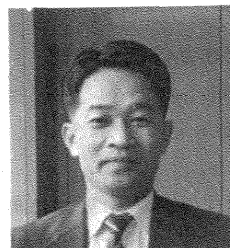




## 技術レポート

# 恵那山トンネル内配管工事



山田 暉夫

日本道路公団名古屋建設局  
恵那山東工事事務所機械課長

## はじめに

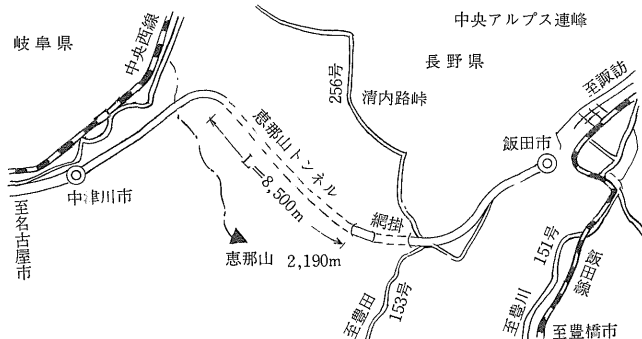
恵那山トンネルとは、高速自動車国道中央自動車道西宮線（東京都杉並区から兵庫県西宮市まで）の一環として、日本道路公団が工事を進めているもので、長野・岐阜県境に聳える中央アルプスの南端、恵那山（標高2,190m）北東部の富士見台真下を北西～南東に貫き、木曾谷（岐阜県中津川市神坂）と伊那谷（長野県飯田市郊外阿智村）を最短距離で結ぶ、延長約8,500mの長大トンネルである。

本工事は、昭和42年10月着工以来ぼう大な湧水と多くの断層にはばまれ、世界でも有数の難工事と各方面から注目されつつ、昭和49

年10月に7年間の工期を費し本線トンネルが貫通した。

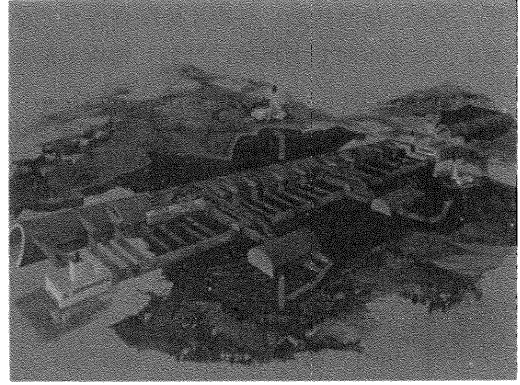
現在、工事の最盛期を越えた土木工事に代り、トンネル内装関係の諸設備工事が最盛期を迎えている。本トンネルの完成は、先に開通した小牧インターチェンジ～中津川インターチェンジに続き、昭和50年8月となっている。完成の暁には、飯田市～名古屋市が現在の国鉄利用4時間（急行列車）に比較し2時間と短縮され、伊那谷にとってはその恩恵は計り知れないものがあり、第二の夜明けと呼ばれている。

図一 恵那山トンネル位置図





写真一 完成近い東坑口



写真二 恵那山トンネル透視図

**工事概要**

延 長	約8,500m
設 計 速 度	80km/h (対面交通時60km/h)
車 道 幅 員	7.0m(対面2車線)将来4車線
路 肩 幅 員	1.5m
縦 断 勾 配	中津川方 1.64%
	飯田方 0.5%
待 避 所	9カ所
計 画 交 通 量	1,855台/時
	(対面時1,000台/時)
総 工 事 費	約350億円

恵那山トンネルは、過去において、日本では経験したことのない長大な道路トンネルとなるため、日本道路公団では、トンネル内での事故防止と火災などが発生した場合に万全の救出体制を完備する目的をもって、諸設備に莫大な費用と最新の技術を投入している。

その諸設備のうち、本件のテーマに関する防災設備の概要とその配管工事について紹介

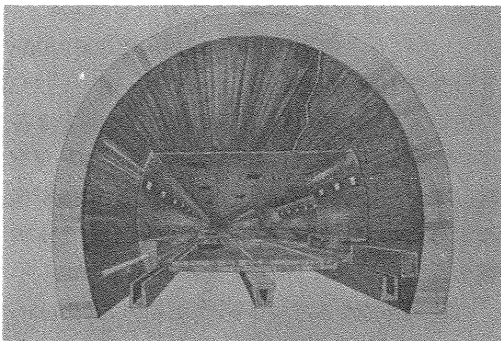
するものである。

**1. 防災設備の概要**

恵那山トンネルは長大トンネルであるばかりでなく、現在まで経験したことのない長い距離(飯田方の網掛トンネル区間を含め14km)の対面通行方式となる。過去の例から判断しても、正面衝突などの交通事故による火災発生の危険性を十分考慮しなければならない。

もし火災が発生した場合、トンネル内という環境の特殊性から想定して、人的、物的被害が大きく、またトンネル自体が被害を受けた場合、幹線道路として輸送面に与える影響は大きいものと思われる。

防災設備は火災が発生した場合、被害を最少限に抑圧し、第二次、第三次の火災を未然に防止することを目的として、初期消火活動のための自動消火設備(火災感知器、水噴霧設備)、手動消火設備(消火栓、消火器)なら



写真三 トンネル内部完成予想図



写真四 水噴霧状況

びに消火、救出活動に必要な排煙装置などを備え、火災に対して迅速に対処し被害を最少

限に抑えるように配慮している。その主たる設備概要は下記のとおりである。

表-1 恵那山トンネル防災機器配置

設備名	取付位置	数量
自動火災感知器	12.5m間隔両側 地上 2.0m	1,800カ所
手動火災通報器	50m間隔片側および待避所	280カ所
消火栓	50m間隔片側 ホース30m付	210台
消火器	50m間隔片側 A、B、C 20型	420本
水噴霧	5m間隔にスプレーノズル 遠近投用 1組	4,300組
主水槽	恵那山トンネル 各 400t	4カ所
	網掛トンネル 各 200t	2カ所
消火ポンプ	460V×220kw×6,190ℓ/min×123m×250φ	5台

## 2. 各機器の概要

火活動に使用するもので、消火栓箱は下記の機器によって構成されている。

### 1) 消火栓設備

トンネル内側壁に50mピッチに設置し、消

表-2 消火栓設備の構成

名称	規格	数量
前傾ホースリール	軸受ベアリング内蔵、ホースガイドローラー付	1式
ゴムホース	編上式ホース(JIS K6331)32A	30m
消火栓弁	ボール弁、90°回転開閉 40A 18kg/cm <sup>2</sup>	1コ
圧力調整用弁	玉形弁 40A	1コ
管槍並ノズル	頭部回転切換式、有効射程14m	1本
ポンプ起動スイッチ	ノンロック式押釦スイッチ	1コ
手動通報器	自治省令第9号発信器P型1級	1式
消火器	A B C 粉末消火器 6.5kg	2本
電話ジャック		1コ

### 2) 水噴霧設備

水噴霧設備は火災が発生した場合、火災の延焼拡大を防止し、前後にある車両乗員などを退避させると共に消火活動を容易にするための設備で、車道上高さ3,450mmの位置(側壁)にスプレーノズル2組をトンネルの延長方向5mピッチに取付け、50mを一区画とし自動弁により放水を行う。降水量は6mm/minとし、火災の延焼拡大についてはさらに50mの追加放水を行う方式としている。

作動はすべて自動火災感知器(トンネル内すべての場所でも感知可能)で行うが、現地において自動弁操作による手動放水も行える

方式を採用している。

使用水量(ノズル1組当たり) 250ℓ/min  
1区画(50m)当たり

$250\ell/\text{min} \times 10\text{組} = 2,500\ell/\text{min}$

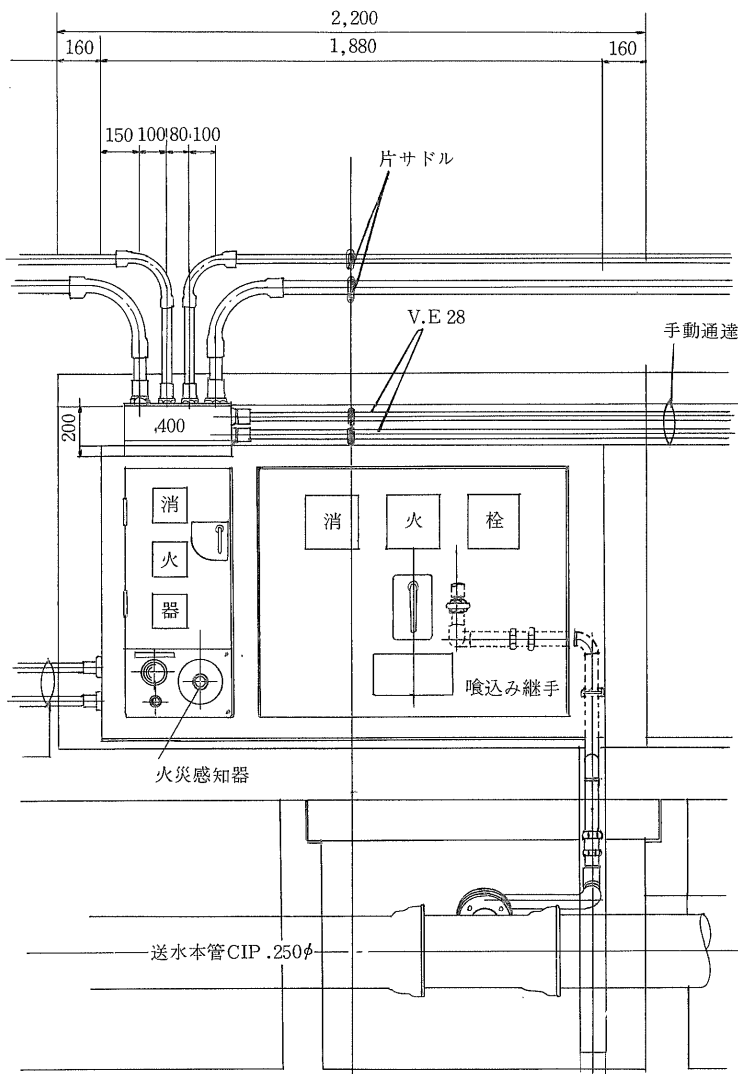
### 3) ダクト冷却設備

トンネル内火災時、天井板付近の温度は各種の実験から350℃、~400℃に達することが判明している。この高温の熱風から排風機を保護するために、排風機側吸込ダクト内に水噴霧を行う。

使用水量(ノズル1組当たり) 70ℓ/min  
1区画当たり

$70\ell/\text{min} \times 40\text{組} = 2,800\ell/\text{min}$

図-2 消火栓設備



高温の熱風は、水噴霧効果により 100℃ 前後に冷却されるため正常な排煙活動が行われ、救出ならびに消火活動を可能としている。

4) 給水栓設備

給水栓設備は、消防車などに給水をするもので、トンネル両坑口各 2カ所ならびにトンネル内待避所（約700m 毎）に双口型65A（ポンプ起動押釦併設）を設けている。

使用水量 400ℓ/min

3. 必要水量

トンネル内で火災が発生した場合、その初期消火に必要な時間は約40分とし、2項で述

べた各機器が全稼働するものとして、下記の必要水量をトンネル地下水槽に貯水している。

表-3 必要水量(1分間当たり)

設備名	必要水量	計
消火栓	130ℓ×3カ所分	390ℓ
水噴霧	250ℓ×10組×2区画	5,000ℓ
ダクト冷却	70ℓ×40組	2,800ℓ
給水栓	400ℓ×2カ所	800ℓ
合計		8,990ℓ

貯水槽容量

$$9,000\ell/\text{min} \times 40\text{min} \times 1.1 \approx 400\text{t}$$

### 4. 配水設備

#### 1) 配水方式

恵那山トンネルの配水設備系統の概略は図-3のとおりである。

配水方式については、

- ① 立坑および斜坑内に高架水槽を設け、配水本管に配水する方式で、それぞれの配水系

毎に高架水槽を配置する案。

- ② 立坑、斜坑地下に加圧ポンプ、貯水槽を設けて配水する方式。
- ③ トンネルクレスト部より西側は加圧ポンプ方式、東側は高架水槽方式。などについて経済比較を行い、②案と決定した。

図-3 配水系統図

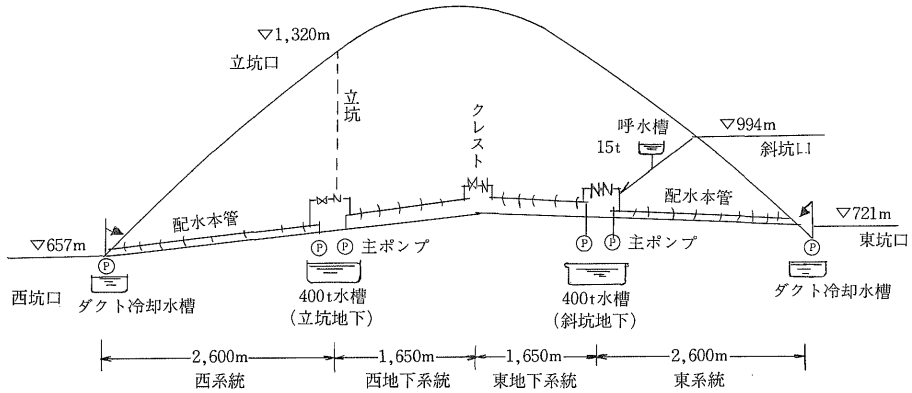
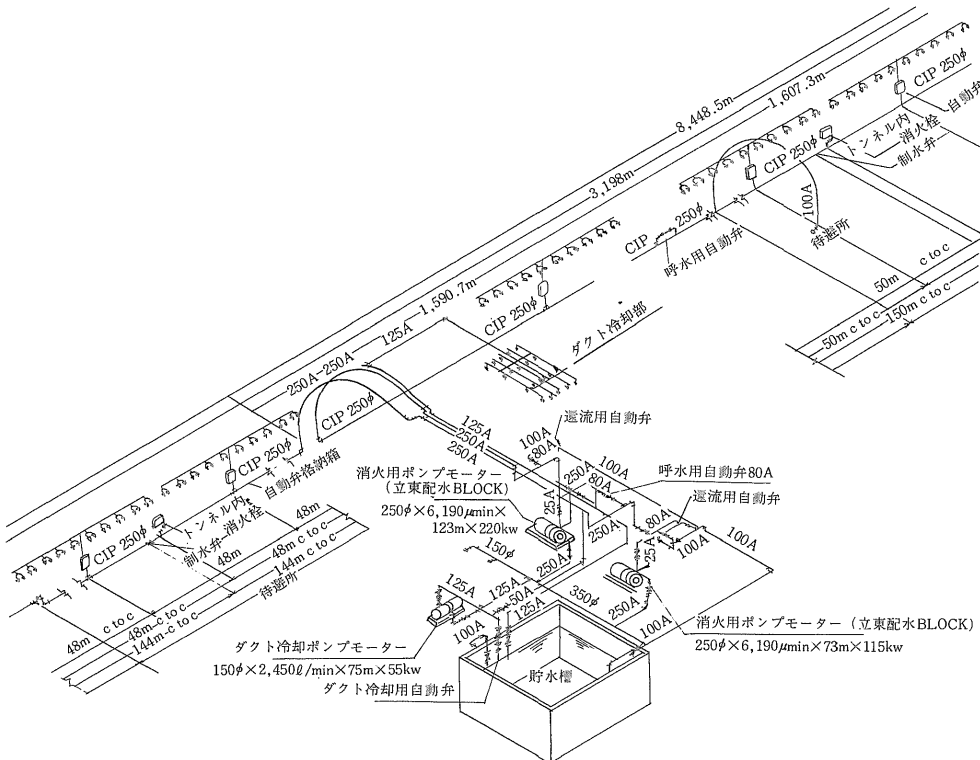


図-4 配水設備系統図(西地下系統)



本方式は斜坑途中にヘッドタンク (15t) を設け、全配水系統に平常は加圧を行い、火災発生時には該当する配水系の主ポンプを起動し加圧させる方式である。

平常時に水噴霧用自動弁を閉鎖の状態に保

つためには、常時 1 kg/cm<sup>2</sup>以上の水圧が必要であり、またトンネルまでに配水管がポンプの位置より上部にあるため、ヘッドタンクを必要としている。

図-5 トンネル標準断面図

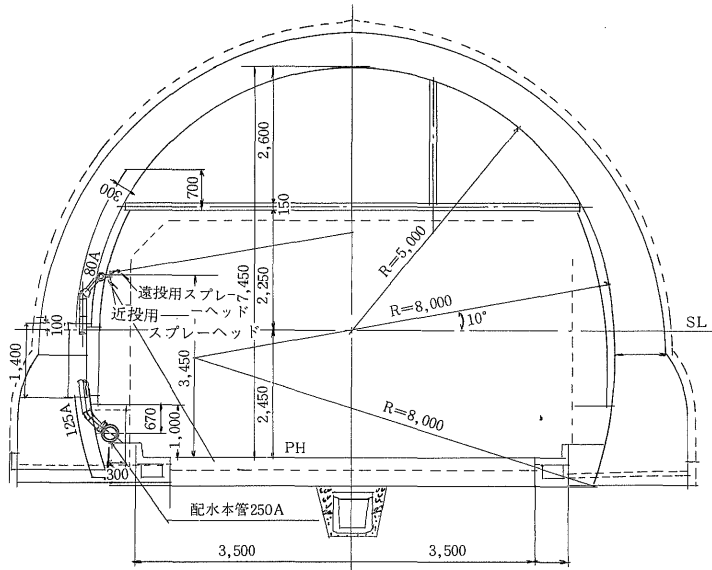


表-4 配水設備仕様一覧表 (恵那山トンネル)

設備	項目	型 式	仕 様	設 置 場 所	設置数量
加圧・ポンプ	渦 巻 ポンプ (プロセスポンプ)		250φ×6,190ℓ/min×73m×115kw	西地下換気所ポンプ室	1台
			250φ×6,190ℓ/min×123m×220kw	〃	1台
			250φ×6,910ℓ/min×108m×220kw	東地下換気所ポンプ室	1台
			250φ×6,440ℓ/min×118m×200kw	〃	1台
配 水 本 管		ダクタイル鋳鉄管	250mmモルタルライニング	トンネル監視員通路内	8,445.5m
制 水 弁		バタフライ弁	250φ×16K	〃	58個
バイパス弁		水圧・作動ピストン型	80A×16K	〃	2個
放 水 弁		水圧・作動ピストン型	80A×16K	〃	2個
ポンプ起動盤		屋内閉鎖自立型		各換気所ポンプ室	4面
電 路			CVケーブル	ピットおよび管路	1式
主 水 槽			400ton	西坑口換気所内	1箇所
			400ton	西地下換気所立坑導坑内	1箇所
			400ton	東地下換気所斜坑導坑内	1箇所
			400ton	東地下換気所斜坑部坑内	1箇所
呼 水 槽			15ton	東地下換気所斜坑部	1箇所
		FRP	5ton	西坑口換気所屋上	1基
		FRP	5ton	東坑口換気所屋上	1基

2) 防災設備に用いる配管

(JWWA G 110, 111 1970)

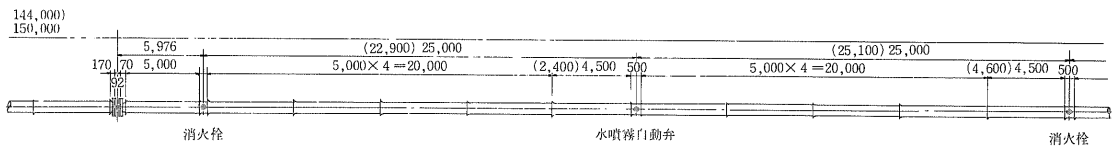
(1) 配水本管

防災設備の各機器に配水を行う重要な配管で、トンネル全延長にわたり布設している。本管には、故障またはメンテナンスを容易にするため 150m 間隔に制水弁を設けている。

管 材 モルタルライニング、タイトン形ダクタイトル鑄鉄管250mmφ 第1種

接合方式 タイトン形ジョイント  
 常用圧力 12.5kg/cm<sup>2</sup>  
 制水弁 150mピッチに設置  
 布設場所 車道右端監査廊内  
 固定方法 5m直管、両端コンクリート支持  
 布設延長 8,445.5m

図一 6 配水本管組合せ図



(2) 配水本管の選定

トンネル内防災設備用配水管としては、水圧力、外傷、火熱などを考慮すれば石綿セメント管、ビニール管は不適当であるため、鑄鉄管と鋼管に限定される。

なお、両管種とも内面の経年変化防止のため、モルタルライニングおよびビニールライニングを施したものを採用することとし、鑄鉄管と鋼管の比較検討を耐久性、耐圧性、布設施工性、および経済性の観点から行った。

下記比較表によりモルタルライニングダクタイトル鑄鉄管は、工費、耐食性、耐久性、耐火性、施工性、および耐圧力の点でビニールライニング鋼管に優っている。抗張力において若干鋼管に劣るが、本工事では配水本管はすべて監査廊下に埋設するため本質的短所とはならない。従って、鋼管に比較して鑄鉄管の優位性が認められたのでダクタイトル鑄鉄管を採用することとした。

表一 5 鑄鉄管と鋼管の比較

項 目		ダクタイトル鑄鉄管 (モルタルライニング)	鋼 管 (ビニールライニング)
工 費 (円/m) 継手としては ● 鑄鉄管はタイト ンジョイント ● 鋼管はフランジ とする。	管 (円/m)	2,450	3,600
	継 手(円/m)	280	720
	施工費(円/m)	780	1,900
	総工費(円/m)	3,510	6,220
抗 張 力 (kg/cm <sup>2</sup> )	4,000	4,100	
耐 食 性	管	水道水スプレーによる 腐 食 量 (90日間) 0.0090g/cm <sup>2</sup>	同 左 0.0360g/cm <sup>2</sup>
	ライニングの 剥 性	腐 食 量 (360日) 0.07mm	同 左 0.130mm
耐 久 性		約40年	約25年
耐 火 性		強 い	弱 い
施 工 性		鋼管に優る	やや劣る
常 用 耐 圧 力 (kg/cm <sup>2</sup> )		12.5	10

注) 1. 管径は 200mm の場合とする。 2. 昭和47年 3 月の比較である。

(3) 水噴霧配管材の選定

水噴霧配管材としては、250A、150A、125A、100A、80A、と多種にわたりトンネル内全域に布設している。管材料の選定については、過去、高速道路のサービスエリア（大津・牧の原）で亜硫酸ガスなどの影響による内外面腐食が布設後6～7年で報告されている。

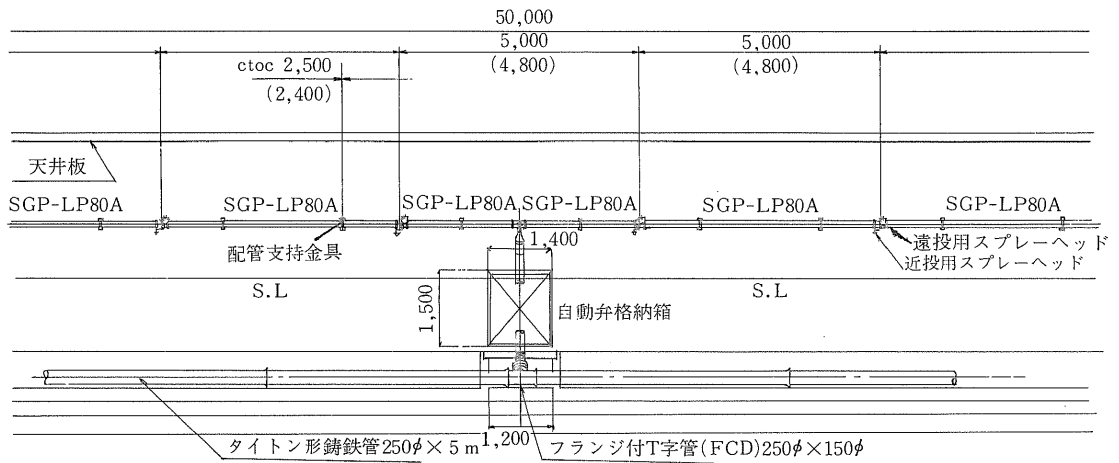
道路が供用されると、工事、補修のため閉

鎖することは非常にむずかしく、費用も多大となるため、本トンネルでは亜硫酸ガスなどによる鋼管の外面腐食ならびに水による内面腐食を防止するために、SGP亜鉛メッキ鋼管に比較し若干割高となるが、内外面樹脂ライニング管を採用することとした。

外面 ポリエチレン

内面 タールエポキシ

図-7 水噴霧配管詳細図(正面図)



5. 配管の布設工事

1) 配水本管の布設

配水本管の布設工事は、接合方式がタイトンジョイント方式であるため作業は簡単で、

25mピッチの消火栓、水噴霧用自動弁への立上り分岐であるフランジ付T字管の接合並びに切管など、複雑な作業を含めて1日約250mの施工実績をあげている。



写真-5 鑄鉄管布設状況

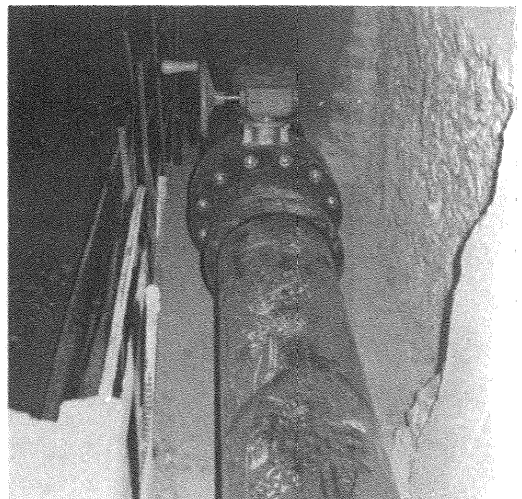


写真-6 制水弁取付状況



### 鋳鉄管布設作業(1パーティ)

配管工	2名	} 直接の布設作業員
手元	1名	
配管工	1名	} 接合、切管、加工準備
手元	2名	

### 使用器材

- ① 6tトラック簡易クレーン 3t付き 1台
- ② 4tトラック簡易クレーン 2t付き 1台
- ③ 1tチェンブロック 1台
- ④ 切断機 1台
- ⑤ ワイヤロープ、接合材料 1式

### 2) 配水本管の固定方法

トンネル用配水本管の固定方法については過去東名、中央高速道路においてはコンクリート充填方法を採用していたが、維持管理段階での地山の動きによる鋳鉄管の破損が発生し、この補修工事でその位置の探索と斫り作業に長期間を必要とし、その間防災設備が使用不能になるという苦い経験を得たので、本トンネルでは建設時に考慮することとし、工事費が若干高くなるが図-8のような布設方法を採用することとした。

この方法は、事故があれば直ちにその位置が発見され、上部コンクリート盤を破壊し補修が容易に行える長所がある。

図-8 配水本管布設図

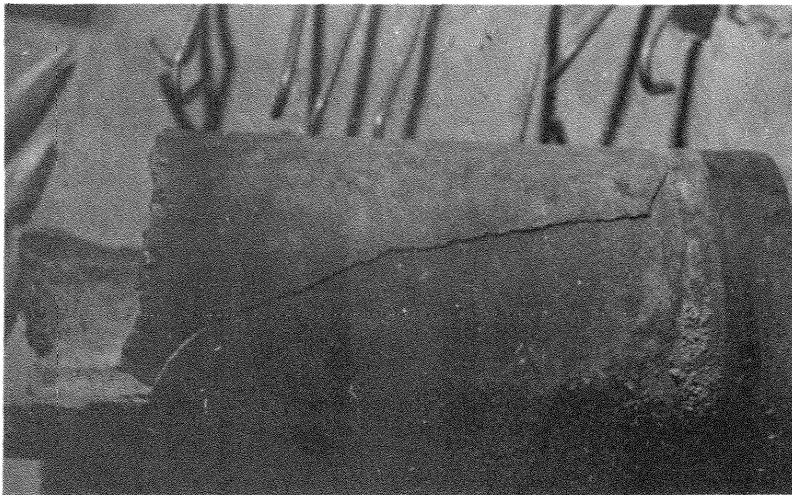
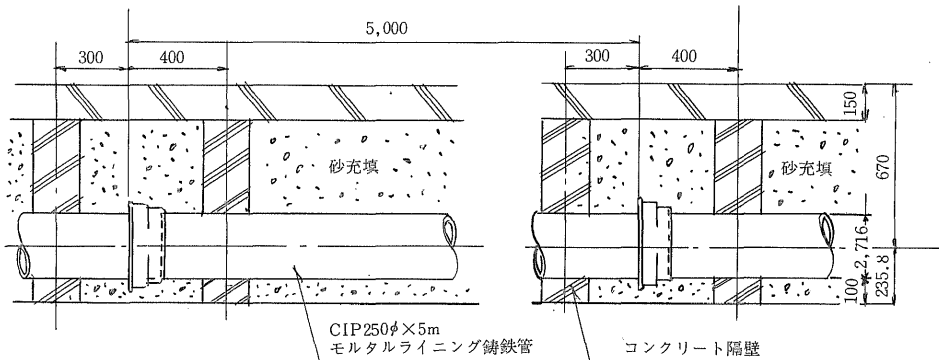


写真-7 配水本管の破損状況

### 3) 水圧試験

配水本管の布設が完了した区間については、制水弁取付け区画毎(150m)に水を満水し、10日間経過したのち漏水状況を調査のうえ、異常がない区間について水圧試験を実施している。

水圧試験の実施方法は、制水弁区画の5カ所分、延長750m毎にエア抜キバルブおよびポンプ配管を接続し、17.5kg/cm<sup>2</sup>の水圧をかけこれを60分間経過後、圧力低下がないことを確認している。

### 4) 凍結防止対策

冬期間における恵那山トンネル両坑口の気温は、氷点下10℃を越えることがしばしばあ

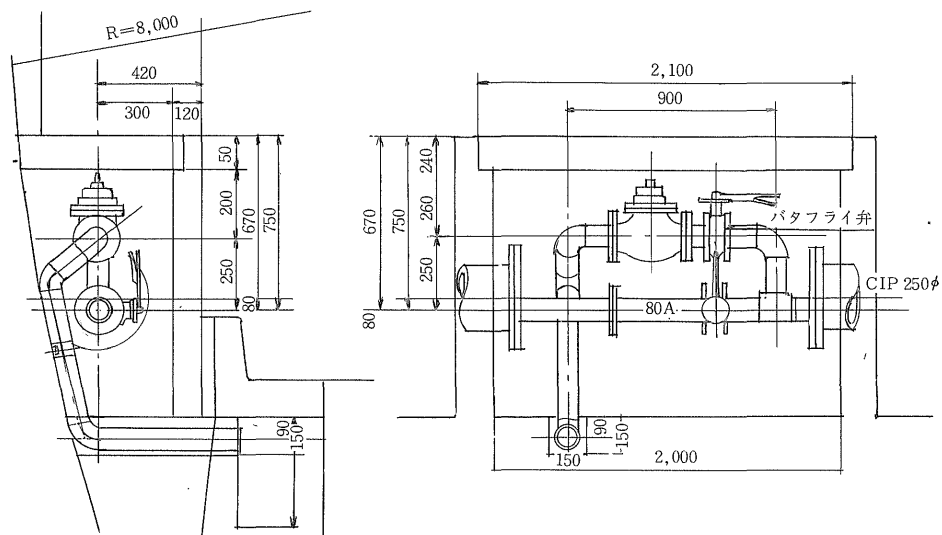
る。この凍結防止対策として、自動弁函にはパネルヒーター(AC 200V-100W)を取付け、断熱材で隔離し保温している。

消火栓などの配管は、テープヒーター(AC 200V-45W)を巻きグラスウール(厚さ20mm)で保温している。

配水本管については、砂埋めにするが凍結が予想されるので、配水本管末端に自動弁を設け冬期間放流することとした。なお火災発生時は、火災信号により放流用自動弁は直ちに閉じる方式としている。

水源はトンネルからの湧水(採水量はトンネル延長300m毎に毎分1.2m<sup>3</sup>)を利用するために不足する心配はない。

図-9 放流用自動弁装置



### おわりに

本工事は、昭和48年末の発注で例のオイルショックによる諸物価高騰の時期に行われ、資材の手配と価格の面で折合いがつかず、大変な苦労をした思い出が残っている。

公共事業抑制の中で、当恵那山トンネル工事は順調な進捗を辿り、この8月には待望の供用開始となり、一般の方々に日本一の姿を

披露することとなるが、利用者の方々に事故などが発生しないように安全運転を徹底していただくと共に、万一10年に1回といわれているような火災事故が発生した場合、直ちに防災設備の諸機器が十分に機能を発揮し、大事故を未然に防ぐことを工事に関係したひとりとして祈らざるにはおられない。