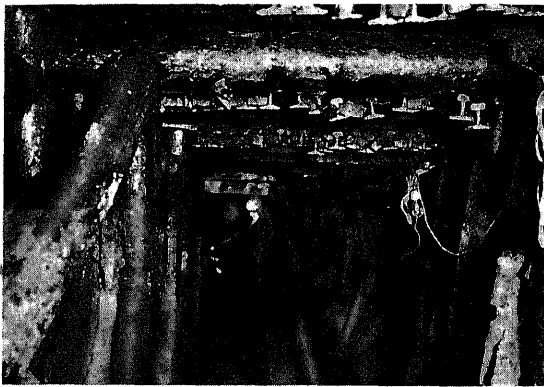


第二章 西口 4,950 呎工事

第一節 斷層に遭遇する迄の経過



第 261 圖 西口 4,950 呎附近底設導坑に於て軌條況を矢木として掘鑿しつゝある状

の集塊岩に這入る迄は、湧水も僅かであつたが、段々に増加し湧水量は相當多量になつた。

4,460 呎に到達した處、湧水多く相當土壓を受けたのであつた。頂設導坑を掘進せるに、頂設導坑の上部に高さ 15 呎長さ 20 呎位の空洞があつて此の部分に、地下水を貯溜して居り土壓を受けた様である。

此の附近から湧水が増加して、掘進困難となり、1 日の掘進呎は減つて來た。一時導坑の掘進を中止して、排水溝を作つて進むこととなつた。

大正 11 年 2 月 16 日 4,940 呎に到達した所白色中粒凝灰岩に粘土を含んだ地質に出會し、少量の湧水と共に肌落があり、土壓が次第に加はり、翌 17 日午前 5 時奥端より 30 呎位の後方から支保工が倒壊、土砂約 15 立坪を流出した、此の際尖端より 50 呎位の所からも土砂

西口としては、此の 4,950 呎の不良箇所遭遇する迄は、大した困難もなく順調に仕事が進んだ、寧ろ、導坑が進んで疊築が遅れて居ると云ふ様な状態で、導坑掘進には多少ブレーキをかけてゐた状態だつた。

坑口から、輝石安山岩の堅岩が續き 1,800 呎附近から凝灰岩となり 4,450 呎邊から大部分が集塊岩に變つて來た、此



第 262 圖 西口 4,950 呎附近底設導坑掘鑿に際し 6 吋鐵管を柱として使用したが土壓の爲め折損せられた。

を噴出した。66 呎後方より増普請を施し崩壊の擴大するを防止した。

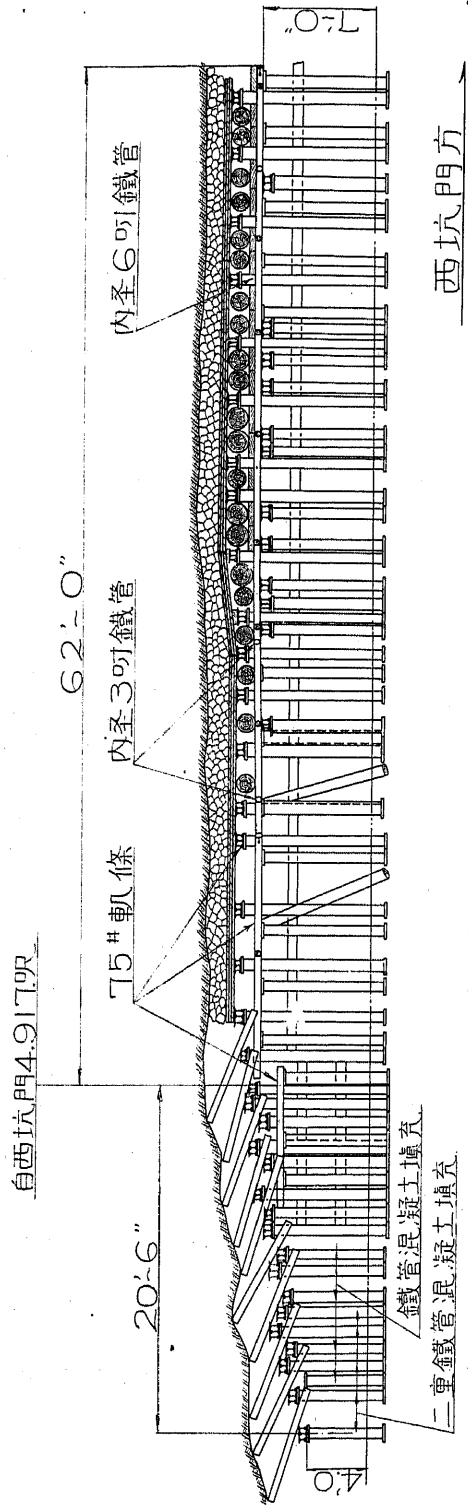
第二節 底設導坑の掘鑿

前述の通り 15 立坪流出の際約 9 個の湧水があつて、假下水に不足を來たしたので、復々排水路の改築工事に着手して、其の水路の大きさは 2 呎 6 吋の深さ 1 呎のものとした。此の工事に多くの日數を費して、5 月初旬導坑の復舊に着手した。依然として土壓は甚だしく、厚 2 吋の矢板が折られる様になり、12×9 呎の加脊を 6×6 呎の加脊に小さくなし、矢板はやめて松丸太を矢にして打込み坑道を進めたが、矢張坑道は縮められて、せまくなるので、8×8 呎の加脊に擴げて、矢木の先に鐵脊を箆めて打込んだ、所が矢木は押木に喰ひ込み押木が折られる様になつたので、木材支保工では進む事が出来なくなつた、押木には 75 封度軌條 3 本を組合せ、柱には引拔鋼管 6 吋を樹て、土留矢には上部のみ、尖端を尖らした 60 封度軌條を矢木の代りに使つて鐵縫として 3 呎毎に、柱を樹てた。尙ほ 3 呎間では充分でないので補強用に何本も柱を樹てた。

之等の材料で組立てた坑道も、土壓の大なる爲、柱が曲げられるので、6 吋鐵管の中に 4 吋引拔鋼管を入れ、兩端に厚さ 3/8 吋の鐵板をつけて、樹てたが之も同じく曲げられるので、最後には此の中に混凝土を詰めた。しかし尙、曲げられるので、添柱を樹てる爲めに柱が隙間なく並ぶ様になつた。

斯くして、4,938 呎迄掘進したが加脊が小さくなり、大正 12 年 1 月 25 日遂に進む事が出来なくなつた。

土砂流出前には 4,940 呎迄進む事が出来ただ



第 263 圖 4,950 呎附近底設導坑掘鑿近況

が、今度は山が弛んで土壓が一層大になつた様である。

第三節 頂設導坑掘鑿

先きに述べた 4,468 呎附近の箇所の様子、上部に空洞でもあつて、之が爲に湧水も多く且つ土壓を受けるのではないかと云ふ考へから、頂設導坑を進めた。4,840 呎附近から充分注意して掘進したが、4,915 呎迄は何等土壓を受ける様な事なく進む事が出来、底設導坑では相当土壓を受けて鐵柱を用ひた處も、頂設導坑では、大した事もなく進む事が出来たが 4,917 呎に達した所、突然正面引立から、湧水と共に土砂が噴出し、其の量約 117 立坪に達した。之が大正 11 年 11 月 11 日であつた、其の土砂の取除に大正 12 年 2 月 5 日迄掛つて、頂設導坑の尖端迄復舊した、もう一度手を付け掘進し、再び土砂噴出の厄に合ふ時は、將來の切擴げに際し益々困難を來す憂があるので、中止する事にした。

第四節 迂迴説、南側迂迴坑

頂設導坑を掘つた結果から、確實に斷層の手前に、よい地質即ち、安山岩或は集灰岩の存在せる事がわかつた。よい地質の部分の底設導坑迄非常に荷が來た事は、土壓と云ふよりも、坑道が斷層の軟弱地帯に突入すると、坑奥の高壓地下水が手前の坑道上部に廻つて來て、非常に大きな水壓を受けるのではないかと想像された。

即ち 4,917 呎より奥方は斷層で地質は悪いが、其の手前は非常に荷が來るが地質としてはよいのである。

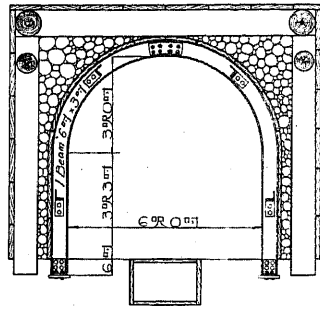
依つて、此の湧水、壓力のある水を排除すれば、湧水の壓力は減ずるし、今一つは、今遭遇してゐる斷層箇所は非常に悪いが、他の箇所に於ては比較的よい處があるかも知れぬと云ふ所から、本線と相互に影響のない地點を擇んで、即ち迂迴して斷層を掘らうと云ふ事になつた。

即ち 4,802 呎の點から、45 度の角度で南側に曲り 60 呎の離れで、本線に並行に掘進し 130 呎に達したる所、龜裂の多い安山岩から 1.6 個の湧水があり、大正 11 年 1 月 11 日 173 呎の進行を見た時 (坑口より 4,950 呎) 土砂約 2 立坪を流出し、終端支保構 12 呎程を破損された。此の時の湧水量は約 2.5 個。

斯くして、此の坑道は、前途掘進の希望を失つた。

第五節 北側迂迴坑

南側迂迴坑を失敗したので、更に北側に迂迴坑 (右側坑道) を掘る事となつた。大正 12 年 1 月 25 日着手、本線 4,825 呎より 45 度の角度で、本線より 60 呎離れて掘鑿した。4,905 呎より (斷



第 264 圖 右側坑導支保工圖

層帯の區間) 普通坑道普請の内側に I ビームで穹拱形を作り補強支保工として入れて進んだ。湧水は殆んど驟雨の様であり、下部からも湧水が多量にあつた。今迄に各坑道で湧水を抜いた結果と、斷層帯の地質が幾分よかつた爲か、無事に抜ける事が出来た。

第六節 最初のボーリング

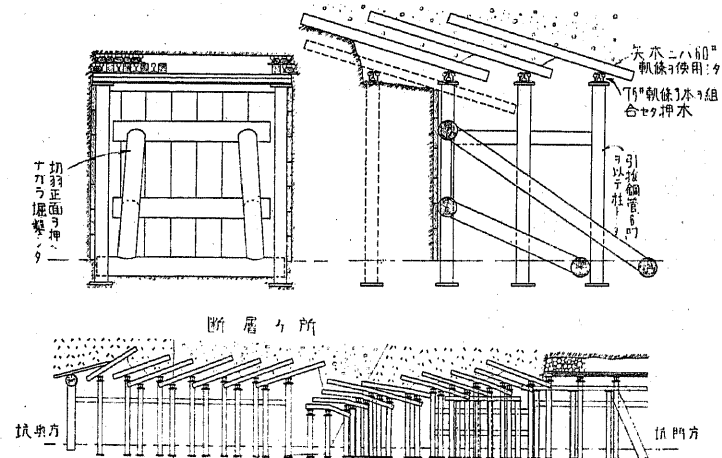
之より先底設導坑の奥端より地質調査の爲中心水平に、ボーリングを行つた。蓋し、トンネルの中のボーリングは日本では初めてのものであつたらう。ボーリング機械は、クレリヤス式ダイヤモンドボーリング機であつた。其の時は、外國人を傭つて仕事をした。

4,962 呎迄約 40 呎の間が斷層破碎帯であり、此の間はグザグザである故鐵管を打込み、4,962 呎から先は、集灰岩・安山岩のよいコア(岩石標本)を探る事が出来た。依つて、斷層帯の奥はよい地質である事がわかつた。尙水壓は 100 封度程ある事がわかつた。

第七節 斷層貫通

本線のボーリングに依り奥方の地質がよい事がわかつてゐたので、斷層突破に成功した、北側迂廻坑は安心して奥へ進めた。

大正 12 年 6 月 4 日、5,075 呎に於て本線に出た。此の邊は實に湧水激しく、瀧壺の中に居る様



第 265 圖 斷層箇所掘鑿圖

なものだつた、従業員は 1 日 6 交代で作業した。

此の地點から一方は逆進し、大正 12 年 8 月 27 日 4,965 呎に達するとボーリングに依つて、豫期せる如く、地質不良にして、多量の湧水に遭ひ 5 立坪の土砂を噴出した、之より、前述せる、鐵軌條と鐵管とを以て組立てた、鐵製支保工を以て進

んだ、作業の方法は、次の押木を入れられるだけ上部を掘つて、押木を入れ、押木を入れると、柱を樹てるだけに側面又は正面に板を以て圍ひ、土砂の流出を防ぎ、柱を樹て矢と柱との間に、パッキングを入れて、次に打つ矢の入る隙間を作つて置く、之から正面の土留を行ひつゝ下部に掘り下げ、同様な事を繰返して進めた。

4,958 呎の附近は、南側より強大なる土壓を受けて鐵柱を曲げられ、増鐵柱を入れた。増鐵柱には、混凝土詰の上に、1 呎毎に鐵輪を焼ばめて補強したものを樹て、下部は松丸太で胴張を入れ、此の外にも松丸太を數本立て、補強し、漸く大正 13 年 1 月 19 日に 4,938 呎(即ち坑口側より掘り進んで止つてゐた處)に於て貫通する事が出来た。

所が前述の様に、坑口側の方は、土壓の爲め加脊が著しく縮められ、貫通したとは云へ、高さが大分違ふので、縫返しを行ひ、加脊の擴げを行つた。

土壓を受け、鐵製支保工を使つて貫通する迄の區間は、延長 27 呎の處であつたが、此の間 5 回土砂を噴出せしめ、25 立坪に達した。日數 128 日を費し、1 日平均進行 0.2 呎弱であつた。

第八節 大崩壊事故

縫返しを約 10 呎程進めたが、大正 13 年 2 月 10 日午前 9 時 20 分大崩壊を惹起した。

湧水と共に約 600 餘立坪の土砂を噴出し、高さ施工基面上 13 呎程に盛り上り、法足は坑口に向ひ 1,200 呎にも及んだ。崩壊箇所は縫返箇所からであり、丁度坑夫の交代した直後であつた、崩壊箇所をいちくつてゐたかどうかわからない。崩壊箇所奥方に居た従業員は逃路を崩壊土砂の爲に閉塞され、排水不能となつた湧水の爲に全部溺死してしまつた、此の時の犠牲者 16 名。



第 266 圖 西口 4,950 呎斷層箇所埋没せる底設導坑支保工(右側の導坑柱は鐵柱なり)

崩壊土砂と共に約 20 個の湧水があつたので、急を聞いて馳せ付けたものたちも、全くどろどろの土砂に手のつけ様になかつた。泥中の中を進む事が出来ないので、松丸太や松板を泥土の上に敷き並べ、漸くの事で奥端に到達した。

調べて見ると、頂設導坑の邊には何の變化もなかつた、唯底設導坑から噴出したのであつた。

閉塞者の救助に就ては、種々の説もあつたが、北側迂廻坑の天盤に向つて掘ることになつた。救助坑に着手の際は、手

前の土砂が片付いてゐないので、いきなり迂廻坑の盤で掘る譯に行かず、先づ崩壊土砂の上部から仕事にかゝる様になつたのである。

北側坑道上部に達した時、下部に向け孔を穿つた處、水が噴出して來た。坑道に水が充滿してゐなければ、閉塞者を助け得るだらうと萬が一を期待してゐたのであつたが、救助作業を續けて行くとは云へ、殆んど絶望の状態となつた。

三度び盤下げを行ひ 18 日目に死體を出した。遺憾の極みである。

第九節 セメント注入

前述の如き崩壊事故を起した斷層箇所を、如何に掘り進むべきか、非常に考慮を要した、導坑 1 本抜くの如く斯くの如く苦慮したのであるから、普通の方法ではむづかしい。種々研究の結果セメント注入を行ふ事になつた。

第 1 回は、頂設導坑の跡埋箇所に入つて、目的箇所たる斷層の中には這入らなかつた。

第 2 回は、相當大規模に注入する事となり、其の上薬液注入をも併用する事となつた。

目的が斷層帯の固結、即ち粘土の如きものをも固結せんとするにあつた。其の頃、色々文獻も読み研究もしたが、此の粘土の中に注入すると云ふ事は、普通にセメントを注入したのでは不可能の様に考へられた。

初め滑劑として、水硝子と硫酸礬土を用ひんとしたが、水硝子と鹽化石灰を用ひれば、崩壊土砂を用ひた實驗の結果、相當固結作用に有效なる事を認め、セメント注入不能の部分に薬液注入を以て固結し、相當の空隙（もしあれば）はセメントを注入充填せんとする計畫を以て、セメント注入を施行した。

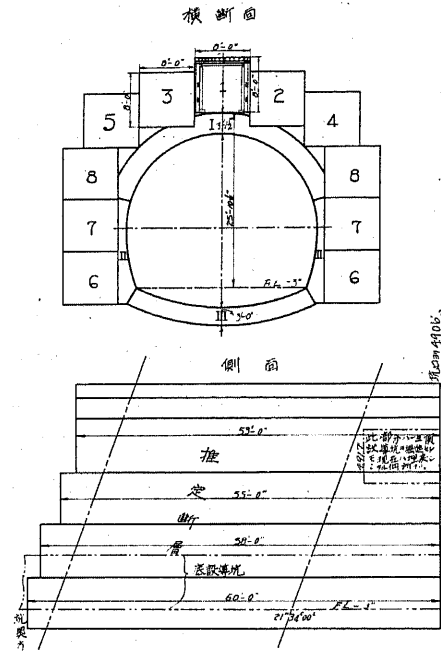
セメント及薬液注入後、調査孔を 3 孔、107 耗徑のものを穿つた。今までは、注入孔穿孔の際、相當湧水があり又ケービング（試錐孔の崩壊）も多かつたが、今回は其の點非常に樂になり、掘鑿條件は良好になり、安全に掘り進められる事がわかつた。同時に施行基面上、相當上部をも調査したのであるが、約 100 呎の上部には、若干の湧水があり、セメント及薬液は存在してゐなかつた。

第十節 斷層箇所掘鑿並壘築

セメント注入の結果、大體掘鑿可能の狀況となつたが、之はセメント注入の爲のみでなく、此の調査孔を穿孔した頃には之より 2,000 呎も底設導坑は先進し、坑口より 7,080 呎に於て大湧水噴出し、4,950 呎邊は非常に湧水が減少し、壓力ある湧水のなくなつた事が大いに幸してゐる。

全斷面を切擴げると云ふことは危険の様に感ぜられたので、圖の様に中央上部即ち普通壘築すべき拱の上に 8×8 呎の加脊で導坑を掘つた。此の導坑は前後岩質の良い箇所 10 呎餘り擴げて延

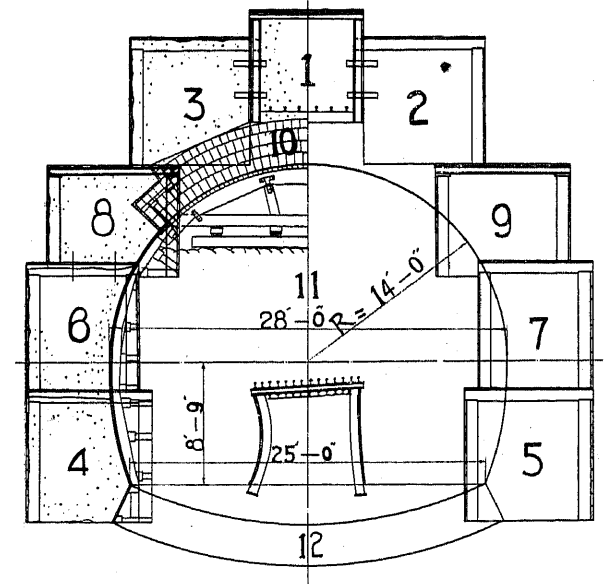
長 60 呎に達した。之に混凝土を詰込み其の硬化を待つて左右に各同じ加脊で坑道を掘り混凝土を詰込み上部の傘を拵へた。之から下部側壁部に坑道を掘り下部より上部に圖示の様に混凝土を以て取圍み其の後内部の仕上げをすと云ふ計畫を樹てた。第一に上部の坑道を掘ることになつた。掘鑿に當り前の事故の事があるので坑夫の方は非常に心配し再び崩れ出しはせぬかと仕事をいやがつた。併し實際に掘り進めた結果は地質が非常に良く湧水も土壓も無く 1 日 8 呎位の進行が出来た。注入したセメントや薬液の化合物が處々にあつた。火薬を用ふることなく鶴掘りで進んだ。セメント及薬液注入の結果湧水の道を塞いだ効果も多分にあつたが、迂廻坑や水抜坑の掘鑿及裏面本線の切擴げも大分進んでゐたので、長年月の内に湧水は非常に減少し水壓もなくなつた



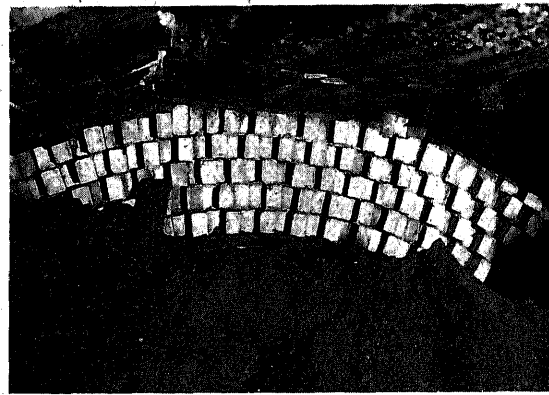
第 267 圖 丹那隧道西口 自 21 哩 33 鎖 35 節間 至 24 哩 34 鎖 80 節間 斷層箇所掘鑿工事計畫圖

結果が大いに原因してゐる。

斯くの如く地質は非常に掘り良くなつてゐたので、掘鑿計畫を變更した。即ち最初の計畫は隧道周圍に 11 の坑道を掘り之に混凝土を充填し然る後に、仕上げの本線混凝土を施工する計畫であつたが左右側壁外部に當る坑道を中心に近づけ、坑道に混凝土を充填する際側壁部を仕上げることにし、9 個の坑道を以て包むこととした。中央上部の第一に掘鑿した坑道は鐵製支保工を用ひ次の第二、第三の坑道も押木には I ビームを使つた。第一の坑道の混凝土中には 60 封度軌條



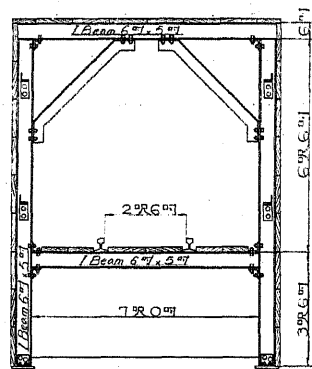
第 268 圖 西口 4,950 呎附近斷層箇所 掘鑿並壘築順序圖



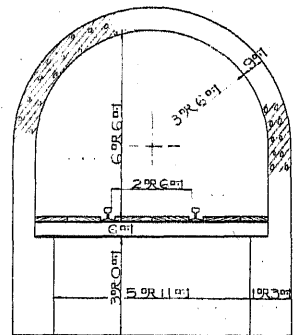
第 269 圖 西口 4,950 呎附近斷層地帯を「ブローサー」に依り填元作後疊築しつゝある状況

を 8 本縦に鐵筋として入れ、第二、第三の坑道との連絡の爲め毎 5 呎毎に 60 封度軌條を 2 本づゝ 24 本挿入した。

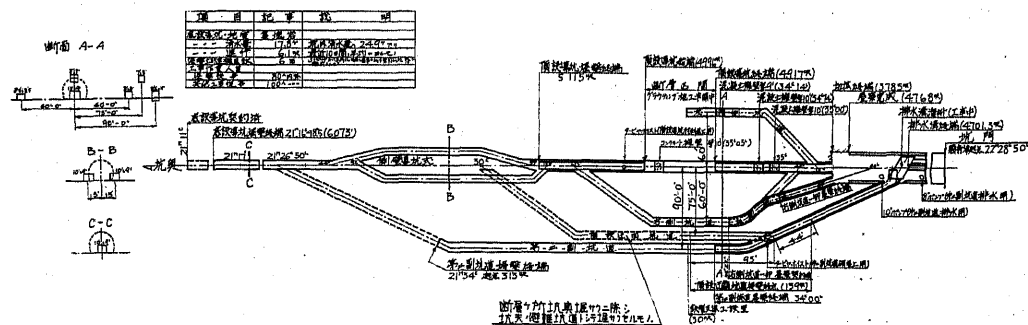
此の坑道の混凝土充填は短時日に施さねばならぬのと、充填箇所が高所にして狭少甚だ作業が困難なので、コンクリートブローサーに依り施行した。コンクリートブローサーより現場迄、鐵管を以て導くのであるが途中、諸所にベンドパイプを用ひた。曲り角は、吹き込まれる混凝土中の砂並びに礫がぶつかつて行く爲、甚だしく磨耗され、ベンドパイプが



第 270 圖 A. 第二副坑道鐵製支保工圖



第 270 圖 B. 同疊築圖



第 271 圖 丹那隧道西口坑内工事現況 (大正 13 年 9 月 25 日現在)



第 272 圖 西口 4,950 呎附近第二副坑道



第 273 圖 西口 4,950 呎附近斷層箇所底設導坑 (中央曲れる 2 本は鐵柱)

ぢきに傷んで、之の取換に時間を費した。尙、ベンドパイプに種々研究を講じた。

第十一節 4,950 呎の完成

斯くして外周たる疊築が完成してから、中の土砂をかたづけここに、着手以來 4 年 8 ヶ月を要して、僅か 40 呎たらずの斷層區間に、非常な努力を拂つて出來上つたのである。

中の土砂取片付けの際、崩壊箇所を調べて見た所、坑口の方から 4,918 呎迄は鐵柱が残つて居り、其の上の矢先が 4,932 呎に止つて居り、それから 9 呎間は支保工も何もなかつた。此の地點で崩壊したのであつた。奥方から逆進した矢先は 4,932 呎の處に止つて居り、柱は 4,937 呎から樹つてゐた。此の崩壊した箇所から前後の柱は、坑口の方は、坑口の方に、坑奥の方は、坑奥の方に傾いて居り、上部より崩壊して來た事は明瞭である。4,942 呎の處に底設導坑の 9 分通りを満す大きな玉石があつた。之が爲に奥方にはあまり土砂を流出しなかつたのである。

此の 4,950 呎の斷層箇所は丹那隧道最初の難關であつて、此處に施行したボーリング、迂廻坑、

セメント注入，坑道式掘鑿法は丹那隧道に於て初めて試みられた方法であり，其の後の難關突破に際しても甚だ有効であつたのである。

斷層崩壊後坑奥掘進に際し，あまりに其の慘禍の大であつた爲め坑夫其他従業員の杞憂を除く爲め，坑奥丸型網箇所より崩壊箇所を迂廻して斷層手前の壘築穹拱部に抜ける坑道を設置した。圖中頂設迂廻坑道と記してあるのが之である。尙 4,950 呎附近工事に就いては排水設備及工事經過の章を照參せられたい。