

論 說 報 告

第 22 卷 第 11 號 昭和 11 年 11 月

宇 佐 美 隧 道 の 換 氣 に 就 て

會 員 石 川 九 五*
小 竹 秀 雄**

On the Ventilation of Usami-Tunnel

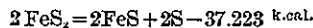
By Kyugo Isikawa, C. E., Member.

By Hideo Kodake.

要 旨

本文は宇佐美隧道の換氣設備一般に就て述べたものであるが、坑内気温 36°C にも上昇して居り非常な高温な爲作業に難澁を來し特別な方法を講じて居るので、之等に就ても記したものである。

伊東線宇佐美隧道は總延長 2920 m であつて、現在先進導坑の掘鑿は網代口 1437 m、宇佐美口 1028 m の進行を見てゐる。地質はおほむね温泉餘土であるが、網代口(北口)坑内は此の温泉餘土中に含まるゝ硫化鐵の發熱によつて坑内温度上昇し、最高 36°C に達し、現在尙平均 34°C に及んで居る。而も湿度は坑内の事として飽和點に達し各種作業には相當難澁してゐる。此の發熱の原因については省官房研究所に於て調査の結果前述の如く、温泉餘土中に含まるゝ硫化鐵の分解作用に起因するものと判明した。此の硫化鐵の分解による發熱について簡単に説明すれば、硫化鐵としての最も普通なるものは硫化鐵(FeS₂)であるが、之が分解して硫化第二鐵(FeS)と硫黃(S)となる。此の反応は吸熱反応であるが、即ち



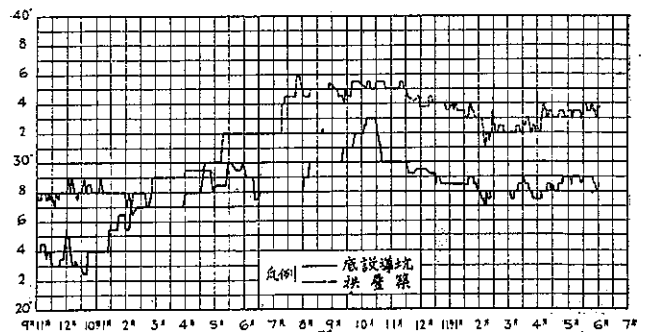
そして一度 FeS になつたものは空氣中で容易に酸化して硫酸鐵(FeSO₄)となる。此の反応は發熱反応であつて其の發熱たるや相當甚しいものである。即ち



故に FeS₂ が FeSO₄ になるまでの吸熱、發熱を差引くと 1 gr. の FeS₂ が出す熱量は 1.60 k.cal. となる。

今温泉餘土の平均比熱を 0.2 とし其の中に 1% の FeS₂ が含有されて居て、之が一時に酸化して FeSO₄ となつたと假定すれば、其の熱によつて温泉餘土全体を 80°C 丈け上昇せしむる事が出来る。故に温泉餘土が 20°C とし、其の中に FeS₂ が 0.12% 含有され一時に酸化して FeSO₄ となつたとすれば、其の全体を 30°C (86°F) にする

図-1. 北口坑内温度表



* 鐵道技師 工学士 鐵道省熱海建設事務所勤務

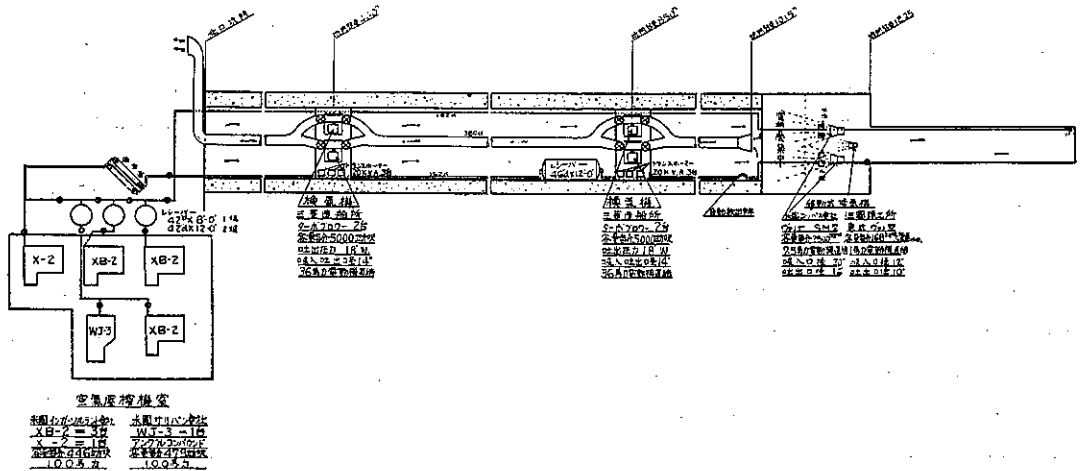
** 鐵道技手 鐵道省下關改良事務所勤務

事が出来るのである。

こんな譯であるから相當量の FeS_2 を含有する温泉餘土が酸化して $FeSO_4$ となる時は其の發熱によつて温泉餘土全体を恐ろしく熱くする事になるのである。

此の爲に坑内は前述の如く相當高温度となり、而も湿度 100% である爲、作業が仲々困難であるだけで無く、長期に渉る工事の事として保健上害ある事をおもんばかり、取あへず既設の空氣圧搾機 (100 HP 容量 446 ft^3) 2 臺を運轉して、坑内各所に於て此れを放出し、尙 1 晝夜に 800 貫内外の氷柱を入れ之を緩和し、急速に換氣設備の完成をする事とし、他事務所に保管中の 36 HP ターボ・ブローワ 5 臺の保轉を受け、當事務所保管のものと合せ設備する事となつた。

図-2. 北口換氣並圧搾空氣設備平面図



尙此の間、坑内に冷房装置を施し温度並に湿度を低下せしめんと計畫研究をしたが、此の爲には相當多額の經費を要するのみでなく、設備も又大なるものとなり、坑内の如き狹隘なる場所に据付けるには仲々困難であり、且冷房に缺くべからざる用水の補給困難等の原因により、一時此の計畫を中止し、専ら換氣設備の充實に意を用ふる事とし、後に述ぶる換氣設備の外建設局保管の空氣圧搾機 (100 HP 容量毎分 446 ft^3) 3 臺の保轉を受け之を増設都合 5 臺とし、鑿岩機・グラウチング等に使用した過剩の圧搾空氣は自動的に作業場の必要な個所に適宜放出する装置をなし、換氣の補助として使用する事とした。

先づ最初は工事の都合で一時的坑門起點 460 m 附近大待避所内に 36 HP 換氣機を設備し、工事の進捗に伴ひ引続き 840 m にも同様の設備をなし、之を直列に接続し坑内の温度高き空氣を吸入、坑口附近にて排出し、新鮮なる空氣は坑口より疊築區間を通じて作業場に供給さるゝ方法とした。

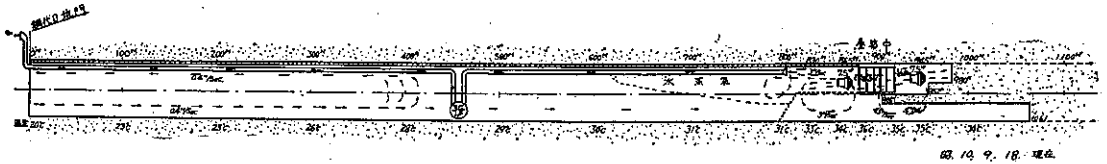
此の假設備のみの完成によつて坑内温度を低下せしむる事は出来な

図-3. 北口 460 m 附近大待避所に据付けたる 36 HP 換氣機



かつたが、坑内の空気が非常に清淨になつた事と、作業して居て大変凌ぎよくなつた事は事實だつた。此の結果換氣機は作業上なくてはならぬものゝ一つとなつた。

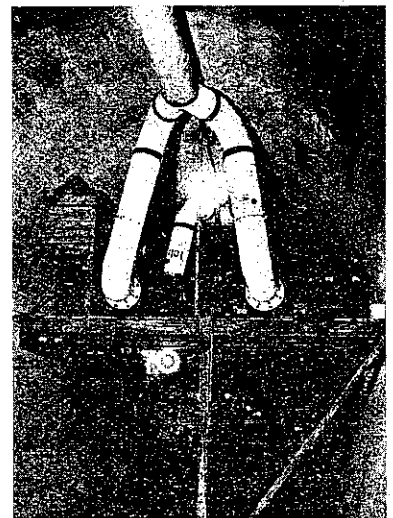
図-4. 北口坑内換氣図 (換氣機なき時は水蒸氣は坑口迄充滿せり)



こんな譯で晝夜休みなく運転する必要上並に機械の故障等をも考慮し図-2 に示す如き設備とした。即ち換氣機を2臺宛据付け直列の並列に接続し交互に切換へ運転する事とした。

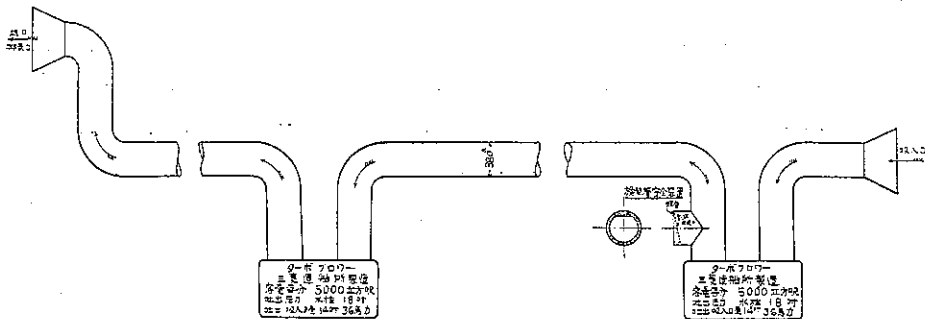
此の爲に材料の運搬、漏出等の關係上換氣機は図-5 に示す如くスプリング附近に足場を作つて取付けた。

図-5. 足場上に取付けた換氣機(宇佐美口)



機械運転中坑奥の換氣機が故障を起した場合、換氣管がつぶされる心配があるので、図-6 に示す様な簡単な木製扉を換氣管の途中に取付けて安全装置とした。之で壘築完成區間の換氣設備は出來たが、最も暑い穹拱壘築附近は支保工や鉄製セントルが交錯してゐる爲、直径 38 cm もある大きい換氣管を延長する事は仲々困難であるばかりでなく他の作業に支障する爲、別の方法による事とした、即ち米國コッパス會社製 7.5 HP ヴァー式換氣機を坑奥に据付け(図-2 参照)其の前面に氷柱を立て之に空気を吹付け冷風を直接作業場に送る方法とした。此の結果は大変よかつた。約 10 m 位の間は非常に涼しく作業も大分樂になつた。故に壘築完成區間は専ら此の方法による事とした。現在米國コッパス會社 ヴァー・ブローワー 7.5 HP 2 臺、三國鉄工所製泉式

図-6. 換氣管安全装置



ヴァー型 1 HP のブローワー 1 臺を使つて居るが、更に作業の進捗につれ増設する目的の爲 7.5 HP 移動式軸流ブローワー 3 臺を準備中である。此の外前述の如く換氣設備と平行して坑外に 100 HP 空氣圧搾機 3 臺を増設し、送氣管も 10 cm 1 本なりし爲、更に 15 cm 1 本を増設し常時 4 臺を運転して居る。地質は前に述べた様に溫泉餘土であるため鑿岩機は數臺使つて居るに過ぎない、鑿燒を手燒によつてゐる事から想像出來よう、此の外

100 封度内外の圧力を必要とするものは豆砂利の注入及セメントグラウチング丈けである。残りの總ての圧搾空氣は自動放出弁を通して坑奥の換氣の及ぼぬ所或は導坑等で特に必要な場所に適宜放出して換氣の補助としてゐる。

図-7. 北口坑門に於ける排氣口



図-8. 空氣自動放出弁

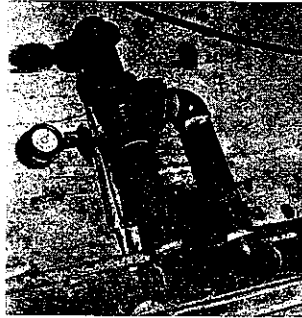


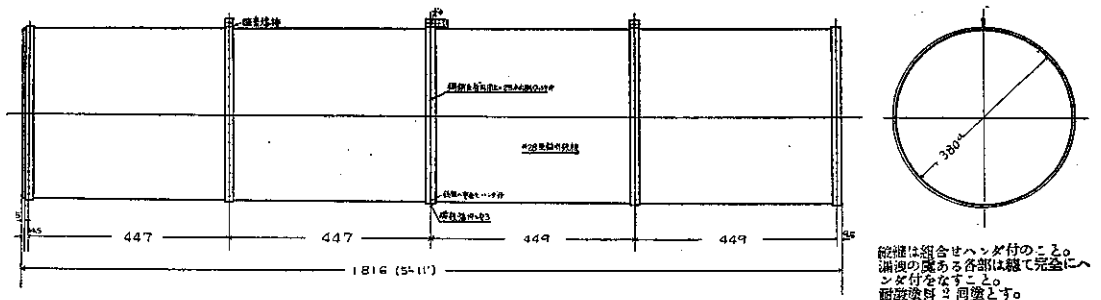
図-9. 換氣管
(宇佐美口, 網代口も同様)



此等の換氣設備の完成に依つて坑内温度の下降は僅であつたが仕事のしよくなつたことは、多大なものであつた。大体人体に感ずる暑さ寒さの感は單に氣温の高低に依るものでなく、氣温、濕度、氣動の綜合状態に關係するものである。即ち本隧道に於て非常に暑苦しさを感ずるのは、氣温の高いことに原因してゐることは勿論であるが濕度の高い事並に氣動の少ないことが重大關係を持つてゐる。前言の如く氣温の低下は僅かであつたが、若干乍ら濕度の減少並に空氣に動きを與へ特に作業個所に風を送つたことが、暑さを凌ぎ易くした點に於て好結果を與へたのである。

次に換氣管に就て述ぶる事とする。丹那隧道工事の換氣に使つた管は 1/16 吋 (2 mm) 中軟鋼板で製作したものだつた、之は相當長期間使用する場合は格別であるが、工事が短期間の場合は經費が多くなるのみならず、重さは重く取扱ひも不便だし工事終了後の始末にも困るので、色々考へた結果亜鉛引鉄板 (厚 28 番) で作る事とし

図-10. 換氣管 (第 1 回目)



管端は組合せヘンダ付のこと。
溝の深ある各部は總て完全にヘンダ付をなすこと。
管径 300 と同様とする。

た。其の直径は大きい程良い譯であるが、換氣機の吸入並に吐出口径が14吋 (356 mm) であるから、3'×6' 鉄板で作る爲の板取り等の關係を考へ 15 吋 (380 mm) とした。

圖-11. 換氣管接手 (第1回目)

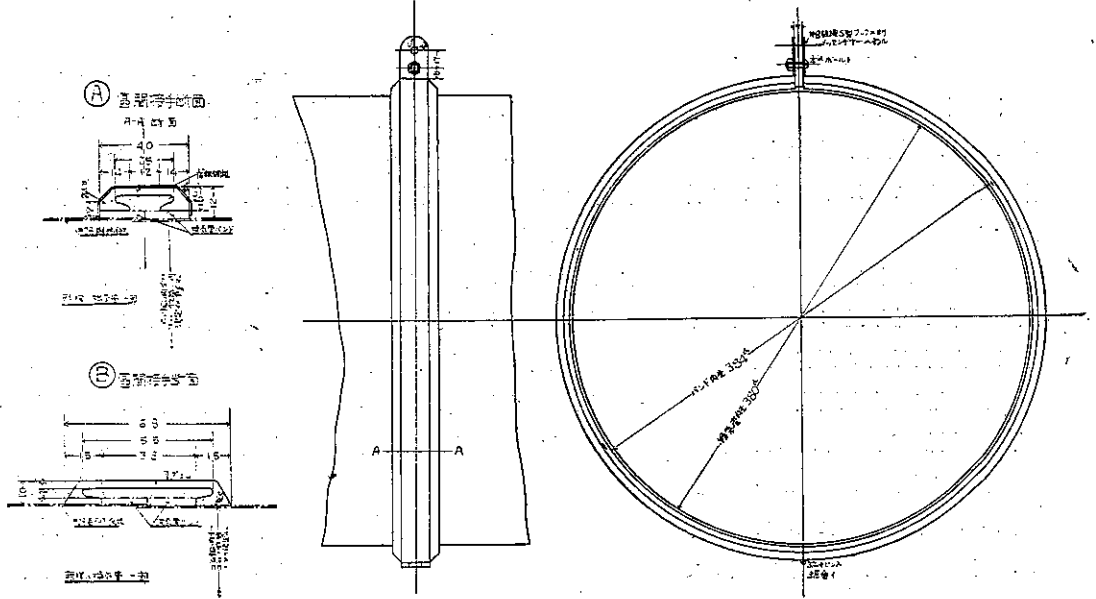
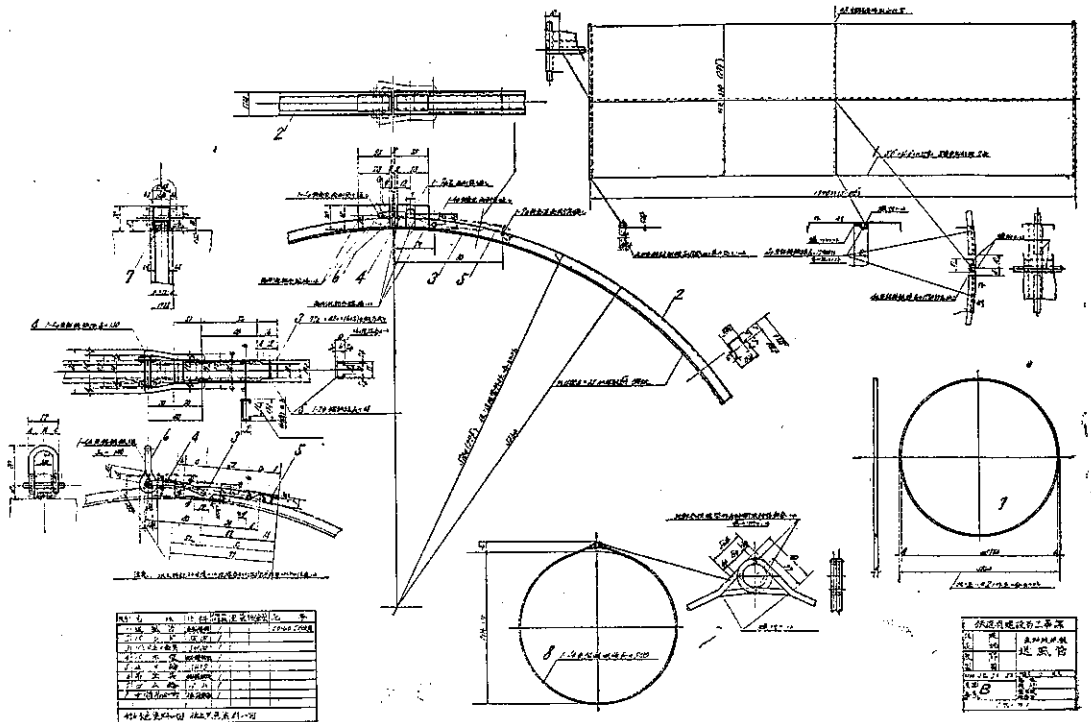


圖-12. 換氣管 (建設局設計)



長さは最初 1.8m としたが、取扱ひも楽だつたので以後のものは大体 2.7m とした。管の製作に當つては充分注意し重ね合せ目、銲等の部分は完全にハンダ仕上げをなし漏洩のない様にした。

管と管との接手は伸々むづかしい問題だつた。殊に管の取付け個所を穹拱部中心附近とし、此處にメッセンジャーワイヤーを張り吊り下げる事とした爲、取付けも伸々困難である故、可及的取扱簡単で而も漏洩のないものが望ましかつた。今迄はフランジ接手のものが多かつた。丹那隧道に於ても殆どフランジ接手だつたが伸々完全に行かなくて困つた。完全にやる爲には開鉄を相當丈夫なものにしなければならぬし、それでは費用も多くかかると言ふ譯で困つた。尙直径も相當大きいので締付ボルトの數も多くなり取付けも伸々やつかひだつた。

最初は図-11 (A), (B) に示す二つの方法を使用して見た。總延長 600m を半分づゝ分けて 2 種の接手を用ふる事とした。使つて見た結果は後に述べる如く、些少の変更はしたが大体良好な結果を得た。只 (A) 型は外側の鉄板製保護金物の製作が個數の関係で型を作るわけにも行かず割高につくので困つた。それに引換へ (B) 型の方は取付も簡単だし値段も 1 個 1 円内外で出来るし非常に工合がよかつた。只ゴムの性質によつて其の直径を適當に縮める必要があるのだが、之も大体円周で 2 吋内外もつめればよい様だつた。

此の方法を用ひた結果漏洩も殆どない様だつたし、取付けも簡単で且 (ロ) の部分が帯鉄に引かゝつて居るので管が抜け出す様な心配はなかつた。尙第 2 回目からは幅を少し廣くした方が取付けが楽なので同じゴムバンドで幅の少し廣いを作り、以後はすべて此の方法による事とした。尙建設局に於ても種々考慮せられ図-12 に示す如き構造のものを設計せられたので、此の構造で直径 380mm のものを 5 本試験的に作つて見たが、1 本 28 円 85 錢 (1m 16 円 12 錢) もかゝり高くつくので製作を中止した。尙管と管とはすべて重ね合せである爲換氣管の損傷に

図-13. 特種型接手

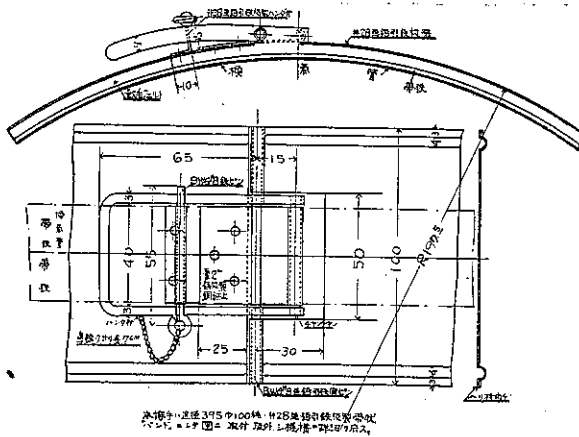


図-14. 現在使用して居る管接手

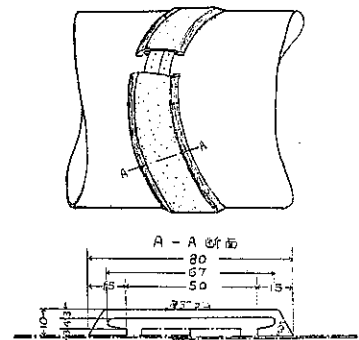
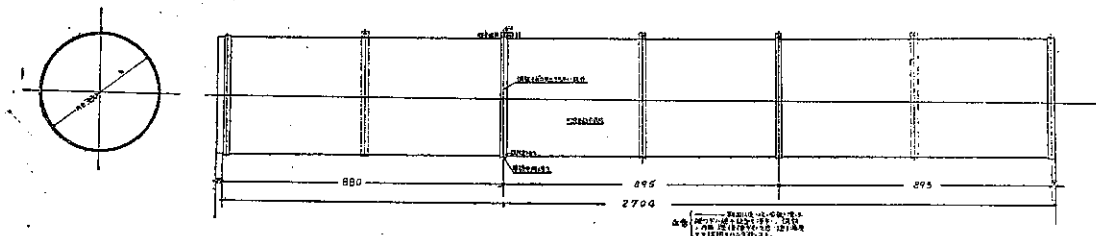


図-15. 換氣管



よる取更へを考慮し約 30 m 間隔にフランジ接手又は図-13 に示す様な特種型接手を使用し管の取外しに便なる様にした。

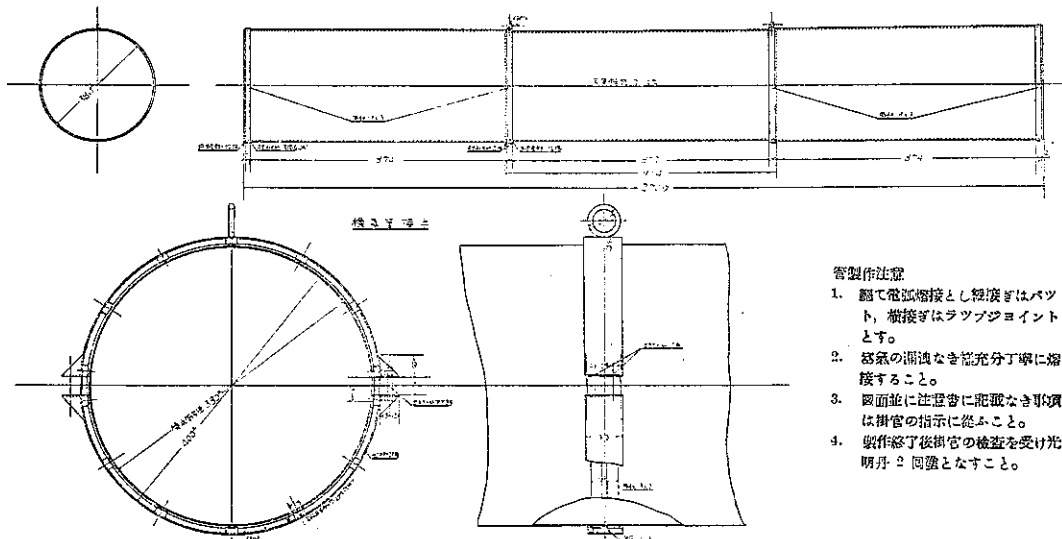
又本隧道は温泉餘土中に含まるゝ硫化鐵中よりの湧水の爲、其の滴水は酸性を帯び金屬を腐蝕する傾向ある爲、外部はすべて不二塗料株式會社製第 2 號耐酸塗料 2 回塗とした。此の塗料は乾燥が非常に早い爲に塗工は仲々やつかいたつた。1 罐 20 kg 入りで 60 坪位塗れる事になつて居るが田舎のペンキ職では 40 坪も塗れぬ位だつた、而も 1 罐の値段が 25 円位もするのでペイント代は m 當り相當高いものになつた。第 2 回目からの延長では換氣管を図-15 の如く長さ 2.7 m とした。長さを長くした事によつて取扱上の不便は少しも無かつた。

尙第 2 回目には換氣管のバンド（帶鉄の補強）を図-15 實線の如く少なくした。帶鉄を少なくした結果はよくなかつた、之は少しあとでわかつた事だつたが、丁度硝石に石を投げつけてヒビを生じた時の様に換氣管の一部が破損して居る事が數回あつた（図-16 参照）。

こんな譯だから其の後のものは図-15 の實線に點線の部分を増したもので、即ち 第 1 回の時と殆んど同様に長さ 2.7 m に直した。

尙最近のものは 26 番亜鉛引鉄板製のものを使ふ事にしてゐる。只坑奥疊築に近い附近は暑い爲に労働者は換氣管に穴を穿けて進むので困つた。之では折角の換氣もうまく行かなくなるので此の區間約 100 m には薄板鋼板厚 1.2 mm で電弧熔接製のものを製作（図-17 参照）して使用した。製作費は 1 m 當り 7 円 55 錢だつた。熔接の部分は普通の重ね合せ熔接の方法に依つたが、シーム・ウェルディングを応用すれば理想的のものが出来ると思ふ。

図-17. 軟鋼板製換氣管



管製作注意

1. 鋼を電弧熔接とし熔接はバット、継接ぎはラップジョイントとす。
2. 密着の漏洩なき程充分丁寧に熔接すること。
3. 鋼面に注意書に記載なき事項は換氣管の指示に従ふこと。
4. 製作終了後換氣管の検査を受け光明日 2 回強となすこと。

換氣管の製作取付は總て請負でやつて居る。1 m 當り大体 6 円である。