

第3章 プロジェクトの内容

3 - 1 プロジェクトの目的

ブータン政府は第8次五か年計画（1997～2002年）の中で、住民の基本的生活の確保、全国規模での経済発展および均衡ある地方の開発を目標にしており、その重点施策として、幹線道路の改修整備と地方アクセス道路網の充実、老朽化した橋梁架け替え等を実施することを目標としている。

本プロジェクトは、上記計画目標達成を目指す国土基盤整備の一環として、信頼性の高い道路ネットワーク確保を図ることを意図し、現在、国道上のボトルネックとなっている老朽橋梁を、安全確実な橋梁に架け替えることを目的とするものである。

上記目的達成のため、本無償資金協力は国道1号線および4号線に架かる5ヵ所の橋梁の架け替え事業（取付け道路を含む）に要する資金を提供するものである。

3 - 2 プロジェクトの基本構想

本計画の実施については、ブータン国政府要請内容、国家開発計画における本プロジェクトの位置づけ、当該分野に対する他援助機関からの援助動向、道路整備事業の取り組み状況等に関する調査を行ってきた。その結果、本プロジェクトの実施によりもたらされる効果は顕著であり（下記参照）、日本の無償資金協力の制度に合致していること、さらにはブータン国実施機関の実施・維持管理能力もあることから、日本の無償資金協力が妥当であると判断される。

- (1) 日本の無償資金協力により、ブータン国唯一の東西幹線道路である国道1号線上にある Kuri, Chamkar, Bjee および Wachy 各橋梁の永久橋への架け替えと同時に、スイス国援助による Wangdue 橋（Punatsangchhu 橋）の架け替えにより、国道1号線の橋梁部分のボトルネック解消を図り、安全・確実な東西幹線道路を確保し、東西の活発な交流に資するとともに、沿線の均衡ある地域開発を促す。
- (2) ブータン中央部の Trongsa, Zhemgang および Sarpang 各県を南北に貫く国道4号線の輸送上の大きなボトルネックとなっている Mangde 橋の架け替えにより、インド国援助による同国道上の他橋梁架け替えプロジェクトと一体となり、沿線地域のバランスの取れた地域開発、産業振興等に資する。

さらに、本計画についての要請内容および目的について、ブータン国関係機関との協議を重ね、かつ、現地調査を実施し、また帰国後の国内解析を加えて総合評価した結果、本プロジェクト実施により、安全・確実な道路ネットワークの確保とともに、沿線住民の生活・生産活動への直接的な効果が顕著な形で発現されるものと判断できることから、ブータン政府の要請通り、5橋梁の架け替え事業を実施するものである。

なお、現地調査の結果を踏まえ、本プロジェクトの規模および内容検討を行った結果（詳細は後述「3-3 基本設計」の項を参照）各計画架け替え橋梁の概要は次表の通りである。

（架け替え橋梁の概要）

橋梁No.		1	2	3	4	5
橋梁名		Kuri	Chamkar	Biee	Wachy	Mangde
橋長 (m)		54.0	50.0	43.0	50.0	95.2
支間長 (m)		53.0	49.0	42.0	49.0	93.8
総幅員 (m)		6.3	8.3*	6.3	6.3	6.3
車道幅員 (m)		5.5	7.5	5.5	5.5	5.5
橋面積 (m ²)		340.5	415.0	270.9	315.0	599.8
橋梁形式	上部工	ポ・コトラス	ポ・コトラス	ポ・コトラス	ポ・コトラス	ランガ-
	下部工	橋台	逆T式	逆T式	逆T式	逆T式
		橋脚	なし	なし	なし	なし
	基礎工	直接基礎	直接基礎	直接基礎	直接基礎	直接基礎
護岸工		-	ガソ籠	ガソ籠	ガソ籠	-
取付道路工 (アスコ舗装)	右岸	50.4	95.5	40.5	93.5	74.4
	左岸	54.4	64.5	35.5	65.5	89.2
	合計	104.8	160.0	76.0	159.0	163.6

（注） 鋼材は耐候性鋼材使用

* Chamkar橋は歩行者交通が多いため、安全性確保の観点から車道と歩道を分離する計画である。

3 - 3 基本設計

3 - 3 - 1 設計方針

施設計画の策定にあたっては、ブータン国の自然・社会条件，建設・調達の状況および問題点、橋梁および取付け道路の規模、上・下部工および基礎工の形式および材料、現地への資機材および建設機械の搬入、さらには将来の維持管理等、現地調査の結果を踏まえ、以下の設計方針に基づいて行うものとする。

(1) 自然条件に対する方針

a) 気象条件

ブータン国では、雨期と乾期が明確に分かれており、降雨はモンスーンの季節に集中している。雨期には地滑り、崖崩れ、土石流等により、国道等が頻繁に遮断され、資機材の運搬に多大な影響を来す恐れが多分にある。施工計画立案にはこれらの状況を反映させる。

b) 河川条件

架橋位置、橋長および構造形式の決定にあたっては、水文解析の結果を十分に考慮する。対象5橋梁位置における対象河川の計画高水位は、既往最大流量、50年確率流量および洪水痕跡を総合的に検討して設定する。

c) 地形条件

急峻な地形の多い各サイトにおいては、取付道路設計に際し、急峻な地山のカットを出来る限り避ける。

d) 地質条件

各サイトにおける地質調査結果に基づき、架橋位置および橋台基礎構造を決定する。

e) 地震条件

ブータン国を含め隣接のインド・アッサム地方は最も地震の影響が大きい地方に区分されている。したがって、本対象橋梁設計の際には地震の影響を考慮する。

(2) 社会条件に対する方針

a) 対象橋梁の位置する国道沿線住民にとっては他に迂回路がないため、工事中も現道の交通確保が必要である。したがって、新たな迂回路建設は地形の制約のために費用が高むので、新橋の位置は現橋を迂回橋として使用可能な状態とする。

b) ブータンは山岳に位置する国家であるため耕作地は地形により限定され、既存の耕作地は生産の場として重要である。本計画においては、No.4

Wachy 橋の右岸新設取付道路を現在の耕作地に設けざるを得ない。したがって、本事業の一環として日本側負担で、新橋完成後には既設盛土道路を平坦に整地し、代替耕作地としての利用も可能なものとする。

(3) 施設設計に対する方針

- a) 対象橋梁の取付道路は、DOR が所有する全長 13.5m のセミトレーラーの走行が可能な線形で設計する。
- b) 歴史的に国道全線がインドの管理下に置かれていたため、インド政府により架設された RC および PC 橋梁には、「Standard Specifications and Code of Practice for Road Bridges, The Indian Roads Congress (IRC)」の A-荷重が採用されている。したがって、既設の永久橋との整合性を考慮し、国道 1 号線または 4 号線に架設される設計対象 5 橋梁に IRC の A-荷重を採用する。
- c) 交通量に基づき、橋梁幅員は開発調査 (F/S) で採用されたものと同様、市街地に架設される No.2 Chamkar 橋を 7.5m とし、他の 4 橋を 5.5m とする。
- d) 上部工は鋼橋とし、架橋後の維持管理を容易にするため耐候性鋼材を使用する。部材断面、部材長および部材重量は、架橋地点までの輸送条件および架設工法を考慮して決める。これら鋼橋の部材は品質を考慮し、原則として日本から調達する。

(4) 建設事情に対する方針

ブータン国の 1998 年の経済成長率(2000 年 5 月に発表)は 5.1%であり、建設関連部門が大きく貢献しているとのことである。この発表が示す通りに、現在の建設関連産業の活動状況は活発である。しかしながら、現地建設業には以下に示すような問題がある。

- 都市部においては建設労務の就業機会は多少あるが、ブータン人の多くは農民であるので、一般的に建設作業員は不足している。特に、発展途上国において大きな障害となる熟練工の不足は同国においても同様である。さらに、普通作業員の国内手配も地方においては 5 月～10 月が農繁期のために難しい。
- 土木技術者は、国内に 1 校ある技術学校卒業生 (diploma) やインドの工科大学卒業生 (degree) で構成されている。これらの学校の卒業生は限られているとともに、彼等は政府関係機関に優先的に勤務するので、民間企業は技術者不足に直面している。
- 現地建設業者はあらゆる分野の建設工事に参加して来ているが、中規模以上の永久橋梁工事を出来る現地建設業者は皆無である。したがって、彼等の保

有建設機械は一般土木工事用機械である。

上記の建設事情を考慮した設計 / 施工方針は以下の通りである。

- a) 土木技術者を含む多くの建設関連労務者は、現状通りに隣国インドより雇用する。なお、日本の建設業者やコンサルタントは現地人への橋梁工事の技術移転を図る。
- b) 日本政府の無償資金協力であることを念頭に、経済性を考慮し、可能な限り短い工期で完了するような設計および施工計画を立案する。すなわち、本計画は橋梁上部工以外の橋梁下部工や取付道路工に現地建設業者が参加できるような設計とする。

(5) 現地業者や現地資機材の活用についての方針

- a) 現地建設業者は国策の 1 つとしての民営化に従って、過去 10 年前から創立して来た。これらの業者は Ministry of Trade & Industry (通産省) から建設業者の免許を取得し、Construction Development Board (CBD) に業者規模に応じてクラス A、B、C、D (Petty) で登録されている。本計画実施の際、土木下請け業者あるいは機械リースや労務の調達先となり得るのはクラス A の建設業者である。
- b) 現地建設資材には、現地にて製造される資材と輸入品として現地市場から得られる資材に分かれる。これらの代表的な資材として、前者は骨材やセメント、後者は鉄筋やアスファルトである。一方、現地建設機材は DOR や建設業者の保有道路機材や輸入品として現地市場で得られる一般的な小機材である。したがって、本計画の取付道路工に関する資機材は、上記に示されたものを大いに活用するようにする (「2 - 1 - 5 資機材調達計画」の項参照)。

(6) 工期に対する方針

工期に影響する要因は、雨期や貧弱な輸送路である。

雨期を考慮して、工事工程は乾期に下部工や取付道路工を、雨期に上部工を施工するサイクルで検討する。また、雨期には自然災害により、輸送路の通行が遮断される場合が生じるので雨期中の輸送は極力避けるようにする。

3 - 3 - 2 設計条件

本基本設計に適用する条件・設計基準について以下に整理する。

3 - 3 - 2 - 1 計画高水位

(1) 高水位解析

洪水痕跡

各対象橋梁の洪水痕跡水位は以下の通りである。

	<u>洪水痕跡水位</u>	
<u>橋梁名</u>	<u>痕跡水位 (m)</u>	<u>測水位との関係</u>
Kuri	13.20	1998 年観測水位
Chamkar	無し	
Bjee	桁下 1.0m	
Wachy	橋面下 4.5m	
Mangde	無し	

No. 1 Kuri 橋：

洪水痕跡水位として、左岸橋台側面に 1998 年 8 月に記録した 13.2m の痕跡が表示されている。当該水位と既設橋梁床版までのクリアランスは 3.0m 程度ある。既設橋は 1971 年に架設されたもので 30 年間最大の洪水と想定される。

No. 2 Chamkar 橋：

洪水痕跡は確認できなかったため、現地聞き取り調査により最大水位を把握した。年最大水位は橋梁直上流部に設置されている根固工上、約 0.5m の水位である。既設橋梁は 1973 年に建設されたもので、以来、地元住民も大規模な洪水は経験していないとのことである。

No. 3 Bjee 橋：

洪水痕跡は確認できなかったが聞きこみ調査により既往最大の水位を把握した。既往最大水位は、1989 年に生じた水位で既設桁下約 1.0m の水位である。平均年最大高水位は、右岸橋台前面に設置されている根固工上約 1m 程度の水位である。既設橋は 1969 年に建設されたもので、1989 年の高水位は 30 年間で最大の水位と想定される。

No. 4 Wachy 橋：

洪水痕跡は右岸橋台前面に“HFL”として刻まれている。この水位は既設橋梁上面から 4.5m の位置にあり右岸上流部の水田まで達した水位であるが、桁下までのクリアランスは 3.0m 程度確保されている。当該洪水による被害はなかったとのことである。水位、流量観測施設が設置されていないため観測水位記録はない。

No. 5 Mangde 橋：

既往洪水痕跡の確認はできなかった。当該河川は谷が深く既設橋の形式が通り

橋タイプのためか床版下と高水位とのクリアランスは十分確保されている。年平均最大水位は両岸に堆積している巨レキ上数十 cm の水位と推測される。

年最大水位および最大流量

調査対象橋梁地点の洪水痕跡水位、観測期間における最高水位および各橋梁の換算標高を次表に示す。

橋梁名	水位標基準標高 (E L : m)	橋梁基準標高 (E L : m)	最大水位標高 (m)		備考
			水位標	橋梁換算標高	
Kuri	0.00	481.61	13.20	494.81	痕跡水位
Chamkar	0.00	488.19	7.30	495.49	
Bjee	0.00	481.84	4.88	486.72	
Wachy	-	-	-	490.30	痕跡水位
Mangde	0.00	474.60	4.40	494.56	痕跡水位
				479.00	
				481.42	TMO観測データ

また、最大流量に対する比流量を以下に示す。No.4 Wachy 橋の Dang 川には、水位・流量観測所が設置されていないため、ブータン中央部近隣流域の他の観測データを参考に高水流量を設定する。調査調査対象流域およびその近隣流域の最大流量の比流量は、概ね $0.18 \sim 0.66 \text{ m}^3/\text{s}/\text{km}^2$ である。Mo および Pho 川に関しては、1994 年 10 月に最大流量 $2,539 \text{ m}^3/\text{s}$ (比流量 $0.45 \text{ m}^3/\text{s}/\text{km}^2$) を記録しているが、これは氷河湖の決壊によるものであり異常流量である。通常の降水による最大流量は $1,551 \text{ m}^3/\text{s}$ であり、比流量は $0.28 \text{ m}^3/\text{s}/\text{km}^2$ である。また、Kuri 川流域は、上流域がチベット地区に属する山岳地域を含むこの地域の年降水量が、ブータン中央部の 50%以下(500mm/年以下)であることより、他の流域に比較して比流量($0.18 \text{ m}^3/\text{s}/\text{km}^2$)が小さいものと考えられる。Mangde 川流域の流出量は $0.66 \text{ m}^3/\text{s}/\text{km}^2$ であり対象流域の中で最大である。

橋梁計画地点最大流量と比流量

	最大流量 (m^3/s)	比流量 ($\text{m}^3/\text{s}/\text{Km}^2$)
Kuri 川流域 (Kuri 橋)	1,531	0.18
Chamkar 川流域 (Chamkar 橋)	336	0.25
Mangde 川流域 (Bjee 橋)	408	0.29
Mo 川 / Pho 川流域 (Wachy 橋近隣流域)	2,539 (1,551)	0.45 (0.28)
Mangde 川流域(Mangde 橋)	2,099	0.66

高水位および確率流量

年最高水位および年最大流量に基づき、Gunbel 法によって確率処理した各橋梁地点 (Kuri , Chamkar , Mangde) の確率高水位および確率流量を以下に示す。

(確率流量)

確率年 Year	Kuri 川		Chamkar川		Pho+Mo川(Wangdi)	
	流量 (m ³ /s)	比流量 q (m ³ /s/km ²)	流量 (m ³ /s)	比流量 q (m ³ /s/km ²)	流量 (m ³ /s)	比流量 q(m ³ /s/km ²)
200	1,874	0.22	458	0.34	3,667	0.65
100	1,771	0.21	426	0.32	3,333	0.59
50	1,667	0.19	394	0.29	2,998	0.53
40	1,634	0.19	383	0.28	2,889	0.51
30	1,590	0.18	370	0.27	2,749	0.49
20	1,529	0.18	351	0.26	2,550	0.45
10	1,422	0.17	317	0.23	2,205	0.39
5	1,310	0.15	282	0.21	1,845	0.33
2	1,142	0.13	230	0.17	1,301	0.23

(確率流量)

確率年 Year	Mangde 川(Tintibi)		Mangde 川(Bjee)	
	流量 (m ³ /s)	比流量 q (m ³ /s/km ²)	流量 (m ³ /s)	比流量 q (m ³ /s/km ²)
200	3,285	1.03	689	0.50
100	2,937	0.92	634	0.46
50	2,589	0.81	579	0.42
40	2,476	0.77	561	0.40
30	2,330	0.73	538	0.39
20	2,124	0.66	506	0.36
10	1,764	0.55	449	0.32
5	1,390	0.43	389	0.28
2	824	0.26	300	0.22

(確率高水位)

確率年	(単位：m)			
	Kuri川	Chamkar川	Mangde川 (Bjee)	Mangde川 (Tingtibi)
200	497.49	497.08	488.00	484.39
100	496.85	496.69	487.77	483.67
50	296.21	496.29	487.54	482.94
40	496.00	496.17	487.46	482.70
30	495.73	496.00	487.36	482.40
20	495.35	495.77	487.23	481.97
10	494.69	495.37	486.98	481.22
5	494.00	494.95	486.73	480.44
2	492.96	494.31	486.36	479.26

(注) Mangde川 (Tingtibi)はTOMマ-タを考慮して補正した。

高水位規模の評価

年最高水位および洪水痕跡を確率評価したものを次に示す。

年最高水位（観測水位）及び洪水痕跡に基づく高水位の規模（Gunbel 法）				
	観測最大高水位(m)	確率年	洪水痕跡(m)	既設橋経過年
Kuri	494.8	15年	494.8	(29年)
Chamkar	-	-	-	(27年)
Bjee	486.7	6年	桁下 1.0m)	(31年)
Wachy	-	-	橋面下 4.5 m	(31年)
Mangde	-	-	-	(35年)

(2) 計画高水位の検討

対象橋梁部について検討流量を設定し、次のような河川特性を考慮し、等流計算により計画高水位を算定する。

- ・ 各橋梁サイトの河川は急流河川である。
- ・ 河床勾配はほぼ一定である。
- ・ 河川の水位は下流側からのバックウォーターの影響を受けることはない。

① 計算方法

検討流量に対する水理検討は現況河道が急流で勾配が一様であり、下流水位の影響を受けなため等流計算により行う。計算式は次式による。

$$Q = A \cdot V = A \cdot 1/n \cdot R^{2/3} \cdot I^{1/2}$$

ここに

- Q: 流量 (m³/s)
- A: 流積 (m²)
- n: マニングの粗度係数
- R: 径深 (m)
- I: 動水勾配

計画高水流量

計画高水流量は、観測最大流量、確率流量および洪水痕跡と高水流量との関連を考慮して次のように設定する。なお、流量規模は、地域の重要度、流域の規模、既往洪水痕跡等を勘案して 50 年確率とする。なお、水理計算は既往最大流量および 50 年確率流量についてそれぞれの水位を算定する。なお、Dang 川に関しては観測データが得られないため、近傍流域 (Wangdue) の比流量等を参考に設定する。

	50年確率流量(m ³ /s)	観測最大流量(m ³ /s)
Kuri 川	1,670	1,540
Chamkar 川	400	340
Mangde (Bjee) 川	580	410
Dang (Wachy) 川	(320)	(270)
Mangde (Tintibi) 川	2,590	2,100

Dang 川の観測期間の最大流量および 50 年確率流量は Mo 川+Pho 川流域の比流量を

参考にして以下のように算定した。

・観測期間の最大流量 :比流量 $q=0.045$ ($m^3/s/km^2$)
 $Q = 0.045 \times 600km^2 = 270m^3/s$

・50年確率流量 :比流量 $q = 0.53$ ($m^3/s/km^2$)
 $Q = 0.053 \times 600km^2 = 320m^3/s$

粗度係数

粗度係数は、河川砂防基準、水理公式集及びUSA工兵隊などのデータを参考にし、各河川の河床材料及び河道の状況等現地調査で得られた情報を考慮して、各河川について設定する。また、洪水データに基づいて検証した粗度係数についても考慮する。

- ①河川砂防技術基準 調査編:
山地流路、玉石、大玉石: 0.04 以上
- ②河川砂防技術基準 計画編:
急流河川及び川幅が広く水深の浅い河川:0.040~0.050
- ③水理公式集:
山地流路で大玉石交りの玉石: 0.04~0.070
- ④USA 工兵隊(Army of Corps):
山地河川で、急な河岸
・河床が砂利、玉石、わずかな大玉石で構成されている河川:
最小値 0.030 中間値 0.040 最大値 0.050
・河床が玉石、大玉石で構成されている河川
最小値 0.04 中間値 0.050 最大値 0.070

対象河川の粗度係数は以下のように設定する。

Kuri 川	0.055
Chamkar 川	0.050
Mangde (Bjee) 川	0.070
Dang (Wachy) 川	0.070
Mangde(Tintibi) 川	0.060

動水勾配

対象河川の動水勾配は、測量調査結果(巻末資料 - 8 参照)に基づいて以下のよう
に設定する。

Kuri 川	1/200	Dang 川	1/30
Chamkar 川	1/170	Mangde(Tintibi) 川	1/140
Mangde (Bjee) 川	1/20		

余裕高

計画高水位上の余裕高は、対象河川の水位・流量観測データが短期間で少なく、高水位に対する十分な情報が得られないため安全をみて、通常わが国で採用して流量規模に応じた余裕高に対して1ランク上の基準値を採用する。

余裕高と流量の関係(河川管理施設等構造令)	
計画高水流量(m ³ /s)	余裕高(m)
200 未満	0.6
200～500	0.8
500～2,000	1.0
2,000～5,000	1.2
5,000～10,000	1.5

対象河川の余裕高は以下に示すとおりである。

	計画流量(m ³ /s)	余裕高(m)
Kuri 川	1,670	1.2
Chamkar 川	400	1.0
Mangde (Bjee) 川	580	1.2
Dang(Wachy) 川	(320)	1.0
Mangde(Tintibi) 川	2,590	1.5

橋梁の設計にあたっては、計画高水位に対して上記の余裕高をとるものとする。

(3) 計画高水位

上記の計算条件を適用して行った等流計算結果、既往最大流量、50年確率流量および洪水痕跡を総合的に勘案して設定した対象河川の計画高水位は次の通りである。

対象河川の計画橋梁設置予定部河道断面における計画高水位

	計画地点	計画高水位(m)	設定根拠
Kuri 川	既設橋 25m 下流	496.1	50年確率水位
Chamkar 川	既設橋 15m 下流	496.2	50年確率水位
Mangde (Bjee)川	既設橋直下流	490.3	洪水痕跡
Dang(Wachy)川	既設橋 40m 下流	493.3	洪水痕跡
Mangde(Tintibi)川	既設橋 40m 下流	483.6	50年確率水位

(4) 橋台前面の位置

河川管理施設等構造令の条項を考慮し、対象河川計画橋梁の橋台は原則として流下断面内に設けないものとし、上部工に対しては所定の余裕高を確保するものとする。ただし、計画地点の流路が不整形な所については、上下流の河道形状、地形条件、死水域等を考慮して、治水上支障とならないように適切に橋台前面の位置を設定する。

3 - 3 - 2 - 2 地質

基本設計を行うにあたり必要となる地質・土質データを得ることを目的として、ボーリング調査を実施した。ボーリング調査結果を巻末の資料 - 9 に示す。

架橋地点の全般的な地質の特徴は次の通りである。

(岩盤)

岩盤は片麻岩、花崗岩、珪岩、硬質礫岩などの変成岩で、各サイトに広く分布している。また、各サイトで岩盤節理の状態や風化度は異なっているが、岩盤そのものは非常に堅固である。

(砂/砂利/礫層)

各サイトに存在する砂・砂利層は河岸段丘砂礫層と崖錐層に分けられる。段丘砂礫層は硬質の片麻岩、花崗岩、珪岩等からなる玉石・砂利の層であり固結度は高い。一方、崖錐は硬質の片麻岩、花崗岩、珪岩等から構成される大小の角礫・砂等の円錐状の堆積層からなり、固結度は段丘砂礫層に比較し相対的に低い。礫層中における標準貫入試験(SPT)は、礫障害等で測定が非常に困難であるが、標準貫入試験値 $N=50 < 30\text{cm}$ を示しており、 $N=50$ 以上であると想定される。

また、各橋梁サイトの地質状況を以下に概述する。

No.1 Kuri 橋

架橋予定位置は兩岸とも地表からそれぞれ 1.0m と 3.3m にシルトおよび角礫からなる崖錐層、それ以深は岩盤の存在が斜面上の露岩状況から認識できる。視認によると表面は風化と多少の節理はみられるものの岩盤そのものは堅固な珪岩からなっており、橋台基礎としては十分な耐力を保持していると考ええる。

No. 2 Chamkar 橋

架橋予定位置の右岸は、雲母質の表土が 1.5m 程度であり、それ以深はシルトの混在していない珪岩の礫と玉石層からなる発達した河岸段丘層である。F/S 時のボーリングの SPT 調査結果では、地表から 1.5m まで N 値は 14 であり、1.5m 以深からは礫障害で測定不能の箇所もあるが、いずれも $N=50$ 以上の値を示している。したがって、橋台基礎に対する鉛直支持力としては十分と考える。なお、施工時には直接載荷試験によって地耐力を確認する必要がある。

ボーリング調査結果によると、左岸側は地表に若干の表土が見られるが、総じて花崗岩質の片麻岩が地表に露岩しており、柱状節理とブロック化されてはいるが、岩盤そのものは堅固であり橋台基礎としては十分と考える。

No.3 Bjee 橋

F/S 時のボーリング調査結果では、架橋予定位置の右岸は表土が 2.45m 程度で、それ以深の 14.85m まで片麻岩、雲母片岩、珪岩からなる礫層、そして、それ以下は片麻岩からなる岩盤となっている。SPT では地表から 2.5m までは $N=8 \sim 16$ となっ

ており、2.45m～14.85mの間では礫障害で測定不能の箇所もあるが、いずれも N=50 以上を示しており、橋台基礎としての鉛直支持力は十分であると考え。しかしながら、もし本層を橋台基礎とするならば、施工時にはさらに直接載荷試験によって地耐力の確認の必要があるものと考え。

また、左岸側で地表面から 2.8 m までの崖錐層の下に花崗岩質の片麻岩の岩盤が存在していることが確認された。

No.4 Wachy 橋

F/S 時のボーリング調査結果から、左岸の表土は 1.0 m 程度で、それ以深の 18.3m までは少なくともシルトの混在していない片麻岩、珪岩、花崗岩の礫、玉石層からなる河岸段丘砂礫層となっている。礫層中の標準貫入試験の結果は礫障害で測定が困難であるが N 値はいずれも N=50 以上と考えてよく、橋台基礎としての鉛直支持力は十分であると言える。

また、ボーリング調査結果によると、地表から 1.0m まではシルトおよび粘性土で、それ以深は約 15.1m までは左岸と同様に河岸段丘砂礫層となっている。礫層中の標準貫入試験の結果は、礫障害で測定不能の箇所もあるが N 値がいずれも N=50 以上あり、橋台基礎としての鉛直支持力は十分と言える。

なお、橋台施工時には直接載荷試験によって地耐力の確認の必要があるものと考え。

No.5 Mangde 橋

架橋地点の左岸は段丘砂礫層、右岸は厚い崖錐層からなっている。ボーリング調査結果によると、左岸側は表土が 1.0m、それ以深の約 25.04m までは主に珪岩等からなる礫層である。礫層中の標準貫入試験は礫障害で測定不能が多いが、これらはいずれも N=50 以上を示しており、橋台基礎に対しての支持力は十分であると考え。右岸は地表から 8.25 m までは転石層からなり、それ以深は礫岩である。

3 - 3 - 2 - 3 道路設計基準

ブータンにおける各道路機能と道路クラス（設計交通量）による幅員構成は次の表の基準に則っている。表中の Class AA および設計速度 60km/h 以上という基準は、現在ブータンのどの道路においても適用されていない。設計速度は暫時高速化を図る一方、現在のところ地形条件を考慮して 60 km/h を上限として決められている。本調査では No.2 Chamkar 橋を除き、いずれの架橋位置も背後に取付道路のセットバックの困難な急崖があること、現在の交通機能の著しい低下を招く恐れがないこと等から取り付け道路の設計速度を 20 km/h と設定した。ブータンの平面、縦断、視距等の道路幾何構造基準は、日本の道路構造令のそれとほぼ同様であり、それぞ

れの設計速度によって設定されている。

(ブータンの道路設計基準)

道路の種類 (交通量)		設計速度 (km/h)		
			60 以下	60 以上
国道	Class AA 2 車線	車道	6.0 m	6.5 m
		路肩	1.0 m	1.5 m
		道路	8.0 m	9.5 m
	Class A 1 車線 (>100 台 / 日)	車道	3.5 m	3.5 m
		路肩	1.5 m	2.0 m
		道路	6.5 m	7.5 m
県道	Class B 1 車線 (50 台 / 日)	車道	3.5 m	3.5 m
		路肩	1.5 m	1.5 m
		道路	6.5m	6.5m
ファイター	Class C 1 車線 (<50 台 / 日)	車道	3.0 m	3.0m
		路肩	0.75 m	1.25m
		道路	4.5 m	5.5m

本調査における取付道路の平面、縦断、視距等の幾何構造基準を次表のように決定した。

(取付道路の幾何構造)

項目	単位	数値
設計速度	km/h	20
横断勾配	%	2.0
最大片勾配	%	5.0
合成勾配	%	4
	%	8
平面線形		
最小曲線半径	m	15
縦断曲線		
最大縦断勾配	%	8
最小縦断曲線半径	m	200
凸	m	200
凹	m	20
最小縦断曲線長		
最小停止距離	m	20
片勾配の擦り付け率		1/50
片勾配の擦り付け長	m	10
幅員の擦り付け長	m	15

また、各サイトにおける橋梁取付け道路の線形計画に伴い、やむを得ず地山の切土が発生する場合には、切土高と地山の地質に応じて次表に示す切土勾配を適用する。

(切土勾配)

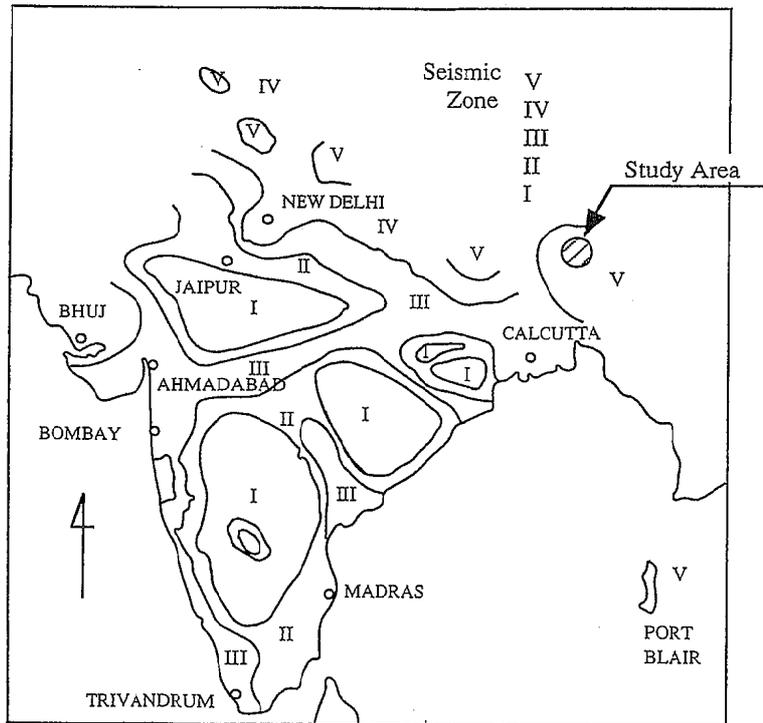
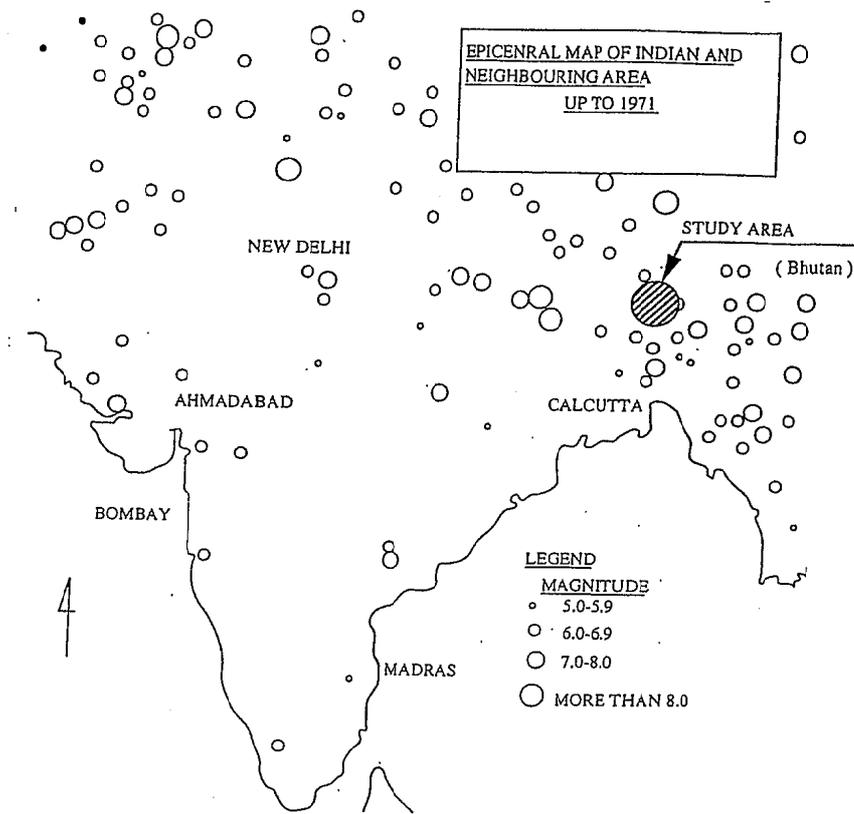
地山の土質および地質		切土高	勾配(割)
硬岩～中硬岩			0.3~0.8
軟岩(風化岩)			0.5~1.2
礫質土、岩塊、 または玉石混じ り砂質土	締まっている (粒度分布：良)	10 m 以下 10 m-15 m	0.8~1.0 1.0~1.2
	締まっていない (粒度分布：不良)	10 m 以下 10 m~15 m	1.0~1.2 1.2~1.5

3 - 3 - 2 - 4 橋梁設計基準

橋梁設計には「Standard Specifications and Code of Practice for Road Bridges, The Indian Roads Congress (IRC), 1990」(以下「IRC 基準」)のA-荷重を採用する。他の荷重についてもIRC基準を適用する。

IRC基準は、インド国を対象としているため、同基準にある「インドおよび近隣地域の地震区域図」(次図 参照)にはブータン国は含まれていない。しかし、同図によると、ブータン国の南部および東部で接するインドのアッサム地方は、最も地震の影響が大きい「ゾーンV」とされている。したがって、ブータン国全域に「ゾーンV」を適用するのが妥当と考える。

なお、IRC基準に規定していない条項に関しては、「道路橋示方書・同解説」(社団法人 日本道路協会)によるものとする。



Source : "Elements of Earthquake Engineering" A.R. Chandrasekaran, Professor, School of Research & Training in Earthquake, Engineering University of Roorkee, Roorkee, India, 1976

図 インドおよび近隣地域の地震区域区分図

3 - 3 - 3 基本計画

3 - 3 - 3 - 1 架橋位置の選定

架橋位置は、現地調査で得られた地形、水文、地質、交通データおよびその解析結果をもとに、次の諸点に留意して決定する。

1. 取付道路はセミトレーラーが通行できるように平面曲線半径 $R=15\text{m}$ を確保する。急崖等により切土が大規模になるような場合は、取り付け部を交差点構造として検討し、急崖における切土を極力減少させる。
2. 縦断勾配、縦断曲線、縦断曲線長等の道路幾何構造は、ブータン国の Road Design Manual (Public Works Department) に準拠し、「道路構造令」および「平面交差の計画と設計」(交通工学研究会)で補完する。
3. 橋台基礎は直接基礎構造とする。直接基礎構造は、一般的に経済的でありかつ施工が容易である。橋台高は高くなるが、橋台位置を川側に寄せることが可能となり、現道への取り付け部のスペースの確保が容易となる。
4. 橋梁の桁下は、計画高水位から前述の余裕高を確保する。また原則として橋台壁面を高水法線内に設けない。
5. 施工中の現道交通の確保と安全の確保をはかる。
6. 斜面崩壊や岩盤滑落が予想される不安定な斜面、および地層中の節理による岩盤滑落につながるような地層構造上での基礎工は避ける。

No.1 Kuri 橋

F/S 時には、計画橋梁は現橋位置が地形/地質/河川条件から、現橋を一晩で下流方向へ移設して仮設橋とし、旧橋位置に橋長 54m の架橋を提案している。しかしながら、次の理由により本調査では架橋位置を変更し、現橋の下流側約 22m とした。

- (a) 一晩での現橋の移設は地形条件、機材配置等の問題により困難。
- (b) 橋台基礎を深礎グイから直接基礎に変更することにより、橋台位置を川側に寄せることが可能。
- (c) 交差点方式の採用により、下流側位置に架橋しても、右岸側の急崖を大規模に切らずに平面線形改良を図ることが出来る。
- (d) 下流側計画位置の両岸に橋台を支持する堅固な岩が存在。

No.2 Chamkar 橋

F/S の際は計画橋梁を、右岸側の盛土取付道路となる部分の私有地の用地取得を出来る限り少なくしたいこと、さらに盛土の路体に一部現況道路を利用し盛土量を減らす等の理由により、現橋の約 9m 下流側に、橋長 43m の架橋を提案している。しかしながら、次の理由により本調査では現況の下流側約 17m とした。

- (a) 現橋との中心間距離が 9m の場合、両岸橋台の掘削施工時に現道交通へ

の障害となる。

(b) 上部工の送り出し式架設工法に必要なスペースを確保。

(c) 橋台基礎の支持層として堅固な岩が左岸に、礫層が右岸に存在。

No.3 Bjee 橋

F/S 時には計画橋梁を、現橋と平行に現橋の約 11m 下流側に橋長 50m の架橋を提案している。しかしながら、本調査では次の理由により、架橋位置を現橋の下流側約 27m とし、また河川との交角を約 73 度とした。

(a) 下流 11m 案では、交差点構造にしても右岸側取付道路の切土が大規模となる。

(b) 兩岸の取付け道路に交差点方式を採用することにより、平面線形改良を図ることができ、かつ右岸側急崖の切土が小規模ですむ。

(c) 橋台基礎の支持層として堅固な岩が左岸に、礫層が右岸に存在。

No.4 Wachy 橋

F/S では、私有地の水田用地収用による影響を最小にすること(死地を作らない)左岸側にある Tekeyla 病院(患者数約 200 人)へ通じる道路への影響を出来る限り少なくすること等により、現橋の約 11m 下流側に橋長 43m の架橋を提案している。しかしながら次の理由により、本調査では架橋位置を現橋の約 40m 下流側とし、また河川との交角を約 70 度とした。

(a) 下流側 11m 案の左岸側取付部は急崖が接近しているため、急崖を大きく切らざるを得なくなり、急崖上の畑(私有地)を侵す。

(b) 下流側 11m 案は現橋の翼壁に接近しているため、施工時には翼壁を撤去せざる得なくなる可能性があり、現道交通の障害となる。

(c) 本案では、左岸側の病院へ通じる道路との擦り付けを伴うが、平面線形改良を図ることができ、かつ急崖もふくめ切土は小規模ですむ。

(d) 新橋完成後、旧道路は撤去整地されるので、本案による水田に死地を作らない。

(e) 橋台基礎の支持層となる礫層が兩岸に存在。

No.5 Mangde 橋

F/S の中では、計画橋梁を右岸橋台基礎となりうる安定した岩盤がない等の理由によって、現橋から下流側 60m に架橋する案を提案している。しかしながら次の理由により、本調査では架橋位置を現橋の約 53m 下流側とし、また河川との交角を約 82 度とした。

(a) 右岸側の取付道路は、急崖を切らずにすむ。

- (b) 平面線形改良を図ることが出来る。
- (c) 橋台基礎の支持層となる礫層が両岸に存在。

3 - 3 - 3 - 2 橋梁上部構造計画

(1) 上部構造形式

F/S では以下の上部構造形式が採用されていた。

- ポニートラス： Kuri 橋、Chamkar 橋、Bjee 橋および Wachy 橋
- ローゼ： Mangde 橋

本調査では、DOR が所有する全長 13.5m のセミトレーラの通行を前提とした取付け道路の線形および架橋位置の見直しをする事とした。橋梁内に曲線の始終点がある場合は、床版の拡幅および曲線化に伴い、下路橋であるポニートラスの場合、主構間隔を広げる必要が有る等構造が複雑になり現実的でない。このため、橋梁内に曲線の始終点がある場合でも対処が比較的容易な上路式トラスおよび逆ローゼの可能性をも検討した。また、プータン側から、F/S で採用されたポニートラスおよびローゼ以外の、プレストレストコンクリート (PC) 桁採用の可能性の検討も要請された。

検討した構造形式は以下の通りである。

(ポニートラス)

ポニートラスには以下の特長が有る。

- 架橋地点までの輸送条件および架設工法を考慮すると、最大部材長は7または8m以下とする必要がある。ポニートラスは通常の下路トラスと異なり、上横構および橋門構が無いいため、主構高を低くし部材長を短くする事が可能。
- 上横構および橋門構が無いため開放感がある。
- 上横構および橋門構が無いため上弦材の座屈/横倒れ対策が必要。

検討の結果、一部橋長の変更があるものの、本調査では Kuri 橋、Chamkar 橋、Bjee 橋および Wachy 橋は、F/S と同様ポニートラスが採用された。

(下路トラス)

Chamkar 橋は橋長が 50m に変更された。本橋は幅員が 7.5m と他の橋梁に比べ幅員が広いため、上横構および橋門構を有する通常の下路トラスが検討された。下路トラスは同一支間のポニートラスに比べ、主構断面の減少が可能である。しかしながら、以下の点を考慮し採用されなかった。

- 建築限界から構造高を 7.0m とする必要がある、部材の輸送に難がある。
- 上横構および橋門構があるため圧迫感がある。

- 他の3橋との構造の統一性。

(上路トラス)

線形が厳しい Kuri 橋に上路トラスの採用が検討された。しかしながら、水文解析の結果、橋梁下面高を現橋より高める必要が生じた。このため、上路式トラスは相応しくないため採用されなかった。

また、左岸側の平面線形が厳しくかつ桁下高に余裕があると思える Wachy 橋に、橋長 43m の上路式トラスの採用が検討された。しかしながら、水文解析の結果、桁下高には余裕が無く、大幅に橋面高を上げる必要があることが確認された結果、不採用となった。

(逆ローゼ)

逆ローゼには以下の利点がある。

- ローゼに比べアーチ支間を短く出来る。
- アーチ区間のみを直橋とすればよく、側径間は拡幅が容易かつ斜橋とする事も可能。
- 架設はケーブル架設が採用される逆ローゼの場合、ケーブルタワーを低くでき、かつアーチ部材閉合後はアーチ部材をケーブルで吊る必要が無いので、架設がローゼに比べ容易。

アーチ支間 33m、橋長 50m の逆ローゼが、線形が厳しくかつV谷である Bjee 橋について検討された。しかしながら、平面線形は大幅に改善されるものの、橋面高を約 3.5m 嵩上げせざるを得ず、現道取付け道路との接続に困難をきたすので採用されなかった。

また、右岸側の平面線形が厳しくかつ桁下高に余裕があると思える、Mangde 橋にアーチ支間 72m、橋長 103m の逆ローゼの採用が検討された。しかしながら、下記の理由で採用されなかった。

- アーチ沓座が両岸とも約 3m 高水法線内に位置する。
- 高水位からアーチ沓座までの余裕高を考慮すると、下部構造の大型化が必要。橋面の嵩上げが必要となるため、左岸側橋台高が約 19m となり、取付け道路に RC 擁壁が必要となるなど現実的でない。
- 上記を避けるには、アーチ支間長を増加しより扁平なアーチとする必要があり、現実的でない。
- 主構間隔が狭いため、アーチ支承での主構間隔を広げ、アーチ面を斜めにする等アーチの転倒対策が必要。このため構造が複雑になる。

(ローゼおよびランガー)

F/S では、Mangde 橋に橋長 100m のローゼの採用が検討された。本調査では、橋長 95.2m のアーチ系下路橋を検討した。

Mangde 橋に関して、ローゼとランガータイプを比較すると以下の様になる。

- ローゼおよびランガーとも架設はケーブル架設が採用される。いずれも主構の閉合までケーブルで吊る必要があるため架設による差は無い。
- ローゼおよびランガーともアーチ断面は箱断面、下弦材は I 断面となり、鋼重に大差は無い見込み。
- ローゼのアーチは連続性があり景観は優れているが、直線部材であるランガーに比べ、曲線部材のための製作/運搬/架設費が高くなる。
- 14 格点の場合、ランガーのアーチ部材の格点での角折れも目立たない。ローゼに比べ断面を小さくする事が出来るので軽快な感じがする。
- アーチ部材と下弦材とが接続する支点上の構造は、ローゼの場合ランガーに比べ複雑になり、製作費が高くなる。

本調査では、Mangde 橋に橋長 95.2m、支間 $14 \times 6.7\text{m} = 93.8\text{m}$ のランガーを採用する。

(プレストレストコンクリート桁)

PC 桁には、以下の利点がある。

- 上路式のため平面線形の改善に有利である。
- セメントおよび骨材は現地調達が可能のため、建設費が低減する。
- 架設後の維持管理が容易である。

しかしながら、PC 桁は以下の理由で採用されなかった。

- 地形および工事可能期間を考慮すると、総支保工が必要な橋長 40m から 50m のポストテンション PC 桁は困難である。
- 陸上部で製作し、仮設桁により架設されるため、支保工を必要としない PCI 桁または PCT 桁は、桁長 35m 程度が限度となる。対象 5 橋は全て橋長 43m 以上のため、2 または 3 径間となり橋脚の建設が必要となる。
- 桁架設のためには、桁製作ヤードが橋台付近に確保できかつ少なくとも一方の取付け道路が直線の必要がある。Chamkar 橋、Wachy 橋および Mangde 橋がこの条件にあてはまる。しかしながら、これらは全て橋脚の建設が困難であり、水文解析からも橋脚の建設は望ましくない。
- ブータン国内で架設された PC 桁は、全てインド陸軍工兵隊(DANTAK)によるものである。したがって、PC 桁の製作および架設に必要な、熟練工およびフォアマンの確保が困難である。

(2) 本調査で採用した上部構造

上記の検討結果、本調査で採用した橋長、支間長、構造高、幅員および上部構造形式は以下の通りである。

(上部構造形式)

橋梁名	橋長(m)	支間長(m)	構造高(m)	幅員(m)	摘要
Kuri	54.0	10@5.3= 53.0	5.0	5.5	ポニートラス：F/S と同じ
Chamkar	50.0	10@4.9= 49.0	5.0	7.5	ポニートラス
Bjee	43.0	10@4.3= 43.0	4.0	5.5	ポニートラス：F/S の Wachy 橋と同じ
Wachy	50.0	10@4.9= 49.0	5.0	5.5	ポニートラス：F/S の Bjee 橋と同じ
Mangde	95.2	14@6.7=93.8	15.2	5.5	ランガー

架橋後の維持管理を容易にするため、使用鋼材は耐候性鋼材とする。また、架橋地点までの輸送条件および架設工法を考慮して、部材断面，部材長および部材重量を決める。すなわち、最大部材長は7または8m以下とする。

(3) 橋梁部舗装

橋梁部の舗装としては以下の構造が検討された。

1. アスファルトコンクリート舗装 50mm 厚
 2. セメントコンクリート舗装（床版と一体打設）50mm 厚
 3. セメントコンクリート舗装（防水層および鉄筋使用、収縮目地設置）75mm 厚
- ブータン国では、アスファルトコンクリートプラントが存在しないため、道路舗装のためのアスファルトコンクリートは現場で加熱混合されている。このため、品質の確保に問題がある。

インド政府援助で架設された橋梁は、セメントコンクリート舗装が使用されている。床版コンクリート打設後にセメントコンクリート舗装 50mm 厚を施工した場合、舗装コンクリートの強度に問題があるため、床版との一体打設と思われる。本対象橋梁は下路橋であり、床版の橋軸方向に引張力が生じる。特に、ランガーの場合は著しい。このため、床版と一体打設のセメントコンクリート舗装の場合、舗装にクラックが発生する恐れがある。

床版コンクリートへの浸水防止のためには防水層の使用が望ましい。この場合、径 4.5mm の補強鉄筋の使用およびコンクリートカッターによる収縮目地の設置が必要であり、このため舗装厚が増加する。

以上について検討の結果、施工時の品質管理を厳重にすることを前提に、維持管理の容易性・施工性を重視し、アスファルトコンクリート舗装 50mm 厚とし、防水層

を使用するものとした。

(4) その他の構造

高欄、伸縮継ぎ手および支承は、維持管理の容易な構造および材質とする。

3 - 3 - 3 - 3 橋梁下部構造計画

F/S では、以下の構造形式が採用されている。

- 直接基礎： Chamkar 橋右岸および Wachy 橋右岸
- 深礎： Kuri 橋両岸、Chamkar 橋左岸、Bjee 橋両岸、Wachy 橋左岸および Mangde 橋両岸

しかしながら、深礎の場合は、安定上橋台前面に十分な距離を確保する必要がある。このため必然的に橋長が長くなり、結果として取付け道路の平面線形が不十分なものとなった。

本計画では、水文解析結果および取付け道路の平面線形上の必要性を満たし、かつ橋長の最小限化を図るため、全橋台で直接基礎とし、逆 T 式 RC 橋台を採用する。また、橋台および翼壁は環境との調和を考慮した表面処理を行うものとする。

採用された逆 T 式 RC 橋台の高さは以下の通りである。

(橋台の高さ)

	起点側橋台高 (m)	終点側橋台高 (m)
Kuri 橋	8.0	7.5
Chamkar 橋	8.0	5.0
Bjee 橋	12.0	8.0
Wachy 橋	7.0	9.0
Mangde 橋	11.0	12.0

3 - 3 - 3 - 4 護岸工計画

橋台基礎を保護するための護岸工は、原則として橋台基礎が計画高水位 (HWL) 以下で、かつ基礎土質が岩盤でない場所に対して、ふとん籠による護岸を行う。したがって、施工対象箇所は No.2 Chamkar 橋の右岸橋台、No.3 Bjee 橋の右岸橋台および No.4 Wachy 橋の両橋台である。

3 - 3 - 3 - 5 取付け道路計画

(1) 平面・縦断線形

F/S 時には、橋梁に接続する取付道路 (Kuri 橋右岸、Bjee 橋右岸、Wachy 橋左岸および Mangde 橋右岸) の山側の急崖に対する切土を最小限にするために、当時走行していた車両のうちで最も大きい幅 2.5m 長さ 8.2m のトラックの走行を可能とす

るよう最小曲線半径 6m を採用していた。

しかしながら、現在建設中の Tala、Basochhu、Kurichhu 発電所等の建設ではすでにセミトレーラー (L=14.8m, W=2.50m) が重機等を運搬するために使われており、今後さらに Punathangchhu 橋、Gelephu 橋をはじめとする各地の橋梁架け替えや水力発電等の建設のために、重機等を輸送するセミトレーラーの使用が予想される。

したがって、これらの現状に基づき、取付道路の平面線形はセミトレーラーの走行を可能とすべきという前提のもとに、最小曲線半径を 15m 以上とした。なお、急崖により切土が不可能もしくは大規模になる No.1 Kuri 橋の右岸、No.3 Bjee 橋の兩岸の取付部は交差点構造として急崖への切土を出来る限り避けるようにした。

取付道路の縦断線形のうち、施工基面高は地形条件もしくは前述した河川の計画高水位と余裕高を考慮して決定される。縦断勾配は可能な限り現況勾配よりも緩くするか、少なくとも同程度とし、最大 8% から道路排水を考慮した最小 0.25% の範囲とする。

各橋梁サイトにおける計画平面線形と縦断線形(巻末資料 - 10 計画平面・縦断線形計算書 参照)については、後述の基本設計図参照。

(2) 幅員

F/S 時に 2020 年の将来交通量が予測されており、その結果によると各橋梁地点での交通量は 76 - 388 台/日となっており、車線数としては 1 車線で十分と考えるが、橋梁上で大型車両が故障して止った場合、あるいは対面交通が生じた場合、他の大型車両が停止することなくゆっくりと通過が可能な幅員として 5.5m を採用する(土工部では各個所にある退避所あるいは路肩と路側を利用している)。しかしながら、Jakar 市内にある No.2 Chamkar 橋については、今回の交通量調査の分析結果によると、橋梁周辺の市街化が進んでおり、橋梁を利用する歩行者が多い。したがって、歩行者の安全等から歩道幅員 2 m を加え幅員 7.5m を採用する。

(交通調査結果に基づく、交通量と幅員との関係についての考察)

- No.2 Chamkar 橋以外の橋梁幅員は、開発調査 (F/S) で現況交通量および将来需要等を考慮の上提案された幅員 5.5m で妥当であろう。
- No.2 Chamkar 橋の幅員については、現況の歩行者および自動車の利用交通量から判断し、「混合交通による事故の危険性の増大」「混合交通による自動車交通の処理能力低下」を避ける意味からも、何らかの方法で歩車分離を図ることの出来る幅員が必要である。現況利用交通の車種構成の特色(スクーターが非常に多い)を考慮した場合、開発調査で提案された幅員 7.5m を最小

幅員と考えるべきであろう。

現在、ブータンでは一般道路を対象とする歩道設置に関する基準等はない。歩道設置に関する日本での考え方によると、「歩道が必要な場合としては、経済性、効率等を考慮して、概ね、歩行者数 100 人／日以上、自動車交通量 500 台／日以上の場合を一応の判断基準と考えて良いであろう。」（「道路構造令の解説と運用」より）となっており、歩道を含めた最小幅員 7.5m の確保は妥当であると言える。

(取付道路幅員)

	(1)車道幅員 (装甲路肩を含む)	(2)保護路肩
No.1 Kuri 橋	5.50 m	0.50 m
No.2 Chamkar 橋	7.50 m	0.50 m
No.3 Bjee 橋	5.50 m	0.50 m
No.4 Wahcy 橋	5.50 m	0.50 m
No.5 Mangde 橋	5.50 m	0.50 m

(3) 舗装

取付道路の舗装は維持管理の容易性、施工性を重視してアスファルト舗装とする。舗装設計は、交通量調査結果による大型車交通量および路床部の CBR 試験結果をもとに、日本の「アスファルト舗装設計要領」(日本道路協会)に従って行う。舗装材料および舗装厚は、以下に示す各基準表等を参照し、下記設計条件のもとで算定する。

- 現況大型車交通量： 23 ~ 142 台/日
- 交通量の区分： 交通量の区分 A
- 表層と基層の最小値： 表層 5cm
- 舗装材料と等値換算係数：
 - 表層 加熱アスファルト混合物(a1) ; 1.00
 - 上層路盤 粒度調整碎石(a2) ; 0.35
 - 下層路盤 クラシャーラン (a3); 0.25
- 路床部の CBR： 試験結果から CBR ; 8
- 目標とする値 等値換算厚 (TA) , 舗装合計厚 (H) :
 - 交通量の区分 A および CBR 8 から TA = 14, H = 27
- 設計舗装厚：
 - 表層 加熱アスファルト混合物(T1) ; 5cm
 - 上層路盤 粒度調整碎石(T2) ; 15cm
 - 下層路盤 クラシャーラン(T3) ; 15cm
 - (TA'= a1*T1+a2*T2+a3*T3 = 1.00x5+0.35x15+0.25x15 = 14 TA=14)
 - (H'= T1+T2+T3=5+15+15 = 35 > H=27)

(現況大型車交通量)

橋梁名	12 時間交通量	日交通量
No.1 Kuri	35	39
No.2 Chamkar	129	142
No.3 Bjee	37	41
No.4 Wachy	28	31
No.5 Mangde	21	23

(注) 現況交通量調査は 2000 年 5 月に JICA 調査団によって実施された。

(大型車交通量の区分)

交通量の区分	大型車交通量 (台 / 日)
L	100 以下
A	250 以下, 100 もしくは 100 以上
B	1000 以下, 250 もしくは 250 以上
C	3000 以下, 1000 もしくは 1000 以上
D	3000 以上

(表層および基層の最小値)

交通量区分	表層もしくは表層と基層の厚さ (cm)
A , L	5
B	10(5)
C	15(10)
D	20(15)

(路盤の最小厚)

材料	一層の最小厚
瀝青安定処理	最大粒径の二倍 または 5 cm
他材料	最大粒径の三倍 または 10 cm

(等値換算係数)

舗装構成	工法・材料	等値換算係数 (a)
表層と基層	加熱アスファルト混合物	1.00
	(1) 瀝青安定処理	0.80
上層路盤	(2) セメント安定処理	0.55
	(3) 粒度調整碎石	0.35
下層路盤	(1) クラッシャーラン	0.25

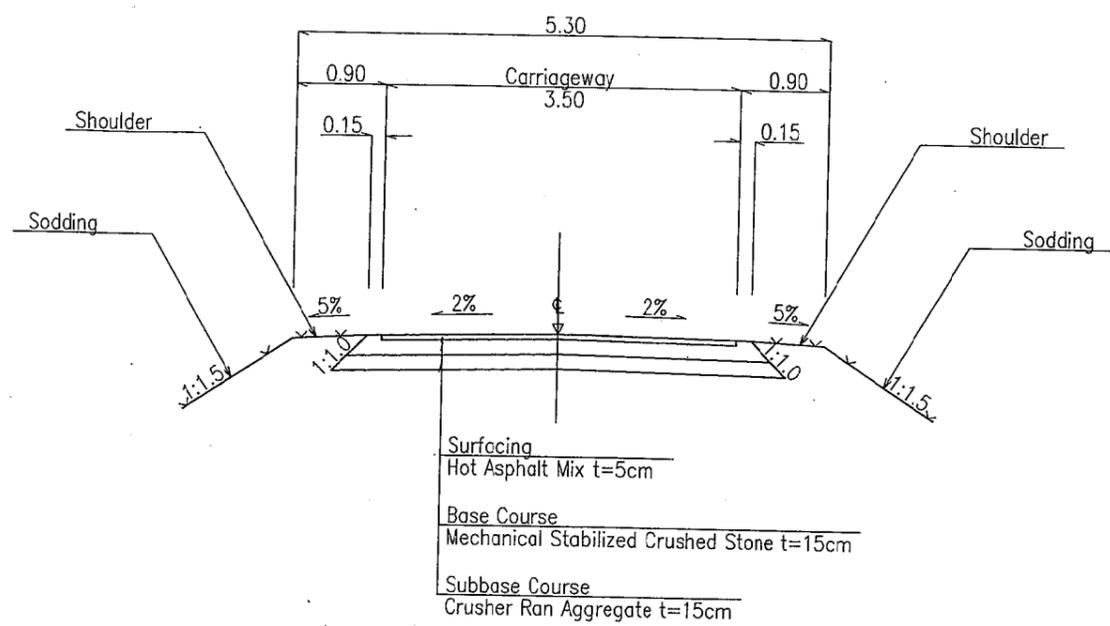
(TA と H の目標値)

設計 CBR	目標とする値 (cm)									
	L		A		B		C		D	
	T _A	H								
2	17	52	21	61	29	74	39	90	51	105
3	15	41	19	48	26	58	35	70	45	83
4	14	35	18	41	24	49	32	59	41	70
6	12	27	16	32	21	38	28	47	37	55
8	11	23	14	27	19	32	26	39	34	46
12	-	-	13	21	17	26	23	31	30	36
20	-	-	-	-	-	-	20	23	26	27

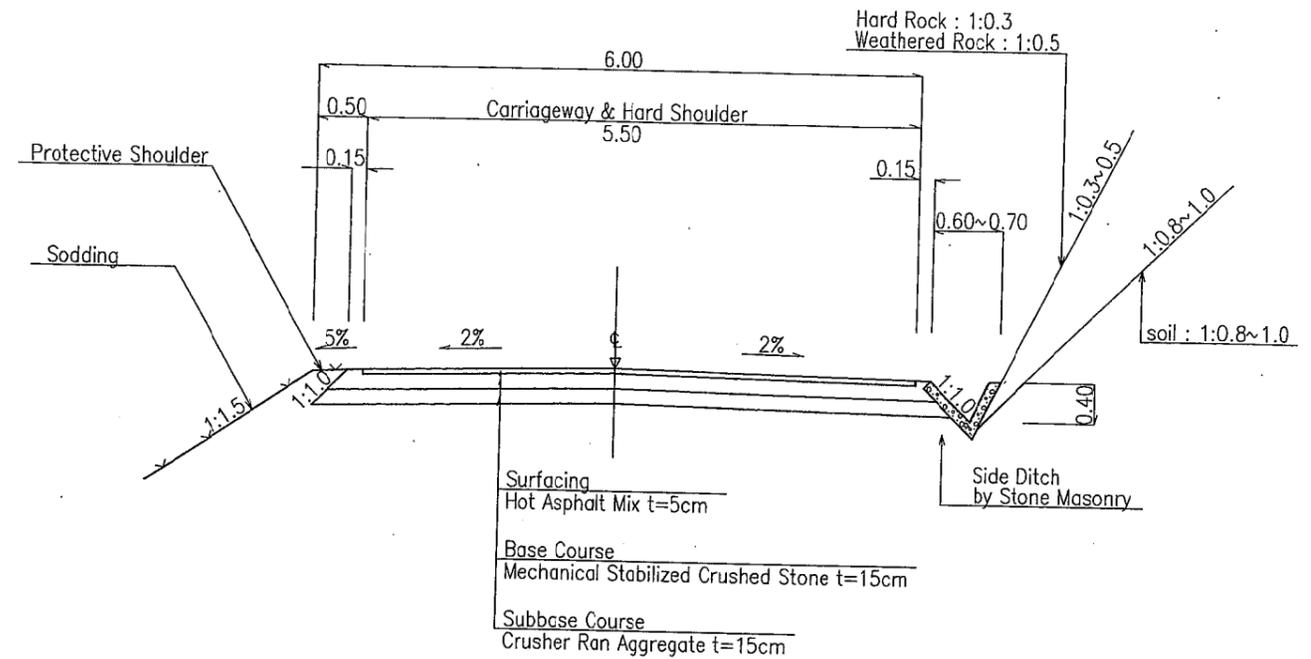
3 - 3 - 4 基本設計図

本計画 5 橋梁の基本設計図を次ページ以降に示す。

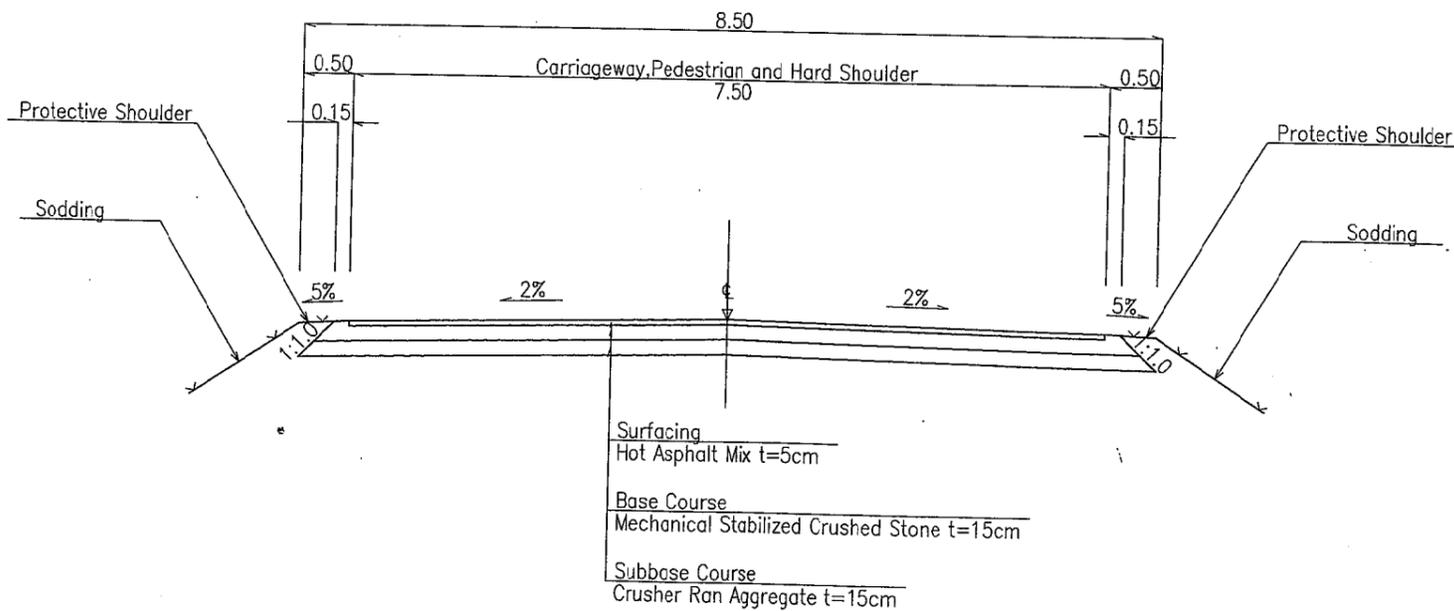
- 取付け道路の標準横断面
- 一般計画図
- 縦断図
- 横断図
- 橋梁一般図
- 橋台・擁壁構造図



NATIONAL HIGHWAY



APPROACH ROAD



APPROACH ROAD
FOR NO. 2 CHAMKAR BRIDGE

Figure TYPICAL CROSS SECTION FOR APPROACH ROAD

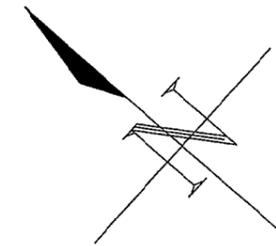
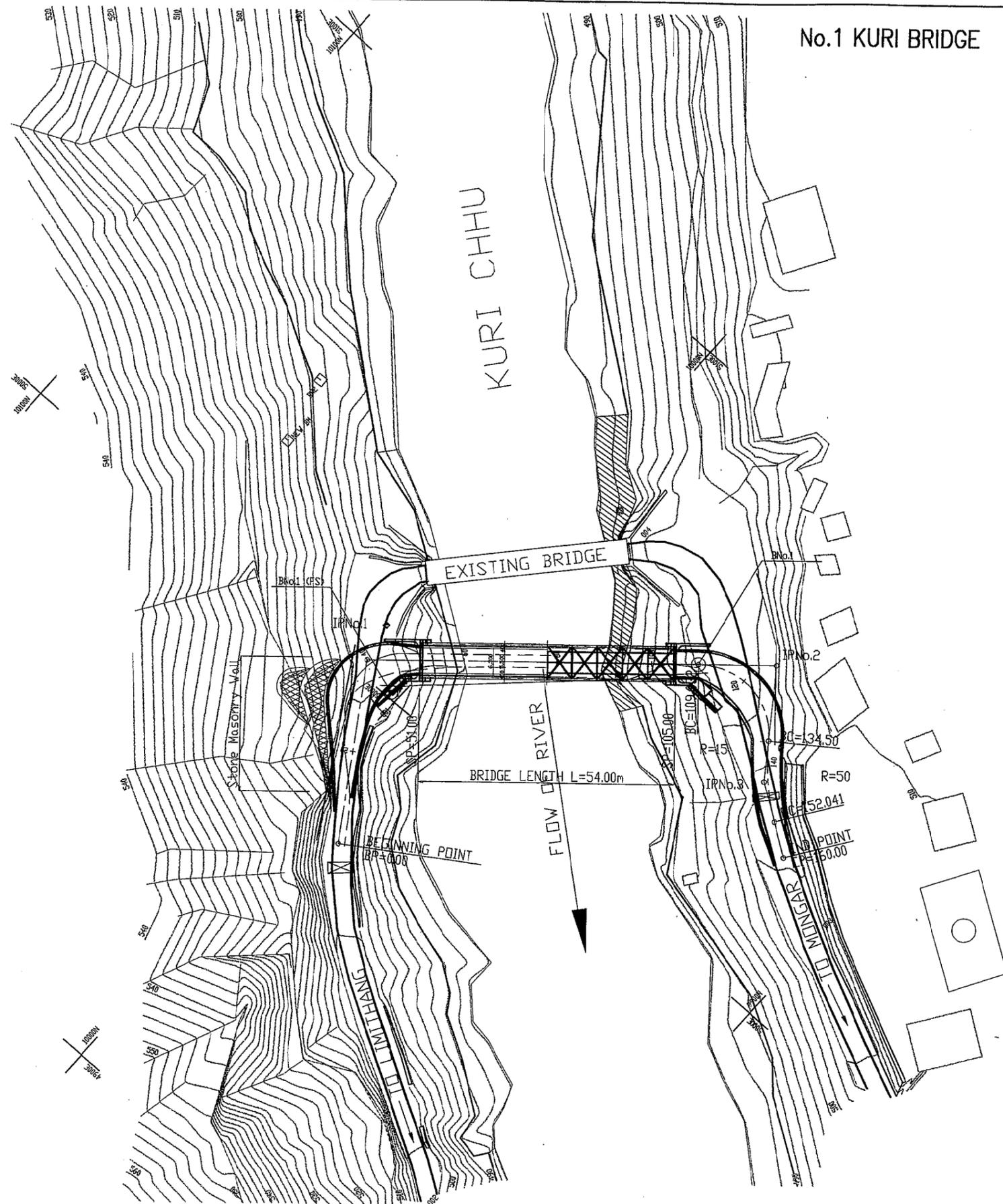
S=1:70

取付け道路の標準横断面

PROJECT NAME	BASIC DESIGN STUDY ON THE PROJECT FOR RECONSTRUCTION OF BRIDGES IN THE KINGDOM OF BHUTAN		
DRAWING NAME	TYPICAL CROSS SECTION FOR APPROACH ROAD		
SCALE	As shown	DRAWING No.	1/1
JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY (JICA)			

No.1 KURI BRIDGE

- ## LEGENDS:
- Bench Mark
 - Kilometer Post
 - ⊙ Boring Hole
 - Retaining Wall
 - ⊠ Crossing Structure
 - == Existing Road
 - House / Building
 - ⊙ Kurichu Chorten
 - ▨ Exposed Rock Face



Bench Mark

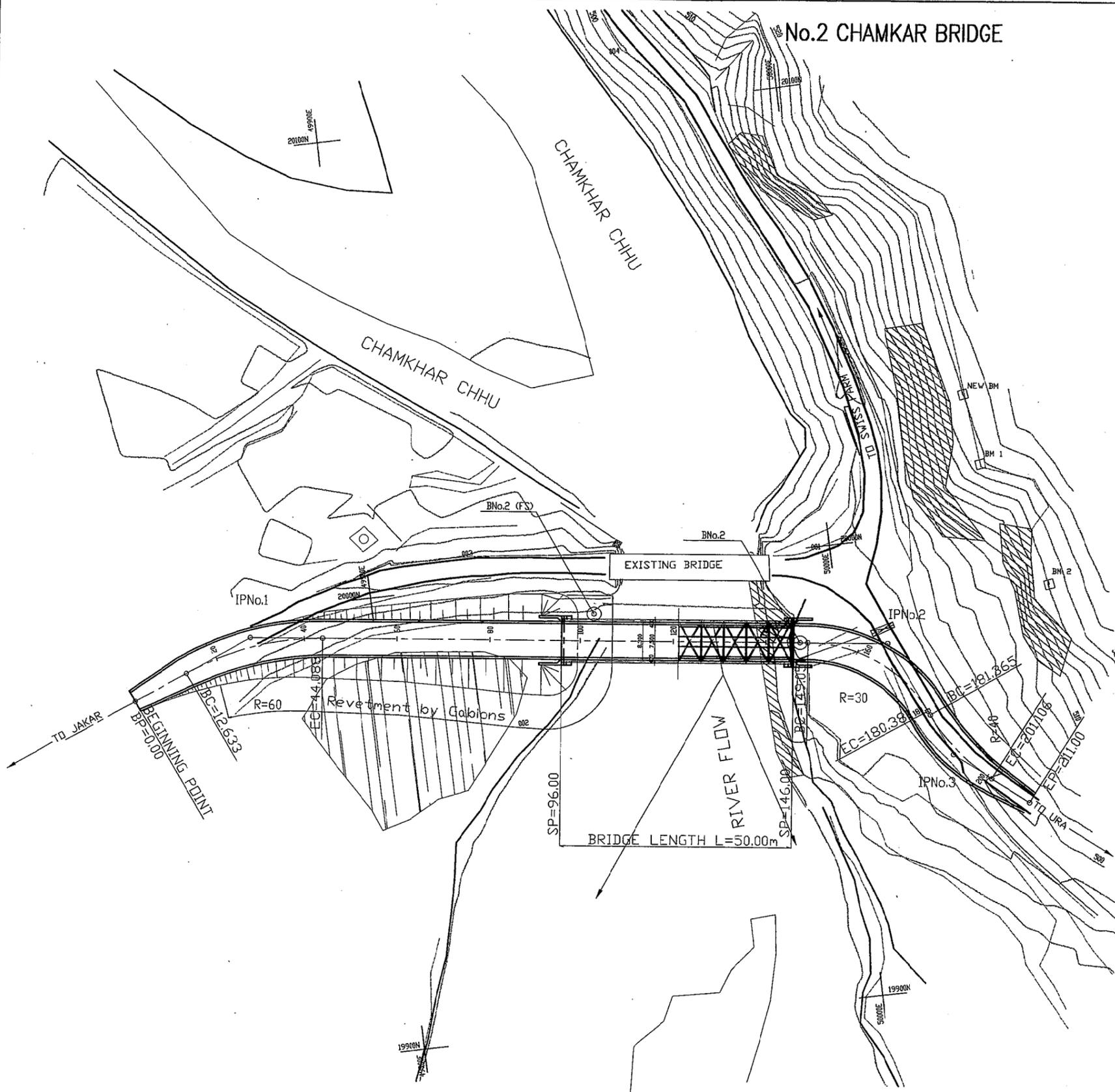
Name	Easting	Northing	RL
BM1	5204.743	10042.300	535.500
BM2	5040.901	10057.041	500.397
NEW BM	5027.186	10054.136	503.629

一般計画面

Figure GENERAL PLAN S=1:1000

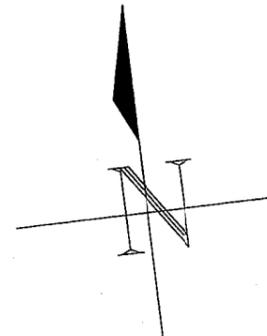
PROJECT NAME	BASIC DESIGN STUDY ON THE PROJECT FOR RECONSTRUCTION OF BRIDGES IN THE KINGDOM OF BHUTAN		
DRAWING NAME	GENERAL PLAN		
SCALE	As shown	DRAWING No.	1/5
JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY (JICA)			

No.2 CHAMKAR BRIDGE



LEGENDS:

- Bench Mark
- ⊙ Boring Hole
- ══ Existing Road
- House / Building
- ▧ Crossing Structure
- Chorten
- ▨ Exposed Rock Face
- ▨ Water Pond

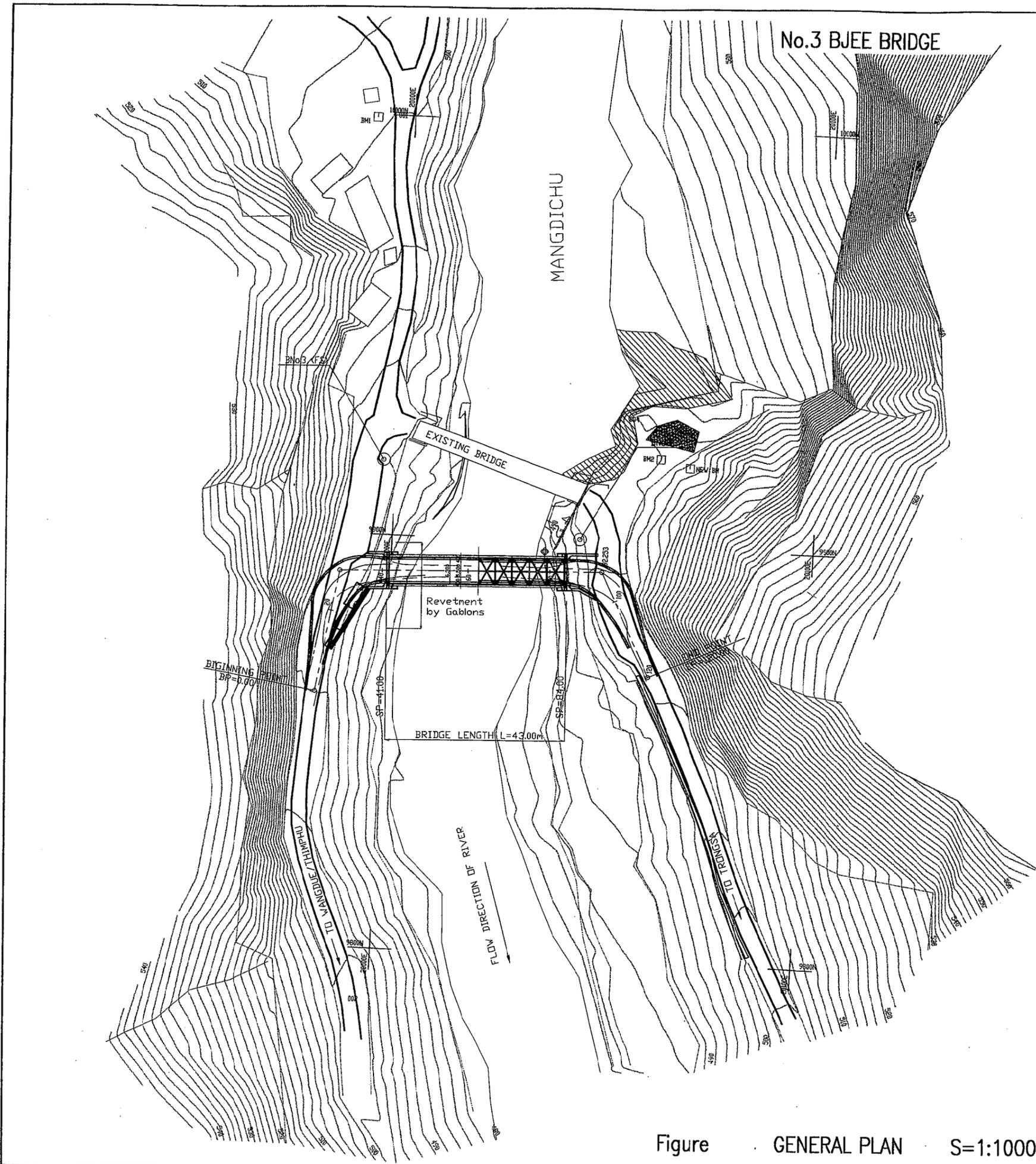


Bench Mark

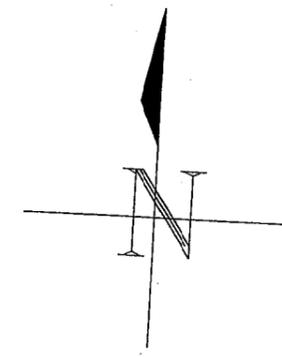
Name	Easting	Northing	RL
BM1	50034.376	20013.543	521.575
BM2	50046.410	19988.469	520.248
NEW BM	50034.194	20034.194	522.777

Figure GENERAL PLAN S=1:1000

PROJECT NAME	BASIC DESIGN STUDY ON THE PROJECT FOR RECONSTRUCTION OF BRIDGES IN THE KINGDOM OF BHUTAN		
DRAWING NAME	GENERAL PLAN		
SCALE	As shown	DRAWING No.	2/5
JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY (JICA)			



- LEGENDS:**
- Bench Mark
 - ⊙ Boring Hole
 - ▬ Retaining Wall
 - ▬ Existing Road
 - House / Building
 - Charten
 - Boulder
 - ▨ Exposed Rock Face



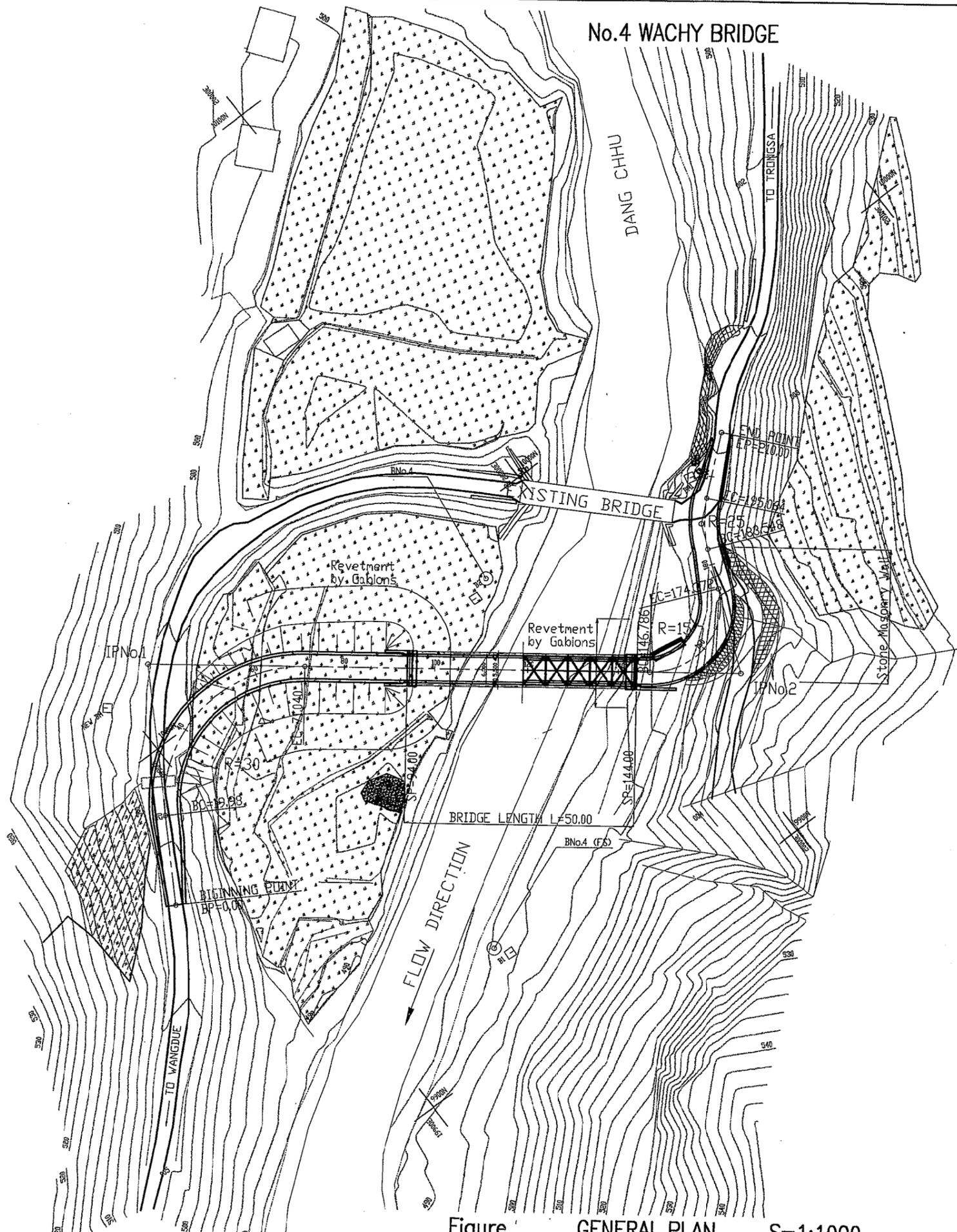
Bench Mark

Name	Easting	Northing	RL
BM1	19991.076	9998.362	500.505
BM2	20062.298	9921.574	494.274
NEW BM	20069.882	9919.663	499.232

Figure GENERAL PLAN S=1:1000

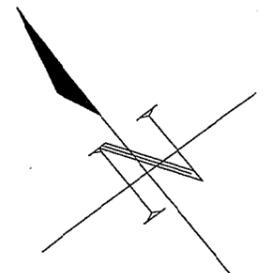
PROJECT NAME	BASIC DESIGN STUDY ON THE PROJECT FOR RECONSTRUCTION OF BRIDGES IN THE KINGDOM OF BHUTAN		
DRAWING NAME	GENERAL PLAN		
SCALE	As shown	DRAWING No.	3/5
JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY (JICA)			

No.4 WACHY BRIDGE



LEGENDS:

- Bench Mark
- Kilometer Post
- ⊙ Boring Hole
- Retaining Wall
- == Existing Road
- House / Building
- ▨ Paddy Field
- ▧ Marshy Area
- ▩ Exposed Roak Face
- Boulder



Bench Mark

Name	Easting	Northing	RL
BM1	20029.035	9975.863	500.682
BM2	19934.118	9961.203	496.434
NEW BM	19896.818	10014.096	506.476

Figure GENERAL PLAN S=1:1000

PROJECT NAME	BASIC DESIGN STUDY ON THE PROJECT FOR RECONSTRUCTION OF BRIDGES IN THE KINGDOM OF BHUTAN		
DRAWING NAME	GENERAL PLAN		
SCALE	As shown	DRAWING No.	4/5
JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY (JICA)			

No.5 MANGDE BRIDGE

LEGENDS:

- Bench Mark
- ⊙ Boring Hole
- Water
- ▬ Retaining Wall
- ▬ Existing Road
- House / Building
- ⊙ Chorten
- ↑ Electricity Pole
- ▬ Fence
- ▬ Rough Road
- ▨ Exposed Rock Face

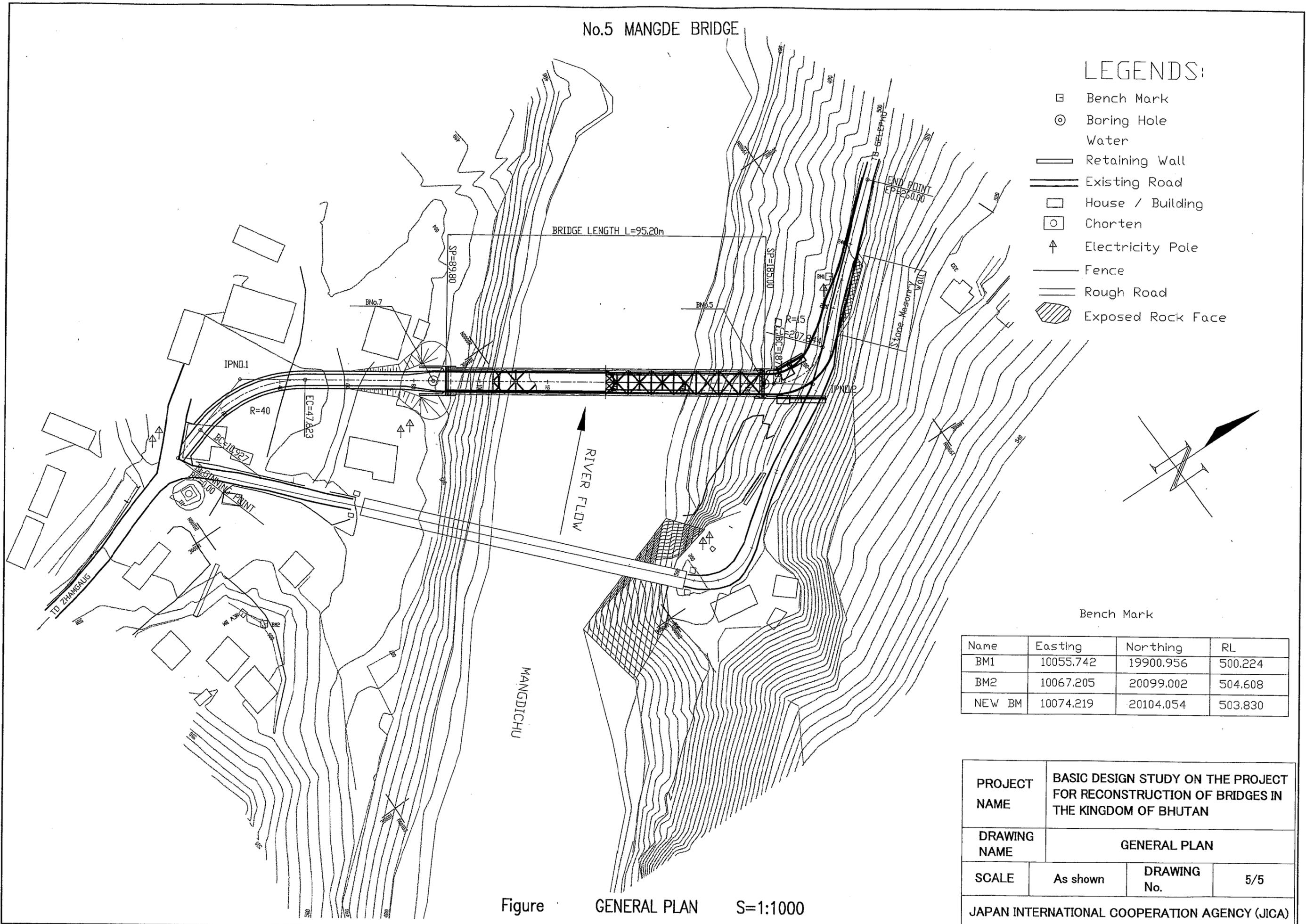


Figure GENERAL PLAN S=1:1000

Bench Mark

Name	Easting	Northing	RL
BM1	10055.742	19900.956	500.224
BM2	10067.205	20099.002	504.608
NEW BM	10074.219	20104.054	503.830

PROJECT NAME	BASIC DESIGN STUDY ON THE PROJECT FOR RECONSTRUCTION OF BRIDGES IN THE KINGDOM OF BHUTAN		
DRAWING NAME	GENERAL PLAN		
SCALE	As shown	DRAWING No.	5/5
JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY (JICA)			