

b) 調節施設

取水堰が固定堰であることと、取水口の近くに急勾配水路があり低下背水による過大取水の危険があることから測点No.7 +0.0には、余水吐工を計画する。この余水吐工は、急流水路減勢工及び沈砂池をも兼ねた構造とする。

c) 合流施設

この水路には、2ヶ所の沢水の合流があるが一つは練り石積み分土工と兼用の既設構造物であり、もう一つは前項に述べたものであり、補修計画の対象とする。

4) 保護施設

この水路で必要な保護構造物としては、No.12+0.0～No.13+17.0、No.18+5.0～No.18+13.0及びNo.19+6.6～No.19+13.6の水路左岸法面保護工、No.13+0.0～No.15+0.0のパロ川護岸工及びNo.140+5.0の横断排水工であり、いずれも水路の安全確保に不可欠と考え計画に盛り込む。

ii) Bamoley 水路

1) 取水工

この水路起点の水位WL=2,353.18mから、河川水位としてはWL=2,353.28mが必要となる。乾期におけるこの地点の河川水位WL=2,352.2m～WL=2,352.0mから、1.0mの堰上げが必要となる。取水条件を安定させるため、堰をフェーズ1に追加計画する必要があるが、この地点のパロ川の水深は乾期でも3mを越えるため4m以上の堰を設けなければならない。また、この地点上下流の河川の様相は一辺2～3mの転石が数多くみられること、下流側約300m迄深みが続いていることが特徴としてあげられる。コンクリート固定堰の建設は仮設の困難さ、大きな堰体の工事費及び魚類保護を総合して考慮すれば効率的でないと考えられる。従って付近の転石、玉石を利用した石積み形式を採用する。

2) 通水施設

この水路の現況は、起点から測点No.38+0.0が練り石積みであり、他の区間は、分土工、水路橋、流入工などの構造物に練り石積みが見られる他は土水路である。以下に主な改修区間の計画を示す。

起点からNo.38+0.0の練り石積み水路区間において、縦断勾配はほぼ一定であるが、断面は5区間に区別できる。水理計算の結果No.2+0.0より下流は断面不足であることが判明した。この区間はパロ川護岸と急斜面間の狭隘な所に位置せざるを得なく、できる限り小さな断面とする必要があることから600×300のL形フリュームとし、水路勾配は切土も極力避けなければならない為、現況に近い1/800とする。

No.38+0.0～No.53+0.0においても通水断面不足であること、前区間との整合を計る必要があることから土水路（底幅=600、水路高=600、側法勾配=1:1、水路勾配=1/800）として改修する。

No.53+0.0～終点の水路は、区間全体において急勾配でありながら更に勾配が急すぎる区間、逆勾配となっている区間が多い。従って、土水路としての制限流速内におさまる勾配1/80以下で部分改修する。

3) 分水、調節および合流施設

a) 分水施設

この水路には、9ヶ所の灌漑用水の分水がある。その大半は土水路に欠口を設けた形式で、形状が乱れている。この計画では、土水路の改修に合わせこれらの改修を行う。

b) 調節施設

調節施設としては、余水吐高がNo.18+16.0にある。この計画では、コンクリート水路の改修に合わせ沈砂池兼用タイプで改修する。

c) 合流施設

沢水とNo.34+15.0で交差するが、沢の流域面積が4.5km²と大きいため、洪水時に全量を合流させることは幹線水路にとっては危険がある。従って立体交差させる形式とする。

4) 保護施設

この水路の既存保護構造物としては、7ヶ所の排砂口（1ヶ所のみ土砂留付き）がある。そのうち4ヶ所は受益者によって開けられたもので、果樹園に排砂されているものもある。これらも改修の対象とする。

法面保護工は5区間、延長57.0mの改修が必要である。

iii) Rema Tangyul 水路

1) 取水工

取水は乾期でも可能な状態にあるため、特に堰は考えない。この付近のパロ川は河床変動の激しい区間と考えられ、剛性の高い構造物で対応することは、施設費が大きくなる割に安定取水が望めない。ここでは、河床の玉石を寄せた取水口をフトンカゴに置き換える計画とする。

2) 通水施設

起点からNo.7+10.0までの水路右岸側は取水工と同様、河床材を寄せたものである。取水工と同様の理由からフトンカゴによる水路側壁とする。また、水路左岸側は河川により侵食を受けた斜面であり、所々法面崩壊が起きているため、保護工と兼用のフトンカゴによる水路側壁を建造する。

No.7+10.0から終点までの水路は、No.41+10.0の落差工を除いて、改修の必要はないと考えられる。

3) 分水、調節および合流施設

a) 分水施設

この水路には、4ヶ所のかんがい用水の分水がある。形式は土水路に欠口を設けた形式で、形状は乱れているが、この計画では、規模が小さいこと、数が少ないことから受益者の改修に委ねる物とする。

b) 合流施設

沢水とNo.13+10.0、No.40+5.0で交差するが、沢の流域面積は極めて小さい。従って、この計画では分水施設と同様の扱いとする。

4) 保護施設

この水路のNo.7+10.0～No.14+0.0に3区間L=75.0の法面保護を要する区間があり、フトンカゴにより対応する。

iv) Shaba Shengo 水路

1) 取水工

水路起点に於ける水位WL=2,208.75mから、河川の必要水位はWL=2,208.85mとなる。乾期河川水位はWL=2,207.6m程度であるから、堰高は1.15mとなり、木工沈床5段で対応する。また、現況取水口の延長3mにわたる崩壊区間を補修する。

2) 通水施設

この水路には、主な練り石積み区間がNo.0+0.0～No.12+10.0、No.32+3.6～No.35+17.8、No.47+15.0～No.66+1.0にある。そのほかにも4区間の練り石積み水路があり、総延長720.1mとなっている。水路縦断計画にあたっては、上記区間を改善する必要の無いように中間の土水路の改修を計画する。以下に主な改修区間を示す。

No.12+19.4～No.16+8.6はNo.17付近の堰上げ背水の影響をNo.15付近で増長しないように

コンクリート水路L-600に置き換える。

No.16+19.2~No.17+9.2も上記と同様堰上げ背水を発生させないように、粗度係数の良いコンクリート水路L-600にするものである。

No.20+7.8~No.32+3.6は断面不足と、山裾を通過していることから構造的に強固なコンクリート水路L-600にする。

No.67+2.0~No.82+0.0は縦断勾配が乱れた区間であるため、土水路として改修を計画する。

No.82+0.0~No.88+0.0は急勾配水路となり、水路侵食が起きないようにコンクリート水路U-300とする。

3) 分水、調節および合流施設

a) 分水施設

この水路には、25ヶ所の灌漑用水の分水がある。この計画では、水路本体の改修に合わせこれらの改修を実施する。

b) 合流施設

この水路には、No.2+9.7に水路側壁を壊して作った流入工があるが、水田0.1ha程度から排水であり、流入させても水路の安全に支障はないので、その整形を考える。

4) 保護施設

この水路の既存沈砂池は測点No.12+10.0~No.12+19.4にある。受益者がわずかな補修を行えばほぼ使用可能な状態にあるので計画には計上しない。

v) Gangyul 水路

1) 取水工

この水路の水源はドティ川支流のシャリロン川である。水路起点における水位WL=2,407.35mから、河川の必要水位はWL=2,407.45mとなる。現況の玉石積みの堰高は1.75mであり、それと同じ高さで計画する。堰高が高く、河川勾配が急であることから堰本体はコンクリートとする。また、堰の右側約25mは、平均高さ13mの法面崩壊が起きている。崩壊は進行中の新しいもので、土質は転石混じり粘性土である。この崩壊を避けるためには堰を上流に移し、左岸取水とし、現況堰の下流で河川を横断する必要があるが、工事費の増大、工事に伴う樹木伐採による環境破壊が考えられるため、崩壊法面を修復する計画とした。法面安定工法としては、自然との調和を考慮し、法尻にフトンカゴを設置し、法面は連柵の植生とする。

2) 通水施設

この水路は全線山腹の斜面上を通過していて、水路縦断勾配も急なものとなっている。水路構造が土水路のため流水による侵食や、斜面からの土砂流入のため不整形断面の区間が多い。以下に主な改修区間を示す。

No.0+0.0～No.40+0.0は平均勾配1/27と極めて急流となっているため、土水路の最大許容流速内には収まらない。また、落差高などの設置も地形上困難である。従って、コンクリートライニングで計画するが、U形フリュームは搬入が困難なことから練り石積みで対応する。

No.40+0.0～No.65+13.0区間においては、No.57付近の急勾配部を解消すべく水路勾配1/42の土水路で改良する。

No.65+13.0～No.85+0.0の特に前半区間の現況は、断面が不整形であるため水路勾配1/55の土水路で改良する。

No.85+0.0～No.87+5.0は縦断勾配が1/10と急なため、練り石積みでの改修を計画する。

No.98+0.0～No.126+0.0の区間では、No.107+14.0～No.110+10.0にかけての急流部を解消するため、区間内を一律勾配の土水路とする。

3) 分水、調節および合流施設

a) 分水施設

この水路には、14ヶ所の灌漑用水の分水と2ヶ所の飲料水目的の分水がある。この計画では、水路本体の改修に合わせこれらを改修する。

b) 合流施設

この水路には、No.111+14.7に流入工があるが、小さな沢であるから現況どおり流入させ水源の有効利用を図る。

4) 保護施設

この水路には既存沈砂池はない。No.0+0.0～No.1+0.0の区間に余水吐と沈砂池兼用の施設を計画する。

vi) Tshetey Yuwa 水路

1) 取水工

現況取水工の付近のパロ川の特徴は、左岸には①取水口の上流110m迄パロ空港方向から護岸工が続いている。②その護岸終了地点に国道と交差する排水工がある。右岸には、③取水工下流20mにWoochu川が合流していて、その地点を中心におよそ4mの深さで局部的に洗掘されている。④右岸一体には、約1.4mの厚さ、80mの幅で土砂堆積がある。⑤そ

の最も右岸よりには、深さ2m、幅13mの旧河道が残されている、などである。

現況取水口地点での、この水路の取入れ必要水位はWL=2,220.37m、乾期の河川水位は、WL=2,219.1m、河床高はGL=2,218.3m、従って必要堰高は1.57mとなる。この堰高は木工沈床で対応できなくコンクリート堰が必要となる。この地点に堰を築造することは、③の条件から堰の最も弱点である下流護床の工事に大きな費用が必要となるため、好ましくないと判断した。従って、堰を現況取水口地点の上流へ移動することになるが、①③の条件とミオ筋を考慮すると最も好ましい地点は、現況取水口地点の上流約60mとなる。なお、その他②④⑤の条件に対応することは堰の位置と無関係である。この上流地点での水路の取入れに必要な河川水位はWL=2,220.52m、乾期の河川水位はWL=2,219.9m、河床高はGL=2,219.1m従って必要堰高は0.92mとなり工事費の軽減も計られる。一方、水路の延長増とそれに伴う護岸延長の増加は、幾分工事の増になるものの全体工事費では軽減となると判断した。

2) 通水施設

この水路は全体に勾配が緩く、測点No.0+0.0～No.12+6.5、No.15+5.5～No.18+16.2、No.31+9.8～No.33+6.9に練り石積み区間がある。通水断面は全線設計流量の流下が可能で、No.21+5.5～No.29+15.4に若干断面の不整形な区間がある程度である。またNo.15+8.3～No.20+9.1にかけては町並みに沿ってまたは家屋の下、国道の下を通過している。更にNo.20+9.1地点で一旦小河川に放流され、No.20+16.5で再び取水されている。この再取水システムは人家から塵、汚水が混入する難点はあるが、放流する小河川には乾期においても流水があることから水源の有効利用を第一とし改修の対象としない。

この水路は前回までの基本調査設計で本プロジェクトに組み込まれていた圃場整備事業地区への導水が目的である。本調査において圃場整備が削除されたため、圃場整備事業の地区内に位置し同事業で整備を予定していた水路の改修が必要となる。すなわち本水路末端を同地区内まで延ばす必要があり、水路終点は測点No.43+7.0となる。

以上のことから、この水路は、現況起点から上流60mの新設水路および末端部200mの改修を計画する。この上流新設区間はL-600×300を使用し、河川側はフトンカゴによる保護工を行う。また、末端の改修区間は、U-450の布設とする。

3) 分水、調節および放流施設

a) 分水施設

この水路のNo.22+9.0には分水工がある。この分水工がこの水路唯一のもので受益地域の支線への分水である。この分水工は、現況のまま利用することが可能と判断されるので、改修は行わない。

b) 放流施設

この水路には、No.20+9.1放流工がある。この放流工自体には特に問題はないため、現況利用とする。

4) 保護施設（再取水設備）

No.20+16.5にある、沈砂池と一体となった再取水施設は、破損が激しいため、また下流側水路において沈砂機能が不十分なための土砂堆積がみられるため、再建設とする。

vii) Shaba bara 水路

1) 取水工

水路起点における水位 $WL=2,297.09m$ から、河川の必要水位は、 $WL=2,297.19m$ となる。この地点の乾期におけるパロ川の水位は $WL=2,296.8m$ 程度であるから、高さ $0.7m$ の堰が必要となる。従って、木工沈床4段の固定堰で対応する。現況の取水は延長約 $25m$ の導流堤で取水口まで流水を誘導している。このことは、パロ川の左岸にある現況の取水口位置が、ミオ筋が右岸側に寄り始める地点にあるためである。従ってこの計画では導流堤を改修し、堰を現況取水口の $15m$ 上流に設け、より安定した取水の確保につとめる。

2) 通水施設

この水路の現況は、測点No.0+0.0~No.3+0.0に見られるように短区間の練り石積み水路が、分土工を中心に配置されている。これらの大半は1988年~1989年にかけて施工されたものである。従ってこの水路の改修計画は、これらの練り石積み水路をできる限り利用することとした。以下に主な改修計画を示す。なお次項分水施設で述べるように、用水不足の可能性が高いことから上流側の水路断面の検討にあたっては若干余裕を見込んでいる。

No.0+0.0~No.1+7.0は農道の路線と一致するため、付け替えとなる区間で $L-600 \times 300$ を用いた新設とする。

No.1+1.7~No.3+0.0の区間は、計画流量に比べ断面の大きな練り石積み区間であり、破損ヶ所のみ改修の対象とする。

No.3+0.0~No.21+14.3も流下断面としては十分であるが、中間No.11~No.17が中だるみした縦断勾配となっているため、No.4+8.5より上流の分水水位が確保されていない。従ってこの区間は $L-600 \times 300$ を用いて改修する。

No.21+14.3~No.24+12.6は急勾配区間である。No.23+2.6までは練り石積みであるから、現況を使用するものとするが、これ以降は土水路で水路侵食が起きているため、 $L-600 \times 300$ を使用し改修する。No.24+12.6~No.44+0.0の現況は土水路で、No.31までは水路底の

起伏があり、No.31以降は断面が不足している。起伏の程度、断面不足の程度ともに極端でないので、土水路の整形を計画する。

No.44+0.0～No.46+0.0は急流区間であるため、U-450を用いた改修を行う。

No.46+0.0～No.89+0.0の区間では、流下能力不足の区間No.80+0.0から下流の土水路を整形する。

No.89+0.0～No.112+0.0には特に断面不足の区間はみられない。

3) 分水施設

この水路には、98ヶ所と極めて多い数の分水工がある。これらの分水工はいずれも小区画の水田への分水ではあるが、整然とした管理をしなければ用水不足の原因となる。この計画では、上流の受益者のみ有利にならないよう（下流の水不足が深刻にならないよう）水路改修に伴う分水工には角落しを設け、水管理能力を向上させる。

4) 保護施設

この水路の現況には、沈砂池、余水吐工は設置されていない。パロ川とこの水路の位置関係から、余水吐工の設置は困難と思われるため、この計画では取水口をできる限り過多の取水が起こらないような構造とした。また沈砂池はNo.20+10.0付近に設ける計画とする。

viii) Dujey Dinkha 水路

1) 取水工

水路起点における水位WL=2,215.68mから、河川の必要水位はWL=2,215.78mとなる。この地点の乾期におけるパロ川の水位はWL=2,215.2m程度（受益者が毎年仮設的に作る堰による堰上げがある状態）であるから、高さ0.9mの堰が必要となる。従って、木工沈床4段の固定堰で対応するものとする。なお、この施設の右岸側の急斜面は、高さ3m、延長20mにわたって崩壊している。この斜面は転石混じりの砂レキ土で構成されていること、全体の斜面長が15m～20m、勾配が50°～70°であることから崩壊面を完全に抑えることは難しい。取水口での土砂崩れは、水路内への土砂混入量をますます増加させることになり、維持管理に支障を来すため補修は不可決である。この計画では、自然との調和、工事費を抑えることを念頭に、フトンカゴ、連柵及び柳の植生により改修する。

2) 通水施設

この水路は起点からNo.24+9.0までが練り石積み、No.24+9.0～終点までが土水路で構成されている。この練り石積み石の区間は、前述のように急斜面と並行する区間でもある。

以下に主な改修区間を示す。

No.24+9.0～No.28+0.0において、No.25+16.0までは土砂の堆積で水路勾配が確保されていないこと、No.25+16.0以降が急勾配水路であることから、区間内の勾配を平均化すべく土水路の断面及び勾配の改良を行う。

No.52+9.0～No.77+17.0は勾配整備が必要で、No.52+9.0～No.59+0.0は水路基面を下げ、No.69+0.0～No.77+17.0の区間は水路基面高を上げる土水路として改修する。

No.77+17.0～No.83+14.0の区間にも現況では、勾配が急すぎる区間があるため、勾配を平均化する縦断勾配整備を行う。この区間は盛土高が比較的大きい水路となること、土水路としたときの流速が最大許容流速に近い値となることから、侵食の恐れが大きいため、U-300を使用したフリューム水路とする。

3) 分水、調節および合流施設

a) 分水施設

この水路には30ヶ所の分水工があり、すべて土水路に開口した単純な構造である。水路の改修に伴う区間は、改修の対象とするが、その他のものは受益者の整備に委ねる。

b) 調節施設

この水路の現況には沈砂池、余水吐放流工はないが、水路内の堆砂状況から考えると、必要性の高い施設であるため、新設を考える。水路が急斜面とパロ川右岸護岸の間を通過している起点～No.24+9.0区間では、施設用地を得ることは困難であるため測点No.27付近に設置する。

4) 保護施設

取水施設で述べたような急斜面が、No.0～No.24にかけて続いている。このうちすでに崩壊もしくは崩壊の危険性が極めて高いNo.0+0.0～No.4+0.0及びNo.7+0.0～No.8+0.0の区間において法面保護工を設ける。工法は取水施設の場合と同じとする。

ix) Serekha 水路

1) 取水工

この水路の取水地点は、Gebiolumi川にある。近年の洪水で、取水地点の河川形状が変化し、取水直後の用水路の用地がとれない状態である。幸いこの水路の受益地は現況の取水位より10m程低い位置にあるため、新たな取水工は現況位置から約30m下流に設けるものとした。この位置における河川は洪水による侵食・堆積が激しいため、取水の安定を図るため取水堰の高さに十分余裕をもたせた。必要水位WL=2,362.0mから堰頂標高は

EL=2,363.0m、堰高を3mとする。また、この堰には魚道を兼ねた排砂口を設ける。

2) 通水施設

この水路の勾配はおよそ1/20で、約230mがコンクリート装甲を施してあるが、ほとんどが土水路である。

起点～No.5+0.0、No.7+0.0～No.28+10.0、No.38+0.0～No.46+0.0の区間は勾配1/20、U-300を持ちいた水路とする。これらの区間と既設コンクリート水路区間以外は土水路で計画する。なお、No.1+16.0～No.2+1.0およびNo.62+8.0～No.62+14.0の区間は300mmのコンクリート管による道路横断工となる。

3) 分水および流入施設

a) 分水施設

コンクリート製の分土工は5ヶ所のみである。全体34ヶ所の内29ヶ所はコンクリート製の分土工に改修する

b) 流入施設

No.26+12.0には流入工がある。この区間の水路はコンクリートで作られ、改修の必要はないが、流入する小河川の整形を行い土砂流入が少なくなるようにする。

4) 保護施設

測点No.25より下流は山裾を通過している。この地山の土質が粘性の少ない赤土であることから随所に法崩れがみられる。この崩壊を抑えるため高さ1.0m～1.5mの練り石積み擁壁を計画する。必要な擁壁の延長は、150mである。

x) Sharimochu 水路

1) 取水工

この水源であるShariron川では、乾期（低水時）において、流水が1968年の洪水で起きた土石流による扇状地の始まり付近で伏流してしまう。このため伏流する地点の上流地点にコンクリートによる取水堰を設け、同河川の水源を最大限有効に利用しようとする計画とする。現地踏査により、取水工の位置は標高2,356m～2,357m付近が地形条件上適していると判断した。またこの堰は、伏流水の止水目的を持つため、現地の試掘を行い土層の確認を行った。（結果の詳細は付表14参照）試掘の結果、地表下3m以下に旧地盤が確認され、この旧地盤は粒度も比較的細かくこの地層へ2m、即ちEL=2,352.20mまで根入れを行う計画とした。取水工地点は、転石が多く新設する堰の上流側は相当量の

堆砂が起きるものと思われる。従って、堰標高は上流側左右岸の土地利用に支障の無い範囲で高くするものとし、地表面から2.6m、EL=2,359.80mとした。従って取水水位は、取水工の構造上からWL=2,359.30と設定する。

2) 通水施設

この水路は、Shariron川右岸沿いにあったと言われるが、同河川の1968年に洪水により一部の受益農地と共に流亡した。新設にあたっては維持管理が容易なように国道(Shariron川左岸)沿いに新設する計画とする。取水地点の水位WL=2,359.30m及び受益地域、水路路線の標高関係からこの水路を開水路として考えると、平均勾配でも約1/12程度となり斜流水路または50~60ヶ所の落差工を持つ水路となる。このような水路は建設費が嵩み、高流速による摩耗に起因して耐用年数が短く、水管理上が難しく利用しづらい水路となる。更に、この水路の受益地の一部は、現在のところ土砂堆積で利用不可能になっているため、支線用水路の配置が確定できない。この水路の建設にとりかかる年度には、本プロジェクトにより農地に堆積している土砂がかなり取り除かれ、末端配水計画が判明すると思われる。従って、この水路計画は、末端配水計画においても自由度の高いパイプラインとする。

このパイプラインの形式は、起終点及び4ヶ所の地形変化点に水槽(H=2.5m)を設け、D=225mmのポリエチレン管で結ぶものとする。起点以外の水槽は各支線への分水水槽と調圧のために設けるものである。なおパイプの埋設深は、60cmを標準とする。

3) 分水、調節および合流施設

a) 分水施設

前項に述べた、分水水槽にはそれぞれ2ヶ所の分水用バルブを設置する。

b) 調節施設

流量、水位調節のため、分水水槽の本管出入り口には、それぞれ仕切弁を設ける。

4) 保護施設

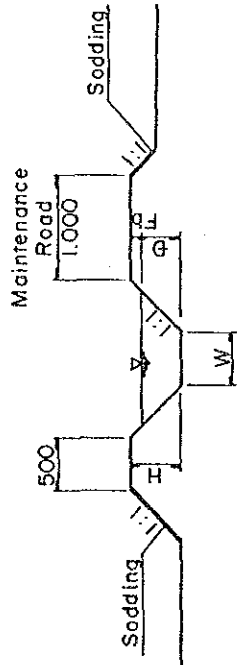
このパイプラインでは、取水施設の構造上、土砂の混入は余り多くないと考えられるが、木の葉等の混入に対処するため、取水口にはスクリーンを配置した。

(4) 基本設計図

以上の各水路の基本設計図を次頁以降に示す。

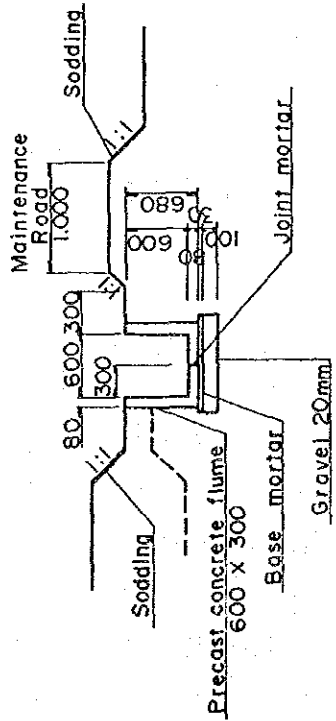
Typical Channel Cross Section

Name of Type : E.C. W x H

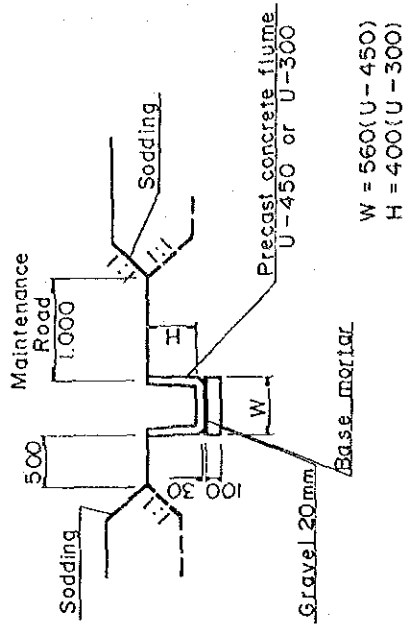


W = 600 ~ 300
H = 600 ~ 300

Name of Type : P.F.L-600

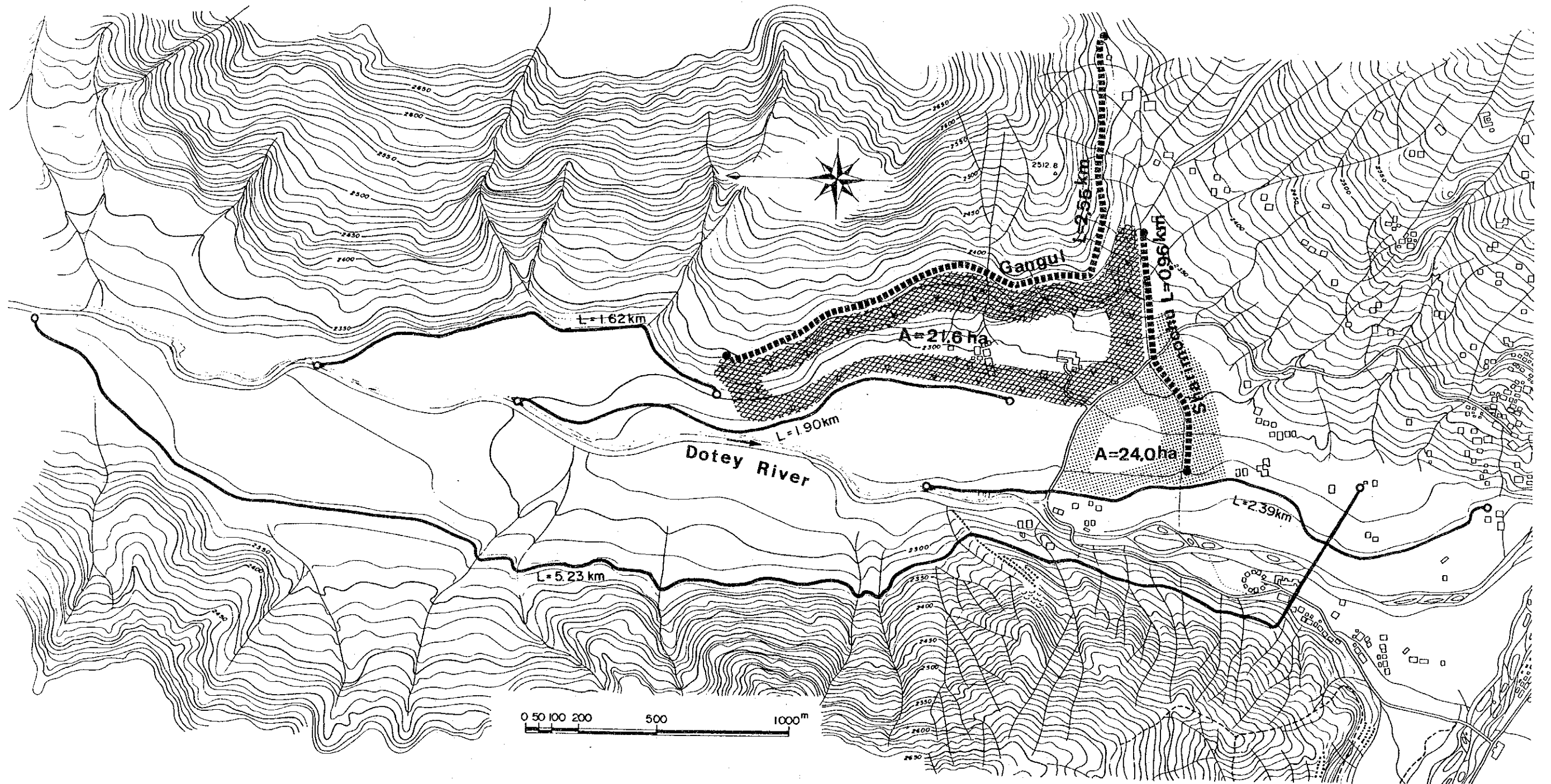


Name of Type : P.F.U-450
P.F.U-300



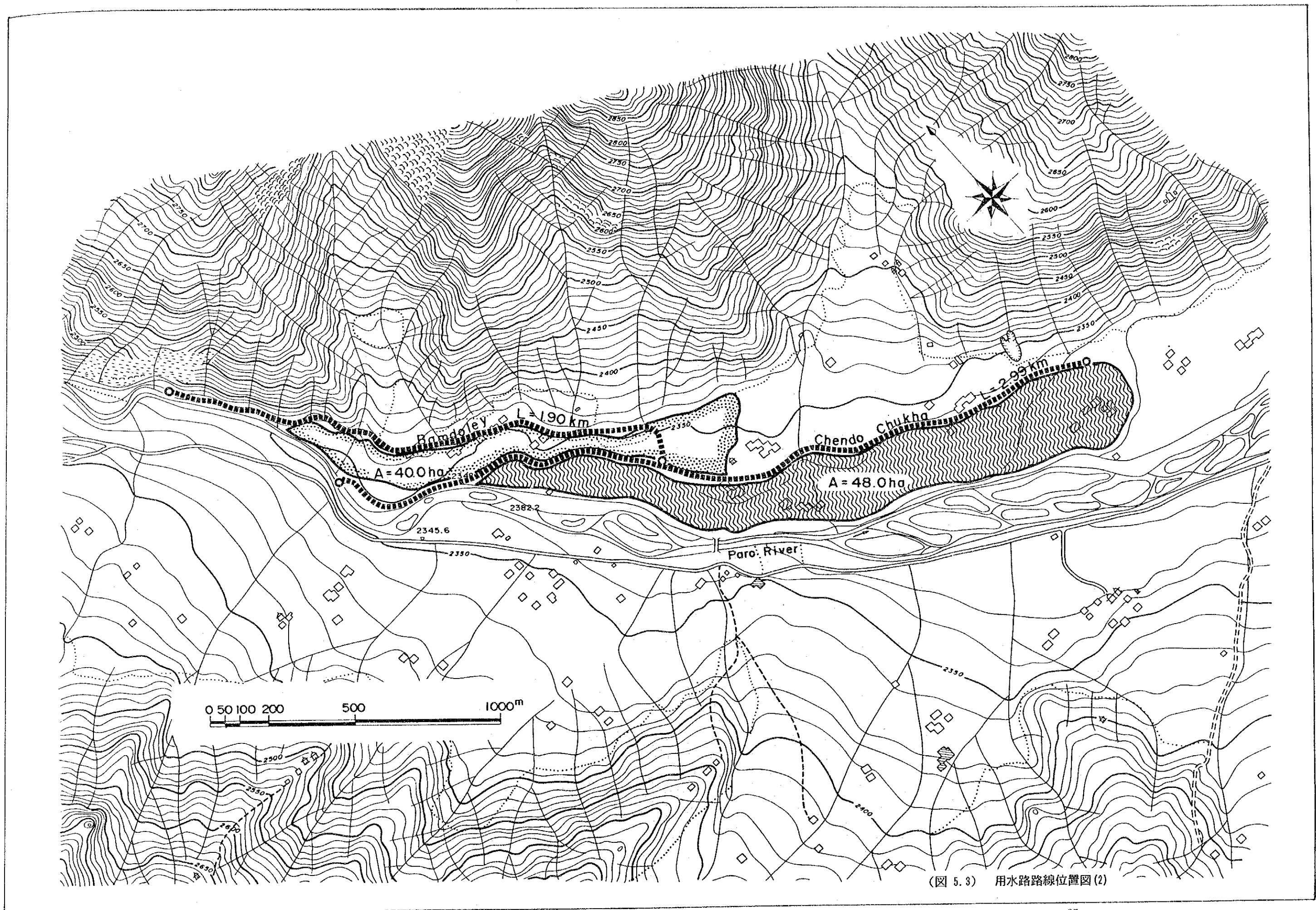
W = 560 (U-450)
H = 400 (U-300)

(图 5.1) 用水路標準断面图

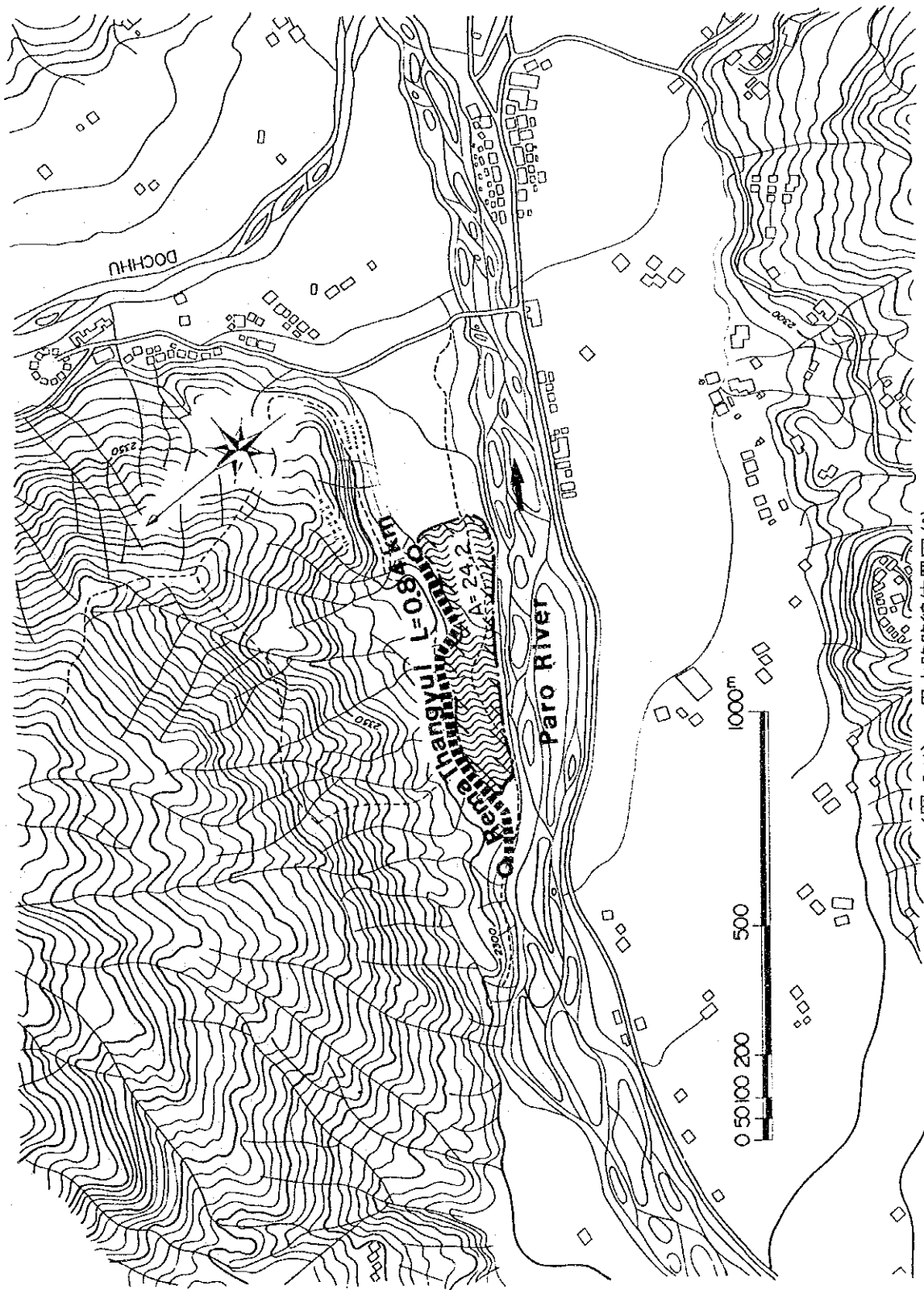


- 凡 例
- : Stage1.2 (終了)
 - : Stage2 (今後のステージ)

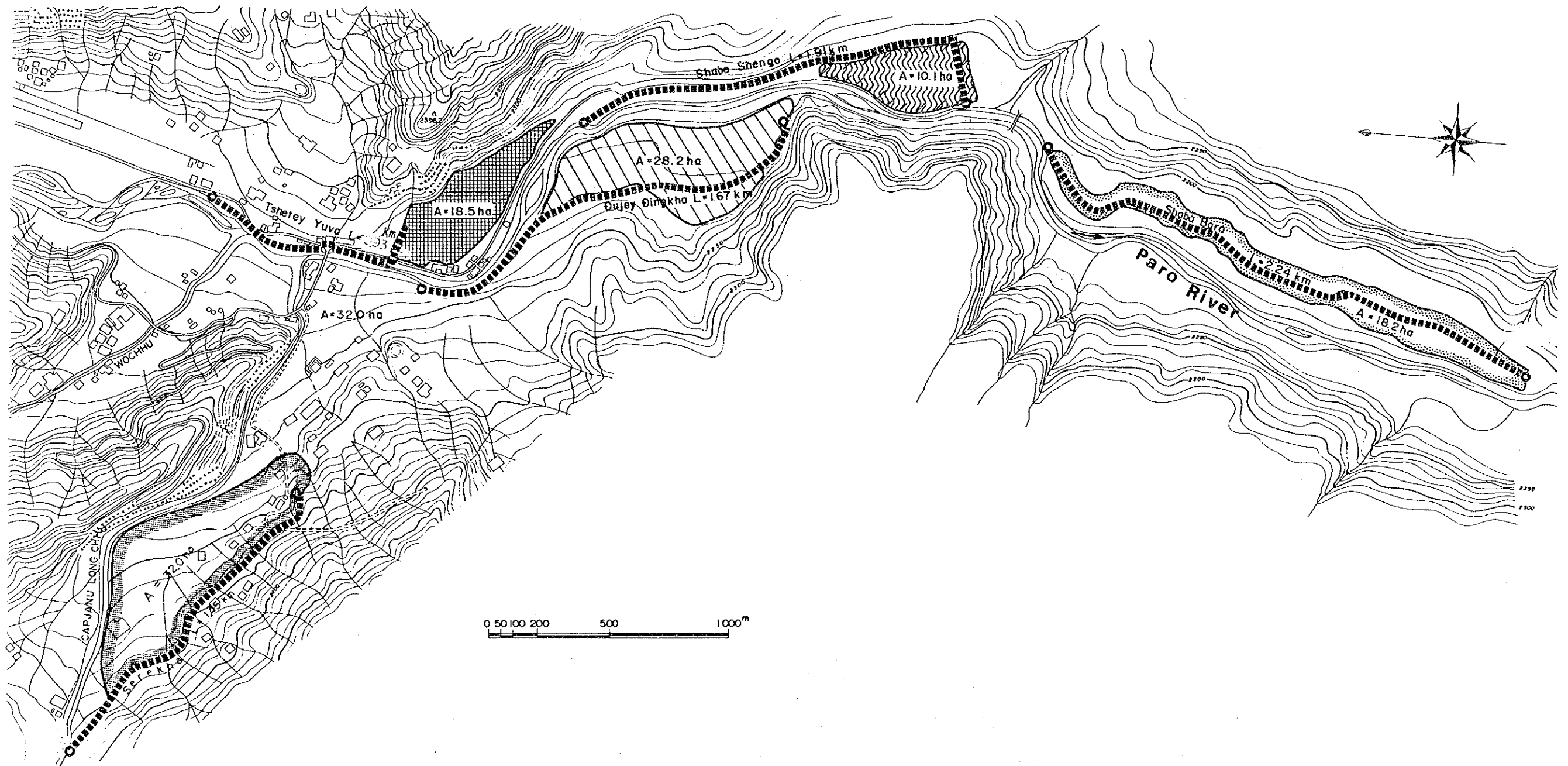
(図 5.2) 用水路路線位置図(1)



(图 5.3) 用水路線位置圖(2)



(图 5.4) 用水路线位置图 (3)



(图 5.5) 用水路路線位置图(4)

5.1.2 農道

(1) 設計方針

Bamdoley-Jangsa 路線、Nyemizam-Khangku 路線およびChorten-Sarpa-Deankha 路線は、護岸工との組み合わせで設計され、これら3路線の道路基面は計画洪水高との関係で決められる。

Satsam Chorten-Tshongdu 路線は水田耕作地の中を通過させるが、農業機械化の可能性の高い平坦地を基本的に通過させたものである。Bondey-Gyebjana 路線は、果樹園と水田を通過するが、主目的は Gyebjana 村落の換金作物の収穫搬出である。この2路線においては、周辺の山林を土取場として利用することが困難であるため、道路土工の切土、盛土のバランスが取れるよう配慮する。

上記農道は、すべて幹線農道となるものであり、各農地および各農家への取付道路はプータン政府および受益者により独自に建設されるものとする。

(2) 設計条件の検討

計画地区内での道路網の発達が不十分であるため、計画農道は将来地方道路としても使用されることも想定して設計条件を（表 5.5）のように設定した。

（表 5.5）農道の設計条件

項目	条件値
設計速度	30km/hr
設計荷重	14 t
最小曲線半径	30m
最小曲線長	50m
最大縦断勾配	8.00%
最小縦断曲線半径	250m
最小縦断曲線長	25m
最急合成勾配	11.5%

なお、緩和曲線は、走行速度が低速度であり、幹線国道にも設置されていないことから、設置しないものとした。

(3) 基本計画

i) 線形および基面高

Dotey川上流延長、Bamdoley-Jangsa、Nyemizam-Khangku及びChorten-Sarpa-Deankhaの路線は河川堤防を兼ねるため、河道断面を急変させることのない線形で計画する。

Bamdoley-Jangsa 路線の対岸は国道である。この国道の高さは、1989年5月の $150\text{m}^3/\text{sec}$ の洪水で氾濫した事実が示すように、1968年の洪水痕跡から推定されるドティー川合流前の流量 $710\text{m}^3/\text{sec}$ の様な大きな洪水時の氾濫に対応出来る構造にはなっていない。従って、今回の無償援助で Bamdoley-Jangsa 路線の堤防（路面）高のみを高くすることは、対岸の洪水氾濫を助長する事になりかねないため、この路線の路面高は対岸の国道に合わせるものとした。なお、現時点で上述のような比較的大きな洪水の氾濫を防ぐ築堤建設は、治水経済的にみて過大投資とも考える。

Nyemizam-Khangku も対岸にはパロ空港があり Bamdoley-Jangsa と同様の条件にある。従って、路面高の計画も同様とした。

Chorten-Sarpa-Deankha 路線は対岸が山地で氾濫の危険がないため、1968年洪水痕跡から推定される洪水量 $1,040\text{m}^3/\text{sec}$ を流下できる水位に余裕高を加えた路面高とする。

Satsam Chorten-Tshongdu 路線は、路線延長が長いこと、この路線沿いの山林はすべて民有地であるため、土取場として利用できる可能性が低いことを考慮し、切土、盛土のバランスをとり、土工量が小さくなる線形と基面高とする。

Bondey-Gyebjana 路線は、比較的掘削の多くなる路線であり、掘削法面の安定性を考慮した路線線形、路面高とする。

Dotey川左岸農道の上流延長は、ステージ「1.2」で実施した農道の延長工事であるから、基面高の設定は、実施済みのものと同様、洪水量 $330\text{m}^3/\text{sec}$ が流下する水位に余裕高を加えるものとする。

ii) 道路構造の計画

1) 車道幅

フェーズIIに行った交通量調査の結果、乗用車、バス、トラック及び耕作機・トラクターを合わせた交通量は国道のTaju（パロマーケットから200m南）及びShaba地点においてそれぞれ223台及び275台であった。フェーズIII調査におけるパロ市街地の交通量の伸びから類推すると、前記2地点の交通量はかなり増加していると思われるものの、ステージ「1.2」で完成したDotey農道に見られるように碎石舗装の農道の交通量は日当たり100台以下と予想されるため、車道幅員3.0mの1車線として計画する。

2) 路肩

主要構造物の保護、法面の保護、故障車対策として、および歩行者・家畜の通行の安全性を確保すべく路肩50cmを両側に設置する。

3) 法勾配

土取場からの用土は赤褐色土 (Reddish Brown Soil) が主体であり、有機質土を除いて盛土材として用いる。盛り土の大部分が3.0m以下の低盛土であることから、盛り土法勾配は1:1.5を基本とする。Satsam Chorten-Tshongdu及びBondey-Gyebjana 路線で予想される掘削区間においては、掘削法面高を低く保つ線形をとるものとし、用地幅を極力少なくするため、掘削法面勾配は計画地区内で一般的な1:0.5とする。また、河川堤防を兼ねる盛土の河川側の法勾配は、1:2.0としてその安定を図る。

4) 路盤工

上層路盤は、車両による摩擦攪拌・衝撃に耐え、容易に移動しない粒度配合を有し、路面の維持補修が容易である材料で構成される必要がある。この計画では、供与碎石プラントで生産する0~20mm級の碎石を使用する。

上層路盤厚は、路床材によって決定されるが、路床材がReddish Brown Soil及びシルト質砂と細礫であり、振動ローラー10tonによる転圧も計画していることから、CBR概略値として3は期待できるとして20cmとして計画する。

5) 標準断面

以上の検討結果に基づき決定される標準断面を基本設計図に示す。河川堤防を兼ねる場合の侵食防止工法として用いるフトンカゴは厚さ40cmとし、法先から2.0m河床に水平部分を設け法先の洗掘に対応するものとする。さらにフトンカゴの下に土木用シートを設置し、河川水による築堤材料の吸い出しを防止する。さらに、フトンカゴにはズリ止め防止用の杭を設ける。

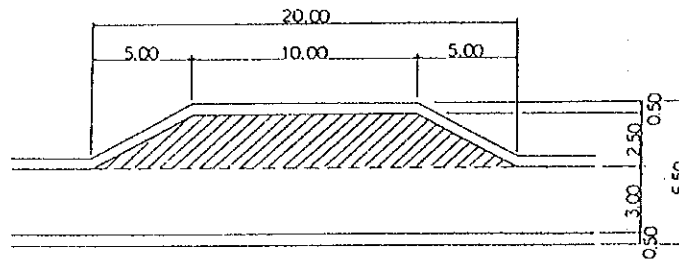
堤内側法面と堤防を兼用しない道路盛土法面は芝の植生を行う。

iii) 付帯構造物の計画

1) 待避所

本道路は、1車線の農道であるため、対向車のすれ違いなど円滑な運行を図るため、最大500mに1ヶ所待避所を設置するものとする。(規模は次図に示す)

待避所



2) 横断構造物

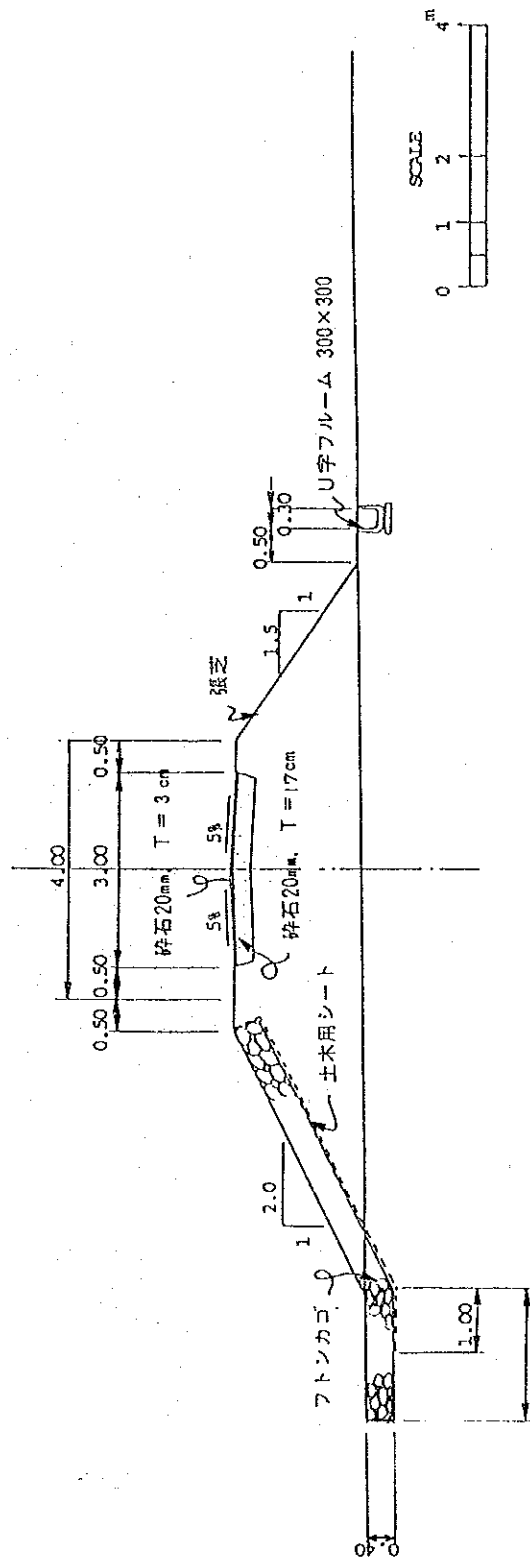
小河川、用水路及び排水路との交差は鉄筋コンクリートパイプカルバートで道路の下を通過させる。道路盛土の高さが低いカルバートにおいては、輪荷重（衝撃荷重）が直接作用するため、コンクリートで巻立てで保護をする。

灌漑水路横断工のパイプの径は前項で決定した単位用水量と、交差点下流の農地面積から計算し決定する。使用する鉄筋コンクリートパイプ口径はブータンで生産される225、300、450、600、750、900、1,050および1,200mmより選定する。

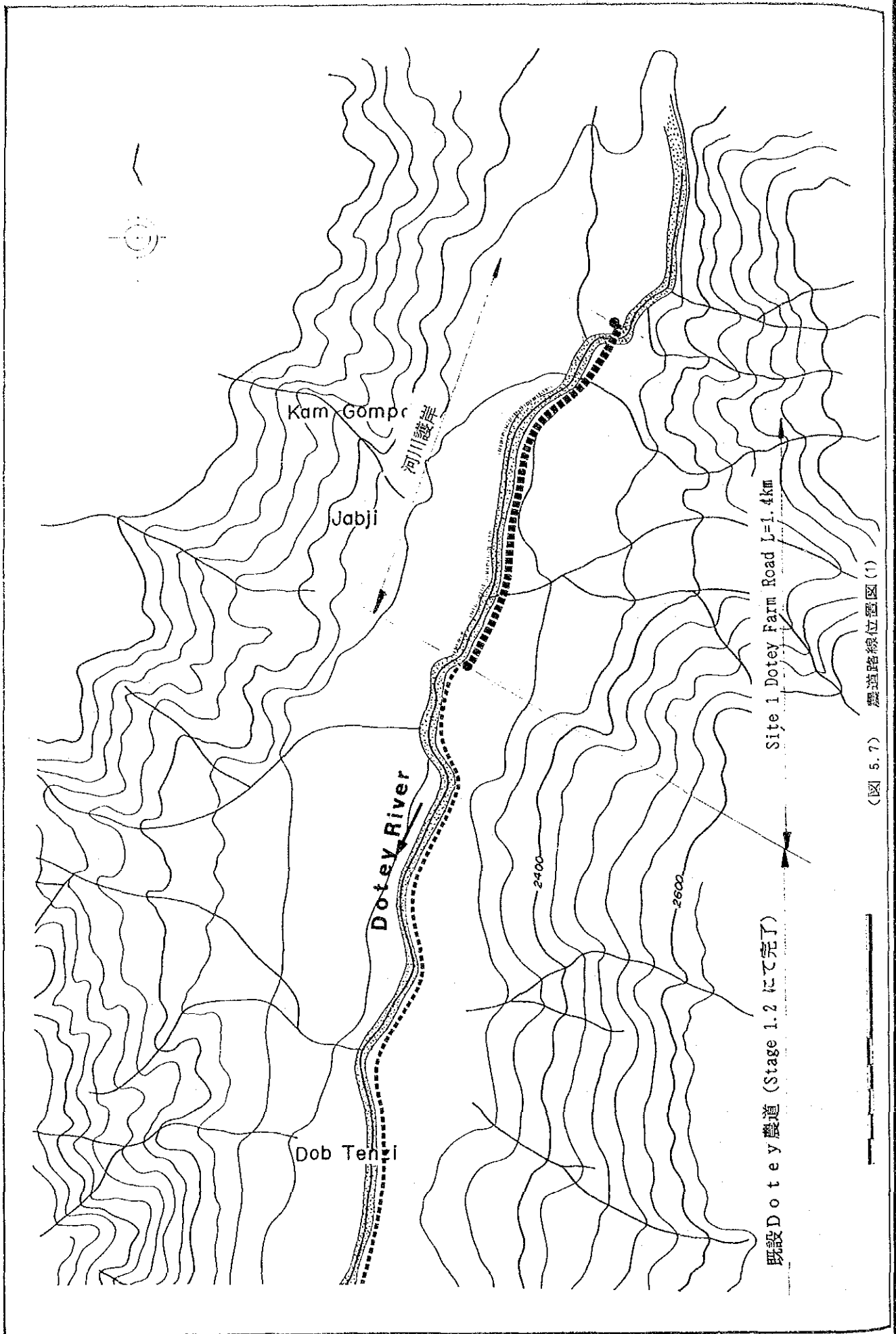
なお、比較的大流量の実績のある小河川は、越流が可能な潜水橋構造とする。

(4) 基本設計図

基本設計図を次頁以降に示す。



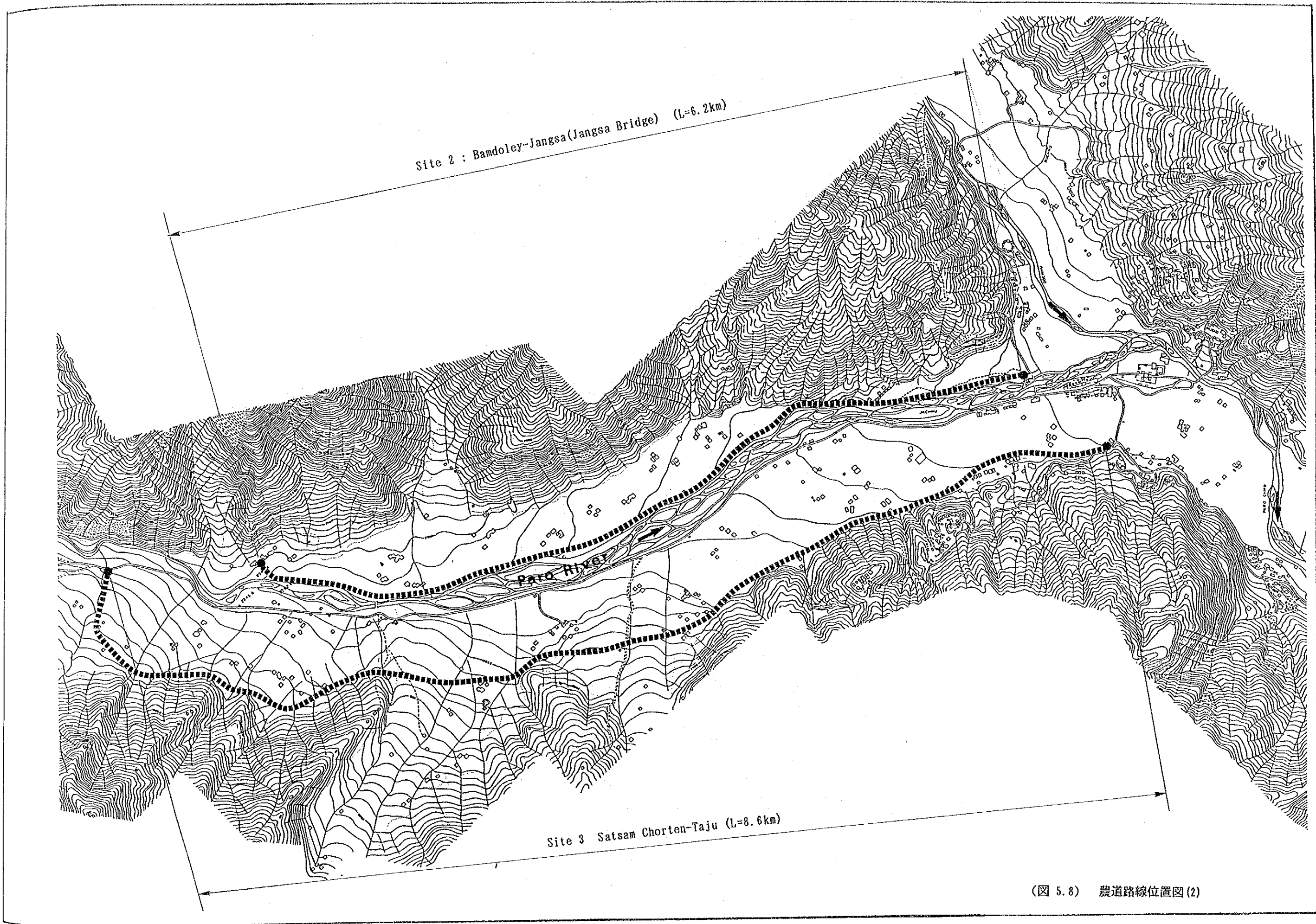
(図 5.6) 農道標準断面図



既設Dotey農道 (Stage 1.2にて完了)

Site 1 Dotey Farm Road L=1.4km

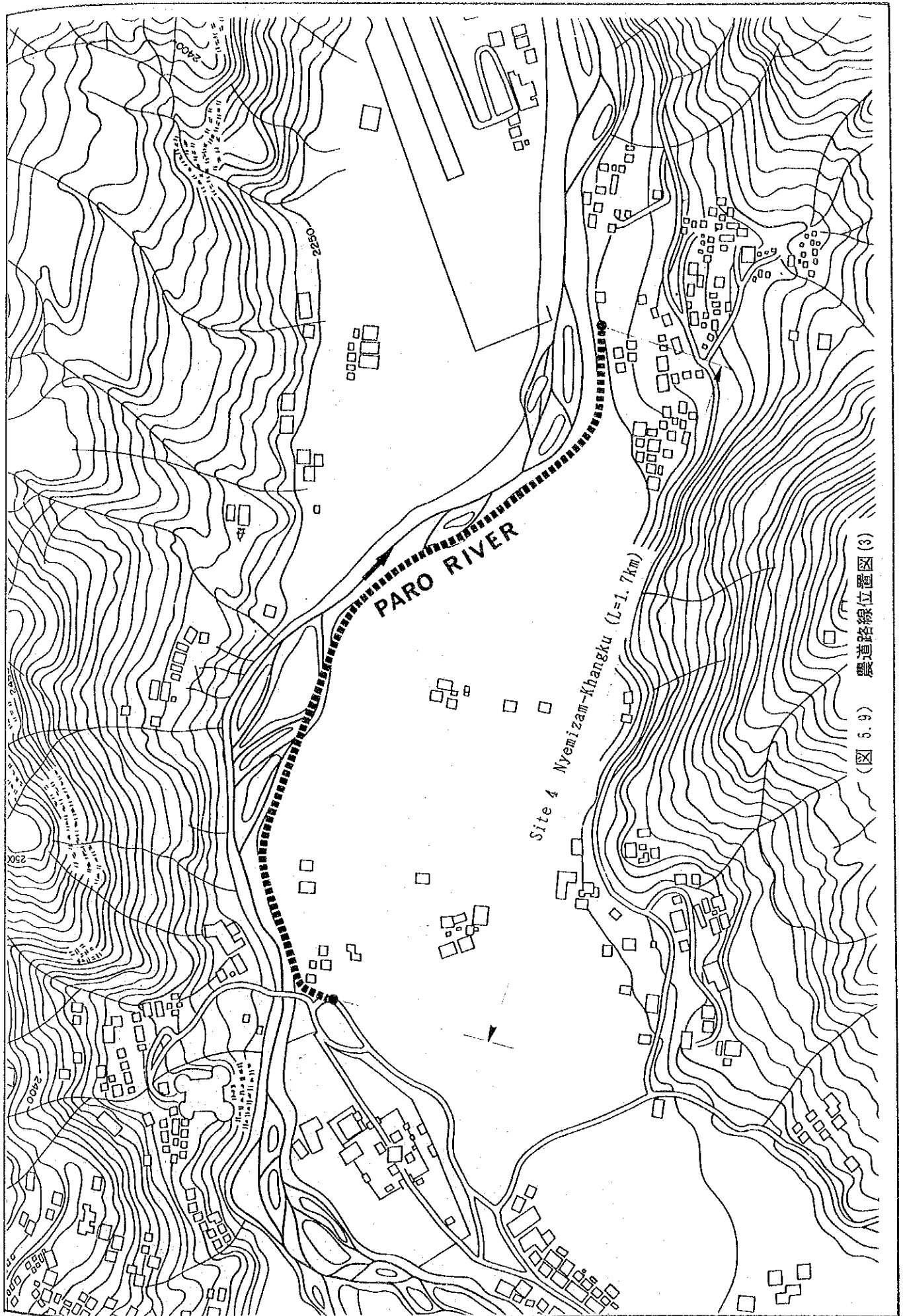
(図 5.7) 農道路線位置図 (1)



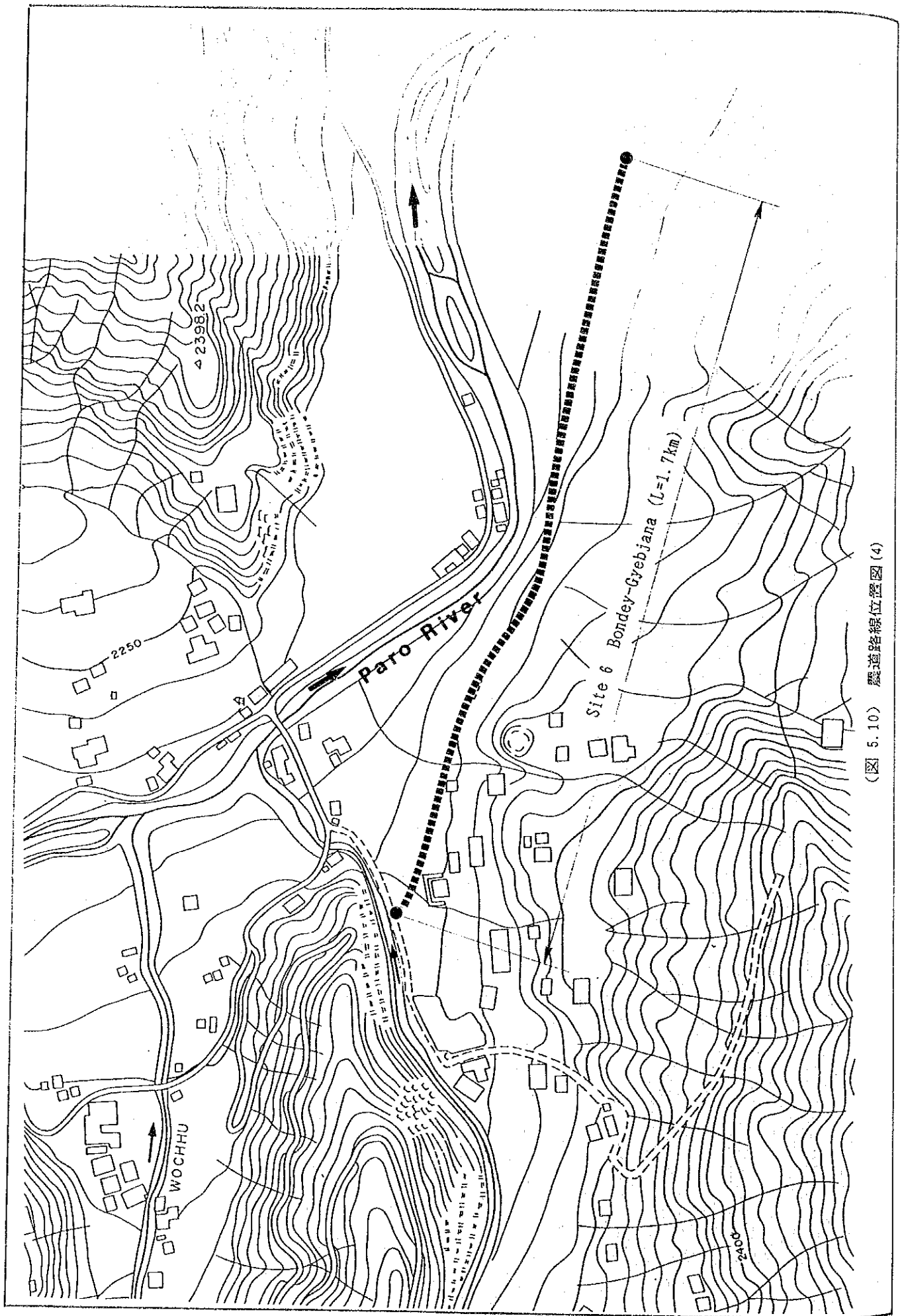
Site 2 : Bamdoley-Jangsa (Jangsa Bridge) (L=6.2km)

Site 3 Satsam Chorten-Taju (L=8.6km)

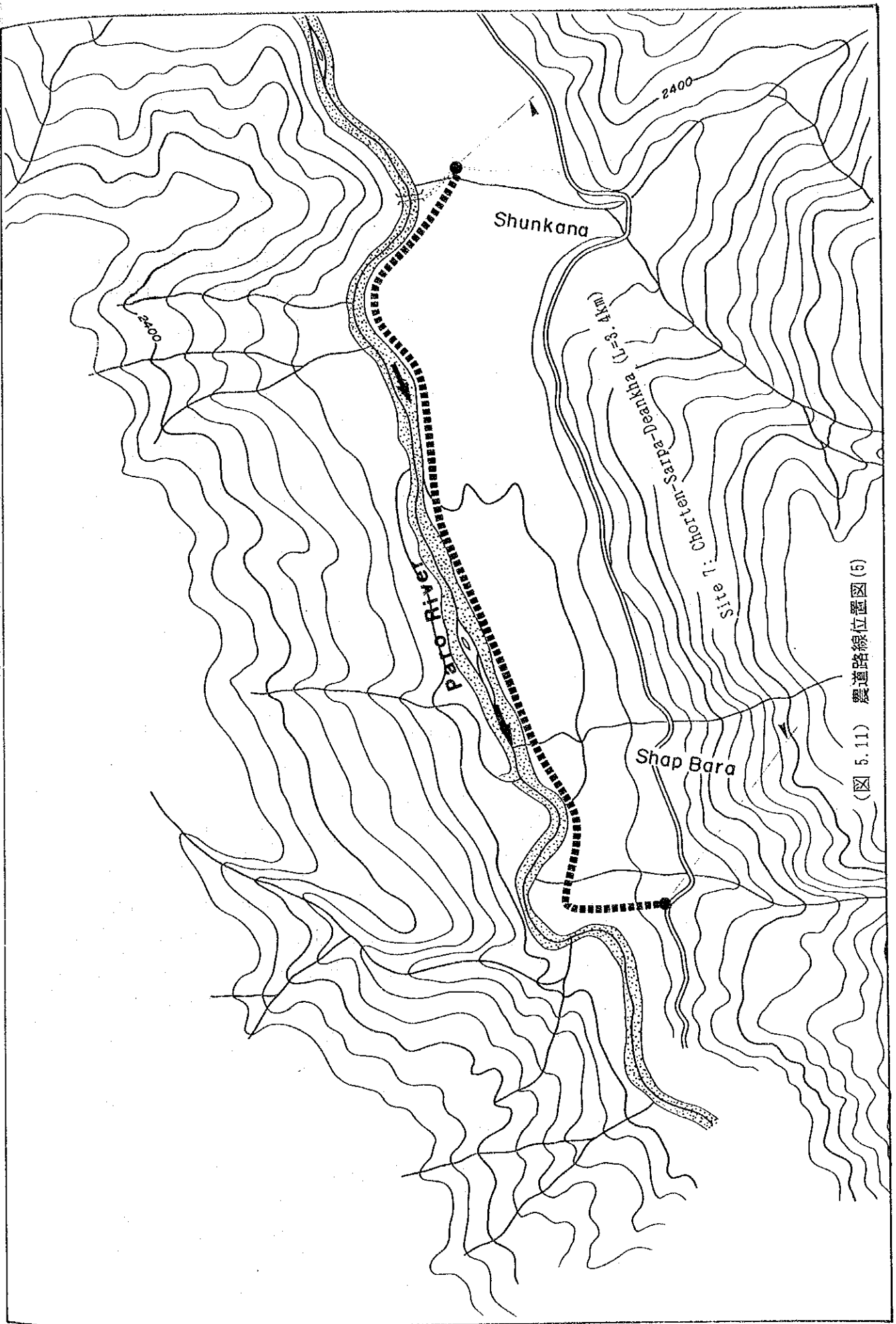
(图 5.8) 農道路線位置图(2)



(图 5.9) 農道路線位置图 (3)



(图 5.10) 震道路線位置图 (4)



(图 5.11) 震道路線位置图 (5)

5.1.3 河川護岸

(1) 設計方針

前項農道の基本計画に述べたように、対岸に既設国道があるBandoley-Jangsa、パロ空港のあるNyemizam-Khangkuの2条については、対岸に洪水氾濫を集中させることのないように対岸と同じ高さの護岸を考える。この場合河川幅を広げることで、洪水氾濫を防ぐことも不可能ではないが、本計画は河川侵食から農地を守ることが本来の目的であるから河道整形は最小限にとどめるものとする。この河川護岸の標準的な構造形式は、前項農道の標準断面で述べたとおりとする。

(2) 設計条件の検討

ドティー川の延長農道兼護岸、同右岸護岸およびChorten-Sarpa-Deankha、Gyebjana Rongchu の場合の洪水位算定に用いる河川粗度係数は0.05とする。この場合の護岸高は、計画洪水位までとする。Bandoley-Jangsa、Nyemizam-Khangkuの護岸高は、中小洪水を対象とした護岸とするので護岸基面高までとする。

(3) 基本計画

i) 護岸工の設計

1968年の洪水痕跡より算定される洪水量を以下に示す。

ドティー川	330m ³ /sec
パロ川（ドティー川合流前）	710m ³ /sec
パロ川（ドティー川合流後）	1,040m ³ /sec

パロ川において、1989年5月の洪水流量151.9m³/secに対してLango地区で氾濫が生じたが、同年6月の同程度の洪水量152.6m³/secに対しては被害が発生しなかった。この事実から、洪水氾濫は河道形状の変化、すなわち水衝部の形成により起きると推定できる。すなわち、ドティー・パロ川では中小洪水時においても河床材料が激しく移動していることが推察される。

一般に河床材料の初期移動は、次式の無次元せん断応力 τ^* で表される。

$$\tau^*_{s_0} = \frac{D S}{(\rho_s / \rho_w - 1) d_{s_0}}$$

ここに、

D = 平均水深

S = 河床勾配

ρ_s = 河床材密度

ρ_w = 流体密度

d_{s_0} = 河床表面材の平均粒径 (Audrew. E. D. 1984)

この値 $\tau^*_{s_0}$ が限界値 0.031 において移動が生じる。ドティー・パロ川の河道勾配は 1 ~ 2 % であり、河床材の平均粒径が 15cm の場合、洪水時の水深が 1.0m を越えれば移動し、水深が 1.5m を越えれば平均粒径 30cm の玉石層も移動を始めると推察される。すなわち、洪水時には容易に河床変動を起こし、上述のような被害につながると考えられる。従って、この計画では、重量増のためフトンカゴの使用と、築堤法先の洗掘により直接フトンカゴがすべり落ちないように水平部を設けるものとした。なお、護岸工としては、コンクリートブロック工、連節ブロック工、円筒形フトンカゴ、箱型フトンカゴ、コンクリート護岸などが考えられるが、現地に豊富に材料が存在し、現実に使用経験のある箱型フトンカゴを採用する。箱の形状は高さ 40cm × 幅 1.20 × 長さ、最大 4.0m とする。

ii) 河道計画

ドティー川、パロ川に関しては、勾配調節・河道拡幅は原則として行わず、水衝部の除去にとどめる。

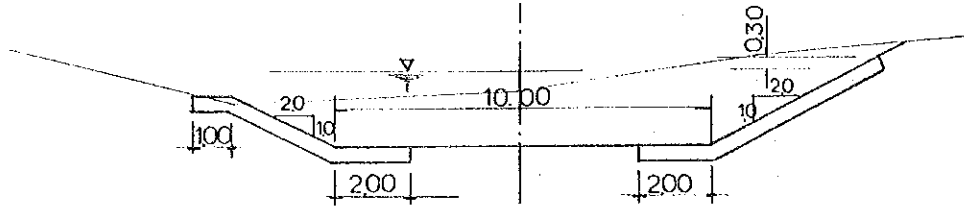
河道内の灌木は自然の制水工として有効であるが、河道中央の灌木・立木はミオ筋を蛇行させ、護岸の基礎洗掘を生じ易くするとともに、河川水位を上昇させ氾濫の原因でもある。従って、Bamdoley-Jangsa 区間では、護岸から 10m の範囲の植生を残し、それ以外の灌木・柳などは伐採する。

Gyebjana Rongchu においては国道の橋梁部において断面が不足しているが、農地保全の護岸工を優先する本来の目的から、工事費の嵩む橋梁の架け替えは行わない。また、この川は平均勾配が 1/20 と極めて急流であるため、フトンカゴによる床留め工併せて計画する。

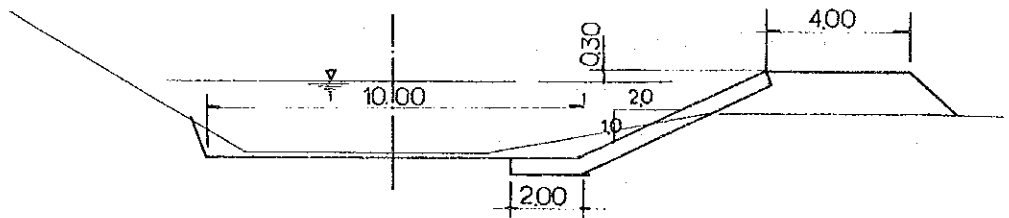
(4) 基本設計図

単独で河川護岸を計画する Gyebjana Rongchu の基本設計図を次頁に示す。他の農道の一部としての護岸工については、農道の基本設計図を参照されたい。

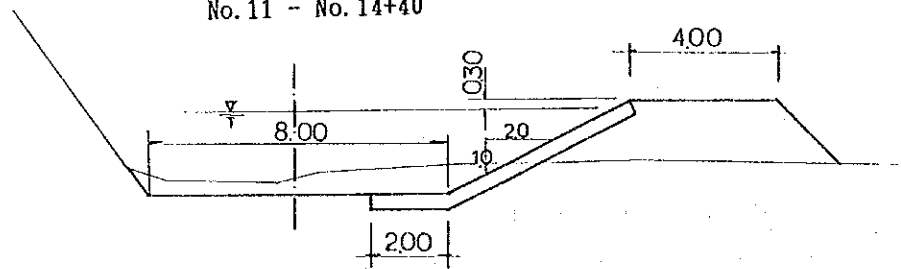
No. 0 - No. 7+80



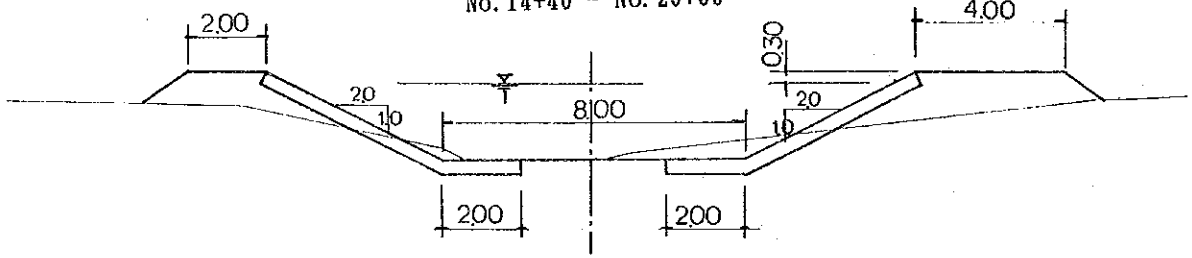
No. 7+80 - No. 11



No. 11 - No. 14+40



No. 14+40 - No. 23+35



(图 5.12) 标准断面图 (GYEJANA RONGCHU)

5.1.4 数量概算

基本設計図に基づいて取りまとめた灌漑施設の概算数量を（表 5.6）、農道・河川護岸の概算数量を（表 5.7）に示す。

(表5.6)数量概算表(灌溉施設)

水路名	取水堰		木		RC		L-600 U-800		L-450 U-450		無筋		積石		土水路		分水	流入	減勢	落差	余水	土砂	取水	横断	取付	護岸	付帯					
	m ³	m ²	m ²	m ³	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m ²												工所	工所	工所	工所	工所
Cendo Chukha	367		299										740				23		1									1				1
Bandoiey	367		720										520				14	1													1	
Rema Thangyul													150								1										1	
Sharimochu	1,262																															1
Gangyul	176												825				22	1														1
Shaba Shengo	1,114	697	435									1.3					17	1	1													1
Tshetey Yuwa	4,014	1,053	59							200							3															
Shaba Bara	1,245	727	412							36			180				63		1													1
Dujej Dingkha	646	504							116				379				19															1
Serehka	109		200							454			353				18	2														1
Total	2,281	7,019	2,981	2,125	116	690	1.3	825	3,782	960	179	5	3	6	6	7	1	3	2	247	1	1	3	2	247							

(表5.7)数量概算表 (農道/河川護岸および河川護岸)

路線名	表土掘削		盛土		運搬		路盤工		道路工		側溝付帯		張芝		7m加		護岸工		河床掘削		潜水橋				
	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ²	m ²	m ²	m ²	m	m	m ²	m ²	m ²	m ²	m ²	m ²	m ²	m ³	m ³	RC	コンクリート		
農道河川護岸																									
Bamdoley - Jangsa	5,600	17,943	42,244	3,883	4,667	14,989	14,989	6,168	14,125	29,827	24,197														
Satsam Chorten - Tshongdu	5,200	14,316	28,722	5,372	7,531	24,074	24,074	16,738																	
Nyemizam - Khangku	568	12,694	1,027	77	3,076	3,076	1,537	1,537	9,872	7,018	5,591														
Bondey - Gyebjana	300	982	10,262	1,048	611	6,177	6,788	2,880																	
Chorten - Sarpa - Deankha	276	45,442	2,132	54	11,248	11,248	3,655	3,655	25,573	19,653	16,693														
Left side of Dotey River	350	1,812	4,783	803	2,205	5,199	5,678	872	8,044	5,804	4,908														
河川護岸																									
Right side of Gyebjana Rongchu	2,460	11,763	3,000	795	4,274				24,490	17,260	13,645														
Total	14,754	46,816	147,147	14,265	15,940	69,037	65,853	31,850	109,104	79,562	65,034														

5.2 橋梁計画

5.2.1 設計方針

ジャンサ橋の新設に当たっての基本方針を以下に示す。

- (1) 新設規模は、現橋復旧を原則とするが、将来の交通体系および本プロジェクトで使用する建設機械の通行を考慮する。
- (2) 現橋の河積の阻害率、あき高は不十分と判断されるため改善を加えるものとする
- (3) 形式選定に当たっては無償資金協力としての建設工期を加味すると共に、雨期増水時における工事の制限を考慮する。
- (4) この橋梁位置がパロの中心地（マーケット）に隣接していることから、歩行者の通行にも十分に配慮する。
- (5) ブータン政府の財政を考慮し、必要とする維持管理費が少ない形式とする。
- (6) 流下能力を高めるため河川の流心部には橋脚を設置しないこと、洗掘防止のため護床工を行う。
- (7) 取付道路の勾配が極端に急にならない桁高、支間割りとする。

5.2.2 設計条件の検討

(1) 適用設計基準

- i) ブータン国 道路建設マニュアル (RCM)

(Road Construction Manual, Public Works Department)

- ii) インド道路基準 (SSCP)

(Standard Specifications and Code of Practice for Road Bridge, The Indian Roads Congress)

- iii) 道路橋示方書（日本道路協会）

(2) 設計荷重

設計に際しては、以下の荷重を考慮する。

- i) 活荷重

活荷重は、道路橋示方書に準じ、自動車荷重として20ton荷重（T荷重、L荷重）及び群集荷重を考慮する。

1) 床版及び床組の設計

a) 車道部

車道部分は設計荷重としてT-20荷重を考慮する。T荷重は部材に最大の応力を生じるように考える。

(表 5.8) T荷重

設計荷重	総荷重 w	前輪荷重 0.1w	後輪荷重 0.4w	前輪輪帯幅 b ₁	後輪輪帯幅 b ₂	車輪接地長 a
T-20	20(t)	2,000(kg)	8,000(kg)	12.5(cm)	50(cm)	20(cm)

b) 歩道部等

歩道等には、群集荷重として 500kg/m²の等分布荷重を考慮する。

2) 主桁の設計

車道部分には、1橋につき1個の線荷重と等分布荷重よりなるL荷重を考慮する。L荷重は、考えている点または部材に最も不利な応力が生じるよう、橋の幅員 5.5mまでは線荷重P及び等分布荷重pを負載する。

ii) 衝撃荷重

活荷重に応じた衝撃荷重は道路橋示方書に準じ、下記の係数で算出して考慮する。

$$\text{衝撃係数 } i = 20 / (50 + L)$$

iii) 死荷重

死荷重として、自重、高欄、添架水道管、照明等の重量を(表 5.9)に示す単位体積重量に基づき考慮する。

(表 5.9) 材料の単位体積重量 (kg/m³)

材 料	単位体積重量	材 料	単位体積重量
鋼, 铸鋼, 鍛鋼	7,850	無筋コンクリート	2,350
铸 鉄	7,250	セメントモルタル	2,150
アルミニウム	2,800	舗装用アスファルト	2,300
鉄筋コンクリート	2,500	舗装用コンクリート	2,350
プレストレストコンクリート	2,500	木 材	800

iv) 地震荷重

地震荷重は上記死荷重に対し、RCMの規定に準じ、地震時水平震度 $K_H=0.14$ を乗じて算出する。

v) その他

その他の荷重等として、土圧、水圧、浮力、揚圧力、コンクリートの乾燥収縮の影響・クリープの影響を考慮する他、必要に応じて風荷重、温度変化の影響、地盤変動の影響、施工時荷重、支点移動の影響、衝突荷重、制動荷重を考慮する。

(3) 設計強度

設計に際しての各資材の設計強度は以下のようにする。

i) コンクリート

ステージ「1.2」の経験からブータン産のセメントを用いたコンクリートは一般に橋梁工事に必要とされる $210\text{kg}/\text{cm}^2$ 以上に対して不足気味であったため、本調査においてブータン産セメント2種類とインド産3種類を持ち帰り試験を行った。試験内容は物理試験と化学分析とし、インド産については化学分析のみとした。試験結果は「付属資料一」に示すが、ブータン産の普通セメントを用いたモルタル圧縮強度 σ_{28} は $210\text{kg}/\text{cm}^2$ に満たなかった。一方、ブータン産のセメントは通常小型構造物用として出荷されており、重要構造物のためには高品質セメントの出荷している。この高品質セメントは常時生産していないためサンプルは入手できなかった。一般のセメントと高品質セメントの品質証明書に示される圧縮強度と一般セメントの試験結果から、高品質セメントを用いれば鉄筋コンクリート橋梁工に必要な圧縮強度は得られるものと判断し $\sigma_{28}=210\text{kg}/\text{cm}^2$ とする。

ii) 鋼材

上部工の鋼材は、日本から調達するものとし、JISに規定される強度を適用する。また、鉄筋は、ブータン国で入手可能なインド産を調達するもので強度としては、日本の異型棒鋼(SD295A)と同程度の品質である。

5.2.3 基本計画

(1) 位置および配置計画

この新設工事が完了するまで、現橋を撤去できないため、新架橋地点はその上下流いずれかとなる。架橋地点選定上の主な制限は、取付道路である。現橋の下流側案として、パロマールケットまでの間(現橋から約100m下流)が考えられる。現橋の下流約15mに新橋橋軸を仮定すると右岸側にはポリスステーションの建設が始められており、その計画を変更しなければ

ばならず、左岸側においても現道まで大きく湾曲した取付道路が必要で農地のつぶれ地が多く必要になる。さらに下流に仮定すると左岸取付がますます困難になる。

一方、上流案では民家が制約事項となる。すなわち右岸25mから50mの間に2軒、左岸100mに1軒の民家がある。ブータン政府は民家の移転が必要な場合その処置を行う方針であるが、できる限り移転は避けるべきである。従って上流案としては現橋から15mか70m地点が新橋軸として考えられる。後者の70m地点では左岸取付道路のためのつぶれ農地が多く必要で、線形的にも好ましくない。前者15m案では民家の移転を避けるためには擁壁工が必要となるが、技術的・工費的にみて大きな問題ではないと判断した。また、この案での左岸側の取付道路は、ほぼ直線となることからみてもこの案が新橋地点として最も適当であると判断した。

なお、現橋はパロ川に対し、わずかではあるが斜角を持って架けられている。河川工作物は、河川に対し直交するように計画することが、流水の安全流下、ひいては構造物の安全上望ましい。以上から新橋橋軸は、現橋の上流右岸側で15m、左岸側で23m地点を結ぶ線上に設定した。

(2) 規模の決定

i) 幅員

新橋建設は現橋復旧を原則とすることから橋梁幅員については、現橋と同じ一車線とすることが妥当といえる。現地交通量調査の結果、現時点では一車線に該当する交通量であった。第7次計画では、道路の新設及び拡張は計画されておらず、既存道路の路面補修と線形の修正のみが計画されているにすぎず、当面は社会資本整備の面からの積極的な交通需要喚起はなされないと思われる。しかし、GDPの伸び率から類推すると経済成長に伴い車輛台数の増加が予測され、交通量が増えると推定される。

幅員決定に当たって、ジャンサ橋以外の国道及び地方道に架かる橋梁の幅員および橋梁付近の道路幅員についても調査を実施した。その結果を以下に示す。

(表5.10) 橋梁幅員調査結果

橋 梁 名	該当道路	車道幅員(m)	歩道幅員(m)	位 置
チュゾン橋	国道1号線	7.5		パロ、ティンブー県境
新ボンディ橋	国道1号線	7.5		パロ空港付近
現ジャンサ橋	地方道	3.7	0.75 (両側)	パロマーケット付近
シャリィ橋	地方道	3.7		パロマーケットとパロボン中間

(表5.11) 道路幅員調査結果

調 査 地 点	車道幅員(m)
ジャンサ橋左岸取付現道	5.0～5.5
ジャンサ橋右岸取付現道	5.0～10.0
パロ・マーケット (国道1号線)	8.0
パロ・マーケット南側 (国道1号線)	4.0
パロ・マーケット北側 (国道1号線)	4.0

これらから総合的に判断し、ジャンサ橋左岸現道と同程度の規模であり、乗用車が対面交差可能な幅員として一車線の中でも上位ランクのW=5.5mの規格とする。

ii) 橋 長

パロ川の河川改修計画は策定されていない。橋長の決定のため、現橋付近の河道形状の現地測量を行なった。この結果、架橋地点の河川幅が上下流の河川幅より広がっていることが判明し、現橋の橋長に近い100mで十分であると判断した。

iii) 橋梁桁下高と設計高水位

橋梁桁下高の設定のため、設計高水位と所定余裕高（あき高）を検討する。

a) 計画高水位

一般的には、設計高水位は河川改修計画の対象洪水規模に相当する計画高水位（計画築堤高）をもって決定するが、パロ川の河川改修計画は策定されていない。高確率年洪水量に対し架橋地点の現況流下能力は小さいと思われるが、近い将来治水工事の整備水準を50年洪水または100年洪水規模に上げることは現況の地区重要度から見て治水経済効果が低いと判断される。従って、架け替え橋梁の設計高水位は洪水確率規模で30年洪水程度と考える。

現地聞き込み調査によって得られた既往最大の洪水は1968年の洪水で、最近約35年間における最大洪水であり、その後の小規模の堤防建設による氾濫軽減を考慮すれば、少

なくとも30年確率洪水程度の洪水水位に該当すると考えられる。

1968年洪水の最高水位は現ジャンサ橋の桁下 0.5m (標高2,268.55m) であり、等流水位計算から同水位の流量を推算すると、設計洪水流量は $710\text{m}^3/\text{sec}$ となる。(詳細は付属資料 11 参照)

b) 計画余裕高 (あき高)

計画余裕高は、ブータン国の道路・橋梁事業で設計基準として用いているインド道路基準 (SSCP) を適用する。同基準は下記の通りで設計洪水流量 $710\text{m}^3/\text{sec}$ に対し 1.20mとなっている。

(表5.12) インド道路基準の計画余裕高

対象流量 (m^3/sec)	計画余裕高 (m)
0.3 以下	0.15
0.3 ~ 3.0	0.45
3.0 ~ 30.0	0.60
30.0 ~ 300.0	0.90
300.0 以上	1.20

c) 計画桁下高

橋梁計画桁下高は、設計高水位に余裕高を加えた標高+2,269.75mとする。この桁下高は現橋の桁下高より0.7m上ることになる。

iv) 基礎工根入れ深さ

洗掘深さは、河床勾配が $1/75 \sim 1/100$ と急であり、河床も頻繁に移動している事から洗掘深は大きいと推定される。洗掘防止のため護床工により基礎工の防護を十分行なうことを前提として根入れ深さは基礎工の上面から最低河床面まで2.0mとする。

v) 護床工

河床の安定と基礎工の防護の目的で護床工を行なう。この護床工は規模が大きく、工期の制限を考慮するとコンクリートブロックの現地施工が難しい。従って、施工が容易なフトンカゴによる護床工を行なう。通常一つのフトンカゴ重量は、河床材料、水深、流速等によって決定され、(表 5.13) の基準等が使用される。計画水深2.55m、計画高水勾配1/100から想定されるフトンカゴ重量は2.5tonとなり、1.5m×1.5mの大きさとするとおよそ1.5mの厚さが必要となるが、このような大型のフトンカゴを制作するのは施工上難しいと考えられる。この設計では、厚さは50cmのフトンカゴ護床工を河床部全幅で基礎工端から上下流共20m、全体で48.3mに施工し、その上下流端に帯工を設けてフトンカゴが移動しない工法とする。

(表 5.13) 護床工選定基準

計画高水位勾配×計画水深	護床工1個の重量
$1.0 \times 10^{-2} \text{m}$ 以下	1.0ton級
$(1.0 \sim 2.0) \times 10^{-2} \text{m}$	2.0ton級
$(2.0 \sim 3.5) \times 10^{-2} \text{m}$	2.0~3.0ton級
$3.5 \times 10^{-2} \text{m}$ 以上	3.0ton級以上

(3) 橋梁形式の選定

i) 適用橋梁型式

一般的に本橋梁工の規模から考えられる橋梁型式は次のようなものが考えられ、施工性、経済性から（表 5.14）に示すような標準的な支間長が考えられる。

- a) 鉄筋コンクリート橋／スラブ・T桁・ホロースラブ・アーチ
- b) プレストストコンクリート橋／ホロースラブ・T桁・ π 桁・ボックス桁
- c) 鋼橋／H桁・プレートガーダー・ボックスガーダー・ π ガーダー・トラス・アーチ
- d) 石橋／アーチ

(表 5.14) 橋梁形式と適用支間長

Materials	Type of Bridge	Bridge Span Length in Meter												
		10	20	30	40	50	60	70	80	90	100			
Concrete	R. C. -Slab	■												
	R. C. -T-Beam		■											
	R. C. -Hollow Slab		■											
	R. C. -Arch				■	■	■	■	■	■	■	■	■	240
	P. C. -Hollow Slab			■										
	P. C. -T-Beam			■	■									
	P. C. - π Shape R.F.			■	■									
	P. C. -Box (Simple)				■	■								
	P. C. -Box (Continuous)					■	■	■	■	■	■	■	■	160
Steel	H - Beam		■	■										
	Composite Plate Gr.			■	■	■								
	Composite Box Gr.				■	■	■							
	π Shape Rigid Gr.				■	■	■							
	Truss						■	■	■	■	■	■	■	250
	Arch									■	■	■	■	300
Stone	Arch	■												

この橋梁規模では通常プレストレスコンクリート橋が経済的に有利な場合が多いが、施工設備、工期および所要のコンクリート強度(300~400Kg/cm²)が必要となる。現時点では高強度コンクリートの製造が特に材料面で困難で実現性が薄い。鋼桁は橋桁輸入となるが、コンクリートに比べ、工期の短縮が可能で雨期の施工にも対応しやすい型式である。

以上のように現地条件から当プロジェクトに適用可能な型式は鉄筋コンクリートT桁橋または鋼H型既製桁橋にその対象を絞って比較検討する。

ii) 橋梁型式の比較案

支間長を大きくすると下部工の基数を少なくできるので工期が短くなり、流水の阻害率(橋脚幅の総和/流下幅)が小さくなるが桁高が高くなり、国道への取付道路の勾配が大きくなり国道の嵩上げ高が大きくなり国道の改良範囲も長く必要になる。このことから比較案として支間割と橋梁型式を組み合わせで下記の4案を検討する。(4つの案の検討図を付属資料 7 に示す)

(表 5.15) 橋梁型式比較案

比較案	橋梁型式	支間(m)
A 案	7径間RCT桁(桁高 1.365m)	7×14.3
B 案	7径間単純非合成H桁型鋼橋(桁高 1.12m)	7×14.3
C 案	5径間単純非合成H桁型鋼橋(桁高 1.23m)	5×20.0
D 案	4径間単純非合成I桁鋼橋(桁高 1.32m)	4×25.0

(表 5.16) 比較検討の結果

比較案	河川阻害率	施工性	工期	維持管理	建設費比率	国道側の嵩上
A	6%	×	18ヶ月	△	1.00	1.00m
B	6%	○	15ヶ月	△	1.04	0.85m
C	4.8%	○	14ヶ月	○	1.04	1.00m
D	4.2%	○	13ヶ月	○	1.10	1.10m

○:良い(Good) △:普通(Fair) ×:悪い(Bad)

既設橋は、15基の橋脚がある。河積阻害率は13%であり、5%程度に改善されることは、洪水時の流下能力改善となり、河床の安定と氾濫の予防となる。又、C案とD案の比較では国道側の嵩上げ量が小さいC案の方が国道のマーケット側の取付け長さが短くなり、建設コストも少なくなる。C案は橋脚数4基で河川中心に橋脚がなく、河床洗掘防止にも有利となる。以上のことからC案の5径間鋼H型既製橋を採用した。

(4) 各部の設計

i) 上部工

1) 鋼桁の形式

ジャンサ橋の桁に要求される条件としては、既設道路の路面にすり付ける必要があり、桁下余裕高さも1.20m（既設橋0.6m）必要であるので、極力桁高が低いことが望ましい。この条件を満足できる橋桁として下記理由によりH型既製桁を採用する。

- a) ビルトアップ（鋼板から全て加工して製作する）の鋼桁に比べロールで製産されるため、製作工数が少なく、低コストの型式である。
- b) ビルトアップの鋼桁に比べ桁高が50%程度低くできるので桁下余裕の確保に有利である。
- c) 経済的に有利な支間は10m～25mで前項に検討した支間20mに適している。
- d) メンテナンスフリーの耐候性鋼材H桁が生産されている。

2) 鋼材種類

普通鋼材に塗装するタイプと耐候性鋼材使用タイプでは、後者が初期コストは大きいものの累積コストでみると将来の維持管理費用が低くなるため、およそ10年経過後から有利になる。鋼材でメンテナンスフリーの条件を満たすために耐候性鋼材使用のH桁橋を採用する。耐候性鋼材は、大気中に暴された状態で化学的にさびの発生が少なく、発生したさびは鋼材の表面に緻密なさび層を形成して、大気と鋼材の間を遮断して腐食進行を遅らせる鋼材であり、鋼の素材に銅、クロム、リン、ニッケル等の合金元素を添加した低合金鋼である。

ii) 下部工

下部工の型式は壁式、ラーメン式、多柱式等があるが、河川の阻害が少なく、工期が短く、特別な支保工を必要としない壁式を採用する。

iii) 基礎工

基礎工の型式は支持地盤の深さにより、直接基礎、杭基礎、ケーソン基礎が考えられるが、架橋位置の土質調査（載荷試験、試掘）の結果から20cm～60cm大の玉石層が連続しており、許容支持力も25t/m²以上が期待できる事から直接基礎を採用する。

iv) 取付道路

取付道路工は、ブータン国道路マニュアルに準じるものとし、道路の縦断制限勾配は、6%とする。従って、右岸側は国道1号線の交差点迄と、国道の嵩上げ1.0m程度が6%ですり付く区間(52.0m)の国道、左岸側は線形の改良と現道とすり付く区間(約75m)をプロジェクトの範囲とする。

取付道路の法止めは両側石積み擁壁により行う。

舗装幅は全幅とし、右岸側は7.5mとし左岸側は7.5mから現道幅5.0mにすりつける。

右岸側交差点はR=10mで巻き込む擁壁とする。

舗装構成は道路マニュアル(RCM)を参考とし、表層アスファルトコンクリート舗装厚5cm、上層路盤20cm、下層路盤25cmとする。

5.2.4 基本設計図

基本設計図を次ページ以下に示す。

5.2.5 数量概算

基本設計図に基づいてとりまとめた、橋梁工の工事数量の概算を以下に示す。

上部工 (100m×7.5m)

鋼材 : 桁~229ton、床版~52ton
コンクリート : 291m³

下部工 橋台 (2基)

コンクリート : 234m³
鉄筋 : 9 ton

橋脚 (4基)

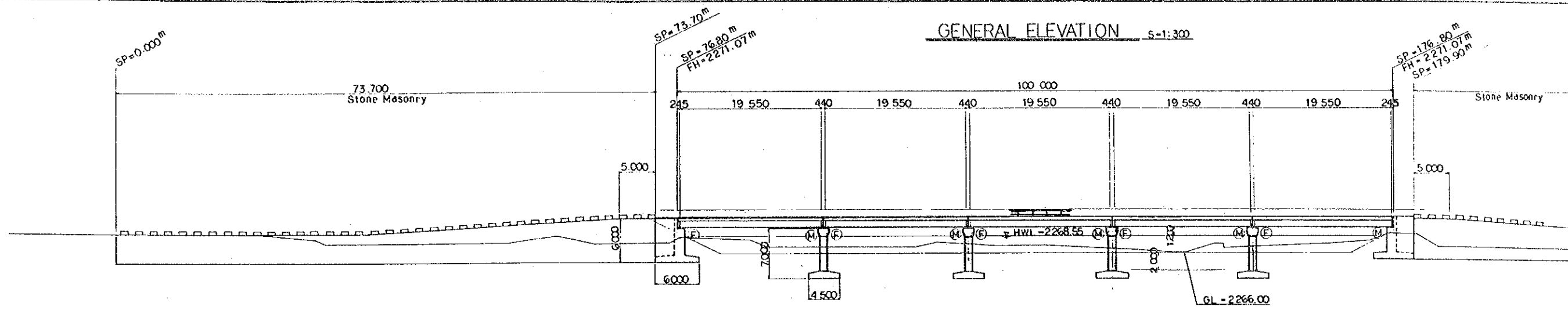
コンクリート : 447m³
鉄筋 : 26ton

護床工 (20m×90m×2m)

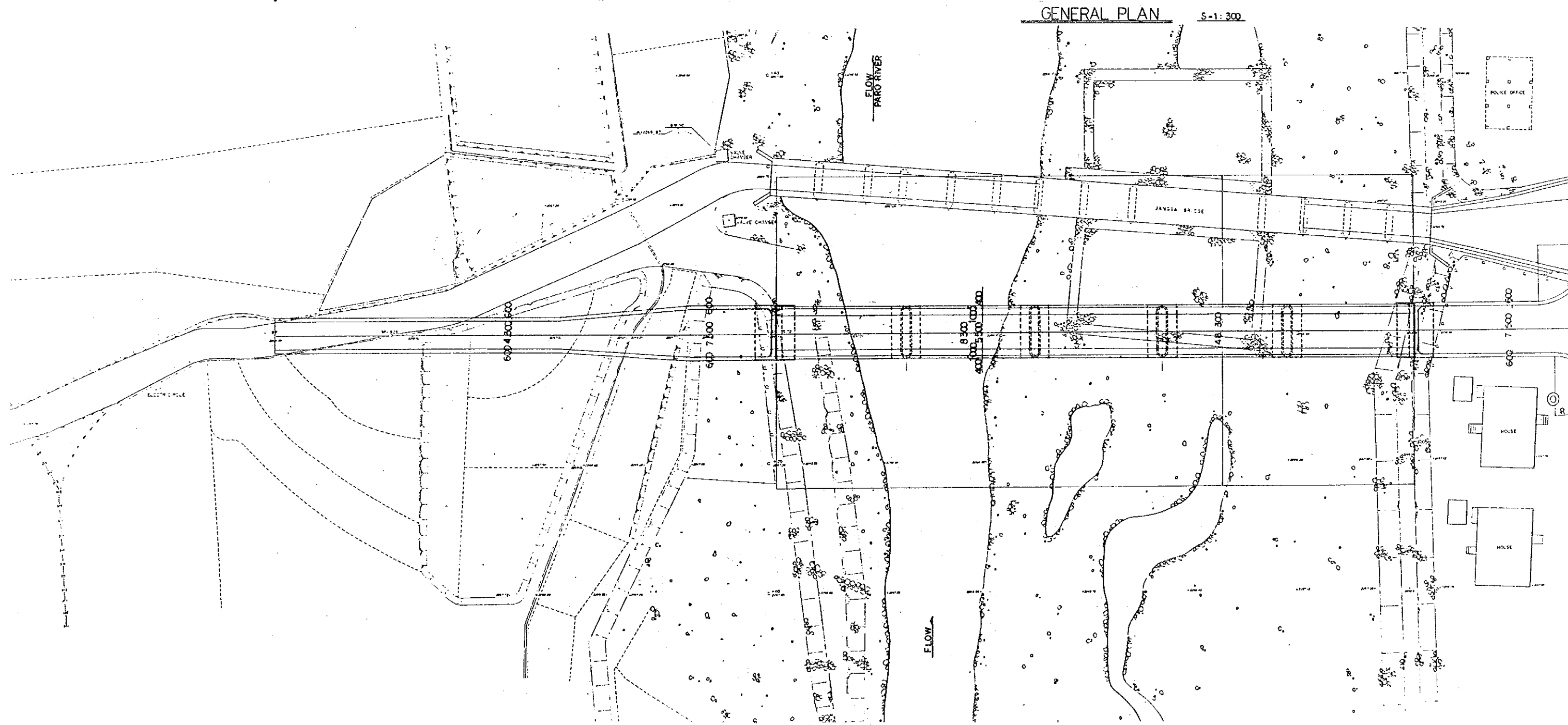
掘削 : 1,365m³
フトンカゴ工 : 773m²

取付道路 右岸52m、左岸75m

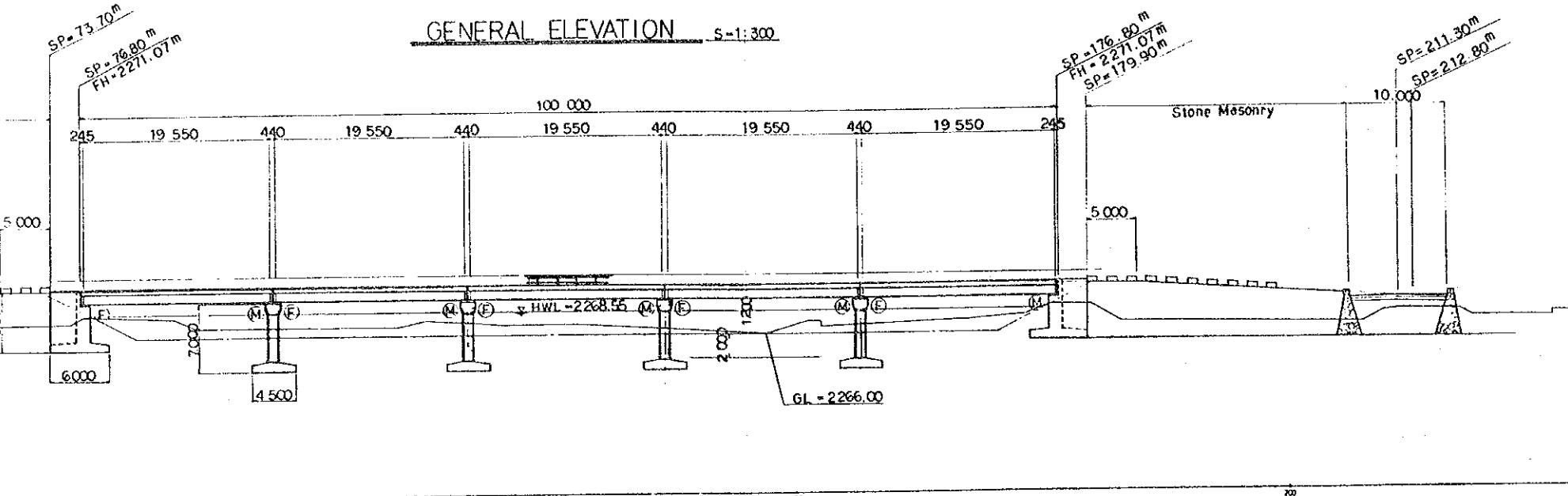
練り石積み工 : 1,110m³
盛り土工 : 1,827m³
路盤工 : 1,685m² (アスファルト舗装含む)



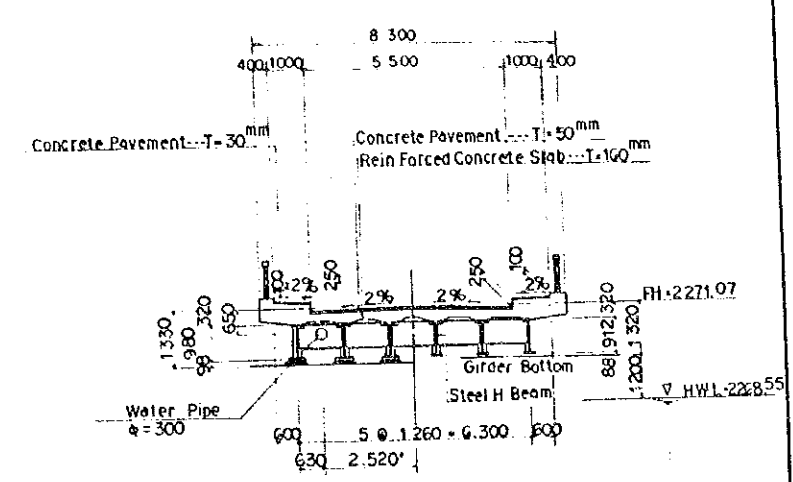
DL - 2.250m



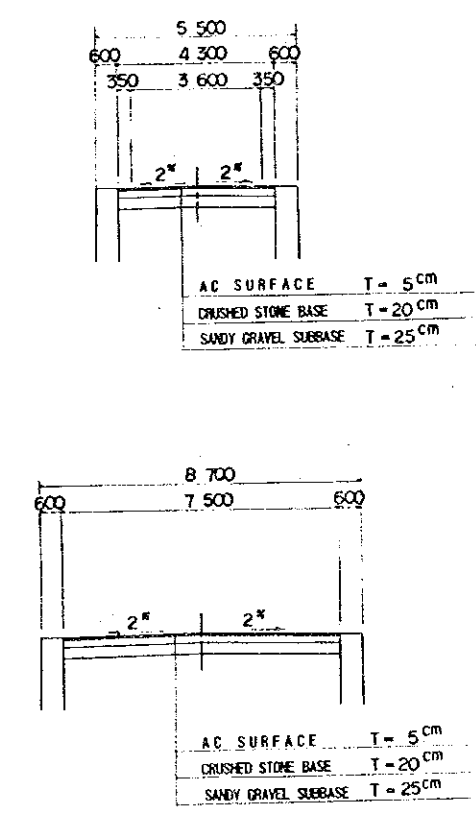
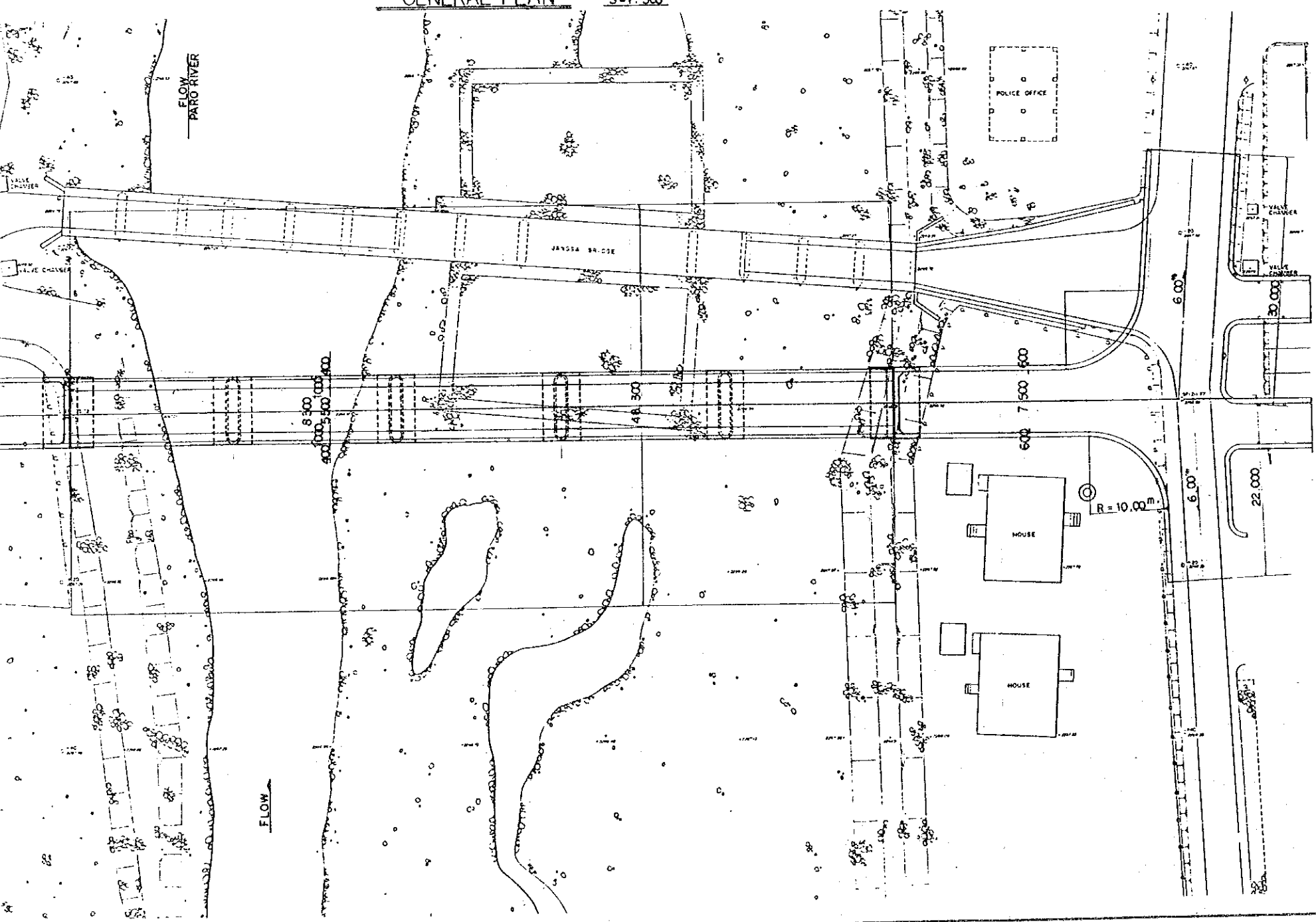
GENERAL ELEVATION S-1:300



CROSS SECTION S-1:100

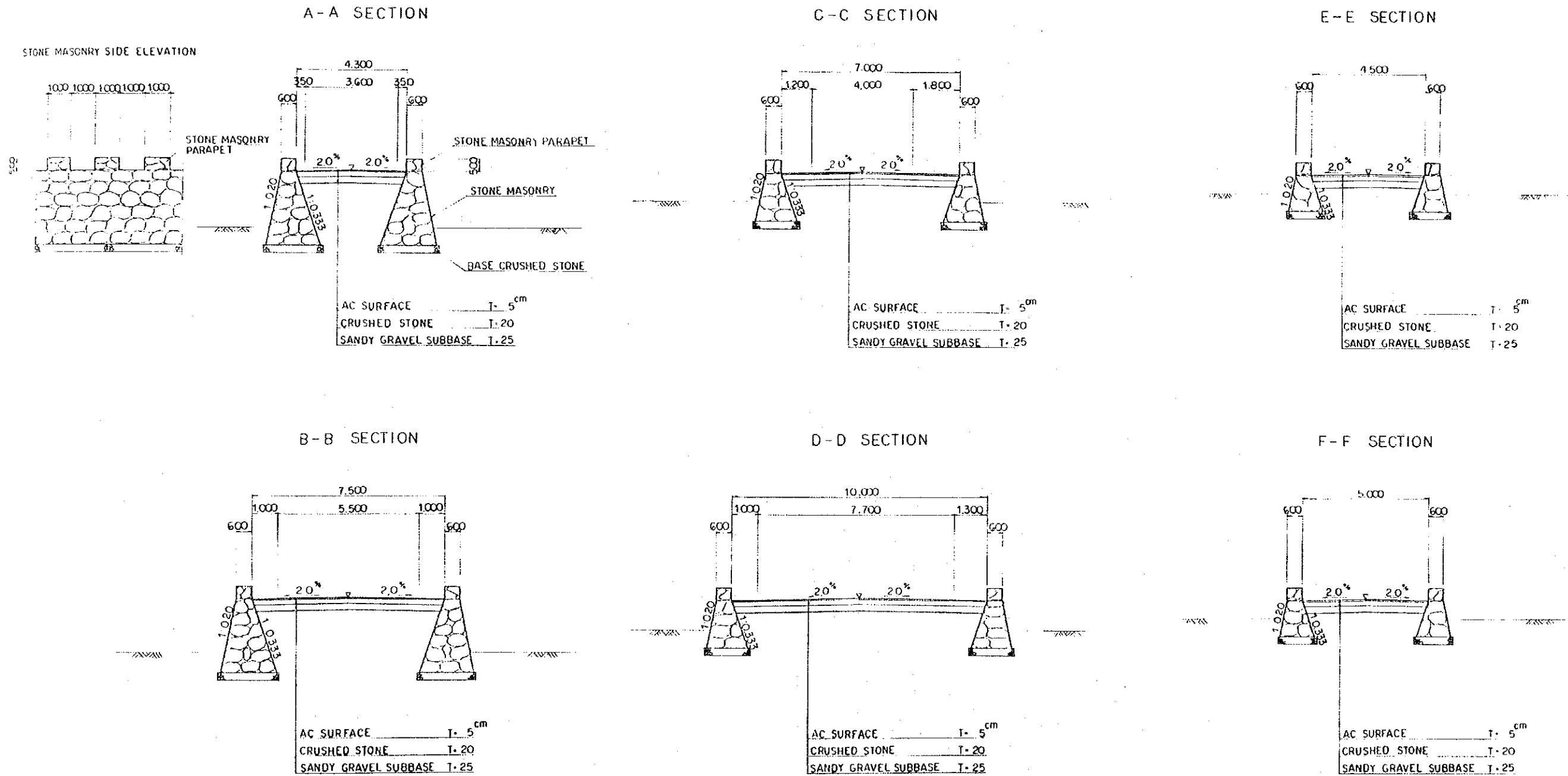


GENERAL PLAN S-1:300



(图 5.13) ジャンサ橋計画一般図

TYPICAL CROSS SECTION
S=1:100

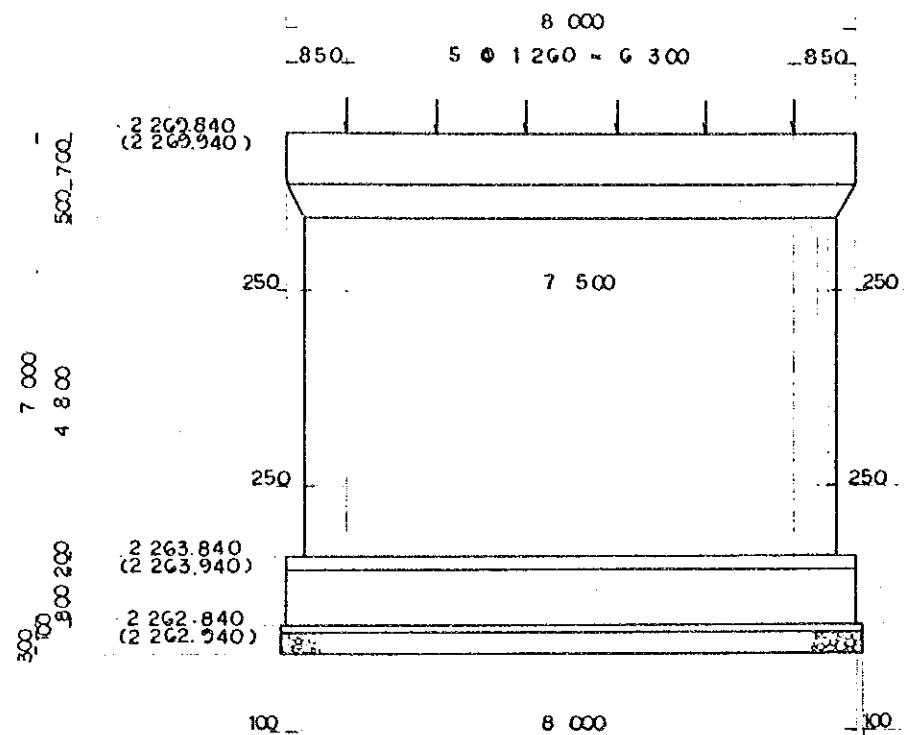


(図 5.14) ジャンサ橋取付道路標準断面図

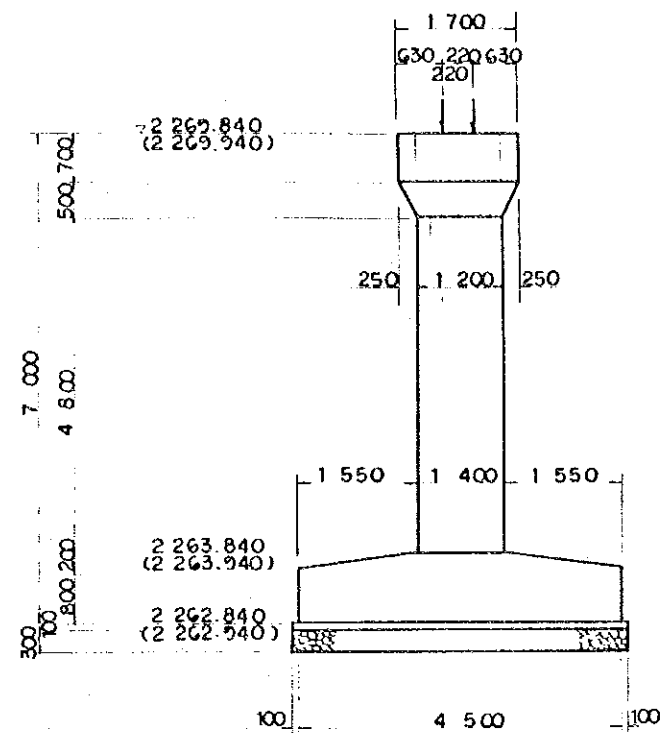
P1~4 SUBSTRUCTURE S=1:60

() ... P2, P3

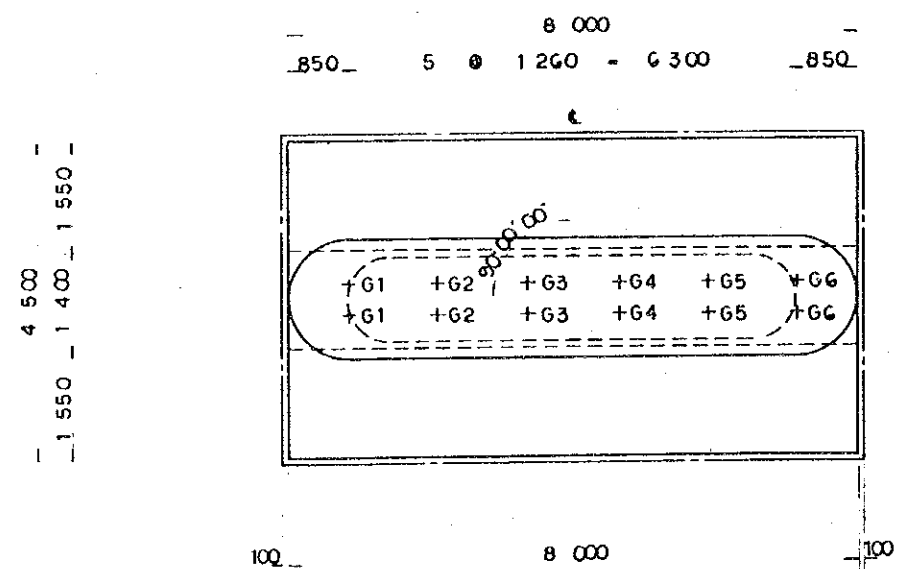
FRONT ELEVATION



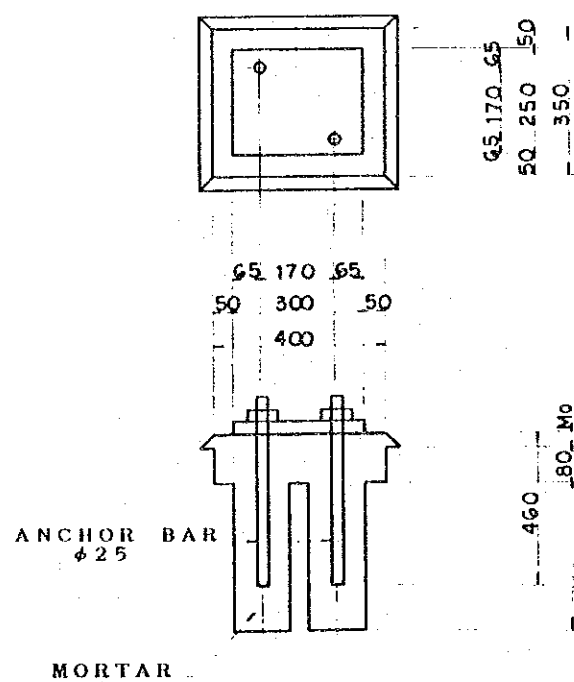
SIDE ELEVATION



PLANE



DETAIL OF SHOE S=1:10



(图 5.16) ジャンサ橋橋脚工計画図

5.3 施工計画

5.3.1 施工方針

(1) 施工方針

以下に基本的な施工方針を述べる。

- i) 十分な労働力が得られないことから、機械施工の比重を大きくする。
- ii) ブータンでは十分な建設機械が入手できないこと、建設機械の供与が本計画終了後もブータンの建設事情の改善につながると考えられることから、日本からの建設機械の調達（供与）を考える。
- iii) もともと建設機械の保有台数が少ないため、これらの建設機械のオペレーターの確保が困難な状況であるため、その確保はブータン側で責任を持つ。
- iv) 用地取得、工事障害物の移転や撤去、電気・水道等の導引、取付道路建設、敷地造成、土取り場の提供、関税の免除処置、通関手続きの便宜供与、建設機械に対する動産保険の加入および国内法に基づく必要な許可申請等についてはブータン側が行う。
- v) 次期ステージ以降に必要な派遣技術者は、ステージ「1.3」再開時にプラントの始動調整のための機械技術者および橋梁上部工建設時の橋梁技術者である。
- vi) ブータン国の実施機関は、全ステージを通し、農業省農業局（直接の部署はパロ谷農業開発務所）が当たる。ただし橋梁建設に関しては、技術的補佐のため、道路局の職員を前記事務所に参画させる。

(2) 工期区分

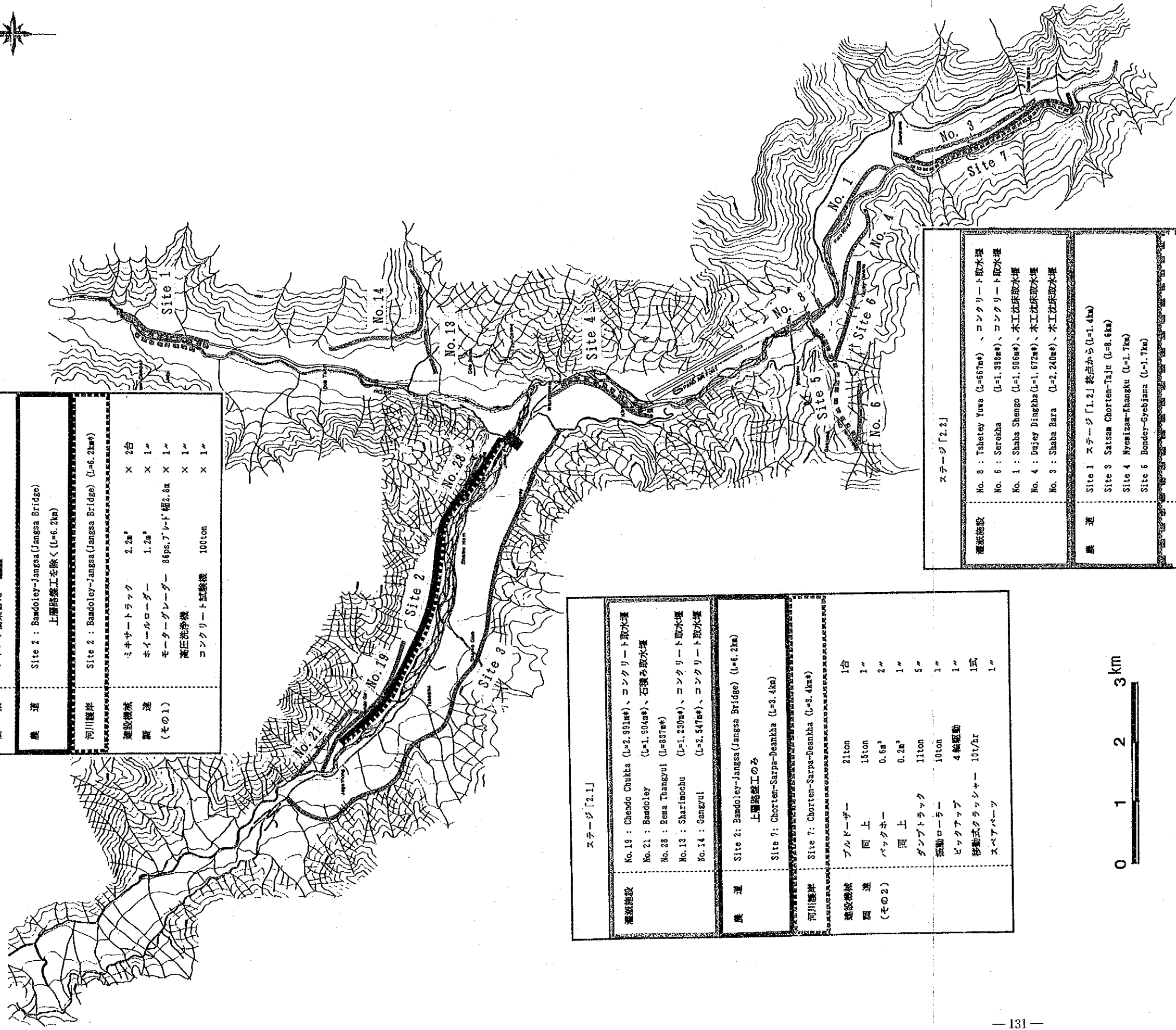
本工事は、基本的にパロ川上流地域（ドティー川流域を含む）とパロ川下流地域に分割しそれぞれステージ「1」およびステージ「2」とする。ステージ1は3期に分割され、ステージ2は2期に分割されていた。本設計調査までにステージ1の第2期まで終了していることは、第2章要請の経緯で述べたとおりである。残された工事および変更・追加要請のあった計画実施に際し、誤解を避けるため工期区分の呼称は変えないが、その実施工程は各年度の費用が概ね均等となることを基本として見直しをした。また、ステージ分けに際して、下記項目を考慮した。

- i) BandoleyとChendo-Chukha水路施工の前にBandoley-Jangsa道路、Shaba-Bara水路の施工前にChorten-Sarpa-Deankhaの建設を終了させ、アプローチ道路を確保しなければ、水路工事が難しい。
- ii) 工事費の軽減、安全管理、公共道路への影響軽減等のため、地域的に隣接する工事を同一ステージに組む。

このステージ分けは（図 5.17）に示す通りである。

AGRICULTURAL DEVELOPMENT PROJECT

ステージ「1.3」	
橋梁	ジャンサ橋架替え
農道	Site 2 : Bandoley-Jangsa (Jangsa Bridge) 上層路盤工を除く (L=6.2km)
河川護岸	Site 2 : Bandoley-Jangsa (Jangsa Bridge) (L=6.2km*)
建設機械	ミキサトラック 2.2m ³ × 2台
農具	ホイールローダー 1.2m ³ × 1台
(その他)	モーターグレーダー 88ps, 7/10ト 幅2.8m × 1台
	高圧洗浄機 × 1台
	コンクリート試験機 100ton × 1台



ステージ「2.1」	
灌漑施設	No. 19 : Chendo Chukha (L=2,991m ²)、コンクリート取水堰 No. 21 : Bandoley (L=1,904m ²)、石積み取水堰 No. 28 : Rana Thangyul (L=887m ²) No. 13 : Sharimochu (L=1,230m ²)、コンクリート取水堰 No. 14 : Gangyul (L=2,547m ²)、コンクリート取水堰
農道	Site 2 : Bandoley-Jangsa (Jangsa Bridge) (L=6.2km) 上層路盤工のみ Site 7 : Choroten-Sarpa-Deankha (L=3.4km)
河川護岸	Site 7 : Choroten-Sarpa-Deankha (L=3.4km*)
建設機械	ブルドーザー 21ton 1台
農具	同上 15ton 1台
(その他)	バックホー 0.6m ³ 2台
	同上 0.2m ³ 1台
	ダンプトラック 11ton 5台
	振動ローラー 10ton 1台
	バックアップ 4輪駆動 1台
	移動式クラッチャー 10t/hr 1式
	スベアパーツ 1台

ステージ「2.2」	
灌漑施設	No. 8 : Tshetey Yuwa (L=667m ²)、コンクリート取水堰 No. 6 : Serekha (L=1,398m ²)、コンクリート取水堰 No. 1 : Shaba Shengo (L=1,906m ²)、木工沈床取水堰 No. 4 : Dujey Dingkha (L=1,672m ²)、木工沈床取水堰 No. 3 : Shaba Bara (L=2,240m ²)、木工沈床取水堰
農道	Site 1 ステージ「1.2」終点から (L=1.4km) Site 3 Satsam Choroten-Taju (L=8.6km) Site 4 Nyemizam-Khangku (L=1.7km) Site 6 Bondey-Gyebjana (L=1.7km)
河川護岸	Site 1 ステージ「1.2」終点から (L=1.4km*) Site 4 Nyemizam-Khangku (L=1.7km*) Site 5 Gyebjana Rongchu (L=2.65km*)



注：(*)は区間延長を示すもので、工事延延長ではない
：灌漑施設に示すNo. は要請時点の水路番号である
：農道に示すSiteは前フェーズで命名した番号と同じである

(図 5.17) ステージ区分図

5.3.2 建設事情及び施工上の留意事項

i) 建設事情

ブータンにおいては民間請負建設業はいまだ発達しておらず、建設機械の保有台数も極めて少ない。建設業者のほとんどが、コンクリートミキサーを保有している程度と考えるべきである。また、建設労働者は、外国人労働者の雇用が法律で制限されているため、その絶対数が不足している。とりわけ専門技能工が少なく、そのほとんどがA M C等政府機関の職員である。従って現地施工時には、日本からの多技能工の送り込みが必要となる。

資機材搬入では道路事情が悪く、長尺物（最大10m）・重量物（最大20ton）の運搬が困難であり、特に雨期においては更に事情が悪化する。

ii) 工事上の留意点

工事に際しての留意点は、以下のとおりである。

- ・慣習上、川から採取する石は、その採取地点の工事に使用しなければならない。
- ・冬期間のコンクリート打設作業においては、同じパロ地域に中でも、3℃程度の気温差があるので注意を要する。
- ・盛り土作業においては乾期には乾燥しすぎ、雨期には過湿泥寧化の恐れがあるため最適密度の確保を十分行う。
- ・輸送事情が良くないので、セメント等品質の変化しやすい材料の品質管理に留意する。
- ・橋梁基礎工事においては掘削高さ5m程度になり地層はルーズな玉石と砂で構成されているため掘削面の崩壊には留意を要する。

5.3.3 施工監理計画

各ステージのE/N締結が終了した時点で、実施設計を行う。この実施設計には、測量調査が必要である。実施設計完了後、直ちに入札を行い、工事の開始につなげることとする。日本の会計年度が4月から始まること、パロ地方の雨期が9月までであることから考えると、概ね5ヶ月で工事開始までの作業を完了させる必要がある。従って測量を含む実施設計は、時間的制約が大きいので投入人数を増やして対応する。

各ステージ毎の工事内容と管理者の現地張り付け計画は以下のように考える。

(表5.17) 施工管理計画

ステージ	実施内容	管理者	時期・期間	備考	
1. 3		業務主任	施工開始時	1ヶ月	事業推進
		〃	〃 終了時	0.5ヶ月	
	橋梁 下部工	土木技術者	常駐		
	上部工	鋼構造技術者	上部工着手時	1ヶ月	
	農道 盛り土/下層路盤	道路技術者	常駐		Site2の一部
建設機械調達(1)					
2. 1	灌漑施設	業務主任	施工管理開始・終了時各0.5ヶ月		
	農道	灌漑技術者	常駐(乾期のみ)		Site2の残りを含
	河川護岸	土木技術者	常駐		
	建設機械調達(2)	機械技術者	機械現着時	1ヶ月	
2. 2	灌漑施設	業務主任	施工管理開始・終了時各0.5ヶ月		
	農道	灌漑技術者	常駐(乾期のみ)		
	河川護岸	土木技術者	常駐		

5.3.4 資機材調達計画

(1) 調達建設機械

本計画において、ステージ「1.3」および「2.1」で、建設機械の調達を行う。この調達は先のステージ「1.1」と同じ性格のものであるから、日本からの調達として統一する。

(2) ブータン国内で調達可能な資材

ブータン国内で普通に調達できる資材を国内産とインド産に分けて以下に示す。

i) 国産

ポルトランドセメント	: 50kg袋
アルミナセメント	: "
鉄筋コンクリートパイプ	: 内径225, 300, 450, 600, 750, 900, 1050, 1200mm
ポリエチレンパイプ	: 外径20, 25, 32, 40, 50, 63, 75, 90, 110, 140, 160, 225mm

木材

石材

フェンス用金網

U字側溝 : U300, U450

L字側溝 : L600×300

生コンクリート

碎石、砂

— ステージ「1.1」で供与した
プラントで生産される資材

ii) インド産

フトンカゴ用金網 : ϕ 3, 2, 4mm

異形鉄筋 : D 8, 10, 12, 16, 20, 22, 25mm

鋼板、亜鉛メッキ鉄板、亜鉛メッキワイヤー

土木シート

型枠・剥離材

軽油、ガソリン、灯油、エンジンオイル、グリース

各種電気関係資材

タイヤ、等

5.3.5 実施工程

コンサルタント契約後の実施スケジュールを(図 5.18)に示す。

月		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
ステージ 1.3 期	実施設計	現地調査	国内作業		入札	(計 4.5ヶ月)							
	機材調達(1)	工場製作		海上輸送		内陸輸送		(計 6ヶ月)					
	施工	工事準備	橋梁工事				農道護岸工事				(計12ヶ月)		跡片付
ステージ 2.1 期	実施設計	現地調査	国内作業		入札	(計 5.5ヶ月)							
	機材調達(2)	工場製作		海上輸送		内陸輸送		(計 9ヶ月)					
	施工	工事準備	水路工事		農道護岸工事				水路工事		(計 12ヶ月)		
ステージ 2.2 期	実施設計	現地調査	国内作業		入札	(計 5.5ヶ月)							
	施工	工事準備	水路工事		農道護岸工事				水路工事		(計12ヶ月)		

(図 5.18) 実施スケジュール

5.4 建設機械計画

5.4.1 計画方針

(1) 建設機械

今後調達が必要となる建設機械にはステージ「1.1」ですでに導入したものと同一種類のものがある。この場合は後の維持管理を考慮して、出来る限り同一メーカーとする。

機械の選定に当たっては、残工事量、先のステージで調達した機械の耐用年数を考慮して決定するものとする。同時に、供与される機械は日本の計画終了後も、パロ谷農業開発のため現地で有効に活用できることが不可欠の条件である。

先に述べたようにフェーズⅢ調査での変更要請は、総合的に判断されたものであるから基本的には尊重するが、圃場整備工事が削除されたこと、橋の建設が加わることを考慮して対応する。

(2) プラント

稼働状況から見て、基本的には損耗部パーツの補充で良いと考える。

今後の工事位置が、現在のプラント位置から遠隔地となる場合、工事では農道敷砂利用の碎石を多量に必要とするため、運搬経費が高むことになる。道路用敷砂利に比べ、コンクリート用碎石量は数量的に少ない。従って現在導入されたクラッシャーが移動可能式であるから、クラッシャーのみを道路建設に有利な、位置に移動することが考えられる。しかし、ブータンには移動し、再セットする技術者はいないため、日本からの技術者派遣の必要があり経費的には約25,000千円となる。この計画では低廉(約7,000千円)な移動式クラッシャーの新規導入を行うものとする。

5.4.2 条件の検討

(1) 建設機械

ステージ「1.2」工事期間において、PVADは建設機械を管理してきた。建設機械は、当該プロジェクトの工事にリースすることを最優先にしながらも小規模な農地整備や農家生活環境整備の目的で農民への貸出しや、道路整備のための県への貸出しも行ってきた。機種や台数の検討に際してはこれらの機械を適切に維持出来る様、次ステージ以降にもパーツの供給を行うこと、整備や修理費を含んだリース貸出を行い、ステージ「1.2」と同等の整備がなされる条件とする。また、(表5.18)に示す建設機械の稼働実績も次ステージ以降の建設機械の検討の条件である。なお、現時点で、ステージ「1.2」における建設機械の損耗損傷程度から判断すると、日本国内でのおよそ70~80%程度の耐用年数と考えられる。

(表5.18) 建設機械の稼働状況 (1992年4月現在)

	種 類		(詳細付属資料-4)
・主要建設機械	ブルドーザー	21ton	1,100hr
	〃	15ton	930~1,240hr
	バックホー	0.6m ³	990~1,160hr
	〃	0.2m ³	1,140hr
	ドーザーショベル	3ton	1,150hr
・一般の建設機械	バックホー	0.04m ³	330~490hr
	ホイールローダー	0.34m ³	770hr
	バイブレーションローラー		600hr
・主要輸送機械	ダンプトラック	11ton	10,000~12,000km
・一般の輸送機械	トラックミキサー	2.2m ³	
	セルフローダー		5,000~6,000km
	クレーン付トラック		

(2) プラント

ステージ「1.2」工事期間において、プラントはブータン側の管理・運転の技術者不足のため、工事請負業者が管理してきた。今後徐々に技術移転がなされるものと考えられるが、本プロジェクト終了時点までステージ「1.2」と同じ管理・運転が続くとしてパーツの選択を考える。ステージ「1.2」を終えた段階でのプラント運転状況は下記の通りである。これからみて、建設機械ほど高頻度使用ではないが、現地の採石用材料が雲母を多く含んでいることから、クラッシャーの直接材料と接する部分の摩耗が激しい。

・クラッシャープラント	750hr
・バッチャープラント	350hr
・コンクリートプラント	320hr

5.4.3 基本計画

(1) 建設機械

i) 機種および台数

各機種毎の機種および必要台数は以下の通りである。

a)ブルドーザー (21ton)

現在1台導入されているこの機械は、主として河床掘削に利用される。残工事数量180千 m^3 から想定される予想稼働時間は3,000時間であり、1ステージ当たりに直すと1,000時間程度で、使用実績1,100時間より若干少なく1台での対応も不可能ではない。しかし、この機械の主な用途である河床掘削のこの地域における条件は、すべての河川が人頭大の玉石や角レキで構成されていることから非常に損耗を受け易い機械である。この機械の損耗は護岸工事や道路工事はもとより基礎的な工事が停止つながる。従って、プロジェクト終了後においても重要かつ利用価値も高いことを考慮し、本計画では要請が妥当なものと判断し、1台を導入する。

b)ブルドーザー (15ton)

現在4台導入されているこの機械は、表土剥ぎ・抜開・押し土・用土撒きだし・整地等幅広く利用される。計画上の残工事数量940千 m^3 から想定される予想稼働時間は16,000時間であり、1台追加して合計5台が稼働するとすれば、1ステージ、1台当たりに直すと1,060時間程度で、使用実績930~1,240時間より若干少なく5台での対応が可能であると判断できる。耐用年数からみて、スペアパーツが多めに必要と考えられる。

c)モーターグレーダー

この機械はフェーズⅢ基本設計調査時点でブータン側から新たに要請のあった機械である。ステージ「1.2」における農道工事においては路盤の整形はブルドーザーとローラーで行ったが、平滑な路面を形成することが容易でなく、計画以上の時間を要する結果となった。また、この機械はプロジェクト終了後の維持管理に有効な機械でもあることから、要請は妥当なものと判断した。この機械の導入によって、作業項目の多いブルドーザー (15ton) の作業負荷を軽減する狙いもある。

d)バックホー (0.6 m^3)

現在3台導入されているこの機械の主な作業は掘削であるが、材料の積み込みや法面整形等にも利用される。計画上の残工事数量570千 m^3 から想定される予想稼働時間は21,000時間であり、1ステージ当たりに直すと7,000時間程度で、使用実績990~1,160時間より6台必要であると判断できる。橋梁工基礎掘削等悪条件の工事が増えること、本プロジェクト終了後も利用価値の高い機種であることも考慮して、要請より1台多い2台の導入とする。この機械も耐用年数からみて、スペアパーツが多めに必要と考えられる。

e) バックホー (0.2m³)

要請では、0.35m³であるが、ブータンにおける水路や農道側溝の規模からみてその掘削に最適な機種としては、0.2m³と考える。計画上の残工事数量50千m³から想定される予想稼働時間は4,200時間程度であり、1台で対応するには1ステージあたりに直すと約1,400時間となり使用実績1,140時間より多くなり対応が若干困難であると判断できる。また、パロ地区内には本プロジェクトでわずかな差でプライオリティーが低いと判定された水路が多くあり、ブータン側が行う工事も多く残されていることから、要請よりバケット容量が1ランク下の機種の導入とした。

f) ダンプトラック (11ton)

現在6台導入されているこの機械の作業は土砂運搬である。計画上の残工事数量210千m³から想定される予想稼働時間は20,000時間であり、要請通り5台追加するとすると1台、1ステージあたりに直して600時間程度の稼働となる。一方、ステージ「1.2」の使用実績は平均700時間であった。この時間の比率から見ると見かけ上約2割の余裕があるが、ステージ「1.2」における平均運土距離が1.5kmであったのに対し、残りのステージの平均運土距離は、1.8kmであるから稼働時間は2割増えることになる。従って、5台の導入は妥当であると判断した。

g) ミキサートラック (2.2m³)

現在この機械は、2台導入されているがフェーズⅢ基本設計調査時点でブータン側から2台の追加導入の要請があった。この理由は、残りのステージがコンクリートプラントから遠距離になることと、ジャンサ橋工事が重複することを懸念していること、さらには将来、コンクリートプラントを有効活用するため遠隔地までの運搬を可能にする目的である。

この機械はコンクリートバッチャーの能力に見合った配置を考えなければならず、実績でのバッチャー能力は30分で2m³ (4m³/hr) である。ミキサートラックの能力は、運搬距離6kmで約2m³/hrであるから、運搬距離が6km以内の時は、2台の配置でバランスがとれる。運搬距離が15kmになると、能力は約1m³/hrとなるから、ミキサートラックの配置は4台となる。これは、バッチャーの最大能力までコンクリートを打設する場合である。このような遠隔地での条件でコンクリート打設が必要となるのは、ステージ2の時点である。ステージ1.3での橋梁上部工は、1スパン約38m³のコンクリート量となり、1日で打設するべきであることから、打設能力を時間当たり6.3m³程度まで上げる必要がある。プラントと橋梁までの運搬距離は3kmでありミキサートラックの運搬能力は2.3m³/hrであるから、3台のミキサートラックが必要となる。上部工の打設を途中で中断することは、応力的に好ましくないため安全のため予備1台を導入する。即ち、この予備の1台は、ステージ2に導入しなければならないものを1期早めるもので、過剰にはならないと判断した。一方、現在のバッチャーの能力はセメ

ント投入に必要な時間に制約されているので、この時間短縮を図る必要があるが、セメントの投入口への小運搬の問題であることから、しかも橋梁工事期間中のみのものであるから、仮設工事により対応するものとする。

h) 振動ローラー

この機械は現在1台導入されている。農道工事の建設地点が離れていること、しかも同じステージに施工しなければならないこと、運搬のしずらい機械であることから、この工事で複数台の導入が好ましい。また、この機械は将来の道路の維持管理や建設においてグレーダーと同様有用な機械であることから、要請どおり導入する。

i) ホイールローダー (1.2m³)

現在はホイールローダー (0.6m³) が導入されている。使用目的は碎石～バッチャー～2次製品プラント間の材料運搬である。当初計画は1台で賄うものであったが、プラント建設地が移動を余儀なくされ、地形条件が変わり碎石プラントとバッチャープラントの距離が大きくなったため運搬効率が悪くなり追加要請してきたものである。今後のステージではコンクリート打設量が多くなること、将来のプラント運営のため、必要性は極めて高いと考える。

j) ピックアップ (4輪駆動)

現在2台が導入されている。今後のステージでは各工事の現場が遠隔地になり技術者の移動や資材の運搬に必要なこと、電話事情が悪く連絡車として重要なこと、将来の管理用車両として有用なことから妥当な要請と考える。

k) 高圧洗浄機

フェーズⅢ基本設計調査時点で新たに要請あった機械である。建設機械、運搬車量等の洗浄は、これらの維持管理の基本であること、工事中に既存道路を汚さないため、要請通り導入する。

l) 移動式碎石クラッシャー

碎石の大半は農道の敷き砂利として用いられる。今後のステージにおける農道の現場は現在のプラント位置から6km～15km離れている。この機械は要請にはないが、以下の理由により各現場で碎石を生産できる形式の導入を計画する。

- ・敷き砂利の運搬費は現在のプラントから運ぶより1～2kmの範囲の現場近くから運ぶ方が直工費で約2,000千円少なくなる。

- ・上述の6～15kmを運搬するためには、ダンプトラックの運行時間から先に決定した台数より2台多くする必要があり、その費用は現地搬入価格でおおよそ19,000千円になる。

- ・この機械は現地搬入価格で約7,000千円と安価である。
- ・現在の地点から運搬する場合は、国道1号を使用するが延べ3,200回の往復が必要となり、ダンプトラックの損耗、国道の損耗、交通安全の面から好ましくない。
- ・ブータンの慣習で採取した河川の近辺で使用しない場合、石の採取は困難である。

m) コンクリート破壊試験機

橋梁工に使用するコンクリートについては第5章 5.2.2 設計条件の検討に示した通りコンクリート試験を行う。ブータンにはキュービックタイプの試験機が1台あるのみで、このタイプが誤差が大きいこと、試験機がティンパーにあり試験の迅速性に欠けること、および技術移転として有効であるとの判断から、この機械の導入を計画した。

ii) スペアパーツ

一般に機械はある一定の使用時間に達すると、故障率が急激に高くなりオーバーホールが必要となる。主要な建設機械のオーバーホールまでの予想時間を(表5.19)に示す。同表にみられるように、比較的複雑な高価なパーツが3年～5年稼働後にその時期を迎えると考えられる。このようなパーツの交換には、多くの時間が必要であるため、アッセンブリーとして交換することにより、修理のための所要時間を減らすことができる。残りの工事、橋梁工事に必要な機械はもとより、すでに供与した機械の有効活用と耐用年数を長くすべくエンジン、トランスミッション、ステアリング、油圧システムと言ったアッセンブリー補給を行う。このような修理には専用工具、工場等も必要となるが、必要な工具の供与を行う他、ブータン政府も技術者の養成や、工場の準備を行うよう提案する。

(表5.19) 各建機のオーバーホールの予想時期

項 目	予想時間数	予想時期
ブルドーザー関係		
エンジン	6000hr	約5年稼働後
トランスミッション	6000hr	"
ステアリング	6000hr	"
油圧システム	6000hr	"
トラックフレーム(足回り)	1500hr	約1.5年稼働後
バックホー(PC200)		
エンジン	6000hr	約5年稼働後
油圧システム	6000hr	"
バケット	1500hr	約1.5年稼働後
トラックフレーム(足回り)	3500hr	約3年稼働後
バックホー(PC60)		
エンジン	4000hr	約4年稼働後
油圧システム	4000hr	"
バケット	1500hr	約1.5年稼働後
トラックフレーム(足回り)	3000hr	約3年稼働後
バックホー(PC05)		
エンジン	3000hr	約5年稼働後
油圧システム	4000hr	"
バケット	1500hr	約2.5年稼働後
トラックフレーム(足回り)	3000hr	"
ドーザーショベル(D21S-6)		
エンジン	3000hr	約3年稼働後
トランスミッション	3000hr	"
ステアリング	3000hr	"
油圧システム	3000hr	"
トラックフレーム(足回り)	1500hr	約1.5年稼働後
ホイールローダー(WA70-1)		
エンジン	3000hr	約3.5年稼働後
トランスミッション	3000hr	"
ファイナルドライブ	3000hr	"
油圧システム	3000hr	"
バケット	3000hr	"
タイヤ	3000hr	"
振動ローラー(JV100WA)		
エンジン	5000hr	約5年稼働後
油圧システム	3000hr~5000hr	約3~5年稼働後
足回り	3000hr~5000hr	"

iii) 導入時期

次期ステージは、ジャンサ橋およびBamdoley-Jangsa農道（上層路盤工を除く）の建設であるため工事に必要な建設機械は前述のように、コンクリート関係のミキサートラック（2.2m³）、ホイールローダー（1.2m³）及びコンクリート試験機である。また、農道の維持補修のためのモーターグレーダー及び各種建設機械の洗浄用の高圧洗浄機も早期の導入が望ましい。今後の各ステージの事業費配分を均等にするためステージ「1.3」では上記5種類の調達とし、残りの機械の調達はステージ「2.1」で行うものとする。

5.5 概算事業費

今後の各ステージ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総額は、約25.13億円となり、先に述べた日本とブータン国との負担区分に基づく双方の経費内訳は、下記に示す積算条件によれば次のとおりと見積もられる。

(1) 日本側負担経費

(表5.20) ステージ毎の概算工事費

事業費区分 / ステージ	「1.3」	「2.1」	「2.2」	合計
i) 建設費	7.66億円	4.56億円	6.93億円	19.15億円
a) 直接工事費	(5.25)	(3.34)	(5.33)	(13.92)
b) 現場経費	(0.67)	(0.61)	(0.72)	(2.00)
c) 共通仮設費等	(1.74)	(0.61)	(0.88)	(3.23)
ii) 機材費	0.46億円	2.85億円	—	3.30億円
iii) 設計・管理費	0.96億円	0.87億円	0.85億円	2.68億円
合計	9.08億円	8.28億円	7.78億円	25.13億円

(2) ブータン国負担経費 239万Nu. (約13百万)

(詳細は、付属資料 15 参照)

- i) 土地取得・整備費 144万Nu. (約8百万)
- ii) 道路補修費 95万Nu. (約5百万)

(3) 積算条件

- i) 積算時点 平成4年5月
- ii) 為替交換レート 1US\$ = 130.61円
1Nu. = 5.25円
- iii) 施工期間 3期による工事とし、各期に要する詳細設計、工事及び機材調達の期間は、実施工程に示した通りである。
- iv) 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6章 事業の効果と結論

6.1 事業の効果

本計画の実施に伴う事業効果は、直接的には農業生産の増大による農家所得の向上、食糧自給率の向上、農業生産の安定化、及び、地域の生活環境の改善、農民生産活動の活性化等が期待され、間接的には地域住民の社会・経済活動の活性化にもつながる。具体的に示せば、下記の通りである。

現状と問題点	本計画での対策	計画の効果・改善程度
(1) 灌漑		
<p>計画地区農地面積 (ha)</p> <p>水田 1,561</p> <p>畑地 1,790</p> <p>家庭菜園 143</p> <p>果樹園 360</p> <p>上記農地に対し水田のみに河川から自然取り入れと土水路による灌漑施設があるが、不安定な取水と低搬送効率が生産性を低くしている。</p>	<p>用水不足の現状と工事の難易度が高いことの観点から優先度を評価し、全体で14条、28.6kmの取水工改良を含めた灌漑施設改修を行う。この受益面積は約450haである。</p>	<p>現在の米の生産高4.3t/haから将来5.0t/ha以上、すなわち15%以上の増収が期待され、計画実施後にはおよそ900tonの増産が期待できる。</p> <p>また、乾期においても取水可能となり裏作の麦、じゃが芋等の増収も期待できる。地区内の増産可能量をじゃが芋で換算すると約2,800tonと見込まれ、換金作物として有望である。</p>
(2) 農道		
<p>現状はパロ県全体で51kmの農道がある。しかし、一般的には車両が通行可能な道路を持つ農地は非常に少ない。</p> <p>このため、農業生産資機材の搬入、生産物の出荷が困難で生産性が低くとどまっている。また、農村生活面での利便性にも劣っている。</p>	<p>道路単位延長当たりの受益農地面積、農家戸数を基準に優先度を検討し、6条総延長26.7kmの農道建設を行う。</p> <p>これによる受益農地は850ha、受益農家戸数は約500戸である。</p>	<p>上述の増収は農道建設が行われ肥料等の生産資材の導入を前提としている。すなわち生産性の向上の一翼を担っている。</p> <p>また、農道建設に伴い新たに開発できる果樹園面積が140ha期待でき、これに伴うリンゴの生産は約3,400ton見込まれる。</p> <p>さらに、リンゴ等の換金作物の出荷は荷痛みを少なくでき増益につながる。</p>