第 7 章

コモンライン計画

第7章　コモンラインの計画

7.1　計画上の問題点

7.1.1　地　　図

このF／Sに当り使用された地図は1／50,000を拡大して作成した1／25,000の地図である。これには20m間隔の等高線が入っているが，局部の地形及び標高を正確に知ることは出来ない。たゞ幸いなことに，平野部北部ルートのポイントM～N（Fig.1参照）間で，ロンダーの自然流送勾配が可能かどうかのチエックにレベル測量を実施したが，その結果，この1／50,000の地図は，古いため現状と一致しない部分が多数あるが，地形については正確であることが判明した。

従ってこの地図は計画作成のため，全面的に信頼出来るものと考え使用した。しかし実施設計の段階ではより詳細な1／5,000の地図の作成と，路線測量が必要である。

7.1.2　坑口位置と工区分割

前述（第5章）のようにコモンラインの上流山岳部は Camp 4附近を始点として，約15Kmのトンネル開さくが必要である。

Camp 4附近の台地は民家（複数），小学校，Bureau of Forest の建物及びキャンプ場があり，この地区に坑口を設けるのは避けなければならないので，坑口位置は Camp 4の下流側小台地に設定することにした。この小台地は Camp 4下流の Bued 川を横断する橋の上流側にあり，Kennon 道路から約10m上の台地で，現在水田である。この場所は Kennon 道路から作業道路を取付けることが容易であり，トンネル開さく時に必要なスペース（Philex のフィーダーライントンネルも含み2坑口となる）も，フィーダーラインとコモンラインの Junction Point として必要な施設を配置するスペースも充分ある。

トンネル坑口の標高は，地図の等高線と Kennon 道路のBM標高から，SL610mと想定した。

Camp 4から Dongon 附近の Bued 川を横断する地点まで，トンネル延長は約15Kmであるが，コモンラインの建設工期を短縮するためには，トンネルをいくつかに分割しなければならないので，いくつかの作業用坑口を設定する必要がある。

Kennon 道路沿いの山側は，地形が急峻で崖状を呈している箇所が多く，道路より標高の高い所に坑口を設けることは，坑口までの作業道路の建設及び維持とも極めて高価であり，且人員，機械，研等の運搬が困難である。

従って作業坑口の標高を Kennon 道路の標高に近づけなければならないことになるが，この場合坑口位置の適地は地形条件から極めて制限されることと，トンネル開さく費が高価になることを避けるため，トンネルの標高とも合わせなければならないという困難な問題がある。

この問題はUndergrond Fallの導入により，Fig.4に示すような，坑口位置の選定，工区の分割，トンネル標高の設定が可能となり，解決することが出来た。

7.1.3　Underground Fallの位置

廃滓流送は立地条件により得られる高度差を活用して，自然送流を計画するが，過剰な高度差はUnderground Fallにより吸収することは前述（第5章）の通りである。

Underground Fallは堅実な岩盤を選定しなければならない。もし軟弱な岩盤にUnderground Fall用の垂直孔を設けた場合には，スラリーの落下に対して孔壁を維持するため，コンクリートライニングまたはSteel Wallingが必要となり，極めて高価となる。

従ってUnderground Fallは，コンクリートよりも耐磨耗性の高い，堅硬な岩盤を，トンネル標高と地形および地質との限られた条件の中から選定しなければならない。

Camp 4からコモンラインがBued川を横断する地点までの地質は，既述（第4章）のようにCamp 4附近はMetavolcanicsでその上部に比較的新しい時代の水成岩が15°～25°西落しで層状に堆積しており，その岩種は礫岩が主体で一部に石灰岩がある。更に西側にはより時代の新しいSandstone，Siltstoneの層がある。

これらの岩石は時代が古い程，硬さが大である。各所の岩石のサンプルを日本に持ち帰り，圧縮強度試験を実施した。またコンクリート強度の簡易測定器であるSchmidt HammerでKennon道路沿いの露出した岩盤の圧縮強度を測定した。その結果はTab 4-3に示す。これによるとFig 4に示すようにコモンラインの始点から約6Km附近に選定されたUnderground Fall予定位置附近の岩石は500Kg／cm²以上の圧縮強度が期待出来，必要な強度を有することが判明した。

Underground Fallのための垂直孔は，直径550mmの円型で深度約200mのものを2孔（うち1孔は予備）開さくする計画である。

なお，実施設計に際しては，事前にチェックボーリングを行い，岩石強度，断層，湧水などを調べる必要がある。

7.2　コモンラインのルートと流送方式

7.2.1　ルート概要

コモンラインは既述（第5章）のように，上流山岳部と下流平野部とに大別され，Fig 1に示すように山岳部のトンネルルートは一案について，平野部は北ルート案と南ルート案の2案について検討した。

平野部の2案の特長は次の通りである。

(1) 北ルート案はロンダー，パイプ何れでも布設可能である。

海岸までロンダーを布設した場合には，海域部にスラリーをパイプ流送するのに，ポンプ

を設置する必要がある。

(2) 南ルート案は平野部の平均勾配が0.7%のため，パイプ流送しか成立しないが，上流部のヘッドを利用すれば，海岸から10Km以上自然流送することが可能である。

両案について経済性，メンテナンスの容易さ，海域部との関係等を総合的に検討（後述）した結果 Fig 1，Fig 2に示すように，次の案をすいせんする。

" 平野部は北ルート案を採用し，Bued 川横断はパイプライン，その下流の海岸山脈部のトンネル（Fig 1 ポイントN）までロンダー，トンネル以降はパイプラインとし，海域部への流送は上流側のヘッドを利用し，自然流送する。

7.2.2. 山 岳 部

(1) トンネル土木的な知見

Fig 1，Fig 2に山岳部のルートを示す。

この地区の地質調査の結果と，トンネル土木的な知見を総合すると，次の通りである。

a．上流部の地形は非常に急峻で，全般的に侵蝕がはげしい。下流の水成岩は時代が新しく比較的軟かい。そのため Camp 4から10Km以降の地形は，やゝゆるやかになり，侵蝕よりも風化が進んでおり植生も多い。

b．地形的には Bued 川と交又する断層等の弱線が，侵蝕されて沢を形成しているが，一般に沢の集水面積が大きく，乾期でも相当量の水量のある沢が多い。上流部の沢は急峻な地形のため，滝を形成しているものがあり，沢には巨大な転石があるのが普通である。これは豪雨時に濁流と共に大きな転石が流下することを示しており，沢を横断する構造物をつくる時，沢の中に橋脚を立てることが出来ないと思われる。

c．上流部の沢では河床に新鮮な岩石が露出しているが，下流の沢程，風化岩が河床を形成するケースが多くなる。従って沢の河床下を通過するトンネルのかぶり（ Over Burden ）は上流部で30m以上，下流部で50m以上とることが必要である。

d．Kennon 道路の急峻な渓谷を切り開いて作られた道路のため，道路の山側は崖になっているのが大部分である。道路から山に登る道は，所々に急勾配の小道があるのみで，坑口を Kennon 道路から高い山腹に設けた場合，坑口までの建設と維持は，極めて高価且つ困難である。

e．Camp 3附近の Conglomerate にはトンネル方向に直交する弱線が多数存在するが，この地区の岩石は風化が著しい。また，この下流には Kennon Limestone が露出している。Limestone は化学的に弱い岩石であり，ドリーネを形成している可能性がある。従ってこれらの地帯におけるトンネル計画に当っては，地表までのかぶりを相当大きくとっておく必要がある。

f．Tab 4-3に示すように，Camp 4附近の Metavolcanics の圧縮強度は1,000Kg

／cm²以上，Camp 4から10Km附近までの Conglomerate は500Kg／cm²以上，これより下流の比較的軟かい Conglomerate は300Kg／cm²程度新鮮な Limestone は1,000Kg／cm²と推定される。

また硬い岩石地帯に，ジョイントが多数存在することが判明したが，貫入岩脈，大きな断層などトンネル掘進時トラブルを起す可能性のあるものは比較的少ない。概して言えば，山岳部の岩質はトンネル掘さくの比較的容易な部類に属すると云って差支えない。

g．断層，クラックの状況，Baguio 地区の各鉱山の坑内状況から推定して，トンネル内の湧水は Metavolcanics が最も多く，約1m³／Km程度，古い時代の Conglomerate と Limestone がこれに次ぎ，Dongon 附近ではかなり少ないと予想される。

(2) トンネルルート選定および流送方式

ルート選定に当って，トンネル掘進の途中で逢着する沢を迂回して地下を通るか，沢に坑口を設けて一部地表を通過するかは，基本的な問題である。

山岳地帯は地形が急峻で侵蝕が進行中であり，多雨地帯であることを考えると，トンネルを開さくした研を利用して，沢を横断するえん堤を築き，これを通路とすることは難しい。沢を横断するためには，橋脚スパンの比較的大きい橋を作る必要がある。また坑口を侵蝕による転石から守るため，坑口部分にコンクリートライニングを施す必要もある。

これらの作業を実施している期間中，トンネル掘進クルーは仕事が中断し，全く別な技能をもった作業員グループが必要になると云う問題もおこる。

以上の観点から，トンネル開さく長さは若干長くなる欠点があるが，途中の沢は地下を通過することを基本方針とする。

トンネルのカーブは全部で6ケ所となるが，カーブの曲率半径は，掘進機械の関係から100mとする。

以上の考え方にもとづき選定された山岳部のトンネルルートはFig.1，Fig.2に示す通りで，上流側から大別すると，上部トンネル，Underground Fall，下部トンネルとなる。

トンネル内の流送方式は，自然流送勾配なのですべてロンダーとする。Underground Fall は上下とも開放の自然落下である。下部トンネルの出口下流の地表部は，緩斜面にドロップボックスおよびロンダーを使用する。

(3) トンネル支保

トンネルルートの選定に当り，コンクリートライニングなどの重支保（Heavy Support）は極力避けることを基本方針とし，地質調査，岩石の強度試験，選定されたルートの条件等を考慮して，各工区毎の支保法別比率を推定し，夫々の延長を示したのが Tab.7-1 である。

なお，実施設計に際しては，ボーリング，弾性波探査，地質精査等を行って，支保率推定

Tab.7－1　工区ごと支保率および支保別延長

工　区	延　長 （比率）	素　掘	ショット クリート	鋼　枠	コンクリート ライニング	計
第 1	m （%）	2,110 （87.9）	120 （5.0）	120 （5.0）	50 （2.1）	2,400
第 2	m （%）	1,670 （72.8）	230 （10.0）	350 （15.0）	50 （2.2）	2,300
第 3	m （%）	1,390 （72.4）	190 （10.0）	270 （15.0）	50 （2.6）	1,900
第 5	m （%）	1,690 （68.0）	380 （15.0）	380 （15.0）	50 （2.0）	2,500
第 6	m （%）	1,630 （67.9）	360 （15.0）	360 （15.0）	50 （2.1）	2,400
第 7	m （%）	1,190 （48.0）	630 （25.0）	630 （25.0）	50 （2.0）	2,500
第 8	m （%）	540 （33.7）	480 （30.0）	480 （30.0）	100 （6.3）	1,600
第 11 （海岸部）	m （%）	－	－	720 （60.0）	480 （40.0）	1,200
計	m （%）	10,220 （60.8）	2,390 （14.2）	3,310 （19.7）	880 （5.3）	16,800 （100.0）

（註）　第4工区は Underground Fall

の精度を上げる必要がある。

7.2.3　平野部～海岸部

(1)　地　　形

コモンラインが Bued 川を横断する Camp 1附近から海岸までの地質は，山岳部より実に新しい時代のもので，Rosario Formation と云はれる Conglomerate ，Sand Stone Silt Stone の互層をなしており，軟質である。

地形は南北方向の軸を持つ褶曲構造を示すが，風化と侵蝕を受け，比較的硬い所が残って，Apangat 川の西側で南北性の山脈を形成している。この山脈から西側は丘陵地帯で，海岸に近い所にも標高８０～１００ｍの南北性の山脈がある。

Bued 川の西側は，Bued 川の扇状地で沖積層であり，南西方向にゆるく傾斜している平野である。

Lingayen 湾 に最も近い海岸山脈は Rabon 附近と，その南方約４Kmの位置にある東西性の断層が侵蝕され，現在は河川の流路となっている。

(2)　ルートの選定

海岸部のコモンラインとして，自然流送可能ルートを，現在の河川沿い以外に選定するとすれば，海岸近くに６００～８００ｍのトンネルを開さくする必要があるが，軟弱のため非常に高価となる。

河川沿いのルートは断層沿いと云うことになるが，Luzon 島を横断する大きな活断層はさけることが出来，鉄道，ハイウエイとも過去にトラブルがないので，流送ラインを布設することは差支えない。

従って海域部へのルートとしては，Rabon 附近を出口とする北ルート案と，南方４Km附近の河川沿いを出口とする南ルート案とについて，現地の詳細な踏査を含み比較的検討した。両ルート案の利害得失を挙げると次の通りである。

(a)　北ルート案

ⅰ　Bued 川から海岸まで，ロンダー，パイプの何れも設置可能である。Fig.1 のＭ－Ｎ間の平均勾配が1.２５％であることを，今回の調査でレベル測量により確認した。

ⅱ　海岸までの最短ルートである。

(b)　欠　　点

ⅰ　Bued 川を横断するのに，全く新たに架橋する必要がある。その距離は川沿いの水田部を含み約７００ｍである。

ⅱ　平野部の略中央を通るので，操業時にこの部分でトラブルを起すと問題が大きくなる。

ⅲ　Apangat 川西側の水田地帯の直下にトンネルを開さくする必要がある。

b　南ルート案

(a)　利　　点

i　Bued 川の横断に既設の橋を利用出来る。ただし，この橋には載荷余裕があまりないと思われるので，既設の橋に新しい橋を沿わせることになる。

ii　平野部のルートが，Bued 川沿いのため，操業時トラブルが起きても Bued 川の河川敷が利用出来る。

iii　Apangat 川西側のトンネル開さくに問題が少ない。

(b)　欠　　点

i　パイプ流送は可能であるが，平均勾配が 0.7 %なので，ロンダーによる流送は出来ない。

ii　ルート延長が北ルート案より約 2 Km 長い。

なお両ルート案に共通な大きな利点は，地形条件から，逆勾配が避けられることである。

両案ともパイプ方式として比較すると，何れの案も，上流側のヘッドを利用することにより，海域部にスラリーを自然流送することが可能である。建設費は北ルートが若干高くなると推定される。工期は何れも山岳部より短かいので問題はない。

ロンダーラインとパイプラインを比較すると，建設費でも操業費でもロンダーの方が有利である。北ルート案では，ほぼ全長にわたって，ロンダーによる流送の規定勾配 1.25 %をとることが可能である。北ルート案において，平野部にロンダーラインを採用すれば，南ルート案のパイプラインと比較して，建設費はほぼ同額，操業費はより安くなる。また海域部埋立地区との関係から，出口位置は北ルート案の方が望ましい。

以上から北ルート案を採用する。

(3)　流送方式

北ルートでは，海岸まで全長にわたってロンダーラインによる流送が可能である。ただし埋立をする海域部にスラリーを流送するのにポンプを必要とする。20年間海を埋立てるに必要な，海岸から沖へのパイプラインの延長は，埋立方法にどのような方法を採用するかにより変るが，約 6.9 Km 必要である。

Fig.1 でポイント N から海域部までを，ロンダーポンプ，パイプの組合せ方式と，パイプのみの方式の両方式について，概略の建設費，操業費を比較すると Tab.7-2 のようになる。表から明らかなように，ポイント N 以降をパイプラインのみにした方が，ポンプステーション附近の Emergency Pond の建設費を含んでも，組合せ方式より建設費も操業費も安くなる。

またポイント N 以降の自然ヘッドによる海への流送可能距離は，流量を最大としても 6.9 Km となり，20年以上の埋立範囲まで到達出来る。

Tab. 7－2　ポイントNから海岸までの流送2案のコスト比較

	ロンダー，ポンプ，パイプ組合せ方式	パイプライン方式
建設費	× 1,000₱ 23,300	× 1,000₱ 20,226
運転維持費	× 1,000₱/年 2,691	× 1,000₱/年 2,472

建設費，運転維持費共にパイプライン方式が安い。この建設費，運転維持費の内訳については，Appendix A－7－1を参照されたい。

更に Eued 川の横断箇所以降全ラインをパイプで流送する案も考えられるが，これは海域部への流送可能距離が更に大きくなる利点があるが，建設費，操業費共に割高になるに大きくなる利点があるが，建設費，操業費共に割高になるので採用出来ない。

平野部に布設するロンダーに異物を投入されないような措置を講ずることは必要である。

Bued 川の横断はパイプラインによるべきである。パイプラインは水平に布設出来るので橋脚の高さを略一定に出来ることと，パイプはロンダーに較べて単位長当りの重量が小さいので，橋脚の強度を小さく出来るからである。

パイプラインの場合，橋脚の高さは約8 mであるが，ロンダーラインで勾配をつけると，Bued 川横断開始地点の橋脚高さは約16 mとなり，非常に高価なものとなる。

またBued川横断パイプラインを水平にした場合，このパイプライン内を流送するに必要なヘッドは液柱7 mであるが，Fig.2 ポイントLの落差は22 mあるので充分である。

7.3　コモンラインについての記述

Fig.2 にコモンラインの設備配置図を示す。全長26 Kmのうち，水平トンネルおよび Underground Fall が17.0 Km（0.6 Kmの作業連結抗を含む）と全長の約65％を占める。

Lingayen 湾海岸までのコモンライン流路は，ロンダーライン19.7 Km，パイプライン6.3 Kmで，その比率は各々76％，24％となる。

以下コモンラインに設置される設備等の概略について説明する。

Camp 4の坑口Aには，フィーダーライン3系統（Philex 系統はロンダーライン，他はパイプライン）が集合するので，これをコモンラインと接続するため，コモンサンプを設ける。また，この位置に流量計，濃度計およびスラリー中の異物を除去するためのストレーナーを設ける。また，ロンダー洗浄および設備洗浄用として沢水およびフィーダーライントンネル湧水を取水する設備を設ける。

トンネルの勾配は1.25％でトンネル内にはロンダーが布設される。ポイントE．FにUnderground fall を設けるが，ポイントEから山腹E′までトンネルを開さくする。この目的は，通気の確保とトンネル内湧水の排除である。

流送スラリー量が減少したとき，パイプ内で限界流速を維持するに必要な不足水量を取水する設備を，Pellmell Creek（ポイントG．H）の上流に設ける。この沢は，集水面積が大きく乾期でも充分な水量が取水出来る。

ポイントJの坑口附近に Emergency Pond を設ける。容量は30,000m^3である。

ポイントJ．Kの間に Excess Head が40mあり，これは，ドロップボックスで吸収する。

Bued 川は2本の水平パイプラインでクロスする。このため坑口Lと渡河パイプとの落差22mは，パイプラインにヘッドを与えるため，ドロップタンクとする。また，ポイントL附近に異物を除去するためストレーナーを設ける。緊急時，パイプ洗浄を行うためポイントLに150m^3の用水タンクを設置する。

Bued 川を渡河したところで，ハイウェイを横切るが，この部分はハイウェイの下部に，カルバートトンネルを作り，パイプラインを通す。ポイントM～Nの平野部の流路はロンダーであるが，地形の関係から，地表から約6m高さの架台になる部分が多くなる。

Apangat 川の手前に Emergency Pond を設ける。容量は15,000m^3である。

ポイントN－O－Pはトンネルである。ポイントN－Oは深さ約40mの小規模の Underground Fall となる。この垂直落差を設けた理由は，山脈の東側の斜面がゆるい勾配の水田になっており，この部分に水平トンネルを作ることは，コスト高になるためと，山脈西側の坑口位置の関係からである。この垂直落差工はパインラインにヘッドを与える機能をもっている。ポイントN－Oの Under ground Fall はコンクリート製で，三つのセクションとする。二つは2系統のパイプラインに接続する垂直落差工，一つは階段を設置した人道である（Fig. 7-18 参照）。

ポイントNに異物を除去するストレーナーを設ける。ポイントO以降は，パイプラインの系統となり，最終的には，海域部も含めて約10Kmの長さになる。これを洗浄するに要する水量は1回当り10,000m^3にもなり，これだけのタンクを作ることは，相当な建設費となる。このため，用水タンクの代りに，Apangat 川から取水する設備を設けることにした。ポンプの容

量は，0.6m^3／sec ×12m×130 Kw である。

トンネルO－Pには2本のパイプラインが布設される。トンネル断面は，山岳部のそれと同一とする。なお，トンネル勾配は，湧水を排除するため0.5％とする。

ポイントP－Qは，2系統のパイプラインであるが，パイプは水平に布設して屈曲部等にドロップタンクを設置することを基本計画とする。

海岸に国有鉄道のレールウェィとハイウェィがあるが，パイプラインは，Rabon の橋の下を通す計画とした。

リコメンデーション

ルートサーベイのとき，このコモンルート沿いの一帯には，かんがい設備が貧弱のため，乾期には，タバコ等の畠作物が作られている地帯が相当な面積にのぼっており，中には，荒地のまま放置されている所もあることが印象に残った。フィリピン国は，近年，米の輸入国になっていること，米を作れば土地の生産性が最も高いことを考えると，コモンラインに若干のかんがい用設備を附加して，これらの畠作地帯が，乾期にも米をつくれるようにすることは，望ましいことである。このような，かんがい設備を作ることにすれば，用地売収等の際，農民の協力が得られると確信する。

具体的な方式としては，第1に Apangat 川に設置したパイプ洗浄用のポンプを利用すること，第2にトンネル掘さくに使用した5吋圧気管をポイントGからNまで布設し，必要個所に取水口をつけることである。後者の場合配管の長さ，ヘッドから計算すると1,000t／日の取水が可能である。

7.4 主要設備の仕様

7.4.1 トンネル断面と配置図

Fig.7－1にトンネル断面内の設備配置を示す。ロンダーはトンネル内湧水の関係から上流側からみて左側に布設される。側壁との間隔は２５cmとする。この部分はトンネル湧水の排水路となるので，主排水路である反対側への連絡排水路を５０mおきにロンダー下に配置する。

ロンダーとトンネルの右側壁の間隔は１６４cmある。この部分に掘進に使用した軌道を布設替えしてパトロール用の0.6tミニバッテリーロコの軌道とする。0.6tミニロコの概略寸法は巾９０cm，地上高さ１００cm，長さ１２０cmでパトロール用として適当であると考える。また修理用の小運搬にも使用出来る。

操業時の配置台数として２台必要である。Camp ４の坑口Aからポイント E′までの約6Kmに１台，ポイントJ～Fの約7Kmのパトロールに１台である。

トンネル内の湧水量が多いときは側溝を設置する必要がある。右下の５吋パイプはかんがい用パイプを想定したものである。

海岸部のトンネル（ポイントO～P）内にはパイプが２系統布設される。配置図は Fig。9－4の通りで，パイプ交換等のためトンネル天井にモノレールが布設される。

このトンネルの全長は1.1Kmで，トンネル内のパトロールは徒歩で実施する計画とする。

7.4.2 ロンダーライン

ロンダーの仕様は，以下に述べる理由で内巾0.65m，深さ0.9m，底面厚さ0.3m，側壁厚さ0.13m，コンクリート製にする。

(1) 流　　量

平均流量　　0.78 m^3／Sec

最大流量　　1.05 m^3／Sec

最小流量　　0.5　m^3／Sec

なお，Philex が Power Failure 等によってミルプラントをシャットダウンした場合を想定すると，0.225 m^3/Sec（他の５鉱山からの鉱滓スラリー平均流量）となる。

(2) 勾　配　　－1.25％

(3) ロンダーの断面形状

流量が減少した時にも流れ易い形は底面が半円形であるが，最も摩耗し易い底面の厚さを大きくとり修理も容易にできるように半円形に近い形状にする。

（Fig. 7－2参照）

(4) ロンダーの断面寸法

ロンダーの流量算定式は種々あるが，一般的によく使用されている Manning の公式を用いた。またこれは類似鉱滓スラリーを流送しているMarcopper に於ても設計の際用いられ，粗度係数 n＝0.014としている。本計画でもこの値を用いた。

Manning の公式

$$Q=\frac{1}{n}AR^{\frac{2}{3}}I^{\frac{1}{2}}$$

ここに　Q：　流量　　m^3／S

n：　粗度係数　　0.014

A：　流体断面積　　m^2

R：　動水半径

I：　勾配

ロンダーの巾

ロンダーの巾は Marcopper では 0.61 m（最大流量1.0 m^3／Sec）Atlas の Carconと Dascon 合流ラインでは 0.73 m（流量 1.14 m^3／Sec）であり，実績上 0.6～0.7 m／Secが適当と判断される。本計画では 0.65 m とする。

前記 Manning の公式によって計算した結果平均流速及び流体深さは以下のようになる。

	流量（m^3／Sec）	平均流速（m/Sec）	流体深さ（m）
Mean	0.78	2.75	0.49
Max.	1.05	2.9	0.60
Min. (1)	0.5	2.5	0.36
Min. (2)	0.225	1.9	0.21

ロンダーの深さ

最大流量時の液深さに 0.3 m の余裕をみて全深さを 0.9 m とする。

(5)　ロンダーの摩耗に対する考慮と材質及び肉厚

鉱滓粒子がロンダー内壁を摺動，転動或は跳動して流送されることによって壁面ははげしい摩耗をうけるので，これの対策を考えておく必要がある。材質は一般的に用いられているコンクリート製とする。

コンクリートロンダーの摩耗について，前記 Marcopper の例では，勾配－1％，形状U型で下記のような実績がある。摩耗の最もはげしい部分は，底面中央の巾約50 mmの範囲内で年間ほぼ20 mmもあり，一方側壁は年間1 mm程度である。本計画ではロンダーの勾配はU型

－1.２５％で流速がやゝ速くなって摩耗の条件が悪いが，ロンダーを工場加工するので，品質管理をよりシビアにすることによって耐摩耗性がよくなることも考えられる。摩耗量の推定として，Marcopper と同程度と考えてロンダーの底面厚さは摩耗代２００㎜をとって３００㎜とし，側壁は構造上１３０㎜とする。そして約１０年間は補修のために流送を長時間停止させることがないようにする。

全てのロンダーの計画的な補修（底面の Padding ）を使用后１０年近い頃に行うものとすれば，トンネル内ロンダーの補修作業条件から約１ケ月間は流送停止が必要となるだろう。そしてこの時には各鉱山は各自のダム又はポンドに鉱滓を入れることになる。

耐摩耗材料をロンダーに使用することを実施設計に先だって検討することを提案する。耐摩耗材質としては下記のものが検討の対象と考えられる。

シュメルツバサルト：　高マンガン鋼より耐摩耗性にまさり，比較的経済的である。非常に摩耗性のある製鉄所高炉スラグの水力輸送用ロンダーにも使用されている。例えば鋼板製ロンダーに内張りすることによって軽量化すれば，ロンダー架台の建設コストを下げることにもなる。ただし，ロンダー布設場所でのライニング施工は工期が長びくので，ライニング済みのロンダーを布設することになるが，輸送法や取扱いによってライナーが破損しないような注意が必要である。

ファイバーコンクリート：　スチールファイバーをコンクリートに混入すれば靭性，曲げ強度，及び耐摩耗性を増す。スチールファイバーは０.２～０.８㎜Ø，長さ１０～６０㎜で混入率は約２％（ Vol ）である。本計画のような鉱滓スラリーに対しての耐摩耗性については充分検討を要する。

7.4.3　パイプライン

パイプラインの仕様は以下に述べる理由で ＡＰＩ　５LX-X５２ 相当品，外径７６２㎜Ø，肉厚１１.１３㎜とする。

(1)　管内流速の選定とパイプ口径

本計画では自然落差が利用できるので，圧力損失に対する考慮より摩耗性のある鉱滓スラリーによる管摩耗が問題となる。管内流速はスラリー中の粒子が沈降する限界速度を知り，それに安全な余裕を加えた速度を選ぶことである。限界速度の算定式は理論的，経験的に種々に公表されているが，物性のすべてをカバーしていないので，実施設計前のベンチテストやフィールドテストで確認されなければならない。本計画と類似のスラリーを流送している Marcopper の例では P.D.35wt% で管内限界速度が 1.5ｍ／Sec と云われている（パイプ内径６１０㎜Ø）。また同様なスラリー流速を行っている Atlas では，鉱滓流送設備施行前の５１０㎜Øパイプによるフィールドラストで流速 1.62ｍ／Sec（ P.D.４６％ ）以上で

Sand の沈降がみられなかったので1.83m／Secで設計に着手し，実施后の流速は1.8～2.1m／Secと云われている。

これらの2例を参考にすることが最も実際的である。口径のちがいも考慮して本計画では平均流量における管内流速1.8m／Secとすれば濃度が35％の場合でも Sanding はないと考えられる。

この値によって管内径を試算すると内径743mmØとなる。一般的に用いられているＡＰＩ規格のパイプでこれに近いものは，外径762mm（30″）であり，次項(2)で述べるように肉厚11.13mmを選ぶと内径740mmとなる。従って流量と流速の関係は下記のようになる。

平均流量	0.78m³／Sec	P.D.39％	流速	1.82m／Sec
最大流量	1.05m³／Sec	P.D.35％	〃	2.45m／Sec
最小流量	0.50m³／Sec	P.D.43％	〃	1.16m／Sec

最小流量時は管内流速が限界速度と推定される1.5m／Secより少いので，水を添加して流速1.5～1.6m／Sec を維持するような水量の確保が必要となる。

更に Philex の選鉱場シャットダウン時にも同様1.5～1.6m／Sec の管内流速の維持対策が必要となる。

(2) パイプの材質，種類

パイプの材質は耐摩耗材質のライニング管或は遠心鋳鉄管などがよりベターであろうが，経済的にコスト高であり，また類似スラリーに使用した実績上の経済比較のデーターもないので汎用されているＡＰＩ規格 Grade 52相当品とする。鋼管の場合溶接部は耐摩耗性が劣るのでシームレスパイプが Best であるが高価である。本計画では縦線方向に1本の溶接ラインをもつ溶接鋼管を使用する。この溶接部を摩耗の多い底面を避けた敷設をすれば，口径も大きいので溶接部の摩耗によるトラブルは防げると考えられる。スパイラル鋼管は全周に溶接線があるので使用できない。

(3) パイプの肉厚

a．最小肉厚

本計画パイプラインで管内のスラリー圧力が最も高い領域は，海岸山脈から海底に至る第12工区に敷設するパイプラインである。このラインのはじまるポイントＮの Underground Fall の上部標高は94mであるので，発生しうる最高静水圧は12.5Kg／cm²となる。ウォーターハンマー等による圧力上昇も見込み，これの2倍の圧力に耐える肉厚を計算すると，次式によって厚さ3.5mmとなるのでこれを4mm見なす。

管の肉厚計算式

$$t = P \cdot D / (2S)$$

こゝに　t ： 肉　厚　（inch）
D ： 外　径　（ 〃 ）
P ： 最大設計圧力（ psi ）
S ： 許容応力
（X－52に於ては　37,450 psi ）

b. 管内壁の摩耗代

管内壁特に底部の1／3円周部分はスラリー中の粒子によって摩耗が大きい。従ってパイプは1／3づゝ回転させて使用することによって寿命を延ばすことができる。

Marcopper の例では鋼管の摩耗およびその流送鉱滓5百万トンあたり5.5㎜の摩耗があり610㎜内径で肉厚10.5㎜パイプを1年に1回1／3回転させ，ほぼ各周壁が4㎜に減じたときに取替えて3年の寿命があると云われている。また Atlas の例では摩耗が年間約6㎜といわれている。

摩耗に及ぼす要因は管内流速，スラリー中の固形物粒子，スラリー濃度，管材質及び寸法等複雑で単純に推定することは困難である。本計画においては類似スラリーを取扱っている例を参考にすることが最も実際的であると考えられ，濃度が若干低いことも考慮し平均6～7㎜／年と想定する。

c. 管　肉　厚

最小肉厚と摩耗代7㎜を加え11㎜としＡＰＩ規格の近似寸法のものから肉厚11.13㎜のものを選ぶことにする。

(4) パイプラインの設置系列

パイプは1年に1回1／3回転させて振り替え3年后に取替えるものとする。これらの保全作業時に流送に支障を与えないよう予備ライン1系列を設け，合計2系列設置することにする。

代案の検討

代案として外径762㎜Ø，パイプラインの代りに外径558㎜Øパイプ3系列（2ライン常用1ライン予備）の案も考えられるが，管肉厚は摩耗代を考えるとこれも11㎜程度必要となる。想定されるパイプを外径558㎜肉厚11.3㎜（重量150Kg／m）3系列とすると，管重量は外径762㎜Ø2ラインの場合より多くなることとなる。またライン数が多いだけ保守の回数も増え，パイプにつながるドロップタンクの数量や設置スペースも増加するので不経済であるためここでは比較積算は行わないことにする。

(5) パイプの接手

パイプは全ライン溶接する方が経済的であるが，毎年1回1／3回転の振替えをする必要があり，そのためフランジ接手を要所に用いる。振替え作業の作業性の比較的よくないトン

ネル内は１２ｍごととし，Bued 川橋梁上は１８ｍごと，その他は原則として２４ｍごと設ける。

(6) パイプラインの勾配

パイプラインの勾配は，管内摩耗をできるだけ少くする上から水平乃至下流に向い－0.5％以下とする。このために高い架台を必要とするところはドロップタンクを設け，パイプラインを地形にそわせるようにする。

7.4.4 Underground Fall

Fig.7－3に Underground Fall の配置図を示す。上部トンネルの両側に各々５ｍの長さで巾４ｍのチャンバーを開さくし，床を３ｍ掘り下げて掘さくチャンバーとする。この各々の掘さくチャンバーで約２００ｍの５５０㎜Øの重直孔を開さくする。２本の垂直孔の間かくは8.8ｍで計画した。チャンバーのトンネル床面より低い部分は Underground Fall に流入するスラリーの溜め場となる。Fig.7－3のようにロンダーの末端部に両チャンバーをつなぐ1.5ｍ×1.0ｍの溝をつくり，スラリーはせき板でいずれの Underground Fall へも導入出来る構造とする。

下部坑道もFig.7－3のように上部トンネルとほぼ同じ構造とする。トンネル床面より3.3ｍチャンバーの床を掘り下げてこの部分をスラリーの落下エネルギーを吸収する滝壺とする。操業時の滝壺の水深は約４ｍとなる。

上部トンネルと下部トンネルと連絡する２５０㎜Øのケーブル孔を開さくする。

7.4.5 コモンサンプ（Fig 7－4参照）

Camp 4に於けるコモンラインの始点にコモンサンプを設け，各フィーダーラインから流入するスラリーを受け入れコモンラインのロンダーに吐出する。

コモンサンプには各フィーダーラインからのスラリーの流量計及び濃度計をとりつけコモンラインの流量管理をする。またフィーダーラインで混入した異物を取除くため５㎜目ストレーナー（ポリウレタン製）を２セット設け１セット予備とする。このため切替バルブ２セットを設ける。

(1) コモンサンプ

材　　質　：　コンクリート製

概略外形寸法　：　巾４ｍ×長さ１3.5ｍ×高さ7.9ｍ

コンクリート厚さ　：　接液部はスラリーによる摩耗を考え４００㎜またはそれ以上とする。

構　　成　：

流入スラリー受入れ室――内寸法3.2ｍ×３ｍ×深さ2.5ｍ

流入スラリーによる底面コンクリートの摩耗を防ぐため底面

の液溜め深さ0.3 mとする。

バルブ室 ―――――― 内寸法　3.2 m×2.5 m×深さ2.2 m

プラグ式バルブ（鋼製）　口径610 mmØ2ケを設ける。

バルブシートは高Mn製のもので取換え可能なものにする。

ストレーナー室 ―――― 内寸法　巾1.4 m×長さ6.9 m×深さ1.5 m

ストレーナーが液の直撃をうけないようにバルブ室の下に液溜め部を設ける。

ストレーナーは耐摩耗にすぐれた鋼芯入りウレタンゴム製のもので5 mm目とする。

ストレーナーの支持は鋼製格子でうける。

液吐出室 ―――――― 内寸法　巾3.2 m×高さ2 m

底面コンクリート保護の為深さ0.3 mの液溜めを設ける。

その他　　コモンサンプのバルブ操作用デッキ，階段等を設ける。

(2)　計量装置

スラリー比重は差圧伝送器によって，スラリー流量は電磁流量計によって測定される。また乾量は真比重を設定しスラリー比重とスラリー流量の自動演算によって求められる。なお流量計は経費節減のためダミー計器と組み合せて使用される。これらの変量は必要に応じて計器パネルに指示，記録，積算される。

計器の主な仕様は次の通り

スラリー比重

差圧電送器	スパン	0～500 mm H_2O
	信　号	4～20 mA　DC
指　示　計	目　盛	1.00～1.50
	信　号	4～20 mA　DC

スラリー流量

電磁流量計	口　径	400 mm
	レンヂ	0～4,000 m^3／h
ダ　ミ　ー	口　径	400 mm　3ケ
指　示　計	目　盛	0～4,000 m^3／h

乾　　量

演　算　器	信　号	4～20 mA　DC
積　算　器	信　号	4～20 mA　DC
	桁　数	6

共　　通

記　録　計　　目　盛　1.00～1.50

0～4,000 m^3／h

信　号　4～20 mA　DC

7.4.6　ロンダー架台および橋梁

ロンダー用架台は山岳部ポイントK－J間約140 mおよび平野部Bued川以西ポイントMN間約4,700 m合計4,840 mである。

ロンダー用橋梁は山岳部ポイントG－H間60 mおよびApangat川横断約40 m合計100 mである。

区間記号についてはFig.1，Fig.2を参照されたい。

(1)　ロンダー架台および橋梁に関する共通仕様

a.　基礎は鉄筋コンクリート造りとする。

b.　下部構および上部構は鋼製で使用材料はフィリピン国内で調達可能な5″サイズ以下の型鋼を主体とする。

c.　上部構はトランス構造とし，ロンダーを布設するほかパトロール用バッテリーロコ軌道（山岳部）或いはパトロール用歩廊（平野部）と手摺を設ける。

d.　ロンダー据付面は上流から下流側に向かって勾配－1.25％とする。

e.　上部構は温度による膨張収縮を考慮した構造にする。

f.　設計の荷重条件

長期積載荷重としてはロンダー1.4 t，スラリー0.6 tで計2 tであるが，ロンダー据付時にかかるバッテリーロコ，台車の移動荷重も考慮して2.3 t／mとする。

地震係数0.15

g.　上部と下部構は塗装を行う

(2)　ポイントK－J架台

架台高さ（m）	距　離（m）	上部構の寸法は2.8 m×1.5 m
10	100	（Fig.7－6 B-Section参照）
5	40	パトロール用バッテリーロコの15 Kgレールを取付ける。
計	140	

(3)　ポイントM－N間架台（Fig.7－5参照）

架台高さ（m）	距　離（m）	上部構の巾×高さ（m）

2以下	500	1.6×1.5	歩廊のための張出し0.6 m
2－4	400		
4－6	900		
6－7	2,900		
計	4,700		

(4) ポイントG－H間　橋梁（Fig 7－6参照）

G－H間は豪雨時大量の沢水と転石が Bued 川に流れこむので橋脚を流れの中に設けることは危険である。

一方，トンネル掘さくに橋を利用することがのぞましい。そこで，G－H間は40 m および20 m 各スパンの橋梁とし，トンネル掘さく時に利用できるようにする。

橋脚はコンクリート製で60 m 間の両サイドとポイントH寄りの沢に1基設ける。

a. ポイントG側橋梁

Span 40 m　1基

特記荷重　　研運搬用4 t バッテリーロコ＋グランビ型鉱車6輌の実車重量約25 t（約17 m 間）

上部構の巾（m）×高さ（m）

2.8　×　3

b. ポイントH側橋梁

Span 20 m　1基

上部構の巾（m）×高さ（m）

2.8　×　1.5

(5) Apangat 川橋梁（Fig 7－7参照）

スパン　40 m　　1基

Apangat 川両岸にコンクリート製橋脚を設け40 m トラス橋を設置する。

上部構トラスは巾1.6 m×高さ3 m とし，歩廊として張出し0.6 m を設ける。

7.4.7　パイプ用架台および橋梁

パイプ用架台は海岸山脈西の第12工区で約1,400 m，パイプ用橋梁は Bued 川横断橋約600 m および第12工区で約25 m スパンのもの6基である。

(1) 第12工区パイプ用架台

高さ2～3 m 型鋼製門型架台約140基をコンクリート基礎の上に設ける。

パイプ2系列共用架台である。

荷重条件　：　長期荷重

(2) Bued 川横断橋梁（Fig.7－8参照）

コモンラインに於ける最長橋梁でパイプ２系列を添架する。

a. 主要寸法

スパン　　４０m

全　長　　６００m

河床から橋梁上部までの高さ８m

b. 構　　造

基礎は鉄筋コンクリート造りとする。

上部構は鋼製トラス構造で使用材料はフィリピン国内で調達できる５吋サイズ以下の型鋼を主体とする。上部構は水平に設けパイプ２系列を布設できるようにするほか，パイプ両側にはパトロールや据付時あるいはパイプ取替え時のため歩廊および手摺を設ける。トラスの寸法は巾2.8m高さ３mとする。歩廊を設けるため両側に張り出しを設け上巾3.7mとなる。

上部構は温度による膨脹伸縮を考慮した構造にする。

下部構は鋼管またはコンクリートとする。

なお，本橋梁上のパイプの布設，取替え，１／３回転の振り替えの作業を容易に行うためパイプ布設スペースの両側にレールを敷き，チェーンブロック付きの手動門型クレーンを設ける。

c. 上部構の荷重条件

長期積載荷重：

将来コモンラインの流量が２ライン満杯の状態を常用するような場合を想定した荷重を想定しておく。

パイプ重量　0.5 t／m，スラリー重量　1.2 t／m

その他パイプの取替，振り替え時の付加重量　0.2 t／m

計　2 t／mとする。

地震係数　0.15

d. 鋼製部は塗装を行う。

(3) 第１２工区橋梁

第１２工区のパイプライン２系列を架設する。

a. スパン２５m　　６基

b. 橋脚はコンクリート造りで横断河川の両岸に設ける。

c. 上部構は Bued 川橋梁と同じ。ただしトラス高さは1.5mとする。

d. 上部構の荷重条件も Bued 川橋梁と同じ

7.4.8 ドロップボックス（Fig.7－9，7－10参照）

トンネル外のロンダーラインにおいて過剰落差を吸収するための上部開放箱型コンクリート製タンクである。

ドロップボックスは山岳部ポイントJ－K間に5基，ポイントLに1基設けられる。

(1) ポイントJ－Kは落差が35.6mあるので最上段のドロップボックスの落差を7.5m，他の4基の落差をそれぞれ7mにする。ドロップボックス間の流路にはパイプを使用する。

a. 最上段ドロップボックス（Fig.7－9参照）

ロンダー → パイプ型 1基

落差 7.6m

吐出口につながるパイプは2系列となり，またエマージェンシーポンドに至るロンダーへのジャンクションボックスとしてもう1室設けるので合計3室のドロップボックスである。

それぞれの室上部に切替バルブを設ける。バルブ操作のためのデッキ，手摺，階段を設ける。バルブはプラグ式で，弁座は取替可能な耐摩耗高マンガン鋼製とする。

口径は610mmである。

b. 中間ドロップボックス

パイプ → パイプ型 3基

落差 7m 2室型 （Fig 7－10参照）

ドロップボックスのフィードパイプはT字管とし，ドロップボックス中心に向けてその先端を長さ約2.5m垂直に挿入しスラリーがボックスの内壁を直撃して摩耗しないようにする。T字管および挿入管は流れの乱れによって摩耗がはげしいのでゴムライニング管を使用する。

c. 最下段ドロップボックス

パイプ → ロンダー型 1基

落差 7m

液出口は1ラインのロンダーであるから1室型となる。

(2) 坑口L部 ドロップボックス（Fig.7－11参照）

ロンダー → パイプ型

落差 7m 2室型 1基

このドロップボックスはBued川横断のパイプラインにつながるドロップタンクに接続される。パイプ内への異物の混入を防止するためストレーナー（ウレタンゴム製）50mm目を設ける。

(3) ドロップボックスに対する対摩耗策

前述(1)，(2)のドロップボックスの摩耗を最小限にするため下記の構造，材質とする。

a. ボックス底面は流入するスラリーが直撃しないように深さ1.2 mの液溜めを設けた構造とする。

b. 流入スラリーによる側壁の摩耗防止については(1)－b.のような方法をとる。

c. スラリーフィード管は(1)－b.で述べたようにゴムライニング管を使用する。

d. 液吐出ノズルは流れが乱れ摩耗がはげしい部分であるため，取替可能な耐摩耗性のゴムライニングを行ったインサートをとりつける。

e. 液吐出ノズルに接続される配管内部では内径の約7倍の長さにわたって不安定流となっているため摩耗がはげしく10.5 mm厚鋼管で3ケ月程度の寿命しかないと云われている（Marcopper の例）ので6 m長さのゴムライニング管を使用する。

7.4.9 ドロップタンク

パイプラインに於て過剰落差の吸収或は圧力保持のため用いる円筒竪型密閉形鋼板製タンクで2系列設ける。本計画ではBued川横断パイプ上流の第9工区に3基×2列と海岸平野部第12工区に小落差のものを含め21基×2列設ける。

(1) 第9工区のドロップタンク （Fig 7－13参照）

落差 5.3 m 内径 1.5 m Ø 3基×2

(2) 第12工区の落差3 m以上のドロップタンク（ドロップパイプと称する）

（Fig 7－14参照）

落差 4 m 内径 1.5 m Ø 1基×2

落差 3 m 内径 1.5 m Ø 7基×2

(3) ドロップタンクの摩耗等に対する対策

a. 摩耗対策

これは7.4.8－(3) ドロップボックスと全く同様である。

b. 空気ぬき兼バキュームブレーカー

パイプラインに空気が入ることはスラリーの流動の点でもまた管内壁の摩耗にも悪影響を及ぼし，加えてウオーターハンマーの原因にもなるので，地形の許すかぎりHydraulic Gradient 以上の高さまで50～80 mm Øのエヤー抜きパイプを設ける。これは万一何らかの理由で上流の流れが停止したときパイプラインにバキュームが発生してパイプやドロップタンクを圧潰させるおそれのある場合にバキュームブレーカーとして作用する。

c. タンクの外圧強度

上述bの対策にもかかわらず，バキュームが発生する場合を想定してタンクは大気圧によって圧潰しない強度をもつ構造とする。

d. ドレン抜き，マンホール

タンクの修理，掃除のため設ける。

(4) 第１２工区の落差2.5 m以下のドロップタンク（Fig.7－１４参照）

第１２工区には小落差のドロップタンクが多い。これはパイプの屈曲部を兼ねて使用することとする。

これらは流送パイプと同口径の内面ゴムライニングタンクを使用した構造とする。

この種のドロップタンクは次の通りの数量となる。

落　差（m）	数　量
2.5	6基×2
2	2基×2
1	5基×2

入口T字パイプや出口ノズルに接続するパイプはゴムライニング管を使用する点は，ドロップボックスの場合と同様である。

7.4.10　エマージェンシーポンド

Emergency Pond はポイントJの沢と，ロンダー終点付近に設置するものとし，前者を№1.後者を№2とする。

(1) №1　エマージェンシーポンド

設備の概要を示すと，貯泥量は，３０,０００m³で，堤体の諸元は，堤頂巾5.0 m堤頂長６６.０m，堤高３０.０m，有効堤高２０.０m，法面勾配１：1.5（内側）に１：1.8（外側）盛土量２５,０００m³（うち粘土質土7,０００m³，研１８,０００m³）である。底設暗渠（一部開渠）長さは２３０mとなる。

貯泥量が，盛土量に比べてあまり大きくないのは，地形の影響が第一条件であるが，トンネル掘削で出る研の転用も考慮している。研は，大礫状から，岩サイ状で搬出されるので，堤体の遮水は，良質な粘土質土をFig.7－１５に示す通り，水平幅8.０m，厚さ4.4 mにわたって，堤体内側に盛土する。

流域面積が小さいので，特に雨水用の山腹水路を設置する必要はないと考える。

スラリーは，ドロップボックスから樋により，ポンドに流入する。雨水およびスラリー上澄水は，すみやかに場外へ排除すべきであり，その設備として，底設暗渠および取水暗渠（一部開渠）を設置する（Fig. 7－１５参照）。

この水は，Bued 川に Dongon 付近で合流する小河川に流入する。

一回のエマージェンシーによって，フィーダーラインおよびコモンラインから流入するスラリー量は，約7,０００m³と想定される。本ダムに貯泥されたスラリーは，６８m³/Hr の能力を持つ簡易浚渫ポンプで回収し，堤体右岸に設けたブースターポンプを経て，コモンラインのロンダーに流送する。このための配管は，径８０mm，浚渫配管１００m，地上配管１００mである。なお，ポンプ駆動用電力は，３０KVAディーゼル発電機によって供給する。

(2) №2エマージェンシーポンド（Fig.7－16参照）

設備の概要を示すと，計画貯泥量は15,000㎥である。付近に適当な山地がないので，掘削により建設する。

堤体天端からの深さを4.0mとする。この掘削土を利用して，法面勾配1：2.0，堤体巾7.0m，堤体高G．L＋1.5mの堤体を築造する。掘削土量は14,000㎥，盛土量は4,500㎥となる。なお，底面積は，70m×80m＝5,600㎡である。堤体の長さは392mである。

スラリーは，ジャンクションボックスから樋で流入する。

場内水は，樋でApangat川に排出する。

浚渫設備及びその運転方法は，№1に準ずるものとする。

7.4.11 エマージェンシーウォーター供給設備

(1) エマージェンシーウォータータンク（Fig.7－17参照）

設置場所はポイントL付近である。

タンク寸法　6.0口m×5.0mH＝180㎥

有効貯水量　150㎥

構造は，ボックスラーメン構造の鉄筋コンクリート製である。側壁厚は，漏水対策を考慮し，30cmとする。

(2) Apangat川の揚水設備

コモンラインのスラリー量が減少した場合の補給水の供給およびパイプ内の洗滌水の供給を行う設備である。

揚水ポンプ：	36㎥／min×12m揚程（自動吸水装置付）	1台
モーター：	130KW	1台
吸込管：	フート弁	1式
吐出配管：	600mmØ	200m
吐出弁：	逆止弁	1式
電源設備：	200KVAディーゼル発電設備	1式
電気室建家：	5m×5m	1棟

運転は手動運転である

7.4.12 通信設備

(1) 基本方針

TLPシステムの管理運営上に必要な通信設備は，下記の方針で設備する。

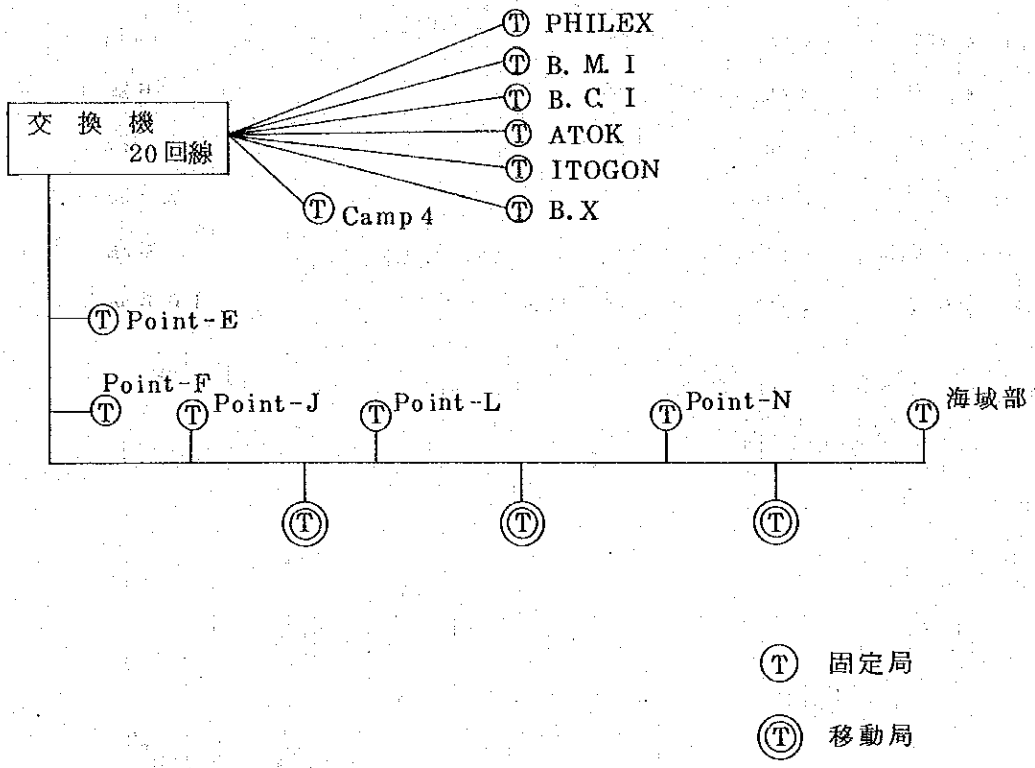
a. 通信設備として通話の確実性の高い有線電話システムとする。

b. 固定局は，鉱山－6，Camp 4－1，海域部－1，コモンラインの要部－5，計13局

c. 移動局は，コモンライン－3局で，1,000mおきにプラグソケットを設ける。

d. 従って交換機容量は20回線とする。

以上を図示すると次の通りである。



註） 本F／Rに示す工事費には，コモンラインの通信設備は入っているが，Camp 4と各鉱山を結ぶ通信設備は計上していない。

(2) 主要機器仕様　　数量

a. 自動交換機　　1

タイプ　：クロスバ式

回線数　：20

b. バッテリー　　1

タイプ　：アルカリ電池

電圧　：48V

容量　：36AH

c. 電話機

固定　：　　13

移　動				3
d. コンセントボックス				
屋外用				30
e. ケーブル				
2C	2 mm^2	シールド		37 Km
12C	2 mm^2	シールド		6 Km
14C	2 mm^2	シールド		6 Km
16C	2 mm^2	シールド		2 Km
18C	2 mm^2	シールド		7.5 Km
20C	2 mm^2	シールド		6 Km
20C	2 mm^2	シールド	立坑ケーブル	300 m

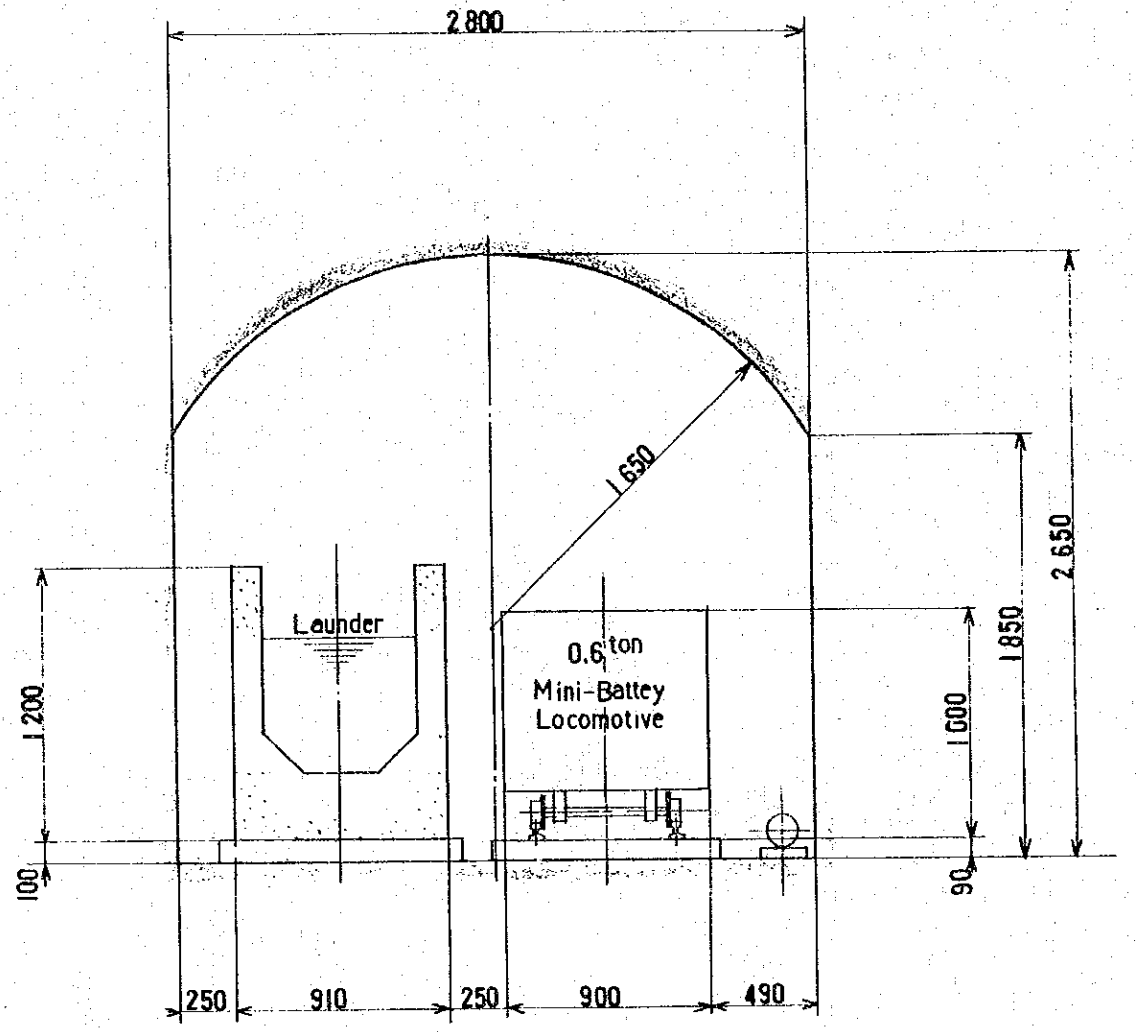


Fig. 7-1

Unit : mm

TUNNEL SECTION

DRAWN BY ET DATE 3/29/78
CHECKED BY [illegible] DATE 3/30/78
SCALE 1:30

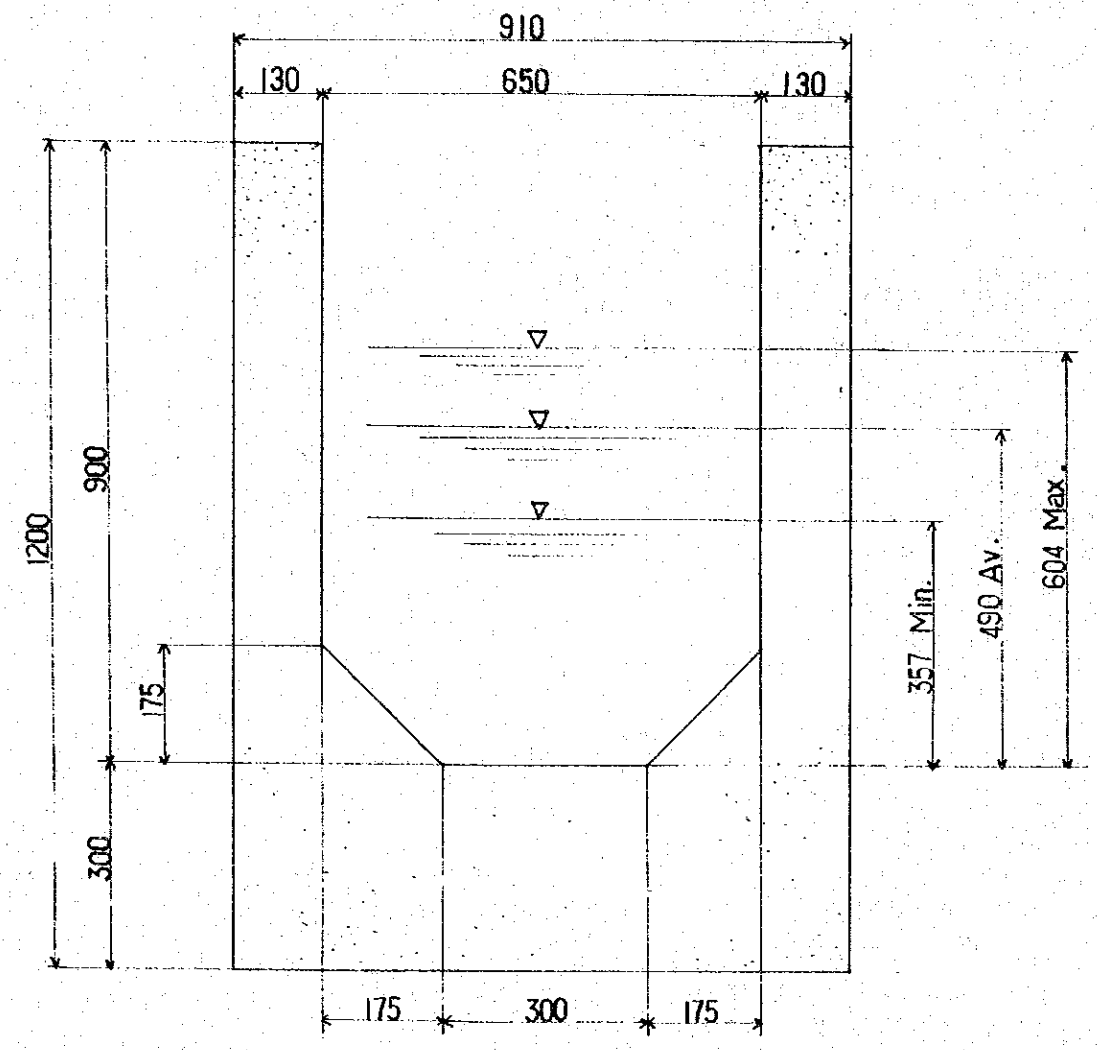
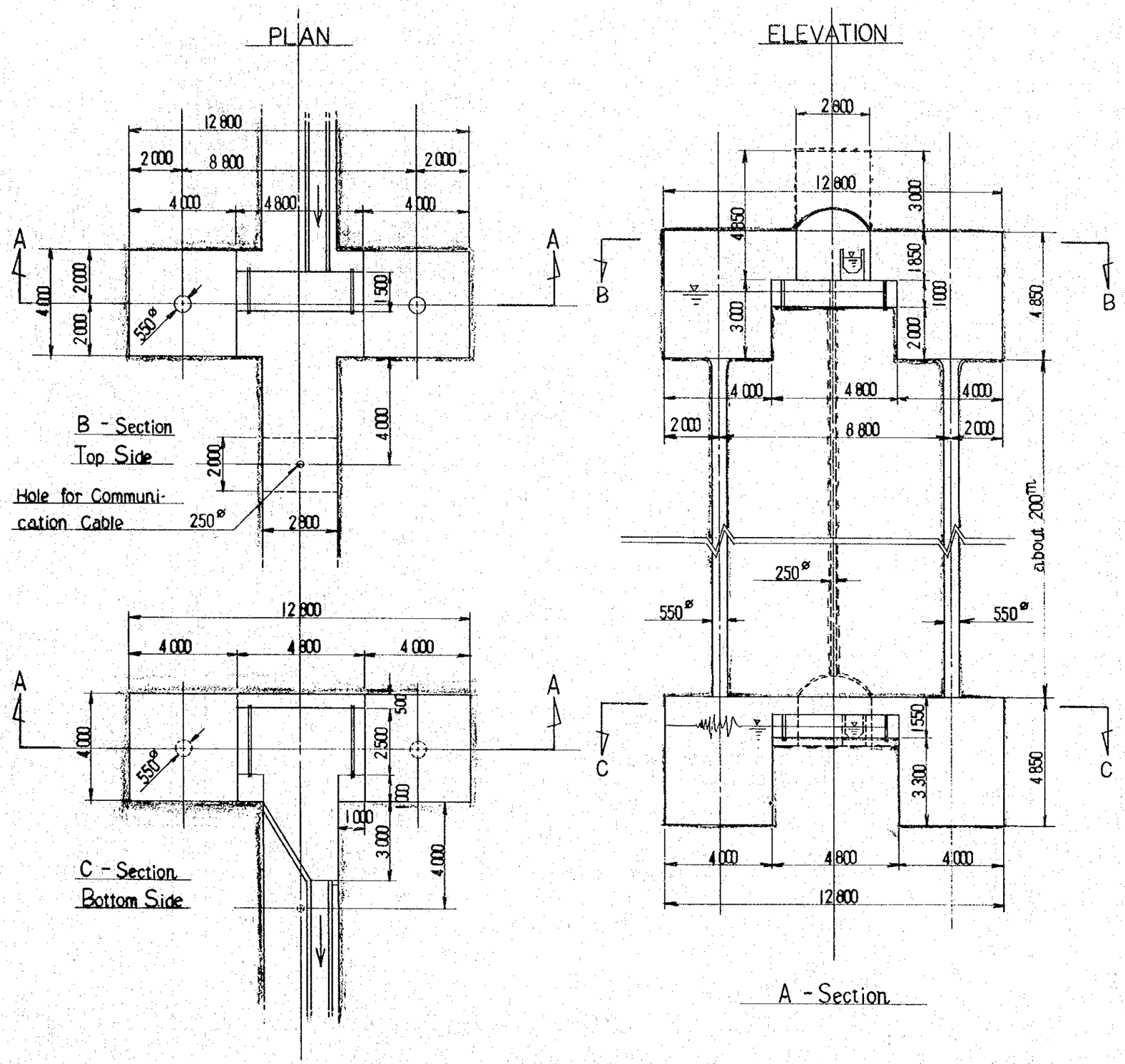


Fig. 7-2

Unit : mm

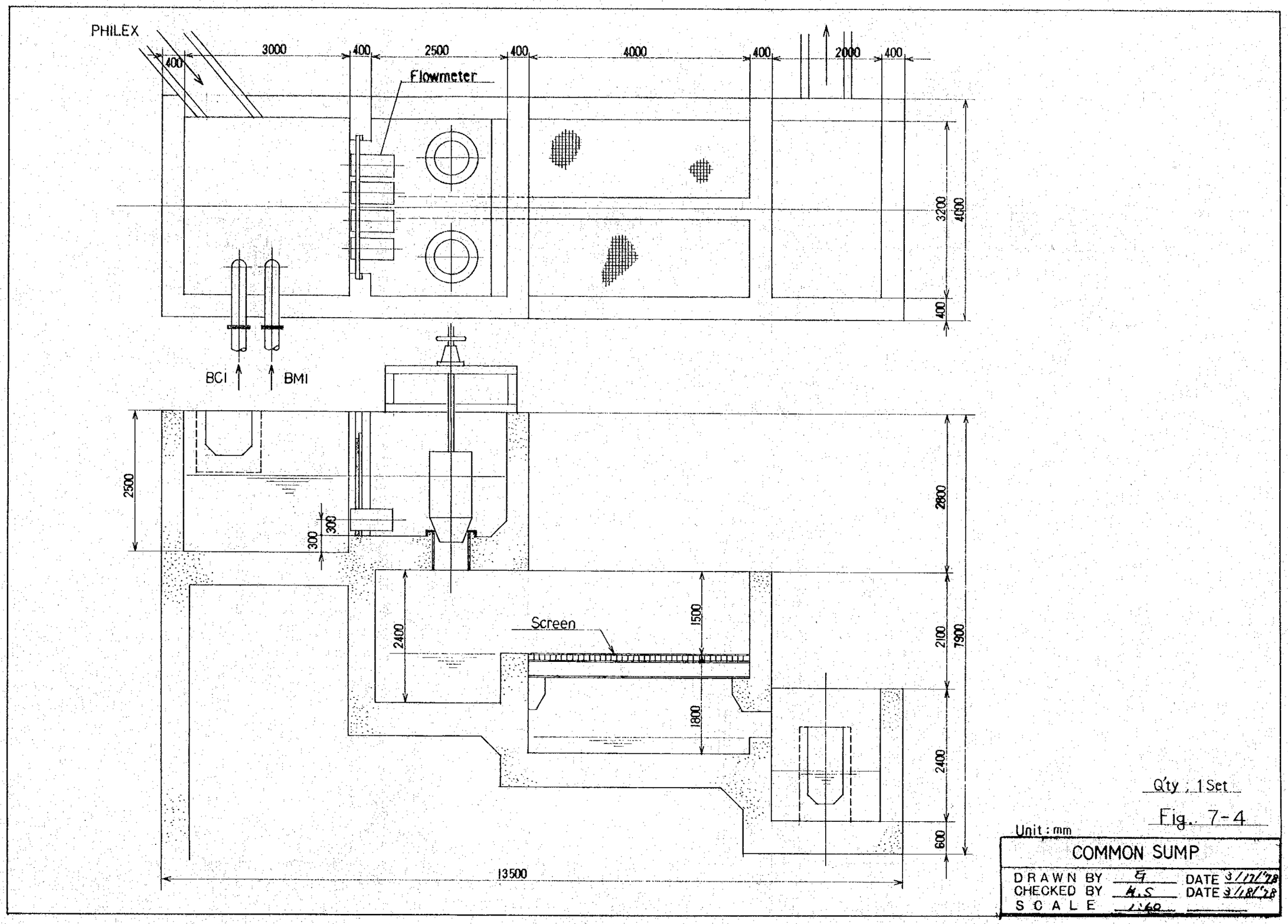
LAUNDER			
DRAWN BY	E.	DATE	3/10/78
CHECKED BY	K.S	DATE	3/12/78
SCALE	1:10		

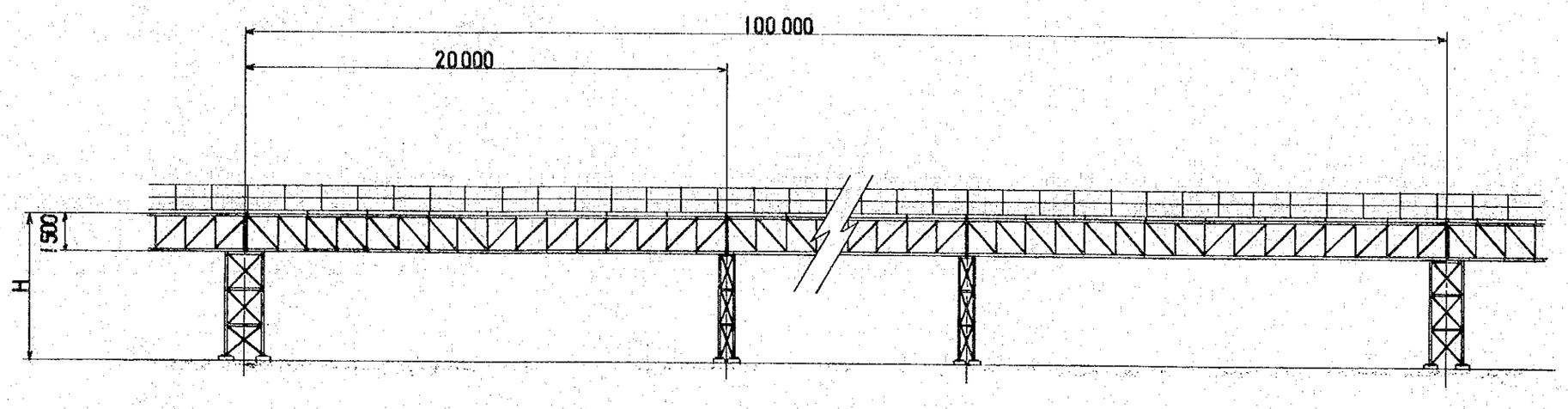


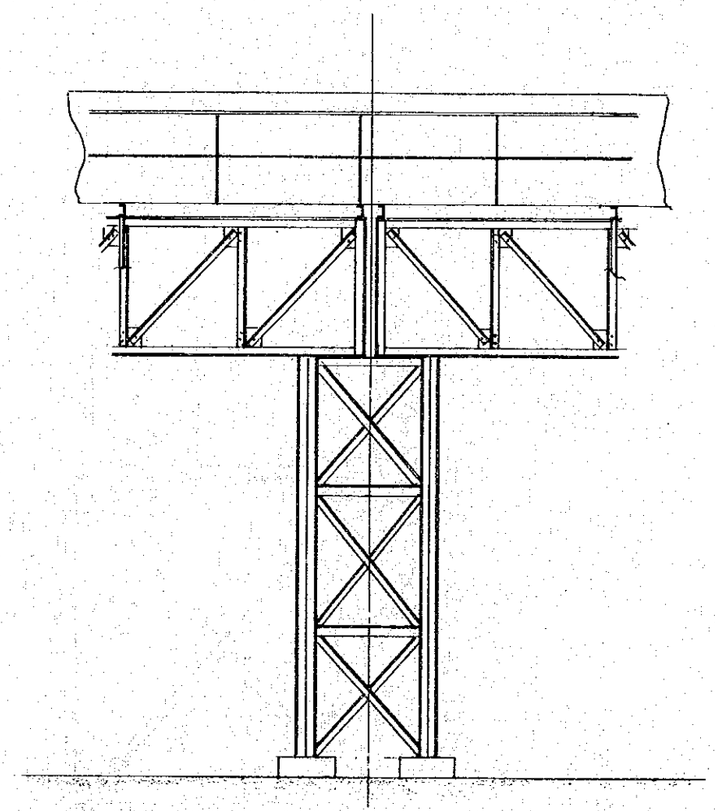
Location ; Point E F
Q'ty ; 1Set

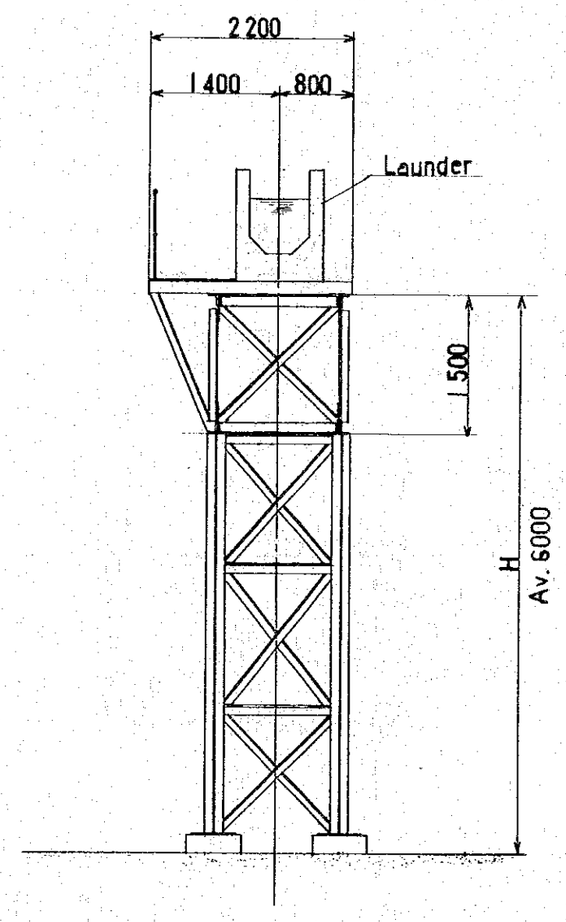
Fig. 7-3

UNDERGROUND FALL			
DRAWN BY	S. G	DATE	4/6/78
CHECKED BY	A. S.	DATE	4/6/78
SCALE	1:150		


PHILEX
400
3000
400
2500
400
4000
400
2000
400
Flowmeter
3200
4000
400
BCI
BMI
2500
300
300
2800
Screen
2400
1500
1800
2100
7900
2400
600
13500
Q'ty ; 1 Set
Fig. 7-4
Unit : mm
COMMON SUMP
DRAWN BY G DATE 3/17/'78
CHECKED BY H.S DATE 3/18/'78
SCALE 1:60







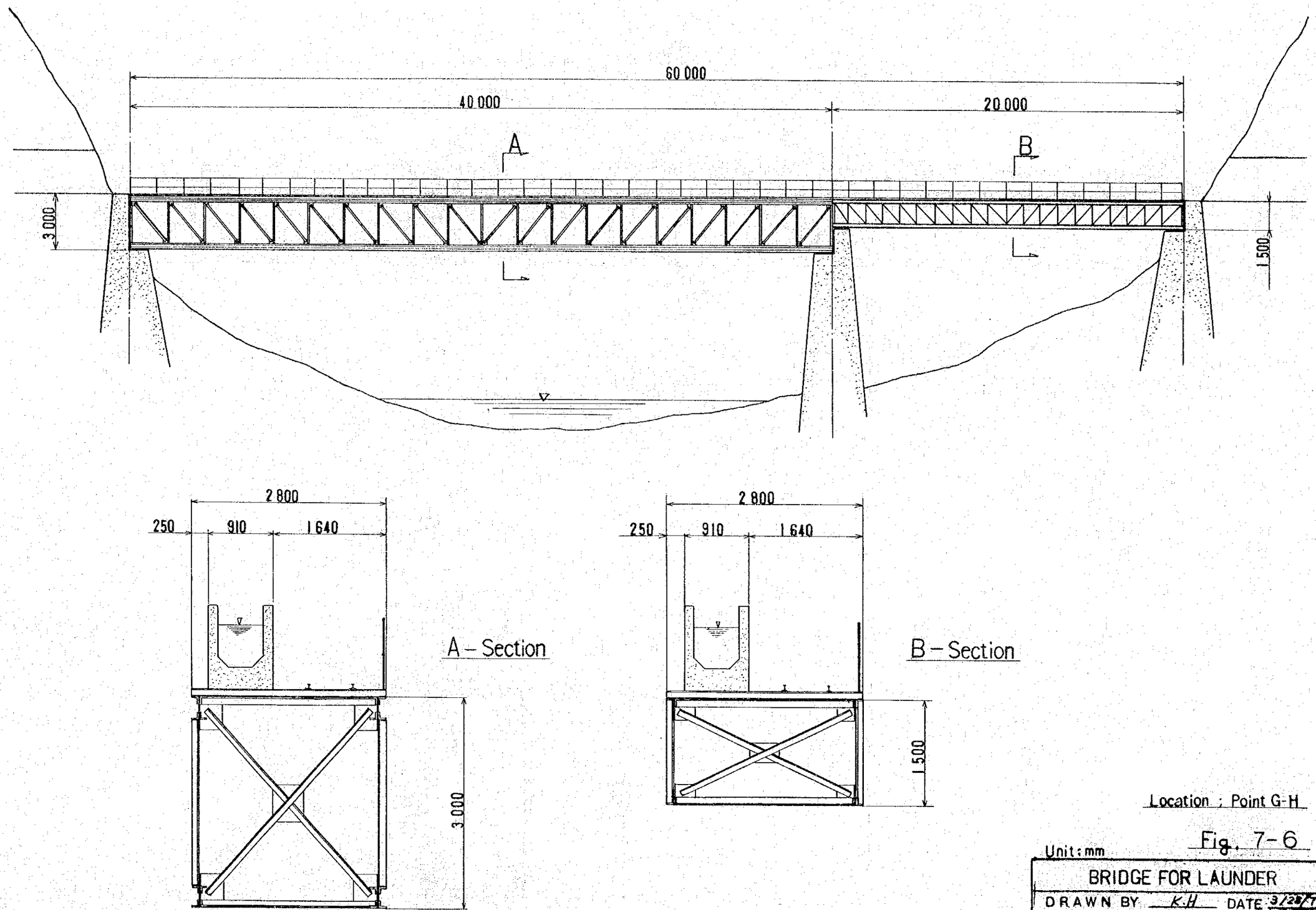
Location : WS -10

Unit : mm

Fig. 7-5

SUPPORT FOR LAUNDER

DRAWN BY	G	DATE	5/24/78
CHECKED BY	K.S	DATE	5/23/78
SCALE	1:200		1:60

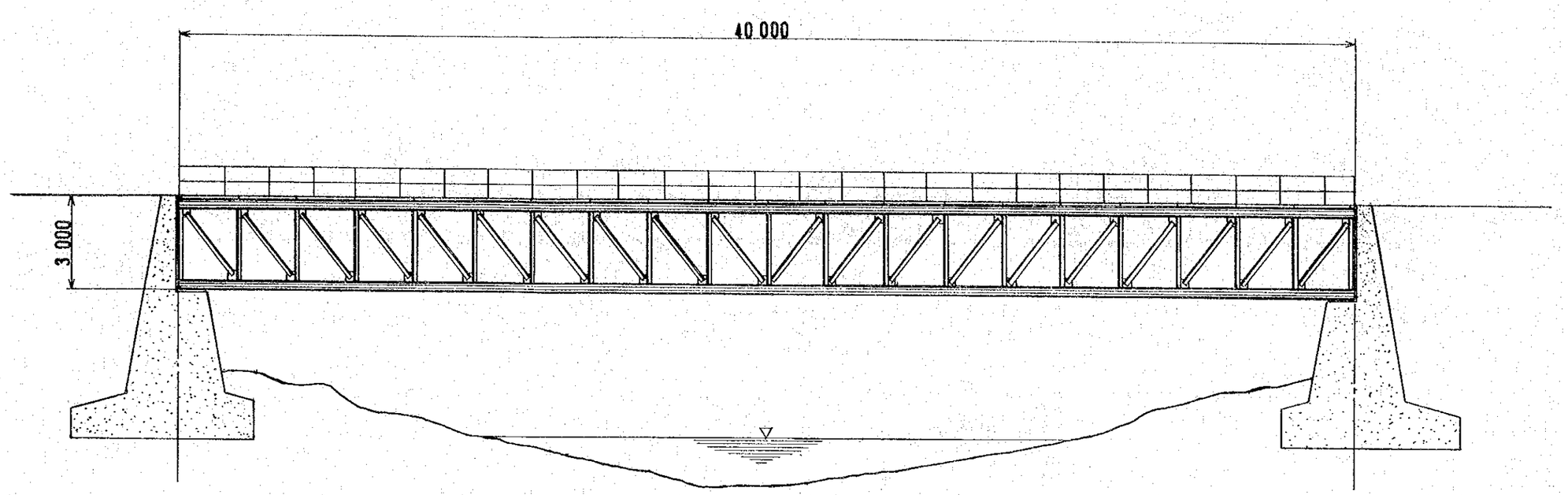


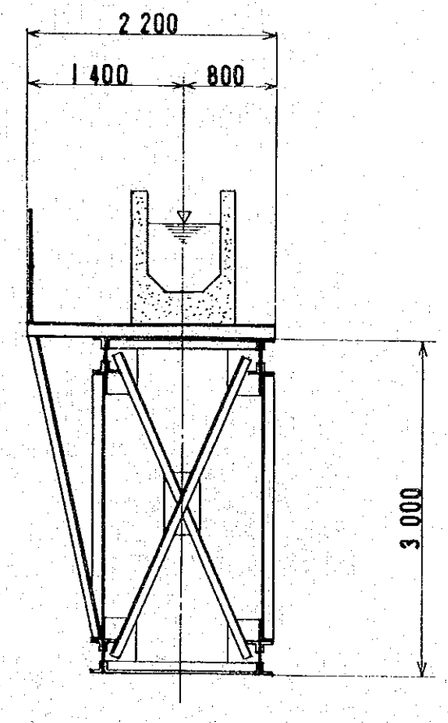
Location ; Point G-H

Unit : mm

Fig. 7-6

BRIDGE FOR LAUNDER			
DRAWN BY	K.H	DATE	3/28/78
CHECKED BY	K.S	DATE	3/29/78
SCALE	1:200		1:50

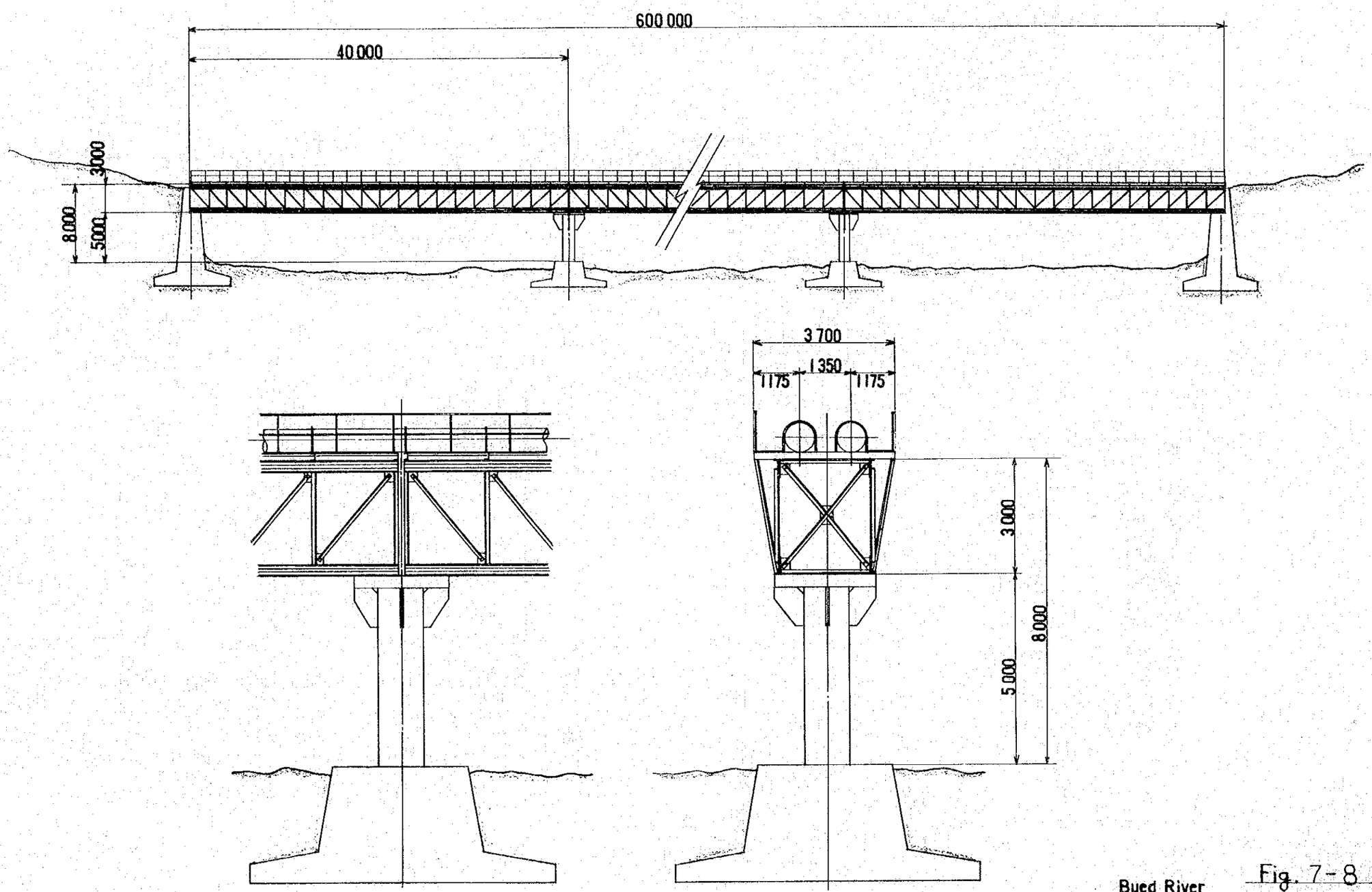




Unit: mm

Fig. 7-7

APANGAT RIVER BRIDGE			
DRAWN BY	K.H	DATE	3/28/'78
CHECKED BY	K.S	DATE	3/29/'78
SCALE	1:150		1:50



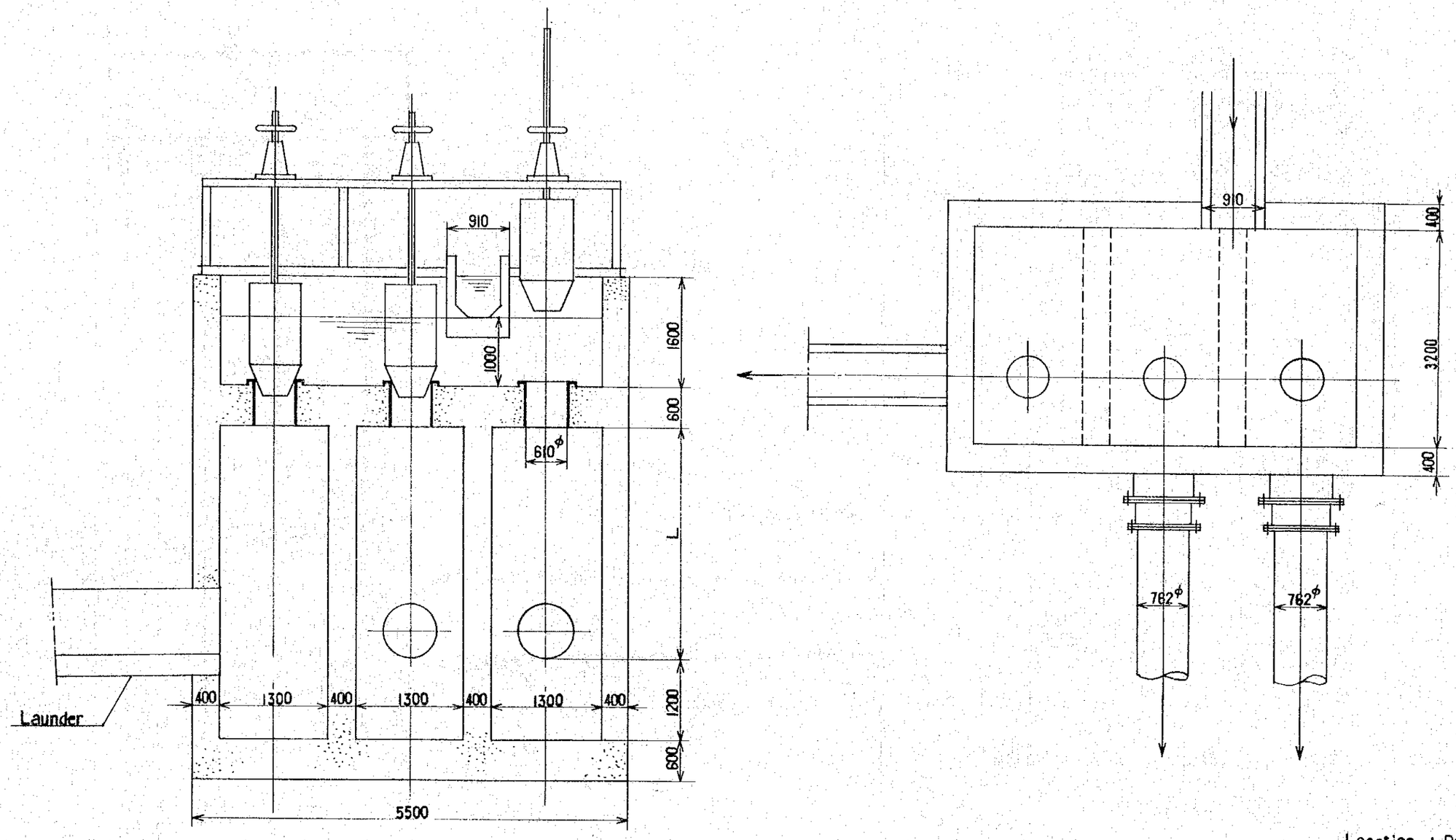
Unit : mm

Bued River

Fig. 7-8

BRIDGE FOR PIPELINE

DRAWN BY S DATE 3/25/78
CHECKED BY K S DATE 3/27/78
SCALE 1:400 1:100



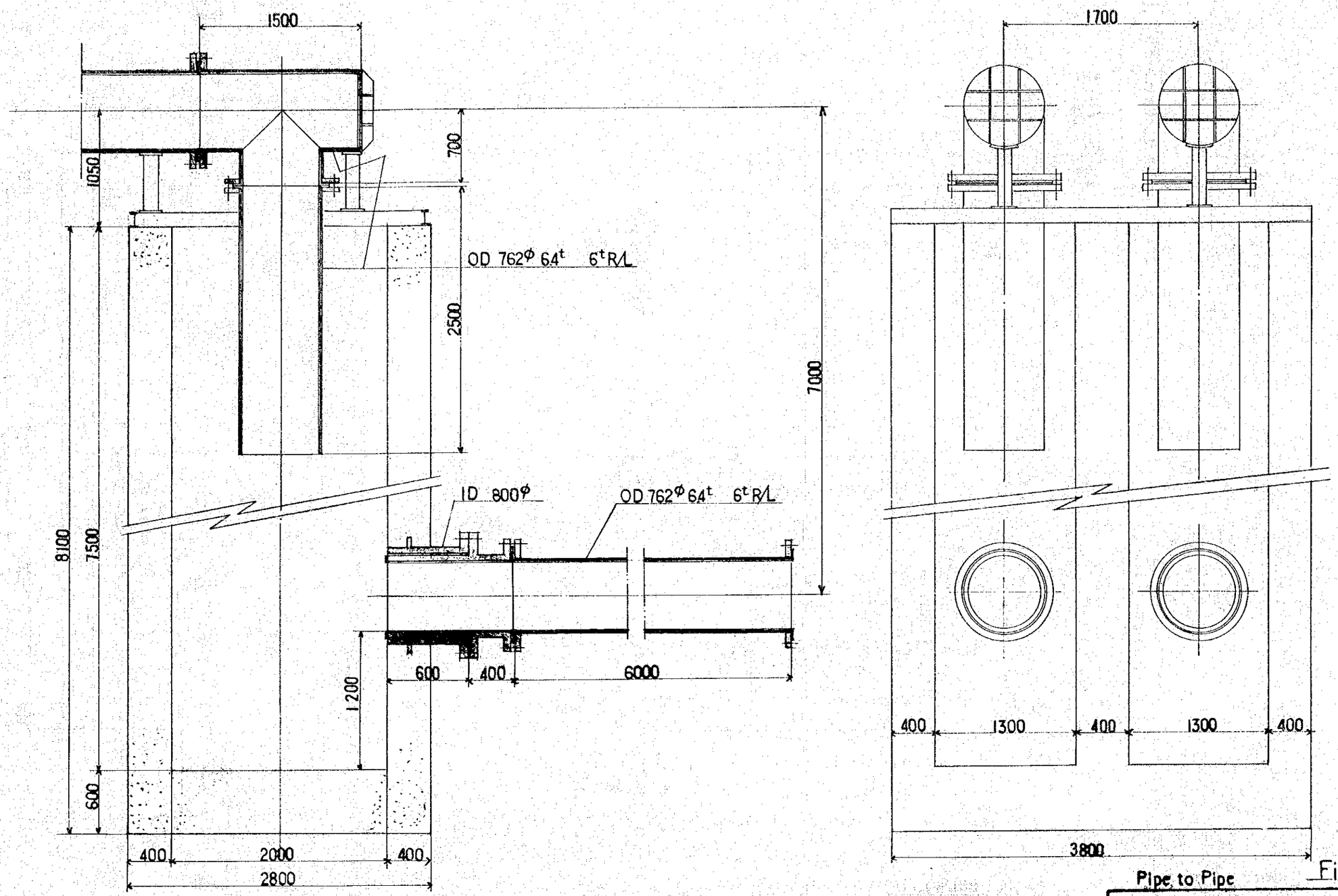
Location : Point K-J

Q'ty : 1 Set

Launder to Pipe Fig. 7-9

Unit : mm

DROP BOX	
DRAWN BY G	DATE 3/26/78
CHECKED BY K.S.	DATE 3/27/78
SCALE 1:60	



Pipe to Pipe

Fig. 7-10

Location ; Point K-J

Q'ty ; 6 Sets

Unit : mm

DROP BOX			
DRAWN BY	[illegible]	DATE	3/20/78
CHECKED BY	K.S	DATE	3/22/78
SCALE	1:25		

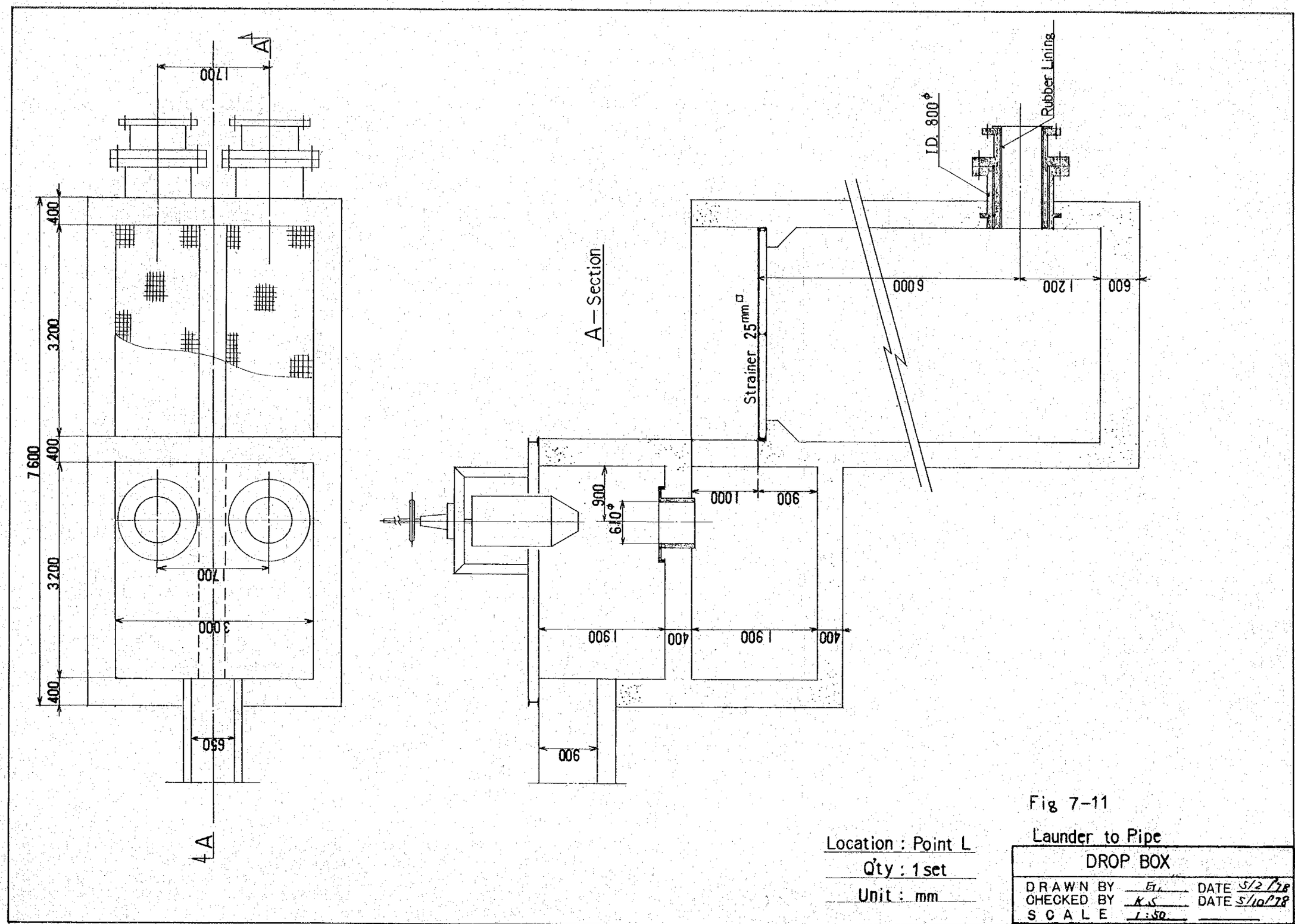


Fig 7-11

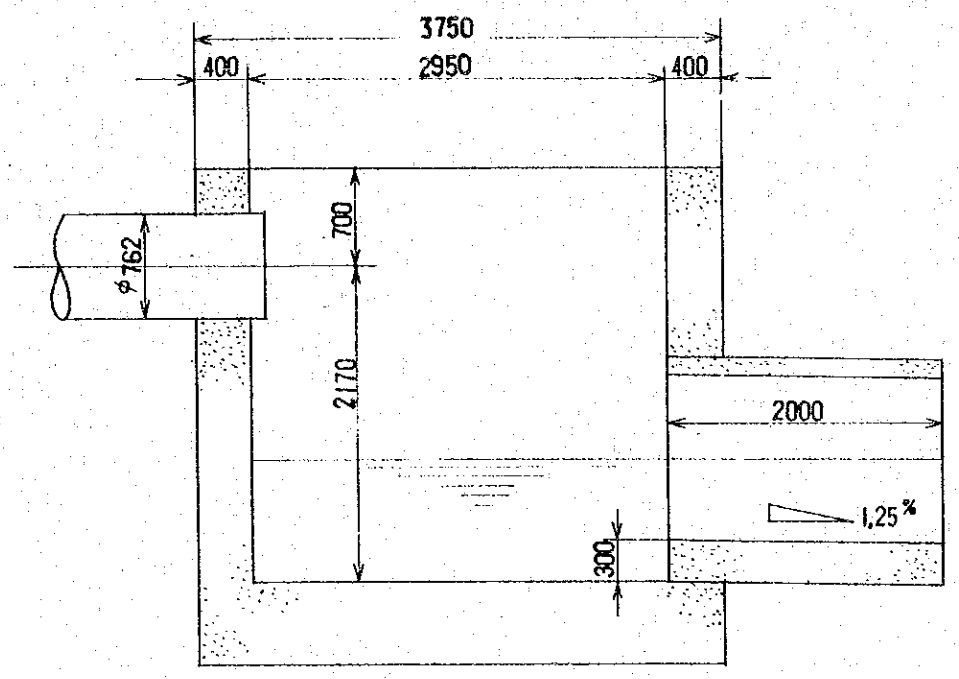
Launder to Pipe

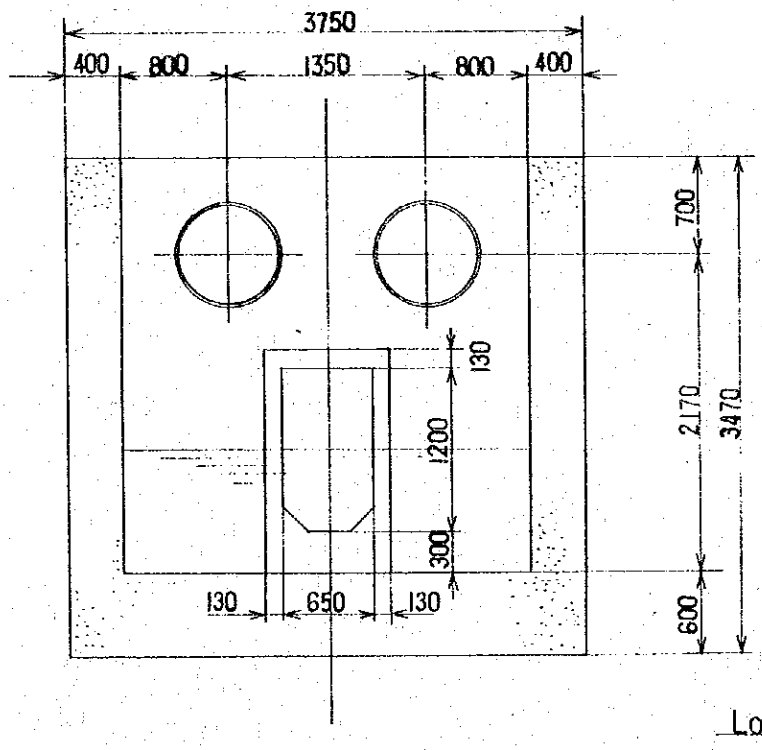
Location : Point L

Q'ty : 1 set

Unit : mm

DROP BOX			
DRAWN BY	E.L.	DATE	5/2/78
CHECKED BY	K.S	DATE	5/10/78
SCALE	1:50		





Location ; WS-10

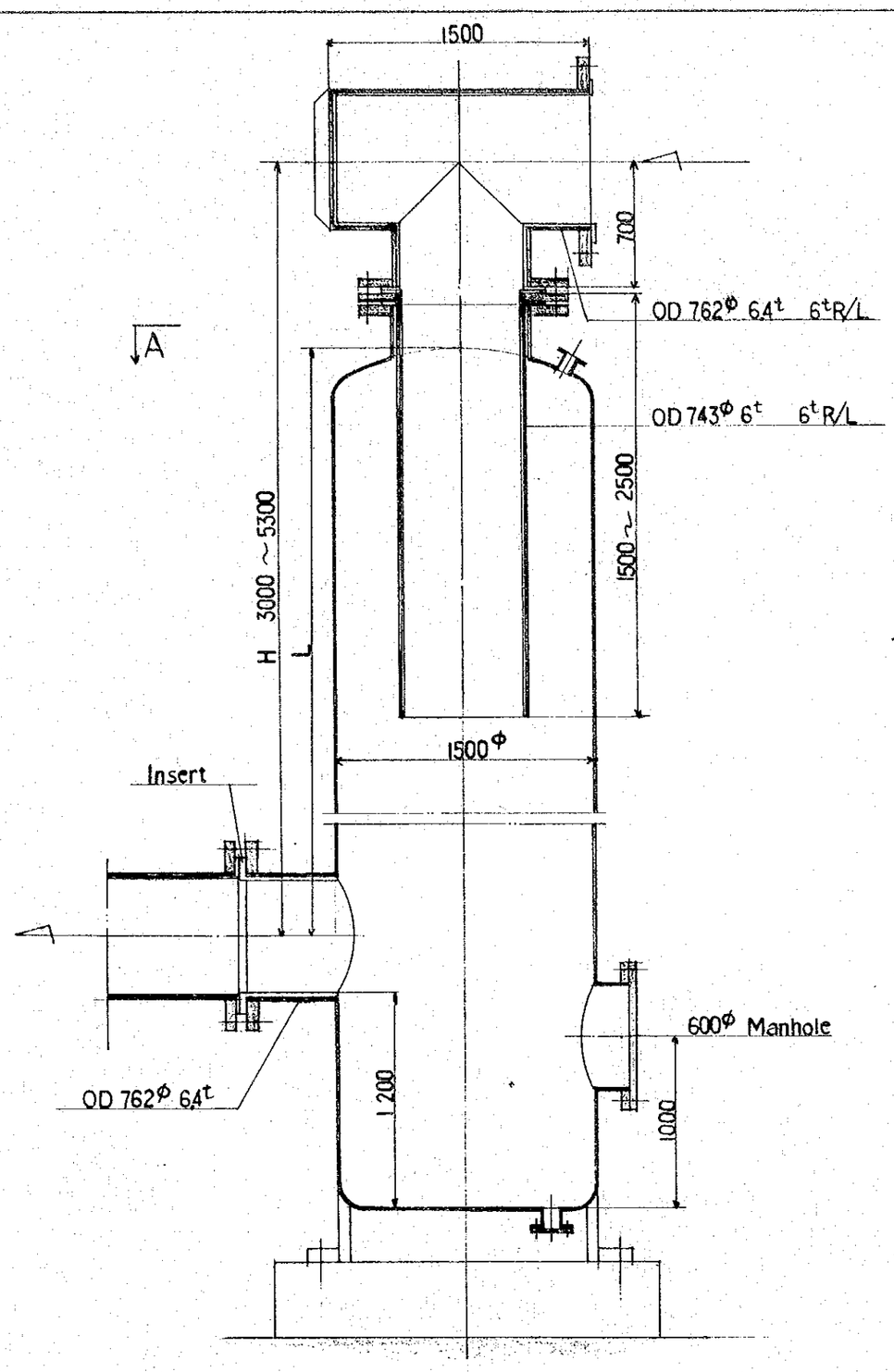
Q'ty ; 1 Set

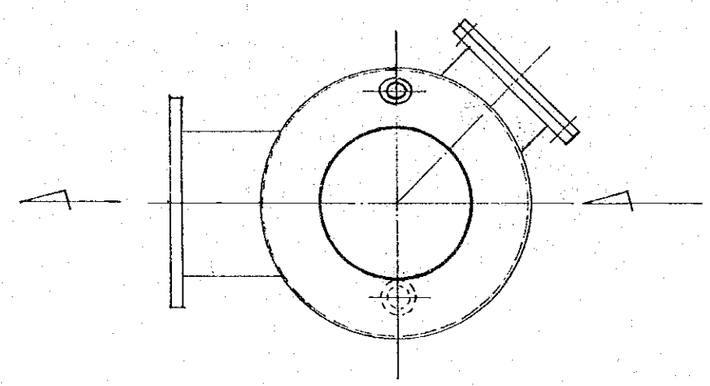
Pipe to Launder Fig. 7-12

JUNCTION BOX

DRAWN BY E.T. DATE 3/11/'78
CHECKED BY H.S. DATE 3/15/'78
SCALE 1:50

Unit : mm





A Section

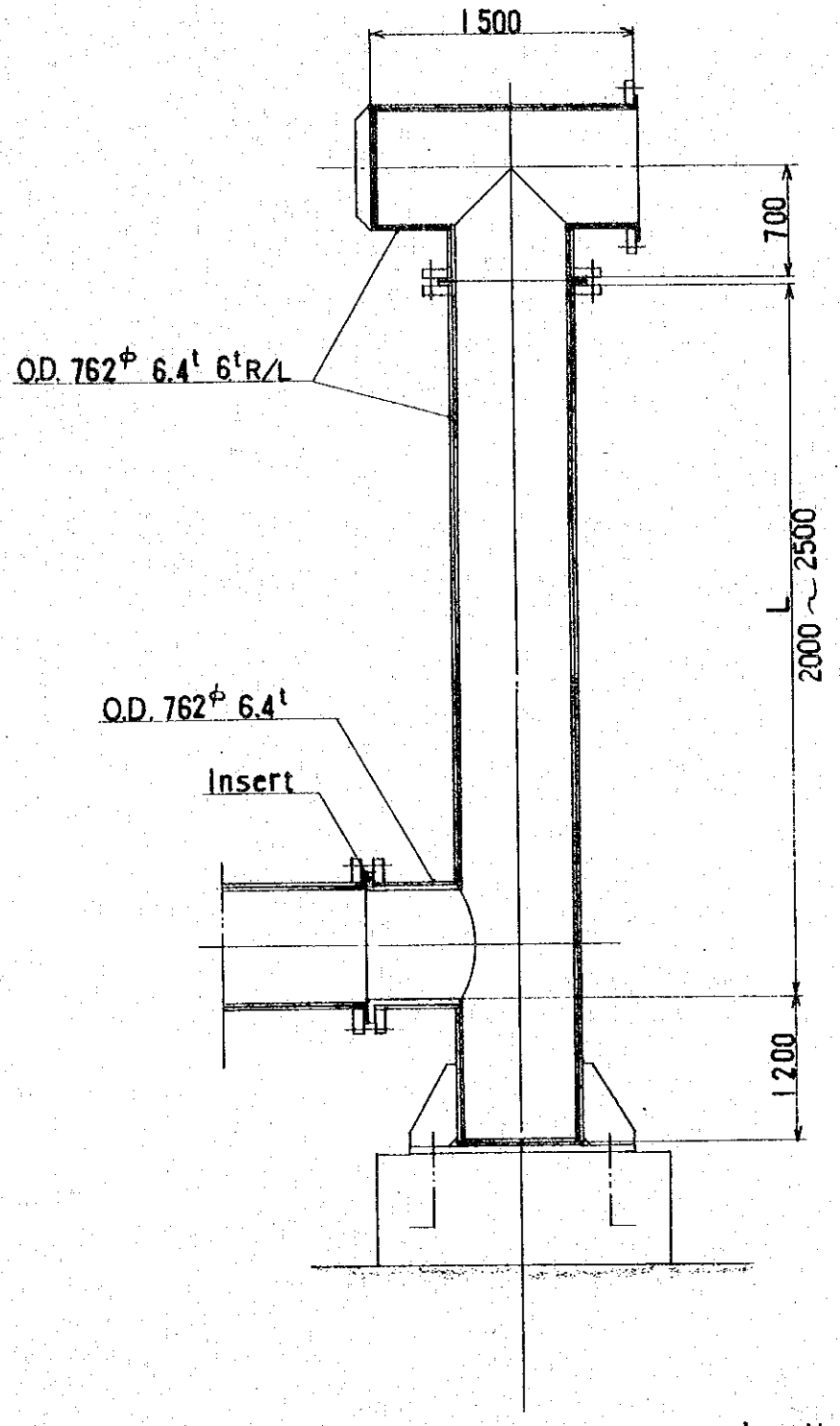
Location ; Point L , WS-11

Q'ty ; 22 Sets

Unit : mm

Fig. 7-13

DROP TANK			
DRAWN BY	G	DATE	3/18/'98
CHECKED BY	K.S	DATE	3/17/'98
SCALE	1:30		



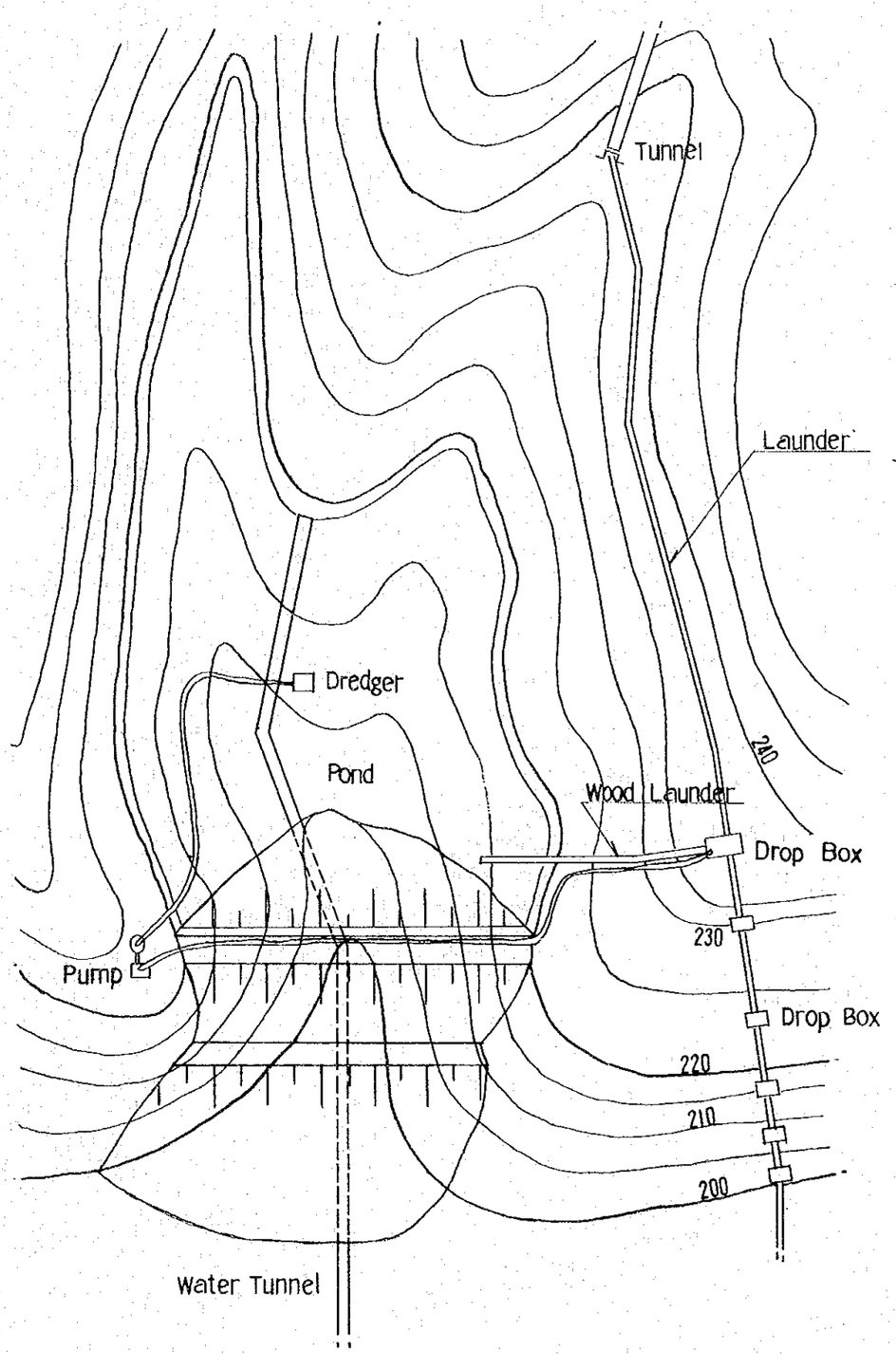
Location : WS-12

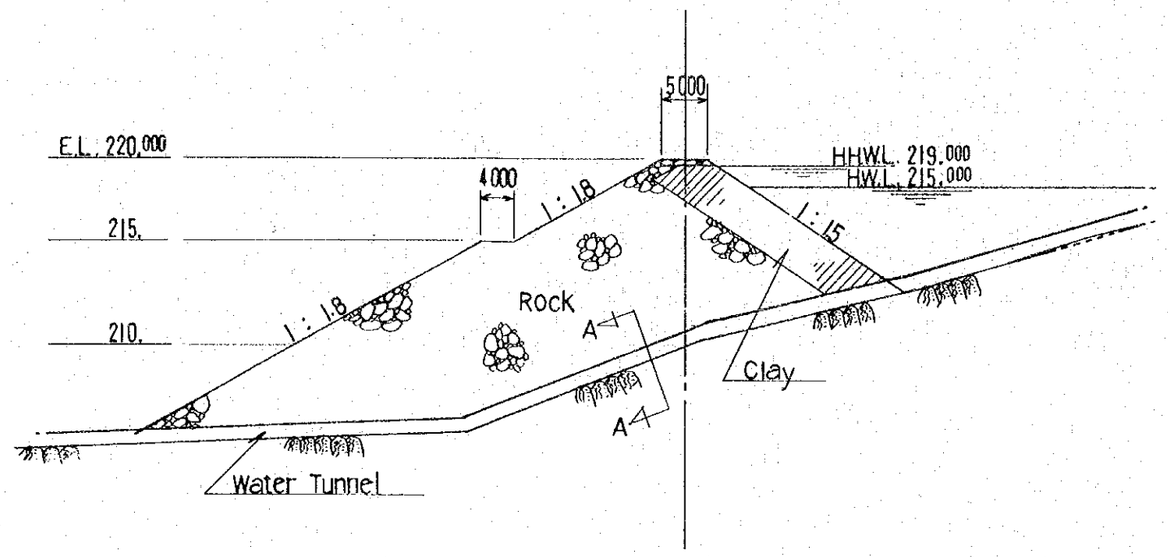
Q'ty : 26 Sets

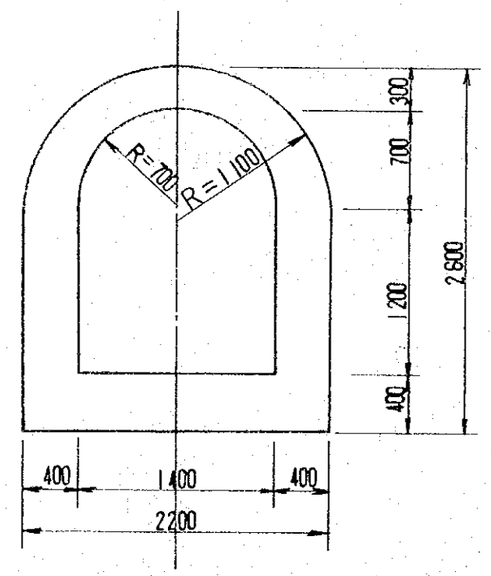
Fig. 7-14

Unit : mm

DROP PIPE			
DRAWN BY	G	DATE	3/19/'78
CHECKED BY	K.S	DATE	3/21/'78
SCALE	1:40		







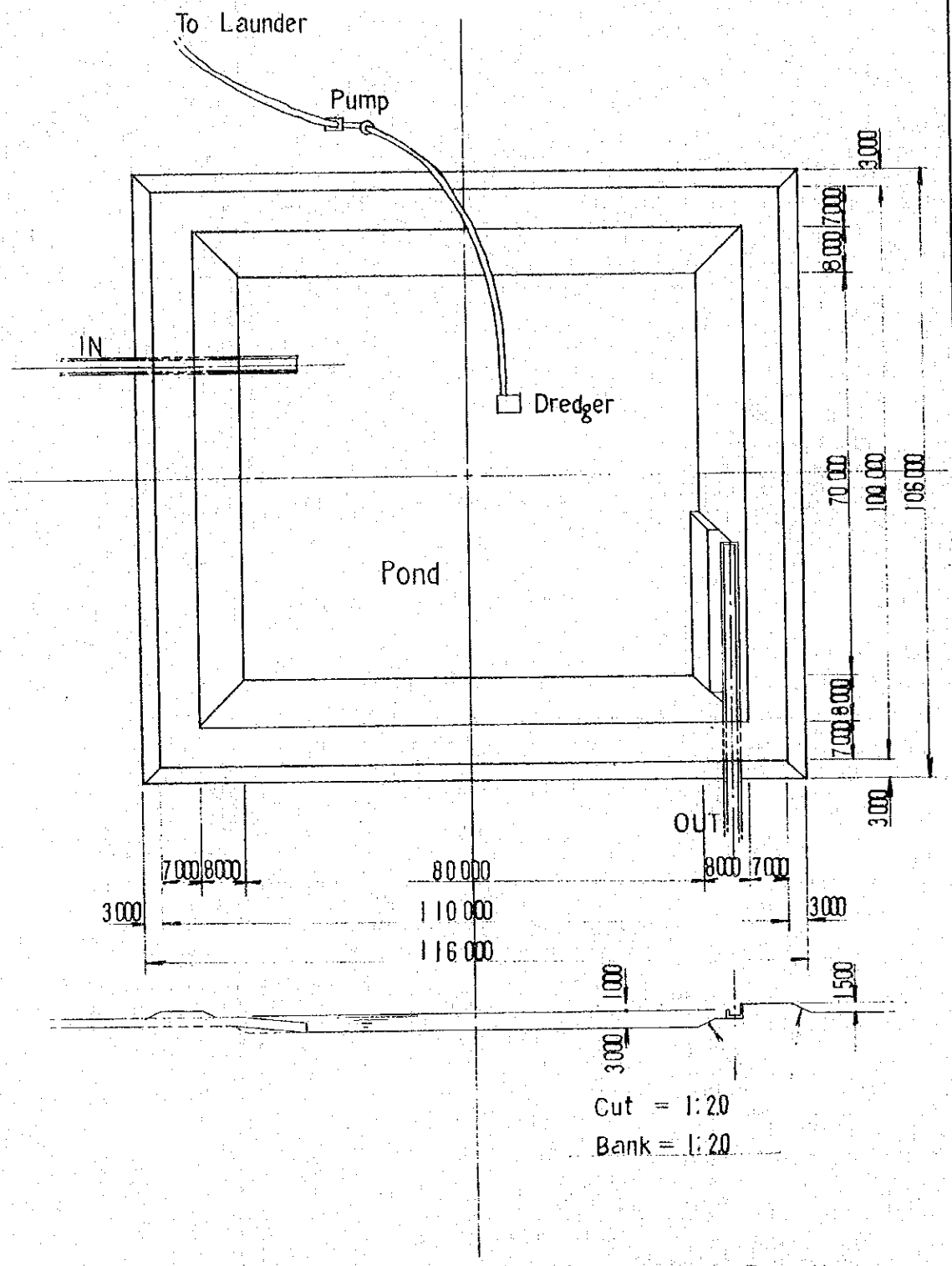
Section A—A
Q'ty : 1 Set

Fig. 7-15
Location , Point K-J

Unit: mm

EMERGENCY POND NO.1

DRAWN BY S. I DATE
CHECKED BY E. H DATE
SCALE



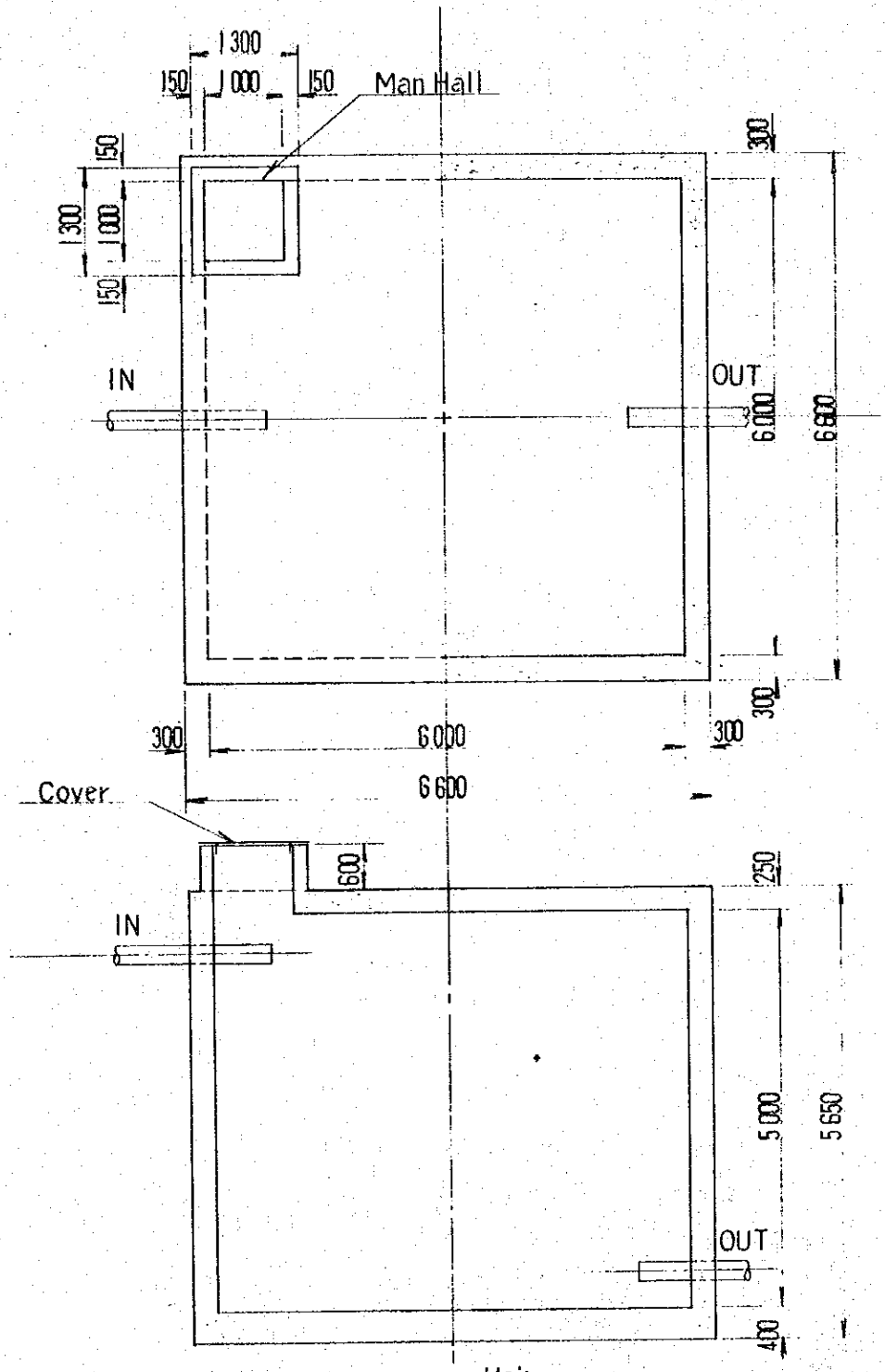
Location : near Point N

Qty: 1 Set

Fig. 7-16

EMERGENCY POND NO. 2	
DRAWN BY S.T	DATE 3/30/78
CHECKED BY F.H	DATE 3/30/78
SCALE 1:200	

Unit : mm



Unit: mm

Fig. 7-17

Location ; Point L

Q'ty ; 1 Set

EMERGENCY WATER TANK	
DRAWN BY S. T	DATE 9/29/78
CHECKED BY F. H.	DATE 9/30/78
SCALE 1:80	

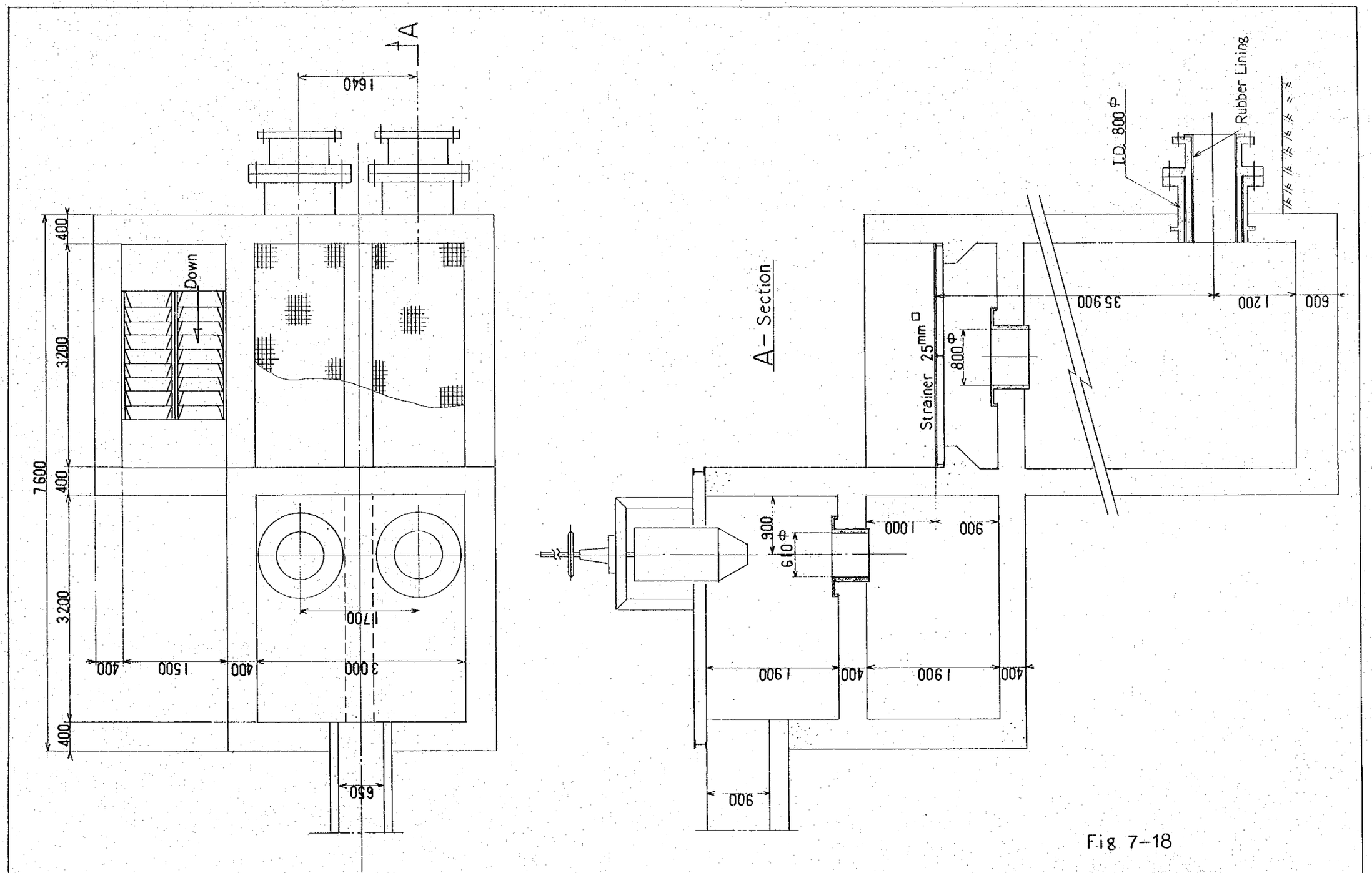


Fig 7-18

Location : Point N-O

Qty : 1 set

Unit : mm

UNDERGROUND FALL AT THE POINT N-O	
DRAWN BY ET	DATE 5/9/'78
CHECKED BY K.S	DATE 5/10/'78
SCALE 1:50	

第 8 章

トンネル計画工事

第８章　トンネル工事計画

8.1　トンネル掘さく方法

8.1.1　ま　え　が　き

前述したように，山岳部のトンネル工事区間を７工区に分割して１工区の最大掘さく長さを2.5Km以下にすることにした。山岳部のトンネル工事は月間の平均掘進長を１００ｍ以上にしなければ，トンネル掘さく期間を２年以下にすることは出来ない。この掘進スピードは普通のやり方では，達成することの出来ないスピードである。また，同時に多数のトンネル掘進をするのであるから，これに必要とするトンネル労働者の数は相当数にのぼり，その中には未熟練のものが多数混じることは覚悟しておかなければならない。

勿論，就業に先立って訓練を実施するので，ある程度の技術レベルは，確保されるが，掘進設計に際しては，極端に熟練を必要とする技術の採用は避けた。

掘さくの教育はすべて標準化された計画でなされるべきである。

掘進機器の能力にバランスをとり，特に設備投資が過大とならぬよう高価な設備を採用することは避けた。また，使用機器，工法によっては，トンネル内にロンダー設置に必要な断面以外に拡巾部を設けたり，分岐部分を設ける必要のあるものがある。これらを採用することは，掘さくコストの増大，工期の延長を来たすので，採用を避けた。

基本的には，トラックレス工法と軌道工法のいずれを採用するかの問題がある。必要断面が比較的小さいことと，勾配が1.２５％で軌道方式による掘進が適当のため，大断面を必要とし，トンネル開さくコストが割高となるトラックレス工法は，採用しないことにした。

計画は，月間稼動日数２５日，１日３方，１方の実働時間８時間で実施した。

山岳部のトンネルの岩質は，Camp ４附近がMetavolcanicsで他の部分はConglomerate と Limestone である。Tab. 7−1 にトンネルの推定支保率を示すが，無支保またはショットクリートの部分が相当大きい比率を占める。したがって，研取りおよび穿孔時間の長短が掘進スピードに大きく影響する。この計画では研取り時間の短縮と発破後の消煙時間の短縮に重点をおいた。

8.1.2　掘進機器および附属設備

掘進１フェースにつき次のものを準備する。

(1)　取り機械

- 太空６５０型ローダー
- 太空Secondary rail conveyer loader（以下SRC型コンベヤーローダーと略記）
- 1.6 m^3 グランビー型鉱車６輛＋４ｔバッテリーロコ

・ レール，ゲージ

１５Kgレール，ゲージ６１０㎜

(2) さく岩，発破機器

・ さく岩機は大型レッグドリル

・ 圧気および用水管

圧気管：５吋径　ガス管，継手はVictaulic joint type

用水管：２吋径　ガス管　　〃

(3) 通気設備

ターボブロワー：５００㎜水柱×２２０m³／分×３７KW吸い出し方式

風　管　　：６００㎜φスパイラル鋼管　５m／本

(4) ディーゼルエンヂン式コンプレッサー

・ １７０HP×１７.０m³／分（７㎏）

(5) ディーゼルエンヂン式ジェネレーター

・ 上り掘進用：１２５KVA ×１５０HP

・ 下り掘進用：２００KVA ×２４３HP

8.1.3. 掘進機器の説明と選定理由

(1) 研取り機械

Fig. 8−1に太空６５０型ローダーとＳＲＣ型コンベヤーを組合せた掘さく図を示す。

６５０型ローダーの仕様をTab. 8−1に示す。このローダーの特長は研取り巾が3,100㎜と大きいため，トンネルの両側に研を残すことなくさらえることが出来る。バケット容量0.3m³程度の普通のマインカーローダーでは，研取り巾は最大2.５０m前後のため，トンネル床面のすみにとりのこしが出来，これをさらえるため人力が必要になる。さらに，このローダーは，両フランヂ付の巾広車輪を使っているので切羽引立の軌道延長が容易で短時間で出来る特長を持っている。

以上の理由と，ＳＲＣ型コンベヤーとの能力がバランスしていることから６５０型ローダーを採用した。

ロンダーを設置して，その横にパトロールのためミニロコを通過させる空間を確保するに必要なトンネル断面は2.8m×2.5m（巾×高）である。

したがって，これ以上大きな断面のトンネルを掘さくすることは避けなければならない。

掘進に必要な断面も，この方法となるよう計画した。このトンネル断面は単線トンネル断面であり，鉱車を１車毎に入れ替えする方式は，研処理能率が上がらないため，ＳＲＣ型コンベヤーローダーを採用することにした。

ＳＲＣ型コンベヤーは使用する鉱車の寸法によって，その断面寸法が変化する。鉱車の容

量として2.0 m^3 を採用したかったが，これではトンネル断面が必要断面より大きくなることから1.6 m^3 鉱車を採用した。

Fig. 8−1 の SRC型コンベヤーローダーは，1.6 m^3 鉱車6輛用のもので全長21.7 mである。1.2 mの掘進発破の砕を2列車で処理することが可能である。

SRC型コンベヤーローダーは，Fig. 8−1のようにコンベヤー，本線レールの上にのるセカンダリーレール，コンベヤーを支持する支持台から成っている。鉱車はセカンダリーレールの上にのる構造となっている。ベルトコンベヤーの駆動は7 HPエヤモーターで実施する。積込み時，操作員1名が必要となる。このコンベヤーローダーの利点は，シャトルカーに較べて安価で，機構が簡単のため故障が少なく，シャトルカーとほぼ同等の砕処理能力があることである。価格は，シャトルカーの約1/4，鉱車を含めても約1/3 の投資ですむ。

欠点としてはシャトルカーの曲率半径が約20 mであるのに対し，Fig. 8−1のコンベヤーローダーのそれは100mであり，カーブの多いトンネルには採用しがたいことである。山岳部のトンネルには6ケ所のカーブがあるが，すべての点で100mの曲率半径がとれることから，このコンベヤーローダーを採用することにした。

単線トンネルの鉱車入れ替え方法として，カーパッサー，チェリーピッカーがあるが，いずれも50〜100mごとに鉱車入れ替えのため4 m×1.5 m×2.5 m（巾×長×高）の余分な掘さくが必要であり，かつ鉱車の入れ替えに時間がかかることから採用しなかった。

鉱車を牽引する機関車には，ディーゼル機関車とバッテリー機関車の2種類がある。ディーゼル機関車は，経済的に有利であるが排気ガス中に含まれる一酸化炭素を無害な濃度にまでうすめるために，通気に充分留意する必要がある。一般に短少でトンネル断面の大きいトンネルには，ディーゼル機関車が使用される。今度のトンネル計画は，トンネル断面が小さい長大トンネルのため，ディーゼル機関車の採用は考えられず，バッテリー機関車を採用する。

バッテリー機関車の大きさは，1.6 m^3 グランビー鉱車6輛に砕を積んで走行するときに最大牽引力を必要とする。計算結果から，上り下り勾配のいずれでも4 tバッテリー機関車を採用する。

これらの機関車が安全に走行出来る軌道として，15 Kgレールを採用する。レールゲージは610 mmとする。

この軌道は，トンネル掘さく完了後，平行移動して布設替えをし，トンネル内をパトロールするミニロコの軌道として活用する。

(2) さく岩，発破機器

穿孔機として，大型のレッグドリルを採用する。穿孔にドリルジャンボを採用することも検討したが，SRC型コンベヤーローダーは，曲線部の走行に問題があるので，その都度，

坑外にコンベヤーローダーを搬出することが出来ないことが判明した。また，トンネル内でコンベヤーローダーを退避させるには，500mごと位に全長30m位の複線部を設ける必要がある。このことは，掘さく費のアップと工期の延長を意味する。

さらに，ドリルジャンボは2連装のものが適当であるが，準備，後仕末に割合時間を必要とするので，極端にさく岩時間を短縮することにならない。

ドリルジャンボのメリットは，1発破の掘進長を大きく出来ることにあるが，後述するように，サイクルタイムの関係等から，ショートステップ工法を採用することにしたので，ドリルジャンボのメリットが生かされない。

以上のような理由から，穿孔にレッグドリルを採用した。

装薬には，一般に鉱山で使用されているダイナマイト，雷管にはデシセコンド雷管を採用する。

圧気管として5吋ガス管を採用する。圧力7Kg／cm²，20m³／分の圧気を2.5Km送るための圧力損失は0.2Kg／cm²である。これに対し，同じ条件で4吋ガス管の圧力損失は，0.7Kg／cm²と大きい。

7.3で提案したように，トンネル掘さく完了後，この圧気管を下流側の水タンクへの給水管として，また，かんがい用の配水管として流用することが予想される。Fig. 4のポイントHで取水し，ポイントNまで送水する場合5吋パイプで1,000t/日，4吋パイプで650t／日の送水が可能である。圧力損失が小さいこと，送水能力が大きいことから5吋ガス管とした。スパイラル鋼管は，耐久性に問題があるので採用しない。

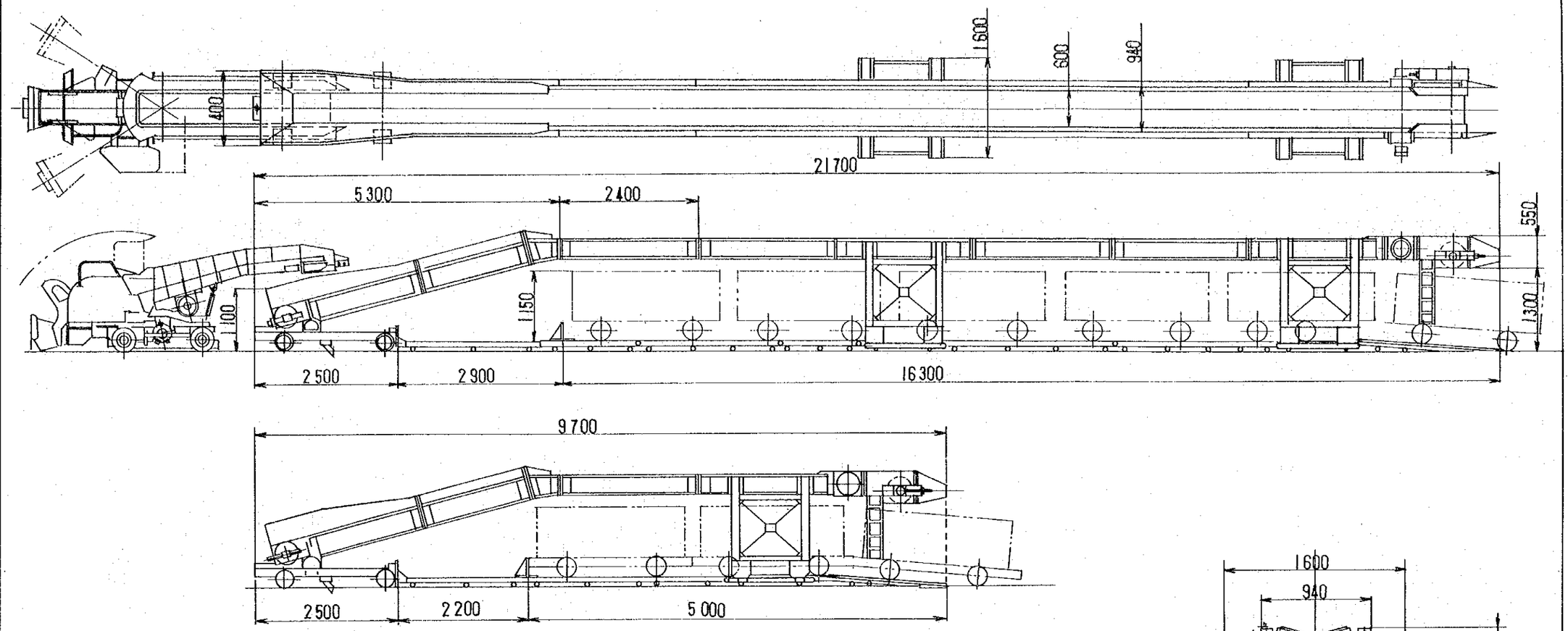
パイプの継手は，施工が迅速に出来るという利点から，ビクトリック型のジョイントを採用する。

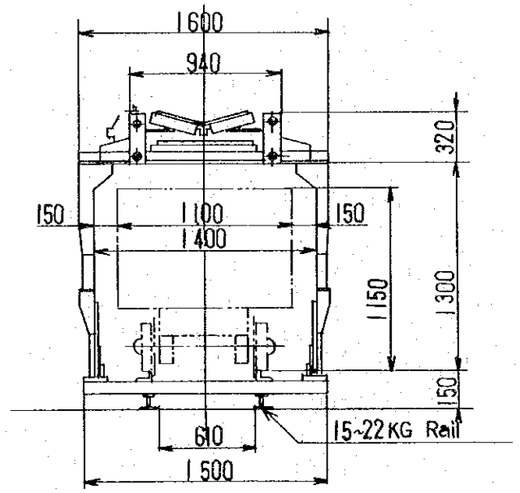
(3) 通気設備

長大トンネルでは，切羽先端の作業環境を良好に保ち，発破後の消煙時間を短縮することが掘進スピードに大きく影響する。このため，通気問題については特に慎重な計画が必要である。

扇風機の型式には，いろいろのものがあるが，一般に使用されるのは，プロペラ型扇風機である。このタイプのものはコンパクトで，取扱いが容易であるという利点があるが，通気圧が小さい欠点がある。したがって，高水柱を必要とする所では，これを直列に何台も配置することになる。トンネルの掘さく長は，最大2.5Kmであり，トンネル内に扇風機を配置することはそこまでの配電線中の電圧降下を防ぐために相当太いケーブルを使用する必要がある。

以上のことから，坑口に1台扇風機を設置して，これでトンネル全掘進長の通気を実施する方法が望ましい。この考え方に適合する型式は，ターボブロワーしかないので，これを採





SPECIFICATION		
UNIT	Length	21700 mm
	Width	1600 mm
	Height	1850 mm
BELT	Width	600 mm
	Air Motor	SPS Air motor
	Speed	25 M/MIN
Air Inlet P.T		PT 1 1/2"
Used Air Press		5 KG/CM²G
Loading Capacity		100 TON/H
Used Rail		610 mm 15~22 KG
Sistem		Secondary ran
Used ore Car		1.6 M³
Noot ore Car for one train		6 Cars
Net Wt.		5000 KG

Unit : mm

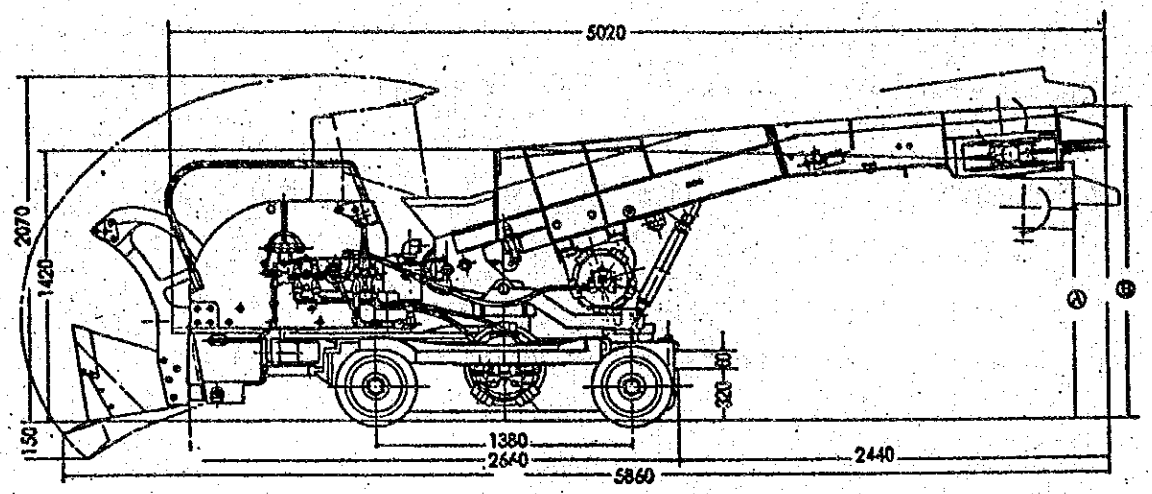
Fig. 8-1

650 TYPE LOADER
SRC CONVEYOR LOADER

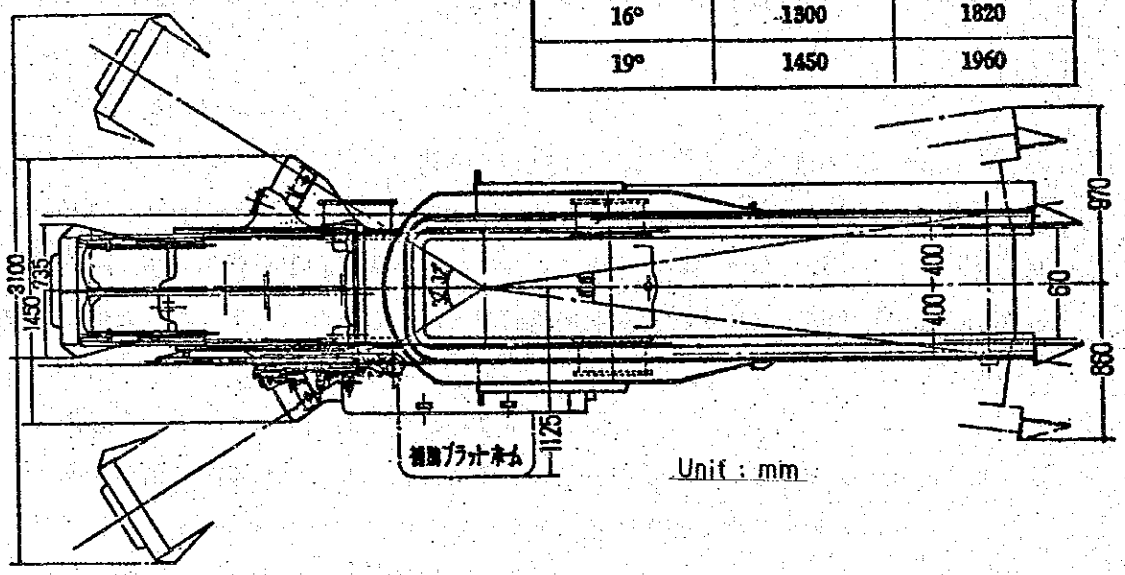
DRAWN BY EJ DATE 6/23/78
CHECKED BY H.S DATE 6/23/78
SCALE

Table 8 – 1

TAIKU LOADER, Model 650



Conveyor angle	Ⓐ Loading height	Ⓑ Total height
14°	1200	1740
16°	1300	1820
19°	1450	1960



SPECIFICATIONS

Total length mm	5860	excluding length of bucket 5100	Conveyor length mm		4080
		total length of frame body 2660	Conveyor belt width mm		610
Total height mm	1820 (Conveyor angle 16°)		Conveyor speed m/min		45~50
Total width mm	1450		Air pressure to be used kg/cm²		5
Height of headroom mm	2070		Prime motor (Air motor)	for traveling 1 unit 12 Ps	
Height of loading mm	1300 (Conveyor angle 16°)			for bucket operation 1 unit 8.5 Ps	
Wheel base mm	1380			for conveyor 1 unit 6 Ps	
Rail gauge mm	610 (exteded rail outside 930) 508 (〃 830)			for turning 1 unit 3 Ps	
Width for clean up mm	3100		Air consumption m³/min		7~12
Bucket capacity m³	0.30		Air hose size in		1~1½
Loading capacity m³/min	1.6~2.2		Total weight kg		5000

用する。

トンネル内に設置した風管の先端での有効風量は，種々の条件を勘案して１６０～１８０m³／分位が望ましい。風管途中の漏気を考えると，２００～２５０m³／分程度が扇風機を通過する風量となる。

扇風機を通過する風量を２００m³／分とし，風管延長を2.0Kmとすると，風管径と所要通気圧の関係は次のようになる。

７００mmφ	２６０mm水柱
６００〃	５００〃
５００〃	1,２５０〃
４５０〃	2,２００〃

ターボブロワーのヘッドは，１台で1,０００mm 水柱以上のものまで製作可能であるが，高圧型のものは，漏気量が増大するという問題がある。一方，風管径を大きくすれば，通気圧は小さくなるが，トンネル掘進の必要断面は大きくなる。以上のことから，６００mmφ の風管径を選定した。

ターボブロワーの能力としては，５００mmAq×２２０m³／分×３７KW を選定した。

通気を考えるときに，吹き込みにするか，吸い出しにするかの問題を検討しておく必要がある。吹き込みは，風管の単価が比較的安いという利点はあるが，発破による煙がトンネル内を流出するので，消煙に時間がかかるという欠点がある。また，外気温より岩盤湿度の方が低いと考えられるので，吹き込み式では作業場の温度が上昇して作業環境が悪くなる可能性もある。

吸い出し方式の利点，欠点は，上記のまったく逆になる。

急速掘進を指向するためには，発破の消煙時間を短縮することが絶対的に必要であることと，後述するように，吸い出し式の風管が比較的安く入手出来る方法があることが判明したので，吸い出し式を採用することにした。

吸い出し方式の風管には，バキュームがかかるので，吹き込み式のそれに較べて割高のものになる。即ち，ビニール系の布で，風管を作る場合はサクションがかかったとき，つぶれるのを防止するため１０cmピッチに，太いピアノ線を入れるのが普通である。このような構造にしても，サクションがかかったとき，やせ馬となって通気抵抗が５０％位増大するのが普通である。

もう１つの方法は，スパラル鋼管を使用することである。これは，0.６mm程度の肉厚の帯鋼の両端を加工して，スパイラル状に成形して円形鋼管を作る方法である。鋼管の長さは，自由に変えられる。トンネル全長が１６.８Kmあるので，加工機械（機械一式の単価は P １５０,０００）を一式購入して現地で加工すれば比較的安い単価で製作可能である。ピアノ

線入りの風管の約６０％位の単価になると推定される。

以上のことから，風管としてスパイラル鋼管を採用する。

(4) 排水設備

トンネル計画で最も予測しにくいのが湧水量である。上り勾配のトンネル掘進では湧水は自然排水されるので，問題はない。ただ，坑口附近に清澄池を設けて沈砂させたあと，放流する措置が必要である。下り勾配トンネルの途中で出る水は，集中して水中電動ポンプで排水する。また，作業場の排水は，空動のサンプポンプで実施する。

下り勾配のトンネル掘進で最も湧水量の多いのは第１工区と考えられ，総湧水量は 2.5 m^3 ／分と推定する。次に多いのは石灰岩地帯を通過する第３工区で，1.0 m^3 ／分，他の下り掘進の工区は 0.5 m^3 ／分以下と推定される。

トンネル掘さく予定位置附近では，現時点で高圧電源を入手することが出来ない。また，トンネルの掘さくを完了すれば，動力は殆ど必要としないことから，動力はすべてディーゼルエンヂンに上って，供給する計画とした。また，各工区共，同一型式のものを使用して部品の互換性をもたせる計画とした。

ただ，Kennon 道路ぞいに高圧線を布設するデスクプランがあると聞くので，実施計画の際に電力が入手出来る見通しがあれば，いずれを採用するのが経済的かの検討を行う必要がある。

(5) コンプレッサー

掘進サイクルの各ステージにおける空気消費量は次の通りである。

(i) 研取り

太空　６５０型ローダー	７～１２ m^3／分	
コンベヤローダー	３～　４	〃
	１０～１６	〃

(ii) さく岩

１台当り　3.8 m^3／分×3台＝１1.4 m^3 ／分

研取り時の圧気使用量が最も大きい。この消費量に合わせて，次の仕様のものを選定する。

機関出力	１７０HP
吐出量	１7.0 m^3／分（7 Kg／cm^2 ）
重量	4.00 t

(6) ジェネレーター

電力で最も消費量の大きいのは，３７KWターボブロワーである。この他に，トンネル内の照明，坑外での蓄電池式機関車の充電，その他がある。下り勾配のトンネル工区では，更にこの他に排水用ポンプの電源が必要となるが，その所要動力は，第１工区で２０KW程度と

推定される。

上り勾配トンネル工区のディーゼルエンヂンジェネレーターとして，次のものを選定する。

電　　圧	220V
出　　力	125KVA
電 流 量	328A
機関出力	150HP
重　　量	2.45t

また，下り勾配の工区には，排水用も含めて次のものを選定する。

電　　圧	220V
出　　力	200KVA
電 流 量	525A
機関出力	243HP
重　　量	4.00t

(7) コンプレッサーおよびジェネレーターの配置台数

これらの設備は，トンネル掘進に必要不可欠の設備であり，これらの設備が故障して休止することは，トンネル掘進が止まることを意味する。ディーゼルエンヂン駆動のコンプレッサーおよびジェネレーターの経済寿命は，一般に8,000時間といわれており，これ以上の長時間を使用すると急激に故障が増え修理費が増加することを意味する。

コンプレッサーの年間稼動時間は，約7,000時間，ジェネレーターで，7,000 ～ 8,000時間となる。したがって，約1年で1台の機械が消耗されることを考えると，2台同じものが必要となる。

以上のことから，コンプレッサーおよびジェネレーターは予備機および代替機として同一の機器を2台配置する計画とする。

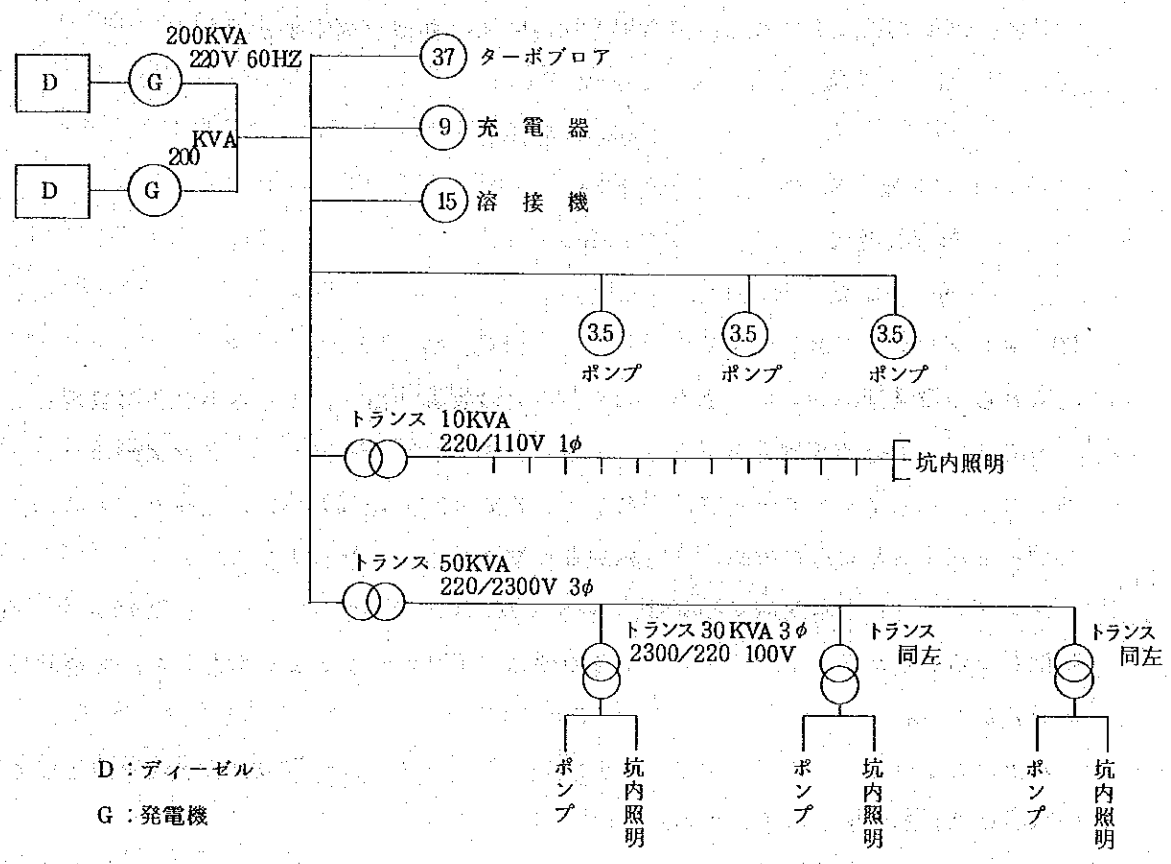
(8) 坑内配電設備計画

a，使用電圧は次の通りとする。

110V 60Hz	：	照明
220V 〃	：	動力，溶接
2,300V 〃	：	遠距離配電

b．電源系統

(a) 下り勾配のトンネル



(b) 上り勾配のトンネル