目　　次

概要

1. はじめに S-1
1.1 背景 S-1
1.2 調査の目的 S-2
1.3 調査対象地域 S-2
2. カズングラ渡河の課題 S-3
2.1 カズングラ渡河の位置付け S-3
2.2 フェリー運行と施設 S-4
2.3 国境施設 S-4
2.4 渡河交通 S-5
2.5 課題の改善と必要性 S-8
3. 将来経済フレームと将来交通量 S-10
3.1 経済発展の趨勢と将来展望 S-10
3.2 将来交通量 S-11
4. カズングラ渡河の改善計画 S-13
4.1 改善の基本的考え方と調査フロー S-13
4.2 フェリー改善計画 S-14
4.3 橋梁とアプローチ道路の建設計画 S-16
4.4 国境通過システムの改善計画 S-20
4.5 予備的事業費積算 S-24
5. カズングラ渡河改善計画の比較検討 S-25
5.1 経済評価 S-25
5.2 財務的考察 S-31
5.3 プロジェクトの効果 S-32
6. 結論と提言 S-34
6.1 事業実施計画 S-34
6.2 資金計画 S-35
6.3 事業実施体制と留意点 S-35

略 語 表

AADT	Average Annual Daily Traffic (**年平均日交通量**)
B/C	Benefit Cost Ratio (**費用便益比**)
BCF	Border Control Facility (**国境施設**)
BS	British Standard (**英国規格**)
EIA	Environmental Impact Assessment (**環境影響評価**)
ESCO	Engineering Services Corporation Ltd.
FIRR	Financial Internal Rate of Return (**財務的内部収益率**)
IEE	Initial Environmental Evaluation (**初期環境評価**)
IRR	Internal Rate of Return (**内部収益率**)
JICA	Japan International Cooperation Agency (**国際協力事業団**)
MOWS	Ministry of Works and Supply (**ザンビア国公共事業供給省**)
MWTC	Ministry Works and Transportation and Communication (**公共事業交通通信省**)
NPV	Net Present Value (**純現在価値**)
ODA	Official Development Assistance (**政府開発援助**)
OOF	Other Official Flow (**政府金融**)
SACU	South African Customs Union （**南部アフリカ諸国関税同盟**）
SADC	Southern African Development Community (**南部アフリカ開発共同体**)
SATCC	Southern Africa Transport and Communications Commission (**南部アフリカ交通通信委員会**)
VOC	Vehicle Operating Cost (**車両走行費用**)
VOCS	Vehicle Operation Cost Saving (**車両走行費用節約**)

1. はじめに

1.1 背景

調査対象プロジェクトがあるボツワナ、ザンビア国はSADCに属している。両国が加盟するSADCはコンゴの加盟により、14ヶ国になり、この地域での地域連合としての影響力を強化している。SADCの更なる経済的協調を実現するためには、加盟各国間の貿易障壁の撤去、人や物の自由な移動を確立することが必要である。ボツワナ、ザンビア両国はSADCの重要な構成国であり、この2国間の道路ネットワークの確立は、下記のような理由からSADC全体の経済発展のための重要な前提となる。

1) SADC諸国の社会・経済・政治的連携強化
2) SADC諸国経済格差の是正と均衡的発展および輸送費削減によるSADC製品の競争力強化
3) 南ア経済圏の拡張と国別機能分担（産業的特化の促進）
4) 産業間の依存性（Input-output Relation）の強化

しかし、この2国間の国境を流れるザンベジ川の渡河能力の不足は、人や物の流れを阻害し、この地域での経済活動の開発を阻止してきたひとつの要因である。現在、ボツワナ、ザンビア両国の国境であるカズングラでの唯一の交通手段はフェリーであるが、このフェリーは待ち時間の増大、不確定性等によって、道路ネットワーク上の隘路となりつつある。このような状況下で、両国国境での橋梁建設および国境施設の改善は、SADC域内交通体系の改善に貢献するものであり、下記のような多大な効果が期待されている。

1) 国民経済的効果

- 国民所得の増大
- 都市と辺境部間の格差是正
- 雇用の促進
- 輸出入の増大

2) 地域経済への効果

- 観光、サービス、木材加工等地場産業の興隆
- 輸送コスト削減による農業生産者価格（庭先価格）の上昇
- 輸送コスト削減による消費者価格の低減
- コミュニティ経済の活性化と地方政府の税収増
- コミュニテー開発など地域発展計画の促進

3) 輸送上の効果

- コンテナ輸送、複合一貫輸送など効率的輸送形態の促進
- 定常的かつ信頼できる輸送手段の確保
- 輸送上の事故の削減
- 荷傷みの削減

－ 関連道路交通整備計画の推進
－ Chain観光（2つ以上の観光目的地を訪れること）の促進
－ 越境・渡河交通改善の先駆的インパクト

4) 社会・治安上の効果

－ 麻薬、テロ等の取り締まり強化
－ HIV等疾病の予防
－ 交通事故の削減
－ 外部情報の迅速なる伝達
－ 緊急時の連絡

5) 環境・WID問題

－ 自然保護政策の徹底
－ フェリー廃液による水質汚濁の除去
－ 病院や文教施設へのEasy access によるBASIC HUMAN NEEDの充足
－ 交通貧困層(Transportation- poor)の救済
－ コミュニティ発展に伴う女性労働（保育、行商など）の軽減、WID問題への貢献

1.2 調査の目的

主な調査の目的は以下の通りである。

1) ボツワナ国―ザンビア国間のザンベジ川を横断するカズングラ橋の開発計画を策定することおよび橋梁近傍の国境施設の改善計画を策定すること。
2) 橋梁開発計画および国境施設の改善計画における技術的および経済性のフィージビリティーの検証、特に南部アフリカ地域への経済的インパクトの分析。
3) 技術移転の促進

1.3 調査対象地域

調査対象地域は、ボツワナ、ザンビア、ジンバブエ及びナミビアの国境に接するザンベジ川沿い周辺である。

2. カズングラ渡河の課題

2.1 カズングラ渡河の位置付け

本カズングラ渡河プロジェクトは、SADC圏内の南北回廊の改善に直接的に関係するものであり、架橋による輸送時間の短縮はSADC圏内の経済発展および経済統合に寄与することが期待される。

現在、カズングラ・フェリーを除き、輸送車がザンベジ川を渡河する手段は、ザンベジ川に架かる2つの橋（チルンド橋、ビクトリア・フォールズ橋）を利用するのみに限られている。これらの橋は、いずれもザンビアとジンバブエの国境に位置し、輸送面で以下のような難題を抱えている。

チルンド橋:

- この橋は、ザンビアからジンバブエを経由し南アへ結ぶ回廊上に位置する。この輸送ルートは、リンポポ川沿いのジンバブエ・南ア間の国境通過に非常に多くの時間を要し、国際輸送の大ボトルネックとなっている。
- 加えて、ジンバブエ・南ア間の国境施設では、SACU（南部アフリカ諸国関税同盟）加盟国と非加盟国との間の輸送車に対する厳しい通関手続きがとられており、これもまた交通遅延を引き起す要因となっている。
- また、このルート上にあるジンバブエの首都ハラレの前後合わせて300kmの区間では、勾配がきつく、カーブの続く箇所があり、ここでは時速20km/h程度の速度での走行を余儀なくされ、これがまた輸送上の障害となっている。

ビクトリア・フォールズ橋

- この橋は1902年に建造された古い構造物であるため、橋の耐荷的な問題から現在積載トン数55トン以上の大型車両に対して重量規制がされており、トレーラーを主とした大型車両は、多大な迂回をしてザンベジ川の他のクロッシングを利用せざるを得ない。
- この橋はもともと鉄道橋であったが、世界でも有数な観光地（ビクトリアの滝）に位置していることもあり、現在は主に旅行者や一般車両の通行に使用されている。

一方で、カズングラを経由する南北回廊には、上記2ルートとは対照的な利点を有している。

- ボツワナを通過するこのルートは、地形的性質から大部分において平坦であり、車両の走行性に優れている。
- ボツワナは、南アと共にSACUの加盟国の一つであるため、南ア国境での通関手続きはいたって簡単であり、貨物車両の国境通過におけるロスはほどんどない。
- カズングラ渡河に隣接するこのルートの状態は比較的良好であるため、リビングストン～カサネ間などの路面状況が劣悪な区間の必要最小限の改良により、輸送効率をあげることができる。

このように、本橋は有形・無形の形式にかかわらず、多大な効果が期待できる。SADC全体のマクロ経済に期待される効果としては次のことが考えられる。

- 将来的な輸送回廊の実現を見据えた地方産業の促進
- SADC加盟国間の国境を越えた既存産業の相互依存の関係強化
- 南ア国を中心とした経済圏の拡充
- 内陸国の港湾アクセスの向上と輸出産品の輸送費削減、さらにこれに伴う輸出品の国際競争力の強化
- 都市・農村間の格差是正と農村部での貧困問題の解消

2.2 フェリー運行と施設

1) フェリー運行の現況

カズングラでは1979年からフェリーの運行が開始され現在に至る。現在、1994年に英国から輸入された2隻の70トン船級のエンジン付フラット鋼製バージによって車両および歩行者を運搬している。フェリーの規模は、全長32.0mおよび型幅7.5mである。

フェリーの運営・管理はザンビア国・公共事業省の傘下にある半官半民のESCO (Engineering Services Corporation Ltd.)によって行われている。ESCOの本部はルサカ市にあるが、当カズングラ・フェリーの運営・管理はリビングストンにある南部地方事務所で行われている。ESCOの南部事務所は、管理部門、オペレーション部門および会計部門の3部門から構成され、全職員数は35名である。

2) フェリー運行に関する問題点

既存のフェリーの運行と施設には次のような問題点がある。

- 斜路 : 重車両等によるコンクリート舗装の損傷。
- 倉庫 : 燃料、部品等の貯蔵施設がなく、リビングストンからのピストン輸送。
- 駐車場 : 充分な面積がない。
- フェリー・エンジン : エンジン・トラブルとオイル洩れ。
- フェリー甲板 : 重車両による木製甲板の損傷。
- フェリー・プロペラ : 河床との接触による損傷。
- フェリー・ランプ : 重車両による歪み。
- 安全用具 : 使用期限切れのものを交換。
- 運行点検 : 定期的な点検がなされていない。

また、このような現況フェリーの制約は、長い渡河時間と積み残しの要因となっている。

2.3 国境施設

1) 国境施設の現況

カズングラ渡河の既設のザンビア～ボツワナ国境施設とボツワナ～ジンバブエ国境施設での交通の特徴は、前者の全交通量の約45%が大型または連結トレーラーであるの

のに対し、後者の83%は一般車両であった。

2) 国境施設の問題点

既存国境施設に対する課題は、以下の通りである。

- 適切に出入国手続きを行うための作業スペースが充分でない。
- 税関官吏の数が不足している。
- 出入国通関記録は手作業で行われており、記録ミスが起る可能性が大きい。
- 駐車場の広さは現在の交通量に対し不十分である。
- 貨物の検査を行うための上屋または倉庫がない。
- 適切な福祉施設がない。
- 野生動物の攻撃に対する適切な対策がとられていない。

このような状況下で、越境交通手続には多大な時間を要している。特に隣接する出入の手続において、越境貨物は重複する検査や手続を経ねばならなく、これは円滑な国際交通流を阻害する大原因となっている。

2.4 渡河交通

1) 交通量

交通調査を基に算定したカズングラフェリー地点での年平均日交通量（AADT）は140台であり、ザンベジ川の渡河交通量としてはチルンド橋に次いで大きい。カズングラの交通量は1992年の南アフリカ交通通信委員会（SATCC）による調査結果に対し、著しく増大している。この理由としては次の2点が挙げられる。

- 近隣のビクトリアフォール橋は老朽化のため大型車両の通行規制が行われており、多くの車両がカズングラフェリーへ転換していること。
- ジンバブエ国内の秩序悪化、ザンビア～ハラレ～南アルートの悪走行条件と南ア・ジンバブエ国境（バイト国境）の越境の不効率により、カズングラルート（ザンビア～ボツワナ～南アルート）を選好する車両が増大していること。

カズングラでの車両構成および時系列的交通量の推移を表2.1および図2.1に示す。

表2.1　調査日別交通量と車種構成

調査団	9月15日	9月16日	平均
乗用車	34	22	28
ピックアップ	34	38	36
ミニバス	6	10	8
バス	1	0	0.5
2軸または3軸トラック	0	0	0
トレーラー	0	0	0
連結トラック	4	7	5.5
連結トレーラー	41	75	58
Total	125	152	138.5

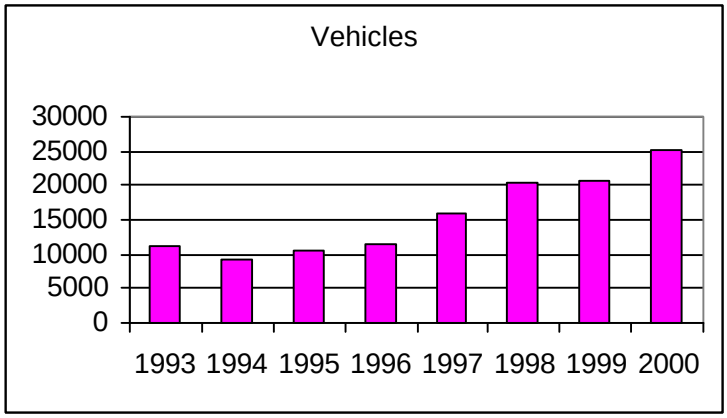


図2.1　カズングラでの交通量の推移

カズングラでの渡河交通は過去10年間着実に増加しており、2000年9月の交通調査における年平均日交通量は139台であり、既に1992年のSATCCによるZambezi Crossing Studyによる2008年の予測値93台を既に超えている。

カティマムリロフェリーは、この地点でのフェリーサービス水準の低さと両岸のアクセス道路の悪さのため減少傾向にあり、2000年9月の日交通量は10台と少ない。また、下流のビクトリアフォールズ橋の日交通量は、ジンバブエ国の社会・経済の不安定および老朽化のための大型車両規制により、45台程度と少ない。これに対しチルンド橋はザンベジ渡河交通の最大量を分担し、同年の年平均日交通量は221台であった。

2)　車種構成

カズングラ地点での車種構成の特徴は全体の2/3が貨物車類であることがあり、さらに大型貨物率が全体の42%と高いことである。中型貨物車は全体の26%である。大型車両が多い理由としては次の2点が考えられる。

- ビクトリアフォールズ橋の大型車規制により、多くの大型車がカズングラフェリーに転換している。
- 従来からカズングラはザンビアと南ア方面を結ぶSADC内の広域的大動脈に位置し、物流の幹線であること。

3)　ODパターン

カズングラでの主要なOD交通はザンビア～南ア間（全体の51%）およびザンビア～ボツワナ間交通（全体の23%）である。カズングラクロッシングでのODパターンを図2.2に示す。

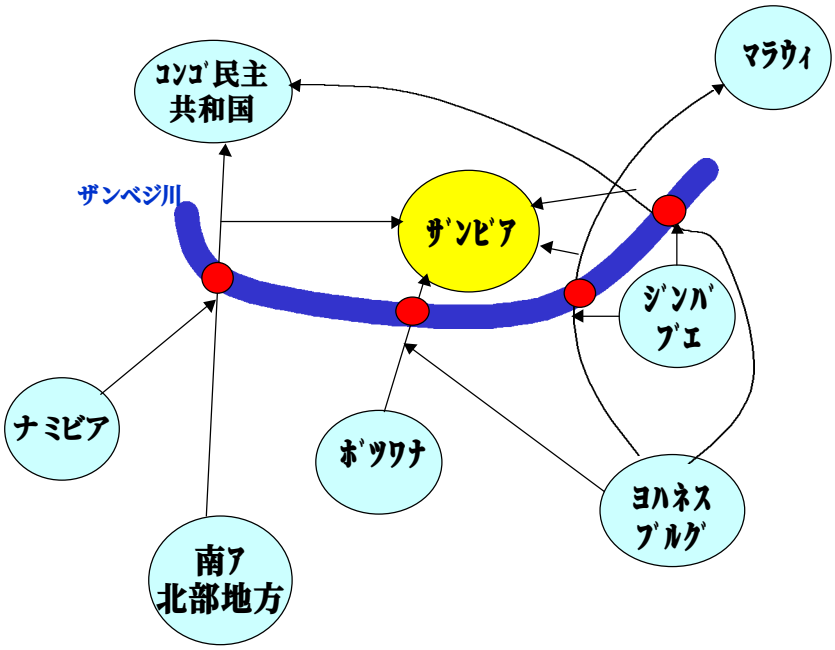


図2.2　ODパターン

4)　貨物種載品目

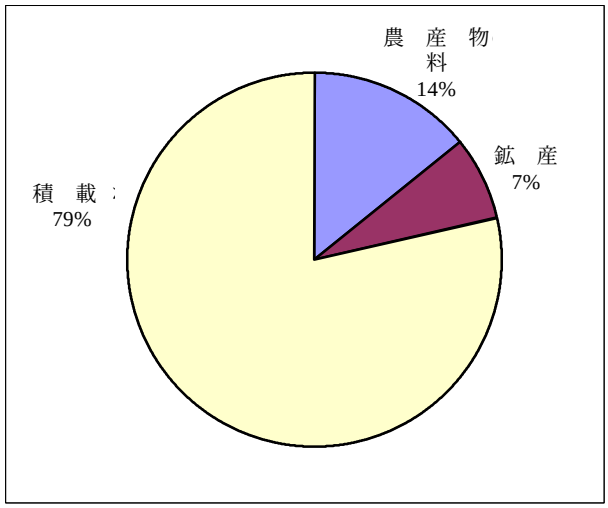
カズングラクロッシングでの貨物車移動の特徴として、北から南へ移動するトラックにおいて空車率が79%と極めて高いことがあげられる。

この理由としては下記の点が指摘される。

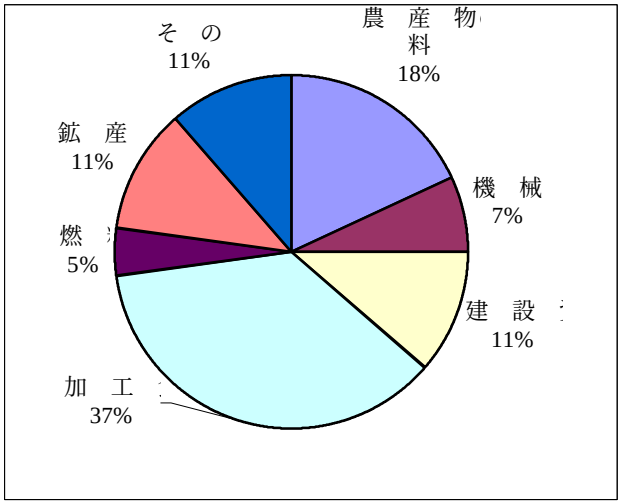
- 圏域内の輸送は南ア国の輸送業者に担ねられており、これらの業者は南アからの発送状況に応じてやや組織的、計画的に運行している。
- これに対してザンビアをはじめとした北の諸国は、産業の成熟度の制約から、その発送は断片的に行われている。
- 北からの輸出品は量的に少ない。

カズングラでの積載貨物品目の構成は以下のとおりである。

南→北交通　：　加工食品（37%）、農産物（18%）、機械類（7%）
北→南交通　：　農産物の原料（14%）および鉱産品（7%）



(a)　ザンビア→ボツワナ方面



(b)　ボツワナ→ザンビア方面

図2.3　　カズングラ渡河の積載状況（2000年）

2.5　　課題の改善と必要性

カズングラ渡河におけるボツワナ・ザンビア間の既設のフェリー、国境施設、渡河交通における課題の改善方策は次のとおりである。

1)　渡河交通

カズングラ渡河と隣接してザンベジ川を渡河するのは下流のチルンド橋（現在日本の無償で建設中）と上流のカティマムリロ橋（ドイツの援助で入札準備中）であるが、南アフリカ方面からザンビア方面に北上する交通としては、その地理的な位置と地形の平坦性からカズングラ渡河の交通が効率的である。この交通量を条件としたフェリーの運行と施設の改善、特に将来におけるフェリー運搬容量の増加等の改善が必要である。

2)　フェリー運行と施設

フェリー接岸部の斜路の損傷修復、倉庫の建設等を含む陸上部での改善とエンジン取替え、甲板の補修等フェリー台船そのものの改善がフェリー運行の現状維持また将来交通量の増加に伴い必要となる。

3)　国境施設

既存のトゥ・ストップ・ボーダー・コントロール・システムの国境施設ではその手続に多くの時間を要し、南部アフリカ地域における経済発展の障害となっている。この問題を解消するために1996年SADC会議で提案されているワン・ストップ・ボーダー・コントロール・システムの採用による国境施設の改善が必要である。また、それに伴う新しい施設計画が必要となる。

3. 将来経済フレームと将来交通量

3.1 経済発展の趨勢と将来展望

1) マクロ的考察

1990年代のSADC諸国の経済は停滞傾向にあった。この期間においては、ザンビア国をはじめとして、マイナスの経済成長であった国々もある。特にザンビア国においては基幹産業である銅の不振や天災による農業の不振により、90年代の経済成長率はマイナス3.2%であった。これに対して、ボツワナ国はダイヤモンド等の貴金属の成長に支えられ、4.8%という比較的高い経済成長を達成した。また、経済巨人である南ア国は0.2%程度の現状維持を達成した。90年代の南部アフリカ地域経済の特徴は、経済の2極的分解であり、ボツワナ、ナミビア等の比較的好調な経済成長を達成した国々から成るグループとザンビア、アンゴラ、マラウィ等マイナス成長を記録したグループに区分される。

このような90年代の経済停滞にもかかわらず、南部アフリカ地域の将来経済発展には明るい材料も少なくない。このようなものとしては以下の点が挙げられる。

- 豊富な地下資源や広大な土地に支えられた多大な開発ポテンシャル
- 内戦や動乱の停止による国内経済の立て直し
- 過去の経済機構の改善、民営化等による自由経済基盤の達成
- 域内交通運輸基盤整備が着実に進行していること

SADCの交通運輸部門であるSATCCはその報告書“Transport and Communications Integration – The catalyst for economic development in Southern Africa”で2000年代の好調な経済発展を予測している。また関連各国も国家計画の中で2000年代の楽観的な経済発展目標を掲げている。例えば、ザンビア国の2001年予算編成では4.2%の経済成長、またボツワナ国の第５次計画では年8.0%の経済目標を掲げている。

以上の認識から本社会経済フレームの設定に際しては、2015年までのSADC全体の経済成長率を悲観的ケースにおいて年率3.11%（ボツワナ4.30%、ザンビア3.80%）、また楽観的ケースでは3.31%（ボツワナ5.10%、ザンビア8.30%）で定めて、国別・地域別の経済成長率を予測した。予測結果を図3.1に示す。

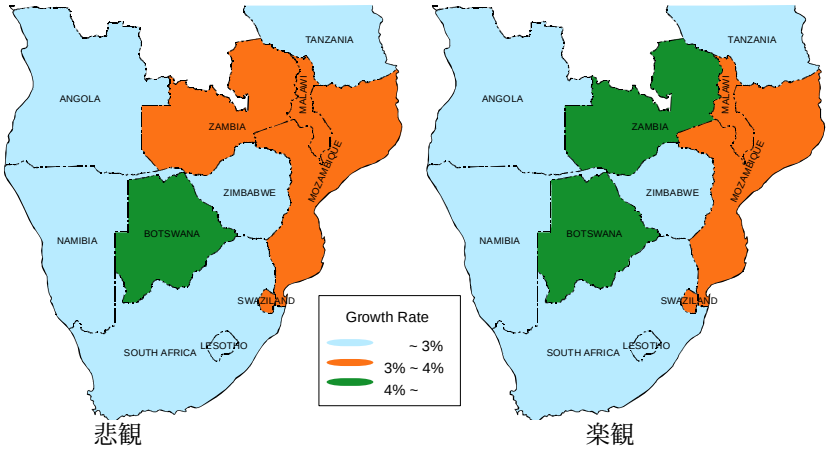


図3.1　2015年までの経済成長率

2)　調査対象地域周辺での地域発展計画

ボツワナ国観光マスタープランおよびザンビア国リビングストンディストリクトではザンベジ川周辺地域で下記の開発計画を策定しており、この地域の今後の発展が期待される。

a)　ボツワナ観光マスタープラン

この地域の2大観光名所であるオカバンゴ湿地帯、チョベ国立公園の整備を急いでおり、観光客の流入は今後年率9.3%で増加するものと見込んでいる。これによれば、2010年での観光客数は年間19万人と予測される。

b)　ザンビア国リビングストン地域リゾート開発計画

ザンベジ川北岸のリビングストン周辺では、南ア資本が中心になりリゾートホテルの開発が進められている。この計画は2001年完成を目標としており、総数400部屋程度の宿泊施設が開発される予定である。リビングストンはザンビア国の観光のメッカであったが、宿泊施設の不足が隣国のボツワナ、ジンバブエに比べて観光客を招致できない最大の制約であった。上記のホテル開発計画の実現により、リビングストン地区の宿泊施設は充実され、部屋数は現在のほぼ2倍となる予定である。

以上のボツワナ、ザンビア側双方による観光基盤の整備は、この地の最大の観光名勝であるジンバブエ側ビクトリアフォールズを中心としたチェーン観光者数を誘発するものと期待される。

3.2　将来交通量

将来交通量水準は社会・経済フレームでの経済成長率をベースに、交通量増加/経済成長率、弾力性1.3を想定して行われた。この結果、悲観的経済成長のケースでは2015年の交通量は2000年の1.75倍、また楽観的ケースでは2.56倍の水準になると予測された。

2015年における悲観的ケース、楽観的ケースによるカズングラ地点での交通量および他渡河地点での予測交通量を表3.1に示す。

表3.1　予測交通量（2015年）

	悲観		楽観	
	ケース1	ケース2	ケース1	ケース2
	改良フェリー	カズングラ橋建設	改良フェリー	カズングラ橋建設
カティマムリロ	65.9	32.3	78.7	40.0
カズングラ	276.0	349.1	387.9	475.0
ビクトリアフォールズ	72.2	68.8	84.4	78.4
チルンド	322.9	299.5	432.6	412.9
カロンゴラ	15.0	2.3	119.2	96.5
合計	752.0	752.0	1102.8	1102.8

図3.2は、カズングラ橋が建設された場合のカズングラにおける交通量の増加傾向を示している。楽観的ケースでは年8.56%、悲観的ケースでは年6.36%、将来交通量が増加することが期待される。

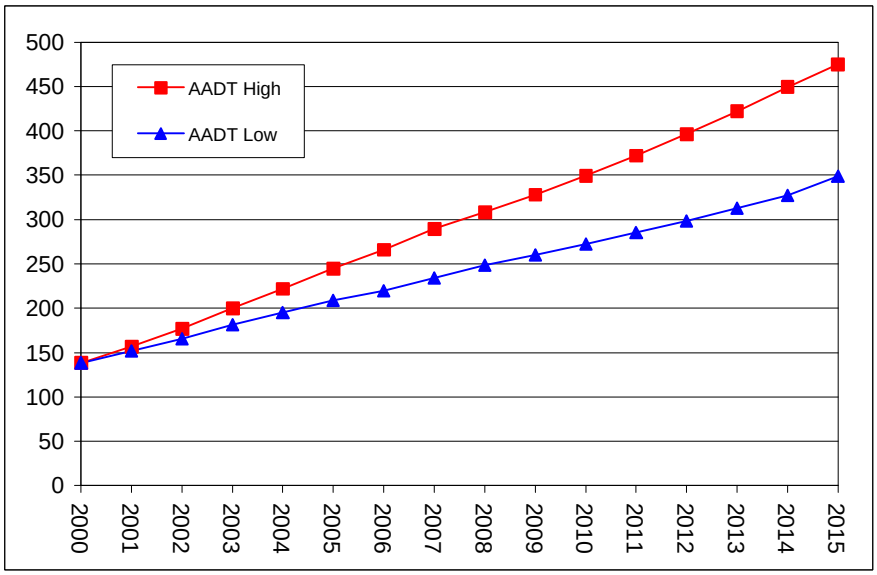


図3.2　カズングラでの交通量増加

上述の通り、以下の結論が得られる。

- カズングラにおいてフェリーがサービスされている限り、車両はカティマムリロまたはチルンド経由を選ぶ傾向がある。
- フェリー運航の改善だけでは、橋梁が建設される場合ほどの交通増は見込めない。
- カティマムリロ橋を利用すると考えられる多くの車両はカズングラ橋ルートへ転換する。
- カズングラ橋の交通量はチルンド橋の交通に匹敵するものになることが予想される。

4. カズングラ渡河の改善計画

4.1 改善の基本的考え方と調査フロー

1) 改善の基本的考え方

カズングラ・クロッシングは南部アフリカ地域を南北に結ぶ幹線のひとつであり、またザンベジ川の景勝地を通過するため、その改善計画の策定にあたっては下記のような事項に留意すべきであろう。

社会・経済・政治的視点
- SADC内の社会・経済的連携を強化させるための役割
- ボツワナ国およびザンビア国の辺境部の地域発展への貢献
- ボツワナ、ザンビア、ジンバブエ3国の複雑な国境地帯であることから、国境線や領土に対する配慮

交通的視点
- 渡河手段の容量拡充
- 国際交通流の迅速渡河
- 越境手続きの簡素化
- 渡河交通の定時制と安定性の確保

技術的視点
- 短い国境線のため制約される架橋地点についての技術的配慮
- 現行フェリーの運行に支障のない工事方針
- ザンベジ川とチョベ川の合流点であることから制約される架橋建設計画の策定
- ザンベジ川やチョベ自然公園の環境保全を配慮した架橋建設計画の策定
- 建設費を少なくするような橋梁形式の採用
- 将来交通量や交通特性を反映した橋梁計画の策定

環境的配慮
- 自然保護区や野生動物の保護
- 住民移転や新規用地収用の最小化
- 工事中の環境配慮
- 騒音や振動、排気ガスの対策

2) 調査のフロー

以上のような基本方針に沿って、調査は下記の手順で行われた。

現況問題点の抽出 ： 自然条件調査、初期環境調査、交通調査、建設事情調査および経済調査による現況問題点の抽出

↓

計画基本方針の策定 ： 現況問題点の認識に基づく計画基本方針の策定

↓

計画代替案の設定 ： 架橋代替案（渡河地点、橋梁形式、アプローチ道路等）、フェリー運行計画、国境施設整備計画についての整備代替案の策定と比較検討による最適案の絞込み

↓

将　来　予　測 ： 将来地域発展計画の策定と将来交通予測、および予測値からの個別計画立案に対する提案

↓

最適整備計画の提案 ： 架橋計画、フェリー運行計画、国境施設改善計画の提案

↓

評　　価 ： 最適整備計画に対する経済的、環境的、財務的な評価

↓

結　論　と　勧　告 ： 本調査としての結論および提案

4.2 フェリー改善計画

1) フェリーの諸元

フェリーの諸元は、以下の制約条件を勘案した上で、160トン型と設定した。

- フェリー船着場（斜路）の前面の維持浚渫を考慮し、施設前面の水深を1.5mと設定した。この制約から、喫水が1.5m以下の船型は160トン型以下の規模に限られる。
- フェリーの泊地の幅は平均70mであり、泊地幅を設定する上で考慮する船舶長＋クリアランスで70m以下になる船型は、160トン型以下の規模に限られる。

2) フェリー隻数の設定

カズングラにおけるフェリーの運行は以下の制約により2隻とした。

- ボツワナ側で船着場の建設に必要な用地の制約
- 特に河川流の早い雨期中に、フェリー同士の衝突の回避

3) 輸送可能台数の設定

輸送可能台数は、以下の諸条件を勘案し設定した。

- フェリーサイクル時間（船積み時間、渡河時間、船卸時間）
- 車種別の船積みパターン（乗用車、バスを含む小型トラック、大型トレーラー）
- 1日当たり渡河数の設定（乾期、雨期）
- 輸送可能台数の算出（既存フェリー、160トン型フェリー）

上記を考慮し、1日当たり1隻での最大輸送可能な車両台数は、以下の通り算出された。

	既存フェリー(70トン型)		160トン型フェリー	
	乾期	雨期	乾期	雨期
輸送可能台数 (台)	208.8	139.2	365.4	243.6

4) フェリー改良計画

将来交通量予測の悲観的ケースおよび楽観的ケースの交通量、および上述のフェリー処理可能台数に基づき、フェリーの導入計画を策定した。フェリー導入計画を以下に示す。

悲観的ケース		楽観的ケース	
年	フェリー導入	年	フェリー導入
2000	既存フェリー2隻にて運行	2000	既存フェリー2隻にて運行
2008	高容量フェリー (160トン) 1隻導入	2006	高容量フェリー (160トン) 1隻導入
2022	高容量フェリー (160トン) 2隻目導入	2014	高容量フェリー (160トン) 2隻目導入
2028年以降	迂回交通の発生	2019年以降	迂回交通の発生

5) フェリー施設計画

フェリーの施設計画は、“橋梁あり”および“橋梁なし”の2ケースにおいて策定した。

橋梁ありのケースでは、橋梁建設後にフェリーの運行は行わないため、橋梁の竣工の時期を考慮して、フェリー施設の工事は最小限にとどめる。一方、橋梁なしのケースでは、2015年までの将来交通量に基づき、フェリー施設の拡充を計画した。フェリー施設計画の工事項目は以下のとおりである。

(土木工事関連)

・斜路の建設 ・駐車スペースの建設および拡幅 ・斜路の補修
・駐車スペースの補修

(建築工事関連)

・倉庫の建設

(フェリー関連)

・エンジンの取替 ・甲板の補修 ・プロペラの取替 ・ランプの補修
・全具の取替 ・新規フェリーの導入 ・ランプの補修

4.3 橋梁とアプローチ道路の建設計画

本プロジェクトでは、カズングラ渡河の方法として、既存フェリー改善計画の他に架橋計画を実施した。架橋計画には、橋梁とそれに付随するアプローチ道路が含まれる。

1) 橋梁計画

a) 渡河ルート

最適な架橋ルートを選定するにあたり、次の条件を考慮した。

- 建設コスト（特に、河川敷内でのコスト）を最小にする。
- 既設のフェリー運行および出入国と通関における支障を最小にする。
- 軍用地、マーケットおよび送電線の既存施設への影響を最小にする。
- 河川内での水理的問題を避ける（特にチョベ川とザンベジ川の合流部）
- 土質条件（玄武岩までの深さ）
- 国境線

上記の条件を基に、架橋ルートは、橋長が最短であること、水理的問題が少ないこと、またフェリーの接岸改良に抵抗がない等の理由から、高圧送電線に沿った既設フェリーの下流側接岸点を結ぶルート（図4.1 Route C）を選定した。

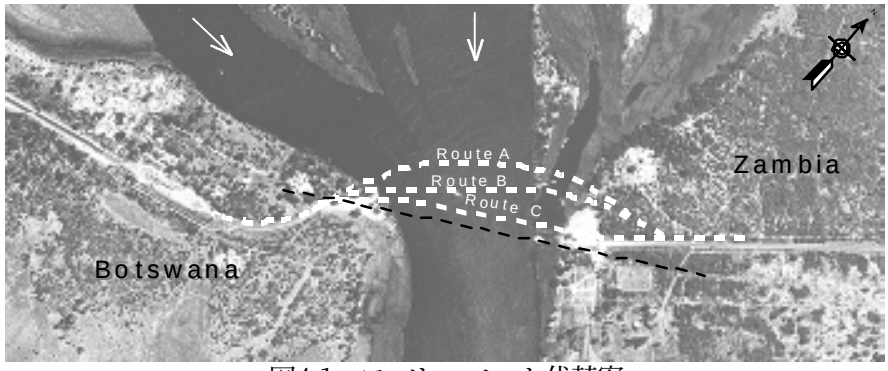


図4.1 フェリー・ルート代替案

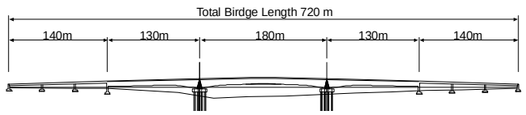
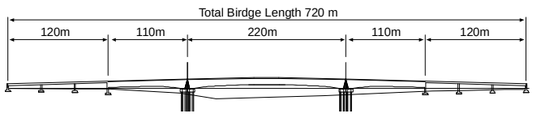
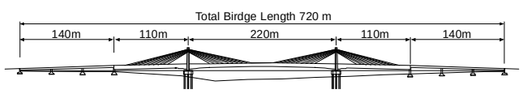
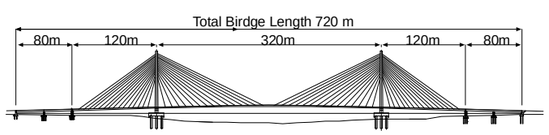
b) 橋梁の形式

主橋梁は、PCエクストラ・ドーズド橋形式を採択した。選定に至った理由は、比較案のPC箱桁橋形式、PC斜張橋形式に比べ低コストであり、また技術的に優れているためである。なお、アプローチ・スパン橋はPC箱桁橋である。次頁に橋梁形式比較表及びPCエクストラ・ドーズド橋の橋梁一般図を添付する。

c) 適用仕様書等

設計車両活荷重は、BS5400（英国）のHA荷重及びHB荷重を適用する。また、その他の基準については、ボツワナとザンビアの既存の仕様書とする。

図4.2　橋梁形式比較表

橋梁形式	技術面	経済面	環境面
(A)　PC 箱桁橋 (支間長=180m)  	－上部構造は箱桁形式である。柱頭部における桁高は 9mとなる。 －橋脚は、河川内に2基配置される。 －橋長は 720m、その内主橋梁部は 440m となる。 －主橋梁の両側には、3径間 (スパン 47m) のアプローチ橋梁が接続する。 －施工期間は、(B) 案に次いで短くなる。	(A)-1　片側延長 130m におよぶ仮桟橋が必要となり、この桟橋のコストを別途計上することとなる。 (A)-2　道路計画高が比較的高くなるため、アプローチ道路への影響も大きくコストも他案に比べ大きくなる。 (A)-3　単位面積当り概算コスト（比）：6,360US$/$m^2$ (1.00) (A)-4　自動車走行費用がかさむが (B) 案ほどではない。	(建設中) (1)　河川内の橋脚を構築する際、仮締切りが必要となり水生生物への影響が懸念される。また基礎の施工時に発生する騒音が周辺住民や動物に影響を与える可能性がある。 (2)　建設に使用する水を厳格に管理しなかった場合、河川の水質汚染を引き起こすことになる。 (3)　建設の際発生した粉塵等が、周辺地域の大気を汚染する可能性がある。 (完成後) (1)　道路縦断勾配が他案 (C)、(D) 案と比べきつい (3%) ことから、車両の排出する排気や音が騒音や大気汚染を引き起こす可能性がある。
(B)　PC 箱桁橋 (支間長= 220m)  	－上部構造は箱桁形式である。柱頭部における桁高は 14mにおよぶ。 －橋脚は、河川内に2基配置される。 －橋長は 720m、その内主橋梁部は 440m となる。 －主橋梁の両側には、3径間 (スパン 40m) のアプローチ橋梁が接続する。 －施工期間は比較案中で最も短くなる。	(B)-1　(A) 案に比べて主橋梁部のスパンが大きくなることから、建設費は (A) 案よりも大きくなる。 (B)-2　柱頭部の桁高が 14m にもなることから、道路計画高が最も高くなる。それに伴い、アプローチ道路への影響も大きくコストも他案に比べ大きくなる。 (B)-3　単位面積当り概算コスト（比）：6,741US$/$m^2$ (1.06) (B)-4　自動車走行費用がかさむ。	(建設中) (1)　河川内の橋脚を構築する際、仮締切りが必要となり水生生物への影響が懸念される。また基礎の施工時に発生する騒音が周辺住民や動物に影響を与える可能性がある。 (2)　建設に使用する水を厳格に管理しなかった場合、河川の水質汚染を引き起こすことになる。 (3)　建設の際発生した粉塵等が、周辺地域の大気を汚染する可能性がある。 (完成後) (1)　道路縦断勾配が他案 (C)、(D) 案と比べきつい (3%) ことから、車両の排出する排気や音が騒音や大気汚染を引き起こす可能性がある。
(C)　PC エクストラ・ドーズド (支間長= 220m)  	－上部構造は箱桁形式である。柱頭部における桁高は 6mに抑えることができる。 －主塔の高さは、橋面から 22m となる。 －橋脚は、河川内に2基配置される。 －橋長は 720m、その内主橋梁部は 440m となる。 －主橋梁の両側には、3径間 (スパン 47m) のアプローチ橋梁が接続する。 －施工期間は、(A) 案に次いで短くなる。	(C)-1　(A)、(B) 案と比べて桁高を 6m まで低くできることから、構造系全体としてコストを安価にできる。 (C)-2　道路計画高を低く抑えることができることから、アプローチ道路への影響も少なく、コストも小さくできる。 (C)-3　単位面積当り概算コスト（比）：5,724US$/$m^2$ (0.90) (C)-3　自動車走行費用は (D) 案に次いで節約できる。	(建設中) (1)　河川内の橋脚を構築する際、仮締切りが必要となり水生生物への影響が懸念される。また基礎の施工時に発生する騒音が周辺住民や動物に影響を与える可能性がある。 (2)　建設に使用する水を厳格に管理しなかった場合、河川の水質汚染を引き起こすことになる。 (3)　建設の際発生した粉塵等が、周辺地域の大気を汚染する可能性がある。 (完成後) (1)　道路縦断勾配が他案 (A)、(B) 案と比べ緩い (2%) ことから、車両の排出する排気や音が騒音や大気汚染を引き起こす可能性は両案に比べて少ない。 (2)　この橋種は主塔 (高さは橋面から 22m) を有するため、(A)、(B) 案以上に周辺地域の美観に影響を与えるものとなる。この景観面に関しては、美観的に優れているという意見と、周辺の景観を損なうとの意見があり、橋種を選定する上では専門家を交えた協議会が不可欠となる。
(D)　PC 斜長橋 (支間長= 320m)  	－上部構造は箱桁形式である。柱頭部における桁高は 4mまで抑えることができる。 －主塔の高さは、橋面から 55m となる。 －橋脚は、河川内の河岸付近に 2 基配置される。 －橋長は 720m、その内主橋梁部は 560m となる。 －主橋梁の両側には、2径間 (スパン 40m) のアプローチ橋梁が接続する。 －施工期間は、斜張ケーブルの据付けや調整等が発生することから他案と比べ長くなる。	(D)-1　桁高が最も低く抑えられ (4m)、それ自体は安価となりうるが、斜張ケーブルの架設費を含めると4案中最も高価となる。 (D)-2　4案中最も桁高を低く抑えられるため、アプローチ道路への影響は小さくなる。 (D)-3　単位面積当り概算コスト（比）：8,268US$/$m^2$ (1.30) (D)-3　4 案のうちで一番自動車走行費用が節約できる。	(建設中) (1)　河川内の橋脚を構築する際、仮締切りが必要となり水生生物への影響が懸念される。また基礎の施工時に発生する騒音が周辺住民や動物に影響を与える可能性がある。 (2)　建設に使用する水を厳格に管理しなかった場合、河川の水質汚染を引き起こすことになる。 (3)　建設の際発生した粉塵等が、周辺地域の大気を汚染する可能性がある。 (完成後) (1)　道路縦断勾配が他案 (A)、(B) 案と比べ緩い (2%) ことから、車両の排出する排気や音が騒音や大気汚染を引き起こす可能性は両案に比べて少ない。 (2)　この橋種は非常に高い主塔 (高さは橋面から 55m) を有するため、周辺地域の美観に著しく影響を与えるものとなる。

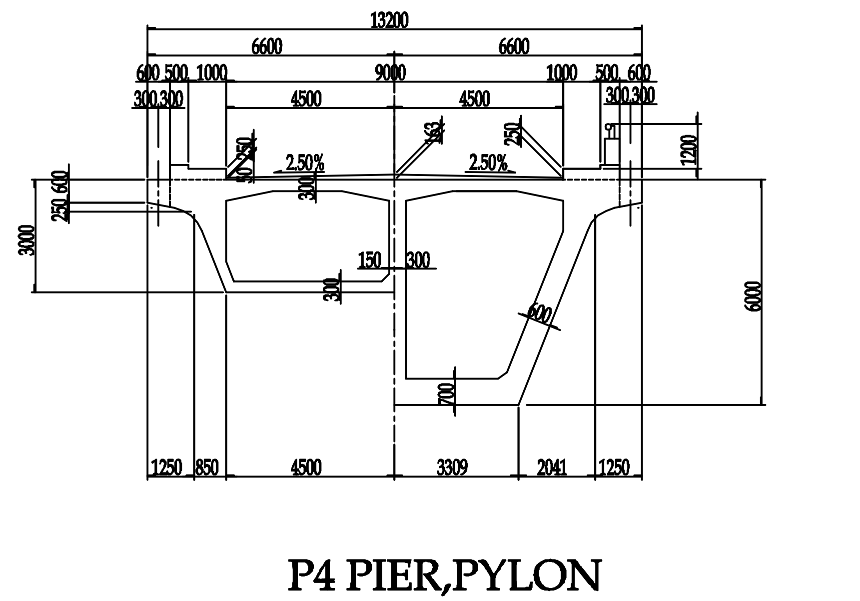
GENERAL VIEW OF MAIN BRIDGE

SIDE ELEVATION SCALE 1:1000

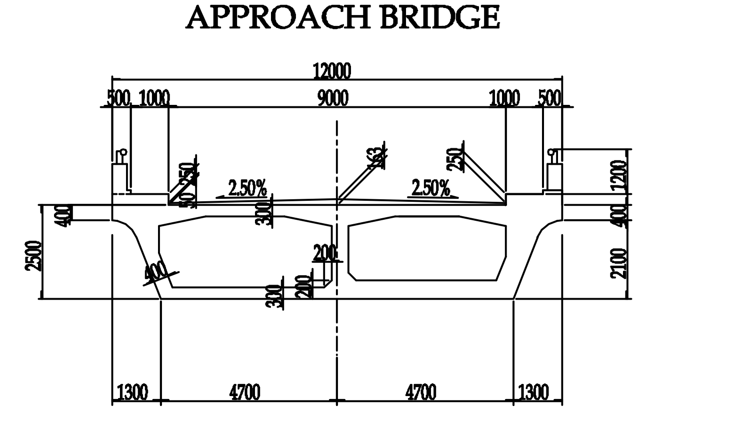
PLAN SCALE 1:1000

TYPICAL SECTION SCALE 1:200

MAIN BRIDGE



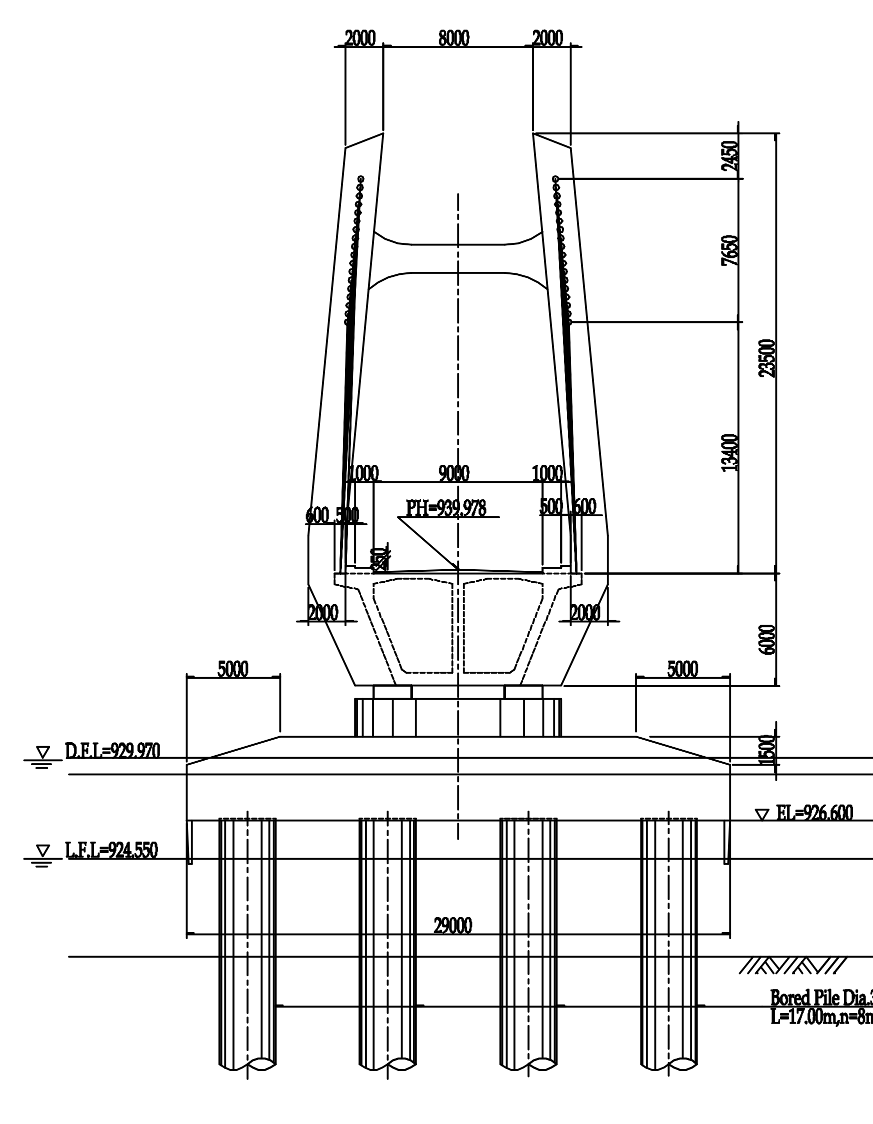
APPROACH BRIDGE



DESIGN CRITERIA

TYPE	MAIN BRIDGE	EXTRA-DOSED BOX GIRDER
	APPROACH BRIDGE	CONTINUOUS PC BOX GIRDER
BRIDGE LENGTH	MAIN BRIDGE	L=465.00m
	APPROACH BRIDGE	L= 2x127.50=255.00m
SPAN LENGTH	MAIN BRIDGE	122.50m+220m+122.50m
	APPROACH BRIDGE	3x42.50m
WIDTH	CARRIAGEWAY 2x4.50m=9.00m SIDEWALK 2x1.00=2.00m	
DESIGN LOAD	B.S. HB-37.5	
RADIUS OF CURVATURE	R= ∞	
LONGITUDINAL SLOPE	2.5% ↗ ↘ 2.5% V.C.L=250m(R=5000m)	

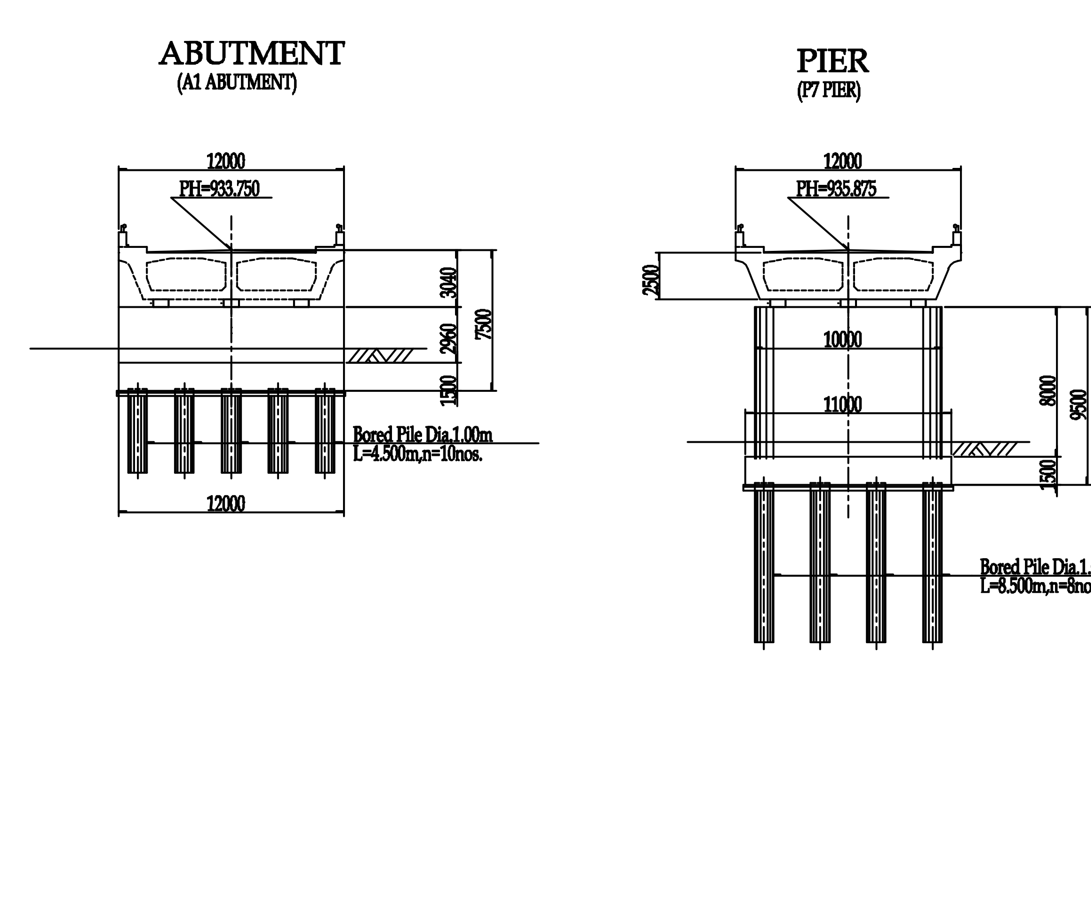
P4 PIER, PYLON



SUB-STRUCTURE SCALE 1:400

ABUTMENT (A1 ABUTMENT)

PIER (P7 PIER)



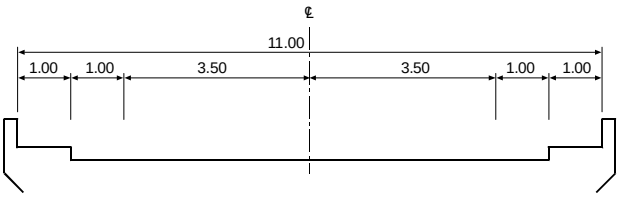
PROJECT NAME	IMPLEMENTATION AGENCY	EXECUTING AGENCY	JICA STUDY TEAM	DRAWING TITLE	DWG NO.
THE FEASIBILITY STUDY ON THE PROPOSED KAZUNGULA BRIDGE OVER THE ZAMBEZI RIVER BETWEEN BOTSWANA AND ZAMBIA	JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY (JICA)	MINISTRY OF WORKS, TRANSPORT AND COMMUNICATIONS REPUBLIC OF BOTSWANA MINISTRY OF WORKS AND SUPPLY REPUBLIC OF ZAMBIA	NIPPON KOEI CO.,LTD. ORIENTAL CONSULTANTS CO.,LTD	GENERAL VIEW OF MAIN BRIDGE	BR/001

2)　アプローチ道路の計画

－ 道路計画条件

設計速度:　80km/hr
航路限界:　7m (鉛直) ×50m (水平)
横断構成:　橋梁区間、車道2@3.5m、路肩1.0m、歩道1.0m
　　道路区間、車道2@3.5m、路肩2.0m、歩道0.5m

橋梁区間



道路区間

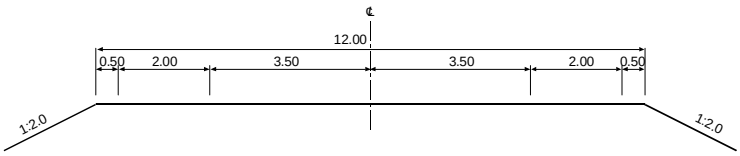


図4.4　計画標準横断構成

3)　橋梁とアプローチ道路の計画概要

－ 橋梁全長　：　720.0m

－ 主橋梁部 (PCエクストラ・ドーズド)　：　465.0m

－ アプローチ・スパン橋: ザンビア側　：　127.5m (3@42.5m)
　　ボツワナ側　：　127.5m (3@42.5m)

－ アプローチ道路:　ザンビア側　：1,383.0m
　　ボツワナ側　：1,597.0m

4)　施工計画

a)　主橋梁の施工方法

橋脚周辺の平均水深は8.0m程度であるため、橋脚基礎を施工する際には仮桟橋を採用する。仮桟橋は両岸から主塔部橋脚P3、P4まで構築する。多柱式基礎は洪水時の影響および支持層を勘案した上で推奨された。

上部工は河川内の橋脚上に設置した移動式作業車を用い、そこから両方向へ現場打ちしながら随時架設していく。上部工の架設は全て桁上で行うため、河川の氾濫等による工事への影響がないだけでなく、工期の短縮を図ることができる。

b) アプローチ橋梁の施工方法

基礎は場所打ちコンクリート杭を用いるものとする。ザンビア側では、沖積層が比較的浅い位置(3.5m～6.0m)に存在するため、沖積砂礫層と風化岩へは約8m以上根入れするものとする。また、ボツワナ側では、風化玄武岩へ約7mを根入れする。場所打杭は風化岩にせん孔して施工する。

c) 仮設工の施工

－ 主橋梁における仮設工

ボツワナとザンビアの川岸から主橋梁の橋脚位置まで約130m河川内（橋脚周辺水深8.0m）に工事用仮桟橋を施工する。仮桟橋の基礎工は河床を削孔し鋼管杭を立て込む。仮桟橋の先端部は橋脚施工のためのステージングとなる。

なお、仮桟橋および橋梁本体施工時は既存フェリーの接岸部は現状の位置より上流側にシフトして、工事中のフェリー運行は通常と同じ状態にする。

－ アプローチ橋の仮設工

アプローチ橋施工部は100年確率の洪水等を除いて河川氾濫の影響をほとんど受けないこと、また支持地盤が十分に安定していることから上部工の施工には仮設支保工を設ける。

4.4 国境通過システムの改善計画

1) ワン・ストップ・ボーダー・コントロール・システムの採用と施設計画

国境通過方式は、SADCの推奨方式でもあるワン・ストップ・ボーダー・コントロール・システムを採用する。採用に至っては、国境通過時間の短縮化が図れることや、複数国の通過手続き申請様式の共通化や記録方式のコンピュータ化などを提唱し、通過方式の抜本的改善を提案する。次頁に国境施設の形式比較表を添付する。

2) 国境施設計画

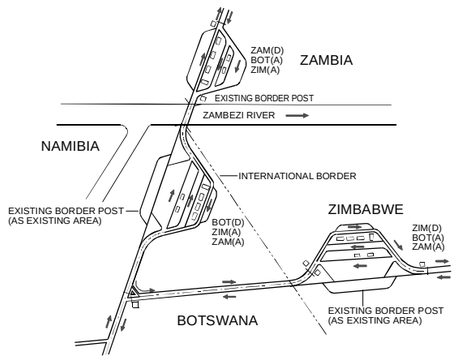
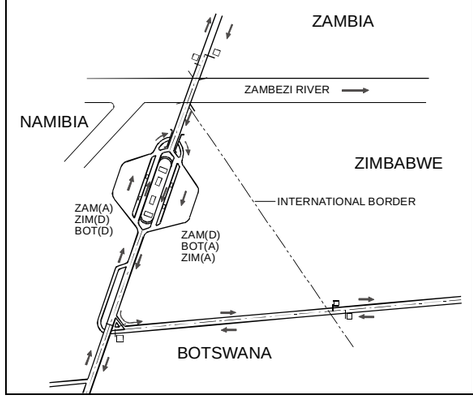
上記システムの採用にあたり、各国に現存する国境施設を改善し、各国に1ヶ所配置される分離型の国境施設を計画する。主要施設としては、出入国管理事務所、公衆便所、検査ブース、発電機室、倉庫、管理フェンス・門、駐車場、チェック事務所、喫茶売店、外貨交換所及び付属施設であり、土木工事としては、敷地造成、道路工事、雨水排水施設、景観施設、マーキング及び道路表示・標識等である。

3)　国境施設の計画規模

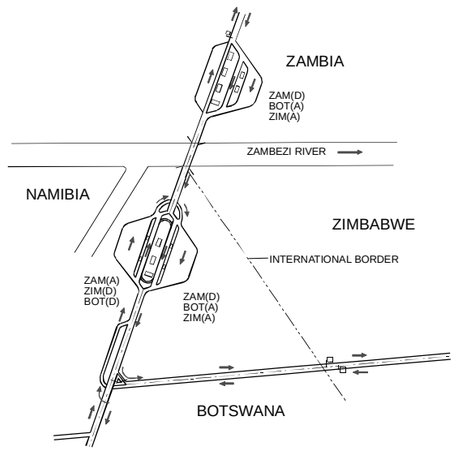
このシステムで計画されたボツワナ、ザンビア、ジンバブエ各国の国境施設の規模は、以下のとおりである。

－ ボツワナ側　：　17.1ha
－ ザンビア側　：　15.8ha
－ ジンバブエ側　：　12.1ha

図4.5　　国境施設比較表

国境施設形式	技術面	経済面	環境面
(A) 分離型  	(1) 各国境施設の規模は、各々の車両通行量に見合った大きさとなる。 (2) この形態は各国で分離独立しているため、手続きに関わる施設などはいたってシンプルとなりうる。 (3) 国境施設に接続する道路は、立体交差がなく経済的となる。 (4) 出入国に関わる審査や税関に関わる手続きなどは、各々の国境施設で1回行うだけで済む。 (5) 法律上の問題について、各国相互の理解や同意が必要となる。 (6) 既存の国境施設は、新規国境施設の建設中でも運営可能である。	(A)-1 分離独立型の形態をとることで、手続きの省力化や簡素化が図れ、国境通過の遅延を大幅に改善できる。 (A)-2 ザンビア・ジンバブエ間を案内する道路標示・標識等を設ける必要がある。 (A)-3 各国における車両通行量に見合った施設の規模となるため、建設費は小さくなる。	(1) ザンビア側 (建設中) - 施設の建設に際して、近隣の部族の土地を収用し、また取得した土地の木々を伐採する必要がある。ザンビアでは、木々の伐採に対する補償の規定はないが、本プロジェクトではなんらかの補償措置を考える必要がある。 - 住民の住居移転は発生しない。 - 建設の際、水や空気、騒音に対しては、適切な措置を講じる必要がある。 (運営開始後) - 現国境施設は、カズングラに住む人々にとって”ｾﾝﾁﾒﾝﾀﾙ・ﾓﾆｭﾒﾝﾄ”になっている。よって、既存施設は、新規施設の建設後もそのまま残すか、もしくは別の目的で使用することが望ましい。 - 新しい国境施設ができることにより、周辺住民の雇用機会が増える。 (2) ボツワナ側 (建設中) - 施設の建設に際して、近隣の部族の土地を収用し、また取得した土地の木々を伐採する必要がある。ボツワナでは、木々の伐採に対する補償の規定はないが、本プロジェクトではなんらかの補償措置を考える必要がある。 - 住民の住居移転は発生しない。 - 建設の際、水や空気、騒音に対しては、適切な措置を講じる必要がある。 - 建設サイトは国立公園内ではないが、ゾウやライオンやバッファローなどの動物の水飲み場となっている。従って、キャンプサイトを建設する際には、事前に入念な計画を立て、動物との接触を避ける工夫が必要である。また、動物の活動を妨害しないために、作業時間は朝6時から夕方5時までに制限すべきである。 (運営開始後) - 新しい国境施設ができることにより、周辺住民の雇用機会が増える。 - 動物の侵入に対して、なんらかの対策が必要となる。 - 地域住民は、国境施設や施設近傍に宿泊する貨物車の運転者による HIV（AIDS)、他の感染症の感染拡大を懸念している。 (3) ジンバブエ側 (建設中) - 施設の建設に際して、国立公園の土地を収用し、また取得した土地の木々を伐採する必要がある。ジンバブエの国立公園内で、なんらかの開発を行う場合には、ジンバブエにおける法律・規則に従う必要がある。 - 住民の住居移転は発生しない。 - 建設の際、水や空気、騒音に対しては、適切な措置を講じる必要がある。 - 建設予定地は国立公園の一部にあるため、ゾウやライオンやバッファローなどの動物の生息地となっている。従って、キャンプサイトを建設する際には、事前に入念な計画を立て、動物との接触を避ける工夫が必要である。また、動物の活動を妨害しないために、作業時間は朝6時から夕方5時までに制限するべきである。 (運営開始後) - 動物の侵入に対して、なんらかの対策が必要となる。 - 施設付近の宿舎からの生活音や車の走行から出る音などが、動物達に影響を及ぼす可能性がある。
(B) 合成型  	(1) ザンビア、ボツワナ、ジンバブエの各国境施設が、1 箇所に統合した形態をとる。 (2) 非常に大きな施設面積を必要とし、また施設自体も大規模となる。 (3) 法律上の問題について、各国相互の理解や同意が必要となる。 (4) 施設内および施設に接続する道路の計 2 箇所に、費用増加の要因である立体交差が必要となる。 (5) 全ての手続きが一回で済むため、利用者にとっては効率がいい。 (6) 既存の国境施設は、新規国境施設の建設中、多少なり施設運営の調整が必要となる。	(B)-1 1 箇所ではあるが、非常に大きな施設となるため、用地収用や手続きに多大な時間と費用がかかる。 (B)-2 利用者が意図する方面へ進めるよう、道路標示・標識等の案内を設ける必要がある。 (B)-3 2 箇所の立体交差の建設が必要となるため、その分建設費が大きくなる。	(建設中) - 施設の建設に際し、(A) 案や (C) 案に比べさらに広い範囲で部族の土地を収用し、また取得した土地の木々を伐採する必要がある。ボツワナでは、木々の伐採に対して補償する規定はないが、本プロジェクトではいくつかの補償措置を考える必要がある。 - 住民の住居移転は発生しない。 - 建設の際、水や空気、騒音に対しては、適切な措置を講じる必要がある。 - 建設サイトは国立公園内ではないが、ゾウやライオンやバッファローなどの動物の水飲み場となっている。従って、キャンプサイトを建設する際には、事前に入念な計画を立て、動物との接触を避ける工夫が必要である。また、動物の活動を妨害しないために、作業時間は朝6時から夕方5時までに制限するべきである。 - 立体交差箇所においては、適切な排水計画を行っておく必要がある。 (運営開始後) - 新しい国境施設ができることにより、周辺住民の雇用機会が増える。 - 動物の侵入に対して、なんらかの対策が必要となる。 - 地域住民は、国境施設や施設近傍に宿泊する貨物車の運転者による HIV（AIDS)、他の感染症の感染拡大を懸念している。

(つづき)

国境施設形式	技術面	経済面	環境面
(C) 半合成型  	(1) ザンビアの独立型とボツワナ・ジンバブエの合成型の形態をとる。 (2) 施設内および施設に接続する道路の計２箇所に、費用増加の要因である立体交差が必要となる。 (3) 法律上の問題について、各国相互の理解や同意が必要となる。 (4) 新規国境施設の建設中、半合成型施設の箇所において多少なり施設運営の調整が必要となる。	(C)-1 ボツワナとジンバブエの国境施設通過手続きを１回で行うために、ボツワナ側に比較的大きな国境施設を建設する必要がある。 (C)-2 建設費は、(A) 案と (B) 案の中間となる。	(1) ザンビア側 (建設中) - 施設の建設に際して、近隣の部族の土地を収用し、また取得した土地の木々を伐採する必要がある。ザンビアでは、木々の伐採に対する補償の規定はないが、本プロジェクトではなんらかの補償措置を考える必要がある。 - 住民の住居移転は発生しない。 - 建設の際、水や空気、騒音に対しては、適切な措置を講じる必要がある。 (運営開始後) - 現国境施設は、カズングラに住む人々にとって”ｾﾝﾁﾒﾝﾀﾙ・ﾓﾆｭﾒﾝﾄ”になっている。よって、既存施設は、新規施設の建設後もそのまま残すか、もしくは別の目的で使用することが望ましい。 - 新しい国境施設ができることにより、周辺住民の雇用機会が増える。 (2) ボツワナ側 (建設中) - 施設の建設に際して、近隣の部族の土地を収用し、また取得した土地の木々を伐採する必要がある。ボツワナでは、木々の伐採に対する補償の規定はないが、本プロジェクトではなんらかの補償措置を考える必要がある。 - 住民の住居移転は発生しない。+ - 建設の際、水や空気、騒音に対しては、適切な措置を講じる必要がある。 - 建設サイトは国立公園内ではないが、ゾウやライオンやバッファローなどの動物の水飲み場となっている。従って、キャンプサイトを建設する際には、事前に入念な計画を立て、動物との接触を避ける工夫が必要である。また、動物の活動を妨害しないために、作業時間は朝6時から夕方５時までに制限するべきである。 - 立体交差箇所においては、適切な排水計画を行っておく必要がある。 (運営開始後) - 新しい国境施設ができることにより、周辺住民の雇用機会が増える。 - 動物の侵入に対して、なんらかの対策が必要となる。 - 地域住民は、国境施設や施設近傍に宿泊する貨物車の運転者による HIV（AIDS)、他の感染症の感染拡大を懸念している。 (3) ジンバブエ側 (既存施設取壊しに際して) - 建設の際、水や空気、騒音に対しては、適切な措置を講じる必要がある。 - 既存施設の取壊しの際発生する建設廃材等は、適切に処理する必要がある。

4.5 予備的事業費積算

建設費及び事業費は以下のとおりとなる。

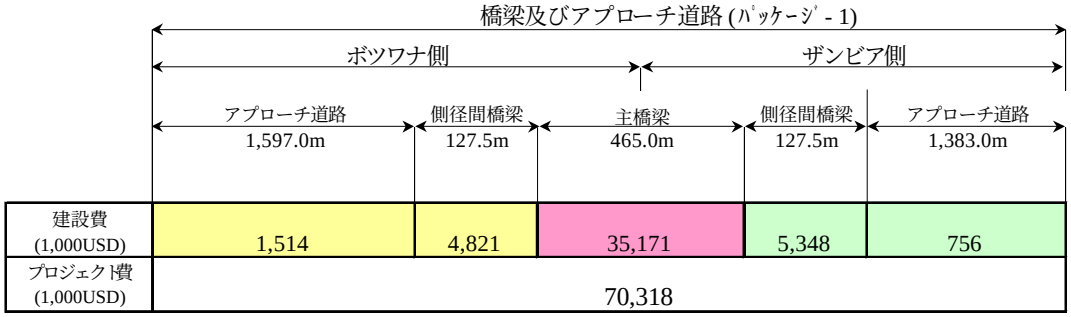
単位：1,000USD

	ボツワナ	ザンビア	ジンバブエ	総計
1. 橋梁及びアプローチ道路 (ﾊﾟｯｹｰｼﾞ - 1)				
1.1 建設費				
1) アプローチ道路 (ボツワナ側)	1,514	----	----	1,514
2) 側径間橋梁 (ボツワナ側)	4,821	----	----	4,821
3) 主橋梁	*17,585	*17,585	----	35,171
4) 側径間橋梁 (ザンビア側)	----	5,348	----	5,348
5) アプローチ道路 (ザンビア側)	----	756	----	756
6) フェリー施設改良	----	58	----	58
建設費小計	23,921	23,748	----	**47,668**
1.2 プロジェクト費	35,286	35,031	----	**70,318**
2. 国境施設 (ﾊﾟｯｹｰｼﾞ - 2)				
2.1 建設費				
1) ボツワナ側	7,513	----	----	7,513
2) ザンビア側	----	4,972	----	4,972
3) ジンバブエ側	----	----	2,952	2,952
建設費小計	7,513	4,972	2,952	**15,437**
2.2 プロジェクト費	14,868	9,839	5,842	**30,550**

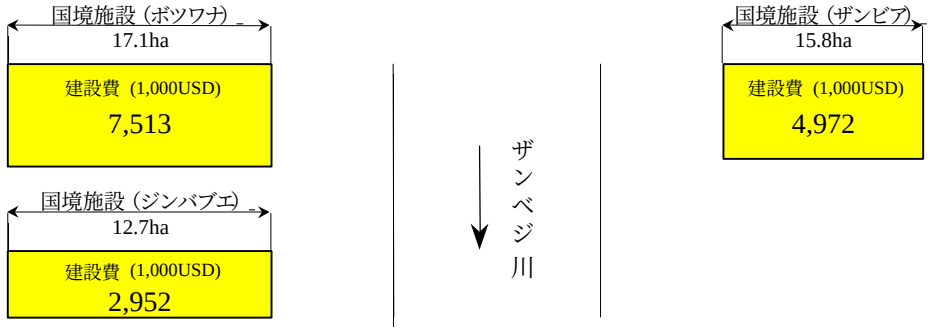
注記 ：*ザンビア、ボツワナ間の国境が、橋の中心と仮定して算定した際の工事費である。

(2) 建設費と事業費

a) 橋梁およびアプローチ道路



b) 国境施設



5. カズングラ渡河改善計画の比較検討

5.1 経済評価

1) 経済評価の前提

a) 建設計画

－ 橋梁
2年間のエンジニアリング調査後4年間の建設期間

－ ワンストップ国境施設
2年間のエンジニアリング調査および制度、国際法のスタディ後4年間の建設期間

b) 評価期間

主工事完了後30年間（2037年まで）とする。

c) 評価貨幣単位

評価貨幣単位はプロジェクトの国際性、および2国間橋梁プロジェクトであることを考慮し、米国ドルを採用した。使用紙幣単位の対米ドル交換率は以下のとおりである。

1米ドル＝5.5ボツワナ・プラ
1米ドル＝3,600ザンビア・クワチャ
1米ドル＝55.0ジンバブウエ・ドル
1米ドル＝110.0円

d) 財務価格から経済価格への変換

経済評価で取り扱われるコストおよび便益の経済価格への変換は、ボツワナ、ザンビアの税率と関税率を配慮した標準変換係数0.85によって行われた。

e) 割引率

便益費用比および純現在価値の算定のベースとなる割引率については、ボツワナ国、ザンビア国の機会費用を考慮し12%に設定した。また機会費用の変動に備え、参考として10%の計算も行なった。

f) 将来交通水準

評価の前提となる将来交通量水準の算定において、第3章で予測された下記の交通量増加率を適用した。

－　橋とワンストップ国境施設の建設
楽観的予測：8.56%／年
悲観的予測：6.36%／年

－　フェリー改良
楽観的予測：7.11%／年
悲観的予測：4.70%／年

g) 車種区分

経済評価での車種区分を下記の3区分とした。

モード1：乗用車、小型貨物車、小型バス
モード2：普通トラック、バス
モード3：大型トラック、トレーラー

h) 交通区分

経済評価での交通区分は次の2区分とした。

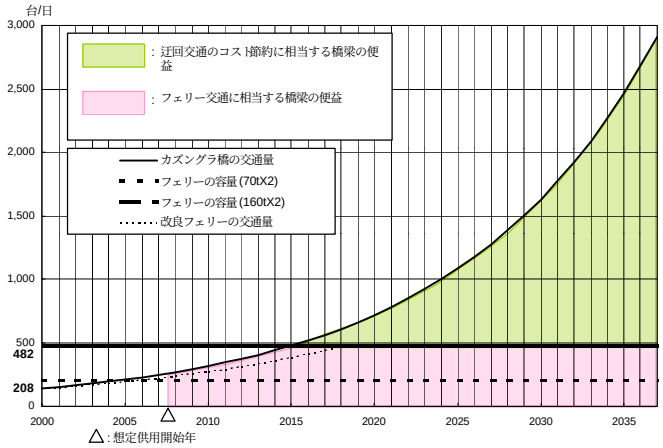
－　定常交通：経済の成長、自然増に対応した交通量増加であり、他ルートからの転換交通を含む。
－　開発交通：プロジェクトの周辺地域での観光開発に起因する交通

i) 便益算定のベースとなる“プロジェクトを実施した場合(Without Project Case)”の想定および“プロジェクトを実施しない場合(Without Project Case)”は個別プロジェクト毎に次のように想定した。

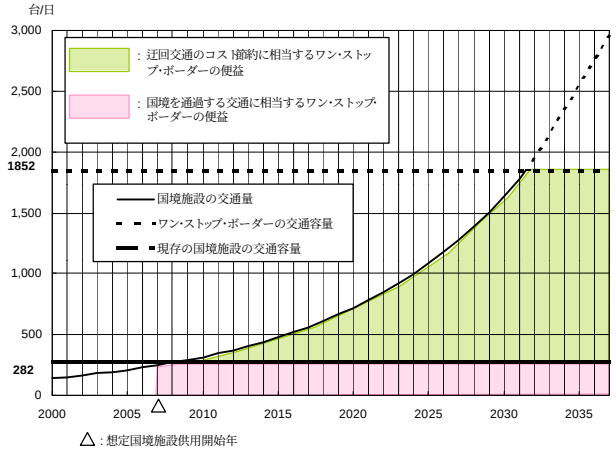
－　橋の便益算定　：ケース1：改良フェリー、
　　：ケース2：現況フェリー
－　ワンストップ国境施設の便益算定：現況国境施設
－　改良フェリーの便益算定　：現況フェリー

j) 施設容量と迂回交通

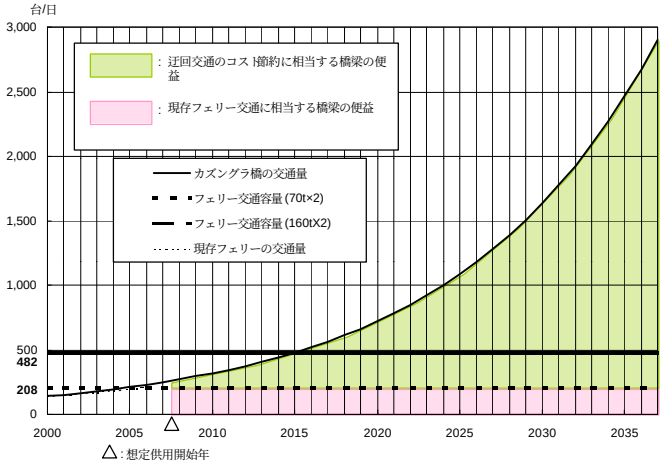
便益算定のベースとなる“Without Project Case”の将来交通量はフェリー改良計画等によって提案された処理可能交通量との対応で予測し、容量を超える交通については、他ルートへ迂回されるものとした。便益算定の考え方を図5.1に示す。



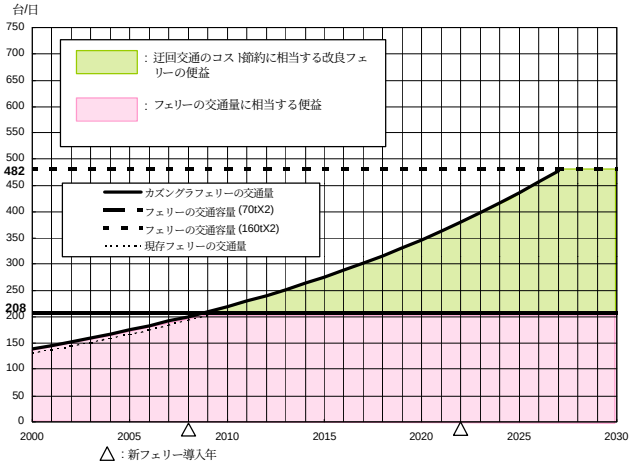
(1) 橋：ケース 1



(3) 国境施設



(2) 橋：ケース 2



(4) 改良フェリー

図 5.1　便益算定の概念図

2) 経済評価の結果

a) 評価指標

各個別プロジェクト毎に算定された評価指標を表5.1に示す。

表5.1 導出された評価指標

	ﾌﾟﾛｼﾞｪｸﾄ	ｹｰｽ	内部収益率	費用便益比 割引率: 10%	費用便益比 割引率: 12%	純現在価値 (百万ドル) 割引率: 10%	純現在価値 (百万ドル) 割引率: 12%
橋	橋 (ｹｰｽ1) (実施なし: 改良フェリー)	楽観	0.1370	1.8931	1.3193	23.0674	7.9723
		悲観	0.0943	0.8990	0.6371	-2.6583	-9.1780
	橋 (ｹｰｽ2) (実施なし: 現存フェリー)	楽観	0.1569	2.0095	1.5349	31.4575	15.4818
		悲観	0.1106	1.1541	0.8862	4.8040	-3.2941
国境施設	ワン･ストップ ボーダー	楽観	0.1846	2.7258	2.0894	22.0636	12.7053
		悲観	0.1144	1.1730	0.8909	2.1814	-1.2566
ﾌｪﾘｰ	改良	楽観	0.2483	3.2372	2.7388	4.1557	2.7624
	フェリー	悲観	0.1542	2.2306	1.7763	1.7526	0.9427

b) 感度分析

交通量の変動やプロジェクトコストの変動に対処するため、および評価手法の頑健性 (robustness) をチェックするために、橋梁プロジェクトの内部収益率(IRR)についての感度分析を行った。結果を表5.2に示す。

表5.2 橋梁内部収益率(IRR)についての感度分析

1) 楽観 (便益算定: ケース1)

	便益20%減	便益増減なし	便益20%増
費用20%減	0.1370	0.1520	0.1652
費用増減なし	0.1232	0.1370	0.1492
費用20%増	0.1126	0.1257	0.1370

2) 楽観 (便益算定: ケース2)

	便益20%減	便益増減なし	便益20%増
費用20%減	0.1569	0.1793	0.1996
費用増減なし	0.1368	0.1569	0.1750
費用20%増	0.1218	0.1403	0.1569

3) 悲観 (便益算定: ケース1)

	便益20%減	便益増減なし	便益20%増
費用20%減	0.0943	0.1065	0.1172
費用増減なし	0.0829	0.0943	0.1042
費用20%増	0.0742	0.0849	0.0943

4) 悲観（便益算定：ケース2）

	便益20%減	便益増減なし	便益20%増
費用20%減	0.1106	0.0832	0.1441
費用増減なし	0.0943	0.1106	0.1250
費用20%増	0.0820	0.0972	0.1106

3) 供用開始年に係わるケーススタディ

供用開始年に係わる考察を行なうために、下記の内容のケーススタディを実施した。

a) 分析の前提

- 評価期間 ： 2007年供用を想定したオリジナルケースとの整合を図るため、2037年までの30年間とした。
- 残存価値 ： 評価最終年に橋の残存価値を計上した。
- 交通量 ： 楽観、悲観の2ケース。
- 評価指標 ： 内部収益率（IRR）と割引率12%で算定した純現在価値。

b) ケース設定

想定ケースを表5.3に示す。

表5.3 供用開始年に係わるケース設定

ｹｰｽ	想定供用開始年	便益算定ｹｰｽ	ｹｰｽ設定の背景
ケースA	2007	ｹｰｽ1（改良ﾌｪﾘｰ）	既存ﾌｪﾘｰの容量（208台/日）達成年
ケースB	2007	ｹｰｽ2（既存ﾌｪﾘｰ）	同上
ケースC	2013	ｹｰｽ1（改良ﾌｪﾘｰ）	橋供用をケースAに対して5年間遅らせた場合
ケースD	2013	ｹｰｽ2（既存ﾌｪﾘｰ）	同上
ケースE	2018	ｹｰｽ1（改良ﾌｪﾘｰ）	ｵﾘｼﾞﾅﾙ供用開始10年後
ケースF	2027	ｹｰｽ2（既存ﾌｪﾘｰ）	改良ﾌｪﾘｰの容量（487台/日）達成年

c) 算定評価指標

算定結果を表5.4に示す。

表5.4 算定結果

	楽観		悲観	
	内部収益率	純現在価値（百万ドル）	内部収益率	純現在価値（百万ドル）
ケースA	0.1370	7.9723	0.0943	-9.1780
ケースB	0.1569	15.4818	0.1106	-3.2941
ケースC	0.1723	13.8263	0.1122	-1.6062
ケースD	0.1856	15.7893	0.1310	2.1480
ケースE	0.2267	14.9167	0.1419	2.4605
ケースF	-	-	0.1022	-2.0538

4)　評価経済指標に係わる考察

以上1)～3)までの分析を踏まえた評価の結論は下記のように要約される。

橋梁

－　橋梁は2007年供用開始の想定において、楽観ケースにおいて内部収益率が割引率12%以上に算定されており、このケースにおいて経済的フィージブルと判定される。

－　供用開始年の比較では、楽観ケースの場合、高い内部収益率が2013年供用開始を想定したケースに算定されており、収益性からはこの時点での供用開始がより望ましいと判断される。

－　悲観ケースでは最大の内部収益率が2018年供用開始のケースで算定されており、悲観ケースでは2018年供用開始がより望ましいと判断できる。

－　感度分析結果は便益と費用の変動に対して安定している。また、悲観ケースの感度分析では、便益算定のベースを既存フェリー（ケース2）にとった場合、便益20%増かつ費用20%減および便益20%増かつ費用増減なしの場合において、12%を超える内部収益率が得られており、フィージブルになる。

国境施設

－　国境施設は橋梁の場合と同じように、楽観的ケースにおいてのみ内部収益率が公定割引率12%を超えフィージブルとなる。

－　国境施設はその機能上から、橋梁と一体となった整備スケジュールが望ましいと考えられる。

改良フェリー

－　改良フェリーの投資コストは橋の建設費の1/10程度であるため、その効果の絶対量に比べて、高い収益性が得られる。

－　このため改良フェリーでは、楽観・悲観の両ケースとも12%を超える内部収益率が算定されており、フィージブルである。

－　しかし、純現在価値でみると、小さな投資コストのために、橋や国境施設の純現在価値に比べて低い値を示す。

5.2 財務的考察

1) カズングラ橋における有料制導入の可能性検討

a) 最適料金水準の検討

架橋により節約できる利用者便益のうち、フェリー待ち時間節約効果との対応で最適料金水準を検討した。料金水準は受益者負担の原則から乗用車：10ドル、普通トラック：20ドル、大型トラック：30ドルと算定された。

b) 財務的内部収益率

上記の最適料金を含む設定料金水準について、評価期間を30年とした費用・収入分析を行なった。財務的内部収益率（FIRR）は、現行フェリー外国車料金水準を仮定したケースにおいて、楽観的ケース14.44％、また悲観的ケースにおいても11.45％と極めて良好な結果が得られた。算定財務的内部収益率を表5.5に示す。

表5.5 財務的内部収益率

	現行フェリー料金水準	現行フェリー料金の約30％減	最適料金水準
楽観ケース	0.1444	0.1196	0.0839
悲観ケース	0.1145	0.0910	0.0571

ここで

- 現行フェリー料金水準 ： 乗用車：20ドル、普通トラック：55ドル、大型貨物車：70ドル
- 現行フェリー料金の約30％減 ： 乗用車：15ドル、普通トラック：40ドル、大型貨物車：50ドル
- 最適料金水準 ： 乗用車：10ドル、普通トラック：20ドル、大型貨物車：30ドル

2) プロジェクト費用とボツワナ、ザンビア実施機関の財務状況

本プロジェクトの費用は個別プロジェクト毎に下記のように見積もられている。

－ 橋梁建設	エンジニアリング費用	：	US$4.76百万
	建設費	：	US$47.67百万
	維持・管理費（30年間）	：	US$4.08百万
－ ワン・ストップ・ボーダー・ポスト	エンジニアリング費用	：	US$2.32百万
	建設費	：	US$15.44百万
	維持管理・運営（30年間）	：	US$13.23百万
－ フェリー改良			
（楽観的交通予測）：	小工事を含む全改良費用と運営費の総額（30年間）	：	US$7.45百万
（悲観的交通予測）：	小工事を含む全改良費用と運営費の総額（30年間）	：	US$5.79百万

本プロジェクトの実施機関が予定されるザンビア国公共事業供給省（MOWS）、ボツワナ国公共事業交通通信省（MWTC）の予算は十分でなく、本プロジェクトの毎年維持管理費、約140千ドルを賄う程度のものであり、実施にあたっては国際的なファイナンスが必要視される。

ザンビア国MOWSおよびボツワナ国MWTCの近年の予算を表5.6に示す。

表5.6（1） ザンビア国MOWSの予算

単位：百万クワチャ

	1996/7	1997/8	1998/9	1999/0
政府予算	1,266,026	1,625,562	1,818,339	2,956,990
公共事業供給省	64,114	81,193	119,845	233,088
道路局	70,461	112,919	221,407	212,431
維持管理費	58,579	71,071	113,455	108,855

US$1=3,600 Kwacha （2000年11月）

表5.6（2） ボツワナ国MWTCの予算

単位：百万プラ

		1997/8	1998/9	1999/2000
MWTCの開発予算	開発予算	386.7	349.9	279.3
	道路/橋梁	204.8	212.2	151.1
MWTCの繰越予算	繰越予算	459.8	483.7	508.9
	道路/橋梁	108.9	111.7	114.6
MWTCの合計予算	MWTCの予算	846.5	833.6	788.2
	道路/橋梁	313.7	323.9	265.7

US$1=5.2 Pula （2000年11月）

5.3 プロジェクトの効果

前節までの評価ベースとなった直接的経済効果に合わせて本プロジェクトは下記のような効果をもたらすものと考えられる。

- 新設橋は、フェリーによってボトルネックになっていたザンベジ川を渡る交通を円滑かつ安全に処理することが出来る。従って、ボツワナとザンビアのみならず、南部アフリカ地域の輸送体系の強化に貢献できる。

- プロジェクトが完成すれば、カズングラにおいてザンベジ川を渡河する交通の流れがスムーズになり、時間短縮と輸送量の増加の結果をもたらす。

- 安全でかつ利用しやすい橋梁は、その自然と調和の取れた景観とともに美的かつ環境的効果を促進させる。

- プロジェクトはフェリーからのオイル漏れによる水質汚染、自動車からの排気ガスの軽減に貢献する。

— 医療や救急時の連絡、HIVや流行病の予防、衛生知識の普及に貢献する。

- ワン・ストップ・ボーダー・コントロールの新しい国境施設は、出入国管理と通関手続きの簡素化に寄与する。

- 新しい橋梁と国境施設の建設、それ以降のオペレーションでは多くの労働力を必要とし、建設時に周辺住民の雇用促進に貢献できる。

6. 結論と提言

6.1 事業実施計画

1) 事業の概要

当プロジェクトの工区分けは管理・運営および技術的な観点から2つの工区になる予定である。工区－１は橋梁とアプローチ道路、工区－2は3ヶ所の国境施設とする。概要を以下に示す。

工区－1

－ 橋梁とアプローチのプロジェクト全体の長さ	：	3,700 m
－ 橋梁全長	：	720 m
－ 主橋梁長	：	465 m
－ アプローチ道路（ザンビア側）	：	1,383 m
－ アプローチ道路（ボツワナ側）	：	1,597 m
－ アプローチ道路全長	：	2,980 m

工区－2

－ 国境施設（ザンビア）	：	15.8 ha
－ 国境施設（ボツワナ）	：	17.1 ha
－ 国境施設（ジンバブエ）	：	12.7 ha
－ 通過道路（ジンバブエ）	：	600m

2) 事業費と内訳（単位: 1,000 USD）

－ 建設費	：	47,668
－ エンジニアリング費	：	4,766
－ 管理・運営費	：	2,860
－ 土地収用・補償費	：	7
－ 物価上昇および予備費、その他	：	9,530
－ 税金	：	4,766
－ 事業費	：	70,317

3) 事業実施工程

プロジェクト全体の実施計画および予定案は以下の通りである。

-	コンサルタントの調達	：	6ヶ月（2001年7月～2001年12月）
-	詳細設計	：	12ヶ月（2002年1月～2002年12月）
-	資格審査及び入札	：	12ヶ月（2003年1月～2003年12月）
-	建設（橋梁及び道路）	：	39ヶ月（2004年1月～2007年3月）
-	建設（国境施設）	：	33ヶ月（2004年7月～2007年3月）

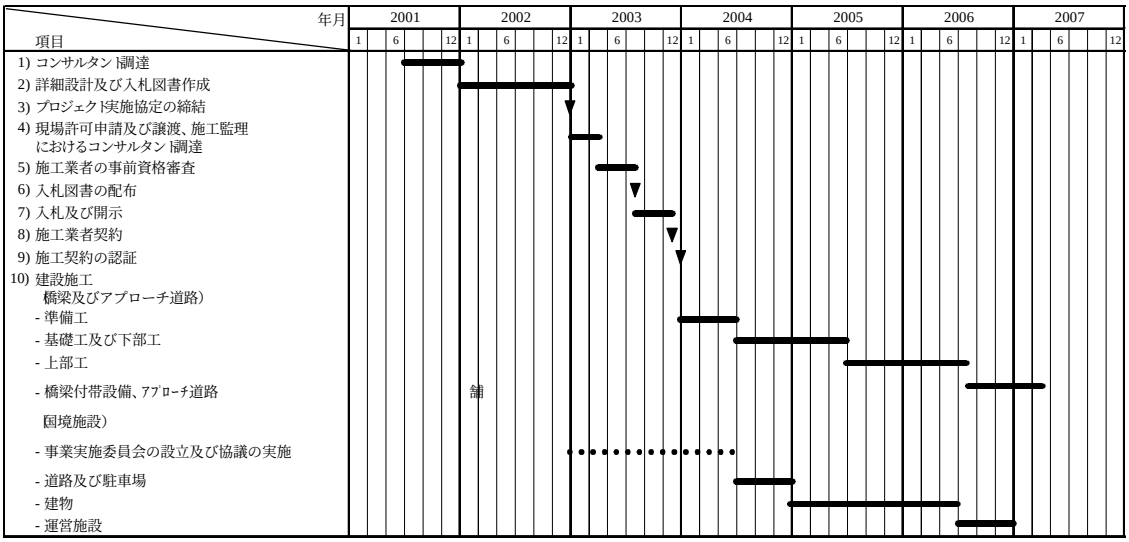


図6.1　プロジェクト実施工程

6.2　資金計画

本プロジェクトの資金調達法としては、実現性は別として次の方法が考えられる。

方法1：ボツワナ、ザンビア両国が国内自己負担資金により実施する。
方法2：高い財務的内部収益率(FIRR)より判断してBOT等の民活方式による実施も考えられる。
方法3：外国政府や国際機関からの融資を受ける。この場合、政府開発援助(ODA)とその他政府金融(OOF)の2つがあり得る。

特に方法3の場合には、本プロジェクトの多国間性より、下記2つの融資形態のうち、いずれかが採用されることになろう。

形態1：ボツワナ、ザンビア国それぞれへの資金供与
形態2：ボツワナ、ザンビア国いずれかが代表国となり、資金供与を受ける。

いずれにせよ、実施はボツワナ、ザンビア国のマターであり、今後の実施体制、スケジュール、解決しておくべき所有権や資金返済の方法についての協議が不可欠であり、具体的な資金運用計画は、この協議の結果をもって最終的に決定されることになろう。

6.3　事業実施体制と留意点

1)　河川内国境の設定

橋梁計画地点付近の陸上部での国境線はコンクリート杭などから確定できるが、河川内では書面等で記録されたものがない。プロジェクトを実施するに当っては工事の実施前に、ボツワナ、ザンビア、ジンバブエ、ナミビア政府の代表者からなる委員会を設立し、国境についての調整または確定をすべきである。

2)　プロジェクト実施合同委員会

今後のプロジェクトを実施する上でボツワナとザンビアの高官レベルの代表者にジンバブエとナミビアからのオブザーバーを加えたプロジェクト実施合同委員会を設定する。この委員会は主に資金の調達、橋の所有権の設定、プロジェクト実施の方法と調達、供用規則の制定と維持管理等に責任を持つ。さらに、橋梁維持管理の運営と基本方針を設定する。プロジェクトの実施後は、この委員会は再編成され運用と維持管理を受け持つカズングラ橋管理事務局とする。また、環境配慮については、環境対策管理計画を策定し、各国の代表者による環境管理委員会を設置する。

3)　国境に架けられる橋梁建設における留意点

各国はその法制度、慣習そして文化においてそれぞれ固有のものがあり、そのために紛争や誤解を生じる。特に国境に架けられる橋梁建設においては留意すべき点が多くある。これらの点についてSADC地域内で実施中のザンベジ川を渡るチルンド橋実施から学ぶものがある。カズングラ橋建設においてチルンド橋実施を参考に留意すべき点は、次のようになる。

－　特別地域としての建設区域の区別。
－　プロジェクト関係者と車両へのフリーパスの発行。
－　合同安全・治安部隊の派遣。
－　プロジェクトに従事する労働者と技術者の標準賃金の適用。