

マラウイ共和国

バラカ - サリマ間国道五号線橋梁架け替え計画

基本設計調査報告書

平成 17 年 6 月  
(2005 年)

独立行政法人国際協力機構  
無償資金協力部

無償

JR

05 - 114

## 序 文

日本国政府は、マラウイ共和国政府の要請に基づき、同国のバラカ-サリマ間国道五号線橋梁架け替え計画にかかる基本設計調査を行うことを決定し、独立行政法人国際協力機構がこの調査を実施しました。

当機構は、平成16年12月16日から平成17年1月10日まで基本設計調査団を現地に派遣しました。

調査団は、マラウイ政府関係者と協議を行うとともに、計画対象地域における現地調査を実施しました。帰国後の国内作業の後、平成17年5月16日から5月23日まで実施された基本設計概要書案の現地説明を経て、ここに本報告書完成の運びとなりました。

この報告書が、本計画の推進に寄与するとともに、両国の友好親善の一層の発展に役立つことを願うものです。

終わりに、調査にご協力とご支援をいただいた関係各位に対し、心より感謝申し上げます。

平成17年6月

独立行政法人国際協力機構

理 事 小 島 誠 二

## 伝 達 状

今般、マラウイ国におけるバラカ-サリマ間国道五号線橋梁架け替え計画調査が終了いたしましたので、ここに最終報告書を提出いたします。

本調査は、貴機構との契約に基づき、弊社が、平成16年12月15日より平成17年6月30日までの6.5ヵ月にわたり実施いたしてまいりました。

今回の調査に際しましては、マラウイの現状を十分に踏まえ、本計画の妥当性を検証するとともに、日本の無償資金協力の枠組みに最も適した計画の策定に努めてまいりました。

つきましては、本計画の推進に向けて、本報告書が活用されることを切望いたします。

平成17年6月

共同企業体

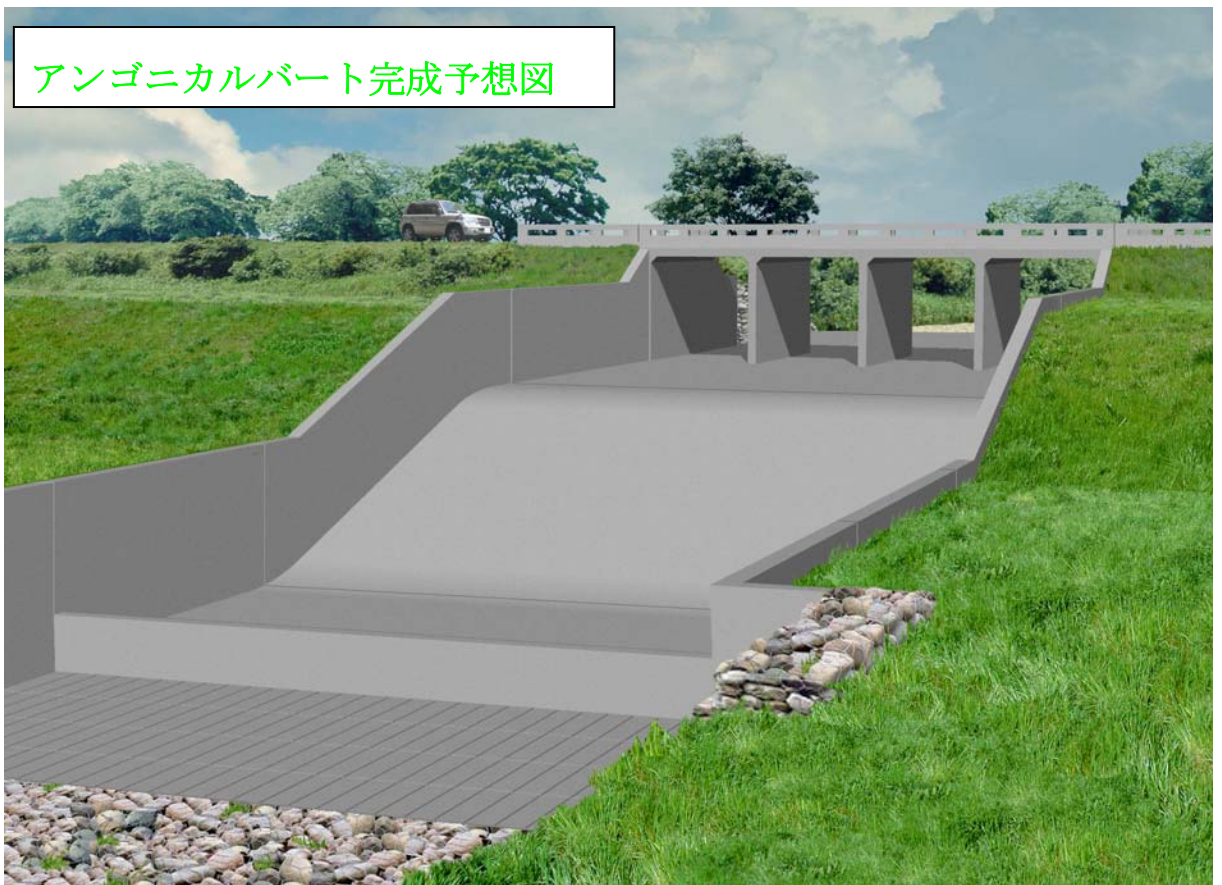
(代表者) 日 本 工 営 株 式 会 社  
(構成員) 株 式 会 社 長 大  
マ ラ ウ イ 共 和 国  
バラカ-サリマ間国道五号線架け替え計画調査団  
業 務 主 任 市 川 敏 夫



ルワジ橋完成予想図



アンゴニカルバート完成予想図



## 写真

写真-1:ルワジ橋



下流側より橋梁全形(橋桁が流出している)。

写真-2:ルワジ橋



橋桁流出後に架けられた1車線の仮橋(ベイリー橋)

写真-3:ルワジ橋



橋梁上からルワジ川上流を撮影する。

写真-4:ナンコクエ橋



橋脚の沈下により橋桁が、「く」の字に分離している。

写真-5:ナンコクエ橋



橋脚の沈下により架けられた1車線の仮橋(ベイリー橋)

写真-6:ナンコクエ橋



橋梁上からルワジ川の上流を撮影する。

写真-7:ナンヤングカルバート



上流側から既存のコルゲートカルバートを撮影する。

写真-8:ナンヤングカルバート



既存カルバート上から見た河川上流側の現況。

写真-9:ナンヤングカルバート



既存カルバート上から見た河川下流部の現況。

写真-10:アングニカルバート



既存のコルゲートカルバートの下流部に5mの落差が形成されている。

写真-11:アングニカルバート



既存カルバート上から見た河川上流部の現況。

写真-12:アングニカルバート



既存カルバート上から見た河川下流部の現況。

## 略語集

|                   |                 |  |
|-------------------|-----------------|--|
| A/P               | : 支払い授權書        | : Authorization to Pay                                       |
| B/A               | : 銀行口座開設        | : Bank Arrangement   |
| E.L.              | : 標高            | : Elevation  |
| EIA               | : 環境影響評価        | : Environmental Impact Assessment                            |
| E/N               | : 交換公文          | : Exchange of Note   |
| EU                | : 欧州企業体         | : European Union   |
| GOM               | : マラウイ政府        | : Government of Malawi                                       |
| Gal               | : 重力加速度         | : Government of Malawi                                       |
| IEE               | : 初期環境調査        | : Initial Environmental Examination                          |
| JICA              | : 独立行政法人国際協力機構  | : Japan International Cooperation Agency                     |
| Kh <sub>0</sub>   | : 水平地震係数        | : Horizontal Seismic Intensity                               |
| M5                | : 国道5号線         | : Main Road No.5   |
| MOTPW             | : 運輸・公共事業省      | : Ministry of Transport and Public Works                     |
| MNREA             | : 天然資源環境省       | : Ministry of Natural Resources and<br>Environmental Affairs |
| Mkw               | : マラウイ・クワッチャ    | : Malawian Kwacha  |
| NRA               | : 国家道路公団        | : National Road Authority                                    |
| N/P               | : 着工命令          | : Notice of Proceed  |
| PC                | : プレストレスコンクリート  | : Prestressed Concrete                                       |
| ROADIP            | : 道路セクター投資プログラム | : Road Sector Investment Programme                           |
| ROW               | : 用地界           | : Right of Way   |
| US\$              | : 米国ドル          | : United Stated Dollar                                       |
| φ                 | : 直径            | : Diameter   |
| W                 | : 幅             | : Width  |
| m/s               | : メータ/秒         | : Meter/second   |
| m <sup>3</sup> /s | : 立方メートル/秒      | : Cubic meter/second   |



## 要約

## 要約

マラウイ共和国（以下「マ」国）の国土（面積：118千km<sup>2</sup>）は、南北に855kmと長く、北東部でタンザニア、北西部でザンビア、東部および南部でモザンビークに隣接している。1998年国勢調査によると、「マ」国の全人口は990万人、プロジェクト対象地域が位置する中部州は、約410万人で「マ」国全体の41%を占める。

内陸国である「マ」国では、道路交通が国際物流を含む物資、旅客輸送の重要な役割を担っており、経済発展の基盤となっている。「マ」国の2003年時点の道路総延長は約15,450kmであり、そのうち3,770kmが舗装道路（舗装比率24.4%）であるが、南部アフリカ近隣国での舗装比率（人口百万人当たりの舗装道路延長）としては、タンザニア国について低い。安全で信頼のおける効率的な道路網整備のため、マラウイ政府は2002年に10ヵ年道路セクター投資プログラム（ROADSIP）を作成した。その最終目標は、2012年までに幹線道路網の80%を良好な状態にすることとしており、計画期間10ヵ年で1,671百万米ドルの投資を計画している。この10ヵ年計画の中では、南部アフリカ近隣国、特に最短ルートで輸出港への輸送できるナカラ回廊およびそれに連結する幹線道路の整備を最重要課題に位置付け、主要幹線道路の改修に積極的に取り組んでいるが、洪水等の自然災害による緊急的な道路維持補修等に費用が嵩み、幹線道路、地方道路ともに整備が遅れている状況である。

国道5号線は、マラウイ湖岸地域を南部の主要都市バラカから北部の主要都市ムスズまで走る約500kmの主要幹線道路である。かつては2級道路であったが、1970年代後半に、「マ」国北部・中部・南部地域の産業振興を支える経済的な輸送路として位置づけられたことで、幹線国道に昇格し、近年は、モザンビーク～タンザニアをつなぐ輸送回廊としての位置付けとともに、マラウイ湖岸の観光地をつなぐ道路として、地域住民のみならず国民全体に裨益する路線として、近年急速に整備が進められている。しかし、2級道路として建設された国道5号線は、道路幅員が狭く、橋梁の多くが30年以上前に建設された1車線のコンクリート橋であり隘路（ボトルネック）であるために自動車の走行環境が悪く、損傷・老朽化が著しい。また、洪水対策を考慮した橋梁設計ではないため、橋脚の流出、あるいは橋脚基礎の洗掘による橋梁の崩壊が多発し、幹線道路としての信頼性が損なわれている。最近では、国道5号線南部のサリマ～バラカ区間において、2002年3月にルワジ橋、また2003年2月にはナンコクエ橋が洪水による橋脚周辺の基礎洗掘により沈下・傾斜して渡橋不能となり、仮橋により通行を確保している状況にある。また、1車線橋梁に起因する片側走行のため、橋梁の通過時間が著しくかかり幹線道路としての機能を低下させ、夜間の正面衝突等、交通事故が多発する傾向にあり沿道住民の安全が脅かされている。幹線国道としての規格を満たしていないことにより、円滑な交通が阻害され、それにより高い輸送・交通コストを招いており、地域社会経済の発展を阻害する要因となっている。

このような背景のもと、「マ」国政府は国道5号線整備の重要性に鑑み、バラカ～サリマ～コタコタ区間（268km）における橋梁の全2車線化を含む架け替え・修復につき、その整備に必要な資金について、我が国に対して2003年に無償資金協力を要請してきた。

この要請に対し、2004年7月に独立行政法人国際協力機構（JICA）による予備調査団を派遣した。その結果、北部区間のコタコタ～ムズズ区間において、EUによる橋梁整備が行われていることを確認し、また、バラカ～サリマ間のナンコクエ橋について、2003年2月の洪水により橋が被災したことを受け、コタコタ～サリマ間の6橋梁およびサリマ～バラカ間の4橋梁の計10箇所の橋梁の架け替え・修復が要請内容であることを確認した。さらに同調査の結果、対象橋梁の裨益効果について、バラカ～サリマ区間、サリマ～コタコタ区間の順に費用対効果が高いことなどが確認された。

我が国政府は、予備調査結果を受けて、国道5号線南部サリマ～バラカ区間で洪水により損壊および越流下した4橋梁の修復について緊急性が高く、対象橋梁周辺の農漁村のライフラインを支える必要性があると判断し、これを受けてJICAは、基本設計調査団を平成16年12月に「マ」国に派遣し、同国関係者と要請内容についての再確認、協議を行うと共に、プロジェクトサイト調査および関連資料収集を実施した。帰国後、現地調査資料に基づき、我が国の無償資金協力プロジェクトの必要性、社会・経済効果、妥当性について無償資金協力として最適な基本設計および実施計画を作成し、基本設計概要書にとりまとめた。JICAは、平成17年5月に同基本設計概要書の説明のため、基本設計概要説明調査団を再度同国に派遣し、協力対象事業の内容について「マ」国との合意を得るに至った。

本計画は、MRSPの目標である「持続的反貧困経済成長貧困層」に沿ってROADSIPで謳われている「安全で信頼のおける効率的な道路網整備」を図ることを目的とし、国道5号線のバラカ～サリマ間の4橋梁の架け替えを行うものである。現地調査及び国内解析においては、洪水対策および自然環境と周辺社会への配慮に力点が置かれた。ルワジ橋は洪水時の洗掘により橋脚が沈下、傾斜し、橋桁が流失し、またナンコクエ橋も洪水時の洗掘により橋脚が大きく沈下、傾斜して通行不能となっている。ルワジ、ナンコクエ両河川の原河道は既往最大規模の洪水に対する流下能力を有しているが、架橋地点では取付護岸が局部的に河道を狭めていることが洗掘作用を助長したと分析された。従って、ルワジ橋およびナンコクエ橋は損傷橋梁を撤去し、架橋地点の流下能力を上げるため橋長を延長し、既往最大規模の洪水に対応した橋梁を計画した。また、ナンヤング、アンゴニ両カルバートは既存構造物の流下能力が絶対的に不足しているため、架け替えに際しては河道を大幅に拡幅する必要があると分析された。ナンヤング、アンゴニ両河川はルワジ、ナンヤング両河川に比較して規模が小さいことから経済性、工期短縮を考慮し、橋梁での架け替えではなくカルバートによる架け替えを計画した。なお、2橋梁、2カルバートは、既設道路線形が良好で且つ現河道が安定している点と環境社会配慮上の観点から原位置に新橋を建設する架け替え計画とした。

本基本設計調査団が、現地調査および「マ」国側との協議、国内解析の結果を元にとりまとめた各橋梁の改修内容・規模は次表のとおりである。

ルワジ橋およびナンコクエ橋の改修内容・規模

| 項目        | ルワジ橋                          | ナンコクエ橋                          |
|-----------|-------------------------------|---------------------------------|
| 改修方法      | 橋梁での架け替え                      | 橋梁での架け替え                        |
| 架橋地点標高    | 約 497m                        | 約 535m                          |
| 河川名/洪水流量  | ルワジ川: 310 m <sup>3</sup> /sec | ナンコクエ川: 415 m <sup>3</sup> /sec |
| 橋長/(スパン割) | 50.0 m/(25.0m + 25.0m)        | 42.0 m/(21.0m + 21.0m)          |
| 橋梁形式      |                               |                                 |
| 上部工       | PCプレキャスト T 桁(4 主桁)            | PCプレキャスト T 桁(4 主桁)              |
| 下部工       | 橋脚:パイルベント(φ1.2m) 橋台:小橋台       | 橋脚:パイルベント(φ1.2m) 橋台:小橋台         |
| 基礎工       | 場所打コンクリート杭(φ1.2m)             | 場所打コンクリート杭(φ1.2m)               |

アンゴニカルバートおよびナンヤングカルバートの内容・規模

| 項目       | アンゴニカルバート                      | ナンヤングカルバート                      |
|----------|--------------------------------|---------------------------------|
| 改修方法     | カルバートでの架け替え                    | カルバートでの架け替え                     |
| 架橋地点標高   | 約 698m                         | 約 630m                          |
| 河川名/洪水流量 | アンゴニ川: 165 m <sup>3</sup> /sec | ナンヤング川: 180 m <sup>3</sup> /sec |
| カルバート形式  | 4 連 RC ボックス・カルバート              | 4 連 RC ボックス・カルバート               |
| カルバート長   | 10.0m                          | 15.0m                           |
| 内空断面     | 4 x 5.0m x 5.0                 | 4 x 5.0m x 6.0m                 |
| 基礎工      | 直接基礎                           | 直接基礎                            |

日本の無償資金協力で本事業を実施する場合、協力対象事業実施に必要な工期は実施設計に4ヵ月、建設工事に12ヵ月と見込まれた。また、事業実施に必要な概算事業費は7.19億円（日本側事業費：7.04億円、「マ」国側：0.15億）と見積もられた。

本事業実施にあたって、実施機関である国家道路公団（NRA）側の主な負担事項は、既存仮設橋（ベイリー橋）の貸与、メインキャンプ・仮設ヤードの確保、施工中の交通誘導・安全管理等である。

本プロジェクトの実施により裨益する地域は、国道5号線沿線のサリマ県、デッサ県、ンチェウ県であり、人口約1,100千人に対する裨益効果があると考えられ、これは、「マ」国全体(9,900千人)の約11%に相当する。本プロジェクトを実施することにより、期待される効果を以下に示す。

## 直接効果

- － 国道 5 号線の通年の安全・確実な輸送を確保し、沿線住民の利便性が向上する。
- － 重積載車両の通行制限が解除され、交通量(469 台／日)が増加する。
- － 対象橋梁の損傷による交通遮断(遮断期間約 1 ヶ月／年)がなくなる。

## 間接効果

- － 地域住民の都市に出る機会が拡大することにより、雇用機会の創出・拡大つながる、
- － 中部および北方地域の農業セクターの活性化とマラウイ湖の持つ潜在的観光資源・漁業開発等の地域産業の活性化が期待される。
- － 交通の隘路解消されることによって輸送コストの低減し、地域経済の活性化し、民生が向上する。
- － バキム・ムルジ橋(旧マンゴチ橋)架け替えプロジェクトおよび国道 3 号線改修プロジェクトが完成しているため、本橋梁架け替えによってモザンビークのナカラ港へのアクセスが改善する。

以上のように本プロジェクトが多大な効果をもたらすことが期待されると同時に、「マ」国の幹線道路およびナカラ回廊への輸送手段である道路網の機能改善にも寄与するものであり、また広域幹線道路網に連結することで、域内協力活性化による人間の安全保障にも寄与するといえる。さらに本プロジェクトによる国道 5 号線整備は、我が国の無償資金協力で実施したマンゴチ橋架け替え事業およびモザンビーク国で実施した国道 8 号線橋梁改修に関連し、ナカラ回廊整備というこれまでの我が国の基本路線に一致している。

本計画の実施により、国道 5 号線が物流の軸として機能するようになれば、以上のように多大な効果が期待されると同時に、広く住民の生活環境改善に寄与するものであることから、本プロジェクトを我が国の無償資金協力で実施することは極めて有意義であると判断される。

マラウイ国バラカ-サリマ間国道五号線橋梁架け替え計画基本設計調査

基本設計概要書

目次

|       |                    |      |
|-------|--------------------|------|
| 第1章   | プロジェクトの背景・経緯       | 1-1  |
| 1-1   | 当該セクターの現状と課題       | 1-1  |
| 1-1-1 | 現状と課題              | 1-1  |
| 1-1-2 | 開発計画               | 1-1  |
| 1-1-3 | 社会経済状況             | 1-2  |
| 1-2   | 無償資金協力要請の背景・経緯及び概要 | 1-2  |
| 1-3   | 我が国の援助動向           | 1-4  |
| 1-4   | 他ドナーの援助動向          | 1-4  |
| 第2章   | プロジェクトを取り巻く状況      | 2-1  |
| 2-1   | プロジェクトの実施体制        | 2-1  |
| 2-1-1 | 組織・人員              | 2-1  |
| 2-1-2 | 財政・予算              | 2-1  |
| 2-1-3 | 技術水準               | 2-2  |
| 2-1-4 | 既存の施設・機材           | 2-3  |
| 2-2   | プロジェクト・サイト及び周辺の状況  | 2-6  |
| 2-2-1 | 関連インフラの整備状況        | 2-6  |
| 2-2-2 | 自然条件               | 2-7  |
| 2-2-3 | その他                | 2-9  |
| 第3章   | プロジェクトの内容          | 3-1  |
| 3-1   | プロジェクトの概要          | 3-1  |
| 3-1-1 | 上位目標とプロジェクト目標      | 3-1  |
| 3-1-2 | プロジェクトの概要          | 3-1  |
| 3-2   | 協力対象事業の基本設計        | 3-3  |
| 3-2-1 | 設計方針               | 3-3  |
| 3-2-2 | 基本計画               | 3-10 |
| 3-2-3 | 基本設計図              | 3-29 |
| 3-2-4 | 施工計画               | 3-29 |
| 3-3   | 相手国負担事項の概要         | 3-35 |
| 3-3-1 | 我が国無償資金協力における一般事項  | 3-35 |
| 3-3-2 | 本計画固有の事項           | 3-35 |
| 3-4   | プロジェクトの運営・維持管理計画   | 3-35 |
| 3-4-1 | 毎年必要な維持管理          | 3-36 |
| 3-4-2 | 数年単位で行う維持管理        | 3-36 |
| 3-5   | プロジェクトの概算事業費       | 3-36 |
| 3-5-1 | 協力対象事業の概算事業費       | 3-36 |
| 3-5-2 | 運営・維持管理費           | 3-37 |
| 第4章   | プロジェクトの妥当性の検証      | 4-1  |
| 4-1   | プロジェクトの効果          | 4-1  |
| 4-2   | 課題・提言              | 4-2  |
| 4-3   | プロジェクトの妥当性         | 4-2  |
| 4-4   | 結論                 | 4-2  |

マラウイ国バラカ-サリマ間国道五号線橋梁架け替え計画基本設計調査

基本設計概要書

図表リスト

(図)

|       |                                  |      |
|-------|----------------------------------|------|
| 図 2-1 | 国家道路公団(NRA)の組織図.....             | 2-1  |
| 図 3-1 | 平均月別最高・最低気温 (1992-2003、サリマ)..... | 3-4  |
| 図 3-2 | 橋梁標準断面.....                      | 3-12 |
| 図 3-3 | 道路標準断面.....                      | 3-12 |
| 図 3-4 | アンゴニカルバート及び落差工の標準断面図.....        | 3-25 |

(表)

|        |   |      |
|--------|---|------|
| 表 1-1  | 日本の無償援助実績.....                                  | 1-4  |
| 表 1-2  | 道路・橋梁の援助状況.....                                 | 1-4  |
| 表 1-3  | 道路維持管理資金.....                                   | 1-4  |
| 表 1-4  | 道路開発基金.....                                     | 1-5  |
| 表 1-5  | その他資金.....                                      | 1-5  |
| 表 2-1  | MOTPWとNRAの予算.....                               | 2-2  |
| 表 2-2  | 道路維持管理予算(2004/2005).....                        | 2-2  |
| 表 2-3  | 道路・橋梁の援助状況.....                                 | 2-7  |
| 表 2-4  | 交通量調査結果.....                                    | 2-10 |
| 表 2-5  | 橋梁渡河時間(平均)結果.....                               | 2-10 |
| 表 3-1  | 道路・橋梁の援助状況.....                                 | 3-1  |
| 表 3-2  | 対象4橋梁の基本設計調査結果.....                             | 3-2  |
| 表 3-3  | 月別降雨量 (1994-2003) Mtakatka Police Airwings..... | 3-5  |
| 表 3-4  | 設計洪水流量.....                                     | 3-5  |
| 表 3-5  | 設計洪水位.....                                      | 3-6  |
| 表 3-6  | 設計洪水時の平均流速と平均河床勾配.....                          | 3-6  |
| 表 3-7  | 最大洗掘深.....                                      | 3-7  |
| 表 3-8  | 道路設計条件.....                                     | 3-11 |
| 表 3-9  | 橋梁設計条件.....                                     | 3-11 |
| 表 3-10 | 架橋地点比較表.....                                    | 3-14 |
| 表 3-11 | 上部工形式比較表.....                                   | 3-18 |
| 表 3-12 | 橋脚形式比較.....                                     | 3-19 |
| 表 3-13 | 杭形式比較.....                                      | 3-20 |
| 表 3-14 | 橋台形式比較表.....                                    | 3-21 |
| 表 3-15 | 橋梁/カルバート比較表.....                                | 3-22 |
| 表 3-16 | 付帯河川構造物.....                                    | 3-23 |
| 表 3-17 | アンゴニカルバート下流 落差工比較表.....                         | 3-26 |
| 表 3-18 | 落差工設計条件.....                                    | 3-27 |
| 表 3-19 | ルワジ橋及びナンコクエ橋の内容・規模.....                         | 3-28 |
| 表 3-20 | アンゴニカルバート及びナンヤングカルバートの内容・規模.....                | 3-29 |
| 表 3-21 | 日本及び「マ」国政府それぞれの負担事項.....                        | 3-31 |
| 表 3-22 | 品質管理項目一覧表(案).....                               | 3-32 |
| 表 3-23 | 工事中材料の調達表.....                                  | 3-33 |
| 表 3-24 | 工事中機械調達表.....                                   | 3-33 |
| 表 3-25 | 実施スケジュール.....                                   | 3-34 |
| 表 3-26 | 日本側負担経費.....                                    | 3-36 |
| 表 3-27 | 「マ」国側負担経費.....                                  | 3-37 |
| 表 3-28 | 主な維持管理項目と費用.....                                | 3-38 |

第1章  
プロジェクトの背景・経緯



## 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

マラウイ共和国（以下「マ」国）は南北に855kmと細長く、北にタンザニア国、北西にザンビア国、南・南東にモザンビーク国と国境を接する内陸国である。全国土面積は118,000km<sup>2</sup>であるが、そのうち23,000km<sup>2</sup>はマラウイ湖が占めている。1998年の国勢調査から世界銀行が推定した「マ」国の人口は2002年に1,070万人である。自国に外港を持たないため、近隣国のダルエスサラーム港（タンザニア国）、ナカラ港、ベイラ港（モザンビーク国）及びダーバン港（南アフリカ共和国）を輸出入港をとっている。南アフリカ共和国へ通じる道路は整備されているが、輸送距離が長いこと輸送コストが高く「マ」国の産業競争力を低下させている。このため南アフリカ共和国以外の外港に通じる回廊の整備が喫緊の課題である。これらの外港とリロングウェ、ブランタイア及び地方都市とは回廊で結ばれているが、「マ」国内の道路網は未発達である。

国道5号線はマラウイ湖岸に沿って走行する道路であるが、西側の山岳部からマラウイ湖までの距離が短いため国道5号線と横断する河川は急勾配となる。このため洪水時には橋梁等の河川構造物に被害が発生し、一部の区間では道路が冠水するなど交通が頻繁に遮断される。そのため、国道5号線周辺の住民は生産した農業・漁業生産物資の輸送に支障が出るばかりでなく、通学、通院などの社会生活上にも影響がでており、Basic Human Needs (BHN) の改善の観点からも国道5号線の橋梁・道路改修が必要である。

一方、「マ」国政府の経済成長戦略では、国道5号線の周辺及び北方地域の農業セクターを活性化することによって農産物の輸出拡大を図ろうと計画している。また、マラウイ湖の持つ潜在的な観光資源の開発や、湖の漁業などの振興を図ることがこの地域の貧困緩和に貢献するとし、そのためには国道5号線の早期の完全2車線舗装道路への改良が不可欠である。

今回改良の対象となっている橋梁が位置する国道5号線のバラカ～サリマ区間は、その道路状況が悪いことから、現時点での日交通量は200台から400台と少ないが、舗装や橋梁などの改修により国道5号線の機能が向上すれば、交通量は飛躍的に増加するものと期待する。特に現在国道1号線を経由して運送されているモザンビークのナカラ港からの国際流通物資は、線形の良い国道5号線に交通はシフトするものと予想されることから、将来的にはバラカ～サリマ間は国際道路としての機能を持つことが期待される。

#### 1-1-2 開発計画

「マ」国政府の最大の課題は経済成長と貧困の撲滅である。「マ」国政府は、2002年4月に貧困削減戦略ペーパー（MPRSP）を作成した。このMPRSPを補完する目的で2003年9月に「マ」国経済成長戦略が経済計画開発省によって策定された。この計画によれば、経済成長の主要なセクターは農業であるとしている。農業セクターがGDPに占める

割合を2002年の38.4%から2008年には42.6%成長する目標を示している。また、鉱業、農産加工、観光セクターについても年率7%~10%の成長を目標としている。

上記目標達成のためには交通・運輸インフラ部門の拡充はとりわけ重要な課題と考えており、NRAは10ヶ年道路セクター投資プログラム(ROADSIP 2003-2012)を策定した。このプログラムの中で国道5号線は重要な幹線道路として位置づけ、サリマ~コタコタ間の6橋梁架け替え計画が2007年~2010年の実施計画に組み入れられている。

### 1-1-3 社会経済状況

「マ」国の経済は1970年後半までは順調に成長していたが、1980年代前半に下降傾向を示し、世界銀行及びIMF(国際通貨基金)の援助を受けて構造調整が実施された。しかし、「マ」国経済の急速な回復は達成できず以下のような問題点が露呈している。

- 「マ」国の主要産業である農業は、小規模農家が多く生産性の向上が難しく、自然災害の抵抗力が弱い。特に92年と94年の干ばつ、01年と03年に発生した洪水により農業生産力が低下した。
- 内陸国であるため輸送コストが高く、輸出産業の競争力を低下させている。特に外港から最短距離にあるモザンビークのナカラ港から「マ」国への輸送手段は鉄道と道路があるが、鉄道は適切な維持管理がされておらず、洪水により橋梁が流失しており、また道路も全線が整備されていないため、信頼のある輸送手段となっていない。このため南アフリカ共和国のダーバン等の遠隔地からの輸送に依存していることが輸送コストの高騰に拍車をかけている。
- 「マ」国最大の外貨獲得源であるタバコが世界の消費低迷により、輸出量が大幅に低下している。また砂糖、お茶などの輸出換金作物は「マ」国内の輸送費の高騰により、輸出競争力が低下している。
- 主食作物であるメイズの生産は、「マ」国作物生産額の70~80%を占めているが、自作小農が伝統的な方法によって天水によって生産しているため、天候の影響を受けやすく生産量が年によって大きく変動している。
- 経済の不振により、国民所得の格差が拡大している。

「マ」国の外交上から特筆されることは、隣接する諸国モザンビーク、タンザニア、ザンビア、ジンバブエに比較すると、対南アフリカ共和国との経済の繋がりを重視する一方、上記の南部アフリカ開発共同体(SADC)諸国との協調政策が挙げられる。

### 1-2 無償資金協力要請の背景・経緯及び概要

「マ」国政府は、南部アフリカ近隣国への輸送回廊及びそれに連結する国内幹線道路の改修を最重要政策課題に位置づけ、世銀、EU及び日本を含む各国の無償資金の支援を活用して整備している。特に、「マ」国の国境マディンバへ通じる国道3号線、10号線はEU、またマンゴチ橋は日本政府の援助により改修されたため、モザンビーク国のナカラ港への最も経済的輸送ルート(ナカラ回廊)が形成されつつある。

国道5号線は北部の主要都市ムズズからバラカまでマラウイ湖岸沿いを約500Km南進

する主要幹線道路である。1970年代は2級国道であったが、マラウイ湖岸の観光・観光施設を結ぶ幹線道路として、また「マ」国の北部・中部地域の産業振興を支える経済的な輸送路として位置づけられ、近年急速に整備されている。しかし、2級道路として建設された国道5号線は、道路幅員が狭く、20～30年以上前に建設された橋梁の多くが1車線のコンクリート橋であり損傷・老朽化が激しい。また、橋梁の設計に洪水に対する配慮がないため、橋脚の流出、局部洗掘による橋梁の崩壊が多発し、幹線道路としての信頼性が失われている。最近では、国道5号線南部のサリマ～バラカ区間において、2002年3月にルワジ橋、また2003年2月にナンコクエ橋が洪水による橋梁周辺の局部洗掘により沈下・傾斜して通行不能となった。1車線橋梁では相対走行ができないため橋梁の通過時間が著しく長くなり幹線道路としての機能が低下し、また交通事故が多発する傾向にあり沿道住民の安全が確保されていない。

このような背景のもと、「マ」国政府はM5整備の重要性に鑑み、コタコタ～サリマ区間の6橋及びサリマ～バラカ区間の3橋、対象サイト258kmの範囲における計9橋の全2車線化を含む架け替え・修復について我が国に無償資金協力を要請した。これを受けJICAは、基本設計調査の実施にあたり、要請対象橋梁の現況確認と改修の必要性・緊急性・妥当性等に係る情報が不足しているため、それらを明確にし、M5を整備することの妥当性と我が国の無償資金協力として適切な内容を見極める必要があるため、2004年7月15日から8月9日まで「マ」国に派遣し、予備調査を実施した。調査団は相手国政府との協議および現地調査を行い、損傷を受けた2橋梁を含む下記4橋梁の緊急修復の必要性を確認した。

- 1) ルワジ橋 (60m)
- 2) ナンコクエ橋 (30m)
- 3) ナンヤングカルバート (30m)
- 4) アンゴニカルバート (20m)

なお、バラカ～サリマ区間にある「ナンコクエ橋」については、当初の要請書においては対象橋梁として申請されていなかったが、2003年2月の洪水により橋が流出したことを受け、予備調査の協議において対象橋梁として追加申請されたものである。

国際協力機構は上記4橋梁の架け替え計画を策定するため、JICAマラウイ事務所長を団長とするバラカ - サリマ間国道五号線橋梁架け替え計画の基本設計調査団を2004年12月にマラウイ国に派遣することになった。

### 1-3 我が国の援助動向

平成9年以降の我が国からの無償援助実績を以下に示す。

表 1-1 日本の無償援助実績

| 実施年度   | 案件名                     | 供与額    |
|--------|-------------------------|--------|
| 平成9年度  | ブワンジェバレー灌漑開発計画(第1年度)    | 3.59億円 |
|        | ムジンバ西地区給水計画(第1年度)       | 6.33億円 |
| 平成10年度 | ブワンジェバレー灌漑開発計画(第2年度)    | 9.90億円 |
|        | ムジンバ西地区給水計画(第2年度)       | 3.30億円 |
|        | マラウイ大学農学部水産学科施設整備計画     | 7.67億円 |
| 平成11年度 | ブワンジェバレー灌漑開発計画(第3年度)    | 5.42億円 |
|        | ムジンバ西地区給水計画(第3年度)       | 2.38億円 |
|        | マンゴチ橋架け替え計画(第1年度)       | 2.29億円 |
| 平成12年度 | マンゴチ橋架け替え計画(第2年度)       | 8.33億円 |
| 平成13年度 | マンゴチ橋架け替え計画(第3年度)       | 2.77億円 |
|        | 予防接種体制整備計画              | 1.74億円 |
|        | リロングウェ・デッサ地下水開発計画(第1年度) | 4.98億円 |

### 1-4 他ドナーの援助動向

本調査の橋梁架け替えに関連する事業として、国道5号線上の橋梁架け替え及び国道10号線、3号線の改修事業がMOTPWやNRAを事業実施機関として、EUやクウェートの援助のもと実施された。現時点(2004年12月)までの主な事業は以下のとおりである。

表 1-2 道路・橋梁の援助状況

| 事業名             | 地方名      | 改修方法 | 橋長/延長  | 経過      | ドナー   |
|-----------------|----------|------|--------|---------|-------|
| Kalwe 橋         | コタベイ     | 架け替え | 16.8m  | 建設中     | EU    |
| Dwambazi 橋      | コタコタ     | 新橋   | 150.5m | 完成      | EU    |
| Liwaladzi 橋     | コタコタ     | 架け替え | 48.9m  | 建設中     | EU    |
| Kasangadzi 橋    | コタコタ     | 架け替え | 21.8m  | 建設中     | EU    |
| 国道10号線改修        | デッサ/マンゴチ | 道路改修 | 88.0km | 建設中     | EU    |
| (マンゴチ橋)バキム・ムルジ橋 | マンゴチ     | 架け替え | 220.0m | 2002年完成 | 本無償   |
| 国道3号線改修         | マンゴチ     | 道路改修 | 88.0km | 完成      | クウェート |

(2004年12月現在)

バキム・ムルジ橋(旧マンゴチ橋)架け替え、国道3号線改修の完成によりモザンビークのナカラ港へのアクセスが改善され、ナカラ回廊の国際道路としての役割が高まった。

・道路維持管理への無償資金

以下の無償資金が道路維持管理へ拠出されている。主なドナーは下記の通りである。

表 1-3 道路維持管理資金

| ドナー                                 | 2003 年実績(1,000Mkw) |
|-------------------------------------|--------------------|
| 国際開発協会 (IDA Funding)                | 48,410             |
| MG カウンターパート基金 (MG-Counterpart Fund) | 16,755             |

・道路開発基金

道路・橋梁整備に拠出されている。主なドナーは下記の通りである。

表 1-4 道路開発基金

| ドナー                                 | 2003 年実績(1,000Mkw) |
|-------------------------------------|--------------------|
| アフリカ開発銀行 (AfDB Funding)             | 540,767            |
| 欧州連合開発基金 (EU Development Funds)     | 634,064            |
| KFW Funding                         | 88,667             |
| クウェート/アフリカ経済開発アラブ銀行/OPEC            | 745,808            |
| MG カウンターパート基金 (MG-Counterpart Fund) | 167,994            |

・その他

道路・橋梁整備に拠出されている。主なドナーは下記の通りである。

表 1-5 その他資金

| ドナー                     | 2003 年実績(1,000Mkw) |
|-------------------------|--------------------|
| 重債務貧困国基金 (HIPC Funding) | 228,120            |

## 第2章 プロジェクトを取り巻く状況

## 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

本件の実施主体は「マ」国の運輸・公共事業省(MOTPW)及び国家道路公団(NRA)である。MOTPWは「マ」国内の運輸部門を管轄し、NRAは道路の維持管理及び補修を担当している。本件はE/NまではMOTPWが実施主体となり、その後の建設、維持管理はNRAが担当する。MOTPWの組織は大臣を頂点に、安全で信頼のおける道路網及び効率的な運営を提供する運輸環境を育成する役割を担当している。現在のMOTPWは大臣を筆頭に本基本調査を管轄する公共事業局を含めて9局から成り立っている。MOTPWの職員数総数は(2004年12月現在)約2,700人であり、その内公共事業局の職員は129人(その内訳は本部門46人、地方事務所83人)である。NRAはBoard of Directors(理事室)を頂点に職員数総数は(2004年12月現在)134人であり、その内訳は理事室(総務・人事)部門14人、運営部門41人、財務・監査部門34人、地方ゾーン事務所45人であり、その組織図を図2-1に示す。

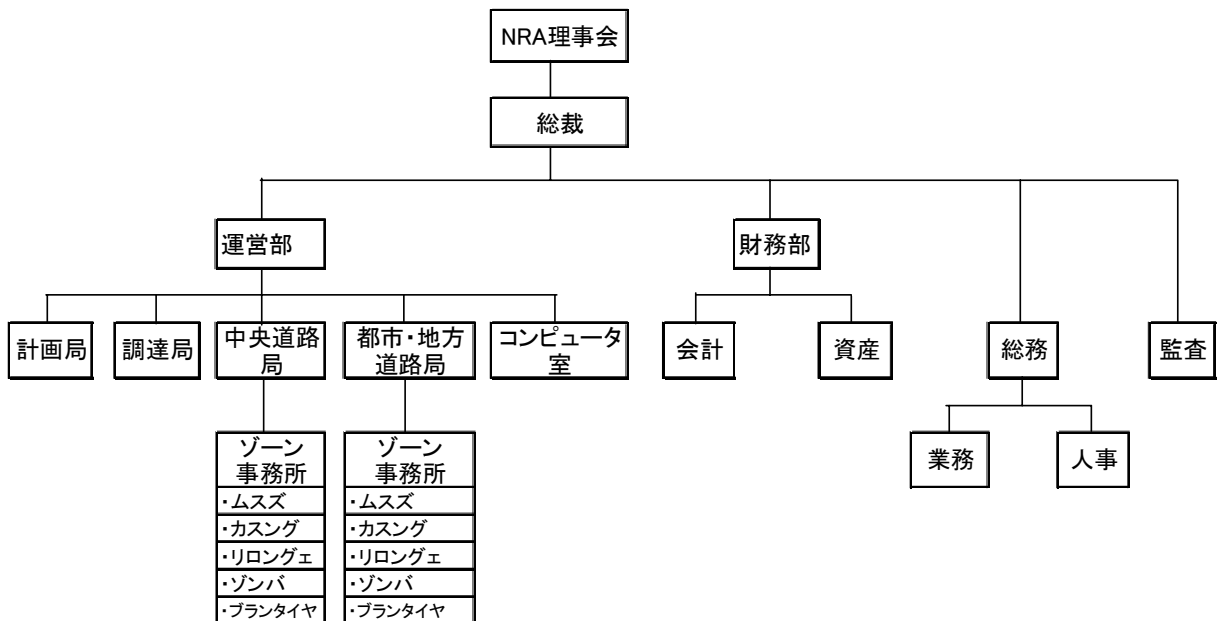


図 2-1 国家道路公団 (NRA) の組織図

#### 2-1-2 財政・予算

過去5年間(2000-2004)のMOTPWとNRAの経常支出と開発予算の実績を表2-1に示す。2003年から始まった10ヶ年道路セクター投資プログラムによりNRAの開発予算が2004年から急増した。この傾向はこのプログラムの最終年度(2012年)まで、継続されると予測される。一方、道路開発・維持管理をNRAに移管したMOTPWの開発予算は2003年以降激減している。

表 2-1 MOTPW と NRA の予算

単位:百万クワッチャ

| 項目           |      | 2000  | 2001  | 2002  | 2003  | 2004  |
|--------------|------|-------|-------|-------|-------|-------|
| MOTPW<br>の予算 | 経常支出 | 364   | 482   | 458   | 457   | 482   |
|              | 開発予算 | 616   | 763   | 600   | 264   | 240   |
|              | 合計   | 980   | 1,245 | 1,058 | 721   | 722   |
| NRA<br>の予算   | 経常支出 | 695   | 1,368 | 1,653 | 1,356 | 1,604 |
|              | 開発予算 | 1,901 | 2,982 | 2,666 | 2,549 | 3,487 |
|              | 合計   | 2,596 | 4,350 | 4,319 | 3,905 | 5,091 |

出典: Ministry of Finance

・維持管理予算

NRA の 2004/2005 年の維持管理予算を表 2-2 に示す。

表 2-2 道路維持管理予算 (2004/2005)

単位:千クワッチャ

| ゾーン       | 道路延長<br>(Km) | 都市道路   | 地方道路    | 幹線道路    | 合計        |
|-----------|--------------|--------|---------|---------|-----------|
| 1. ムスズ    | 3,495        | 5,715  | 59,104  | 120,378 | 185,196   |
| 2. カスング   | 2,773        | 1,891  | 59,608  | 114,212 | 175,711   |
| 3. リロングウェ | 3,368        | 15,822 | 66,640  | 153,144 | 235,606   |
| 4. ゴンバ    | 2,999        | 8,394  | 72,621  | 150,456 | 231,471   |
| 5. ブランタイア | 2,509        | 19,755 | 51,090  | 131,570 | 202,416   |
| 予算合計      | 15,144       | 51,576 | 309,064 | 669,760 | 1,030,400 |

出典:NRA 2004/2005 Budget

リロングウェゾーン事務所の幹線道路の道路維持管理予算は年間 Mkw 153, 144, 000 あり、またリロングウェゾーン事務所の運営費用として、Mkw16, 300, 000 が計上されている。

2-1-3 技術水準

本プロジェクトの実施機関である NRA の職員は官庁・民間から、経験豊富で優秀な技術者を集めており、技術・企画・運営能力にも優れている。また、維持管理業務を担当する土木技師の道路・橋梁に対する知識は高く、Inspection and Maintenance Manual を基本に定期点検を行い、維持管理の年度計画を策定し、予算申請を行っている。維持管理はかなり組織的になっており、予算も確実に保障されていることから、本調査対象の 4 橋梁は建設後、維持管理は問題ないと判断できる。しかし、維持管理・補修の業務を契約方式でコンサルタントや施工業者に請け負わせている状況から、マイナーな維持管理（排水柵の清掃、下草刈り、流木の撤去等）を適切にできないのが現状である。この点について、以下の対応策を提案した。

- リロングウェゾーン事務所には予備費（ゾーン事務所で決済できる）があり、それを活用し周



辺住民に維持管理を委託する。

- MOTPWの地方事務所には、これらの作業を行う作業員がおり、NRAとMOTPWの地方事務所が連携して行う。

#### 2-1-4 既存の施設・機材

対象4橋梁については、予備調査において目視調査及びシュミットハンマーによる圧縮強度試験を実施した。橋梁の健全度を各部材別に4段階に損傷度のランク付けを行い、総合評価を試みた。基本設計調査では、予備調査の総合評価結果を確認するとともに、雨期における河川状況及び洪水による橋梁損傷が以下に発生したメカニズム解明し、その対策工を検討した。

##### (1) ルワジ橋

###### 1) 河川特性・水理特性から見た損傷状況

ルワジ橋は2002年1月の洪水時に被災したが、被災直後の写真及び現場での聞き取り調査から、橋梁損傷時の洪水流は橋桁を越流していない。さらに現場の状況、河道特性等を併せて検討すると、橋梁損傷に至った直接の原因は、流れがサリマ側の径間に集中し、この部分の流速の増大と流れの乱れを引き起こし、局所洗掘を助長したと考えられる。橋梁損傷と同時にサリマ側橋台取付の蛇かご護岸も大きく沈下したことから（写真2-1）、サリマ側径間の河床における局所洗掘が深刻であったことが伺える。また上流側水制工（写真2-2）が長すぎることによって、流心が必要以上にサリマ側に偏ってしまう原因となった。



橋脚と蛇かご護岸が局所洗掘により沈下している。

撮影日：2002年1月26日

撮影：ブワンジェバレー灌漑フォローアップ調査団

写真 2-1 ルワジ橋損傷直後（2002年1月）



水制工の作用によって流心がサリマ側に寄っている。撮影日：2004年12月23日

写真 2-2 ルワジ橋上流の水制工

2) 橋梁の損傷状況(橋梁の損傷・老朽化の程度・構造上の問題点等)

1980年代に国道5号線に建設された他の橋梁の設計図面から推測すれば、橋台・橋脚はともに杭基礎(径 500mm 程度)が存在するものと考えられる。しかし、杭基礎の長さは不明である。2003年2月にサリマ側の橋脚が局所洗掘により沈下(写真2-3のように上流側地覆で約 1500mm、下流側地覆で 1000mm 沈下)し、その後に流木が橋桁を閉塞したために、中間桁が流失したものと推定できる。この流失桁の部材・コンクリート床版が下流側に残っている。橋梁が流失したため架設橋(ベイリー橋)で応急措置を施している。このため通過車両はベイリー橋上に敷設されている木床版上を徐行して横断している。



写真 2-3 上流側に沈下・傾斜しているサリマ側橋脚

(2) ナンコクエ橋

1) 河川特性・水理特性から見た損傷状況

ナンコクエ橋は2003年2月の洪水で被災したが、被災直後の写真や現場での聞き取り調査によれば、2003年の橋梁損傷時の最高水位は桁底面よりも低く、洪水は橋桁を越流していない。ルワジ橋と同様、現場の状況から損傷に至った直接の原因は橋脚部に生じた局所洗掘であると判断される。



撮影: 2005年1月2日

写真 2-4 ナンコクエ橋: 護岸による河積阻害

しかし、ナンコクエ橋はルワジ橋と同様、橋梁被災前から現在に至るまで左右岸の橋台取付部に河道内に張出して設置された蛇かご護岸が河積を著しく阻害しており(写真2-4)、これによって、橋梁地点では流速が局所的に増大するとともに流れが乱され、局所洗掘の助長につながったと考えられる。特に、架橋地点のナンコクエ川は河床勾配が1/330と比較的急流で流速が早い(洪水時には約 3.2m/s に達する)ことから、河積阻害による流速や流れへの影響が顕著に出たと考えられる。また、このような狭窄部では水位のせき上げが起こることから、洪水時に橋脚に作用する流体力が大きくなっていたとも考えられる。

2) 橋梁の損傷状況(橋梁の損傷・老朽化の程度・構造上の問題点等)

1980年代の初期に建設された桁高 0.85m の鋼単純桁 2 連(2 径間 14.3m@2=28.6m)のコンクリート床版であり、橋梁上部工形式はルワジ橋と同一。車道幅は 8300mm の 2 車線で、地覆によって段差を有した歩道は無い。

国道5号線の1980年代に建設された他の橋梁の設計図面から推測すれば、橋台・橋脚ともに杭基礎(径500mm程度)が存在するものと考えられる。しかし、杭基礎の長さは不明である。(以上ルワジ橋と同一)橋梁が流失したため架設橋(ベイリー橋)で応急措置を施している。このため通過車両はベイリー橋上に敷設されている木床版上を徐行して横断している。

### (3) ナンヤング・カルバート

#### 1) 河川特性・水理特性から見た損傷状況

上流側では約23mの河床幅を有するナンヤング川がカルバート地点で幅7.5mにまで急激に狭められ(写真2-5)、狭窄部となっている。カルバート地点のナンヤング川は河床勾配1/160程度の比較的急な河川で、洪水流の流速は約3m/sに達していると推定される。流下能力の不足は、洪水時にカルバート上流側に水位のせき上げを発生させる。上下流の水位差が生じるため、カルバート及び道路盛土に作用する流体力が大きくなるとともに、高エネルギーの水流がカルバートを流下、下流側に流出されることになる。このような急流河川中に著しい狭窄部があることで、カルバート地点の流れは大きく乱されて渦が生じたり不安定で危険な流れが生じることも、カルバート本体、取り付け護岸、河岸、河床に損傷を与えていると考えられる。



撮影:2005年1月8日

写真2-5 カルバートによる狭窄

#### 2) 橋梁の損傷状況(橋梁の損傷・老朽化の程度・構造上の問題点等)

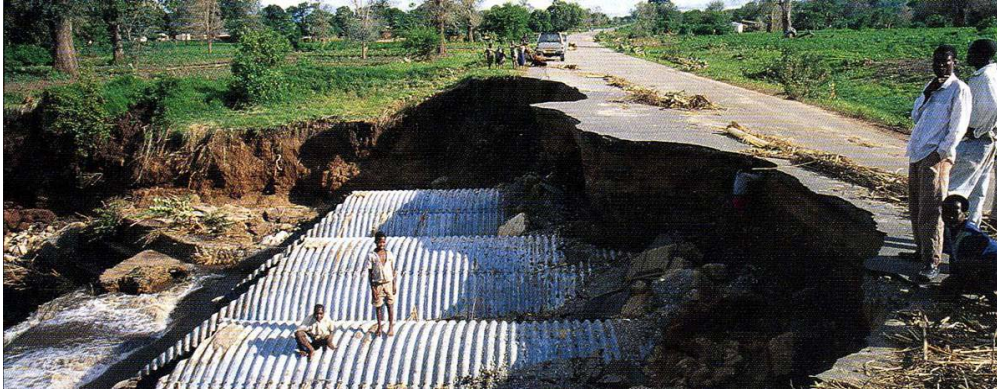
1980年代の初期に建設されたコルゲートパイプ型カルバートである。コルゲートの基礎部コンクリートには重大なクラックがいくつも認められる洪水時にはバラカ側に流心が移行するため、上流部右岸側は浸食が進んでおり、NRAは布団籠を設置し、浸食の進展を抑えようとしている

### (4) アンゴニ・カルバート

#### 1) 河川特性・水理特性から見た損傷状況

既設カルバートの流下能力不足が損傷の原因となっている。カルバート地点の5年確率洪水流量が約50m<sup>3</sup>/sと算定されるのに対し、既存カルバートの流下能力はわずか40m<sup>3</sup>/sと流下能力が絶対的に不足しており、近年だけでも1999年と2002年の2回、越流によって写真2-6のようにカルバート上部の盛土が流出し国道が通行不能になった。越流は、カルバート取り付け部にあたる下流河岸の浸食や基礎となる河床の洗堀も引き起こし、カルバート本体の構造の劣化が促進していると考えられる。なお、現況では下流側で激しい河岸浸食が見られるが、これは1999年に洪水流が道路面を越流した際に河

岸が浸食された。また、流下能力の不足は、越流に至らない場合でもカルバート上流側に水位のせき上げ現象を引き起こす。上下流の水位差によってカルバート及び道路盛土に作用する流体力が大きくなり、この大きな水位差エネルギーを持った水流がカルバートに流入し、下流側に流出されるため、コンクリートなど構造物表面の劣化、下流側河床洗掘、下流側河岸等の浸食などの原因になっている。



撮影日：2002年

出典：NRA Annual Report 2002/2003

写真 2-6 アンゴニカルバート損傷直後

現在のカルバート直下流には、長年にわたる河床低下と局所洗掘の進行の結果、約6mの落差が形成されている。落差が大きくなるに従って、河床に衝突する流水のエネルギーが増大することから、落差直下流ではさらに局所洗掘が進行するという悪循環に陥っている。写真3-1にあるように落差部に蛇かごが設置され、局所洗掘された部分は水溜りになっている。既存蛇かご落差工の最下段に明確なたわみ沈下が見られることから、蛇かご基礎部の河床洗掘が進行していることは確実であり(地形測量結果も踏まえて推算すると基礎の低下は少なくとも50cmに達すると考えられる。)、蛇かごは基礎を失って浮いた状態になっていると考えられる。また、高流速、射流の落水が表面を流れることで蛇かごの劣化・損壊も進んでいる。このまま落差工の改修を行なわないと、崩壊には至っていないものの、カルバートの基礎の安定性が損なわれることが懸念される。

## 2-2 プロジェクト・サイト及び周辺状況

### 2-2-1 関連インフラの整備状況

本調査の橋梁架け替えに関連する事業として、国道5号線上の橋梁架け替え及び国道10号線、3号線の改修事業がMOTPWやNRAが事業実施機関となり、EUやクウェートの援助のもと実施された。現時点(2004年12月)までの主な事業は以下のとおりである。

表 2-3 道路・橋梁の援助状況

| 事業名        | 地名       | 改修方法 | 橋長/延長  | 経過  | ドナー    |
|------------|----------|------|--------|-----|--------|
| カルエ橋架け替え   | コタベイ     | 架け替え | 16.8m  | 建設中 | EU     |
| デュウムバジ橋建設  | コタコタ     | 新設   | 150.5m | 完成  | EU     |
| リワワジ橋架け替え  | コタコタ     | 架け替え | 48.9m  | 建設中 | EU     |
| カサンガジ橋架け替え | コタコタ     | 架け替え | 21.8m  | 建設中 | EU     |
| 国道 10 号線改修 | デッサ/マンゴチ | 道路改修 | 88.0km | 建設中 | EU     |
| マンゴチ橋架け替え  | マンゴチ     | 架け替え | 220.0m | 完成  | 日本(無償) |
| 国道 3 号線改修  | マンゴチ     | 道路改修 | 88.0km | 完成  | クウェート  |

マンゴチ橋架け替え、国道 3 号線改修の完成によりモザンビークのナカラ港へのアクセスが改善され、ナカラ回廊の国際道路としての役割が高まった。

本調査と同時期に国道 5 号線周辺で実施されている開発計画は以下のものがある。

・国道 1 号線 - ゴロモティ - モンキーベイ道路

この事業は 2 工区に分けられ、現在 EU の資金協力により工事が進行中である。

1 工区：M1（マササ）交差点から S - 127 号線に入り国道 5 号線交差点（ゴロモティ）までの区間（30km）

2 工区：国道 5 号線交差点（ゴロモティ）から国道 10 号線モンキーベイの区間（58km）

・マンゴチ - モンキーベイ道路の修繕事業

この事業は現在詳細設計を行うコンサルタント選定中である。国道 1 号線 - ゴロモティ - モンキーベイ道路の延長事業である。

## 2-2-2 自然条件

### 2-2-2-1 地形調査

プロジェクト対象地域は、東アフリカ大地溝帯の南端に位置しており、その地形特性から、『地溝帯低地部』に属している。対象橋梁の架橋位置である国道 5 号線のバラカ～サリマ区間は、西側約 2～3 km の距離に標高 700～1,000m 程度の地溝帯斜面地帯が近接しており、比較的急傾斜な地形及び急流な河川勾配 (1/330～1/160) の状況である。そのため、同区間では、降雨後の表流水が流出係数の高い岩山から短時間で河川に到達し、河床を削りながら流下、下流側の道路・鉄道の橋梁・カルバートの局所洗掘・桁流出及び下流河岸の浸食等などの被害が発生している。また、国道 5 号線の東側からマラウイ湖へ向けては、ブワンジェバレー (Bwanje Valley)、リワワジバレー (Liwawadzi Valley) などの標高 600m 程度の平坦な低地部が広がっている。

## 2-2-2-2 地質調査

対象地域一帯の地質及び地層は、先カンブリア紀～古生代初期の花崗岩（火成岩）と片麻岩（変成岩）が主に広く分布し、これらを基盤岩として、第四紀・更新世時代の洪積層と同紀・現世時代の沖積層が堆積している。これらの堆積層は、架橋地点の西側に位置する地溝帯斜面部の岩山が雨や河川の浸食作用のよって削られ運ばれてきて堆積したもの（堆積物）であると考えられる。堆積物の層厚は約 30m である。調査地の主な地質層の概要を以下の通りである。

### 1) 堆積層（沖積層）

沖積層は暗褐色～暗灰色の粘性土（粘土・シルト）を主とする層厚 3～6m の層である。N値<sup>1)</sup>は 5～15 の範囲である。

### 2) 堆積層（洪積層）

洪積層は、明褐色～明黄褐色を呈する砂質粘性土と明黄褐色～明灰褐色の砂質土及び礫混じり砂質土であり、それらの層厚は約 15～25m である。粘性土層のN値は 10～30 の範囲、砂質土層のN値は 10～50 の範囲で部分的にはN値が 70～100 の範囲の値にある。

### 3) 基盤岩層

基盤岩層の花崗岩及び片麻岩は石英、長石、黒雲母などの無・有色鉱物が含まれているが、硬質である。また、これらの基盤岩の上部は風化を受けている箇所がある。

対象 4 橋梁の各概要を以下に記載するとともに、土質断面図、土質柱状図を資料 8-2 に示す。

#### i) ルワジ橋

深度 5m 程度までは、暗茶色の粘性質シルト又は砂質シルトであり、N値が 5～15 の中くらいの硬さの地層である。深度 15m 付近までは、明灰色・黄色の密な中砂や細礫混じりの砂質土又は砂層であり、N値は 40 とかなり硬い層である。深度 15m 以深からは黄灰色の礫混じり砂質土又は礫層であり、N値は 50 以上、貫入量も 8cm 程度と非常に硬い層である。礫は花崗岩または片麻岩の風化礫で、礫径は 20～50mm である。

#### ii) ナンコクエ橋

深度 8m 程度までは、暗茶色の砂質シルト又は砂質粘土で、N値が 5～20 の中くらいの硬さの地層である。深度 15m 付近までは、N値が 30 程度の比較的密で黄茶色な砂質土又は砂層であるが、一部 N値が 5 と軟らかい砂質粘土層がある。深度 15m 以深は、中粗な砂層又は礫混じり砂層、礫混じりシルト層で、N値は 50～100 でかなり硬い層である。

---

1) N 値は標準貫入試験から得られる、現地地盤の構成、硬軟、締まり具合の指標である。

## iii) ナンヤングカルバート

深度 6m 程度までは、暗茶色～暗灰色の粘土質シルト又は砂質粘土で、N値が 10 程度の中くらいの硬さの地層である。深度 18m 付近までは、N値が 20～40 程度の密な中粗な砂層である。それ以深は N 値が 30～90 の硬い砂質粘土また砂層である。

## iv) アンゴニカルバート

深度 3m までは暗灰色の砂質シルトで、N値が 10 程度の中くらいの硬さの地層である。深度 16m 付近までは、黄灰色の砂質粘土、N値が 20～40 と比較的硬い地層である。深度 25m では灰茶色の砂質粘土または黄色の礫層であり、N値は 50 以上と硬い層である。

**2-2-2-3 環境社会配慮調査**

予備調査で実施した初期環境調査（IEE）を詳細にレビューするため、現地踏査を実施しながら、JICA「環境社会配慮ガイドライン 2004 年 4 月」に基づくカテゴリ分類（予備設計時カテゴリ C）の再評価を行い、環境影響評価実施の必要性の再確認を行った。

基本設計時の IEE 調査は、予備調査結果を含む既存文献や現地踏査に基づき、環境社会影響の予測・評価を行い、更に、精度の高いスクリーニングを実施し、基本設計段階において必要な、代替案、緩和・ミティゲーション策などの環境社会配慮について提言するものである。

現地における IEE 調査の結果、IEE を通した定性的予測及び環境チェックシート結果から、「JICA 環境社会配慮ガイドライン」のスクリーニング様式に従い、スクリーニングを詳細に実施した。なお、その結果を資料 8-4 に示す。スクリーニングの結果、本プロジェクトは以下の条件から、JICA のガイドラインに基づいて、“カテゴリ C”と評価し、環境社会配慮調査（EIA）の実施は必要ないと判断した。

- プロジェクトにより想定される望ましくない影響を与える可能性の項目は、水利用、生物相、住民移転、既存の社会インフラ及び産業廃棄物の処理・処分である。
- プロジェクト実施により、交通事故及び洪水被害は減少すると考えられる。
- 影響範囲は、プロジェクトの範囲に限定される。（最大 2ha 程度：横断方向は現道路中心から各 50m、縦断方向は現橋梁から各 100m）
- 望ましくない影響は、基本設計時に資料 8-4 に示す対策工及びミティゲーション方策の計画・設計により、最小限に抑えられる。

**2-2-3 その他****2-2-3-1 交通量調査**

事業効果の指標となる建設前の交通量を算定するため、橋梁架け替え地点での歩行者を含む交通量調査を行った。また、ルワジ橋、ナンコクエ橋においては走行費用の節約

算定資料となる1車線の仮橋による待ち時間を含む通過所要時間短縮を計測した。

交通量調査は午前7時から午後6時までの12時間、アンゴニカルバート、ナンヤングカルバート（1月5日）及びルワジ橋、ナンコクエ橋（12月29日）で実施した。対象とした車種は1）歩行者、2）自転車・バイク、3）自動車、4）バス・マイクロバス、5）トラック、6）3軸以上の重トラックである。

橋梁渡河時間測定は、1）橋梁前方100m区間の減速時間、2）橋梁地点での対向車に対する待ち時間、3）橋梁渡河時間、4）橋梁渡河後、100m区間の加速時間を測定した。交通量調査の結果を表2-4及び表2-5に示す

表 2-4 交通量調査結果

| 架橋地点       | 台/12時間 |         |     |           |      |           |
|------------|--------|---------|-----|-----------|------|-----------|
|            | 歩行者    | 自転車・バイク | 自動車 | バス・マイクロバス | トラック | 3軸以上重トラック |
| アンゴニカルバート  | 576    | 300     | 135 | 85        | 63   | 16        |
| ナンヤングカルバート | 754    | 604     | 129 | 99        | 46   | 15        |
| ナンコクエ橋     | 708    | 392     | 145 | 79        | 36   | 18        |
| ルワジ橋       | 145    | 187     | 190 | 129       | 87   | 53        |

表 2-5 橋梁渡河時間（平均）結果

| 架橋地点   | 単位:秒   |        |        |        |       |
|--------|--------|--------|--------|--------|-------|
|        | 平均減速時間 | 平均待ち時間 | 平均渡河時間 | 平均加速時間 | 合計時間  |
| ナンコクエ橋 | 13.88  | 1.33   | 11.58  | 14.38  | 41.10 |
| ルワジ橋   | 15.65  | 1.47   | 15.45  | 13.65  | 46.22 |

橋梁地点での交通量調査では、アンゴニカルバート、ナンヤングカルバート及びナンコクエ橋での歩行者、自転車の通行量が多かった。これは橋梁周辺の集落の住民は、マーケット、学校、病院等のある町に徒歩又は自転車で行っているためであり、これらの橋梁は地域住民に密着した施設であることが確認された。

ナンコクエ橋梁、ルワジ橋梁は、1車線の仮橋で交通が維持されている。ただし、交通は橋梁を渡河するために、通常より30秒～35秒程度時間がかかることが判明した。しかし、橋梁手前で対向車を待つ時間は比較的交通量が少ないため、約1.5秒以下という結果となった。



## 第3章 プロジェクトの内容

## 第3章 プロジェクトの内容

### 3-1 プロジェクトの概要

#### 3-1-1 上位目標とプロジェクト目標

内陸国である「マ」国では、道路交通が国際物流を含む物資、旅客輸送の重要な役割を担っており、「マ」国の経済発展の基盤となっている。このため「マ」国政府は南部アフリカ近隣国への輸送回廊及びそれに連結する幹線道路の改修を最重要課題に位置付けている。

「マ」国政府は2002年に10ヵ年(2003～2012)道路セクター投資プログラム(ROADSIP)を作成している。その最終目標は、2012年までに幹線道路網の80%を良好な状態にする計画を策定し、計画期間10ヵ年で1,671百万米ドルの投資を計画している。

国道5号線は「マ」国の南北を縦貫する幹線道路であり、またモザンビークのナカラ港への国際輸送路(回廊)としての役割を果たしている。しかし、30年以上前に建設された橋梁の多くは幅員が1車線で隘路(ボトルネック)となり自動車の走行環境が悪く、また洪水時には橋梁が冠水、流失するケースが多発し、円滑な交通が阻害され高い輸送・交通コストを招いている。

「マ」国政府は、国道5号線南部区間のバラカ～サリマ間における4橋梁を対象とした本架け替え計画の実施により、交通の隘路解消、輸送コストの低減、地域経済の活性化、民生の向上を期待している。さらにバキム・ムルジ橋(旧マンゴチ橋)架け替え、国道3号線改修が完成しているため、本橋梁架け替えによってモザンビークのナカラ港へのアクセスが改善することを期待している。

#### 3-1-2 プロジェクトの概要

国道5号線及びナカラ回廊への改修計画に対しては、EU基金、クウェート基金、日本無償が資金援助しており、表3-1に示す援助プロジェクトが完成または建設中である。

表 3-1 道路・橋梁の援助状況

| 事業名          | 地方名      | 事業内容 | 橋長/延長  | 状況  | ドナー    |
|--------------|----------|------|--------|-----|--------|
| 国道5号線カルエ橋    | コタベイ     | 架け替え | 16.8m  | 建設中 | EU     |
| 国道5号線ダウンバジ橋  | コタコタ     | 新橋建設 | 150.5m | 完成  | EU     |
| 国道5号線リワラディ橋  | コタコタ     | 架け替え | 48.9m  | 建設中 | EU     |
| 国道5号線カサンガジ橋  | コタコタ     | 架け替え | 21.8m  | 建設中 | EU     |
| 国道10号線改修     | デッサ/マンゴチ | 道路改修 | 88.0km | 建設中 | EU     |
| バキム・ムルジ橋架け替え | マンゴチ     | 架け替え | 220.0m | 完成  | 日本(無償) |
| 国道3号線改修      | マンゴチ     | 道路改修 | 88.0km | 完成  | クウェート  |

「マ」国側の当初要請は国道5号線バラカ～コタコタ間で洪水により損傷した4橋梁及び老朽化した1車線幅の6橋梁の計10橋を修復することによって橋梁の2車線化に

する計画であったが、2004年8月の予備調査の結果、老朽化した1車線橋梁は、健全性及び1車線通行による安全性等の問題はあがあるが、渡河機能性を大きく損なう点は確認できなかったことから、緊急性の高い4橋梁の架け替えについて調査を行うことで最終的に「マ」国側と合意された。本基本設計調査により最終的に選定された協力対象橋梁とその改修方法を表3-2に示す。

表3-2 対象4橋梁の基本設計調査結果

| 呼称 | 調査橋梁名      | 橋長(m) | 建設年  | 構造形式  | 基本設計調査の結果                 |        |              |
|----|------------|-------|------|-------|---------------------------|--------|--------------|
|    |            |       |      |       | 現況                        | 改修の必要性 | 改修方法の選定      |
| 1  | アンゴニカルバート  | 14.0  | 1984 | カルバート | 通水断面が小さく、冠水・流失の可能性高い。     | 高い     | カルバートによる架け替え |
| 2  | ナンヤングカルバート | 7.5   | 1984 | カルバート | 通水断面が小さく、冠水・流失の可能性高い。     | 高い     | カルバートによる架け替え |
| 3  | ナンコクエ橋     | 28.6  | 1984 | 鋼I桁橋  | 橋台が河川の狭窄部となり、橋台の流失の可能性高い。 | 高い     | 橋梁による架け替え    |
| 4  | ルワジ橋       | 42.9  | 1984 | 鋼I桁橋  | 橋台、橋桁が流失し、1車線の仮橋により交通開放。  | 高い     | 橋梁による架け替え    |

なお、協力対象の4橋梁は、既設道路線形が良好でかつ環境社会環境及び現河道の安定している原位置に新橋を建設する架け替え計画を採用した。

## 3-2 協力対象事業の基本設計

### 3-2-1 設計方針

#### 3-2-1-1 基本方針

##### (1) 対象橋梁の損傷原因と修復方法

対象2橋梁及び2カルバートは、全て洪水が原因で損傷している。ナンコクエ橋、ルワジ橋は洪水時に橋脚周辺の河床が大きく洗掘され、橋脚の沈下による橋桁の流失等の損傷を受け、またアンゴニカルバート、ナンヤングカルバートは通水断面が小さいため越流により道路面に損壊していることが判明した。このような損傷状況から本橋梁改修事業は、橋梁の機能回復と洪水対策を目的とした2橋梁の橋梁による架け替え、2カルバートのカルバートによる架け替えとする。

##### (2) 洪水対策

洪水に対する構造物の安全性を確保するため、本案件の対象橋梁・カルバートの設計に際しては下記の対策を取り入れる。

- 橋梁は既往最大洪水規模の流量を流下できる橋長、カルバートは50年確率洪水流量を流下できるカルバート開口断面を確保する。
- 流速の増大や流れの乱れの発生を防ぐため、新橋梁の橋長は原河道幅以上を確保する。
- 河岸浸食・河床洗掘に対して、より安全な位置に橋台、橋脚を配置する。
- 橋梁・カルバート本体に洪水被害が及ぶことを防ぐため、必要な(かつ最小限の)付帯河川構造物(護岸・護床工・落差工等)を設置する。
- 橋脚基礎は洗掘分を考慮し、強固な地盤に十分な根入れを確保する。

##### (3) 乾期・雨期を考慮した橋梁設計・施工計画

現地調査期間中(12月～1月)の河川・降雨状況から、雨期中の河川内工事は危険であることを確認した。橋梁・カルバートの設計・施工計画において、洪水位以下の構造物は乾期内に工事を完了させる。

##### (4) 維持管理が容易な橋梁・河川構造物計画

橋梁では、維持管理が最小限となる計画をする。河川構造物は、工費の節減と維持管理が容易となるよう、「マ」国で施工技術があり補修材料の調達も容易である蛇かご、練石を可能な限り採用する。

##### (5) 適用基準

橋梁及びカルバートに適用する基準は、道路・橋梁の幾何構造規格は「マ」国内で制定されている道路及び橋梁マニュアルを準拠し、橋梁・河川構造物設計基準は日本の道路橋仕方書(日本道路協会)及び河川管理施設等構造令(日本河川協会)を適用する。

(6) 車道幅・歩道幅員

橋梁は2車線の車道に歩道を設置する。車道幅は、「マ」国内で使用されている道路及び橋梁マニュアルを準拠し、国道5号線でEU基金により建設されている橋梁の車道幅と一貫性をとる。歩道は橋梁の両側に設置し、歩道幅は、道路及び橋梁マニュアルを準拠しながら、歩行者数及び架橋地の周辺状況を考慮して決定する。

(7) コンクリート高欄

先方政府から要望のあったコンクリート高欄は、鋼製高欄の殆どが盗難、度重なる車の接触により損傷を受け、適切な維持管理が困難となっている現状を考え、先方政府の維持管理が容易なコンクリート高欄を採用する。

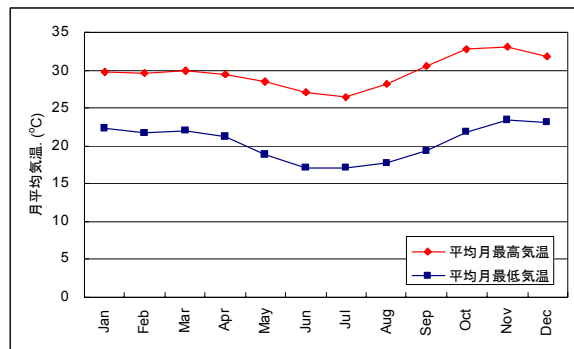
3-2-1-2 自然条件に対する方針

(1) 気象条件

プロジェクト対象地域近くの観測所（サリマ）の月別最高・最低気温を図3-1に示す。

11月に月平均気温が最も高くなり(約28°C)、6月及び7月が最も低い(約22°C)。年平均相対湿度は65%、乾期終わりの9、10月には53%程度だが、雨期半ばの2月には約80%まで上がる。サリマ観測所で観測された平均風速は2.3m/秒である。また、年平均日照時間は、8.7時間/日であるが、雨期中の12月から3月までは約6から7.5時間程度と日照時間が短くなる。

施工の品質管理計画及び設計には、この気象条件を反映する。



出典: Department of Meteorological Services, Ministry of Transport and Public Works

図3-1 平均月別最高・最低気温 (1992-2003、サリマ)

(2) 水文・河川条件

1) 降水量

ナンコクエ橋架橋地点に最も近いムタカタカ観測所での過去10年間の月別降雨量は表3-3の通りである。

表 3-3 月別降雨量 (1994-2003) Mtakatata Police Airwings

単位: mm

| Year | Jan.  | Feb.  | Mar.  | Apr. | Mai  | Jun. | Jul. | Aug. | Sep. | Oct. | Nov.  | Dec.  | Total  |
|------|-------|-------|-------|------|------|------|------|------|------|------|-------|-------|--------|
| 1994 | 307.0 | 166.0 | 40.0  | 3.9  | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 3.5  | 6.5   | 60.5  | 587.4  |
| 1995 | 295.0 | 103.0 | 77.5  | 10.5 | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 56.4  | 212.5 | 754.9  |
| 1996 | 246.3 | 463.1 | 147.5 | 10.5 | 29.0 | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 0.0   | 191.0 | 1087.4 |
| 1997 | 386.0 | 239.7 | 0.0   | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 108.8 | 268.0 | 1002.5 |
| 1998 | 205.5 | 242.6 | 196.0 | 1.4  | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 77.5  | 32.2  | 755.2  |
| 1999 | 212.7 | 284.9 | 203.5 | 8.0  | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 33.9  | 46.9  | 789.9  |
| 2000 | 267.4 | 342.5 | 203.4 | 97.2 | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 96.5  | 109.8 | 1116.8 |
| 2001 | 232.3 | 228.6 | 331.4 | 17.2 | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 0.0   | 379.8 | 1189.3 |
| 2002 | 321.0 | 172.1 | 184.0 | 19.0 | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 0.0   | 218.1 | 914.2  |
| 2003 | 521.5 | 142.2 | 222.7 | 8.3  | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 1.1  | 1.2  | 0.0  | 12.2  | 193.0 | 1102.2 |
| Ave  | 299.5 | 238.5 | 160.6 | 17.6 | 2.9  | 0.0  | 0.0  | 0.1  | 0.1  | 0.4  | 39.2  | 171.2 | 930.0  |

出典: Meteorological Services, MOTPW

ムタカタカ観測所の平均年間降雨量は、概ね 950mm/年程度である。降雨は明確な乾雨期の区別があり、特に 12 月から 3 月までの 4 ヶ月間に降雨が集中している。この降雨特性に基づき、洪水位以下の工事は乾期内に終了するよう施工計画を策定する。

## 2) 水文・水理条件

現地での聞き取り調査から、ナンコクエ橋及びルワジ橋は既往最大洪水が発生した際に被災したことが確認された。さらに、聞き取り調査と被災直後の写真の判定から損傷を与えた洪水の最高水位と最大流量を算定した。架け替え橋梁は、この被災洪水と同規模の洪水(既往最大洪水)に対する安全性を確保するよう設計する。ナンヤング、アンゴニ両河川については、ルワジ、ナンコクエ両河川よりも規模の小さい川であるためカルバートで架け替え、過大設計とならないよう「マ」国の基準に従って 50 年確率洪水を設計洪水流量とする(ただし、余裕高部分を加えた全断面では既往最大レベルの通水能力を確保できる)。

従って、架け替え橋梁・カルバートは、下記の設計洪水流量及びそれに対応した水位、流速に対して設計を行なう。各橋梁地点の設計洪水流量、設計洪水位、平均流速を表 3-4、表 3-5、表 3-6 に示す。

表 3-4 設計洪水流量

| 橋梁名          | 設計洪水流量                  | 既存構造物の流下能力                |
|--------------|-------------------------|---------------------------|
| ルワジ          | 310 m <sup>3</sup> /sec | 約 310 m <sup>3</sup> /sec |
| ナンコクエ        | 415 m <sup>3</sup> /sec | 約 250 m <sup>3</sup> /sec |
| ナンヤング(カルバート) | 180 m <sup>3</sup> /sec | 約 105 m <sup>3</sup> /sec |
| アンゴニ(カルバート)  | 165 m <sup>3</sup> /sec | 約 40 m <sup>3</sup> /sec  |

表 3-5 設計洪水位

| 橋梁名   | 設計洪水位(EL.m) | 河床標高(EL.m) |
|-------|-------------|------------|
| ルワジ   | 495.70      | 491.5      |
| ナンコクエ | 532.90      | 527.9      |
| ナンヤング | 626.14      | 622.1      |
| アンゴニ  | 696.08      | 692.6      |

表 3-6 設計洪水時の平均流速と平均河床勾配

| 橋梁名   | 設計洪水時の平均流速(m/sec) | 平均河床勾配 |
|-------|-------------------|--------|
| ルワジ   | 2.8               | 1/380  |
| ナンコクエ | 3.0               | 1/330  |
| ナンヤング | 3.0               | 1/170  |
| アンゴニ  | 2.4               | 1/280  |

## 3) 河道変動

国道5号線は南北に連なる地溝帯斜面地帯の東側にほぼ並行して走っている。対象橋梁の架かる河川は斜面地帯を流下して地溝帯底地部に流入した直後に5号線に交差している。従って、4架橋地点自体は比較的起伏の少ない地溝帯低地部に位置するが、対象4橋梁が架かる河川の流域は地溝帯斜面地帯を擁しており、4河川の架橋地点の河川区間の平均河床勾配は1/160から1/380程度と比較的急流になっている。また、架橋地点の河岸は浸食されやすい土質材料で構成されており、激しい河岸浸食が見られる。ただし、アンゴニ、ナンヤング、ナンコクエ川については河岸浸食と過去に河道が移動した形跡が見られるものの掘り込み河道が形成されていて原則として河道が固定されている。ルワジ川については河岸浸食が激しい上に蛇行しやすい傾向も有する。

以上の河道特性から、対象4橋梁・カルバートは全て洪水によって河岸、河道に変化が生じやすい河川に架かっていると見える。従って、新橋梁・カルバートは、河道特性上より安全な位置を選んで架橋する。さらに、橋梁・カルバート直上下流には、洪水から橋梁・カルバート本体を保護するための付帯河川構造物を設置する。

## 4) 橋梁周辺の洗掘

橋脚周辺では流れにより洗掘が生じる可能性がある。上記の水理条件と河床材料調査結果から橋脚周辺の洗掘深を表3-7の通り算定し、ルワジ橋、ナンコクエ橋とも橋脚周辺の最大洗掘深は3.0mと判定した。

橋脚がこの最大洗掘深に対して安全となるよう、橋脚の根入れ深さと護床工を確保する。

表 3-7 最大洗掘深

| 洗掘算定式           | ルワジ橋(m) | ナンコクエ橋(m) |
|-----------------|---------|-----------|
| Andru 公式*       | 3.52*   | 4.00*     |
| Laursen 公式      | 2.82    | 3.01      |
| Laursen-Toch 公式 | 2.80    | 2.91      |
| Tarapore 公式     | 2.03    | 2.03      |
| Larras 公式       | 1.42    | 1.42      |
| Breusers 公式     | 2.10    | 2.10      |
| Shen 公式         | 2.75    | 2.87      |
| 土研公式            | 2.48    | 2.48      |

注: \* Andru 公式は水深が大きい場合には過大評価となる傾向があるが、ここでも過大評価となっていると判断できる。

### (3) 地質条件

「マ」国の大部分は、先カンブリア紀～古生代初期のモザンビーク帯に属しており、片麻岩を主とする変成岩類と、これらに貫入する同時代の花崗岩、斑れい岩等の新成岩類が分布している。このうちプロジェクト対象地域では、第四紀更新世の洪積層で、砂質粘性土、砂質土及び礫混じり砂質土が広く分布・堆積している。粘性土層はN値が5～30の範囲、砂質土層はN値が10～40の範囲にあり、部分的に砂礫層がはさまることがある。礫混じり砂質土のN値は70～100の範囲にあり、この層に杭を支持させる。

### (4) 地震条件

対象橋梁周辺で発生した地震はない。また「マ」国内で観測された地震の加速度は50 gal 以下である。このような地震状況から本基本設計では設計水平震度 (K<sub>h0</sub>) を最小値である0.10を適用する。

## 3-2-1-3 社会経済条件に対する方針

### (1) 地域社会との調和

架橋地点周辺は、イスラム教のモスクや学校等が存在するため周辺環境を考慮した実施計画を策定する。また、貧困層の多い地域であるため地域住民の雇用機会が増大する工種や周辺地域で調達可能な資材（石材、砂）を活用するような配慮をする。建設後の橋梁維持管理に周辺住民が参加できるような維持管理システムを計画する。

### (2) 用地取得

本事業では短い実施期間中に、用地を取得する困難さに配慮し、橋梁改修・取り付け道路の計画はMOTPWが道路用地と報告している（現在の道路中心から両側にそれぞれ30mまで）範囲内に抑え、追加の用地買収を必要最小限となる方針とする。

用地取得の他にも住民に対する農作物等の補償問題への対応を踏まえ、MOTPW が直ちに対応できるように州事務所に住民対策専門員（Community liaison officer）を配置させる。



(3) 環境社会配慮

本調査では予備調査で実施した初期環境調査（IEE）を詳細にレビューし、JICA「環境社会配慮ガイドライン 2004年4月」に基づくカテゴリC（環境影響調査の必要がない）を再確認した。「マ」国内の環境承認手続きは実施機関である NRA が担当する。環境承認手続き、承認を短期間にするために、環境社会への影響を最小限にする事業計画を策定し、環境社会影響項目に係わる緩和・軽減策を計画する。段階別の環境影響項目と軽減策を資料 8-4 に示す。

3-2-1-4 建設事情及び調達事情に対する方針

(1) 労務状況

建設現場においては、単純作業に従事する労働者の確保は容易であるが、本橋梁建設プロジェクトに必要な特殊技能を有する労働者は質・量ともに不足しており、南アフリカ共和国からの特殊技能者を採用することを前提とする。労働者の雇用に際して雇用者は「マ」国の労働基準法（Labor Law：2000年制定）を遵守する。

(2) 建設資材・機材の調達

1) セメント

ジンバブエ国より材料を購入した普通ポルトランドセメント販売をしているメーカーより聞き取り調査をおこなった結果、早強セメントは販売しておらず主に低層建築物等で使用しているということであった。強度を必要とするPC桁への使用は難しいと考える。本プロジェクトでは、安定した供給量と品質を確保できる南アフリカ共和国からのセメントを使用する。

2) 鉄筋・鋼材

鉄筋、PC 鋼材は、「マ」国では生産していないために南アフリカ共和国より資材を調達するものとする。

3) 石材

コンクリート用骨材や砕石場は、架設現場近辺を調査したところサリマ～バラカ間では4カ所の採石場がある。現在ではクラッシングプラント等の機材もなく、石質は黒雲母が多く混入した片麻岩であり強度を要するコンクリートには適切ではない。従って、本件では建設地周辺に採石場は開発せず、リロングウェ周辺の石材業者から購入する計画とする。

4) 橋梁付属物

現地での資材調達調査結果では支承、伸縮装置は現地で生産していない。近隣国の南アフリカ共和国で販売していることは確認しているため、南アフリカ共和国から調達する。

5) 建設機械

PC 桁製作のために必要な大型トラッククレーン等は、「マ」国では調達できないため、

南アフリカ共和国もしくは日本からの調達とする。骨材プラントはリロングウェ市とサリマ地区間に1カ所存在するのを確認したが、プラントのリースは行っていない。他ドナーによるプロジェクトを視察した結果、大型プロジェクトでは骨材プラントを第三国より持ち込んでいる事例を確認したが、本事業は小規模プロジェクトであるため、プラントを設置せず骨材を購入する。

### 3-2-1-5 現地業者の活用に係わる方針

施工業者と建設機械リース会社への聞き取り調査結果、「マ」国の業者の実績は道路工事が殆どで、PC桁橋梁工事や場所打ち杭等の基礎工事の経験はなく、機材も保有していないことが判明した。ただし、現地業者が施工しているカルバート建設現場を視察したところ、仮設工事の安全性やコンクリートの品質管理等に関して日本の規準に適していないものの、施工の技術・経験については十分であることを確認した。本事業のカルバート建設には、日本人技術者及び「マ」国での施工経験が豊富な南アフリカ共和国の施工技術者が監理することで、カルバート、護岸工事等に現地業者を十分活用できる。

### 3-2-1-6 実施機関の運営・維持管理能力に対する対応方針

従来完成した橋梁を維持管理する実施機関は、運輸・公共事業省であったが、現在は1997年に国道の補修・維持管理・運営を目的として設立された国家道路公団（NRA）である。NRAの管理道路延長は舗装道路3,774km、未舗装道路11,677km、総延長15,451kmである。

NRAの職員は運輸・公共事業省及び民間から経験豊富で、優秀な技術者を集めており、技術・企画・運営能力にも優れている。また、維持管理業務を担当する技術者の道路・橋梁に対する知識は高く、維持管理マニュアルを基本に定期点検を行い、維持管理の年度計画を策定し、予算申請を行っている。しかし、NRAは維持管理・補修の業務を契約方式でコンサルタントや施工業者への請負により実施している状況から、マイナーな維持管理（排水柵の清掃、下草刈り、流木の撤去等）及び本事業で建設される特殊な橋梁・河川構造物は維持管理が適切にできないと推測できる。この点については、以下の対応策を計画する。

- マイナーな維持管理はリロングウェゾーン事務所には予備費（ゾーン事務所決済できる）があり、それを活用し周辺住民に維持管理を委託する。
- 特殊な橋梁・河川構造物は、その点検・維持管理手法を設計期間または施工監理期間中にNRAの維持管理担当者を日本に招聘し技術研修を行う。

### 3-2-1-7 施設のグレードの設定に対する方針

#### (1) 改修方針

ルワジ橋は洪水により橋脚が沈下、傾斜し、橋桁が流失している。またナンコクエ橋も橋脚が洪水時の洗掘により大きく沈下、傾斜して通行不能となっている。ルワジ、ナンコクエ両河川の原河道は既往最大規模の洪水に対する流下能力を有しているが、架橋

地点では取付護岸が局地的に河道を狭めていることが洗掘作用を助長したと判断される。従って、ルワジ橋及びナンコクエ橋は損傷橋梁を撤去し、架橋地点の流下能力を上げるため橋長を延長し、既往最大規模の洪水に対応した橋梁を計画する。これに対し、ナンヤング、アンゴニ両カルバートは既存構造物の流下能力が絶対的に不足しているため、架け替えに際しては河道を大幅に拡幅する必要がある。また、ナンヤング、アンゴニ両河川はルワジ、ナンヤング両河川に比較して規模が小さいことから経済性、工期短縮を考慮し、橋梁での架け替えではなくカルバートによる架け替えを計画する。

## (2) 橋梁・河川構造物計画

架け替え橋梁本体は既往最大規模程度、及びカルバート本体は 50 年確率の設計洪水量に対する安全度を有する。ただし、付帯河川構造物が所定の機能を維持している必要がある。河川構造物は、大洪水時には、橋梁本体に致命的な損傷が及ぶことを防ぐため、河床・河岸の変形に追従して小さな変形や損傷等を受ける場合もある。このため、こうした小さな損傷が発生する都度修復するなどの維持管理作業が継続的に行なわれることが、付帯河川構造物の機能を維持し、橋梁本体の損傷を防ぐための前提条件であるといえる。

### 3-2-1-8 工法、工期に係わる方針

2005 年 12 月の現地調査の結果、対象橋梁が架かる河川の洪水は強い降雨の直後に河川が急激に増水する特徴を有することが確認された。本件は単年度での実施を想定した場合、4 橋同時着工となるが 4 月下旬の迂回路建設の着手から始まる河川内工事は安全及び工費の増加を抑えるため、橋梁の桁架設までを 2006 年 11 月（乾期中）までに実施する計画とする。またカルバートは工期短縮が可能なため 2006 年 11 月（乾期中）に全ての作業を完了させる実施スケジュールを計画する。これにより事業は 2007 年 2 月末までに事業を完了させることが可能となる。そのため単年度案件として工期を計画する。

## 3-2-2 基本計画

### 3-2-2-1 全体計画

#### (1) 適用設計基準条件

本基本設計調査に適用する主要な道路・橋梁設計条件を表 3-8、表 3-9 に示す。

## 1) 道路設計条件

表 3-8 道路設計条件

| 設計項目   | 設定条件         | 設定根拠              |
|--------|--------------|-------------------|
| 道路区分   | 主要道路 Class-1 | 「マ」国の道路設計マニュアル    |
| 設計速度   | 100km/h      | 地形:丘陵地            |
| 平面曲線半径 | R=170m       | 最小値 R=170m        |
| 縦断勾配   | 最大 4%        | 「マ」国の道路設計マニュアル    |
| 横断勾配   | 2.5%         | 「マ」国の道路設計マニュアル    |
| 車線数    | 2車線          | 本報告書 3-2-1-1(6)参照 |
| 車道幅    | 2*3.35m=6.7m | 「マ」国の道路設計マニュアル    |
| 路肩幅    | 1.5m         | 「マ」国の道路設計マニュアル    |

## 2) 橋梁設計条件

表 3-9 橋梁設計条件

| 設計項目                 | 設定条件   | 設定根拠  |                              |
|----------------------|--|---|------------------------------|
| 設計洪水流量・水位算定の降雨強度再現期間 | ルワジ橋・ナンコクエ橋は既往最大、アングニ・ナンヤングカルバートは 50 年確率   | 本報告書 3-2-1-2 (2)参照  |                              |
| 桁下余裕高                | 1.5m   | 日本の河川構造令では洪水流量 200m <sup>3</sup> /秒未満は 0.6m、それ以上は 1.0m と規程してあるが流木を考慮して 1.5m を採用した。                |                              |
| 設計荷重                 | 活荷重  | B 活荷重   | マンガチ橋架け替え計画で適用したと同じ活荷重を採用する。 |
|                      | 地震荷重   | 水平震度=0.1  | 3-2-1-2(4) 参照                |
|                      | 温度荷重   | +30℃~0℃   | コンクリート構造物の温度変化               |
|                      | 死荷重  | 鋼材:77.0kN/m <sup>3</sup><br>鉄筋コンクリート:24.5kN/m <sup>3</sup><br>アスファルトコンクリート :22.5kN/m <sup>3</sup> | 日本の道路橋示方書                    |
| 局部洗掘                 | 3.0m   | 本報告書 3-2-1-2(2) 参照  |                              |
| コンクリートの設計基準強度        | 下部工:24N/mm <sup>2</sup><br>横桁・PC 中詰め床版:30N/mm <sup>2</sup><br>PC 桁:40N/mm <sup>2</sup> | 日本の道路橋示方書   |                              |
| 高欄                   | コンクリート高欄   | 本報告書 3-2-1-1(7)参照   |                              |

## (2) 幅員計画

協力対象の 4 橋梁は全て 2 車線幅員の橋梁に改修する。幅員構成は上記の道路設計条件に基づき以下の様に決定した。これは EU 基金の支援する国道 5 号線コタコタ〜ムズ国道間橋梁改修計画と同じ車道幅員構成である。ただし、1.2m の歩道の中にコンクリート高欄を組み込んだため有効歩道幅は 0.9m とする。

## 1) 橋梁幅員構成

橋梁の幅員構成は車道幅員 7.3m(車線幅 3.35m+路肩幅 0.3m の 2 車線分)、有効歩道幅 0.9m、車道高欄幅 0.3m の総幅員 9.7m とする。

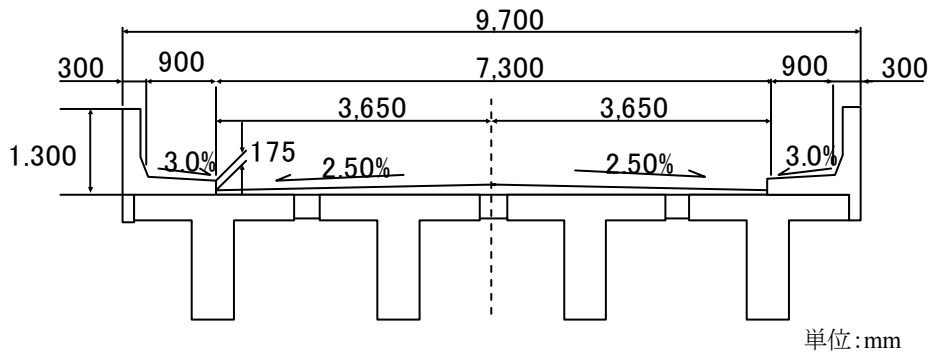


図 3-2 橋梁標準断面

2) 取り付け道路幅員構成

車道だけの総幅員 9.7m(車線幅 3.35m+路肩幅 1.5m の 2 車線分)とする。

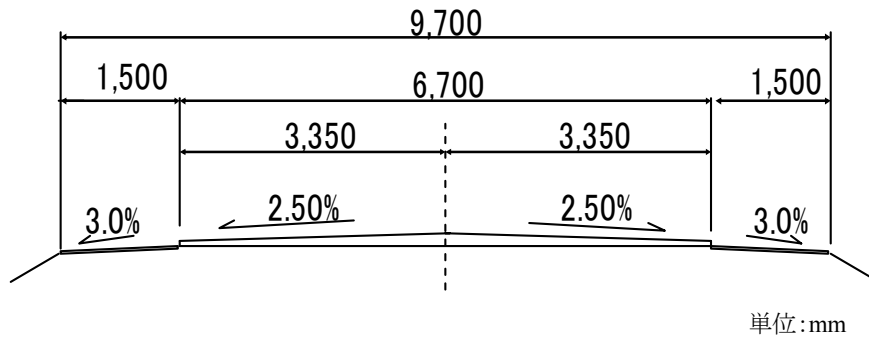


図 3-3 道路標準断面

3-2-2-2 施設計画

(1) 橋梁中心線の位置選定

架橋位置については、新橋位置を概ね 30m 下流側、新橋位置を現橋位置と同一、新橋位置を概ね 30m 上流側とした 3 ケースに対して、1) 環境社会配慮面からの評価、2) 河川特性へ与える影響からの評価、3) 橋梁建設面からの評価を行った。

1) 環境社会配慮面からの評価

現位置案は新橋建設による取付け道路を必要としないため、住民移転の発生がなく、用地取得も必要としない。また、地域住民の乾期における伏流水利用の状況を変化させることがない。さらに旧橋撤去が工事の初期に実施されるため、旧橋撤去で発生した廃材を新橋建設時に当該工事の中で再利用する工事計画とする。廃材再利用により、環境汚染を回避できる。新橋を現位置に計画するのが環境社会配慮面では最も適当である。

2) 河川特性へ与える影響からの評価

現位置に新橋を計画する案は、他の 2 案に比較し、現在安定している河道状況への影響が最も小さく、また周辺の河岸浸食を誘発する可能性が最も小さい案となる。一方、上流または下流に新橋を移動した場合、既存の河川構造物は再度建設する必要が生じ、

工事費全体が相対的に高くなる。また、旧橋の撤去が適切に行われずには新設された橋梁に水理学的に悪影響を与える懸念が生じる。従って、河川特性面からは、現橋位置に新設橋梁を計画するのが最も優れていると判断できる。

### 3) 橋梁計画面からの評価

橋梁・道路計画からは、新設橋梁が現位置にあれば、道路線形は不自然な平面線形とならないため、交通安全上優れた案である。しかし、工事着手後、ただちに現交通の切り直し工事を行い、旧橋の撤去を行ない、乾期8ヶ月(4月～11月までの制限された施工期間)で桁架設完了する必要がある。ただし、本基本設計で提案した橋梁形式・施工方を採用することにより、桁架設は乾期のうちに完了することは可能であり、特に問題になることはない判断される。

全体工事費に関して各3案を比較すると、現橋位置案は工事中の迂回路が必要ではあるが、両側(サリマ・バラカ)側への取り付け道路が最小限となり最も全体工事費が少なくなる。相手国負担については、現橋位置を上流または下流に振るために発生する取り付け道路の費用負担が、現橋撤去費用よりも大きくなる。このため、現橋位置案が他の2案よりも相手国側の負担を少なくする。

以上検討の結果、環境社会配慮の面及び河川特性の面から、現位置案が優れている。橋梁建設面からは、現位置案は2案よりも若干工期が長くなるが、急速施工が可能な橋梁形式・施工方法を採用することで、乾期内に必要な工事は完了できる。従って、現位置案が表3-10に示すように総合的に優れていると判断された。

表3-10 架橋地点比較表

| 構脚形式                                      |   | 代替案-A<br>上流側案   | 代替案-B<br>現橋位置案  | 代替案-C<br>下流側案  |
|---|---|---|---|--|
| 概略図                                       |   |   |   |  |
| 環境社会<br>配慮                                | 用地取得<br>住民移転  | ・新しい道路用地ため用地取得が発生する。<br>・既存の社会インフラの移設（電線、教会、樹影集会場）及び住民移転（ナンヤングカルバート1軒）が生じる。   | ・現橋位置での架け替えは、用地の取得が生じない。<br>・既存社会のインフラ（河川内施設を含む）の移設及び住民移転が発生しない。                  | ・新しい道路用地ため用地取得が発生する。<br>・既存の社会インフラの移設（電話線、墓地）が生じる。特に、既存河川内施設（落差工・水制工）には考慮が必要である。 |
|   | 交通安全  | ・道路線形変更による交通安全対策が必要である。   | ・迂回路・工事用道路の建設には配慮が必要となる。  | ・道路線形変更による交通安全対策が必要である。  |
|   | 水利用   | ・水利用施設（洗濯場、水浴び、灌漑）を移設する必要がある  | ・水利用施設（洗濯場、水浴び、灌漑）が維持できる  | ・水利用施設（洗濯場、水浴び、家畜水飲み場）を移設する必要がある   |
| 植生・金<br>接農地・<br>その他                       | ・新しい橋梁・カルバート建設により、上流の河道及び周辺状況に影響を与える可能性がある。（河道変更・近接農地浸食）  | △   | △   | △  |
| 河川特性                                      | 河道安定  | ・河道が不安定なため河岸浸食によって橋台取付部が損傷を受ける可能性が高い。   | ・3案の中では最も河道が安定している地点であるため、河岸浸食による橋梁損傷の可能性が3案の中では最も小さい。                            | ・B案よりは河道が不安定で河岸浸食がおきやすい傾向にある。  |
|   | 既存河川<br>構造物の<br>活用<br>水理学的<br>問題  | ・既存河川構造物を建設しなおす必要が生じる（ナンコクエ：落差工、水制工：ルワジ）<br>・旧橋脚と取付護岸の撤去が適切でなかった場合でも新橋に水理的影響及びびにくい（ただし、残留物は下流河川に悪影響を与える可能性は残る。）                                   | ×   | ◎  |
| 橋梁計画                                      | 道路線形  | ・既存橋は道路の直線区間にあるため、設計速度100km/hで道路中心線を30m上流側に振れば、取り付け道路は大幅に長くなる。  | ・現橋位置に架け替える場合は直線線形となり、道路線形上問題はない。桁高、HWL（洪水水位）により、縦断線形が変更されても取り付け道路は20m以内の改修のみとなる。 | ・既存橋は道路の直線区間にあるため、設計速度100km/hで道路中心線を30m上流側に振れば、取り付け道路は約大幅に長くなる。                  |
|   | 施工性   | ・施工中は既存橋梁に交通を開放するため、工事着工後すぐに架け替え橋建設に着手できる。<br>・上流側には旧橋梁の残骸等、基礎工施工時に問題となる障害物が少ない。<br>・迂回路設置の必要がないため、橋梁の建設期間は短縮できるが、取り付け道路の施工が雨期になり、結果として建設期間が長くなる。 | ◎   | ○  |
|   | 建設期間  | ルワジ橋 : 10ヶ月<br>ナンコクエ橋 : 10ヶ月<br>ナンヤング・カルバート : 7ヶ月<br>アンゴニ・カルバート : 7ヶ月   | ルワジ橋 : 11ヶ月<br>ナンコクエ橋 : 11ヶ月<br>ナンヤング・カルバート : 8ヶ月<br>アンゴニ・カルバート : 8ヶ月             | ルワジ橋 : 10ヶ月<br>ナンコクエ橋 : 10ヶ月<br>ナンヤング・カルバート : 7ヶ月<br>アンゴニ・カルバート : 7ヶ月            |
| 建設費<br>(架橋地点を上流側に<br>した場合の建設費を<br>100とする) | ・迂回路設置費用はないが、取り付け道路の建設費が高くなる。また、既存の水制工等が活用できず、新設することになり、コスト高になる。<br>ルワジ橋 : 100<br>ナンコクエ橋 : 100<br>ナンヤング・カルバート : 100<br>アンゴニ・カルバート : 100 | △   | ◎   | △  |
| 相手国負担                                     | ・橋梁撤去が架け替え橋完成後に行われる。<br>・取り付け道路が相手国負担の場合、橋梁完成と取り付け道路の完成時期がずれ込む可能性が高い。   | ○   | ○   | ○  |
| 総合評価                                      | ・架け替え橋は施工性から上流側が好ましい。しかし本事業の橋梁上流側が河川侵食によって不安定なことから上流側での架け替えは避けるべきである。<br>・建設費が高く、相手国負担が大きくなる。   | ×   | ◎   | △  |

## (2) 橋梁・カルバート計画

## 1) ルワジ橋

ルワジ橋の設計洪水量  $310\text{m}^3/\text{s}$  から架け替え橋梁の橋長は  $50\text{m}$  ( $25\text{m} + 25\text{m}$ )と算定した。河川内橋脚数を最小限にするため 2 径間(支間)とする。既存橋梁の基礎工の位置が不明であるため架け替え橋梁の位置は、既存橋の基礎工が障害とならないように、既存橋梁の中心位置に中間橋脚を設定し、サリマ側及びバラカ側にそれぞれ  $25\text{m}$  の地点に橋台を計画する。

## 2) ナンコクエ橋

ナンコクエ橋の設計洪水量  $415\text{m}^3/\text{s}$  から架け替え橋梁の橋長は  $42\text{m}$  ( $21\text{m} + 21\text{m}$ )を算定した。河川内橋脚数を最小限にするため 2 径間(支間)とする。既存橋梁の基礎工の位置が不明であるため架け替え橋梁の位置は、既存橋の基礎工が障害とならないように、中間橋脚は現橋脚から  $3.0\text{m}$  バラカ側に設定する。新橋台は旧橋台からサリマ側に  $3.7\text{m}$  及びバラカ側に  $9.7\text{m}$  の地点に計画する。ナンコクエ橋の上・下流の河道浸食状況を考慮し架け替え橋梁をバラカ側に大きくシフトする。

## 3) ナンヤングカルバート

ナンヤングカルバートの設計洪水量  $180\text{m}^3/\text{s}$  から架け替えカルバートの内空断面は  $5\text{m} \times 6\text{m}$  の 3 連ボックス型を算定した。ボックス・カルバートの延長はカルバート上の土被り厚を考慮し  $15.0\text{m}$  である。架け替えカルバートは、サリマ側は現カルバートの開口部から  $2.0\text{m}$  サリマ側の位置にボックス・カルバートの端部を置き、バラカ側は河道の線形に合わせてカルバートの開口部を現況よりも約  $7\text{m}$  バラカ側にシフトさせる。

## 4) アンゴニカルバート

アンゴニカルバートの設計洪水量  $165\text{m}^3/\text{s}$  から架け替えカルバートの内空断面は  $5\text{m} \times 5\text{m}$  の 3 連ボックス型を算定した。ボックス・カルバートの延長はカルバート上の土被りがないため橋梁幅員と同じく  $9.7\text{m}$  である。架け替えカルバートの橋軸直角方向の中心位置は現カルバートの中心軸に一致させる。ただし、河川が道路線形に対して直交していないため、架け替えカルバートの橋軸直角方向の中心線を道路中心線に対して  $82^\circ$  の斜角をもつよう設定し、カルバート開口部の方向を上下流の河川線形に合わせる。また、これによってカルバートと下流の新設落差工の流れの方向を一致させる。

## (3) 橋梁・カルバートの基本構造

## 1) 橋梁形式

上部形式

橋長  $50\text{m}$ (ルワジ橋)と  $42\text{m}$ (ナンコクエ橋) 上部工構造形式の代替案は、径間長 ( $25\text{m}$  と  $21\text{m}$ ) からコンクリート橋系の a) ポストテンション方式 PC (プレストレスト コンクリート) 桁、b) プレテンション方式 PC 桁と c) プレテンション方式 PC 床版桁及び鋼橋系として、d) 鋼 I 桁が考えられる。



## a) ポストテンション方式 PC 桁

ポストテンション方式 PC 桁の経済的スパン長は 35m であるが、本案件の 21m・25m スパンの橋梁についても建設されている形式である。本計画では現場でポストテンション PC 桁を製作し、架設地点へ輸送してトラッククレーンで架設する方式を想定している。PC 桁が現場で製作されるため、工場製作に比較して、桁架設までの期間が長くなるが、4 月から始まる乾期内(11 月まで)に、現交通の迂回・現橋の撤去を含めて、桁架設までは完了できる。

## b) プレテンション方式 PC 桁

プレテンション方式の橋梁は(次に述べる プレテンション方式 PC 床版橋も含め)、工場製作されたプレキャスト桁を架橋現場まで輸送して建設する。しかし、工場製作を前提とした緊張装置は橋長 20m 以上では比較的規模が大きくなり不経済である。また周辺国でプレテンション桁・建設資材を製作しているジンバブエ国・南アフリカ共和国から、この緊張装置を現場製作用としてリースすることは不可能である。建設工期はポストテンション桁に比較して短い、桁の現場製作が現実的でないため、この方式は妥当でない。

## c) 鋼 I 桁

鋼 I 桁は第 3 国の工場で作製され、「マ」国の架橋地点まで輸送することになる。

この鋼橋の問題点は輸送費が極めて高く、場所打ちの PC コンクリートとは経済的に競合しない。

## d) 総合評価

工費比較によって、鋼橋は他の代替案と比較して経済性の面で競合しない。プレテンション PC 桁は、PC ケーブルの緊張装置が工場製作を前提としているため、現場製作するには設備が過大になる。また、その緊張装置の調達には現実性に問題がある。PC ポストテンション桁は工期的に若干長くなるが、乾期内の桁架設完了は可能であるため本基本設計に適用できる。以上の検討案を比較したものを表 3-11 橋梁形式比較表(上部工形式)に示す。

下部工・基礎工形式

橋脚形式は、柱式、壁式及びパイルベントの 3 代替案を構造特性・施工性・維持管理上の問題及び経済性点から比較した。表 3-12 の評価表に示すように経済性及び工期短縮を重視してパイルベント方式が妥当である。パイルベント方式は、トップヘヴィな構造のため支沓位置での橋軸直角方向の水平変位が大きくなる傾向にある。この問題に対処するために、以下のような設計を適用する。

- 単純桁を連結桁として上部工の連続性を高めることにより、橋脚での変形が大きくなっても桁が落下しない構造とする。
- 橋脚の剛性を高めるためにパイルベントの径は  $\phi 1200\text{mm}$  程度とする。

また、ルワジ橋、ナンコクエ橋の流域は流木が多いため、パイルベント間は壁厚300mmのコンクリート壁を設けることにより、洪水時に流木による橋脚間の閉塞の発生を防止する。

基礎形式の比較は現場製作のコンクリート杭、場所打ち杭及びパイルベント杭の3代替案で行った。施工性・工期及び経済性を重視して、パイルベント橋脚杭が優れている判断した。表3-13の基礎工形式比較表に選定結果を示す。橋台形式の比較は逆T橋台とパイルベント形式を代替案とした。経済性と工期短縮を重視してパイルベント橋台を選定した。表3-14の橋台形式比較表に選定結果を示す。

表3-11 上部工形式比較表

|          | 代替案-A  | 代替案-B  | 代替案-C   |
|----------|--|--|---|
| 橋梁形式     | PC桁 (ポストテンション)   | PC桁 (プレテンション)  | 鋼桁  |
| 概略図      |  |  |   |
| 上部工形式の特徴 | <ul style="list-style-type: none"> <li>PCポストテンション橋梁は、スパン25m～40mの範囲に適用され、経済スパンは30m程度である。</li> <li>PCポストテンションは、現場でPC桁製作、緊張作業を行い、クレーン等で架設することが出来る。今後、マラウイ国で普及する形式と考えられる。</li> <li>マラウイ国では箱桁ではあるが、マンガチ橋でこの形式(ポストテンション)を採用している。それ以外の橋梁でこの形式が採用された実績はない。</li> <li>架設に必要なトラック・クレーンの調達マラウイ国内でできないことが、この形式が普及していない原因であると考えられる。</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>比較的小スパン(20m～25m)の橋梁に採用されるプレテンション桁は工場製作した桁を現場まで輸送し、トラッククレーン等で架設する。</li> <li>マラウイ国では、プレテンション桁を製作する工場は存在しないため近隣国からの調達すれば輸送費の問題と長距離輸送中の桁損傷可能性があり、PCプレテンション桁方式を採用できない。</li> <li>マラウイ国では、コンサルタントが調査する限りでは、本方式の橋梁は存在していなかった。この理由としては、             <ol style="list-style-type: none"> <li>①1980年代の英国資金による橋梁及び近年のEUによる橋梁は全て鋼桁であった。</li> <li>②1980年代のコンクリート橋及びクウェート資金による橋梁は鉄筋コンクリートが可能なスパン長(14m以内)で橋梁計画がされていた。</li> </ol> </li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>1980年代に建設された橋梁(主として英国資金)および近年のEU資金による橋梁は鋼桁である。</li> <li>鋼材は第3国調達となり、建設費の中に占める輸送費の割合が多いため経済的にPC桁に競合しない。マラウイ国への輸送費比率が高い理由は             <ol style="list-style-type: none"> <li>①マラウイ国内の燃料費が非常に高い(日本の燃料費の90%程度)</li> <li>②鋼橋の輸入港となるモザンビークのベイラ港・南アフリカ共和国のダーバン・タンザニアのダラエスサラム港からは長距離輸送となる。</li> </ol> </li> </ul> |
| 工事期間     | <ul style="list-style-type: none"> <li>PC桁は現場製作となるが、桁本数が最小限となるため、乾季8ヶ月(4月～11月)に桁架設までは可能である。</li> <li>ルワジ橋 : 乾期内の10月までに桁架設可能</li> <li>ナンコクエ橋 : 乾期内の11月までに桁架設可能</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>プレテンション桁製作工場の製作期間は短い、周辺国からの輸送期間が必要となる。</li> <li>ルワジ橋 : 乾期内の9月までに桁架設可能</li> <li>ナンコクエ橋 : 乾期内の10月までに桁架設可能</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>鋼桁の製作は第3国で行い、マラウイ国に輸入する必要があり、輸送期間を考えれば日本からの調達は難しい。</li> <li>南アフリカ共和国で調達すれば、</li> <li>ルワジ橋 : 乾期内の9月までに桁架設可能</li> <li>ナンコクエ橋 : 乾期内の10月までに桁架設可能</li> </ul>  |
| 架設機材の調達  | <ul style="list-style-type: none"> <li>桁架設用トラッククレーンはプレテンション桁重量から、本事業では100t～120tクラスが2台必要となる。</li> <li>これら大型クレーンは南アフリカ共和国から調達する。</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>桁重量が小さいため桁架設用トラッククレーンは50t～60tクラス2台で架設可能である。</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>桁重量が小さいため桁架設用トラッククレーンは50t～60tクラス1台で架設可能である。</li> </ul>   |
| 維持管理     | <ul style="list-style-type: none"> <li>伸縮装置、支承、高欄等の付属物以外には特に必要としない。維持管理が少ない橋梁形式である。</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>伸縮装置、支承、高欄等の付属物以外には特に必要としない。維持管理が少ない橋梁形式である。</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>鋼製桁のため塗装等の定期的な点検・維持管理が必要となる。</li> </ul>  |
| 経済性      | <ul style="list-style-type: none"> <li>現場での桁製作は大きな設備を必要としないため経済的である。</li> <li>架設に使う大型トラッククレーンが南アフリカ共和国で調達できるため、比較的経済的な架設が可能である。</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>PCプレテンション製作工場を現場周辺に設置するには、緊張設備が大型になり、桁本数が少ない場合はコスト高となる。</li> <li>輸入する場合はPC桁の輸送費が極めて高い。</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>鋼材の大幅な値上がりにより鋼橋の製作費が高騰している。</li> <li>第3国から輸入するため輸送費が高い。</li> </ul>   |
| 総合評価     | <ul style="list-style-type: none"> <li>PCポストテンション桁の経済スパンは30m程度であるが、本事業の25m～21mのPC桁はクレーンを小型化でき経済的である。</li> <li>乾期中にPC桁架設まで施工できるため、事業全体の工程に支障を及ぼさない。</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>PCプレテンション製作工場がマラウイ国にないため、本事業においては経済的にPCプレテンションは選定されない</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>鋼製桁は第3国で製作し輸入するため、鋼材の価格高騰、輸送費等を考慮すれば経済的に選定されない。</li> </ul>   |

表3-12 橋脚形式比較

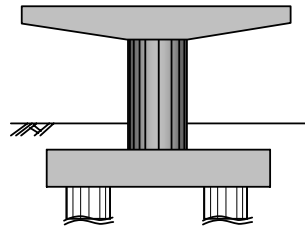
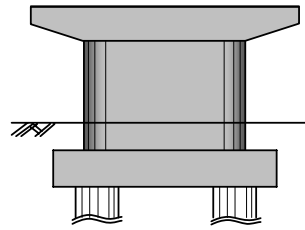
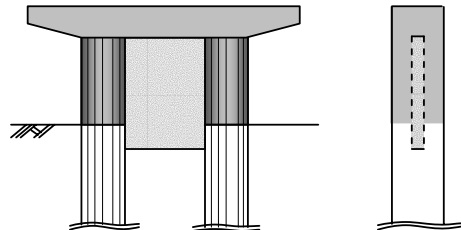


|      | 代替案-A  | 代替案-B   | 代替案-C   |
|------|--|---|---|
| 橋脚形式 | 柱式橋脚   | 壁式橋脚  | パイルベント橋脚  |
| 概略図  |   |    |    |
| 構造特徴 | <ul style="list-style-type: none"> <li>柱式橋脚は河道が変動し、流行が一定しない河川に適用される。</li> </ul> <div style="border: 1px solid black; padding: 10px; margin: 10px 0;"> <p>マラウイ国にはこの形式<br/>該当する形式はない。</p> </div> | <ul style="list-style-type: none"> <li>壁式橋脚は改修された河川では、河積阻害率が低減できるが、河道が変動する河川では流向が変わるため河積阻害率が大きくなる。</li> </ul> <div style="text-align: center;">  <p>クウェート資金で建設されたマディンバ橋</p> </div> | <ul style="list-style-type: none"> <li>パイルベント橋脚はフレキシブルな構造で上部工が連続桁の場合に適用できる。</li> <li>2橋脚間に厚さ300mm程度の壁を設けることで、流木が橋脚に引っかからない構造が可能になる</li> </ul> <div style="text-align: center;">  <p>パイルベント橋脚（国道5号線サリマーバラカ間）</p> </div> |
| 施工性  | <ul style="list-style-type: none"> <li>円形の柱部は円弧の鋼製型枠を第3国で製作する必要がある。</li> <li>パイルキャップの施工時に河川中に水量がある場合、鋼矢板による仮締め切りをする必要があり、工期が長くなる。</li> </ul> <p style="text-align: center;">△</p>              | <ul style="list-style-type: none"> <li>矩形の柱部は通常の型枠で施工でき、施工が簡単である。</li> <li>パイルキャップの施工時に河川中に水量がある場合、鋼矢板による仮締め切りをする必要があり、工期が長くなる。</li> </ul> <p style="text-align: center;">○</p>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>橋脚躯体が杭形状と同一のため、河川内に水量がある場合でも鋼矢板による仮締め切りを必要としないため施工期間が短縮できる。</li> </ul> <p style="text-align: center;">○</p>  |
| 維持管理 | <ul style="list-style-type: none"> <li>橋脚周辺に洗掘が発生しやすいため、修復のため維持管理を必要とする。</li> </ul> <p style="text-align: center;">△</p>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>河道が変動する河川では橋脚周辺に洗掘が発生し易いため維持管理を必要とする。</li> </ul> <p style="text-align: center;">△</p>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>橋脚周辺に洗掘が発生しやすいため、修復のため維持管理を必要とする。</li> </ul> <p style="text-align: center;">△</p>  |
| 経済性  | <ul style="list-style-type: none"> <li>水量の豊富な河川では仮締め切りに占めるコストが大きく不経済となる。</li> </ul> <p style="text-align: center;">△</p>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>水量の豊富な河川では仮締め切りに占めるコストが大きく不経済となる。</li> </ul> <p style="text-align: center;">△</p>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>場所打ち杭の施工機械の調達が可能であればコスト削減が可能である。</li> </ul> <p style="text-align: center;">○</p>   |
| 総合評価 | <ul style="list-style-type: none"> <li>マラウイ国での施工例が少なく、河積阻害率が小河川では大きくなるため、本事業の橋梁には適しない。</li> </ul> <p style="text-align: center;">△</p>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>仮締め切りを必要とするため、工期が長くなるため、本事業の橋梁に適しない。</li> </ul> <p style="text-align: center;">○</p>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>経済性及び工期短縮を必要としている本事業に適した杭径式である。</li> </ul> <p style="text-align: center;">◎</p>  |

表3-13 杭形式比較

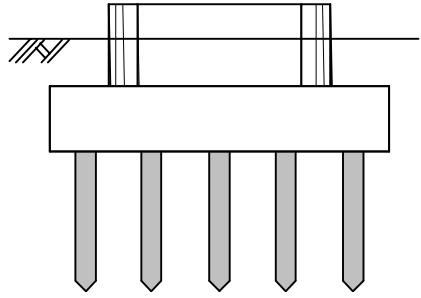
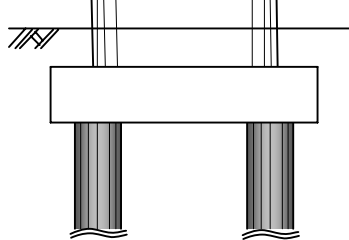
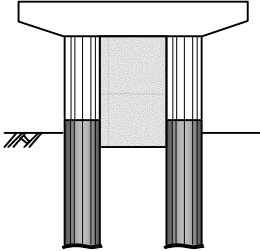
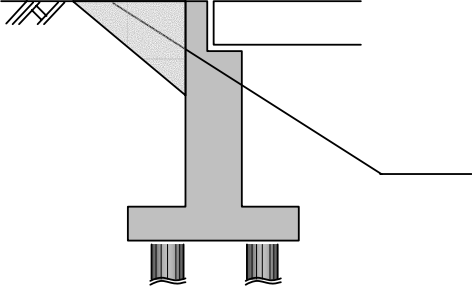
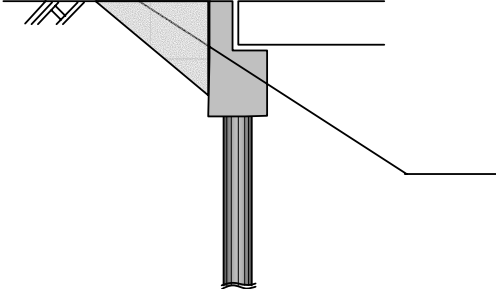
|         | 代替案-A  | 代替案-B   | 代替案-C   |   |
|---------|--|---|---|---|
| 橋脚形式    | 現場製作のコンクリート杭   | 場所打ち杭   | パイルベント橋脚の杭部   |   |
| 概略図     |   |                                      |    |   |
| 構造特徴    | <ul style="list-style-type: none"> <li>・軟弱地盤での基礎では杭本数が多くなる傾向がある。玉石等の障害物により打設不能になる。</li> <li>・長尺杭では打ち込み不能になる可能性また、継手部信頼性に欠ける。25mまでの杭に適用する。</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>・杭径が大きいため杭本数を減らすことができる。</li> <li>・長尺杭に適している。杭長が30mを超える場合は場所打ち杭が適用される。</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>・B案に比べて杭径が大きくなる。</li> <li>・基礎部と橋脚部に連続性があるため、損傷が地中に発生しやすくなる。</li> </ul>                                   |   |
| 施工性/工期  | <ul style="list-style-type: none"> <li>・現場で製作ができ、比較的小規模の杭打ち機で施工可能である。</li> <li>・コンクリート杭の製作、打ち込み等の一連の作業を現場で行うため、施工期間が長くなる。</li> </ul>                 | ○   | <ul style="list-style-type: none"> <li>・大型の場所打ち杭の施工機械が必要となる。</li> <li>・場所打ち杭の世話役が必要となる。</li> <li>・短期間に杭の施工を完了できるため、施工期間の厳しい工事に適している。</li> </ul> | ◎ |
| 支持力の信頼性 | <ul style="list-style-type: none"> <li>・杭の載荷試験を行い支持力を確かめる。</li> <li>・支持層に打ち込まれれば支持力に問題はない。</li> </ul>  | △   | <ul style="list-style-type: none"> <li>・大口径の杭で、かつ掘削時に支持層を確認できるため確実に支持層に貫入させることができ、支持力の信頼性は高い。</li> </ul>  | ◎ |
| 経済性     | <ul style="list-style-type: none"> <li>・経済的な杭形式であり、辺境地の橋梁基礎に適している。</li> </ul>  | ◎   | <ul style="list-style-type: none"> <li>・仮締め切り、杭本数が多くなりコスト高になる。</li> </ul>   | △ |
| 総合評価    | <ul style="list-style-type: none"> <li>・比較的小規模な建設機械で施工可能であり経済的である。しかし、玉石、砂礫がある本架橋地点では、打ち込み不能になる可能性がある。</li> </ul>                                    | △   | <ul style="list-style-type: none"> <li>・洗掘に対する耐久性はあるが、工期短縮が難しいため、本事業に適していない。</li> </ul>   | ○ |
|         |  |   | <ul style="list-style-type: none"> <li>・経済性及び工期短縮を必要としている本事業に適した杭形式である。</li> </ul>  | ◎ |

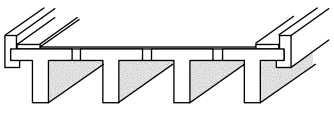
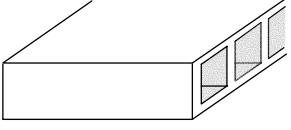
表3-14 橋台形式比較表

|        | 代替案-A  | 代替案-B  |   |
|--------|--|--|---|
| 橋台形式   | 逆T式橋台  | パイルベント橋台   |   |
| 概略図    |    |   |   |
| 構造特性   | <ul style="list-style-type: none"> <li>・パイルキャップを河床より下に設置するため、洗掘の影響を受けにくい。</li> <li>・大きな土圧荷重がかかるため、橋台躯体が大きく、杭本数が多くなる傾向がある。地震荷重に対して強固に抵抗することができる。</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>・パイルキャップを河床より上に設置するため、洗掘を防止するための強固な護岸工を敷設必要がある。</li> <li>・橋台にかかる土荷重を軽減できるため躯体が小さくまた杭本数が大幅に減少し、通常1列配置となる。</li> <li>・地震荷重には柔軟に抵抗できる。</li> </ul> |   |
| 施工性/工期 | <ul style="list-style-type: none"> <li>・パイルキャップが河床より下にあるため、水のある河川では鋼矢板による仮締め切りが必要となる。</li> <li>・掘削、躯体が大きくなり、また杭本数が多くなるため、施工工期が長くなる。</li> </ul>             | <ul style="list-style-type: none"> <li>・杭頭部が地上に出るため、杭の施工が簡単である。</li> <li>・掘削・躯体が小さく、また杭本数が非常に少ないので、施工工期を短縮することが可能である。</li> </ul>   | ○ |
| 維持管理   | <ul style="list-style-type: none"> <li>・洗掘に対する護岸工の維持管理を行う必要がある。</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>・洗掘に対する護岸工の維持管理を行う必要があるが、設計・施工に十分配慮すれば、維持管理は低減できる。</li> </ul>   | △ |
| 経済性    | <ul style="list-style-type: none"> <li>・橋台周辺は洗掘を防ぐ簡易な護岸工となるが、橋台が大型化するため、橋台の建設費は増加する。</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>・橋台を強固に護岸するためのコストが増加するが、橋台の建設コストが大幅に縮減できるため、全体的にコスト縮減ができる。</li> </ul>   | ◎ |
| 総合評価   | <ul style="list-style-type: none"> <li>・橋台周辺の洗掘に対する信頼性はあるが、工期短縮が難しく本事業の橋台形式に適しない。</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>・経済性及び工期短縮を必要としている本事業に適した橋台形式である。</li> </ul>  | ○ |

2) カルバート形式

橋梁案とカルバート案の2案が基本的に考えられる。両案の比較を表3-15に示す。

表3-15 橋梁/カルバート比較表

|      |              | 橋梁案   |   | カルバート案   |   |
|------|--------------|---|---|--|---|
|      |              |  |   |  |   |
| 河川工事 | 所要流下能力確保     | スパン長・橋脚高で確保   | ○ | カルバートの大きさ・個数で確保  | △ |
|      | 桁下空間(流木への措置) | 橋脚高で確保  | ○ | カルバートの高さで対応  | △ |
| 橋梁計画 | 経済性          | 工費の割合:100   | ○ | 工費割合:75  | ◎ |
|      | 工期           | 工期の割合:100   | ○ | 工期の割合:80   | ◎ |
|      | 道路としての機能     |   | ○ |  | ◎ |
| 総合判定 |              | ○   |   | ◎  |   |

河川条件の面からは橋梁が優れているが、橋梁計画からは経済性、建設工期の点でカルバート案が優れている。ボックス・カルバート形式を選定すれば、急速施工が可能であるため既存カルバートの撤去を含めて乾期(4月~11月)中に完成させることが可能である。また、仮橋を含む迂回路を省けるため建設費の節減となる。

(4) 取り付け道路構造

本事業の取り付け道路の幅員及び舗装構成は既設国道5号線の仕様と同一を基本とする。ただし、橋梁部の車道幅員は7.3m、道路の車道幅員は6.7mとなるため、橋梁取り付け部分で舗装を6.7m~7.3mに拡幅する。

(5) 河川構造物の基本構造

前述の通り対象4橋梁が架かる河川は急流で流れが速い上、河岸浸食や河床変動も発生しやすい地質条件であるため、洪水によって構造物の取付部や基礎が損傷を受けやすい。対象の4橋梁は全て洪水や水理的要因で深刻な損傷を受けている。従って、以下の点を考慮し、橋梁・カルバート自体を洪水に対して安全な構造とする。

- 橋台取付部及びカルバート両袖取付部の河岸浸食を防ぐ
- 橋脚を河床洗掘から保護する
- 新カルバートの基礎部の崩落を防ぐ

そのための対策として、表3-16の付帯河川構造物を設置する。

表 3-16 付帯河川構造物

| ルワジ橋           | ナンコクエ橋         | ナンヤング<br>カルバート | アンゴニ<br>カルバート  |
|----------------|----------------|----------------|----------------|
| 護岸<br>(練石、蛇かご) | 護岸<br>(練石、蛇かご) | 護岸<br>(練石、蛇かご) | 護岸<br>(練石、蛇かご) |
| 護床工            | 護床工            | 護床工            | 護床工            |
| 水制工            | -              | 帯工             | 落差工            |

また、架け替えた橋梁・カルバート自体が上下流の河川の河床低下や蛇行の誘発などに影響を与える可能性もある。従って、上記の付帯河川構造物を設置して橋梁周辺の河床低下や河岸浸食を防ぐことは、本事業による架橋地点の上下流の河川に大規模な河床低下や蛇行などの影響が及ぶことを防ぐことになる。

#### 1) 護岸工

##### a) タイプの選定

護岸タイプは以下の基本方針によって選定した。

- － 流れが特に速い区間はコンクリート製
- － 橋台保護及びその他の区間には練り石製
- － 河床の低下や変形に追従して護岸が変形しても構造物本体に影響を及ぼさない部分や、練り石やコンクリート製護岸と河岸の遷移区間には蛇かご製

コンクリート製護岸は他のタイプと比較して建設費が高くなる上、「マ」国では他の形式よりも維持管理が困難であるため、使用は最小限に留める。従って、アンゴニカルバート上流のコンクリートエプロン部の取り付け護岸を除き、練り石、蛇かご製の護岸を採用した。

##### b) 設置範囲

橋梁・カルバート直上下流の最小護岸設置区間は、日本の河川管理施設等構造令（日本河川協会）の規定に従った。練り石またはコンクリート護岸の場合は、この上下流に蛇かごの緩衝区間を設ける。また、水衝部、河岸浸食、河道が不安定な区間が架橋地点近くにある下記の部分については、橋台取付部の安全が特に問題となるため、構造令の規定よりも長い区間に護岸を設置する。

- － ルワジ橋上流サリマ側
- － ナンヤングカルバート上流バラカ側
- － ナンコクエ橋上流バラカ側

護岸高さは原則として設計洪水位までとする。ただし、橋桁下及び橋梁直上下流は橋台保護の目的から周辺地形に合わせて設計洪水位以上の高さまで設置した。護岸背後の地盤が低い場合で、橋台取付部保護上問題がないと判断される場合には護岸は現状の現地盤までとした。



c) 河川の水利用への配慮

河川は周辺住民の水場として利用されている。住民への配慮から、ナンコクエ橋の下流左右岸の護岸には75cm幅の階段を取り付ける。その他の河川については、地形的に階段が無くても河道に降りることができる。

2) 水制工

原則として既存の蛇かご製水制工を利用する。迂回路建設時に取り壊す部分は、原位置に既存水制工と同形式・同断面の蛇かご製水制工を復元する。ただし、既存水制工は河道への突き出しが長すぎて橋台取付部に水衝部を形成しているため、既存水制工の長さを下記の通り短縮する。

- － 上流バラカ側:既存水制工4基あり。架橋地点に近い方から順に9.5m、8.5m、2.5m短縮する。最上流の水制工は現状維持とする。
- － 下流サリマ側:既存水制工3基あり。架橋地点に最も近い水制工のみ3.5m短縮する。その他の水制工は現状維持とする。

3) 護床工

構造物周辺の洗掘を防止するために設置する蛇かご製の護床工を設置する。橋脚周辺は最大洗掘深の2倍の区間(洗掘深3.0m x 2 = 6.0m)とする。護岸基礎の保護のため3.0m、カルバートのコンクリートエプロンの上流側に6.0m、下流側に10.0mに蛇かご護床工を設置する。また、現況では大規模洪水時の噴流によってナンヤングカルバート直下流が深掘れ直径約25m最大深さ約4mの穴が形成されている。この浸食が架け替えカルバートの基礎に及ぶことを防ぐため、カルバート下流のエプロン直下流に深さ3mのコンクリート製帯工、その下流10mの区間に蛇かご護床工を設置する。

4) 落差工

アンゴニカルバートの落差工設計時に考慮すべき事項は下記2点に留意して設計した。

- － 約180m下流に鉄道橋があるため落差工はこれに水理的影響を与えないよう洪水流の減勢を確実にこなう。
- － 下流の鉄道橋に構造物が近づきすぎないよう、カルバート地点から約70m程度の区間に収める。
- － 下流における周辺住民の水利用機会(洗濯、水浴び等)を改修によって損なわないよう配慮する。



現況:長年河岸浸食、河床低下を放置してきたため、カルバート直下流に約6mの高落差が生じている。応急処置の蛇かご落差工の基礎部は河床の洗掘によって浮いた状態にあり危険である。

写真 3-1 アンゴニカルバート現況

a) 全体計画の検討

日本の河川構造令に従えば、通常落差工の落差は 2m 程度以下とされているため、低落差工を 3 段以上設置する可能性も検討した。しかし、構造物の全区間が約 100m に達して長くなりすぎるため、約 6m の落差を 2 段または 1 段で減勢させるタイプを比較検討し、表 3-17 に示す。

検討の結果、構造物の安全確保と水流の減勢効果の観点から、表 3-17 中の C 案の約 5.3m の落差を 1 段で流下させるタイプが適切と判断した。アンゴニカルバートと落差工の標準断面図を図 3-4 に示す。

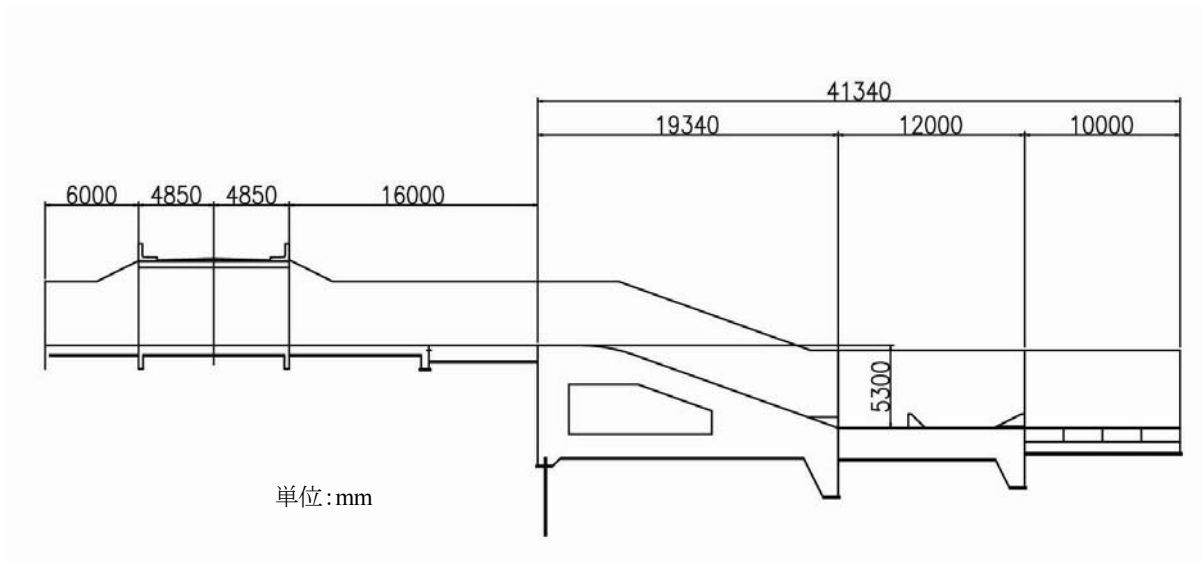


図 3-4 アンゴニカルバート及び落差工の標準断面図

表 3-17 アンゴニカルバート下流 落差工比較表

| 案   | 概念図 (縦断面)           | 評価  |
|-----|---------------------|---|
| A案: | <p>下流2段</p>         | <p>△</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 1基あたりの落差工本体の規模が比較的小さくなる。(ただし2基必要)</li> <li>・ 第1落差工本体・水叩きが現河床から3-4m程度高い位置になるため、埋め戻し、コンクリート置き換え、杭などの方法で構造物の基礎となる地盤を造り出す必要がある。高建設費と高品質 施工が必要となる。</li> <li>・ 人工地盤上の第1水叩きに約3m上方から落水が直撃するため、将来的に沈下など変形が発生する可能性がある。</li> <li>・ 長期的な構造物の安全に不安がある。</li> </ul>  |
| B案: | <p>上流1段+下流1段</p>    | <p>×</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 1基あたりの落差工本体の規模が比較的小さくなる。(ただし2基必要)</li> <li>・ 他案よりもカルバートが約10m長くなる。</li> <li>・ 流量によっては、射流、跳水等水利的に危険な流れがカルバート内を流下する場合があります、カルバート本体が損傷を受ける危険がある。</li> <li>・ 上流側の河道変化(河岸侵食、蛇行等)を誘発する可能性がある。</li> </ul>   |
| C案: | <p>下流1段 重力式</p>     | <p>○</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 全案中、最も確実に落差工と新カルバートの安全が確保できる。</li> <li>○ 確実に減勢が可能。</li> <li>○ 中込に比較的低品質の材料を使うことができる。(既存構造物の撤去で発生するコンクリート塊等の再利用ができる。)</li> <li>・ 落差工本体の体積(コンクリート量)が大きくなる。</li> <li>・ 高落差の水流を確実に減勢できるよう設計上特に注意が必要。</li> </ul>   |
| D案: | <p>既存落差工の基礎処理のみ</p> | <p>×</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ (高価な基礎処理法を採用しない場合)比較案中最も低コスト</li> <li>・ 既存落差工の基礎部は河床低下のため支えを失って浮いた状態になっているが、現況を完全に把握するのは困難。このため、基礎処理が不完全となる可能性がある。他案と異なり、前面に埋め戻しと新設構造物が設置されないため、基礎処理の不備が落差部の損傷・崩壊に直結する。</li> <li>・ 落下水流の減勢が確実にできない。</li> <li>・ 新カルバート建設工事による掘削作業や振動によって、既存落差工裏の土質が乱されて落差部が崩壊しやすくなる危険がある。</li> <li>・ 今後も布団籠の損傷や直下流部の洗掘が進行する可能性が高い。</li> <li>・ 上記が原因となって、落差工全体と新カルバートが崩壊する可能性があり、長期的な構造物の安定性・耐久性が確保できない。</li> </ul> |

## b) 本体縦断計画

既存落差工直下の落差は約 6m であるが、新設落差工の基礎地盤位置や下流減勢工の標高から、新設落差工の落差は 5.3m とする。落差工の設計条件を表 3-18 に示す。

表 3-18 落差工設計条件

| 設計項目   | 設定条件  | 設定根拠   |
|--------|---|--|
| 設計洪水流量 | 165m <sup>3</sup> /s                                | 50 年確率洪水流量。アンゴニカルバートの設計洪水流量と同じとする。           |
| 落差工幅   | 21.2m   | カルバート開口部の幅 (5m×4 門)+中間隔壁部材圧 (0.4m×3)         |
| 設計荷重   | 自重 (無筋コンクリート 23.03kN/m <sup>3</sup> )、水重、土圧、揚圧力、静水圧 | 「建設省河川砂防技術基準(案)」(平成9年)*<br>「道路橋示方書」(平成 14 年) |

\*: 通常の落差工よりも規模が大きい構造物となるため、設計に当たっては、同基準(案)のうち必要に応じ、堰、砂防ダム、重力式コンクリートダムの項も一部適用した。

上記の設計条件、基礎地盤条件から転倒、滑動、地盤の支持力に対する安全を検討した結果、落差工本体は下記の構造となった。

- 重力式コンクリート
- 下流側斜面勾配: 1:2.8、上流側斜面勾配: 垂直
- 天端幅: 4.5m
- 本体高さ: 7.2m
- 直接基礎

本体部の体積は約 2,200 m<sup>3</sup> となる。コンクリート使用量を最小限にとどめて建設材料費を削減するため、重量のみで強度が要求されない本体内部は巨石とコンクリート廃材をモルタルで埋めた練り石を中込として用いる。落差工兩岸及び基礎地盤は浸透による土粒子の流失が懸念されるため、本体下に鋼矢板を 5m 打ち込む。

本体下流の減勢工は、短い区間長で確実に減勢が期待できるバップアーブロック、シュートブロック、エンドシル付きの減勢工を採用した。また、減勢工下流の洗掘を防止するため 18m の区間に蛇かごによる護床工を設置する。蛇かご護床工の一部に凹部を作ることで水溜りができるため、これを周辺住民の水場として提供する。

## c) 平面計画

洪水時には高速流が流下するため、上流河道、カルバート、落差工、下流河道が直線となるよう配置した。また、これによって新設落差工は、ほぼ既存の河道区間内に配置されることになるため掘削量を最小限にとどめることができる。縦断方向と同様、構造物沿いの浸透による土粒子の流失を防ぐため、本体両側にも浸透路長を確保する隔壁を設置する。隔壁の高さが最高で約 15m に達するため、コンクリート隔壁建設よりも鋼矢板打ち込みが適切であると判断した。本体、減勢工、護床工を含めた落差工の全長は約 70m となる。

(6) 施設規模概要

基本方針に基づいて計画した施設の内容及び規模を表 3-19、表 3-20 に示す。

表 3-19 ルワジ橋及びナンコクエ橋の内容・規模

| 項目                        | ルワジ橋   | ナンコクエ橋   |
|---------------------------|--|--|
| 改修方法                      | 橋梁での架け替え   | 橋梁での架け替え   |
| 架橋地点標高                    | 約 497m   | 約 535m   |
| 現況交通量<br>(7:00～19:00)     | 車両:460 台/12 時間<br>自転車・バイク:187 台/12 時間<br>歩行者:145 人/12 時間             | 車両:378 台/12 時間<br>自転車・バイク:392 台/12 時間<br>歩行者:708 人/12 時間             |
| 対象河川名<br>設計洪水流量           | ルワジ川<br>310 m <sup>3</sup> /sec                                      | ナンコクエ川<br>415 m <sup>3</sup> /sec                                    |
| 橋長<br>(スパン割)              | 50.0 m<br>(25.0m + 25.0m)  | 42.0 m<br>(21.0m + 21.0m)  |
| 橋梁形式<br>上部工<br>下部工<br>基礎工 | PCプレキャストT桁(4主桁)<br>橋脚:パイルベント(φ 1.2m)<br>橋台:小橋台<br>場所打コンクリート杭(φ 1.2m) | PCプレキャストT桁(4主桁)<br>橋脚:パイルベント(φ 1.2m)<br>橋台:小橋台<br>場所打コンクリート杭(φ 1.2m) |
| 取付道路                      | バラカ側: 10m<br>サリマ側: 10m   | バラカ側: 10m<br>サリマ側: 10m   |
| 護岸工                       | 練り石張:470 m <sup>3</sup><br>蛇かご:140m <sup>3</sup>                     | 練り石張:680 m <sup>3</sup><br>蛇かご:150m <sup>3</sup>                     |
| 水制工                       | 蛇かご:150m <sup>3</sup>  | 無し   |
| 護床工                       | 蛇かご:185m <sup>3</sup>  | 蛇かご:190m <sup>3</sup>  |
| 高欄                        | コンクリート高欄   | コンクリート高欄   |
| 迂回路                       | 迂回路(W=4.0m)延長:120m<br>仮橋(ベイリー橋):30m                                  | 迂回路(W=4.0m)延長:120m<br>仮橋(ベイリー橋):30m                                  |

表 3-20 アンゴニカルバート及びナンヤングカルバートの内容・規模

| 項目                     | アンゴニカルバート  | ナンヤングカルバート   |
|------------------------|--|--|
| 改修方法                   | カルバートでの架け替え  | カルバートでの架け替え  |
| 架橋地点標高                 | 約 698m   | 約 630m   |
| 現況交通量<br>(7:00～19:00)  | 車両:300 台/12 時間<br>自転車・バイク:300 台/12 時間<br>歩行者:280 人/12 時間           | 車両:390 台/12 時間<br>自転車・バイク:604 台/12 時間<br>歩行者:280 人/12 時間 |
| 対象河川名<br>設計洪水流量        | アンゴニ川<br>165 m <sup>3</sup> /sec                                   | ナンヤング川<br>180 m <sup>3</sup> /sec                        |
| カルバート形式<br>内空断面<br>基礎工 | 4連 RC ボックス・カルバート<br>4 x 5.0m x 5.0m<br>直接基礎                        | 3 連 RC ボックス・カルバート<br>3 x 5.0m x 6.0m<br>直接基礎             |
| カルバート長                 | 10.0m  | 15.0m  |
| 取付道路                   | バラカ側: 10m<br>サリマ側: 10m   | バラカ側: 10m<br>サリマ側: 10m                                   |
| 護岸工                    | 蛇かご:250 m <sup>3</sup>   | 練り石張:1,000m <sup>3</sup><br>蛇かご:240m <sup>3</sup>        |
| 落差工                    | 落差:6.0m<br>コンクリート:2,900m <sup>3</sup><br>貧コンクリート:540m <sup>3</sup> | 無し   |
| 護床工                    | 蛇かご:700m <sup>3</sup><br>コンクリートブロック:120 個                          | 蛇かご:230m <sup>3</sup><br>コンクリート:300m <sup>3</sup> (帯工)   |
| 高欄                     | コンクリート高欄   | ガードレール   |
| 迂回路                    | 迂回路(W=4.0m)延長 150m   | 迂回路(W=4.0m)延長:150m                                       |

### 3-2-3 基本設計図

以上の基本計画に基づいて作成した基本設計図面を資料-6 に掲載する。

### 3-2-4 施工計画

#### 3-2-4-1 施工方針

2004 年 12 月から 2005 年 1 月にかけての現地調査の結果、対象橋梁が架かる河川の洪水は強い降雨の直後に河川が急激に増水する特徴を有することが判明した。単年度での実施スケジュールを想定した場合、4 橋同時着工となるが、雨期明けの 4 月下旬の迂回路建設の着手から始まる河川内工事は安全及び工費の増加を抑えるため、橋梁の桁架設までを 2006 年 11 月（乾期中）までに実施することとする。またカルバートは工期短縮が可能のため 2006 年 11 月（乾期中）に全ての作業を完了させ、交通開放する実施スケジュールを計画する。また、12 月中旬から 1 月中旬までの期間はクリスマス・新年の休暇となり工事進捗が大幅に低下することを見込んで、事業は 2007 年 2 月末までに完了させる計画とする。

#### 3-2-4-2 施工上の留意事項

計画実施に際しての留意すべき事項を以下に示す。

1) 労働基準の尊重

建設業者は「マ」国の現行建設関連法規に遵守し、雇用に伴う適切な労働条件や慣習を尊重し、労働者との紛争を防止すると共に安全を確保するものとする。

2) 工事期間中の環境保全

工事開始前に「マ」国天然資源・環境省 (Ministry of Natural Resources and Environmental Affairs) による本計画に関わる工事許可証を受領する際、許可の前提となる環境側面の遵守事項があれば、これらについて配慮して施工計画に反映させる。

3) 現場の厳重な警備の必要性

本計画は、幹線道路沿いではあるが主要都市から離れた現場で実施される工事である。工事に関わる要員の安全及び夜間の資材及び機材盗難防止を確実にするために、サリマ又はバラカ警察署による警備の提供を要請する。

4) クリスマス・新年休暇

現地調査の結果、地元の建設会社は12月中旬から1月中旬にかけてクリスマス・新年休暇を長期間取得することが判明している。よって、この期間の作業効率は大幅に下がることを考慮した作業スケジュールを計画する。

5) 通関事情

自国の港湾施設を保有しない「マ」国は、日本あるいは第三国から調達されるすべての建設資機材は近隣国南アフリカ共和国経由で搬入される。従って、輸送、荷下ろし及び通関手続き等の所要日数を十分に考慮した施工計画を立案する。

6) 交通安全対策

本工事では、現橋位置に橋梁を架け替えるため、仮設の橋梁と迂回路に交通を切り回す工事を行う必要がある。この場合、片側交互通行で交通を開放することになる。このような状況下において、交通規制、通行車両及び歩行者の円滑な誘導、工事現場の安全性確保のために「マ」国側に交通管理の為に交通警察の配置を要請すると共に建設業者との契約に交通安全板、迂回路案内板、簡易な夜間照明等の設置を規定し、これら片側交互通行箇所毎の交通安全仮施設を計画し、交通事故等の発生を抑止する。

7) 桁の輸送に関する配慮

本工事では、PCプレキャスト桁のような長尺物の輸送が必要となる。桁の製作に際しては、輸送路の幾何線形に留意し桁長を適正なものとする。

### 3-2-4-3 施工区分

本無償資金協力事業を実施する場合、日本及び「マ」国政府それぞれの負担事項の概要は以下の通りである。

表 3-21 日本及び「マ」国政府それぞれの負担事項

| 日本側負担事項  | 「マ」国側負担事項  |
|--|--|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>－ 「基本計画」に示された対象 4 橋梁の架け替えと取り付け道路及び護岸・護床工・落差工等の河川構造物の設置</li> <li>－ 仮施設（資機材ヤード、事務所、宿舍等）の建設・撤去</li> <li>－ 既存橋梁・カルバートの撤去及び廃材運搬</li> <li>－ 工事期間中における工事及び工事区域内を通過する一般交通の安全対策</li> <li>－ 工事期間中における工事による環境汚染防止対策</li> <li>－ 「資機材調達計画」に示された建設資機材の調達、輸入及び輸送。輸入機材については調達国への再輸出</li> <li>－ 「施工監理計画」で示された実施設計、入札・契約書の作成、入札補助及び工事の施工監理。環境管理計画の監視</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>－ 本事業建設に必要な用地の確保</li> <li>－ 本事業工事に支障する公共施設の移設工事（電力線、通信線、看板等）</li> <li>－ キャンプヤード、建設ヤード及び仮施設用地の無償提供</li> <li>－ キャンプヤード、建設ヤードまでの電力・電話配線工事</li> <li>－ ルワジ橋、ナンコクエ橋に仮橋として使用しているベイリー橋を建設期間中の無償提供</li> <li>－ 環境社会配慮関連事項(IEE)の実施・承認</li> <li>－ 本協力事業工事中から影響を受ける農作物の損害補償</li> <li>－ 工事サイト及び仮施設の警備（警察官の無償配置）</li> <li>－ 迂回路（既存主要道路で車両が迂回できる路線）を含めた交通マネジメント対応の警官の配置</li> <li>－ 本事業工事に関連して輸入する資機材の「マ」国政府が課す関税、国内税、その他税政上の課徴金等の免除</li> <li>－ 本事業に関係する日本人及び第三人の入国、滞在等に対する便宜供与</li> <li>－ 銀行手数料の負担（銀行口座(B/A)開設、支払授權書(A/P)の手続き)</li> </ul> |

#### 3-2-4-4 施工監理計画/調達監理計画

##### (1) コンサルタントの施工監理/調達管理方針

日本国政府による工事契約の認証を受け、コンサルタントは工事業者に対し工事着工命令を発行し、施工監理業務に着手する。施工監理業務では工事進捗状況を「マ」国政府道路公団、現地 JICA 事務所等に直接報告すると共に施工業者には作業進捗、品質、安全、支払いに関わる事務行為及び技術的に工事に関する改善策、提案等の業務を行う。また必要に応じ在ザンビア日本大使館に対し報告・調整・協議を行なう。また、施工監理の完了から1年後、瑕疵検査を行う。これをもってコンサルタントサービスを完了する。

##### (2) コンサルタントの施工監理実施体制

業務主任は現地駐在を基本とし、施工監理とともに業務調整作業等を行う。各工事段階で必要と考えられる技術者の役割を以下に示す。

- － 業務主任 : 業務が円滑に遂行される為の調整業務及び技術的管理業務、日常管理業務及び工程管理業務
- － 橋梁技術者 : 橋梁工事に対し現場で発生し得る相違事項での対処



- 河川技術者 : 河川構造物工事に対し現場で発生し得る相違事項での対処

3-2-4-5 品質管理計画

本基本設計の橋梁及び道路は日本の設計基準を基本に設計されている。また、「マ」国には道路及び橋梁設計マニュアルはあるが品質管理基準の細目まで規定されていない。このため、本プロジェクトの品質管理は、土木工事標準仕様書を補完する形で表 3-22 に示す品質管理計画に従って行うものとした。

表 3-22 品質管理項目一覧表 (案)

| 項目                 |                    | 試験方法                   |                              | 試験頻度      |           |     |
|--------------------|--------------------|------------------------|------------------------------|-----------|-----------|-----|
| 路盤 (砕石)            | 配合材料               | 液性限界、塑性指数 (< フルイ No.4) |                              | 配合毎       |           |     |
|                    |                    | 粒度分布 (配合)              |                              |           |           |     |
|                    |                    | 骨材強度試験 (TFV)           |                              |           |           |     |
|                    |                    | 骨材密度試験                 |                              |           |           |     |
|                    |                    | 最大乾燥密度 (締固め試験)         |                              |           |           |     |
|                    | 敷設                 | 密度試験 (締固め率)            |                              | 1 回/日     |           |     |
| プライムコート<br>・タックコート | 材料                 | 瀝青材                    | 品質証明書                        | 材料毎       |           |     |
|                    |                    |                        | 保管・散布時の温度                    | 配送毎       |           |     |
| アスファルト             | 材料                 | 瀝青材                    | 品質保証書・成分分析表                  | 材料毎       |           |     |
|                    |                    |                        | 骨材                           | 粒度分布 (配合) | 配合毎、1 回/月 |     |
|                    |                    | 吸水率                    |                              | 材料毎       |           |     |
|                    |                    | 骨材強度試験 (TFV)           |                              |           |           |     |
|                    | 配合試験               |                        | 安定度                          | 配合毎       |           |     |
|                    |                    |                        | フロー値                         |           |           |     |
|                    |                    |                        | 空隙率                          |           |           |     |
|                    |                    |                        | 骨材空隙率                        |           |           |     |
|                    |                    |                        | 引張強度 (Indirect)              |           |           |     |
|                    |                    |                        | 残留安定度                        |           |           |     |
|                    |                    |                        | 設計アスファルト量                    |           |           |     |
| 舗設                 |                    | 混合時の設定温度               | 適宜                           |           |           |     |
|                    |                    | 敷きならし時の温度              | 運搬毎                          |           |           |     |
|                    |                    | サンプリング・マーシャルテスト        | 1 回/日程度                      |           |           |     |
| コンクリート             | 材料                 | セメント                   | 品質証明書、化学・物理試験結果              | 材料毎       |           |     |
|                    |                    |                        | 水                            | 成分試験結果    | 材料毎       |     |
|                    |                    | 混和剤                    | 品質証明書、成分分析表                  |           | 材料毎       |     |
|                    |                    |                        | 細骨材                          | 絶乾比重      |           | 材料毎 |
|                    |                    |                        |                              | 粒度分布、粗粒率  |           |     |
|                    |                    | 粘土塊と軟質微片率              |                              |           |           |     |
|                    |                    | 粗骨材                    | 絶乾比重                         |           | 材料毎       |     |
|                    |                    |                        | 薄片含有率                        |           |           |     |
|                    |                    |                        | 粒度分布 (混合)                    |           |           |     |
|                    |                    |                        | 硫化ナトリウム診断 (損失質量)             |           |           |     |
|                    | 配合試験時              |                        | 圧縮強度試験 (供試体 Cube)            | 配合毎       |           |     |
|                    | 打設時                | スランプ (Concrete)        |                              | 1 回/日     |           |     |
|                    |                    | 温度                     |                              | 1 回/日     |           |     |
| 強度                 | 圧縮強度試験 (7 日, 28 日) |                        | 1 回/日 or 50m <sup>3</sup> 以上 |           |           |     |
| 鉄筋                 | 材料                 | 品質証明書、引張試験結果           |                              | ロット単位     |           |     |
| 構造用鋼材              | 材料                 | ミルシート                  |                              | ロット単位     |           |     |

3-2-4-6 資機材調達計画

「マ」国内においては、橋梁工事に関わる資材は、構造用鋼材、支承、伸縮継手等は調達でないが、第3国の南アフリカ共和国ではこれらの資材のほとんどが調達可能である。道路建設関係の建設機械は「マ」国内において調達可能である。ただし、橋梁の製

作・架設機械は「マ」国内において調達不可能であり、南アフリカ共和国からの第3国調達となる。生コンクリートプラントは「マ」国内にはないため、コンクリートの品質管理を効率的に行うためコンクリートプラントをキャンプヤード内に建設する。サリマ-リロングウェ間に位置する採石場では、クラッシングプラントが稼動しているため、石材を購入することにする。表3-23及び表3-24に主要建設資材の調達可能先を示す。

表3-23 工事中材料の調達表

| 資材名     | 現地調達 | 日本調達 | 第三国調達    | 調達理由   | 輸送ルート |
|---------|------|------|----------|--------|-------|
| セメント    |      |      | 南アフリカ共和国 | 現地生産なし | 内陸輸送  |
| 骨材      | ○    |      |          |        |       |
| 鉄筋、PC鋼材 |      |      | 南アフリカ共和国 | 現地生産なし |       |
| 型鋼      |      |      | 南アフリカ共和国 | 現地生産なし |       |
| 合板(型枠用) | ○    |      |          |        |       |
| 燃料      | ○    |      |          |        |       |

表3-24 工事中機械調達表

| 機械名        | 仕様                | 賃貸・購入 | 現地 | 南アフリカ共和国 | 日本 | 輸送ルート                 |
|------------|-------------------|-------|----|----------|----|-----------------------|
| ブルドーザ      | 15t               | 賃貸    | ○  |          |    | 内陸輸送(ブランタイア-サリマ)      |
| バックホー      | 0.6m <sup>3</sup> | 賃貸    | ○  |          |    | 〃                     |
| ダンプトラック    | 10t               | 賃貸    | ○  |          |    | 〃                     |
| トラクターショベル  | 1.2m <sup>3</sup> | 賃貸    | ○  |          |    | 〃                     |
| トラッククレーン   | 20t               | 賃貸    |    | ○        |    | 内陸輸送(ジンバブエ、モザンビーク国経由) |
| クローラークレーン  | 35t               | 賃貸    |    | ○        |    | 〃                     |
| モーターグレイダー  | 3.1m              | 賃貸    | ○  |          |    | 内陸輸送(ブランタイア-サリマ)      |
| ロードローラ     | 10-12t            | 賃貸    | ○  |          |    | 〃                     |
| タイヤローラ     | 8-12t             | 賃貸    | ○  |          |    | 〃                     |
| 振動ローラ      | 0.8-1.1t          | 賃貸    | ○  |          |    | 〃                     |
| タンバ        | 60-100kg          | 賃貸    | ○  |          |    | 〃                     |
| 大型ブレーカー    | 800kg             | 賃貸    |    | ○        |    | 内陸輸送(ジンバブエ、モザンビーク国経由) |
| コンクリートプラント | 0.5m <sup>3</sup> | 賃貸    |    | ○        |    | 〃                     |
| 散水車        | 5500-6000lit      | 賃貸    | ○  |          |    | 内陸輸送(ブランタイア-サリマ)      |
| 鋼線ジャッキ     | 225t              | 賃貸    |    | ○        |    | 〃                     |

3-2-4-7 実施工程

コンサルタント業務は詳細設計、入札補助業務、施工監理業務及び本体工事に関わる交換公文（E/N）締結後、「マ」国政府との間でコンサルタント業務の契約を締結し、本事業を公式に無償資金協力事業として着手する。コンサルタントは詳細設計のための現地調査を2週間程度実施し、その後国内で詳細設計、入札書類の作成を実施する。引き続き「マ」国政府が行う入札業務の補助作業として、入札書類の準備、業者の資格審査、入札、業者選定、公示契約等の入札に係わる業務を補助する。この業務は最低4ヶ月を要する。入札を経て工事請負業者は「マ」国政府と工事契約を取り交わし、日本国政府に工事契約の承認を得た後、工事請負業者はコンサルタントより発給される工事着工命令書を受け工事を着手する。

対象4橋梁の建設は、雨期明けから4橋同時に着工する。カルバートの建設は工期短縮が可能のため乾期中に全ての作業を完了させ、MOTPW から部分完工証明を受けた後、交通を迂回路から5号線に開放する。工事期間は9ヶ月を見込む。ナンコクエ橋、ルワジ橋の建設は桁架設までを乾期中に実施し、全ての工事を12ヶ月で完了させる。

表 3-25 実施スケジュール

|       | 1        | 2        | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
|-------|----------|----------|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|
| 実施設計  | ■ (現地調査) |          |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |
|       |          | □ (国内作業) |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |
| 施工・調達 | ■ (工事準備) |          |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |
|       |          |          |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |
|       |          |          |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |
|       |          |          |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |

### 3-3 相手国負担事項の概要

#### 3-3-1 我が国無償資金協力における一般事項

- 事業計画の実施に必要なデータ、情報の提供
- 事業計画の実施に必要な用地の確保(道路用地、作業用地、資機材保管用地)
- 工事着工前の各工事サイトの整理(但し、既存橋梁の撤去は含まない)
- 日本国内の銀行に勘定を開設し、支払授權書を発行すること
- 「マ」国への荷役積み下ろし地点での速やかな積み下ろし作業、免税措置及び関税免除を確実に実施すること。
- 認証された契約に対して生産物或いはサービスの供給に関して、「マ」国内で課せられる関税、国内税金或いはその他の税金の免除を本計画に関与する日本法人または日本人に行うこと。
- 承認された契約に基づいて或いはサービスの供給に関係し、日本国籍を有する国民に「マ」国への入国及び作業の実施のための同国滞在を許可すること。
- 必要ならば、プロジェクトの実施に際しての許可、その他の権限を付与すること。
- プロジェクトによって建設される施設を正しくかつ効果的に維持・管理・保全すること。
- プロジェクトの作業範囲内で日本国の無償援助によって負担される費用以外のすべての費用を負担すること。

#### 3-3-2 本計画固有の事項

- IEE の作成・承認:2005 年 8 月初旬迄
- 工事の影響を受ける作物補償:2006 年 1 月迄
- 工事の影響を受ける配電線の移設:2006 年 1 月迄
- 仮設ヤードまでの電気・電話の配電線:2006 年 1 月迄
- メイン仮設ヤードの提供と整地及び対象橋梁毎の仮設ヤードの提供・整地:2006 年 1 月迄
- 住民対策専従者の配置:2006 年 2 月～2007 年 3 月まで
- 橋梁工事期間中の切回し道路、迂回路(既存主要道路で車両が迂回できる路線)を含めた交通マネジメント対応の警官の配置:4 名 2006 年 2 月～2007 年 3 月迄
- 工事期間中仮設キャンプヤードの警備のための警官の配置 2 名:
- ルワジ橋、ナンコクエ橋に架かるベイリー橋を迂回路の仮橋として無償貸与: 2006 年 3 月～2007 年 3 月迄

#### 3-4 プロジェクトの運営・維持管理計画

道路と橋梁の維持管理は、NRA のゾーン事務所が所管しており、本計画の場合は NRA リロングウェ・ゾーン事務所が担当する。維持管理作業は、以前は MOTPW 州事務所が行っていたが、現在は NRA が入札によって選定された民間会社に委託している。維持管理作業は、毎年定期的に行うもの、数年単位で行うものに大別される。本プロジェクトでは、以下に示す作業が必要である。

### 3-4-1 毎年必要な維持管理

- 毎年必要な点検・維持管理
- 橋面の排水管、支承周り、側溝等の排水溝に溜まった砂、ゴミの除去と清掃
- レーンマークの再塗布、ガードレール補修に代表される交通安全工の維持管理
- 護岸工・護床工・落差工・水制工の洪水後の点検・補修
- 路肩・法面の除草
- 流木等の撤去

### 3-4-2 数年単位で行う維持管理

- 概ね5年毎に行う橋面と取り付け道路の舗装のパッチング或いはオーバーレイ
- 概ね10年毎の頻度で実施する支承及び伸縮装置の点検補修

本計画では護岸工・護床工に蛇籠を使用しているが、蛇籠はワイヤーの摩耗・切断によって崩壊の可能性があるため永久構造物とは言えない。この状態を放置すると最悪の場合橋台背面の裏込め土砂が流出し、橋台背面の陥没、通行止めまでに発展する事が予見される。従って、洪水発生時には直ちに NRA によって点検作業を行い、蛇籠に損傷・崩壊等が確認された場合、NRA は緊急補修を実施することを要請する。

## 3-5 プロジェクトの概算事業費

### 3-5-1 協力対象事業の概算事業費

本計画を日本の無償資金協力により実施する場合に必要な総事業費は 7.19 億円で日本側負担額は約 7.04 億円、「マ」国側負担額は約 0.15 億円となり、先に述べた日本と「マ」国との負担区分に基づく双方の経費内訳は下記 (3) に示す積算条件によれば以下の通り見積もられる。

#### 3-5-1-1 日本側負担経費

表 3-26 日本側負担経費

| 事業費区分          | 概算事業費 (百万円) |
|----------------|-------------|
| (1) 建設費        | 618         |
| ア. アンゴニカルバート   | 225         |
| イ. ナンヤングカルバート  | 94          |
| ウ. ナンコクエ橋      | 144         |
| エ. ルワジ橋        | 155         |
| (2) 実施設計・施工監理費 | 86          |
| 合計             | 704         |

注) 為替レート:円/US\$ 1US\$=107.99円

クワッチャ/円 1クワッチャ=0.986円

## 3-5-1-2 「マ」国側負担経費

表 3-27 「マ」国側負担経費

| 事業費区分                                    | 金額(クワッチャ)  | 円貨換算(円)    |
|--|------------|------------|
| (1) 環境承認手続き及び承認取得                        | 1,303,000  | 1,280,000  |
| (2) 作物補償                                 | 248,000    | 236,000    |
| (3) 電話・電線の配電線の移設                         | 600,000    | 589,000    |
| (4) 電話・電線の架設ヤードまでの配線                     | 1,000,000  | 982,000    |
| (5) メイン仮設ヤード及び仮設ヤードの借地及び整地               | 166,000    | 163,000    |
| (6) 交通マネージメント対応の警官                       | 1,152,000  | 1,131,000  |
| (7) キャンプヤードの警備のための警官                     | 288,000    | 283,000    |
| (8) 既存ベイリー橋の貸与                           | 9,401,000  | 9,232,000  |
| (9) 銀行手数料の負担(銀行口座(B/A)開設、支払授權書(A/P)の手続き) | 1,466,000  | 1,440,000  |
| 合 計                                      | 15,616,000 | 15,336,000 |

## 3-5-1-3 積算条件

- 積算時期 : 平成 17 年 1 月 31 日
- クワッチャ為替交換レート\* : 1.0 クワッチャ=0.982 円=0.00909 US\$
- 米ドル為替交換レート\* : 1.0 US\$=105.25 円  
\*平成 17 年 1 月 31 日までの過去 6 ヶ月間平均
- 工事施工期間 : 12 ヶ月
- その他 : 本計画は日本政府の無償資金協力ガイドラインに従い実施される。上記概算事業費は、E/N 前に日本政府によって見直される。

## 3-5-2 運営・維持管理費

維持管理作業に毎年必要な金額は約 176 千クワッチャ(約 173 千円)である。その他、2 年毎に見込む護岸の補修費は約 2,093 千クワッチャ(2,056 千円)、5 年毎に行う舗装のオーバーレイ等の舗装補修費は約 703 千クワッチャ(約 690 千円)、10 年毎に行う支承・伸縮装置補修作業は約 415 千クワッチャ(約 408 千円)と見積もられる。これらを年平均に換算すると毎年約 1,229 千クワッチャ(約 1,212 千円)となる。

この金額に維持管理作業に毎年必要な費用を合計すると、約 1,405 千クワッチャ(約 1,385 千円)で、NRA の通年の維持管理予算 1,030 百万クワッチャ(約 1,012 百万円)の 0.14%に相当し、この金額は NRA による十分な維持管理が対応可能な範囲と判断される。

表 3-28 主な維持管理項目と費用

| 分類            | 頻度                | 点検部位  | 作業内容                     | 概算費用      |             | 備考              |
|---------------|-------------------|-------|--------------------------|-----------|-------------|-----------------|
|               |                   |       |                          | クワッチャ     | 千円<br>(相当額) |                 |
| 排水溝等の維持・管理    | 年2回               | 橋面排水  | 堆砂除去                     | 21,000    | 20,600      |                 |
|               |                   | 側溝    | 堆砂除去                     | 21,000    | 20,600      |                 |
| 交通安全工の維持・管理   | 年1回               | マーキング | 再塗布                      | 110,000   | 108,000     |                 |
| 道路の維持管理       | 年2回               | 路肩・法面 | 除草                       | 24,000    | 23,600      |                 |
| 毎年必要な維持管理費の合計 |                   |       |                          | 176,000   | 172,800     |                 |
| 護岸工・護床工の点検・補修 | 洪水時<br>(2年に一回を想定) | 護岸・護床 | 損傷箇所の修理                  | 2,093,000 | 2,056,000   | 設計数量の2%の復旧を見込む  |
| 舗装の維持補修       | 5年に1回             | 舗装表面  | オーバーレイ、舗装クラック、ポットホール等の補修 | 703,000   | 690,000     | 設計数量の20%の復旧を見込む |
| 支承・伸縮装置補修     | 10年に1回            | 鋼部材表面 | 現場塗装                     | 415,000   | 408,000     | 購入金額の10%を見込む    |

(注) 交換レート1.0 クワッチャ=0.982 円、間接費は直接工事費の30%を見込む。

## 第4章 プロジェクトの妥当性の検証



## 第4章 プロジェクトの妥当性の検証

### 4-1 プロジェクトの効果

本調査の中で実施した社会・経済・交通調査及び技術調査結果を踏まえて、本計画実施による効果は下記のように考えられる。

#### ・直接効果

| 現状と問題点   | 本計画での対策  | 計画の効果・改善の程度  |
|--|--|--|
| ルワジ橋、ナンコクエ橋は洪水により、大きな損傷を受け交通が遮断された。現在は車両通行のためベイリー橋が架けられているが、渡河時に減速通行を強いられており交通流の隘路となり、交通事故が増加している。 | 国道5号線上の標準橋梁幅員である2車線で車道幅員7.6mを採用した。                               | 本計画の実施によって交通流の隘路が解消され、交通事故の減少、輸送時間の短縮、走行費用の節約が可能となる。             |
| 橋梁の損傷による交通遮断が多発し、道路利用者から交通の信頼性が失われ、都市と集落を結ぶ安全で・確実なルートが確保されていない。                                    | カルバートは50年確率の洪水、橋梁は既往最大に対応した洪水流量を算出し、橋長を決定し、洪水に対して安全となる橋梁設計を採用した。 | カルバートの損壊、流失の危険性が減少することにより、道路利用者から交通の信頼性が回復し、国道5号線沿線の地域内交通が活性化する。 |
| 対象4橋梁は毎年洪水時に橋梁護岸等に損傷を受けるため、維持管理費が増大している。   | 橋梁周辺の護岸工は強固で、維持管理費を縮減できる練石積み形式を採用し、洗掘に対して十分な根入れをする。              | 橋梁周辺の護岸が安定し、洪水時の損傷が減少することにより、維持管理費が縮減する。                         |
| 対象の4橋梁は歩道がなく渡河する歩行者に対して危険な状態である。   | 本計画では歩車道を分離し片側1.2mの歩道を設けた。                                       | 交通事故・人身事故の減少が期待され、周辺住民の利便性が向上する。                                 |

裨益を受ける対象の範囲及びその規模は、サリマ、デッサ、ンチュウ県であり、その両地区の住民が直接的な裨益人口であり、1,100千人（「マ」国全体9,900千人の約11%）である。

注：人口統計は1990年の国勢調査に基づく

#### ・間接効果

本プロジェクト実施による間接効果は次のとおりである。

##### － 雇用機会の創出

橋梁の架け替えにより、走行時間の短縮及び走行コストが低減されることから都市と地域を結ぶ小型バスによる公共交通サービスが改善される。これにより地域住民が都市に出る機会が拡大し、雇用機会の創出・拡大に寄与する。

##### － 地域産業の活性化

橋梁の架け替えにより、国道5号線の陸上交通の安全・信頼性を改善させ、また国際輸送路としての整備が進行することにより、中部及び北方地域の農業セクターを活性化させ、またマラウイ湖の持つ潜在的な観光資源や、湖の漁業開発等の地域産業を活性化させる。

## 4-2 課題・提言

国道5号線は「マ」国経済を支える幹線道路であり、日本の無償資金協力を含めてEU開発基金、クウェート基金等多くの援助機関が支援を行っている。サリマ～コタコタ間には、橋梁の損傷度は小さいが幅員が狭く、1車線通行を余儀なくされている6橋梁が残っている。しかし、これらの橋梁に対する各援助機関による実施時期、実施内容が確定していない。本事業全体の効果発現をより効果的なものにするためには、今後はドナー間の調整を行い、速やかに6橋梁改修を実施される事が不可欠である。

本事業完成後の橋梁維持管理は、国家道路公団（NRA）が担当することになるが、対象4橋梁以外の既存橋梁は老朽化、維持管理不足、自然災害（洪水）による損傷などで近い将来道路交通施設環境の悪化が予測される。このためNRAは道路・橋梁維持管理計画を策定し実施中であるが、さらに道路網の中で重要な役割を果たす橋梁の維持管理を確実に実施するために、橋梁維持管理/マネージメントシステム（BMMS）を確立していく必要がある。「マ」国政府は本事業を活用し、バラカ～サリマ区間内の橋梁維持管理システム及び維持管理マニュアルを策定し、本事業の実施を通してカウンターパート及び維持管理要員をトレーニングすることを日本政府に要請することが望まれる。

## 4-3 プロジェクトの妥当性

国道5号線は「マ」国経済を支える幹線道路として位置付けられるが、洪水による橋梁の損傷状況を勘案すると本プロジェクトの緊急性は高く、また「マ」国の10ヵ年道路セクター投資プログラムでも本事業は最優先として位置付けられている。しかし、「マ」国の緊縮財政及び改修計画策定に必要な技術力を勘案するとその実現は困難が予見されるので、日本の無償資金協力の枠組みで資金及び技術の視点から「マ」国を支援することは意義のある事業であると考えられる。さらに、事業計画は以下に示す観点から妥当であると判断できる。

本事業実施による直接効果は、輸送時間の短縮、走行費用の節約、交通事故の減少が見込まれ、その裨益を受ける対象範囲及びその規模は、国道5号線の対象区間が直接通過するサリマ、デッサ、ンチェウの県であり、その直接裨益人口は約110万人と多く民生の安定に貢献する。これらの直接効果を勘案すれば本事業の実施は妥当であると判断できる。

本事業完成後の維持管理は、NRAが担当することとしており、道路橋梁点検、評価、補修計画書、予算確保、入札、業者選定等をシステム化して対応することとしている。また毎年必要な維持管理費は過去3年間の平均1,405千クワッチャと見積もられる。この額は国家道路公団の通年の維持管理予算である1,030百万クワッチャの0.14%にあたる。また、維持管理作業内容は従来実施している労働集約型なので、本施設の維持管理は財政的、技術的に問題なく実施されるものと考えられる。

現橋位置で架け替えを行うことで用地取得・住民移転、水利用、植物・既存インフラへの影響は最小限となり、環境社会配慮の点からは妥当な基本計画と言える。

## 4-4 結論

本プロジェクトは、前述のように多大な効果が期待されると同時に、本プロジェクトが「マ」国の幹線道路及びナカラ回廊への輸送手段である道路網の改善に寄与するものであり、また広義的に民生の安定にも寄与するといえる。さらに、協力対象事業は我が国の無償資金協力で実施したマンゴチ橋架け替え事業及びモザンビーク国で実施した国道8号線橋梁改修は、ナカラ回廊整備という我が国の基本路線に一致している。本プロジェクトの維持管理についても「マ」国側の人員・資金共に十分であり、問題はないと考えられる。