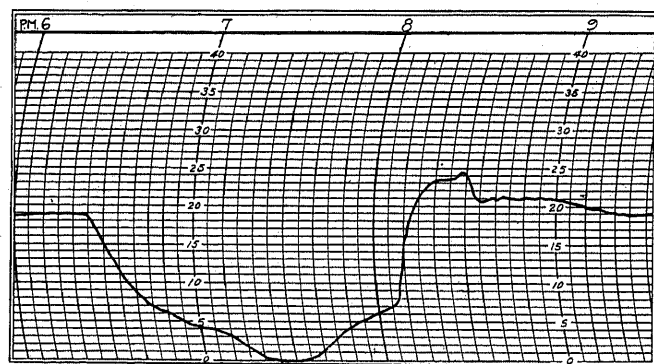


(1) 停電の爲でないときは今後再び壓搾機を相當増設せねば空氣掘鑿が出來ぬ事になるのであるから、最後に引上げるとき閘門の扉を開けぬときは、折角掘つた坑道が無駄にしてしまふのであるから扉をあけて坑奥の土砂が崩れて來ても、水を流出させて地下水位を掘鑿終端まで後退させた方がよいと思つた。

(2) 又、停電の場合でも地質が砂地である故、停電が長時間に亘るとき必然的に切端は崩壊して相當の空洞を作るだらうと考へた、さうすれば(1)の場合と同じになつて再び空氣を送つた所でもう空氣掘鑿は出來ぬ様な状態になるであらうと想像した。よつて(1)と同じ様な手段をとるべきであらうと考へた。以上の様な考で萬一事故の場合には前記の如く處置しようと思つてゐた。そこへ停電が來て實際の經驗をしたので、教へらるゝところが多かつた。

停電するや停電時間が長い爲壓搾空氣の輸送は止まり坑内の氣壓は段々と下つた。遂に坑奥端には土砂崩壊の音が聞えて來るし湧水はひたひたと流れて來る様になつた。

豫め豫備燈も設備してあつたから作業場は眞暗にならないがいかん共術がないので班長は一同と



第 334 圖 北側水抜口より 8,164 呎迄到達せる際の  
停電事故に於ける壓力降下圖

外に出て空氣閘門の扉を開放し然る後適當な方法を取る事にした。然るに排水管と排氣管は全開したが坑内の水深は刻々増加し坑内氣壓は氣壓計に依ると零を示して居るが仲々あかない。

これではいくら排氣管をあけて居ても扉をあける事は出來さうもないので方針を變へて瓣を閉じ坑内を水でみたす事にして

空氣の來るのを待つてゐた。6時20分に停電して7時半頃迄空氣抜をやつてゐた。8時2分に送電が出來た。7時半頃に瓣をしめると坑内の湧水が段々と貯溜され空氣は逃場もない爲に壓縮されて壓力を高めて來た。壓搾空氣が來る様になつたときは7.5封度に自然に上昇してゐた。

8時8分頃から閘門内に送氣し排水を始めたが水が大分溜つてゐたので漸く10時頃に閘門に這入れる様になつた。

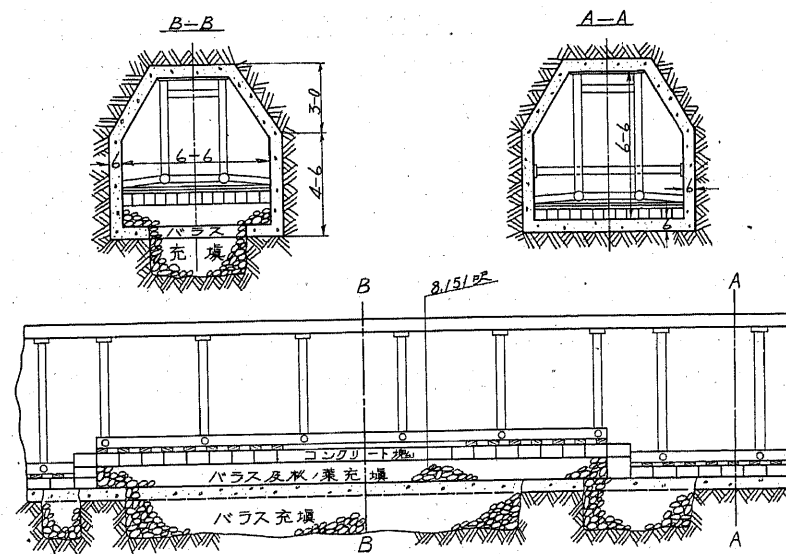
水は平均4呎程の水深に達した様であり、土砂流出は約11立坪、切羽に約2立坪の空洞が出來た。

極力送氣して見ると19封度迄氣壓を上げる事が出來たので、崩壊箇所を始末して奥に進む事に

した。結果に於て閘門の扉は開放しなかつた方がよかつたのである。河底で空氣掘鑿施行の際もし吹き抜いたらどうするか、この場合閘門の扉をあけるものは無い、閘門の扉の開閉に就てそんな事は問題の無い事だと云はれるかも知れないが河底の場合は問題はない即ち閘門の扉をあけた所で有利な事は一つもないが、西口の空氣掘鑿は色々の點に於て特色があつた譯であるから、前述の様な方法もとつた譯であるが結局開放しない方がよいのであつた。

### 第十節 排氣後の土砂噴出

北側水抜坑空氣掘鑿は停電に遇つたが、その後無事掘進して6月29日8,255呎に達し、氣壓は



第 335 圖 北側水抜坑土砂噴出箇所防備圖

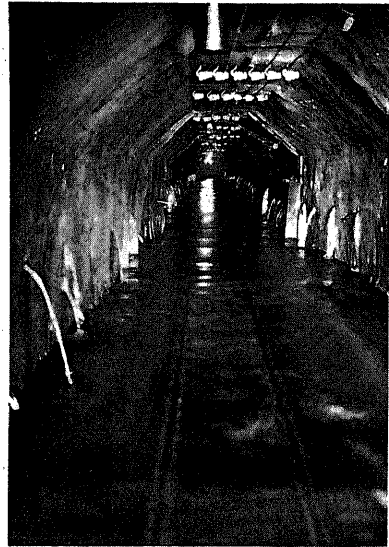
23 封度に昇つた。

地質は集塊岩に變じて普通の方法で掘れる様になつたので、空氣掘鑿を中止する事にした。

6月30日排氣作業をした所奥方地質砂層の所の敷コンクリートが破壊されて、土砂を噴出させ乍ら地下水が湧出して來た、この儘排氣する譯にも行かぬので又空氣を入れた。

土砂噴出箇所に砂利並に杉葉を入れて水だけ出して砂の出ぬ様にし、押へにコンクリート塊を並べ柱を立て、噴き出されぬ様にした、噴出箇所を相當廣くした爲に、7月15日排氣作業を無事に終了した。

排氣のとき土砂を崩されぬ様に丈夫に、つまり厚く壘築する事も問題となつたが氣壓に耐えるだ



第 336 圖 北側水抜坑排気後湧水の状況

けのものを作るより如何に旨く水を抜くかに問題があつた譯で、南側水抜坑の際は巧妙な設計をし手際よくこの問題を切抜けた。

排気の結果この坑道から湧水 5.5 個出た、又、坑道兩側に徑約 2 吋の孔を穿つて、水を絞り最大 14.5 個程に達した。

### 第十一節 南側水抜坑掘鑿

この砂層地帯は兩側を空気で掘る事に決定したので、北側水抜坑を空気掘鑿して居る間に空気閘門の準備をし、北側がすみ次第いつでもかゝれる様にした。

7 月 15 日に北側を了へて 19 日から南側水抜坑を空気掘鑿に掛つた。空気閘門の處で述べた様に本線施行基面と同じ高さに設けた、これは北側で排気のとて困つたのと閘門の手前でポンプをかけずにすむのと空気閘門の築造の樂な點にあつたが、悪い點は奥へ掘り下つて段取が付く迄が大變なものと、將來下部を水抜坑につなげるときの問題があつた。また 2 階になる分が無駄になるがこの方が有利であつた。

閘門奥方の斜坑から切下つて行く間は丁度本線の奥端の切替部分に接近してゐた爲に大分空気が逃げた。

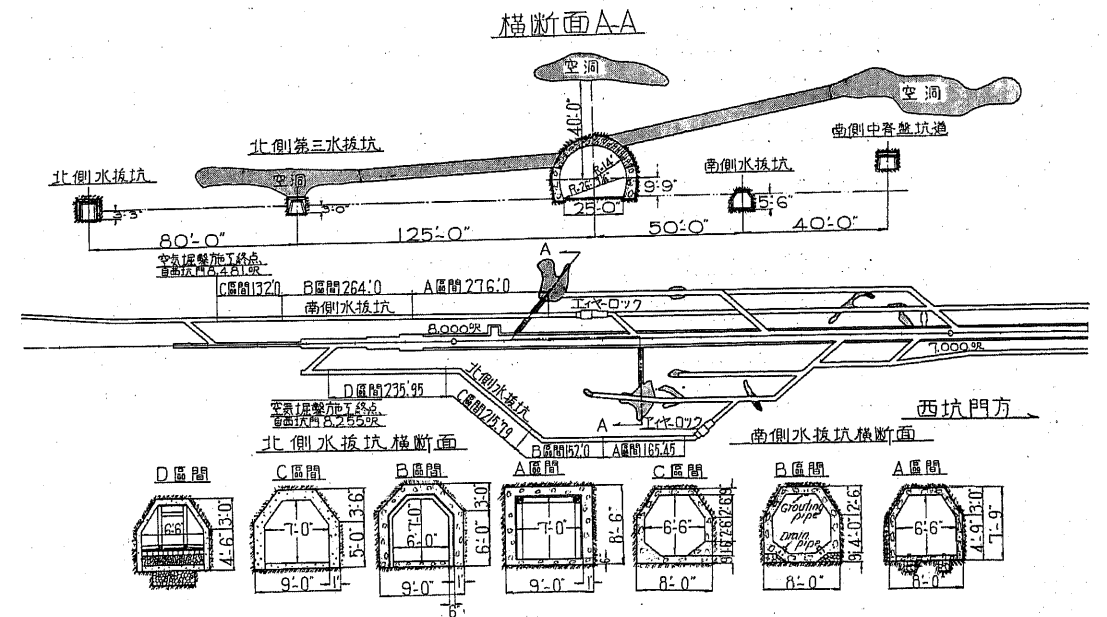
最初 5 封度で仕事を始め水抜盤に達して 8 封度、奥方に行くに従つて氣壓を上げて進んで行つた。頂設導坑の空洞、中脊盤坑道の下部を進んで行くときに空気が餘程入りはせぬかと心配して行つたが、それ程の事もなく無事通過した、北側水抜坑で約 10 ヶ月程空気の仕事をやつたので、従事員一同大分仕事になれ、定つた仕事を順序よく迅速に丁寧に出來る様になつた。

定つた作業とはどう云ふ順序かと言へば、これは普通のトンネルを掘るのと變りないが先づ第一に山を崩して 4 尺程掘り進める、次にすぐ型枠を組む坑道の断面は圖の通りである、このとき上部の危ない所は板をあて、型枠から受けて置く、普通の支保工を組んだ事は 1 度もない。次に側壁から上部のコンクリートを打つ、これが 3 間位進むと氣壓を少し上げて敷コンクリートを打ちさうして又進んで行く。この間適當の時期にモルタル塗布とモルタル注入の仕事をやる。モルタル塗布は必ず 1 回やり隨時状態に應じて 2 度 3 度行つた。

空気の一番逃げるのは合掌の上部に當る所で坑道なりに手前に逃げて行く様であつた。セメのコンクリートをやる頃となると逃げる空気が纏まつて來るので非常な風である。帽子等を持つて行

くと吸ひつけられてしまふ。又、コンクリートもセメの部分はお圓子にして押さへつけるが、水分を大分とられる様でいゝコンクリートは出來なかつた。風のある日は乾物がよく乾く理由と同様で

くと吸ひつけられてしまふ。又、コンクリートもセメの部分はお圓子にして押さへつけるが、水分を大分とられる様でいゝコンクリートは出來なかつた。風のある日は乾物がよく乾く理由と同様で



第 337 圖 南側水抜坑空氣掘鑿断面圖

ある。故に適當な時期に填充し上部の隙の出來ぬ様にして極力空氣量を少なくする様に注意した。

モルタル塗布は、簡單で 1 番有效であつた。しかし氣壓が 1 度下がると逆に外側から押されて直ぐ剝脱して困つた、それ故に氣壓は段々に上げる方針でひどく下げぬ様にした。

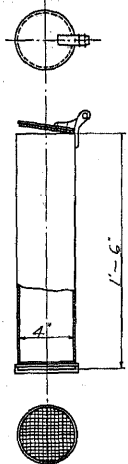
1 日平均どの位進んだかと言へば 1 月續けて仕事をしたときの平均を採れば、北側は 3.4 呎~4.4 呎、南側は 4.4 呎~7.4 呎である。然も北側は壓力が高くなつてからの方が仕事が進んだので始めは色々と拙い事をやつた譯である。

南側は氣壓の低い間は 7 尺程進めた譯で氣壓が高くなつてからは、南側と同じ進行で、その延長南側 726 呎、北側 769 呎、どちらも 23 封度が最高であつた。

(1) 湧出管の設備 北側水抜坑では排気後土砂が噴出して困つた事を話したが、南側ではこれを旨く解決し様と考へた、その結果が圖示の様な断面を得たのである。即ち内空断面は八角形として、兩側下部のコンクリートの下には砂利を入れこの中に鐵管を挿入した。

排気の際はこれから水を湧出させ様とした、湧出管の構造は長 1 呎 6 吋の鐵管の上部には、蝶番を有したゴム・パッキング付きの蓋を有して居り、入氣中には蓋を閉ぢて空氣の逃げぬ様にし、排氣の





第 338 圖 排水管

際は湧水の壓力に依り蓋をあけて、水が出て來る様にした、下端には 5 分目と 20 (メツシ) の 2 枚の金網を張り、地下水湧出の際砂の吹き出ぬ様にした、そして鐵管の挿入してゐる部分には砂利を深さ 1 尺程入れた。この湧出管設置の爲、下部の平な所が僅かになる故、作業に困りはせぬかと思はれたが、別にたいした事もなく仕事が出來た。この湧出管は大成功であつて、排氣の際氣壓が下つて行くと奥から順に蓋を押し上げて水が出て來た。この時は實に氣持がよかつた。

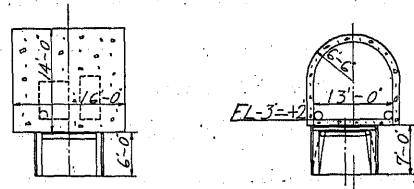
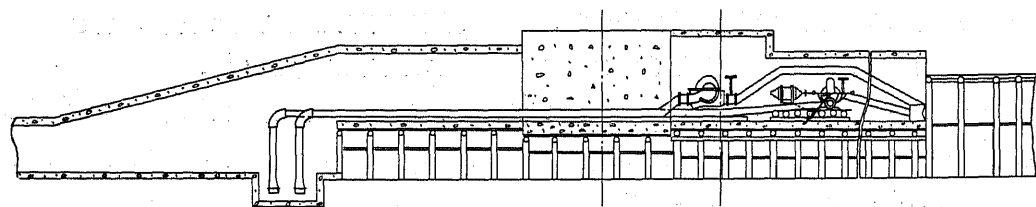
壘築の厚さは 9 吋であつたが地下水壓力は湧出管から水が出る爲、あまりかゝらぬ様で、故障もなく無事に排氣することを得た。

(2) 切羽の漏洩防止 切羽の空氣の逃げるのを防ぐ意味で大體掘り終るとセメントの粉を振りかけて見た、これは空氣が地山に吸ひ込まれるときセメントを持つて行くから空隙を埋めて空氣の洩れを防いで呉れたが、氣壓の變化の際薄層となつて剝脱する爲うまい方法ではなかつた。

時々填充を試みたからセメントをふりかけるよりセメント乳を填充ミキサーで吹きつけた方がよいだらうと、やつて見た處、全體に平均 1/4 吋程固める事が出來たので空氣の漏洩も防ぎ砂の脱落も防いで一舉兩徳であつた。

斯様にして砂の部分の掘鑿も上手になり、進むうち、8,283 呎から地質は集塊岩に變じ 8,481 呎迄續いたから、普通掘鑿に移る事として空氣掘鑿を止めた。

(3) 閘門下部の掘進 湧出管の設置によつて排氣も無事にすみ、これから 8.5 個の湧水があつた



第 339 圖 空氣閘門下部掘鑿

が、その次の仕事は空氣閘門の下部を掘つて水抜坑を續ける事である、空氣閘門の手前の地質は、極く細かい砂の厄介な處であつた、これに水でも廻ると始末に困る所であつたからロックテングの居た場所に 15 吋のポンプを 2 臺据付て、坑奥の水を本線に汲み上げ、注意して掘進した、これも幸な事に 1 回も停電がなかつたので、最後に空氣掘鑿の際作つたコンクリートの壁を破つて無事通水することが出來た。

### 第十二節 空氣漏洩量

空氣掘鑿を行へる最近諸外國の例を見るに、壓搾空氣準備量の最大なるものは、米國ビーアール、アール、ハドソン河隧道のもので、地質は砂並に砂利シールド外徑 23 呎壓搾空氣容量 13,167 立方呎外徑を  $D$  とし空氣量を  $Q$  とする時は  $Q/D$  が空氣消費量の指數となる此の場合 24.8 である。

今回掘鑿せる水抜坑を直徑 9 呎のものに見做す時は所要量は  $24.8 \times 9^2 = 2005.8$  にして當所空氣準備量 3,951 立方呎ある故充分であると考へ掘鑿を開始した、然るに前述の如く空氣漏洩量大にして甚だ空氣量不足の爲に難澁したのである。

- 空氣漏洩量に就ては明確なる數字を欲したけれど調査甚だ困難であつた。その主なる理由は
1. 空氣量測定の器具の無いことであつて各瞬間に於ける輸送量分明ならざること爲に空氣量の測定は電力量を以てするか或は壓搾機の容量のみを以て算定の基としなければならない。
  2. 地質の變化に依るもの、地質一定なる時は等しき漏洩量なるべきも、同じ火山砂にしても場所の異なる毎に漏洩量は甚だしく異つてゐる。
  3. 同一施行の行ひ難きこと即ち加脊の大小混凝土質の不同其他に依り絶えず異なる結果を示す。
  4. 壓力の平衡せざる事即ち水壓と空氣壓とは一定の關係になく作業の種類に依つて空氣壓力を下げて地下水を若干湧出せしめる場合もあり、又敷混凝土の際は壓力を上昇せしめて地下水を一滴も湧出せしめざる様にしてゐる。而して斯る場合 1 封度の上下に 500 立方呎を要することもある。されば作業壓力に對する空氣消費量は作業種類に依つて異なる。

前述の如く複雑なる事情の下にあるので簡単に其の價を定むることは不可能の事である、依つて種々の場合の結果得られたる價より概括的の概念を得れば幸である。

(空氣漏洩量調査表を参照されたし) No. 1 より No. 8 迄の場合の價に就て説明すれば No. 1 の場合は最初 9 月 2 日試験的に空氣を入れたる際の記録にして曝露區間延長 17 呎ありてエヤーロックに接續す地質砂層にしてエヤーロックに近き爲め漏洩量甚だ多く而して水壓は 6 封度餘の場合に於て 8 封度より 17 封度迄を調査せるもの故水壓が各々に相當する場合のものより大なることは

察知し得られる1平方呎當りの漏洩量は先に8吋鐵管に依る空氣輸送量報告表に示した様に壓力に對する増加の率は直線的にして5封度の時は16分の1吋25封度の時は8分の1吋管より放出する量と相等しく、唯單に大氣に管端より放出される空氣量の壓力に應じて増加する率と異なる事は注意すべきである、表中A記號は曝露面よりの1平方呎の漏洩量を示す。10月19日作業の都合に依り掘進を中止して延長68呎の區間膠泥塗布全壁面よりの漏洩量は7封度が0.253,16封度が0.603,19封度に於て0.988立方呎。

上記膠泥塗布面と記せるは約1呎の厚さ混凝土を打ち幕板を取りて丁寧に細砂の膠泥を鏝にて1/4"乃至3/8"を塗布し膠泥裏には膠灰注入を施行せるものである。表中Cは前記膠泥塗布面よりの漏洩量を示す。

No.3の場合は、CはNo.2と同じく7封度に於て0.253となし電力量を計算してA及Bを求めたるものである。Bは厚さ1呎の壘築を施工せる儘にして未だ膠灰注入並に膠泥塗布を爲さざる部分である、その結果はAが3,500,Bが1,718である。

No.4の場合はNo.3の場合のA及びCの價を壓力に應じて、變化したる價を見出しこれを實際に當て換めて、妥當なる價を得たものである、この場合7封度のものを9封度に換算せるものにして、前記の表を用ふべきや否やは考慮を要す須ち管末端より、放出するものと、管末端より先に種々の抵抗物あるときの場合は異なるものと考へられる。曲線圖を附してある故参考とせられたい。

No.5の場合は坑道延長500呎に及び作業の都合に依り切端に壁を作つた事がある。その際完全に空氣漏洩防止を施工せしものであつて11封度に於てCの價0.089である。一般に求めた價より1/10にして仕事を丁寧にすれば斯の如き價迄達し得られることを説明してゐる。

No.6の場合はAが8,840,Cが0.205である。實際に於ては集塊岩の漏洩量は甚だ少く、又AがCと等しとして見たる價が0.205にして實驗式より求めたる價が0.319なることは甚だ不合理である。即ち實驗式に於ける空氣量は確實なる數字に非らざること並に種々の條件の一定ならざる事がその因をなしてゐる。實際に於ては集塊岩の漏洩は甚だ少くAの價8,840は砂よりも大にしてこの價は誤てるものである。

No.7の場合は曝露面が砂質の場合にして、砂表面に常に膠泥水を吹き付けつゝ掘鑿する、Cは0.469,Aは3,117となる。

No.8の場合はNo.6と同じく集塊岩中のものであり掘鑿に拘らず空氣量増加せず、表中に説明せるが如くCを0.328となし集塊岩をこれと等しきものと見てもよい。

前記の如く夫々に對する空氣漏洩量は、種々の條件の爲めに一定の價を求め難いのであるがCの價に就ては施工を丁寧にすればする程減少することは明かなるも、又一方仕事の進捗に妨害ありて

適當なる程度に於て打切らなければならない。Cの價は壓力に關係なく地下水壓と作業壓力と等しきときは20封度邊迄は0.3位に見るが適當の様である。即ち壓力の上下により昇下するが正當なるも、壓力低きときはエヤーロックに近くして漏れ易く、壓力昇るときはロックに近き箇所は漸次塵埃にて充填せらるゝ傾向もあるべく大なる變化はない。漏洩量大なりと見て0.3位に減少せしむる事は可能なるも、0.3より減少せしむる事は甚だ困難であらう。

別記せる漏洩量試験を参考とせられたい。Cの價は甚だ區々であるが表に依つて大體を察知せられたい

空氣漏洩量調査表

月 日	壓力	曝 露 面		空氣漏洩防止完成	所 要 空 氣 量	記 事	調 査 號
		A	B				
昭和2年 9.2	8	2,000			1,350	曝露面區間 17 呎	No. 1
" "	11	3,290			2,217	"	"
" "	14	4,580			3,084	"	"
" "	17	5,870			3,951	"	"
" "	10.19			0.603	1,350	10月7日ロックより68呎進行掘鑿中止グラウト並にモルタル塗布	"
" "	19			0.988	2,217		"
" "	7			0.253	566		"
" "	10.29	3,500	1,718	0.253		電力量を參考として計算せるもの	No. 3
" "	11.12						
昭和3年 1.30	9	4,000		0.290	393	0.253並に3,500を基礎として得たる價	No. 4
" "	3.10			0.039	400	坑道延長 400 呎	No. 5
" "	6.4			0.205	714	集塊岩	No. 6
" "	6.15				747	砂	No. 7
" "	9.6	3,117		0.469	327		No. 8
" "	9.14				382		
" "	11.23			0.328	710		
" "	11.29				735		

No. 6 北側水抜坑空氣漏洩量調査表

壓搾空氣曝露面地質集塊岩

月 日	壓力	空 氣 量		a 表面積		c 表面積		式 番 號
6.4	21.5	2620	=	64	× a +	18,871	× c	(1)

月 日	圧 力	空 気 量		a 表面積		c 表面積		式 番 號
4	21.5	2,620	=	192	×a+	18,871	× c	(2)
5	"	3,487	=	320	×a+	18,871	× c	(3)
5	"	4,354	=	416	×a+	18,871	× c	(4)
7	"	3,437	=	192	×a+	19,523	× c	(5)
11	"	4,274	=	96	×a+	20,548	× c	(6)
12	"	5,624	=	224	×a+	"	× c	(7)
13	"	5,624	=	352	×a+	"	× c	(8)
14	"	5,624	=	96	×a+	21,760	× c	(9)
16	"	3,890	=	96	×a+	"	× c	(10)

- (2)-(1)  $128a=0 \quad a=0$
- (3)-(2)  $128a=867 \quad a=6.77$
- (4)-(3)  $96a=867 \quad a=9.04$
- (6)×2-(5)  $21,573c=514 \quad c=0.24$
- (7)-(6)  $128a=1,350 \quad a=10.52$
- (8)-(7)  $128a=0 \quad a=0$
- (9)-(8)  $1,212c=256a \quad c/a=4.73=5$
- (5)-(2)  $1,352c=787 \quad c=0.582$
- (1)に於て  $a=0$  とするとき  $2,620=18,871c \quad c=0.137$   
 $c=(0.582+0.137+0.240) \times 1/3=0.319$

(1)+(2)+(3)+(4)+(5)+(6)+(7)+(8)+(9)+(10) は次のくなる。  
 $41,524=200.171c+2,018a$

$a=c$  とするときは  $41,524=202,187c \quad c=0.205$

上記の場合  $c=0.205$   $a$  は 1-2 位が至當の様である。

No. 7 南側水抜坑空気漏洩量調査表

壓搾空氣曝露面地質火山荒砂

月 日	圧 力	空 気 量		a 表面積		c 表面積		式 番 號
9. 6	15	5,141	=	284	×a+	7,260	× c	(1)
6	"	4,274	=	96	×a+	7,392	× c	(2)
7	"	3,890	=	192	×a+	7,392	× c	(3)
8	"	4,957	=	384	×a+	7,612	× c	(4)
9	"	3,890	=	96	×a+	7,810	× c	(5)
14	"	3,487	=	96	×a+	8,470	× c	(6)
14	"	4,354	=	288	×a+	8,470	× c	(7)

- (2)×3-(1)  $14,916c=7,681 \quad c=0.515$
- (2)×2-(3)  $73,92c=4,658 \quad c=0.630$
- (3)×2-(4)  $71,72c=2,823 \quad c=0.394$
- (5)×4-(4)  $23,628c=10,603 \quad c=0.449$
- (5)×3-(7)  $16,980c=6,107 \quad c=0.360 \quad 5c=2,348 \quad \text{即} \quad c=0.469$
- (1)+(2)+(3)+(4)+(5)+(6)+(7) は  $29,993-54,406c=1,436a$ ——(8)

今  $a=c$  とせば  $c=0.537$

一般的に  $a>c$  である故上記の價は  $c$  の最大の價である

今(8)式に  $c=0.469$  を代入すれば

$$1,436a=29,993-25,516.405=4,476.595 \quad a=3.117$$

No. 8 南側水抜坑空気漏洩量調査

月 日	空 気 量	A 表面積	C 表面積	式 番 號	記 事
11月23	3,407=	768×a+	9,200×c	(1)	圧 力 21封度毎平方呎
25	3,407=	352×a+	9,886×c	(2)	
26	3,407=	640×a+	9,886×c	(3)	
26	3,407=	736×a+	9,886×c	(4)	
27	3,407=	352×a+	10,150×c	(5)	
27	3,407=	480×a+	10,150×c	(6)	
28	3,407=	544×a+	10,150×c	(7)	
29	3,407=	608×a+	10,150×c	(8)	

上記の表は南側水抜坑掘鑿中 8,415 呎より坑奥地質集塊岩の場合の空気漏洩量と岩石曝露面 (a) と混凝土面 (c) とを示したものである。この時所要空気量は低壓 2 臺 (1,270×2) 及高壓 1 臺 (867) にて送氣した。合計 3,407、この間アンローダー働きて實際にはこれより小なることもあれど、殆んど全部を使用したのである。a 並に c よりして掘鑿面の増大あるも空気量に變化がなかつた、實際的に云へば更に壓氣機を増加する程に空気量に不足せず故に表中 3,407 よりの差は 300 位のものであろう、而して集塊岩よりの漏洩量は甚だ少量である。

今 a と c とを同じと考へ見れば

$$(1) \text{より} \quad 9,200+768=9,968 \quad 3,407 \div 9,968=0.342 \dots (i)$$

$$(8) \text{より} \quad 10,150+608=10,758 \quad 3,407 \div 10,758=0.317 \dots (ii)$$

$$(i) \text{と} (ii) \text{とを平均すると} (0.342+0.317) \div 2=0.328$$

依つて大體 c は 0.3 と云ふことになる。

### 第十三節 空気漏洩防止法

前述の様に覆工の部分から空気が非常に漏れ、その爲めに作業上に及ぼした影響は非常に大である故極力これに留意して施行した。

北側水抜坑に着手し、漏洩量の大きさに驚いて壘築を直ちに追ひかけて施行せねばならなかつた、混凝土工事は施行を充分にしても防水の目的には不完全なる事は周知の事實である。最近防水工學が発達してコンクリートに特殊の防水劑を混じるか、幕板を外した後で防水劑を塗布するか、或ひはアスファルトを使用してその目的にかなふ様にしてゐる、空気は水よりも漏れ易いが、水も漏さぬ様にするのが第一の方法である。第二に、鐵の構造物に於ける錆止工も空気を絶縁する方法である故空気漏洩防止になつてゐる。依つてペイント或は光明丹塗布も効果がある譯である。

煤煙の多い跨線橋の鐵材が腐つて困つたときに(セメント・ペイント)を使用して結果のよかつた話を讀んだのでこれを試みた。

セメント	32 封度
赤 レ ッ ト	12 "
煮 ア マ = 油	5 "
ヂヤパン・ドライヤー	3 "

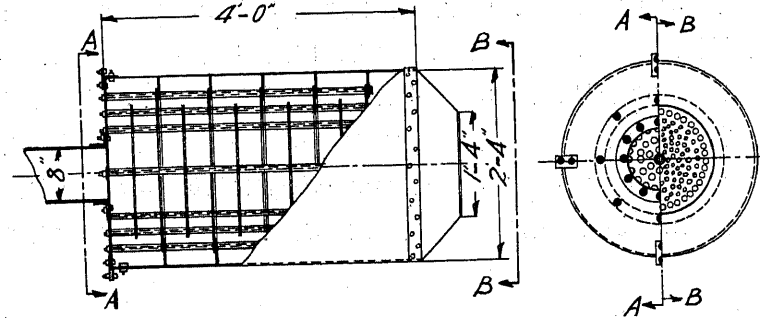
上記の調合のものを用ひた、乾きが悪いが薄層に塗れば乾きの程度は困る程でなく非常に有効の様であつた、しかしこれは材料費を多く要するのでモルタルを 1/8 吋乃至 1/4 吋程度に塗布するのが簡單であり、効果もあるので、終りまで空気漏洩の防止はこれによつた。この缺點はコンクリートとの膠着悪く氣壓の降下の場合壓力の掛り方が逆になるので中へ押されて剝げ落ちる事であつた。

現在ゲンコー等、コンクリートの防水塗料も仲々多いが臭氣のあるものは使へぬし、黒色のものは作業場が陰鬱になるので感心しない。

### 第十四節 消音装置

空気漏洩防止とは関係ないが多量の空気を要するとなると送氣管の末端の於て空気の奔出する爲に依る騒音は凄いで、そばでは普通に話が出來なかつた。全く豫期してゐなかつたので急いで消音装置を施すことにした。何しろ周囲がコンクリートばかりである爲、音が反撥して益々大きくなる譯である。コンクリートの音の吸収係数は非常に小さい、8 吋管より 1 分間 3,000 立方呎程吹き出るのであるから、熱海側に於てフラッパー・バルブがバタバタやつて居たものと比較にならない、本を讀んだり、人に聞いたりして消音装置を作る事にした、始めは簡單なものを作つた、それ

は空気の通路をぐるぐるまはして勢を弱めておとなしく出る様にしたのである、然し消音装置から出るときは靜かになつてゐる様であるがその中で風のぶつかる音がひどくてまだうるさい、そこで



第 340 圖 消 音 機

自動車等に装置してある消音装置を参考にして、前後に無數に穿孔した板を有し途中に瓣膜を數枚を具へたものを作つた所、非常に成功し騒音が全く消えた。これをモデルに徑 2 吋用のものを作つた

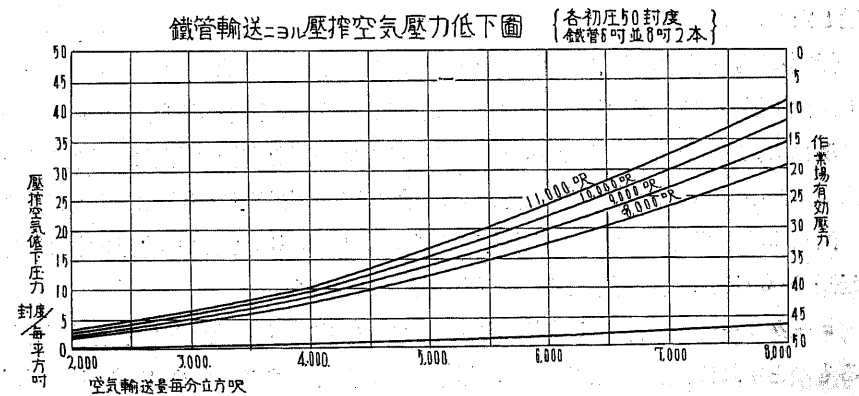
が、これを浴場の蒸氣管の先端につけた處、音も消え振動もなくなつて非常に具合がよかつたそれまでは蒸氣で熱湯を作つてゐる容器がゆれて困つてゐた。

これで音を消す方は旨く行つたが回轉型壓搾機を増設してから噴霧状態の油が空気に混じつて來るので、南側の空気掘鑿をするときには管の末端には換氣管に使つて居た 30 吋鐵管を 1 本持つて來て接続し、これにコークスをつめて使ひ油の霧を取ると共に消音の役目もした。これが爲に 2 封度位の損失があつたが差支へなかつた。

### 第十五節 輸送管に依る壓力低下

空気掘鑿に要する壓搾空気を輸送管にて送る場合 8 吋鐵管のみを以てしては、空気掘鑿に必要な空氣量が 6,000 立方呎に昇つた時作業場壓力が 30 封度を必要とすれば壓搾機室レシーバー壓力 64 封度を必要とする

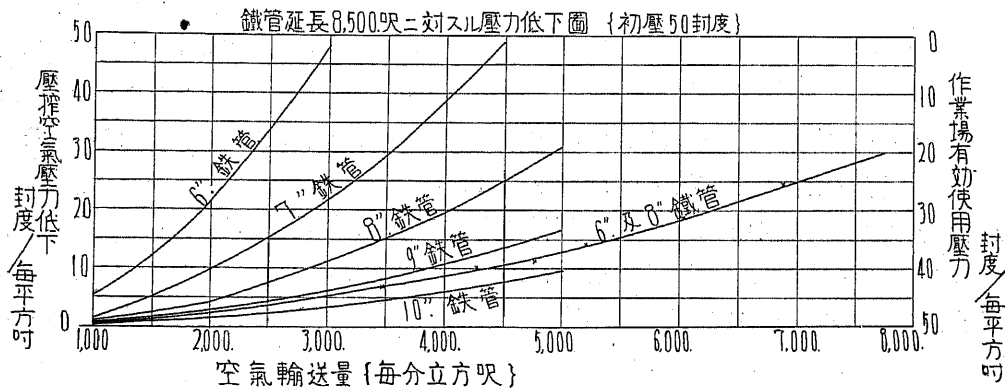
ることとなる、依つて輸送中の壓力低下斯く大なるときは低壓壓搾機は用をなせず、結局輸送管として 8 吋一本では作業場の壓力を 30 封度に上昇せしむるこ



第 341 圖

とが出来ないのである。

依つて昭和3年に入りて空気使用量の増大を豫期し低圧壓搾機を増設し、總空氣量毎分 7,761 立方呎に達せしめ輸送管も亦在來 8 吋 1 本なりしを 6 吋管を之に加へ、2 本にて輸送することとした。南側水抜坑空氣掘鑿中輸送管に依る壓力低下を調査することとし昭和 3 年 9 月 12 日より 9 月 22 日に至る間種々の状態に於いて實測した尙 12 月 14 日最大輸送量を測定した。圖示の通り 6 吋より 10 吋までの鐵管の初壓 60 封度の壓搾空氣を輸送する場合の 1,000 呎に對する壓力低下をコンプレッソ、エヤーマカデン社發行コンプレッソ、エヤーデータに依りプロットせるものと比較することとした。今回調査せるものは鐵管に依る壓搾空氣壓力低下表に記載せるもので、空



第 342 圖

氣掘鑿作業中のものなる故、初壓力を一定になし測定すること能はず、依つて輸送量等しきも、初壓異なる爲め壓力低下に差異あり、量多きときは壓力高く送り量少なきときは、壓力低く送る爲め比較的量少なき場合の壓力低下の度が大である。之に依つて出來た曲線は 6 吋及 8 吋鐵管にて輸送したものである。

低壓 4 臺、高壓 2 臺、空氣量合計 6,894 立方呎に昇るときは、アンローダー 49 封度に於て動作し全量を送氣することが難しい、故に更に高壓 1 臺 867 を加へるも、アンローダー動作度數を重ねるのみにて、送氣量に變化がない。エルボーバルブの類を直管に換算し輸送管延長約 8,500 呎に當る、依つて表中 1,000 呎當り壓力低下は、輸送に依る壓力低下を 8.5 にて除せる商である。

圖は 1,000 呎當り同様の壓力低下あるものとして、8 吋並に 6 吋管 2 本にて輸送する場合の鐵管延長 1,000 呎迄の輸送量に對する壓力低下を示せるもの。

ロータリー低壓壓搾機は最高壓力 50 封度故、初壓 50 封度とし作業場壓力最大 30 封度を要するものとすれば、各延長に對する輸送量は次の如くである。即ち 9,000 呎の場合は 6,400 立方呎、10,000 呎の場合は約毎分 6,000 立方呎、11,000 呎の場合は約 5,600 立方呎にして前記量以上には

輸送し能はず、作業場壓力 40 封度の場合又圖に依り察知せられたし、依つて今後管の延長長くして、空氣掘鑿施行の場合は一部高壓輸送を必要とする。

測 定 時 日	コ ン プ レ ッ サ ー 空 氣 量								記 事
	H.C 867	L.C. 1,350	R.L.C. 1,270	合計	壓 氣	機 室	エー ヤ ー ロ ッ ク	差	
9.12PM 0-0	2	1	1	4,354	26	17	9	1.06	エルボー其他を直線に換算す
9.13PM 1-25	3	1	1	5,221	31	19	12	1.41	總延長約 8,500 呎となる
9.13PM 2-55	3	1	1	5,221	42	34	8	0.94	空氣壓搾機 H.C は米國イン
9.14PM 4-30	3	1	1	5,221	30	19	11	1.30	ガーゾルランド會社製インベ
9.15 PA10-0	3	1	1	5,221	30	18	12	1.41	リアル型 10 番最高壓力 125
9.15 PA10-55	2	1	2	5,624	34	21	13	1.53	#/□' 3 臺
9.16PM 8-10	1	1	2	4,757	37	27	10	1.18	L.C. は米國ウォシントン會社
9.17PM 3-10	2	1	2	5,624	35	23	12	1.41	製低壓 60#/□' 1 臺
9.18PM 4-15	1	1	1	3,487	23	16	7	0.81	R.L.C. は瑞西ウインターツ
9.20PM 4-10	2	0	2	4,274	37	28	9	1.06	ル會社製ロータリー型低壓機
9.22 PA 8-10	1	1	1	3,487	27	21	6	0.70	50 #/□' 3 臺
3.12.14PM 3-00	1	1	3	6,029	45	29	16	1.88	輸送管は 6 吋並に 8 吋の 2
3.12.14PM 3-07	2	1	3	6,894	49	29.5	19.5	2.29	本を使用す
3.12.14PM 3-12	3	1	3	7,761	49	29.5	19.5	2.29	

第十六節 地下水位の後退

空氣掘鑿の結果即ち效果に就て記さんとす、屢々述べた様に壓搾空氣を使用せるは、他の方法を以てしては、困難なる水抜坑の掘鑿に在り、水抜坑を空氣掘鑿したのは、砂層區間を本線に沿ひて乾燥谷を形成するにあり、附圖地質圖に地下水位の等高線を示したり、何に依りてこれを作製せしかと云ふに第一は之迄諸處に於ける試錐の際に測定せる壓力上昇の計算と實際に掘鑿せる際のものとの基礎として作つた。地下水位曲線は之を 3 段に分ち施行基面より計算して 5 封度、10 封度、15 封度等高曲線を記入して其の推移を示した。

第 1 段は北側水抜坑掘鑿中のもので別表湧出表に示せる様に着手當時 9 月 30 日總湧水量 32.5 個で、排氣の際 27 個に減じたのを見れば自然に時の経過と共に 5.5 個を減じたるを以て、地下水位の勾配緩徐となりたるならん、故に 5 封度並に 10 封度と示せるは掘鑿の際、作業壓力、5 封度、10 封度なりしものに、水壓 15 封度に達したる時は 10 封度並びに 5 封度は 10 封度並びに 5 封度より低くなりたるべし、されば掘鑿中は、殆んど大差なきを以て、之を 1 つの場合の壓力曲線とし、次に南側水抜坑に移りたる場合並に南側水抜坑空氣掘鑿を完了し、本線の掘進に移りたる時

の實際の水壓を記したるもので之に依りて大體の地下水位の後退を明瞭ならしむ。

前述の如く北側の場合には排氣並に排水作業を完全になし能はざりしが、南側に於て充分に排水の目的を達し地下水低下の目的を達し、8,215 呎附近まで、乾燥谷を形成し得たり、之に依りて如何に水抜坑は、その目的を達し本線の掘鑿容易に成るやを知られたし。幸にして兩側水抜坑共、集塊岩帯に入りたるを以て、エアーロックを築設すること2回にして止む。その後普通掘鑿にて進捗するに至つた。

第十七節 湧水孔の觀察

北側水抜坑空氣掘鑿後兩側共側壁部混凝土に鑿岩機を以て徑約2吋の無數の湧水孔を穿てることを述べたるが、該湧水孔の目的は、排水に在りて、附近の地下水を湧出せしめて、地下水位を低下せしめんとするものである、穿孔の際壓力の大なるとき又は砂質の如何に依り砂を流出せしむるものは水柱を以て填塞した。

前述せる如く 8,018 呎より 8,150 呎間は、土砂噴出せし爲め防禦工設置せるに依りこの防禦工を撤去するに非ずんば、坑奥の掘進不能なる故地下水位を極力低下せしめ、安全と認めたるとき、撤去せんとした、第十七圖に 8,151 呎より 8,887 呎に至る地下水壓力の變移を示した、如何に排氣後直に低下せるか、又其後如何に其の低下の度緩徐なりしを知る。7,994 呎より 7,821 呎に至る區間の湧水孔より、湧水量を測定せるに次の如くである。

水量は毎分立方呎にて示した。

測定月日	南側	北側	計	
昭和 3. 9. 25	96,283	116,130	212,514	
昭和 3. 10. 18	89,548	116,741	206,289	6,225 減
昭和 4. 1. 8	62,561	99,424	162,985	43,304 減

備考 北側水抜坑空氣掘鑿施行箇所

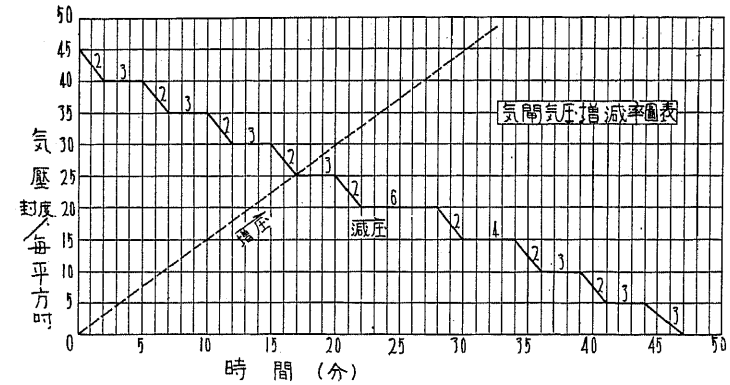
即ち南側は北側より減少の度早きは本線側なる爲で、南側水抜坑空氣掘鑿 3 年 12 月末終了せしより著しく減少せることを知ることが出来る。

第十八節 ケーソン病

壓搾空氣内にて作業するときは、特殊の病氣に罹るものでベンドとも稱し病狀は主として關節に甚だしき疼痛を覺ゆるものなるも、その度甚しきときは死に至るケーソン工事の發達と共にこの種の罹病者多くケーソン病なる名を以て呼び、工事監督者の注意を喚起せり、以來研究發達しエアー

ロックの出入に際し適當なる、加壓減壓を必要としケーソン病の發生を防ぐこととした、次に示すは當工事に於て使用せる圖表である。

第 343 圖



労働者の入閘時間は次の如し

20 封度迄	7 時間
26 封度迄	6 時間
30 封度迄	5 時間
33 封度迄	4 時間
36 封度迄	3 時間
39 封度迄	2 時間

今回作業最大壓力は 23 封度で 3 交代とし 20 封度迄は 3 時間半の作業の後 1 時間休憩し更に 3 時間半作業し計 7 時間、26 封度迄は 3 時間宛 2 回入閘休憩 1 時間半とした。

作業延人員 12,696 人で罹病者 9 人 0.07% に當る何れも輕微なものであつた。

ケーソン病は 20 封度以上に昇りたる時多きを見るが如く、本工事に於ては作業壓力概して 20 封度以下で最高壓力 23 封度なりし事が、罹病者の少き原因ならんも別に作れる空氣作業従事員心得書を守り、前述の如くロック出入の際の加壓減壓度を表に依り忠實に實行せる爲ならん。空氣作業の爲め特に救護所を設置しホスピタルロック一基を備ふ、醫師 3 名看護婦 2 名之に當る。

第十九節 空氣掘鑿費用

空氣掘鑿に要したる費用を次に述べんとす、別表の如く準備費と純空氣掘鑿費並に雜工事の 3 種に大別した。

準備費は特に北側或は南側水抜坑夫れ夫れの空氣掘鑿の爲め必要なりし準備工事にして、雜工事



とは空気掘鑿中の事故復舊費並に空気開放に必要な排水設備に要したる費用である、故に空気壓搾機並に本線區間空気輸送管布設其他南北兩側水抜坑空気掘鑿に共通の費用は省いた。

電氣費は壓搾空氣に要したるのみを上げ電燈其他は加算せず、南北兩側共大體同様の費用を要したるも、南側水抜坑は2度目なる爲め作業に熟練し進捗速かにして好結果を示した、依つて費用少く竣功し壓搾空氣費も、尺當り2割を減じ得た。(別表を参照されたい)。

北側水抜坑抗空氣掘鑿工事費一覽

工 事 名 稱	工 費	物 品 費	セメント費	火 藥 費	累 計	期 間	記 事
エヤーロック据付箇所切 擴掘鑿工事	3,363,800	30,500		17,260	3,394,300	7-3 29-18	
エヤーロック新設工事	2,166,600	10,405,637	2,026,200		12,572,237	7-16 28-19	
低壓空氣輸送管布設工事	70,900				70,900	8-18 28-26	
ロック漏洩箇所 膠灰充填其他工事	296,600	765,748	303,400		1,062,348	9-10 29-28	
18吋軌條布設其他工事	122,200	609,950			732,150	9-15 2.9-26	
空氣掘鑿準備費上記累計	6,020,100	11,811,835	2,329,600	17,260	17,831,935		
1 呎 當 $\frac{1}{769.2}$	7,826	15,355	3,028	022	23,182		
空 氣 掘 鑿 工 事	42,255,410	34,133,371	13,649,200	1,246,764	76,389,281	2.9-29 3.6-25	
1 呎 當 $\frac{1}{769.2}$	54,934	44,376	17,745	1,621	99,310		
復 舊 工 事	1,656,640	148,232	113,400		1,804,872	5-26 3.6-2	停電事故 による
奥端湧水滲出容易工事	737,900	325,820		69,120	1,063,720	3.6-26 6-30	
湧水防備工事	2,375,300	515,150	57,600		2,890,450	6-30 3.7-15	
雜 工 事 上記累計	4,769,840	989,202	171,000	69,120	5,759,042		
1 呎 當 $\frac{1}{769.2}$	6,201	1,286	222	090	7,487		
總 計	53,045,350	46,934,908	16,149,800	1,333,144	99,980,258		
1 呎 當 $\frac{1}{769.2}$	68,961	61,018	20,996	1,733	129,980	2-9-29 3-7-15	
壓 搾 空 氣 費					99,150,240		

附 記  $\frac{\text{円}}{\text{呎}} \text{ 壓搾空氣費 } 1 \text{ 呎當 } 99,150,240 \div 769.2 = 128,900$  依つて壓搾空氣費を合せた一呎當り

$$\frac{\text{円}}{\text{呎}} 129,980 + 128,900 = \frac{\text{円}}{\text{呎}} 258,880$$

上記表中單價切投施行の分は支拂額を工費に加へ計算した。尙壓搾空氣費を除き電氣費を計算せず又物品費はセメント及火藥費を合せた金額である。

南側水抜抗空気掘鑿工事費一覽

工事名稱	工費	物品費	セメント費	火薬費	累計	期間	記事
エヤーロック据付箇所切 擴掘鑿工事	2,335,800	373,123		94,150	2,708,423	2-19 3.3-8	
エヤーロック新設工事	2,173,550	10,145,850	2,042,100		12,319,400	3-15 3.4-29	
低壓空氣輸送管布設工事	45,000	1,025,572			1,070,572	4-16 3.4-18	
ロック附近給水設備工事	14,000	580,170			594,170	7-1 3.8-4	
18吋軌條敷設工事	18,740	34,404			53,144	6-1 3.6-5	
カンダムバー其他移轉工 事	41,400	47,825			89,225	8-8 3.8-14	
同上撤去工事	17,800				17,800	1-9 4.1-10	
空氣掘鑿準備費 (上記累計)	4,645,790	12,206,944	2,042,100	94,150	16,852,634		
1 呎 當 $\frac{1}{726}$	6,399	16,814	2,813	130	23,213		
空氣掘鑿工事	62,344,416	11,357,140	7,580,100	1,877,870	73,701,556	7-19 3.12-7	
1 呎 當 $\frac{1}{726}$	85,874	15,643	10,441	2,587	101,517		
排水管製作工事	99,860	85,535			185,395	9-1 3.9-30	
湧水孔増設工事	1,386,500	293,310	100,000		1,679,810	3-12-8 4-4-20	
雑工事(上記累計)	1,486,360	378,845	100,000		1,865,205		
1 呎 當 $\frac{1}{726}$	2,047	522	138		2,569		
總計	68,476,566	23,942,929	9,722,200	1,972,020	92,419,495		
1 呎 當 $\frac{1}{726}$	94,320	32,979	13,391	2,716	127,299		
壓搾空氣費					74,603,664		

附記 壓搾空氣費 1 呎當り  $\frac{74,603,664}{726} = 102,757$  依つて壓搾空氣費を合せた 1 呎當り  
 $127,299 + 102,757 = 230,056$

上記表中單價切投施行の分は支拂額を工費に加へ計算した尙壓搾空氣費を除き電氣費  
 を計算せず又物品費はセメント及火薬費を合せた金額である。

空氣掘鑿工費用・電力量

北側水抜坑

年月	進行	作業日數	累計	1日平均進行	地質	壓力 #/□"	1ヶ月使用電力量 K.W.H	1呎當電力量 K.W.H	1呎當電力料金 圓	備考
2 9	9.0	2	9.0		火 山 層	7	4,279,000			エヤーロックより空氣掘鑿起點迄
10	68.5	31	77.5	2.20	同 上	7	116,155,000	1,695,690	81,393	30.8 呎作業日數の内 6 日間は送氣せずグラウト作業
11	108.0	30	185.5	3.60	同 上	7-8	185,050,000	1,713,430	82,245	
12	105.0	28	290.5	3.75	同 上	8-9.5	116,828,000	1,112,650	53,407	
3 1	75.0	25	365.5	3.00	同 上	8.5-11.0	146,307,000	1,950,670	93,636	内一日は排水作業をなす 壓搾機未だ増設されず空 氣量不足のため中止中
2	0.0	0	365.5				0			
3	70.0	30	435.5	2.33	同 上	11-12.5	309,313,000	4,418,760	212,100	
4	113.2	30	548.7	3.77	同 上	12.5-16.5	300,116,000	2,651,200	127,258	
5	133.5	31	682.2	4.31	火 山 荒砂 並集塊岩	16.5-21.5	294,006,000	2,202,200	105,710	内 18 呎は壘築せず
6	87.0	30	769.2	2.90	集塊岩	21.5-23	355,048,000	4,081,010	166,540	内一日は排氣作業湧水防 備工事内排水作業を含む
7	0.0	15	769.2	0			238,528,000			
計	769.2	245		3.14			2,065,630,000	2,685,430	128,900	

南側水抜坑

年月	進行	作業日數	累計	1日平均進行	地質	壓力 #/□"	1ヶ月使用電力量 K.W.H	1呎當電力量 K.W.H	1呎當電力料金 圓	備考
3 7	54	13	54	3.08			37,991,000	1,849,870	88,789	エヤーロックより空氣掘鑿起點迄
8	232	31	286	7.48	火 山 荒砂	8-14	341,992,000	1,474,100	70,757	37.0 呎但し内 14 呎は敷 混泥土のみ
9	177	30	463	5.90	同 上	14-16.5	289,710,000	1,636,780	78,565	
10	133	31	596	4.29	同 上 並 集塊岩	17.5-18.5	275,991,000	2,075,120	99,606	
11	119	30	715	3.97	集塊岩	21-23	299,303,000	2,515,150	120,727	
12	11	20	726		同 上	23.5	273,256,000			内 17 日間は湧水孔設備 工事(排水作業を含む)
計	726	155		4.59			1,554,243,000	2,812,920	120,757	

北側水抜坑ト南側水抜坑トノ比較

	作業日數	總電力量	1日當り量	1呎當り量	1呎當り料金
北側水抜坑	245	K.W.H 2,065,630	K.W.H 8,431.040	K.W.H 2,685.430	圓 128,900
南側水抜坑	155	1,554,243	1,002.737	2,140.830	102,757

空氣掘鑿施行期間湧水量測定調書

測定月日	名稱 測定位置	本坑	線奥	南側第一 水拔坑	南側第二 水拔坑	北側第一 水拔坑	北側第二 水拔坑	北側第三 水拔坑	南側 側道	總水量	記 事
		7,628		7,165	7,095	7,425	7,491	7,460	7,480		
2年9	10	08	08	03	05	03	119		08	330	9月29日北側第3水 拔坑空氣 掘鑿開始
	20	08	08	03	05	03	119		08	330	
	30	11	11	05	49	02	117		08	345	
	10	10	11	05	49	02	117		08	325	
	20	11	11	05	49	02	117		08	325	
	31	11	11	05	49	02	117		08	325	
	11	10	09	40	54	06	104		08	327	
	20	09	09	40	54	06	104		08	327	
	30	12	12	33	57	01	100		07	327	
	12	10	12	33	57	01	100		07	327	
	20	12	12	33	57	01	100		07	327	
	31	30	30	42	52	01	86		08	320	
3年1	10	30	42	52	01	80		08	320	北側第3水拔坑30日 空氣排出	
	20	30	42	52	01	80		08	320		
	31	25	38	52	01	80	25	07	310		
	2	10	25	40	52	01	80	25	05		300
	20	25	40	52	01	80	25	05	300		
	3	29	25	40	52	01	80	25	05		300
	10	22	39	48	01	80	0	03	300		
	20	22	39	48	01	80		03	300		
	31	22	39	48	01	80		03	300		
	4	10	22	39	48	01	80	空氣掘鑿施行中	南側水拔坑		290
	20	32	43	50	01	70			※06		280
	30	32	43	50	01	60			※07		280
5	10	32	43	50	01	60		07	280		
20	32	43	50	01	60			13	270		
31	42	41	50	01	45			13	270		
6	10	42	41	50	01	40		13	270		
20	42	41	50	01	40			13	270		
30	42	41	50	01	40			13	270		
7	10	42	41	50	01	40		13	270		
20	35	41	50	01	37	55		13	305		
8	31	35	39	62	01	20	94	空氣掘鑿施行中	292		
10	35	30	62	01	18	107			308		
20	25	38	54	02	22	118			311		
31	29	39	22	02	15	118			325		
9	10	29	39	22	02	12	127		338		
20	34	37	17	02	11	145			339		
30	32	30	24	01	12	142			338		
10	10	37	30	24	01	12	142		343		
20	49	24	22	01	07	142			345		
31	36	28	30	01	10	142			330		
11	10	40	34	31	01	10	123		298		
20	41	34	24	01	11	128			303		
30	44	39	24	0	10	129			310		
12	10	41	42	30	0	10	110		311		
20	41	33	24	0	07	101			305		
31	41	35	22	0	07	91		85	383		

南側水拔坑は23日に  
空氣排出す