

2-2-3 河道変遷

日ボ友好橋の取付け道路の被災に関連し、ピライ川及びその支川のグエンダ川の変遷に関して、航空写真及び衛星画像(SEARPI 提供)を収集し、解析した。なお、日ボ友好橋は当時アイゼンハウワー橋として 1964 年に建設された。また、1983 年の洪水によりピライ川の改修計画が策定され、工事が行われた結果、日ボ友好橋付近の堤防が 2000 年に完成している。

衛星画像による河道の変遷の結果を取りまとめる、次のようになる。

表 2-2-13 収集した衛星画像と河道の特徴

写真の種類	撮影年月	河道の特徴
航空写真	1967 年 8 月 25 日	橋梁に対して河道はほぼ直角、グエンダ川が大きく蛇行、ピライ川への合流点が 2 箇所ある。
衛星画像	1978 年 8 月 21 日	グエンダ川は橋梁上流で分派し、国道 4 号に向かい流れる
衛星画像	1982 年 3 月 28 日	ピライ川はラ・マドレ川の河道を流れ、国道 4 号の上流で氾濫する。グエンダ川は橋梁上流で分派し、国道 4 号に向かう。橋梁地点ではグエンダ川の洪水が流れる。
衛星画像	1986 年 7 月 25 日	ピライ川は上流で分派し、ラ・マドレ川の河道を流れ、国道 4 号の上流で氾濫する。グエンダ川は分派せず橋梁に向かう。橋梁地点ではグエンダ川の洪水が流れる。
衛星画像	1996 年 11 月 25 日	ピライ川はグエンダ川を合わせ、橋梁地点を流れる。また、橋梁下流ではラ・マドレ川に流路が変わる。
衛星画像	2001 年 8 月 1 日	ピライ川が主な流れであり、合流後、流れは左岸に当たり、それが右岸に向かい、橋に対しては幾分傾きを持って斜めに流入している。
衛星画像	2008 年 2 月 5 日	ピライ川のグエンダ川との合流点が上流へ移動、流れが左岸橋台に向かう。
衛星画像	2008 年 3 月 15 日	左岸取付け道路付近の湾曲が発達し、流れは右岸橋台に向かう。
衛星画像	2008 年 5 月 2 日	橋梁上流で流れが分かれ、取付け道路の湾曲が緩和される。放水路掘削の効果が発揮された可能性がある。
衛星画像	2009 年 6 月 6 日	一部ピライ川の流れが戻り、合流点が下流に移動し、流れが元にもどる。

ピライ川は自分が形成した扇状地の西側を流れている地形的な要因から、河道は西へ向かう傾向がある。また、グエンダ川は蛇行してピライ川と合流している。

1983 年の洪水の際には、ピライ川の洪水は直線的に流れ、ラ・マドレ川に流れ込んだ。このためにピライ川本川の流路は狭くなっている状況にあった。その後、モンテローの洪水防止のためにピライ川の流路をファン・ラティーノ放水路へ変え、これが本川となるとともに、堤防及び越流堤を建設し、確率 1/20 以上の洪水の際には越流堤を超えて、洪水がラ・マドレ川に流れるようにした。また、

橋梁下流約 2km では本川が支川ラ・マドレ川 (La Madre) に流入するようになりこれが本川となっている。

橋梁と河道の関係に関しては、1967 年の航空写真では橋梁は河道をほとんど直角に横断していたが、その後の状況では西側から斜めに流れるようになり、橋梁地点の河道に直角な橋長は相対的に短くなっている。すなわち当初は 280m あったものが、現在では約 200m まで短くなったことを意味している。

自然的な要因と人工的要因により、ピライ川は西に向かう傾向を示している。このような状況で 2008 年の洪水では、グエンダ川との合流点が上流へ移動したことにより、洪水はグエンダ川の流路を流れた。

元々、グエンダ川は蛇行する特性を示していたため、それが発達し、橋梁左岸直上流に流れが向かい、取付け道路盛土により向きを変えられ湾曲が発生した。これにより、洗掘及び盛土の崩壊が生じたものと考えられる。

合流点が下流の場合には、ピライ川の流れによって蛇行の発達が抑えられていたが、合流点の移動により蛇行が発達するようになった。

将来の傾向としては、ピライ川は西へ移動する要因を有しており、グエンダ川の流路を流れる可能性が高い。

今回の被害をもたらした 2008 年の洪水により河床変動の状況を解析した。2008 年 2 月 5 日画像では、合流点がすでに上流へ移動し、橋上流 5km の湾曲で流れはほぼ直角に東に向かう。それが、河岸に当たり、左岸橋台付近に向かって流れる。しかし、左岸直上流の湾曲の発生はない。

2008 年 3 月 15 日画像では、上流からの流れが橋上流 5km の湾曲でほぼ直角に東に向かう。これが、河岸に当たり、向きを変えて取付け道路に当たり、河岸を侵食するとともに取付け道路に沿って東に向かい右岸の橋台付近で向きを下流に変えている。

2008 年 5 月 2 日画像では、湾曲の度合いが緩和され、元に戻る傾向を示している。また、放水路を掘削した効果によるのか、一部の流れは上流から橋に向かい、取り付け道路の湾曲は緩やかなものとなっている。

2009 年 6 月 6 日画像では、上流のグエンダ川との合流点付近の状況が変化するとともに、旧ピライ川にも一部流れるようになり、流れの状況は 2008 年洪水以前の状況に戻る傾向を示す。



图 2-2-19 航空写真(1967 年 8 月 25 日)

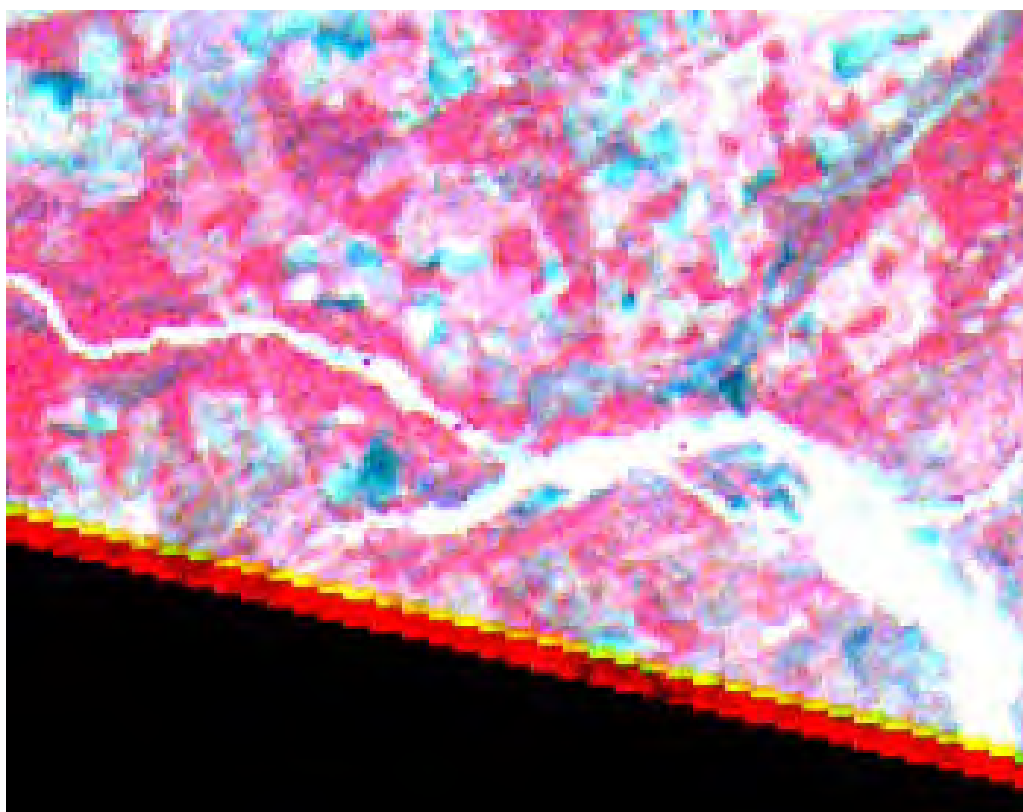


图 2-2-20 卫星画像(1978 年 8 月 21 日)

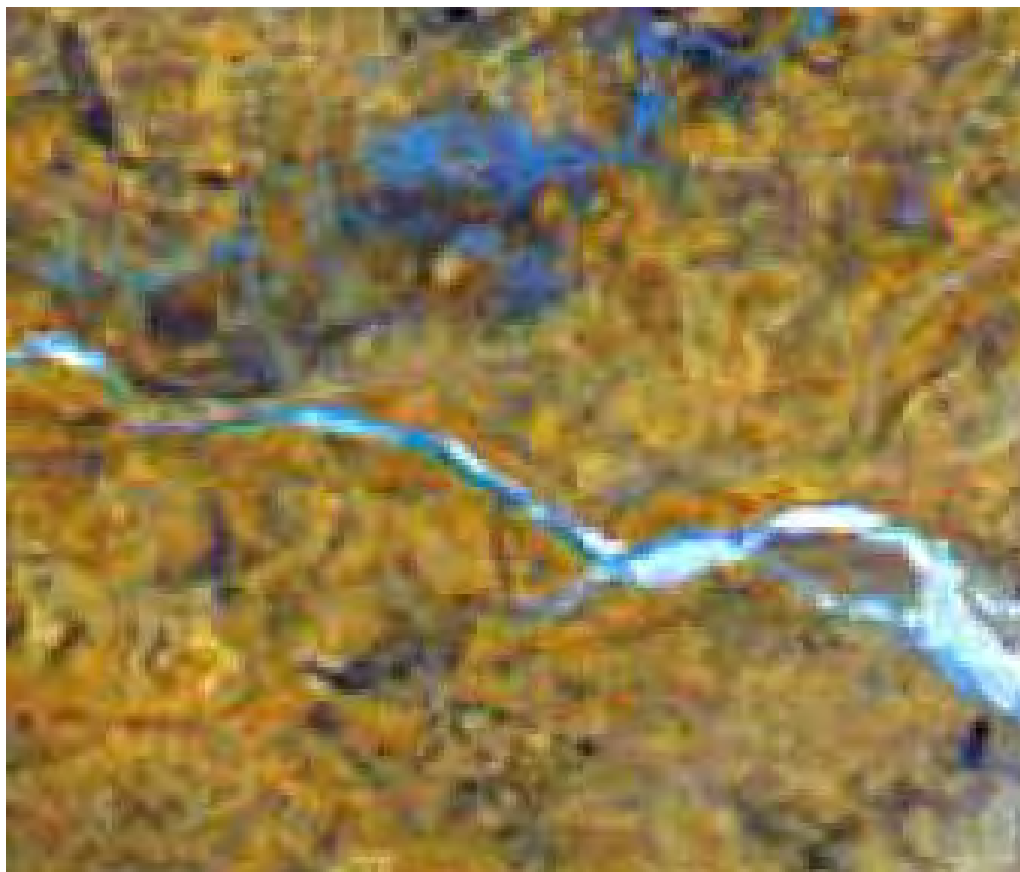


图 2-2-21 卫星画像(1982 年 3 月 28 日)

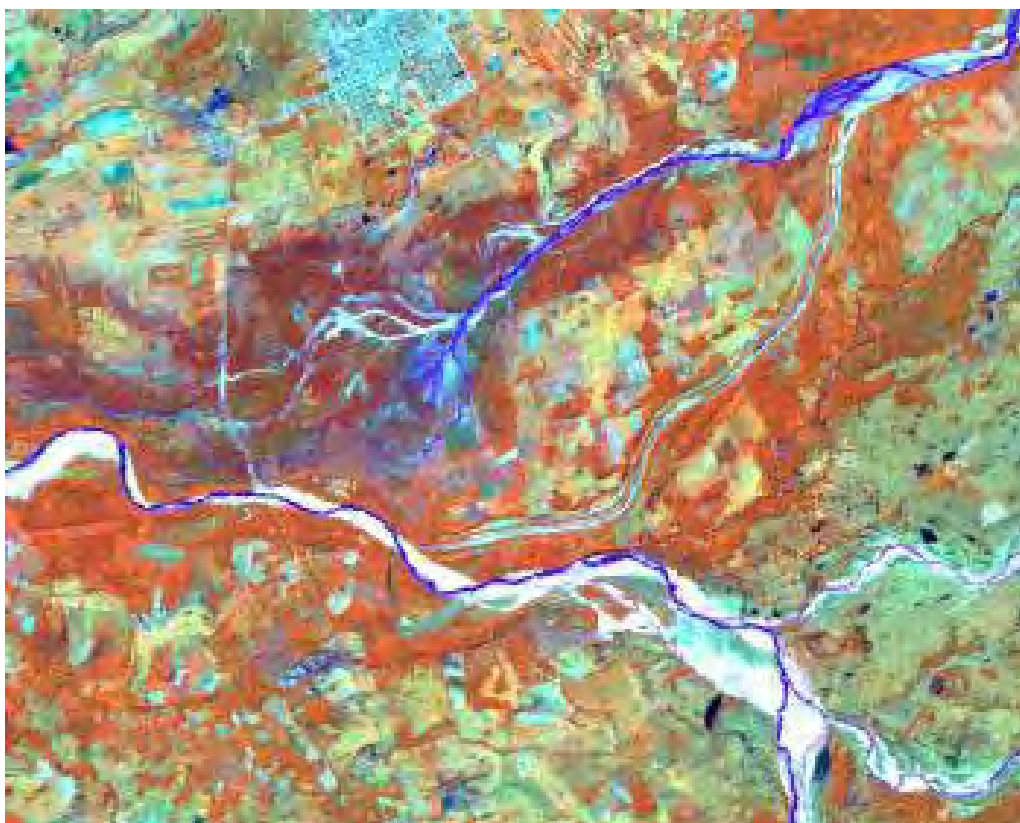


图 2-2-22 卫星画像(1986 年 7 月 25 日)

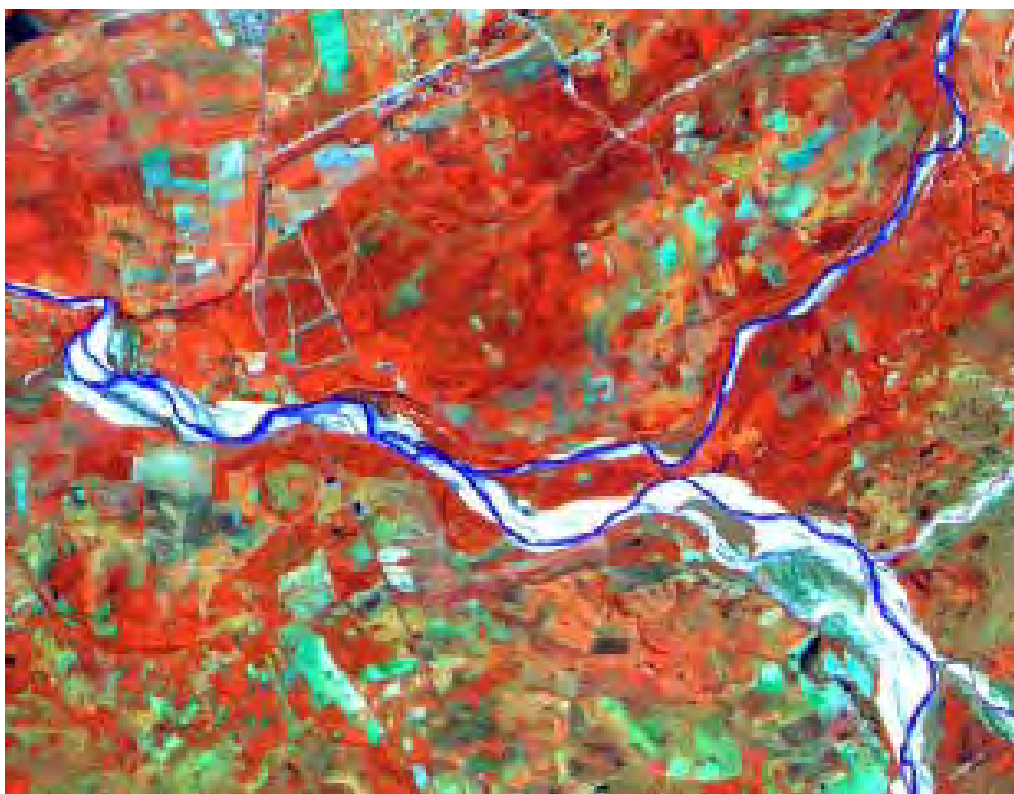


图 2-2-23 卫星图像(1996 年 11 月 25 日)

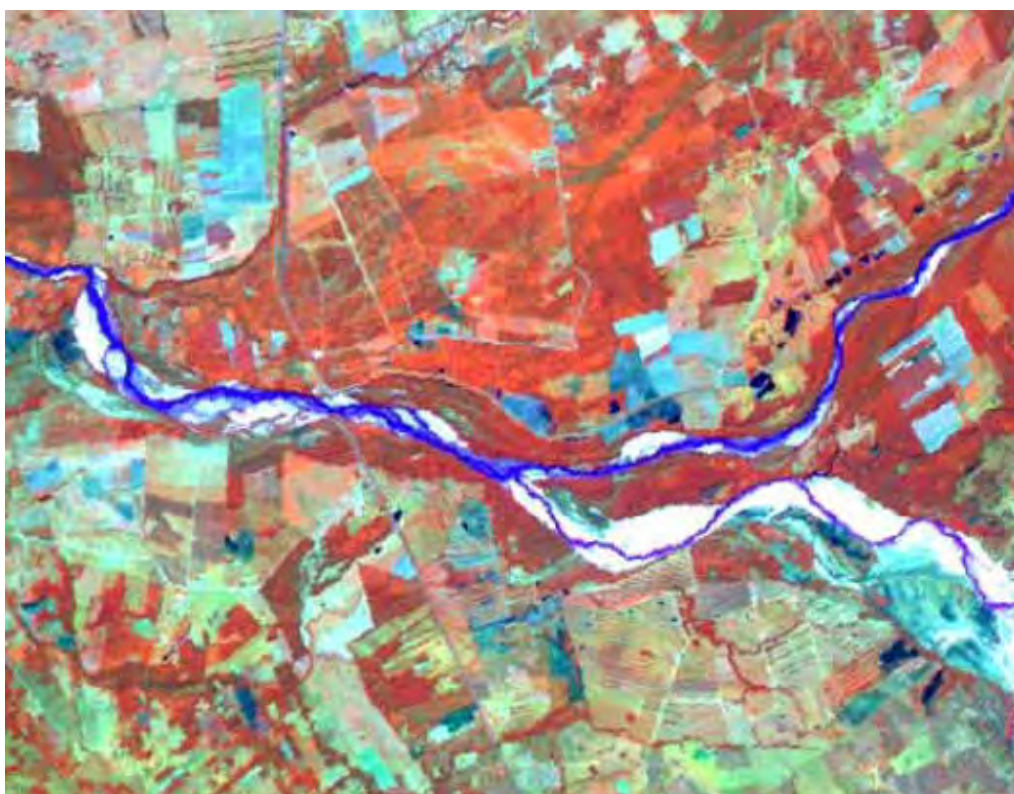


图 2-2-24 卫星图像(2001 年 8 月 11 日)

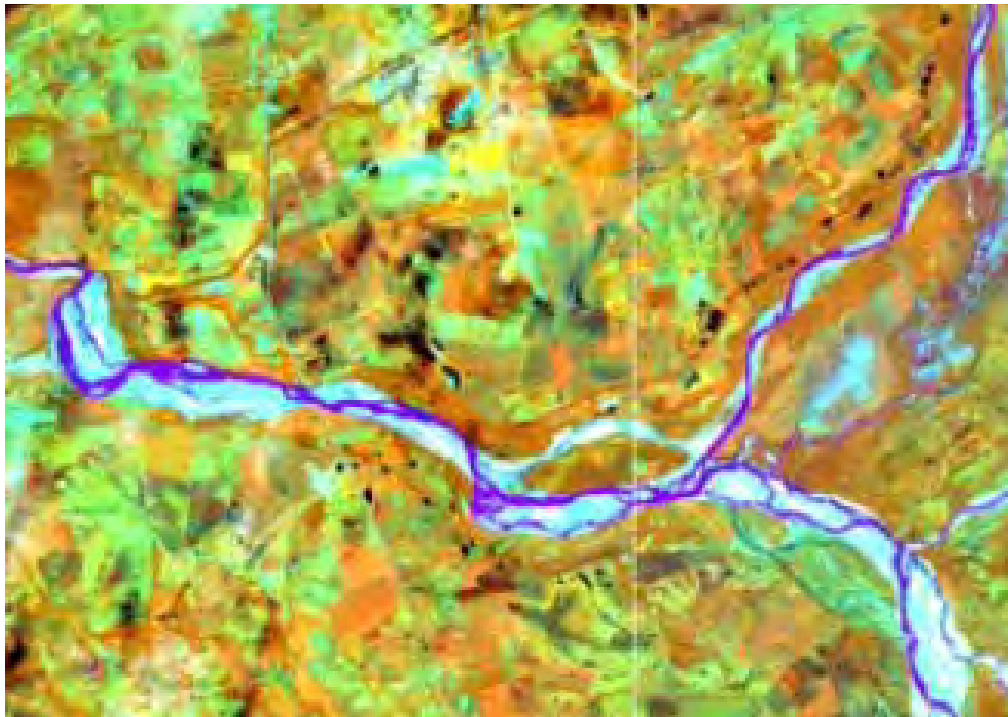


图 2-2-25 卫星画像(2008 年 2 月 5 日)



图 2-2-26 卫星画像(2008 年 3 月 15 日)

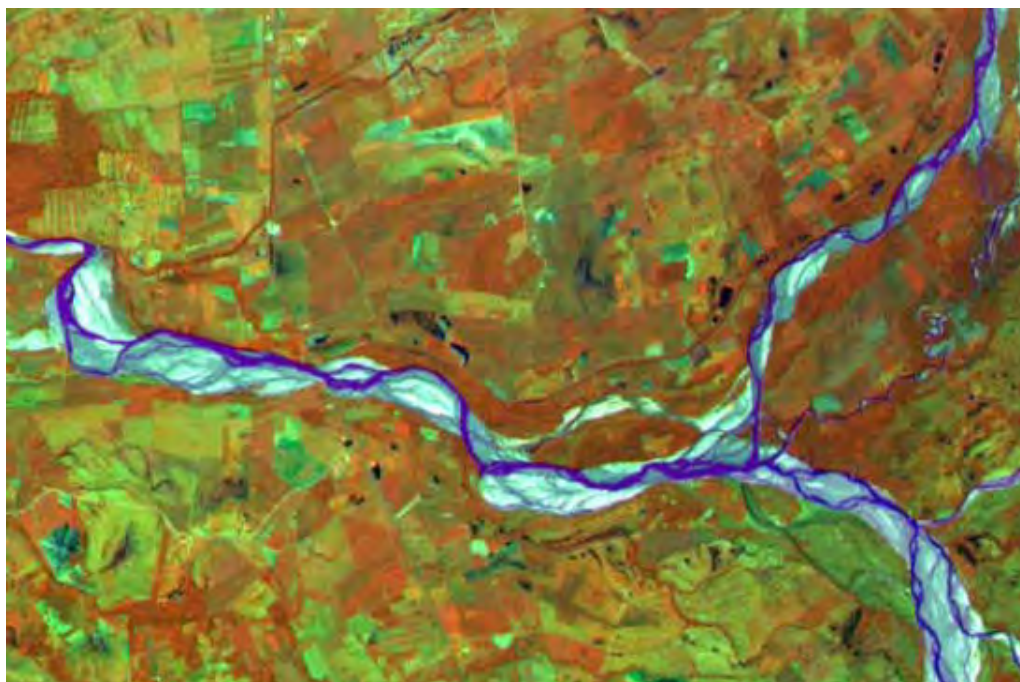


图 2-2-27 卫星画像(2008 年 5 月 2 日)

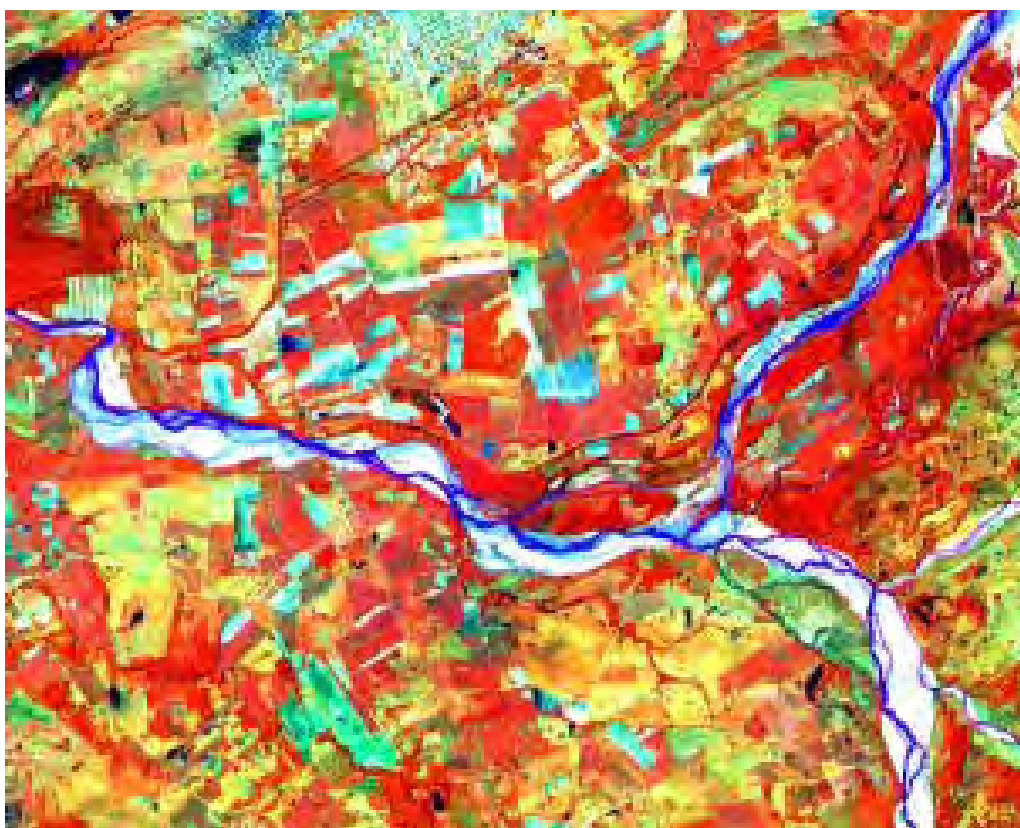


图 2-2-28 卫星画像(2009 年 6 月 6 日)

2-2-4 環境社会配慮

2-2-4-1 概 要

「ボ」国では 1992 年 4 月 27 日に環境法（Law No. 1333）が基本法として施行されて以来、本格的な環境社会配慮が実施されており、この基本法に基づいて環境に関する様々な法令が制定されてきている。本環境法の目的は、事業（プロジェクト）が自然環境及び地域社会に及ぼす恐れのある影響について、調査・予測・評価を行い、その環境への影響を回避あるいは低減させるための計画の提示及び実施を目的とする。

すべての事業は、上記の環境法に基づいて環境ライセンスの取得手続きを経ることが規定されており、本調査にて提案するプロジェクトにおいても例外ではない。

2-2-4-2 環境関連法規

「ボ」国の環境関連の法体系は、上記の環境法とその分野別法規によっている。環境社会配慮の手続きについては、「環境手続きに係る一般規定（第 24176 号：1995 年 12 月 8 日制定）」、大気質、水質の基準については、それぞれ「大気汚染物質に係る政令（第 24176 号：1995 年 12 月 8 日制定）」、「水質汚染物質に係る政令（第 24176 号：1995 年 12 月 8 日制定）」に定められている。環境法およびその分野別法規、その他の環境及び環境社会配慮関連の主な法規を表 2-2-1 に示す。

表 2-2-14 ポリビア国の環境関連法規

法 令 名		No./制定日	
環境法(第 1333 号) Ley 1333 de Medio Ambiente		Ley 1333 1992 年 4 月 27 日	
環境 法 細 則	環境手続きに係る一般規定(第 24176 号) Reglamento General de Gestión Ambiental (RGGA)	DS No 24176 1995 年 12 月 8 日	
	環境保全・管理に係る政令(第 24176 号) Reglamento de Prevención y Control Ambiental (RPCA)	DS No 24176 1995 年 12 月 8 日	
	補 完 規 定	環境監査に係る政令(第 28499 号) Auditorias Ambientales	DS No 28499 2005 年 12 月 10 日
		DS No 24176 の補完・修正に係る政令(第 28592 号) Complementaciones y Modificaciones al DS No 24176	DS No 28592 2006 年 1 月 17 日
	大気汚染物質に係る政令(第 24176 号) Reglamento en Materia de Contaminación Atmosférica (RMCA)	DS No 24176 1995 年 12 月 8 日	
	水質汚染物質に係る政令(第 24176 号) Reglamento en Materia de Contaminación Hídrica (RMCH)	DS No 24176 1995 年 12 月 8 日	
	危険物を伴う活動に係る政令(第 24176 号) Reglamento para Actividades con Sustancias Peligrosas (RASP)	DS No 24176 1995 年 12 月 8 日	
	廃棄物管理に係る政令(第 24176 号) Reglamento de Gestión de Residuos Sólidos (RGRS)	DS No 24176 1995 年 12 月 8 日	
	オゾン消滅物質管理規定(第 27562 号) Reglamento de Gestión de Sustancias Agotadoras del Ozono (RGASAO)	DS No 27562	
	分 野 別 環 境 規 定	加工業部門用環境規定(第 26736 号) Reglamento Ambiental para el Sector Industrial Manufacturero (RASIM)	DS No 26736
鉱山活動用環境規定(第 24782 号) Reglamento Ambiental para Actividades Mineras (RAAM)		DS No 24782	
石油産業部門用環境規定(第 24665 号) Reglamento Ambiental para el Sector Hidrocarburos (RASH)		DS No 24665 1996 年 6 月 19 日	
保護区一般規定(第 24781 号) Reglamento General de Áreas Protegidas		DS No 24781 1997 年 6 月 31 日	
保護区内観光活動一般規定(第 28591 号) Reglamento General de Operación Turística en Áreas Protegidas		DS No 28591 2006 年 1 月 17 日	
通信アンテナ管理条例(第 018/06 号) Resolución Administrativa No 018/06 de Antenas de Telecomunicación		RA No 018/06 2006 年 10 月 17 日	
石材・骨材法(第 3425 号) Ley No 3425 de Áridos y Agregados		Ley No 3425 2006 年 6 月 20 日	
関 連 法	災害リスク緩和対策法(第 2140 号) Ley No 2140 para la Reducción de Riesgos y Atención de Desastres	Ley No 2140 2000 年 10 月 25 日	
	災害/緊急対策及びリスク緩和改正法(第 2335 号) Ley No 2335 Modificatoria para la Reducción de Riesgos y Atención de Desastres y/o Emergencias	Ley No 2335 2002 年 3 月 5 日	
	狩猟・漁、国立公園、野生生命法(第 12301 号) Ley de Vida Silvestre, Parques Nacionales, Caza y Pesca No 12301	Decreto Ley No 12301 1975 年 3 月 14 日	
	一般的及び無期限禁漁令(第 22641 号) Veda General e Indefinida	DS No 22641 1990 年 11 月 8 日	
	一般的及び無期限禁漁批准令(第 25458 号) Ratificación Veda General e Indefinida	DS No 25458 1999 年 7 月 21 日	

2-2-4-3 環境ライセンスの取得手続き

「ボ」国における環境ライセンスの取得手続きは、上記環境法に基づき実施されている。申請から環境ライセンス取得までの手続きを図 2-2-1 に示す。

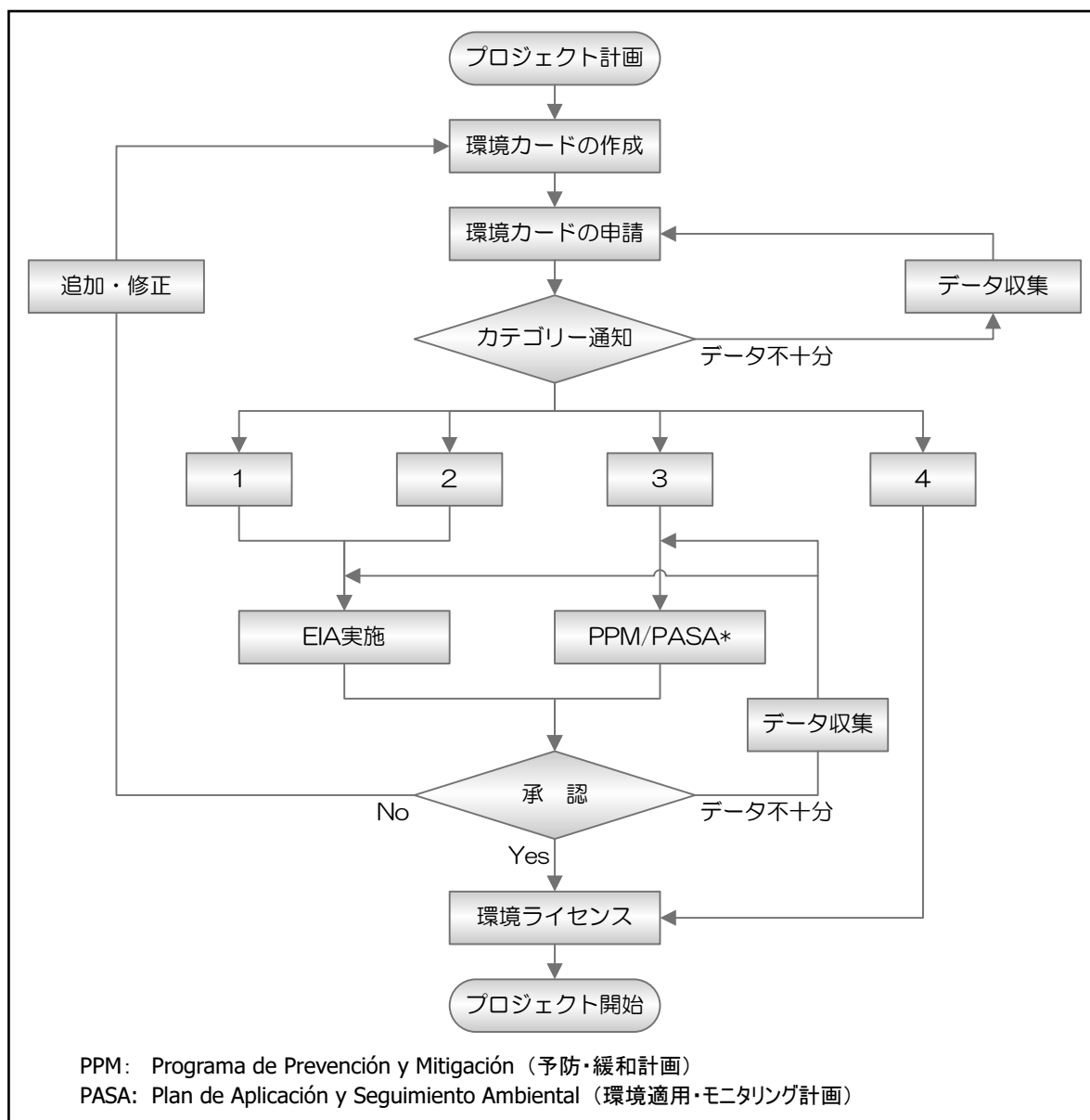


図 2-2-29 環境ライセンス取得手続きフロー

(1) 環境ライセンス申請

プロジェクト計画後、事業者は環境カード（FA: Ficha Ambiental）を作成し、環境担当機関に提出して環境ライセンス申請を行う。提出先の環境担当機関は、プロジェクトの実施箇所のある県の環境担当部、またプロジェクトが複数の県にまたがる場合は環境・水省（MMAyA: Ministerio de Medio Ambiental y Agua）環境・生物多様性・気候変動次官室（VMABCC: Vice Ministerio de Medio Ambiente, Biodiversidad y Cambios Climáticos）環境局となる。

(2) カテゴリー区分

事業者により提出された FA に基づきプロジェクトのカテゴリー区分が行われる。プロジェクトはカテゴリー1～4 の 4 段階に区分され、カテゴリーにより環境影響評価（EIA）の実施項目、実施の有無が決まる。それぞれのカテゴリーに要求される環境調査は以下の通りである。

- カテゴリー1：EIA 全項目の実施
- カテゴリー2：EIA 特定項目の実施
- カテゴリー3：予防・緩和計画（PPM）、環境適用・モニタリング計画（PASA）の提出
- カテゴリー4：以降の環境調査の必要なし

事業者により FA が提出されてからカテゴリー区分が通知されるまで、概ね 10 日間ほどである。

(3) 環境影響調査

カテゴリー4 に区分された場合、EIA を含む以降の環境調査の実施は不要であり、プロジェクトを開始することができる。カテゴリー3 に区分された場合は EIA の実施は不要であるが、PPM、PASA を作成し、承認を受ける必要がある。カテゴリー1、2 に分類された場合は、EIA の実施が求められる。

(4) 環境ライセンス

カテゴリー3 の場合、1 ヶ月ほどで PPM、PASA が承認され、環境ライセンスが発行される。カテゴリー1、2 の場合、EIA の承認、環境ライセンス発行まで約 3 ヶ月かかる。

(5) 当該プロジェクトの手続き

本プロジェクトは、サンタクルス県内の国道 4 号線のピライ川架橋地点周辺に位置するため、環境ライセンスはサンタクルス県環境部に申請することになる。同様のプロジェクトを多数実施している SEARPI によると、本プロジェクトはカテゴリー3 かカテゴリー4 に分類されると推定され、本プロジェクトの実施においては基本的に EIA の必要は生じないと考えられる。ただし、カテゴリー3 に分類される場合は、PPM、PASA の承認が環境ライセンス発行の条件となる。

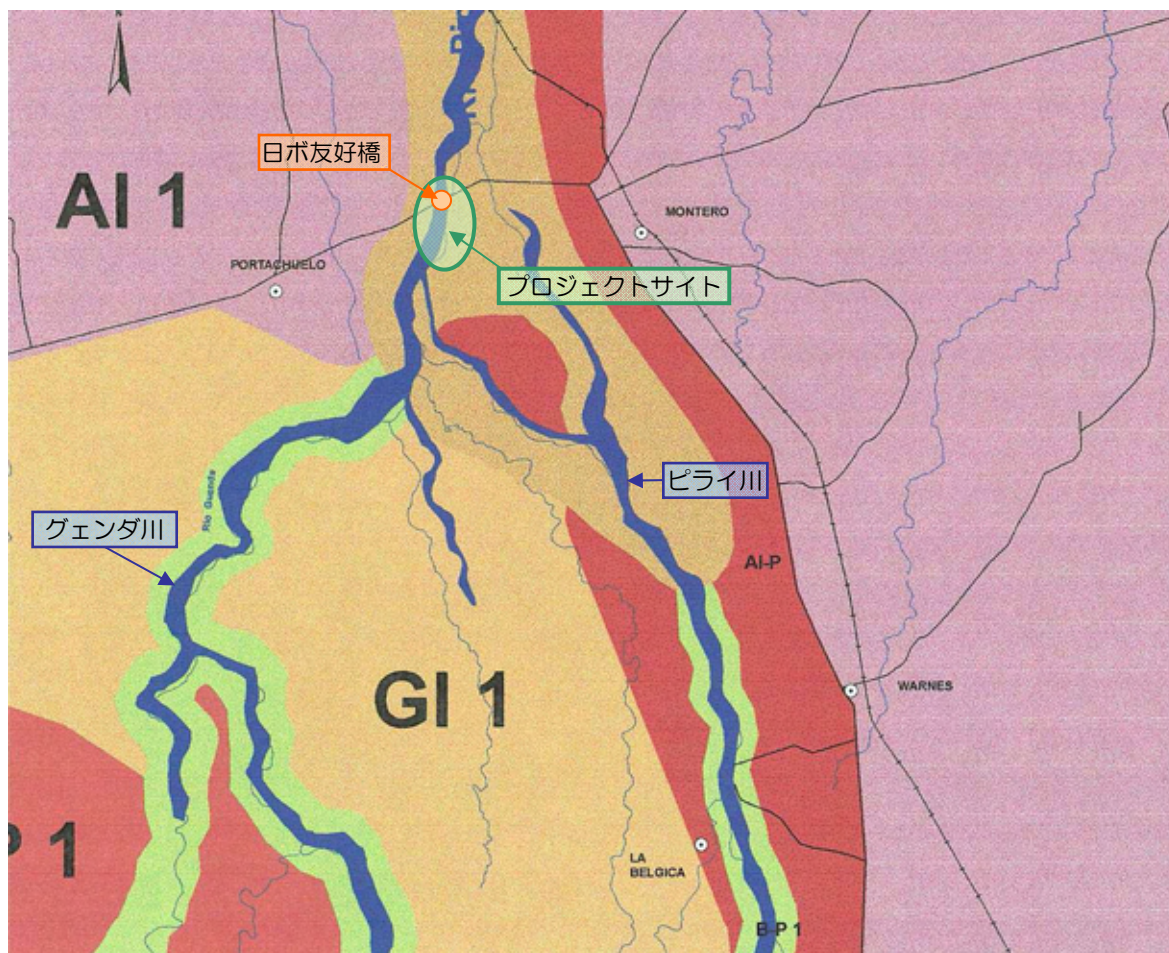
2-2-4-4 環境社会配慮調査

(1) プロジェクトの概要

(a) サイト周辺環境

プロジェクトサイトは、サンタクルス県国道 4 号線上ピライ川架橋地点（日ボ友好橋周辺）に位置し、対策工事は日ボ友好橋の取付け道路（ボルタチュエロ側）および橋梁上流に計画されている。日ボ友好橋取付け道路は、2008 年 3 月の洪水で侵食被害を受けたが、「ボ」国政府により盛土護岸および水制工の応急対策が実施されている。

周辺地域はサンタクルス県の土地利用計画によって「集中畜産区域」に指定されており（図 2-7-2）、住居はなく畜産業が営まれている。



GI 1: 集中畜産区域
 AI 1: 集中農畜区域
 AI P: 農畜限定区域
 B-P 1: 保護林区域

図 2-2-30 プロジェクトサイト周辺の土地利用図

(b) プロジェクトの概要

本プロジェクトは、ピライ川右岸側に水制工、ベーン工、左岸側に水制工補強、護岸補強が計画されている。計画された対策工事の内容を以下に示す。

表 2-2-15 対策工事の計画

工事区分	工 種	種 別	数 量	単 位
右岸工事	水制工	じゃ籠	250	m
	ベーン工	木杭	60	基
左岸工事	水制工補強	木杭	345	m
	護岸補強工	ふとん籠	250	m

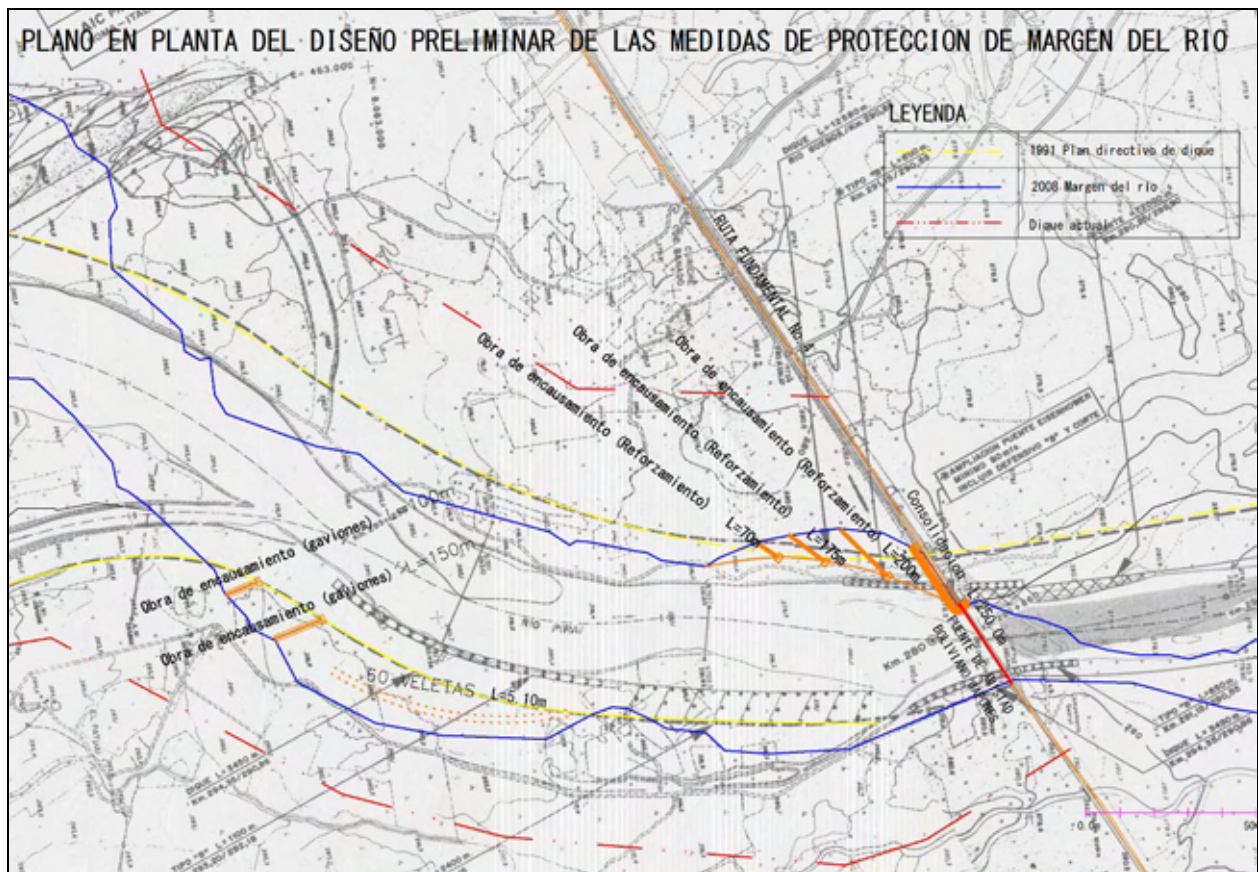


図 2-2-31 対策工事の平面図

(2) スクリーニング

本プロジェクトは、比較的小規模構造物であり、ほとんど環境への影響が見られないものの、一部工事中に影響を及ぼす可能性があるため、JICA 環境社会配慮ガイドラインにおける環境カテゴリーは「B」が適当である。

(3) スコーピング

表 2-7-4 に示す通り環境マトリックスを使用してスコーピングを行い、環境への影響が想定される項目の選定を行った。選定された環境項目は以下の通りである。

- 非自発的住民移転
- 景観
- 大気汚染
- 水質汚濁
- 土壌汚染
- 廃棄物
- 騒音・震動
- 事故

表 2-2-16 スコーピングチェックリスト

環 境 項 目			評 定	根 拠
社 会 環 境	1	非自発的住民移転	C	道路用地内/河川内工事のため、住民移転は発生しない。工事中に若干の用地借用が発生する可能性がある。
	2	雇用や生計手段等の地域経済	-	雇用や生計手段等の地域経済に影響はない。
	3	土地利用や地域資源利用	-	河川内工事のため、土地利用および地域資源利用の変更はない。
	4	社会関係資本や地域の意志決定機関等の社会組織	-	サイト周辺に社会関係資本や地域の意志決定機関等の社会組織はなく、影響はない。
	5	既存の社会インフラや社会サービス	-	既存の社会インフラや社会サービスに対する影響はない。
	6	貧困層・先住民族・少数民族	-	サイト周辺に先住民族・少数民族は居住していない。
	7	被害と便益の偏在	-	本プロジェクトは主要国道を浸食被害から守るものであり、被害と便益が偏在することはない。
	8	文化遺産	-	サイト周辺に文化遺産はない。
	9	地域内の利害対立	-	サイト周辺には住民がいないため、利害対立は発生しない。
	10	水利用、水利権、入会権	-	水利用、水利権、入会権には影響しない。
	11	公衆衛生	-	公衆衛生には影響しない。
	12	災害、HIV/AIDS のような感染症	-	災害、感染症への影響はない。
自 然 環 境	13	地形・地質	-	地形変化は想定されるが、災害以前の形状に戻ると考えられる。地質には影響しない。
	14	土壌浸食	-	構造物によって浸食が防止される。
	15	地下水	-	小規模構造物のため地下水に影響しない。
	16	湖沼・河川状況	-	構造物による河川流況の変化はあるが、災害以前に戻ると考えられる。
	17	海岸・海域	-	海岸・海域に面していない。
	18	動植物、生物多様性	-	サイト周辺に希少動植物は存在しない。また、小規模構造物のため、生態系に影響を及ぼさない。
	19	気象	-	小規模構造物のため気象に影響しない。
	20	景観	C	構造物により景観に影響する可能性がある。
	21	地球温暖化	-	小規模構造物のため地球温暖化に影響しない。
汚 染	22	大気汚染	B	施工中の機材搬入、重機の操業等により大気汚染が発生する可能性がある。
	23	水質汚濁	B	施工中、水質に影響が出る可能性がある。
	24	土壌汚染	B	施工中、土壌汚染が発生する可能性がある。
	25	廃棄物	C	施工中、多少の廃棄物が発生する可能性がある。
	26	騒音・振動	C	施工中に騒音・振動が発生する可能性があるが、周辺に住民はいない。
	27	地盤沈下	-	揚水等は行わないため地盤沈下は発生しない。
	28	悪臭	-	悪臭を発生させるものはない。
	29	沈殿物	-	沈殿物を発生させるものはない。
	30	事故	B	工事事故が発生する可能性がある。また、道路路面の工事のため、交通事故が発生する可能性がある。

注) A: 重大なインパクトが見込まれる

B: 多少のインパクトが見込まれる

C: 不明(検討する必要あり)

-: ほとんどインパクトは考えられない(FA/EIA 対象外)

(4) 主な環境社会影響と緩和策

プロジェクトの実施により予測される環境社会影響項目は上記の通りである。各影響項目について影響程度、および必要な場合の緩和策を以下に示す。

(a) 非自発的住民移転

プロジェクトサイトは、河川内あるいは道路用地内であり土地所有者は国（道路の両側 50m は ABC 所有の土地となる）であるため住民は居住していない。また、サイト周辺地域は、集約牧畜区域に指定されており、現在住民は居住していないため住民移転は発生しない。工事中に仮設ヤードの確保が必要となるが、日ボ友好橋北東に隣接する土地を SEARPI が所有しており、その土地を使用することが可能である。

(b) 景 観

水制工、根固め工などの構造物により景観が多少阻害される。ベーン工は小規模構造物であり影響は少ない。特に日ボ友好橋取付け道路沿いに建設される根固め工については、盛土部分の植生工によって景観を改善させる必要がある。

(c) 大気汚染

施工中、重機の操業等により大気質の汚染が発生する可能性がある。粉塵対策として、散水および施工計画による裸地面積のコントロールを図る必要がある。

(d) 水質汚濁

河川内の工事であることから重機等の油流出による水質汚濁の可能性はある。油脂類の漏洩防止策を行う必要がある。

(e) 土壌汚染

施工中、重機等の油流出による土壌汚染の可能性はある。油脂類の漏洩防止策を行う必要がある。

(f) 廃棄物

本プロジェクト実施による廃棄物は生じない。

(g) 騒音・震動

施工中、重機の操業等により騒音・振動が発生するが、プロジェクトサイト周辺には住居がないため、影響はほとんどない。

(h) 事 故

河川内工事のため、施設建設時に河川の増水などによる事故の可能性はある。雨季を避けた工程計画、気象情報の把握など十分な施工監理を実施して、事故の発生を回避する。また、道路用地内の工事も含まれるため、工中に交通事故が発生する可能性がある。事故防止のため、一般道路との接触部に交通誘導員の配置、資機材の運搬ルート・輸送方法等を適切に計画する必要がある。

(5) 予防・緩和計画および環境適用・モニタリング計画

本プロジェクトは、「ボ」国の環境制度によりカテゴリー3（あるいはカテゴリー4）に分類される可能性が高いことから、プロジェクト実施前に PPM、PASA を作成し、承認を受ける必要がある。カテゴリー3 に分類された場合、本プロジェクトの実施機関は ABC であることから、ABC 社会環境部が PPM、PASA を作成することになる。ABC 社会環境部によると、2 月中に PPM、PASA を作成すれば 4 月上旬までに承認を得ることができるとのことである。

(6) プロジェクトの総合評価

本プロジェクトの環境影響項目はほとんど施工中に発生するものである。ABC が作成する予防・緩和計画による緩和策が実施された場合、全項目においてほとんど影響がないと再評価され、本プロジェクトの実施は可能であると言える。

2-3 既存施設の現状

2-3-1 既存施設

(1) 日ボ友好橋および取付道路の現状

サンタクルス市からポルタチュエロまでは迂回路がなく日ボ友好橋がかかる国道 4 号線が唯一の幹線道路となっている。

日ボ友好橋は、橋長 280m、5 径間トラス橋であり、1964 年アメリカの援助により戦争余剰資材を利用して建設され、その後、1988 年に嵩上げ工事実施、2005 年に日本の無償資金協力による補修を経て現在に至っている。

日ボ友好橋はモンテロー市から約 7km 離れた見通しの良い直線区間にあり、橋梁からモンテロー市側の約 600m の位置にラ・マドレ橋がある。モンテロー市からラ・マドレ橋まではほぼ標高が同じで平坦な縦断線形であるが、日ボ友好橋前後約 200m から約 3%の縦断勾配で周辺より 2～3m 高くなっている。

橋梁幅員は、総幅で 6.82m であり、AASHTO の主要幹線道路橋梁部幅員 8.5m を満足していない。幅員不足が原因と考えられるトラス鋼材への接触事後が多発している。



図 2-3-1 日ボ友好橋と取付道路の状況（2001 年 2 月撮影）

(2) 堤防の現状

ピライ川の治水対策は、1983 年 3 月の大洪水を期に法 No.550 が制定され、SEARPI（ピライ川改修公団）が設立され、同公団が中心となりピライ川改修の主幹事業者として治水事業を実施してきた。

SEARPI は EU と一部 BID の資金協力を得て、ラ・ベルヒカ橋からアイゼンハウアー橋までの約 33km に対して、モンテロ治水事業を実施し、堤防建設、稼働改修および付帯施設などの工事を実施した。

主な事業実施内容は以下の通りであり、現在本計画に基づいた堤防が整備されている。

表 2-3-1 モンテロ治水事業による堤防計画

確率規模	左右岸	名 称	延 長	区 間・対 象 地 点
100 年	右岸	CD-D07	17.2km	ラ・ベルヒカ橋～ファン・ラティエーノ地点
		CE-D01	14.2km	ファン・ラティエーノ地点～アイゼンハウアー橋
	左岸	CE-D09	5.9km	ピライ川及びグエンダ川左岸
20 年	右岸	CE-D06	13.9km	CE-D01 堤防とピライ川に挟まれた地域

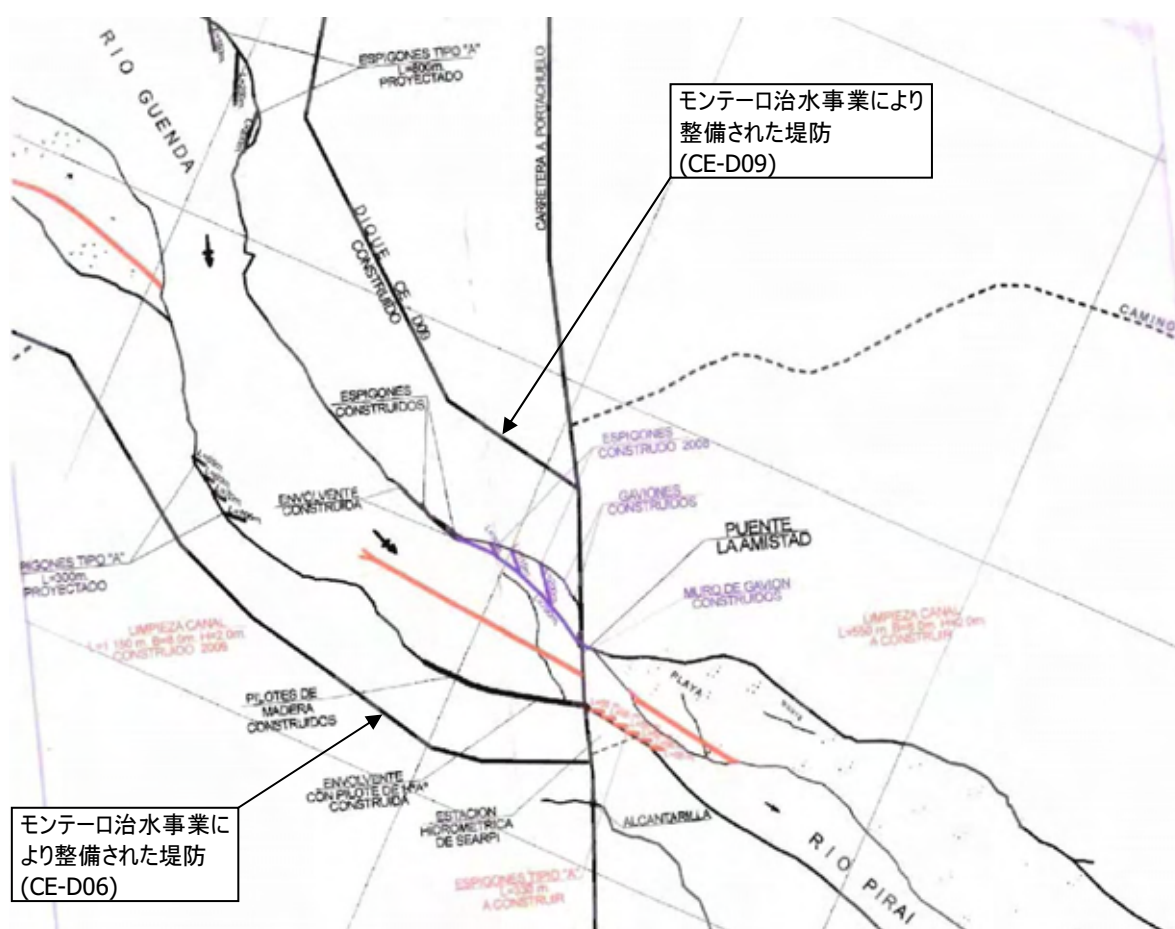


図 2-3-2 モンテロ治水事業による日ボ友好橋付近の堤防整備状況 (SEARPI 河川計画図)

2-3-2 応急対策工

(1) 被災状況

日ボ友好橋の取付け道路は 2007 年末から 2008 年 3 月にかけての洪水により被害を受けた。

特に 2008 年 3 月の集中豪雨では日ボ友好橋上流で河道が大きく蛇行したため、左岸側の日ボ友好橋取付道路盛土に沿って洪水が流れ、取付道路盛土の上流側が路肩まで侵食された。

被害は道路上流左岸の延長 800m、幅 100m に達する河岸侵食、河岸に設置された延長 800m の水制の倒壊、取付け道路前面の洗掘、道路法面の延長 200m、高さ 8m の崩壊に及んだ。このため道路は一車線しか使用できなくなり、国道 4 号線の交通に大きな影響を与えた。

なおこの時の最高水位は標高(msl)279.2m であるが、高い水位が長期間生じていた。

また、降雨は日ボ友好橋地点で 5 日間続き、日最大雨量は 94.6mm であった。

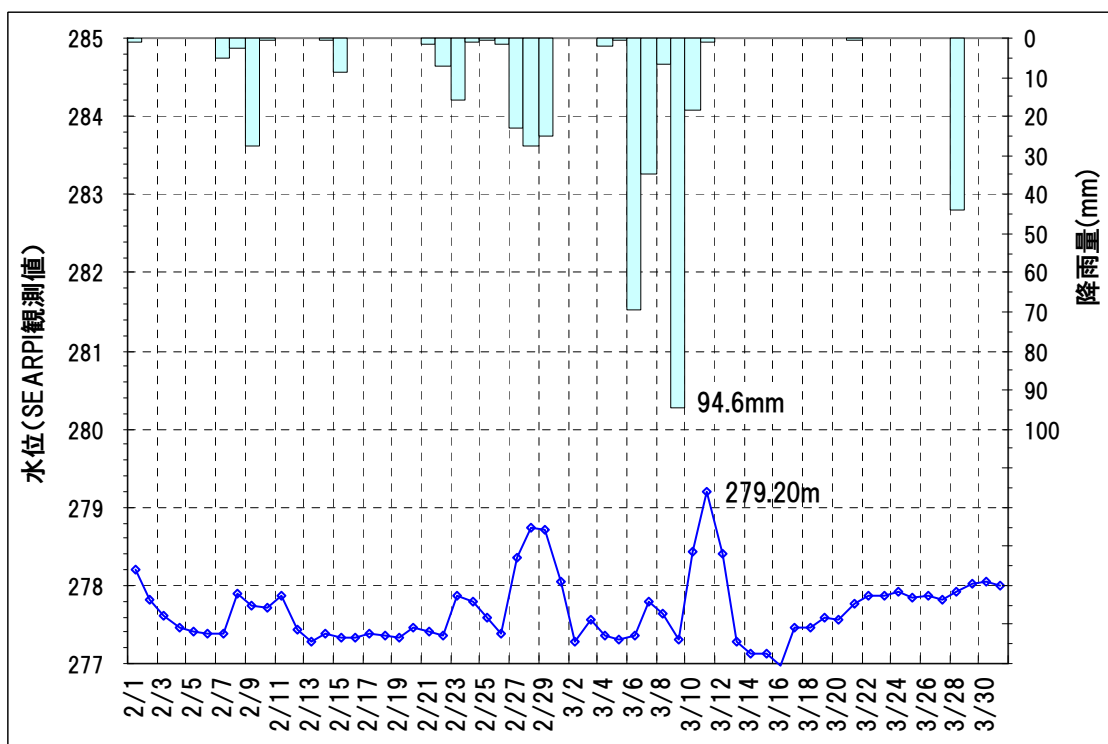


図 2-3-3 2008 年 2 月～3 月の降雨量と観測水位（観測地点：EISENHOWER）



図 2-3-4 取付道路上流側の崩壊



図 2-3-5 河岸侵食と水制の倒壊

(2) 応急対策工

2008 年 3 月の被災に対し「ボ」国によって実施された応急対策工事の概要を下表に示す。

表 2-3-2 応急対策工事概要

項 目	内 容	摘 要
工事金額	約 Bs. 6,800,000	
施工管理	ABC 道路保全部 ABC サンタクルス支所	
着工日	2008 年 9 月 2 日	
竣工日	2009 年 2 月 25 日	
工 期	175 日	
工事範囲	国道4号線上のサンタクルス市から約 65Kmの日ボ友好橋上流左岸側	
工事内容	路体の修復	ピライ川の増水により洗掘された路体の修復
	法面補強建設	取付道路の路体を保護するための、ジオメッシュ (テラメッシュ) で補強した法面高さ 12m、長さ約 200m の建設
	法面とその基部の補強	法面の基部を一体当り長さ 25m、高さ 2.50m、幅 5.57m のジオチューブ (Geotextil tube GT1000) で補強、洗掘防止用エプロンで保護。
	水制の設置	水制(木杭に金網を張り巡らせた簡易水制工))の設置(工事担当: SEARPI)

ABC によって実施された応急対策工は、法面安定対策として、基礎地盤の土砂を砂質土に置き換えるとともにフトンカゴを敷設した上に基礎工として蛇カゴを設置、法面安定のためにせん断防止網状材を用いて砂質盛土し、前面にソイルセメントを注入したプラスチック製の 5 分の土嚢積み を 3 段設置している。

洗掘対策工として、ジオチューブ (2.4×5.6m) と同材料のマット (幅 9.0m) を設置している。

また、SEARPI によって、旧河道に沿った線上とその位置に木杭の水制が設置されるとともに、侵食された河岸を結ぶ位置に 3 本の連続木杭の水制が設置された。水制は、2.5m 間隔で木杭を打設し、その間に鉄線の網が設置されており、流下物を補足することにより、その効果を期待する構造と推定される。

応急対策の構造物の現況の安定状況を確認したが、大きな変形は見られなかった。しかし、ジオチューブにはいたずらにより開けられた穴や繊維の継目から砂が漏れている状況が確認された。

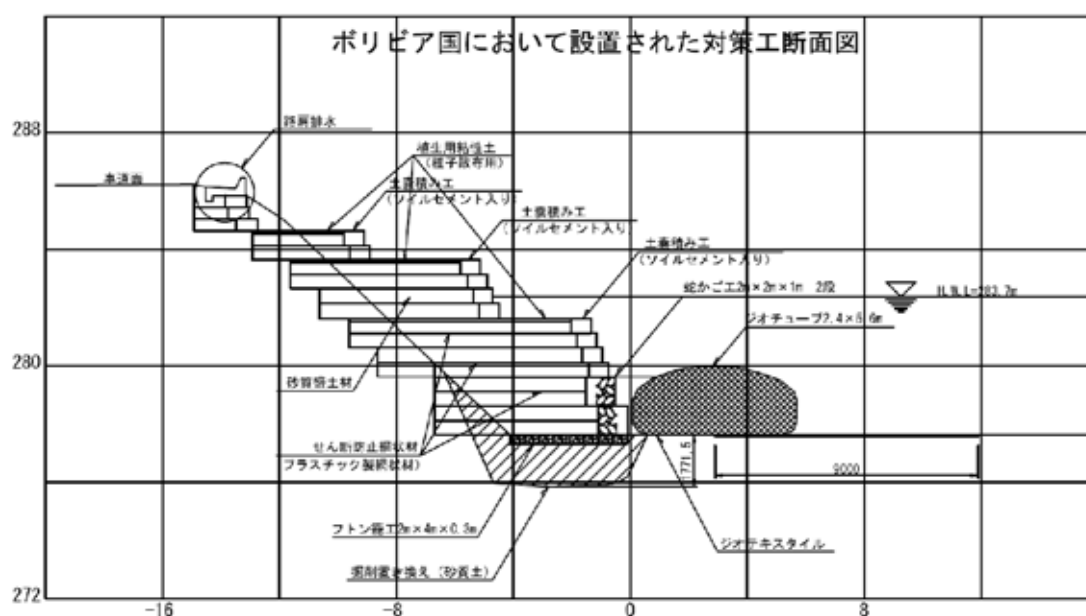


図 2-3-6 対策工断面図

(3) 応急対策工の課題

応急対策工の安定性を評価すると、取付道路法面における土嚢積みは取付道路の安定には寄与していると考えられる。一方、応急対策工前面の河床の変動、洗掘に対しては対策が十分でないと考えられる。

また、使用材料が合成ポリマーであることから紫外線などによる強度低下など耐久性について評価する必要がある。

(a) 安定性

ABC で実施した応急対策工（法面工および根固工）について、法面の安定性から評価した。検討は、洗掘により被災した橋梁取付道路部においてボリビア国で設置した応急対策護岸の評価とその対

策工を検討するための基礎資料を整理することを目的として実施した。

検討項目は、応急対策護岸の土質定数の評価および想定被災時の応急対策護岸の安定性の評価である。

土質定数の評価は、現況写真および入手した設計図面より法面の崩壊状況を推定し、設計に必要な取付け道路部および河床の土質定数を算定した。その際、被災時は、護岸前面が大きく洗掘され法面が崩壊したと考えられるため、前面河床高を評価した上で検討した。

応急対策工の安定性評価は、以下の2ケースについて実施した。ケース1は対策工前面の洗掘が生じていない状態として現況河床高でおこない、ケース2では護岸前面の将来洗掘深を考慮して実施した。

その際、将来の洗掘深は土質調査の結果からルーズな細砂層が連続する標高 270.1m までの深度 7.4m までを対象とした。

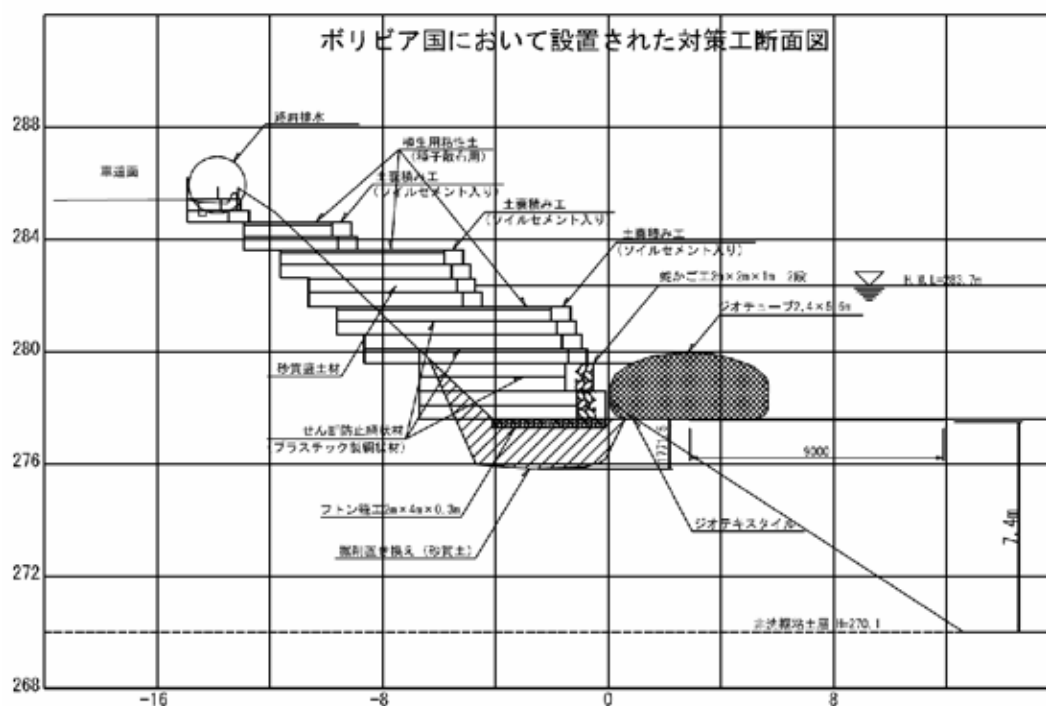


図 2-3-7 対策工断面と将来洗掘深

1) 土質定数の評価結果

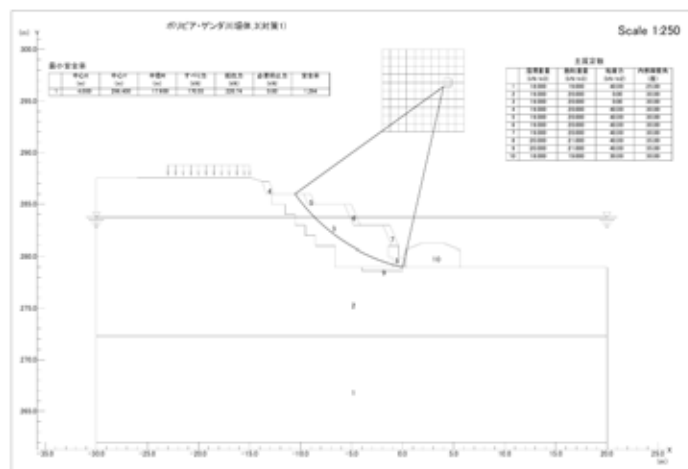
土質定数の評価は、法面の崩壊状態から逆算により土質定数の推定を行った。

その結果、以下の通りとなった。

現状安全率	1.00	(ただし、前面洗掘深は計算上有利となるため計上しない。)	
推定土質定数	土質	砂質土	
	湿潤重量	$\gamma = 19.0 \text{ kN/m}^3$	
	内部摩擦角	$\phi = 30^\circ$	
	粘着力	$C = 4.6 \text{ kN/m}^2$ (ただし計算上は無視する。)	

2) 応急対策工の評価 ケース 1 現況河床高（洗掘無し）

次に応急対策護岸の評価した結果を以下に示す。



必要安全率 1.20

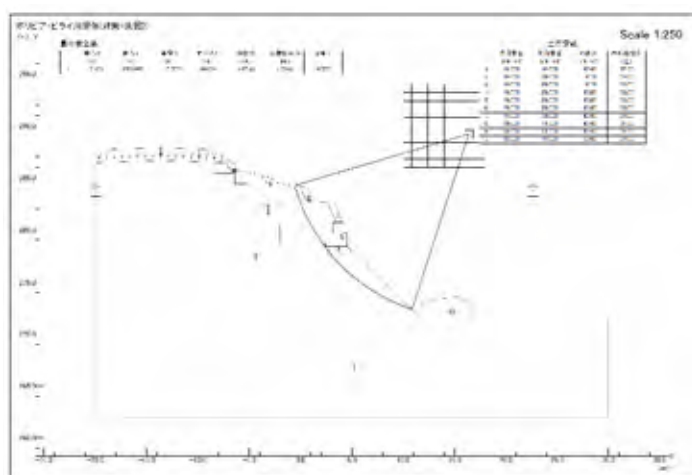
ソイルセメントは粘着力

$C = 40 \text{ kN/m}^2$ として計算

算定安全率 1.294 **OK**

図 2-3-8 応急対策工の安定性(現況河床)

3) 応急対策工の評価 護岸前面の将来洗掘考慮



必要安全率 1.20

洗掘深 7.10m

ジオチューブはそのまま滑落した状態

算定安全率 0.552 **NG**

図 2-3-9 応急対策工の安定性(洗掘河床)

取付道路上流の河床高が維持される場合、法面の安定は確保されるが、洗掘により河床が低下した場合、根固工であるジオチューブが沈下し、法面の崩壊に至る。

(b) 耐久性

建設用のジオテキスタイルは合成ポリマーなど、石油化学繊維材料であることから、材料強度や耐久性について評価する必要がある。ジオテキスタイルの仕様については、AASHTO(2007)および Task Force #25 (AASHTO-ABC-ARBTA)(1986)にジオテキスタイルの仕様に関して類似した提案がなされている。本ケースにおいては、AASHTO の仕様に従って、ジオテキスタイルの耐久性を評価する。

AASHTO の仕様によるとジオセンチティック補強工法によるポリマー材の耐久性については、紫外線耐酸化性が ASTM D4355 試験により、500 時間試験後に最低 70%の確保することとしている。

GT1000／GT500 はそれぞれ、ジオチューブ、マットに使用されている材料の仕様である。

耐久性に影響を与える紫外線劣化に関しては、ジオチューブに使用している材料 GT1000 が基準の 70%を満足しない結果となった。

表 2-3-3 ジオチューブ材の仕様

Geolon® GT1000

Geolon® GT1000 se compone de fibras monofilamento de poliéster de alta tenacidad, las cuales están tejidas en una red estable, de manera que mantengan su posición relativa. GT1000 es inerte a la degradación biológica y resistente al ataque de productos químicos, sales solubles y ácidos que están normalmente presentes en el medio ambiente.

Propiedades Mecánicas	Prueba de Ensayo	Unidad	Valor Promedio Mínimo por Rollo	
			MD	CD
Resist. a la Tensión (Última)	ASTM D 4595	kN/m (lbs/in)	175 (1000)	175 (1000)
Resist. a la Tensión - Elongación	ASTM D 4595	%	15 (max)	15 (max)
Resistencia a la Costura de Fábrica	ASTM D 4884	kN/m (lbs/in)	88 (500)	
Tamaño de Abertura Aparente (AOS)	ASTM D 4751	mm (U.S. Sieve)	0.150 (100)	
Rata de Flujo	ASTM D 4491	l/min/m ² (gpm/ft ²)	240 (6)	
Masa/Unidad de Area	ASTM D 5261	g/m ² (oz/yd ²)	813 (24)	
Resistencia UV (a 500 horas)	ASTM D 4355	% Resistencia retenida	65	

表 2-3-4 ジオグリッド材の仕様

Geolon® GT500

Geolon® GT500 se compone de fibras monofilamento de polipropileno de alta tenacidad, las cuales están tejidas en una red estable, de manera que mantengan su posición relativa. GT500 es inerte a la degradación biológica y resistente al ataque de productos químicos, sales solubles y ácidos que están normalmente presentes en el medio ambiente.

Propiedades Mecánicas	Prueba de Ensayo	Unidad	Valor Promedio Mínimo por Rollo	
			MD	CD
Resist. a la Tensión (Última)	ASTM D 4595	kN/m (lbs/in)	70.0 (400)	96.3 (550)
Resist. a la Tensión - Elongación	ASTM D 4595	%	20 (max)	20 (max)
Resistencia a la Costura de Fábrica	ASTM D 4884	kN/m (lbs/in)	52.5 (300)	
Rata de Flujo	ASTM D 4491	l/min/m ² (gpm/ft ²)	813 (20)	
Tamaño de Abertura Aparente (AOS)	ASTM D 4751	mm (U.S. Sieve)	0.425 (40)	
Masa/Unidad de Area	ASTM D 5261	g/m ² (oz/yd ²)	585 (17.3)	
Resistencia UV (a 500 horas)	ASTM D 4355	% Resistencia retenida	70	