

# 第1章 プロジェクトの背景・経緯

## 1-1 当該セクターの現状と課題

### 1-1-1 現状と課題

バヌアツ国（以下「バ」国と称す）は、環太平洋地震帯に属しており、現地時間2002年1月3日午前4時22分に、エファテ島の西海上50km、深度21kmを震源とするマグニチュード7.2の地震が発生した。この地震によって、同国首都のポートビラを中心とする範囲で多岐にわたるインフラ施設が被災した。インフラ公共事業省の公共事業局（Public Works Department：以下PWDと称す）は、地震発生後直ちに島内の被害状況を調査し、対応策とともに報告書をまとめ、「バ」国政府は、内務省災害管理事務所を中心に地震発生後の対応を行ってきた。被害報告のあった主要なものは次のとおりである。

- ・環状道路Klems Hill区間、土砂崩れによる道路遮断
- ・環状道路Teouma橋、構造的崩壊による通行途絶
- ・市内Wharf道路、岩盤崩落による道路遮断
- ・市内Pango道路、岩盤崩落による通行障害
- ・環状道路橋梁取付区間各所、地割れによる通行障害
- ・Tepukoa川、土砂流入による河床変動
- ・言語局庁舎、新旧建物接合部のせん断破壊
- ・Lycee学校校舎および学生寮、柱・梁を含む各所にせん断破壊
- ・森林局庁舎、壁面のクラック
- ・保健局、国土・測量局合同庁舎、壁面のクラック及び数ヶ所の梁にせん断破壊
- ・教育局庁舎、柱及び梁のせん断破壊

この他にも、崩壊の危険性は多少低いものの被災して復旧が必要な施設があった。また、民間の施設の被災状況はこの中では報告されていないが、港湾施設や民間建築物にも多くの被害が出た。

政府の管轄するインフラ施設の緊急復旧は、震災後のPWDの復旧作業によって、Lycee学校施設および森林局庁舎を除き、完了している。しかしながら、本格復旧には別途約5億5千万バツが必要であると報告されており、これまでに本格復旧が始まったものは、教育局庁舎の建替えのみである。これは、主に「バ」国政府の財政不足が原因であり、教育局庁舎の建替えも

欧州連合（European Union：以下EUと称す）の援助によって予算措置ができたためによりやく始められたものである。既に震災から一年以上が経過しており、本格復旧の実施は「バ」国政府の緊急課題となっている。

## 1-1-2 開発計画

### 1) 国家開発計画

「バ」国の国家開発計画は、第三次国家開発計画(1992～1996年)を最後に新たなものは策定されていない。1998年以降、「バ」国政府は大規模な政治・行政・経済改革である「包括的改革計画」(Comprehensive Reform Program：以下CRPと称す)を実施しており、分権化を進めている途上にある。CRPはその実施スケジュールから3つのフェーズに分けられているが、現在はその最終段階である第三フェーズ(2001～2003)に当たる。CRPの第三フェーズでは次の5つを目標としている。

- ・政治改革の堅守と拡大
- ・国会・司法・法制を包括する行政改革の拡大
- ・経済成長の助長
- ・改革利益の分配と改革の持続を確保するための社会改革の実施
- ・村落レベルでの社会経済状況の改善

CRPの取り組みを始めて以降、中長期的な開発計画は策定されていなかったが、2003年中には、新たな国家開発計画として中期開発計画(Medium Term Development Plan)が策定される予定であり、現在はその準備作業が行われている。

### 2) セクター開発計画

上記のCRPに基づき、中央政府レベルでは各省がそれぞれ独自のマスタープランを策定しており、地方政府レベルでは各県が地方経済開発イニシアチブ(Rural Economic Development Initiative：REDI)を策定している。

インフラセクターのマスタープランとしては、National Infrastructure Master Planが2000年に策定され、この中で、運輸セクターの方針として次の4つを挙げている。

- ・全ての新規投資案件は審査を経て優先付けを行う。
- ・インフラ資産の運営管理を県・村落・民間へ分権化してその支援を実施する。
- ・資産台帳改善の一部としてインフラ資産の所有権を認める。

- ・可能な場所は全ての運輸インフラを商業ベースで運営する。

この中で、新規投資案件については、運輸セクターに限らず全ての案件が財務省の経済社会開発局 (Department of Economic & Social Development : 以下DESDと称す) の審査を受ける必要があり、承認された後に実施が決定され、年ベースで策定される政府投資計画 (Government Investment Program : 以下GIPと称す) にプロジェクトID番号とともにリストアップされる。GIPのフローチャートを図1-1-1に示す。

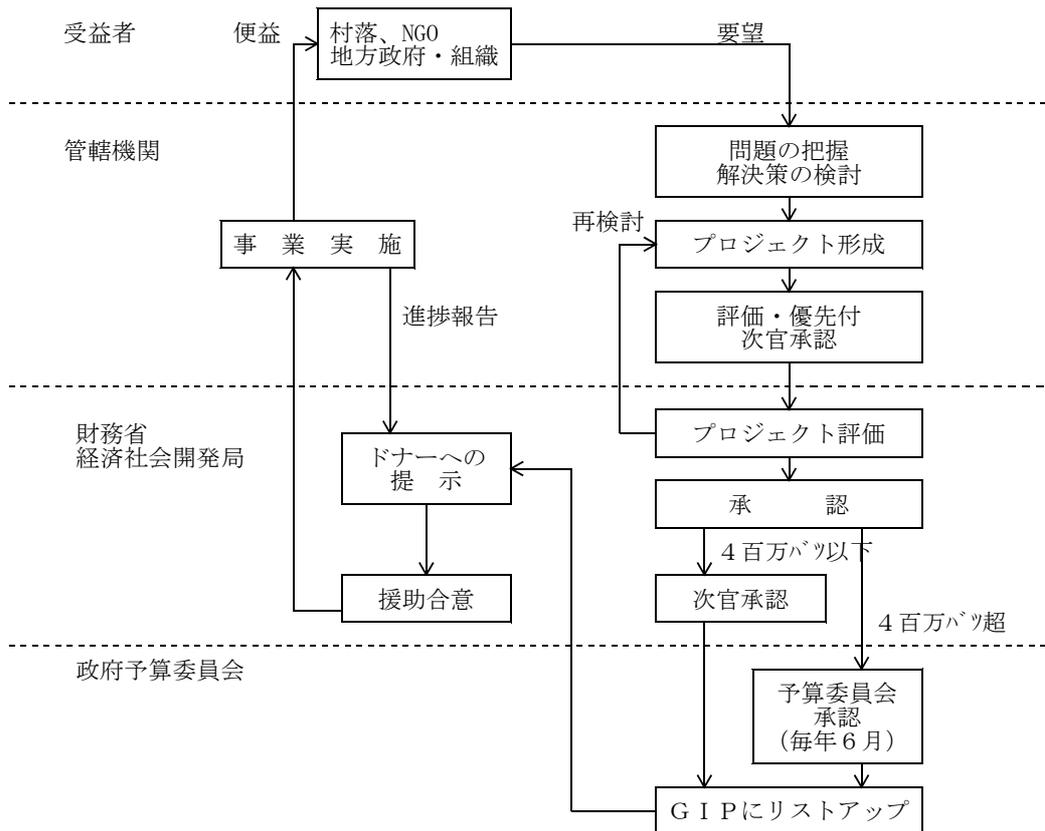


図 1-1-1 G I P のフローチャート

本調査の対象橋梁の本格復旧計画は、既に2003年のG I Pにリストアップされており、プロジェクトID番号も取得している。

### 1-1-3 社会経済状況

#### 1) 社会状況

「バ」国の人口は全体で約18.7万人(1999年)であり、エファテ島に限ると約4.2万人である。エファテ島で町としての形態を備えているのは唯一「バ」国首都のポートビラだけであり、

島の全人口の約70%が集中している。島内のほとんどの村落は、環状道路沿線に位置しており、島の内陸部にはほとんど人が住んでいない。ポートビラを除く島内の人口分布を図1-1-2に示す。

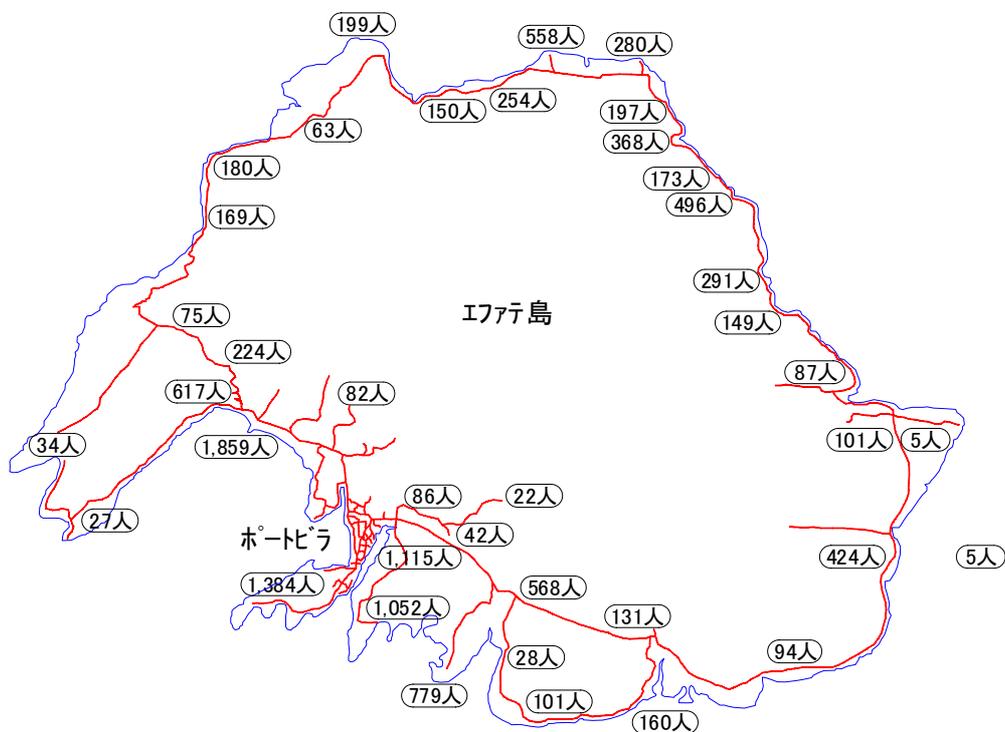


図 1-1-2 エファテ島内の人口分布

環状道路のうち、1997～2000年度のわが国無償資金協力「エファテ島道路改良計画」（以下前回計画と称す）によって整備された区間は、沿道の開発が進んでおり、特に前回計画実施時点では放牧地と雑木林地帯であったバイパス区間において、新たな宅地開発や農地開拓が顕著である。バイパス区間における前回計画の基本設計調査時と本基本設計調査時との沿道土地利用の比較を表1-1-1に示す。

表 1-1-1 沿道土地利用変化

距離程	前回計画基本設計調査時	本計画基本設計時
CH 5.5～6.0	放牧地	リゾート施設、放牧地
CH 6.0～7.0	牧場、放牧地	宅地開発中、牧場
CH 7.0～8.0	放牧地	造成中、牧場
CH 8.0～9.0	放牧地	牧場、民家、農地
CH 9.0～10.0	雑木林	農地、雑木林
CH 10.0～11.0	雑木林	民家、農地、雑木林
CH 11.0～12.0	放牧地、雑木林	牧場、雑木林
CH 12.0～13.0	雑木林	牧場、農地、雑木林
CH 13.0～13.5	民家、農地、雑木林	民家、農地、雑木林

また、前回計画によって当該区間の走行性が向上したこと等により、交通量が飛躍的に増加した。前回計画基本設計調査時と本基本設計調査時との交通量の変化を表1-1-2に示す。

表 1-1-2 日交通量（両方向）の変化

	テオウマ橋地点		レンタパオ橋地点	
	1997年	2003年	1997年	2003年
乗用車	76台	175台	20台	85台
タクシー	47台	67台	5台	11台
バス	65台	151台	10台	40台
貨物車	242台	383台	48台	95台
大型貨物車	52台	41台	15台	42台
合 計 (増加率)	482台	817台 (69.5%)	98台	273台 (178.6%)

## 2) 経済状況

2001年の「バ」国の国内総生産 (Gross Domestic Product : 以下GDPと称す) は約340.4億バツ (約235米ドル) であり、調整済み価格で見ると過去5年間で微増減を繰り返して、ほぼ横ばいの状態である。国内経済は、都市部における貨幣経済と地方部における自給自足経済が混在しており、全就労人口の約7割が農水産業に従事している。国内産業は、農林水産業が1985年にGDPの約28%を占めていたが、それをピークとして徐々に減少する傾向を見せている。工業については過去15年間約9%前後で安定して推移しており、2001年時点での各産業のGDPに占める割合は、農林水産業14%、工業9%、サービス業77%となっている。農林水産業の主産品は、主食となる根菜類が最も多く、その他には輸出用の換金作物としてコプラ、カバ、畜産物がある。また、観光業は、クルーズ船での来訪者を含めると年間約9万人が同国を訪れているように、同国の重要な外貨獲得源となっている。他方、貿易は、農産物を輸出し、燃料、食料品および日用品を輸入しているが、国内産業が未発達であるため、恒常的に輸入超過となっている。GDPにおける各産業分野の推移を表1-1-3に示す。

表 1-1-3 各産業分野の推移

単位：百万バツ

産業分野	1985年	1990年	1995年	2000年	2001年
農林水産業	3,649	3,871	4,312	5,245	5,097
コブラ	1,355	1,013	755	716	663
カバ	30	60	90	436	439
ココア	136	201	136	138	68
畜産物	259	397	429	409	409
根菜類	1,130	1,851	2,298	2,975	3,066
原木	152	131	272	295	169
薪	48	76	100	127	131
その他	539	142	232	149	152
工業	1,238	2,613	3,209	3,130	3,120
製造業	551	962	1,215	1,468	1,363
電力	205	357	539	598	685
建設	403	1,173	1,300	881	880
その他	79	121	155	183	192
サービス業	8,811	13,235	20,108	26,909	27,495
卸売・小売	3,326	4,790	7,783	10,679	10,904
ホテル・外食	626	995	1,605	2,741	2,603
運輸・通信	922	1,640	3,358	4,082	4,508
金融・保険	956	1,598	1,639	2,160	2,094
不動産・交易	860	1,353	1,718	1,970	1,964
行政サービス	1,864	2,421	3,372	4,521	4,663
その他	257	438	633	756	759

## 1-2 無償資金協力要請の背景・経緯及び概要

エファテ島の道路網は、島を一周する環状道路とこれに接続する多くの支線道路から構成される。要請橋梁の位置する環状道路は、島内の各村落と首都ポートビラを結ぶ唯一の幹線道路として、同島の経済活動、住民生活を支える重要な基礎インフラの一つと位置付けられており、全国民の1/3が裨益する重要幹線道路である。1997年よりポートビラの東側約14.2kmの区間が前回計画において整備され、2001年2月に竣工した。これにより、サイクロン時の高波などによる通行途絶が解消されたほか、道路の供用性が大幅に改善された。本調査の対象となるテオウマ橋とレンタパオ橋は、前回計画の整備区間に位置しているが、同計画の基本設計調査において両橋梁を検討した結果、架け替えは行わず、当面の応急対策として橋面簡易舗装、高欄・ガードレール設置のみを計画した。将来的な橋梁の構造変化については、「バ」国側で適切に対応するよう提言した。

しかしながら、テオウマ橋とレンタパオ橋は2002年1月の地震によって被災し、「バ」国側で対応できる範囲を超えた損傷を被った。「バ」国側により地震の後に緊急的措置として応急処置は施されているものの、構造的な欠陥については何の対処もなされていない。したがって、両橋梁とも非常に不安定な状況にあるとともに、水文的に通水断面が不足しているため、サイクロン等の洪水で崩壊/流失する恐れがある。両橋梁は環状道路の南部に位置しているが、通行不能となった場合には迂回道路が存在しないため、同島東部の住民は環状道路を逆回りして約100kmの迂回を強いられることになる。また、両橋梁が同時に通行不能となった場合には、両橋梁に挟まれた区間の島南部の村落住民900人あまりが完全に孤立する状態となってしまう。このように、環状道路が通行不能となった場合には、社会経済活動および住民生活に多大な影響を及ぼすことになる。また、前回計画により発現した効果が維持できなくなる。

公共事業局が地震後に準備した震災復旧案では、緊急的措置とする応急処置のほかに、本格復旧案として2車線橋梁の架け替えを計画しているが、予算措置ができずにいるため、計画実施の目処は立っていない。しかしながら、落橋および橋の流失の危険は依然として残っていることから、公共事業局は、代替案としてニュージーランドより中古のベイリー橋を購入して、落橋もしくは橋が流失した緊急時に早急に交通確保が行えるように備えている。このように、対象橋梁の重要性は十分に認識されているものの、本格復旧の開始はドナーによる援助を待っている状況である。既に震災から1年以上が経過しており、対象橋梁の本格復旧の実施は「バ」国の緊急課題となっている。

このように、「バ」国は、対象橋梁がエファテ島の道路交通機能上非常に重要であることを認識し、両橋梁の本格復旧の緊急性・必要性を認めているが、財政的制約により同国自身による実施が困難であるため、わが国に対し無償資金協力による震災復旧を要請した。

本調査の現地調査を通して最終確認された「バ」国側の要請内容は、次のとおり。

- ・テオウマ橋の再建（2車線、歩道付）
- ・レンタパオ橋の再建（2車線、歩道付）
- ・両橋梁周囲の護岸設置

### 1-3 わが国の援助動向

「バ」国に対し、これまでに実施された道路セクターにおけるわが国の援助事業を表1-3-1に示す。

表 1-3-1 わが国の援助事業

案件名	援助形態	実施年度	供与限度額	案件概要
エファテ島道路改良計画 (1/2期)	無償	1997年	4.22億円	環状道路3.5kmの改修、道路維持管理機材の調達
エファテ島道路改良計画 (2/2期、詳細設計)	無償	1998年	0.08億円	環状道路10.7kmの詳細設計業務
エファテ島道路改良計画 (2/2期)	無償	1999～2000年	7.14億円	環状道路10.7kmの改修

1-4 他ドナーの援助動向

運輸セクターにおける他ドナーの援助動向を表1-4-1に示す。

表 1-4-1 他ドナーの援助動向

案件名	援助形態	締結年	金額	概要
Urban Infrastructure Project (ADB)	有償	1996年	US\$10百万	上下水道、市街道路、港湾設備の改善
Réfection des aires aéronautiques et la construction d'une nouvelle aérogare internationale (AFD)	無償	1997年	FF36.1百万	国際空港の高規格化
Cyclone Emergency Rehabilitation Project (ADB)	有償	1999年	US\$2百万	エファテ島2橋梁の再建他
Project de Rehabilitation d'infrastructures Routieres Cyclone DANI (AFD)	無償	1999年	FF13.8百万	カト島3橋梁の再建他
Upgrading Bauefield Airport (EIB)	有償	1999年	EUR5百万	国際空港の高規格化
Eton Bridge Reconstruction (EU)	有償	2003年	VT15百万	エファテ島2橋梁の再建

ADB : Asian Development Bank

US\$ : 米ドル

AFD : Agence Française de Développement

FF : 仏フラン

EIB : European Investment Bank

EUR : ユーロ

EU : European Union

VT : バヌアツバツ

このうち、ADBの援助で架け替えられた2橋梁と、EUの援助で架け替えられる予定の2橋梁がエファテ島環状道路上に位置している。本計画の対象橋梁は、ADBの2橋梁とEUの2橋梁の間に位置しており、これら4橋梁全てが2車線幅を確保して計画されているため、本計画の策定にあたっては、他ドナーの橋梁と整合性を図る必要がある。

## 第2章 プロジェクトを取り巻く状況

### 2-1 プロジェクトの実施体制

#### 2-1-1 組織・人員

本プロジェクトの主管官庁はインフラ公共事業省であり、実施機関は同省の公共事業局（PWD）である。PWDは本局と各地方事務所から構成されており、シェファ、サンマ、マランパ、タフェア、ペナマおよびトルバの6つの地方事務所がある。本プロジェクト実施後の維持管理は、シェファ地方事務所が担当することになる。それぞれの職員数は、本局に32名、シェファ地方事務所に29名が配置されている。

図2-1-1にPWDの組織図を示す。

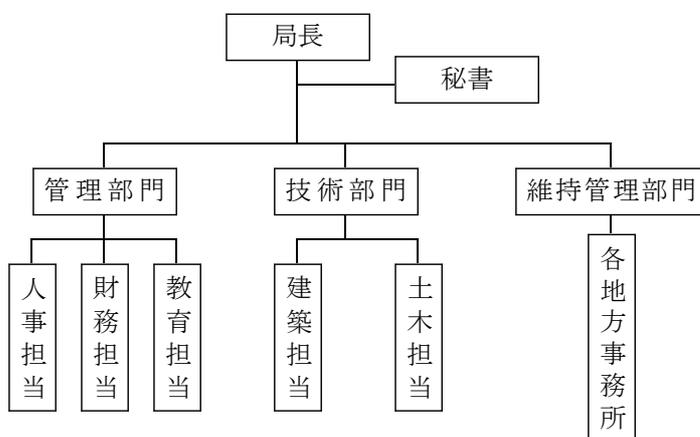


図 2-1-1 公共事業局の組織図

#### 2-1-2 財政・予算

過去3年間のPWDの予算を表2-1-1に示す。

表 2-1-1 公共事業局の予算

単位：バツ

項目	2001年	2002年	2003年
人員管理	119,500,000	110,000,000	85,532,405
施設管理	36,277,270	40,272,000	-
本局	27,761,710	29,081,000	74,171,786
シェファ事務所	55,700,000	56,651,000	92,017,841
サンマ事務所	57,000,000	59,550,000	55,754,238
マランパ事務所	43,875,000	44,583,000	53,616,767
タフェア事務所	40,000,000	42,435,000	42,317,596
ペナマ事務所	28,000,000	29,238,000	25,371,367
トルバ事務所	20,217,000	21,282,000	20,320,000
合計	428,330,980	433,092,000	449,102,000

上記予算は経常予算とも言うべきもので、プロジェクトの実施予算はこの中に含まれておらず、別途にDESDの審査を経て、GIPの中で予算措置される。つまり、本プロジェクトの実施に伴う「バ」国側負担事業は、事業申請を行って別途に予算措置される。事業費が400万バツを超えるものについては、毎年6月に行われる政府予算委員会の承認を経て、翌年の1月1日から予算執行ができる。

### 2-1-3 技術水準

PWDの実施する事業は、一般的に競争入札を経て民間会社へ委託される。政府の管轄するインフラ施設の維持管理については、各地方事務所が直営（一部外注）で実施している。エファテ島内の維持管理業務は、シェファ地方事務所が管轄しており、維持管理に必要な機材・人員を確保している。特に機材については、前回計画において必要な道路維持管理機材を調達したことに加え、オーストラリアの援助で建設された機材修理工場があり、オーストラリア人のスタッフが常駐して機材の修理指導を行っているため、各機材の稼動状況は良好であり、維持管理能力に問題はない。

前回計画の完了後の環状道路の維持管理は、地震で発生した地割れが補修されていることにも見られるように適切に実施されており、シェファ地方事務所の実施体制は、技術的にも十分な水準にあると判断される。

### 2-1-4 既存施設

本調査の対象橋梁であるテオウマ橋とレンタパオ橋は、前回計画の道路整備対象区間の中に位置しているが、前回計画の基本設計調査においては、当面の応急対策として橋面舗装、高欄設置およびガードレールの設置を計画し、将来的な構造変化に対しては「バ」国側で対処することを提言した。

しかしながら、今回の震災により両橋梁とも深刻な損傷を受けたため、「バ」国側で対処できる範囲を超えた被害となった。両橋梁の被災状況は次のとおりである。

#### テオウマ橋（3径間張出式ラーメン橋）

橋 台：積み上げた蛇籠の表面をモルタルで覆っただけの橋台であり、直接基礎である。地震によって橋台基礎地盤が円弧滑りを生じ、左岸側橋台が前面に移動・沈下した。

橋 脚：パイルベント式の橋脚の地上部分をコンクリートで連結した橋脚であり、上部工と一体となった剛構造となっている。地震によって左岸側の杭が座屈して剛結部分が完全に破壊され、杭本体にも大きなクラックが入り構造的に破壊した。上部工の挙動に

伴い右岸側橋脚も座屈を起し、杭本体にクラックが入った。

上部工：橋脚との剛結部分を除き、上部工本体には目立った損傷は見当たらない。

橋全体の挙動：左岸側橋台の移動・沈下および橋脚の座屈により、橋全体が左岸側に移動し、左岸側端部で約1.2m沈み込んだ。しかし、橋全体が落橋することはなく、右岸側は、右岸側橋脚が比較的支持力を保持していたためこれを支点として、右岸側端部が道路面から跳ね上がった状態となった。つまり、地震直後は右岸側橋台が全く機能せず、右岸側橋脚と左岸側橋台の2点のみで上部工を支える状態となった。

現況：地震後の応急処置で、左岸側の一径間が石積みコンクリートで間詰され、右岸側の橋台が上部工を支えられる高さまで嵩上げされた。これによって、左岸側間詰コンクリート部分、右岸側の座屈した橋脚および嵩上げされた右岸側橋台の3点で上部工を支える状態となった。地震直後の状態からは改善されたといえるが、左岸側橋台および橋脚は今でも微少の挙動変化を見せており、右岸側橋脚も損傷していることから、構造的には非常に不安定な状態にある。

#### レンタパオ橋（単径間単純桁橋）

橋台：テオウマ橋と同形式の蛇籠を積み上げた橋台であり、直接基礎である。地震による橋台本体の挙動変化は小さく、右岸側翼壁が前面に移動した。

上部工：左岸上流側で主桁端部に大きくクラックが入り、一部コンクリートが欠落して主鉄筋が露出した。また、スラブ底部や主桁側面のあちこちにクラックが入り、コンクリートが剥離して鉄筋が露出した。

橋全体の挙動：テオウマ橋と比較して地震による橋の挙動変化が少ないため、表面的には被災していることが判りにくいですが、地震によって上部工の各所にせん断破壊が起り無数のクラックが入った。

現況：コンクリート表面にクラックが入ったことで空気との接触面が増え、コンクリートの中性化が進むとともに鉄筋の腐食が進行しており、腐食鉄筋が膨張することによってコンクリートの剥離がさらに進行している。また、通水断面が極度に不足していることにより、橋梁部で河床の洗掘が進んで河床低下を起しており、橋台底部が張り出した状態になっている。レンタパオ橋は、地震直後よりも時間とともに被害が深刻化している状態にある。

加えて、両橋梁とも十分な通水断面が確保できておらず、河川の増水時にはしばしば冠水することが報告されている。

## 2-2 プロジェクト・サイトおよび周辺の状況

### 2-2-1 関連インフラの整備状況

#### 1) 道 路

環状道路は一周約130kmの道路であるが、そのうち瀝青表層処理 (DBST) によって整備済みの区間は、ポートビラの西側約11kmの区間と東側約17km区間である。この整備済み区間は、対向2車線道路となっており、6～7mの車道幅が確保されている。また、この区間には、対象橋梁を含めて5つの橋梁と4つのボックスカルバートが位置しているが、2車線幅を確保できていないのは、本調査の対象橋梁であるテオウマ橋とレンタパオ橋だけであり、他は全て道路と同じ車線幅の6～7m以上を確保している。図2-2-1に整備済み区間上の河川横断構造物の配置を示す。

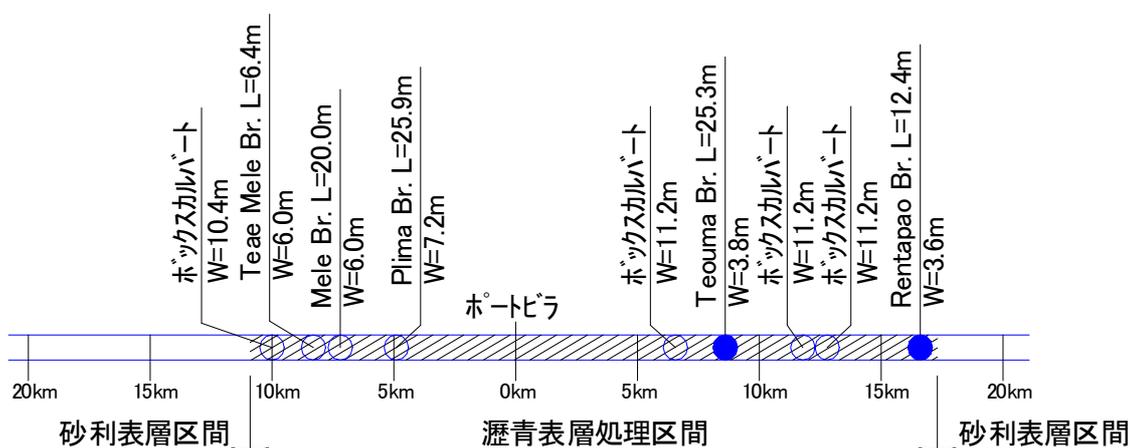


図 2-2-1 環状道路の河川横断構造物

また、ポートビラの東側の砂利表層区間に位置するEton橋とElu橋が2003年に架け替えられる予定となっており、2車線幅を確保した計画となる予定である。

#### 2) 電 力

エファテ島では民間電力会社が火力発電を行っており、首都圏近郊に配電している。本調査の対象地域では、テオウマ橋付近まで道路沿いに配電線が架線されているが、レンタパオ橋付近には配電されておらず、電柱等の障害物はない。

#### 3) 電話・水道

電話、水道とも首都圏近郊では整備されているが、本調査の対象地域では未だ整備されておらず、地下埋設物などの障害物はない。

## 2-2-2 自然条件

### 1) 地 形

「バ」国は、東経166度～172度、南緯13度～23度の間に位置し、経済専管水域は84.8万km<sup>2</sup>である。南太平洋の海域に鎖状に分布している82の島と周辺海域から成り、陸地面積は1.2万km<sup>2</sup>である。このうちエファテ島、エスピルトゥ・サント島など12の島が主要島とされており、主要島だけで陸地総面積の93%を占めている。エファテ島はおおむね火山性隆起珊瑚石灰岩からなり、環太平洋造山帯に属している。同島の最高峰は標高662mのマクドナルド山であり、山麓一帯には多数の河岸段丘からなる丘陵地が広がっている。対象橋梁は、標高3～6mの平坦地と丘陵地帯の境に位置している。

### 2) 気 候

エファテ島の気候は熱帯性海洋気候に属し、年間平均降水量は約2,300mm、年平均気温は25.5℃である。12月から4月の雨期と5月から11月の乾期に分かれ、雨期には2～3年に一度の割合でサイクロンの襲来がある。過去11年間の降水量データによると、最大日降雨量は377.4mm（1991年1月20日）であり、この時にはエファテ島の西48km付近をサイクロンが通過している。このような集中豪雨型の降雨パターンが発生した場合には、流下距離が短かく河川整備が成されていないため、島内の河川はすぐに氾濫する。

### 3) 地 震

「バ」国は環太平洋地震帯に属しており、火山活動を伴った地震を含め、顕著な地震が多く発生している。「バ」国で観測される地震の過半数がマグニチュード4.5以下の小さいものであるが、過去100年の記録では、建物に被害を及ぼすような大地震が十数件報告されている。つまり、今回のような地震は、50年から100年のスパンで考えた場合には、十分に起こり得る規模の地震である。

## 2-2-3 その他

本プロジェクトの実施による周辺環境への影響を検討した。検討結果を表2-2-1に示す。

表 2-2-1 環境への影響と対策

項目	影響の程度と範囲	対応策/緩和策
住民移転/用地取得	<ul style="list-style-type: none"> <li>・住民移転は発生しない。</li> <li>・架け替え橋梁は現橋位置に架設するため道路用地を逸脱することはない。</li> <li>・迂回路用地、作業ヤードの借上げが必要となる。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・仮設ヤードは現況復旧を行った後に返却する。</li> </ul>
道路交通	<ul style="list-style-type: none"> <li>・橋梁工事のため通過交通が影響を受ける。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・迂回路を設置するとともに適切に誘導する。</li> </ul>
水質汚濁	<ul style="list-style-type: none"> <li>・基礎工および下部工施工時の水替えにより濁水が排水される。</li> <li>・迂回路の盛土が侵食されて土砂が流出する。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・濁水の排水は沈殿槽を通過させてから河川に放流する。</li> <li>・迂回路仮橋の橋台は蛇籠を積み上げた構造とし盛土の侵食を防止する。</li> </ul>

以上のように、周辺環境への負の影響は軽微であり、許容される範囲にあると判断される。

「バ」国では2002年に環境法が施行され、全てのプロジェクトは、実施の前に土地・鉱物資源省環境局より環境影響評価(EIA)の承認を取得する必要がある。しかしながら、本計画については、2003年6月18日付けの環境局のレターにてEIA承認手続きは必要ないとの回答を得ており、計画の実施に支障とならない。

## 第3章 プロジェクトの内容

### 3-1 プロジェクトの概要

#### 1) 上位目標とプロジェクト目標

2002年1月に発生した地震によって、「バ」国の首都であるポートビラを中心にエファテ島内のインフラ施設が被災し、「バ」国政府による緊急復旧が実施されたが、本格復旧が始まる目処は立っていない。

このような状況に対し、「バ」国政府は、地震発生後一年を経てなお始まっていない本格復旧の実施を緊急課題としており、特に同国の経済活動および島民の日常生活を支えている道路交通網の本格復旧を最優先課題としている。この中で本プロジェクトは、環状道路の被災橋梁の本格復旧を通して環状道路の機能を維持することを目標としている。

#### 2) プロジェクト概要

本プロジェクトは、上記目標を達成するために環状道路上の被災したテオウマ橋とレンタパオ橋の本格復旧を行うとともに維持管理を実施する。これにより、橋の崩壊/流失の回避、将来にわたる道路交通の確保、走行安全性の向上、生活利便性の向上等が期待されている。この中において協力対象事業は、テオウマ橋およびレンタパオ橋の架け替え、取付道路の擦り付けを行う。

### 3-2 協力対象事業の基本設計

#### 3-2-1 設計方針

##### 1) 現橋の評価

「バ」国側の要請内容は、震災で損傷したテオウマ橋とレンタパオ橋の再建であった。現地調査において詳細にその損傷具合・程度を調査し、補修及び補強で対応できるものか、もしくは架け替え（再建）が必要となるかを検討した。

表3-2-1に対象橋梁の現況とその評価を示す。

表 3-2-1 対象橋梁の現況と評価

	部 位	現 況	評 価
テ オ ウ マ 橋	上部工	橋脚と上部工の剛結部分が破壊 下部工の沈下・座屈によって上部工が大きく傾斜・沈下	上部工をジャッキアップして下部工を新設する必要があり補修／補強は非現実的である。
	下部工	ハイバント式の橋脚が沈下・座屈し杭本体が破壊 蛇籠橋台が移動・沈下	さらなる座屈・沈下を予防することは困難であり、新設以外に根本的な対処方法は無い。
	その他	応急処置として左岸側一径間を練石積みにて間詰	通水断面が絶対的に不足し、下部工と連結されていないことから洪水時に流失する恐れがある。
レ ン タ パ オ 橋	上部工	主桁の橋台取付部に破損 全般にわたってクラック・コンクリートの剥離・鉄筋の腐食	せん断応力が最大となる位置に主桁の破損、塩害による主鉄筋の腐食があり、新設以外に根本的な対処方法は無い。
	下部工	蛇籠橋台が移動	橋台の滑動はその構造上防止できるものではなく、新設以外に根本的な対処方法は無い。
	その他	橋台底部に重度の洗掘	通水断面が絶対的に不足し、上部工は下部工の上に載せてあるだけであることから洪水時に流失の恐れがある。

検討の結果、両橋いずれも上部工、下部工に構造的欠陥が認められ、補修・補強工では適切な対応ができないと判断された。また、現橋は洪水位に対して桁下空間が確保されていないため、橋面の嵩上げの必要がある。したがって、本プロジェクトは、テオウマ橋およびレンタパオ橋の架け替えおよび取付道路の擦り付けを計画する。

## 2) 自然条件

エファテ島は海洋性熱帯気候帯に属し、気温は15℃から32℃と安定しているため、部材や施工条件に特に影響を与えることは無いが、コンクリートの打設は暑中コンクリートとして対応する必要がある。

12月から4月が雨期に当たり、しばしばサイクロンの襲来を受ける。過去10年間の最大日降水量は377.4mmであり、集中豪雨があった場合にはすぐに河川が氾濫するため、雨期に河川流域内で作業することは難しい。これは下部工の施工や迂回路仮橋の規模に関係してくるだけでなく、上部工の架設方法と密接に関係してくるため、上部工の橋梁形式の選定に当たってはその施工期間に無理がないことを確認する。

「バ」国は、環太平洋地震帯に属しており、今回のような大地震が発生することも念頭に置き、本プロジェクトにおいては地震を考慮した耐震設計を行う。

対象橋梁の架橋位置は、いずれもある程度河口から離れていて潮風を直接受けることは無いが、対象橋梁が横断する河川はいずれも潮位の影響を受けており、空気中の塩分によって錆びおよび塩害が進行する。このため、橋梁形式の選定に当たっては、防錆・防食に対応できる形式を検討する必要がある。

### 3) 社会条件

環状道路の道路用地幅は20mが確保されているが、対象橋梁位置の道路用地の外側は全て地権者が居るため、社会環境に与える影響を考慮して新たな土地収用が発生しないよう配慮する必要がある。このため、架け替え橋梁は現橋位置に架設して平面線形を変更しないこととする。また、橋面の嵩上げに伴って取り付け道路も嵩上げする必要があるが、盛土高が高くなると盛土法尻が道路用地幅に納まらなくなってしまうため、橋梁形式の選定に当たっては、橋面の嵩上げ高を極力抑えることを検討する。これは、取付道路の擦り付けに関連して直接工事費の削減にもつながる。

対象橋梁はいずれも二車線道路上にある一車線幅の橋梁であり、現在は交互通行を行っている。しかしながら、死亡事故が発生しているように走行上の危険箇所となっており、交通環境および社会環境の上から安全性を考慮した設計が求められる。特に橋梁の幅員構成の決定に当たっては、社会環境に配慮して検討する。

### 4) 建設事情

「バ」国は島嶼国であり土木事業の需要が少ないため、一般的な汎用機械はあるものの、橋梁工事に使用する大型クレーンや杭打機などの大型建設機械およびプレストレス緊張ジャッキ、押し出しジャッキや油圧ポンプなどの特殊機械は国内で調達することができない。このため、橋梁形式の選定に当たっては、事業費を押さえるため、これらの大型機械や特殊機械を必要としない工法を検討する。

コンクリート骨材は、島内産の隆起珊瑚礁を砕いたものが一般に使われており、骨材の強度が足りないため、高強度のコンクリートを生産することはできない。また、珊瑚材を骨材として使用したコンクリートは、骨材の密実性が低いため、空気中の炭酸ガスに触れることで中性化を起こしやすい傾向がある。路面の瀝青表層処理に使われているのは擦り減りに強い骨材で輸入品であり、高強度コンクリートを必要とする場合には瀝青表層処理と同様に骨材を輸入する必要性が生じ割高になる。橋梁形式の選定に当たっては、現地建設事情を考慮した経済性および維持管理の施工性について検討する。

## 5) 工期

工期を短縮することは共通仮設費の削減につながり、本計画のように直接工事費が小さく、共通仮設費の割合が高い案件では事業費の節減を考える上で重要な要因である。よって、本計画は単年度案件として実施することとし、橋梁形式の選定に当っては、与えられた工期内に無理なく工事を完了させることができる事は当然として、さらに工期短縮が図れるものを検討する。

### 3-2-2 基本計画

#### 3-2-2-1 設計基準

「バ」国の公共事業局には独自の橋梁設計基準は無く、近隣のオーストラリアやニュージーランドの設計基準を準用している。また、前回計画においてはオーストラリアのAUSTROADSに基づいて道路設計を実施した。前述のとおり本計画においては耐震設計を行うため、地震解析手法が進んでいる日本の道路橋示方書に基づいて橋梁設計を行い、取付道路部分については前回計画との整合性よりAUSTROADSに基づいて道路設計を行う。

#### 3-2-2-2 車線数

取付道路が二車線道路であるのに対し、対象橋梁の車線幅員はいずれも一車線幅であり、橋梁前後部分で車線幅を絞っているため、橋梁を架け替えるに当たり必要車線数を検討した。表3-2-2に車線数の検討結果を示す。

表 3-2-2 車線数の検討

検討項目	車線数	検討結果要旨
道路規格	2車線	道路網における環状道路の位置付けは幹線道路であり生活圏内にとどまる道路でないため2車線が必要
道路線形	2車線	1車線とした場合交互通行となるが必要な対向車の視認距離が確保できないため2車線が必要
設計基準	2車線	橋梁前後の道路が2車線であり取付道路と同じ車線数が必要となるため2車線
交通容量	1車線	1車線として交互通行を行った場合の交通容量は約300台/時であり、将来的にも大渋滞は発生しない
安全性	2車線	対象橋梁位置では死亡事故が発生しており危険要素を排除することが必要であり2車線
整合性	2車線	環状道路の整備済み区間の中に5つの橋と4つの函渠があるが車線数を絞っているのは対象橋梁の2橋のみ
経済性	1車線	上部工面積が縮小されるだけでなく下部工も小さくできるため1車線が有利

上記検討項目の中でも特に重要であると判断される設計基準及び安全性の検討結果において2車線を確保する必要があると判断されており、社会環境に配慮する上でも安全性を無視することはできない。したがって、本計画の架け替え橋梁の車線数は取付道路と同じ2車線として計画する。

### 3-2-2-3 計画高水位・桁下余裕

水文解析によって洪水到達時間、洪水量を求め、計画高水位を決定する。

降雨強度は、過去51年間の降雨量データを解析して算出されたものが入手できたのでそれを使用する。到達時間の推定にはKiripich式を使用し、洪水量の算定にはラショナル式を使用する。それぞれの公式は次のとおりである。

Kiripich式

$$T_c = L_s^{1.15} / 51H^{0.385}$$

$T_c$  : 洪水到達時間 (分)

$L_s$  : 流域最遠点からの流路延長 (km)

$H$  : 流域最遠点との標高差 (m)

ラショナル式

$$Q_p = 0.278 \times C \times I \times A$$

$Q_p$  : 洪水ピーク流量 (m<sup>3</sup>/s)

C : 流出係数

I : 降雨強度 (mm/h)

A : 集水面積 (km<sup>2</sup>)

テオウマ川は流域面積82km<sup>2</sup>、流路延長22km、河川の形状比0.17の一般的な河川である。河口より架橋地点までの距離は約2.8kmであり潮位の影響は比較的小さい。平常時の流速は実測値で0.3~0.6m/sであるが、洪水時には2~3m/sになると推定され、河岸に侵食の跡が見られる。一方のレンタパオ川は流域面積44km<sup>2</sup>、流路延長15km、河川の形状比0.22の一般的な河川であり、洪水時の流速はテオウマ川と同様の2~3m/sになると推定される。架橋地点の河口からの距離が約1.3kmであり標高が低いことから、潮位の影響を大きく受けている。表3-2-3に水文解析結果を示す。

表 3-2-3 水文解析結果

	流域面積	河床標高	標高差	勾配	推定洪水量(m <sup>3</sup> /s)			推定洪水位(EL. m)			
					50年	20年	10年	50年	20年	10年	既往最大
テオウマ橋	82.1km <sup>2</sup>	0.1m	487m	2.26%	475.6	385.1	303.0	7.73	6.81	5.88	約6.8
レンタパオ橋	44.0km <sup>2</sup>	-2.2m	332m	2.29%	236.1	188.3	145.7	3.94	3.29	2.72	約3.3

表中の既往最大洪水位は橋梁付近の住民への聞き取り調査によるものであり、おおよそ20年確率洪水位に相当している。両橋梁とも、既往最大洪水時には水位が上昇して河川が溢れる状態となっており、橋面が水没して橋梁および取り付け道路の上を水が流下している。よって、橋面を高くすると取付道路が堤防となって上流側の洪水を増大させる恐れがあり、橋面高を極力低く押さえる事が重要である。そのため、前述の土地収用の回避も考慮して、次のように計画高水位を決定した。

テオウマ橋 : 計画高水位EL. 5.8m、桁下余裕1.0m、桁下高EL. 6.8m

レンタパオ橋 : 計画高水位EL. 2.3m、桁下余裕1.0m、桁下高EL. 3.3m

つまり、既往最大洪水の場合(20年確率洪水に相当)には橋梁が水に浸かることはないが、50年確率洪水の場合は橋梁が水に浸かることになる。このため、水没しても橋梁が損傷を受けることがないような設計とする。

#### 3-2-2-4 橋梁形式

橋梁形式の選定に当って検討した項目は、耐震性、施工性・施工期間、構造高(橋面高)、経済性、維持管理の5項目である。検討結果は表3-2-4に示すとおりであり、テオウマ橋とレンタパオ橋のいずれも総合的に有利であると判断された単純ポニートラス橋を採用する。

表3-2-4 橋梁形式の選定 1/2 (テオウマ橋)

タイプ別	単純PCT桁	単純鋼桁	単純ポニートラス	二径間単純H形鋼埋込み桁
側面図				
断面図				
構造高	<p>構造高が1.85mと高くなり、橋面高が上がるため、新たな道路用地の取得が必要となる他、取付道路が堤防となり水文上問題となる。</p>	<p>構造高が1.84mと高くなり、橋面高が上がるため、新たな道路用地の取得が必要となる他、取付道路が堤防となり水文上問題となる。</p>	<p>下路形式のため構造高が0.8mとなり橋面高を低くすることが可能</p>	<p>構造高が0.67mとなり橋面高を低くすることが可能 河川内に橋脚が位置し河積阻害率が上がるため計画高水位が上昇する。</p>
耐震性	<p>上部工全てがコンクリート造となり自重が重いため耐震性は劣る。</p>	<p>上部工の自重が軽いため耐震性は有利</p>	<p>上部工の自重が軽いため耐震性は有利</p>	<p>上部工の自重が重く2点支承橋脚となるため単径間よりも耐震性は劣る。</p>
施工性・施工期間	<p>[全支保工法] 全支保工で一体施工とすることによりRC床版が同時施工となる。 河川内に支保工の構築が必要 工期は15ヶ月程度</p>	<p>[クレーン架設工法] 桁材が一本当り約13トンとなり架設用大型重機が必要となる他、桁長が30mで取り回しが困難 工期は13.5ヶ月程度</p>	<p>[手延べ式引出し工法] 一部材を小さく出来るため架設用大型重機を必要としない(レンタタオ橋部材を手延べ桁として転用)。 工期は13ヶ月程度</p>	<p>[支保工もしくは吊支保工法] 橋脚の工事が量が増えるほか、橋脚施工時に仮締め切り及び工事用棧橋が必要となる。 工期は15ヶ月程度</p>
維持管理	<p>コンクリート構造であり、塩害、コンクリートの中性化を生じるため現地での維持管理は出来ない。</p>	<p>鋼材は防錆・防食のために亜鉛鍍金を施すため維持管理が原則不要 RC床版は塩害、コンクリートの中性化による劣化が進むので将来的に打替えが必要</p>	<p>鋼材は防錆・防食のために亜鉛鍍金を施すため維持管理が原則不要 RC床版は底面をデッキプレート、上面を瀝青表層処理で覆われるため劣化を防止できる。</p>	<p>鋼材底部は亜鉛鍍金を施すため維持管理が原則不要 コンクリート部分は塩害、コンクリートの中性化を生じるため現地での維持管理は出来ない。</p>
経済性	<p>高強度コンクリートを使用するのでコンクリート骨材を輸入する必要がある。 コンクリートプラント設備を新たに設ける必要がある。 取付道路が高くなり工事が多くなる。</p>	<p>架設用大型重機が必要となる。 取付道路が高くなり工事が多くなる。 工期を短縮できる。</p>	<p>架設用大型重機を必要としない。 取付道路が低くなり工事が少なくなる。 工期を短縮できる。</p>	<p>架設用大型重機を必要としない。 基礎工および下部工の工事が多くなる。 取付道路は比較的安く出来る。</p>
総合評価	<p>× 維持管理に問題がある。</p>	<p>△ 水文上・施工性・維持管理面で不利</p>	<p>○ ほぼ全ての検討項目で有利</p>	<p>× 維持管理に問題がある。</p>

表3-2-4 橋梁形式の選定 2/2 (レンタパオ橋)

タイプ別	単純RC T桁	単純鋼鈹桁	単純ポニートラス	単純H形鋼埋込み桁
側面図				
断面図				
構造高	<p>構造高が1.25mと高くなり、橋面高が上がるため、新たな道路用地の取得が必要となる他、取付道路が堤防となり水文上問題となる。</p>	<p>構造高が1.24mと高くなり、橋面高が上がるため、新たな道路用地の取得が必要となる他、取付道路が堤防となり水文上問題となる。</p>	<p>下路形式のため構造高が0.8mとなり橋面高を低くすることが可能</p>	<p>構造高が0.67mとなり橋面高を低くすることが可能</p>
耐震性	<p>上部工全てがコンクリート造となり自重が重いため耐震性は劣る。</p>	<p>上部工の自重が軽いため耐震性は有利</p>	<p>上部工の自重が軽いため耐震性は有利</p>	<p>上部工の自重が重く耐震性は劣る。</p>
施工性・施工期間	<p>[全支保工工法] 全支保工で一体施工とすることによりRC床版が同時施工となる。 河川内に支保工の構築が必要 工期は14ヶ月程度</p>	<p>[クレーン架設工法] 支保工を必要としないため上部工の施工期間を短縮できる。 工期は12.5ヶ月程度</p>	<p>[クレーン引出し工法] 支保工を必要としないため上部工の施工期間を短縮できる。 工期は12ヶ月程度</p>	<p>[支保工もしくは吊支保工工法] 吊支保工としても別途作業用足場の架設が必要となり河川内に支柱を立てる必要がある。 工期は13ヶ月程度</p>
維持管理	<p>コンクリート構造であり、塩害、コンクリートの中性化を生じるため現地での維持管理は出来ない。</p>	<p>鋼材は防錆・防食のために亜鉛鍍金を施すため維持管理が原則不要 RC床版は塩害、コンクリートの中性化による劣化が進むので将来的に打替えが必要</p>	<p>鋼材は防錆・防食のために亜鉛鍍金を施すため維持管理が原則不要 RC床版は底面をデッキプレート、上面を瀝青表層処理で覆われるため劣化を防止できる。</p>	<p>鋼材底部は亜鉛鍍金を施すため維持管理が原則不要 コンクリート部分は塩害、コンクリートの中性化を生じるため現地での維持管理は出来ない。</p>
経済性	<p>コンクリートプラント設備を新たに設ける必要がある。 取付道路が高くなり工事量が多くなる。</p>	<p>取付道路が高くなり工事量が多くなる。 工期を短縮できる。</p>	<p>取付道路が低くなり工事量が少なくなる。 工期を短縮できる。</p>	<p>コンクリートプラント設備を新たに設ける必要がある。 取付道路が低くなり工事量が少なくなる。</p>
総合評価	<p>× 維持管理に問題がある。</p>	<p>△ 水文上・維持管理面で不利</p>	<p>○ ほぼ全ての検討項目で有利</p>	<p>× 維持管理に問題がある。</p>

### 3-2-2-5 基礎形式

橋梁の基礎地盤を把握するため、現地調査でボーリング試験を実施した。テオウマ橋は、地表面下6m付近までは粘土混じり砂層、21m付近までは砂層であり、地下水位が高くN値が3～11程度が連続している地層で、良質な地盤とは言えない。レンタパオ橋は、地表面下7m付近まではN値3～10程度の石灰岩質層、15m付近までは風化珊瑚の層でありN値は12以上と比較的高くなっている。両橋梁とも支持地盤が深いため、杭基礎を採用する。

杭の形式は、施工性・施工期間を考慮すると現場打ち杭よりも既製杭を打設する方法が有利である。「バ」国では杭打機の調達ができないため、施工機械の小型化および経済性を考慮して、最も有利であると判断されるバイプロハンマーにて打設が可能なH形鋼杭を採用する。

### 3-2-2-6 設計条件

橋梁の設計基準は、前述のとおり日本の道路橋示方書を使用する。先方との協議および国内関係機関との協議に基づき決定した設計条件は次のとおりである。

#### 1) 設計荷重

- ・活荷重 : A活荷重 ( $P_1=0.35\text{t/m}^2$ 、 $P_2=1.0\text{t/m}^2$ 、載荷長6.0m)
- ・群集荷重 :  $0.35\text{t/m}^2$
- ・衝撃荷重 :  $i = 20/(50+L)$ 、 $L$  : 支間長 (m)
- ・地震荷重 : 地震係数=0.26 (発生地震規模及び土質調査結果より推定)

#### 2) 使用材料

鋼材 : 圧延H形鋼 (SS400、SM490)  
圧延鋼板 (SS400、SM400、SM490)  
高力ボルト (F8T)

防錆・防食材 : 溶融亜鉛めっき (HDZ55)

標準付着料 ( $\text{g/m}^2$ )

主 構 関 係 : 550以上

デッキプレート : 350以上

高 力 ボ ル ト

コンクリート : 圧縮強度  $\delta_c=21\text{N/mm}^2$

鉄 筋 : 引張強度 (常時)  $\delta_s=160\text{N/mm}^2$

引張強度 (地震時)  $\delta_s=270\text{N/mm}^2$

### 3) 地盤条件

土質の種類 : 砂質土 (テオウマ橋)  
                  粘土混り砂質土 (レンタパオ橋)

N 値 : N = 10 (テオウマ橋)  
          N = 20 (レンタパオ橋)

土の単位重量 :  $\gamma = 18\text{kN/m}^3$

内部摩擦角 :  $\phi = 25^\circ$

### 4) 維持管理

設計方針の基本として、橋体および下部工共にライフサイクルコストの最小化を考慮する。

- ・防錆・防食について、一般塗装を使用した場合には塩害などの影響があり、定期的に塗装の塗替えが必要となる。長期間のメンテナンス費用を考慮して、鋼材には溶融亜鉛めっきを施す。
- ・下部工のコンクリートの鉄筋の被りは、塩害およびコンクリートの中性化等を考慮して、最小被り70mm（純被り）を確保するよう設計する。

## 3-2-2-7 付帯工

### 1) 護岸工

洪水時の流速はテオウマ橋、レンタパオ橋とも2~3m/sになると推定される。洪水による河岸の侵食および下部工底面の洗掘を防止するため、円筒状蛇籠にて河岸及び橋台前面に護岸工を施す計画とする。

### 2) ガードレール

橋梁部の幅員は、取付道路の車道幅員は確保されているものの、路肩幅が縮小されているため、道路幅としては狭くなっている。河川には常時水が流れており、路外逸脱した車輛が水没する危険性があるため、乗員の安全を確保するために橋梁前後部分にガードレールを設置する。また、橋梁のポニーラスの各部材は、断面が小さいため車輛の接触や衝突によって変形しやすい。このため、通過車輛がトラス部材に接触することを防ぐために、地覆部にガードレールを設置する。

### 3) 路面標示

取付道路の新設部分および橋面に対し、他の道路区間と同様に中央線および側線を設置する。加えて、対象サイトには夜間の照明施設が設置されていないため、夜間の視認性を向上させるために橋梁地覆部に反射式の路側用縁石鋸を設置する。