

## 伊東線宇佐美隧道變狀に就て (I)

運輸省線路課

### 1. 梗 概

國鐵伊東線宇佐美隧道は丹那隧道を大宗とし附近諸隧道に其の猛威を知られた特異地質温泉餘土と、その發生する高温や膨脹による強大土壓の爲、難工を誦はれ約 10 年前時の熱海建設事務所により施工し開業した。爾來東鐵内關係部門により保守監視が續けられてゐたが、たまたま昨年 5 月と 6 月、先に龜裂の發生をみてゐた隧道中央區間穹拱迫め附近のコンクリートが一部剝落し隧道保安上重大なる段階に達したので、これの防災対策として該區間の應急處置と根本的精密調査とを實施する必要にせまられて來た。其の現場機關として東鐵熱海工事區が昭 22. 9. 1. 設置され、目下同隧道危險區間の變狀調査とレールセントル架設工事が進行中である。以下本文に資料より拾つた宇佐美隧道の姿と今回の初期的處理事項、並に隧道變狀の原因に就き進行中の調査結果及び推定想像の一端を紹介する。

### 2. 既往の工事誌其の他に見る宇佐美隧道

(1) 位置 伊豆半島東岸網代、宇佐美間にあつて半島の一支脈が相模灘に突出した部分を南北に貫く、全長 2.92 km の單線型隧道で網代口(北口)より 14% で 1.82 km、宇佐美口(南口)より 3% で 1.00 km の上り勾配となつて居り、勾配變り點の標高は海拔 36.7 m である。

#### (2) 地 質

1. 伊豆半島東岸は大斷層崖であり、之に平行して南北に走る丹那浮橋線の大斷層があり、加ふるに此の 2 斷層に圍まれた地域内には斜走する斷層も發達してゐて、網代浮橋線なる地質構造線もあり、伊豆地震の震源地はこの線上網代沖合とも云はれ、非常に複雑なる地質である。

2. 此の邊の山體は第 3 紀層時代の準平原を基底と

し、火山生成物たる熔岩流の累層より成り、隧道の大部分は、その第 3 紀層の岩石中を通過し従つて堅硬なる安山岩が多いと云ふことは 4 個所のボーリングの結果からも想像してゐたことであつた。

3. 而るに實際遭遇した地質は硫氣作用による殘積土たる、所謂温泉餘土、乃至はプロピライトと稱せられるものであつた。

4. 温泉餘土とは火山後期活動の現象として地中の割目の周圍が熱水、蒸氣又は硫氣の作用を受け岩石組織が破壊され鑛物成分の分解置換が行はれて全く變質腐朽し軟弱なる粘土と化したものを云ひ、プロピライトとは變朽安山岩のことであつて安山岩が風化し輝石類は綠泥化するもので、曝氣吸濕により所謂風化膨脹するものである。

5. 前述の風化膨脹の結果、強大なる土壓を生じそれが鱗片様の滑肌を有する岩石程著しく、土壓測定の結果は 10 kg/cm<sup>2</sup> にも達したと記録にのつてゐる。

6. 加ふるに温泉餘土中の硫化鐵が觸氣吸水して分解する際の發熱により、導坑其の他で 36~37°C に達し、特に網代方が激しく導坑貫通迄持續したし、土捨場の礫内部では 50~86°C 近くにもなつたのであり、この時大氣の温度は 10~20°C であつたのである。

7. 硫化鐵は酸化して生成物たる硫化鐵を生じ隧道湧水と混合して酸性を呈し、コンクリートや輕便軌條の類を腐蝕し龜裂發生や電蝕の記録を残してゐる。當時の官房技術研究所吉田謙平技師の結論された中にも「迅速に隧道コンクリートが腐蝕されるものではないかもしれないが、時間の問題であつて普通のコンクリートを使用してゐる以上、或る時期には腐蝕され龜裂の發生を見る恐れがある」なる意味の言葉があるのは注意すべきであらう。

(3) 湧水 網代方宇佐美方とも甚だしくはなく、網代方は坑口より 700 m 附近で 3 個を最大とし大體 1.5 個位で終始し、坑口より 800 m 以裏は湧水と云ふ

程のものは全くなかった。宇佐美方は 0.4~0.8 個程度のものであつた。

#### (4) 施行法

擔 當	施行延長	着手年月日
網 代 方	1.72 km	昭 8. 1. 12
宇 佐 美 方	1.20 km	昭 8. 10. 30
	竣工年月日	請 負 名

網 代 方	昭 12. 12. 30	間	組
宇 佐 美 方	昭 13. 1. 15	中央土木株式會社	

1. 掘鑿 網代方は當初短區間だけ上部開鑿式で、後直ちに新填式に改め、逆巻をした箇所が多い。場所によつては抜掘を採用して居る。宇佐美方は最初より新填式で進め坑口より 640 m 迄は逆巻の必要はなかつた。尙兩口とも逆巻箇所に於ける丸形部は桁双擔を巻込になる様掘鑿してゐる。

2. 支保工 一般に用ひられる支保工としては最も入念に丈夫に施行してある。

3. 疊築 覆工断面形も土壓及びコンクリート道床の関係より、圓形あり馬蹄形あり、それらの中にも種々な變形があつて多種多様である。疊築もコンクリート塊積、無筋コンクリート、鐵筋コンクリート及夫等の組合せ等があつて巻厚も 30~80 cm に互り、適所適法を用ひてゐる。配合も土壓強大の爲、1:2:4 に設計變更して施工したが尙龜裂の發生を見た區間が網代側にあつて、この様な膨張力の強大な所にはその直接負荷を遅らすため、15 cm 程度の餘掘を行ひ、クッションとして、木材、おがくず、枝葉類を填充した箇所もあるし、施行困難な點を考へコンクリートブレッサーによつて疊築を行つた區間もある。疊築の補強法として疊築背部に豆砂利填充、偏壓を避ける意味と湧水箇所の洩水防止の意味でのモルタル注入、酸性の最も顯著なる箇所に石灰注入等も行つた。

(5) 討議研究された温泉餘土中の硫化物に對する方策。

1. 硫化鐵を含有する温泉餘土が、滴下する程度の餘り多量でない湧水に會つた場合に、最も硫酸の影響が強くなる。従つて防水の完全なことが必要である。

2. 硫化鐵の結晶が大きいより小さい方が硫酸を出し易い。

3. 丹那隧道はともかく、宇佐美隧道の様に硫化鐵の含有量の多い所は特別な考慮があるのではないかと考へられる。

4. 硫酸に對抗する施工法は石灰注入等の中和的に働くものか、硫酸に對し絶縁的な工法をとるか等々現地で尙研究を要すること。

(6) 開業後の昭 17 年頃の狀況。

1. 龜裂發生は主として無筋コンクリート區間に多いこと。

2. 網代より 870 m 及 1030 m 附近には龜裂多く今後十分注意を要する。

3. 硫酸の流出繼續中であり本線軌條の腐蝕したものが多數見受けられること。

### 3. 宇佐美隧道變狀の現況

(1) 全隧道を通觀し危險度により次の四區間に分つ。

(I) 網代坑口起點自 1800 m 至 1860 m 間

龜裂變狀が甚だしく且進行性があり應急対策を必要とする區間。

(II) 網代坑口起點自 1750 m 至 1800 m 間

同 自 1860 m 至 1980 m 間

龜裂發生及び進行が (I) 區間に感染するおそれあり注意を要し早期診斷を行つた上対策を講ずる必要ある區間。

(III) 網代坑口起點自 2000 m 至 2300 m 間

湧水の比較的多い區間であり、化學反應上より神經を使へば之が防止若は他の方法を取る必要ある區間。

(IV) 其の他の區間

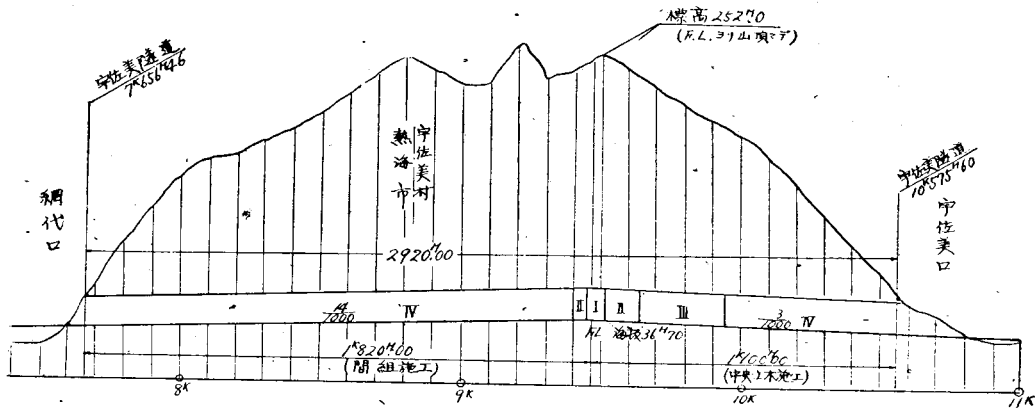
本區間には工事中龜裂の入つた區間を含む。

目下のところ應急修理工事の對象としてゐるのは (I) 區間であり、精密調査を開始してゐるのは (I) 區間及び (II) の大部分であり。

(2) 龜裂變狀の特に甚だしい (I) 區間の工事中の記録。

(I) 區間は網代坑口起點 1800 m より 1860 m であり、中間に勾配變り點を含み工事中の導坑貫通點もこの附近であつて、當時の工區境附近と考へられる箇所で隧道断面は 1 號型單線電氣運轉用であり 3 心圓のコンクリート道床馬蹄型断面である。巻厚は 50 cm であり北口起點 1800 m が圓型断面より馬蹄型断面への断面變り箇所であつて 1800 m より 1980 m 間は當時の宇佐美隧道として比較的良好な安山岩質の地帯であるとされてゐる。従つて馬蹄型断面巻厚 50 cm 程度で十分と思はれ湧水も殆んどなかつた模様であ

圖一1.



區間	位置 (網代坑口起點)	摘要
I	自 1 k 800 m 至 1 k 860 m	龜裂變狀甚シク應急対策ヲ必要トスル區間
II	自 1 k 750 m 至 1 k 800 m	龜裂進行ニ注意ヲ要シ早期診斷ノ上対策ヲ講ズル必要 ヲ求メル區間
	自 1 k 860 m 至 1 k 980 m	
III	自 2 k 000 m 至 2 k 300 m	涌水多ク之ガ防止若ハ他ノ方法ヲ取ル必要アリト考フ
IV		其ノ他

る。1800 m と 1980 m の断面變り箇所兩端に工事中の地質圖を見れば小斷層がある様に記入してある。勾配變り點の標高は 36.7 m であり、網代坑口より約 25 m 高く、宇佐美口より約 3 m 高い。掘鑿は新奥式であり鑿築は本巻を採用した。

(3) 龜裂

約 10 年前の工事中より無數の發生を見、殊に網代方で著しく現在迄に個々の場所に於て程度の差こそあれ夫々若干の進行があつたものと想像される。しかしその發生特別區分は明らかでない。殊に (I) 區間の龜裂の發生時期は記録も詳細でなく氣付いたのは數年前であつて時期的には明瞭でない。しかし龜裂は隧道方向、鉛直方向、斜方向と多數入つてゐる。全區間を通じて見て側壁には鉛直方向の龜裂多く起穹線附近に水平な隧道方向の龜裂をみ、穹拱には隧道軸に對して斜方向の龜裂及び隧道方向の龜裂が多い様である。

次に (I) 區間のみ就て、やゝ詳細に觀察すれば

寫眞 宇佐美隧道變狀狀況

網代坑起點 1840.0 m 附近、S. L. より上部全景寫眞。寫眞に面し手前網代方。昭和 22. 10. 29. 深夜撮影。



1. 隧道方向龜裂 最も數多く見受けられる龜裂で張力による龜裂は起拱線以上に多數見受けられ、龜裂幅 20 mm にも達し、長さ數 m 以上に亘るものもあ

る。壓縮による龜裂は隧道天端附近に多く特にアーチ迫めの兩側に集中してゐる。

2. 鉛直方向龜裂 (I) 區間に數條あるが、施工繼手其の他の弱點に入り、斜方向龜裂の連続としてこの方向に入つてゐるものもある。

3. 斜方向龜裂 主として穹拱部に多く隧道方向や鉛直方向の龜裂に連続してゐるものが多い。

側壁には穹拱程甚だしい龜裂はなく僅か數條にすぎない。何れも目下原因調査中である。

#### (4) 變 狀

1820 m より 1850 m 間は穹拱天端附近に壓縮破碎特に甚だしく、無数の龜裂のためコンクリートの背部迄龜裂は通つてゐるものと考へられる。従つて何時かはアーチとしての機能を發揮せず、側壁下部を支點として突桁が2個向合つてゐるに過ぎない状態となることも考へられ、或は既に現在その作用しかして居ないと思はれる。この部の斷面の喰違ひは 5 cm にも及ぶものがあり、迫めの兩端が破碎された結果、該部分が浮き上つてゐる様である。既に天端コンクリートのある部は落盤として剥離し金槌にて穹拱天端を打てば部分的に輕音を發し、小片剥落して他のコンクリート部と縁が切れてゐて、完全に浮いてゐる箇所が大きさ  $1\text{m}^2$  に及ぶものも實在する。

落盤の記録は次の如し。

昭 20. 12.	網代口起點	1,847 m	穹拱天端中央
			小塊剥落
昭 22. 5.	同	1,846 m	同
			尺角大剥落
昭 22. 6. 7.	同	1,832 m	同
			尺角深 15 cm 程度の塊剥落
昭 22. 6. 22.	同	1,834 m	同
			同

#### 4. 變狀に對する方策

無類の難工事であつた宇佐美隧道の今回の變狀は比較的地質の良好であるとされた區間でのことであり、同隧道の他の部分や附近の他の隧道にも起り得ることも推定されるので、今後の對策にも資するため徹底的な調査を必要とし所管局東京鐵道局、地元の熱海地方施設部、本省、及び技術研究所の各機關を動員し根本策の究明にとりかゝることとし昭 22. 9. 1. 東鐵熱海工事區が設置された。變狀激甚の箇所 (I) 區間に對しては運轉保安上の見地から1日も早く防災處置を

講ずる必要があり、就いては變狀の根本原因に不明の點があつて、只土壓強大とは判定出来るが、夫の依つて來る處及び程度に疑問があるばかりではなく、諸種の要素が綜合されて最悪條件を形成してゐるとも考へられるので本隧道のみならず他の隧道にも普遍性を持たせる意味で、先づ第1に細密調査にとりかゝると共に今後の落盤防止の見地から取敢へず假設物を以つて隧道を一應防護することに決定した。即ち前者は變狀調査であり後者はレールセントル架設である。

#### 5. レールセントル架設

(1) 前記隧道保安上の假設物は本隧道の場合には次の意義を有するものである。

1. 架設物は運轉保安の爲の一時的防災應急施設であること。

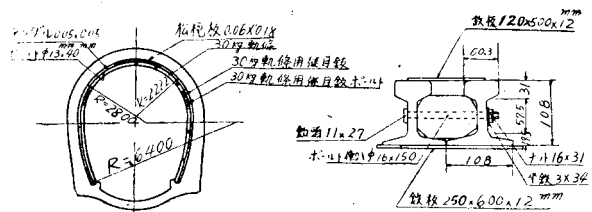
2. 架設物はレールセントルであるが之は崩落防止の爲であり、これによつて強大な土壓を十分支持出来るとは考へてゐないこと。

3. 將來如何なる修理方法がとられるか未だ不明であるが、若し現在の電氣運轉を續行して改築工事が出来るものであれば、馬蹄形斷面内側に入れるレールセントルはその便宜的な足がかりとなり出来るものなら利用したく考慮されること。

#### (2) レールセントルの設計

1. 形狀の選擇 前述の事項や土壓の推定から半圓形や多角形は面白くなく隧道内空斷面にそふ形狀のものとした。

圖一2.



2. 材料 山形鋼、工型鋼、溝型鋼も考へられたが、材料入手の點、迅速加工の點等より 30 kg 軌條と決定した。木材とレールとを半々使用する設計も考へられたが弱體過ぎるので中止した。

3. その他の考慮した條件 建築限界の縮少を成可く小さく濟ませ内空斷面の支障を大きくしないこと。電氣運轉區間であること。架設に際し、列車運轉は現在のまゝとし、運休は原則として考へないこと。列車間合 (23~4 時) を作業實時間とすること。架設時、

トローワイヤー、饋電線の降下回復を連日繰返すので、連用作業を伴ふこと故、レールセントルは出来るだけ取扱ひ易く軽量なものとしたこと。レールセントルの強度は少くとも壘築コンクリートと裏込土砂の重量を支持出来るものでありたいこと。4~10kg/cm<sup>2</sup>の様な土壓はこれでは支持出来ない。壘築コンクリート内空とセントルとの間隔は、内空断面の變状による凹凸が5cm程度であることと、將來改築の際上木を入れるなら6cm角を最少とすることより、當所では6cmとした。セントルは30kgレール2本を1組とし40cm間隔を原則とし16mmの継ぎボルトを使用

し10個所にて隣接セントルと結ぶのである。尙調査孔掘鑿や將來の便宜を考へて間隔を1.20mや0.80m等々の個所も設けた。セントルは側壁部とアーチ部との3部材に分ち、軌條繼手に似せ、その弱點を幾分でも補ふ意味で圖-2の如く當飯をレール上下突縁に熔接することとした。縦方向にはセントル内側に6cm角型鋼を熔接して繼ぎをとり全體として補強を計つてゐる。セントル加工は火造りである。

4. 尙12月中旬よりレールセントルの建込みを始める豫定である。(未完)

## 防 風 林 に 就 て

河 田 三 治\*

1. 暴風が田畑、林野を荒し、家屋等の構造物を壞して、各方面に大きな慘害を及ぼすことは、誰でも知つてゐることである。然し暴風の來るのは稀であり、且つ一時的であるのに反して、常風の害の方は、繼續的であつて、直接、又は間接的に、吾々が受ける被害の總和は反つて大きいものである。防風林を必要とする理由は、此の常風の害を少くするのを目的としてゐる。勿論暴風の場合にも有効であるが、これが主なる目的ではない。

防風林を設置場所によつて區分してみると、

(i) 海岸防風林。(ii) 耕地又は牧場防風林。(iii) 畑地防風橋等に大別できる。

2. 防風林と云ふ名は近代のものであるが、風害防止の林は昔から營まれてゐたもので、藩政時代は場所によつて色々呼ばれてゐた。かぎよけ林、かぎよけ(風除)松、霜除松、海邊田畠風除松、風除並松、更におでんち(御田地)風除林、かぜかこひたておき(風圍立置)などと云ふ妙な名でも呼ばれた。單にかぎぎり(風切)とも呼ぶこともあつたが、これは英語のWind Break(防風林)の直譯みたいでなる。村落等を風害から守る爲の防風林は随分昔からあつた様であるが、古い文獻によれば天正時代、即武田勝頼の時代

に、戦争の爲林が伐られ、風害甚だしくなつた爲、某なる僧、松苗を植えて、風防林を作り、里人は之を徳としたと云ふ記事が出てゐる。

これは一例であるが、この様な例はいくらでも見られる。試みに山形縣酒田市附近に例をあけてみるに、昔此地方は日本海に面する側は砂丘が長く連り、樹木の生育するものもなく、冬季北西の季節風が吹けば、海岸の砂は飛んで村といはず、畑といはず飛び來り田畑は埋められ、家は住むに耐えられず、里人の惱みは非常なものであつた。百數十年前になつて、附近の先覺者達は海岸に林を作り、飛砂を止めんとし、工事を起し、幾多の失敗を重ね、中には子々孫々先祖の志をついで、造林に努力し今日の海岸防風林が完成し、飛砂の害は止んだのである。今日でも尙、植林事業は續けられ、國家の直轄事業として行はれてゐる。山形縣、湯の濱温泉に行かれる諸君は、これから北方の海岸數軒にわたつて、延々と植林準備の人工砂丘築造の工事が進められ、その後方には成林中の防風林を見出すことと思ふ。

3. 前にも述べた様に防風林の主なる目的は常風の害を少くするのにある。常風の中で、目出つて害のあるのは冬の氣節風である。冬にはシベリヤ東部、即ちバイカル湖を中心とする地方に高氣壓區域が出來、此の區域からアリユウト列島の兩方にある低氣壓帶と赤道

\* 東京大學教授理工學研究所