8.1.4　トンネル支保

(1)　トンネル断面の形状と支保の考え方

Fig. 8－2に支保別のトンネル断面を示す。いずれも，トンネル巾は，2.80mとし，無支保のトンネルはアーチ型，鋼枠支保とコンクリート支保は直線を組合せたアーチ型に近い形とする。

山岳部トンネルの岩質は大部分がConglomerateである。この岩石は，水成岩で層状に堆積しているが，比較的クラックの少ない岩石である。ただ，堆積面の節理が発生しており，ゆるい15°～25°の西落しになっている。堆積面の節理とトンネルの掘進方向との関係は，節理がほぼトンネルと直角に繰り返し繰り返し出てくることになる。トンネルの天井をフラットにしておくと，この節理が出現したとき，ある1つのトンネル断面では，一様な厚さの薄層がトンネル全巾にわたって天井に出現することになる。この状態では，薄層が落下して作業員を傷つける可能性が大きい。この状態は，天井をアーチにすることによって，防止出来る。

即ち，アーチ形状の場合，天井の中央に落下する可能性のある薄層が出ても，その両側では層の厚さは厚くなり薄層のスパンが小さくなるので，薄層落下の危険性は小さくなる。

このことは，天井の形状をアーチ型にすれば，支保を実施しなければならない部分が少なくなることを意味している。

Camp 4附近のMetavolcanicsは，岩質は硬いが小さなクラックが多数存在する。この部分でも天井をアーチ型にすることは有効である。

以上の理由で，無支保の部分ではアーチ型のトンネル断面を採用する。

岩質が軟弱となったり，断層および節理の発達した部分では，支保を実施する必要がある。

トンネルは，相当長期間に亘って使用するが，木材支保では腐蝕するので，鋼材支保を使用する。枠と枠の間をカバーする矢板（Lagging）についても同様で，矢板には鋼矢木を使用する。

鋼枠の場合，アーチ枠にするのが望ましいが，アーチ枠の加工には大きな設備が必要であり，加工技術も必要なことから，現場で容易に加工出来るFig. 8－2の形状を採用する。

坑口附近等にコンクリート支保を採用しなければならないところがある。コンクリートライニングの厚さは30cmとし，トンネルの形状は鋼枠支保と同じ寸法とする。

トンネル内には，掘進するときは無支保で出来るが，長期にわたって使用するには露出岩盤の風化等のため落石落下防止の必要のある所がある。このような部分には，掘さく終了後，モルタルのショットクリートを実施する。ショットクリートの厚さは30mmとする。

(2)　鋼枠支保

Fig. 8－3のように，鋼枠の部材には，MI105（Mine I Beam 105）を採用す

る。

これは，日本の鉱山用Ｉ形鋼の規格が３種類（１０５，１１５，１２５）あるうちで，一番断面寸法が小さいものである。ＭＩ１０５　はＩ形鋼の高さが１０５㎜であることを意味している。この規格は，Ｈ形鋼に較べて，Ｉ断面のフランヂが肉厚に出来ているので，寸法が小さい割に強度が大きい利点がある。また，ねじれ等に対してもＨ形鋼より強いメリットがある。

前述したように，矢木を木材にすれば腐蝕の点からトンネルを長期に使用することは出来ない。矢木には，鉄矢木を使用する。鉄矢木は，薄い鉄板を波形に加工して強度をもたせたものであるが，ＭＩ１０５　の鋼枠の間隔が1.0ｍのときに鋼枠の強さと鉄矢木の強さが，大体バランスする。

掘さくコストを安くするため，鋼枠の間隔をもっと大きくしたいが，鉄矢木の肉厚を大きくする必要があり，このことはｍ当りの鋼枠のコストは安くなるが，ｍ当りの鉄矢木のコストが高くなり，総合的にコストはそれ程安くならないことを意味している。鉄矢木を使用すると，支保の物品費が相当高くなる。防腐加工を施した矢板を使用する方が，コストが安くなると考えているので，実施設計のときには，この問題を検討する必要がある。

8.1.5　急速掘進について

急速掘進を指向して，これを成功させるためには次の４つの条件が必要である。

ⅰ　良好な自然条件とトンネル仕様

ⅱ　バランスのとれた掘さく機器の選定と配置

ⅲ　優秀な組織と熟練した充分な数の労働者

ⅳ　急速掘進をなしとげようとする意欲

これらの条件のどれが欠けても，急速掘進は実現出来ない。

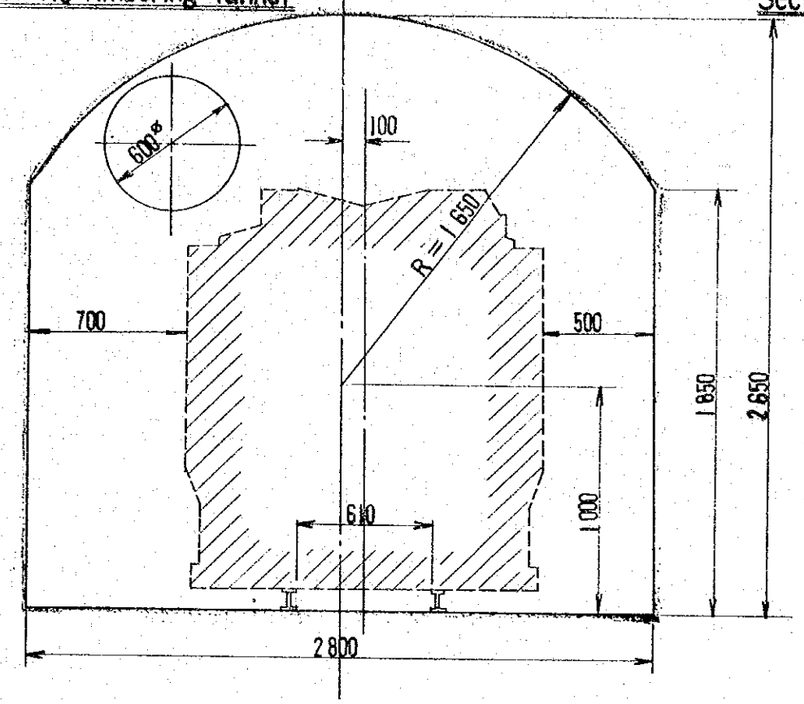
Bued川までのコモンラインのトンネルの岩質は，比較的単純な構成で適度の硬さであり，条件としては，良好な方に属すると考えられる。トンネルの断面も軌道方式の掘進に適した大きさである。

掘さく機器は，急速掘進の条件を満足出来るよう選定した。

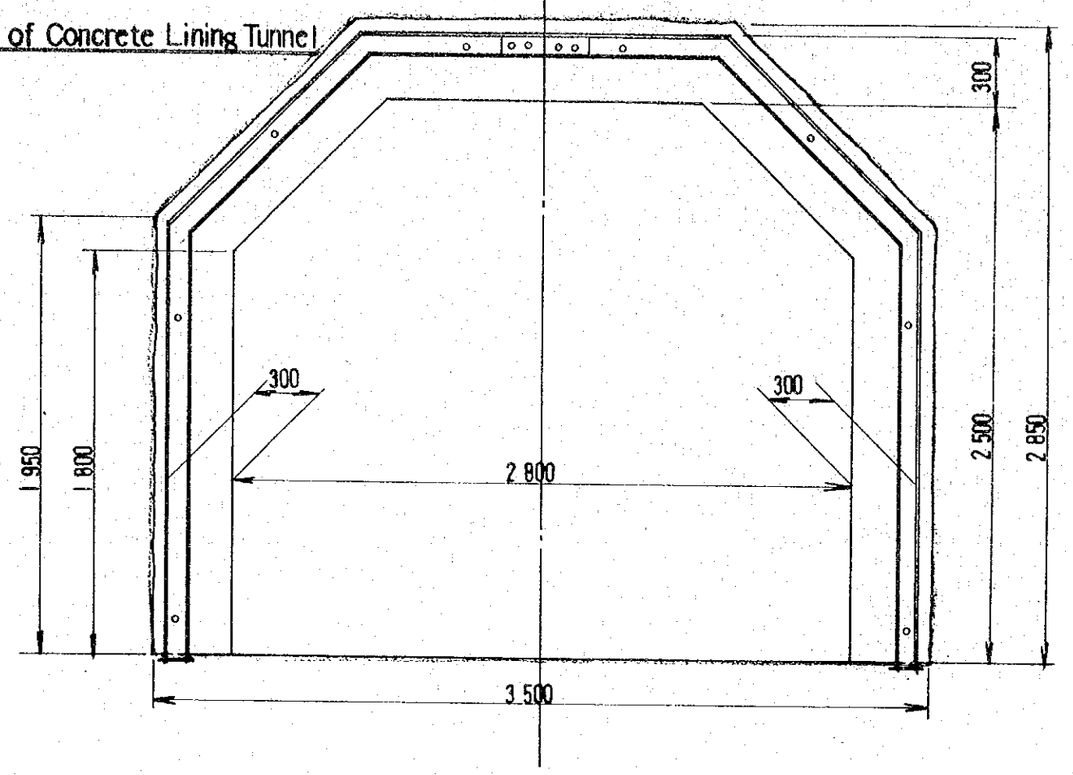
１日２４時間を有効に無駄なく活用することが大切である。そのためには，工事が計画通り行われているかどうかを常にチェックし，問題があれば，直ちにアクションをとり，トラブルの発生で掘進が中止されることないよう優秀な管理能力を持った組織が必要である。また，労働者も掘進サイクルのどの作業も的確に能率よく実行出来る熟練者を数多く必要とする。

トンネルの掘進スピードを左右するのは，上の三つの条件の他に，急速掘進をなしとげようとする管理者と労働者の意欲である。このためには，掘進スピードが向上したときには，スピードに比例して金を支払うという請負給制度（System of Contract Wage）を採用することを提案する。掘進に従事するもののみならず，後方で補助作業に従事するものにも，こ

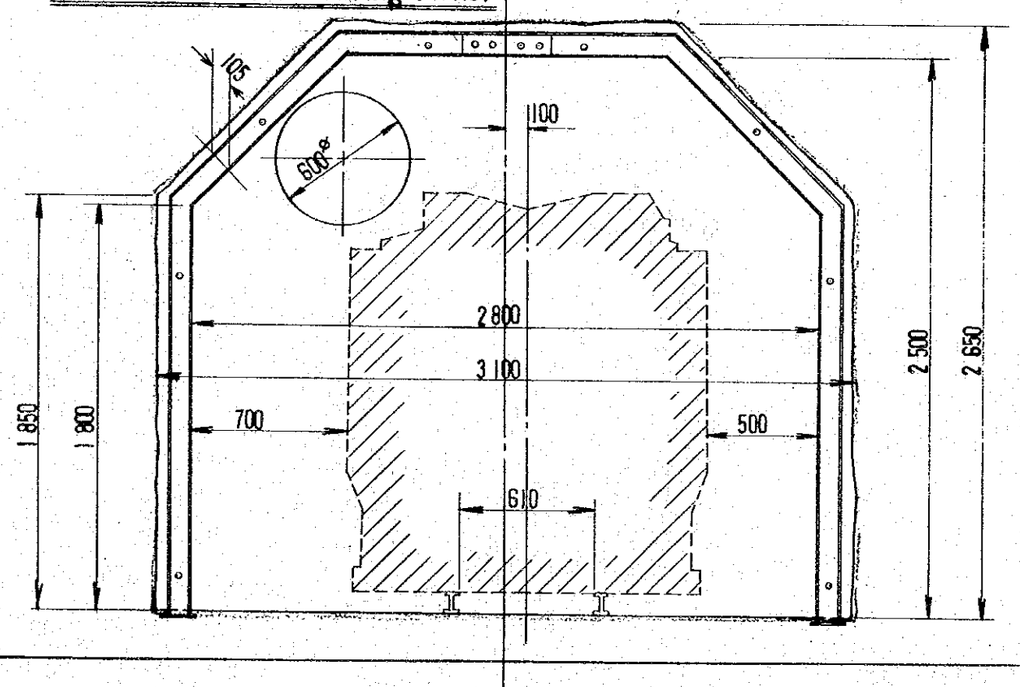
Section of No Timbering Tunnel



Section of Concrete Lining Tunnel



Section of Steel Timbering Tunnel



	No Timbering	Timbering	Concrete Lining
Planned Excavation Area	6.75 m^2	7.60 m^2	9.17 m^2
Excavation Section	7.84	8.76	10.43

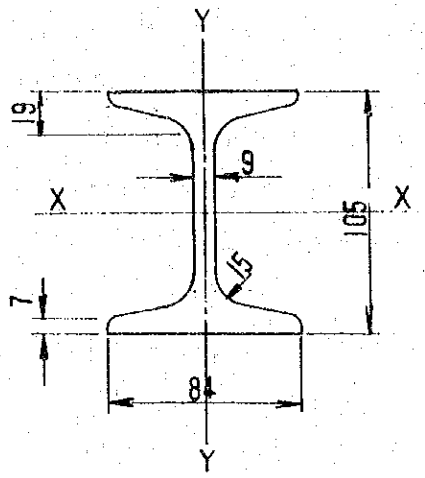
Unit: mm

Fig. 8 - 2

TUNNEL SECTION

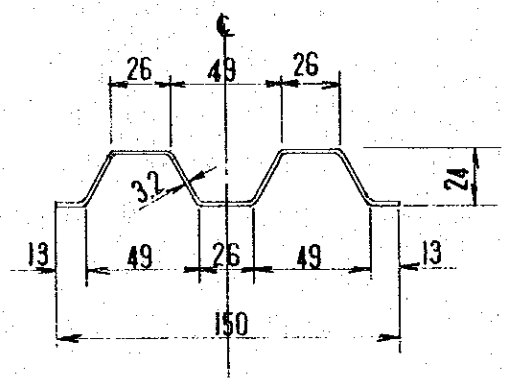
DRAWN BY [illegible] DATE 4/4/'78
CHECKED BY N. A. DATE 4/4/'78
SCALE 1 : 250

Dimension and Section Performance of MI 105



Weight	22.7 kg/m
Sectional Area	28.89 cm^2
Second Moment of Area	I_x = 490.3 cm^4
	I_y = 101.3 cm^4
Section Modulus	Z_x = 93.4 cm^3
	Z_y = 24.1 cm^3

Dimension and Section Performance of Steel Lagging (15 Type)



	1 Sheet
Weight	4.9 kg/m
Sectional Area	6.23 cm^2
Second Moment of Area	4.6 cm^4
Section Modulus	3.8 cm^3

Fig. 8-3

Unit : mm

DIMENSION AND SECTION PERFORMANCE OF MI 105 AND STEEL LAGGING	
DRAWN BY S. I.	DATE 4/4/'78
CHECKED BY N. J.	DATE 4/4/'78
SCALE 1 : 3	

れを適用することは勿論である。

参考までに，日本の神岡鉱山でＳＲＣ型コンベヤローダーの旧型であるＳＳ型コンベヤローダーとレッグドリルの組合せで，急速掘進を実施したときの掘進データーを示す。この資料のうち，１９６５年６月に達成された月間４２０.１ｍの掘進スピードは，現在でも日本の金属鉱山での掘進記録となっている。

ⅰ　使用機械

ＳＳＣ－２２型ＳＳコンベヤローダー　１台　"太空"７００Ｂ型ローダー　１台

1.６m^3 グランビー８車編成　１列車　４ｔｏｎバッテリーロコ　1台

さく岩機ＡＳＤ－３１７他　３台

ⅱ　使用条件

坑道断面 2.４ｍ×2.６ｍ，６.２４m^2，掘進方式，岩石，単線坑道，無支保

作業方式　４名／方，４方／日

ⅲ　神岡鉱山のＳＳＣ掘進実績

記録時		1963-11	1964-11	1965-6
月間掘進長	m	324.3	356.3	420.1
工程	cm／工	162	173	179
日平均掘進長	m／日	12.5	12.7	14.0
日最高掘進長	m／日	17.0	17.0	18.0
操業日数	日	26	28	30
日平均サイクル数	サイクル／日	10.5	11.7	13.4
１サイクル当り掘進長	cm／サイクル	118	109	104
進行１ｍ当り穿孔数	本／m	26.5	25.0	38.6
１サイクル当り車	車／サイクル	8.2	9.1	8.1
進行１ｍ当り火薬量	Kg／m	10.5	10.2	15.6

１サイクル所要時間（1963－11）

作業		
ズリ取	準備	7′ 40″
	主作業	23′ 20″
	後片付	8′ 00″
	小計	39′ 00″
穿孔	準備	4′ 00″
	主作業	43′ 00″
	後片付	1′ 00″
	小計	48′ 00″
発破	準備	9′ 00″
	主作業	17′ 00″
	小計	26′ 00″
合計		1° 53′ 00″

8.1.6　トンネル掘進の考え方と人員配置

(1)　トンネル掘進の考え方

トンネル掘進の機械選定の際，検討しなければならないことは，１発破の掘進長をいくらにするかである。具体的には，１発破ののびを可能な限りのばし，１方のサイクル数にこだわらない方式をとるか，適当な長さの１発破長を選定して，１方のサイクル数を維持する方

式を選定するかである。

両者には，それぞれ利害得失があり，一方の利点は他方の欠点となる。1発破ののびを出来るだけのばす方法の利点，欠点は，

利　点

(i) 計画したトンネル加背では高度のさく岩技術をもってすれば，2.0m位の掘進長が可能である。この方式では，トンネル単位長さ当りの消煙時間，サイクル構成する各作業の準備，跡始末に要する時間が短縮出来る。

欠　点

(i) 1方のサイクル数を規制しなければ，自分の受持ち時間内になすべき作業量があいまいになり，これが作業の遅延につながりやすい。

(ii) 余掘りが多くなる。

(iii) 穿孔技術に高度の技術を必要とする。レッグドリルによって穿孔を正確に実施することは困難でConglomerate のような"むつい"岩石に対して特にこれが問題になる。

前述の日本の神岡鉱山の掘進記録は，レッグドリルによる掘延長1.0m強のショートステップ方式によってなされたものである。

今度のトンネル計画では次の諸点を考慮してショートステップ工法を採用することとし，1発破の起砕長を無支保部分で1.2m，支保部分で1.0mとし，2サイクル／方とする計画とした。

(i) さく岩方法にレッグドリルを採用したが，レッグドリルでは長い穿孔を正確に実施するには高度の熟練を必要とする。

(ii) 同時に，多数のトンネル掘進を実施するので，熟練工のみを集めることに困難が予想される。

(iii) 山岳部のトンネルの岩質の大部分は，Conglomerate であるが，この岩質はクラックが少なく，いわゆる，起こしにくい岩石である。

(iv) 鉄矢木の強度の関係から，鋼枠間隔は，1.0mが適当である。

なお，SRC型コンベヤローダーの長さは，10～20%砕出し能力に余裕があるよう選定してあるので，この範囲で1発破の掘進長をのばすことは可能である。

急速掘進を実施するためには，掘進にどうしても必要な作業以外の作業は，トンネルの先端で実施しないで，後方の補助員が実施する方式を採用するのが望ましい。また，トンネルの先端でも平行して作業出来るものは，平行して実施する必要がある。

トンネル掘さくで後方の補助員が実施する作業としては，次のようなものがある。

- 圧気および水パイプの延長
- スパイラル風管の延長

・排水処理

・支保材および火薬類の運搬

・鋼枠支保の両サイドの矢木がけ（トンネル引立での鋼枠の矢木がけは天井のみ）

・トランスの移設

トンネル先端で平行に出来る作業としては，

・浮石外しと研取り作業

・穿孔と親ダイ（Primer）作り

・研取りの後始末と穿孔準備作業

・　　〃　　と軌道延長の一部

以上のことから，トンネル先端で実施する作業としては，さく岩，装薬・発破，研取り，（支保），軌道延長と各々の準備，あと始末のみとする。

(2) 人員配置

坑内作業の人員配置は，1坑口1方につき，作業員7名，坑外4人とする。これを総括して1坑口1方にForeman 1名をおく。

この他に1日当り1坑口に配置する人員は次の通りとする。

General Foreman	1名
機械技師	0.5名（1人が2坑口をもつ）
電気 〃	0.5名（ 〃　　〃　　）
測量 〃	1名　（2人が　〃　　）
資材調達書記	1名
賃金支払 〃	1名
	5名

8.1.7 測量の精度について

長大トンネルを向い掘りして，正確に貫通させるためには，測量の精度を上げる必要がある。

貫通点での許容誤差は，左右方向に15cm，上下方向に1.0cmである。連絡測量の最長区間はFig. 3のポイントH～Jで，その連絡測量距離は12Kmである。したがって，この区間の測量精度は左右方向に1/10万，レベルで1/12万の精度を必要とする。他の区間でもだいたい1/10万程度の精度の測量が必要である。

このように相当高度の測量技術を必要とすることを考慮しておく必要がある。

8.2 UNDERGROUND FALL

山岳部におけるexcess headを吸収するためUnderground fallの手法を採用する。

8.2.1　掘さく機器

レイズボーリングマシーンには，いろいろのタイプのものが世界各国で発売されており，通気井，シュート，その他の目的のために数多くの工事がなされている。

直径2.4mφ，長さ400m以上のものも開さくされた事例があり（カナダ，サドベリーベースン）我々が計画している直径55cmφ，長さ約200mのレイズボーリングには何らの技術的問題はない。

日本では商標"Big man"というレイズボーリングマシンが使用されており，これを使用してUnderground fall を開さくする計画とした。

掘さくには"Big man"シリーズの中の中型機であるBM 100Nというタイプを使用する。この寸法図をFig. 8－4に示す。このBM 100Nは回転，スラスト共に油圧で駆動するタイプとなっているので，油圧ユニットが附属している。油圧ユニットの動力源は電力でスラリーポンプも含めて，135KW 200V，電力設備，又は175KVAの発電機を必要とする。

パイロットホール用のビットとして，直径250mmφのトリコンビットが使用される。トリコンビットには，チップインサート型と歯形の2種があり，岩質によって使い分けがなされる。

ロッドは，203mmφ×1,160mm長，重量190Kgのものが使用され，孔曲りを防ぐためにスタビライザーを使用する。

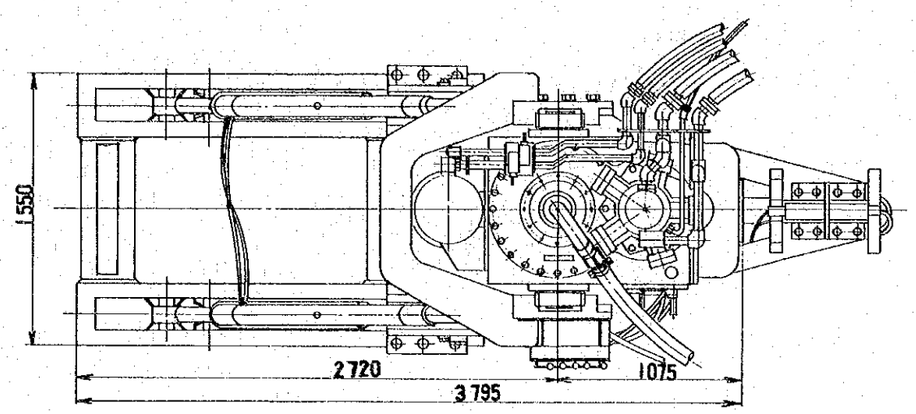
レイズドリリングビット（リーミングビット）は，ビットボディ，ローラーカッター，ヘッドローラーから構成され，ビッド径は500～2,430mmが標準である。ビッドボディには，ステージ形とフラット形がある。

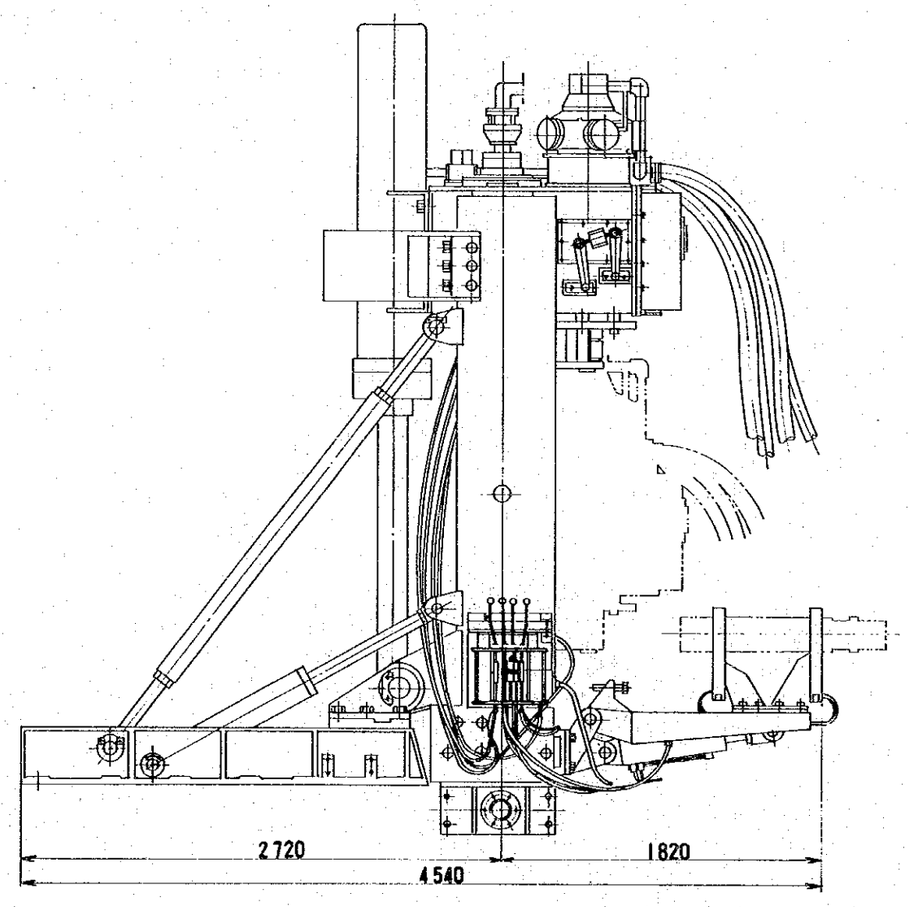
8.2.2　掘さく方法

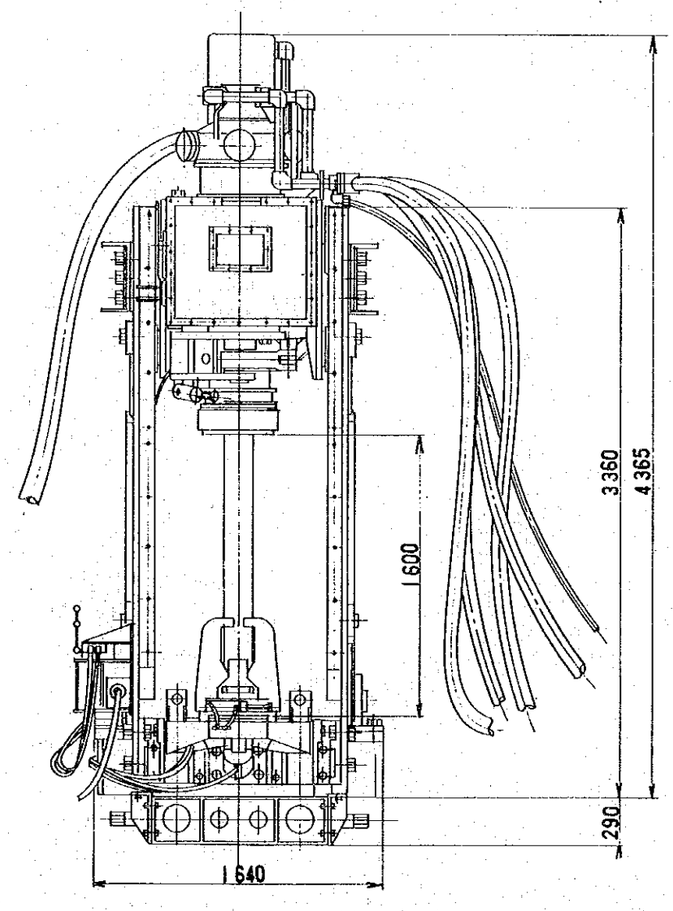
上部トンネルに，BM100Nおよび附属設備を設置し，下部トンネルに向ってスラストと回転を与えてパイロット孔（250mmφ）を開さくする。このとき孔曲りを防止するためスタビライザーを使用する。孔曲り率は，200mクラスの孔で0.5%程度と推定される（200mで半径1.0mの偏心）。

ビットには，トリコンビットを使用するが，くりこを排除するためベントナイトを混ぜた泥水をスラリーポンプで循環させる。

パイロット孔が，下部トンネルに貫通したら，ロッド先端についているトリコンビットを外し，直径550mφのリーミングビットをロッド先端にとりつけ，上部方向へのスラストと回転を与えてリーミングを実施する。リーミングビットを冷却するため，上部より200ℓ/分程度の注水を行う。リーミングで発生したくりこは，下部トンネルに溜るのでローダーで除去する。リーミングの初期には，上部トンネルと下部トンネルを結ぶ通信設備が必要のため，最初パイロットホールを2本，所定の位置に開さくし，これをリーミングするというやり方を採用する。







Specification

Type		BM-100 N Rise Drill		
Diameter of Pilot Hole (mm)		250		
Diameter of Reaming Hole (mm)		Max. 1 450		
Excavation Capacity (m)		180		
Excavation Direction		0° ~ -19°		
Rotation	Change Gear	1 Speed	2 Speed	3 Speed
	Revolution (rpm)	0 ~ 1.8	0 ~ 18	0 ~ 57
	Torque (kg-m)	7 000	2 600	815
Thrust	Stroke (mm)	1 600		
		Push	Pull	
	Thrust (kg)	Max. 110 000	Max. 160 000	
Weight (kg)		About 12 000		

Fig 8-4

Unit : mm

BM-100N DRILL UNIT

DRAWN BY EI DATE 6/28/78
CHECKED BY K.S DATE 6/28/78
SCALE

また，掘さくが完了して操業に入ったときの通信線の通路として，250mmφのパイロットホールをUnderground fall 附近に1本，開さくしておく。

Under ground fall には，岩質が硬いことと，湧水がないことが，必要条件となる。

岩質については，Conglomerate, Limestone 共にコンクリートより硬いので心配はない。Underground fall 内から湧水があると，操業時にスラリーの濃度が下がり，fall 以降のロンダー又は，パイプの寸法を大きくする必要がある。fall を作製する時点で，湧水があれば，これを止めておかなければならない。Fig. 8－5にそのやり方を示す。

パイロット孔を掘さく完了した時点で，下部トンネル貫通部に木栓を打込んで固定し，更に荷重をうけるため支柱で補強する。

次に，セメントミルク注入管として，40.5mmφ×3mボーリングロッドを順次接続して，木栓上10m位置まで挿入する。ロッドは，この位置でホルダーにより クランプされる。

グラウトミキサーHM－250でかく拌されたセメントペーストはグラウトポンプMG-5hで吸入し，ホースを通してロッドの中へ注入する。

孔内にある水は，セメントペーストと置換され順次溢流する。

孔口まで，セメントペーストが上昇してきたら，注入管で注入しつつ，順次引きあげ切離す。

注入管を全部回収したら，あらかじめ基礎コンクリートの孔芯に同芯で装置された口元管にグラウトキャップを取付け，加圧してセメントペーストを再度注入する。

注入圧力が次第に上昇した時点で一時休止し，再度注入して同じく直ちに圧力上昇があれば注入完了とする。

注入完了後24時間以上の硬化待ちをしてから，パイロットビットでセメント掘さくを行う。

8.2.3　掘さく速度と工事仕様

掘さく速度は，1方10時間で1日2方操業として，パイロット穿孔が20m／日，リーミングが16m／日程度と推定される。200m×55cmφ の Underground fall 2本と200mの25cmφケーブル孔の開さくに正味3ケ月余り，グラウトを実施する場合は合計4ケ月の工事期間を必要とすると考えられる。

作業人員の編成は次のようになる。

現場管理責任者	1名
技術員(A)	2名
技術員(B)	2名
補助員（現地人）	6名
計	11名／日

8.3 トンネル準備工事

全部で８坑口あり，トンネル掘進に先立ち準備工事を実施しなければならない。その主なものは坑口までの取付け道路，坑口の仮設設備である。

8.3.1 取付け道路

山岳部のトンネル坑口はいずれもトンネル準備工事が容易なようにKennon道路からの標高が余り高くない位置に設定されている。またトンネル坑口が１ケ所に２つ設置される場合は共通取付け道路になる。トンネル８坑口に対し，取付け道路は５ケ所でよい。

取付け道路の全長は，1,900mになる。また，この他に既設道路の一部拡巾が６００mある。

工事用の取付け道路の巾は5.0mとし，勾配は１０％以下とした。地形の比較的急しゅんな所が多く，豪雨地帯であること，重量物運搬車が通過することを考えて道路構築は切土を主体とし，盛土は必要最少限にとどめることにした。

8.3.2 仮設設備

トンネル坑口の仮設設備として現場事務所，修理場，資材置場，火薬取扱所，コンプレッサーおよび発電機室がある。これらの建物はいずれも仮設設備ということでプレハブで考えたが，これらの建家の総面積は１坑口につき１６０m^2と想定した。２坑口が１ケ所にある場合は，仮設備を共用することになる。仮設設備として建家の他に，機械類等の基礎，燃料油等の受入れ設備，取水設備，通信設備がある。また坑口には坑内軌道の引込線を作る。

監督者，技術者，労働者の宿舎については，経費の項で計上することにし，トンネル準備工事の金額には計上していない。

これらの準備工事は場所によって工期の長短はあるが，研ビンの設置も含めて３ケ月以内に完了すると考えられる。

8.3.3 研処理

トンネル掘さくおよび準備工事で各々２００,０００m^3，２０,０００m^3（いずれもブロークン），合計２２０,０００m^3 の研または土砂が出る。これらの研等は現地で利用出来るものは利用し，現地に堆積出来るものは堆積し，その残余は１０ｔダンプトラックでRabon附近まで運搬して海域部の工事に使用する計画とした。

トンネル区間ポイントN～Pから出る研は坑口附近で処理する。トンネル坑口J，Kから出る 約４５,０００m^3 のうち２５,０００m^3はポイントJ附近に建設するエマージェンシーポンドの築堤材料として利用し，残余は海域部に運搬する。

山岳部の坑口A，坑口D，坑口G，Hから出る は，１０ｔダンプトラックでRabon 附近まで運搬する。その運搬量は取付け道路の残余土も含めて約１５０,０００m^3 であり，その平均運搬距離は２８Kmである。坑口Aおよび坑口Dでは高低差があるので，研は研ビンから直接１０ｔダンプトラックに積込むことが出来る。研ビンは木製でよい。坑口G，Hの研はグランビー

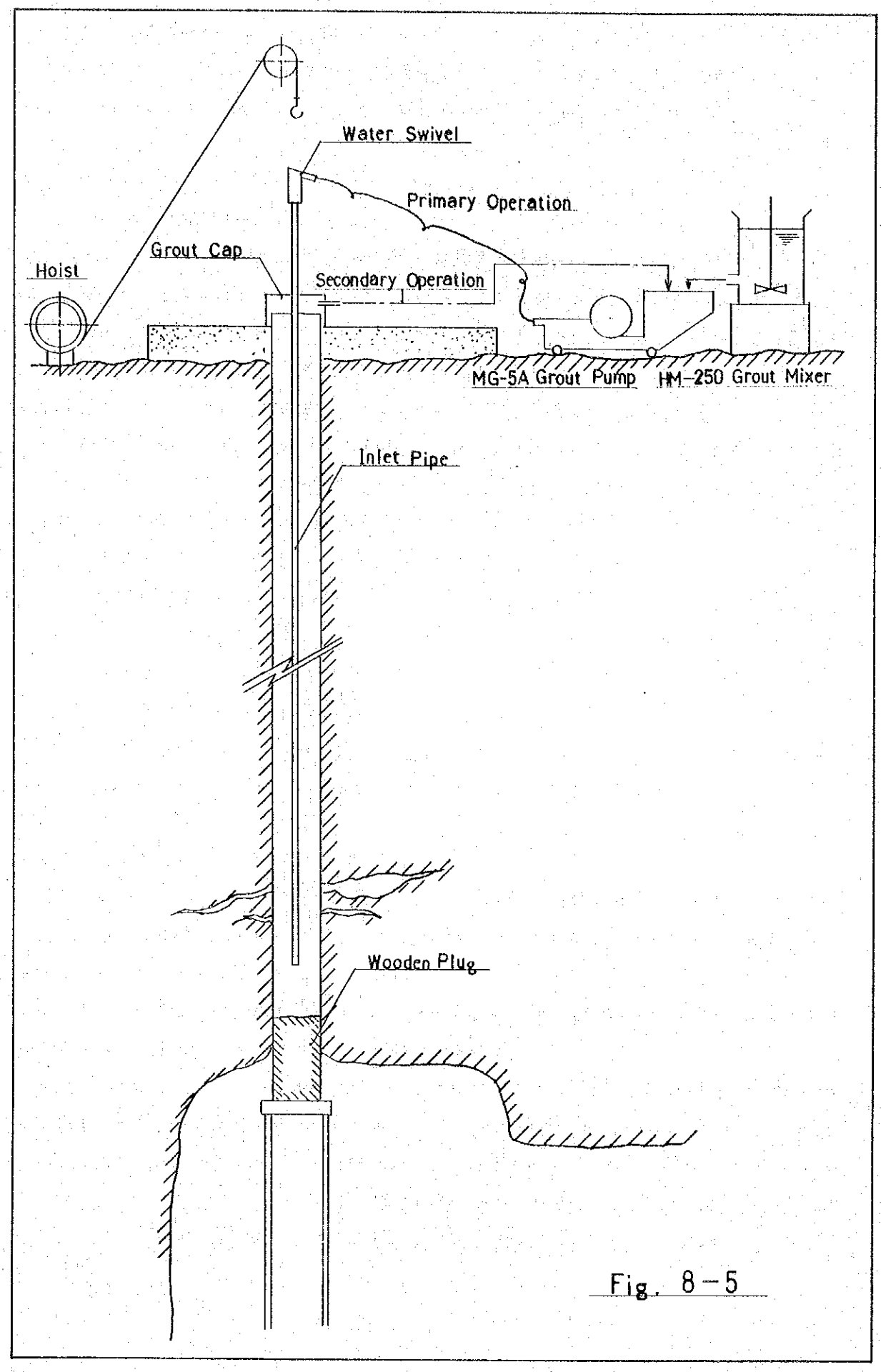

Water Swivel
Primary Operation
Grout Cap
Hoist
Secondary Operation
MG-5A Grout Pump
HM-250 Grout Mixer
Inlet Pipe
Wooden Plug

Fig. 8-5

鉱車が放出して地面に堆積した研をショベルでトラックに積み込む方式となる。

土砂および研を平野部の工事用道路の建設に使用することも考えられ，運搬距離が海域部よりも短縮されるので，運搬コストは安くなる。実施設計の際検討すべき問題である。

8.4 工程計画

8.4.1 トンネル掘進速度

Appendix A－8－1にトンネル掘進の支保別サイクルタイムの構成を示す。これによれば，計画通りの掘進が実施されたときの月間進長は，無支保トンネルで１８０ｍ，鋼枠支保で１５０ｍとなる。しかし，実際問題として掘進に際してはいろいろのトラブルがあり，計画掘進長が完全に達成されることは稀である。能率係数をどの位にとるかということは非常に難かしい問題である。今度の計画ではフィリピン国の諸事情も考慮して，上り勾配掘進で７０％，下り勾配掘進では６５％の能率係数を採用した。下り勾配掘進では作業場の水をポンプで排除する必要があるので，これを若干大きくとった。

支保別の月間掘進長は次のようになる。

無支保トンネル（ショットクリートトンネルを含む）

上り勾配　：　１２６ｍ

下り勾配　：　１１７ｍ

鋼枠支保トンネル

上り勾配　：　１０５ｍ

下り勾配　：　９８ｍ

コンクリート支保トンネル（掘進およびコンクリートライニング）

５０ｍ

8.4.2 工事工程

月間掘進長からトンネルを含む各工区のトンネル掘進所要期間を図示したのがFig. 8－6である。各坑口共準備工事期間として３ケ月をみており，さらにトンネル掘進所要期間の前と後に１ケ月づつの余裕期間を計上してある。

前の１ケ月は作業者の訓練期間であり，トンネル掘進準備工事期間とダブらせた。後の１ケ月は掘進の後始末とショットクリートの期間である。

Fig. 8－6のようにトンネル掘進のクリティカルパス（Critical Path）は第３，第４工区で２年８ケ月を必要とする。ただ第４工区のUnderground fall の工事と平行して第３工区のトンネル内ロンダーの布設工事が実施出来るので，これ以上工事期間がのびることはない。またトンネル工事以外の諸工事はFig. 8－6のようにトンネル工事よりいずれも短かいので，コモンラインの建設工事期間は試運転も含めて３０年と考えられる。

実際設計の際はこのクリティカルパスを更に短縮する方向で検討する必要がある。

8.5 トンネル掘さく工事費

8.5.1 積算の前提条件

(1) 現時点での単価を採用しており，将来のエスカレーションは考慮していない。なお，人件費および物品費の単価についてはTab．9－3，Tab．9－4を参照されたい。

(2) トンネル掘進および準備工事はすべてフィリピンの技術者および労働者で実施する計画とした。

(3) トンネルの支保別原単位を計算し，これに単価をかけて支保別原単価とした。更に，支保別坑道延長からトンネル掘さく工事を積算した。支保別原単価の概略内訳についてはAppendix A－8－2を参照されたい。

なお，原単価の要素別金額を算出する際，次の考え方で積算を行った。

a．人件費

人員構成については，8.1.6(2)を参照されたい。

b．物品費

支保別物品原単位から計算した。

c．設備機器の損料と運転経費

各坑口およびトンネル内に配置した機器は，その投資額をすべてトンネル掘さく工事で償却するという考え方で計算し，これをトンネル1m当りに均等に配布した。なお，運転経費についても，8坑口のそれを均等に配布する考え方とした。

d．　運搬費

坑口附近で処理出来ないトンネル掘さく　約150,000m³（broken）は，海域部の築堤に利用するためRabon附近まで運搬する計画とした。平均運搬距離は28Km，運賃は，0.6P／t・Kmとした。

e．経　費

現場経費および一般管理費として30％をみた。

(4) Underground fall

Underground fall は，掘さく機BM100Nおよび附属機器を日本から輸送し，日本人技術者が主体となって掘さくする計画とした。

工事の内容は次のとおりである。

550mmφ×200m　2本

250mmφ×200m　1本

グラウト（セメント使用量100t）　一式

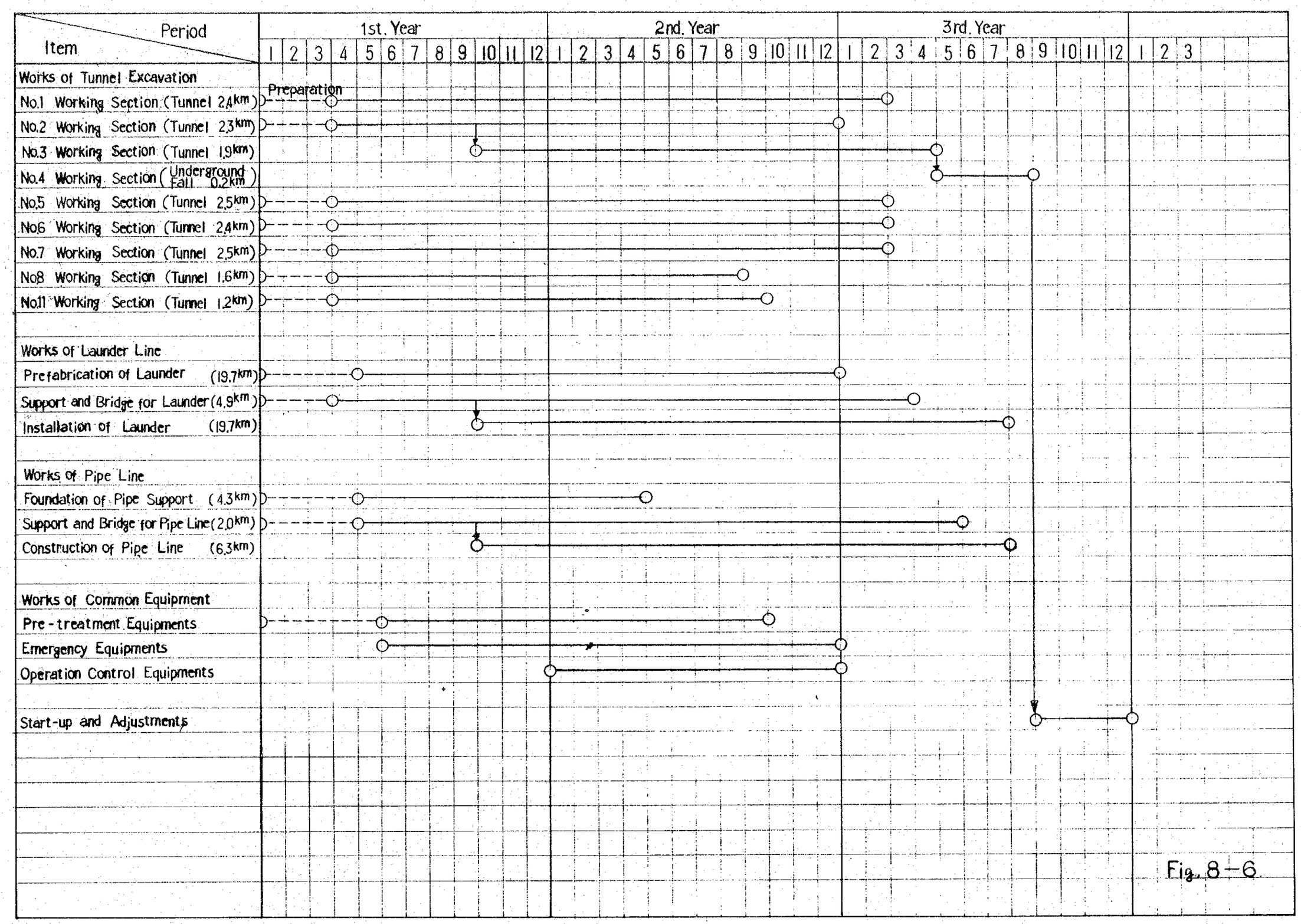

Period
Item
1st. Year
2nd. Year
3rd. Year
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12
Works of Tunnel Excavation
Preparation
No.1 Working Section (Tunnel 2.4km)
No.2 Working Section (Tunnel 2.3km)
No.3 Working Section (Tunnel 1.9km)
No.4 Working Section (Underground Fall 0.2km)
No.5 Working Section (Tunnel 2.5km)
No.6 Working Section (Tunnel 2.4km)
No.7 Working Section (Tunnel 2.5km)
No.8 Working Section (Tunnel 1.6km)
No.11 Working Section (Tunnel 1.2km)
Works of Launder Line
Prefabrication of Launder (19.7km)
Support and Bridge for Launder (4.9km)
Installation of Launder (19.7km)
Works of Pipe Line
Foundation of Pipe Support (4.3km)
Support and Bridge for Pipe Line (2.0km)
Construction of Pipe Line (6.3km)
Works of Common Equipment
Pre-treatment Equipments
Emergency Equipments
Operation Control Equipments
Start-up and Adjustments

Fig. 8-6

(5) トンネル掘さく準備工事

トンネル掘さくに必要な諸工事をここに包括した。

工事金額としては，トンネル坑口までの取付道路の費用が全体の約７５％を占める。

8.5.2 トンネル掘さくおよび附帯工事費

種別		単価 ₱/m	のび m	工事費×1,000₱
トンネル掘さく費	無支保（ショットクリート含む）	3,990	12,610	50,314
	鋼枠支保	6,089	3,310	20,155
	コンクリート支保	7,906	880	6,957
	小計	4,609	16,800	77,426
Underground fall 掘さく費			200	2,519
トンネル掘さく準備工事費			一式	7,212
合計		5,127	17,000	87,157

なお，フィリピン国内調達費と国外調達費に分割すると次のようになる。

種別	国内調達費 ×1,000₱	国外調達費 ×1,000₱
トンネル掘さく費	54,546	22,810
Underground fall 掘さく費	30	2,489
トンネル掘さく準備費	7,212	—
合計	61,788	25,369

第 9 章

流 路 工 事 計 画

第9章　流路工事計画

9.1　ロンダーライン工事計画（Fig.1およびFig.2参照）

9.1.1　工事区分と延長

ロンダーはコモンライン全長26㎞のうち約76％に当る19.7㎞にわたって布設される。そして布設される区間により，トンネル内布設（坑内布設）および，坑外布設の2つに大別され，トンネル内布設は15㎞，坑外布設は4.7㎞でロンダー全長に対してそれぞれ76％および24％を占める。

ロンダーの据付延長と区分をTab. 9－1に示す。

Tab. 9－1　　ロンダーの布設区分と延長

布設区分	工区	布設区間	布設延長	備　　考
トンネル内布設	1	ポイント A ～ B	2,400m	
	2	B ～ C	1,700	
	3	C ～ E	1,900	
	5	F ～ G	2,500	
	6	(G)～H～I	2,000	G－H間長さ60mの橋梁上含む
	7	I ～ J	2,500	
	8	(J)～K～L	2,000	J－K間長さ350mの橋梁上，架台上含む
		小　計	15,000	
坑外布設	10	M ～ N	4,700	
計			19,700m	

9.1.2　ロンダーの製作

(1)　ロンダーのプレハブリケーション

ロンダーは19.7㎞の長距離にわたるほかその布設工事に若干問題がある。即ち，布設位置がトンネル内の非常に限定された作業空間であり，坑外においては殆んどが数mの架台上布設になる。このため，ロンダーを工場内でプレハブリケーションすることとする。この方式に

は，次のような得失がある。

• 利点

a. 工場で製作するので，現場打ちコンクリートに比較して，コンクリートの品質管理が徹底出来る。

b. ロンダーの寸法およびその設置勾配の精度において現場打ちコンクリートよりもまさると考えられる。

c. ロンダー布設の前工程であるトンネル堀進や，架台組立工事と平行して製作出来るので工程が短縮される。特にトンネル内でそのメリットが大きい。

d. ロンダー製作時から鉱滓流送開始まで充分に時間を取ることにより，必要なコンクリート強度も確保出来る。

e. コンクリート面が均一となり，流路としては現場打ちコンクリートよりも有利である。

• 欠点

a. 鉄筋コンクリート製であるので重量が大きく取扱いの際，運搬機械を要する。

b. 製品として現場に搬入するので，現場打ちコンクリートのように原材料で搬入するより取扱いに注意を要し，破損することも考慮しておかねばならない。

(2) 製作計画

製作工場は，Rosario市西方の国道沿い1.5 kmの地点とする。ここはRued川で採取されるコンクリート用骨材や長距離にわたって布設されるロンダーの運搬の便を考慮すれば，適地と考えられる。さらにRosario市街地に近距離であることからも，工場労働者の通勤に便利である。

工場規模は概略次の通りである。

a. 敷地面積 ： 20,000 m^2

ロンダーの製品ストックヤードと骨材置場，管理棟，試験室，通路等を含む面積である。トンネル内ではほとんど一斉に布設するようになるので，ロンダーラインの約14 km分3,700個のロンダー製品に対するストックヤード（14,000 m^2）を必要とする。

b。製作個数 ： 5,250個

ロンダー布設延長19,700 m分に対し，取扱い破損ロス6％を見込んだ数量である。ロンダーは1個当り長さ4 m，重量5.2 tに製作される。

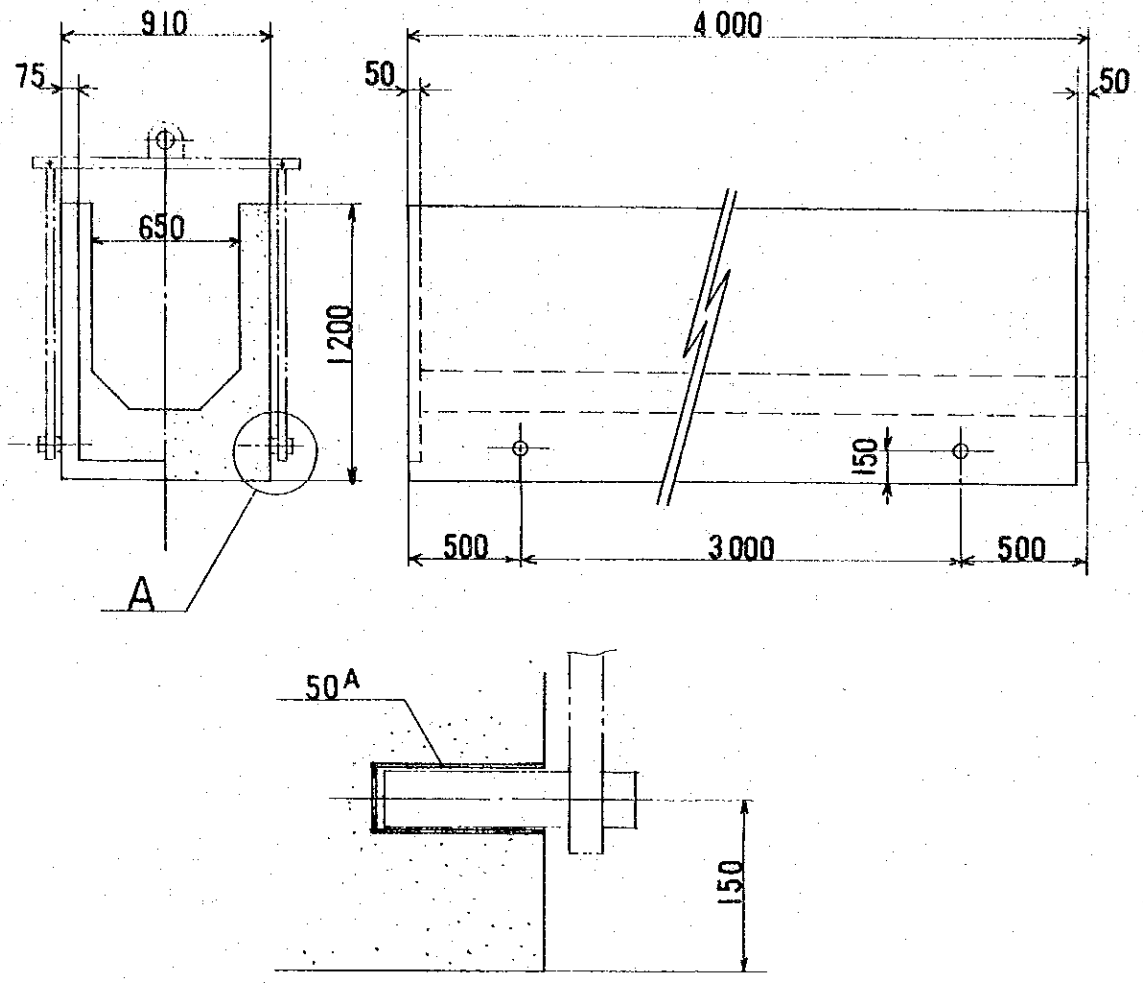
c. コンクリートミキサー容量 ： 0.75 m^3（最小24 m^3／日）

d. ミキサー付帯設備

a) セメントサイロ ： 630 ton貯蔵（10日分）

b) 給 水 設 備

c) 骨材供給設備



A — Section

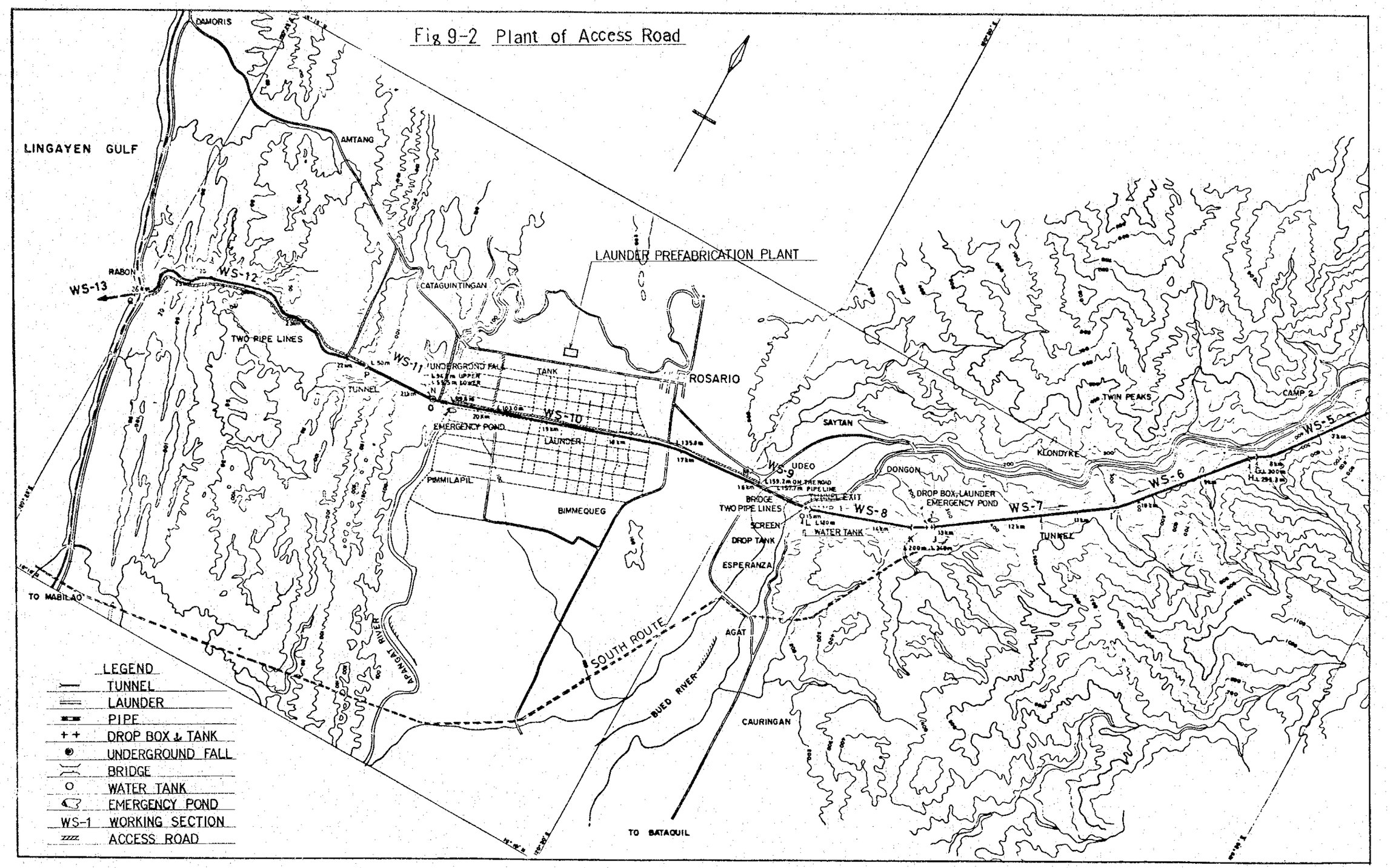
Fig. 9-1

Weight of Launder Approx 5.2 Ton

Unit : mm

LAUNDER			
DRAWN BY	E.T	DATE	4/3/'78
CHECKED BY	K.S	DATE	4/3/'78
SCALE	1 : 30		

Fig 9-2 Plant of Access Road



e. クレーン

クレーンは型枠解体，ロンダー製品の裏返し装置への運搬その他に用いる。

走行クレーンガーター　高さ5 m×長さ80 m×2列

巻上荷重6 t，スパン20 m，揚程5 m

f. ロンダー裏返し装置　1式

型枠解体時，ロンダーブロックは上側が下にあるので裏返し装置を用いて天地替えを行なう。

g. 鋼製型枠　100セット

コンクリートの品質管理を徹底するためには，試験室を設け，専任の技術者がここでコンクリートの強度試験を行う必要がある。ロンダーの製作は1日平均11個で，5,250個の製作に19ヵ月を要する。

ストックヤードにおいて養生後脱枠されたロンダーは，エンジン式の7～10 ton クラスのフォークリフトによってストックヤードに運搬される。

ロンダーの製作工程を簡単に示せば次のようになる。

→型枠クレン（鋼製）→型枠組立→鉄筋挿入→コンクリート流し込み→養生

→型枠解体→ロンダーブロックの裏返し→ストックヤードへの運搬

前述のようにロンダーは重量が大きいので，4個の小口径の鋼管ピースをロンダーに埋めこみ，この孔に吊り金具の先端をはめこんで吊りあげられるようにする。

Fig. 9－1にロンダー，吊り孔および吊り金具の概要を示す。

9.1.3　ロンダー布設工事計画

(1)　準備工事

a.　工事用道路（Fig. 9－2参照）

ロンダーラインはRosario市からLingayen湾に向う国道とほぼ平行して布設される。工事用道路としてはロンダーラインへの進入路の拡幅があり，ロンダー架台の組立およびロンダー布設のためのロンダーラインに沿う新設道路がある。

国道からの進入路は3本考えられる。これらは現在ジープが通れる程の幅員約3 m程度の道路であるが，工事用資材を運搬するトラックが通れるように幅員5 mに拡幅しなければならない。まず，第1のルートはRosario市から南方に向う道路で，延長約600 mである。この両側は水田であり，民家が散在する。第2の進入ルートはRosario市西方約2.5 kmから南方に向う道路であって，その両側は畑地で延長約850 mである。国道の進入路から約300 mにわたって両側に民家が散在するが，それ以後はあまりない。第3の進入ルートはApangat川の国道橋を通過後，約300 m地点から南方に向う道路で延長約1,100 mであ

る。これらの道路は，機械類や資材運搬のトラックが走行出来るよう，まずグレーディングした後，Bued川の河川敷から運搬された砂利や，切込み砂利で路盤が造成される。

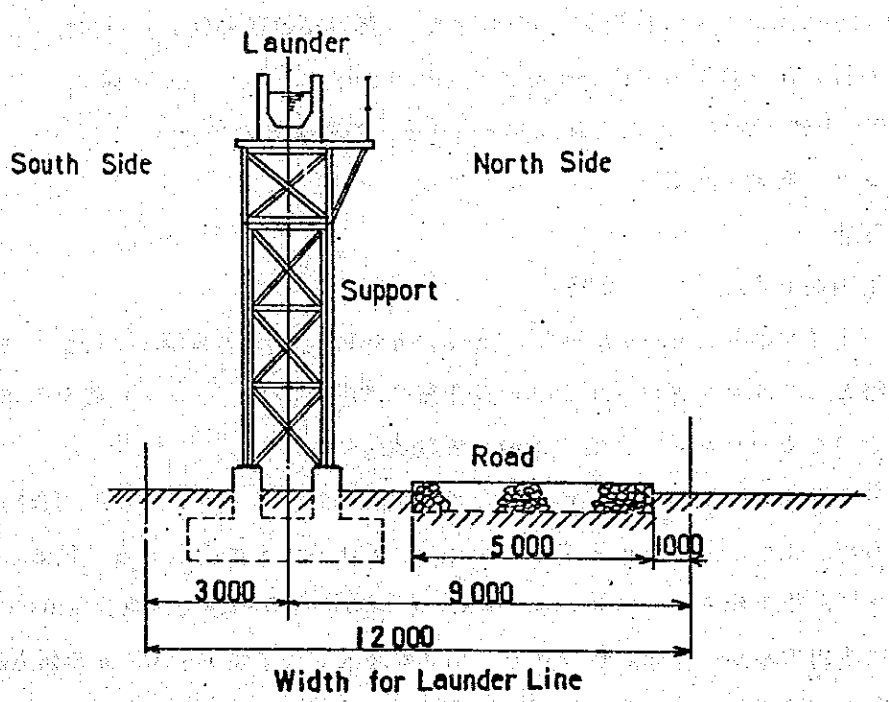
新設道路はパイプラインおよびロンダーラインに沿ってUdeoの国道横断部から西方に向いApangat川東側に至るまで延長4,800 mにわたってつくられる。これは，前述した3つの進入拡幅路のうち，第1と第2の道路と交叉する。このうち，Udeoから約2,000 mは水田であり，残り2,800 mは畑地である。幅員は5 mとして，建機類やトラックの通行に支障のないようにする。雨期の後，損傷した路盤は随時修復されなければならない。工事終了後は操業管理用パトロール道路とする。

b. Bued川渡河後，ポイントMからNまではロンダーが布設されるが，この部分は畑地と水田であり，地形とロンダーの勾配の関係から殆んどが架台上にロンダーが布設される。

ロンダーの架台図は第7章のFig. 7－5に示されている。架台はロンダーラインの下に設置する工事用新設道路の南側に組み立てる。これにより国道からの進入道路はロンダーラインと交叉しない。また，ロンダーや架台の影が工事用道路に落ちることにより，ラインの北側の農地に日照の影響を与えずにすむ利点ももつ。

架台と工事用道路との関係をFig. 9－3に示す。

Fig. 9－3　ロンダー架台と工事用道路関係図



ポイントMからApangat川東岸に到る工事用道路に沿って，延長1 kmごとに奥行き20 m，長さ50 mの1,000 m² の広場を設け，架台部材やその他建設資材の置場として，架台の組

立工事の円滑化を計る。

(2) ロンダー布設工事

a. トンネル内のロンダー布設工事

トンネル内のロンダー布設は，全ロンダー布設のうち約76％を占め15,000 m に及ぶ。従ってロンダーの据付はトンネル掘進終了後各工区ごとに砕出し作業に使用した4 ton バッテリーロコを利用して，ロンダーは台車に乗せて坑内に搬入し，坑内で分解組立可能な簡易移動式門形吊上げ装置により荷卸し作業を行う。これにはチェーンブロックが2個装備され，ロンダーは4点吊りで卸す。

ロンダーは1回の牽引で3個坑内に搬入され，荷卸し後，すぐ引返したバッテリーロコに待ち時間が生じないように，トンネル坑口附近であらかじめ別の台車にクレーン車により積載されていなければならない。トンネル坑口附近は地形の関係でロンダーのストック用として広い場所が取れず，また，トンネル内への最遠運搬距離が2.5 km もあるため，バッテリーロコの稼動率を挙げる必要がある。

ロンダーの搬入・布設に先立って，据付け準備工事としてロンダーベースコンクリートの打設がある。この厚さは平均10 cm とする。これはロンダーを－1.25％の同一勾配にするためには，据付レベルの調整のために不可欠のものである。コンクリート量はロンダー据付延長100 m 当り約11 m^3 必要で，バッテリーロコによりトンネル内の打設現場まで牽引される。

ロンダーはベースコンクリートの上に仮布設して勾配を測量によって確かめたのち本布設する。このため据付作業者と測量員とを組合わせたチームを作る。布設されたロンダーの継ぎ目には目地モルタルを充塡していく。また，ロンダーの布設勾配を保つため，ライナーを使用して基礎面とロンダー底面との間にすき間ができたときはモルタルのグラウティングを行う。

b. 坑外のロンダー布設工事

坑外において架台上に布設されるロンダーは，クレーン車によって据え付けられる。架台は鋼材で製作されているため，日照による輻射熱により伸縮するので伸縮に差が出た場合，ロンダーの接合部に隙間が生じ，鉱滓が洩れる恐れがある。

これを防止するため，Fig. 9－1に示したようなロンダーに予め埋め込んだ吊り孔金物に頭付きプラグを挿入溶接し，これを利用して布設後隣り合ったロンダーをタイバーによって連結する。

なお，ポイント（G～H），（J～K）間の橋梁上に布設されるロンダーもこの方法により連結することはいうまでもない。

9.2 パイプライン工事計画（Fig. 1およびFig. 2参照）

9.2.1 パイプラインの工事区分と延長

パイプラインは2系列布設され，布設作業はTab. 9－2に示すように大別して3つの区分に分けられる。

Tab. 9－2　パイプラインの工事区分と延長

布設区分	工区	布設区間	布設延長	備考
橋梁上布設	9	ポイント L ～ M	(m) 600	Bued川橋梁上 Fig.7－8参照
地上部布設	9	L ～ M	100	Drop Tankを併用した布設区間
		L ～ M	300	Udeoの国道横断部の前後
	12	P ～ Q	4,200	1,400 m間架台上
	8	J ～ K	(50m)	
トンネル内布設	11	N ～ P	1,100	第11工区のうち水平トンネル部全域
計			(m) 6,300	

9.2.2 パイプライン布設工事計画

(1) 準備工事

a. 工事用道路（Fig. 9－2参照）

(a) ポイントLへの工事用道路

パイプラインの始まるポイントLへの工事用道路は，Bued川東岸のCamp 1附近の道路が洪水により流失しているためDongon附近から新設しなければならない。これはDongonのBued川にかかる国道橋から旧道に約1,100 m南下した地点から開始し約800 mである。この附近は樹木が密生しているので，伐採が必要であるが民家が点在する程度で道路新設には，殆んど支障ないと考えられる。この道路工事は，第8工区のトンネル堀進の準備工事としても必要なものである。

(b) 第11工区，第12工区の工事用道路

Rosario市とDamortisの中間のCataguintinganから南下する既存道路の拡幅工事が必要である。これによって第12工区のパイプライン布設敷造成工事のためのブルドーザーや建機類の搬入が可能となり，また，パイプラインに沿って新設される工事用道路の始点ともなる。Cataguintinganからの既設道路は，ジープが1台通行出来る程の幅員であり，

幅員5 mに拡幅する。この延長は約2,000 mである。パイプラインに沿って新設される道路は，幅員5 m，延長4,200 mである。これは，後述するパイプライン布設敷造成工事と平行して工事が進められ，ポイントLとRabonの国道とをつなぐ。Bued川の河川敷から砂利や切込み砂利を搬入して路盤をつくる。

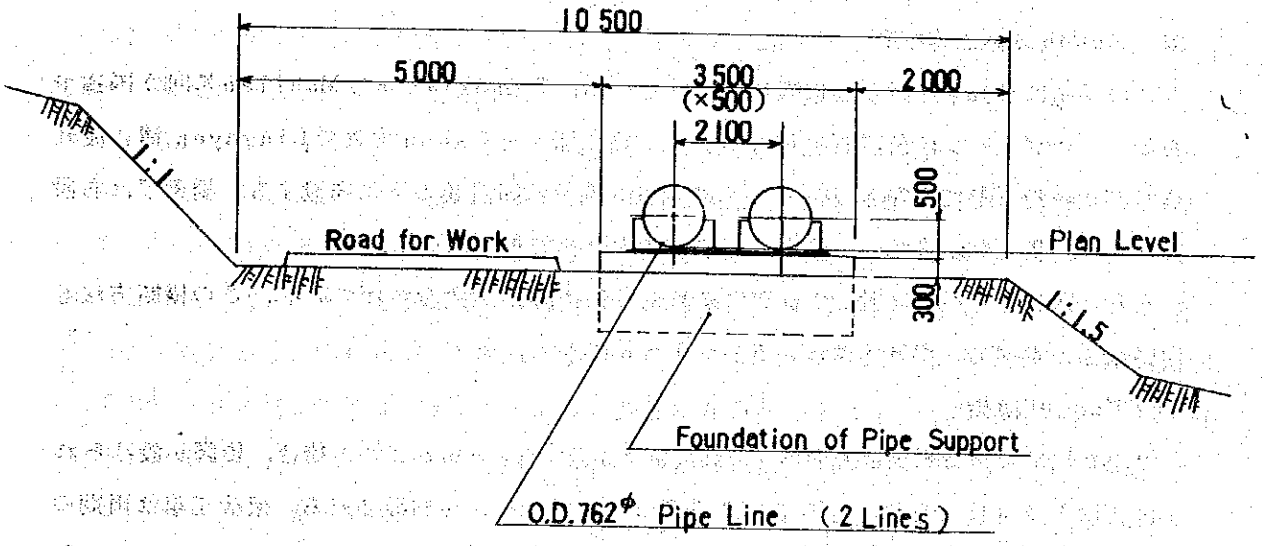
b. 布設敷造成工事

布設敷造成工事はパイプライン布設に先立って行なわれる。この布設敷は巾10.5 mでパイプ布設レベルに沿って，山肌を切土しながら施工される。この区間は大きな樹木が殆んどなく，畑地，荒地およびパイプラインの終端ポイントQの近くに一部水田がある。

造成工事は切取土量，盛土量がバランスするようにするのが望ましいが，この地域の降雨量の多いことから，降雨による盛土部分の流失に伴うパイプラインへの影響を考慮して切土を主としたルート設定を行った。土工事量は，切土量で約42,000 m^3，盛土量で約4,600 m^3程度と予想されるが，地形図は1／50,000のものしか存在しないので，精度をあげるために詳細な地形図でルート設定および土工事量の計算を行う必要がある。この造成延長区間は約4,200 mである。

布設敷造成の標準断面をFig. 9－4に示す。

Fig. 9－4　パイプライン布設敷造成標準断面図



c. パイプ支持基礎

パイプ支持基礎には，第11工区のトンネル内パイプ支持基礎と第12工区の坑外のパイプ支持基礎の2種類がある。これらは両者とも，間隔10 mごとに設けられ，鉄筋コンクリートでつくられる。

坑内の基礎天端はコンクリートの巻立の有無にかかわらず，地盤から35cm上りとする。1基当りの基礎の寸法は，巾1.07m，厚さ35cmとする。

坑外の基礎天端は地盤から30cmとし，幅3.5m，厚さ50cmとする。両者とも地盤からあげているのは，パイプ布設時のフランジのボルト・ナットの締付けの作業スペースを確保するためである。

d. 国道横断部

パイプラインは，そのルートで2ヶ所の国道横断部がある。第1はUdeo地区の国道横断であり，第2はLingayen湾に沿うRabon地区の国道横断である。

(a) Udeo地区国道横断

この国道はBaguio市に向う主要国道であり，交通量が多い。また，横断部分のパイプライン計画レベルは，Bued川の横断パイプレベル，国道部横断部前後の地形と道路舗装面レベルの関係から，路面下1.5mとした。横断部の構造は，鉄筋コンクリート製のカルバートボックス構造とする。

この工事施工は，交通を遮断させないため，道路巾の半分の1車線を残して行い，終了後通行車線を切り替えて残り分を施工する。パイプラインはカルバートボックス内に設けた支台上に布設し，配管後，ボックス内に滞水しないように床のコンクリート舗装を行う。上部はアスファルトで修復舗装する。

構造寸法はFig. 9－2に示す。

(b) Rabon地区国道横断

この国道はUdeo地区の国道程交通量はないが，DamortisからMabilaoに向う国道である。パイプラインは終点近くになって，海岸山脈からRabon附近でLingayen湾に流れ込む河川に沿う形で布設されるので，この河川に架かる国道橋の下に布設する。橋梁下は布設敷として，幅3.5m確保し，河川に面する側は土留矢板を用いる。

また，国道と平行して約50m海側に離れて鉄道線路が敷設されている。この横断方法も国道横断に準ずる。横断方法は，Fig. 9－3に示す。

(c) Bued川架橋

Bued川に架かる橋梁は延長600mにおよぶ。スパン40mごとに橋台，橋脚が設けられ上部工はトラス橋となり，その上に2系列のパイプラインが布設される。架橋工事は雨期のBued川の出水を避けて行なわなければならない。橋脚スパンは40mであり，トラス重量で約30 tonである。従って，トラス部材は工場であらかじめ10m長さに組み立ててからCamp 1の河川敷内に設けた工事用仮道路から架橋現場に搬入する。10m長さで搬入されたトラスは現場で20m長さに組み立て，橋脚を中心として片側10mずつ張り出した形で橋脚上にセットし，隣りあった橋脚にもセットが終了した後に，橋脚間の20m部分につ

いてセットする。この方法を繰り返しながら架橋工事を進める。

橋梁が架けられる場所は，Bued川の扇状地であるので，橋台，橋脚の実施設計に際しては，地盤調査を欠かすことは出来ない。

(2) パイプライン布設工事

パイプラインの布設にあたって，フランジの取付とパイプ溶接の作業はパイプライン沿いにいくつかの個所に集約して行なわれる。このためManilaから輸送されるパイプは予じめ作成される計画にしたがってそれぞれの場所に荷卸しされる。集約作業個所は次のとおり。

第 9 工区　　1個所

第11工区　　トンネル入口近く1個所

第12工区　　3個所

第 8 工区　　1個所

a. トンネル内パイプ布設工事

第11工区の水平部分1,100 mに布設される。パイプライン勾配はトンネルの堀進勾配と同じく－0.5％である。パイプ1本の長さは6 mであるが，坑外にて長さ12 mとなるように溶接し，両端にフランジを取り付ける。フランジはJIS 20 kg/cm² 相当品とする。坑外にて12 mに溶接されたパイプは，モノレールを使用して手押しで坑内の布設場所まで運搬される。モノレールはトンネルの天井部にIビームを利用して架設され，Iビームの断面は250×125である。坑内に搬入されたパイプは支持基礎の上に据え，12 mのフランジ間隔ごとにボルト・ナットで接続していく。パイプの運搬図をFig. 9－4に示す。

b. 橋梁上のパイプライン布設工事

Bued川のトラス橋上のパイプライン布設は次のように計画する。6 m長さのパイプを，12 m長さとなるように溶接し，片側にフランジをつけたものと，6 m長さのまゝ片側にフランジをつけたものの2種類をつくる。工場から橋梁まではトラックによって運搬するが，トラス橋上にはレールを敷設して移動式の門形クレーンを設置し，2 ton吊りチェーンブロック2台により，手押しで，12 m長さのパイプの場合は1本，6 m長さの場合は2本を運搬する。トラス橋上には12 m長さと，6 m長さのものとを交互に，フランジ間隔18 mとなるように置く。このフランジ間隔18 mのうち未溶接部分は現場で溶接し，工事を続ける。

c. 地上部のパイプ布設工事

地上部のパイプラインは，フランジ間隔24 mごとに接続される。パイプ支持基礎上に乗せる前に，前段階として6 m長さのパイプを12 m長さとなるように溶接し，片側にフランジを取り付ける。片側にフランジをつけた長さ12 mのパイプは，未溶接部分が向き合うように支持基礎上に乗せられた後，溶接される。現場での溶接個所は24 mに1回の割り合いである。ドロップタンクの出口側ノズルには6 m長さで両フランジ付きの内面ゴムライニン

グパイプを取付ける。鋼管とドロップタンクとの取合わせは現場合わせとする。

また，8工区K－J間のドロップボックスのつなぎにパイプを布設するが，その方法はドロップタンクと同一である。

(3) パイプライン布設についての共通事項

a. パイプの端部保護には充分注意しなければならない。

b. パイプを地上に荷卸しするときは枕木を敷き，小石，土砂などが管内に入らないようにする。また，配管接続前には必ず管内の異物のないことを確かめる。

c. パイプに溶接するフランジのパイプ軸芯に対する直角度はシビアに維持する。さもないとパイプの天地振替え時に合わなくなり，パイプを溶断して調整しなければならなくなる。さらに管端とフランジ面を正確に揃える。

d. 配管の水圧テスト

配管布設が区分ごとに完了次第，漏水テストと水圧テストを行う。テスト圧は15 kg/cm^2 あればよい。

e. パイプは3年程度の寿命と想定しているので外面塗装は行わない。

9.3 流路付帯設備工事計画

9.3.1 エマージェンシーポンド

(1) No.1. エマージェンシーポンド

これはトンネル内ロンダーの終点近くの，ポイントJの坑口が設けられる沢に設置される。堤体の諸元や設備については7.4.10およびFig. 7－15に示されている。

この工事は堤体の盛土工事に先立って，底設暗渠および取水暗渠の工事が開始されなければならない。暗渠は鉄筋コンクリート製であるので，ポイントJへのトンネル坑口取付道路と平行してこの非常用ポンドのための工事用道路も建設される。堤体の盛土工事は第7工区および第8工区のトンネル掘進によって発生する研を用いて行なわれるため，トンネル掘進の開始までには底設暗渠が完成している必要があり，以後，トンネル研を盛土・転圧しながら，第7工区のトンネル掘進が終了するまで続けられる。堤体の盛土量は約25,000 m^3 であり，第7工区から発生する研量は約19,201 m^3 である。研は，大礫状から岩サイ状で出るので，雨期における盛土施工には充分気をつけなければならず，盛土が出来ない場合は，研は海域部へ運搬され，乾期になってからの工事再開も検討する必要があろう。工事用道路は工事終了後には，操業管理のためのパトロール用道路として利用する。

(2) No.2.エマージェンシーポンド

平野部のロンダー終点近くに設けられる。この附近には地形的に適当な場所がないので，平野部を堀削して建設する。堤体の諸元は，7.4.10およびFig. 7－16に示されている。

この堤体に使用される土は，地表部に近いものが使用されるので，築堤の際には充分転圧・締固めが必要であり，入念な工事施工が望まれる。

9.3.2 エマージェンシーウォーター供給設備

コモンラインのスラリー量が減少した場合の補給水と，パイプ内の洗滌水の供給のため，非常用水供給設備が必要である。

(1) Pellmell creekからの取水

第6工区，ポイント（G～H）間のPellmell creekの上流に取水口を設け，径500㎜のパイプで自然ヘッドを利用して，ポイントHのトンネル坑口でロンダーに給水する。配管長さは約200 mである。Pellmell creekは両側が非常に急峻な沢であるが，乾期でも渇水しない。

径500㎜の配管の脇に，径125㎜の配管も行い，これによってトンネル内を通ってポイントLに設けた非常用タンクまで導水する。タンクは有効容量150 m^3で，鉄筋コンクリートでつくられ，ポイントLからMまでのパイプラインの洗滌用に使用される。

トンネル内の径125㎜の配管は，ポイントHよりも下流に布設されているロンダーに補修の必要が生じたときは，補修用コンクリートのための用水配管としても使用される。

(2) Apangat川からの揚水

ポイントO以降のパイプ内洗滌のため，Apangat川西岸に揚水設備を設ける。揚水ポンプの容量は36 m^3／㎥であり，これで揚げられた洗滌水はポイント（N～O）のドロップフォールに直接に落とされる。揚水配管は径600㎜であり，延長約200 mである。

9.4 工程計画（Tab. 9－3参照）

9.4.1 準備工事

準備工事としては，ロンダー製作工場，工事用道路，パイプ布設敷の造成等が必要である。

工事用道路はコモンライン建設開始と同時に着工しなければならない。これには既設道路の拡幅と新設道路の建設があるが，ロンダー布設部への既設道拡幅には約2週間，新設には約1ヶ月が見込まれる。パイプ布設部への既設道拡幅には約3週間見込まれるが，この後，布設敷造成と新設道路が同時に施工される。これらの工事には雨期の工事不能日を除いて4ヶ月が見込まれる。

9.4.2 ロンダー，パイプラインの布設工事

ロンダーはトンネル内布設と架台上布設の2つの区分になる。トンネル内のロンダー布設は各工区のトンネル堀進工事が完了次第はじめる。各工区ごとに基礎工事，運搬，布設，測量を担当する人員から成るチームをつくる。基礎工事は1工区について約1ヶ月かゝる。ロンダー布設は，工区によって異なるが，1日1方作業で1工区当り40～70日かゝる。坑口には，ロ

ンダーを大量ストックできるスペースがとれないので，ロンダーの運搬は布設に合わせて行うことになる。Kennon道路の事情を考えて，昼間だけの運搬にすると１工区分のロンダー運搬には，トラック５台が必要でRosario附近を起点にすると，1工区分のロンダー運搬に５台のトラックが必要となり，実所要日数は第１～第６工区については３０～４０日，第７～第８工区については１５～２０日かゝる。それ故ロンダーラインの布設工事の進捗に合わせてロンダーブロックを運搬する。しかし，Kennon道路の状況を考慮すれば雨期には運搬能率が大きく減少する可能性がある。したがってトンネル内ロンダーラインの布設工事は乾期中に行なうよう適切な配置を行なうことが必要と考えられる。

坑外ロンダーの布設は，架台基礎コンクリート打設，架台の架設後架台上に布設される。ロンダー架台については，基礎コンクリート約3,２５０ m^3，架台用鋼材，約2,２００ tonあり，工期は約１年１０ヶ月かゝる。ロンダー布設は4,７００ m の長さがある。しかし，ロンダー架台の建設に並行して架台上に逐次ロンダーブックを布設すれば工事を完成させるに十分な時間的余裕がある。

パイプラインの区間のうち，Bued川の橋梁工事は６月から９月までは川水が増水して，現地工事は，殆んど着工できないであろう。本工事にはコンクリート量約1,２００ m^3，鋼材約５１０ tonが使用され，架橋完了まで約２年かゝる。橋梁上の配管は，約１ヶ月で布設できる。第１１工区のトンネル内パイプ布設はトンネル掘進工事完了後，基礎工事に約３ヶ月，パイプ布設工事に約２ヶ月かゝる。第１２工区のパイプ布設工事は，パイプ支持基礎および架台支持基礎工事に約１年かゝる。パイプ架台設置とパイプ布設は，この区間を３区域に分けて行い，完成には約３ヶ月～４ヶ月かゝる。

ロンダーラインとパイプラインの建設工程をTab. ９－３に示す。

9.5　工事費積算

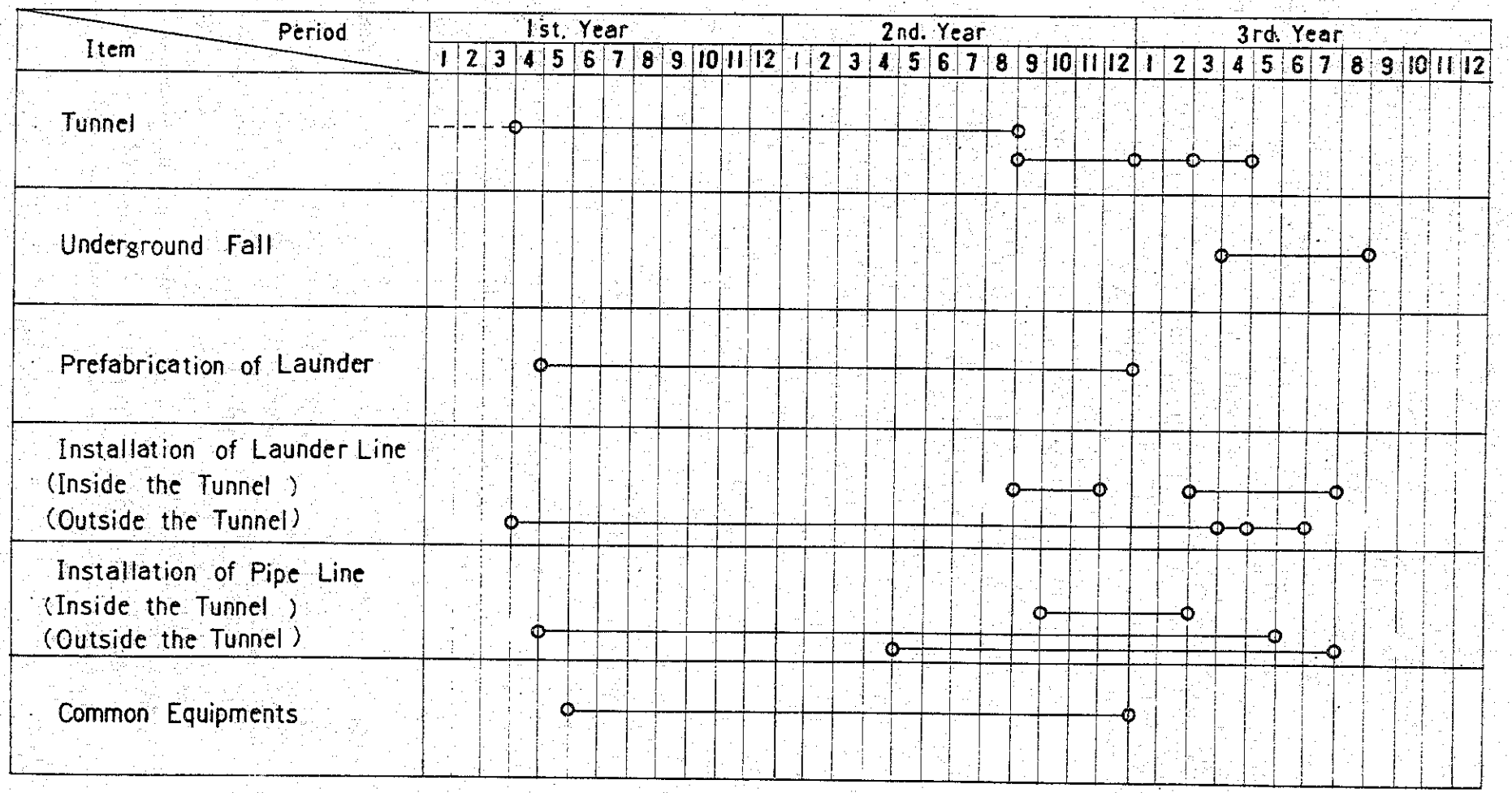
9.5.1　積算の前提条件

工事費の積算にあたってはTab. １－１に示すような条件で行なった。

9.5.2　主要資材単価および数量，人件費

積算に用いた主要資材単価，人件費単価をTab. ９－４，Tab. ９－５に，資材数量をTab. ９－６に示す。

Tab 9-3 Construction Schedule of Launder Line and Pipe Line



Tab. 9 − 4　主要資材単価表

Materials	Cost	Remarks
	unit : Peso	
Steel		
Round Bar	2,300/ton	
Channel Steel	3,000/ton	
Angle Steel	3,000/ton	
Steel Plate	3,000/ton	
Cement - Portland	15/40 kg (bag)	
Wood		
Plate	1,200/m^3	
plywood	47/sheet	1/2" x 4' x 8'
Square Timber	2.0 bd.ft	
Aggregate		
Sand	30/m^3	
Gravel	50/m^3	
Oil		
Gasoline	1.6/Liter	
Diesel Oil	1.3/Liter	
Lubricant Oil	5.5/Liter	
Equipment		Include; rental, fuel, & labour
Bulldozer 90 - 120 HP	120/Hour	
-"- 120 - 170 HP	170/Hour	
Trucktor Shovel 0.8 m^3	110/Hour	
Truck 8 ton	80/Hour	
Truck-Crane 10 ton	90/Hour	
-"- 20 ton	130/Hour	

Tab. 9－5　人件費単価

Item	Wages	Remarks
Engineer	2,500/Month	
General Foreman	1,500/Month	
Foreman	1,200/Mongh	
Skilled Labour	30/Day	Carpenter
		Form worker
		Steel worker
		Bar bender
		Electrician
		Welder
Unskilled Labour	16/Day	

Tab. 9－6　主要調達資材数量表

Portion	Name of Products	Unit	Quantity
Procured in the Philippines	Cement	ton	8,800
	Round bar	ton	1,420
	Wood	m^3	920
	Shaped steel	ton	2,800
Procured from abroad	Pipes	ton	2,640

9.5.3 工種ごとの工事費

ロンダーライン，パイプラインの工種ごとの建設費は概略Tab. 9－7のようになる。

Tab. 9－7　流路主要工種ごとの建設費

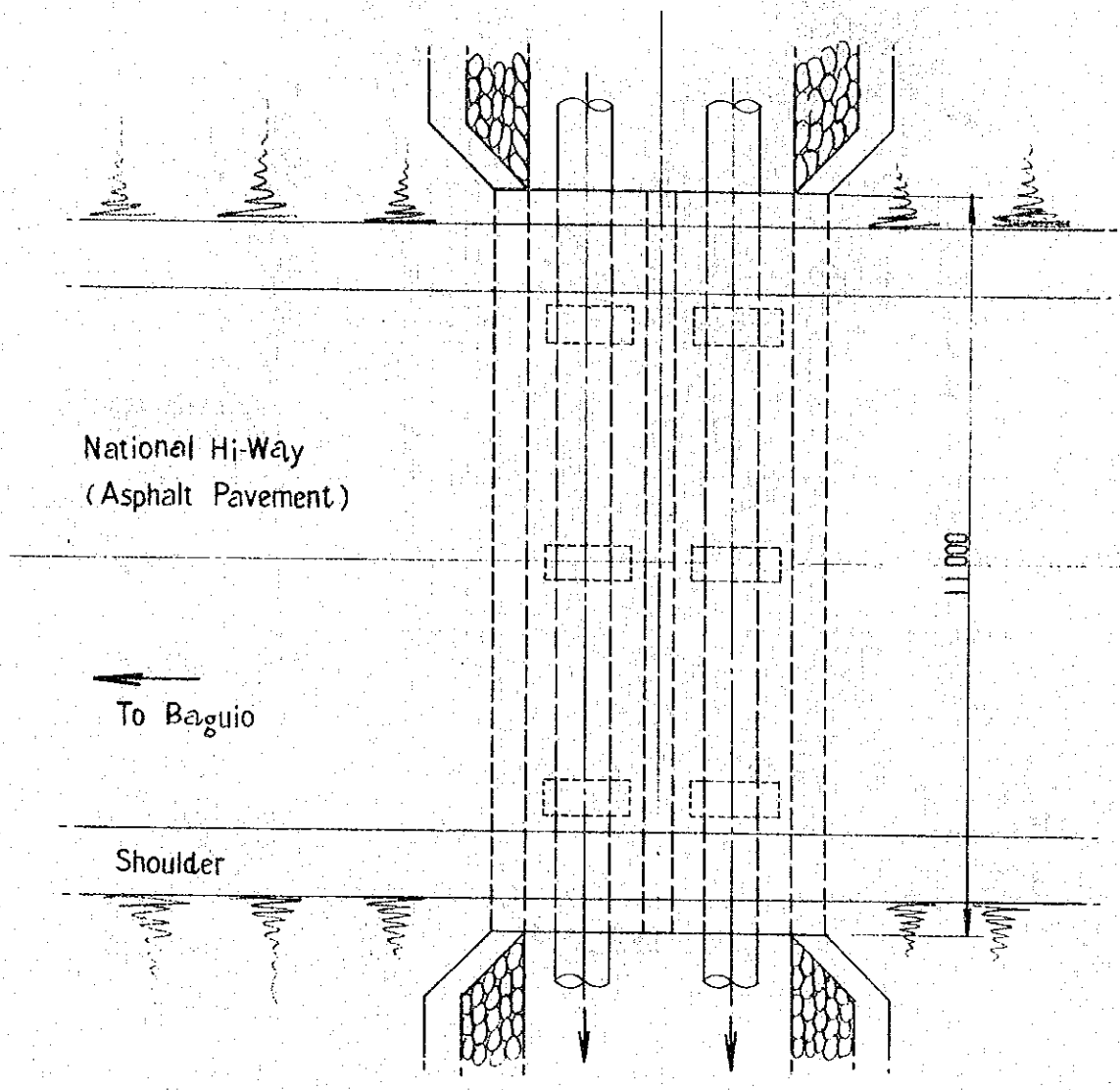
流路工区	工事区分	建設費	備考
ロンダーライン	トンネル内布設	₱ 960／m	L＝15,000m トンネル堀進費は第8章
	架台上布設	₱ 4,950／m	L＝4,700m
パイプライン パイプは2系列を設置する	橋梁上布設	₱ 14,500／m	Bued川，L＝600m
	トンネル内布設	₱ 3,700／m	L＝1,100m
	地上部 支持基礎布設	₱ 3,990／m	L＝3,100m
	地上部 架台上布設	₱ 4,240／m	L＝1,400m
――	ドロップボックス	₱ 116,000／set	5基
――	ドロップタンク	₱ 41,500／set	48基

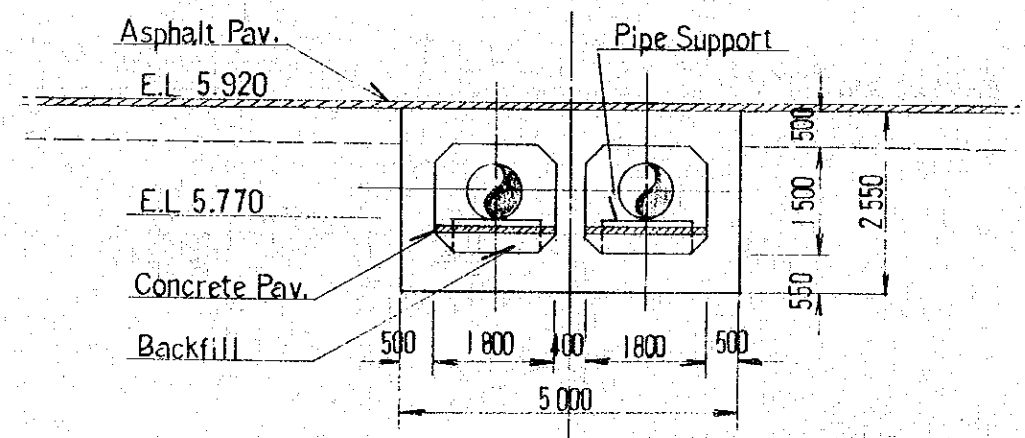
9.5.4　流路設備工事費

Tab. 9－8　工事費一覧表

工事区分	工事項目	工事費区分 内貨（₱）×1,000	工事費区分 外貨（$）×1,000	工事費（₱）×1,000
ロンダー工事	ロンダー布設（製作・布設）	₱ 19,201	—	₱ 19,201
	付帯工事（架台・橋梁 ドロップボックス）	₱ 22,937	—	₱ 22,937
	準備工事（工事用道路等）	₱ 2,919	—	₱ 2,919
	計	₱ 45,057	—	₱ 45,057
パイプ工事	パイプ布設（パイプ材布設工）	₱ 11,827	$ 1,747 (₱ 12,667)	₱ 24,494
	付帯工事 布設敷造成 支持基礎 橋梁 ドロップタンク 道路横断	₱ 15,025	$ 22 (₱ 163)	₱ 15,188
	準備工事（工事用道路等）	₱ 2,337	—	₱ 2,337
	計	₱ 29,189	$ 1,769 (₱ 12,830)	₱ 42,019
共通設備工事	操業管理設備	₱ 3,330	—	₱ 3,330
	コモンサンプ	₱ 351	—	₱ 351
	エマージェンシーシステム エマージェンシーポンド用水設備	₱ 4,000	—	₱ 4,000
	計	₱ 7,681	—	₱ 7,681
計		₱ 81,927	$ 1.769 (₱ 12,830)	₱ 94,757

（ロンダー製作工場の償却費は，ロンダー製作費に含まれる）





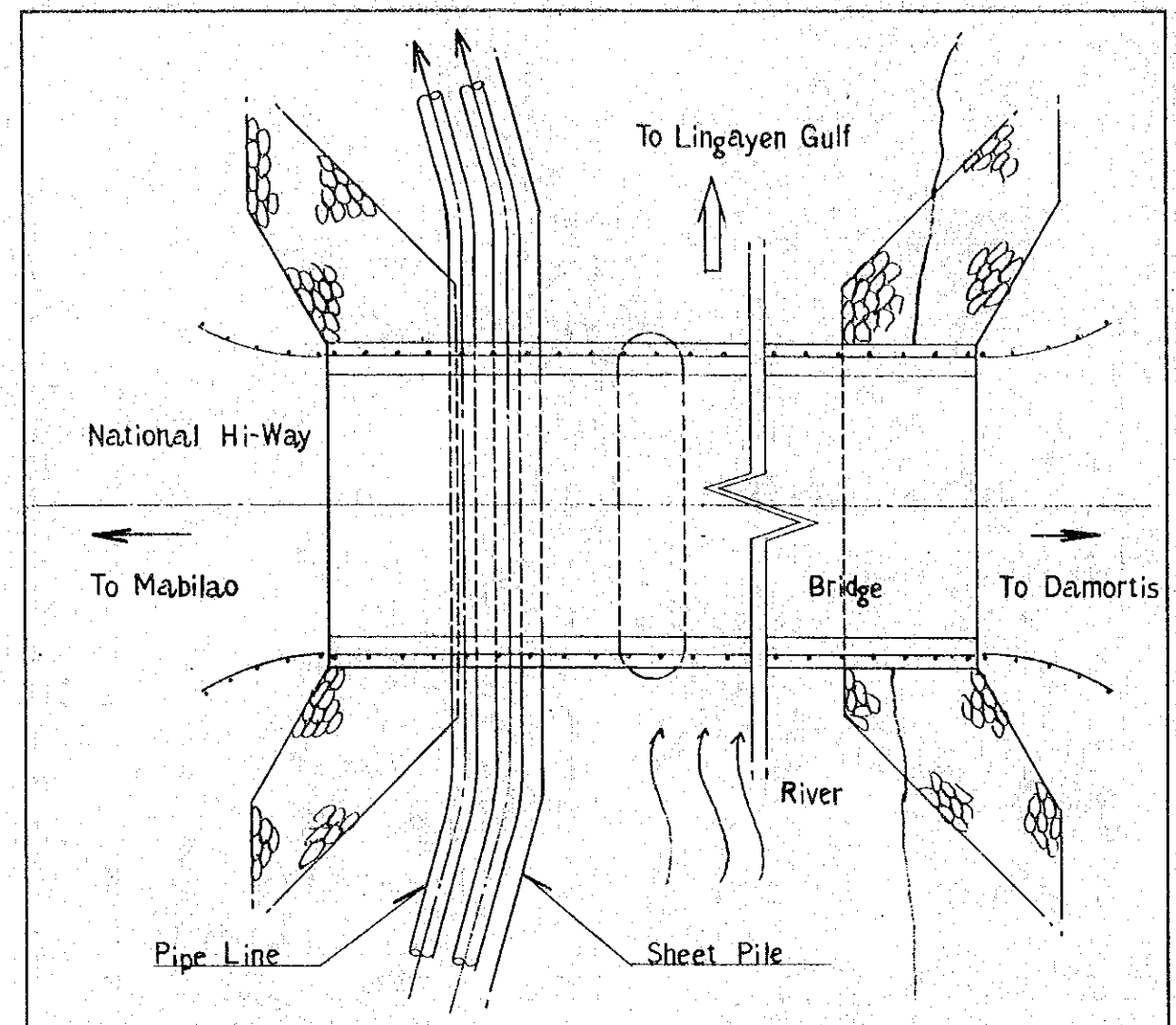
Location ; Udeo

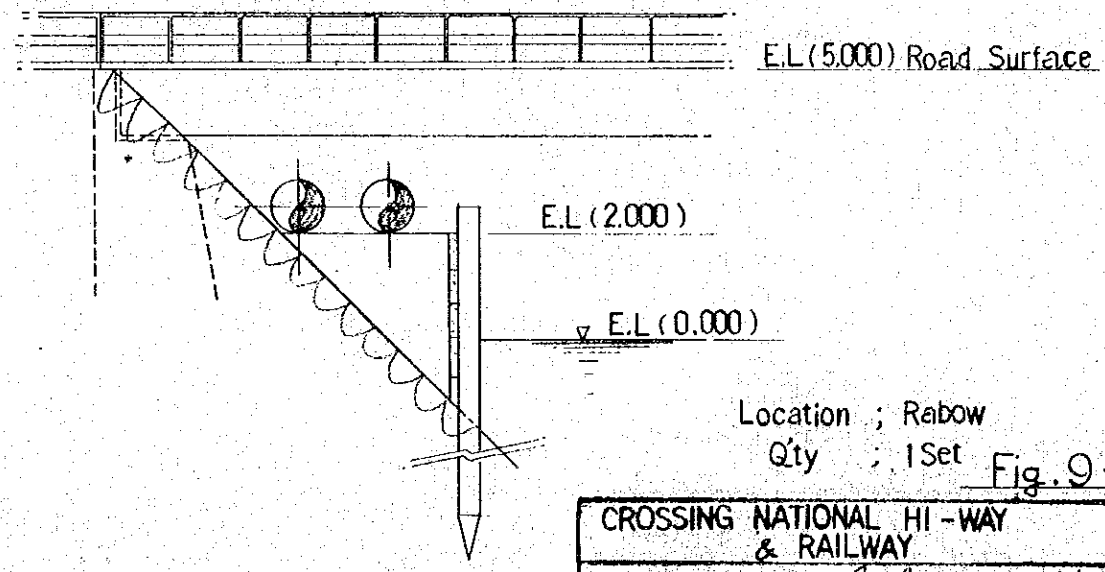
Fig. 9-5

CROSSING NATIONAL HI-WAY

DRAWN BY S. L DATE 4/3/'78
CHECKED BY T. H DATE 4/3/'78
SCALE 1:100

Unit : mm



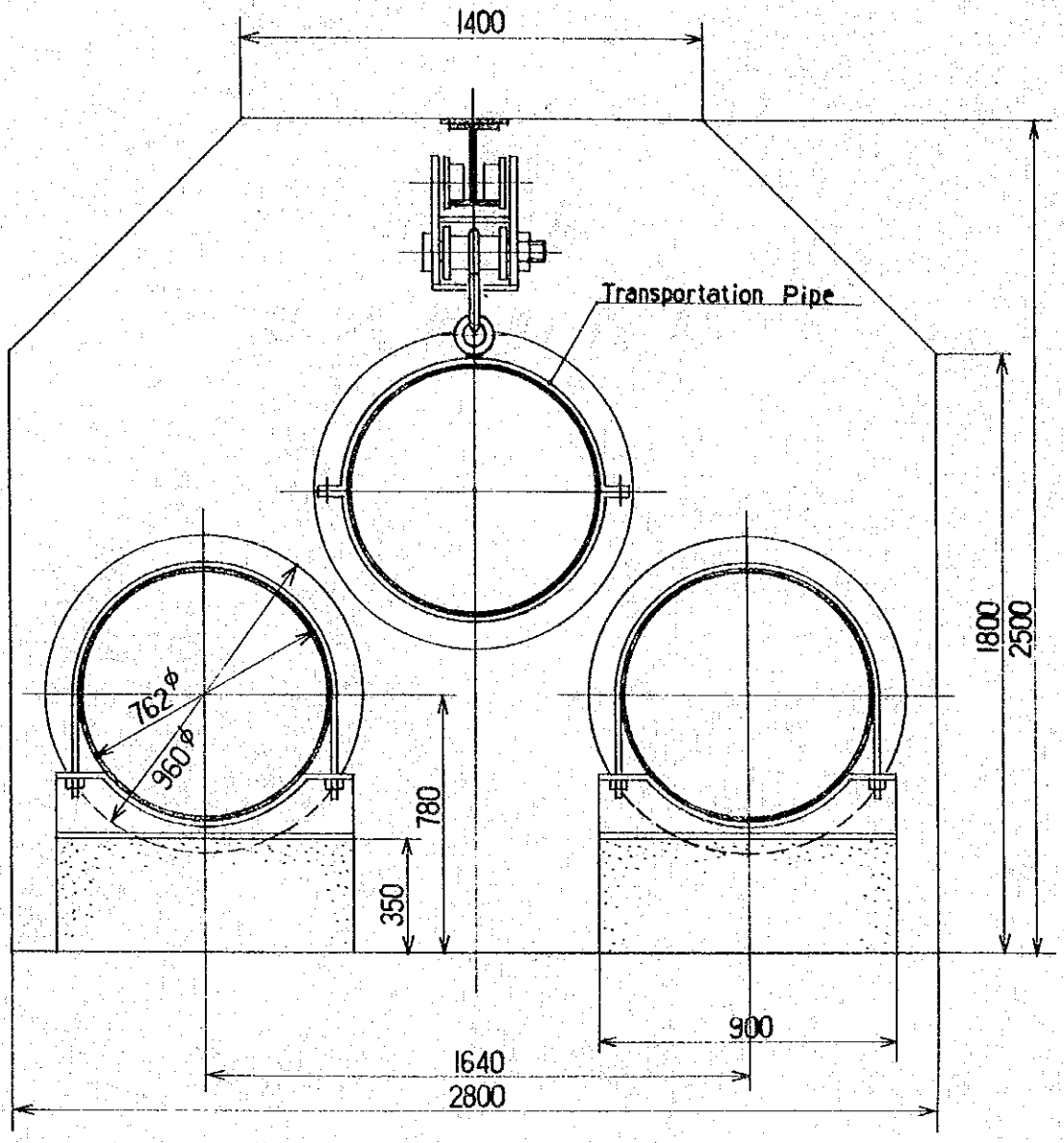


Location ; Rabow
Q'ty ; 1 Set

Fig. 9-6

Unit : mm

CROSSING NATIONAL HI-WAY & RAILWAY			
DRAWN BY	S. J.	DATE	4/3/'88
CHECKED BY	F. N.	DATE	4/3/'88
SCALE	1:200		1:100



Location ; WS -12

Fig. 9-7

Unit : mm

TUNNEL SECTION			
DRAWN BY	J. S	DATE	4/3/'78
CHECKED BY	K. S	DATE	4/3/'78
SCALE	1:20		

第 10 章

海 域 部 の 計 画

第１０.章　海域部の計画

１０.１　基本的条件

海域部での終末処理施設（埋立護岸等）の設計については，次の数値を用いることとする。

(1)　鉱滓処理量

鉱滓量（日当り）	３５,０００ｔ／日	ｔ：ＤＭＴ
処理年数(年)	２０年	
鉱滓かさ比重	1.8 ｔ／m^3	
埋立総量（m^3）	142000000 m^3	$\frac{35,000 \times 365 \times 20}{1.8}$

(2)　気象条件（４・３参照）

最大風速	３０ｍ／sec	（年間平均　2.5ｍ／ｓｅｃ）
風向	ＮＷ	（年間最多風向　ＳＥ）

(3)　海象条件（４・３参照）

潮位	1.２０ｍ	H·H·W·L ＝ D·L＋1.２０ｍ
潮流	0.５ｋｔ	（流向は不明）
波高	2.７ｍ	１／３有義波高
周期	５ sec	

(4)　海底地盤条件

海底地盤	N＞３０の砂地盤とする

(5)　設計震度

水平震度 ＫＨ	0.1	
鉛直震度 ＫＶ	0.0	

(6) 使用材料の単位体積重量

鉄筋コンクリート	2.45 t／m^3	
鋼	7.85 t／m^3	
鉱滓	1.80 t／m^3	
海水	1.03 t／m^3	

(7) 鉱滓の工学的性質

真比重	2.7	
スラリー比重	1.3	
内部まさつ角		
粘着力		
安息角	15°	

(8) 準拠基準

港湾構造物設計基準（日本港湾協会）

海洋鋼構造物設計指針（案）（土木学会）

海洋コンクリート構造物設計施工指針（案）（土木学会）

10.2. 埋立方式の検討

10.2.1 概要

埋立方式の検討手順，検討項目をフローシートに示す。

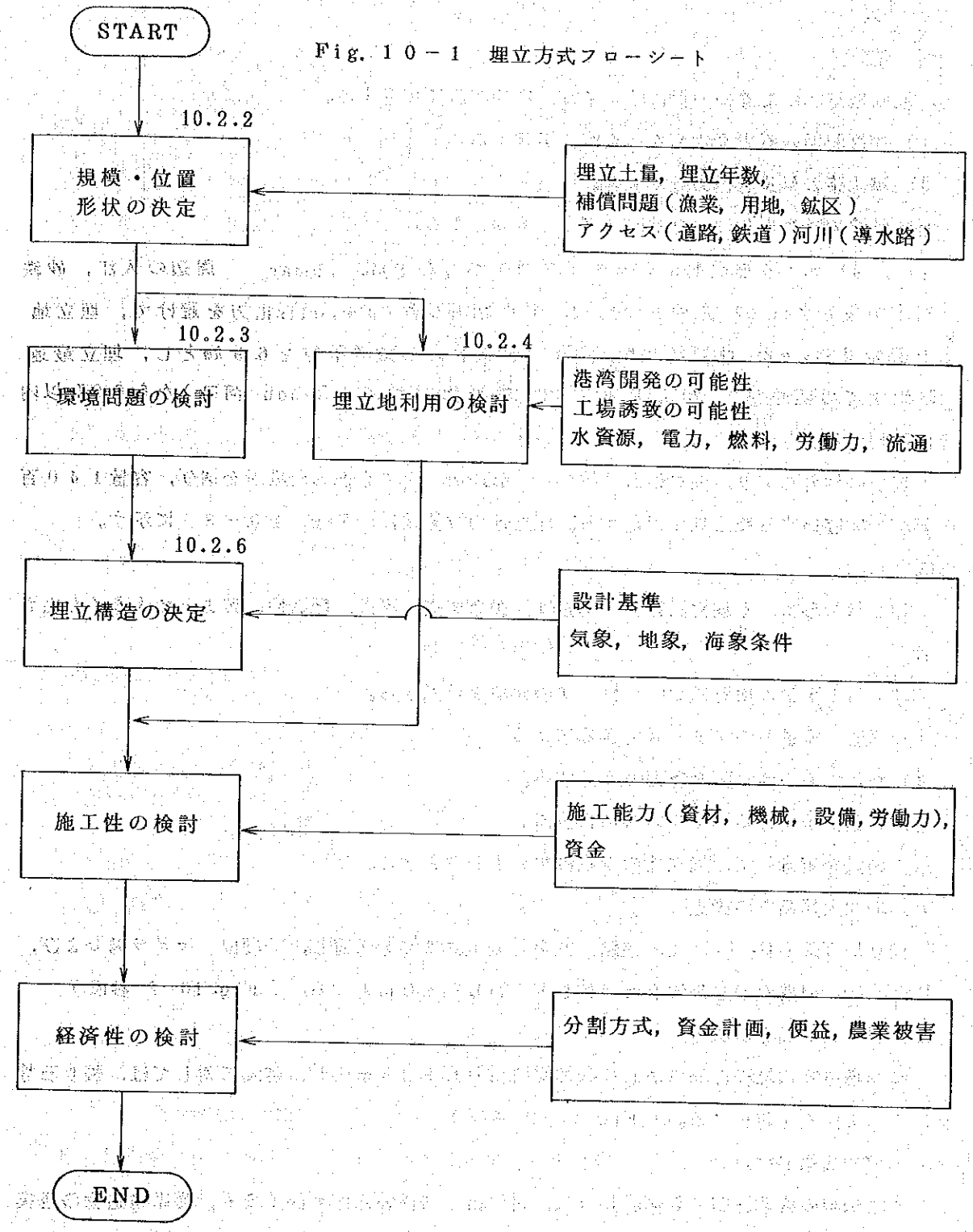


Fig. 10－1 埋立方式フローシート

10.2.2. 規模・位置・形状の検討

(1) 規模

埋立地の規模は，鉱滓20年分の処理能力を有するものとし，埋立総土量を140百万m^3とする。

(2) 位置

埋立地造成の位置の検討に際しては，次の事項に留意する。

i) 補償問題の極力発生しない地区を選定する。

ii) 導水路の延長を極力短くする。

iii) 鉱滓のまき出しは，自然流送によるものとする。

i)，ii) により養殖池による養殖漁業の盛んなSto. Tomas 周辺の入江，砂鉄鉱区が設定されている砂洲の周辺，中小河川の多いDomortis北方を避けて，埋立地を設定する。また，iii) により，パイプ流送による搬送距離を6.9㎞とし，埋立最遠隔地までの距離を，TLPラインの海岸出口地点（Rabon 河口）から6.9㎞以内に設定する。

以上の検討により，埋立地の位置は，Rabon を中心とした場所を選び，容量140百万m^3を収容出来る埋立地を選定する。埋立地の位置図は Fig. 10－3 に示す。

(3) 形状

埋立地の形状，（埋立法線）の選定は，護岸構造，形式，経済性，によって大きく左右される。

埋立地の形状の検討については，次の事項を留意する。

i) 道路，鉄道とのアクセスを容易にする。

ii) 河川からの導水路を極力短かくする。

iii) 沖側法線をなるべく浅い海域に選ぶ。

以上の点を留意して，埋立地の形状は次のとおりとする。

a，埋立天端高さの決定

埋立地天端（G. L.）は，道路，鉄道とのアクセスを考慮し，又潮位，マニラ湾および，Poro Point港の埋立地盤を参考にして，DL＋4.0mとする。（Fig. 10－2 参照）

b，護岸天端高さの決定

護岸構造物の経済性を考慮し，天端高さはDL＋2.5mとし，越波に対しては，張り石等によって侵食を防止する。（Fig. 10－2 参照）

c，埋立法線の決定

埋立法線の南北法線（西側護岸）は，沖に出るに従い水深も深くなり，護岸構造物の規模が大きくなりコストが嵩む。今回は，埋立形状4案（A・B・C・D）について，比較検討

する。（Tab. 10－1 および Fig. 10－3 参照）

Tab. 10-1 埋立形状比較検討表

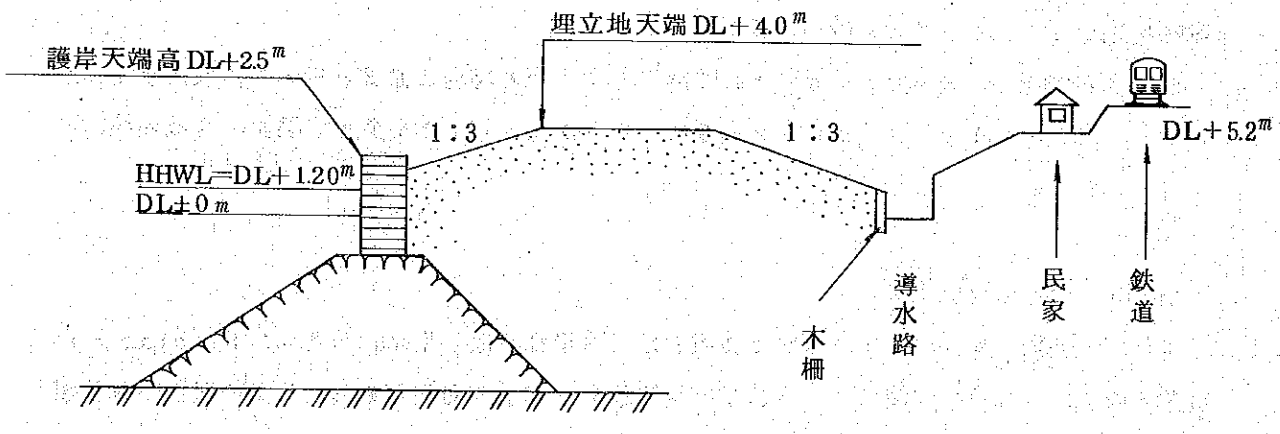
	埋立面積 (ha)	埋立土量 (×10³m³)	護岸延長 (m)	水路長 (m)	捨石堤体積 (×10³m³)	セルの場合の捨石体積 (×10³m³)
A案	1,413	143,775	11,700	4,000	5,106	2,095
B案	1,300	142,000	10,450	1,200	4,679	1,963
C案	1,260	143,700	10,400	700	5,106	2,328
D案	1,190	142,800	10,500	400	5,514	2,635

注）捨石堤の体積の算定は Appendix A－10－2－1を参照

i）埋立護岸形式を捨石堤または，セル式護岸の場合には，捨石のコストが大きな比重を占めるので，「捨石堤体積」，「セルの場合の捨石体積」の最も小さい，B案を採用する。

ii）埋立護岸を鉱滓で築く場合（後述の7,8方式）には，水路長の最小のD案を採用する。

Fig. 10－2 埋立地護岸の天端高さ模式図



10.2.3 環境問題の検討

埋立地造成に伴う環境の変化については，次の事項を留意して，埋立地の形状，位置，護岸方式，施工法を決定することが肝要である。

i）埋立地造成による潮海流の変化の予測

ii) 建設工事に伴う汚濁の拡散予測

iii) 鉱滓による海洋汚染の予測

iv) 上記 i) ii) iii) による生態系の変化予測

これ等の項目の定性的，定量的予測（例えば汚染の範囲と程度）を正確に実施するには，現在保たれている環境の状況，海流，海底地形，気象，生態系の実態を詳細に把握して，シミュレーション方式を駆使する必要がある。

今後の海域処理による環境の変化は，フイリピン国が環境基準に照らして，上記方法によってその予測につとめるべきものとし，今回のレポートは単に埋立方式について，数案を検討するにとどめる。

なお，Lingayen 湾の海洋環境の現況（水質，海底土質）および，日本における環境基準については，Appendix A－10－2－2に示し，フイリピン国における他の鉱山の海域処理方法の事例については，Appendix A－3－2に示す。

10.2.4 埋立地利用計画の検討

Rabon沖に海域処理場として埋立地を造成した場合，その跡地利用の形態として港湾並びに臨海工業用地としての可能性が考えられる。その利用計画によっては，埋立地護岸形式・施工順序をも考慮する必要がある。しかし，跡地利用の最も望ましい形態については，フイリピン国側の経済発展計画に基づいて設定されるべきものであり，本レポートの埋立地造成計画については，鉱滓処理場としての埋立地に限って検討する。

なお，将来港湾並びに臨海工業地帯として開発をすすめる場合に必要と思われる検討事項については，Appendix A－10－2－3にその一部を示し，フイリピン国側の今後の検討の一助としたい。

10.2.5 経済環境の検討

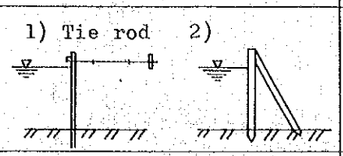
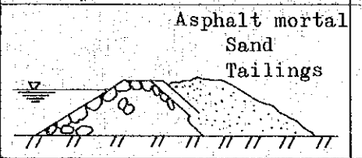
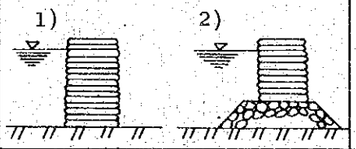
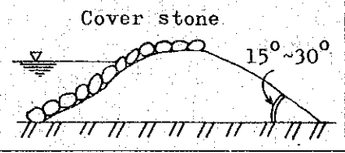
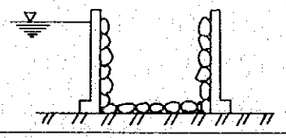
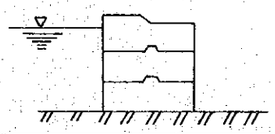
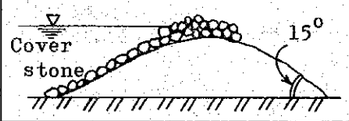
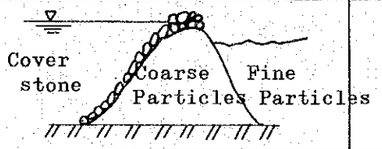
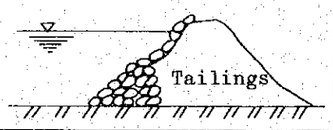
本章でとり扱う埋立海域に関与する漁業者は，沿岸漁業者（municipal Fishing）が対象となり，これ等の問題に関する漁業補償問題を検討する必要がある。漁業の現況・補償額の想定については Appendix A－10－2－4で取扱う。

本プロジェクトの出発点である農業被害問題も含めて，本地域周辺の農業経済の現況，農業被害額についての調査結果を入手資料にもとづいて Appendix A－10－2－5にまとめる。

10.2.6 埋立構造の検討

(1) 概要

Table 10-2 The Characteristics of Bulkhead Types

Method	Bulkhead types	Bulkhead structure	Cross section Bulkhead	Water Depth applicable to	Workability	Economics	Features
Closed Type	1. Sheet Pile type	1) Steel sheet pile 2) Timber pile	1) Tie rod 2) 	1) 10 m 2) 5 m	Shorter period of work Piling skill is needed	1) Costly 2) Not expensive	1) Perimit perfect sealing. 2) Limited in applicable water depth
	2. Rubble type (Rubble + coating)	1) Rubble 2) Rubble + Asphalt 3) Rubble + Mortar 4) Rubble + Sand 5) Rubble + Tailings		10 m	Work process is simple. with deeper depth of water, Cell of larger cross section is needed.	Somewhat costly	1) With deeper depth of water, the indices of economic get poor. Selection of coating is needed.
	3. Corrugated Cell type	1) Corrugated Cell 2) Rubble + Corrguated Cell	1) 2) 	1) 5 m 2) 10 m	Foundation leveling for anchoring cell is needed. Shorter work period	low cost	1) Appropriate cell diameter can be used according to the conditions of foundation ground. Survey of the sea bed is needed
	4. Dredged sand type	Filled with dredged sand supplied from pump dredger.		5 m	Pump dredger is needed. Cross section is large, cover stone is needed.	Costly	A large volume of sand is needed. When a sufficient volume of sand is available, the total cost will not be high
	5. Cellular block type	1) Cellular block 2) Rubble + Cellular block		1) 5 m	Technique for ferro-concrete structure and leveling of foundation are need.	Costly	Working technology is required. Stable foundation is needed.
	6. Block type	1) Block 2) Rubble + block		1) 5 m	Manufacturing of concrete block and leveling of foundation are required.	Costly	Same as above (5).
Open type	7. Raw Tailings type	Tailings		10 m	Large cross section, rubble placement on top is needed.	Low cost	Liable to be effected by waves and currents. Required to survey the amount of tailings which is carried away.
	8. Classified tailings type	Cyclone + tailings		10 m	Cross section is smaller than that of above (7), but cyclone is needed.	Low cost	Same as above, study has to be made for the production rate of tailings of coarser particle size.
	9. Rubble mixing type	Rubble + tailings		10 m	Smaller in cross section than above (7) and required quantity for rubble is also small	Somewhat cost	Less vulnerable to the force of waves and currents than above (7).

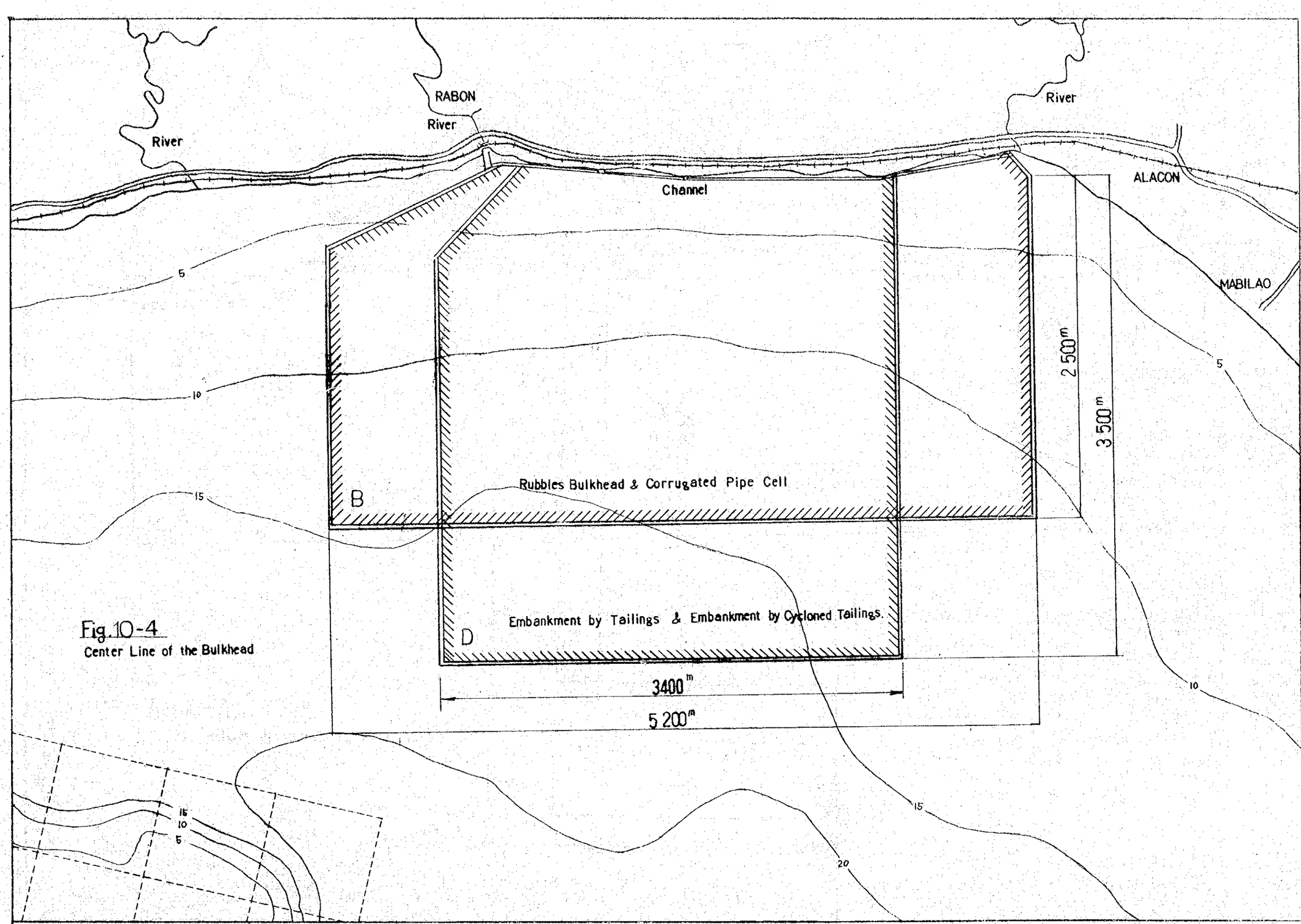


Fig. 10-4
Center Line of the Bulkhead

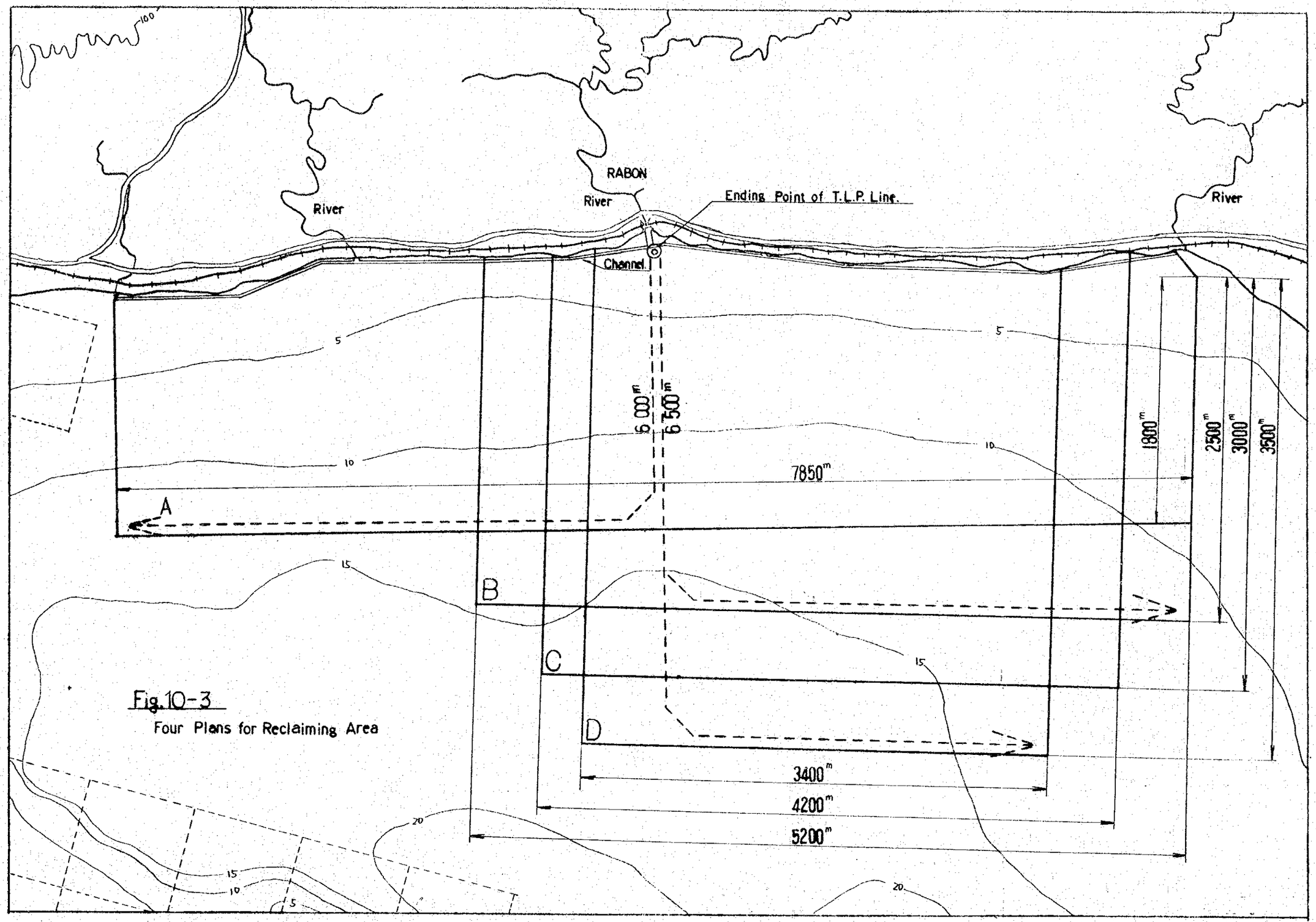


Fig.10-3
Four Plans for Reclaiming Area

本章では，１０.２.２で検討した埋立地の規模・位置・形状・埋立地盤の天端高さ，護岸の天端高さに基づいて，埋立護岸の方式について数案検討する。

Tab. １０－２に護岸方式一覧を示す。

護岸方式の選定については，(i)経済性（建設コスト・維持管理費），(ii)性能（鉱滓の埋立地外への流出の有無，環境問題），(iii)施工性などを考慮して決定されるべきものと考えられる。ここでは，同表のうち 1.－1)鋼矢板，4.浚渫砂式，5.セルラーブロック式，6.ブロック式および9.捨石混成式については，経済性，施工性の観点から検討の対象から除外する。

1.－2)木矢板方式は，適用範囲が水深５ｍまでであり，汀線沿いの導水路の護岸として検討する。したがって，本章では，2.捨石式，3.コルゲートセル式，7.鉱滓式，8.鉱滓粒度調整式について検討を加える。

上記4形式について，その特徴を Tab. １０－３に示す。

(2) 捨石堤式護岸

護岸位置の最大水深が１６ｍとかなり深くなおかつ護岸延長は１０,４５０ｍと長いので大量の捨石が必要とされる。したがって出来るだけ断面の小さい捨石堤を設計する必要がある。

ここでは Fig. １０－５のような断面を設定する。

捨石量は，4,６７９,０００m^3となり，この他埋立て地を分割して埋立てるのであれば捨石量はさらに増大する。また割増しを２割とする。

捨石堤は空隙があるため鉱滓がその隙間から流出することが考えられるが，しだいに隙間に鉱滓が充填されることを考え，ここではコーティングを考慮しないこととする。

捨　石　量　4,６７９,０００m^3（割増し量２０％）

被覆捨石重量　1.５～2.０ｔ／個

勾　　配　１：1.５，陸側１：１

捨石式護岸の法線は，Fig. １０－４に示す。

捨石重量，天端高，捨石堤の安定計算は Appendix A－１０－２－７に示す。

(3) コルゲートセル埋立護岸

a. 概要

コルゲートセル護岸とは鋼板に波付けし，だ円弧型のセクションを施工現場付近においてボルトにて組立て，これを施工地点に設置するか，または現地において組立てを行ない，その後，中に良質の砂を充填してセル型構造とし，埋立護岸とする。

埋立護岸としては，後にも述べているように水深による構造上の問題があるため，次のような捨石堤との混成堤の部分および捨石だけの部分が含まれる。

i）ＤＬ－5.０ｍ以浅　　捨石堤のみ

ii）ＤＬ－5.０ｍ±0.５ｍ　コルゲートセルのみ

Tab. 10－3 護岸方式の特徴

	コルゲートセル式	捨石式	鉱滓式	鉱滓粒度調整式
方式の説明	コルゲートセルに砕又は砂を詰め，連続させて，護岸形成する。	捨石を船又はダンプトラックにて捨て込む。	鉱滓をそのまゝ海面上まで放流して，えん堤をつくる。	サイクロンにて分級した粗粒部にてえん堤を構築する。
経済性	コルゲートセルが輸入となる。捨石量は少い。 工費は安い。	多量の捨石が必要 工費はやや高い。	張り石用捨石のみ。 左の2方式に較べて安い。	同左。 サイクロン設置が必要。
護岸性能	鉱滓の流出は皆無	初期には鉱滓の吸い出しは若干あるも，流出は皆無に近い。	えん堤，築造まで（数年）は，自然放流と同じ状態。 海洋汚染の問題がある。	同左。 細粒部の拡散は防止される。 同左。
施工性	船舶による海上工事が主体となる。 工期短い。	陸上からの施工が可能。 採石場の能力，運搬能力で工期が決る。	海象条件によって施工の可否が決る。 （時化による流出）	同左。 パイプの切りまわしが複雑。
その他	分割によって，コストは増す。 岸壁として利用出来る。	分割によって，コストは増す。	分割によるコストの変動あまりなし。 鉱滓流送開始後より築堤。	同左。 〃