

5-2-2. トンネル設備・施設

(1) 換気設備

1) 比較代替案

調査団は当初下記の4案を対象に概念的に比較し換気設備を決定する考えでエジプト側と協議した。

- A. 横流式換気システム
- B. 半横流式換気システム
- C. たて坑シャフト併用換気システム
- D. ジェットファン換気方式

その結果、D案は、天井部のクリアランスが低くなる大型ファンがとりつけられず、中型ファンでは設置間隔が短くないなり不可能であると判断された。

C案は、すでにたて坑も埋戻しされており、世界的に例も少なく、その効果について解析しにくい点を理由に廃案を提案した。AとBの比較では、火災時の対応では横流式がすぐれており、A案を採用するよう提案した。

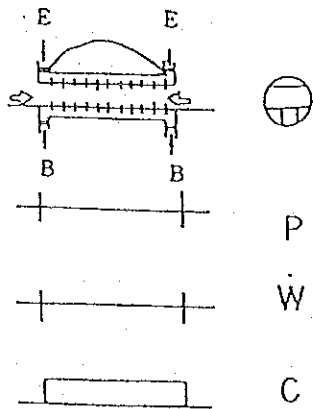
これに対し、S. C. A. は、半横流式は受け入れる気はないが、しかしながら、横流式にも難色を示し、

- 天井板とトンネル頂部とのスペースが狭くなり歩きにくい。(日本ではほとんど歩かない)
- 天井板がないと、かえって移動ハシゴ車1台でトンネル内のクラックの補修に便利である。

この理由から、横流式とたて坑シャフト排気方式の検討結果をふまえて結論を出したいと提案した。

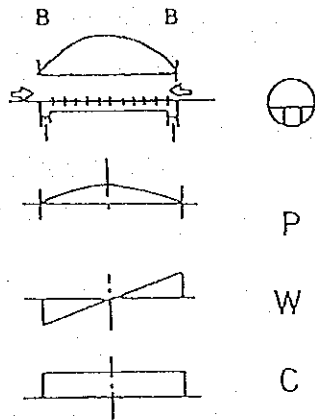
このため、A. B. C. の比較案について検討した。

比較代替案



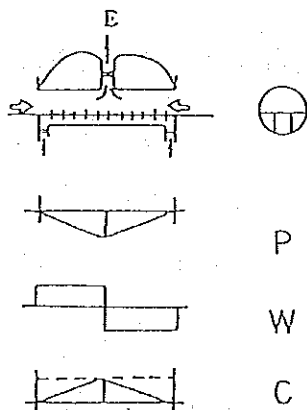
A. 横流式換気システム

最近のPIARC 規準 (1987) により、最大換気量を求めると、ダクトが縮小しても現在の設備が利用出来ると判断された。



B. 半横流式換気システム

1990年に「日知化学」が提案したもので、天井板の廃止により、最も経済的な換気システムとなる。



C. たて坑併用換気システム

今回S. C. A. が主張したもので半横流式換気システムとの併用により、トンネル中心部で局部的にガス濃度が増すことを解消することを目的とした案である。

ここで、

P : トンネル内風圧

W : 風速

C : ガス濃度

2) 横流式換気システムの提案

帰国後、S. C. A. 提案の“たて坑併用換気システム”の研究結果、下記の理由によりこれも推薦出来ないとした。

a. 技術的検討

- トンネル内の風速測定によれば、西のカイロ側は比較的線形が直線に近いめか 3.0m/sあり、東のシナイ側はカーブしているためか1.5m/sであった。この事実から、確かに、トンネル中心部の東側はガスの局部集中が発生しやすい傾向があると認められる。しかしながら、トンネルの換気口の調整により解決可能なものであり、たて坑建設の根拠にはならない。
 - たて坑の予定位置はトンネル中心より西側へ 200mずれた点であり、トンネルの最深部真上ではないので最良の位置とはいえない。しかし将来のスエズ運河の拡巾計画から考えると、これ以外のたて坑位置は提案出来ないことも事実である。
 - 半横流式の排気は走行車によるトンネル断面からの排気であるが、2方向2車線トンネル内の排気流の分析は不可能である。仮りに両側に等分排気されるものとするればその風速は約5m/sと試算され、10m/sec 以下であるので、特にこの点からもたて坑を設けて、風速を緩和する必要がみられない。
 - 火災発生時にはエントツ効果が現れ、トンネル両坑口より空気を吸う携行となる。これは必ずしも良い効果と判定出来ない。
- ただし、火災の消化後の排煙にはたて坑からの排煙はそれなりに効果が認められる。

b. 経済的検討

たて坑併用換気システムの建設費は約1億5千万円と概算された。その内容は以下の通りとなる。

-パイロットシャフトの掘削 (1,100m ³)		
φ6.0m、33m 深さ		5,200,000 円
-たて坑内面の内装費 (700m ²)		10,400,000 円
-天井部ガイドダクト (200m)		15,200,000 円
-排気塔 (30m ² ×20m)		60,000,000 円
-既設ファンの移動 (2台/30日)		6,000,000 円

—制御システム

*受電盤／配電盤	10,000,000 円
*変圧器	5,200,000 円
*電力制御盤／管理盤	15,200,000 円
*分岐盤	4,000,000 円
*11KV ケーブル	10,000,000 円
*設置、調整費用	8,900,000 円

計 150,000,000 円

この費用は、横流式採用の場合の1億2千万円に相当するもので、トンネル利用者に対するサービスレベルは横流式より劣り、かつ既存施設の半分を廃棄することも考慮するとその評価損は2億円を超えるため、推薦出来ない案といえる。

一方、下方ダクトからの換気による半横流式システムについても、火災時の欠点を補う案として、

—天井部に火災時専用排気ダクト（変形コンクリート方式又はパイプ方式）を設ける。

—給気口の位置を地覆部より立上げて歩廊上部より給気し、火災時には逆転運転によりトンネル上部の煙を排気する。

等が提案されたが、いずれも実績が少い案のため実施案として提案することはさけた。

以上の検討を経て、火災時の排煙に不安のない横流式換気方式をトンネル改修後の換気方式と決定した。ただし、当面の交通量を配慮して、常時は換気ファンを停止しての事実上の半横流式運転で充分処理出来ることを提言することにした。

ここで、横流式のための天井板の建設費用は下記の内訳となっている。

—鉄筋コンクリート	(1,000m ³)	25,000,000 円
—現場工場型わく	(20,000m ²)	6,000,000 円
—ハンガー、ビーム吊具等	(500ton)	75,000,000 円
—現場内運搬・架設	(3,000ton)	5,680,000 円
—その他の材料等		5,000,000 円

計 117,280,000 円

3) 最大風量変更にもなう換気ファンの調整

トンネル改修後の換気設備は最大給気量 $616\text{ m}^3/\text{sec}$ から $410\text{ m}^3/\text{sec}$ に変更される。
その方法は、ファンの羽根角度を調製することによる。

項 目	現 在	改 修 後
最大給気量	$616\text{ m}^3/\text{sec}$	$410\text{ m}^3/\text{sec}$
ファン1台当り	$77\text{ m}^3/\text{sec}$	$51\text{ m}^3/\text{sec}$
ファンの風圧	2400 Pa	$2,400 \times \left(\frac{51}{77} \right)^2 = 1,052\text{ Pa}$
縮少ダクト下の風圧	—	$1,052 \times \left(\frac{0.72}{1} \right)^2 = 2,147\text{ Pa}$

現在の羽根角度 $23^\circ / 20^\circ$ を $14^\circ / 12^\circ$ に減少することによりファン1台当りの負荷を少くしダクト断面の減少にもなう風圧上昇を制御することができる。

今後の詳細設計において、ファン並列運転作動線図等を作成し、換気・排気口の位置等も合わせて詳細検討することになる。

5-2-2 (2) 天 井

1) 目 的

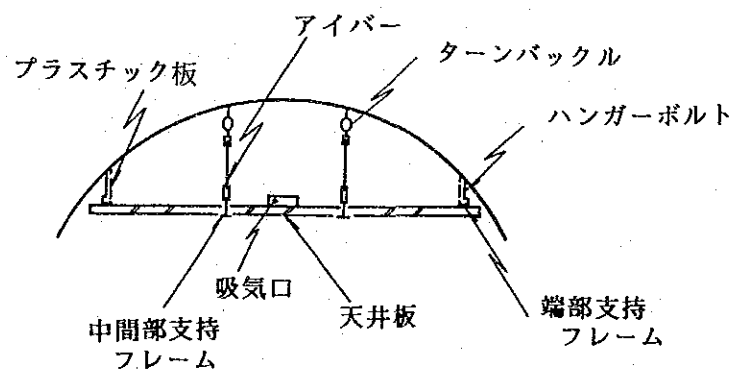
横流式換気方式における排気ダクトとして、天井板を設けることとする。

2) 天井構造の主要仕様

天井の構成要素は以下の通りである。既存の構成要素と、今回提案の構成要素と対比して記述し、備考欄にその変更理由を記述する。

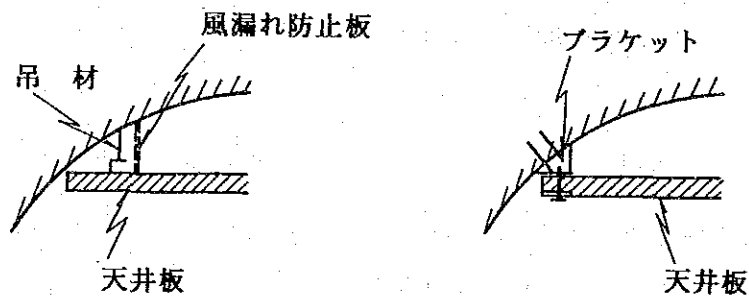
		既存天井	今回の天井	備 考
天井版		プレキャストコンクリート板 (85mm厚)	プレキャストコンクリート板 (85mm厚)	同一仕様、新しい寸法に合わせて、製作する。
金 具 類	中間部 吊材	ターンバックル とアイバー	ターンバックル とアイバー	ターンバックルは既存物使用、アイバーは新規製作
	端部吊材	ハンガー用 ボルト	ブラケット	形式の変更
	中間部 吊材	C T 鋼使用	C T 鋼使用	同一仕様、ただし、コンクリートが付着しているため新期作成する
	端部 支持フレーム	Angle 使用	ブラケット	形式の変更
側面の風漏れ 防止板		プラスチック板	必要なし	形式の変更
吸気口		製缶構造	製缶構造	既存物を使用する

名称の説明



3) 仕様変更箇所と、その理由

ライニング内側と天井板の端部との間に生じている空間に対し、現在、風漏れ防止用板として、硬質のプラスチック積層板が使用されている。しかし、この材料は耐火性に劣るため、この材料を使用することを避けることとし、同時に、端部の支持方式を変更し、気密性の保てる構造方式を提案することとする。



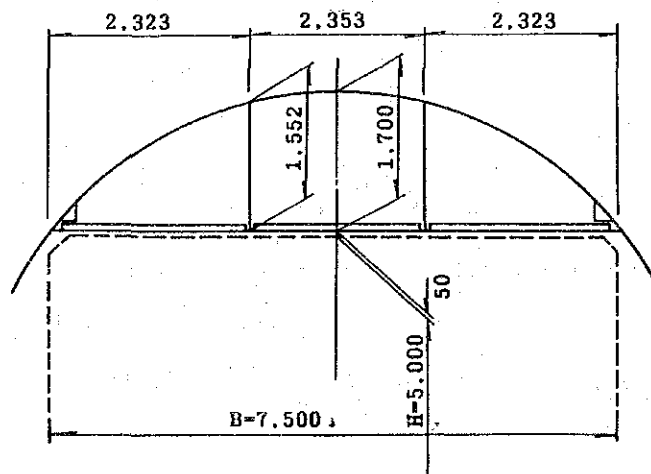
天井板の端部の支持方式の変更図

また、この方式は気機密性への施工が簡単であるばかりでなく、天井板の揺れに対して安定していること、さらに、隅部の換気面積が既存のものに対して、広く有効に利用出来るなどの長所を有している。

4) 天井板の配置

a. 天井板の高さ

天井板の高さは、道路中心（中央分離帯の中心）における建築限界である路面よりの路離5.0mに対して、50mmの余裕をとるものとする。



天井位置図

b. 天井板の支持位置

天井板の重量が均一になる。ほぼ3等分点にて、支持する。

5) 天井裏構造物への点検

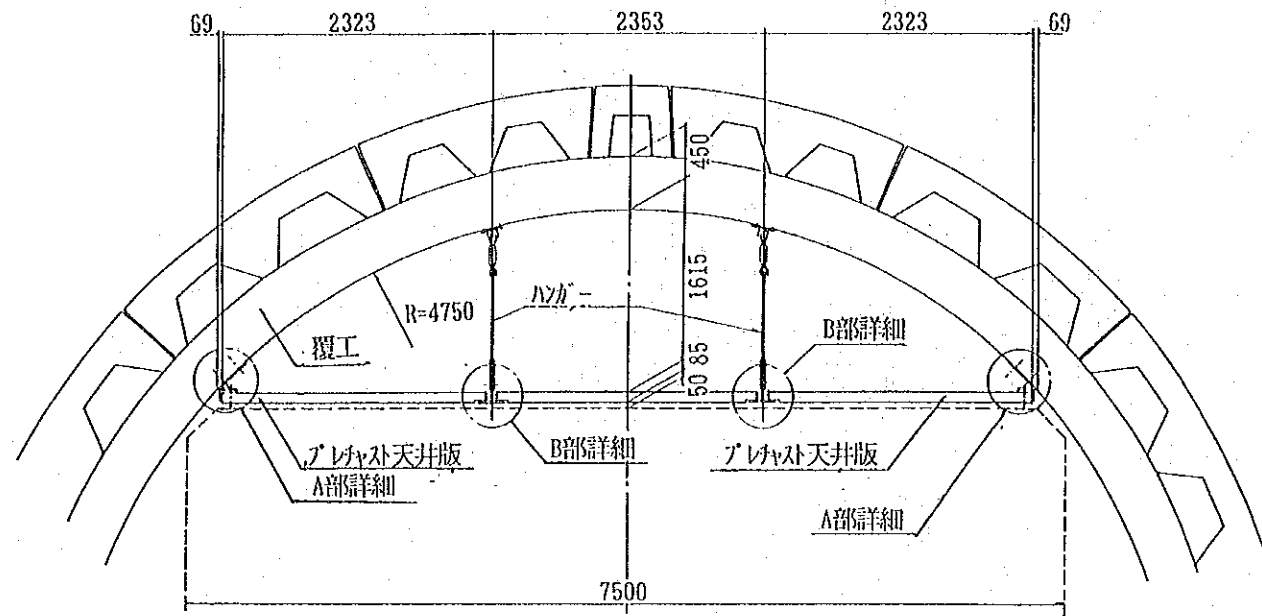
a. 点検対象

点検対象は天井の構成部料であり、下記の通りである。

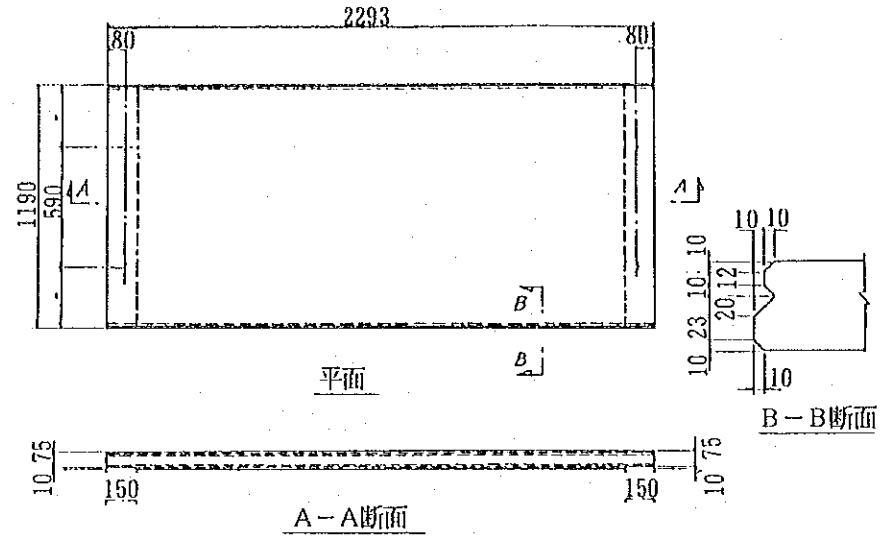
- ① ライニング材 鉄筋コンクリート材
- ② 天井板（含む、継手部）
- ③ 吊材
- ④ 支持フレーム 鋼材
- ⑤ 吸気口

b. 点検車

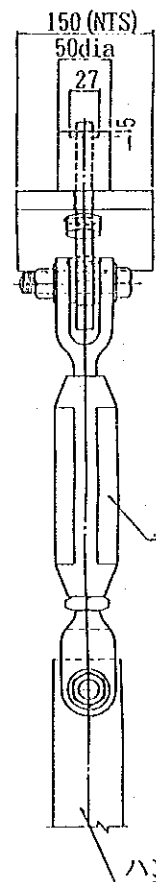
ライニングの増設により天井裏の空間高さが低くなり、最高高さは、約1,550 mmとなり、点検者の歩行に対して、制約を与えることになる。従って、本計画では、型鋼による、レールの設置と、人力式（自転車方式）の点検車の設置を行い点検作業が楽に行えることを計ることとする。



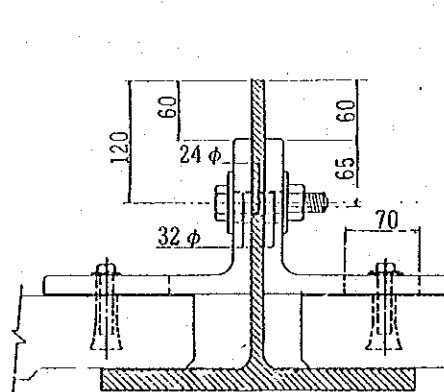
支持フレームとハンガーの位置



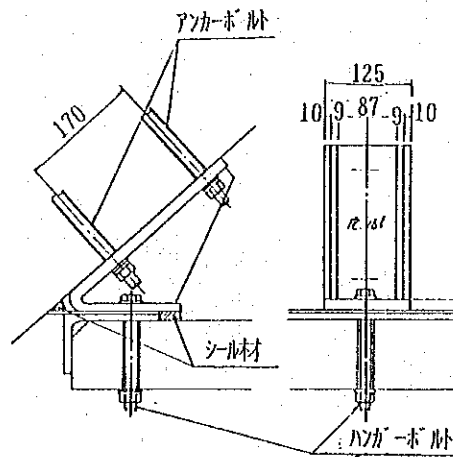
中央部プレキャスト天井版



ハンガー中央部

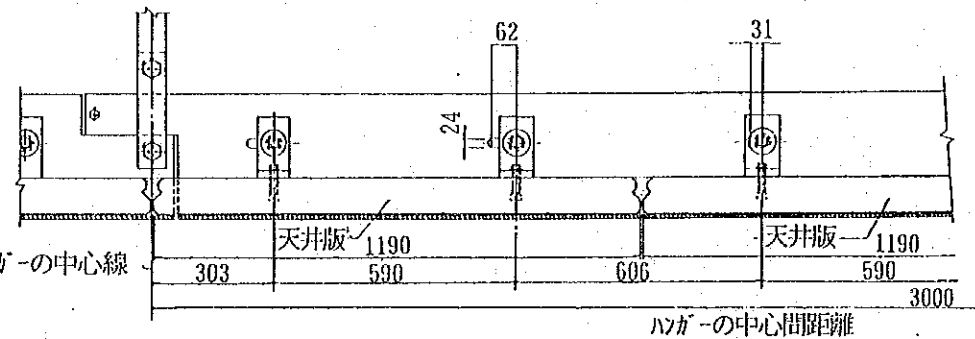


B部詳細

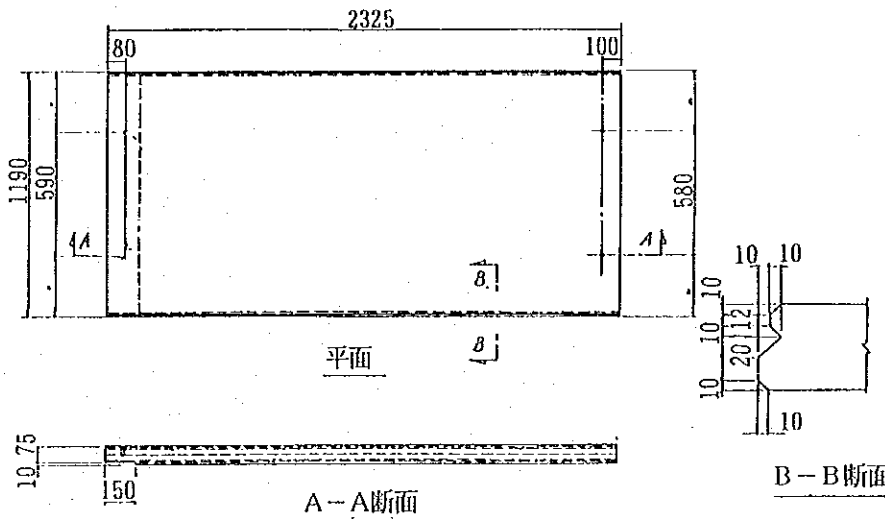


A部詳細

調整用ケーシング
35kw荷重



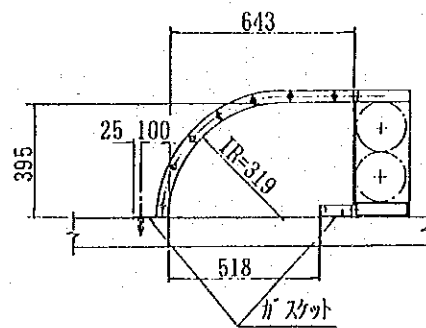
ハンガーの配置



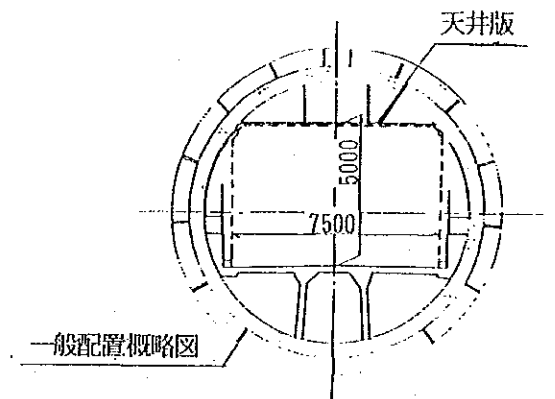
端部プレキャスト天井版



点検用簡易車両



風漏れ防止板



一般配置概略図

AHAMED HAMDİ TUNNEL

天井版の構造と配置図

Scale	Date	Review
-------	------	--------

JICA

図-5.3.2(2)-1 天井版

5-2-2 (3) トンネル照明設備

1) トンネル照明

本体改修により機器の取付位置が変更となるため、機器取付金物及びトンネル内配線ケーブルの新規取替が必要である。照明器具は取外し時に於ける破損および長期間（3年）保管時の不備等により再使用可能数は全体（2500台）の50%程度と思われる。

また、照明用電源変圧器は監査路下部に設置してあるため、本体覆工により監査路下部が狭くなり現状復帰が不可能となる。

本トンネルの改修は、工事期間中も一般車両を通行させるため現状の路面照度は確保する必要がある。従って工事期間中の照明を別途計画すると現在の照明設備が必要となり工事費が非常に高価となるため、工事期間中の照明は既設照明を利用することが得策と思われる。（工事期間中に使用した器具は損傷がひどく、再利用は数%程度となる）

総体的に照明設備機器は、工事前に撤去し、大切に保管すれば再使用は可能であるが、上記事項を勘案すれば新規計画が得策である。従って、照明設備は以下に記述するとおり新規計画とするものとする。

2) 基本部照明

基本部照明は、現設計の路面輝度（8cd/m²）に基づき計画する。

3) 入口緩和照明

入口緩和照明は、現設計の野外輝度（6,000cd/m²）に基づき計画する。

4) 照明の光源

光源は、効率のよい低圧ナトリウム灯及び高圧ナトリウム灯を採用する。

5) 配電方式

配電方式は、既設受配電室に配電盤を設置し既設配電設備の3φ380Vにて配電する。

取付台数

$$1,700\text{m} \div 8\text{m} (= 212) \times 2 = 424\text{台}$$

向き合せ配列

取付台数

$$1,700\text{m} \div 8\text{m} (= 212) \times 2 = 424\text{台}$$

向き合せ配列

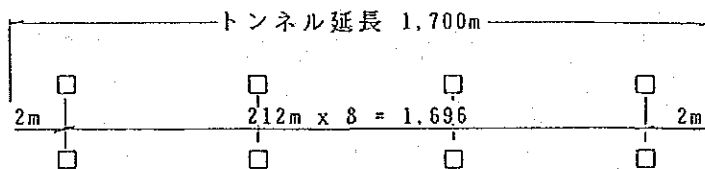
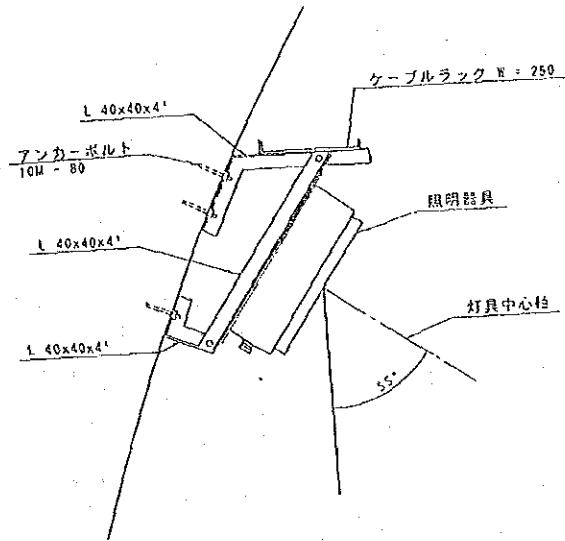
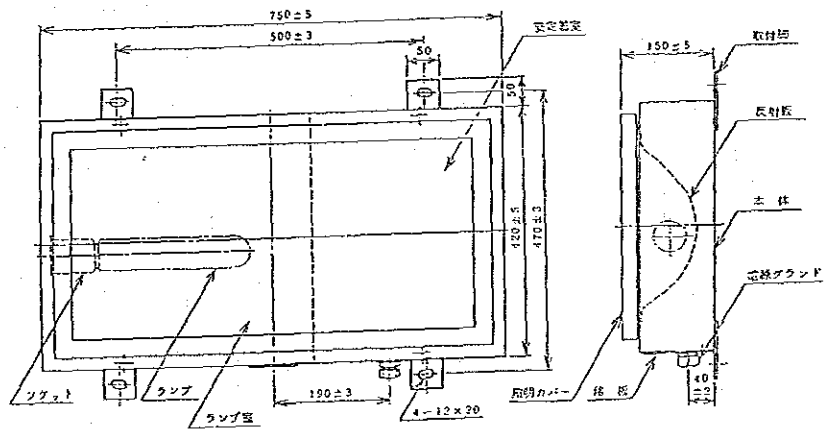


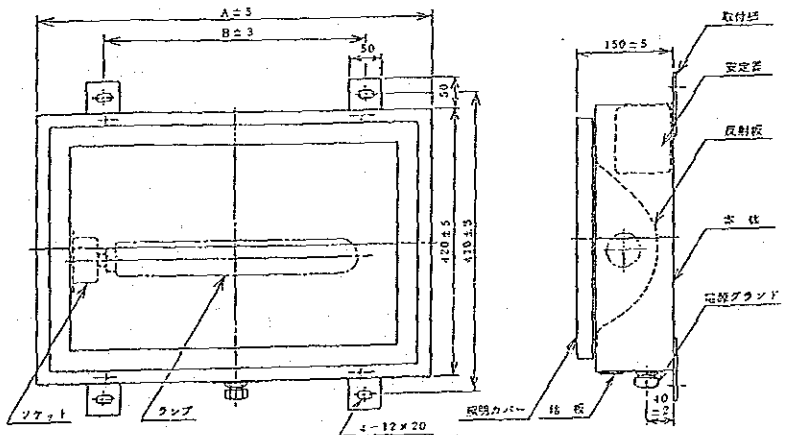
図-5.2.2(3)-1 照明設備の配列



高圧ナトリウムランプ用照明器具 (単位mm)



低圧ナトリウムランプ用照明器具 (単位mm)



K N X	035	055	090	135	180
A寸法	500	600	700	960	1310
B寸法	300	400	500	700	1000
照明器具	2以上		3以上		
取付部	4				

図-5.2.2(3)-2 照明器具

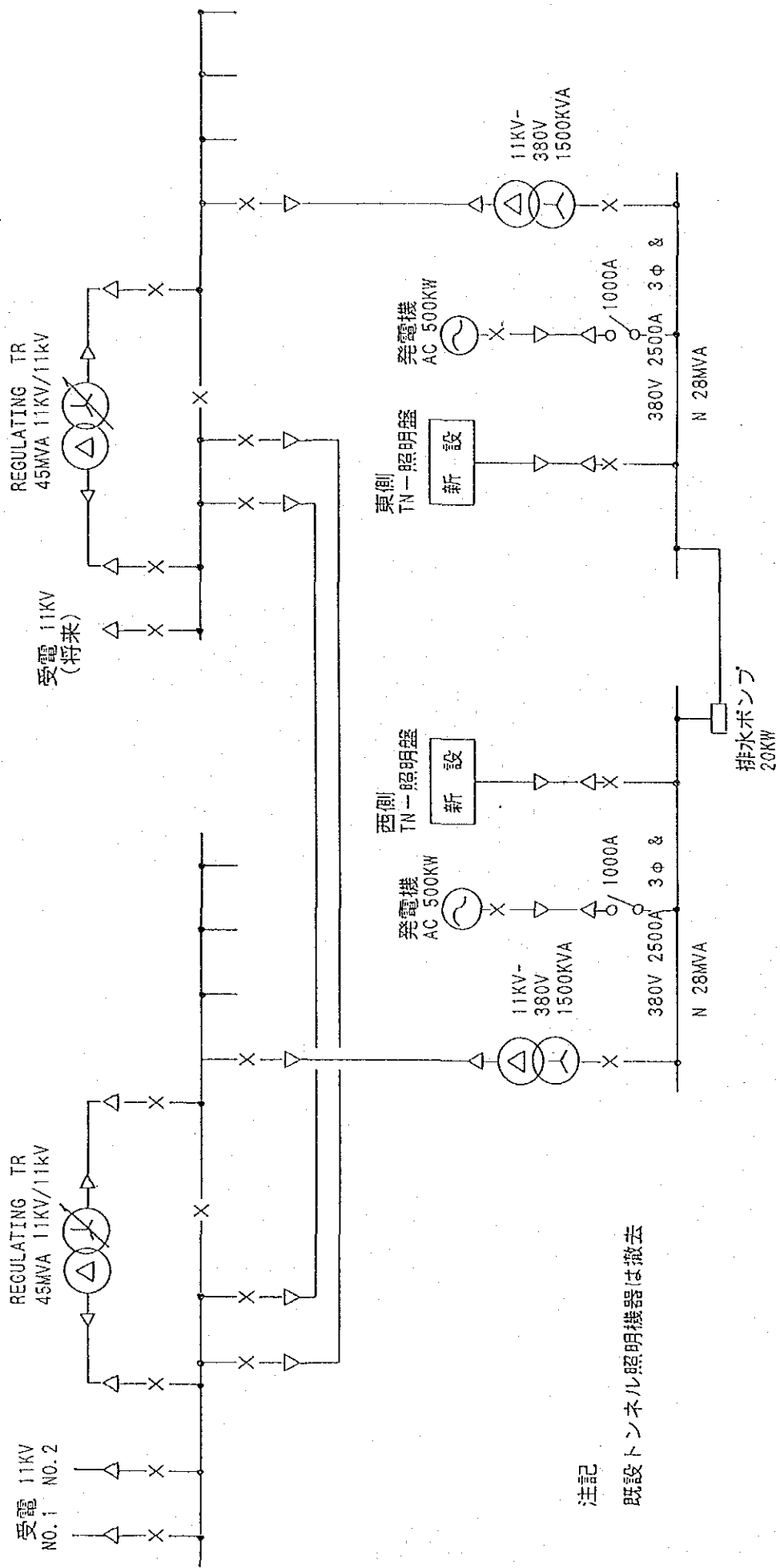


図-5.2.2(3)-3 配電系統図

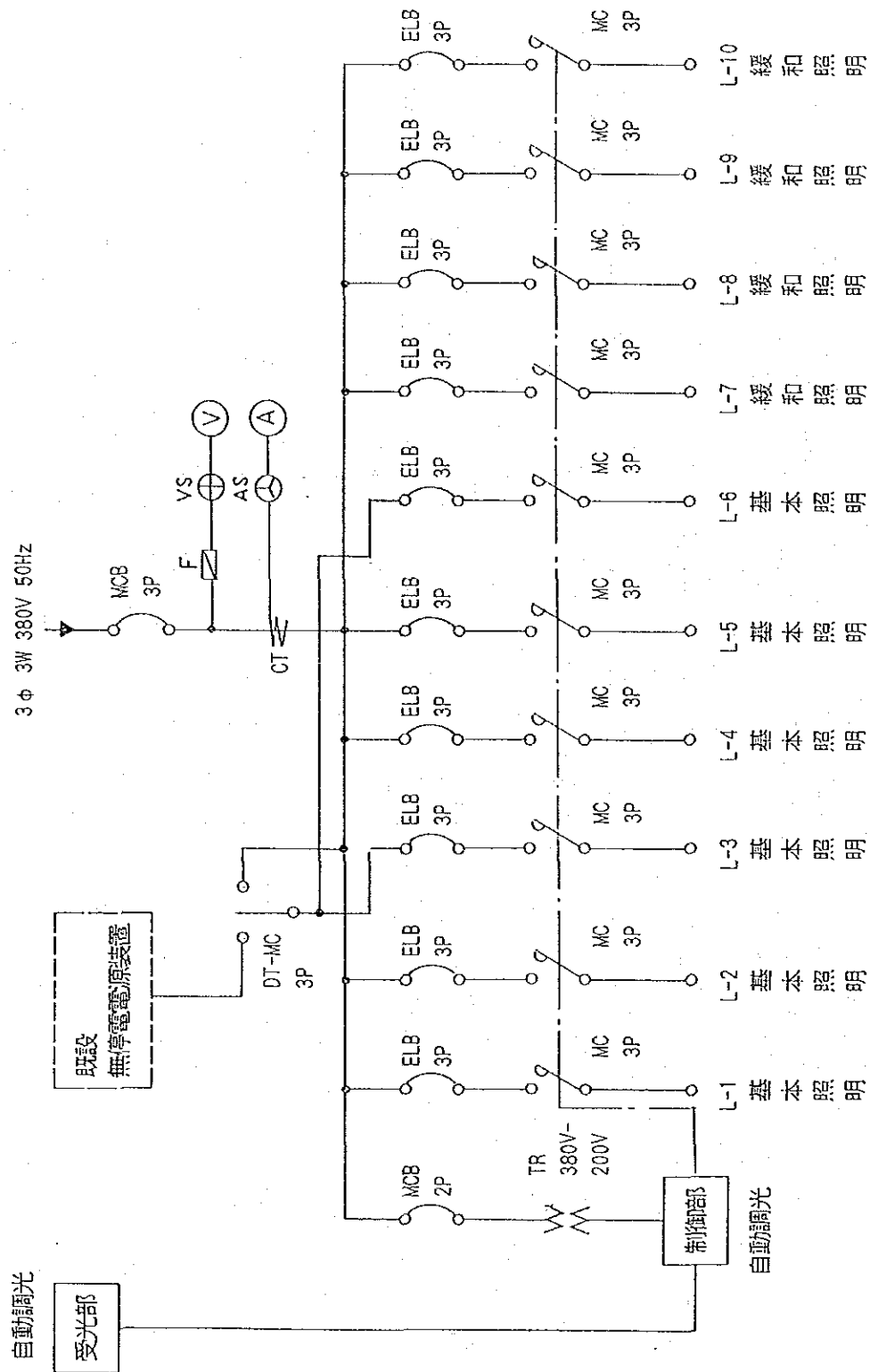


図-5.2.2(3)-5 トンネル東側照明単線接続図

5-2-2 (4) 内装版

1) 目的

既存の内装材はベークライトであり、トンネル内装材の耐火性から見ると、その必要条件が満たされていないと考えられる。従って、本項において、適切な内装材を検討する。

2) 現内装材の耐火性

a. 使用材料

下地： ベークライト

表面： メラミン樹脂コーティング

b. 原材料の燃性

日本の建築基準による防火材料の分類としては、

A. 不燃材料： コンクリート、れんが、瓦、石綿スレート、鉄鋼 他

B. 準不燃材料： 木毛セメント板、石膏ボード 他

C. 難燃材料： 難燃合板、難燃プラスチック板 他

以上の3つに分類されている。本材料は上記分類の中のクラスCに類するものであり、中でも、最も燃えやすい分類に入るものと考えられている。

c. トンネル内装材としての適格性

日本道路公団の設計要領によれば、クラスAの不燃材料のみが、トンネル内装材として、適格なものと規定されており、この意味では、本材料はトンネル内装材としてはその適格性を欠いているものであり、本材料の再使用は避けるべきと考えられる。

3) 内装材の検討について

a. 内装材の比較

トンネル内装材について本邦では実績のあるもののうちから、代表的な内装材を取り上げ次表に整理している。最初の5つの品目はトンネルライン内側に金物で固定する内装板であり、右端の例は、ライニングに直接塗装する案である。

上段に各種の性能比較、下段に各内装材の特徴を比較している。なお、ここで塗装

案については、次項に示すように本邦における最近の実績をベースして比較して結果フッ素塗装系を選定している。

b. 塗装系内装の検討

① 各種塗装系の比較

トンネル内塗装の必要条件は耐火性能、ガス有害性、耐薬性、洗滌回復性（塗膜硬度）、耐久性、（塗替えまでの年数の目安）を満足させることである。

下記に内装用塗装系について、その特徴を比較する。

樹脂系統	塗 装 工 程	洗滌回復	塗膜硬度	耐久性	施工コスト
特殊アハルマカゾン 塗料艶有り (水性塗料)	1. 下地処理 (ポリマー、セメント系) 2. アルカリシーラー 3. 水性塗料中塗 4. 水性塗料上塗	△	B	3年	◎
塩化ビニール 樹脂塗料 (艶有)	1. 下地処理 (ポリマー、セメント系) 2. 塩化ビニール樹脂塗料 3. 塩化ビニール樹脂塗料 4. 塩化ビニール樹脂塗料	△	HB	5年	○
ウレタン樹脂塗料 (2液型)	1. 下地処理 (ポリマー、セメント系) 2. エポキシ樹脂系シーラー 3. エポキシ樹脂系中塗 4. ウレタン樹脂系上塗	○	2H	8年	△
常乾型フッ素 樹脂塗料 (2液型)	1. 下地処理 (ポリマー、セメント系) 2. エポキシ樹脂系中塗 3. エポキシ樹脂系中塗 4. フッ素樹脂系上塗	◎	2H	12年	△

凡例 ; ◎印、優れている, ○印、良好, △印、可能

- 注記 ;
1. 硬度は鉛筆硬度を示す。
 2. 耐久性を示す。塗り替えまでの年数は一般のコンクリート構造物に使用した場合の実績を示す。トンネルライニングの場合にはライニングへの裏側からの浸透水の影響並びに高湿度中での作業の影響があり、耐久性は落ちることが予想される。
 3. フッ素樹脂塗料は、表面試験及びガス有害性試験（建設省規定による準不燃材のクラス）に合格している。

以上の比較、並びに、トンネル実績により、フッ素系塗料が優れているものと思われる。

② フッ素系塗装仕様

日本道路公団の実績を示せば下記の通りである。

・主要仕様

種 別	工 程	塗 料	標準使用量 (kg/m ²)
トンネル内壁 塗装工	素地調整	ポリマーセメント系塗料	1.00
	下塗り	エポキシ樹脂プライマー	0.15
	中塗り	フッ素系樹脂塗料	0.15
	上塗り	フッ素系樹脂塗料	0.15

注) 鋼表面(メッキ表面を服務)に同塗装仕様を適用する場合は
(変性エポキシ樹脂プライマー0.20kg/m²)、中塗り、上塗り
を使用する。

・機材性能

フッ素樹脂塗料の材料の品質は下記を満足するものとする。

項 目	規 格	摘 要
低温安定性	塊がなく組成物の分離、凝集がないこと	
初期乾燥による ひびわれ抵抗性	ひび割れが生じないこと	
付着強さ (kgf/cm ²)	標準状態	10.0以上
	浸水後	7.0以上
温冷繰り返し後の付着 強さ (kgf/cm ²)	10.0以上	
透水性 (ml)	0.5以上	
耐衝撃性	ひび割れ、著しい変形、はがれが生じない	
耐候性	ひび割れ、はがれがなく、変色がグレースケール3号以上であること	
表面試験	昭和51年建設省告示第1231号	
ガス有毒性試験	同 上	

③ 内装材の選定

表中の総合評価を参照して、技術的難点が少なく、経済的にも有利であるため、本邦において最も実績の多い無機質塗装硬質けい酸カルシウム板が適していると考えられる。ただし、歩廊部の前面プレキャスト板、並びに前面の鋼板に対しては、その施工性、経済性ならびに完成後のメンテ時の取扱いを考慮して、フッ素系塗装案を選定するのが適切と考えられる。なお有機質による火災時のガス発生に対しては、その使用量が少ないため、問題のないものと考えられている。

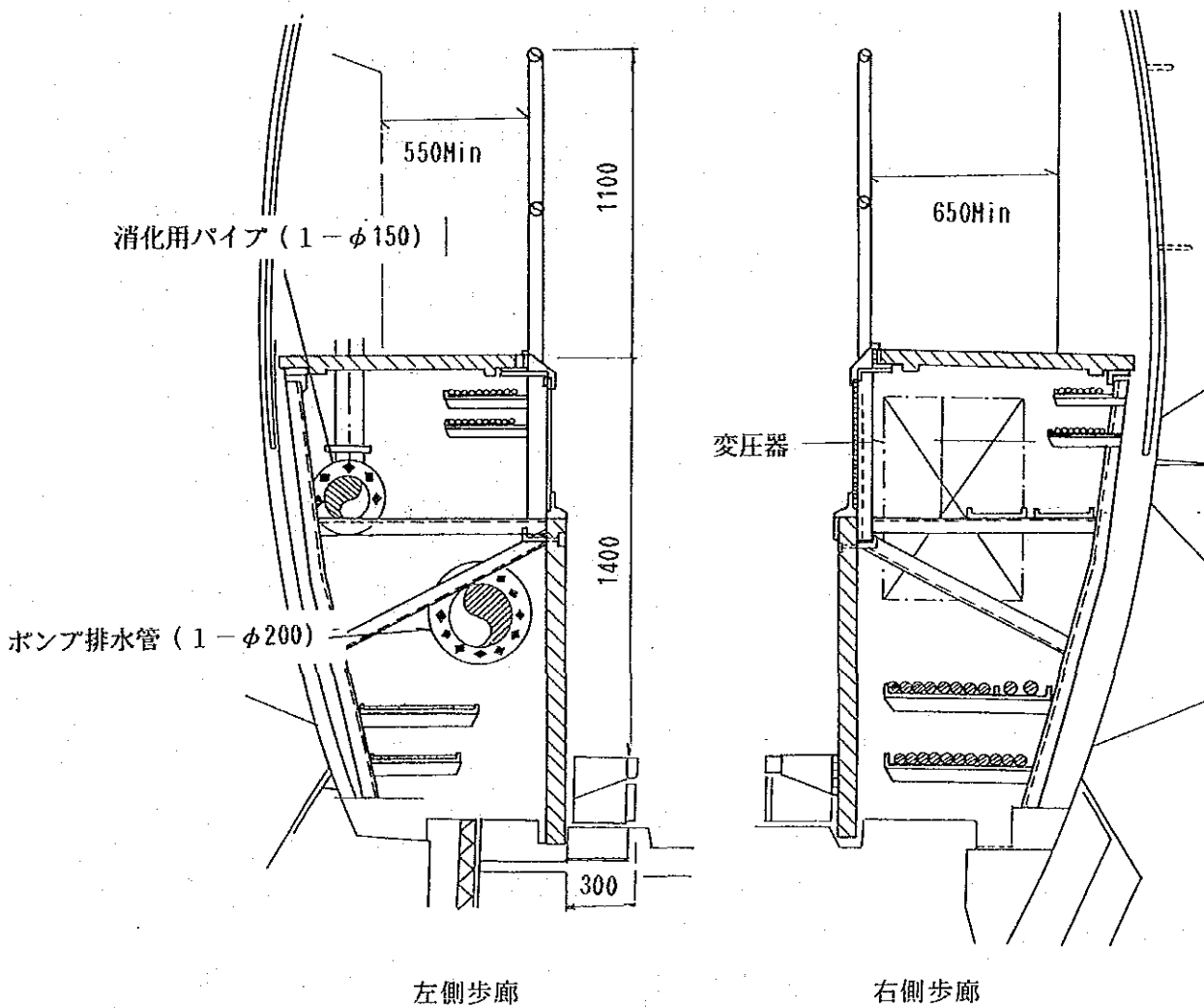
5-2-2 (5) 歩廊構造

1) 目的

補修工事による内側ライニングの増設により、歩廊部の構造と主要寸法の検討が必要になったものである。

2) 現状

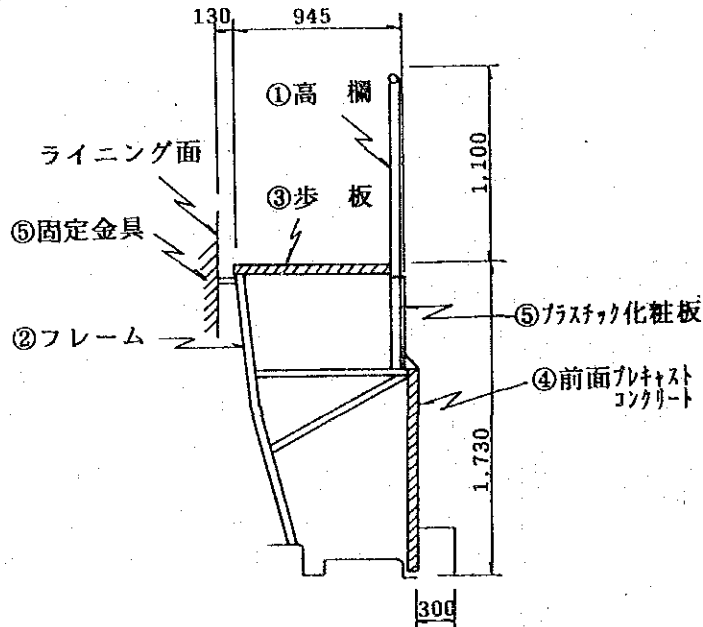
a. 現況



b. 構造

歩廊部は下記の部材により構成される。

すなわち、鋼製フレーム部材②により、歩廊部の重量並びに内部に納められているケーブル重量を支持している。



また、歩板③と前面プレキャストコンクリート④はいずれも、鉄筋コンクリートキャスト板である。また、フレーム②はライニング面と固定金具⑤にて、所定位置への調整と固定が行なわれている。

3) 今回の構造

a. 基本方針

構造の検討に当たって、基本的に既存構造をベースにして、歩廊デッキならびに前面板は取り外しの可能な構造とし、添架作業と点検作業の容易な構造とする。その理由は次の通りである。

一歩廊下に設けるケーブル類の類が通常と同程度の規模のトンネルに比較して非常に多い。従って、ケーブルトレイを支持するための段数が多段となり、下段部は極めて、狭隘箇所の作業となる。

一消化用水道管が布設されるため、定期的な点検作業が必要となり、その作業性へ

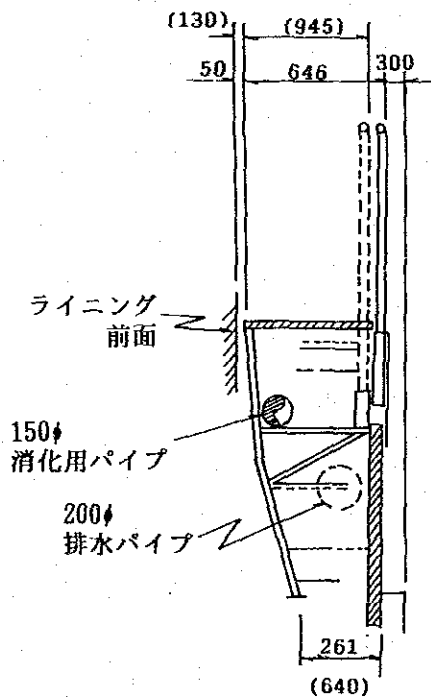
の配慮が必要である。

- 寸法の変更の必要のない、既存部材（高欄、縦方向部材、前面プレキャスト板等）は、その損傷部材を補充することにより、再利用が可能とする。
- いずれ他の構造（例；コンクリート）を使用しても、ケーブルトレイ受けならびに、水道管受けのために、本案とよく似た鋼製の支持フレームが必要になる。ただし、既存歩廊部前面に使用されているプラスチック板は、火災時の耐火性に問題があるため、薄い鋼板に変更する。

b. 構造

既存構造物との変更点とその理由は次の通りである。

左側歩廊



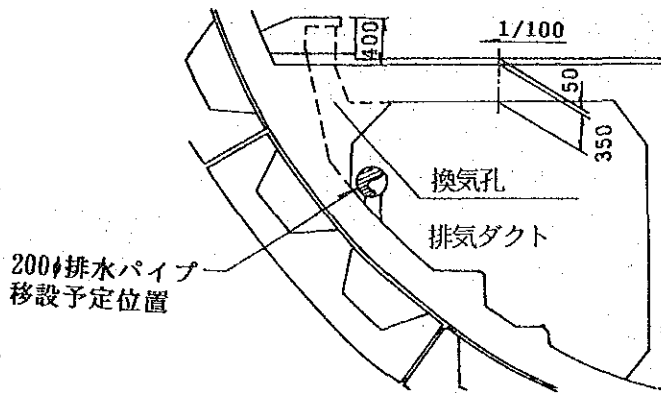
() 内：既存構造物寸法

：変更前の既存ケーブルトレイ部

：移設後のケーブルトレイ部

：既存排水パイプ

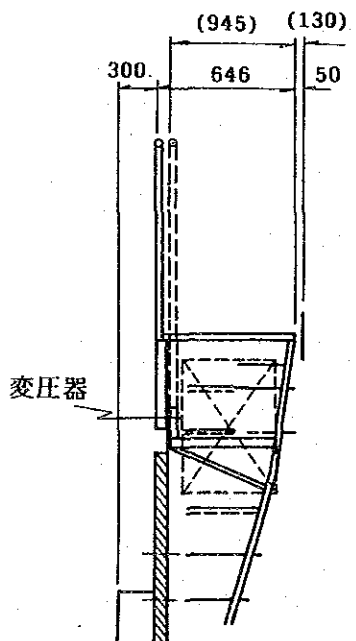
- ライニング厚450mmと建築限界巾7.5mを守り、出来る限り、歩廊巾を広くするために、ライニングとの固定部のスペース50mmにせよ、さらに高欄部前面をプレキャスト板前面に揃えて歩廊部巾として、646mmとする。
- 200φ排水パイプは、本スペースから、換気ダクトに移設し、ケーブルトレイ用のスペースとして確保する。



この移設により
既存と同じ合計
1200mmのトレイ
巾を確保している。

- 点線部のケーブルトレイは2重線部の位置へ変更する。
- 消火栓ボックスの来る位置では、歩行者スペースの確保が難しいので、手摺は取り除き、路面上に降りるための梯子を取付けることとする。
- 化粧用プラスチック板は、亜鉛メッキ鋼板に変更する。

右側歩廊部



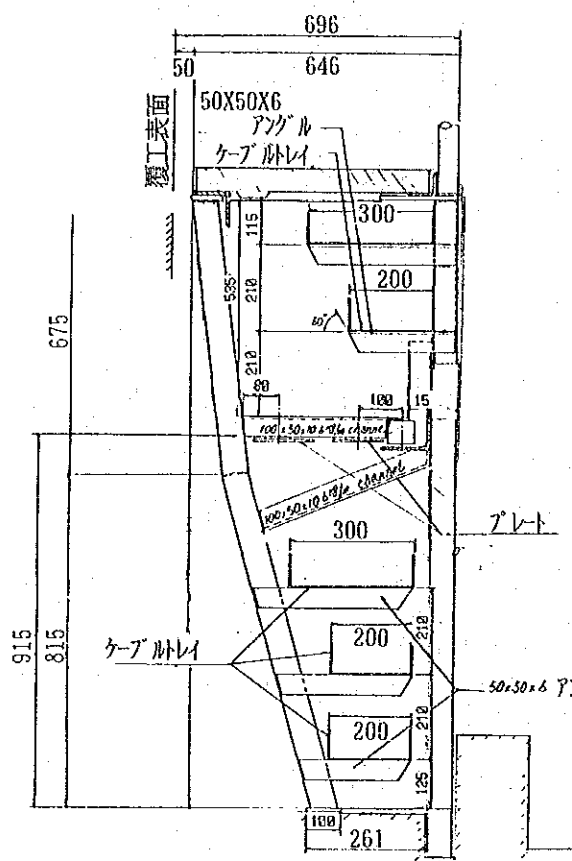
- () 内：既存構造物寸法
- : 変更前の既存ケーブルトレイ部
 - ===== : 移設後のケーブルトレイ部

- 左側歩廊と同じく、歩廊巾 646mmとする。
- 変圧器は本スペースから他に移設、ないしは、電気系統の変更により、トンネル

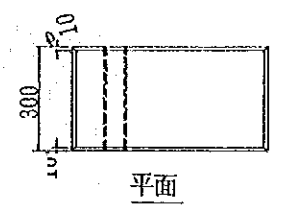
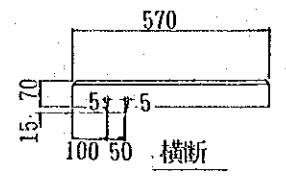
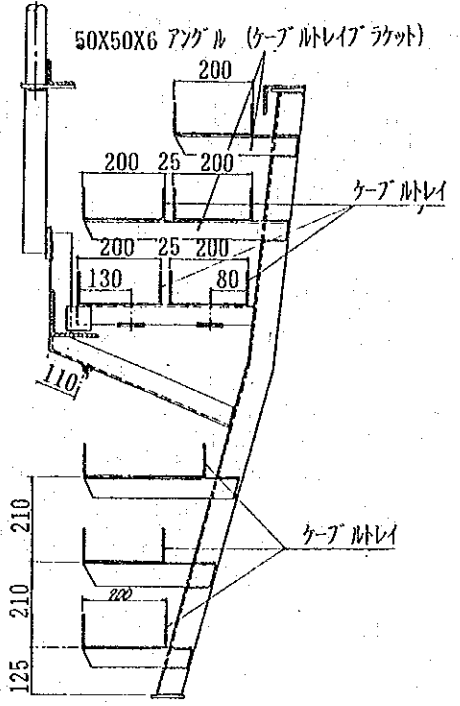
内での変圧器の設置が不要な方法が検討されているため、収納のための合計トレイ巾として既存巾と同じ1700mmを確保している。

-点線部のケーブルトレイは2重線部の位置に変更する。

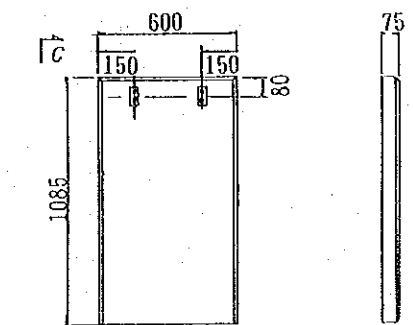
-化粧用プラスチック板は亜鉛メッキ鋼板に変更する。



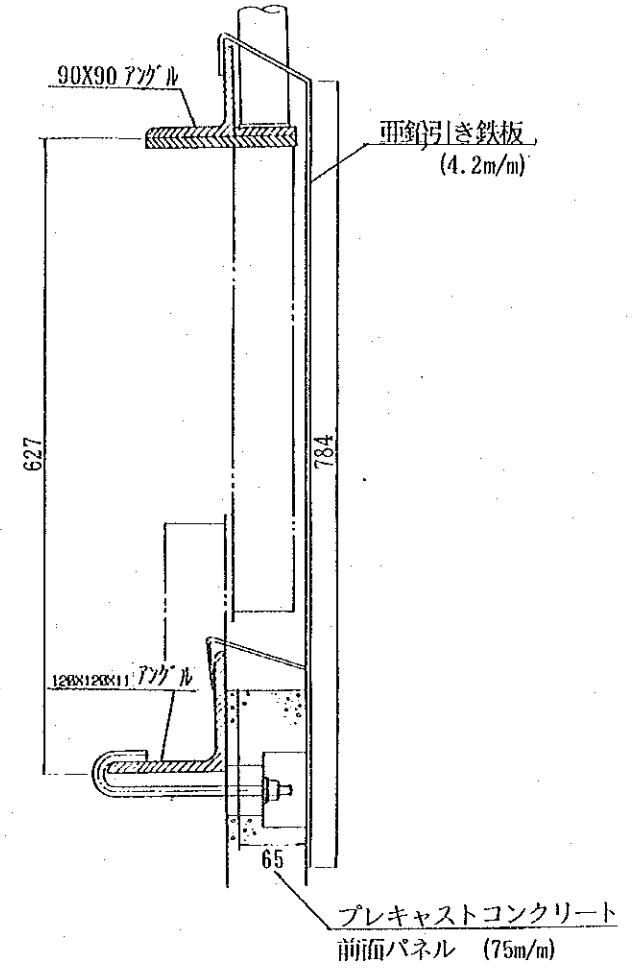
歩廊部フレーム構造一般図



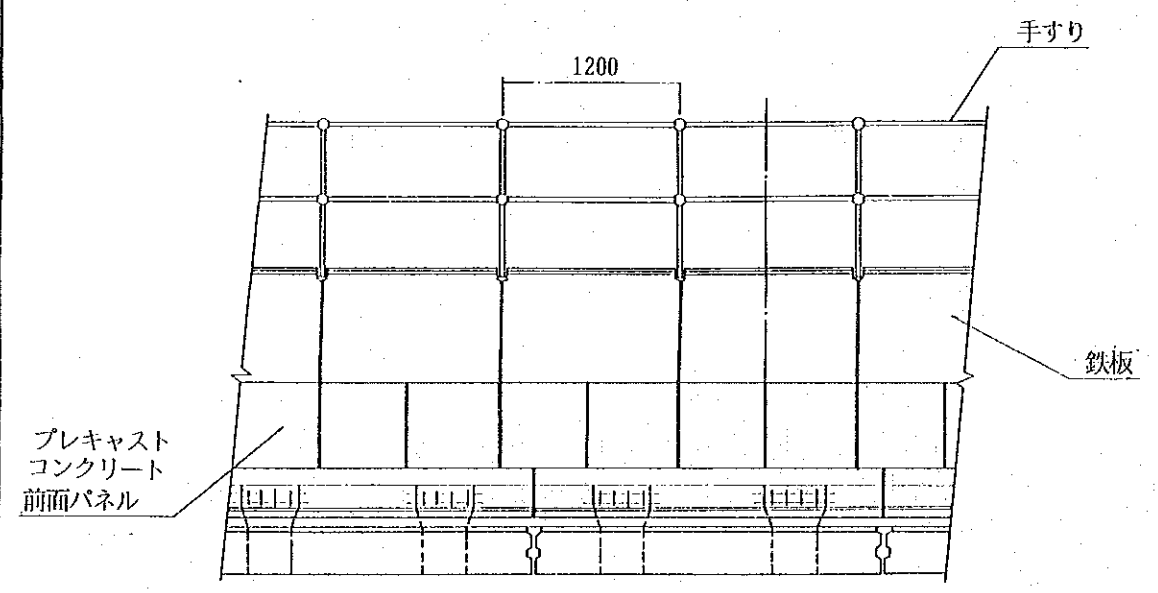
プレキャストコンクリート版



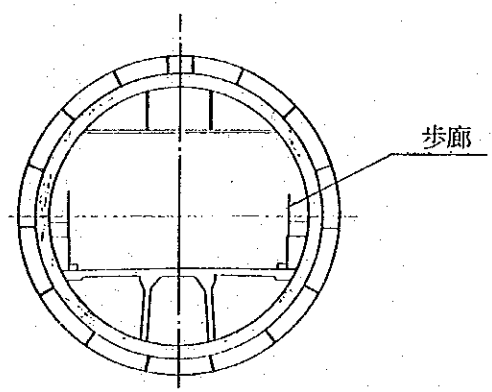
プレキャストコンクリート前面パネル



鉄板前面パネル



歩廊一般図



一般配置概略図

図-5. 2. 2 (4) -1 歩廊構造

AHAMED HAMDİ TUNNEL			
歩廊一般図:			
Scale	Date	Review	
JICA			

5-2-2 (6) 通信設備

1) 非常用電話設備

a. トンネル内非常用電話機

トンネル内非常用電話機(37台)は、すべて再使用可能である。従って、現状復帰するものとする。取り付け金物は位置変更となるため新規計画する。

b. 配線ケーブル

ケーブルは機器設備位置変更により、長さの不足が生じるためすべて新規ケーブルを敷設し現状復帰するものとする。

2) 移動無線設備

移動無線設備のトンネル内施設は、ケーブル敷設のみで機器接続がないため撤去後再使用するものとする。ケーブル敷設金物は位置変更となるため新規計画する。

3) ITV設備(CCTV)

a. ITVカメラ

トンネル内ITVカメラ(22台)は、すべて再使用可能である。従って、すべて現状復帰するものとする。取り付け金物は位置変更となるため新規計画する。

b. 配線ケーブル

ケーブルは機器設備位置変更により、長さの不足が生じるためすべて新規ケーブルを敷設し現状復帰するものとする。

c. 試験調整

通常機器の経年寿命は10年とされている。従って、機器の性能低下は否めない。再使用については十分な試験調整と技術的配慮が必要である。

5-2-2 (7) 防災設備

1) 一酸化炭素検出装置 (CO計)

a. CO計

CO計 (トンネル車道内5台、天井内3台) は、すべて再使用可能である。従って、現状復帰するものとする。取り付け金物は位置変更となるため新規計画する。

b. 配線ケーブル

ケーブルは機器設置位置変更により、長さの不足が生じるためすべて新規ケーブルを敷設し現状復帰するものとする。

c. 試験調整

通常機器の経年寿命は10年とされている。従って、機器の性能低下は否めない。再使用については十分な試験調整と技術的配慮が必要である。

2) 煙霧透過率測定装置 (VI計)

a. VI計

VI計 (5組) は、すべて再使用可能である。従って、現状復帰するものとする。取り付け金物は位置変更となるため新規計画する。

b. 配線ケーブル

ケーブルは機器設置位置変更により、長さの不足が生じるためすべて新規ケーブルを敷設し、現状復帰するものとする。

c. 試験調整

通常機器の経年寿命は10年とされている。従って、機器の性能低下は否めない。再使用については十分な試験調整と技術的配慮が必要である。

3) 消化設備

a. 消化栓

消化栓（消化ホース、給水栓、及び消火器により構成されている）は、総体的に良好な状態である。消火栓箱の腐食が部分的に見られるが、これらは補修を行い再使用するものとする。

排水本管よりの、立上げ分岐接続配管及び継手は消化栓位置がライニングにより位置変更となるため再使用は不可能となる。従って、立上げ分岐接続配管及び継手はすべて新規製品に取換え現状復帰するものとする。

b. 制御ケーブル（消化栓使用の警報）

ケーブルは機器設置位置変更により、長さの不足が生じるためすべて新規ケーブルを敷設し現状復帰するものとする。

4) 制御配線設備

a. 制御ケーブル

本トンネルの電気設備は西側に中央監視室及び受配電室、又、東側に受配電室をそれぞれ設置し制御ケーブルにて遠方監視制御を行っている。これらの制御及び監視のための制御ケーブルはすべてトンネル内に敷設されているため工事期間中はすべて撤去しなければならない。工事完成後の現状復帰に当たっては、既設ケーブルの再使用は技術的及び物理的にも非常に難しいと思われる。従って、現状復帰の制御ケーブルはすべて新規ケーブルを敷設するものとする。

b. ケーブルラック

トンネル内ケーブルは、すべてグラスファイバーのケーブルラック上に敷設されている。このグラスファイバー製のケーブルラックは厚さが薄いため割れやすく撤去時にはかなり破損すると思われるので現状復帰については、すべて新規鋼製ケーブルラック（溶融亜鉛メッキ）を使用するものとする。

5) 東側受配電室の電源ケーブル

東側受配電室のケーブルは、11kV電圧の配電ケーブル2回線（1回線予備）が西側受配電室よりトンネル内に、1回線はサービスダクト内に、他の1回線は監査路下部

に敷設されている。本ケーブルの再使用は十分可能と思われる。従って、撤去後再布設するものとする。監査路下部は本体ライニングに45cm狭くなるため敷設されている監査路下部ケーブルとの取合いより再敷設が出来なくなるため、サービスダクト内に敷設するものとする。

5-2-2 (8) 配管

- ① 次の既存パイプ類、すなわちポンプ配水管 (1-φ200)、換気パイプ (1-φ150)、消化用配管 (1-φ150) はBS規格の分類K9である。この規格のパイプは日本JIS Class 3に相当するものであり、今後の材料手配並びに品質保証を考えると、メーカーの豊富なJIS規格製品で置き代えることが適していると考えている。
- ② 雨水排水パイプ (1-φ150) は強度部材ではなく、塩害を避けることを考えると通常本部で使用され、実績の多い塩ビパイプを使用する方が優れていると考えている。
- ③ パイプの適用規格を変更すると若干の口径差を生じる。従って、既存パイプとの継手部はその連結部を容易にするための調整パイプを使用する。特にポンプ排水管 (1-φ200) と消化用配管 (1-φ150) は取付位置が旧位置とは異なるため、既存パイプとの取付部近傍で曲り管を利用して位置の変更に対応することとしている。
- ④ 管内のライニング、並びに外部コーティングは既存規定の性能を守ることにする。
- ⑤ 圧力配管の完成時の水圧テストについても④と同様に既存設備の諸性能を守ることにする。

5-2. トンネル改修の基本設計

5-2-3. 水道管

水道管敷設(陸上管は敷設、伏越管は敷設)は、先述「5-1. 設計方針」に示されるように既設トンネル内の2本をトンネル外に移設して「スエズ運河伏越管を含むルート」に敷設する。

ルートは、図-5.2.3-1に示すとおりである。すなわち、当初、西岸バルブ室からトンネル西入口経由トンネル内に2本併設し、トンネル東入口経由東岸バルブ室につながるルートであった。これを西岸バルブ室から農地を経て直接東方に向かい、淡水路運河を水管橋にてまたぎ、スエズ運河を西岸から東岸へ伏越しにて横断し、砂漠を抜けて東岸バルブ室につなぐ陸上埋設を中心としたルートとなる。

水道管の必要諸元は次のとおりである。

① 口径 500mm N I D (呼び径) 2本

・使用圧力 8bar (kg/cm²)

・試験圧力 12bar (kg/cm²)

② 平面長さ

・陸上埋設・铸铁管*1) 約2,497m 2本 4,494m

・運河・伏越管・鋼管 約 420m 2本 840m

・アーチ水管橋・鋼管 約 33m 2本 66m

計 2,950m 2本 5,900m

*1) 铸铁管については2本目の直管(単位長さ5.5m)はトンネル内既設管抜取管等をもって充当するものとする。

管種内訳は、図-5.2.3-2 から得たものである。

(追記)

水道管ルートについては、付属資料-11「水道関連資料」のうち、(5)水道管ルートの比較案に示される2つの案を基に、実施設計時に最終決定する。

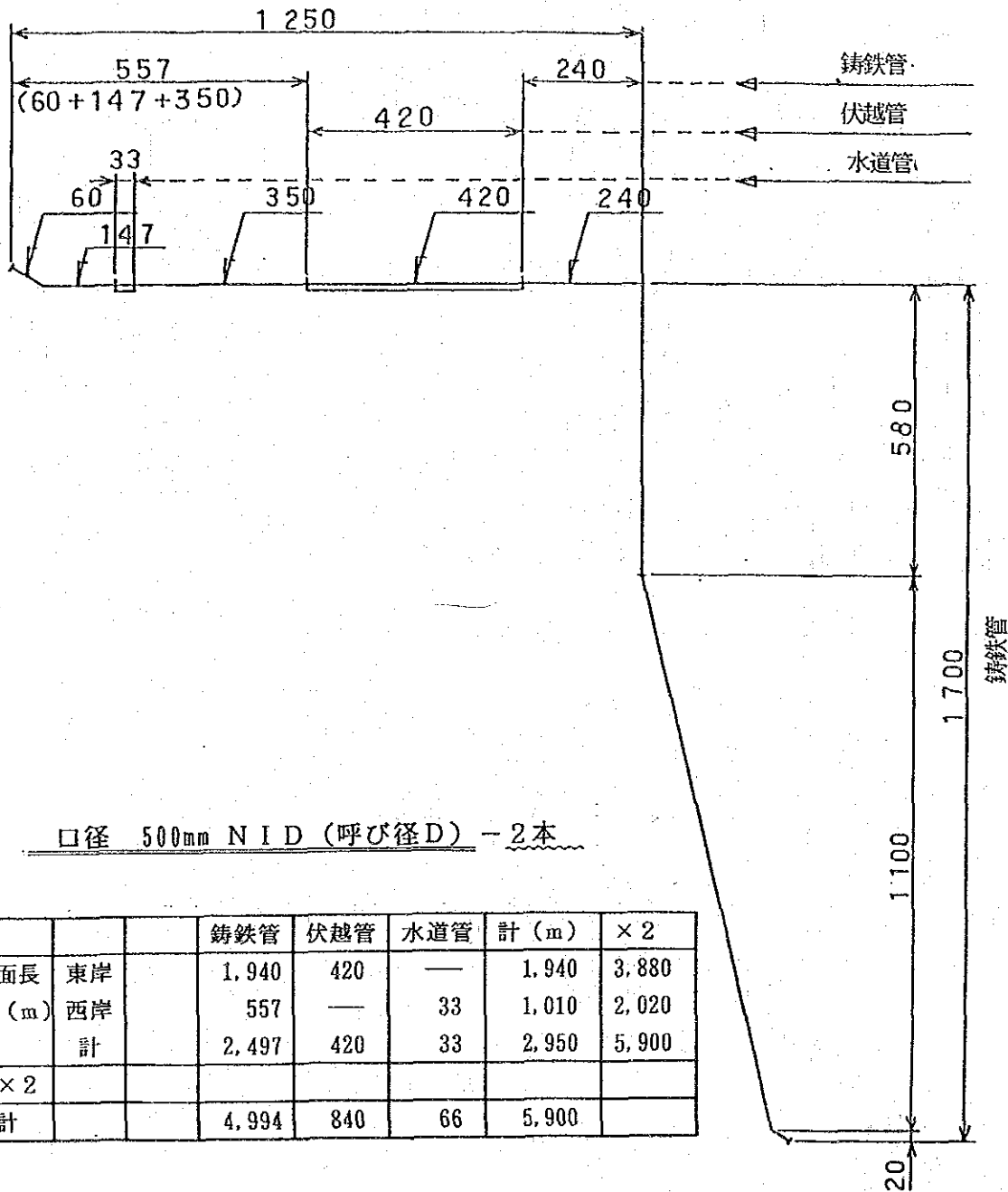


図-5.2.3-2 管種内訳

(1) 鑄鉄管

1) トンネル西入口バルブ室より運河西岸までの農地557mおよび運河東岸より、トンネル東入口バルブ室の砂漠1940m、計2497mの陸上部分は、鑄鉄管を使用する。

2) これは (i) 現在のトンネル内既設管が鑄鉄管であること、(ii) 陸上敷設が鋼管に比べ溶接および溶接接合部の非破壊検査ならびに同部現場塗覆装などの建設に伴う特殊技術、技能者、設備を要しないという長所を有していること、(iii) 今後の保守、点検に鋼管に比べ大きな差のないこと等の理由からである。

3) 水道など流体を流送する鑄鉄管には近年ダクタイル鑄鉄管が普及し世界的に一般化されてきた。現存のトンネル内既設管もダクタイル鑄鉄管である。ダクタイル鑄鉄管は、鑄鉄中の黒鉛を球状化することによって、強度と延性を増した水道用球状黒鉛鑄鉄管(ダクタイル鑄鉄管)の規格が昭和49年3月にJIS G 5526(水道用遠心力球状黒鉛鑄鉄管)として制定された。

一方、国際規格としては、ISO 2531 Ductile iron pipes, fittings and accessories for pressure pipelines(圧力配管用ダクタイル鑄鉄管、異形管及び付属品)が昭和49年に制定されて以来昭和61年12月に至るまで3回の改正がなされ、我が国もこのISO規格作成に積極的に参画している。

また、我が国が、昭和55年GATT(関税及び貿易に関する一般協定)のスタンダードコードを承認したことにより、JIS規格もISO規格との整合が要請され今日に至っている。

イギリスではBS(British Standard) 4772があり、トンネル内既設管はこの規格によっている。また、アメリカはAWWA(American Water Works Association) C1があり、S. C. A. が在庫保有しているのはこの管である。これらは継輪や短管を用いることによってすべて接合使用可能である。

4) JIS G 5526によるダクタイル鑄鉄管には管の接合形式によってK形、T形など11種類がある。表-5.2.3(1)-1にその種類、また表-5.2.3(1)-2にその要点を示す。

5) 管種・接合形式

500mmNIDダクタイル鑄鉄管は、直管部を3種管T形(通称TYTON型)を使用する。

これは (イ) 既設管がTYTON型であること、(ロ) 日本では図-5.2.3(1)-1 に示すように各種あるが、海外ではTYTON型が最も普及していること、(ハ) メンテナンスが簡単で所要部品点数が少ないこと、などがその選定理由である。

この直管敷設に対し、必要な異形管として曲管、継管、短管類の曲部ならびに伏越管、水道橋等との接続部に設けられる。異形管は管種は1種類のみであり、接合形式は表-5.2.3(1)-1 に示されるようにT形は呼び径250mmまでしか製造されておらず、500mm N I Dの場合はすべてK形を採用する。

この結果、必要なT形とK形の接合継手を併用する。

また高所部の空気抜きや底部の泥吐きを目的とした空気弁、仕切り弁を設けるものとする。所要内訳は図-5.2.3(1)-1 および表-5.2.3(1)-3 に示す。

6) 敷設条件

- ・埋設 土被り 1m

ただし道路下は1.5mとする。

(なお、埋設地盤は+4m~+6m)

- ・塩害対策等を考慮しポリスリーブ(PVCスリーブ)を全線にわたり適用するものとする。

表-5.2.3 (1)-1 ダクタイル鋳鉄管の接合形式および呼び径

ダクタイル鋳鉄管

接合形式	呼び径 mm
K 形	75~2600
A 形	75~350
T 形	75~2000
U 形	700~2600
KF形	300~900
UF形	700~2600
SⅡ形	100~450
S 形	500~2600
US形	700~2600
PI形	300~1350
PⅡ形	300~1350

備考 管の接合に用いる接合部品は、JIS G5527 (ダクタイル鋳鉄異形管) の附属書 (ダクタイル鋳鉄管要接合部品) による。

ダクタイル鋳鉄異形管

接合形式	呼び径 mm
K 形	75~2600
A 形	75~350
T 形	75~250
U 形	700~2600
KF形	300~900
UF形	700~2600
SⅡ形	100~450
S 形	500~2600
US形	700~2600
PI形	300~1100
PⅡ形	300~1100
フランジ形	75~2600

備考 管の接合に用いる接合部品は、附属書 (ダクタイル鋳鉄管用接合部品) による。

表-5.2.3(1)-2 接合形式の要点 (その1)

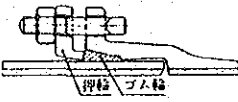
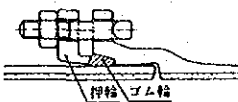
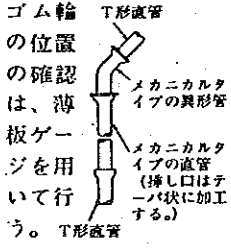
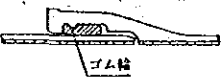

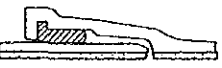
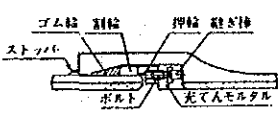
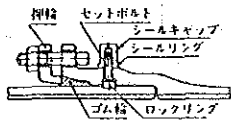
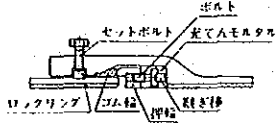
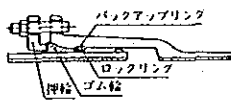
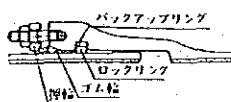
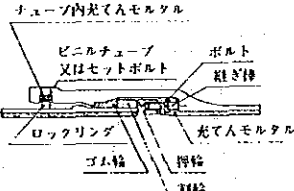
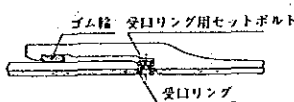
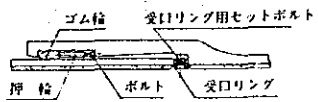
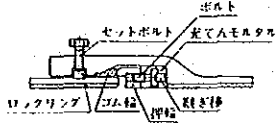
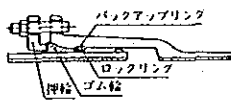
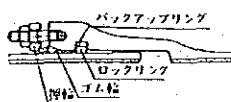
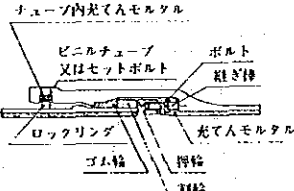
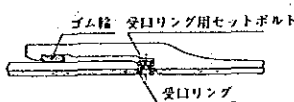
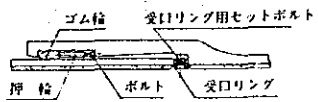
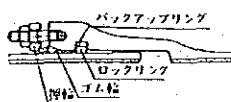
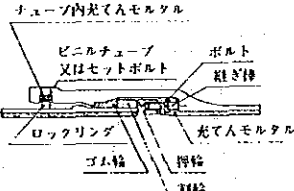
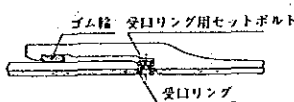
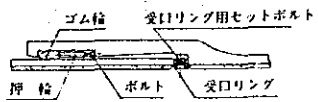
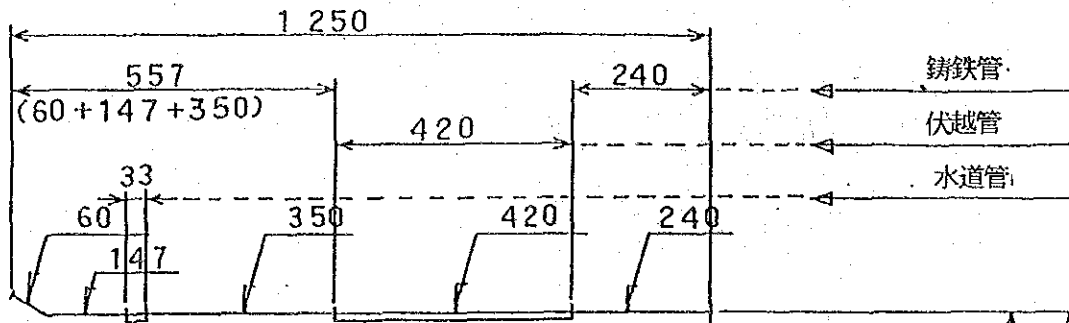
接合形式	呼び径 (mm)	特長	用途及び使用についての要点															
K 形	75~2600	<p>ゴム輪は、角ゴムと丸ゴムを一体化したもので、丸ゴム部を強く圧縮させるので、圧縮量が大きく、継手の水密性を高めたメカニカルタイプで、伸縮性及び可とう性がある。</p>	<p>一般管路に使用され、大口径にも適する。ボルトの締付けトルク(初期の値)は、次による。</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>呼び径 (mm)</th> <th>締付けトルク (kgf・cm)</th> <th>ボルトの呼び</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>75</td> <td>600</td> <td>M16</td> </tr> <tr> <td>100~600</td> <td>1,000</td> <td>M20</td> </tr> <tr> <td>700~800</td> <td>1,400</td> <td>M24</td> </tr> <tr> <td>900~2600</td> <td>2,000</td> <td>M30</td> </tr> </tbody> </table>	呼び径 (mm)	締付けトルク (kgf・cm)	ボルトの呼び	75	600	M16	100~600	1,000	M20	700~800	1,400	M24	900~2600	2,000	M30
			呼び径 (mm)	締付けトルク (kgf・cm)	ボルトの呼び													
75	600	M16																
100~600	1,000	M20																
700~800	1,400	M24																
900~2600	2,000	M30																
																		
A 形	75~350	<p>ゴム輪を押輪とボルトで締め付けて接合するメカニカルタイプで、作業が迅速、かつ、継手の水密性が大きく伸縮性及び可とう性がある。</p>	<p>一般管路に使用される。</p> <p>ボルトの締付けトルクは、K形と同一とする。</p>															
																		
T 形	75~2000	<p>受口の内面にゴム輪を装着し、テーパ状の挿し口を挿入するのみで、簡単に接合できるプッシュオンタイプである。</p> <p>作業が迅速であり、継手の水密性が高く、かつ、伸縮性及び可とう性がある。</p>	<p>直線部の多い管路に適している。</p> <p>呼び径 300mm以上の異形管は、製造されていないのでメカニカルタイプのものを使用する。T形管の受口にメカニカルタイプを接合する場合は、T形の挿し口部許容差を満足しているものを用い挿し口部端面を規格に示すテーパ状に加工する。</p> <p>接合後、(異形管部の配管例)</p> <p>ゴム輪 T形直管の位置の確認は、薄板ゲージを用いて行う。T形直管</p> 															
<p>呼び径 75~250mm</p>  <p>呼び径 300~600mm</p>  <p>呼び径 700~2000mm</p> 																		
U 形	700~2600	<p>管の内面から接合を行うメカニカルタイプで、継手の水密性はK形と同じである。</p> <p>伸縮性及び可とう性がある。</p>	<p>ずい道内、掘削幅が狭い所などの配管に適する。</p>															
																		

表-5.2.3(1)-2 接合形式の要点(その2)

接合形式	呼び径 (mm)	特 長	用途及び使用についての要点																			
K F 形	300~900	<p>大きな離脱阻止力を持つメカニカルタイプで、K形又はU形の受口部及び挿し口部にロックリングのかかり合う溝を設けたものである。</p> <p>コンクリート防護が不要又は軽減することができる。</p>	<p>曲管部、T字管部、片落管部、伏せ越し部など内圧による抜け出し力が作用する場所に使用する。</p>																			
	U F 形			700~2600		S U 形	100~450	<p>大きな伸縮性及び可とう性をもつメカニカルタイプで、最終的には受口と挿し口がかかり合っただけで離脱防止の役目をする。</p> <p>継手の水密性は、K形と同じである。</p>	<p>耐地盤変動(耐震用、軟弱地盤用など)に適している。</p>		S 形	500~2600		U S 形	700~2600	<p>管の内面から接合を行うメカニカルタイプで、伸縮性及び可とう性を持ち、最終的には、受口と挿し口がかかり合っただけで離脱防止の役目をする。</p> <p>継手の水密性はK形、U形と同じである。</p>	<p>ずい道内、掘削幅の狭い所などで耐地盤変動(耐震用、軟弱地盤用など)の要求される配管に適する。</p>	<p>ナユープ内束てんモルタル</p> 	P I 形	300~1350	<p>既設配管に新管を挿入するパイプインパイプ工法用に使用する。</p> <p>呼び径 300~1100mmの外径は、他の接合形式の外径と異なるため、取り合い部には、受挿し短管などを用いて接合する。</p>	<p>呼び径 300~600mm</p>  <p>呼び径 700~1350mm</p> 
	S U 形	100~450	<p>大きな伸縮性及び可とう性をもつメカニカルタイプで、最終的には受口と挿し口がかかり合っただけで離脱防止の役目をする。</p> <p>継手の水密性は、K形と同じである。</p>	<p>耐地盤変動(耐震用、軟弱地盤用など)に適している。</p>																		
	S 形	500~2600				U S 形	700~2600	<p>管の内面から接合を行うメカニカルタイプで、伸縮性及び可とう性を持ち、最終的には、受口と挿し口がかかり合っただけで離脱防止の役目をする。</p> <p>継手の水密性はK形、U形と同じである。</p>	<p>ずい道内、掘削幅の狭い所などで耐地盤変動(耐震用、軟弱地盤用など)の要求される配管に適する。</p>	<p>ナユープ内束てんモルタル</p> 	P I 形	300~1350	<p>既設配管に新管を挿入するパイプインパイプ工法用に使用する。</p> <p>呼び径 300~1100mmの外径は、他の接合形式の外径と異なるため、取り合い部には、受挿し短管などを用いて接合する。</p>	<p>呼び径 300~600mm</p>  <p>呼び径 700~1350mm</p> 								
	U S 形	700~2600	<p>管の内面から接合を行うメカニカルタイプで、伸縮性及び可とう性を持ち、最終的には、受口と挿し口がかかり合っただけで離脱防止の役目をする。</p> <p>継手の水密性はK形、U形と同じである。</p>	<p>ずい道内、掘削幅の狭い所などで耐地盤変動(耐震用、軟弱地盤用など)の要求される配管に適する。</p>																		
<p>ナユープ内束てんモルタル</p> 	P I 形	300~1350			<p>既設配管に新管を挿入するパイプインパイプ工法用に使用する。</p> <p>呼び径 300~1100mmの外径は、他の接合形式の外径と異なるため、取り合い部には、受挿し短管などを用いて接合する。</p>																	
<p>呼び径 300~600mm</p>  <p>呼び径 700~1350mm</p> 																						



口径 500mm N I D (呼び径D) - 2本

1. 铸铁管 直管: タイトン型 → ...差込み・パッキン
 (除く 伏越管 水管橋)
 (I) S G 5526, 6.0m
 (8S 4772, ...5.5m)

対象 西岸 : 557m - 1本当り
 東岸 : 1940m - "
 計 : 2497m - "

内訳 I : 1本目 . II : 2本目
 (I) 2550 m = 6.0m × 425 本 (購入品)
 (II) 2557.5m = 5.5m × 465 本 (現地再利用)

2. 铸铁管 曲管: K型 → ...差込み・パッキン, ボルト

- (I) / (II) 共日本調達		☆2
(1) K-500 × 45°	- 14 (=6÷2÷4÷2)	14 × CB10
(2) K-500 × 22 1/2°	- 2 (=2)	2 × CB 8
(3) K-500 × 11 1/4°	- 4 (=2÷2)	4 × CB2.6
計	- 20	

3. 铸铁管 その他: 付属品 → K型各種
 - (I) / (II) 共日本調達

(1) K-フランジ付T字管	- 6	
500 × 75		
(2) F7.5 空気弁75	- 6	
(3) K-排水T字管	- 4	
500 × 200		
(4) F7.5 仕切弁200	- 4	
(5) K-継輪500	- 10	
(6) K7.5 - 短管1号500	- 6	
(7) K7.5 - 継車2号500	- 6	
(8) 大-栓500	- 2	
(9) F7.5 - 異径カマリング500	- 4 (AWWA用)	
(10) ゴム輪500 × 5.5m用	- 500	表5-2-3(3)の☆1
(11) プライ7&PVC7-7500 × 1	- 1000 (2500m×2=5000m用)	
	(890本分) ÷ (曲管・Fitting 類)	

注) ☆2. 曲管のCBは必要なコンクリートブロック: CB10 (10 m²), CB8 (8 m²), CB2.6 (2.6 m²)

図-5.2.3(i)-1 铸铁管内訳図

表-5.2.3(1)-3. 水道管 500mmNID 鋳鉄管内訳

工種	種別	材料名(仕様)	数 量	単位	計算式・略図・備考
1		直管			第1期用(1本目用)
	1-1	直管 TYTON 型 JIS G 5526 T形 3種 (日本より購入)	425	本	2550m A1 6.0m管×425本=2550m ・JIS G 5526 T形 3種 ・継手ネオ・ゴム輪付き 内訳 (西 557×1.02=568→95本 東 1940×1.02=1979→330本 計 2497×1.02=2547→425本)
	1-2	直管 TYTON 型 BS 4772 Class K9 (現地再利用)	465	本	第2期用(2本目用) 2557.5m A2 5.5m管×465本=2557.5m* ・BS 4772/1971 Class K9 ・トンネル内既設抜取り 直管 Tyton 型 5.5m管は次のとおり (1) Through Service Duct 580本 (2) トンネル西入口 6" (3) " 東入口 6" 計 592本 592本×5.5m=3256m 3256m×0.8≒2604.8m 2604.8m > 2557.5m (残りは47.3m/5.5=8本) ・継手 ゴム輪別途新規要手配 (☆1)
		直管計 TYTON 型 (1) JIS G 5526 (2) BS 4772	425 465	本 "	2550 m (6.0m管) 今回購入 2557.5m (5.5m管) 再利用
		小 計	890	本	5107.5m
2		曲管類	数量は		第1期用、第2期用共通
		K型	図5-3-2(3) に示すとおり		JIS G 5527 K形

(2) 伏越管

1) 対象および条件

起点より590m (557m+33m) 地点よりスエズ運河横断の伏越管には次の諸元および条件がある。

- ・口径 : 500mm N I D 2本
- ・敷設長さ : 480m
- ・最大水深 : -27.0m (計画)
(現在 20.5m、第2次 24.0m)
- ・敷設土被り : 2.0m
- ・海水塩分濃度 : 2.4% (24g/1000g)
- ・潮汐最大*1) : 1.9~2.0m
- ・2本の間隙 : 4~5m 施行法による (浚渫巾10.0m)

*1) 添付資料参照

2) 運河横断伏越や海底配管工事の計画・設計

海底配管工事の計画・設計は、輸送条件等の基本条件の設定と海底配管ルートを検討から始まり次のように設定する。

基本条件からは、使用する鋼管の仕様が選択される一方、海底配管ルートおよび該当地区の海底・気象条件からは、海底配管工事の工法が選定され、海底管の維持管理に必要な諸条件から海底配管の詳細設計までを通して最終的に鋼管仕様および施工方法を決定する。この後工事工程計画に基づいて海底配管の材料費や施工等の総工事費が積算される。

図-5.2.3(2)-1 に計画・設計作業の全体の流れを示す。

3) 鋼管設計

一般の配管材としてはその用途に合わせて鋼管、鋳鉄管、PCV管、ヒューム管、石綿セメント管等多様であるが、海底配管の場合には海底という自然条件の厳しい場所で、船舶のアンカー等の大きな外力も無視できないため、高強度・適度の弾力性を有し、製品に対する信頼性とサイズ・種類の豊富さから鋼管が最も一般的に使用されている。

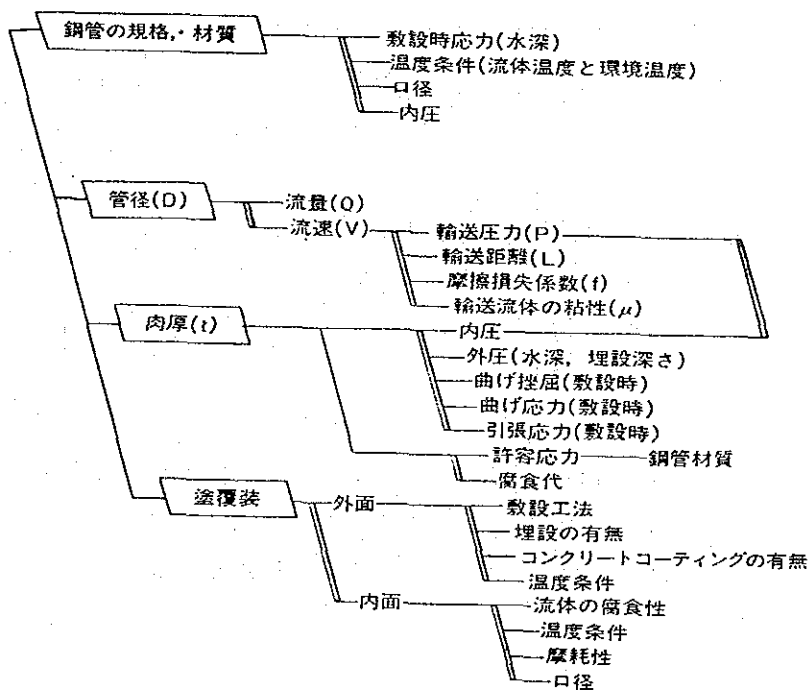
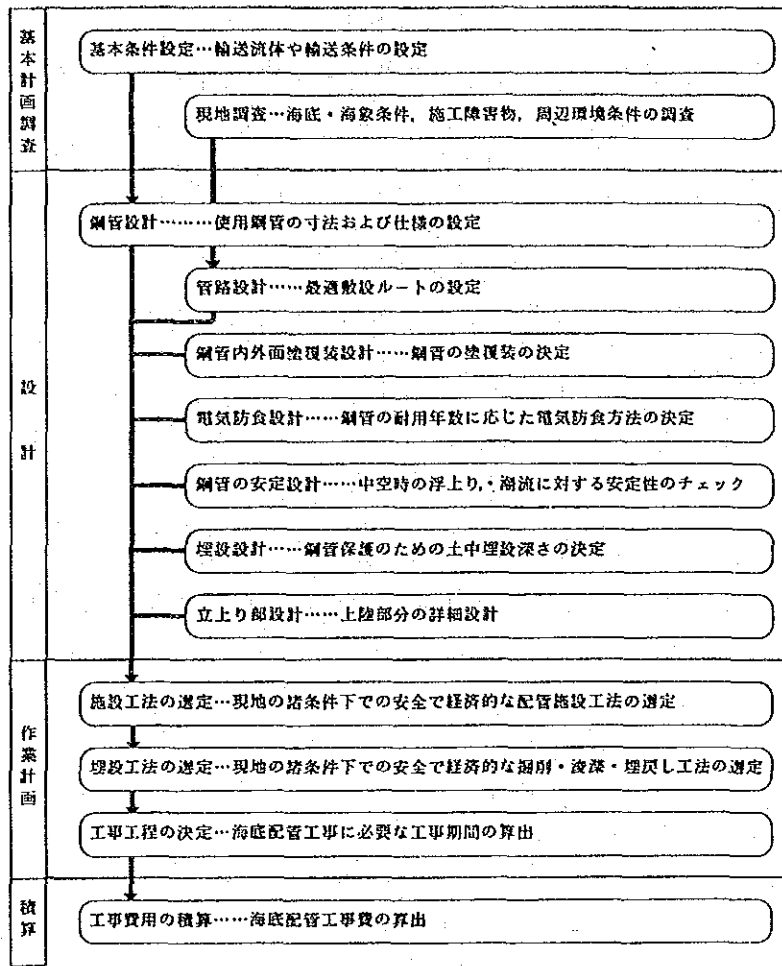


図-5.2.3(2)-1 海底配管工事の計画・設計

特に従来問題視されていた海水中での鋼管の耐食性については近年、鋼管の内外面塗覆装・電気防食技術の向上により、他の材料と比べてそんな色のないものとなっている。

この鋼管の信頼性は上下水道、農工業用水の海底送水管工事実績にも多数明確に現れている。中小径管はJIS G 3454 (STPG)、大径管はJIS G 3457 (STPY) が一般的に使用されている。

ここでは、JIS G 3454 (STPG) を採用する。

509.0φ×12.7mm Sch 30

4) 管路設計

一般に海底配管工事に占める施工費の割合は大きく、従って管路設計に当っては、下記のような諸条件とともに、施工性を十分考慮することが工事を経済的に行うポイントである。

① 管路の選定

運河を直角に横断する管路とする。

なお次の各項を留意する。

- ・海底水深 : 作業船の吃水の許す範囲内で出来るだけ浅いところを選ぶ。
- ・海底起伏 : 海底面の滑らかなところを選ぶ。
- ・海底地質 : 岩盤質のところは極力避ける。
- ・標砂 : 海底地形の変動するところは極力避ける。
- ・海象条件 : 潮流、波浪の条件のよいところを選ぶ。
- ・障害物 : 危険物、コンクリート塊、沈船、スクラップ、既設パイプライン、ケーブル、構造物等は極力避ける。
- ・海上交通、航路 : 船舶航行の頻繁なところ、航路は極力避ける。
- ・環境条件 : ヤード条件 (海底曳航の場合、延長上に長管製作ヤードが必要) 立上り地点を考慮する。
- ・許容曲げ半径 : カーブラインの設計
出来るだけ一直線が望ましく、障害物その他の理由でカーブさせる必要がある場合には大きい曲率半径でカーブさせるようにして、可能な限りバンド管を使用しなようにする。

② 管路の縦断

次の各項を留意する。

- ・海底勾配 : パイプを敷く海底地盤はなだらかな勾配であることが望まれる。局地的に浚渫して窪地になっていたり、陸側近くで水深が急激に変化するところは地盤条件も異なることが多く、また管がその勾配変化になじめず管に無理な応力が発生することになる。もし、勾配が急激に変わる部分を避けられない場合には、敷設する管が弾性範囲内でなじむようにゆるやかな勾配に事前に浚渫または盛土しておく必要がある。
- ・最小土被り : パイプラインは波浪、船舶投錨、漁船の曳き網等による損傷から守るため、海底下に埋設されるのが一般的で、これらの条件から決められた埋設深さを満足するよう、パイプライン縦断を設計する。必要埋設深さがルートの中で変わる場合には、徐々に変化させて許容曲率の範囲内にあるように設計する。
- ・漂砂・洗掘 : 波浪、潮流等の影響によって漂砂、洗掘の現象が予想される箇所は、これらの影響を受けない深さまで埋設するよう縦断設計する。
- ・航路浚渫 : パイプラインが航路横断したり、または将来航路がパイプライン上に設けられる場合には、これら航路の浚渫計画を考慮した十分な深さに敷設するように計画する。

5) 鋼管内外面塗覆装の設計

鋼管はそのままでは次第に腐食するが、その割合は周囲の条件により異なり、河川で0.05mm/年、海中で0.12mm/年、海底土中で0.02mm/年等と報告されている。

従って鋼管を腐食から防ぐために適切な防食塗装を施すことが一般に行われている。鋼管の防食方法は亜鉛めっき、瀝青質塗料の塗覆装、合成樹脂ライニング、セメントモルタルライニング、その他に大別され、鋼管の使用箇所により表-5.2.3(2)-1のよ様な防食が考えられる。

塗装仕様は次のとおりとする。

- ・内面 : タールエポキシ 0.5mm(500ミクロン)
- ・外面 : ポリエチレン 2.5mm

表-5.2.3(2)-1 使用環境と塗覆装の種類

種類	用途	防食方法
内面防食	淡水または海水	1. コールタールエナメル塗装 2. ジンクリッチペイント塗装+タールエポキシ塗装 3. タールエポキシ塗装 4. VLP (塩ビライニング) 5. FLP (ポリエチレン粉体ライニング) 6. モルタルライニング 7. 亜鉛めっき 8. アルマー (アルミニウムめっき)
	地上配管 腐食の少ない所	1. 油性サビ止ペイント塗装+合成樹脂系塗料上塗 2. 合成樹脂系サビ止ペイント塗装+合成樹脂系塗料上塗 3. 亜鉛めっき
外面防食	地上配管 高湿度、海岸、工業地帯等 腐食の激しい所	1. ジンクリッチペイント塗装+塩化ゴム系塗料上塗 2. タールエポキシ塗装+ { 塩化ゴム系塗料上塗 (膚色) { 合成樹脂系塗料上塗 (シルバー) (ノンブリード型)
	地中配管 腐食性の少ない所	1. ポリエチレン被覆 2. アスファルト、ビニロクロス一回巻 3. 亜鉛めっき
	地中配管 比較的腐食の激しい所	1. ポリエチレン被覆 2. コールタールエナメル、ガラスクロス二回巻 3. アスファルト、ビニロクロス二回巻
	水中配管	1. ポリエチレン被覆 2. コールタールエナメル、ガラスクロス二回巻 3. アスファルト、ビニロクロス二回巻 4. タールエポキシ塗装
	淡水	1. ポリエチレン被覆 2. コールタールエナメル、ガラスクロス二回巻 3. アスファルト、ビニロクロス二回巻 4. タールエポキシ塗装
	海水	1. ポリエチレン被覆 2. コールタールエナメル、ガラスクロス二回巻 (または三回巻) 3. ジンクリッチペイント塗装+タールエポキシ塗装 4. タールエポキシ塗装

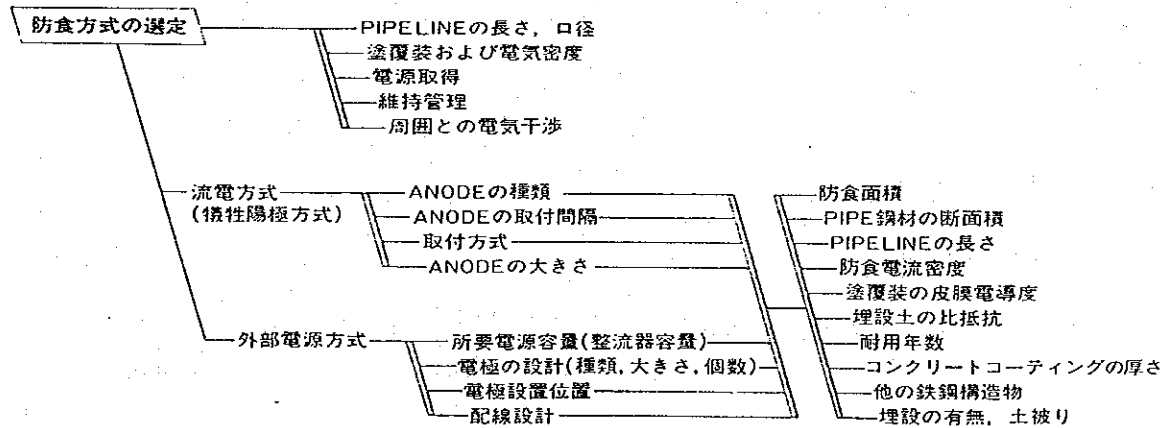
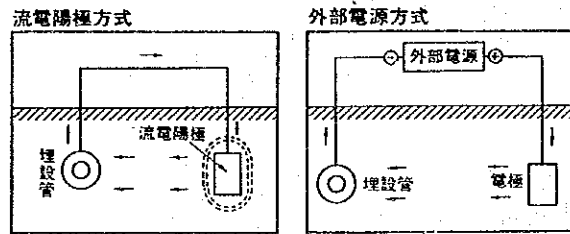
6) 海底配管の電気防食設計

海底配管は、外面防食塗装の他に電気防食法を併用して、パイプ腐食に対する安全性に万全を期す。

電気防食法には、電源を外部の電力によって供給する外部電源法とアノードの鉄との電位差を利用する流電陽極法とがあり、いずれの方式を採用するかは、次に示すように得失があるので、その環境条件を考慮して決定する。

電気防食の設計は図-5.2.2(2)-3の手順に従って行われる。

基本設計としては、アルミアノードプレスレット型とする。



防食方式の比較表

図-5.2.3(2)-3 電気防食の種類と設計手順

7) 海底配管の安定設計

海底に敷設された配管は施工使用期間を問わず浮上せず、また潮流などに押し流されない事が大切でありこの検討を行うのが安全設計である。一般に鋼管は管径400mm前後を境にしてそれ以上の径では中空状態では浮上し、また管径300~400mmの鋼管も水中重量が非常に軽いため海底配管としては不安定であるとされている。他方潮流の速い海域では鋼管が海底面上を押し流されるので、これを防ぐために外径に見合ったある一定値以上の水中重量が要求される。この必要水中重量は、管径、潮流、波浪、海底条件から計算され、もしも鋼管自重がこの水中重量に充たない場合は、中小径管では意図的に鋼管肉厚を増やす方法、大径管では鋼管外面にコンクリートコーティングを施す方法、浅海域の配管方法として時々用いられる鋼管に注水しながら敷設する方法等が採用されている。

コンクリートコート50mmを計画する。

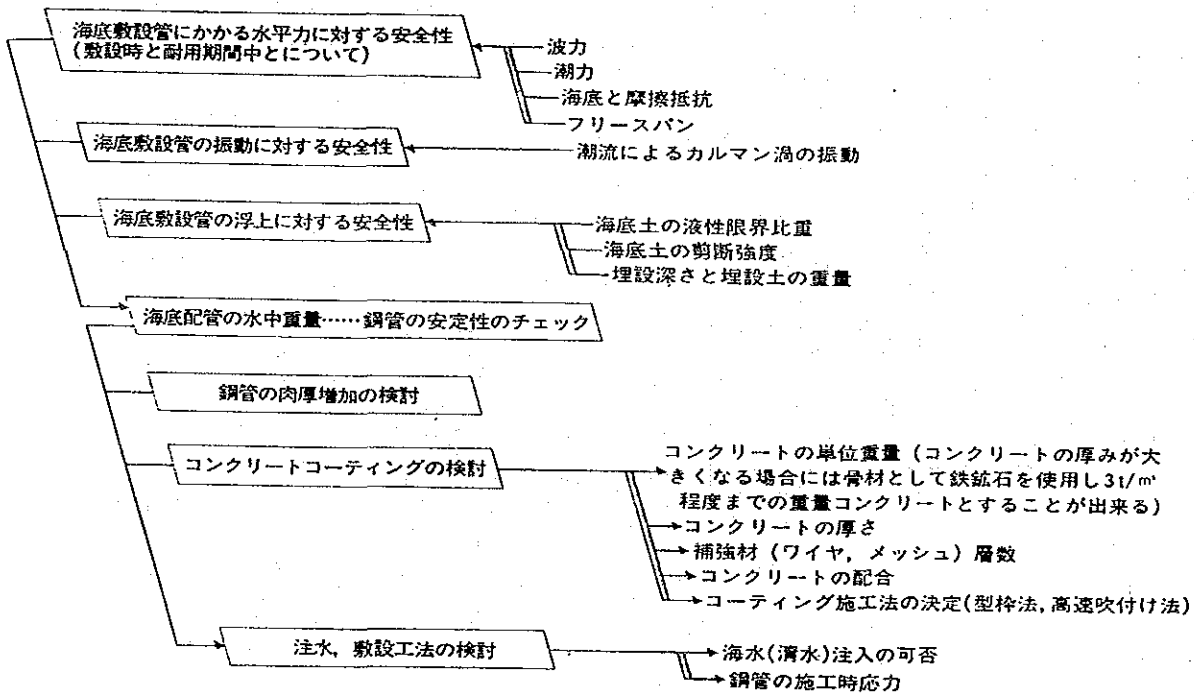


表 - 5. 2. 3 (2) -4 海底配管の安定設計

8) 海底配管の埋設設計

海底に敷設した管は海底面に放置したままでは波浪とか潮流に対して不安定な状態にあり、事実外国においては嵐によって海底面に置いたままの鋼管が破損した例もあって危険である。またもう一つ考慮しなければならない問題として、付近を航行する船舶の投錨による損傷がある。船舶の錨が直接海底敷設管に投下される可能性の他に、停船中の船舶が台風等の強風によって錨を引きずって流された場合、海底敷設管をひっかける危険性があり、数m流されたという例も報告されている。このような意味から、海底敷設管は海底下に埋設することが望ましく、埋設深さは1~4mが一般的である。スエズ運河の場合、本伏越管の142m付近は航路であるが投錨禁止区域であるので1~2mとする。

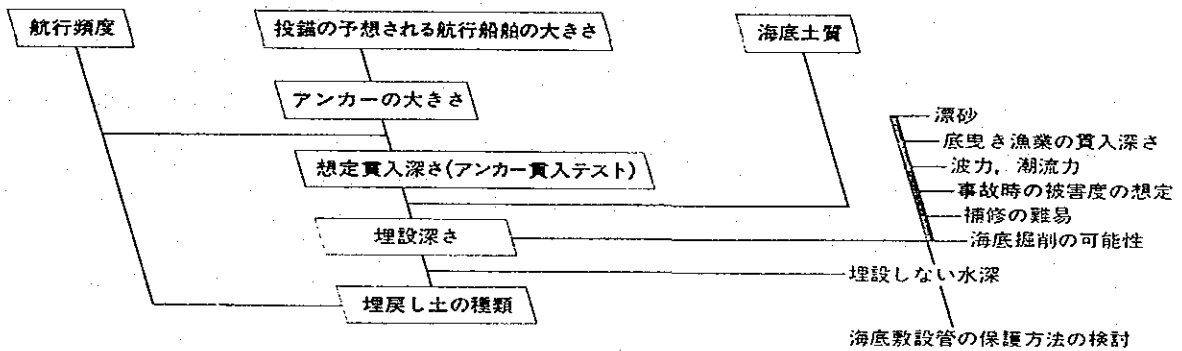


図-5.2.3(2)-5 海底敷設管の埋設設計の手順

9) 敷設工法の選定

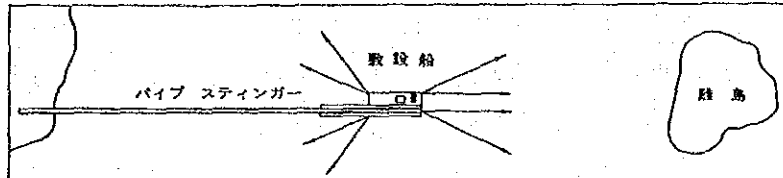
海底管の敷設方法を大別すると、敷設船工法、浮遊曳航法(または曳出し法)、海底曳航法とがあり、パイプラインの条件や環境および作業船の条件などを勘案し、安全かつ経済的な方法を選定する。

敷設工法を概念を図-5.2.3(2)-6に示す。また敷設工法の比較を表-5.2.3(2)-2に示す。表-5.2.3(2)-2に示される適用範囲からも明らかのように、ここでは安全で経済性の最もある海底曳航法(通称、ボトムプル法)を採用する。

- | | | | | |
|---------|------|---------------|-------|----------------|
| 敷設工法の選定 | 選定条件 | ●パイプラインの距離、口径 | 工法の種類 | ●敷設船工法 |
| | | ●パイプラインルートの変遷 | | ●浮遊曳航法 |
| | | ●接合ヤードの条件 | | ●浮遊曳出し法(連続曳出し) |
| | | ●作業機器調達の難易 | | ●海底曳航法 |
| | | ●気象、海象条件 | | |
| | | ●海上交通、航路 | | |
| | | ●漁業の操業 | | |
| | | ●パイプ上陸地点 | | |

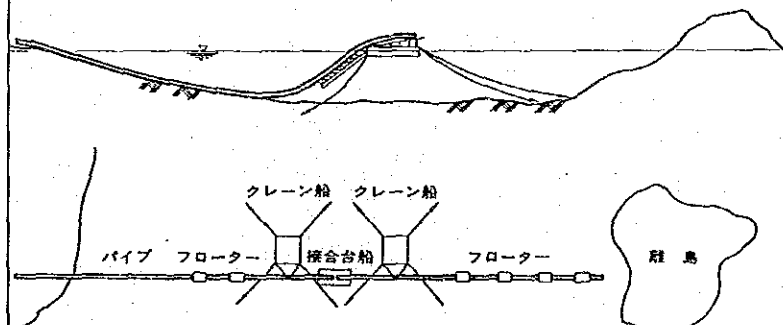
■敷設船工法

作業船の上で海底管と単管を溶接接合し、その都度作業船を移動させながら沈設していく工法。



■浮遊曳航法

陸上または海上で製作した長管を浮かせた状態で敷設する位置まで曳航して接合する。台船上で先に敷設した海底管を浮上させて洋上溶接し、沈設する。曳出し法はヤードで接合しながら連続して沈遊曳出していく工法。



■海底曳航法

陸上にパイプヤードを作り、パイプヤード上で製作された長管を沖合の曳船用バージ(海上固定)、または対岸のウインチによって海底を曳航して敷設する工法。

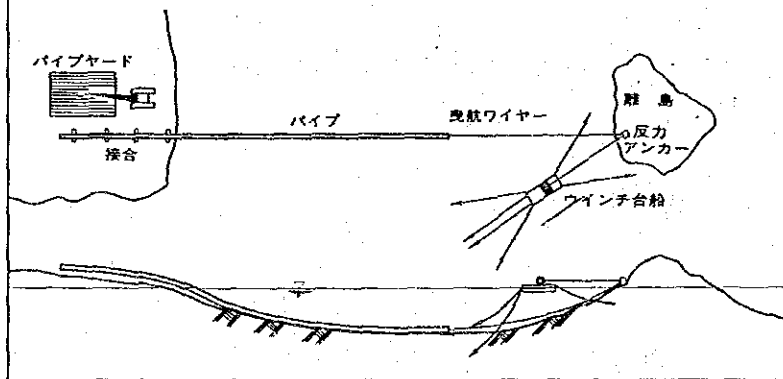


図-5.2.3(2)-6 敷設工法概念図

表-5.2.3(2)-2 海底配管敷設工法の比較

	海底曳航法	浮遊曳航法	敷設船工法
1. 作業方法	陸上にパイプヤードを作り、パイプヤード上で製作された長管を沖合の曳船用バージ（海上固定）または対岸のウインチによって海底を曳航して敷設する工法。	陸上または海上で製作した長管を浮かした状態で布設する位置まで曳航し接合台船上で海底配管を浮上させて洋上溶接し沈設する。 曳出し法はヤードで接合しながら連続して浮遊曳出していく。	作業船の上で海底配管と單管を溶接接合しその都度、作業船を移動させながら沈設していく方法。
2. パイプヤード	管路の延長上に長管の製作および曳航のスペースおよび器材が必要。また進水設備が必要。	管路の延長上でなくてもよいが、長管の製作および曳航進水のスペースおよび器材が必要。 曳出し法はほぼ延長上に必要。	鋼管貯蔵ヤード以外陸上ヤードは不要。
3. 周囲条件	海底条件以外には、余り影響されない外界気象の変化に対する適応性大、作業中断可。	比較的静穏な天候が要求される。気象の急激な変化に対する適応性小、作業中断は可能であるがむずかしい。	周囲条件には殆んど影響されない、外界の気象変化に対する適応性大、作業中断可。
4. 使用器材	大型の曳航設備を必要とする。	溶接台船以外、特殊設備は必要としない。洋上溶接の場合は多数の船舶を必要とする。	特別に装備した敷設船を必要とする。船舶はあまり多く必要としない。
5. 管重の調節	海底との摩擦力を小さくして曳航力を少なくするため、管の水中重量を小さくする。 フローターをつけて調節する場合もある。	海面から海底に鋼管がスムーズに進むよう、管の水中重量を小さく調節する。 フローターを使用。	敷設船から、海底に鋼管がスムーズに進むように調節する。 ステインガーを使用。
6. 適用範囲	<ul style="list-style-type: none"> パイプヤード、海底条件で許すところではかなり大型の工事にも可能。 複雑な管路や大規模の工事には不适当。 海象条件の悪いところでも可。（風波、潮流） 航路内、特に船舶航行の頻繁な所に適當。 	<ul style="list-style-type: none"> 小規模の作業に対しては経済性がある。 複雑な管路も可能。 穏やかな、海象条件の期待できる所には適す。 荒天の頻度の多い場合作業が1回毎に区切れるので、作業日さえ選定すれば比較的安全。 多数の作業船を容易に集められる必要がある。 	<ul style="list-style-type: none"> 比較的長大な海底配管に適す。 複雑な管路には不适当。

10) 敷設断面図

スエズ運河伏越し横断面図を、図-5.2.3(2)-7 に示す。

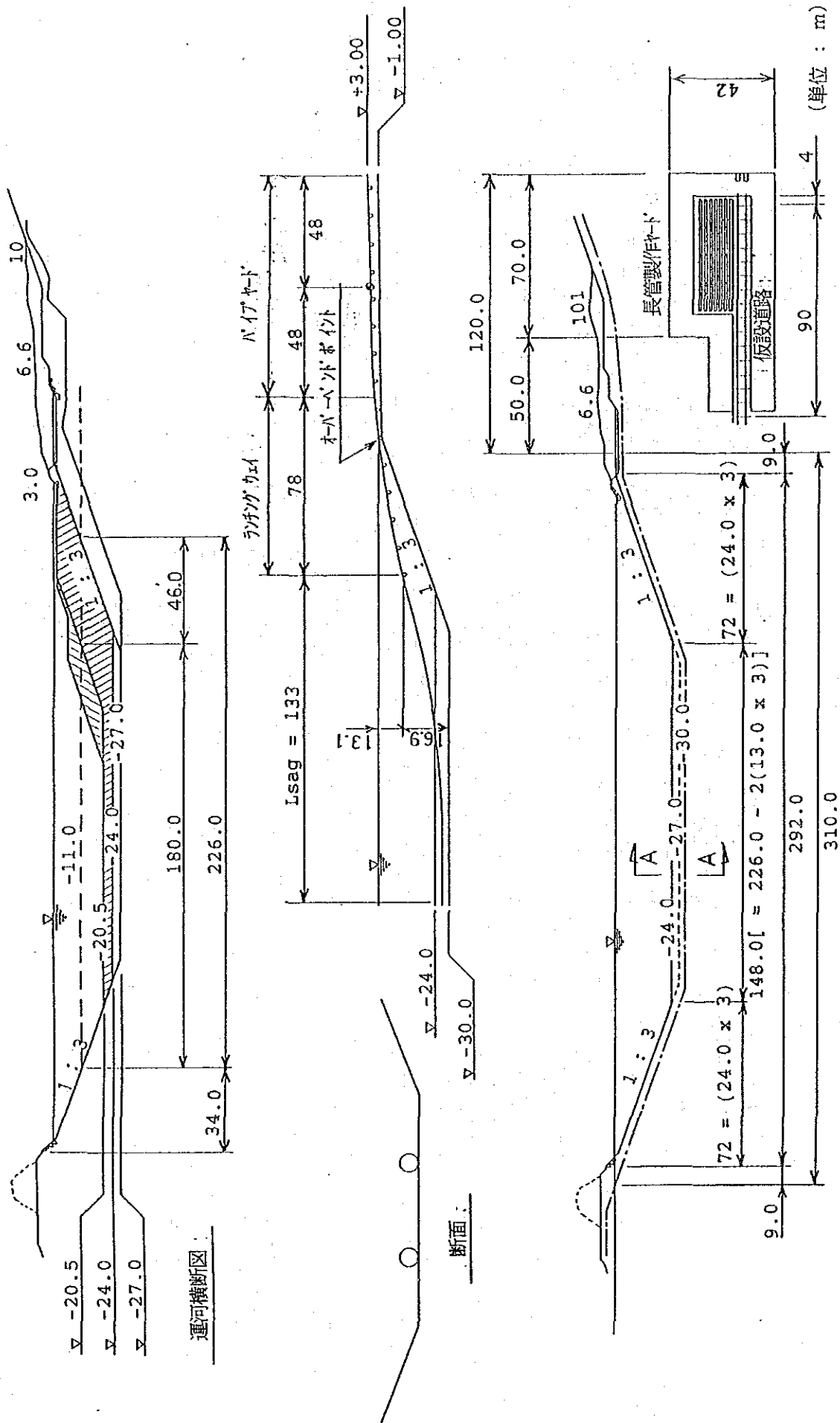


図-5.2.3(2)-7 スエズ運河伏越橋断面図

(3) 水管橋

1) 対象および条件

起点より207m地点の淡水運河横断の水管橋は、次の緒元および条件がある。

- ・口径 500mmNID 2本
- ・敷設長さ(水路スパン長さ)27.0m
- ・両端 海拔6~8mの農道に沿った農地

2) 構造形式

水管橋の構造形式としては従来の例から次のようなものがあげられる。

表-5.2.3(3)-1 水管橋の構造形式

種 別	構 造 形 式	
パイプビーム水管橋	単 径 間	単純支持形式
		一端固定・一端自由支持形式
		両端固定形式
	多 径 間	多径間単純支持形式
		連続支持形式
補 剛 水 管 橋	桁補剛形式	フランジ補剛形式
	トラス補剛形式	四弦トラス補剛形式
		三角トラス補剛形式
	ア ー チ 形 式	アーチ水管橋
		タイドアーチ水管橋
	ア ー チ 補 剛 形 式	ランガー補剛形式
		ローゼ補剛形式
		ニールセン系ローゼ補剛形式
	吊 構 造 形 式	斜張補剛形式
		吊橋補剛形式

3) 水管橋の構造形式の内容とその比較

水管橋の構造形式の内容とその比較を口径500mmを中心に検討してみる。

まず対象となる (イ) パイプビーム形式 (ロ) フランジ補剛形式 (ハ) アーチ形式の長短比較を表-5.2.3(3)-2、表-5.2.3(3)-3、表-5.2.3(3)-3 に示す。

また、単純かつ加工、施工コストも経済的な単純梁(シンプルビーム)パイプの場合の許容最大支間長を、図-5.2.3(3)-1、図-5.2.3(3)-2 に示す。これらは、水の重量と管の重量のみを考慮した値である。

4) 構造形式の選定

対象となる水管橋は口径 500mm NID であり前々項の铸铁管、前項の伏越管・鋼管の条件から次の管種工法を中心に検討する。

・鋼管 JIS G 3454 STPG
508.0φ×12.7mm Sch 30

図-5.2.3(3)-1 および 図-5.2.3(3)-2 から明らかなように口径500mmの場合、単純梁のパイプシンプルビームではスパン長約18mまでが適用可能であり、27mスパンに対しては 適用外となる。

また口径500mmでは、フランジ補剛は最も簡単なT型フランジを採用してもスパン長は大幅には延びず、相対的に鋼重がふえ割高になる。

アーチ形式は口径500mmにおいてスパン長35mを超えて適用可能であり、27mスパンの場合最も経済的な選択となる。

よってアーチ水管橋とする。

表一5.2.3(3)-2 各種パイプビーム形式の長短比較

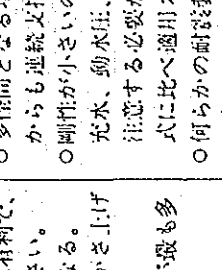
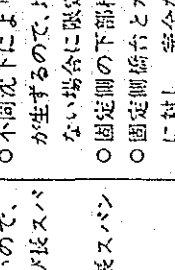
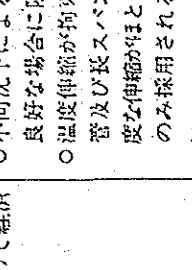
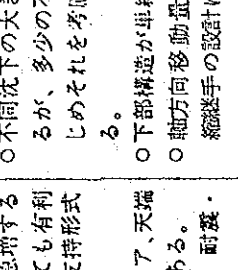
構造形式	長所	短所
<p>(a) 単純支持形式</p> 	<p>○地盤沈下による支承の不同沈下に有利で、上、下部構造に与える影響が小さい。 ○他の型式に較べ下部工が便宜となる。 ○河川状況の変化による将来の桁かさ上げに対して有利。 ○中・大口径管に対する使用実績が最も多い。</p>	<p>○多径間となる場合には、耐震上、経済性からも連続支持形式が望ましい。 ○剛性が小さいので長大スパンの場合には、充水、動水圧、風、地震等による振動に注意する必要がある。この点から他の形式に比べ適用スパンが小さい。 ○何らかの耐震装置（桁落下防止）を必要とする。</p>
<p>(b) 一端固定一端自由支持形式</p> 	<p>○単純支持形式に比べ剛性が大きいので、たわみが問題となる小口径管及び長スパン橋に有利。 ○地盤が良好な場合には、かなり長スパンの中・大口径管にも適用できる。</p>	<p>○不同沈下により、上・下部構造に拘束力が生ずるので、地盤が良好で不同沈下が少ない場合に限定して採用する。 ○固定側の下部構造は大きくなる。 ○固定側橋台と水道管の定着は、各断面力に対し、完全なものとなる。</p>
<p>(c) 両端固定形式</p> 	<p>○伸縮継手、支承を必要としないので経済的に有利となる。 ○剛性が大きい。</p>	<p>○不同沈下による影響が大きいので地盤が良好な場合に限る。 ○温度伸縮が拘束されているので、大口径管及び長スパン橋への適用は困難で、過度な伸縮がほとんどない場合の小口径管のみ採用される特別な形式と考えてよい。</p>
<p>(d) 連続支持形式</p> 	<p>○中間支点では曲げモーメントが急増するがその他は少なく、たわみに対しても有利であるため、適用スパンは単純支持形式より大きい。 ○伸縮継手、支承の節減ができ、ピア、天端幅も小さくてよいため経済的である。 ○剛性が大きく連続しているため、耐震・振動の点から単純支持より有利</p>	<p>○不同沈下の大きい軟弱地盤には不適であるが、多少の不同沈下の場合にはあらかじめそれを考慮して設計すれば適用できる。 ○下部構造が単純支持に比べ割高となる。 ○軸方向移動量が大きくなるので支承、伸縮継手の設計には注意する。</p>

表 5-2.3(3)-3 各種フランジ形式の長短比較

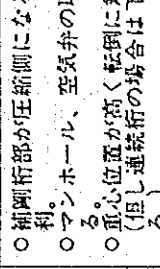
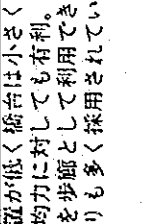
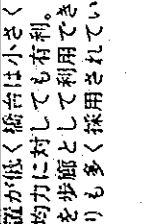
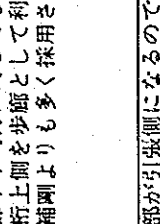
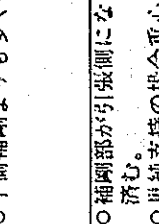
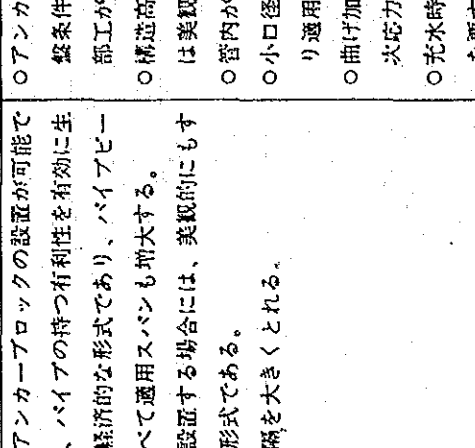
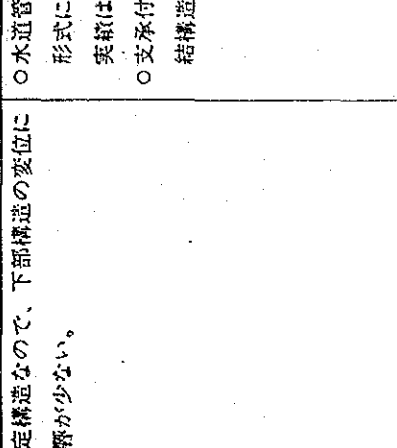
構造形式	形状	長	所	所
<p>フランジ補剛形式の一般的特性</p> <p>フランジ補剛形式の場合、捻せいが高くなるため風圧面積が増し、横荷重に対してかなりの耐力を必要とする場合が多い。従ってある程度の長支間になると、トラス形式又はアーチ補剛形式等との経済比較が必要である。</p>		<ul style="list-style-type: none"> ○ スパン、口径にもよるが、一般に鋼重は多少重くても製作、架設上他の補剛形式に比べ経済的である。 ○ 下部工の寸法がパイプヒーム形式と同等で済む。 ○ 連続支持形式が可能である。 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 補剛桁が小さく、適用スパンに限界がある。 ○ 管内空座時の転倒に対し注意を要する。 ○ 補剛部と水管との出位差による応力が大きい。 ○ 現場溶接継手の組立精度の確保、溶接作業に注意を要する。 ○ 美観的にやや劣る。(特に多径間単純支持の場合。) 	
補剛形式	<p>上側補剛</p> 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 水道管の位置が低く橋台は小さくすみ、曲管部不平均力に対しても有利。 ○ 補剛桁上側を歩廊として利用できる。 ○ 下側補剛よりも多く採用されている。 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 補剛桁部が圧縮側になるので、風屈に対し不利。 ○ マンホール、空気弁の取付けがやや複雑になる。 ○ 重心位置が高く転倒に対し不利。(但し連続桁の場合は下側補剛より有利となる。) 	
補剛形式	<p>下側補剛</p> 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 補剛部が引張側になるので板厚が薄くて済む。 ○ 単純支持の場合重心が低くなるので転倒に対し有利となる。 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 水道管の位置が高く、橋台寸法が大きくなる。 ○ 歩廊を別途設ける必要がある。 ○ 連続桁の場合、重心が高く、転倒に対し不利となる。 	
補剛桁の形状		<ul style="list-style-type: none"> ○ 組立て、溶接(現場継手部を含む)が他形式より容易なため、短支間の場合にも多く採用されている。 ○ IT型形式に較べより完全な溶接が可能。 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 補剛部が小さく適用スパン限界が小さい。 ○ ねじれに対し補剛部は有効に働かない。 ○ 補剛桁フランジは局部座屈、歩廊の隅縁から必要以上の幅・厚さとなる。 ○ 水道管に局部変形が生じやすく対策が必要。 ○ IT型に較べ鋼重が重くなる。 ○ リブ、その他の補剛材が多くなる。 	
補剛桁の形状		<ul style="list-style-type: none"> ○ 長支間の場合最も多く使用されている。 ○ 補剛部断面を有効に利用できる。 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 溶接作業、組立て作業がしにくく、製作コストが高くなる。 ○ 特に現場溶接部の開先合せ溶接作業には十分な配慮を要する。 	

表-5.2.3(3)-4 各種アーチ形式の長短比較

構造形式	形	式	長	所	短	所
<p>固定アーチ水管橋</p> 	<p>両端固定形式のバイピエームを、放物線、又は円弧状のアーチとしたもので、固定梁が曲げモーメントにより抵抗するのに対し、アーチは軸力が主体となるので、剛性が増し、適用スパンが増大する。1条アーチの面外荷重に対してはパイプの持つねじり剛性により抵抗する。この形式の採用は、移動が殆どないアンカーブロックが設置できることを条件とする。</p>	<p>完全なアンカーブロックの設置が可能であれば、パイプの持つ有利性を有効に生かした経済的な形式であり、バイピエームに較べて適用スパンも増大する。○谷部に設置する場合には、美観的にもすぐれた形式である。○桁下間隔を大きくとれる。</p>	<p>○アンカーブロックの移動が生ずるような地盤条件の場合には、適用できない。また、下部工が大きくなる。 ○構造高が高いので市街地に設置する場合には美観上問題がある。 ○管内が負圧とならない水理条件。 ○小口径管1条アーチの場合、面外座屈により適用スパンに限界がある。 ○曲げ加工手間がかかると共に曲りによる2次応力(扁平化、偏心)に注意を要する。 ○充水時、動水圧、耐風、安定性に特に注意を要する。</p>	<p>○外的静定構造なので、下部構造の変位による影響が少ない。</p>	<p>○水道管を下弦材として使用するアーチ補剛形式に較べ、メリットがあまりなく、使用実績は殆どない。 ○支承付近の曲管部及びタイとアーチとの連結構造が困難である。</p>	
<p>タイドアーチ水管橋</p> 	<p>上記固定アーチのアンカーブロックの変位による影響をなくすために、アーチの両端をタイで結び、その水平反力を消去し合う外的静定構造の形式である。支承条件は、通常の単純梁と同じになる。</p>					

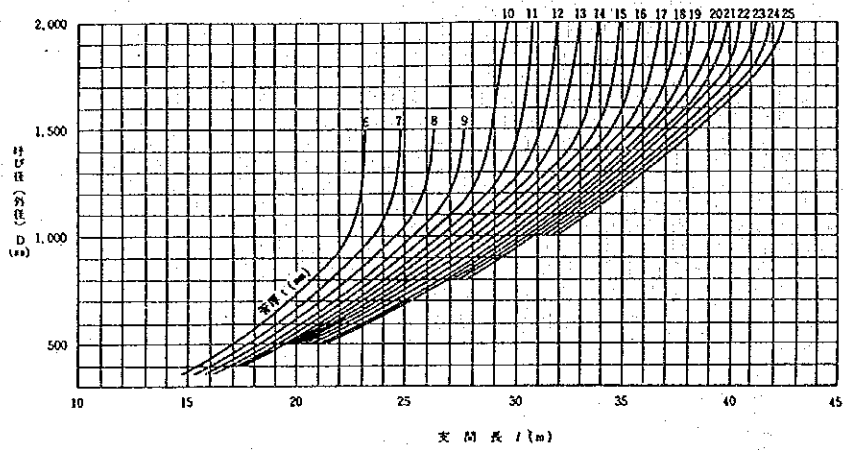


図-5.2.3(3)-1 単純梁の許容最大支間長

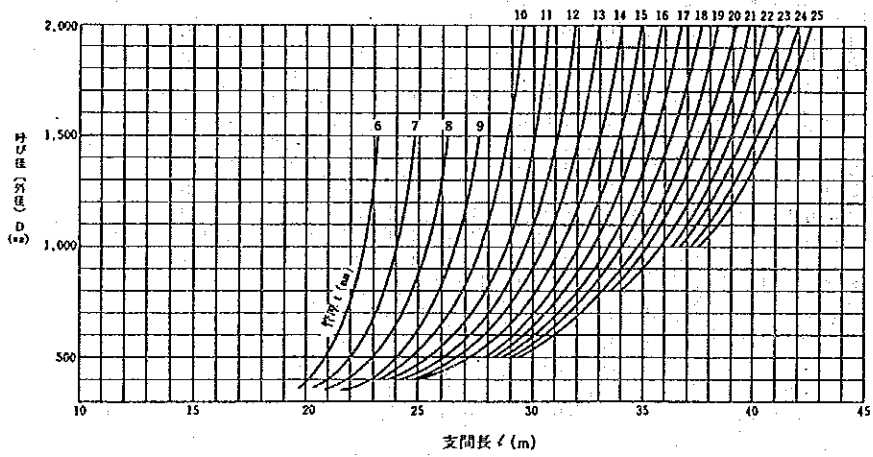


図-5.2.3(3)-2 一端固定一端自由支持梁の許容最大支間長

注) 図-5.2.3(3)-1 及び図-5.2.3(3)-2 は水重・管重のみを考慮した結果である。

5) アーチ水管橋の設計諸元

アーチ水管橋の基本設計諸元は次のとおりである。

- ・口径 : 500mmNID
- ・鋼管 : JIS G 3454
508.0×12.7mm
- ・スパン長 : 27.0m*
- ・設計長さ : 33.0m
- ・アーチ水管橋長 : 約35.0m
- ・アーチ高さ(心心) : 約4.0m
- ・塗装 内面 : タールエポ 0.5mm
- 外面 : エポキシ下処理
 ポリウレタン系
- ・両端土被り : 1.0m
- ・両端コンクリートソーカー : 30m×2セット
- ・その他
 - －アーチ水管橋は中央に各1個空気弁取付
 - －点検用歩廊各片端取付

アーチ水管橋の適用概念図は図-5.2.3(3)-3に示すとおりである。

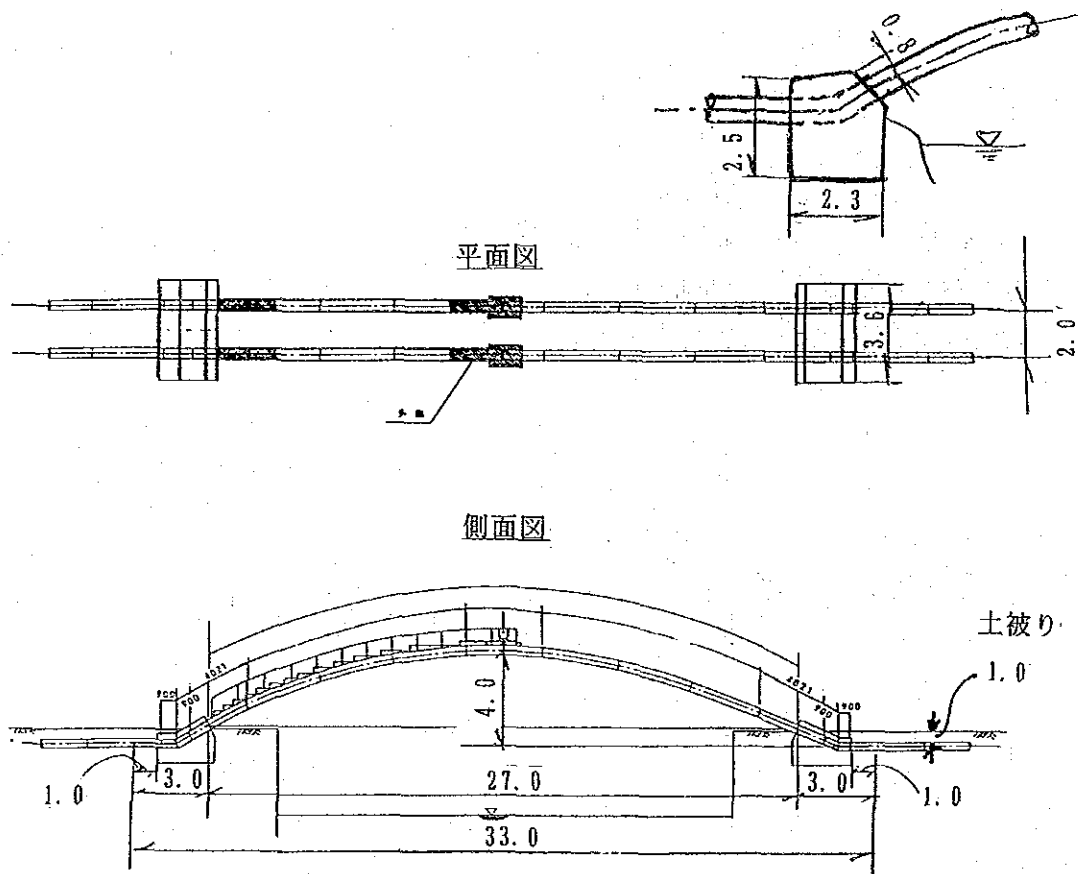


図-5.2.3(3)-3 アーチ水管橋

参考文献

- 1) 土木学会 : トンネル標準示方書 (シールド編) 同解説 1990
- 2) 日本道路公団 : 設計要領 第二集 1987
- 3) 日本道路協会 : 共同溝設計指針 1986
- 4) 日本港湾協会 : 港湾の施設の技術上の基準・同解説 1984
- 5) Sir William Halcrow & Partners Ltd, Osmac Joint Venture :
GEOTECHNICAL REPORT, March 1977
- 6) Sir William Halcrow & Partners Ltd, Osmac Joint Venture :
FINAL DESIGN, July 1977
- 7) Herbert H. Einstein, M. asce and Charles W. Schwartz, A. M. ASCE :
"Simplified Analysis for Tunnel Support" Journal of the Geotechnical
Engineering Division, April 1979
- 8) 日本水道鋼管協会 : 水管橋設計基準 1985
- 9) 日本ダクタイル鋼管協会 : 便覧 1990
- 10) 日本規格協会 : 日本工業規格 (JIS) (A, G, R, Z シリーズ)
1990

第 6 章

アハムド・ハムディ・トンネル

改修に関する施工計画の概要

第6章 アハムド・ハムディ・トンネル改修に関する施工計画の概要

6-1. 施工方針

- (1) アハムド・ハムディ・トンネルの劣化現状ならびにS. C. A. 当局の強い要請にかんがみ、JICAとしても本トンネル改修工事の「早期着工、早期完工」の設計内容、工法、工程となるような基本方針をもって本件に望んでいる。
- (2) また、本アハムド・ハムディ・トンネルの劣化原因とその社会的、経済的ならびにS. C. A. 内部の組織運営の活性化にかんがみ、二度と同じような劣化現象の発生しないような設計思想をもってこの基本設計に望んでおり、これを実施設計ならびに施工監理に反映させるものとする。
- (3) 従って、建設会社の選定・評価に当たってもこれらのことを大前提とした工事の品質、工程、ならびにコスト管理を行うことを基本方針とする。
- (4) 工事発注条件ならびに施工監理体制に上記の基本方針を盛り込んで、所期の目的を達成するものとする。

6-2. 資機材調達計画

6-2-1. トンネル構造物の資材調達

トンネル構造物の資機材調達先を、表-6.2.1 に示す。

表-6.2.1 トンネル構造物の資機材調達

項 目	全体／一部	調 達 国		
		日本	エジプト	EC
1. 覆 工				
1) セメント	全 体		○	
2) 骨 材	//		○	
3) 鉄 筋	//		○	
4) 防水シート	//	○		
5) 不織布	//	○		
2. 床 版				
1) セメント	//		○	
2) 骨 材	//		○	
3) 鉄 筋	//		○	
4) マンホール	//	○		
5) 連絡扉	//		○	

注1) 調達国が日本である理由

(1) 防水シート、不織布：これらは、本工事の中では、侵入水を遮断し、劣化を再現させないためにも、重要な役割を果たすものである。

したがって、高品質かつ日本での豊富な施工実績を有している日本製品の調達とした。

(2) マンホール：個数が6と少なく、エジプトには特に製作工場がない。

そのため、実績のある標準品が多数あり、費用、期間の点も考慮して日本製とした。

6-2-2. トンネル設備・施設の資機材調達

設備・施設の資機材調達先を、表-6.2.2 に示す。

表-6.2.2. 設備・施設の資機材調達

項 目	全体／一部	調 達 国		
		日本	エジプト	E C
1. 覆 工				
1) 天井版	全 体		○	
2) 排気口カバー	一 部		○	
3) ハンガー	//	○		
4) 支持フレーム	//	○		
5) 中央部隔壁	//	○		
2. 内装板	全 体	○		
3. 歩 廊				
1) フレーム金具	全 体	○		
2) 踏み板	一 部		○	
3) 前面パネル	//		○	
4. ライフライン				
1) 幹線水道管(φ500)	一 部	○		
2) 特別電話線	//		○	
5. その他のパイプ等				
1) ポンプ排水管	全 体	○		
2) 雨水排水管	//	○		
3) 換気管	//	○		
4) 消火用給水管	一 部	○		
6. モニター器具 C0, VI	一 部			○
7. 安全施設				
1) トンネル照明	全 体	○		
2) TVカメラ	一 部			○
3) 消火栓	//			○
4) 電話器	//			○
5) 移動無線設備	//	○		
8. 電力線				
1) 歩廊下の電線	全 体	○		
2) 11kv電力線(予備線 (予備線を含む))	一 部	○		

注1) 調達国が日本である理由：品質、納期の点で、エジプトならびに他国からの調達が困難、もしくは不利である項目を日本製とした。

注2) 調達国がE.Cである理由：現有据付け機材のうち、技術管理の立場から、既製品と異なる調達は、今後の運転・保守の点から困難と判断される項目は、当初メーカーからの調達とした。

6-2-3. 水道管の資材調達

水道管に関する資機材調達先を、表-6.2.3 に示す。

表-6.2.3 水道管の資機材調達

項 目	全体／一部	調 達 国		
		日本	エジプト	EC
1. 水道管				
1) ダクタイル鋳鉄管	全 体	○		
2) 同上異形管	〃	○		
3) 鋼管 (伏越・水管橋)	〃	○		
4) アルミニウム電気防食アノード	〃	○		
2. 同上基礎部				
1) セメント	〃		○	
2) 骨 材	〃		○	
3) 鉄 筋	〃		○	
4) マンホール	〃	○		
5) 連絡扉	〃		○	

注) 調達国が日本である水道管類の理由:

(1) ダクタイル鋳鉄管については、カイロに工場があるが、運河沿いの三大都市、ポートサイード、イスマイリアおよびスエズには、S. C. A. 自身が水道施設を有しており、すべて輸入管を用いている。

S. C. A. は国産品使用実績がなく、いまだに品質管理に対して疑問を有している。

現在、イギリスおよびアメリカ製品を使用しているが、今回は、納期管理の点から、中東にも多数納入実績のある日本品の使用とした。

(2) 運河伏越しおよび水道管部の鋼管についても生産実績、品質管理および納期管理の点で、日本品を考える。

(3) 電気防食用アルミニウム・アノード用も上記(2)と同様である。

6-3. 仮設計画

仮設計画は、次の通りとする。

(1)	コンクリートプラン	6-3-1	参照
(2)	プレキャスト版製作ヤード	6-3-2	参照
(3)	トンネルコンクリート用移動式セントル	6-3-3	参照
(4)	トンネル作業用移動式作業台車	6-3-4	参照
(5)	工事中電気設備	6-3-5	参照
(6)	工事中給排水設備	6-3-6	参照
(7)	工事中の換気設備	6-3-7	参照
(8)	工事中の照明設備	6-3-8	参照
(9)	伏越管敷設	6-3-9	参照
(10)	安全設備	6-3-10	参照
(11)	仮設建物	6-3-11	参照
(12)	試験設備	6-3-12	参照
(13)	場内小運搬設備	6-3-13	参照

6-3-1. コンクリートプラント

上半断面アーチ部のコンクリートは1回の打設量が 95m^3 となる。

1m^3 強制攪拌型コンクリートプラント($60\text{m}^3/\text{hr}$)を設置し、 $60\text{m}^3 \times 70\% = 42\text{m}^3/\text{hr}$ の供給を行えば2.5時間で打設が可能である。

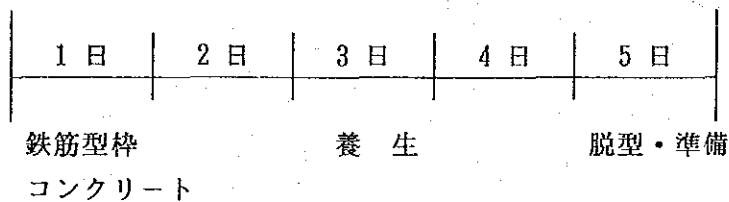
プラントの仕様

- ① エジプトではセメント供給能力に問題があるので、50tセメントサイロ2基を設置する。
- ② 骨材ピンは砂、骨材×2種 計3ピンとする。
- ③ コンクリート減水剤混入設備を設置する。

6-3-2. プレキャスト版製作ヤード

(1) 天井版の製作

- 1) 1日当り12枚製作するとして、
 $4,920\text{枚} \div 12\text{枚/日} = 410\text{日}$ 16.5ヶ月の工期
- 2) 製作サイクルは、下記工程として5日サイクルとなる。



- 3) 型枠の準備量
 $12\text{枚/日} \times 5\text{日} = 60\text{組}$ 準備する。
- 4) 製作ヤード計画図
図-6.3.2-1 参照

6-3-3. トンネルコンクリート用移動式セントル

移動式コンクリート型枠として、下記セントルを準備する。

- (1) トンネル上半断面用スチールフォーム (図-6.3.3-1 参照)
- (2) 道路床版コンクリート用スチールフォーム (図-6.3.3-2 参照)
- (3) トンネル下半断面用型枠パネル (図-6.3.3-3 参照)

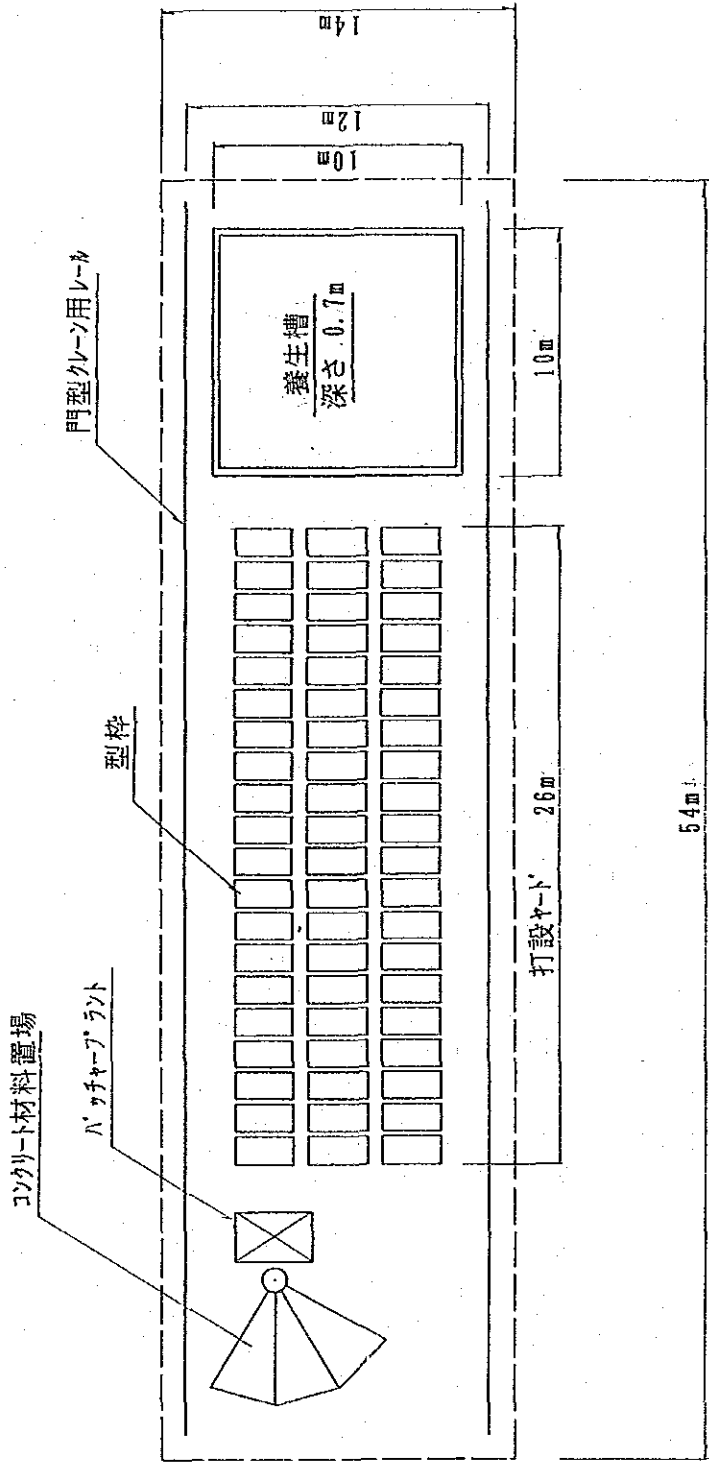


図-6.3.2-1 プレキャストコンクリート製作ヤード

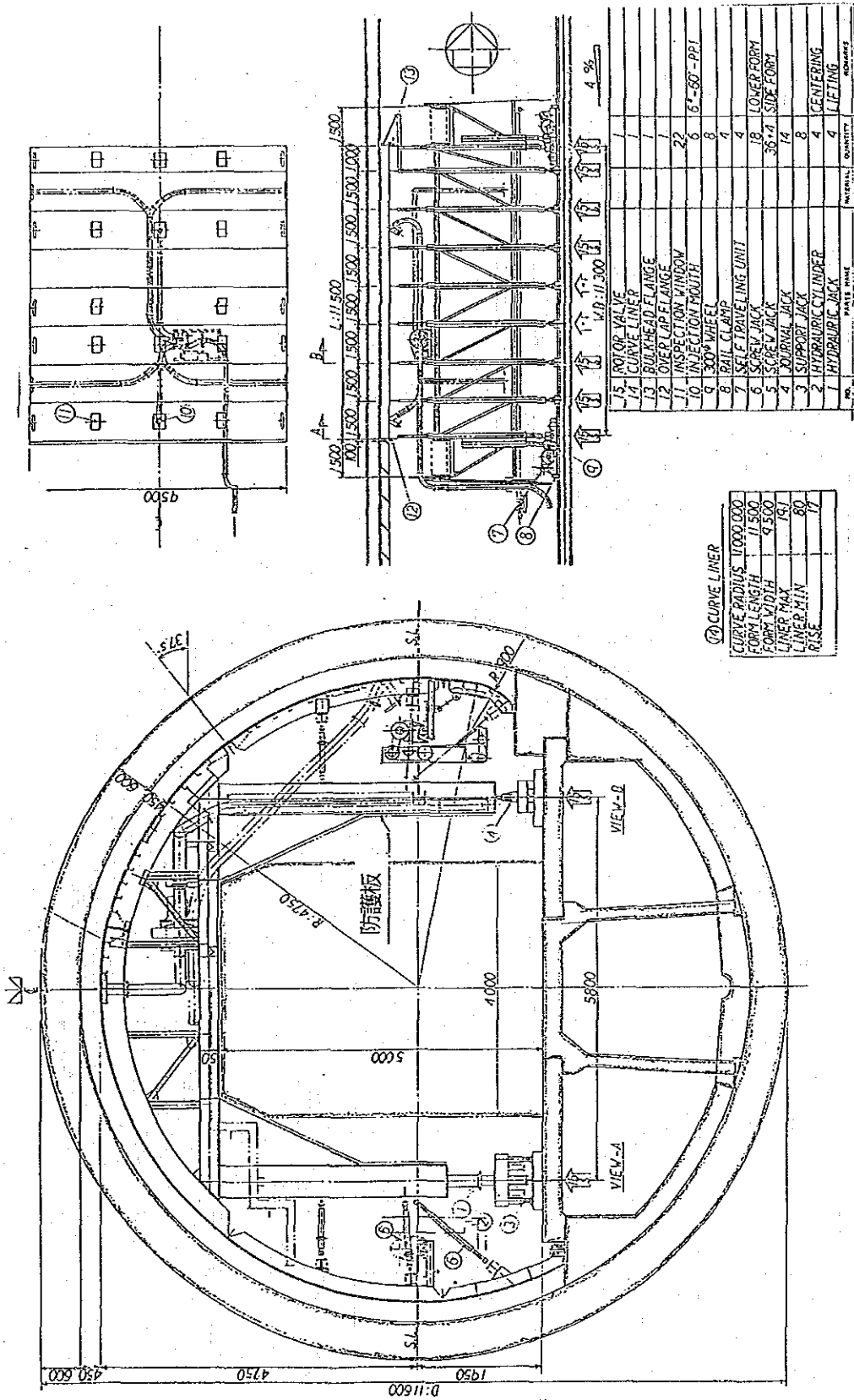


図-6.3.3-1 全断面スチールフォーム

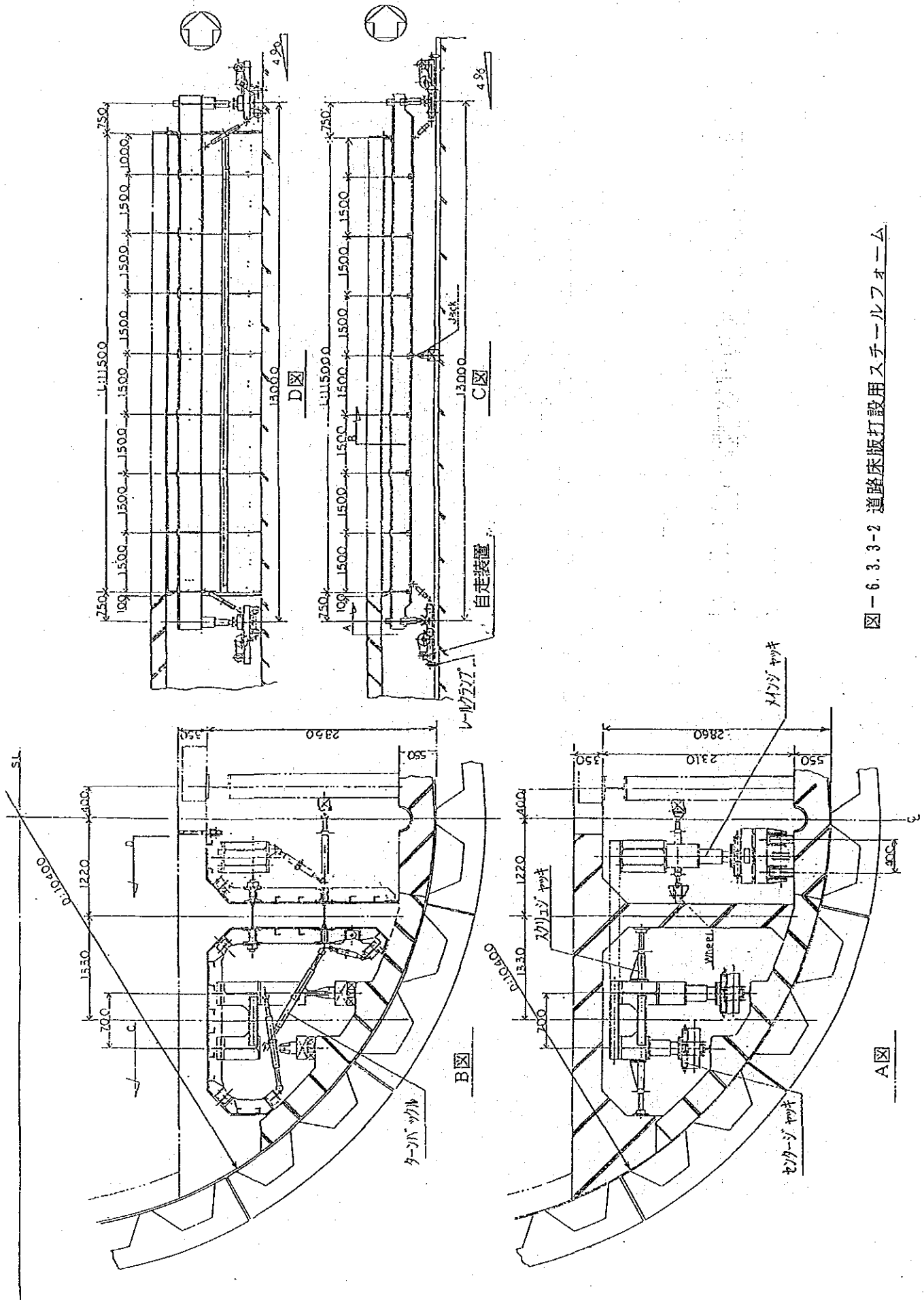


図-6.3.3-2 道路床版打設用スチールフォーム

インバートアーチ組立センター用運搬台車 L:6000

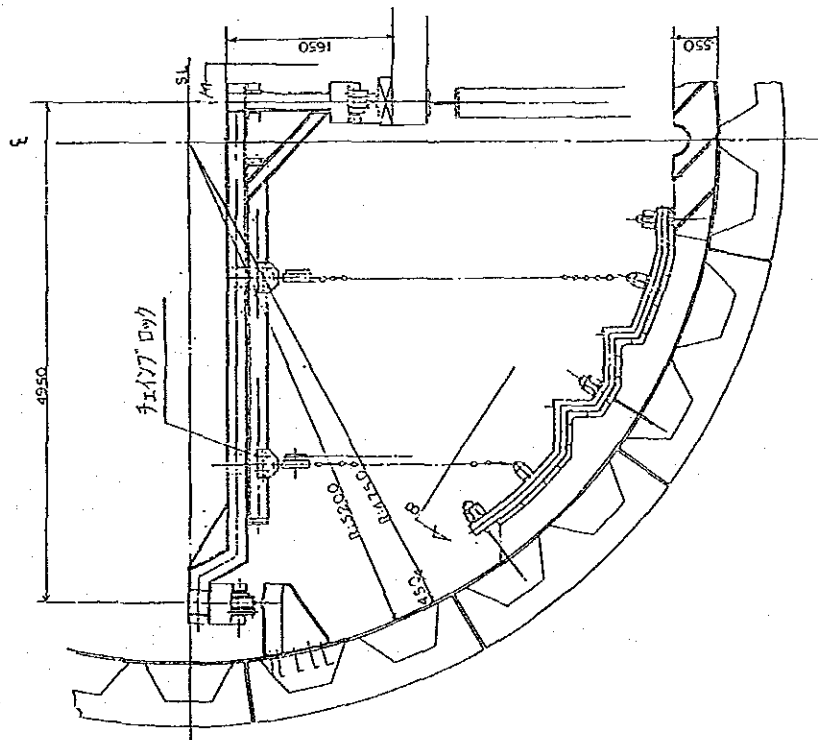
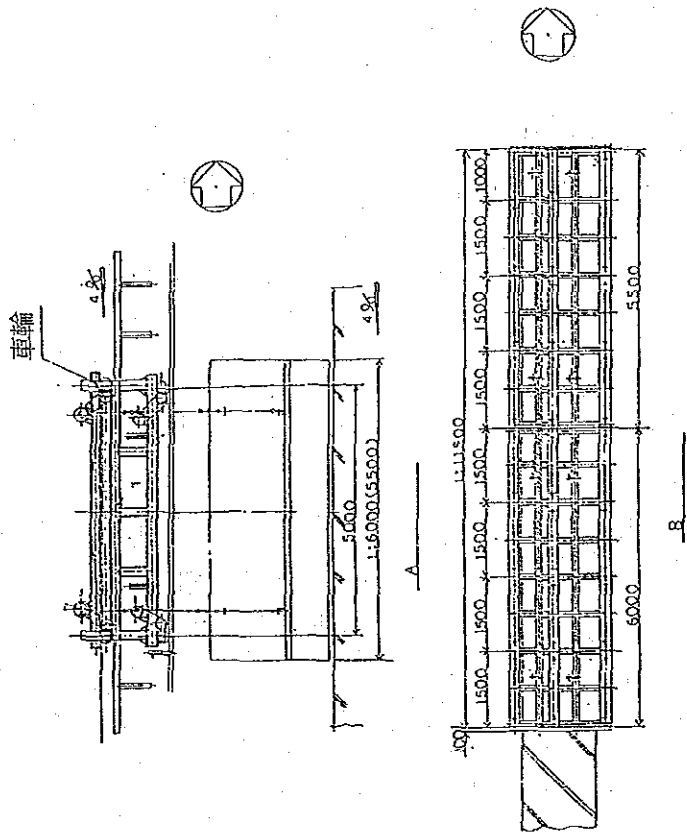


図-6.3.3-3 インバートアーチ用組立センター

6-3-4. トンネル作業用移動式作業台車

トンネル改修工事は昼間の交通を確保しながら作業を進めねばならない。従って、トンネル内の各作業は、中央部に一車線の車道を確保した作業台車上にて作業をすることになる。

作業台車は下記のを準備した。

- | | |
|--------------------|----------------------|
| (1) 天井版撤去及び取付用作業台車 | (図-6.3.4-1) 参照) |
| (2) 内装工事用作業台車 | (図-6.3.4-2, 6, 7 参照) |
| (3) 下半断面防水シート張作業台車 | (図-6.3.4-3, 5 参照) |
| (4) 型枠移動用クレーン台車 | (図-6.3.4-4 参照) |
| (5) 下半断面鉄筋組立台車 | (図-6.3.4-3, 5 参照) |
| (6) セメント中子詰め用台車 | (図-6.3.3-2, 6, 7 参照) |
| (7) セメント表面処理用作業台車 | (図-6.3.4-2, 6, 7 参照) |
| (8) 上半断面防水シート張作業台車 | (図-6.3.4-8 参照) |
| (9) 上半断面鉄筋組立台車 | (図-6.3.4-9 参照) |

6-3-5. 工事用電気設備

- (1) 仮設ヤードでの電気設備はS. C. A. の変電所より、380V/220V、500KVAを受電できるものとして、すべて低圧配線とした。

給電所を下記に示す。

- ① コンクリートプラント
- ② 修理工場、鍛冶小屋
- ③ 大工、鉄筋小屋
- ④ 屋外照明

但し、仮設ヤード全体の照明はS. C. A. が準備することで、当計画から除外した。

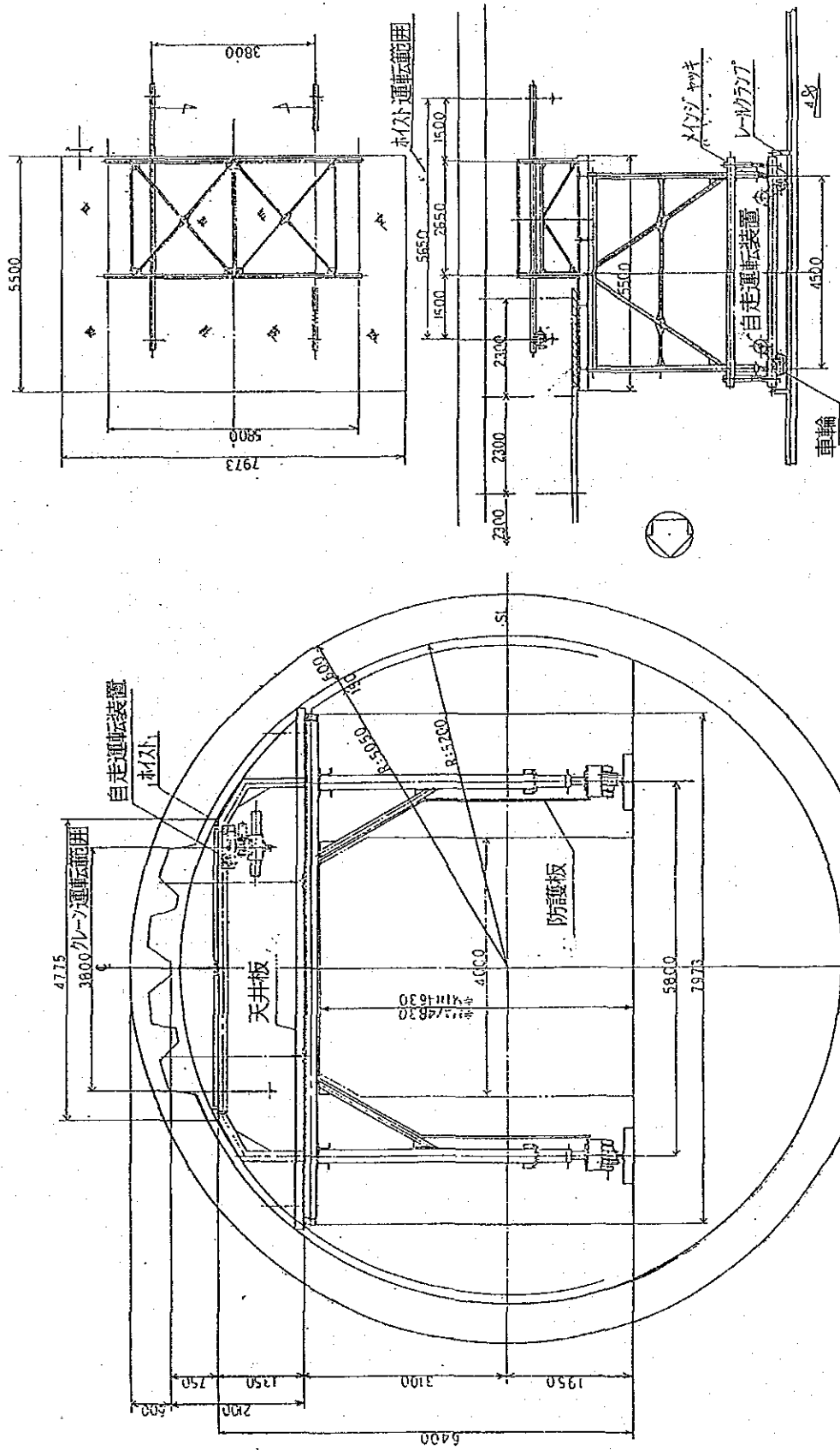


図-6.3.4-1 天井版撤去および取付け用作業台車 L = 5 m

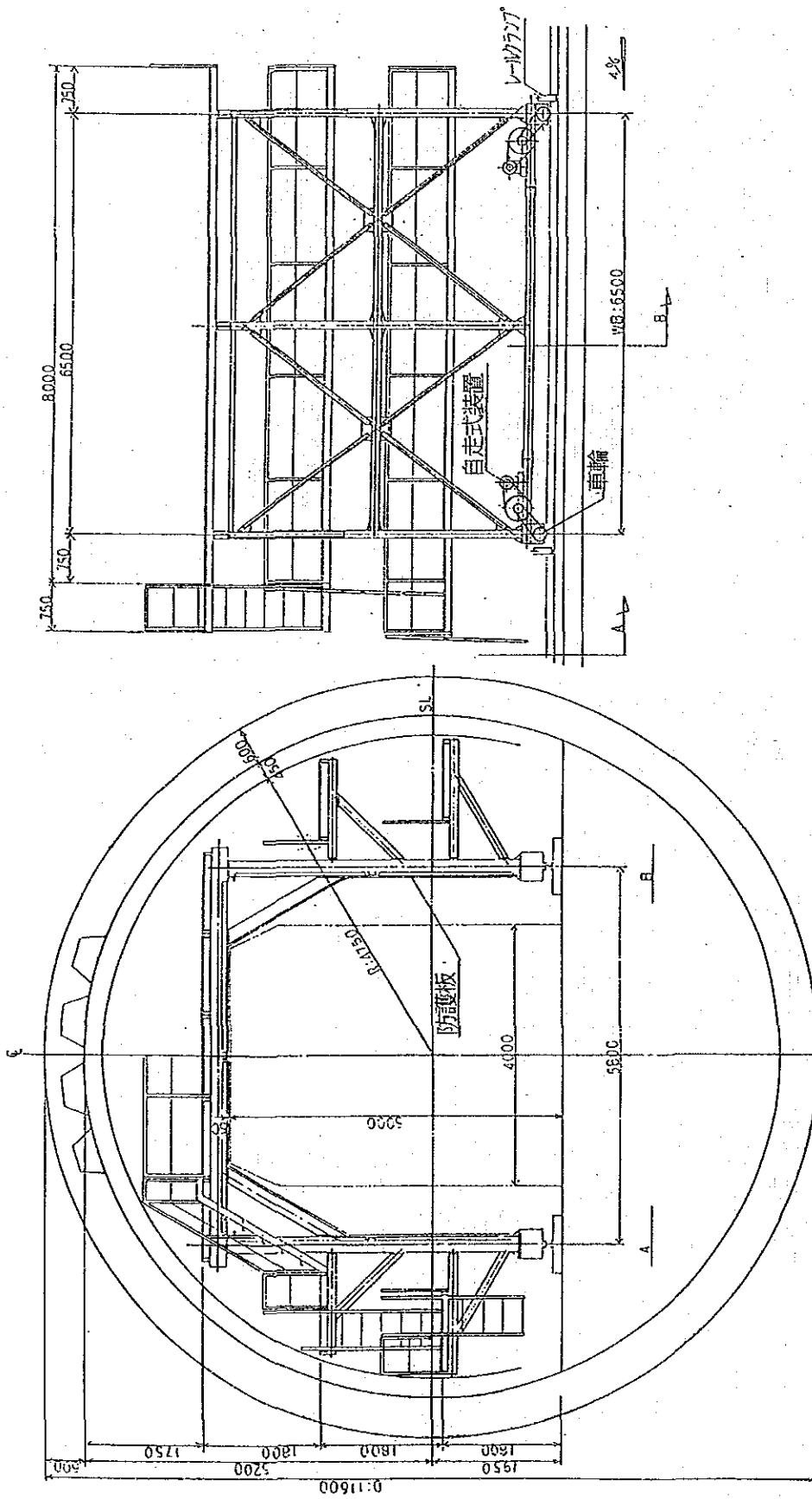
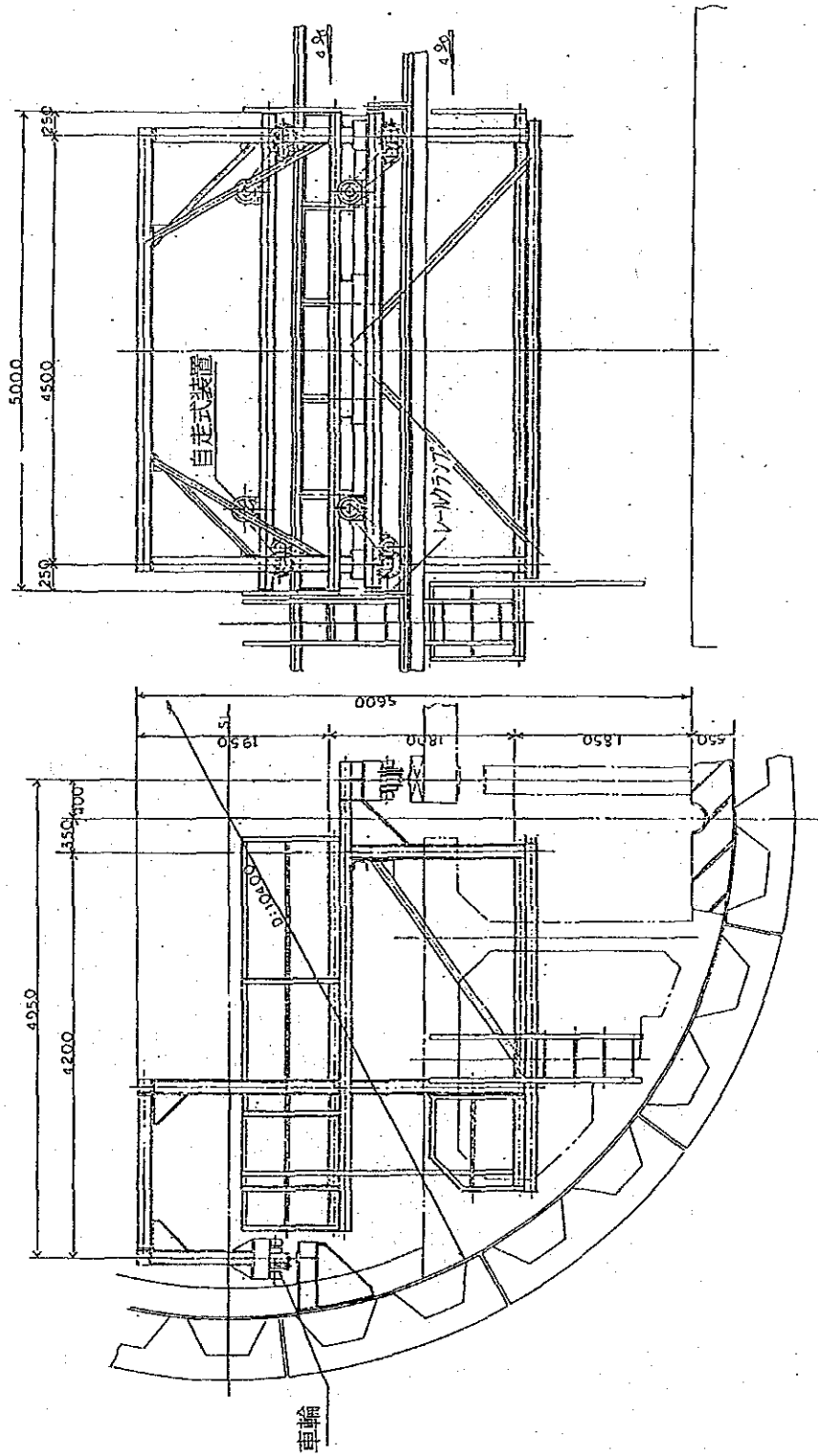


図-6.3.4-2 内装版撤去および取付け用作業台車 L = 8 m

図-6.3.4-6 セグメント中子詰め用作業台車 L = 8 m

図-6.3.4-7 セグメント表面処理用作業台車 L = 8 m



図一6.3.4-3 インバートアーチ用防水シート作業台車 L = 5 m

図一6.3.4-5 インバートアーチ用鉄筋組立台車 L = 5 m

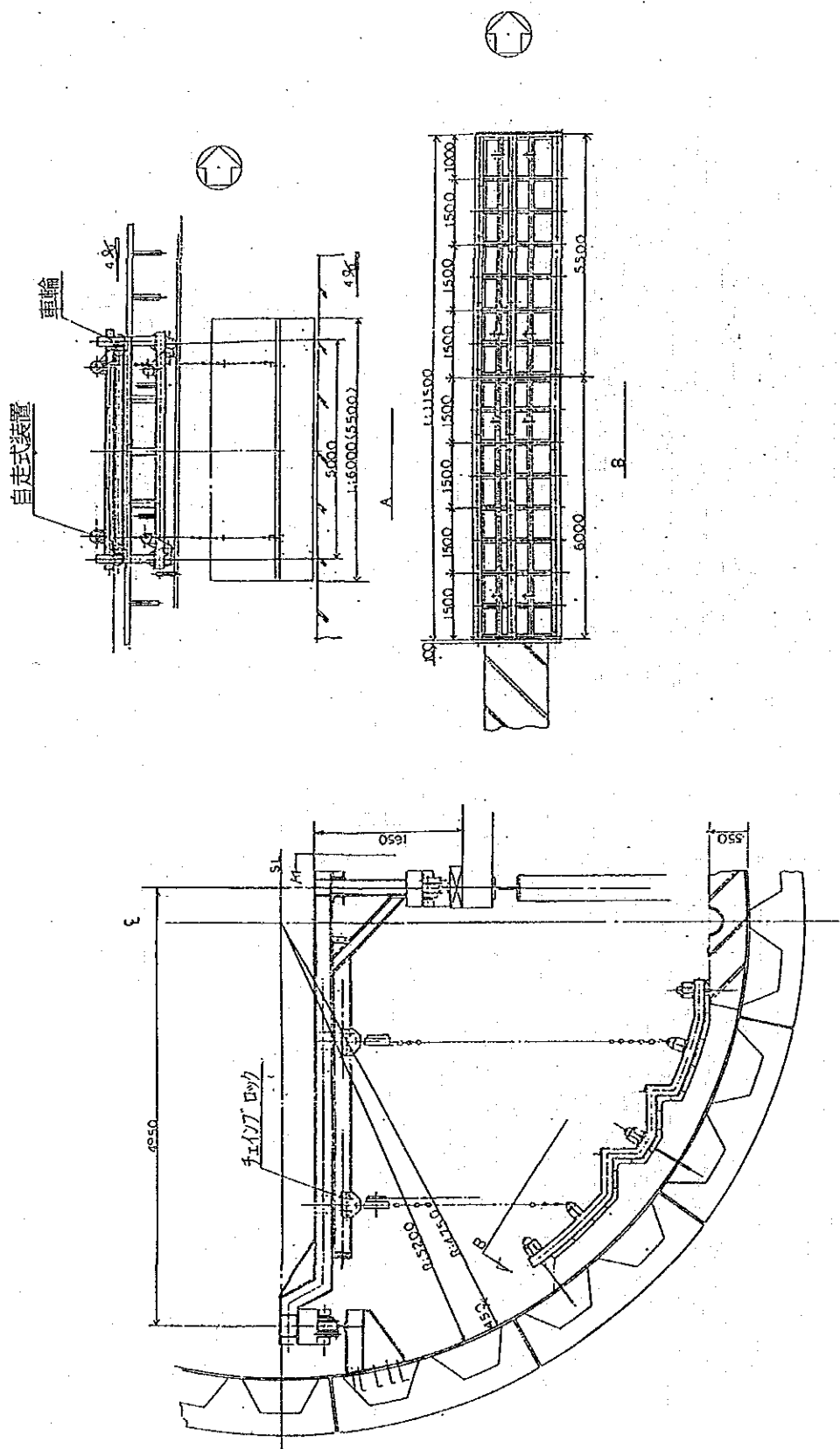


図-6.3.4-4 インバートアーチ組立センター用運搬台車 L=6 m

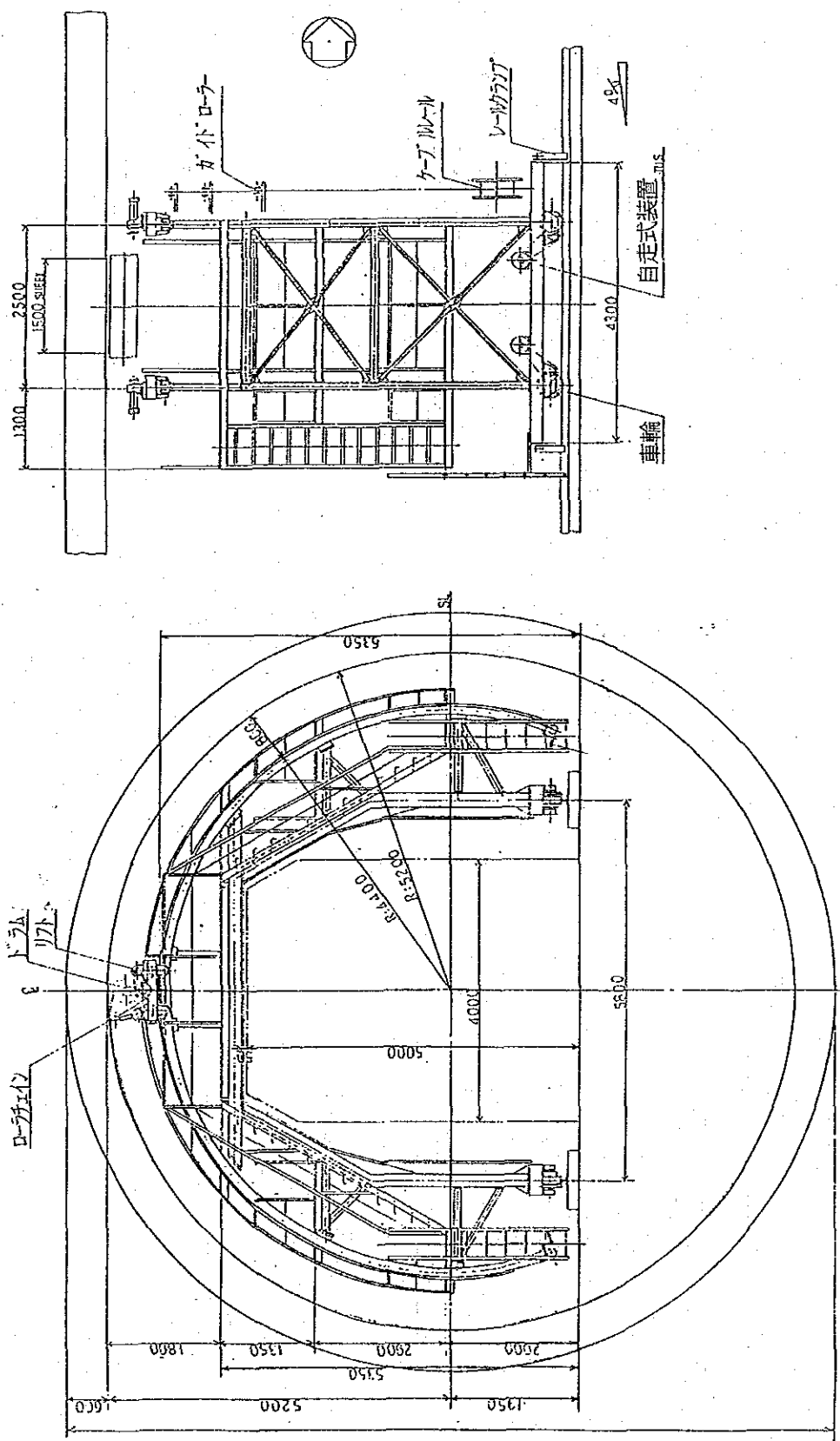


図-6.3.4-8 防水シート張り作業台車 L=6m

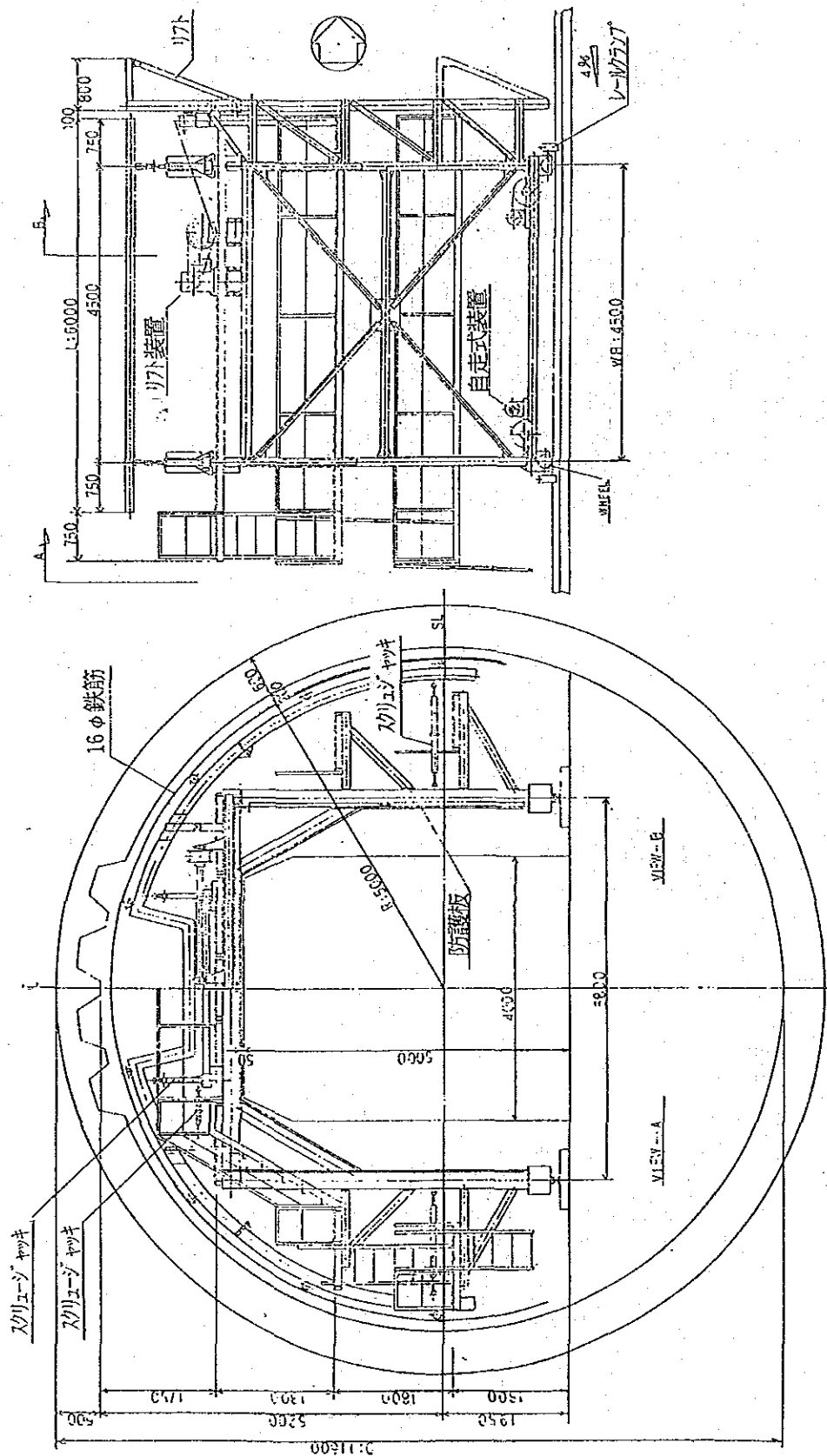


図-6.3.4-9 鉄筋組立台車 L=6m

(2) プレキャストコンクリート製作ヤードは、鉄道を越えた敷地に計画するため、S. C. A. の変電所より11KVの高圧配線で供給し、ヤード内で400V/200Vに降圧する。

給電ヶ所を下記に示す。

- ① コンクリートプラント
- ② ガントリークレーン
- ③ 電気溶接機、給水ポンプ等
- ④ 照明

(3) トンネル内

トンネル内の照明設備はできるだけ現在のものを利用するが、照明器具に給電しているケーブル及びトランス類は 歩廊撤去と同時に撤去しなければならない。

トンネル主変電所で11KVを受電し、トンネル杭口は付近にキュービクルを設置し、トンネル杭内は現 行と同じ3.3KVで配線しトンネル内で200Vに降圧し照明機器に給電する。

なお、配線は作業台車の通過に従って切換が容易なように計画下配線の詳細計画は積算根拠に示す。

6-3-6. 救排水設備

仮設ヤード内の諸設備はφ80mm炭素鋼管及びφ50mm硬質塩化ビニール管にて給水する。

トンネル内の工事用水はタンク車で給水する事とし、特に給水配管は設けない。仮設ヤードの排水は素掘り側溝によるものとして、道路横断箇所はφ300mm鋼管埋設とした。トンネル内の排水ポンプはφ200mm硬質塩化ビニール管を敷設することにより排出する。

6-3-7. 工事中の換気設備

下記の条件で検討する。

・時間当り交通量 : 150台/hr (日当り1500台相当)

- ・ 走行速度 : 10km/hr
- ・ 交通規制 : 一方通行

1) CO基準による所要換気量

大型車混入率 0%、トンネル内労働者を考慮してCOガス許容量濃度 50PPM とすれば、所要換気量は $153\text{m}^3/\text{sec}$ と計算される。

2) VI基準による所要換気量

大型車混入率36%、煤煙許容濃度0.0075/m、とすれば、所要換気量は $88\text{m}^3/\text{sec}$ と計算される。

3) 自然換気量

トンネル内自然風速 $1.25\text{m}/\text{sec}$ と仮定すれば、期待される自然換気量は、 $45\text{m}^3 \times 1.25\text{m}/\text{sec} = 56\text{m}^3/\text{sec}$ となる。

4) 交通換気量

工事中は一方通行処理とするので、交通換気量を試算する。

$$\begin{aligned} \text{1台当り換気量} &: Q_t = 20ds \quad d = 2.0\text{m} \\ &= 160\text{m}^3/\text{sec} \end{aligned}$$

$$\text{交通換気量} = 160 \times 150 \times 1/3,600 = 6.7\text{m}^3/\text{sec}$$

以上の検討から

$$\text{工事中必要換気量} = \text{CO基準所要換気量} - \text{自然換気} - \text{交通換気}$$

$$= 153 - 56 - 6.7$$

$$= 90\text{m}^3/\text{sec}$$

工事中は本体換気設備は運転出来ないため、別途にジェット・ファン $\phi 1.0\text{m}$ ($25\text{m}^3/\text{sec}$) を4台用意することにより対応する。

6-3-8. 工事中の照明設備

交通遮断をしないトンネル工事は、交通車両に対するカーブスを維持するとの考え方から現状の $8.0\text{cd}/\text{m}^3$ の照度は維持されなければならない。したがって、特に工事中の照明としてトンネル内の照度は低下させない方針とする。

仮設計画としては、

- (a) 現在の照明器具を工事中も継続利用し、改修後には再利用せず、別途ナトリウム灯で新設する。
- (b) 別に工事用の照明器具をとりつけて、現在のものは倉庫に保管し、改修後使用する。

の2案が考えられた。

(b)の蛍光灯の再現には3.3KVから200Vへのトランスを(10ヶ)トンネル内に配置する必要があるが、改修後の断面にはトランス配置のスペースがないため(b)案は廃案とし、(a)を採用する。

ナトリウム灯の場合は1灯当りの輝度が高いため蛍光灯の30%の灯数で同じ照度が得られ、そのため、電線も少なく済みトランスをトンネル内に設ける必要もなくなる。

ただし、現在の照明用電線とトランスはトンネル南側の歩廊下にあたるため、上半部の工事期においてはトランスと一部の配線を切換えながら工事する必要がある。

6-3-9. 伏越管敷設

次頁図に示すように、スエズ運河東岸にパイプヤードを仮設し、海底曳航法(ボトムプル)によって敷設する長管を製作する。この長管製作パイプヤード上にて単位長12mのコンクリートコーディング管4本(4×12m=48m)の接合を行い、対岸の15t特殊ウィンチを用い48m毎に引っ張り敷設する。

このため東岸のパイプヤード前面に敷設用の溶接ステージを設けるとともに、全長178(=78+48+48)mのランチングウェイ(浸水路)を設ける。

ランチングウェイは最大水深10.4mまで仮設浸水ロールを設け、その上を長管接合後の敷設パイプを進行、浸水させる。

なお、パイプヤード周りには、パイプ搬入等の道路を併設するものとする。(図-6.4.9-1 伏越管敷設長管製作仮設ヤード)

但し、トンネルから撤去された設備材料の保管は運河庁によって行われる。

工事中保管を必要とする施設・器具の容量は下記のように見積もられる。

	(空m ³)
・天井板吊金具関係	10m×10m×2.0m= 200
・歩廊用鋼材	
・消火栓(22個)	20m×20m×2.0m= 800

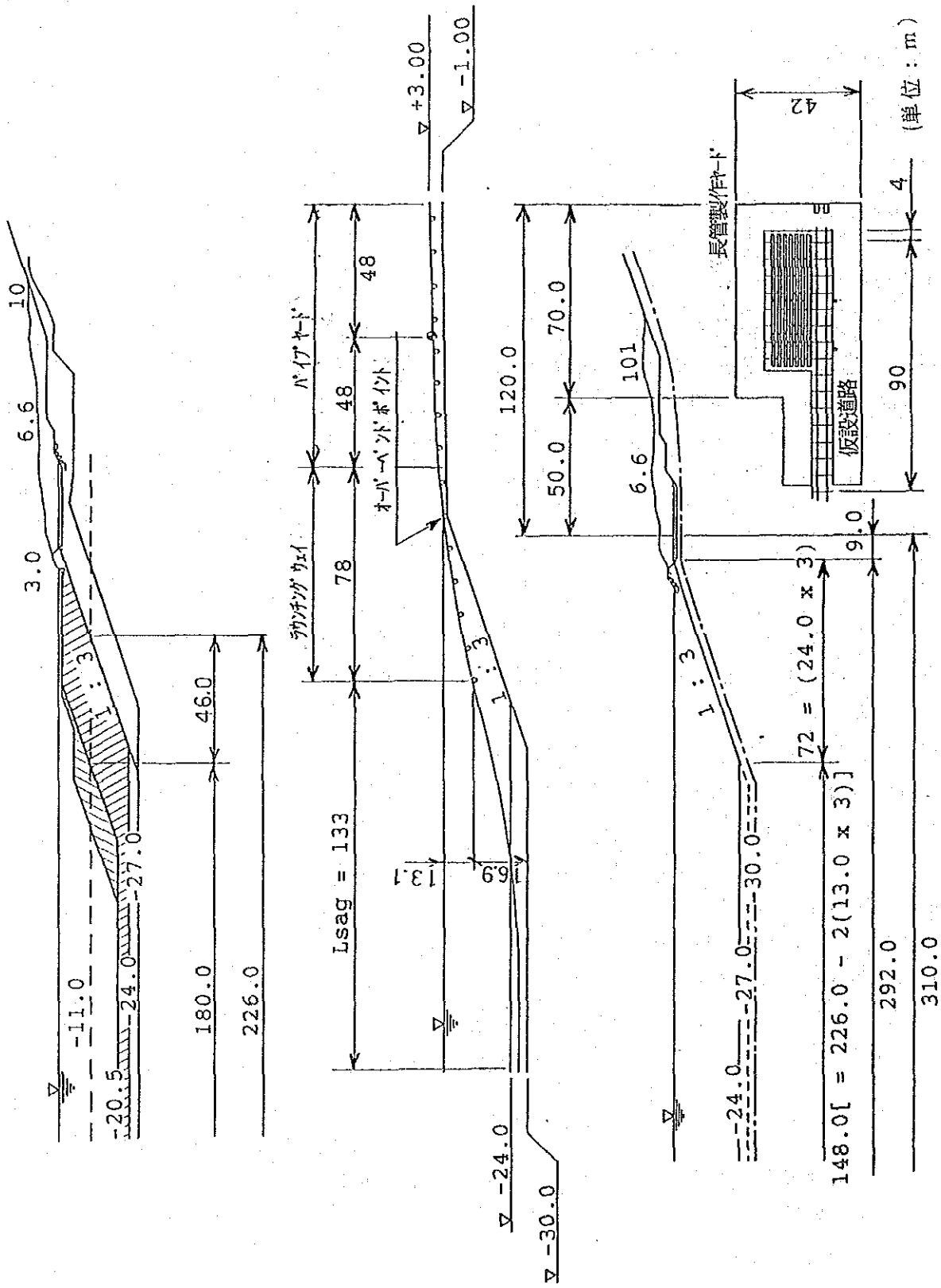


図-6.3.9-1 伏越管敷設長管製作仮設ヤード

・CO計(8個)、VI計(5個)	
・TV Camera(26個)	10m×10m×3.0m= 300
・電話(14個)	
・消火栓用給水パイプ(1.7km)	
・移動無線設備(1.7km)	20m×20m×3.0m=1,200
合 計	2,500 空m ³

S. C. A. はシールド用コンクリートブロック製作工場付近に十分な倉庫をすでに持っているため上記施設類の保管は充分可能と考えられるが、整備のための棚、棚の設置(改造)が必要となる。

6-3-10. 安全設備

トンネル下半断面及び道路床版工事中は片側車線通行になる。この場合は中央分離帯付近に仮囲い鋼板により、工事区域と車道を分離する計画とした。

上半断面アーチ部の工事中はコンクリートスライディングフォーム及び作業台車の中央部を通行することになり、各台車は通行車線部分が作業エリアから完全に囲われた空間を通行する構造とする。

S. C. A. との間では、下記について話合われている。

- (1) 夜間は交通止めとし重作業は夜間行う。
- (2) 昼夜連続して交通の障害となる作業を行う場合には、連続4日間として合計30日までの交通を止めることができる。
- (3) 大型車は交通規制可能。

従って、コンクリートの打設、大型資材の搬入出は夜間作業で行うものとする。

その他設備

- ・消防車は運河庁が所有しているので、これをあてにする。
- ・救急車を1台用意し待機させることで計画した。
- ・病院はS. C. A. の病院を特約する。

6-3-11. 仮設建物

工事現場は民家もほとんどない場所であるため、工事遂行のためには下記の仮設建物を必要とする。

- ・ コンサルタント事務所
- ・ 施工業者事務所
- ・ 労務宿舎
- ・ セメント倉庫
- ・ 一般倉庫
- ・ 鉄筋加工小屋
- ・ 大工加工小屋
- ・ 建機修理工場
- ・ 試験室

6-3-12. 試験設備

既設のトンネルは施工時に何らかの原因でコンクリート中に塩分が混入したと思われるので、現場には下記の試験設備を設置する。

- ・コンクリート骨材試験器具
- ・コンクリート試験器具

なお、鉄筋その他の材料試験については運河庁の設備を利用するものとした。

6-3-13. 場内小運搬設備

場内での建設資材の小運搬については、総合的に検討し、積算に反映させた。

トンネル設備の撤去及び復旧材料

- ・ケーブル類
- ・照明器具
- ・内装材料
- ・水道管φ500
- ・消火配管
- ・下水配管
- ・その他雑材料

トンネル解体工事

- ・左官用 砂、セメント
- ・鉄筋、防水シート
- ・ケーブルダクト金物
- ・プレキャストコンクリート板

6-4. 施工監理

6-4-1. 施工監理体制

施工監理では、契約条件書、技術指導書、設計図書に基づき、本トンネル補修工事に関する、進捗管理、工事出来ばえ、品質管理、工事出来高の査定、証明書の発行など施工管理全般、ならびにS. C. A. 工事業者との連絡調整などを行い、所定の工期内に契約条件の通り本工事を完了させるためには、以下の点に留意する必要がある。

- (1) 本トンネル改修工事の完成後エジプト側が、本トンネルを長期にわたって安心して供用するためには、施工時における工事出来ばえや品質管理の全般にわたり、細心の注意を払う必要がある。
特に、打設したコンクリートの劣化を発生させることのないように、施工に先立って、設計図書に基づき工事用水、コンクリート材料（粗骨材、細骨材）などの成分分析や検査を行う必要がある。なお、分析検査に付いては、運河庁所有の研究所施設を使用することが可能である。
- (2) 道路施設ならびに付帯設備の一部については、再利用することを意図しているため、撤去方法、保管期間における保存状態、再設置時における性能検査に関しては、細心の注意を払う必要がある。
- (3) 本トンネルの改修工事は、トンネル内の車両通行を遮断しないで施工する予定であるため、施工中の安全管理については十分な注意を払う必要がある。

総合施工監理体制を、図-6.4.1 に示す。

なお、監理事務所は、工事業者の事務所内に設置するものとする。

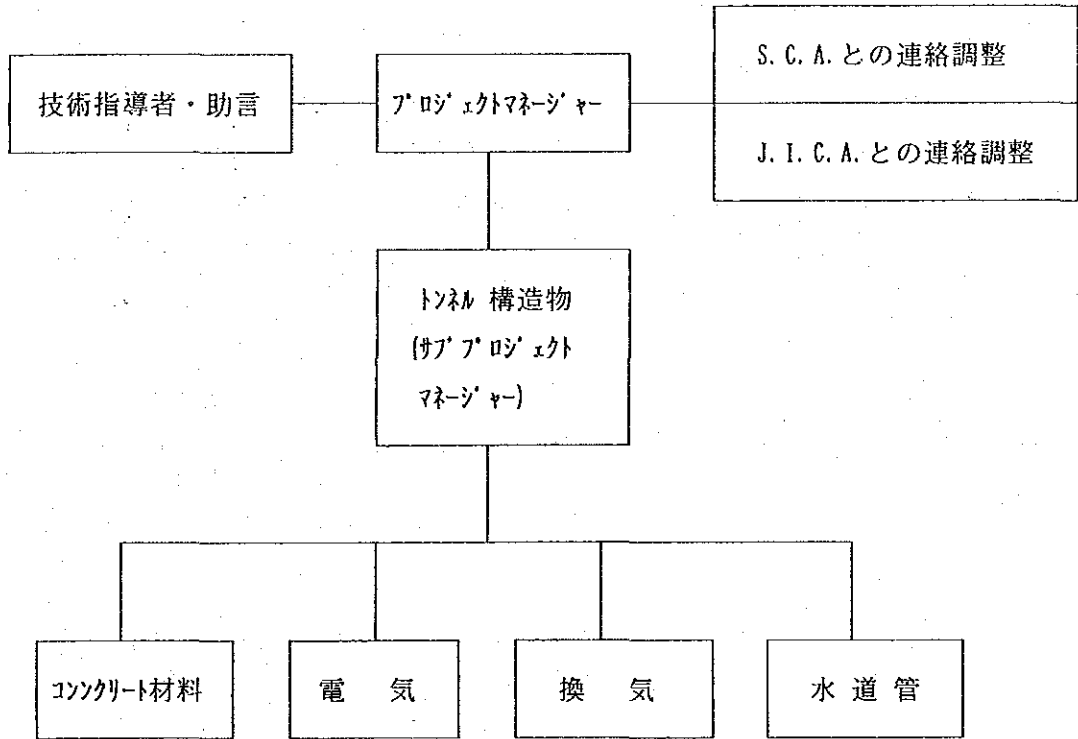


図-6.4.1 施工監理体制

6-4-2. 各要員の役割

各要員の役割を以下に示す。

(1) プロジェクトマネージャー

工事全体を総括する。

(2) トンネル構造物 (サブマネージャー)

道路床版の撤去、新設工事、覆工工事 (不織布、および防水シートの設置、アンカーの設置、等を含む)、縁石コンクリート工事、舗装、歩廊、およびトンネル内配管工事、等の構造物に関する監理を行なうとともに、プロジェクトマネージャを補佐する。

(3) コンクリート材料

コンクリート材料の定期的な適性試験を監理するとともに、コンクリート打設、コンクリート版の製作を監理する。

(4) 電気

トンネル内に設置されているケーブル、照明、消火装置、監視カメラ、一酸化炭素測定器、透視度測定器、等の撤去、品質管理、および設置工事、工事中の照明、換気用配線工事、等電気工事に関する監理を行なう。

(5) 換気

換気ファン、ならびに換気スロットルの調整工事に関する監理を行なう。

(6) 水道管

既設水道管の撤去、および品質管理、陸上部、運河の伏越し部における水道管の敷設、水管橋施工の監理を行ない、工事完了後は、水圧試験により検査する。

なお、本改修工事は、作業を3交代とするため、監理は、上記(1)プロジェクトマネージャ、(2)トンネル構造物(サブマネージャ)による2交代で行なうこととする。

第 7 章

アハムド・ハムディ・トンネル

改修に関する事業費の概要

第7章. アハムド・ハムディ・トンネル改修に関する事業費の概要

7-1. 工事範囲

アハムド・ハムディ・トンネル改修工事の工事範囲は次のとおりとする。

7-1-1. トンネル構造物

トンネル構造物は、内面防水工を施した後のコンクリート覆工を行い、道路床板を含め改修するものとする。

7-1-2. トンネル設備・施設

トンネル設備・施設についてもすべて当初の機能を保持・回復するものとする。ただし、次の点を特記する。

(1) 換気設備

- ・横流式とする。
- ・天井板を現行と同じとした場合、そのセメントおよび砂等骨材はS. C. A. の支給材とする。

(2) 特殊電話線

- ・既存の特殊電話線は、S. C. A. の本改修工事着工前に撤去されているものとする。

(3) 内装板

- ・既存内装板は所要耐火性能を有していないので、代替品（無機質塗装硬質けいカル板）を使用するものとする。

7-1-3. 水道管

エジプト本土より、シナイ半島に送水される上水道用水道管については、トンネル内よりトンネル外に移設し、スエズ運河伏越管を含む別ルート布設とする。なお、本水道管移設に伴う特記事項は次の通りである。

- (1) 1本目のラインは新設とし、本改修工事の最優先工事とする。この1本目ラインの通水開始後、トンネル内既設管の撤去にかかるものとし、この撤去管を用いて2本目のラインの布設を行う。
- (2) 運河浚渫
水道管の運河横断伏越部の事前浚渫および埋戻しは、S. C. A. の支給とする。
- (3) 陸上土工事
陸上部の掘削、埋戻し等の土工事は、S. C. A. の支給とする。
- (4) ダクタイル鋳鉄管500mmNID, 500m
S. C. A. 在庫品の支給とする。

7-1-4. その他

本改修工事に伴う仮設等次の事項は、S. C. A. の支給とする。

- (1) 本工事の仮設ヤード
- (2) 本工事の取付道路
- (3) 資機材保管倉庫
- (4) 水道水
- (5) 電力
- (6) 電話およびテレファックスの据付

7-2. 工事実施工程

工事実施工程を、表-7.2.1 および表-7.2.2 に示す。

表-7.2.1 工事実施工程

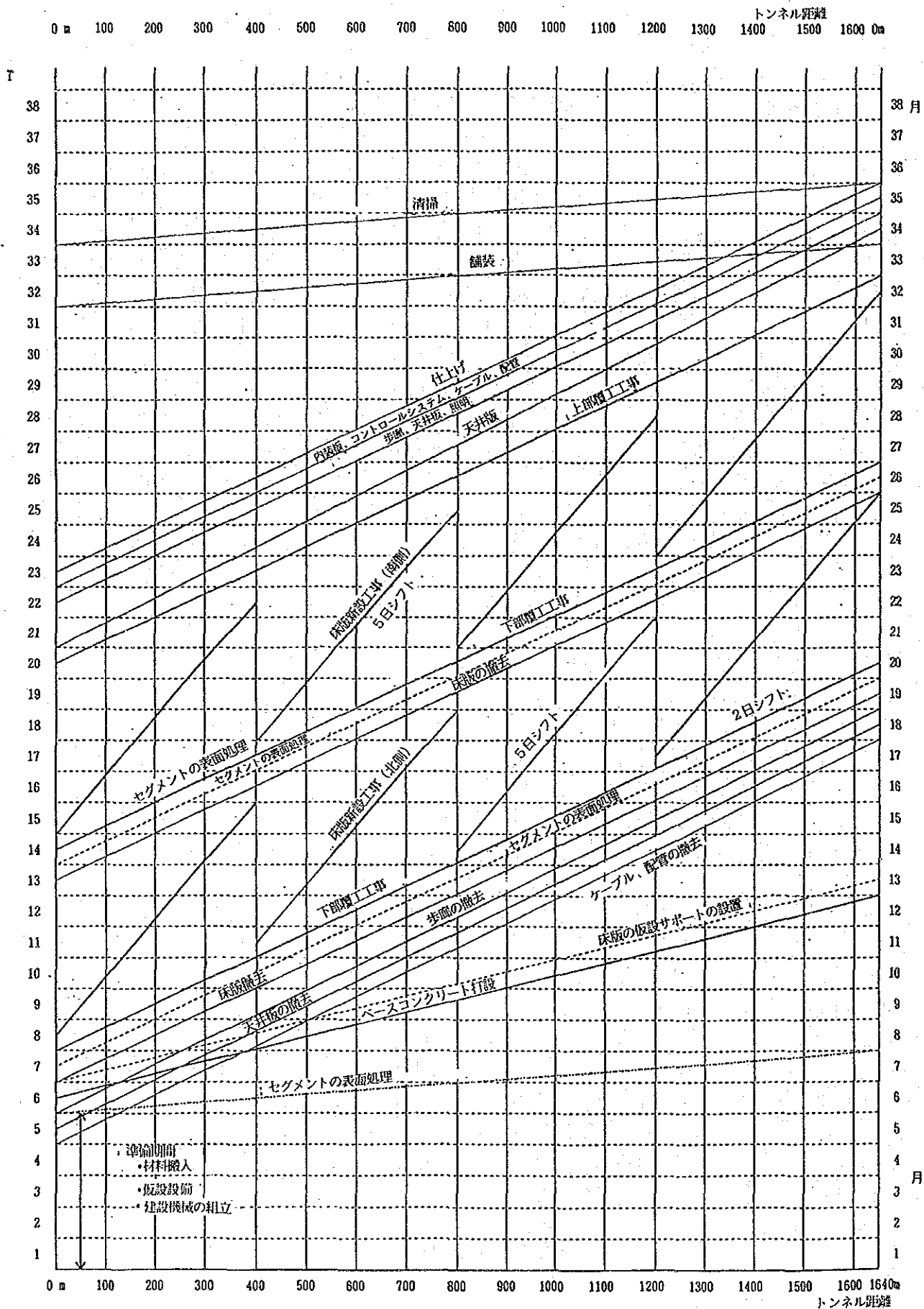


表-7.2.2 全体工程表

項目	実施設計工期(ヶ月)						改修工事工期(ヶ月)						35																											
	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6		7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33
1. 実施設計	[Bar chart showing design schedule]						[Bar chart showing construction schedule]																																	
2. 改修工事	[Bar chart showing construction schedule]						[Bar chart showing construction schedule]																																	
準備	[Bar chart showing preparation schedule]						[Bar chart showing preparation schedule]																																	
作業基地整備工	[Bar chart showing site preparation schedule]						[Bar chart showing site preparation schedule]																																	
水道管移設工	[Bar chart showing water pipe relocation schedule]						[Bar chart showing water pipe relocation schedule]																																	
放流, 掘削	[Bar chart showing discharge and excavation schedule]						[Bar chart showing discharge and excavation schedule]																																	
伏越し管	[Bar chart showing underpass pipe schedule]						[Bar chart showing underpass pipe schedule]																																	
ダクタイトル管	[Bar chart showing ductile iron pipe schedule]						[Bar chart showing ductile iron pipe schedule]																																	
夏工	[Bar chart showing summer work schedule]						[Bar chart showing summer work schedule]																																	
既設	[Bar chart showing existing work schedule]						[Bar chart showing existing work schedule]																																	
① 下半部 北側	[Bar chart showing lower part north side schedule]						[Bar chart showing lower part north side schedule]																																	
② 下半部 南側	[Bar chart showing lower part south side schedule]						[Bar chart showing lower part south side schedule]																																	
③ 上半部	[Bar chart showing upper part schedule]						[Bar chart showing upper part schedule]																																	
道路床版	[Bar chart showing road bed schedule]						[Bar chart showing road bed schedule]																																	
道路床版撤去 北側	[Bar chart showing road bed removal north side schedule]						[Bar chart showing road bed removal north side schedule]																																	
道路床版撤去 南側	[Bar chart showing road bed removal south side schedule]						[Bar chart showing road bed removal south side schedule]																																	
道路床版建設 北側	[Bar chart showing road bed construction north side schedule]						[Bar chart showing road bed construction north side schedule]																																	
道路床版建設 南側	[Bar chart showing road bed construction south side schedule]						[Bar chart showing road bed construction south side schedule]																																	
設備の撤去	[Bar chart showing equipment removal schedule]						[Bar chart showing equipment removal schedule]																																	
設備の復旧	[Bar chart showing equipment restoration schedule]						[Bar chart showing equipment restoration schedule]																																	
Walkway, 天井版, 内装版 撤去	[Bar chart showing walkway, ceiling, and interior panel removal schedule]						[Bar chart showing walkway, ceiling, and interior panel removal schedule]																																	
Walkway, 天井版, 内装版 復旧	[Bar chart showing walkway, ceiling, and interior panel restoration schedule]						[Bar chart showing walkway, ceiling, and interior panel restoration schedule]						完工																											

7-3. 概算事業費

本計画を日本の無償資金協力により実施する場合に必要な事業費概算は、約94.21億円となり、日本国とエジプト国の負担区分に基づく双方の経費内訳は、下記のとおり見積られる。

7-3-1. 日本側負担経費

(1) 建設費	73.55億円
ア. 直接工事費	51.53億円
イ. 現場経費	6.74億円
ウ. 共通仮設費等	15.28億円
(2) 設計監理費	5.39億円
<hr/>	
合 計	78.94億円

7-3-2. エジプト国側負担経費

(1) 天井版材料費（セメント，骨材）	0.02億円
(2) 鑄鉄管（5.5mLX11本）	0.14億円
(3) 水道管敷設	
① 陸上部掘削埋戻し	1.81億円
② 伏越管浚深・埋戻し	13.30億円
<hr/>	
合 計	15.27億円

7-3-3. 積算条件

(1) 積算時点

積算は、現地調査終了時の平成3年9月とした。

(2) 為替交換レート

① エジプト・ポンド (LE) 対 US\$

アメリカ銀行が発表している、過去6ヶ月(平成3年3月～8月)の交換レートの平均から、以下のとおりとした。

$$1 \text{ US\$} = 3.292 \text{ LE}$$

② US\$ 対円

東京銀行が発表している、過去6ヶ月(平成3年～8月)の交換レートの平均から、以下のとおりとした。

$$1 \text{ US\$} = 138.99 \text{ 円}$$

③ 交換レートの設定

上記のデータから、本プロジェクトの積算に使用する交換レートを以下のとおり設定する。

$$1 \text{ US\$} = 139 \text{ 円}$$

$$1 \text{ LE} = 42 \text{ 円}$$

(3) 施工期間

施工期間は、前項「7-2. 工事実施工程」に示したとおりとする。

(4) その他

本計画は、日本国政府の無償資金協力の制度に従い実施されるものとする。

第 8 章

アハムド・ハムディ・トンネル
再供用後における維持管理方法
ならびに費用の概算

8. アハムド・ハムディ・トンネルの改修後における維持管理方法ならびに費用の概算

トンネル維持管理は、安全性の確保ならびにトンネル機能の確保の面から非常に重要なものである。特に本トンネルは改修工事後、再度同様な劣化が生じた場合は修復不可能である。

本トンネルの点検対象は、覆工、床板および排水溝などの構造物関係と換気、照明などの設備・施設となる。

以下に改修工事後の維持管理の着目点と方法について述べる。

8-1. トンネル構造

8-1-1. 維持管理の方法

(1) 覆工

覆工は既設の内空断面を保持するとともに、漏水を防ぎ、道路トンネルとしての機能と安全性を確保するための最も重要な構造である。

本トンネルは覆工外周に不織布、防水シートを配置した排水型であることを前提にして次の点に留意する必要がある。

- ① 覆工の異常は、通常の巡回ではなかなか発見できないので徒歩による定期的な点検を実施する必要がある。
- ② 覆工の異常は緩慢に進行するのが通常であるので、点検回数を多くするよりもトンネル変形の変化やひびわれの進展の微細な変化を把握することが大切である。従って、詳細な点検を集中的に実施することが望ましい。運河拡張工事中は、特に重要である。
- ③ 本トンネルでは漏水が問題となることは非常に少ないが、もし漏水がある場合は継続的な追跡を行う必要がある。
- ④ 通常の点検の頻度は年に1回程度で十分であるが、運河拡張工事中は安全計測計画にもとづき慎重な管理が必要である。

- ⑤ 点検の結果発見したひびわれ発生やトンネル変形の増加は台帳等に記録するとともに、現地に点検日、漏水状況の分かる印しをつけておく必要がある。写真として記録しておくことが良い。
- 運河拡張工事による影響を評価・管理するためには、特にトンネル改修工事直後のひびわれ状況ならびにトンネル変形量を把握しておかなくてはならない。
- ⑥ ①～⑤の点検の結果、異常が認められた場合には異常究明と対策のため関係者と協議の上、詳細な調査・検討を行う必要がある。

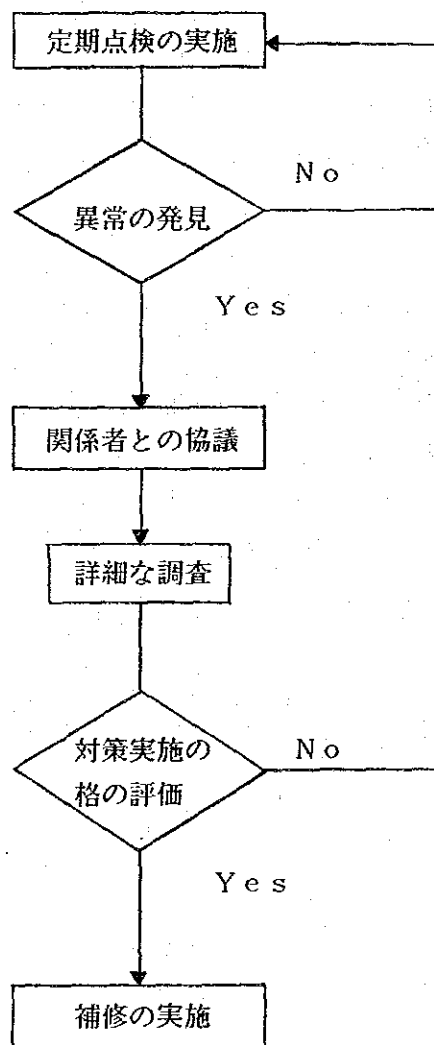


図-8.1.1 覆工の点検70-

⑦ 覆工に関する調査項目は次のものがあげられる。

- a. ひびわれの状況変化
- b. ひびわれの進展変化
- c. トンネル変形の変化
- d. 漏水箇所および漏水量

(2) 床版および支持壁

床版は自動車の輪荷重の影響を直接受ける部材であるため、ひとたび破損を生ずると急速に悪化する傾向がある。

床版では破損の状態が悪化するほど、その補修は困難さを増し、そのための費用もかさむようになる。

従って、床版の状態については定期的に調査を行って破損箇所をできるだけ早期に発見し、早期に対策を講じることが肝要である。

床版は鉄筋かぶりを10cmとして耐久性の確保に十分配慮していることから、劣化に対する配慮は少なくても良いが、交通荷重の繰返しによるひびわれに対しては十分注意する必要がある。

以上に点検の着目点を述べる。

- ① 床版の破損調査の直接的方法はひびわれの目視である。ひびわれ調査ではひびわれの方向、幅、長さ、間隔、位置、密度、湧出物の有無の状況および、ひびわれの進展度合いを知ることが必要である。
- ② ひびわれは初期ひびわれを発見するまでは1～2回/年で良いが、ひびわれ発生後は3～6回/年にすべきである。
- ③ ひびわれ幅が0.3mm以上になれば、図-8.1.1のフローにしたがって対策の実施について検討する必要がある。
- ④ 支持版からの点検は、床版の点検時に同時に行えば良いが、構造が支持部材であることから1回/年で十分である。

(3) 排水システム

本トンネルはトンネル外周からの地下水はインバート部の集水溝に排水し、トンネル中央部に集水してナディアサンプに集めてポンプ排水するシステムになっているが、以下に点検・清掃の留意点を述べる。

- ① インバート部の排水孔には、塩分を多量に含んだ漏水が排水されるためトンネル内の空気とふれ結晶体になりやすいばかりでなく、インバート部コンクリートの劣化原因となるので定期的に十分な清掃が必要である。
- ② 清掃は、1回/3ヵ月程度必要となる。
- ③ 塩化物の結晶体を合理的に除去するためには簡易な清掃道具を保有する必要がある。
- ④ ナーディールサンプ排水ポンプの通常点検は1回/月、定期点検は1回/年、分解整備は1回/2～3年を実施する必要がある。
- ⑤ トンネル外からの雨水ならびに運河からの漏水は、トンネル内に侵入しないようにたえず管理する必要がある。

8-1-2. 維持管理費用

(1) 人件費

トンネル構造を維持管理する管理部門の要員として

- ・運河拡張工事中は、土木技術者 2名
- ・運河拡張工事終了後は、土木技術者 1名

で良い。

その他、トンネル排水溝の作業員2名程度で十分である。

(2) 補修工事

ひびわれ等に対するエポキシ樹脂注入程度の簡易な補修工事で十分であり、費用はわずかですむであろう。

8-1-3. 現状のメンテナンスに対する提案

現状メンテナンスに対しては次のことが考えられる。

- (1) タスクチームが提案した交通速度 $V=20\text{km/h}$ の速度制限を実行しており、床版損傷による事故防止に役立っている。
- (2) 現在行われている天井部のセグメント継手からの漏水を側壁に導水していることは良い。
- (3) 現在行われているコンクリート表面に結晶化した塩化物の除去は、皮膜層を剥がし、同時に破りコンクリートも剥がしているため結果として鉄筋に対して酸素補給を増長することになり良くない。
- (4) 天井部の排気ダクト側面が密閉されていないため、横流式としての換気効果が得られていない。(送気式半横流状態となっている)

また、補修工事を開始するまでに実施すべきメンテナンスは次の2点があげられる。

- (1) 漏水を導水して集水し、ナディアサンプにに入れる。
- (2) 支持壁の局所的な補修方法、判断基準、強度チェック方法を確立させ、実行する。

上記(1)、(2)の内容について以下に示す。

(1) 漏水を導水して ナディアサンプに集水する方法

1) 目的

本トンネルの劣化は、塩分を大量に含んだ漏水が不特定な場所に拡散しているために生じている。この劣化の進行を最小限のコストで改善し、トンネル改修工事開始までの間、トンネルの耐力を確保するためには、漏水を導水して ナディアサンプ に集水するのが有効な方法である。ただし、この方法は、トンネル改修工事開始までの応急処置であり、永久的な補修、改善方法ではない。

2) 漏水箇所

本トンネルの漏水箇所は、以下の4種類に分類できる。

- ① セグメントの継手
- ② グラウメントホール
- ③ 継手ボルトホール
- ④ セグメント本体(劣化、ひび割れ発生部)

このうち、④のセグメント本体からの漏水については、止水処理が複雑で適切な応急対策がないことから、今回の漏水処理の対象外とする。

3) 導水の基準的な考え方と対策

トンネル上半部(道路床版より上側)の漏水に対し、できるだけ止水しトンネル下半部(道路床版より下側)に導水し、トンネル構造物が漏水に接する面積を最小限に抑えることを基本とする。

そのためには、以下の対策が必要となる。

- ① トンネル上半部の漏水箇所を止水する。
- ② トンネル下半部では、グラウトホール等を利用して、積極的にトンネル内に導水する。
- ③ 送気ダクト内の最下部に導水し、縦断方向の集水を行う。このとき、サービスダクト内の漏水については、適切な応急対策がないことから、今回の対象外とする。

4) 漏水箇所に対する止水方法

止水方法は、漏水箇所の種類によって異なる。以下に、それぞれの漏水箇所の種類に対する止水方法を示す。

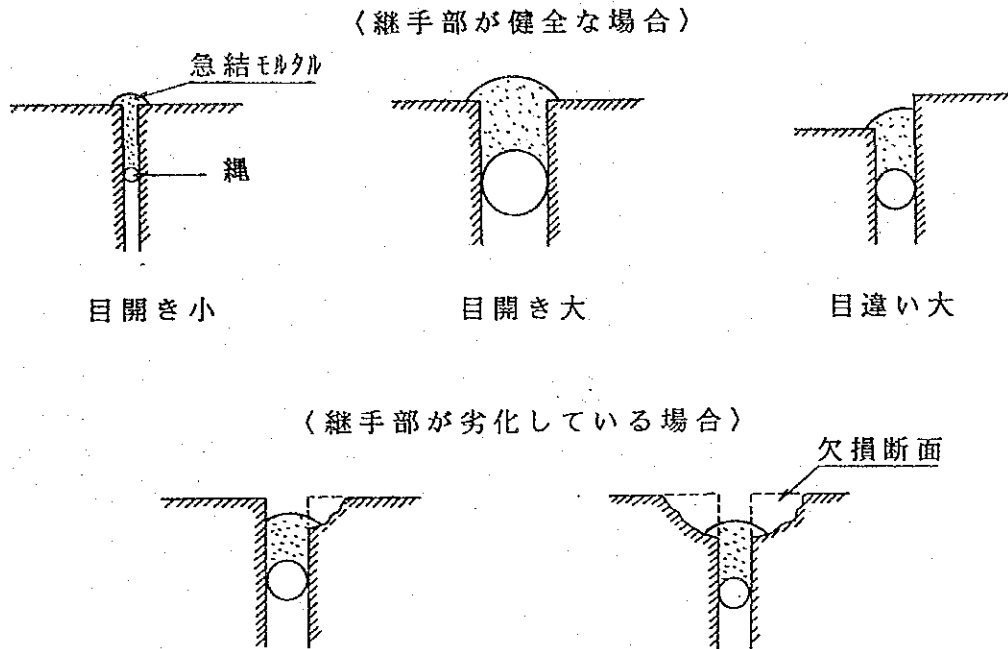
- ① セグメントの継手の状況は、次に示す各種の状況がある。

- ・ 継手部が健全な場合
 - 目開きの大小
 - 目違いの大小
- ・ 継手部が劣化している場合
 - 目開きの大小
 - 目違いの大小

しかしながら、基本的な止水方法は、以下に示す手順によって同様に行うことができる。

- (1) 漏水している継手部を特定する。

- (2) 継手部を清掃する。
- (3) 縄等によって、つめものをする。
- (4) 急結モルタルを用いて止水する。



セグメントの継手の止水状況概要図

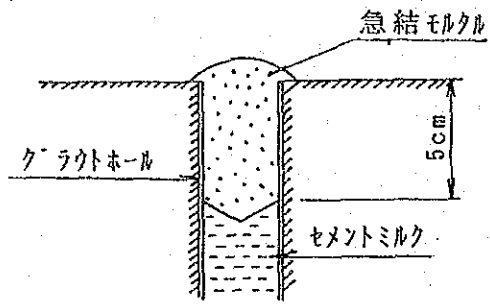
② グラウトホール

グラウトホールの状況には、次の種類が考えられる。

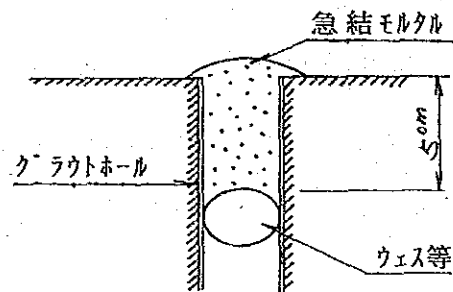
- ・グラウトホール内にセメントミルクがある場合
- ・グラウトホール内にセメントミルクがない場合

しかしながら、基本的な止水方法は、以下に示す手順によって同様に行うことができる。

- (1) 漏水しているグラウトホールを特定する。
- (2) グラウトキャップを取り外す。
- (3) グラウトホールの内径と同一のドリルを用いて内部を深さ5cm程度清掃する。
- (4) ウエスによって、つめものをする。(グラウトホール内にセメントミルクがある場合は、つめものをする必要はない。
- (5) 急結モルタルを用いて止水する。



〈グラウトホール内にセメントミルクがある場合〉



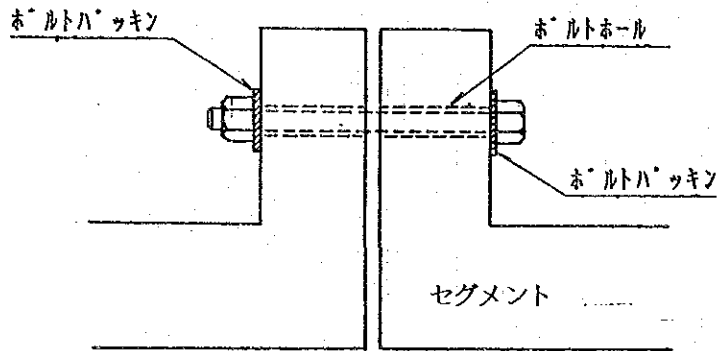
〈グラウトホール内にセメントミルクがない場合〉

グラウトホールの止水状況概要図

③ 継手ボルトホール

継手およびナットが取り外せる場合は、ボルトパッキン（ラバー）を入れることによって止水する。

継手ボルトおよびナットが取り外せない場合には、ボルトパッキンの代わりに液状水膨潤シール材を用いる方法である。



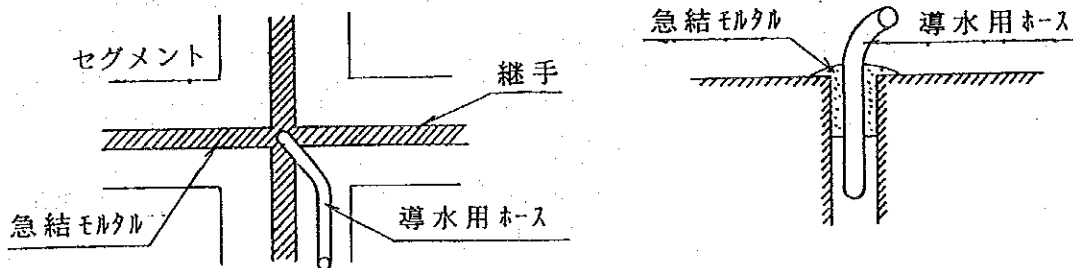
継手ボルトホールの止水状況概要図

5) トンネル下半部における導水方法

トンネル下半部における導水は、セグメントの継手およびグラウトホールにおいて行う。以下に、それぞれに対する導水方法を示す。

① セグメントの継手

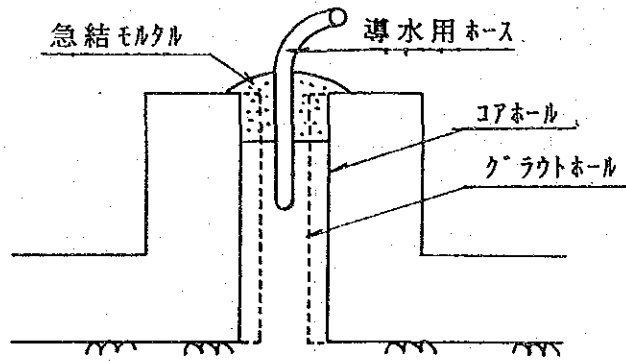
継手を止水し、下図に示すように継手交差部において導水用ホースを設置して漏水を集中的に導水する。



セグメントの継手の導水状況概要図

② グラウトホール

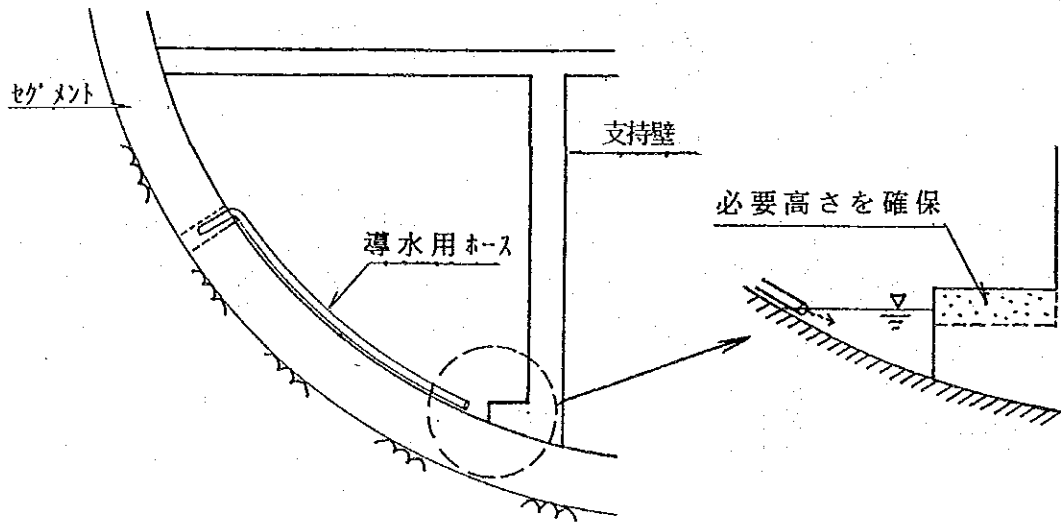
導水する箇所は、比較的漏水量の多いグラウトホールを選んで行う。漏水量の少ないグラウトホールについては止水する。導水する箇所は、下図に示すように、コアカッターでグラウトホールを抜き取り、導水用ホースを設置して集中的に導水する。



グラウトホールの集水状況概要図

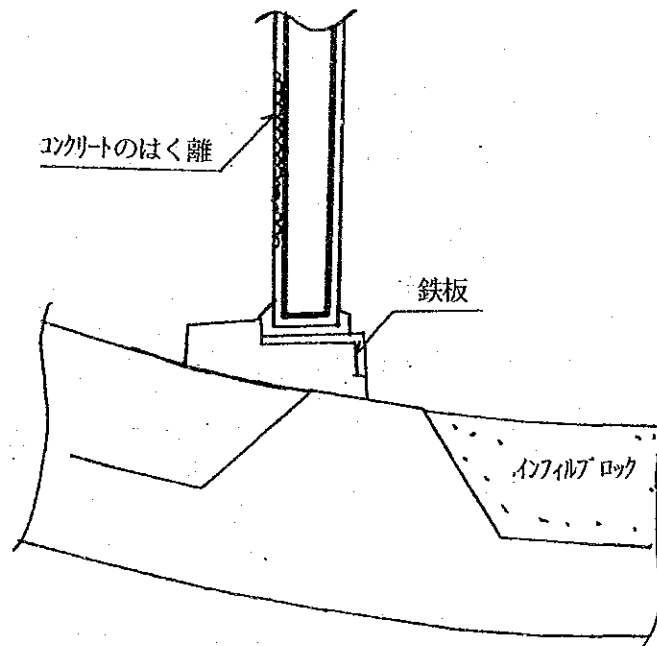
③ 集水

集中的に導水した漏水は、送気ダクトの最下部（支持壁の側部）を排水溝にして、ナディアサンプに集水する。



集水状況概要図

(2) 支持壁の局所的な補修方法

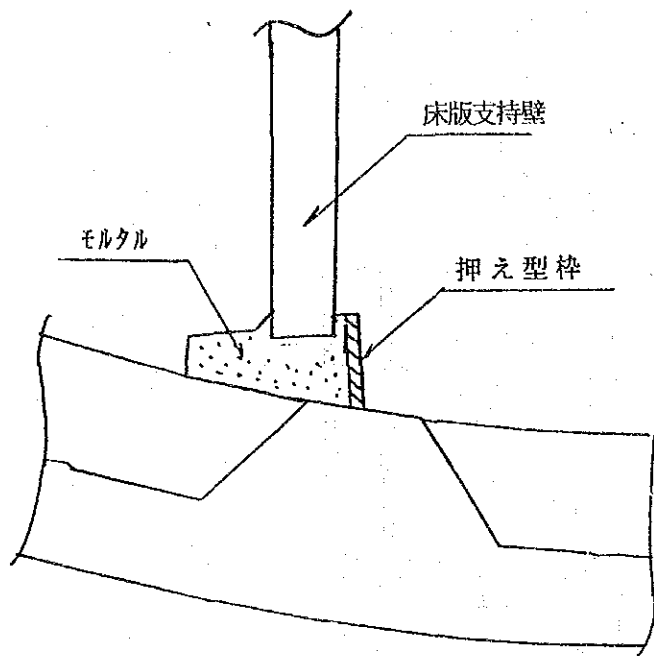


支持壁概要図

劣化の原因としては、トンネル外からの漏水、換気風による乾湿の繰り返し、コンクリート打設時の塩分の混入、ならびに支持壁脚部に集中した漏水の毛管現象による上昇等があげられる。

これについては、目視観察により欠損部状況を調査したうえで、次図に示すとおりボース部のコンクリートを除去し、モルタルを充填する方策を行う必要がある。

($V = 0.02\text{m}^3$)



均しコンクリート補修方法概要図

8-2. トンネル設備・施設の維持管理方法並びに費用

8-2-1. 維持管理方法

(1) 換気設備

- 1) 天井板内の清掃等の作業が全く不要になる。
理由は、トンネル改修に打設された45cm厚のコンクリート覆工は、旧シールドセグメントの内側に完全防水工を設け、現場打ちされたものであるため、塩水が新しいトンネル表面に浸出することはないからである。
- 2) 煤煙、COガス等の局部集中が、折立坑 附近のトンネル最深部より東側に発生する傾向があろう。このため、給気、排気のスロットルを大きくとるよう調整し、自然換気の期待される坑口付近のスロットルは閉じるか小さくする等に注目した管理が必要となろう。
- 3) CO計、VI計等のトンネル内空気の管理システムは、定期的にレンズ表面の汚れをふきとる程度の作業で充分である。現在のようにトンネル壁の清掃のため化粧版をとり外す必要もないので、CO計、VI計を取り外す必要がなくなる。
- 4) 換気設備の方法については、次の2点が従来の運転方法に対して提案される。
 - 半横流式としての常時運転による電力の節約
 - 夜間換停止による電力の節約

これらの具体化については、今後の詳細設計で運転マニュアルの改定版を作成し、試験運転により確認の上実現するようにしたい。

(2) 照明設備

蛍光灯方法を変更し、ナトリウム灯のみのトンネル照明になったため、灯数が30%に減少している。

その反面、建設限界ぎりぎりの位置に設置されているところから、通過車輪による破損も発生しやすい状態となっているので、維持管理方法の検討が必要となる。

(3) 通信・防災設備

消化栓、TVカメラ、電話機等安全設備は特に従来の維持管理と変わらない。

(4) 天井

今回天井ダクト内の点検作業スペースの制約条件により2人乗り自転車式の点検車をもうけることになっているので、目視点検作業は能率的に実施されるものと思われる。

主なる点検対象箇所は要約すれば次の通りである。

- ・ライニング内側の健全度
- ・天井溝造物の健全度
- ・換気風量の適性

(5) 内装材

内装材は歩廊部より観察できる。主要な点検項目は

- ・内側の健全度(割れ、変形等)
- ・内側材表面の汚れ度

(6) 歩廊部

歩廊部の外観は歩廊側、歩廊上より行うことができる。また、収納されている配管ならびに異常があった場合のケーブルは、外部を覆っているプレキャスト板を外すことにより観察できる。

主なる点検対象物は

- ・歩廊構造の健全度(変形、われ等)
- ・収納されている付帯物の健全度(水もれ、所定配置等)
- ・縮小された南側歩廊上の位置は通過不可能であるので、前後にステップを設けて車道に降りて渡ることになる。

(7) 配管類

外観観察により次の内容を点検する。

- ・Positionの適性(支持物の変形により位置のずれが生じていないか。)
- ・継手部の水もれ(われ、変形、ガスケットの劣化等)
- ・外部塗装の健全度

8-2-2. 維持管理要員ならびに費用

(1) 要員

トンネルの設備を維持・運転するための管理事務所の職員としては、従来のトンネル清掃用の作業員は不要となり、本来必要とされる職員のみとなる。

機械技師	1名
電気技師	1名
中央管理室員	3名
計	5名

程度で充分であろう。

(2) 運転費用

1990年7月の調査では1年当り

トンネル照明	┌───┐ └───┘	電気料金	24,000,000円
換気設備運転			
器具スペアパーツ			12,000,000円
		計	36,000,000円

今後、S. C. A. が半横流式で換気運転するとすればこの額の70%に節約することが出来る。

第 9 章

アハムド・ハムディ・トンネル 改修計画の評価ならびに結論

第9章 アハムド・ハムディ・トンネル改修計画の評価ならびに結論

本報告書の第8章まで述べた通り、トンネルの機能と構造を全面的に改修して、トンネル交通上の安全性を改善し、かつ、当初の設計で想定した交通容量を全面的に回復する計画は、直接的効果として、表-9.1.1 に示すことがあげられる。

表-9.1.1 トンネル改修の効果

問題点	改善	効果
・トンネル構造体への塩水の漏洩による劣化に起因する安全性の低下	・トンネル全線にわたる改修	・安全性の回復
・維持管理費のための高額な費用(年間約9300万円)の支出	・改修工事後、大規模な維持管理が不要	・大幅な維持補修費用の削減(年間約4600万円)
・現状の安全性確保のための速度制限(20km/h)改修工事中の交通規制	・トンネル全線にわたる改修	・当初設計の能力の復帰 シナイ地域開発の活性化
・スエズ運河拡張計画の中断	・トンネル改修後、運河拡張工事の着手	・大型船舶の運行可能に伴う通行料の大幅増収

さらに、間接的効果としては、本トンネルの改修は、交通の安全性の確保、スエズ運河両岸、ならびにシナイ半島など広範にわたる地域開発にとって必要性の高いものである。エジプト経済の活性化をもたらす可能性等の経済的、社会的効果から判断して、

- 本計画実施の緊急性、必要性が極めて高いこと、
- 本計画の技術的可能性、経済効果の高いこと、
- 本計画の効果が日本国政府による無償資金協力制度に合致していること、

等の諸点から、本計画は、日本国政府による無償資金協力案件として極めて妥当であると判断される。

以上を総合的に判断し、本案件を我国の無償資金協力により実施する意義は極めて高く、本計画の早期実施が望まれる。

付 属 資 料 集

付 属 資 料 内 訳

1. 現地調査団の構成メンバー・リスト
2. 現地調査日程
3. スエズ運河庁ならびに現地機関の関係者リスト
4. 現調査における討議議事録
5. トンネル構造・覆工の設計
6. シナイ半島開発とアハムド・ハムディ・トンネル (By Dr. A. E. Gowely)
7. スエズ運河将来計画
8. 運河通行量 (船舶)
9. 運河横断量 (フェリーならびにトンネル)
10. アハムド・ハムディ・トンネル通行量 (1988~1991)
11. 水道関連資料
12. スエズ運河護岸資料
13. スエズ運河潮汐資料

付 属 資 料 ー 1

現 地 調 査 団 の 構 成 メ ン バ ー ・ リ ス ト

1. 現地調査団の鋼製メンバー・リスト（敬称略）

1-1. 基本設計調査団（フェーズ1）

1-1-1. 派遣期間

1991年6月23日～7月4日

1-1-2. 構成メンバー

団長 中村 滋
外務省 経済協力局 無償資金協力課長

団員 猪熊 明
建設省 土木研究所 トンネル研究室長

岩井 勝彦
日本道路公団 技術部 調査役

中井 信也
国際協力事業団 無償資金協力調査部 基本設計調査二課長

森 真一
外務省 経済協力局 無償資金協力課 外務事務官

1-2. 基本設計調査団（フェーズ2）

1-2-1. 派遣期間

1991年8月1日～9月9日

1-2-2. 構成メンバー

団 長 猪熊 明
建設省 土木研究所 トンネル研究室長

団 員 多賀 直大
日本道路公団 試験所 トンネル・斜面試験室長

三好 皓一
国際協力事業団 無償資金協力調査部 基本設計調査二課長

(以下 コンサルタント・チーム)

大塚 孝義 (代表)
主任技術者 (日本シールドエンジニアリング株式会社)

綱島 巖 (副代表)
施工計画 (日本シールドエンジニアリング株式会社)

長尾 進
トンネル構造設計 (日本シールドエンジニアリング株式会社)

丸 章夫
コンクリート材料分析 (日本シールドエンジニアリング株式会社)

斎藤 正幸
積算 (日本シールドエンジニアリング株式会社)

川上 亨
換気設備、測量調査 (日本工営株式会社)

土井 佑介
トンネル関連設備 (日本工営株式会社)

千田 正雄
地質調査 (日本工営株式会社)

藤井 正一
電気、機械設備 (日本工営株式会社)

1-3. ドラフト調査団（報告書案の現地説明）

1-3-1. 派遣期間

1991年11月21日～12月1日

1-3-2. 構成メンバー

団 長 岩井 勝彦
日本道路公団 技術部 調査役

団 員 河野 雅之
外務省 経済協力局 無償資金協力課長補佐

荒津 有紀
国際協力事業団 無償資金協力調査部 基本設計調査二課

（以下 コンサルタント・チーム）

大塚 孝義（代表）
主任技術者（日本シールドエンジニアリング株式会社）

網島 巖（副代表）
施工計画（日本シールドエンジニアリング株式会社）

長尾 進
トンネル構造設計（日本シールドエンジニアリング株式会社）

川上 亨
換気設備、トンネル関連設備、測量調査（日本工営株式会社）

