

## 土木學會第1回年次學術講演會講演

(土木材料之部 No. 3)

## 隧道内コンクリート道床の腐蝕に就て

准員 古 賀 登\*

准員 梅 津 清 七\*\*

1. 序 コンクリートは堅牢且耐久なものとして、土木建築材界を代表し正にコンクリート萬能時代を現出してゐる觀がある。我鐵道に於ても側壁拱部分は勿論のこと、最近に於ては道床部分に於てもコンクリートが採用せられるやうになつたのである。然し堅牢耐久と認めらるゝコンクリートも或る條件の下に於ては非常に脆弱短命であることを記憶せねばならない。コンクリートの設計、理論の方面は盛に研究開拓されつゝあるが、防護保守の方面が之に伴はないものがあるやうに思はれるのは遺憾である。此處にコンクリートの腐蝕の一例を揚げその腐蝕の原因、狀況及防護方法を述べ斯界の注意を喚起し且御指導を仰ぎたいと思ふ。

2. **コンクリート道床の腐蝕の現状に就て** コンクリート道床は砂利道床に代りて用ひらるゝものにして我國に於ては大正 11 年伏古別隧道に於て建設せられしを嚆矢とし以來現在迄隧道箇所 62, 延長 40.4 km に及ぶ。此の中に於てコンクリートの道床の腐蝕被害の著しいものは大体次のやうに思はれる。

a) 蒸氣機關車運轉の所にして列車回数が多く勾配急にして延長長き隧道即ち煤煙多く滯煙時間の長い所

b) 列車運轉間合に施工した所や工事期間を短く切りつめて工事した所即ち施工が悪かつた所

此の代表的なものとして東海道線、東山及逢坂山隧道、常磐線金山隧道がある。何れも煤煙多く滯煙時間長き結果保守員の保健を重んじ其の保守員を節約するを目的とし列車運轉中に砂利道床をコンクリートに改築せしものであるが諸條件が悪かつた爲にコンクリートの毀損腐蝕甚だしく東山及逢坂山の兩者は短命 5 年にして一昨年及昨年に元の砂利道床に還元せられたのである。金山隧道の方は延長も短く又列車回數も少き爲に未だ瀕死の状態には至らざるも腐蝕が急速に進み近年改築の餘儀なきに至る運命にあり、之等が著しい例であるが、之等以外の大多數の隧道に於ても程度の差こそあれコンクリートの腐蝕のなきものはない。

3. **被害著しき逢坂山隧道道床コンクリートの腐蝕狀態及その原因に就て** 此處に一例逢坂山隧道道床コンクリートをとりてその腐蝕狀態、原因を述べやう。

逢坂山隧道(勾配 10%, 延長 2325 m, 排煙裝置あるも人家の關係で隧道出口即ち逆の位置にあり)は昭和 3 年 10 月工費 106 000 円にて砂利道床をコンクリート道床に改築せり。然るに其の後 2~3 年目には相當程度の腐蝕を來したので種々その対策を講じたのであるが、何れも彌縫的のものにして且列車運轉回數益々増加し列車速度も昂上せられたればそれ等の列車荷重によるコンクリートの毀損煤煙の爲の腐蝕著しく遂に昭和 10. 8. 工費 99 999 円にて砂利道床に改築せられたのである。コンクリート道床の腐蝕の大略を述べれば隧道の兩端入口 10 數 m は道床面乾燥し殆ど腐蝕を見ないが中央に進むにつれて腐蝕が目に見え次第に著しくなる。最も甚しい所はコンクリートは完全に崩壊し掌中で採み潰すことが出来る位でセメントの膠粘力は全く失はれて砂、砂利は完全に分離さ

\* 鐵道技手 工學士 鐵道省工務局改良課勤務(講演せず)

\*\* 鐵道省工務局改良課勤務

図-1. 煤煙が附着して腐蝕せる  
コンクリート面



図-2. 逢坂山隧道内コンクリート道床腐蝕状態

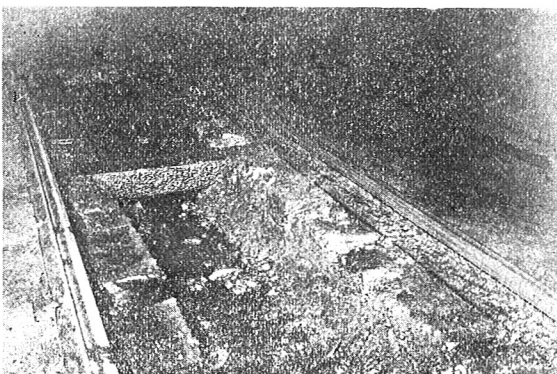


図-3. 逢坂山隧道内コンクリート道床腐蝕状態

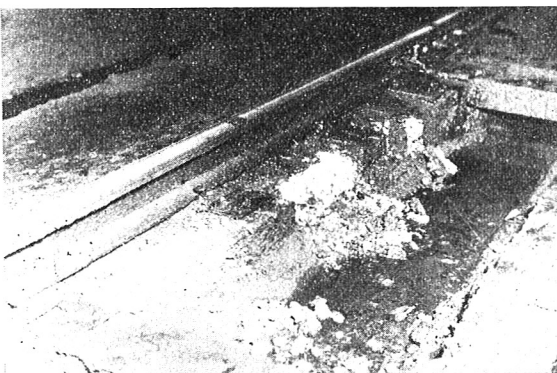


図-4. 常磐線金山隧道内コンクリート道床の状態、拱頂部よりの湧水の爲常に洗滌せられ腐蝕殆ど無き箇所

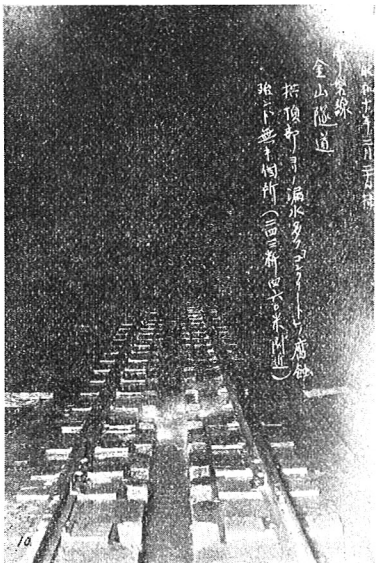


図-5. 常磐線金山隧道内コンクリート道床の隅角の腐蝕状態



れ僅にその表面に白いセメントの残骨を認め得る程度である。腐蝕の少々少き所でも金槌にて容易に破壊され、尙外観は何等の腐蝕を認めざるも表面が膨脹して金槌で打てば空洞の音を發する所あり。内部を掘り返してみたら枕木下面部がセメントバチルスとなりて膨脹しコンクリートを崩壊腐蝕せしめてゐた。此の程度のもは到る所見られた。腐蝕の著しい部分は側壁拱部分から僅かばかりの漏水のある附近の軌條継目附近及中央排水溝の側壁部分であつた、之は煤煙に水が加はれば非常に腐蝕が促進せしめらる爲である。即ち酸性ガスを溶解した水がコンクリートを侵すもので、乾燥した所では殆ど腐蝕を見られない。列車進行の場合中央排水口の水及道床面に水温

がある場合その水は飛沫となつてその附近に飛放し水分を供給することになるからその被害は非常に甚しいことになる。然し側壁拱よりの漏水が多量の所では殆ど腐蝕を認めず非常に立派な道床を現存してゐた。之は明かに酸性ガスが水により非常に稀釋され且速に除去せられるからである。我々は此處に判然とコンクリート道床の腐蝕対策として道床面を水で洗滌すれば良いと云ふ實例をみせられたのである。然し此の水は前述の様に又害にもなるものであるから洗滌の回数を定めるには相當の根據を必要とするであらう。軌條継目部分の腐蝕の甚しいのは列車荷重による継目部分のコンクリート道床の破壊と酸性ガスによる腐蝕とが重合した結果である。コンクリート道床は常に列車荷重による物理的破壊と酸性ガスによる化学的破壊と兩者をうけるので、この保守防護が如何に困難であるかは言を俟たない所である。

**4. 道床コンクリートの毀損及対策に就て (物理的破壊)** 道床コンクリートは常に列車荷重即ち活荷重をうける結果物理的破壊をうける、之について考ふるに先づ垂直荷重及其の大なる衝撃によりて枕木及其の下面のコンクリートは大なる圧応力をうける。又道床コンクリートは彈性的でないから軌條の波狀運動に順応しきれないため、枕木に無理を生じ枕木をもち上げらるゝことゝなる。即ち枕木の上下運動を起す結果、枕木の側面とコンクリートと縁切れを生ぜしめ又枕木面下のコンクリートを押し潰さんとするものである。次に水平荷重によりて常に枕木を列車進行方向に動かさんとする結果埋込枕木間のコンクリートに水平剪力を生じその間のコンクリートが切斷される傾向にあり。

据付枕木下面迄先づコンクリートを打ち枕木を据付け後その上面迄コンクリートを打つと云ふ様な2層式に施工した場合にはこの剪力に對して大きい弱點となるのである。殊に軌條継目部分に於ては埋込枕木の間隔が狭いから従つて其の間のコンクリート部分が狭い上に尚継目に於て生ずる大なる衝撃の爲にこの所の破壊が一番甚しいのである。対策としては軌條の波狀運動に對してタイプレートと犬釘に依り調節し枕木の上下運動を可成小さくする様にせねばならぬ。即ちタイプレートと軌條間又はタイプレートと枕木間に彈性的な髹皮又は圧縮せるボブラ片を挿入するが犬釘の打込みに幾分の餘裕を取り又はスプリングワッシャーの類を以て軌條の波狀運動を消去する様にせねばならぬ。又施工の方面より考へればコンクリートを基礎から上部迄一度に打つ即ち清水隧道式と稱せらるゝ如き一層式施工に依れば良いのである。尙密實にして強度の大なるコンクリートを造る事は腐蝕防止と同様に此の場合に於ても最も大切なる事である。軌條継目部分は最も毀損が大であるが、之は軌條の連続接接が最も良い策である。之は諸外國に於ては試験時代を経て現在に於ては實用時代に入り又我が國に於ても種々研究せられてゐるから早晚實現せられるものと思はれる。此處に於て注意すべき事は隧道内に於ては酸蝕及散砂の爲軌條は非常に短命となり度々軌條更換が必要となるから相當厄介な問題と思はれる。列車荷重の増大、速度昂上が道床コンクリートに相當大なる影響を及ぼす事は想像し得るが逢坂山隧道に於て普通列車通過後は左程でもないが急行列車通過後は中央排水溝を流れてゐる清水が白濁する事實から如何に惡結果を及ぼすかを證明し得る。

**5. 道床コンクリート腐蝕** 道床コンクリートの化学的破壊即ち腐蝕とはコンクリート中のセメントが水の媒介で或る作用を受け化学変化をなし其の膠結力を失ふ事である。煤煙の存在しない電化區間の隧道内道床コンクリートは電解作用に依る電蝕があるが之は其の程度輕微にして殆ど問題にならない。故に一般に隧道内コンクリートの腐蝕は水と煤煙に依り基因するものと考へて差支へない。最近全通した宇佐美隧道のコンクリートの腐蝕は其の地方の土壤が多量に酸類を含有し又湧水も硫酸を含んでゐる爲であるから此處に於ては斯くの如き場合を考へない。逢坂山の湧水の成分は表-5 に示すが如く中性又は極微酸性を呈する位であまりコンクリートに影響するとは思はれないし又地質も何等酸性を呈しないから此處に於ける腐蝕は全く煤煙に依るものと考へらる。煤煙中の

有害なる瓦斯量は表-1に示す如くであるが  $CO_2$ ,  $CO$ , 及  $SO_2$  が水に溶解して酸性溶液を作り鹼基性のセメントに作用し之を変質せしむるものである。此の瓦斯中  $CO_2$  は主としてセメントに作用し,  $SO_2$  は軌條を腐蝕せしむる。 $CO_2$  が  $15^\circ C$  の水中に 0.1% 溶解してゐれば其の 1 立中に石灰 1.2 g が炭酸石灰として溶解し得る。然るに石灰が硫酸の下に硫酸石灰の形をなしたる場合は同温度, 同容積の水に約 0.2 g 位のみ溶解するに過ぎない。隧道内の煤煙中の酸性瓦斯が水に溶解して生ずる酸性度を知る爲に逢坂山隧道に於て実験せる結果は 図-6 に示す。同図に於て log 1 即ち 10 ケ列車が通過する頃から PH 價に変化があり 1.3 即ち 48 ケ列車が通過する頃から以後は殆ど一定の増進率で酸性が増してゐる。之は亜硫酸は殆ど一定の割合で水に入るに反し  $CO_2$  瓦斯は初期に於て急角度な曲線を畫き溶解し次第に溶解度が鈍る事を示すものがある。如何なる程度の酸性度がコンクリートに有害なるやは未だ実験せざるも軌條に

表-1. 石炭 1 kg の燃焼瓦斯中に含まるゝ悪瓦斯容量

	$CO_2$	$CO$	$SO_2$
Fox	1.81		
Simms	1.573		0.009
Lucas	1.665		

図-6.

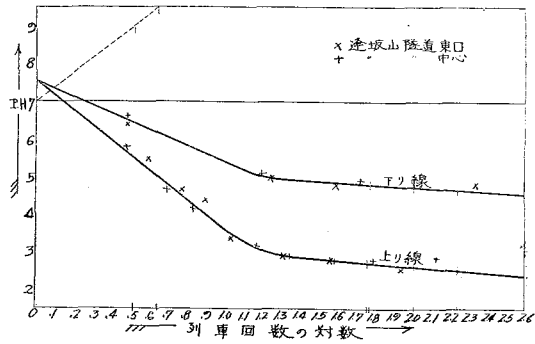
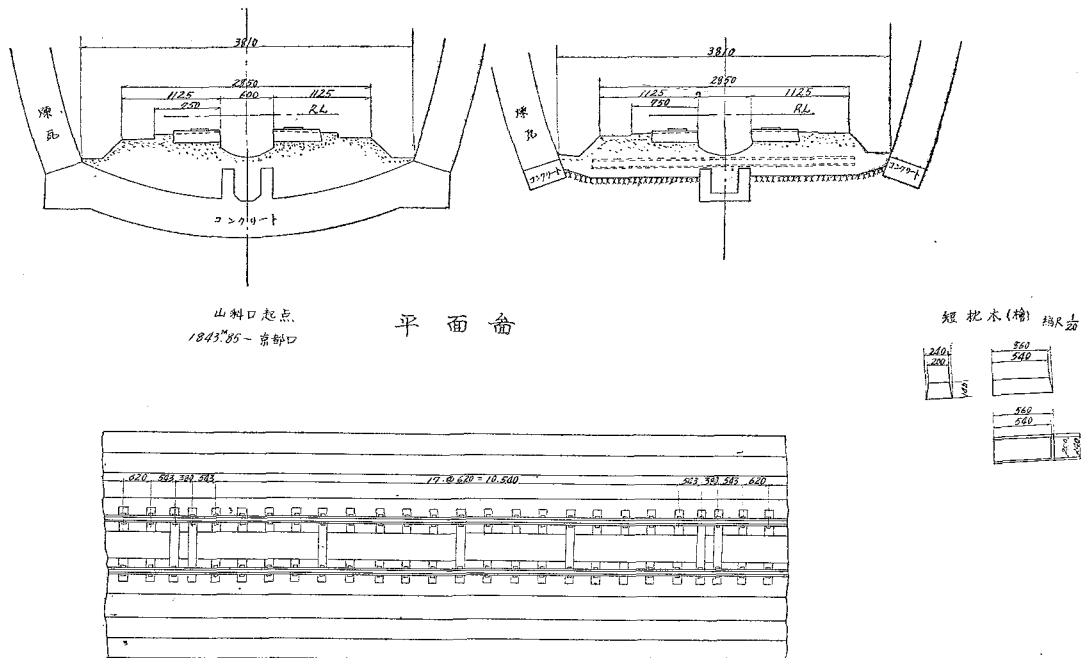
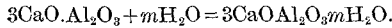
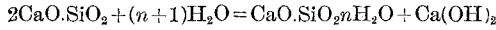
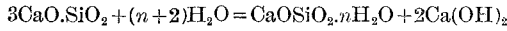


図-7. 逢坂山隧道内コンクリート道床断面及平面図



對しては P.H 價 4 に達すれば早や腐蝕作用を始めるから コンクリートに對しても之位で有害ならんと想像される。P.H 4 と云へば僅 8 個列車の通過にて充分であるから如何に煤煙がコンクリート 及軌條に悪影響を與へるものなるかは容易に了解される。セメントの成分は  $CaO$  60~66%,  $SiO_2$  20~24%,  $Fe_2O_3$  2~3.5%,  $Al_2O_3$  5~8% で

其の結合状態は  $3\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$  が 40~45%,  $2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$  が 30~40%,  $3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$  が 12~15% と認められ加水反応は次の如く考へられてゐる。

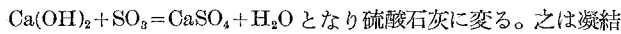


上式に於て  $n=2, m=10\sim 12$  と考へられる。此の中で  $\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$  及  $3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot m\text{H}_2\text{O}$  は化学的に安全なもので其の変質に依りセメントが蝕される事は稀であるが時として礬土酸石灰に硫酸石灰が作用し俗稱セメントバチルスを作り膨脹して崩壊せる例が多々ある。然しセメントの腐蝕に於ては消石灰が最も重大なもので之はセメントの凝結に與つて力あるものであるが種々の物質に犯され易い缺點がある。先づ消石灰は水に可溶で其の程度は表-2の如くにしてコンクリートが水と接すれば以上の割合

表-2.

温度 °C	0	10	25	40
$\text{Ca}(\text{OH})_2$ (g)/100 $\text{H}_2\text{O}$ (g)	0.185	0.176	0.160	0.147

で溶解し面は多孔質となる。無水硫酸に依つては



力なく水に溶け前述の如くセメント・バチルスを作り崩壊せしめる。亜硫酸瓦斯に依つては  $\text{Ca}(\text{OH})_2 + \text{SO}_2 = \text{CaSO}_3 + \text{H}_2\text{O}$  となる。此の  $\text{CaSO}_3$  は水に難溶であるが若し餘分の  $\text{SO}_2$  を含んでをると直に  $\text{CaSO}_3 + \text{SO}_2 = \text{CaH}(\text{SO}_3)_2$  となり水に可溶なものとなるから溶出される。炭酸ガスに依つては  $\text{Ca}(\text{OH})_2 + \text{CO}_2 = \text{CaCO}_3 + \text{H}_2\text{O}$  の反応を生ずる。 $\text{CaSO}_3$  は水に難溶でコンクリートを保護するが  $\text{CO}_2$  が少しでも餘分に含有する場合は  $\text{CaCO}_3 + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} = \text{CaH}_2(\text{CO}_3)_2$  となり非常に可溶性のものを作り急速に溶出される。以上の如き化学変化が  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  を中心として隧道内に於ては絶へず行はれるのであるからコンクリートの表面の  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  は次第に化学変化を受け溶出され遂にコンクリートは脆弱となり多孔性となり内部に腐蝕が進行し強度を失ひ崩壊するに至るのである。實際逢坂山隧道に於ては斯くの如き化学変化の行はれてゐる事は表-3, 4に依りコンクリート中の石灰が著しく減少してゐる事

表-3. 腐蝕コンクリートの成分

	逢坂山隧道		
	コンクリート (I)	コンクリート (II)	コンクリート (III)
砂 刑 及 砂	70.29	70.80	67.18
珪 酸 ( $\text{SiO}_2$ )	6.72	5.11	5.38
酸化第二鉄 ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ )	0.29	2.08	1.58
アルミナ ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ )	2.66	1.66	1.06
マグネシア ( $\text{MgO}$ )	—	—	0.37
無水硫酸 ( $\text{SO}_3$ )	2.88	2.13	2.72
無水炭酸 ( $\text{CO}_2$ )	2.62	痕跡	2.45
生石灰 ( $\text{CaO}$ )	11.65	5.42	12.78

表-1の結果よりコンクリート中の成分と見るに次の如くである

表-4. 腐蝕コンクリートの成分

	逢坂山隧道		
	コンクリート (I)	コンクリート (II)	コンクリート (III)
珪 酸 ( $\text{SiO}_2$ )	22.68	25.21	16.39
酸化第二鉄 ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ )	1.64	10.32	4.81
アルミナ ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ )	8.95	8.25	4.44
生石灰 ( $\text{CaO}$ )	39.21	26.95	38.93
マグネシア ( $\text{MgO}$ )	—	—	1.00
無水硫酸 ( $\text{SO}_3$ )	9.69	10.59	8.32
無水炭酸 ( $\text{CO}_2$ )	8.81	痕跡	7.80
硫酸石灰 ( $\text{CaSO}_4$ )	16.45	18.00	14.18
炭酸石灰 ( $\text{CaCO}_3$ )	20.02	—	16.82
生石灰 ( $\text{CaO}$ )	21.23	19.54	23.67

以上の結果よりセメント中の石灰の結合状態は次の如きものと考へる

及普通セメントには極少量含まれてゐる筈の硫酸石灰、炭酸石灰の量が著しく増加してゐる事及石灰の状態で存在する石灰分が少い事等から證明出来る。例へば表-4のコンクリート(I)に於て珪酸 ( $\text{SiO}_2$ ) が全部珪酸石灰 ( $\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$ ) となりアルミナ ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) が全部礬土酸石灰 ( $3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$ ) の状態になつて膠結力を出して居るものとすれば夫に要する生石灰の量は 35.94% になるが表に現れた數字は 21.23% しかないのであるから 14.71% の生石灰が不足してゐる事となる故に此のコンクリートが硬化する時に生成した消石灰は全部溶出され尚更に珪酸石灰、礬土酸石灰の一部が変質した事を示す。

6. コンクリートの腐蝕に対する防護方法 隧道

内道床コンクリートは以上述べたるが如く列車荷重に依る毀損と煤煙及水に依る腐蝕を受け兩者が相重り非常に破壊を促進せしむるものであるから此の防護方法は甚だ困難である。腐蝕を防護する第一條件として先づ出来るだけ活荷重に依る毀損を少なくする様にせねばならぬ。何んとなればコンクリート面に龜裂若は毀損が生ずれば其の箇處から酸性瓦斯及酸性溶液が浸入し腐蝕作用を促進せしむるからである。次に化学的方面からの対策として

1) 石灰分の少いセメントを使用し消石灰の生成を小ならしむる事。アルミナセメント石灰(40%、珪酸10%、アルミナ40%、酸化鉄10%)は非常に早強度で耐酸性であるから隧道内に於ては最も好ましいものであるが我が國に於ては生産しない。シリカセメント及高炉セメントの類は石灰分が少いから相當效果的であらうと想像される。

2) 道床表面に防水材料(パラフィン・フスファルト等)を使用し保護する事。但し此の防水材料は耐酸的なものである事は勿論である。

3) 密實な強度の大なるコンクリートを作る事。水・セメント比及配合の合理的な施工養生の完全な密着にして且強度の大なるコンクリートを作る事がコンクリートの毀損及腐蝕に對して最も効果あるものである。

4) 酸の中和の爲に微アルカリ溶液を散布する事。最も安價なアルカリ溶液として  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  を用ふれば良い。此はコンクリートに餘り濃度が高くなると有害な事もあるから稀釋液(P.H 價 9~10 位)を用ふれば確に有効であると思はれる。

5) コンクリート面を良く洗滌する事。之は月1回位では反つて有害かも知れないから其の回数が問題となる。餘り回数大にすると費用が大になる故種々比較研究すべき問題である。

6) 根本的には蒸氣運転を中止して電化する事。尙現場の保守員にコンクリートの知識を與へて保守を充分にさせる事も必要である。何れにしても側壁及拱の漏水が腐蝕を促進せしむるから之を無くす様にする。

7. 排煙機に就て 煤煙の滞留時間を短くする爲に換氣機を用ふる事は反つてコンクリートの腐蝕を促進せしむる事がある。其の理由は

a) 排煙機運転の爲に隧道内の氣圧が高まり其の結果  $\text{CO}_2$ ,  $\text{SO}_2$  瓦斯が多量に水に溶解する事になる。

b) 排煙機に依り生じたる氣流の爲、隧道周壁の水分は揮發する量を増し、之が爲、隧道内温度は降下する。即ち露點が降下するから次回に列車が進入し來れば其れより放出されたる飽和蒸氣は自然状態に於てよりも量に於て多く凝結し水分となり隧道内を濕す事となる。水氣の増量は即ち他物を溶解する容量が大となるから結局腐蝕

表-5. 逢坂山隧道内湧水試験成績

試料番号 性質及成分	1		2		3		4		5		6	
	無色透明 沈殿物あり	無色透明 沈殿物あり	無色透明 沈殿物あり	無色透明 沈殿物あり	無色透明 沈殿物あり	無色透明 沈殿物あり	無色透明 沈殿物あり	無色透明 沈殿物あり	無色透明 沈殿物あり	無色透明 沈殿物あり	無色透明 沈殿物あり	無色透明 沈殿物あり
外 状	無色透明	無色透明	無色透明	無色透明	無色透明	無色透明	無色透明	無色透明	無色透明	無色透明	無色透明	無色透明
反 応	弱酸性	中性	中性	中性	微酸性	微酸性	微酸性	微酸性	微酸性	微酸性	微酸性	微酸性
固 形 分	7.35	24.12	27.55	14.32	12.53	22.31	22.31	22.31	22.31	22.31	22.31	22.31
生 灰 反 (CaO)	1.27	9.12	9.77	3.97	3.27	6.72	6.72	6.72	6.72	6.72	6.72	6.72
マグネシア (MgO)	0.82	1.29	1.29	1.58	1.69	1.80	1.80	1.80	1.80	1.80	1.80	1.80
炭水素酸 (CO <sub>2</sub> )	0.92	2.41	2.41	2.41	2.68	3.09	3.09	3.09	3.09	3.09	3.09	3.09
無水硫酸 (SO <sub>3</sub> )	1.94	10.44	11.54	3.88	3.21	8.25	8.25	8.25	8.25	8.25	8.25	8.25
無水硝酸 (N <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし
無水亜硝酸 (N <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし
矽 酸 (SiO <sub>2</sub> )	0.58	0.25	0.45	0.45	0.52	0.52	0.52	0.52	0.52	0.52	0.52	0.52
アルミナ (Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし
シリカ (SiO <sub>2</sub> )	1.29	1.24	1.25	1.90	0.85	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
酸化鉄 (Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	0.17	なし	なし	0.07	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし
有機物	0.04	痕跡	痕跡	0.28	痕跡	0.88	0.88	0.88	0.88	0.88	0.88	0.88
総 硬 度 (塊度)	2.81	8.91	10.56	6.07	5.62	11.2	11.2	11.2	11.2	11.2	11.2	11.2
一 時 硬 度	1.05	1.88	2.62	3.03	3.37	3.64	3.64	3.64	3.64	3.64	3.64	3.64
永 久 硬 度	1.76	3.03	3.94	3.04	2.25	5.78	5.78	5.78	5.78	5.78	5.78	5.78

備考 成分は水 100 ml 中の g を以下示し、有機物は過マンガン酸カリ消費量 (g) を以下示す

表-6. 表-5 より鹽類を想像算出せるもの

記 号	1	2	3	4	5	6
硫酸石灰 (CaSO <sub>4</sub> )	3.08	17.07	19.28	6.60	5.66	14.03
炭酸石灰 (CaCO <sub>3</sub> )	—	0.16	1.48	2.95	1.82	1.67
炭酸マグネシア (MgCO <sub>3</sub> )	1.57	2.70	2.71	2.89	3.53	3.76
塩化 — (MgCl <sub>2</sub> )	—	—	—	0.55	—	—
炭酸ソーダ (Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> )	0.64	2.64	0.84	—	—	1.96
硫酸マグネシア (MgSO <sub>4</sub> )	0.20	—	—	—	—	—
塩化ソーダ (NaCl)	0.89	0.71	0.71	0.13	0.89	0.89
酸化鉄 (Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	0.17	なし	なし	0.07	なし	なし
無水硫酸 (SO <sub>3</sub> )	1.20	1.24	—	—	1.85	1.85
硫酸ソーダ (Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> )	—	—	2.54	2.03	—	—
計	7.35	24.12	27.55	14.32	12.53	22.31

採 取 所 逢坂山隧道 同 同 同 同 同 同  
 水 源 101 号井口 中谷清の坑 中谷清の坑 101 号井口 101 号井口 中谷清の坑

促進の原因となる。逢坂山隧道に於ては人家の關係で排煙機が逆の位置にある。即ち列車進行入口にあるべきに拘らず出口側にあるので、列車が隧道を通過後折角煤煙が列車進行方向に逃れんとするのを逆方向に吹出すのであるから非常に悪影響を及ぼしたものである。排煙機で吹付る煤煙の流が逢坂山隧道内のコンクリート構造物の角（例へばマンホールの入口の角面）に當りてそれを 6 cm 位腐蝕損潰せしめてゐた事は注意に値すると思ふ。

8. 結 道床コンクリートが隧道内に用ひられてから早や 10 餘年経てゐるが其の重大使命たる經濟的價値が認められず今や正に行詰りの状態に在るが其の原因は一に煤煙に依るコンクリートの腐蝕の結果建設目的たる保守費の節約が出来ない、却つて保守費を増加すると云ふ状態に在る事と思はれる。故に隧道内コンクリートの防護方法が確立すれば隧道内のコンクリート道床も非常に有利且確實なものとなるのである。コンクリートの防腐は化学者と工事者との相提携即ち材料と施工との良きコンビネーションが必要であると思はれる。最近鉄道省に於ても斯界の權威者にコンクリート腐蝕研究を委嘱し又姑息的乍ら工務局改良課に於ても常磐線金山隧道内に試験丁場を設置し表面塗布及特殊セメントの 2,3 に就て試験を実施したから近い内に何らかの結論が得られるものと思はれる。