

第 8 章 概略設計および概略積算

8.1 設計の進め方

8.1.1 設計方針

本章の目的は、技術的、経済的、環境への影響検討から、実現可能な現実的なルートと道路構造を提案することであり、併せて、暫定供用、橋梁等の構造についても、環境への影響、安全性、経済性及び技術的比較により提案するものである。設計では、歩行者等の交通弱者への配慮についても検討した。

また、バイパスや港湾アクセス道路の目的である、大型貨物車を都市部から排除することによる交通事故のリスクを軽減の他、アクセス性の向上による道路沿線の土地開発の促進についても検討した。

8.1.2 最適ルート選定及び設計

(1) 設計手順

暫定供用を含む道路構造の提案は、以下の手順で実施した。

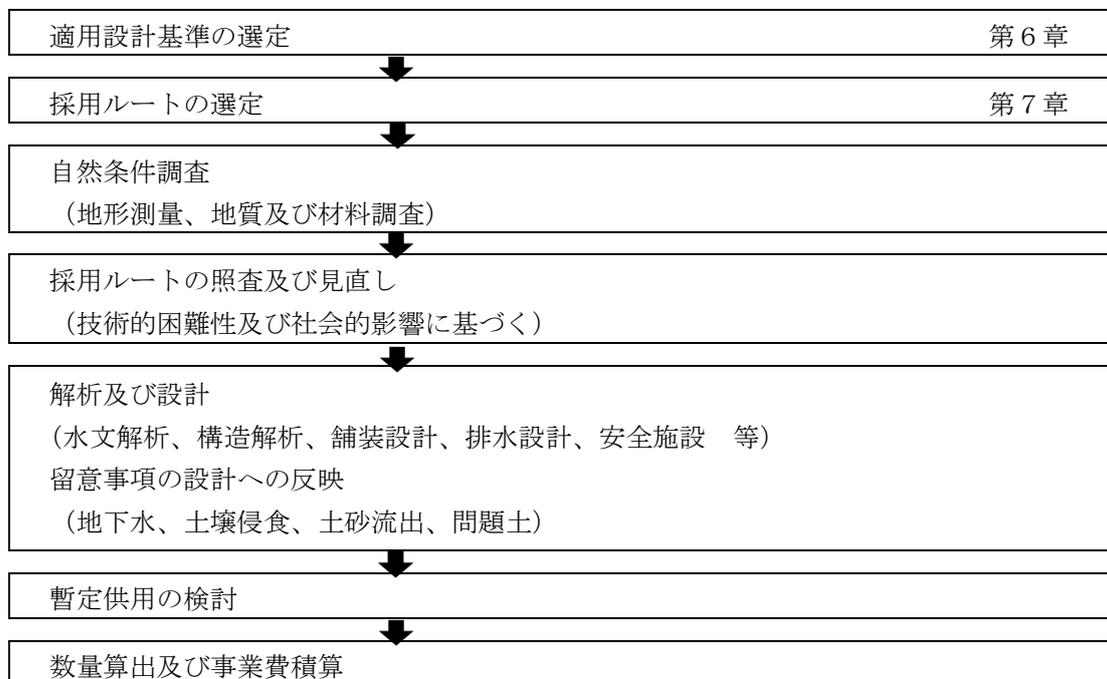


図 8.1.1 予備設計の手順

道路の線形及び構造設計は、設計方針に従って決定した。この際、住民移転の最小化は十分に配慮されなければならない。つまり、本路線の設計では、技術的及び経済的観点のみならず、自然環境や社会環境への影響も検討したものである。

(2) 留意事項

現地踏査及び地形図等の既存資料から、土壌侵食、豪雨による道路の流失等、多くの留意点が確認された。



図 8.1.2 現地調査で確認された留意点

これらの状況から、以下の点に十分な配慮を行った。

- 問題土（湿地帯での軟弱地盤）
- 問題土（ブラックコットンソイル等の膨張性土）
- 湿地帯での高い地下水位
- ナカラ地区でみられる湧水
- ナカラ地区でみられる土砂流失
- ナカラ地区でみられる土壌侵食

これら留意点に関する対策は、自然条件調査（地形測量、地質調査）の結果に基づき設計に反映した。

また、2015年1月に発生した記録的な豪雨は、モザンビークの中・北部地域で橋や道路の流失といった災害を引き起こした。このため、最終的な道路計画高や橋梁の支間長の計画は、この豪雨データによる水文解析や豪雨時の記録を参考に決定した。



図 8.1.3 豪雨による道路及び橋梁の流失（2015年1月）

8.2 自然条件調査

8.2.1 地質・土質調査

地質・土質調査は、計画路線の道路構造と主要な構造物の設計資料を得るため現地再委託調査により実施された。以下、計画路線ごとに調査結果をまとめる。

(1) ナカラ港アクセス道路

1) 調査内容

地質・土質調査の項目と数量は次表のとおりである。

表 8.2.1 調査項目と数量（ナカラ港アクセス道路）

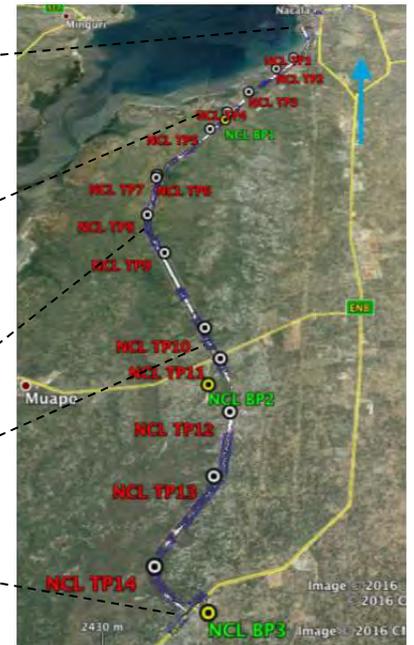
項目		単位	数量	摘要
サイト調査				
機械ボーリング (標準貫入試験含む)	BH NCL 1	m	12	
	BH NCL 2	m	20	
不攪乱試料採取(UDS)		No.	4	BH 01: 1 試料、BH 02: 3 試料
テストピットと路床材試料採取		No.	14	TP 01 – TP 14 (延長約 1km に 1 箇所)
材料試験試料採取(1)		No.	3	土取り場候補地からの盛土材料
材料試験試料採取(2)		No.	2	採石場候補地からの粗骨材
室内試験				
土の物理試験(SPT, UDS の試料 samples)		No.	24	比重・含水・粒度・液塑性限界等
土の力学試験(UDS 試料)		No.	4	三軸圧縮
CBR 試験 (路床土)		No.	13	路床土試料 (TP 12 除く)
CBR 試験 (盛土材)		No.	3	盛土材試料
骨材試験		No.	2	骨材試料

2) 現地盤の路床土 CBR

計画路線上の現地盤を対象として、14箇所のテストピット(深さ約 1.0~1.5m)を掘削し、採取した試料について、路床土の CBR 試験を実施した。その中の 1 試料 (TP12: 締め固め効果の発揮されない均等粒径の砂) を除き、締め固め試験と CBR 試験の結果を得た。CBR 試験は、最大乾燥密度(MDD)の 90%、95%、および 100%の試料を 4 日間、水浸して供試体とした。表 8.2.2 に試験結果を示す。

表 8.2.2 路床土 CBR 試験結果と評価 (ナカラ港アクセス道路)

No. NCL	座標位置		MDD (g/cm ³)	OMC (%)	Swell (%)	CBR (%)	Class of CBR (対象区間)
	X	Y					
TP1	679861	8389325	1.950	8.1	0.50	4.2	S2 (CBR 3 - 4%) 0+00 - 39+00
TP2	679535	8388932	1.788	15.8	0.09	3.4	
TP3	679054	8388127	1.600	20.4	0.12	3.0	
TP4	678707	8387458	1.948	10.3	0.00	3.7	
TP5	678441	8386919	1.878	12.0	0.00	0.7	
TP6	677662	8385561	1.800	15.5	0.11	0.9	路床土として不適 (CBR < 2%) 39+00 - 70+00
TP7	677666	8385484	1.922	12.4	0.10	1.0	
TP8	677675	8384503	1.652	18.5	0.09	1.5	
TP9	678127	8383547	1.970	9.7	0.00	3.4	S2 (CBR 3 - 4%) 70+00 - 102+00
TP10	679014	8381877	1.700	19.0	0.13	4.9	
TP11	679325	8381263	1.950	8.1	0.00	39.3	S4 (CBR 8 - 14%) 102+00 - 154+40
TP12	679575	8380300	-	-	-	-	
TP13	679477	8379258	1.972	4.0	0.07	10.8	
TP14	678900	8377975	2.087	8.0	0.09	10.3	



MDD:最大乾燥密度, OMC:最適含水比 (締め固め方法: 4.536kg ランマ, 5 層, 55 回)
CBR, Swell: 4 日間水浸の Proctor (MDD90%)締め固め試料の値

図 8.2.1 地質調査位置図 (ナカラ)

上記の CBR 試験は、深度 1m から採取した乱した試料を室内に置いて最大乾燥密度 (MDD) の 90%の密度に締め固めた試料を供試体として実施したものであり、現地盤の密度に相当する値として評価される。切土区間及び地盤の高さが計画高さの-0~2m 程度となる低盛土区間において、現地盤を締め固めないで路床土する場合に適用される CBR 値である。

SATCC は、CBR により路床土のクラスを設定し、舗装設計に適用している。

表 8.2.3 CBR 値による路床土のクラス分け

Subgrade class designation						
Subgrade CBR Ranges (%)	S1	S2	S3	S4	S5	S6
	2	3 - 4	5 - 7	8 - 14	15 - 29	30+

Source: Code of Practice for the Design of Road Pavement (Draft), SATCC, 1998 (reprinted 2001)

設計 CBR の設定は、経済性・施工性の上から対象区間を過度に細かく区分せず、切土・盛土の区別や CBR 値の変化に応じて大局的な判断から数区間以下に区分することが望ましい。

CBR<2%を示した TP5 から TP8 の試料採取は、いずれも丘陵を開析する谷、ないし谷から流出した土砂の堆積地で行われた。道路計画に当って、39+00～70+00 の区間において道路計画高さがこのような地形の標高の上下 2m 程度以内となるような区間については、該当区間だけの設計 CBR 区間を設定するより、前後の設計 CBR 値と同等の CBR 値を達成するように、表層の掘削および後述のような盛土の締固めによる路床土の形成を行うことが適当である。

3) 土取り場候補地の盛土材料試験

計画路線付近における盛土材採取の候補地 3 箇所から、盛土材として試験試料を採取し、締固め及び CBR 試験を実施した。

SATCC¹は、路盤以下に築造される路体用の盛土に対して修正 ASSHTO の締固めによる最大乾燥密度の 93%の密度において、水浸 CBR>15%を公称強度として推奨している。また、下層路盤（添加剤なし）に対しては、同 95%の密度に対して水浸 CBR > 30%を公称強度としている。

試験結果を下表に示す。これらの盛土材は、締固め度 MDD95%の管理を行うことにより、CBR 15～30%を得られる材料であることを示している。

表 8.2.4 土取り場試料の締固め・CBR 試験結果と評価（ナカラ港アクセス道路）

No. NCL	座標位置		MDD (g/cm ³)	OMC (%)	Swell (%)	CBR (%)		
	X	Y				MDD 90%	MDD 95%	MDD 100%
BP1	678695	8387209	2.052	8.7	0.00	6.2	29.6	43.4
BP2	679207	8380789	2.051	7.5	0.00	8.6	14.7	25.0
BP3	679650	8377362	1.977	9.0	0.09	7.5	21.1	41.7

今回の試験結果は、路床土において CBR 15%を確保するためには、この SATCC の条件よりやや高い MDD の 95%、すなわち下層路盤を築造する程度の締固めが必要であることを示している。

なお、留意すべき点は、これら計画路線付近の土質は、細粒分を 25%程度含む細粒～中粒の砂であるため、土取り場として開発した土地や盛土は、浸食に対して脆弱であるという特性である。特に斜面や盛土法面では、適切な雨水排水設備や植生による浸食防止を検討する必要がある、一方、これらの土は、より細粒の粘性土と混合することにより、締固め効果が向上し、耐浸食性も向上する。土質試験は実施していないが、14+200 付近の西方数百 m において、より細粒の良質土が観察された。

¹ Code of Practice for the Design of Road Pavement (Draft), SATCC, 1998 (reprinted 2001), Table 5.1: Nominal strength classification of materials in the design catalogue

4) 骨材採石場と骨材試験

ナカラ市内の道路建設用骨材は、約 100 km 離れた Namialo 採石場から搬入されることが多く、ナカラ付近に道路用骨材の採石場の記録はなかった。しかし、Nacala-a-Vehla に整備された石炭積出港の建設や、鉄道のリハビリ工事用に 2 つの採石場（Bolder 社と Geocrush 社）が稼働していることを確認した。ナカラ付近では、この砕石場から得られる岩が唯一骨材として適性を持つ可能性があるかと判断し、その妥当性の確認のため、この採石場で試料を採取し、骨材試験を行った。試験結果を表 8.2.4 に示しとともに、採石場の位置を図 8.2.2 に示す。

その結果、Geocrush 採石場（花崗岩）、Bolder 採石場（石灰岩）とも、約半数のサンプルで破砕値（ACV）が高く、破砕荷重（TFV）が不十分で、路盤、表層および舗装シール材に適さないサンプルが含まれており、安定的に良質な骨材を提供できる採石場ではない。これらの採石を路盤ないし表層の骨材の一部として使用する場合には、購入するバッチごとに、用途の規格を満足する品質を確認する必要がある。特に、Bolder の石灰岩が示す扁平指数 55%は、道路用の骨材としては推奨できない値である。

表 8.2.5 骨材の試験結果（ナカラ港アクセス道路付近の採石場）

採石場	特徴と試験結果					
	岩種	密度 (g/cm ³)	TFV (kN)	ACV (%)	Flakiness Index (%)	LA (%)
Geocrush X= 678843 Y=8371517	花崗岩	2.609	-	32	29	47.8
		2.649	-	-	-	22.3
Bolder X= 699999 Y=8384379	花崗岩*	2.702	167	24.8	-	39.5
	石灰岩	-	220	21.4	-	-
	石灰岩	-	100	27.5	-	-
	石灰岩	-	51.28	34.0	-	-
	石灰岩	-	51.28	34.0	-	-
規格		2.63	-	26.9	55	25.0
			路盤採石: 110 表層: 180 シール: 210	岩種により ≤21~29 花崗岩・石灰岩 ≤ 29	路体: ≤30 路盤: ≤35 表層 ≤25-35 サイズと等級による	

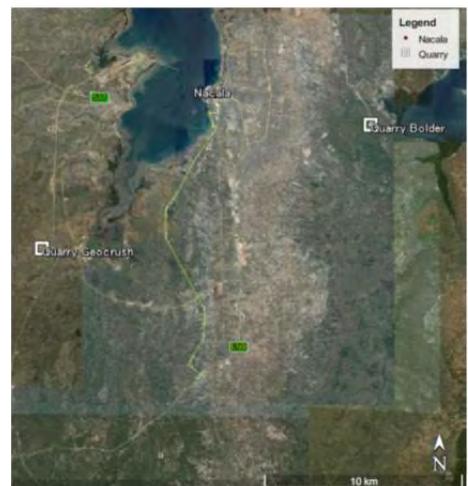


図 8.2.2 骨材採石場（Nacala）

*: 採石場の提供データ
 ACV(Aggregate Crushing Value) : 骨材破砕値
 TFV(Ten percent Fines Value) : 全体の骨材のうち 10%が 2.36mm のふるいを通過する時の破砕荷重 (10%FACT)
 Flakiness index: 骨材の剥離抵抗性試験による扁平指数
 LA (Loss by Abrasion): Los Angeles 試験 (骨材のすり減り減量試験) による減量比
 規格 : STACC Section 3700s, 4200s, 4300s, SANS 1200 M:1996 (SABS)

骨材試験の結果、計画路線周辺で一部道路用骨材として使用可能なサンプルもあったが、安定的に良質な道路用骨材を供給できる採石場を見出すことはできなかった。現在、稼働している採石場としては、路線終点の西方に約 80km の道のりを隔てた Namialo 採石場（試験結果はナンブラ南部バイパスの項で示す）があり、ナカラ市街地の道路建設やナカラダム（終点の西方約 15km に位置する）の建設に骨材を供給しているため、最も信頼できる骨材供給地と考える。

5) 構造物基礎地盤

重量構造物が予定される代表的な位置として、2箇所に対してボーリング調査を行った。

調査結果は、図 8.2.3 に示すボーリング柱状図にまとめた。ボーリング孔から採取されたサンプルの土質試験結果を同図に合わせて示す。詳細なボーリング調査結果および土質試験結果は付属資料に示す。

BH NCL 01 の観察事項： Nacala-a-Velhai 方面の道路 (R702) との交差部付近

地盤高： 99.73m、地下水位：GL - 3.0m.

地層： 表土層 (0 - 3.4m) は、粘着性のない砂。

未固結層 (3.4 - 4.0m)： 緩い砂とシルトの混合物で低塑性の粘性土。有機質土を挟む。。
泥質岩の風化帯 (4.0 - 6.7m) は、非常に硬いシルト質の粘土で、N 値=50 以上。

砂岩層 (6.7 - 12.0m 孔底)： 柱状コアとなる固結した軟質岩であるが、9.0-9.3m 付近は亀裂が多く発達する。

BH NCL 02 の観察事項： 海上橋の南側橋台が想定される地点

地盤高： 2.77m、地下水位：GL - 0.8 m.

地層： 表土層 (0 - 3.5m)は、粘着性のない緩い砂・シルト混合土。N 値=7 ~11

強風化泥岩層 (3.5 - 18m) は、中位～硬い粘土質シルトで所々砂を挟み、硬さは深度とともに増す傾向がある。深度 3.5～7.5m は N 値=19～22。深度 7.5～18m は N 値=31～44。但し、深度 11.5～14.5m は N 値>50 と非常に密になる。

18～20m は、固結した軟質な岩であるが、18～19m は亀裂が多く礫状のコアとなり、以深はほぼ棒状のコアとなる。

強風化帯の一部に N 値>50 の密な部分が見られたが、水平方向には変化する可能性があり、構造物の支持地盤として検討するため、更に周辺への連続性を確認する必要がある。深度 18m 以深は、風化度が低く、安定した支持地盤となる。

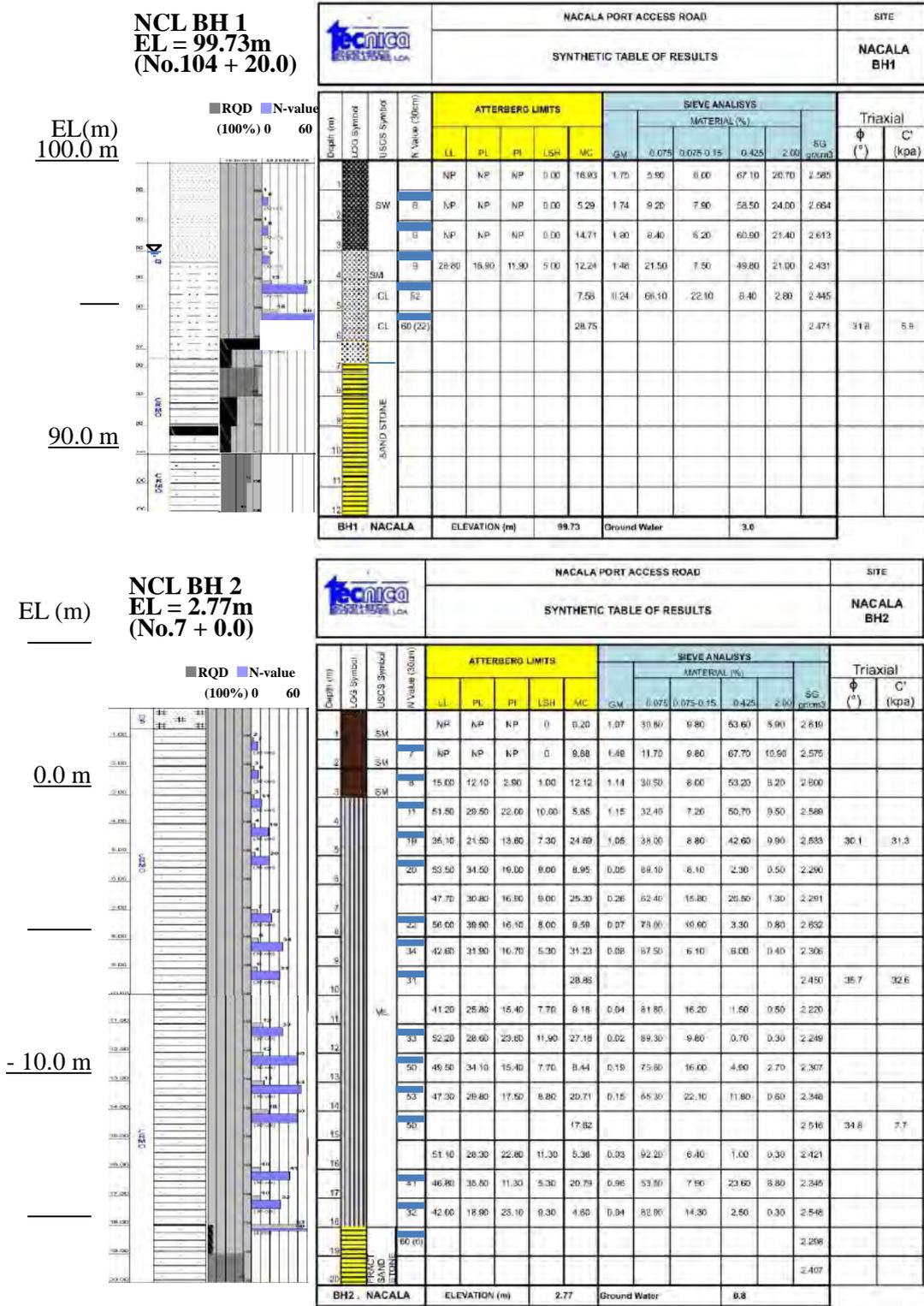


図 8.2.3 ボーリング柱状図・土質試験結果概要 (ナカラ港アクセス道路)



Coordinates of Boring Points

Name	X	Y	Z
BH NCL1	679251	8381461	99.73
BH NCL2	680077	8390051	2.77

図 8.2.4 ボーリング調査位置図

(2) ナンプラ南部バイパス道路

1) 調査内容

地質・土質調査の項目と数量は次表のとおりである。

表 8.2.6 調査項目と数量 (ナンプラ南部バイパス道路)

項目		単位	数量	摘要
サイト調査				
機械ボーリング (標準貫入試験含む)	BH NPL 1	m	10.3	
	BH NPL 2	m	10	
	BH NPL 3	m	10	
	BH NPL 4	m	13.7	
テストピットと路床材試料採取		No.	33	TP01 – TP33 (約 1 km あたり 1 箇所)
材料試験試料採取(1)		No.	4	土取り場候補地から盛土材料
材料試験試料採取(2)		No.	2	採石場候補地から粗骨材
室内試験				
土の物理試験 (SPT, TP 試料)		No.	58	比重・含水・粒度・液塑性限界等
CBR 試験 (路床土)		No.	33	路床土試料
CBR 試験 (盛土材)		No.	4	盛土材試料
骨材試験		No.	2	骨材試料

2) 現地盤の路床土 CBR

計画路線上の現地盤を対象として、33 箇所のテストピット(深さ約 1.0~1.5m)を掘削し、採取した試料について、路床土の CBR 試験を実施し、締固め試験と CBR 試験の結果を得た。CBR 試験は、最大乾燥密度(MDD)の 90%、95%、及び 100%の試料を 4 日間、水浸して供試体とした。表 8.2.7 に試験結果と CBR 値に基づく現地盤の路床土の評価クラス(表 8.2.3 参照)を示す。

試験結果は、切土区間及び地盤の高さが計画高さの-0~2m 程度となる低盛土区間において、現地盤を締固めないで路床土する場合に適用される CBR 値である。

Km 22.0~23.5 付近には、TP21 や TP24 など CBR<2%を示す箇所が認められる。計画高さが地形の標高の上下 2m 程度以内となるような区間については、該当区間だけの設計 CBR 区間を設定するより、このように局所的に低い CBR 値を示す箇所を更に詳細に調査し、前後の設計 CBR 値と同等の CBR 値を達成するように、表層の掘削および後述のような盛土の締固めによる路床土の形成を行うことが適当である。

表 8.2.7 路床土 CBR 試験結果と評価 (ナンプラ南部バイパス道路)

No. NPL	座標位置		MDD (g/cm ³)	OMC (%)	Swell (%)	CBR (%)	Class of CBR * (対象区間)
	X	Y					
TP1	539974.00	8328009.00	1.994	10.7	0.00	4.3	S2 (CBR 3 - 4%) 0+00 - 5+00
TP2	539413.00	8326902.00	2.064	8.6	0.00	26.4	S4 (CBR 8 - 14%) 5+00 - 45+00
TP3	538506.00	8326112.00	2.204	11.1	0.00	7.0	
TP4	538030.00	8325988.00	2.373	7.9	0.00	15.6	
TP5	537318.00	8325568.00	2.019	8.9	0.00	13.6	
TP6	536414.11	8325242.02	1.920	10.0	0.00	2.8	S2 (CBR 3 - 4%) 45+00 - 65+00
TP7	535293.18	8324263.20	1.904	9.2	0.00	7.3	
TP8	533956.75	8323773.26	2.084	8.0	0.00	13.6	S4 (CBR 8 - 14%) 65+00 - 90+00
TP9	532983.38	8323423.24	1.986	8.9	0.00	39.1	
TP10	532241.00	8323105.00	1.915	9.1	0.00	3.1	S2 (CBR 3 - 4%) 90+00 - 150+00
TP11	530969.00	8322682.00	2.002	10.1	0.00	3.5	
TP12	530113.02	8322493.75	2.081	8.0	0.00	8.5	
TP13	528874.29	8322897.97	1.900	8.7	0.00	5.0	
TP14	527734.00	8323341.00	2.071	8.0	0.00	7.1	
TP15	526424.00	8323872.00	1.987	9.3	0.00	33.7	
TP16	525246.96	8324134.80	1.988	6.4	0.00	33.4	S4 (CBR 8 - 14%) 150+00 - 215+00
TP17	524059.92	8324186.84	2.002	8.4	0.00	13.9	
TP18	523012.03	8324236.24	1.972	10.1	0.00	17.4	
TP19	522017.53	8324669.06	2.168	7.4	0.00	26.8	
TP20	521467.07	8325242.54	1.947	8.2	0.00	37.5	S2 (CBR 3 - 4%) 215+00 - 245+00
TP21	520969.55	8325925.00	1.923	10.1	0.00	1.9	
TP22	520745.16	8326253.86	2.052	8.4	0.04	3.7	局所的な不良個所 は置換え等の対策 を講じる
TP23	520506.07	8326580.79	1.980	12.0	0.02	10.5	
TP24	520162.77	8327082.15	1.836	12.4	0.04	1.2	
TP25	519977.70	8327777.18	1.993	10.3	0.03	6.5	S5(CBR 15 - 29%) 245+00 - 304+00
TP26	519839.14	8328764.53	1.899	9.2	0.00	23.8	
TP27	519707.82	8329690.11	1.897	8.4	0.00	32.8	
TP28	519732.79	8330754.67	1.964	8.1	0.00	35.5	
TP29	520113.49	8331747.54	1.798	8.0	0.00	36.2	
TP30	520596.30	8332593.61	1.927	10.1	0.00	25.2	
TP31	521819.89	8332463.50	2.096	8.0	0.05	22.6	S5 (CBR 15 - 29%) 起点側代替ルート
TP32	538919.23	8328239.05	1.900	9.2	0.04	21.9	
TP33	538533.16	8327285.36	1.953	8.7	0.04	50.2	

MDD:最大乾燥密度, OMC:最適含水比 (締固め方法: 4.536kg ランマ, 5層, 55回)

CBR, Swell: 4日間水浸の Proctor (MDD90%)締固め試料の値

* 設計 CBR クラスと対象区間は、経済性を考慮した提案である。

3) 土取り場候補地の盛土材料試験

SATCC は、路盤以下に築造される路体用の盛土に対して修正 ASSHTO の締固めによる最大乾燥密度の 93% の密度において、水浸 CBR>15% を公称強度として推奨している。また、下層路盤 (添加剤なし) に対しては、同 95% の密度に対して水浸 CBR > 30% を公称強度としている。

計画路線付近における盛土材採取の候補地 4 箇所から、盛土材として試験試料を採取し、締固めおよび CBR 試験を実施した。前項の路床土 CBR 試験の実施箇所のうち 3 箇所は、盛土材料としての CBR 試験も実施した。これらの盛土材は、締固め度 MDD95%の管理を行うことにより、CBR 26~64%を得られる材料であった。

しかし、計画路線上で採取したサンプルには、TP7 のように密度 MDD95%まで上げてても CBR は上昇しない土質も多く認められ、路線上の変化が激しい。特に、測点 0~150 及び測点 215~245 の区間で採取されたサンプルは、MDD の 95%まで締め固めても、過半数が CBR<15%となる (図 8.2.6 参照)。このため、路線内の切土区間の掘削土を路床土として使用する場合は、CBR 値の再確認が必要である。

表 8.2.8 土取り場試料の締固め・CBR 試験結果と評価 (ナンプラ南部バイパス道路)

No. NPL	座標位置		MDD (g/cm ³)	OMC (%)	Swell (%)	CBR (%)		
	X	Y				MDD 90%	MDD 95%	MDD 100%
BP1	538394.27	8327065.34	2.146	7.1	0.00	47	26	54
BP2/TP7	535293.18	8324263.20				38	54	48
BP3	527765.07	8323521.02	1.929	9.1	0.00	46	64	50
BP4/TP18	523012.03	8324236.24				17	28	33
BP5/TP26	519839.14	8328764.53				24	45	52
BP6	519401.67	8326824.70	1.930	9.1	0.00	28	53	66
BP7	519977.85	8331616.67	2.129	8.0	0.00	38	54	48



図 8.2.5 地質調査位置図 (ナンプラ南部バイパス道路)

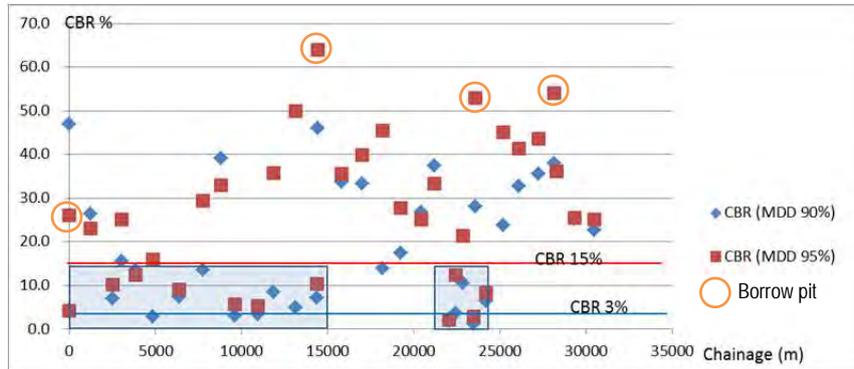


図 8.2.6 路線上の CBR 値の分布 (ナンプラ南部バイパス)

4) 骨材採石場と骨材試験

ナンプラ市内には道路舗装の表層やシールの骨材に適する採石場はなく、最も信頼性の高い採石場は、ナカラへの道で約 80 km に位置している Namialo 採石場である。Namialo は既知の市販の採石場であり、確認のために 1 試料をテストに供した。また、計画路線に最も近い Torrorone 採石場から試料を採取し、同じく室内試験に供した。Namialo と Torrorone 採石場の結果を表 8.2.9 に示す。

Namialo からのサンプルは、道路の路盤用採石や表層の骨材として良質の材料と評価されるが、シール材料としては不十分であり、品質が確保できるもののみを採用すべきである。また、Torrorone から骨材の使用は不適當であることが分かった。

表 8.2.9 骨材の試験結果 (ナンプラ南部バイパス道路付近の採石場)

採石場	位置座標			特徴と試験結果	
	X	Y	Nampula 中心からの距離 (km)	TFV (kN)	ACV (%)
Namialo	606293	8352757	東北東約 80 km	190	23.6
Torrorone	536052	8325266	東南東約 7 km	24	57.3
規格				路盤用採石: 110、 表層: 180、シール: 210	岩種により ≤21~29

ACV(Aggregate Crushing Value) : 骨材破碎値

TFV(Ten percent Fines Value) : 全体の骨材のうち 10%が 2.36mm のふるいを通過する時の破碎荷重 (10%FACT)

規格 : STACC Section 3700s, 4200s, 4300s, SANS 1200 M:1996 (SABS)

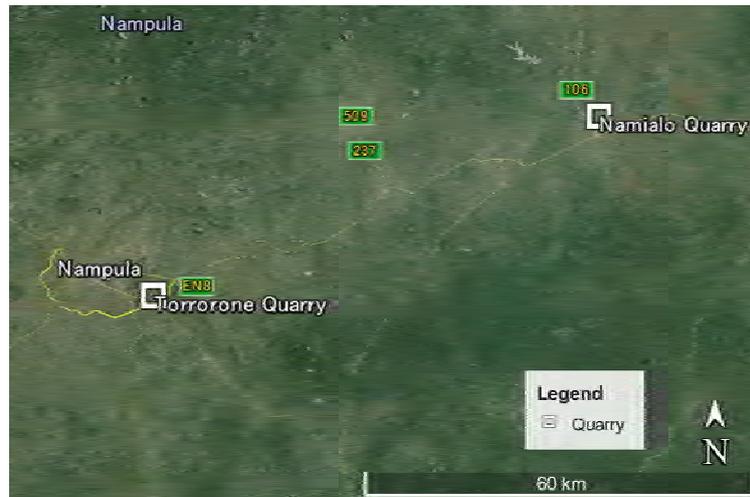


図 8.2.7 骨材採石場（ナンプラ南部バイパス道路）

5) 構造物基礎地盤

重量構造物が予定される位置にける代表的な 3 箇所、軟弱な地層が想定される 1 箇所、計 4 箇所のボーリング調査を行った。

調査結果を図 8.2.9 および図 8.2.10 に示すボーリング柱状図にまとめた。ボーリング孔から採取されたサンプルの土質試験結果を同図に併せて示した。詳細なボーリング調査結果および土質試験結果は別資料に示した。

NPL BH 01 の観察事項： 計画路線の鉄道交差部（起点側）

（地盤高 383.25 m、地下水位：GL - 1.0 m）

表層（0.0 - 4.0 m）は、緩い砂と粘土の混合物（N 値= 8~10）。風化岩層（4.0 - 10.0 m 孔底）は、片麻岩の弱風化帯（N 値 60 以上）で、ほとんど 30cm 以上の棒状コアとなり、RQD（10cm 以上の棒状コアが占める割合）は 90~100%（深度 7~8m は 70%）であった。

NPL BH 04 の観察事項： 計画路線東部の谷地横断部

（地盤高 368.85 m、地下水位：GL - 0.3m）

表層（0 - 1.0m）は、粘土・シルトが 5%以下で粘着性のない非常に緩い中粒砂。それ以深の沖積層は、非常に緩いシルト混じり砂（1.0~4.0m、N 値 3~4）、やや軟らかい砂混じり粘土（4.0~6.0m、N 値 9）、中程度に締まったシルト質中砂・細砂（6.0~7.5m、N 値 =15~23）であった。強風化片麻岩（7.5~11.5m、N 値=31~34）は、中粒の砂状であり、

深さとともに締まる。風化帯（11.5～12.3m）は、原岩の組織を残すが、もろく、礫状のコアとなる。未風化帯（12.3～13.7m 孔底）は、ほぼ棒状コアとして採取される堅硬な片麻岩である。

一般に、沖積層の軟弱な粘土は、盛土により圧密沈下を発生させるが、この地点の粘性土はN値9と中程度の硬さであり、沈下の程度はわずかである。ただし、表層の緩い砂層は、盛土工事中に即時沈下を生じるため、盛土量の増分を考慮することが望まれる。



Location of Boreholes in Nampula site

Name	COORDINATES		
	Y	X	Z
NPL1	539712	8327676	383.25
NPL2	520950	8325965	369.67
NPL3	521404	8332417	424.96
NPL4	539410	8326955	368.85

図 8.2.8 ボーリング調査位置図（ナンプラ南部バイパス 東部）

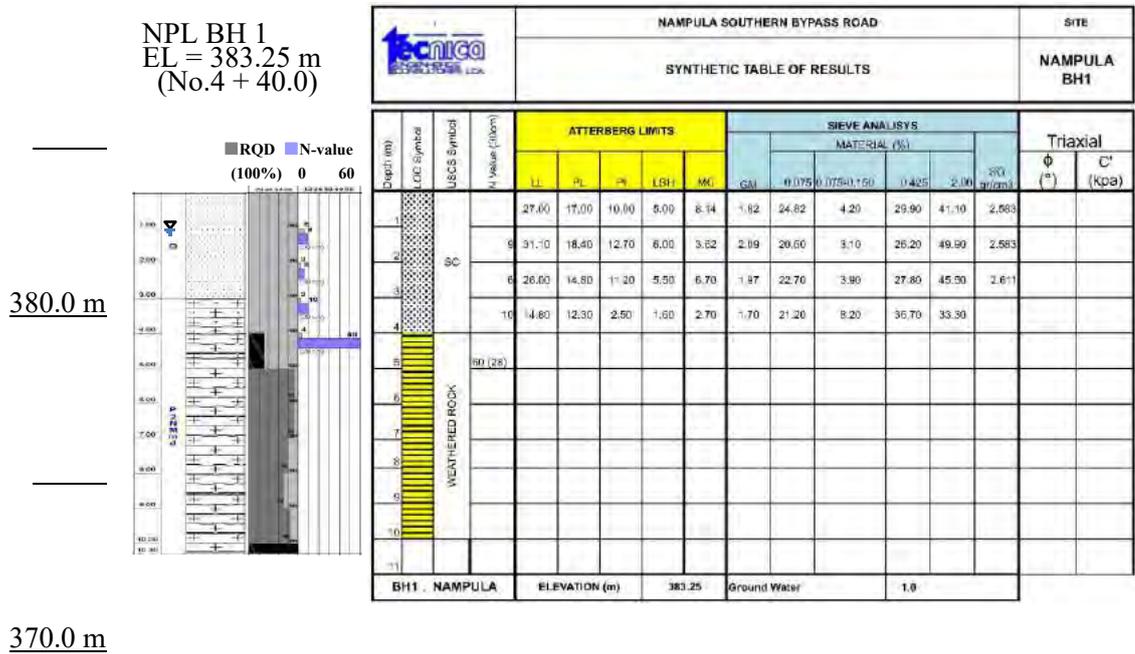


図 8.2.9 柱状図・土質試験結果概要 (NPL 1 ナンプラ南部バイパス 東部)

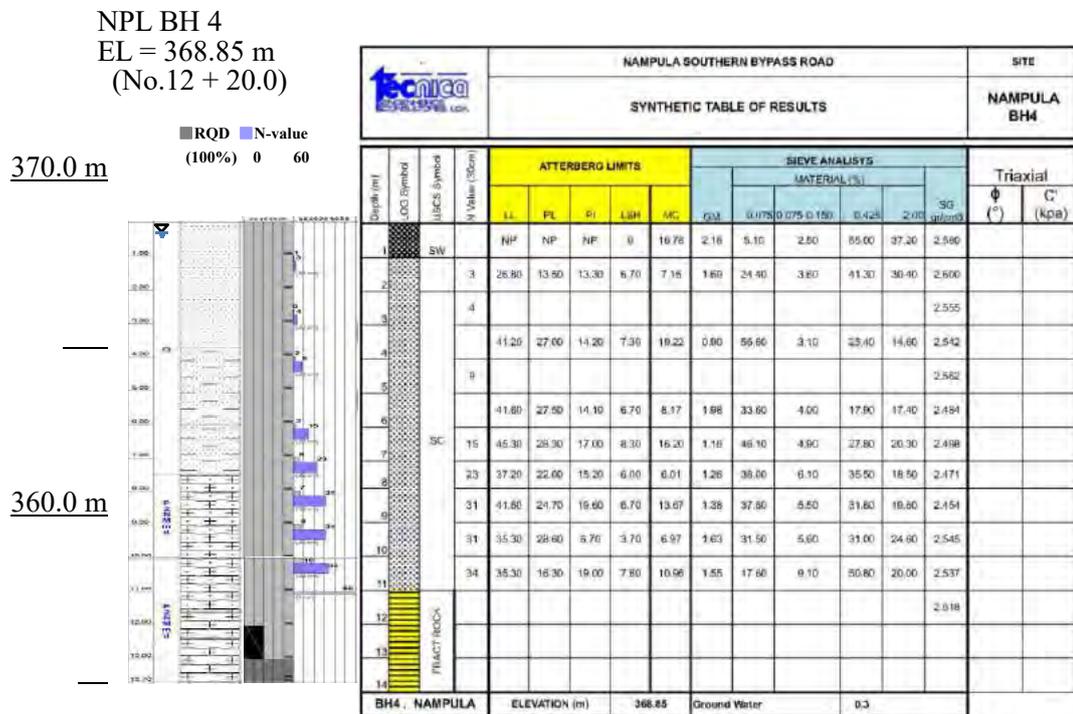


図 8.2.10 柱状図・土質試験結果概要 (NPL 4 ナンプラ南部バイパス 東部)

NPL BH 02 の観察事項：計画路線の地方道交差部

(地盤高 396.67 m、地下水位：GL - 1.0 m)

表層 (0.0 - 4.0 m) は中位の締め具合の砂と粘土の混合物 (N 値 = 8~10)。風化岩層 (4.0 - 10.0 m 孔底) は、片麻岩の弱風化帯 (N 値 60 以上) で、ほとんど 30cm 以上の棒状コアとなり、RQD (10cm 以上の棒状コアが占める割合) は 90~100% (深度 7~8m は 70%) であった。

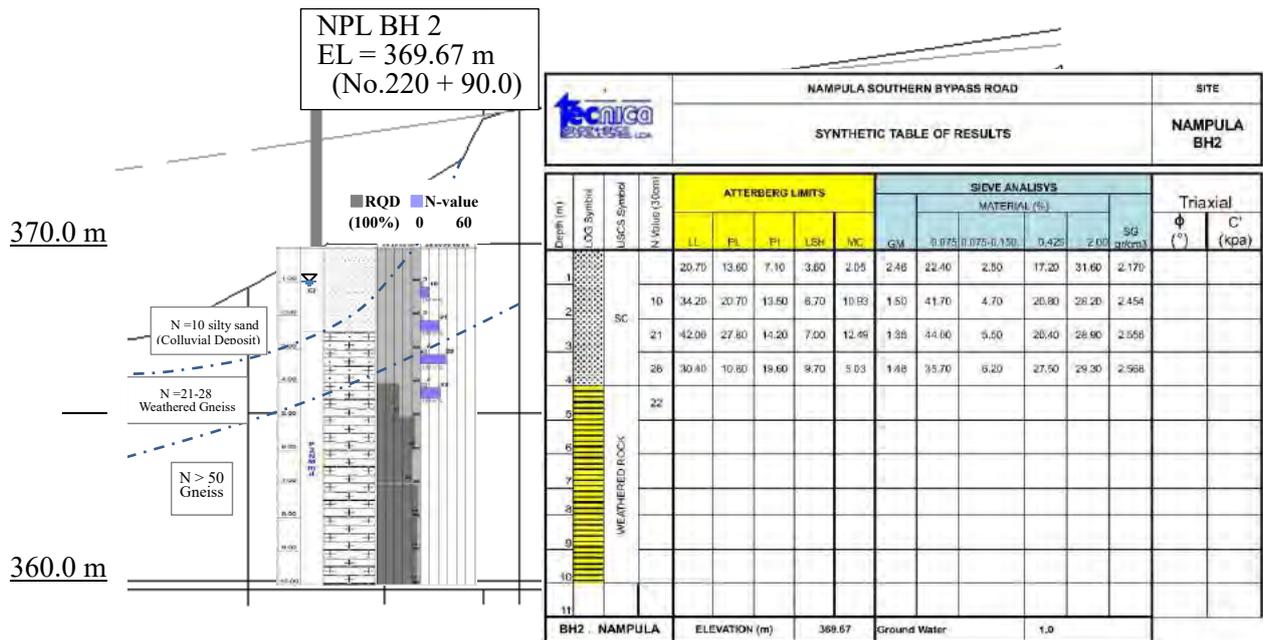


図 8.2.11 柱状図・土質試験結果概要 (NPL 2 ナンプラ南部バイパス 東部)

NPL BH 03 の観察事項： 計画路線の鉄道横断面（終点側）

（地盤高 424.96 m、地下水位： GL - 3.0 m）

表層（0.0 - 3.0 m）は均等粒径のやや緩いシルト混じり砂（N 値=6-7）。強風化岩層（3.0 - 4.0 m、N 値=14）は砂状であった。風化帯（4.0 - 5.0m、N 値=60）は固結し、礫状～短いコアとなる。新鮮岩（5.0~10m 孔底）は、棒状コアとなり RQD90%以上の堅硬な片麻岩であった。

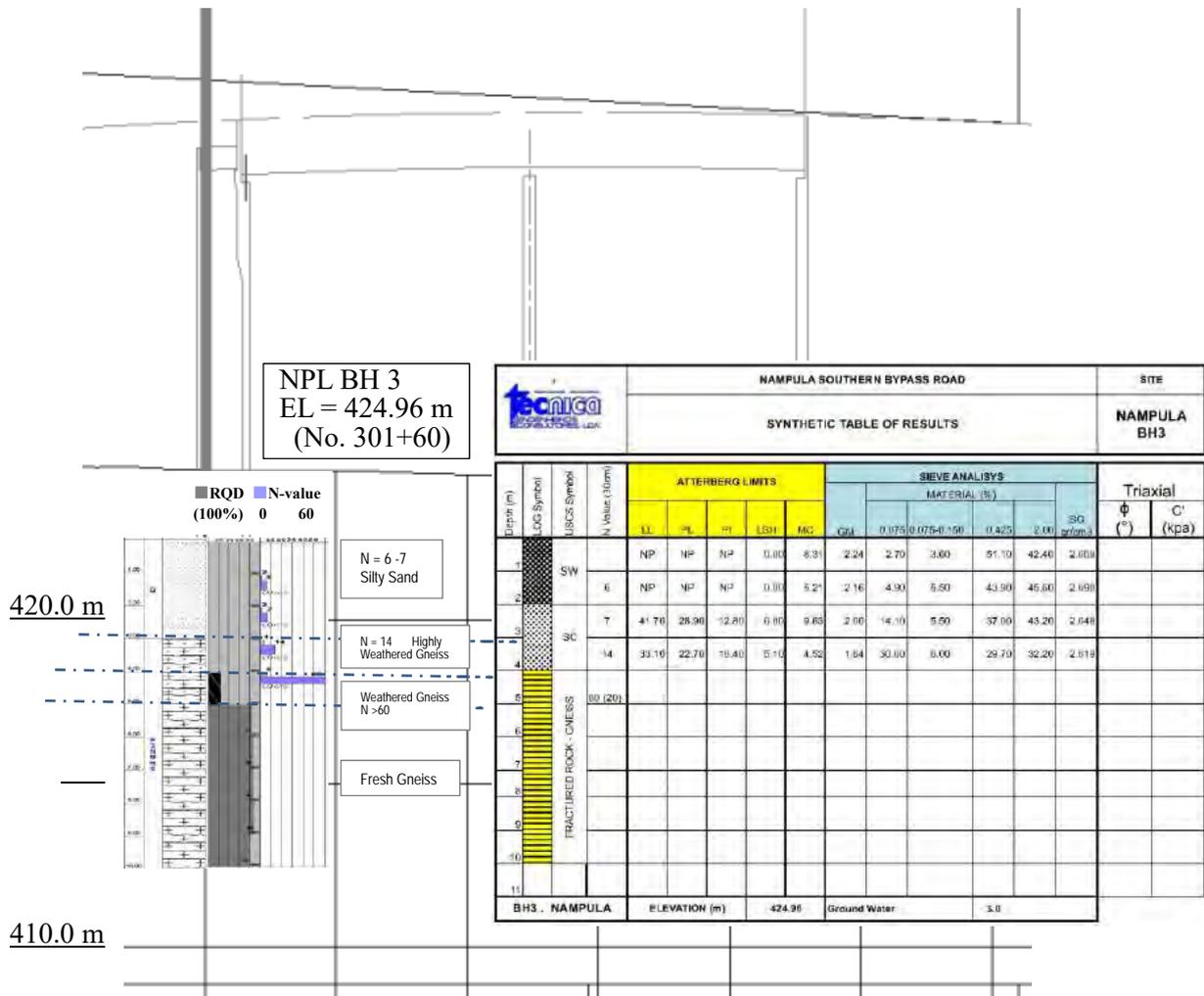


図 8.2.12 柱状図・土質試験結果概要（NPL3 ナンプラ南部バイパス 西部）

(3) クアンババイパス道路

1) 調査内容

地質・土質調査の項目と数量は次表のとおりである。

表 8.2.10 調査項目と数量 (クアンババイパス道路)

項目	単位	数量	摘要
サイト調査			
機械ボーリング	BH CMB 1	m	13.0
	BH CMB 2	m	17.1
	BH CMB 3	m	14.2
不攪乱試料採取(UDS)	No.	5	
テストピットと下層路盤材試料採取	No.	12	延長 1 km あたり 1 箇所
材料試験試料採取(1)	No.	2	土取り場候補地から盛土材料
材料試験試料採取(2)	No.	5	採石場候補地から粗骨材
室内試験			
土の物理試験(SPT, UDS 試料)	No.	12	比重・含水・粒度・液塑性限界等
土の力学試験(UDS 試料)	No.	5	三軸圧縮
CBR 試験 (路床土)	No.	5	路床材試料
CBR 試験 (盛土材)	No.	2	盛土材試料
骨材試験	No.	5	骨材試料

2) 現地盤の路床土 CBR

計画路線上の現地盤を対象として、12 箇所のテストピット（深さ約 1.0 m）を掘削し、採取した試料について、路床土の CBR 試験を実施し、締固め試験と CBR 試験の結果を得た。CBR 試験は、最大乾燥密度(MDD)の 90%、95%、及び 100%の試料を 4 日間、水浸して供試体とした。表 8.2.11 に試験結果を示す。

試験結果は、切土区間及び地盤の高さが計画高さの-0~2 m 程度となる低盛土区間において、現地盤を締固めないで路床土する場合に適用される CBR 値である。

計画路線は、クアンバ市の東端から始まり市の西端までの約 12km の延長がある。バイパスは、0+360 で Muanda 川を渡り、市の北部をとおり、終点近くで現在は運行していない鉄道を横切る。起点から 6km 地点付近まで暗褐色ないし黒褐色の有機質土が認められ、そこから明確に赤褐色に変化する。しかし、10~11km 付近の 1km 以上の区間には、黒色の有機質土が表層を覆っている（図 8.2.11 参照）。

CBR 値に基づく現地盤の路床土の評価クラス（表 8.2.3 参照）として最低限の S1 クラスで求められる CBR2%を確保できず、一部を除き現地盤は路床土として不適である。したがって、計画高さが地形の標高の上下 2m 程度以内となるような区間については、表層の掘削および後述のような盛土の締固めによる路床土の形成を行うことが適当である。

3) 土取り場候補地の盛土材料試験

計画路線付近における盛土材の採取候補地である 2 箇所から、盛土材としての試験試料を採取し、締固め及び CBR 試験を実施した。これらの盛土材は、締固め度 MDD95%の管理を行うことにより、CBR 30%以上を得られる材料であった。

表 8.2.11 路床土 CBR 試験結果と評価（クアンババイパス道路）

No. CMB	座標位置		MDD (g/cm ³)	OMC (%)	Swell (%)	CBR (%)	Class of CBR *
	X	Y					
TP1	239553.00	8362227.99	1.900	12.1	3.1	1.8	不適
TP2	239427.00	8362461.99	1.768	15.0	6.52	1.0	
TP3	238340.00	8363865.99	1.852	11.9	2.76	1.7	
TP4	237482.00	8363947.99	1.858	10.6	5.80	0.4	
TP5	236474.00	8363947.99	1.907	12.1	4.55	1.0	
TP6	235553.00	8364215.99	1.852	12.8	2.77	1.0	
TP7	234671.00	8364683.99	1.928	12.2	0.56	1.0	
TP8	233710.00	8365230.99	1.790	16.5	1.35	4.6	(7+000 付近)
TP9	232907.00	8365679.99	1.613	24.2	0.48	1.9	不適
TP10	231748.00	8365342.99	2.177	6.5	0.08	9.8	(9+300 付近)
TP11	230344.00	8364522.99	1.672	18.5	6.45	0.4	不適
TP12	229649.00	8363934.99	1.958	9.3	6.45	16.0	(11+800 付近)

MDD:最大乾燥密度, OMC:最適含水比（締固め方法：4.536kg ランマ, 5層, 55回）

CBR, Swell: 4日間水浸の Proctor (MDD90%)締固め試料の値

表 8.2.12 土取り場試料の締固め・CBR 試験結果と評価（クアンババイパス道路）

No. CMB	座標位置		MDD (g/cm ³)	OMC (%)	Swell (%)	CBR (%)		
	X	Y				MDD 90%	MDD 95%	MDD 100%
BP1	230037.02	8364374.809	1.976	8.5	3.1	19	32	53
BP2	234592.69	8366420.307	2.184	4.7	0.13	23	72	95

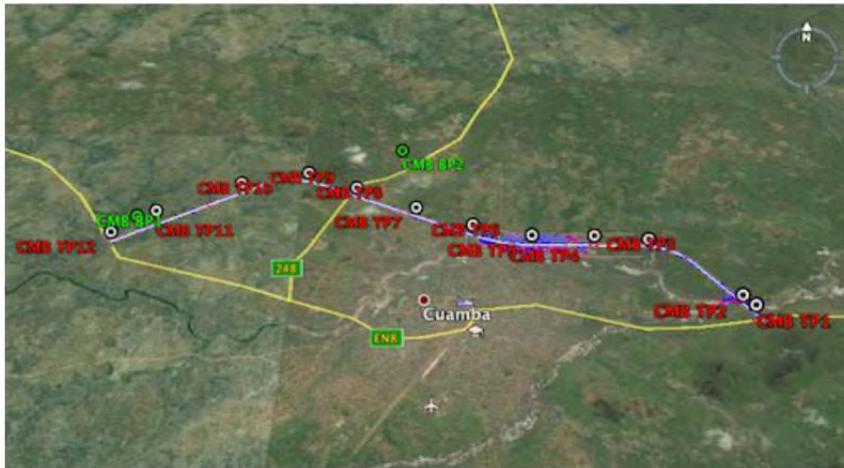


図 8.2.13 路床土・盛土材調査位置図（クアンババイパス道路）



図 8.2.14 地表を覆う有機質土と表面に発達する特有のクラック（クアンババイパス道路）

4) 骨材採石場と骨材試験

クアンバ周辺で現在稼働している代表的な骨材採石場として Britanor 1、Britanor 2 および Vision 2000 と呼ばれる採石場がある。各採石場より 1 または 2 試料を採取し、骨材試験を実施した。試験結果の概要を表 8.2.13 に示す。

表 8.2.13 骨材の試験結果 (クアンババイパス道路付近の採石場)

採石場	位置座標			特徴と試験結果		
	X	Y	Cuamba 中心からの距離 (km)	TFV (kN)	ACV (%)	吸水率 (%)
Britanor 1	233778	8370023	北方 8 km	220	20.6	0.74
				140	24.4	
Britanor 2	246452	8363616	北方 5.5km	170	21.4	0.53
				140	30.6	
Vision 2000	231556	8361290	西方 3 km	99	28.4	
規格				路盤用採石: 110、表層: 180、シール: 210	岩種により ≤21~29	



ACV(Aggregate Crushing Value):骨材破碎値

TFV(Ten percent Fines Value) : 全体の骨材のうち 10%が 2.36mm のふるいを通過する時の破碎荷重 (10%FACT)

規格 : STACC Section 3700s, 4200s, 4300s, SANS 1200 M:1996 (SABS)

クアンバ～マンディンバ～リシングの道路プロジェクトにおいて、実施した過去の骨材試験調査では、クアンバから 4km 北方で実施したところ、砕石および表層材として、ACV = 17%、TFV=190kN、想定量 1,000,000m³ の適正が確認された。また、前述のとおり、周辺地域の新たな採石場での可能性についても同様に試験を行った。その結果、Britanor 1 では、良質なシール材であることが確認された (ACV = 20.6%、TFV = 220kN)。また、Britanor 2 の試験結果は、過去の試験結果よりは低いものの、砕石として供給可能な質を有していることが分かった。なお、Vision 2000 の砕石は、道路用骨材として適した強度を有してないことが分かった。

5) 構造物基礎地盤

重量構造物が予定される位置を代表して、3 箇所ボーリング調査を行った。調査結果は、図 8.2.16～図 8.2.18 に示すボーリング柱状図にまとめた。ボーリング孔から採取されたサンプルの土質試験結果も同図に併せて示す。詳細なボーリング調査結果および土質試験結果は、別資料に示す。

Name	X	Y	Z
CMB BH1	239432	8362464	558.86
CMB BH2	238348	8363890	560.00
CMB BH3	236505	8363965	562.46

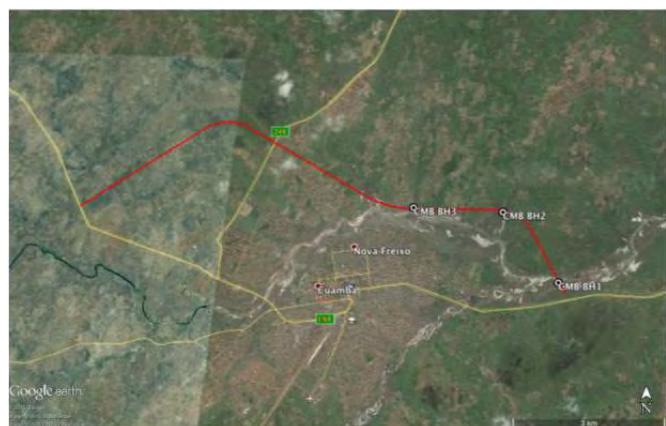


図 8.2.15 ボーリング調査位置図 (クアンババイパス)

CMB BH 01 の観察事項： 計画路線の Muanda 川橋梁右岸部（起点側）

（地盤高 558.86 m、地下水位： GL - 1.0 m）

表層（0.0 – 6.0 m）は硬い高塑性から中位の塑性を示す粘性土（N 値= 10~15）であった片麻岩層（6.0 – 13.0 m 孔底）は、上部 2.0m の厚さで風化帯（N 値=49）であり、礫状ないし短柱状のコアとなるが、深度 8.0m 以深は、新鮮岩で棒状コアとなる部分（8.0 – 9.3 m 及び 10.0 – 12.0m: RQD 77 – 90%）および破碎されて礫状となる部分（9.3 – 10.0m, 12.0 – 13.0 m, RQD 50%以下）からなっていた。

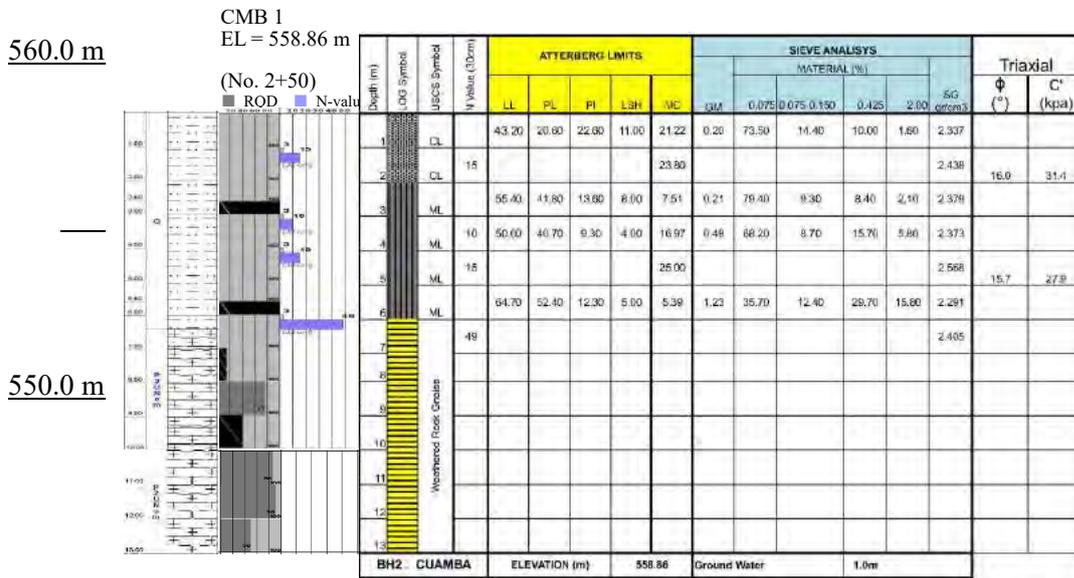
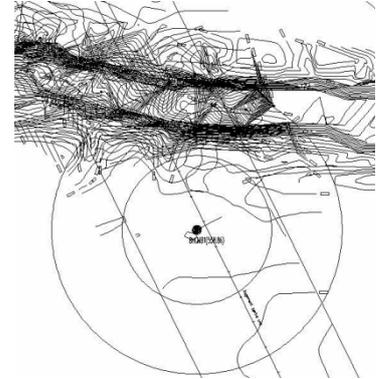


図 8.2.16 柱状図・土質試験結果概要（CMB 1 クアンババイパス）

CMB BH 02 の観察事項： 計画路線の支流河川横断 右岸部

(地盤高 560.00 m、地下水位： GL - 3.0 m)

表層 (0.0 - 1.5 m) は中位の塑性を示す硬い粘性土 (N 値 = 18) であった。風化土壌 (1.5 - 4.8m) は、中位の締め具合の粘土・シルト混じり中粒砂 (N 値=19~27) であった。片麻岩 (4.8 m 以深) は、深さ 8m まで風化し礫状コアとなる (N 値=48) が、8.0m 以深は風化度が減少し、堅硬な岩盤となり、短柱状コアとなる。但し、深度 10.0 ~ 10.2m は強く破碎されていた。深度 13.0m 以深は堅硬な新鮮岩となり、ほとんど棒状コアであった (RQD 72 -81%)。

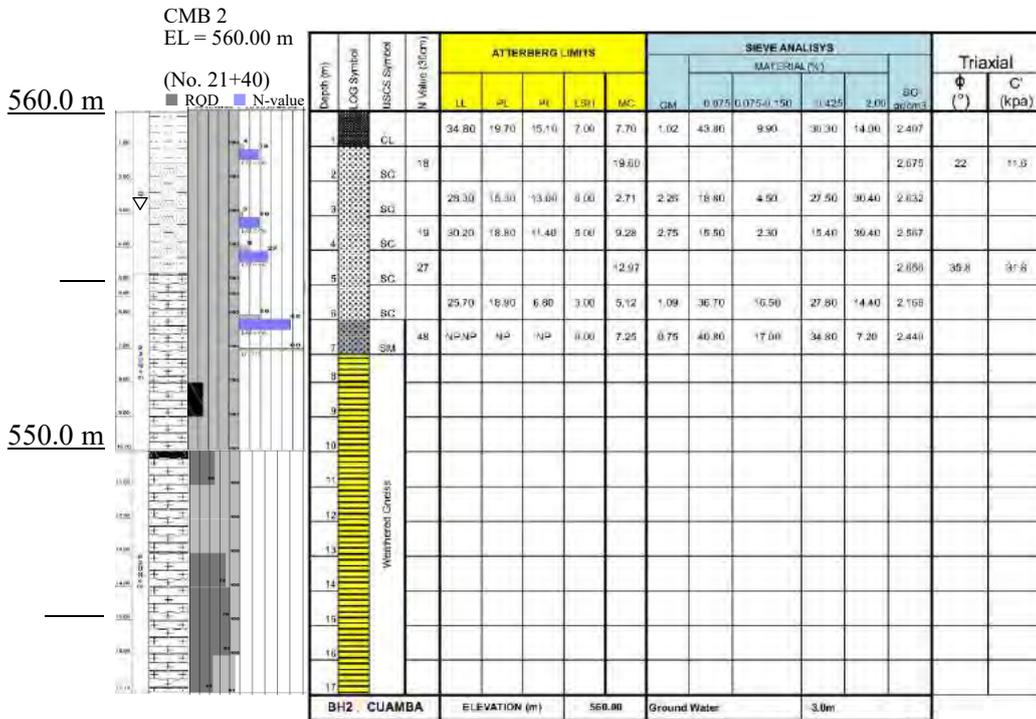
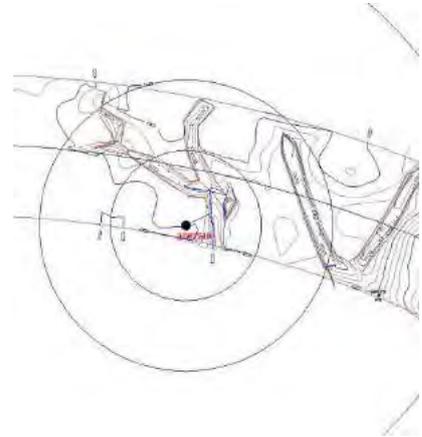
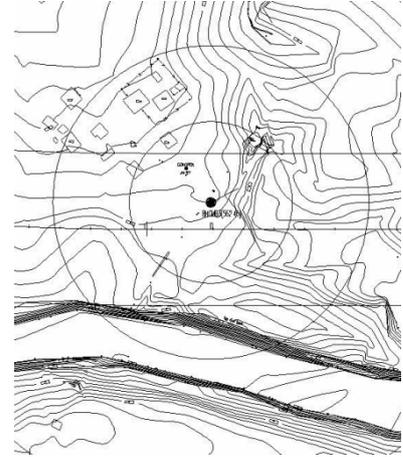


図 8.2.17 柱状図・土質試験結果概要 (CMB 2 クアンババイパス)

CMB BH 03 の観察事項： 計画路線中間部 Muanda 川の左（北）岸約 80m

（地盤高 562.46 m、地下水位： GL - 3.0 m）

表層（0.0 – 1.0 m）は粘着性のない砂とシルトの混合であった。風化土壌は、中位の硬さの粘土・シルト（N 値=12）から中程度に締まった砂と粘土の混合物（N 値=22）に変化していた。片麻岩層（3.0m 以深）は、最上部約 1.5m が強風化帯の礫状コア（N 値=60）、深度 4.5m 以下は中程度の風化帯で礫状のコアが主体となり、深度 9.0m 付近以下では、所々亀裂は発達するものの堅硬な短柱状コアが採取された（最大コア長 30cm）。



560.0 m

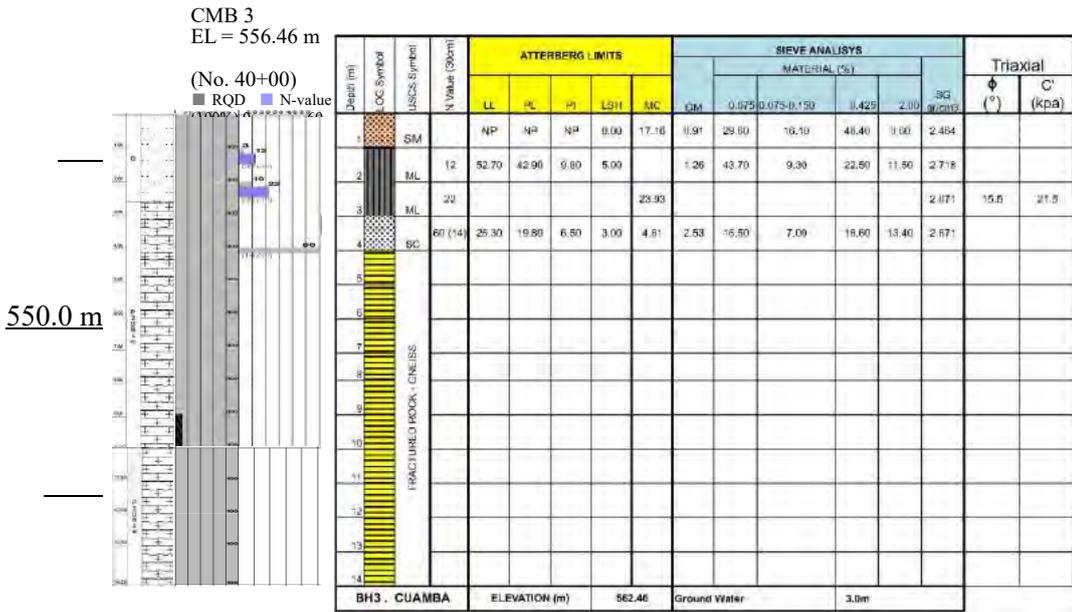


図 8.2.18 柱状図・土質試験結果概要（CMB 3 クアンババイパス）

8.2.2 測量

測量調査は、計画路線の道路構造と主要な構造物の設計資料を得るため現地再委託調査により実施された。地形図作成には、道路用地予定地内の家屋等支障物の特定も含まれている。また、ナンプラ南部バイパス道路とクアンババイパス道路に関連する河川については、水理解析を実施するための資料として、測量とともに住民への水文インタビュー調査も実施した。測量にて用いた基準は、以下のとおりである。

Datum: WGS 1984
Zone: 37 South (39E)
Geoid: EGM 2008

測量数量は、以下のとおりであり、成果は道路および関連施設の計画に活かされている。

(1) ナカラ港アクセス道路

表 8.2.14 測量数量 (ナカラ港アクセス道路)

項目	単位	数量	摘要
基準点測量	No.	18	延長 1km ピッチ
トータルステーションによる地形図作成			
<ul style="list-style-type: none"> 数値地形モデル(DTM)用平面測量 (14.0km x 0.15km) + (1.15km x 0.1km) 	km ²	2.3	本線は幅 150m, ナカラ港関連既存道路は幅 100m
<ul style="list-style-type: none"> 数値地形モデル用平面測量 (海上) (0.7km x 0.15km) 	km ²	0.11	
<ul style="list-style-type: none"> 関連構造物のための路線測量 (14.713.5km x 0.15km) + (1.15km x 0.1km) 	km ²	2.4	海上作業 L=0.7km 含む

(2) ナンプラ南部バイパス道路

表 8.2.15 測量数量 (ナンプラ南部バイパス道路)

項目	単位	数量	摘要
基準点測量	No.	33	延長 1km ピッチ
トータルステーションによる地形図作成			
<ul style="list-style-type: none"> 数値地形モデル(DTM)用平面測量 (34.9km x 0.15km) 	km ²	5.24	代替ルート及び交差道路一部区間を含む
<ul style="list-style-type: none"> 関連構造物のための路線測量 (32.5km x 0.1km) 	km ²	5.24	
水文インタビュー調査	河川	4	

(3) クアンババイパス道路

表 8.2.16 測量数量 (クアンババイパス道路)

項目	単位	数量	摘要
基準点測量	No.	13	延長 1km ピッチ
トータルステーションによる地形図作成			
<ul style="list-style-type: none"> 数値地形モデル(DTM)用平面測量 (11.8km x 0.1km, 1.0 km x 0.6 km) 	km ²	1.85	
<ul style="list-style-type: none"> ムアンダ川の平面測量 (0.7km x 0.1km) 	km ²	0.07	
<ul style="list-style-type: none"> 関連構造物のための路線測量 (11.8 km x 0.1km, 1.0 km x 0.6 km) 	km ²	1.85	
水文インタビュー調査	River	1	

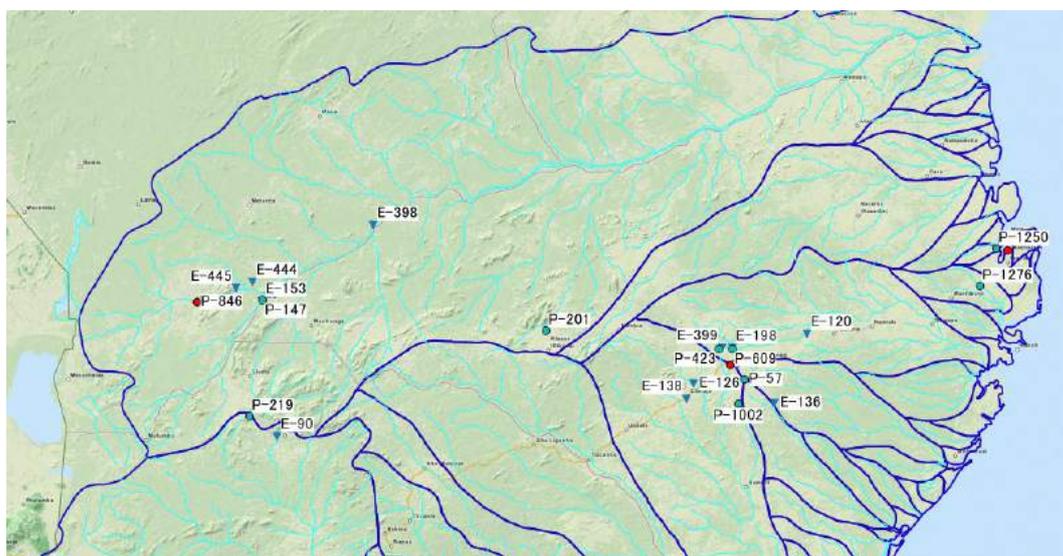
8.2.3 気象、水文および水理調査

(1) データ収集項目

「モ」国の気象と水文に関するデータに関しては、気象データは、中北部地域水資源局 (ARA Centro-Norte)、国家気象庁 (INAM) および 国家水利局 (DNA)が保有しており、水文データは ARA Centro-Norte と DNA が保有している。

DNA の情報によれば、ARA Centro-Norte の管轄地域に、合計 398 の降雨観測所と 135 の流量観測所が存在していた。これらの値は水資源の良好なモニタリングを行うには比較的低い数値である。しかし、現状は、効果的な運用がなされている観測所を考慮すると、残念ながら更に悪い（「モ」国の戦時中に多くの問題を抱え、1982 年以前のデータのみが比較的信頼し得るデータと考えられている）。

本調査においては、それらの中で、以下に示す次のデータ項目を ARA Centro-Norte から収集した（表 8.2.17 参照）。また、水文特性などを検証するために、現地踏査、住民へのインタビュー調査や、既往の検討を含む文献調査を実施した。



出典: ARA Centro-Norte, 調査団

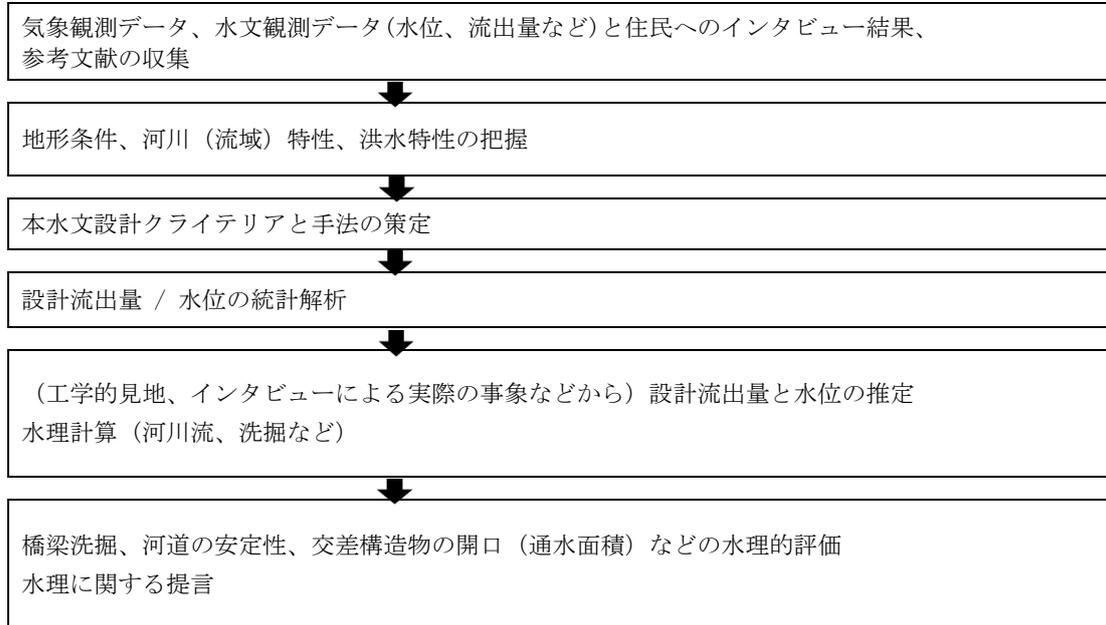
図 8.2.19 データ収集の観測所の位置図

表 8.2.17 データ収集項目と期間

Station ID	Station Name	Longitude	Latitude	Altitude	Collected Items and Usable Period			Remarks (Drainage Area: km ²)
		(deg.)	(deg.)	(m)	Daily Rainfall	Daily Water Level	Daily Discharge	
Meteorological Station								
P- 57	Nampula	39.33333	-15.18333	-	1953-1957	-	-	
P- 147	Rio Lurio E.N.8	36.86667	-14.79167	550.0	1968-1983	-	-	
P- 201	Ribaue	38.31667	-14.94167	535.0	1950-2012	-	-	1968-2008 Gap
P- 219	Mugaua A. (Gurue)	37.80000	-17.36670	5.0	1951-2013	-	-	1975-2001 Gap
P- 423	Monapo Barrage Nampula	39.20000	-15.03330	400.0	1960-2014	-	-	
P- 609	Albufeira de Nampula	39.26667	-15.03333	32.2	1965-2014	-	-	
P- 846	Cuamba	36.53333	-14.80000	680.0	1959-1969	-	-	
P- 1002	Momola	39.30000	-15.30833	-99.0	1971-1983	-	-	
P- 1250	Nacala Porto	40.61670	-14.53330	-	1984-2013	-	-	
P- 1276	Barragem de Nacala	40.53280	-14.71888	-	1999-2004	-	-	
Hydrological Station								
E- 90	Licungo em EN231 Gurué	36.94167	-15.46667	650.0	-	-		A=140 km ²
E- 120	Monapo em Est. Nacavala Muecate	39.64972	-14.95806	230.0	(1978-81, 1985-87 Gap)	1965-2013	1965-2008	A=1350 km ²
E- 126	Meluli em Murrupula Estr232	39.07000	-15.20444	270.0	-	1960-2015 (1979-80 Gap)	1961-2001	A=795 km ²
E- 136	Motomode-E.N.240 Corrane Nampula	39.48500	-15.30000	260.0	-	1956-1981	1958-1981	A=186 km ²
E- 138	Namaita-Est. Murrupula Nampula	39.03611	-15.27944	420.0	-	1960-2015 (1982 Gap)	1961-1981	A=548 km ²
E- 153	Lúrio em E.N.8 Malema-Cuamba	36.86361	-14.79528	525.0	-	N/A	1960-61, 1980-81	A=3250 km ²
E- 198	Monapo em Albufeira de Nampula	39.26667	-15.02889	340.0	-	1955-2015 (1982 Gap)	1965-1978	A=480 km ²
E- 398	Lúrio em Malapane	37.43333	-14.41667	490.0	-	1968-76, 1980-81	1965-1976	A=18590 km ²
E- 399	Monapo em Mecuburi	39.21722	-15.02694	350.0	-	1968-2005 (1978-81, 84-85, 95-98 Gap)	1969-77, 86-94, 2000-05	A=477 km ²
E- 444	Micuco em Serra Mitucue	36.81667	-14.70000	-	-	1971-1991 (1982-85 Gap)	1969-1972	
E- 445	Mepopolo em Planalto Mitucue	36.73333	-14.73333	-	-	1971-1986	1981-1985	

出典: ARA Centro-Norte, 調査団

また、本水文調査/検討のフローチャートを図 8.2.20 に示す。



出典: 調査団

図 8.2.20 本水文調査および検討のフローチャート

(2) 降雨量

1) 季節別および年間降雨量

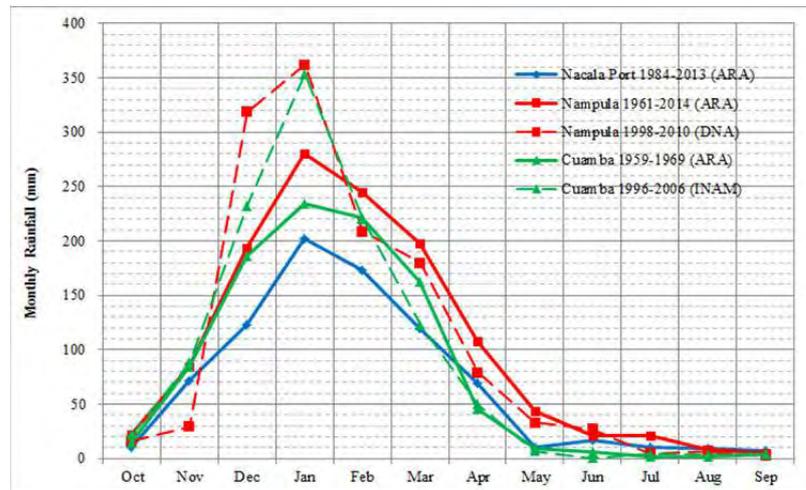
図 8.2.21 に選択した地域での月間平均降水量を示す。観測機関により幾分かの違いが認識されるものの、10月から4月までの降水量は年間降水量の92%以上を示している。年間降水量は、ナンプラでより多く、クアンバではやや少なく、ナカラではさらに少ない。最大の降水量は1月に観測され、2月から3月まで続く。年間総降水量は、ナンプラは1,270 mm であり、ナカラ地区の沿岸部では830 mm 以下になる。

表 8.2.18 ナカラ、ナンプラ、クアンバでの月間平均降水量

Station	Period	Oct	Nov	Dec	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Annual	Remarks
Nacala Port	1984-2013	10.7	71.2	123.3	202.5	173.0	119.6	69.5	10.4	16.9	10.3	9.2	7.3	824.0	ARA centro
Nampula	1961-2014	21.8	84.3	193.6	279.8	245.3	197.4	108.1	43.1	20.8	20.7	8.2	4.5	1,227.6	ARA centro
Cuamba	1959-1969	14.6	84.6	186.3	234.1	221.7	162.9	45.9	9.7	6.1	1.7	1.3	3.8	972.5	ARA centro
Nampula	1998-2010	16.2	29.3	318.4	362.1	208.7	179.6	79.2	33.2	27.2	4.5	7.0	2.4	1,267.8	DNA
Cuamba	1996-2006	21.6	88.5	232.5	353.3	220.6	123.3	49.9	6.8	0.5	4.2	3.6	4.7	1,109.5	INAM

出典: ARA Centro-Norte, DNA, INAM, 調査団

注: 雨季は冬季にあり、上表は10月から翌年9月までの値を示す。



出典: ARA Centro-Norte, DNA, INAM, 調査団

図 8.2.21 ナカラ、ナンプラ、クアンバでの月間平均降水量

2) 超過確率および降雨強度曲線

図 8.2.22 と表 8.2.19 に示すとおり、「モ」国の降雨の超過確率と強度曲線は 2003 年に政府による政令「Decreto 30/2003（水道配水と汚水配水の公共システムの規則）」に制定されている。設計降雨強度は、地域ごとの換算係数をマプトの値に乘じることにより算出可能である。

また、表 8.2.20 と図 8.2.23 に示すとおり、収集された過去の年間最大降水量（極値）から、8 観測所での確率降雨量が計算される。確率降雨は、下記より計算する。

- 各種計算手法から適切な確率分布モデルを推定する。
- SLSC（標準最小二乗基準）値や、確率値の妥当性を参照することによって選択した分布モデルの適合性を検証する（0.04 以下の SLSC 値が望ましい）。
- 2, 3, 5, 10, 20, 25, 30, 50, 80, 100, 150, 200, 300, 400 および 500 年の確率年を計算する。

上記の両方の結果を比較すると、「Decreto 30/2003」の確率値は、収集データからの確率計算よりも安全側（=高い）の結果となる。

表 8.2.19 Decreto (政令) 30/2003 による降雨強度

Rainfall intensity (mm/hr) $I = K * a * t^b$ < Sherman equations >
 I: Rainfall intensity (mm/hr)
 K: regional coefficient (K=1.5, Nacala, Nampula) (K=0.8, Cuamba) (K=1.0, Maputo)
 a, b: dimensionless parameters
 t: duration of rainfall (min)
 T: Return period (year)

for Maputo

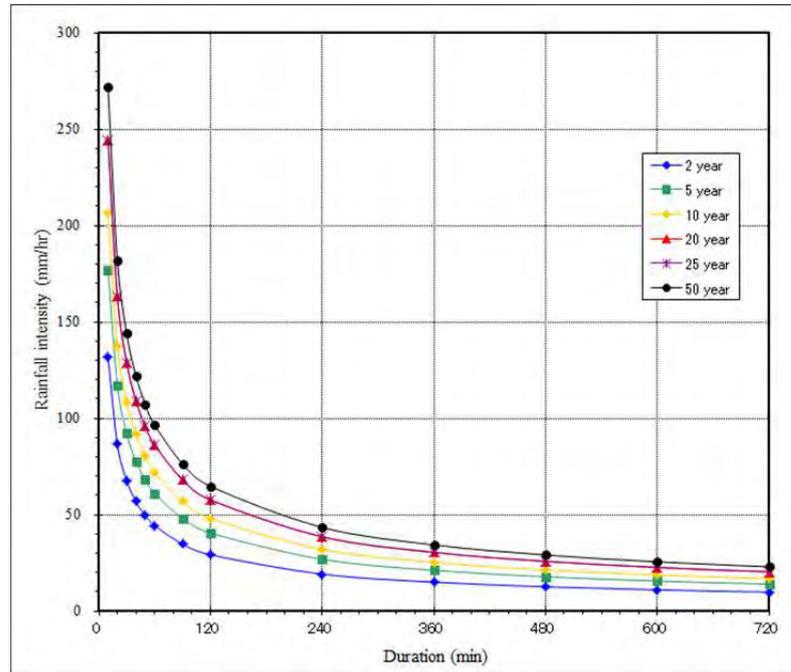
T (year)	2	5	10	20	25	50
a	534.0468	694.504	797.3841	896.5751	930.8815	1026.694
b	-0.6075	-0.59383	-0.5869	-0.58197	-0.58119	-0.57749

K= 1.00 for Maputo city

T (year)	2	5	10	20	25	50
Duration(min)						
5	200.89	267.06	310.06	351.40	365.31	405.32
10	131.85	176.95	206.43	234.76	244.18	271.61
20	86.54	117.24	137.43	156.83	163.21	182.02
30	67.64	92.15	108.33	123.86	128.95	144.02
40	56.80	77.68	91.50	104.77	109.09	121.97
50	49.60	68.04	80.27	92.01	95.82	107.23
60	44.40	61.06	72.12	82.75	86.19	96.51
90	34.70	47.99	56.85	65.35	68.09	76.36
120	29.14	40.46	48.02	55.28	57.61	64.67
240	19.12	26.81	31.97	36.93	38.51	43.34
360	14.95	21.07	25.20	29.17	30.42	34.29
480	12.55	17.76	21.28	24.67	25.74	29.04
600	10.96	15.56	18.67	21.67	22.61	25.53
720	9.81	13.96	16.78	19.49	20.33	22.98
900	8.57	12.23	14.72	17.11	17.86	20.20
1080	7.67	10.97	13.22	15.39	16.07	18.18
1260	6.98	10.01	12.08	14.07	14.69	16.63
1440	6.44	9.25	11.17	13.02	13.59	15.40

出典: Conselho de Ministros (Mozambique), 調査団

注: 上記値は Decreto 30/2003 に基づく各確率年の降雨継続時間別の確率雨量を示す。



出典: Conselho de Ministros (Mozambique), 調査団

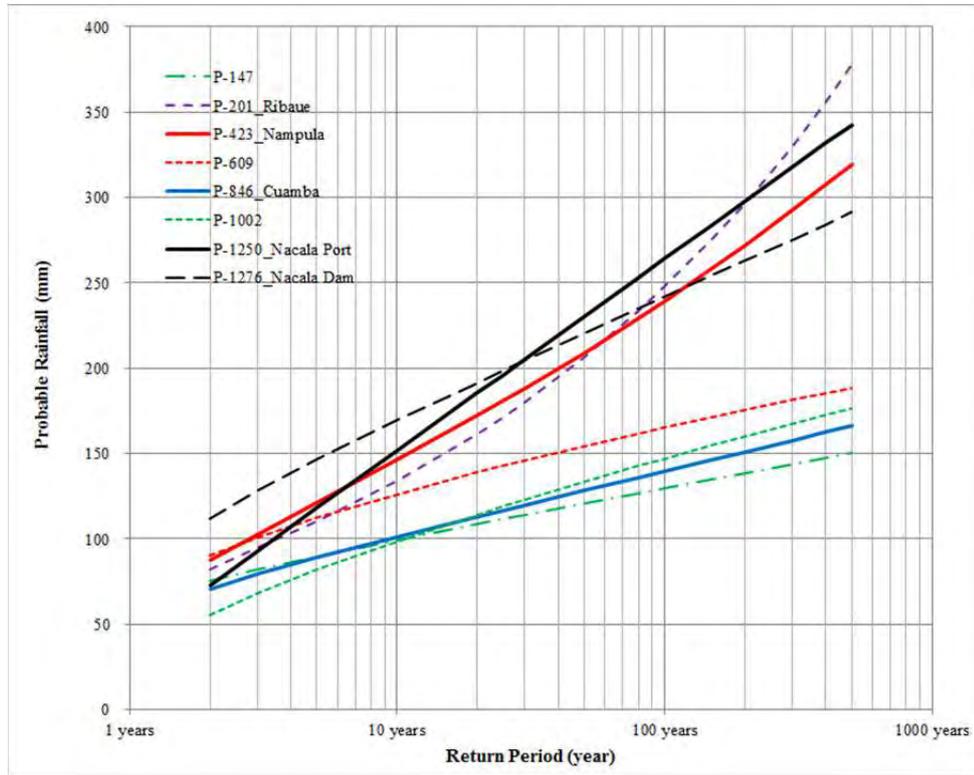
図 8.2.22 Decreto (政令) 30/2003 による (マップトでの) 降雨強度曲線

表 8.2.20 収集データでの確率降雨量の計算結果

Station ID	P- 147	P- 201	P- 423	P- 609	P- 846	P- 1002	P- 1250	P- 1276	Remarks
Station Name	Rio Lurio EN.8	Ribauc	Monapo Barrage Nampula	Albufeira de Nampula	Cuamba	Momola	Nacala Porto	Barragem de Nacala	
WMO code	8907	8907	8913	8911	8907	8911	8910	8910	
X: Longitude	36.86667	38.31667	39.20000	39.26667	36.53333	39.30000	40.61670	40.53280	
Y: Latitude	-14.79167	-14.94167	-15.03330	-15.03333	-14.80000	-15.30833	-14.53330	-14.71888	
Altitude (m)	550	535	400	322	680	-99	0	0	
Data No.	15	23	55	44	51	11	20	6	
Probable Rainfall (mm)	2 years 50%	75.3	82.3	87.6	90.0	70.5	55.1	73.1	111.7
	3 years 33.3%	82.2	94.5	102.9	100.8	79.3	68.1	92.9	128.1
	5 years 20%	89.9	110.3	121.3	112.4	89.1	82.0	117.8	146.5
	10 years 10%	99.5	134.0	146.3	126.3	101.4	98.8	151.7	169.5
	20 years 5%	108.7	161.6	172.3	139.0	113.1	114.3	185.5	191.6
	25 years 4%	111.7	171.6	181.0	142.8	116.9	119.1	196.4	198.6
	30 years 3.33%	114.1	180.1	188.2	146.0	119.9	122.9	205.3	204.3
	50 years 2%	120.7	206.2	209.1	154.4	128.4	133.4	230.2	220.2
	80 years 1.25%	126.8	233.4	229.4	161.9	136.1	142.7	253.2	234.8
	100 years 1.0%	129.7	247.5	239.4	165.4	139.8	147.0	264.1	241.7
	150 years 0.667%	134.9	275.3	258.2	171.5	146.5	154.6	283.9	254.2
200 years 0.5%	138.6	297.0	272.1	175.8	151.2	160.0	297.9	263.0	
300 years 0.333%	143.8	330.4	292.5	181.6	157.8	167.3	317.7	275.5	
400 years 0.25%	147.5	356.4	307.5	185.7	162.6	172.4	331.8	284.4	
500 years 0.2%	150.4	377.9	319.6	188.7	166.2	176.3	342.7	291.2	
SLSC (Standard Least Squares Criterion) 99%	0.092	0.042	0.028	0.022	0.030	0.021	0.039	0.074	
Adopted Distribution Formula	Gumbel	Gev	LogP3	Gev	Gumbel	Gev	Exp	Gumbel	

出典: ARA Centro-Norte のデータを利用し、調査団

注: 観測所位置を図 8.2.19 に示す。上表の値は、調査団の収集データから計算した各観測所の確率年別確率日雨量を示す。



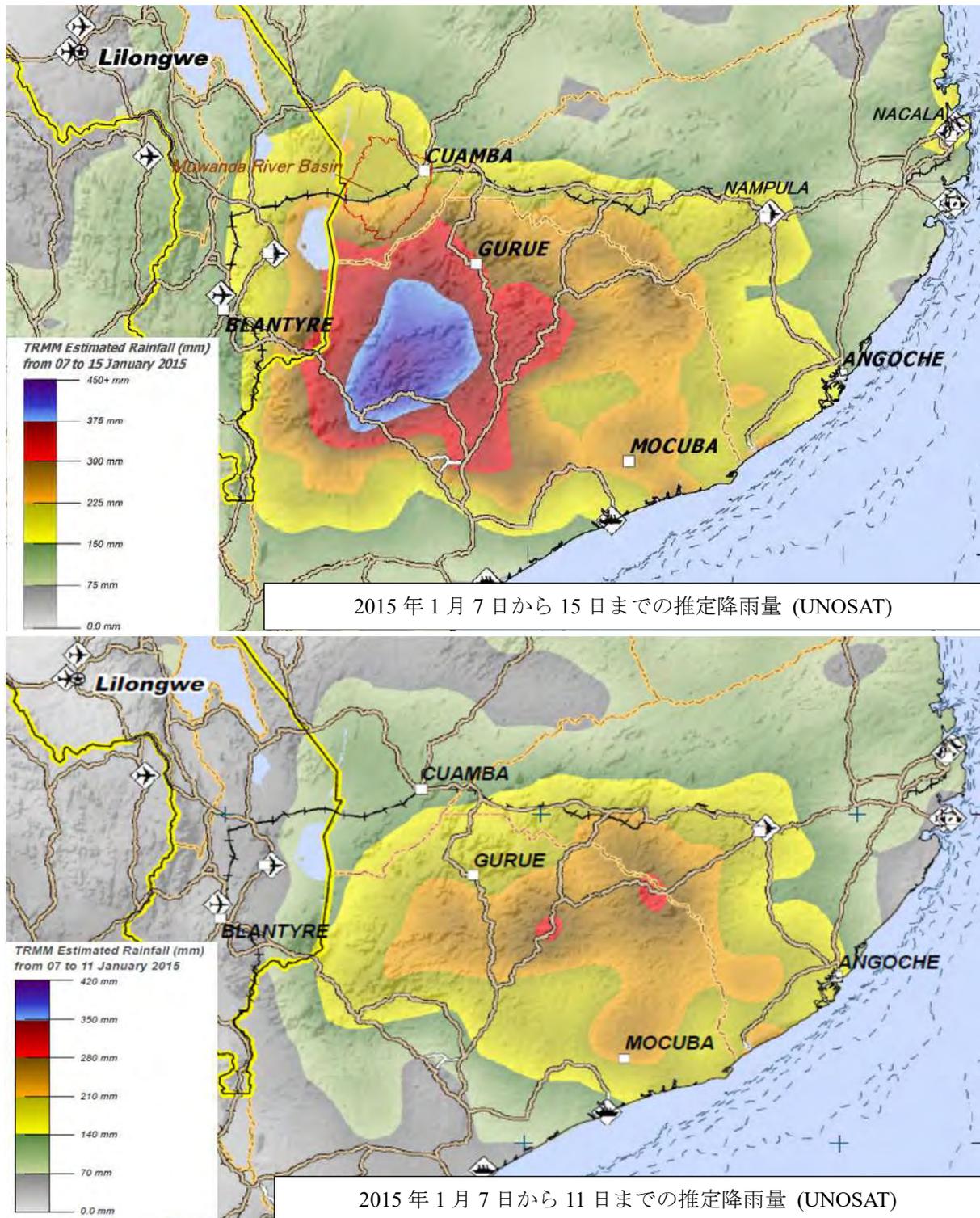
出典: ARA Centro-Norte のデータを利用して調査団が作成

図 8.2.23 収集データでの確率降雨量の計算結果

3) 2015 年 1 月の「モ」国北部での過去最大規模の豪雨

TRMM（熱帯降雨観測衛星）の推定降雨量によれば、記録的豪雨となった 2015 年 1 月 7～15 日の降水量は、図 8.2.24 に示すとおりである。この図より、1 月 7～15 日の Gurue での総降水量は 375mm 未満と推定される。一方、ARA Centro Norte の Gurue 観測所で最大記録となった日降水量は 2015 年 1 月 12 日の 224mm で、1 月 7～15 日の総降水量は 439mm と観測されている。幾つかの誤差があったと仮定しても、ARA の観測雨量は大き過ぎると予測される（この図の上下の図の差、すなわち、1 月 12～15 日の累積雨量は 165mm 未満と推定できる）。

何れにしても、この期間の降水量は大きく、この Gurue での降雨事象の確率年は、表 8.2.20 と比較しても、少なくとも 50 年確率降雨以上と推定できる。



出典: Unitar: United Nations Institute for Training and Research (国連訓練調査研究所) の観測衛星応用計画 (UNOSAT, Unitar)

図 8.2.24 2015年1月の推定累積降雨量

(3) 設計流出量

1) 確率流出量

確率降雨量の同様の計算により、水文観測所での確率流出量が各観測所の年間最大流出量から計算される。しかし残念ながら、水文データは、雨季の期間中に多くの欠測（データの欠落）があり、好ましくない。或る1つの流量記録が何年もの間、無傷であっても、ほとんどの流量記録は、流域における水文学の信頼し得る推定値を得るには余りにも短い。よって、収集データからの確率流出量の結果は、参考までの値として設定する。

表 8.2.21 収集データでの確率流出量の計算結果

Station ID	Q- 120	Q- 126	Q- 136	Q- 138	Q- 153	Q- 198	Q- 398	Q- 399	Q- 444	Q- 445	Remarks	
Station Name	Monapo em Est. Nacavala Muecate	Mchili em Murrupula Estr232	Motomode- E.N.240 Corane Nampula	Namita- Est. Murrupula Nampula	Lurio em E.N.8 Malena-Cuamba	Monapo em A.Bufeira de Nampula	Lurio em Malapane	Monapo em Mecuburi	Micuco em Serra Mitucue	Mepopolo em Planalto Mitucue		
Riverine System	Monapo	Mchili	Mongicual	Mchili	Lurio	Monapo	Lurio	Monapo	Lurio	Lurio		
X: Longitude	39.64972	39.07000	39.48500	39.03611	36.86361	39.26667	37.43333	39.21722	36.81667	36.73333		
Y: Latitude	-14.95806	-15.20444	-15.30000	-15.27944	-14.79528	-15.02889	-14.41667	-15.02694	-14.70000	-14.73333		
Altitude (m)	230.0	270.0	260.0	420.0	525.0	340.0	490.0	350.0	-99.0	-99.0		
Drainage Area (km2)	1,350.0	795.0	186.0	548.0	3,250.0	480.0	18,590.0	477.0	10.0	10.0		
Data No.	39	33	22	24	1	8	8	23	3	5		
Probable Discharge (m3/s)	2 years 50%	134	85	11	67	-	20	940	77	-		-
	3 years 33.3%	165	116	14	100	-	31	1522	102	-		-
	5 years 20%	195	159	18	152	-	45	2255	129	-	-	
	10 years 10%	227	225	24	241	-	69	3250	161	-	-	
	20 years 5%	254	307	32	361	-	97	4245	189	-	-	
	25 years 4%	262	337	35	407	-	107	4565	198	-	-	
	30 years 3.33%	268	364	38	449	-	116	4827	205	-	-	
	50 years 2%	283	447	46	581	-	143	5560	223	-	-	
	80 years 1.25%	296	538	56	728	-	171	6235	240	-	-	
	100 years 1.0%	301	586	61	808	-	186	6555	248	-	-	
	150 years 0.667%	311	683	71	971	-	214	7137	261	-	-	
	200 years 0.5%	317	760	79	1102	-	235	7550	270	-	-	
	300 years 0.333%	325	883	92	1313	-	268	8132	283	-	-	
	400 years 0.25%	331	981	103	1482	-	293	8545	291	-	-	
	500 years 0.2%	335	1063	112	1626	-	314	8865	298	-	-	
S.L.S.C (Standard Least Squares Criterion) 99%	0.036	0.032	0.057	0.029	-	0.048	0.029	0.040	-	-		
Adopted Distribution Formula	Gev	Gev	Gev	LogP3	-	LN2LM	Exp	Gev	-	-		
Probable Specific Discharge (m3/s/km2)	2 years 50%	0.09926	0.10692	0.05914	0.12226	-	0.04167	0.05056	0.16143	-	-	
	3 years 33.3%	0.12222	0.14591	0.07527	0.18248	-	0.06458	0.08187	0.21384	-	-	
	5 years 20%	0.14444	0.20000	0.09677	0.27737	-	0.09375	0.12130	0.27044	-	-	
	10 years 10%	0.16815	0.28302	0.12903	0.43978	-	0.14375	0.17483	0.33753	-	-	
	20 years 5%	0.18815	0.38616	0.17204	0.65876	-	0.20208	0.22835	0.39623	-	-	
	25 years 4%	0.19407	0.42390	0.18817	0.74270	-	0.22292	0.24556	0.41509	-	-	
	30 years 3.33%	0.19852	0.45786	0.20430	0.81934	-	0.24167	0.25966	0.42977	-	-	
	50 years 2%	0.20963	0.56226	0.24731	1.06022	-	0.29792	0.29909	0.46751	-	-	
	80 years 1.25%	0.21926	0.67673	0.30108	1.32847	-	0.35625	0.33540	0.50314	-	-	
	100 years 1.0%	0.22296	0.73711	0.32796	1.47445	-	0.3875	0.35261	0.51992	-	-	
	150 years 0.667%	0.23037	0.85912	0.38172	1.77190	-	0.44583	0.38392	0.54717	-	-	
	200 years 0.5%	0.23481	0.95597	0.42473	2.01095	-	0.48958	0.40613	0.56604	-	-	
	300 years 0.333%	0.24074	1.11069	0.49462	2.39599	-	0.55833	0.43744	0.59329	-	-	
	400 years 0.25%	0.24519	1.23396	0.55376	2.70438	-	0.61042	0.45966	0.61006	-	-	
	500 years 0.2%	0.24815	1.33711	0.60215	2.96715	-	0.65417	0.47687	0.62474	-	-	

出典：ARA Centro-Norte のデータを利用して調査団が作成

注：観測所位置を図 8.2.19 に示す。上表の値は、調査団の収集データから計算した各観測所の確率年別、確率流出量と比流量を示す。Q-153,Q-444 および Q-445 は、データ数が非常に少なく計算不可能である。

2) 設計確率年

橋梁やカルバート設計のための確率年の選定は、構造物のサイズに大きな影響を与える。高い確率年の採用は、道路上の氾濫の可能性、道路や他の施設への損傷を減少させ、同様に、道路利用者に対してより信頼性の高い道路サービスを供給することが可能となる。しかし、これは初期投資と将来の維持管理費の大幅な増加も引き起こす可能性がある。

国家道路戦略の ANE ガイドラインでは、設計流出量に対して妥当な確率年を提示している。主要な横断構造物の確率年は、近年の豪雨と気候変動を考慮し、基本的には、表 8.4.1 に示すような確率年を、各横断構造物によって選択することとしている。また、「モ」国の他の規則（前述の政令 30/2003）としては、（都市排水や下水管などの）小規模排水構造物の設計確率年を「基本的には 5 年洪水量」および「十分に正当な場合 10～25 年の洪水量」として規定している。調査団は、この確率年の基準が日本の基準を含む他国の基準と同様であることも確認した。

本検討においては、ANE ガイドラインの表 8.4.1 の確率年を構造物の種類別に適用した。

3) 設計流出量の算定

一般的に流出量算定に対して多くの手法と手順がある。本検討では、流出量算定は、南アフリカ国家道路公社の「排水マニュアル第 6 版」とモザンビーク法の「政令 30/2003」などを参考として、比較検証して行った。

多くの手法のための理論は様々な機関により開発され、計測データ（統計に基づく）や決定論的原則や経験則の何れかに基づいている。統計的手法を除き、それらの手法は、或る地域と洪水現象のために「キャリブレート」され、適用できる集水面積のサイズの観点で制限される。

本検討では、5 つの算定法が検討され、表 8.2.2 に示すように、各手法の集水面積のサイズは制限される。

表 8.2.2 洪水算出法の適用とその範囲

Methods	Recommended Maximum Area; A (km ²)				Remarks
	Comment	A < 1 km ²	1 < A < 15	15 < A < 200	
1 Rational Formula by Decreto 30/2003	In general, "<15 km ² ". In this study, "A < 1 km ² ".	○			
2 Rational Formula by SA standard	In general, "< 15 km ² ". In this Study, "1 < A < 200 km ² ".	○	○	○	
3 Synthetic Unit Hydrograph Method (SUH) by SA standard	15 < A < 5,000 km ²			○	○
4 Regional Maximum Flood (RMF) by SA standard	No limitation. In this study, "A > 200 km ² ".				○
5 Discharge per unit drainage area by statistical method (probable discharge)	No limitation. In this study, "A > 200 km ² ".				○

Note: The value of design discharge is decided from among above methods by Consultant.

出典：調査団

南アフリカの設計基準に準じて、各バイパス道路の最終道路線形による設計流出量を計算した。また、横断構造物のサイズも計算される。（表 8.2.23 および表 8.2.24 を参照。）横断構造物のフリーボード（計画高水位に対する構造物高さまでの余裕高）は、同表の値が適用される（ナカラのフリーボードのみ土砂流のリスクがあることから多少の余裕を考慮した）。

高水位の算出は、水理計算と水文インタビュー調査結果の両方を考慮のうえ行った。次項に示す。

表 8.2.23 設計流出量 (1/2)

Structure ID	Structure Type	Change	River name	Drainage Area (km ²)	Design Scale	Synthetic Unit Hydrograph Method by SA standard (A>15 km ²)	Regional Maximum Flood (RMF)		Concentration Time (hr)	Inlet Time (hr)	Travel Time (hr)	New Return Period (days)	Thunder R (days)	Rainfall R (mm)	Peak Discharge (mm)	Average Intensity (mm/hr)	Combined Coefficient (%)	Peak Discharge Coefficient	Rational Formula by Deceats No. 2003					Culvert Type (Necessary Bridge Width)	Remarks
							Peak Discharge (m ³ /s)	Peak Discharge (m ³ /s)											Concentration n Time (min)	Inlet Time (min)	Travel Time (min)	Flow Length (m)	Rainfall Intensity (mm/hr)		
Nae-1	Culvert	No.00-450 (Small river)		1.85	20 yrs		0.80	0.46	0.33	74	80	100.21	107.68	18.97	45.0	31.6	35.2	27.8	7.4	1.57	169.32	0.45	II		
Nae-2	Culvert	No.05-110 (Small river)		1.30	20 yrs		0.76	0.46	0.30	74	80	100.15	109.08	18.12	45.0	33.2	35.2	27.5	7.7	1.62	169.32	0.45	II	from No.7-46	
Nae-3	Culvert	No.09-290 (Small river)		0.03	10 yrs		0.25	0.00	0.00	74	80	57.33	128.87	27.15	42.5	1.1	15.0	0.0	0.0	0.0	24.07	0.45	C150-1	from No.1-10	
Nae-4	Culvert	No.01-660 (Small river)		1.09	20 yrs		0.42	0.40	0.42	74	80	100.96	108.11	18.94	45.0	28.3	33.8	33.8	0.0	2.092	173.31	0.45	II		
Nae-5	Culvert	No.03-370 (Small river)		0.04	10 yrs		0.25	0.00	0.00	74	80	57.33	124.73	24.23	42.5	1.4	15.0	0.0	0.0	0.0	24.07	0.45	C150-1		
Nae-6	Culvert	No.04-970 (Small river)		0.05	10 yrs		0.25	0.00	0.00	74	80	57.33	119.50	23.00	42.5	1.5	15.0	0.0	0.0	0.0	24.07	0.45	C150-1		
Nae-7	Culvert	No.06-680 (Small river)		0.05	10 yrs		0.80	0.51	0.29	74	80	81.97	115.45	18.66	42.5	6.8	36.1	30.4	5.7	1.97	145.70	0.45	II		
Nae-8	Culvert	No.02-157 (Small river)		0.02	10 yrs		0.80	0.00	0.00	74	80	57.33	123.43	28.00	42.5	0.5	15.0	0.0	0.0	0.0	24.07	0.45	C90-1	from No.22-51	
Nae-9	Culvert	No.05-188 (Small river)		0.89	10 yrs		0.25	0.00	0.00	74	80	81.92	108.88	18.29	42.5	12.0	33.8	28.2	7.6	1.95	151.63	0.45	II		
Nae-10	Culvert	No.02-49 (Small river)		0.02	10 yrs		0.25	0.00	0.00	74	80	57.33	120.07	23.90	42.5	0.8	15.0	0.0	0.0	0.0	24.07	0.45	C90-1	from No.20-10	
Nae-11	Culvert	No.02-92 (Small river)		2.29	20 yrs		0.94	0.31	0.63	74	80	105.55	108.98	18.29	45.0	44.5	31.5	88.8	12.7	2.676	188.56	0.45	III	from No.20-63,31-85	
Nae-12	Culvert	No.05-5 (Small river)		0.41	10 yrs		0.72	0.45	0.27	74	80	79.77	113.97	18.49	42.5	6.0	31.0	27.1	3.9	8.0	159.40	0.45	II	from No.3-10	
Nae-13	Culvert	No.09-94 (Small river)		0.84	10 yrs		0.88	0.49	0.39	74	80	84.12	111.51	16.37	42.5	10.5	36.6	29.6	7.0	1.467	144.64	0.45	II		
Nae-14	Culvert	No.02-14 (Small river)		0.86	50 yrs		2.14	0.80	1.34	74	80	159.26	103.82	16.53	47.5	109.7	75.2	48.2	27.0	5.672	121.09	0.45	II	FWL=0.7m (100yrs) (Necessary Brid. W=30m with RTV) (0.95m)	
Nae-15	Culvert	No.04-6 (Small river)		0.17	10 yrs		0.57	0.35	0.22	74	80	74.75	116.75	13.75	42.5	3.1	22.8	20.9	2.0	3.074	196.69	0.45	II		
Nae-16	Culvert	No.05-110 (Small river)		0.06	10 yrs		0.25	0.00	0.00	74	80	57.33	118.48	21.68	42.5	1.9	15.0	0.0	0.0	0.0	24.07	0.45	C150-1		
Nae-17	Culvert	No.06-96 (Small river)		1.10	20 yrs		0.62	0.27	0.35	74	80	94.61	109.10	16.93	45.0	2.9	22.9	22.9	6.7	1.488	217.40	0.45	II	from No.63-45	
Nae-18	Culvert	No.08-60 (Small river)		0.05	10 yrs		0.33	0.33	0.02	74	80	64.59	130.42	22.07	42.5	1.2	20.1	19.9	0.2	3.4	205.78	0.45	II		
Nae-19	Culvert	No.02-63 (Small river)		0.07	10 yrs		0.28	0.23	0.04	74	80	58.81	118.08	22.07	42.5	2.1	15.0	0.0	0.0	0.0	24.07	0.45	C150-1	from No.8-13	
Nae-20	Culvert	No.04-50 (Small river)		0.27	10 yrs		0.38	0.25	0.13	74	80	66.24	115.62	19.94	42.5	6.3	17.8	15.3	2.5	5.23	220.98	0.45	II		
Nae-21	Culvert	No.02-110 (Small river)		0.13	10 yrs		0.25	0.00	0.00	74	80	57.33	115.16	20.47	42.5	4.2	15.0	0.0	0.0	0.0	24.07	0.45	II	from No.9-17,9-18	
Nae-22	Culvert	No.04-50 (Small river)		0.08	10 yrs		0.25	0.20	0.05	74	80	57.33	117.27	20.29	42.5	2.5	15.0	0.0	0.0	0.0	24.07	0.45	II		
Nae-23	Culvert	No.08-55 (Small river)		0.66	10 yrs		0.67	0.49	0.18	74	80	64.77	101.02	13.14	42.5	10.1	33.2	28.3	3.9	8.29	153.00	0.45	II		
Nae-24	Culvert	No.07-74 (Small river)		0.66	10 yrs		0.82	0.77	0.05	74	80	82.35	116.65	13.42	42.5	8.9	46.8	46.0	0.7	1.521	182.41	0.45	II	from No.10-28	
Nae-25	Culvert	No.12-120 (Small river)		1.75	20 yrs		1.01	0.92	0.11	74	80	107.53	108.69	14.54	45.0	33.3	56.9	50.0	1.9	4.08	138.00	0.45	II	from No.10-69,69	
Nae-26	Culvert	No.12-120 (Small river)		1.92	20 yrs		0.78	0.67	0.11	74	80	100.81	107.38	13.22	45.0	33.2	42.6	40.3	2.3	4.83	151.90	0.45	III	from No.13-96	
Nae-27	Culvert	No.17-110 (Small river)		0.22	10 yrs		0.49	0.46	0.03	74	80	71.59	115.31	16.78	42.5	4.3	28.0	27.5	0.5	1.07	169.23	0.45	II	from No.17-41	
Nae-28	Culvert	No.12-170 (Small river)		0.76	10 yrs		0.80	0.74	0.05	74	80	81.93	111.58	14.90	42.5	10.3	45.6	44.9	0.9	1.20	127.15	0.45	II	from No.12-70, 12-60	
Nae-29	Culvert	No.12-170 (Small river)		1.17	20 yrs		0.78	0.75	0.04	74	80	100.84	109.63	14.02	45.0	20.6	45.5	44.9	0.6	1.87	143.57	0.45	II	from No.12-70, 12-60	
Nae-30	Culvert	No.13-43 (Small river)		1.79	20 yrs		0.92	0.87	0.04	74	80	104.96	108.27	13.80	45.0	27.7	53.2	52.5	0.7	1.97	133.11	0.45	II	from No.13-43	
Nae-31	Culvert	No.17-53 (Small river)		0.16	10 yrs		0.44	0.28	0.16	74	80	49.24	116.77	13.06	42.5	3.5	19.8	16.8	2.9	6.77	207.57	0.45	II	from No.14-89	
Nae-32	Culvert	No.14-86 (Small river)		0.05	10 yrs		0.32	0.29	0.03	74	80	62.26	121.38	23.69	42.5	1.0	17.4	17.1	0.3	6.4	253.47	0.45	C150-1		
Nae-33	Culvert	No.14-86 (Small river)																							
Nae-34	Culvert	No.12-150 (Small river)		2.35	20 yrs		0.93	0.44	0.49	88	80	118.59	107.05	17.18	45.0	40.3	33.5	36.1	7.3	1.540	174.39	0.45	II		
Nae-35	Culvert	No.02-16 (Small river)		0.15	10 yrs		0.33	0.19	0.14	88	80	71.53	115.73	24.29	42.5	4.3	15.0	0.0	0.0	0.0	24.07	0.45	II		
Nae-36	Culvert	No.02-16 (Small river)		0.08	10 yrs		0.35	0.21	0.14	88	80	72.80	118.54	24.48	42.5	2.2	15.2	12.5	2.7	5.63	204.41	0.45	C150-1		
Nae-37	Culvert	No.03-196 (Small river)		5.91	20 yrs		1.32	0.51	0.81	88	80	128.99	108.96	10.97	45.0	33.3	44.8	30.5	14.3	2.999	147.15	0.45	III		
Nae-38	Culvert	No.05-400 (Small river)		0.05	10 yrs		0.20	0.22	0.08	88	80	49.02	119.89	27.61	42.5	1.5	15.0	0.0	0.0	0.0	27.2	24.07	0.45	C150-1	
Nae-39	Culvert	No.04-196 (Small river)		25.91	50 yrs		3.06	0.82	2.25	88	80	192.83	99.84	62.84	47.5	214.8	94.3	48.1	45.3	8.446	114.47	0.45	II	FWL=34.95m (100yrs) (Necessary Brid. W=35.15m) (60.0m)	
Nae-40	Culvert	No.06-530 (Small river)		1.02	10 yrs		0.97	0.57	0.41	88	80	97.16	110.96	11.93	42.5	13.4	41.4	34.0	7.4	1.552	134.49	0.45	II		
Nae-41	Culvert	No.06-530 (Small river)		1.52	20 yrs		0.84	0.59	0.25	88	80	115.90	108.70	10.12	45.0	28.4	40.6	35.6	5.0	1.053	155.70	0.45	II		
Nae-42	Culvert	No.08-460 (Small river)		0.79	20 yrs		0.56	0.32	0.24	88	80	103.67	110.21	20.41	42.5	20.2	24.6	19.3	5.3	1.118	208.53	0.45	II		
Nae-43	Culvert	No.09-120 (Small river)		0.62	10 yrs		0.58	0.37	0.21	88	80	84.86	111.44	16.60	42.5	11.8	26.9	22.4	4.5	9.40	178.36	0.45	II		
Nae-44	Culvert	No.15-93 (Small river)		0.75	20 yrs		0.68	0.31	0.38	88	80	99.88	110.01	23.43	45.0	21.0	22.4	18.6	3.8	7.97	200.21	0.45	II		
Nae-45	Culvert	No.12-93 (Small river)		0.48	10 yrs		0.68	0.38	0.30	88	80	88.75	113.06	14.66	42.5	8.3	26.2	22.9	3.3	5.97	173.77	0.45	II		
Nae-46	Bridge	No.12-84 (Small river)		17.21	50 yrs		1.52	0.58	0.94	88	80	166.76	99.16	10.69	47.5	247.7	52.2	34.8	17.4	3.661	156.91	0.45	II	FWL=32.4m (Necessary Brid. W=30m with RTV) (40yrs, 33.45m)	
Nae-47	Culvert	No.13-140 (Small river)		0.28	10 yrs		0.33	0.26	0.07	88	80	71.22	116.96	24.44	42.5	8.1	16.6	15.4	1.2	2.49	220.84	0.45	II		
Nae-48	Culvert	No.15-68 (Small river)		0.10	10 yrs		0.31	0.26	0.05	88	80	49.47	116.97	26.65	42.5	3.2	16.1	14.4							

表 8.2.24 設計流出量 (2/2)

Structure Name ID	Stru. Type	Change	River Name	Drainage Area	Design Scale	Synthetic Unit Hydrograph Method by SA standard	Regional Maximum Flood (RMP)	Rational Formula by SJA standard														Rational Formula by Decree No. 20/2003											Design Discharge	Culvert Type (Necessary Bridge Width)	Remarks
								Peak Discharge (x10,000 m³/s)	Concentration Time (h)	Peak Discharge (m³/s)	Combined Runoff Coefficient	Average Intensity (mm/hr)	Area Reduction Factor	Point Rainfall	Thunder R	2yrs Return Period Daily Rainfall (mm)	Inlet Time (h)	Outlet Time (h)	Concentration Time (h)	Peak Discharge (m³/s)	Combined Runoff Coefficient	Flow Length (m)	Rainfall Intensity (mm/hr)	Runoff Coefficient	Peak Discharge (m³/s)										
Nam-18	Culvert	No.165(95)	[Mediterranean]	1.04	10yrs	-	-	0.82	0.64	0.18	88	80	93.20	110.24	128.83	42.5	15.3	41.3	38.5	2.8	578	147.88	0.65	17.5	15.3	lb									
Nam-19	Culvert	No.178(89)	[Mediterranean]	0.25	10yrs	-	-	0.53	0.40	0.18	88	80	82.79	115.06	178.60	42.5	5.2	28.9	23.9	2.0	418	177.08	0.65	5.4	5.4	lb									
Nam-20	Bridge	No.185(99)	[Mediterranean]	4.26	100yrs	238.6	-	3.06	0.85	2.22	88	80	222.19	97.24	70.52	30.0	416.9	-	-	-	-	-	-	-	416.9	(Necessary) Bed W= 90.0m									
Nam-21	Culvert	No.191(79)	[Mediterranean]	0.40	10yrs	-	-	0.53	0.22	0.31	88	80	82.77	110.02	175.53	42.5	8.3	39.3	33.4	3.9	1271	210.71	0.65	10.5	10.5	lb									
Nam-22	Culvert	No.207(65)	[Mediterranean]	0.47	10yrs	-	-	0.51	0.35	0.01	88	80	83.91	112.48	168.83	42.5	9.4	32.9	32.8	0.1	23	154.04	0.65	9.1	9.1	lb									
Nam-23	Culvert	No.218(66)	[Mediterranean]	1.91	20yrs	-	-	0.81	0.47	0.33	88	80	114.50	152.71	450	36.5	33.6	28.3	5.3	1.07	173.93	0.65	41.6	36.5	lb										
Nam-24	Culvert	No.227(90)	[Mediterranean]	0.24	10yrs	-	-	0.45	0.29	0.15	88	80	78.65	114.67	200.99	42.5	5.6	20.0	17.7	2.3	482	206.42	0.65	6.1	6.1	lb									
Nam-25	Culvert	No.246(76)	[Mediterranean]	0.45	10yrs	-	-	0.62	0.60	0.02	88	80	86.37	112.98	157.51	42.5	8.4	38.2	36.0	0.2	44	145.50	0.65	8.2	8.2	lb									
Nam-26	Culvert	No.251(60)	[Mediterranean]	0.40	10yrs	-	-	0.62	0.56	0.06	88	80	86.27	113.47	158.69	42.5	7.5	34.4	33.7	0.7	149	149.94	0.65	7.5	7.5	lb									
Nam-27	Culvert	No.259(22)	[Mediterranean]	0.37	10yrs	-	-	0.50	0.47	0.03	88	80	81.19	113.10	184.05	42.5	8.1	28.4	28.1	0.3	61	167.70	0.65	7.8	7.8	lb									
Nam-28	Culvert	No.271(71)	[Mediterranean]	0.37	10yrs	-	-	0.62	0.60	0.03	88	80	86.57	110.68	153.30	42.5	14.0	54.1	35.8	0.3	69	145.27	0.65	14.1	14.1	lb									
Nam-29	Culvert	No.292(57)	[Mediterranean]	0.55	10yrs	-	-	0.58	0.53	0.03	88	80	83.96	111.83	167.61	42.5	10.9	32.0	31.5	0.5	107	156.53	0.65	10.7	10.7	lb									
Cumuh Bypass Road																																			
Cua-1	Drainage	No.005(54)	[Lains River]	3.90	100yrs	2.12	340	20.50	-	-	-	-	-	-	-	Statistical Discharge per drainage area	0.326	-	-	-	-	-	-	-	-	(Necessary) Bed W= 240.0m									
Cua-2	Culvert	No.007(65)	[Lains River]	0.54	10yrs	-	-	0.70	0.50	0.19	71	80	76.90	112.62	124.14	42.5	7.9	32.7	30.3	2.4	504	82.44	0.35	4.3	4.3	lb									
Cua-3	Bridge	No.020(66)	[Lains River]	41.82	50yrs	165.0	-	4.32	1.28	3.05	71	80	177.24	98.73	40.47	47.5	223.3	138.5	76.6	62.0	11.56	47.62	0.35	193.6	223.3	(Necessary) Bed W= 90.0m									
Cua-4	Culvert	No.032(45)	[Lains River]	0.89	10yrs	-	-	0.75	0.37	0.38	71	80	78.47	116.69	118.42	42.5	12.2	27.3	22.3	5.0	1060	91.97	0.35	7.9	7.9	lb									
Cua-5	Culvert	No.038(91)	[Lains River]	1.72	20yrs	-	-	1.16	0.48	0.58	71	80	105.71	108.94	108.55	450	25.3	57.7	28.6	9.1	1491	86.59	0.35	14.5	23.3	lb									
Cua-6	Bridge	No.052(69)	[Lains River]	25.64	50yrs	147.3	-	3.05	0.98	2.05	71	80	165.90	98.85	54.64	47.5	184.9	99.3	58.7	48.6	7.31	57.71	0.35	143.9	184.9	(Necessary) Bed W= 90.0m									
Cua-7	Culvert	No.085(42)	[Lains River]	0.45	10yrs	-	-	0.57	0.38	0.09	71	80	63.60	111.28	193.18	42.5	10.2	17.8	16.8	1.0	207	117.66	0.35	5.1	5.1	lb									
Cua-8	Culvert	No.101(13)	[Lains River]	0.54	10yrs	-	-	0.71	0.54	0.17	71	80	77.37	112.67	122.16	42.5	7.8	35.3	32.5	0.9	120	81.26	0.35	4.3	4.3	lb									
Cua-9	Culvert	No.108(16)	[Lains River]	0.34	10yrs	-	-	0.55	0.44	0.11	71	80	71.81	113.75	149.84	42.5	6.1	27.3	26.3	1.0	212	91.64	0.35	3.1	3.1	C198-1									
Cua-10	Culvert	No.112(63)	[Lains River]	0.45	10yrs	-	-	0.77	0.65	0.12	71	80	78.93	113.74	116.63	42.5	6.2	40.2	39.2	1.1	191	72.95	0.35	3.2	3.2	C198-1									

Note: Time of concentration is calculated by Kirtley formula for inlet time and SJA standard for Kaven formula for travel time.
Necessary Bridge Opening Width is calculated by Lacey's equation in order to prevent contraction scour.

Assumed V= 10 m/s

Culvert Type	Type	B (m)	H (m)	Cell No.	Slope (%)	Area (m²)	Wetted perimeter (m)	Velocity (m/s)	Discharge capacity (m³/s)	Remarks
Pipe	C98-1	090	090	1	0.60%	0.55	1.99	2.18	1.19	80% depth
	C198-1	150	150	1	0.30%	1.52	3.32	2.16	3.28	80% depth
	Boe	150	150	1	0.30%	1.80	3.90	2.18	3.93	80% depth
	Boe	150	150	1	0.30%	3.20	5.20	2.64	4.85	80% depth
Box	Boe	300	300	2	0.20%	7.20	7.80	2.83	20.35	80% depth
	Boe	300	300	2	0.20%	7.20	7.80	2.83	40.70	80% depth
Box	Boe	600	450	1	0.15%	21.60	13.20	3.59	77.45	80% depth
	Boe	600	450	1	0.60%	0.40	1.59	2.05	0.82	60% depth
Pipe	C198-1	150	150	1	0.30%	1.11	2.86	2.04	2.72	60% depth
	Boe	150	150	1	0.30%	1.35	3.30	2.01	2.72	60% depth
Box	Boe	200	200	1	0.30%	2.40	4.40	2.44	5.55	60% depth
	Boe	200	200	1	0.30%	6.00	7.00	2.69	16.14	2nd depth
Box	Boe	300	300	2	0.20%	6.00	7.00	2.69	32.28	2nd depth
	Boe	300	300	2	0.15%	21.00	13.00	3.55	74.65	3.5m depth

Items	Return Period (year)			Combined Runoff Coefficient		
	2 yrs	10 yrs	100 yrs	0.75	0.85	0.95
Items	C ₁	C ₂	C ₃	C ₁	C ₂	C ₃
Neatly	0.08 - 0.16	0.28	0.50	0.375	0.425	0.45
Normal	0.08 - 0.20	0.25	0.50	0.375	0.425	0.45
Coarsely	0.05 - 0.20	0.25	0.50	0.375	0.425	0.45

(4) 水理計算と設計高水位

1) 確率高水位

確率雨量と設計流出量の計算と同様の手法で、各観測所での確率高水位を、各観測所での年間最大水位から計算した。しかし、残念ながら雨季に多くの欠落（欠測値）があり、信頼性に乏しく、また水位標の基準面が任意標高であり、地形測量基準面との関連性もない。よって、収集データからの確率洪水水位の結果は参考にとどめ、相対値として設定するのみとする（表 8.2.25 参照）。

表 8.2.25 収集データからの確率高水位の計算結果

Station Name	Monapo em Est. Nacavala Muecate	Meluli em Murupula Estr232	Motomode-E.N.240 Corrane Nampula	Namaíta-Est. Murupula Nampula	Namaíta-Est. Murupula Nampula	Lúrio em E.N.8 Malema-Cuamba	Monapo em Mecuburi	Micuco em Serra Mitucue	Mepopolo em Planalto Mitucue	Remarks	
River Name	Monapo	Meluli	Mogincual	Meluli	Monapo	Lurio	Lurio	Lurio	Lurio		
Station ID	E120	E126	E136	E138	E399	E153	E398	E444	E445		
Long. (X)	39.6497	39.0700	39.4850	39.0361	39.0361	36.8636	39.2172	36.8167	36.7333		
Lat. (Y)	-14.9581	-15.2044	-15.3000	-15.2794	-15.2794	-14.7953	-15.0269	-14.7000	-14.7333		
Data No. of Extreme Value	41	44	24	36	22	18	8	11	14		
Shift amount (m)	-5.66	-4.39	-1.86	-3.97	-5.20	-4.54	-7.12	-1.13	-2.74		
Probable Water Level (m)	(Year)	(%)									
	2	50%	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
	3	33.3%	0.41	0.48	0.21	0.45	0.34	0.58	0.72	0.25	0.10
	5	20%	0.73	0.97	0.44	1.03	0.63	1.37	1.44	0.57	0.19
	10	10%	1.01	1.56	0.74	1.89	0.90	2.57	2.23	1.00	0.27
	20	5.0%	1.19	2.09	1.03	2.90	1.08	3.94	2.90	1.43	0.32
	25	4.0%	1.23	2.26	1.12	3.26	1.12	4.43	3.09	1.57	0.34
	30	3.33%	1.26	2.39	1.19	3.57	1.16	4.84	3.25	1.69	0.35
	50	2.0%	1.33	2.75	1.41	4.51	1.24	6.07	3.66	2.00	0.38
	80	1.25%	1.38	3.08	1.61	5.49	1.29	7.32	4.02	2.30	0.40
	100	1.0%	1.40	3.23	1.70	5.99	1.32	7.95	4.18	2.44	0.41
	150	0.667%	1.43	3.50	1.88	6.99	1.35	9.17	4.46	2.69	0.42
	200	0.5%	1.45	3.69	2.00	7.77	1.37	10.09	4.66	2.87	0.43
	300	0.333%	1.47	3.96	2.18	8.96	1.40	11.46	4.92	3.12	0.44
400	0.25%	1.49	4.15	2.31	9.88	1.41	12.50	5.10	3.30	0.45	
500	0.2%	1.50	4.29	2.41	10.65	1.43	13.34	5.24	3.44	0.46	
Probabilistic Distributed model	Log Pearson type III distribution (Real space method)	2-parameter log-normal distribution (Slade I, moment method)	3-parameter log-normal distribution (Quantile method)	Generalized extreme value distribution	Generalized extreme value distribution	3-parameter log-normal distribution (Quantile method)	Log Pearson type III distribution (Logarithmic space method)	Exponential distribution	Log Pearson type III distribution (Real space method)		

出典：調査団

2) インタビュー調査結果

上述したように観測所での水位は信頼性に乏しい、また、観測所位置は橋梁位置から遠く離れている。よって、現地での現実の洪水水位と水理計算結果の相関を検証するために、実際の洪水水位の聞き取り調査を住民に対して行った。インタビュー位置と結果を表 8.2.26 および図 8.2.25 から図 8.2.27 に示す。

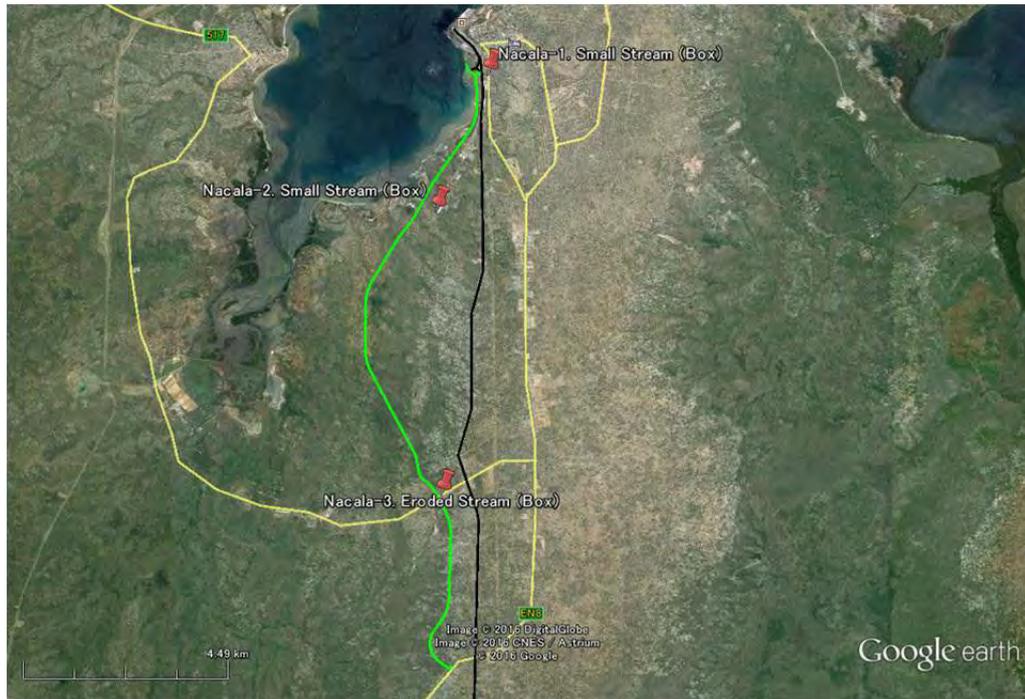
インタビュー地点の既往最大洪水水位（HHWL）のほとんどは、2015年1月から3月の期間の洪水として記憶されている。クアンバの Muwanda 川で、インタビュー水位と水理計算結果の相関から、既往最大洪水水位は 50 年から 100 年確率に相当する洪水イベントとして推定できる（図 8.2.28 参照）。同様に、ナンプラの Mutomote 川と Muepelume B 川での既往最大洪水水位は、50 年確率未満の洪水イベントとして推定できる（図 8.2.29 参照）。

表 8.2.26 水文インタビュー調査結果

Interview Location		Coordinates		Interview Item	Interviewed Water Level (m)	Interview Contents (Water Level is ...)	Interview Location Ground Level (m)	Remarks
No.	River Name	Longitude (X) (degree)	Latitude (Y) (degree)					
< Nacala >								
1	Small Stream (Box)	40.67370	-14.55064	HHWL	-	River channel shoulder +0.3m	-	
2	Small Stream (Box)	40.66338	-14.57783	HHWL	-	GL (Road)+0.1m	-	
3	Eroded Stream (Box)	40.66484	-14.63409	HHWL	-	River channel shoulder +0.2m	-	
< Nampula >								
1	Mutomote River (Brd)	39.34142	-15.14842	HHWL	352.30	GL+0.0m	352.30	
2	Small Stream (Box)	39.33294	-15.15675	HHWL	-	GL (Road)-0.8m	-	
3	Muepelume River (Brd)	39.26924	-15.17092	HHWL	-	River channel shoulder +0.0m	-	
4	Muhala River (Brd)	39.24587	-15.16203	HHWL	328.35	GL+0.0m	328.35	Doughtful value
5	Muepelume B River (Brd)	39.24417	-15.16730	HHWL	-	River channel shoulder +0.0m	-	
		39.21963	-15.15634	HHWL	323.27	GL+0.0m	323.27	
< Cuamba >								
1	Muwanda River	36.58515	-14.79816	HHWL	558.22	GL+1.65m	556.57	
	Muwanda River (Brd)	36.57799	-14.79870	HHWL	560.20	GL+2.34m	557.86	
2	Muwanda River (Brd)	36.56781	-14.79207	HHWL	559.15	GL+0.0m	559.15	Doughtful value
3	Muwanda Tributary (Brd)	36.54147	-14.78279	HHWL	564.00	GL+0.8m	563.20	
		36.54169	-14.78244	AHWL	561.47	GL+0.7m	560.77	
4	Small stream (Box)	36.51751	-14.78869	HHWL	-	GL+0.0m	-	

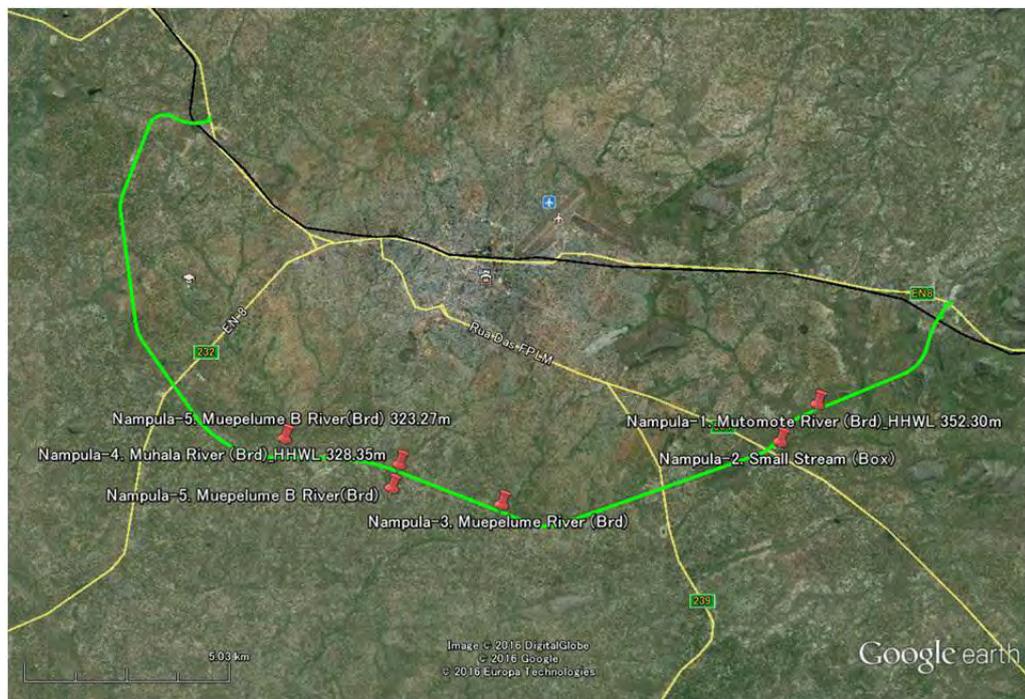
Note. HHWL means the historical maximum water level, AHWL means the annual maximum water level in local resident's recollections.

出典：調査団



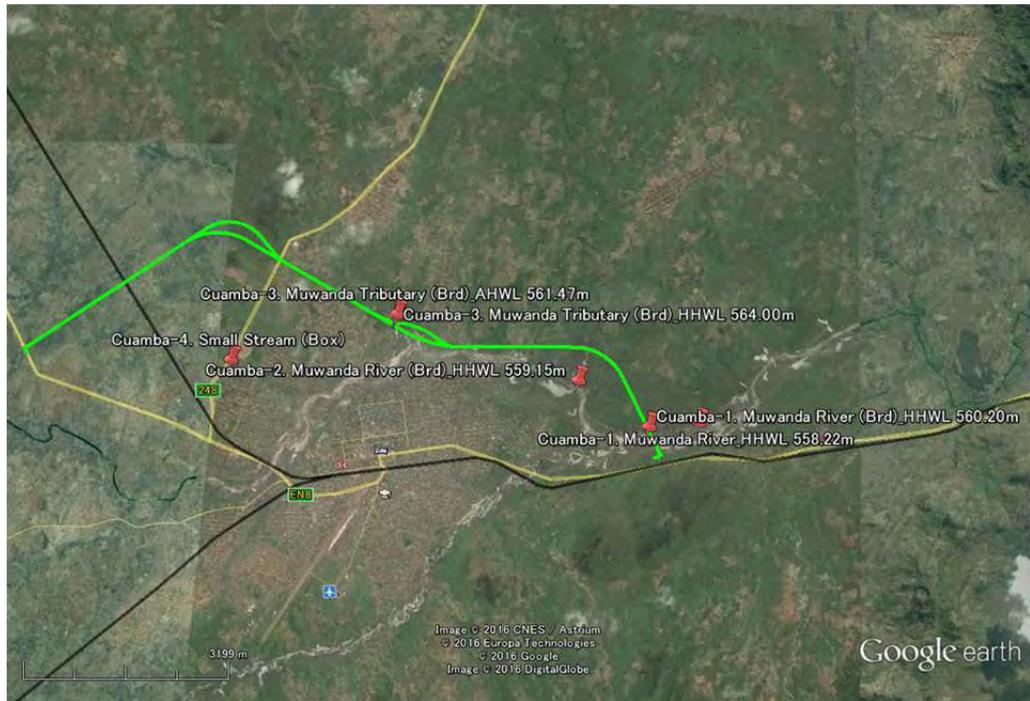
出典：調査団、Google Earth

図 8.2.25 ナカラの水文インタビュー調査位置



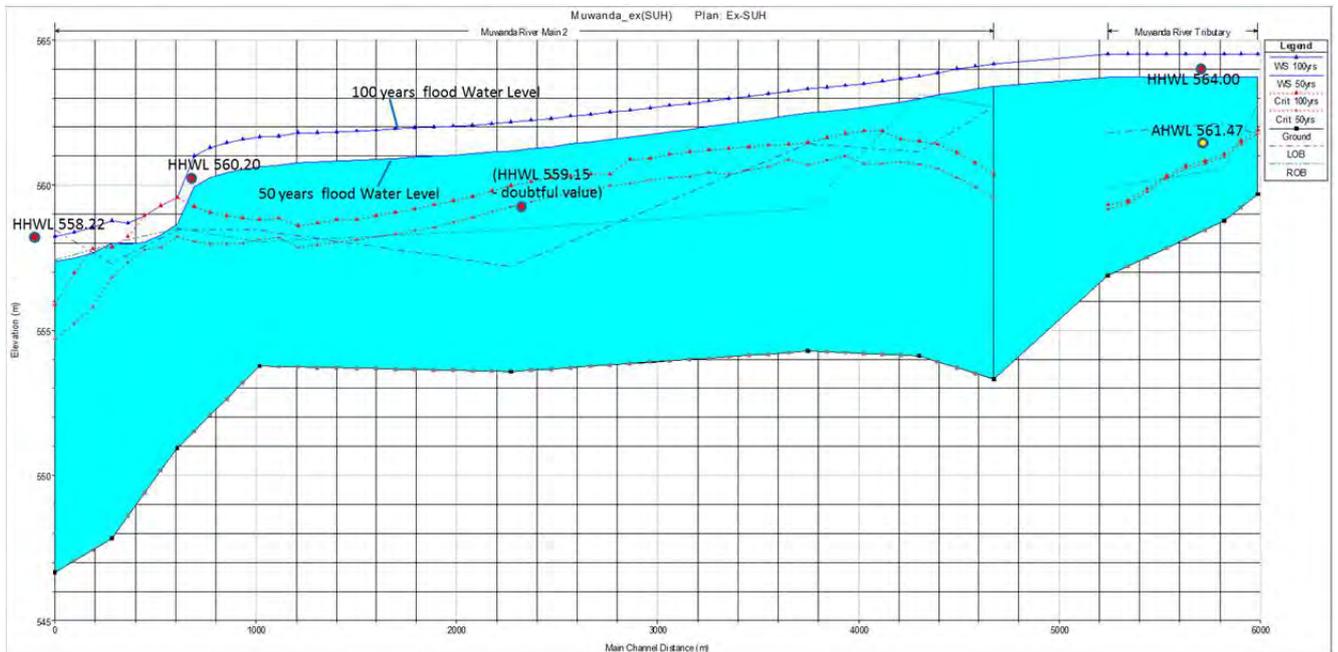
出典：調査団、Google Earth

図 8.2.26 ナンプラの水文インタビュー調査位置



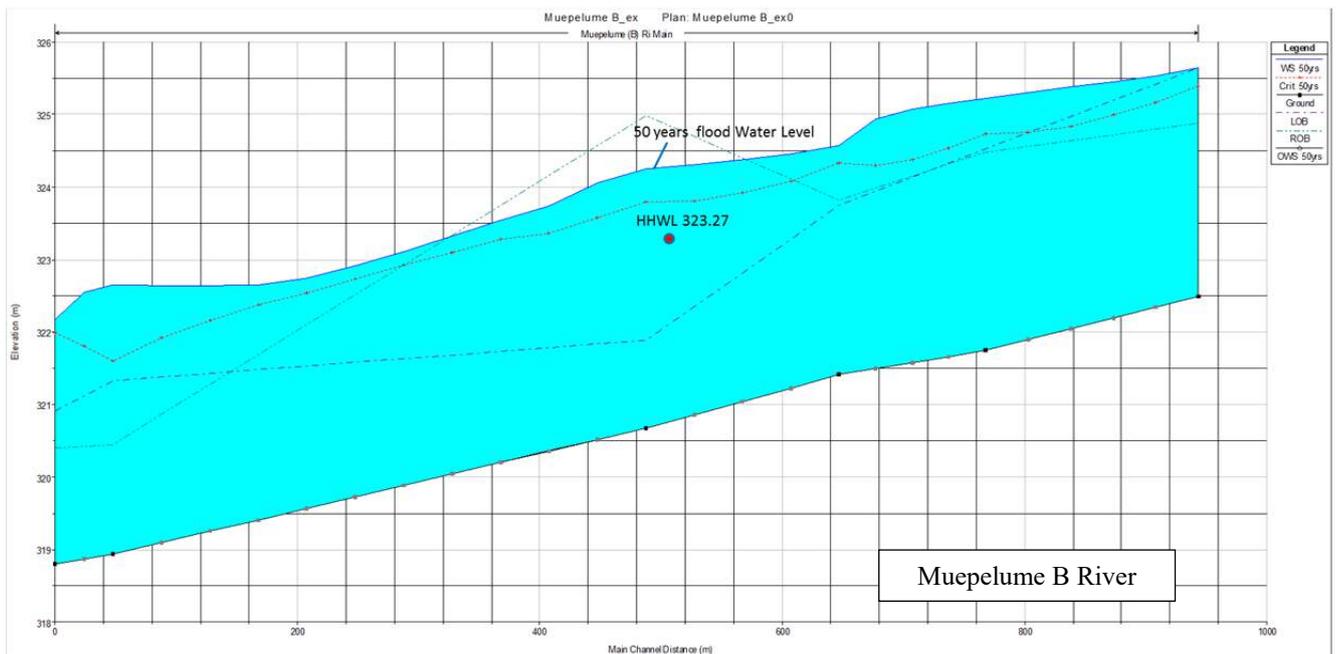
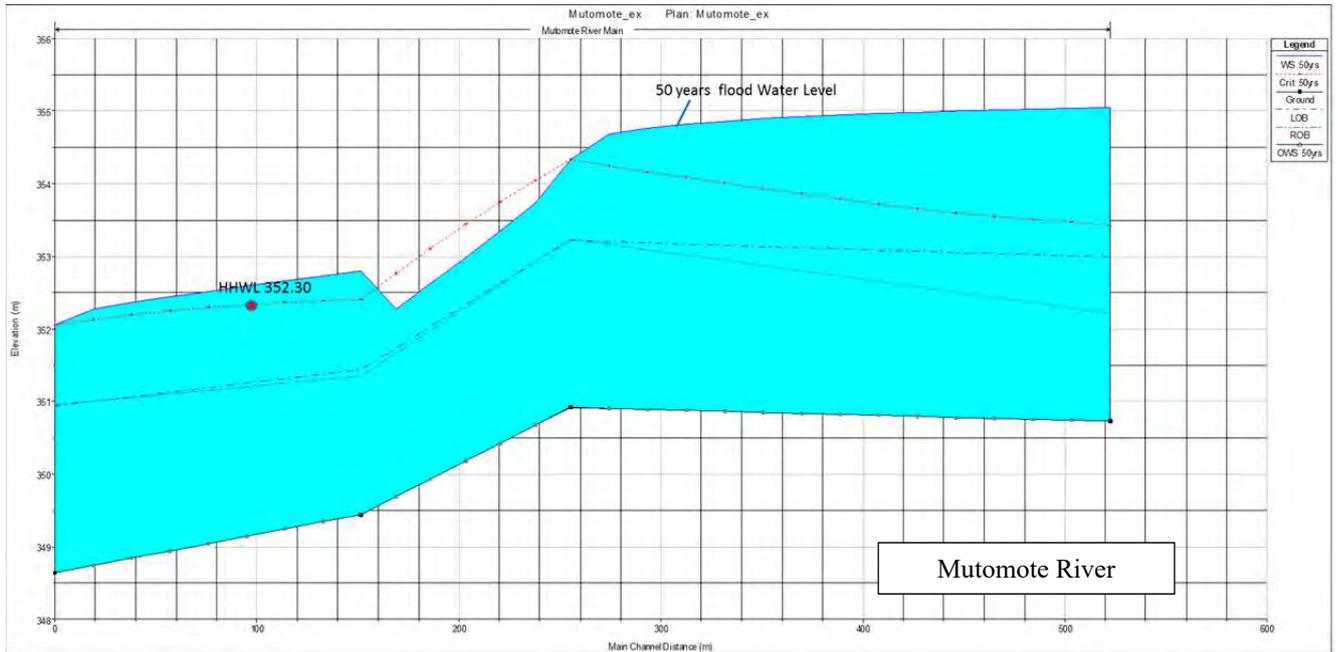
出典：調査団、Google Earth

図 8.2.27 クアンバの水文インタビュー調査位置



出典：調査団

図 8.2.28 クアンバの Muwanda 川でのインタビュー水位と水理計算結果の相関



出典：調査団

図 8.2.29 ナンプラの Mutomote 川と Muepelume 川でのインタビュー水位と水理計算結果の相関

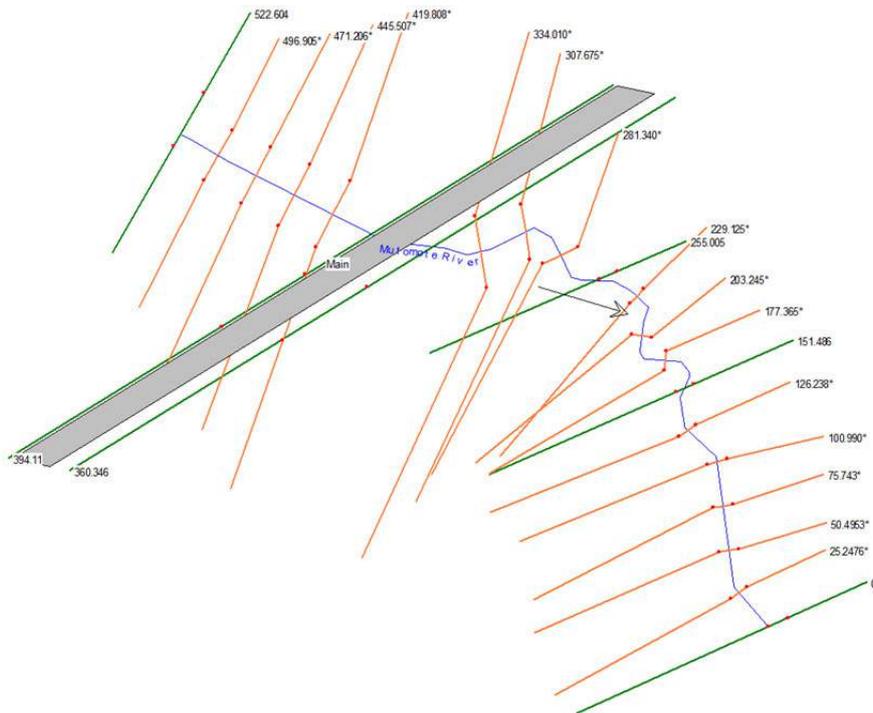
3) 水理計算

ナン普拉の4主要橋梁とクアンバの3主要橋梁を対象に、各種水理量と橋梁洗掘の確認のために、一次元水理解析を平均流量の条件のもとで実施した。一次元水理解析は、米軍陸軍工兵隊によって開発されたHEC-RAS（水文技術センターー河川解析システム）を使用した。

ナン普拉の4主要橋梁とクアンバの3主要橋梁の水理計算モデルを図8.2.30から図8.2.34に示す（クアンバの3主要橋梁の事例では、計算モデルはMuwanda川の上流から下流を一つの河川系統として構築した）。水理計算用断面は、地形測量結果を利用して計算した。

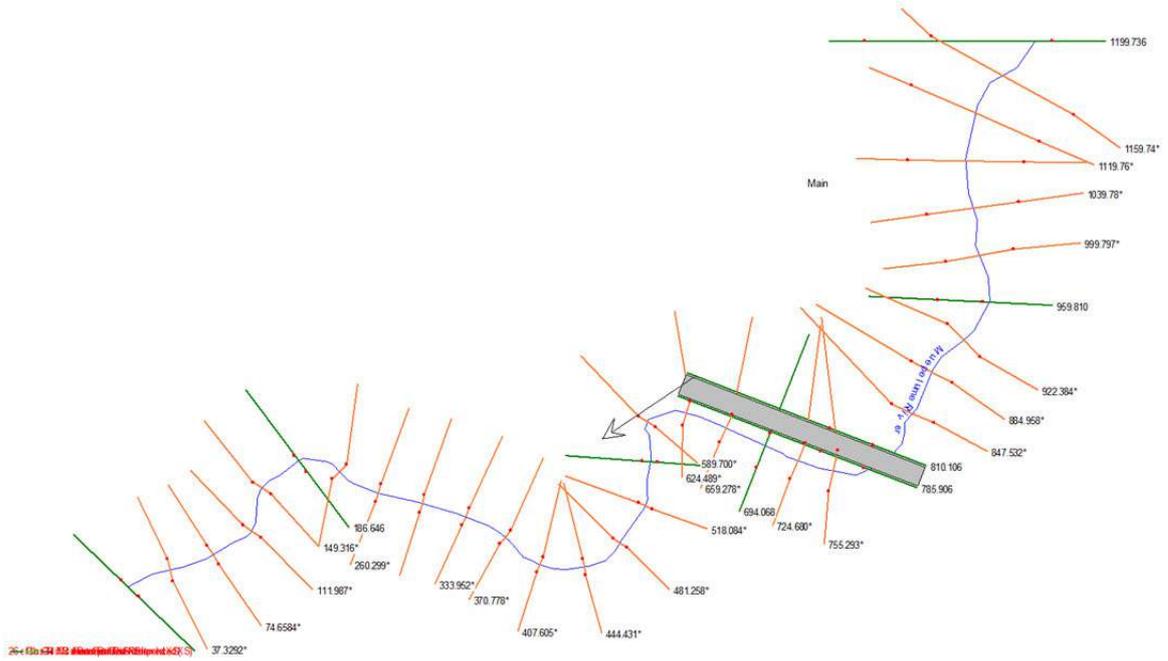
水理解析は下記条件にて行われ、計算結果を表8.2.27、表8.2.28および図8.2.35～図8.2.39に示す。

- 計算ケース - 「橋梁無し」と「橋梁有り」の2ケース
- 流出量 - 50年および100年確率洪水（設計規模は、ナン普拉のNo.4橋梁<Nam-20>とクアンバのNo.1橋梁<Cua-1>に対して100年確率洪水、他橋梁は50年確率洪水とする）



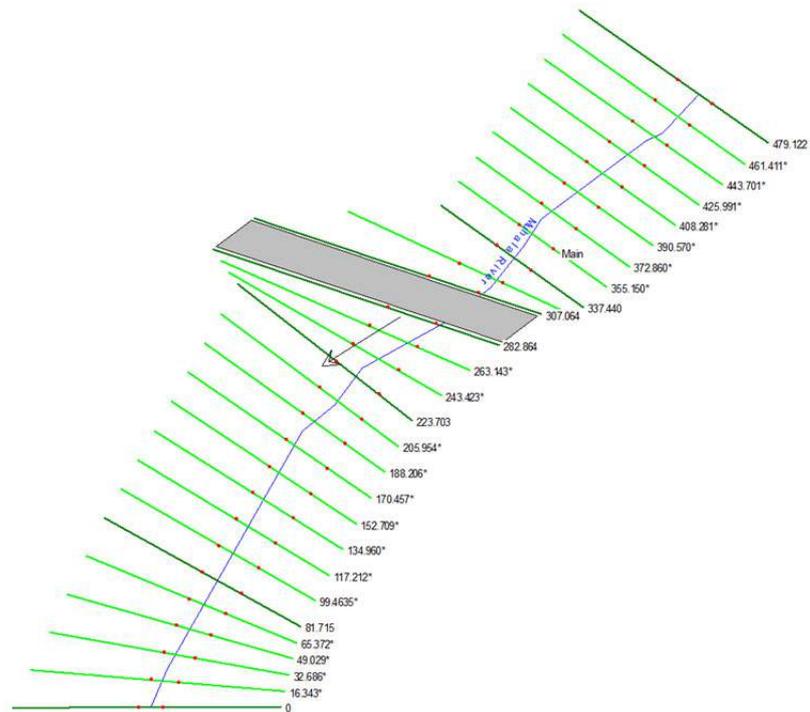
出典：調査団

図 8.2.30 Mutomote 川の水理計算モデル（ナン普拉）



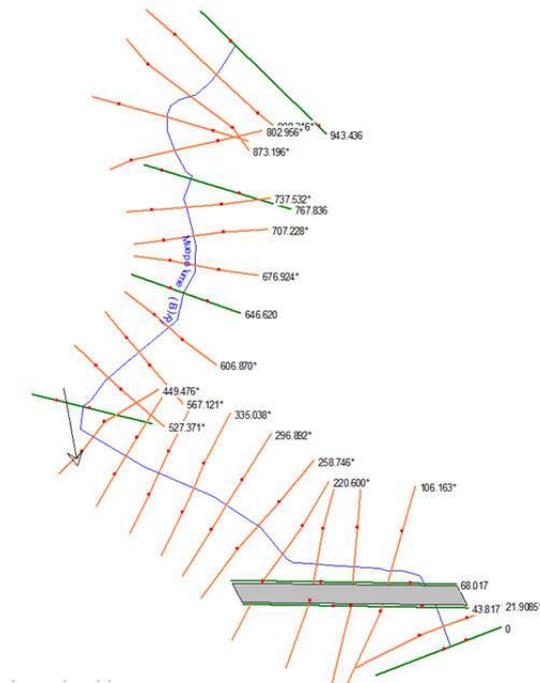
出典：調査団

図 8.2.31 Muepelume 川の水理計算モデル（ナンプラ）



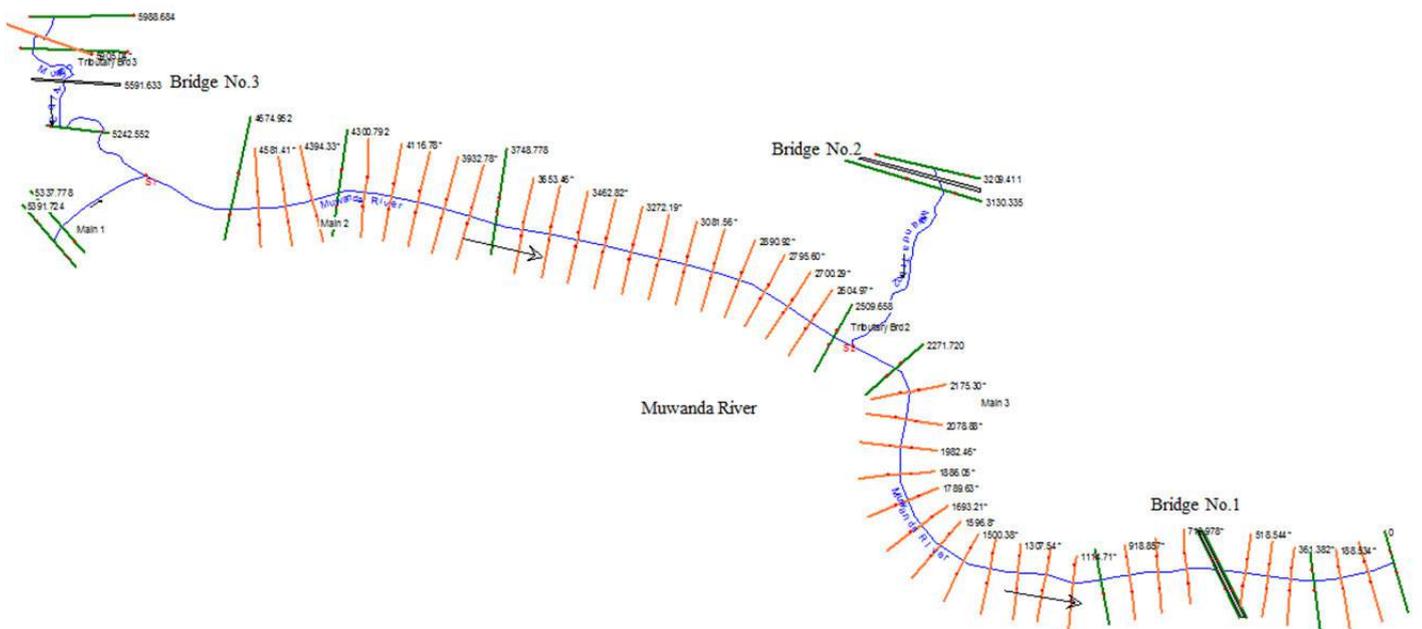
出典：調査団

図 8.2.32 Muhara 川の水理計算モデル（ナンプラ）



出典：調査団

図 8.2.33 Muepelume B 川の水理計算モデル (ナンプラ)



出典：調査団

図 8.2.34 Muwanda 川の水理計算モデル (クアンバ)

表 8.2.27 各橋梁での水理計算結果 (ナンプラ)

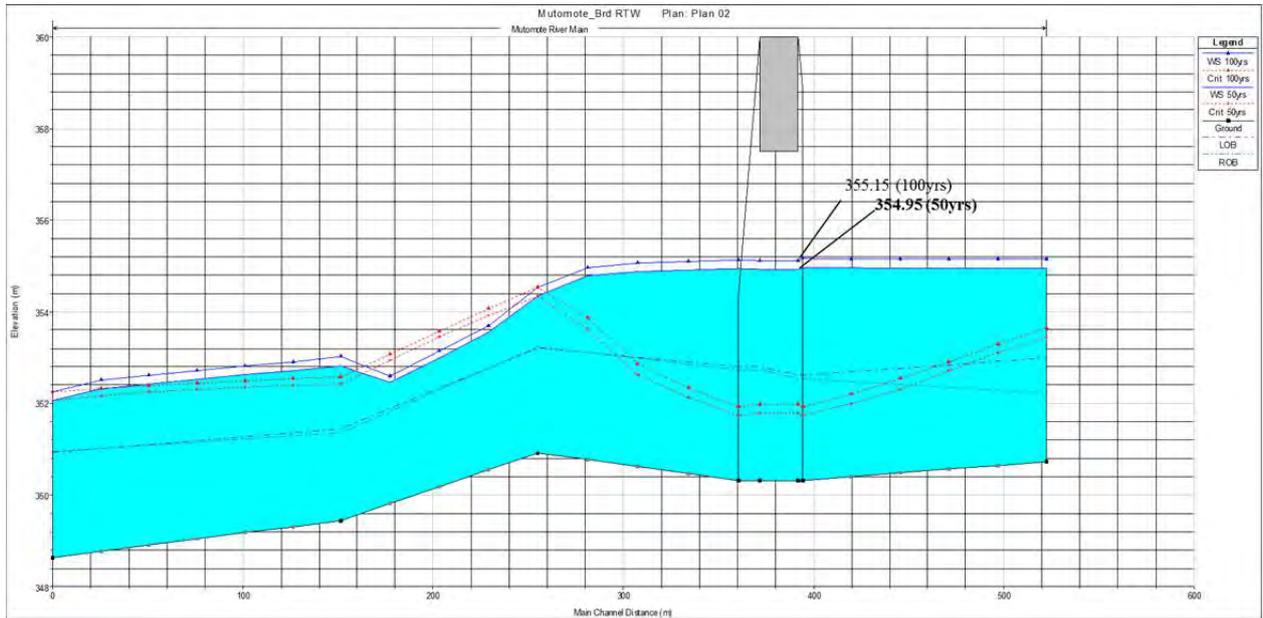
Plan: RTW1 Mutomote River Main RS: 364.292 Profile: 50yrs				
E.G. US. (m)	354.98	Element	Inside BR US	Inside BR DS
W.S. US. (m)	354.95	E.G. Elev (m)	354.98	354.97
Q Total (m3/s)	214.8	W.S. Elev (m)	354.92	354.92
Q Bridge (m3/s)	214.8	Crit W.S. (m)	351.79	351.79
Q Weir (m3/s)		Max Chl Dpth (m)	4.6	4.6
Weir Sta Lft (m)		Vel Total (m/s)	1.05	1.05
Weir Sta Rgt (m)		Flow Area (m2)	204.86	204.52
Weir Submerg		Froude # Chl	0.16	0.16
Weir Max Depth (m)		Specif Force (m3)	475.36	474.21
Min El Weir Flow (m)	360	Hydr Depth (m)	4.33	4.32
Min El Prs (m)	357.5	W.P. Total (m)	57.64	57.72
Delta EG (m)	0.02	Conv. Total (m3/s)	15838	15824.6
Delta WS (m)	0.02	Top Width (m)	47.36	47.36
BR Open Area (m2)	326.83	Frctn Loss (m)	0	0
BR Open Vel (m/s)	1.05	C & E Loss (m)	0	0.01
Coef of Q		Shear Total (N/m2)	6.41	6.4
Br Sel Method	Energy only	Power Total (N/m s)	0	0
Plan: RTW1 Muepelume River Main RS: 798.006 Profile: 50yrs				
E.G. US. (m)	332.84	Element	Inside BR US	Inside BR DS
W.S. US. (m)	332.74	E.G. Elev (m)	332.82	332.77
Q Total (m3/s)	247.7	W.S. Elev (m)	332.54	332.53
Q Bridge (m3/s)	247.7	Crit W.S. (m)	331.48	331.33
Q Weir (m3/s)		Max Chl Dpth (m)	2.96	3.12
Weir Sta Lft (m)		Vel Total (m/s)	2.12	1.97
Weir Sta Rgt (m)		Flow Area (m2)	117.05	125.69
Weir Submerg		Froude # Chl	0.43	0.39
Weir Max Depth (m)		Specif Force (m3)	206.61	221.57
Min El Weir Flow (m)	332.47	Hydr Depth (m)	2.1	2.25
Min El Prs (m)	337.5	W.P. Total (m)	62.79	63.41
Delta EG (m)	0.11	Conv. Total (m3/s)	6031	6636.5
Delta WS (m)	0.1	Top Width (m)	55.8	55.8
BR Open Area (m2)	389.89	Frctn Loss (m)	0.03	0
BR Open Vel (m/s)	2.12	C & E Loss (m)	0.01	0.05
Coef of Q		Shear Total (N/m2)	30.84	27.08
Br Sel Method	Energy only	Power Total (N/m s)	0	0
Plan: Plan 01 Muhala River Main RS: 294.964 Profile: 50yrs				
E.G. US. (m)	327.45	Element	Inside BR US	Inside BR DS
W.S. US. (m)	327.15	E.G. Elev (m)	327.45	327.32
Q Total (m3/s)	151.9	W.S. Elev (m)	326.94	326.81
Q Bridge (m3/s)	151.9	Crit W.S. (m)	326.94	326.81
Q Weir (m3/s)		Max Chl Dpth (m)	1.78	1.78
Weir Sta Lft (m)		Vel Total (m/s)	2.94	2.94
Weir Sta Rgt (m)		Flow Area (m2)	51.67	51.75
Weir Submerg		Froude # Chl	0.76	0.76
Weir Max Depth (m)		Specif Force (m3)	83.44	83.45
Min El Weir Flow (m)	332	Hydr Depth (m)	1.09	1.09
Min El Prs (m)	329.5	W.P. Total (m)	49.17	49.17
Delta EG (m)	0.11	Conv. Total (m3/s)	2016	2021
Delta WS (m)	0.51	Top Width (m)	47.36	47.36
BR Open Area (m2)	173	Frctn Loss (m)		
BR Open Vel (m/s)	2.94	C & E Loss (m)		
Coef of Q		Shear Total (N/m2)	58.5	58.3
Br Sel Method	Momentum	Power Total (N/m s)	0	0

Plan: B Brd90 Muepelume (B) Ri Main RS: 55.917 Profile: 100yrs				
E.G. US. (m)	323.18	Element	Inside BR US	Inside BR DS
W.S. US. (m)	323.08	E.G. Elev (m)	323.17	323.15
Q Total (m3/s)	416.9	W.S. Elev (m)	322.98	322.97
Q Bridge (m3/s)	416.9	Crit W.S. (m)	321.61	321.49
Q Weir (m3/s)		Max Chl Dpth (m)	3.93	4.05
Weir Sta Lft (m)		Vel Total (m/s)	1.89	1.81
Weir Sta Rgt (m)		Flow Area (m2)	220.78	230.33
Weir Submerg		Froude # Chl	0.31	0.29
Weir Max Depth (m)		Specif Force (m3)	396.41	419.04
Min El Weir Flow (m)	330	Hydr Depth (m)	2.66	2.78
Min El Prs (m)	327.5	W.P. Total (m)	95.29	95.75
Delta EG (m)	0.06	Conv. Total (m3/s)	13031.8	13896.4
Delta WS (m)	0.06	Top Width (m)	83	83
BR Open Area (m2)	595.87	Frctn Loss (m)	0.02	0
BR Open Vel (m/s)	1.89	C & E Loss (m)	0	0.03
Coef of Q		Shear Total (N/m2)	23.25	21.23
Br Sel Method	Energy only	Power Total (N/m s)	0	0

表 8.2.28 各橋梁での水理計算結果 (クアンバ)

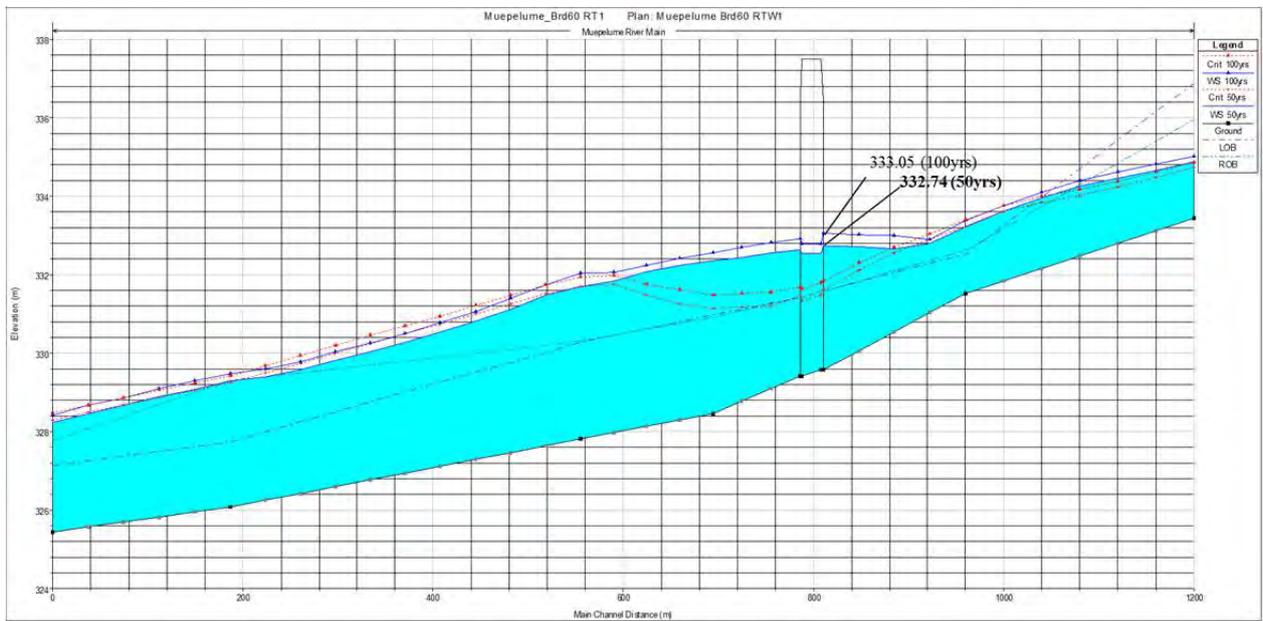
Plan: Brd-SUH Muwanda River Main 3 RS: 608.733 Profile: 100yrs				
E.G. US. (m)	560.15	Element	Inside BR US	Inside BR DS
W.S. US. (m)	559.7	E.G. Elev (m)	560.13	560.09
Q Total (m3/s)	2121	W.S. Elev (m)	559.54	559.56
Q Bridge (m3/s)	2121	Crit W.S. (m)	558.05	557.87
Q Weir (m3/s)		Max Chl Dpth (m)	8.51	8.72
Weir Sta Lft (m)		Vel Total (m/s)	2.82	2.67
Weir Sta Rgt (m)		Flow Area (m2)	753.29	794.94
Weir Submerg		Froude # Chl	0.37	0.35
Weir Max Depth (m)		Specif Force (m3)	2627.6	2755.02
Min El Weir Flow (m)	556.59	Hydr Depth (m)	3.86	4.07
Min El Prs (m)	562.5	W.P. Total (m)	244.24	246.8
Delta EG (m)	0.1	Conv. Total (m3/s)	50427.4	53989.8
Delta WS (m)	0.07	Top Width (m)	195.28	195.28
BR Open Area (m2)	1331.01	Frctn Loss (m)	0.02	0.01
BR Open Vel (m/s)	2.82	C & E Loss (m)	0.02	0.03
Coef of Q		Shear Total (N/m2)	53.51	48.75
Br Sel Method	Energy only	Power Total (N/m s)	0	0
Plan: Brd-SUH Muwanda Trib 2 Tributary Brd2 RS: 3168.825 Profile: 50yrs				
E.G. US. (m)	561.59	Element	Inside BR US	Inside BR DS
W.S. US. (m)	561.58	E.G. Elev (m)	561.58	561.58
Q Total (m3/s)	223.3	W.S. Elev (m)	561.54	561.53
Q Bridge (m3/s)	223.3	Crit W.S. (m)	559.49	559.49
Q Weir (m3/s)		Max Chl Dpth (m)	4.04	4.03
Weir Sta Lft (m)		Vel Total (m/s)	0.91	0.91
Weir Sta Rgt (m)		Flow Area (m2)	245.41	245.19
Weir Submerg		Froude # Chl	0.14	0.14
Weir Max Depth (m)		Specif Force (m3)	396.21	395.57
Min El Weir Flow (m)	566	Hydr Depth (m)	2.96	2.95
Min El Prs (m)	563.5	W.P. Total (m)	94.49	94.48
Delta EG (m)	0.02	Conv. Total (m3/s)	15455.8	15433.6
Delta WS (m)	0.02	Top Width (m)	83	83
BR Open Area (m2)	408.42	Frctn Loss (m)	0	0
BR Open Vel (m/s)	0.91	C & E Loss (m)	0	0.01
Coef of Q		Shear Total (N/m2)	5.32	5.33
Br Sel Method	Energy only	Power Total (N/m s)	0	0
Plan: Brd-SUH Muwanda Trib 3 Tributary Brd3 RS: 5591.633 Profile: 50yrs				
E.G. US. (m)	563.71	Element	Inside BR US	Inside BR DS
W.S. US. (m)	563.71	E.G. Elev (m)	563.69	563.69
Q Total (m3/s)	184.9	W.S. Elev (m)	563.66	563.65
Q Bridge (m3/s)	184.9	Crit W.S. (m)	561.87	561.87
Q Weir (m3/s)		Max Chl Dpth (m)	2.99	2.99
Weir Sta Lft (m)		Vel Total (m/s)	0.86	0.86
Weir Sta Rgt (m)		Flow Area (m2)	214.67	214.44
Weir Submerg		Froude # Chl	0.16	0.16
Weir Max Depth (m)		Specif Force (m3)	294.77	294.19
Min El Weir Flow (m)	568	Hydr Depth (m)	2.59	2.58
Min El Prs (m)	565.5	W.P. Total (m)	93.37	93.36
Delta EG (m)	0.04	Conv. Total (m3/s)	12464.9	12443.5
Delta WS (m)	0.04	Top Width (m)	83	83
BR Open Area (m2)	367.67	Frctn Loss (m)	0	0.01
BR Open Vel (m/s)	0.86	C & E Loss (m)	0	0.01
Coef of Q		Shear Total (N/m2)	4.96	4.97
Br Sel Method	Energy only	Power Total (N/m s)	0	0

出典：調査団



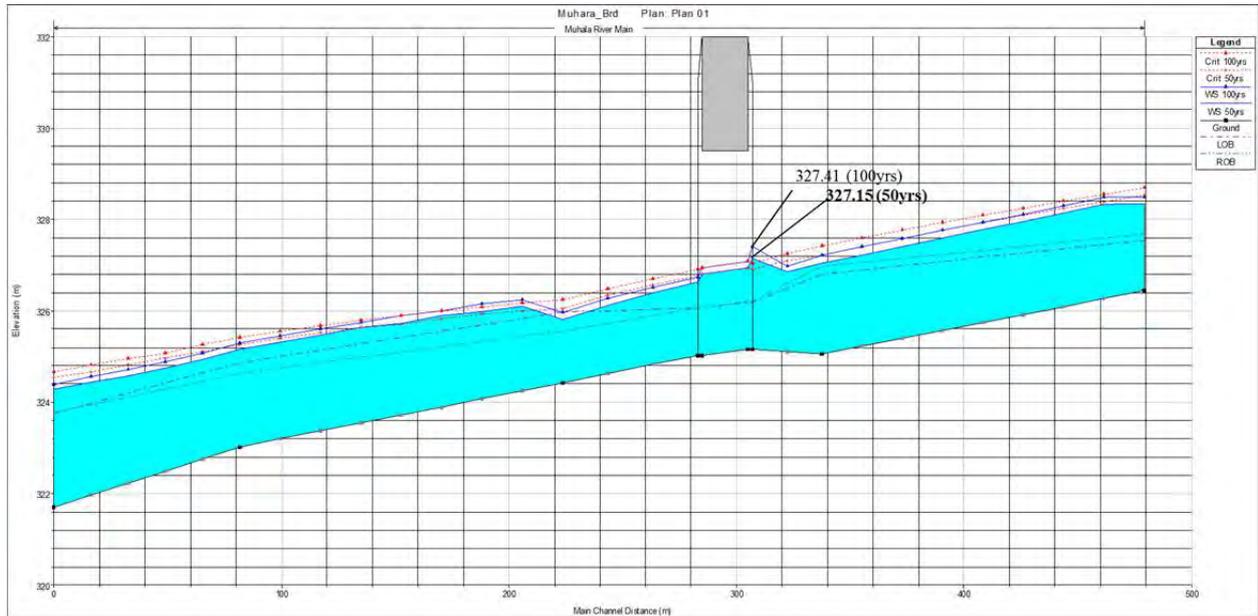
出典：調査団

図 8.2.35 Mutomote 川の水理計算結果（ナンプラ）



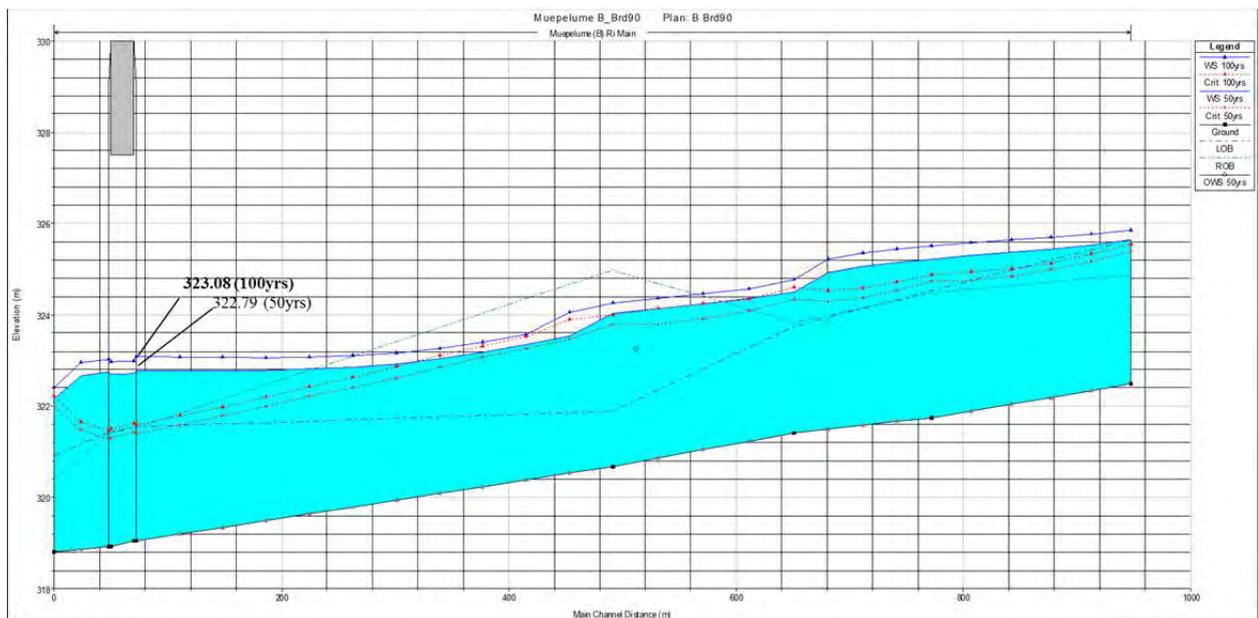
出典：調査団

図 8.2.36 Muepelume 川の水理計算結果（ナンプラ）



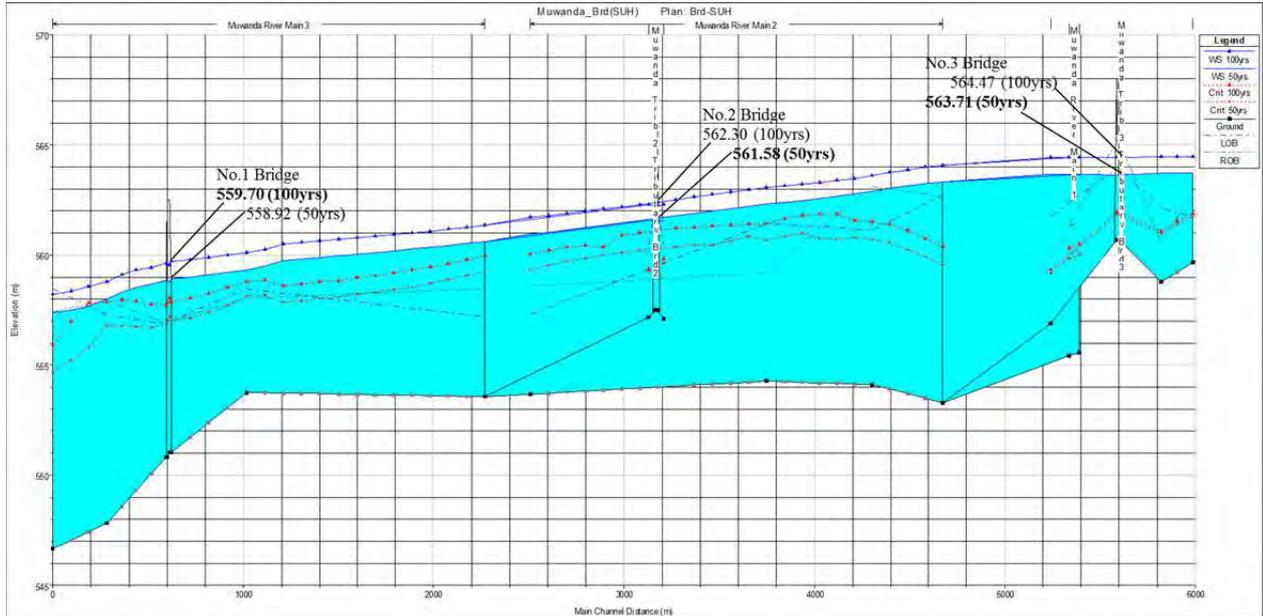
出典：調査団

図 8.2.37 Muhara 川の水利計算結果 (ナンプラ)



出典：調査団

図 8.2.38 Muepelume B 川の水利計算結果 (ナンプラ)



出典：調査団

図 8.2.39 Muwanda 川の水利計算結果 (クアンバ)

4) 設計高水位

上記の計算結果より、計画橋梁の設計高水位を表 8.2.29 のように決定する。

表 8.2.29 各橋梁での設計高水位

ID	測点	橋梁 / 河川名称	設計確率年	設計流出量	設計高水位	摘要
< Nacala >						
Nac-15	No.042+14.0	(Small stream)	50 years	109.7	10.77	等流計算より
< Nampula >						
Nam-6	No.047+98.0	Mutomote River	50 years	214.8	353.24	河川改修工設置
Nam-13	No.126+84.0	Muepelume River	50 years	247.7	332.74	河川改修工設置
Nam-17	No.158+86.0	Muhara River	50 years	151.9	327.15	
Nam-20	No.183+49.0	Muepelume B River	100 years	416.9	323.08	
< Cuamba >						
Cua-1	No.003+54.0	Muwanda River	100 years	2121	559.70	
Cua-3	No.020+66.0	(Muwanda Tributary 2)	50 years	223.3	561.54	
Cua-6	No.052+69.0	(Muwanda Tributary 3)	50 years	184.9	563.66	

出典：調査団

5) 洗掘計算

橋梁の破損の最も一般的な原因は、橋梁基礎（橋台および橋脚）廻りの河床材料を侵食する洪水に因る場合が多い。よって、安全な橋梁設計としては橋梁の耐用年数の中で起こり得る洗掘状況を考慮すべきである。HEC-RASの定常流解析による洗掘量の想定では、発生し得る最大流出量と高水位を用いて米国連邦道路庁（FHWA）の水理工学通達 No.18（HEC-18）に基づいて行われる。

洗掘量の想定結果を表 8.2.30 に示す。全ての橋梁にて、想定された橋梁洗掘深さは比較的大きく、各橋梁の河岸／河床は適切な防護工（布団籠や捨石等）により防護する必要がある。また、ナンプラの2橋梁（Nam-6, Nam-13）に対しては河川改修工（RTW）が、収縮洗掘量を抑えるために実施されるべきである。

表 8.2.30 橋梁洗掘の計算結果

Location	Scouring Items	Nam-6	Nam-13	Nam-17	Nam-20	Cua-1	Cua-6
		Mutumote River	Muepelume River	Muhara River	Muepelume B River	Muwanda River	(Muwanda Tributary 3)
		Bridge Length L=60m	Bridge Length L=60m	Bridge Length L=60m	Bridge Length L=90m	Bridge Length L=240m	Bridge Length L=90m
Abutment-1	Contraction Scour	0.00	0.00	0.00	0.00	0.47	0.19
	Local Scour	3.69	1.10	2.37	1.24	4.04	4.13
	Total Scour	3.69	1.10	2.37	1.24	4.51	4.32
Pier-1	Contraction Scour	0.65	0.21	0.06	0.21	0.47	0.19
	Local Scour	2.41	3.05	1.66	3.07	2.37	1.44
	Total Scour	3.06	3.26	1.72	3.28	2.84	1.63
Pier-2	Contraction Scour	-	-	-	0.21	0.27	0.19
	Local Scour	-	-	-	2.76	3.21	1.57
	Total Scour	-	-	-	2.97	3.48	1.76
Pier-3	Contraction Scour	-	-	-	-	0.27	-
	Local Scour	-	-	-	-	4.01	-
	Total Scour	-	-	-	-	4.28	-
Pier-4	Contraction Scour	-	-	-	-	0.27	-
	Local Scour	-	-	-	-	5.12	-
	Total Scour	-	-	-	-	5.39	-
Pier-5	Contraction Scour	-	-	-	-	0.39	-
	Local Scour	-	-	-	-	2.20	-
	Total Scour	-	-	-	-	2.59	-
Abutment-2	Contraction Scour	0.00	0.02	0.06	0.21	0.39	0.19
	Local Scour	5.25	3.94	0.42	8.76	3.89	6.57
	Total Scour	5.25	3.96	0.48	8.97	4.28	6.76
Remarks		with RTW	with RTW				

(5) 水理水文上の評価

1) 水文調査結果

上記の水文統計分析、橋梁洗掘を含む水理計算および他水文調査を要約すると、以下のとおりである。

- ARA CentroNorte(中北部地域水資源局)による水文観測の運用管理の現状として、使用できないデータが多く存在する、よって、ARA に対する人材育成と能力開発が、水文観測業務の可用性の向上のためにも望まれる。
- ナカラの現地調査にて、土砂流による水路侵食を 2 つの現場にて確認できた。本調査では、ナカラの横断水構造物のフリーボードは、安全対策上、多少の余裕を見込んでいる。
- ナカラとナンプラの調査地域は丘陵地である。この中で、ナンプラの Muepelume 川 (Nam-13) と Muhara 川 (Nam-17) の流況は、射流の条件下であり、流速は非常に速い。ピーク洪水量が続けば河床材料は、ほぼ流出してしまう。よって、橋梁箇所の周辺は、侵食に対して十分な防護がなされるべきである。
- 収集洗掘が橋梁開口部にて 0.06 から 0.65m の範囲で発生する。収縮洗掘の発生は、河川部の流水面積が小さいことを意味する。但し、収縮洗掘のこの値はあまり大きい値ではなく、必要な河川面積としては問題ないと思われる。
- 局所洗掘の計算結果として、各橋梁の殆どの橋脚で発生する。したがって、洗掘を起こす橋台橋脚廻りの河床には、適切な護床工コストを見込む。

2) 水理水文上の提言

以上の結果から、計画橋梁/道路の水理水文上の問題として、以下の点が今後の課題として残される。

- 洗掘を含む水理計算が各橋梁に対し実施された。詳細設計段階では、橋梁水理の詳細検討が全ての橋梁に対して更に行われるべきである。特にナカラにおける調査地域内の水路の土砂流に関して、更なる詳細調査および検討が河川水文地形特性の検証のために望まれる。
- 多くの種類の護床や護岸工がある。したがって、詳細設計段階では各種施工法や護岸護床の比較がなされるべきである。また、洗掘の推定は、HEC 式を含む他の予測式でも検討する必要がある。
- 詳細設計段階では、より詳細な地形測量が、各水路の詳細形状を把握するために行われ、より多くの水路用横断測量が追加されるべきである。

8.3 舗装設計

8.3.1 舗装設計の基本条件

(1) 設計手法

舗装設計には 2 つの設計法があり、一つは経験に基づくもの、一つは力学的な設計法である。一般的に経験的設計を主設計法とし、力学的設計を従設計法とする。

経験的設計法として、以下の設計基準が南部アフリカ地域で広く使用されている。

- 南部アフリカ運輸通信委員会 (SATCC) : 舗装設計基準 (案) (1998 年)

しかし、上記基準には設計荷重の適用限界があることから、適用限界を超えた場合には、以下の経験的設計法の適用を考慮する。

- 米国州道路交通運輸担当官協会 (AASHTO) : 舗装設計基準 (1993 年)

力学的設計法については、南アフリカの科学・工業研究評議会 (CSIR) の作成した MePAD、日本の GAMES 等のソフトウェアがある。最終的には、これらのソフトウェアも用いながら適切な舗装断面を提案する。

(2) 設計期間

舗装の設計期間は、舗装構造の決定に大きな影響を与えるため、適切な設計期間の選定が重要である。通常、10 年、15 年、20 年の設計期間から、各プロジェクトの内容を考慮し、適切なものが採用される。SATCC の舗装設計基準では、舗装設計期間の選定に以下の表を用いている。

表 8.3.1 設計期間の選定

		重要度／サービスレベル	
		低	高
信頼性	低	10 - 15 年	15 年
	高	10 - 20 年	15 - 20 年

調査対象の道路は、都市及び都市近郊に位置することから、信頼性のある過去の交通量調査結果が存在する。よって、長期の交通量予測についても、大きな誤差が発生しないと考えられる。このため、15～20 年の設計期間の採用が提案される。しかし、調査対象道路が新設のバイパスであり、多少の利用特性の誤差が生じることを考慮し、設計期間としては 15 年とする。

(3) 等価軸重

舗装の構造設計を行う場合、舗装の破壊に影響を与える車軸の等価換算係数（一軸 8t の影響を 1.0 とする）の設計期間内の累積値が用いられる。この数値は、8 トン換算の設計交通荷重として定義される。また、設計交通荷重は、設計期間内に最も多くの大型車が通過する車線に対して実施される。

車軸の通過による舗装への影響を表す等価換算係数は、以下の式によって求められる。

$$\text{等価換算軸重} = (\text{軸重 (kg)} / 8160)^{4.5}$$

このため、関連地域の過去の JICA 調査においても軸重調査が実施されている。しかし、対象地域の道路状況が劣悪であったことから、大型車交通量のサンプル数が少なく、軸重換算係数の精度に課題があった。よって、ANE の所有する標準値を用いることとする。

表 8.3.2 車種別等価軸重

車種	クアンバ - リシガ (FS)	ナプラ - クアンバ (FS)	標準値 (ANE*)
中型／大型バス	0.008	1.02	1.25
中型貨物	0.401	4.06	2.20
大型貨物	4.798		3.00
特大貨物	10.906		5.50

* Scott Wilson Kirkpatrick : モザンビーク国のハイウェイネットワーク管理システムの調査 (1999 年)

(4) 設計荷重

設計荷重は、設計期間内の軸重換算係数の累積値で表され、以下の手順で計算される。

- 対象車両の平均日断面交通量の決定
- 対象車両の重方向率の決定
- 一方向当たりの対象車両の日平均断面交通量の決定
- 対象車両毎の軸重換算係数の決定
- 一方向当たりの対象車両の軸重換算係数の設計期間内の累積値を計算する。これを舗装設計の設計荷重とする。

設計期間内の累積軸重換算値は、以下の式によって求められる。

$$\text{累積 ESAL}_t^y = HV_t^{y_0} \times 365 \times ((1+Y)^y - 1) / Y \times HVF_t \times LF_t$$

- $\sum_{t=0}^y ESAL_t$ = 設計期間内の一方向大型車交通量の累積軸重換算係数
 $HV_t^{y_0}$ = 供用初年度の日平均断面大型車交通量
 Y = 大型車交通量の伸び率
 y = 設計期間
 HVF_t = 軸重の等価換算係数
 LF_t = 重方向率

以下の表に、各路線の累積軸重換算値を示す。

表 8.3.3 設計期間における交通量と累加軸重

ナカラ港アクセス道路
ナカラ港～R702
大型車日交通量 / 方向

車種	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038
大型バス	109	124	130	137	143	151	158	166	174	183	192	202	212	222	233
中型貨物	591	642	706	776	853	938	1,032	1,134	1,247	1,371	1,508	1,658	1,823	2,004	2,204
大型貨物	907	976	1,042	1,112	1,187	1,266	1,352	1,443	1,540	1,643	1,754	1,872	1,998	2,132	2,276
															2,902
車種	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
大型バス	49,911	56,575	59,390	62,344	65,446	68,701	72,119	75,707	79,473	83,427	87,578	91,934	96,508	101,309	106,349
中型貨物	474,735	515,526	566,834	623,247	685,276	753,478	828,467	910,920	1,001,579	1,101,261	1,210,863	1,331,374	1,463,878	1,609,570	1,769,762
大型貨物	1,406,696	1,514,020	1,615,910	1,724,657	1,840,723	1,964,599	2,096,813	2,237,923	2,388,531	2,549,274	2,720,834	2,903,940	3,099,369	3,307,949	3,530,567
															5.09.E+07

R702～N12

累積設計軸重

車種	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038
大型バス	67	76	82	88	94	102	109	117	126	136	146	157	169	182	195
中型貨物	253	266	296	329	366	407	453	503	560	623	692	770	856	952	1,059
大型貨物	360	391	415	441	469	498	529	562	597	634	673	715	759	807	857
															1,263
車種	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
大型バス	30,606	34,675	37,284	40,090	43,106	46,350	49,838	53,588	57,620	61,956	66,618	71,631	77,021	82,817	89,049
中型貨物	203,421	213,598	237,552	264,192	293,819	326,769	363,414	404,169	449,494	499,902	555,962	618,310	687,650	764,765	850,529
大型貨物	559,165	606,538	644,275	684,360	726,938	772,165	820,206	871,237	925,442	983,019	1,044,179	1,109,144	1,178,150	1,251,451	1,329,311
															2.11.E+07

ナンバラ南部バイパス

大型車日交通量 / 方向

車種	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038
大型バス	118	129	137	145	154	164	174	185	196	208	221	235	249	264	281
中型貨物	267	312	355	403	458	521	592	673	765	870	989	1,124	1,278	1,452	1,651
大型貨物	221	262	308	363	428	504	593	698	822	968	1,140	1,342	1,580	1,861	2,191
															1,857

累積設計軸重

車種	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038
大型バス	53,813	58,856	62,481	66,329	70,414	74,750	79,354	84,241	89,429	94,937	100,784	106,991	113,580	120,575	128,000
中型貨物	214,774	250,536	284,794	323,737	368,005	418,326	475,528	540,552	614,467	698,489	794,000	902,572	1,025,990	1,166,284	1,325,761
大型貨物	342,732	406,428	478,551	563,473	663,466	781,202	919,832	1,083,063	1,275,261	1,501,565	1,768,028	2,081,778	2,451,204	2,886,188	3,398,362
															3.13.E+07

クアンバイパス

大型車日交通量 / 方向

車種	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038
大型バス	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2
中型貨物	226	259	269	279	290	301	313	325	337	350	364	378	393	408	423
大型貨物	186	210	223	238	253	269	287	305	324	345	367	391	416	443	471
															645

累積設計軸重

車種	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038
大型バス	456	456	489	524	562	602	645	692	741	794	851	913	978	1,048	1,123
中型貨物	181,203	207,977	215,990	224,313	232,955	241,931	251,253	260,934	270,988	281,429	292,273	303,534	315,229	327,375	339,989
大型貨物	287,830	325,763	346,654	368,886	392,944	417,719	444,508	473,016	503,351	535,633	569,984	606,539	645,438	686,831	730,880
															1.13.E+07

8.3.2 舗装設計

(1) 設計基準

表 8.3.3 に示したように、ナカラ港アクセス道路、ナンプラ南部バイパス道路の設計荷重は、SATCC 舗装設計基準の適用限界である 30 百万 ESAL を超えている。よって、適用限界の無い AASHTO の設計基準（1993 年）を用いることとする。

AASHTO の設計基準では、舗装の構成は路床の弾性係数と設計荷重の条件を用いた SN（ストラクチャーナンバー）法によって求められる。この経験的設計法は、世界で広く採用されている。

$$\log_{10} W_{18} = Z_R * S_0 + 9.36 * \log_{10} (SN + 1) - 0.20 + \frac{\log_{10} \frac{\Delta PSI}{(4.2 - 1.5)}}{0.4 + \frac{1094}{(SN + 1)^{5.19}}} + 2.32 * \log_{10} M_R - 8.07$$

W_{18} : 通過軸数 (18kip=8t)

Z_R : 信頼度に応じた係数 (-1.282 : 信頼度 90%)

S_0 : 標準偏差 (0.45 : たわみ性舗装)

M_R : 路床の弾性係数 (1500 x CBR : 11%まで、1250 x CBR : 22% 又は 30%まで)

PSI : 路面の平坦性係数 ($P_o - P_t = 4.2 - 2.5 = 1.7$)

P_o : 初期供用指数 (4.2 : AASHTO 基準)

P_t : 終局供用指数 (2.5 : AASHTO 基準)

$SN = \sum a_i \times h_i$ (inch) x m_i (排水係数は上層及び下層路盤に適用される)

a_i : 各層に用いられる材料の層係数 (表 8.3.4 参照)

h_i : 層厚 (インチ)

m_i : 排水係数

層係数と排水係数については、舗装に使用される材料の影響を大きく受ける。本調査 (FS) では、排水係数を 1.0 (排水状況 (良) : 舗装が水にさらされる比率が 5-25%) とし、層係数は、以下の標準値を用いる。

表 8.3.4 材料別層係 (AASHTO)

層 (材料)	CBR	係数 (ai)	備考
アスファルトコンクリート	>100	0.42	-
2層簡易舗装	-	0.20	-
アスファルト安定処理	-	0.30	-
砕石 (硬岩)	80 - 100	0.14	G1, G2
砕石 (軟岩)	60 - 80	0.13	G3, G4
川石	40 - 70	0.12	-
石/砂の混合	20 - 50	0.11	G5
セメント安定処理	-	0.20	-
粒状下層路盤	10 - 30	0.08	G6, G7
上部路床 (客土)	>15	0.08	-

参考として、以下に SATTC に規定される材料の品質基準を示す。

表 8.3.5 SATTC における材料基準

層 (材料)	基準値
盛土材	SATCC : 道路表面からの盛土の深さに対し 0.0m - 1.2m : 最小水浸 CBR = 3% (90% 修正 AASHTO) 1.2m - 9.0m : 最小水浸 CBR = 3% (100% 修正 AASHTO)
上部路床 (客土)	水浸 CBR > 15% (93% 修正 AASHTO)
下層路盤	粒状材料 水浸 CBR > 30% (95% 修正 AASHTO) セメント安定処理 7日 UCS 0.75 - 1.5 MPa (100% 修正 AASHTO) 又は 0.5 - 0.75 MPa (97%修正 AASHTO)
上層路盤	粒状材料 水浸 CBR > 80% (98%修正 AASHTO) セメント安定処理 7日 UCS*1.5 - 3.0 MPa (100% 修正 AASHTO) 又は 1.0 - 1.5 MPa (97%修正 AASHTO) 瀝青安定処理 : 工事仕様書に従う

(2) 設計 CBR

原則として、幾何構造基準を満足する範囲で、対象道路は低盛土構造（1m 程度）による構築をできるだけ採用する。この場合、一般的に盛土材料は道路脇、または適切な土取場（客土）から運搬される。以下に示す地質調査結果によれば、対象路線上および土取場（客土）から入手可能な材料は、クラス S2（CBR3～4%）以上である。

表 8.3.6 CBR 試験結果および設計 CBR

位置	番号	CBR	クラス	本体構造	路床 CBR	備考		
ナカラ	NCL TP1	4.2	S2	盛土/切土	S2	主に盛土構造となることから、盛土材料基準である CBR3%を採用。また、現況地盤も S2 クラスが最も多い。		
	NCL TP2	3.4						
	NCL TP3	3.0						
	NCL TP4	3.7						
	NCL TP5	0.9						
	NCL TP6	0.7						
	NCL TP7	1.0						
	NCL TP8	1.5						
	NCL TP9	3.4						
	NCL TP10	4.9						
	NCL TP11	39.3	S4	盛土/切土	S2			
	NCL TP12	N/P						
	NCL TP13	10.8						
	NCL TP14	10.3						
ナンプラ	NPL TP1	4.3	S2	盛土/切土	S2	主に盛土構造となることから、盛土材料基準である CBR3%を採用。また、現況地盤も S2 クラスが最も多い。		
	NPL TP2	26.4	S4					
	NPL TP3	7.0						
	NPL TP4	15.6						
	NPL TP5	13.6						
	NPL TP6	2.8	S2					
	NPL TP7	7.3	S4					
	NPL TP8	13.6						
	NPL TP9	39.1	S2					
	NPL TP10	3.1						
	NPL TP11	3.5						
	NPL TP12	8.5						
	NPL TP13	5.0						
	NPL TP14	7.1						
	NPL TP15	33.7						
	NPL TP16	33.4						
	NPL TP17	13.9	S4					
	NPL TP18	17.4						
	NPL TP19	26.8						
	NPL TP20	37.5						
	NPL TP21	1.9	S2				盛土	S2
	NPL TP22	3.7						
	NPL TP23	10.5						
	NPL TP24	1.2						

	NPL TP25	6.5	S5	盛土	S2	ほぼ盛土構造となることから、盛土材料基準である CBR3%を採用。
	NPL TP26	23.8				
	NPL TP27	32.8				
	NPL TP28	35.5				
	NPL TP29	36.2				
	NPL TP30	25.2				
	NPL TP31	22.6				
クアンバ	CMB TP1	1.8	S2	盛土	S2	ほぼ盛土構造となることから、盛土材料基準である CBR3%を採用。ただし、詳細設計時に再度詳細な材料調査の必要がある。
	CMB TP2	1.0				
	CMB TP3	1.7				
	CMB TP4	0.4				
	CMB TP5	1.0				
	CMB TP6	1.0				
	CMB TP7	1.0				
	CMB TP8	4.6				
	CMB TP9	1.9				
	CMB TP10	9.8				
	CMB TP11	0.4	S4	盛土		
	CMB TP12	16.0				

表 8.3.7 土取場試験の結果

位置	番号	CBR			備考
		90%	95%	100%	
ナカラ	NCL BP1	6.2	29.6	43.4	利用可
	NCL BP2	8.6	14.7	25.0	利用可
	NCL BP3	7.5	21.1	41.7	利用可
ナンプラ	NPL BP1	47.0	26.0	54.0	利用可
	NPL BP2/TP7	38.0	54.0	48.0	利用可
	NPL BP3	46.0	64.0	50.0	利用可
	NPL BP4/TP18	17.0	28.0	33.0	利用可
	NPL BP5/TP26	24.0	45.0	52.0	利用可
	NPL BP6	28.0	53.0	66.0	利用可
	NPL BP7	38.0	54.0	48.0	利用可
クアンバ	CMB BP1	19.0	32.0	53.0	利用可
	CMB BP2	23.0	72.0	95.0	利用可

道路の線形（縦断）と地質調査の結果を考慮すれば、設計 CBR は S2 クラス（3～4%）と設定されると考えられる。地質調査の結果からも、路線上または土取場候補地から採取される盛土材料は、クアンババイパス道路を除き S2 クラスを満足する。クアンババイパス道路については、詳細設計時により詳細な材料調査の実施が要求される。

設計 CBR の設定は、以下の日本基準の式を用いる。日本では、輪荷重の影響範囲として、下層路盤の下 1m を路床と定義している。

$$CBR_m = \left[\frac{h_1 CBR_1^{1/3} + h_2 CBR_2^{1/3} + \dots + h_n CBR_n^{1/3}}{100} \right]^3$$

CBR_m : 深さ方向への合成 CBR

CBR_n : 各層の CBR

H_n : 各層の厚さ (cm)

例えば、SATTAC の舗装の標準構成に合わせ、上部路床 30cm の CBR を 5%とし、下部路床（盛土材料又は置換材料）70cm の CBR を 3%とした場合、上記の式を用いた合成 CBR は 5%となる。

(3) 計算結果

計算には信頼度 90%、標準偏差 0.45 を採用した。以下に AASHTO の方法による計算結果を示す。

表 8.3.8 AASHTO 設計法による舗装構成計算結果

舗装構成	ナカラ港アクセス		ナンブラBP	クアンバBP	備考
	ナカラ港 - R702	R702 - N12			
アスファルト表層	5 cm	5 cm	5 cm	5 cm	
アスファルト中間層	5 cm	0 cm	0 cm	0 cm	
アスファルト基層	5 cm	5 cm	5 cm	5 cm	
アスファルト安定処理	10 cm	10 cm	10 cm	5 cm	
上層路盤	25 cm	30 cm	30 cm	30 cm	CBR>80
下層路盤	40 cm	35 cm	45 cm	40 cm	CBR>30
上部路床(客土)	30 cm	30 cm	30 cm	30 cm	CBR>15 (G7)

(4) 舗装構成の代替案

舗装構成は、初期費用と維持管理費用に大きな影響を与えることから、コスト比較を含めた評価が必要である。また、舗装工事の実績や地域の維持管理の実情にも配慮する必要がある。従って、モザンビークで一般的な簡易舗装を用いた代替案-B について、力学的解析を用いた検証を行う。

- 代替案-A : アスファルトコンクリート（セメント安定処理無し）
- 代替案-B : 簡易 2 層舗装（セメント安定処理有り）

ただし、ナカラ港アクセス道路については、主要港湾を接続する物流幹線道路であることから、簡易舗装の採用は避けるべきである。

(5) 力学的設計手法による舗装構成計算結果

2層簡易舗装を採用した舗装構成については、力学的設計法によって検証する。力学的設計法では、採用される材料の力学的特性を考慮する。考慮される特性としては、輪荷重、材料の弾性係数とポアソン比、および厚さである。これらを用いて、主要点における圧縮ひずみと引張りひずみを計算する。

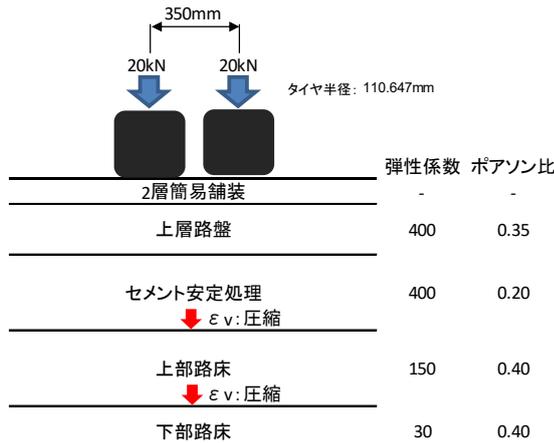


図 8.3.1 力学的手法の解析モデル

表層を除く（簡易舗装は力学的に評価されない）力学的解析により、上部路床と下部路床上面の破壊を評価した結果、以下の表の断面が設計荷重を満足する結果となった。

表 8.3.9 力学的手法による舗装構成計算結果

舗装構成	ナカラ港アクセス		ナンブラBP	クアンバBP	備考
	ナカラ港 - R702	R702 - N12			
2層簡易舗装			3 cm	3 cm	
上層路盤	ナカラ港アクセスについては、主要港湾に接続する物流幹線道路であることから、2層簡易舗装等の表層保護は推奨されない。		30 cm	25 cm	
セメント安定処理			35 cm	30 cm	1.5Mpa
上部路床(客土)			45 cm	30 cm	CBR>15 (G7)

8.3.3 提案される舗装構成

結論として、以下の表に示す舗装構成が提案される。ナカラ港アクセス道路に対してはアスファルトコンクリートを採用する。ナンブラ南部バイパス道路とクアンババイパス道路については、当面の間は2層簡易舗装を適用し、4車線化のタイミングまたは大規模改修時にアスファルトコンクリート舗装へと移行するのが望ましい。

表 8.3.10 提案される舗装構成

舗装構成	ナカラ港アクセス		ナンブラBP		クアンバBP		備考
	ナカラ港 - R702	R702 - N12	短期	中期	短期	中期	
アスファルト表層	5 cm	5 cm	- cm	5 cm	- cm	5 cm	
アスファルト中間層	5 cm	0 cm	- cm	cm	- cm	- cm	
アスファルト基層	5 cm	5 cm	- cm	5 cm	- cm	5 cm	
2層簡易舗装	- cm	- cm	3 cm	- cm	3 cm	- cm	
アスファルト安定処理	10 cm	10 cm	- cm	- cm	- cm	5 cm	
上層路盤	25 cm	30 cm	30 cm	20 cm	25 cm	10 cm	CBR>80
下層路盤	40 cm	35 cm	- cm	- cm	- cm	- cm	CBR>30
セメント安定処理	- cm	- cm	35 cm	35 cm	30 cm	30 cm	1.5Mpa
上部路床(客土)	30 cm	30 cm	45 cm	45 cm	30 cm	30 cm	CBR>15 (G7)

短期:短期暫定施工期間、中期:大規模改修又は4車線化時

8.4 排水施設

8.4.1 現状の排水施設の課題等

(1) ナカラ地区

ナカラ地区では、集中豪雨の影響による道路および鉄道カルバートの崩壊や浸食が発生している。以下に状況写真を示す。



容量不足のカルバート (鉄道) 容量不足のカルバート(道路) カルバート流末の浸食 (鉄道)

図 8.4.1 ナカラ地区の既存カルバート

対象道路の上流側には、鉄道、道路、工場および集落があり、排水系統および排水施設の容量は不十分である。これらの状況から、排水施設設計に配慮すべき必要事項は以下のとおりである。

- 現地踏査と地形測量による既存の排水系統と排水方向の明確化
- 流域面積、土地利用状況及び地表面の土質状況の確認
- 土砂流出や湧水に配慮した流出量の検討
- 下流側の浸食対策の検討

(2) ナンプラ地区

ナンプラ地区の対象道路は、湿地帯や地下水位が高い箇所を通過する。以下に状況写真を示す。



図 8.4.2 ナンプラ地区の湿地帯と既存排水施設

対象道路は低地を通過し、小川や小河川を横断する。特に、湿地帯は道路区間のナカラ側にあり、湿地帯は地下水位が高い。これらの状況から、排水施設設計に配慮すべき必要事項は以下のとおりである。

- 現地踏査と地形測量により既存の排水系統と排水方向の明確化
- 流域面積、土地利用状況及び地表面の土質状況の確認
- ヒアリングによる湿地帯と排水方向の確認
- 地質調査による地下水位の確認

(3) クアンバ地区

クアンバ地区の対象道路は、雨季のみに流れる小川や小河川を横断する。以下に状況写真を示す。



図 8.4.3 クアンバの既存の小川、小河川

対象道路のナカラ側は、道路線形が主河川とほぼ平行に計画しているため、雨季のみに流れる小川や小河川を横断する。対象道路のマディンバ側は、沼地に近接する。これらの状況から、排水施設設計に配慮すべき必要事項は以下のとおりである。

- 現地踏査と地形測量により既存の排水系統と排水方向の明確化
- 流域面積、土地利用状況及び地表面の土質状況の確認
- ヒアリングによる湿地帯と排水方向の確認
- 地質調査による地下水位の確認

8.4.2 排水施設の設計概要

(1) 設計確率年の設定

排水設計の確率年の選定は、排水施設のサイズに大きく影響し、工事の総額に影響を与える。高い確率年の採用は、道路利用者に信頼性の高い道路を提供し、排水施設の損傷、道路上の冠水が減少する。しかし、高い確率年の採用は、初期投資と将来の維持管理費を大幅に増加させる可能性がある。

ANE 基準による幹線道路の確率年は、20 年確率の流量と構造部の重要度によって適切な採用確率年が提案されている。橋梁とカルバートの設計確率年は、以下に示す表から選定した。

表 8.4.1 採用設計確率年の基準

20 年確率の流量	採用確率年 (年)			
	パイプ	カルバート	構造物 (重要度低)	構造物 (重要度高)
$20\text{m}^3/\text{s} > Q$	5	10	10	20
$20\text{m}^3/\text{s} < Q < 250\text{m}^3/\text{s}$	10	20	20	50
$Q > 250\text{m}^3/\text{s}$	30	30	30	100

出典: ANE's Design Standards (Draft)

(2) 流出量の算定

車道排水と路肩排水の滞留は、最も頻度の高い路面排水の障害である。そのため、排水系統と排水施設は、想定される流出量を十分に通水しなければならない。流出量は、以下に示す合理式（ラショナル式）により計算した。

合理式（ラショナル式）

$$Q = (1/3.6) \times C \times I \times A$$

ここに、

- Q: 流出量 (m^3/s)
- C: 流出係数
- I: 設計降雨強度 (mm/hour)
- A: 集水面積 (km^2)

2.0km²未満の小流域の流達時間は10分として設定した。

(3) 横断構造部と縦断排水の計画

横断方向の排水施設は、道路を横断する自然の流れを確保するためと、周辺地域の排水障害と道路の滞水を避けるために必要である。このために、排水設計は位置および横断構造物の必要なサイズを決定する。横断構造部の通水量は、一般的に多数で使用されている「マニング式」により計算する。

マニング式

$$Q = (1/n) A R^{2/3} S^{1/2}$$

ここに、

Q:	通水量 (m ³ /s)
A:	通水断面積(m ²)
R:	径深 (m)
S:	勾配
n:	マニング粗度係数

一般的に水路底勾配は、現地状況に応じて1～3%以内で決定した。

(4) 横断カルバートの設置箇所とサイズ

横断カルバートの設置箇所とタイプを表 8.4.2 に示す。小サイズのボックスカルバート(0.9m×0.9m、1.2m×1.2m、1.5m×1.5m)は、経済性、施工性および工期短縮に配慮して、現場での製作とした。

表 8.4.2 横断カルバートの設置箇所と種類

For Nacala

Chainage	Drainage Area (km ²)	Design Scale (years)	Design Discharge (m ³ /s)	Culvert Type	Remarks
No.00+45	1.85	20	31.6	IIIb	
No.09+90	0.03	10	1.0	Ib	
No.11+00	1.69	20	28.5	IIIb	
No.14+60	0.04	10	1.3	Ib	
No.16+00	0.05	10	1.4	Ib	
No.17+00	0.05	10	1.6	Ib	
No.20+70	0.49	20	10.3	IIc	
No.21+40	0.02	10	0.5	Ia	
No.25+90	0.89	10	16.9	IIb	
No.26+50	0.02	10	0.7	Ia	
No.29+70	2.99	20	44.5	IIIc	
No.35+30	0.40	10	8.0	IIc	
No.39+10	0.84	10	15.1	IIIa	
No.44+65	0.17	10	4.1	IIa	
No.51+20	0.06	10	1.8	Ic	
No.69+65	1.10	20	22.9	IV	
No.80+10	0.05	10	1.2	Ib	
No.82+65	0.07	10	2.1	Ic	
No.84+60	0.27	10	7.4	IIc	
No.90+45	0.11	10	3.4	IIa	
No.92+10	0.13	10	4.1	IIa	
No.94+38	0.08	10	2.4	Ic	
No.98+55	0.66	10	12.5	IIIa	
No.104+60	0.66	10	10.4	IIc	
No.108+70	1.75	20	25.3	IIIb	
No.113+20	1.92	20	33.2	V a	
No.113+90	0.02	10	0.6	Ia	
No.117+11	0.22	10	4.6	IIa	
No.121+71	0.76	10	12.1	IIIa	
No.125+65	1.17	20	20.6	IV	
No.134+30	1.79	20	27.7	IIIb	
No.135+30	0.02	10	0.6	Ia	
No.137+35	0.16	10	4.2	IIa	
No.144+90	0.03	10	1.7	Ib	

For Nampula

Chainage	Drainage Area (km ²)	Design Scale (years)	Design Discharge (m ³ /s)	Culvert Type	Remarks
No.12+00	2.32	20	40.0	IIIb	
No.23+55	0.15	10	4.6	Ib	
No.28+40	0.08	10	2.3	Ib	
No.31+60	5.91	20	75.4	V b	
No.34+60	0.05	10	1.5	Ib	
No.60+45	1.02	10	13.4	IIc	
No.96+60	1.52	20	28.4	V a	
No.100+40	0.79	20	20.6	IIb	
No.108+90	0.62	10	13.4	IIc	
No.115+95	0.75	20	20.7	IV	
No.122+80	0.48	10	10.6	IIc	
No.131+75	0.25	10	7.6	IIa	
No.143+15	0.28	10	8.1	IIa	
No.145+70	0.10	10	2.9	Ic	
No.152+90	0.12	10	3.3	Ic	
No.163+00	0.10	10	3.1	Ic	
No.164+00	1.04	10	15.3	IIIa	
No.178+90	0.25	10	5.4	IIa	
No.191+80	0.21	10	6.1	IIa	
No.198+80	0.26	10	6.8	IIa	
No.207+00	0.50	10	10.7	IIc	
No.218+60	1.91	20	36.5	IIIb	
No.227+00	0.24	10	6.1	IIa	
No.246+20	0.45	10	8.3	IIa	
No.252+60	0.40	10	8.4	IIa	
No.259+40	0.34	10	6.1	IIa	
No.270+60	0.74	10	13.4	IIc	
No.292+40	0.55	10	10.7	IIc	

For Cuamba

Chainage	Drainage Area (km ²)	Design Scale (years)	Design Discharge (m ³ /s)	Culvert Type	Remarks
No.06+90	0.54	10	4.3	IIa	
No.21+50	0.02	10	0.6	Ia	
No.22+00	0.02	10	0.6	Ia	
No.29+70	0.04	10	1.2	Ib	
No.30+10	0.04	10	1.2	Ib	
No.31+00	0.04	10	1.2	Ib	
No.32+50	0.89	10	7.9	IIa	
No.39+00	1.72	20	23.3	IV	
No.46+70	0.02	10	0.6	Ia	

出典: 調査団作成

表 8.4.3 採用した横断カルバートのサイズ

For Nampula and Cuamba

Type	B (m)	H (m)	Cell No.	Slope (%)	Area (m ²)	Wetted perimeter (m)	Velocity (m/s)	Discharge capacity (m ³ /s)	Remarks	BoQ
Ia	0.90	0.90	1	0.60%	0.65	2.34	2.21	1.44	80% depth	
Ib	1.20	1.20	1	0.40%	1.15	3.12	2.17	2.50	80% depth	
Ic	1.50	1.50	1	0.30%	1.80	3.90	2.18	3.92	80% depth	
IIa	2.00	2.00	1	0.30%	3.20	5.20	2.65	8.48	80% depth	
IIb	2.00	2.00	3	0.30%	3.20	5.20	2.65	25.44	80% depth	
IIc	2.50	2.50	1	0.25%	5.00	6.50	2.80	14.00	80% depth	
IIIa	3.00	3.00	1	0.20%	7.20	7.80	2.82	20.30	80% depth	
IIIb	3.00	3.00	2	0.20%	7.20	7.80	2.82	40.61	80% depth	
IIIc	3.00	3.00	3	0.20%	7.20	7.80	2.82	60.91	80% depth	
IV	3.50	3.50	1	0.15%	9.80	9.10	2.72	26.66	80% depth	
V a	4.50	4.50	1	0.15%	16.20	11.70	3.20	51.84	80% depth	
V b	6.00	4.50	1	0.15%	21.60	13.20	3.59	77.54	80% depth	

For Nacala Road

Ia	0.90	0.90	1	0.60%	0.49	1.98	2.05	1.00	60% depth	
Ib	1.20	1.20	1	0.40%	0.86	2.64	2.01	1.73	60% depth	
Ic	1.50	1.50	1	0.30%	1.35	3.30	2.02	2.73	60% depth	
IIa	2.00	2.00	1	0.30%	2.40	4.40	2.45	5.88	60% depth	
IIb	2.00	2.00	3	0.30%	2.40	4.40	2.45	17.64	60% depth	
IIc	2.50	2.50	1	0.30%	3.75	5.50	2.82	10.58	60% depth	
IIIa	3.00	3.00	1	0.20%	6.00	7.00	2.70	16.20	2m depth	
IIIb	3.00	3.00	2	0.20%	6.00	7.00	2.70	32.40	2m depth	
IIIc	3.00	3.00	3	0.20%	6.00	7.00	2.70	48.60	2m depth	
IV	3.50	3.50	1	0.15%	8.75	8.50	2.63	23.01	2.5m depth	
V a	4.50	4.50	1	0.15%	15.75	11.50	3.18	50.09	3.5m depth	

出典: 調査団作成

(5) 縦断排水

計画道路が周辺地形より低い地形条件の場合は、路面と側溝の浸食をもたらす。浸食の原因は、流速と地盤条件のように多様な要因から生じる。本計画において、対象道路の計画高さは、周辺地形より基本的に高くするよう設定していたが、切土斜面の発生は、地形条件によりやむを得ない場合が存在する。そのため、縦断排水を道路保護のため、切土斜面区間に設置することとした。

SATCC 基準では、表面の浸食防止のために、土側溝の最大流速の基準値を、以下のように定義している。

表 8.4.4 各種地盤と流速

地盤条件	最大許容流速 (m/s)
細砂	0.6
ローム	0.9
粘土	1.2
砂	1.5
軟らかい頁岩	1.8
硬い頁岩	2.4
硬岩	4.5

出典: Code of Practice for the Geometric Design of Trunk Roads (SATCC)

以下に、縦断排水の勾配に応じた通水量を示す。

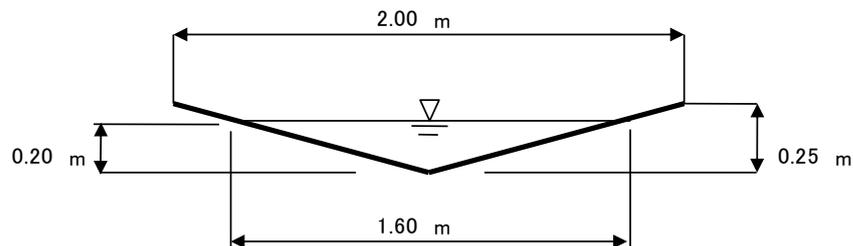


図 8.4.4 縦断排水の通水断面

(6) 石張り水路の採用

計画道路外の盛土法尻、切土天端および側道脇の水路は、現況地形や計画道路縦断と密接に関係し、本調査地域のような丘陵地では、上記の最大許容流速を上回る箇所が多数発生する。このため、侵食防止および経済性を考慮して、現地発生骨材による石張り側溝を計画した。

表 8.4.5 縦断排水勾配に応じた通水量

水路勾配	流速 (m/s)	通水量 (m ³ /s)
0.25	0.71	0.11
0.50	1.01	0.16
0.75	1.24	0.20
1.00	1.43	0.23
1.25	1.59	0.26
1.50	1.75	0.28
1.75	1.89	0.30
2.00	2.02	0.32
2.25	2.14	0.34
2.50	2.26	0.36
2.75	2.37	0.38
3.00	2.47	0.40

出典: 調査団作成

8.4.3 排水施設の概略設計時における課題と対応

以下に、概略設計時における排水施設の検討上の課題点と、その対応結果を、対象路線ごとに記す。

表 8.4.6 ナカラ地区の課題と対応結果

課題	対応結果
現地踏査と地形測量による既存の排水系統と排水方向の明確化	排水系統と排水方向を明確にし、排水系統図を作成した（付録-7: カルバートの配置図参照）
流域面積、土地利用状況及び地表面の土質状況の確認	流量計算を行った 土質状況から横断排水施設の容量は 40%の安全率を考慮した
下流側の浸食対策の検討	コンクリート製の吐口とじゃかごによる浸食防止を計画した

表 8.4.7 ナンプラ地区の課題と対応結果

課題	対応結果
現地踏査と地形測量により既存の排水系統と排水方向の明確化	排水系統と排水方向を明確にし、排水系統図を作成した（付録-7: カルバートの配置図参照）
流域面積、土地利用状況及び地表面の土質状況の確認	流量計算を行った 土質状況から横断排水施設の容量は 20%の安全率を考慮した
ヒアリングによる湿地帯と排水方向の確認	地下排水工を計画した

表 8.4.8 クアンバ地区の課題と対応結果

課題	対応結果
現地踏査と地形測量により既存の排水系統と排水方向の明確化	排水系統と排水方向を明確にし、排水系統図を作成した（付録-7: カルバートの配置図参照）
流域面積、土地利用状況及び地表面の土質状況の確認	流量計算を行った 土質状況から横断排水施設の容量は 20%の安全率を考慮した
ヒアリングによる湿地帯と排水方向の確認	地下排水工を計画した

8.5 道路及び構造物の設計方針

道路および構造物の概略設計（2車線暫定供用）を実施するにあたり、以下の二つの視点での整備レベルを設定した。

- 高スペック案：7.6で示した、将来的な開発計画をふまえた理想的な整備レベル。ただし、交通需要予測の結果によると、当初の整備時点では高スペックとなり必ずしも必要ではない整備も含まれるもの。
- ベーシック案：交通需要予測の結果に基づき、当初の整備時点で必要とされる整備レベル

以降の節で具体的な違いを説明するが、主に以下の点に差異がある。

- 側道の整備レベル（歩車道区分の有無、側道の排水溝設置の有無）
- 主要交差道路との接続方法（立体交差/平面交差）

8.5.1 道路設計

(1) 設計方法

道路設計は、第6章に記した設計基準をもとに、以下のように実施した。

- 道路中心線の平面線形とその要素は、全て測点で関連付けられ、それらは国家座標系で管理した。横断計画は、20m 間隔および地形の変化点で実施した。
- 縦断線形は、土工量の最小化に配慮しながら設計基準に基づき計画した（ROW 内からの土取りも活用する方針とした）。平面および縦断の両線形は、交通安全性に配慮し可能な範囲で大きな値（安全側の値）を採用した。
- 道路設計を実施する際は、現地調査において可能性のある影響を確認し、確認された自然環境や社会環境に整合するよう、その対策を提案した。
- 舗装、土工、排水、および構造物の設計に際しては、現地で入手可能な資材に配慮しながら、最新技術の適用について検討し、また、初期投資と維持管理費のバランスについても考慮した。

(2) 線形設計

道路の線形設計は、交通安全の観点から、ANE および SATCC の設計基準を満足しなければならない。しかし、一方で自然および社会環境への影響の最小化も重要であることもふまえ、概略設計においては、以下の方針で線形設計を実施した。

- 住民移転数の最小化を図る。
- 同様に公共施設（学校、病院等）、教会、モスク、お墓、歴史的施設、および社会施設への影響の最小化を図る。
- 鉄道（CFM）および電力施設（送電線）の敷地（用地）を避ける。
- 交通安全と移動性の向上の観点から、平面交差点の削減を図る。
- 同様の理由から、鉄道との平面交差の削減を図る。
- 縦断計画時には、道路沿線での将来の土地開発を考慮する。
- 最新データに基づく水文解析を踏まえて道路縦断を検討する。

(3) 暫定供用の検討

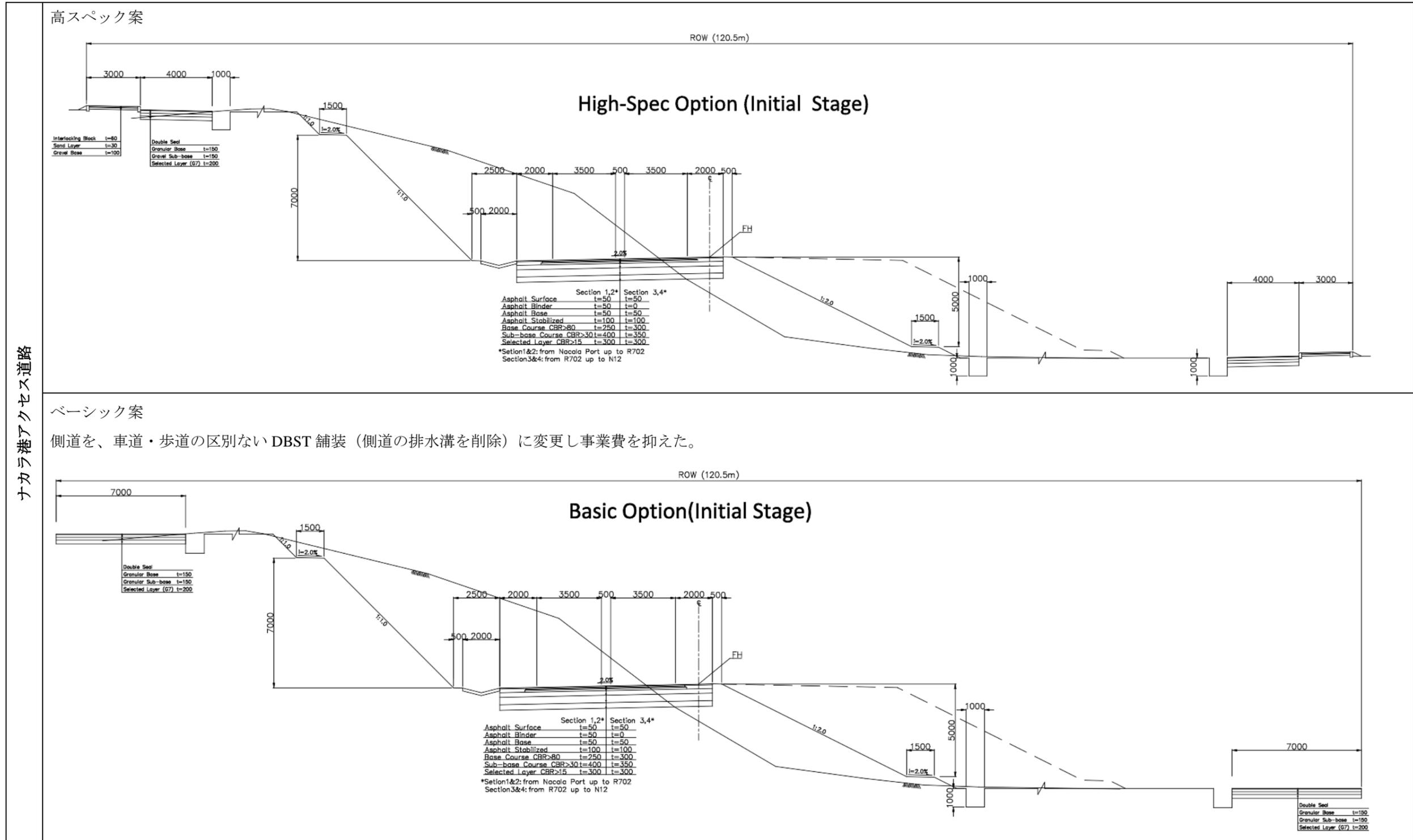
ナカラ港アクセス道路とナンプラ南部バイパスについては、最終的に側道と歩道を伴う4車線供用が提案される。しかし、供用当初の交通需要、事業費、および工事期間を考慮すれば、当面の2車線暫定供用を提案する。

この2車線暫定供用の検討は、完成形の概略設計終了後に実施した。暫定2車線の設計では、以下の点を考慮して行った。

- 建設費用
- 交通安全
- 橋梁形式（立体交差）
- 交差点形状

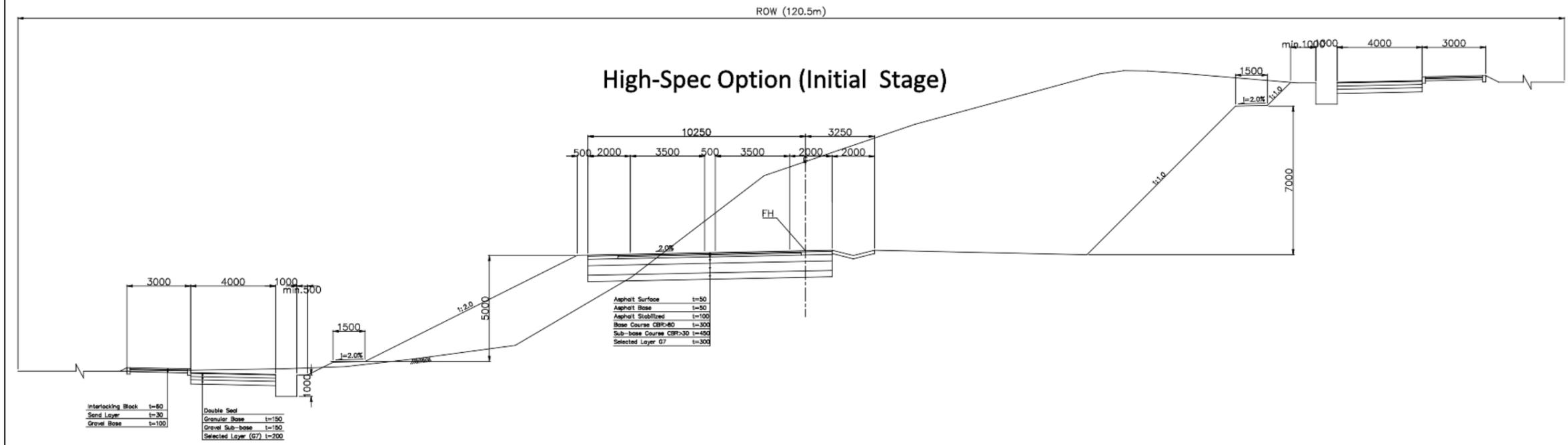
2車線暫定供用の道路の部分の整備については、側道の整備レベルの違いにより、最も事業費はかかるものの仕様としては高価なもの（高スペック案）と、できる限り事業費を抑えた整備レベルのもの（ベーシック案）の二通りを検討した。それぞれの標準横断構成図と、違いについて、下表に概説する。

表 8.5.1 2車線暫定供用における2つの整備レベル(高スペック案/ベーシック案)



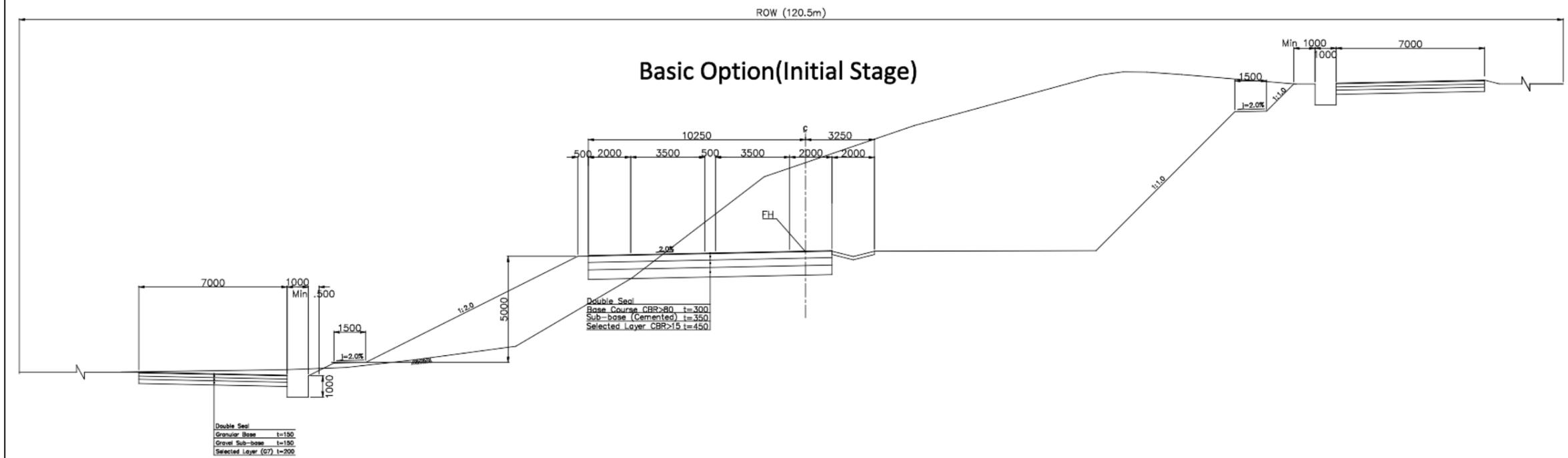
ナンプラ南部バイパス道路

高スペック案



ベーシック案

側道を、車道・歩道の区別ない DBST 舗装（側道の排水溝を削除）に変更し事業費を抑えた。



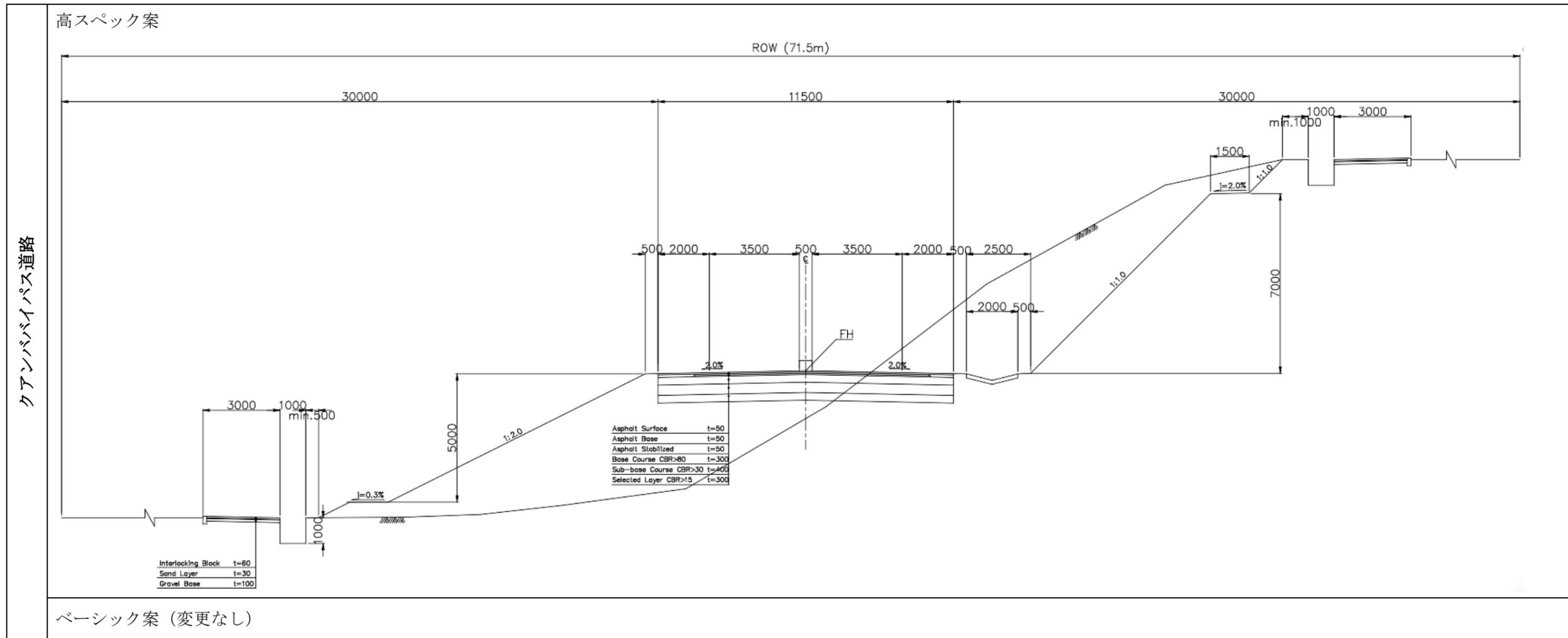


表 8.5.2 は、各工区の比較案毎の舗装構成を示している。

表 8.5.2 舗装構成

比較案	工区	舗装構成	
		本線	側道
高スペック案	ナカラ	AS	DBST
	ナンプラ	AS	DBST
	クアンバ	AS	DBST
ベーシック案	ナカラ	AS	DBST
	ナンプラ	DBST	DBST
	クアンバ	DBST	DBST

また、ベーシック案における橋梁構造物については、7章にて提案した、主要道路との立体交差部の計画のうち、そのいくつかを平面交差にすることで事業費を抑える努力を行った。構造物の概略設計における2車線暫定供用時の高スペックとベーシック案については、次節の8.5.3にて説明する。

8.5.2 構造設計

(1) 橋梁設計基準

橋梁の設計基準は ANE 計画部との協議に基づき、原則として“SATCC Code of Practice for the Design of Road Bridges and Culverts” (以下 “SATCC”)を適用した。また、地方の特定位置における地震荷重、温度荷重等の設計パラメータについても同計画部に確認した。表 8.5.3 に橋梁設計に適用した基準を示す。

表 8.5.3 橋梁設計条件の一覧

項目	単位	設計値	備考
橋梁設計			
活荷重		NA, NB, NC による荷重	SATCC-SECTION2.6
地震荷重		vi (kh=0.03)	SATCC-SECTION3.10
風荷重		Method A	SATCC-SECTION3.8
洪水荷重		流水圧+流出物荷重	SATCC-SECTION3.9
土圧		クーロン土圧	上質材とする
温度荷重		0°~49°C	SATCC-SECTION4.5
建築限界・土被り			
道路橋建築限界	m	5.5 4.5	供用時 施工時
鉄道橋建築限界	m	7.5	
底版上面土被り	m	Roadway : 1.5 Sidewalk: 0.5 Rivers : 1.0	河川橋は布団籠を設置する
コンクリート設計基準強度			
PC 桁	N/mm ²	40	
RC 床版	N/mm ²	30	
下部工	N/mm ²	30	
場所打ち杭	N/mm ²	30	
鋼材強度			
鉄筋	N/mm ²	450	
単位体積重量			
無筋コンクリート	kN/m ³	24.0	
鉄筋コンクリート	kN/m ³	25.0	
アスファルト	kN/m ³	21.0	
鋼材	kN/m ³	77.0	
裏込土	kN/m ³	(19.0)	調査結果により変更の可能性有り
盛土	kN/m ³	(18.0)	調査結果により変更の可能性有り

以下、設計に適用する荷重について個々に説明する。

死荷重

死荷重はモザンビーク、日本のガイドラインと SATCC の実績に基づいた上記重量を適用した。土砂の単位体積重量については種々の条件が異なるため、ANE では詳細設計段階で定数を測定し、その結果に応じて変更することを勧めている。

活荷重 (SATCC 2.6)

活荷重は、SATCC 2.6 に従い Type NA、NB、NC 荷重を考慮した。各荷重の仕様を以下に示す。

a. NA Load (Normal Loading)

SATCC 2.6.3 によれば Type-NA 荷重は一般的な交通荷重を表し、以下に示す分散荷重と軸重を組み合わせたものと輪荷重のうち部材が厳しくなるほうを採用した。

分布荷重

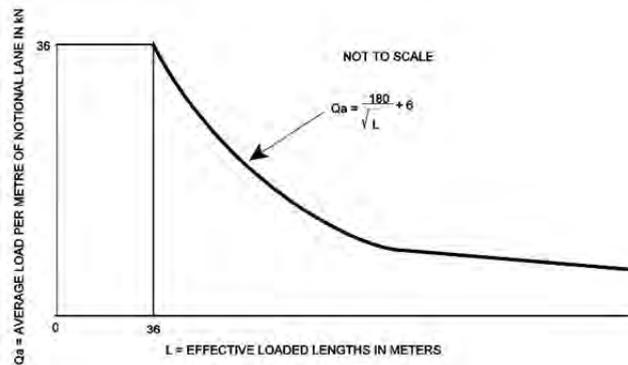


図 8.5.1 NA Loading 分散荷重

$$L \leq 36.0\text{m} : q_a = 36\text{kN/m/Lane}$$

$$L > 36.0\text{m} : Q_a = (180/\sqrt{L}) + 6$$

L = 有効載荷長

Q_a = 1 レーン当たりの単位荷重 (kN/m/lane)

軸重

$$Q_{ai} = 144/\sqrt{n}$$

Q_{ai} = 1 レーン当たりの軸重 (kN/lane)

n = 車両数 (2 レーンの場合、車両 1 台載荷のケースと 2 台載荷のケースが必要。この時 1 台目の n は 1、2 台目の n は 2 となる。)

輪荷重

定格荷重 : 1000kN/m² (100kN/0.1m²)

接地面 : 316×316mm

b. NB Load

SATCC 2.6.4 によれば、Type-NB 荷重は特に重量の大きな大型車両荷重を規定しており、図 8.5.2 にその仕様を示す。

NB36 Load = 90kN/輪 = 360kN/軸 = 1,440kN/車両

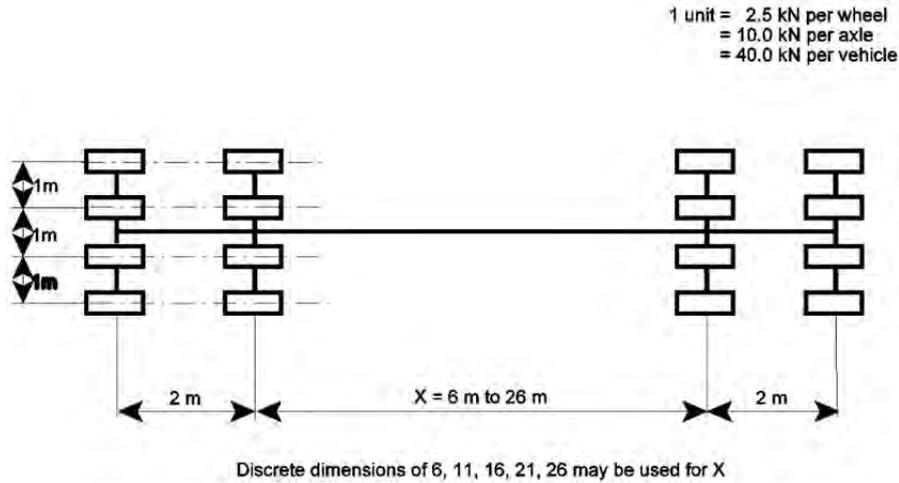


図 8.5.2 Type-NB 36

c. NC Load (Super Loading)

SATCC 2.6.5 によれば、Type-NC 荷重は特に重量の大きな重量物を運ぶマルチトレーラーの荷重を規定している。図 8.5.3 の斜線部には均等に 30kN/m²を載荷する。

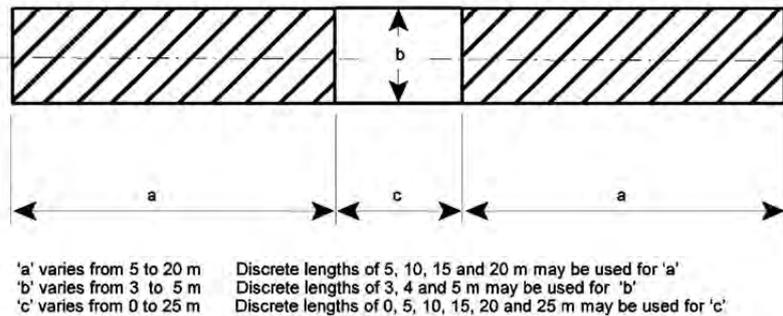


図 8.5.3 Type NC Loading

d. 自転車道・歩道に載荷する荷重 (SATCC 2.7)

スパン $L \leq 25.0\text{m}$ $Q=5.0\text{kN/m}^2$

スパン $L > 25.0\text{m}$ $Q=25/\sqrt{L}$, 但し、 $Q \geq 1.5\text{kN}$

e. 制動荷重 (SATCC 3.3)

NA Loading : $F=3\text{kN/m}+100\text{kN}$ 、ただし $F\leq 400\text{kN}$

NB Loading : NB 総荷重の 20%を考慮する

NC Loading : 考慮しない

地震荷重 (SATCC 3.10)

設計対象地域近傍の地震荷重は図 8.5.4 でVIとなっている。モザンビーク中部地区における設計実績においては $kh=0.03$ が使用されており本概略設計においても同様の値を採用した。

風荷重 (SATCC 3.8)

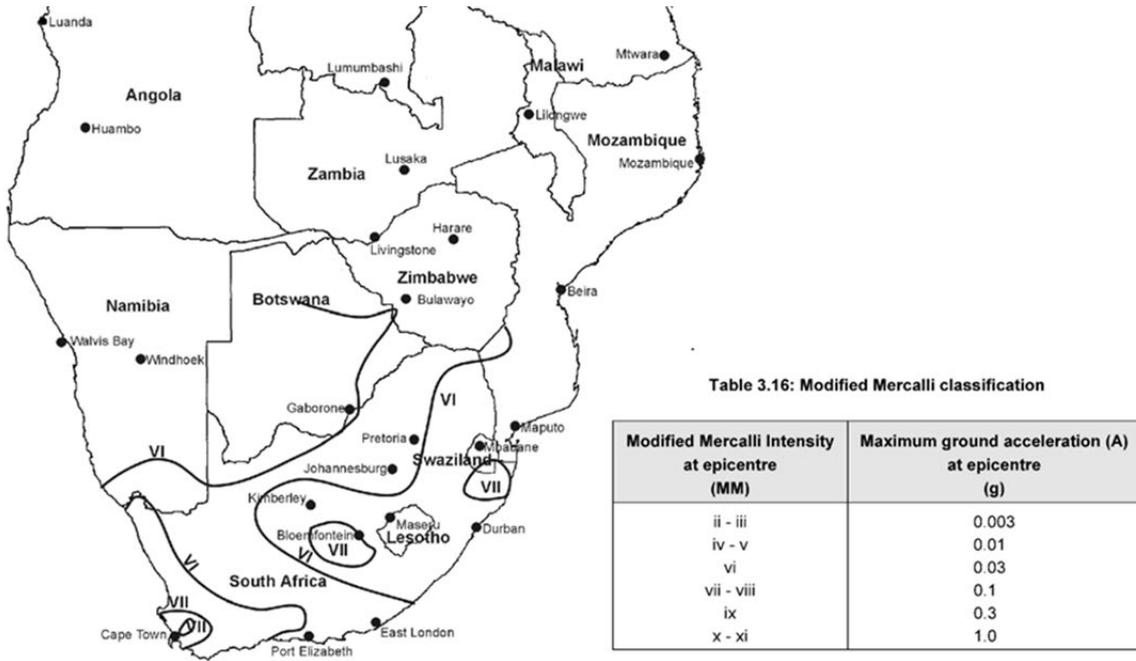
風荷重は SATCC 3.8 の Method A を採用した。この方法は風荷重の影響が小さい橋にも適用可能であり、水平方向と鉛直方向の荷重がある。

水平方向風荷重

- ケース 1: 上部工および下部工に 1.5kN/m^2 を作用させる。活荷重との組み合わせなし (風速約 40m/s 相当)。
- ケース 2: 上部工および下部工に 1.0kN/m^2 を作用させる。活荷重との組み合わせ有り (風速約 32m/s 相当) で、活荷重に 1.5kN/m を作用させる (作用高さ 2m)。

鉛直方向風荷重

- 上下方向に 1.0kN/m^2 を作用させる。



Source: SATCC Section 3.10

図 8.5.4 地震強度範囲（メルカリ震度）

洪水荷重 (SATCC 3.9)

洪水荷重は SATCC 3.9 に従い以下の式を適用した。

$$F = K A_4 v^2$$

F = 流水圧 (kN)

K = 係数で、矩形 : 0.7 円形 : 0.35

A₄ = 橋脚面積 (m²)

v = 流速 (m/s)

流水圧の他、流木その他の流出物荷重として 90~180kN を考慮した。

温度荷重 (SATCC 4.5)

設計温度範囲

桁への温度変化による影響は、SATCC 4.5.1 に従い、50年間の最小値と最大値を適用し、それぞれ 0°C と 49°C とした。

温度差

コンクリートの温度差は、SATCC 4.5.4に従い下図 8.5.5に示すような温度差を想定した。

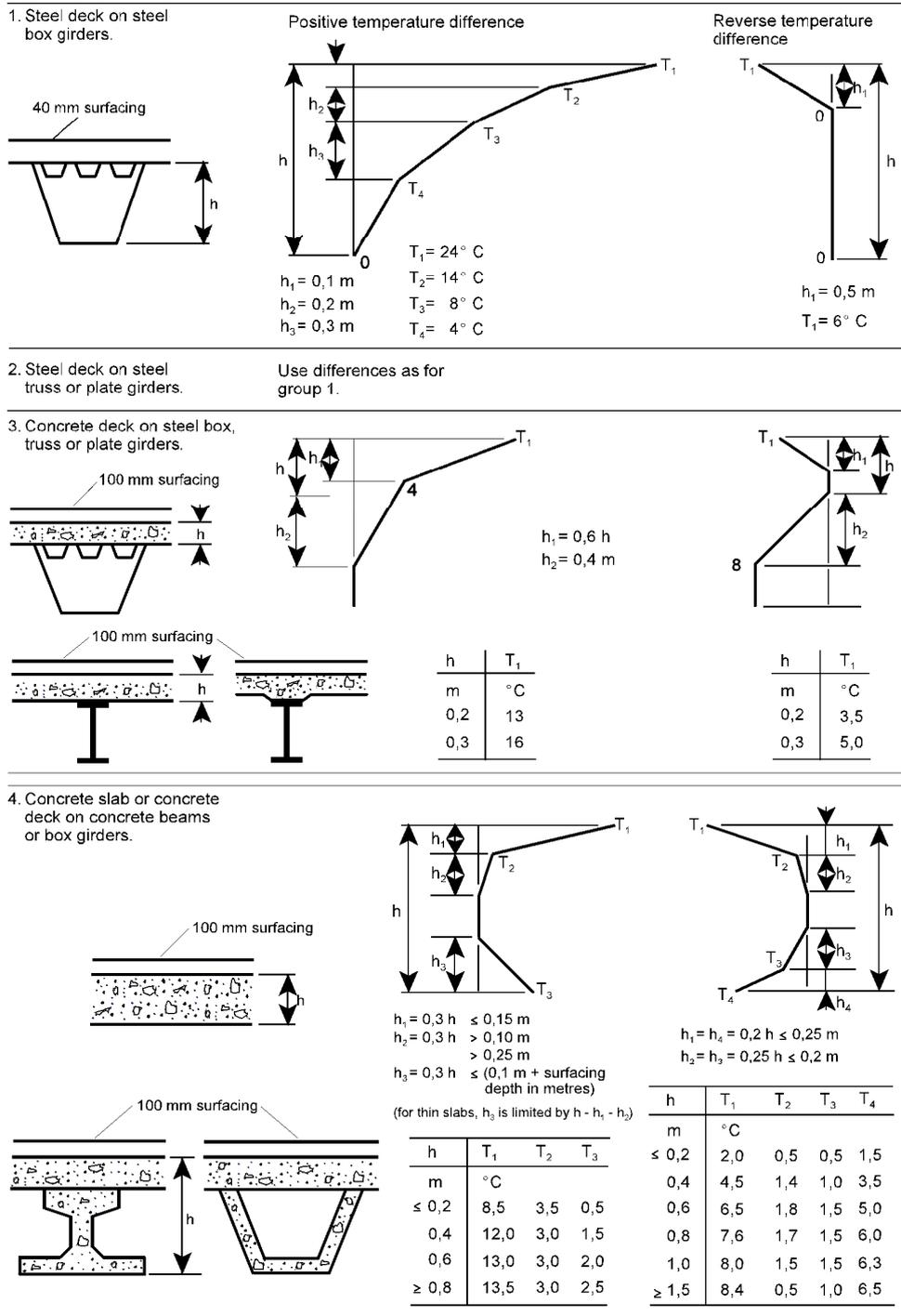


図 8.5.5 異種構造による温度差

その他荷重

以下の荷重は必要に応じて設計に考慮した。

- クリープ・乾燥収縮の影響 (SATCC 4.2)
- 衝突荷重：高欄・橋脚 (SATCC 3.5,3.7)

(2) 構造物の位置

以下に各設計対象路線内の構造物における注意点や必要な検討事項等の考え方を示す。

1) ナカラ港アクセス道路

本路線には構造的な検討の必要な箇所が 3 箇所ある (図 8.5.6 参照)。詳細を以下に示す。

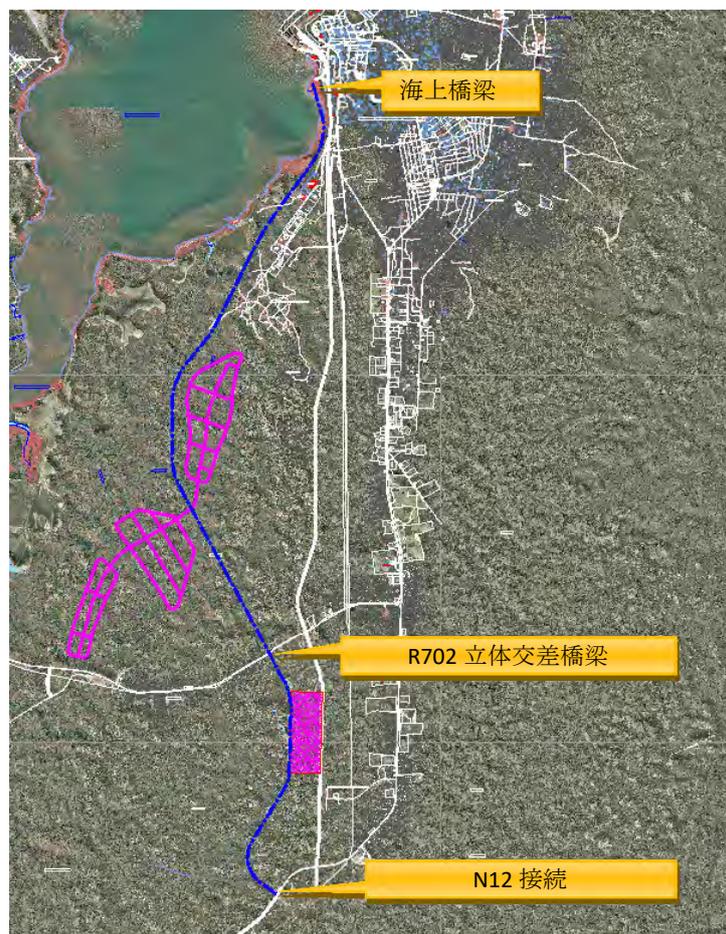


図 8.5.6 ナカラ港アクセス道路における主要構造物位置

- 海上橋梁
 - 橋梁下を航行する船舶等に配慮すると、桁下高は最高高潮面＋余裕高(2m以上)を基本した。
 - 工事用道路の構造については仮栈橋形式と土工形式を比較の上、環境面を含めて、仮栈橋方法とした。
 - 交差河川については将来の河川断面や交差角等を配慮し、橋台位置を決定した。
- R702 立体交差橋梁
 - 暫定形、完成形ともインターチェンジで計画されている。路線の東側は南北に連続した高台となっており、2015年1月の大雨では高台に位置する鉄道盛土が崩壊し、大量の水と土砂が流された。今後同様の現象が起きることも考慮して橋長や排水路位置を決定した。
- N12 接続
 - 暫定形は平面交差、完成形は、将来交通量が増えることを考慮し、インターチェンジとして計画した。インターチェンジとする場合、場所によりN12の縦断勾配が大きいため、橋梁延長の増大化や交通事故等のリスクを回避できるような接続位置を検討した。

2) ナンプラ南部バイパス道路

本路線には構造的な検討が必要な箇所が数箇所ある(図 8.5.7 参照)。詳細を以下に示す。



図 8.5.7 ナンプラ南部バイパス道路における主要構造物位置

- 鉄道立体交差橋梁
 - 鉄道交差橋梁はバイパス起点側、終点側に計 2 箇所あるが、両者同様の課題がある。現地盤の傾斜が、計画路線縦断方向に対して 4%程度以上の勾配を持っており、現地盤高に摺りつくまでに長い距離を要する。このため出来るだけ桁高を低くした橋梁の採用を検討した。また、CFM の規定により建築限界の制限による関係から最低でも 2 スパン以上の橋梁とした。
- R686 立体交差橋梁
 - 暫定形、完成形はインターチェンジで計画されており、橋梁はスパン 40m 程度の単径間橋梁を有力とした。
- N104 立体交差橋梁
 - 暫定形、完成形はインターチェンジで計画されており、橋梁はスパン 20m 程度の単径間橋梁を有力とした。
- N1 (南側) 立体交差橋梁
 - 完成形はインターチェンジで計画されており、橋梁はスパン 30m 程度の単径間橋梁が有力である。また、国道 1 号線との接続路や近傍で本路線と交差する生活道路の接続検討をおこなう。
- N1 (東), N13 接続
 - 暫定形は平面交差、完成形はバイパスへの主動線を確保するため、インターチェンジで計画されている。このためため、完成形について橋梁形式の検討をおこなった。
- 河川橋
 - 橋梁は調査・検討された流量、HWL 等を基に、適切かつ余裕を持った橋長、径間長、桁下余裕高を確保した形式とした。

3) クアンババイパス道路

本路線には構造的な検討が必要な箇所が数箇所ある (図 8.5.8 参照)。詳細を以下に示す。



図 8.5.8 クアンババイパス道路における主要構造物位置

- N360 立体交差橋梁
 - 完成形ではインターチェンジで計画されており、橋梁形式の検討をおこなった。
- N13 (東)(西)接続
 - 暫定形は平面交差、完成形はバイパスへの主動線を確保するため、インターチェンジで計画されている。このため、完成形について橋梁形式の検討をおこなう。
- 河川橋 (ムアングダ川)
 - 橋梁は調査・検討された流量、HWL 等を基に、適切かつ余裕を持った橋長、径間長、桁下余裕高を確保した形式とした。
 - ムアングダ川の支流の処理は、前述の水文解析の結果をもとに橋梁、カルバートの形式を精査した。

(3) 橋梁上部工形式の選定

上部工形式は、海上橋梁、跨線橋（跨道橋）、河川橋の 3 種類について比較をおこなった。1 次選定では、「道路線形条件」「地形条件」「建築限界」等を考慮して複数の橋梁形式を選定し、2 次選定では、1 次選定で抽出された橋梁形式を対象に、「構造的」「施工性」「建設費」「維持管理面」「環境面」「景観性」「技術移転」の 7 つの評価基準を用いて比較評価をおこない選定した。

2次選定における評価項目は下表を採用した。

表 8.5.4 2次選定における評価項目・評価点

項 目		評価基準	最高点
a	技術面 (15 点)	構造安定性	5
b		建設の容易性	10
c	経済面 (65 点)	建設費	50
d		維持管理費	15
e	その他 (20 点)	環境にやさしいか	5
f		景観性	5
g		技術移転 (新技術)	10
合計点			100

上表の各評価基準・評価点は、表 8.5.5 に示した事項を総合的に評価し、表 8.5.6 に示す評点基準を用いて比較案を採点した。

表 8.5.5 各評価基準において考慮すべき事項

評価基準		考慮すべき事項
a	構造安定性	- 100年耐用の永久構造物かどうか - 耐震性・走行性に優れているか
b	施工性	- 施工工期 - 架設の容易性 - 基礎及び下部工工事の容易性
c	建設費	- 建設費
d	維持管理費	- メンテナンスフリーのコンクリート(PC)桁か、メンテナンスを要する鋼製桁か - 点検維持管理の容易性
e	環境にやさしいか	- 影響家屋が少ないか - 施工時の河川及び周辺への環境影響が少ないか
f	景観性	- 地域発展のシンボル、地域のランドマークとなるか
g	技術移転 (新技術)	- 技術移転可能な新技術か、モ国の従来技術で施工可能か

表 8.5.6 評点基準

評価基準		a. 構造安定性	b. 施工性	c. 建設費	
程度	割掛	(5)	(10)	(50)	
上位	100%	5	10	建設費が最も低廉な案に対する 建設費の割合により配点	
中位	50%	3	5		
下位	20%	1	2		
評価基準		d. 維持管理	e. 環境	f. 景観	g. 技術移転 (新技術)
程度	割掛	(15)	(5)	(5)	(10)
上位	100%	15	5	5	新技術: 10
中位	50%	8	3	3	比較的新技術: 5
下位	20%	3	1	1	従来技術: 2

ナカラ海上橋梁

海上部に位置するが、干潮時には海水位が無くなる程度に位置しており、スパンを広げて下部工基数を減らすことのメリットはない。1次選定の結果、桁下高に余裕があり、地形条件等に特別な制約条件がないことを考慮し、以下の3案を抽出した。なお、連続PC箱桁は、支保工基面の整備が困難で、現場作業が多く工期が長くなることと、建設費の増大に繋がることから2次選定の比較案には採用しない。

- 第1案：RC-I 桁 (56@15m=840m)
- 第2案：PC-I 桁 (28@30m=840m)
- 第3案：連続鋼鉄桁 (21@40m=840m)

2次選定の結果、「最も経済性に優れ、維持管理費用が最小」と評価された「第2案：PC-I 桁橋」を提案する（2次選定の評価結果は表 8.5.7 と表 8.5.8 参照）。

ナンプラ跨線橋

1次選定の結果、鉄道への影響を考慮して、以下の3案を抽出した。なお、PC 中空床版橋は、特殊支保工が必要となるため桁下制限の観点からメリットがないと判断し、2次選定の比較案には採用しない。

- 第1案：PC-I 桁 (2@28.5m=57m)
- 第2案：連続鋼鉄桁 (2@28.5m=57m)
- 第3案：連続鋼・コンクリート合成床版桁 (2@28.5m=57m)

2次選定の結果、「桁下への影響が最も少なく、工期が短く、耐候性鋼材を採用することで技術移転が期待できる」と評価された「第3案：連続鋼・コンクリート合成床版桁橋」を提案する（2次選定の評価結果は表 8.5.9 と表 8.5.10 参照）。

クアンバにおける河川橋梁

1次選定の結果、航路条件を必要としないこと、河川および地形条件に特別な制約条件が存在しないことをふまえて以下の3案を抽出した。なお、地盤条件が良くスパンを広げることにはメリットがないため、連続PC箱桁は2次選定の比較案には採用しない。

- 第1案：RC-I 桁 (16@15m=240m)
- 第2案：PC-I 桁 (6@40m=240m)
- 第3案：連続鋼鉄桁 (6@40m=240m)

2次選定の結果、「初期コストが低く、モ国で採用実績の多い」と評価された「第2案：PC-I 桁橋」を提案する（2次選定の評価結果は表 8.5.11 と表 8.5.12 参照）。

表 8.5.7 ナカラ海上橋梁 橋梁形式比較表 (1/2)

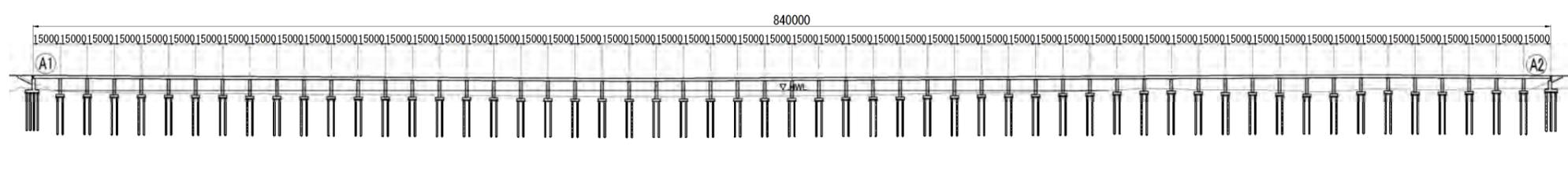
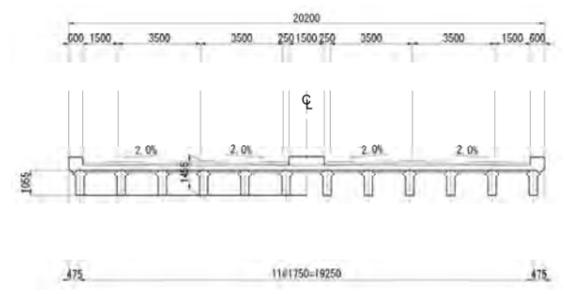
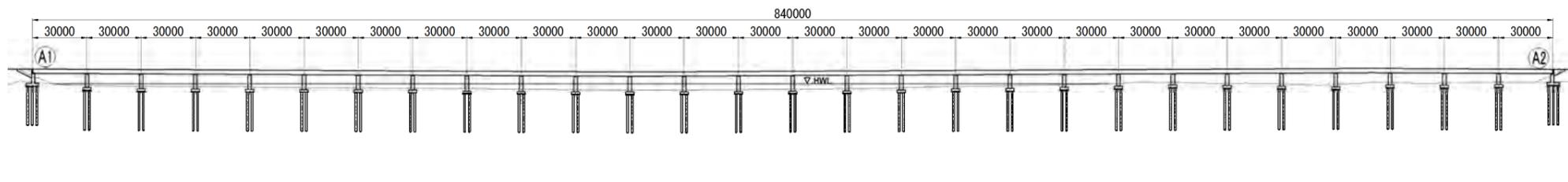
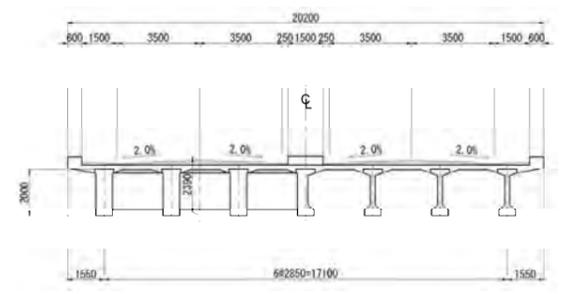
側面図			断面図	
第1案: RC-I 桁橋 L = 840m (56×15m) 				
項目	評価基準	コメント	評点	
技術面	構造安全性	単純桁であるため耐震性には劣るが、橋脚間には伸縮装置を設けず桁間をコンクリートで間詰めすることにより走行性を向上させている	中位	3 / 5
	建設の容易性	架設する桁数、下部工数が多くなり他案と比べ工期が長くなる。工期は約 86 か月(7.2年)	下位	2 / 10
経済面	建設費	$\mu = 1.04$	---	48 / 50
	維持管理性	支承の数が多いため他案に比べて不経済となる	中位	8 / 15
その他	環境へのやさしさ	影響家屋は発生しない。海上部に橋脚を設置する必要があるため、工事中の海洋環境への配慮が必要となる	中位	3 / 5
	景観性	桁橋でありシンプルな構造である	中位	3 / 5
	技術移転 (新技術)	モ国での実績が多い	下位	2 / 10
評価		第3推奨案	69 / 100	
第2案: PC-I 桁 (連結桁) L = 840m (28×30m) 				
項目	評価基準	コメント	評点	
技術面	構造安全性	桁連結により連続化することで耐震性が高くなり走行性も向上する	上位	5 / 5
	建設の容易性	桁架設は 200t クローラークレーンの相吊りとなる。工期は約 55 か月(4.6年)	中位	5 / 10
経済面	建設費	$\mu = 1.00$	---	50 / 50
	維持管理性	コンクリート橋であるためジョイントと支承以外はほぼメンテナンスフリーとなる	上位	15 / 15
その他	環境へのやさしさ	影響家屋は発生しない。海上部に橋脚を設置する必要があるため、工事中の海洋環境への配慮が必要となる	中位	3 / 5
	景観性	桁橋でありシンプルな構造である	中位	3 / 5
	技術移転 (新技術)	モ国での実績が増えている	下位	2 / 10
評価		第1推奨案	83 / 100	

表 8.5.8 ナカラ海上橋梁 橋梁形式比較表 (2/2)

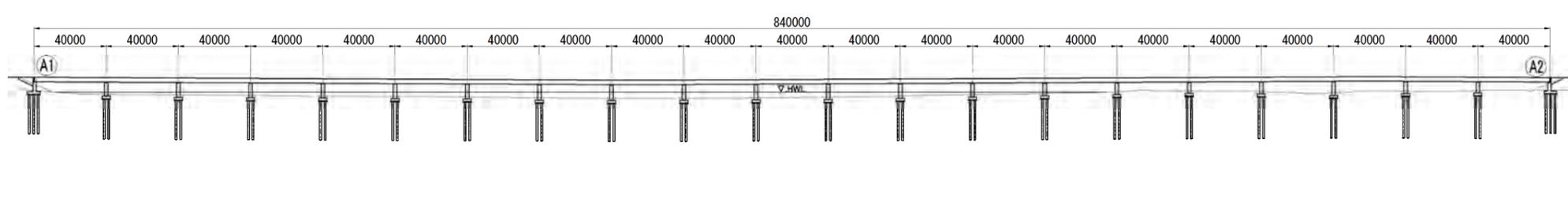
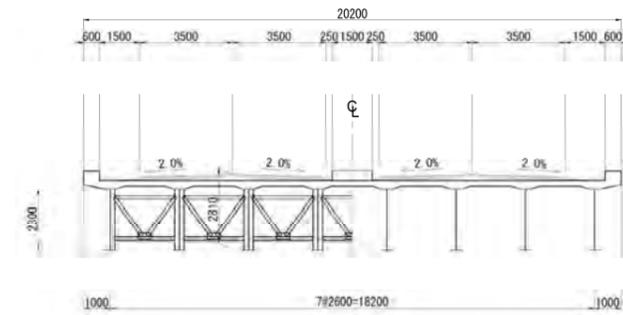
側面図			断面図	
<p>第3案: 連続鋼板桁 L = 840m (21x 40m)</p> 				
項目	評価基準	コメント	評点	
技術面	構造安全性	連続化することで耐震性が高くなり、走行性も向上する	上位	5 / 5
	建設の容易性	コンクリート桁より軽量であるため、架設時に有利となる。工期は約 52 か月(4.3 年)	上位	10 / 10
経済面	建設費	$\mu=1.25$	---	37 / 50
	維持管理性	定期的な塗装塗り替えと、ジョイント及び支承の交換が必要となる。しかしながら、重防食塗装を施すことでメンテナンスに要する費用を抑えることができる	中位	8 / 15
その他	環境へのやさしさ	影響家屋は発生しない。海上部に橋脚を設置する必要があるため、工事中の海洋環境への配慮が必要となる	中位	3 / 5
	景観性	桁橋でありシンプルな構造である	中位	3 / 5
	技術移転 (新技術)	重防食塗装を採用することで、技術移転が図れる	上位	10 / 10
評価		第2推奨案		76 / 100

表 8.5.9 ナンプラ跨線橋 橋梁形式比較表 (1/2)

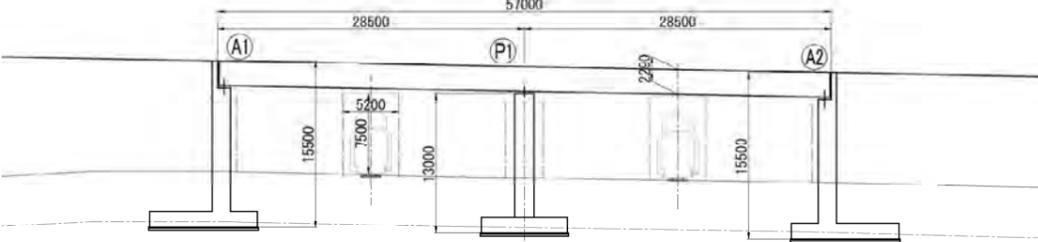
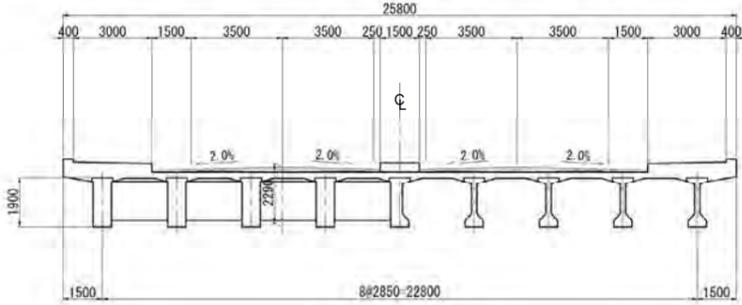
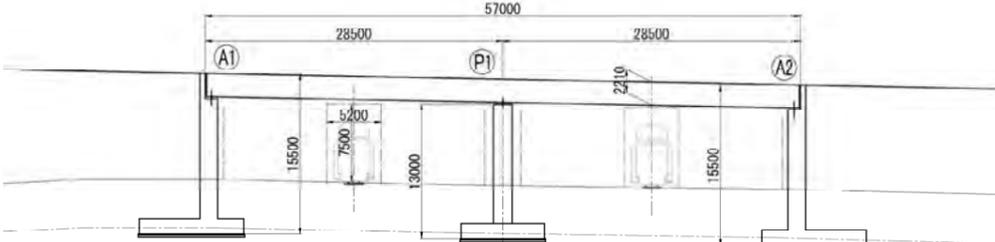
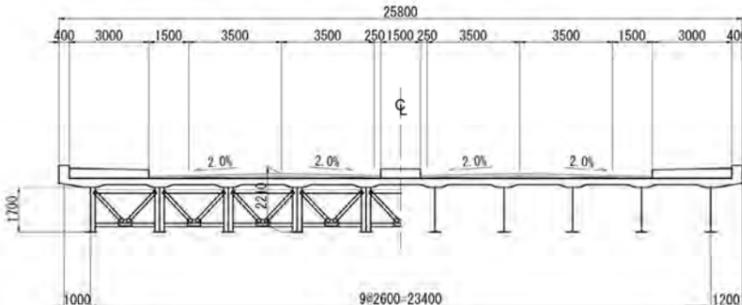
側面図			断面図	
第1案: PC-I 桁 (連結桁) L = 57m (2×28.5m) 				
項目	評価基準	コメント	評点	
技術面	構造安全性	桁連結により連続化することで耐震性が高くなり走行性も向上する	上位	5 / 5
	建設の容易性	常時、機関車を供用しているため架設桁架設となる (200t クローラーで作業半径 27m の場合、最大吊り荷重 22 t。セグメント化した場合の重量 23 t 以上)。橋台高が高くなり盛土量が最も多くなる。工期は約 17.5 か月(1.5 年)	下位	2 / 10
経済面	建設費	$\mu=1.00$	---	50 / 50
	維持管理性	コンクリート橋であるためジョイントと支承以外はほぼメンテナンスフリーとなる	上位	15 / 15
その他	環境へのやさしさ	3 案中最も桁高が高くアプローチが長くなるが、これによる影響家屋はない	下位	1 / 5
	景観性	桁橋でありシンプルな構造である	中位	3 / 5
	技術移転 (新技術)	モ国での実績が増えている	下位	2 / 10
評価		第 2 推奨案	78 / 100	
第2案: 連続鋼桁 L = 57m (2×28.5m) 				
項目	評価基準	コメント	評点	
技術面	構造安全性	連続化することで耐震性が高くなり、走行性も向上する。	上位	5 / 5
	建設の容易性	コンクリート桁より軽量であるため、架設時に有利となる。架設方法は橋台背面からのクレーン架設を採用できる橋台高が高くなり盛土量が最も多くなる。工期は約 16 か月(1.3 年)	中位	5 / 10
経済面	建設費	$\mu=1.17$	---	39 / 50
	維持管理性	耐候性鋼材を使用することにより、ジョイントと支承以外はほぼメンテナンスフリーとなる	上位	15 / 15
その他	環境へのやさしさ	第 1 案と同程度の桁高でありアプローチが長くなるが、これによる影響家屋はない	下位	1 / 5
	景観性	桁橋でありシンプルな構造である	中位	3 / 5
	技術移転 (新技術)	耐候性鋼材を採用することで、技術移転が図れる	上位	10 / 10
評価		第 3 推奨案	78 / 100	

表 8.5.10 ナンプラ FO 橋梁形式比較表 (2/2)

側面図			断面図	
<p>第3案: 連続鋼コンクリート合成床版桁 L = 57m (2×28.5m)</p>				
項目	評価基準	コメント	評点	
技術面	構造安全性	連続化することで耐震性が高くなり、走行性も向上する	上位	5 / 5
	建設の容易性	架設方法はクレーン+ベント架設である。桁高を最も低くでき、架設後の床版施工用足場、型枠が不要な構造であるため急速施工が可能となる (架設時最大ブロック重量は 16t)。 工期は約 14 か月(1.2 年)	上位	10 / 10
経済面	建設費	$\mu = 1.05$	---	49 / 50
	維持管理性	耐候性鋼材を使用することにより、ジョイントと支承以外はほぼメンテナンスフリーとなる。	上位	15 / 15
その他	環境へのやさしさ	影響家屋は発生しない。3 案中アプローチについて盛土量を最も少なく、且つ短くできる	中位	5 / 5
	景観性	桁高/支間比を最も小さくできるため、サイドビューが美しい。また、桁橋でありシンプルな構造である	中位	3 / 5
	技術移転 (新技術)	耐候性鋼材を採用することで、技術移転が図れる	上位	10 / 10
評価		第 1 推奨案		97 / 100

表 8.5.11 クアンバ河川橋梁 橋梁形式比較表 (1/2)

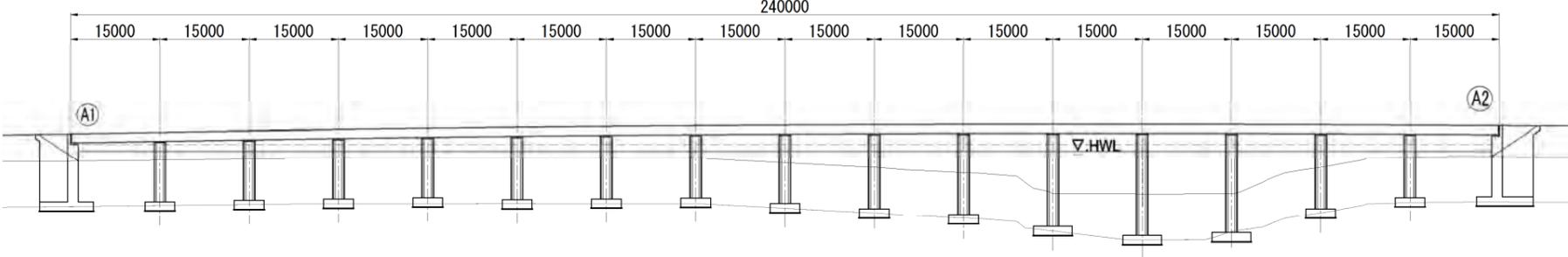
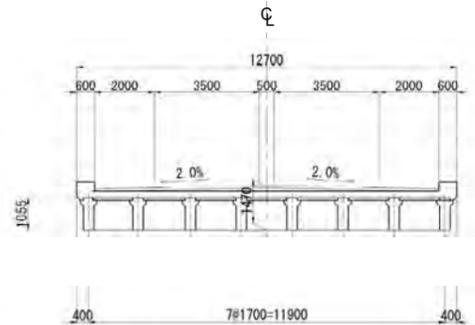
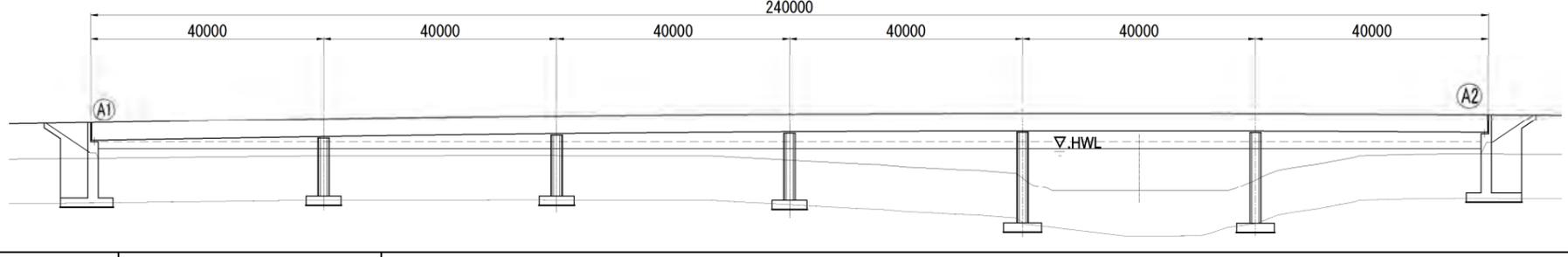
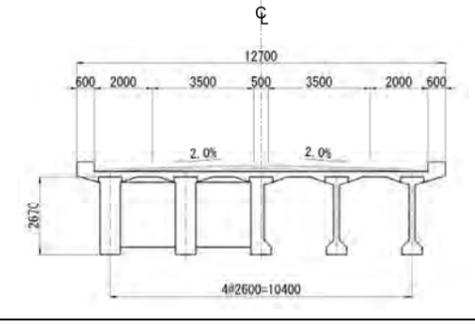
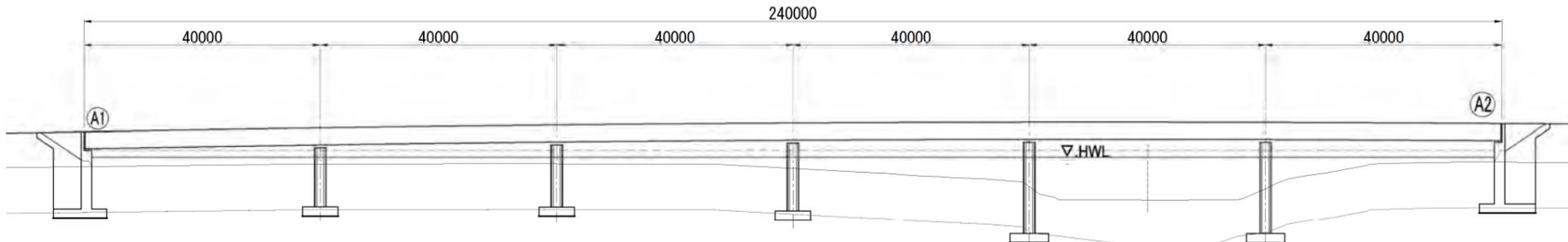
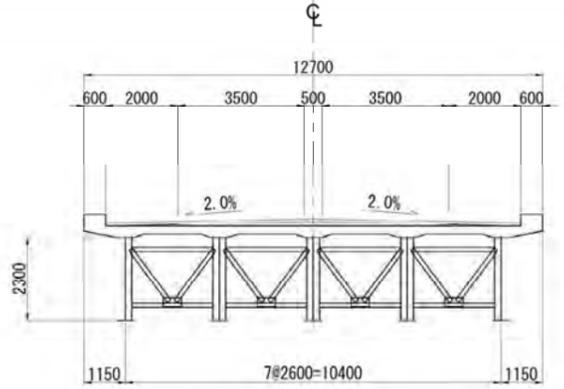
側面図			断面図	
第1案: RC-I 桁橋 L = 240m (16×15m) 				
項目	評価基準	コメント	評点	
技術面	構造安全性	単純桁であるため耐震性には劣るが、橋脚間には伸縮装置を設けず桁間をコンクリートで間詰めすることにより走行性を向上させている	中位	3 / 5
	建設の容易性	架設する桁数、下部工数が多くなり他案と比べ工期が長くなる。工期は約 29 か月(2.4 年)	下位	2 / 10
経済面	建設費	$\mu = 1.00$	---	50 / 50
	維持管理性	支承の数が多いため他案に比べて不経済となる	中位	8 / 15
その他	環境へのやさしさ	影響家屋は発生しない。橋脚数が多いため河積阻害率 (11%) が大きく好ましくない	下位	1 / 5
	景観性	桁高が低いため上部工のサイドビューは美しいが、下部工基数が多く掛け違えとなるため柱が厚い	中位	3 / 5
	技術移転 (新技術)	モ国での実績が多い	下位	2 / 10
評価		第3推奨案	69 / 100	
第2案: PC-I 桁 (連結桁) L = 240m (6×40m) 				
項目	評価基準	コメント	評点	
技術面	構造安全性	桁連結により連続化することで耐震性が高くなり走行性も向上する	上位	5 / 5
	建設の容易性	支間長が 40m で桁重量が大きいため架設桁架設を採用する。工期は約 25 か月(2.1 年)	中位	5 / 10
経済面	建設費	$\mu = 1.00$	---	50 / 50
	維持管理性	コンクリート橋であるためジョイントと支承以外はほぼメンテナンスフリーとなる	上位	15 / 15
その他	環境へのやさしさ	影響家屋は発生しない。基準径間長を満足した橋脚数である	上位	5 / 5
	景観性	桁橋でありシンプルな構造である	中位	3 / 5
	技術移転 (新技術)	モ国での実績が増えている	下位	2 / 10
評価		第1推奨案	85 / 100	

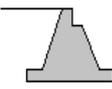
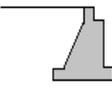
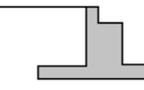
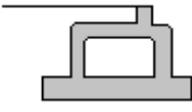
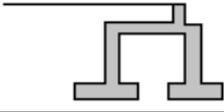
表 8.5.12 クアンバ河川橋梁 橋梁形式比較表 (2/2)

側面図			断面図	
<p>第3案: 連続鋼板桁 L = 240m (6×40m)</p> 				
項目	評価基準	コメント	評点	
技術面	構造安全性	連続化することで耐震性が高くなり、走行性も向上する	上位	5 / 5
	建設の容易性	コンクリート桁より軽量であるため、架設時に有利となる。工期は約 24 か月(2.0 年)	上位	10 / 10
経済面	建設費	$\mu = 1.22$	---	39 / 50
	維持管理性	定期的な塗装塗り替えと、ジョイント及び支承の交換が必要となるが、耐候性鋼材を採用することでメンテナンスに要する費用を抑えることができる	中位	8 / 15
その他	環境へのやさしさ	影響家屋は発生しない。基準径間長を満足した橋脚数である	上位	5 / 5
	景観性	桁橋でありシンプルな構造である	中位	3 / 5
	技術移転 (新技術)	重防食塗装、耐候性鋼材を採用することで、技術移転を図ることができる	上位	10 / 10
評価		第2推奨案		80 / 100

(4) 橋梁下部工形式の選定

橋台は、表 8.5.13 に示す躯体高の適用範囲をもとに選定した。対象橋梁の全箇所の躯体高は、5m 以上 15m 未満の範囲であり、採用実績の多い逆 T 式橋台を提案する。橋脚は、高さに関わらず施工性のよい壁式橋脚を採用する。また、基礎工形式は、直接基礎が採用できない箇所については、モ国でも多く採用されている場所打ち杭を採用する。

表 8.5.13 橋台形式と適用高さ

橋台	形式	適用範囲	特徴
重力式		$H \leq 5m$	- 構造が単純 - 施工が簡単 - 重い
半重力式		$H \leq 5m$	- 構造が単純 - 施工が簡単 - 重い
逆 T 式		$5m \leq H \leq 17m$	- コストが低い - 施工が簡単
箱式		$15m \leq H \leq 20m$	- コストが高い - 複雑な構造
ラーメン式		$15m \leq H \leq 25m$	- コストが高い - 構造が複雑

(5) 上・下部工の施工順序

ナカラ、ナンプラの 2 路線については、暫定供用時と完成供用時の段階的な供用で計画している。その場合の橋梁の施工順序には、以下に示す 3 つの構築方法があり、それぞれに長所・短所が存在する（比較表は、表 8.5.14 参照）。

- 第 1 案: 上下部の一括施工
- 第 2 案: 上部工のみ分割施工（下部工は一括施工）
- 第 3 案: 上下部の分割施工

比較検討の結果、「第 2 案：上部工のみ分割施工（下部工は一括施工）」は、完成形への施工時に、供用可能な幅員が狭くなるため、望ましくないという結果となった。「第 1 案」「第 3 案」については、両者とも特に大きな問題はないと判断した。

表 8.5.14 上・下部工の施工順序に関する比較表

	第1案：上下部の一括施工	第2案：上部工のみ分割施工（下部工は一括施工）	第3案：上下部の分割施工
概要			
構造的性	橋軸直角方向の幅員が広く、上部工は横方向の剛性が高い。下部工は乾燥収縮によるひび割れ対策として下部工躯体に目地を設ける必要がある。河川橋の場合、洪水時においては重量が大きく基礎幅が広いこと流水圧に対して安定性が高い。	完成形では新設桁と既設桁との材齢差によりコンクリートの収縮量に相違が発生する（大きな問題にはならない）。下部工は橋軸直角方向の幅員が広く、乾燥収縮によるひび割れ対策として下部工躯体に目地を設ける必要がある。河川橋の場合、洪水時においては重量が大きく基礎幅が広いこと流水圧に対して安定性が高い。	完成形の近接施工時に既設構造に悪影響を与えないよう施工すれば特に問題はない（杭周面地盤を緩める等）。
施工性	クレーン架設の場合桁重量の関係から相吊りとなり、また、幅員が広いこと下部工上での桁の横方向移動が大きくなる。河川橋では、下部工施工時に仮締切が必須となるが一度の施工で完成できるため効率が良い。	クレーン架設の場合、暫定形施工時だけでなく完成形施工時にも仮架橋が必要になる。横桁のPC鋼材接続のために既設部分をはつり出したり、中分施工のために供用可能な幅員が狭くなるなどの問題がある。河川橋では、下部工施工時に仮締切が必須となるが一度の施工で完成できるため効率が良い。	仮締め切りは暫定形、完成形ともに必要である。完成形の施工は近接施工となるため仮締切の打設や掘削作業時は変位観測等を行いながらの施工となる。
初期コスト	上下部一括で施工するため、他案に比べ準備工や後片付けに関連する項目や経費分が小さいが、3案中初期コストは最も大きい。	上部工が半断面（約6～7割）の構築になるため第1案より初期費用は小さい。	上下部工とも半断面（約6～7割）の構築になるため、初期コストは3案中最も小さい。
総コスト	初期コストと総コストは同じになるが、完成形構築までの間のメンテナンス費用は他案と比べ大きくなる。	完成時にはクレーン架設の場合、仮架橋が必要になるほか既設構造の加工には大きな作業を要し、費用も第1案と比べ大きくなる。	暫定形施工時、完成形施工時とも仮締切、仮架橋が必要になる。また、橋梁総幅員が大きくなるため総コストは最も大きくなる。
評価	3案中初期コストは最も大きくなり、メンテナンス費用も若干増えるが、総コストは最も小さく暫定時の残幅員は歩道や車両の待機場として有効に活用できる	暫定側を供用しながらの完成形施工となるが、対面通行での十分な幅員が確保できないことと（故障車が発生した場合に片側交互通行となる）、施工期間が長いこと他案より評価が劣る。上部工のみ完全分離とするケースもあるが幅員が大きくなり不経済である。	対面通行となる暫定形の幅員が広いこと（路肩幅員が広い）、橋梁総幅員では第1案、第2案と比べて2.450m広くなる。このため総コストが最も大きくなるが、メンテナンスコストが最も小さく安全面は全く問題がない案である。
	○	△	○

8.5.3 橋梁の概略設計

(1) 対象橋梁の諸元

前節までの検討結果をもとに、各橋梁の概略設計を実施した。主な橋梁一般図は、概略設計図面集に記載した。

以下に、7章で記載した2車線暫定供用時における各地点の交差条件をもとに設計した橋梁の諸元の一覧表を記す（高スペック案と称す）。

表 8.5.15 2車線暫定供用時の橋梁諸元一覧（高スペック案）

ナカラポートアクセス

NO	測点	橋種	上部工形式	橋長	メインスパン長	基礎形式	備考
1	0+60	海上橋梁	28径間連結PC-I桁橋	L=840m	30m	場所打ち枕φ1000	
2	42+00	河川橋	単純PC-I桁橋	L=34m	34m	場所打ち枕φ1000	
3	104+0 (R702)	跨道橋	7径間連結PC-I桁橋	L=210m	30m	直接基礎	

ナンブラ南バイパス

NO	測点	橋種	上部工形式	橋長	メインスパン長	基礎形式	備考
4	5+00	跨線橋	2径間連続鋼・コンクリート合成床版橋	L=57m	28.5m	直接基礎	
5	47+80	河川橋	2径間連結PC-I桁橋	L=60m	30m	場所打ち枕φ1000	
6	60+40 (R686)	跨道橋	単純鋼・コンクリート合成床版橋	L=40m	40m	場所打ち枕φ1000	
7	88+00 (N104)	跨道橋	単純PC-I桁橋	L=30m	30m	直接基礎	
8	126+70	河川橋	2径間連結PC-I桁橋	L=60m	30m	場所打ち枕φ1000	
9	158+70	河川橋	2径間連結PC-I桁橋	L=60m	30m	場所打ち枕φ1000	
10	183+30	河川橋	3径間連結PC-I桁橋	L=90m	30m	場所打ち枕φ1000	
11	221+00 (N1)	跨道橋	8径間連続鋼・コンクリート合成床版橋	L=240m	30m	直接基礎	
12	301+60	跨線橋	2径間連続鋼・コンクリート合成床版橋	L=86m	44m	直接基礎	

補償橋梁（地域分断・現道分断対応）

1	30+00	地域分断	3径間連結PC-I桁橋	L=80m	30m	場所打ち枕φ1000	
2	118+00	地域分断	3径間連結PC-I桁橋	L=80m	30m	場所打ち枕φ1000	
3	144+00	現道分断	3径間連結PC-I桁橋	L=80m	30m	場所打ち枕φ1000	
4	204+00	地域分断	3径間連結PC-I桁橋	L=80m	30m	場所打ち枕φ1000	
5	234+90	現道分断	3径間連結PC-I桁橋	L=80m	30m	場所打ち枕φ1000	
6	263+30	現道分断	3径間連結PC-I桁橋	L=80m	30m	場所打ち枕φ1000	
7	278+20	現道分断	3径間連結PC-I桁橋	L=80m	30m	場所打ち枕φ1000	

クアンパバイパス

NO	測点	橋種	上部工形式	橋長	メインスパン長	基礎形式	備考
13	1+70	河川橋	6径間連結PC-I桁橋	L=240m	40m	直接基礎	
14	20+00	河川橋	3径間連結PC-I桁橋	L=90m	30m	場所打ち枕φ1000	
15	52+00	河川橋	3径間連結PC-I桁橋	L=90m	30m	場所打ち枕φ1000	
16	72+20 (N360)	跨道橋	単純鋼・コンクリート合成床版橋	L=35m	35m	場所打ち枕φ1000	

注：2車線暫定供用時においても、橋梁は4車線とし、主要交差道路は全て立体交差としたもの

また、8.5 節の道路設計でも説明したとおり、2 車線暫定供用時において、建設費を抑えるべく、いくつかの箇所において、立体交差を平面交差にし、対象橋梁数と橋梁設置に必要な土工を削減する案（ベーシック案）を検討した。

下表は、ベーシック案として削除した橋梁を見え消しにして表現した一覧表である。

表 8.5.16 2 車線暫定供用時の橋梁諸元一覧（ベーシック案）

ナカラポートアクセス

NO	測点	橋種	上部工形式	橋長	メインスパン長	基礎形式	備考
1	0+60	海上橋梁	28径間連続PC-I桁橋	L=840m	30m	堤所打ち杭φ1000	
2	42+00	河川橋	単純PC-I桁橋	L=34m	34m	堤所打ち杭φ1000	
3	104+00 (R702)	跨道橋	7径間連続PC-I桁橋	L=210m	30m	直接基礎	

ナンブラ南バイパス

NO	測点	橋種	上部工形式	橋長	メインスパン長	基礎形式	備考
4	5+00	跨道橋	2径間連続鋼・コンクリート合成床版橋	L=57m	28.5m	直接基礎	
5	47+80	河川橋	2径間連続PC-I桁橋	L=60m	30m	堤所打ち杭φ1000	
6	60+40 (R636)	跨道橋	単純鋼・コンクリート合成床版橋	L=40m	40m	堤所打ち杭φ1000	
7	88+00 (N104)	跨道橋	単純PC-I桁橋	L=30m	30m	直接基礎	切土区間であるため必須
8	126+70	河川橋	2径間連続PC-I桁橋	L=60m	30m	堤所打ち杭φ1000	
9	158+70	河川橋	2径間連続PC-I桁橋	L=60m	30m	堤所打ち杭φ1000	
10	183+30	河川橋	3径間連続PC-I桁橋	L=90m	30m	堤所打ち杭φ1000	
11	221+00 (N1)	跨道橋	8径間連続鋼・コンクリート合成床版橋	L=240m	30m	直接基礎	
12	301+60	跨道橋	2径間連続鋼・コンクリート合成床版橋	L=86m	44m	直接基礎	

補償橋梁（地域分断・現道分断対応）

1	20+00	地域分断	3径間連続PC-I桁橋	L=90m	30m	堤所打ち杭φ1000	
2	118+00	地域分断	単純PC-I桁橋	L=30m	30m	堤所打ち杭φ1000	切土区間であるため必須
3	144+00	現道分断	3径間連続PC-I桁橋	L=90m	30m	堤所打ち杭φ1000	
4	204+00	地域分断	3径間連続PC-I桁橋	L=90m	30m	堤所打ち杭φ1000	
5	224+00	現道分断	3径間連続PC-I桁橋	L=90m	30m	堤所打ち杭φ1000	
6	262+30	現道分断	3径間連続PC-I桁橋	L=90m	30m	堤所打ち杭φ1000	
7	278+20	現道分断	3径間連続PC-I桁橋	L=90m	30m	堤所打ち杭φ1000	

クアンバイパス

NO	測点	橋種	上部工形式	橋長	メインスパン長	基礎形式	備考
13	1+70	河川橋	6径間連続PC-I桁橋	L=240m	40m	直接基礎	
14	20+00	河川橋	3径間連続PC-I桁橋	L=90m	30m	堤所打ち杭φ1000	
15	52+00	河川橋	3径間連続PC-I桁橋	L=90m	30m	堤所打ち杭φ1000	
16	72+20 (N360)	跨道橋	単純鋼・コンクリート合成床版橋	L=36m	36m	堤所打ち杭φ1000	

注：2 車線暫定供用時は、橋梁は 2 車線分のみ構築。ナンブラ南部バイパス道路の 2 地点のみ立体交差としたもの。

(2) 完成時におけるバイパス道路の起終点の立体化計画（案）

将来的な完成時において交通量が増加した場合、将来的には、各路線の起終点を立体化とすることが考えられる。そのような長期的な将来の起終点の立体化に際する検討結果を以下に示す。

なお、その際においても、より経済的な設計とするために、橋梁アプローチの盛土高は極力抑えることとし、5m程度として計画した。

1) ナカラ港アクセス道路

N12 との接続

ナカラ港アクセス道路の終点である N12 との接続部付近は、現地盤の高低差が 15m を超えるような地形となっているが、この高低差を有効利用して立体交差を計画した。なお現時点において支障物件は無い。

検討の結果、ランプ B を開削トンネルによる地下構造、ランプ C を橋梁（合成床版橋相当の桁高）とした**第 2 案**を推奨する。次項以降に検討結果を示す。

第1案

平面図

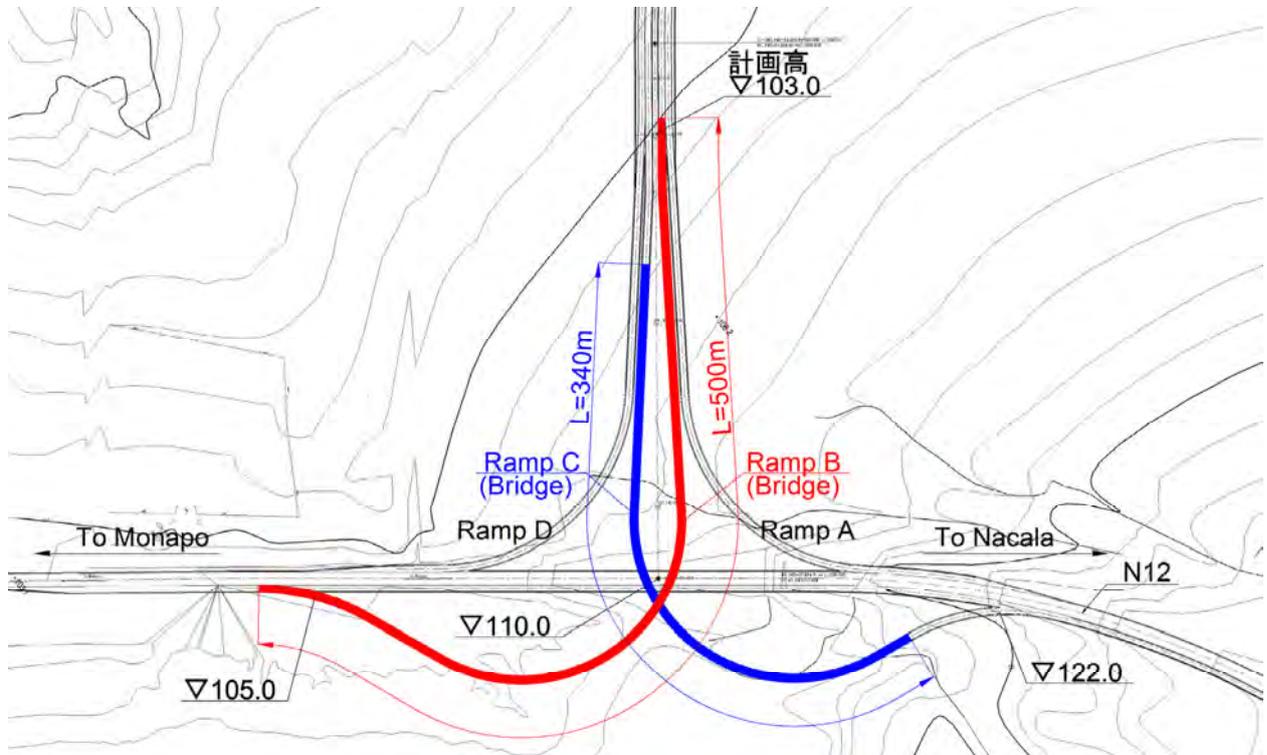
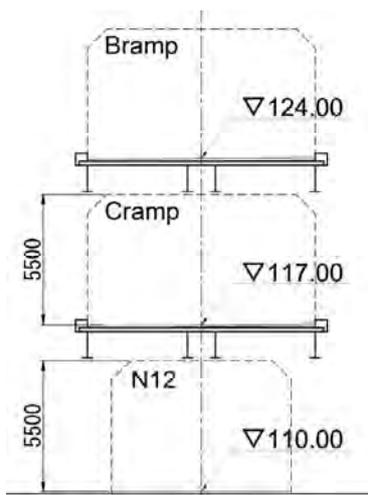


図 8.5.9 ナカラポートアクセス終点部-1

断面図



ランプ B : 橋梁 ランプ C : 橋梁

B ランプ橋 (3F レベル)

橋長=500m、最急縦断勾配=9.0%

3 段立体構造の最上部であるため、アプローチの縦断勾配が 9.0% となり、大型重量物輸送車の走行速度が急激に落ちる可能性が高い。

C ランプ橋 (2F レベル)

橋長=340m、最急縦断勾配=6.5%

立体構造の 2 段目であり、アプローチの縦断勾配は 6.5% ときつめであるが、下り縦断側であり大型車の速度低下等の問題はない。

B ランプの縦断勾配が現実的ではなく、橋長も長く高価となるため推奨できない。

第2案

平面図

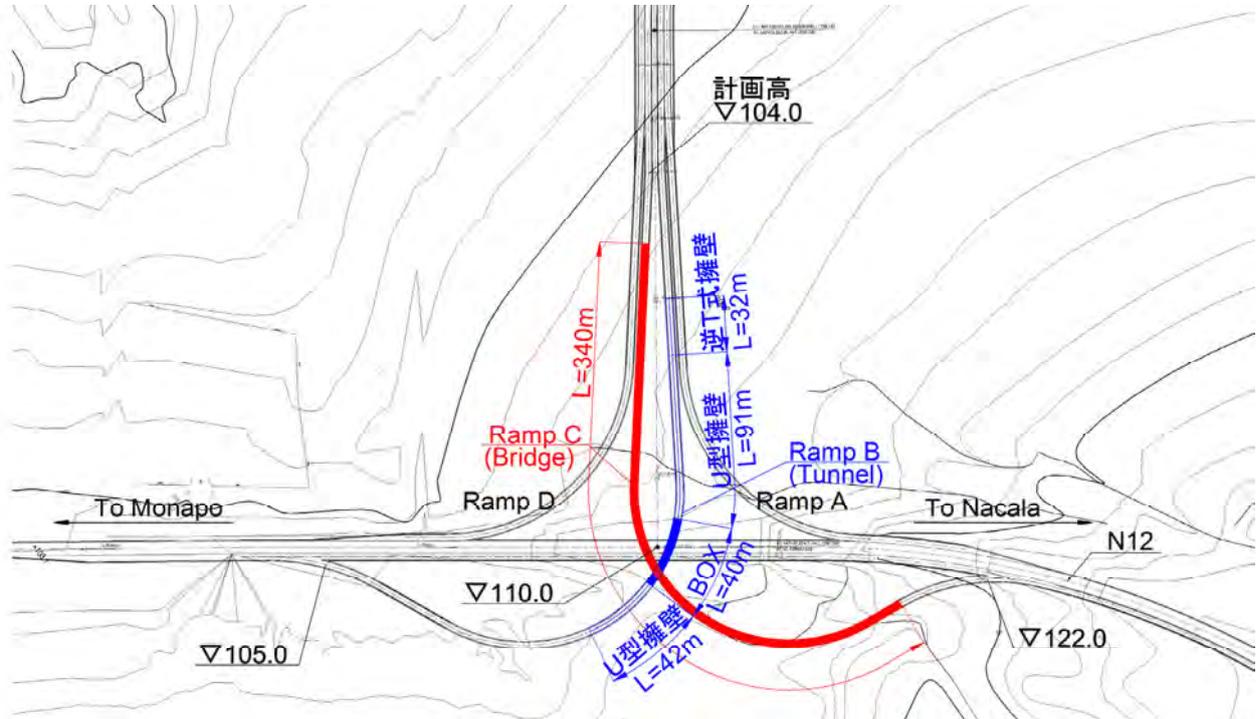
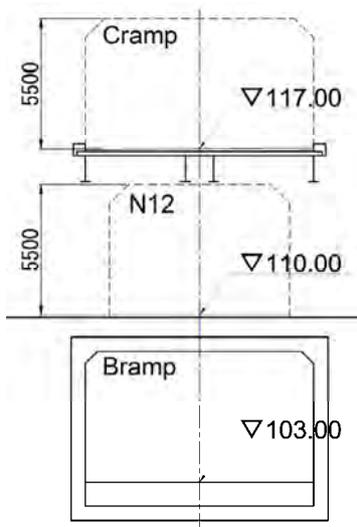


図 8.5.10 ナカラポートアクセス終点部-2

断面図



ランプ B : 開削トンネル ランプ C : 橋梁

B ランプ 開削トンネル (-1F レベル)

BOX 延長=40m、U型擁壁延長=133m、逆T式擁壁
=32m、最急縦断勾配=1.0%

交差する N12 との高さ関係が、アンダーとするのに適しており、急な縦断勾配が発生しない。

C ランプ橋 (2F レベル)

橋長=340m、最急縦断勾配=6.5%

立体構造の最上段であり、アプローチの縦断勾配は 6.5%と
きつめであるが、下り縦断側であり大型車の速度低下等の
問題はない。

縦断勾配に無理がなく、ランプ B が地下構造物で橋梁より
も安価である。施工時は N12 を切り回すか路面復工により
対応する。

2) ナンプラ南部バイパス道路

N1 (東) との接続

ナンプラ起点側の N1 への接続道路を計画した。現時点においても支障物件があり、多くの移転を伴った計画になると考えられる。ランプ A、ランプ C とも橋梁（合成床版橋相当の桁高）として検討をおこなった。以下に検討結果を示す。

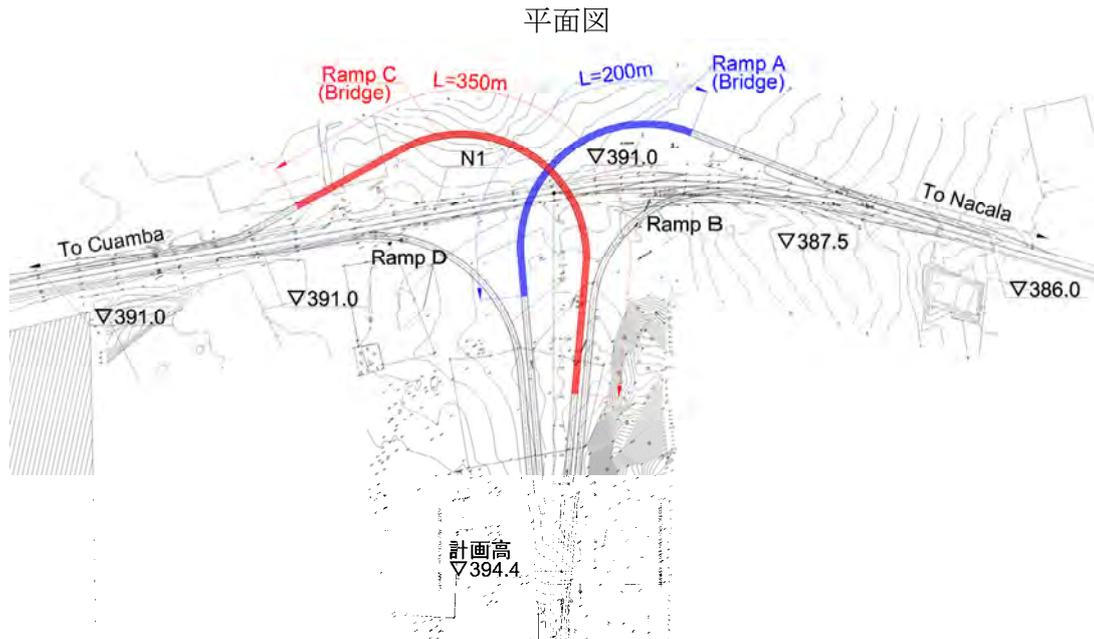
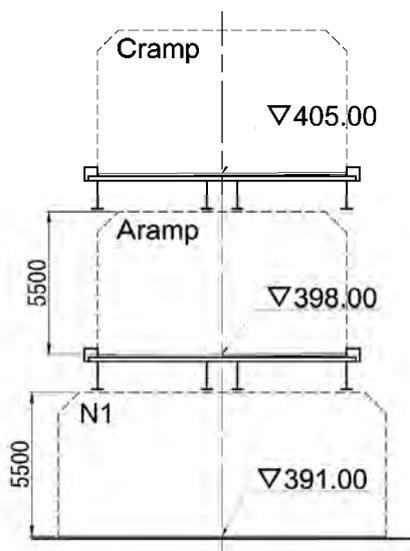


図 8.5.11 ナンプラ N1 (東)

断面図



ランプ A : 橋梁 ランプ C : 橋梁

A ランプ橋梁 (2F レベル)

橋長 = 200m、最急縦断勾配 = 4.0%

本線 No3 付近の計画高と N1 との高低差が約 4m と小さいため 4% の縦断勾配としても橋長は 200m 程度である。

C ランプ橋 (3F レベル)

橋長 = 350m、最急縦断勾配 = 6.0%

立体構造の最上段であり、アプローチの縦断勾配は 6.0% となる。

出来る限り車両をノンストップとするのが理想であるが、主交通方向のランプ A のみを立体化するだけでも有効であると考えられる。若しくは段階的にまず、ランプ A を橋梁化し、さらに交通量が増えたらランプ C を橋梁化という案も考えられる。住民移転や建設コストと便益とのバランスにより方針決定することをお勧めする。

N13 との接続

ナンプラ終点側の N13 への接続道路の立体化を計画した。現状ではランプ設置による住民移転は数件程度であり、ランプ A、ランプ C とも橋梁（合成床版橋相当の桁高）とした場合 190m～220m 程度の橋長となる。ランプ A のすぐ南側は N13 が鉄道と交差するため、将来的にはこれを含めた立体化を検討する必要がある。以下に検討結果を示す。

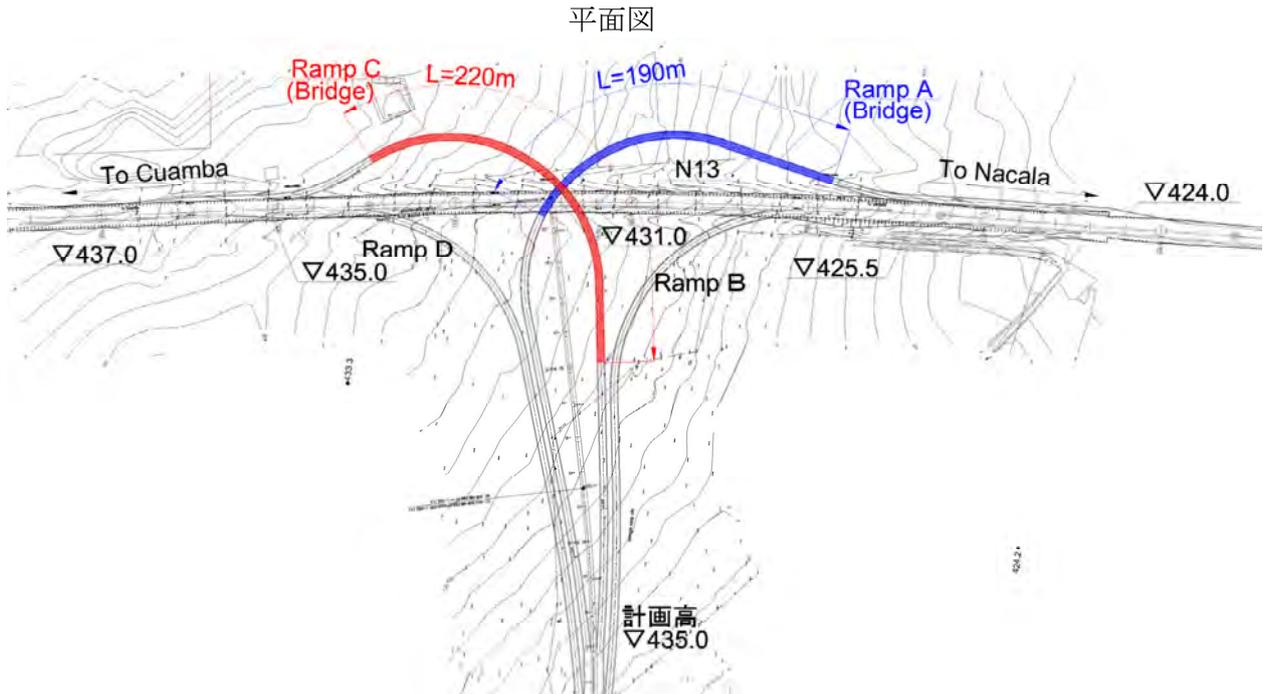
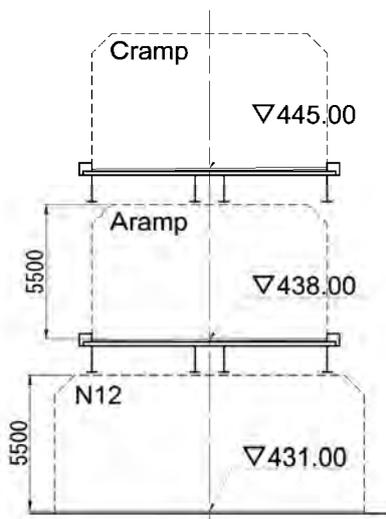


図 8.5.12 ナンプラ N13

断面図



ランプ A：橋梁 ランプ C：橋梁

A ランプ橋梁（2F レベル）

橋長＝190m、最急縦断勾配＝6.0%

ランプ起点側の計画高（∇435.0）と N13 交差位置（∇438.0）との高低差が約 3m と小さいため 4%の縦断勾配であるが、N13（∇424.0）との擦り付けは高低差が大きく、6%の縦断勾配が必要である。

C ランプ橋（3F レベル）

橋長＝220m、最急縦断勾配＝6.0%

立体構造の最上段であり、アプローチの縦断勾配は最大で 6.0%となる。

ランプ C を 2F レベルとして先行施工、供用し交通量が増えたらランプ A を造る段階施工も考えられる。

3) クアンババイパス道路

N13 (東) との接続

クアンバ起点側の N13 への接続道路の立体化を計画した。当範囲の N13 は Muanda 川と近接し、また反対側は山となっているため、河川橋に影響を与えない縦断線形にすることが困難である。以下に検討結果を示す。

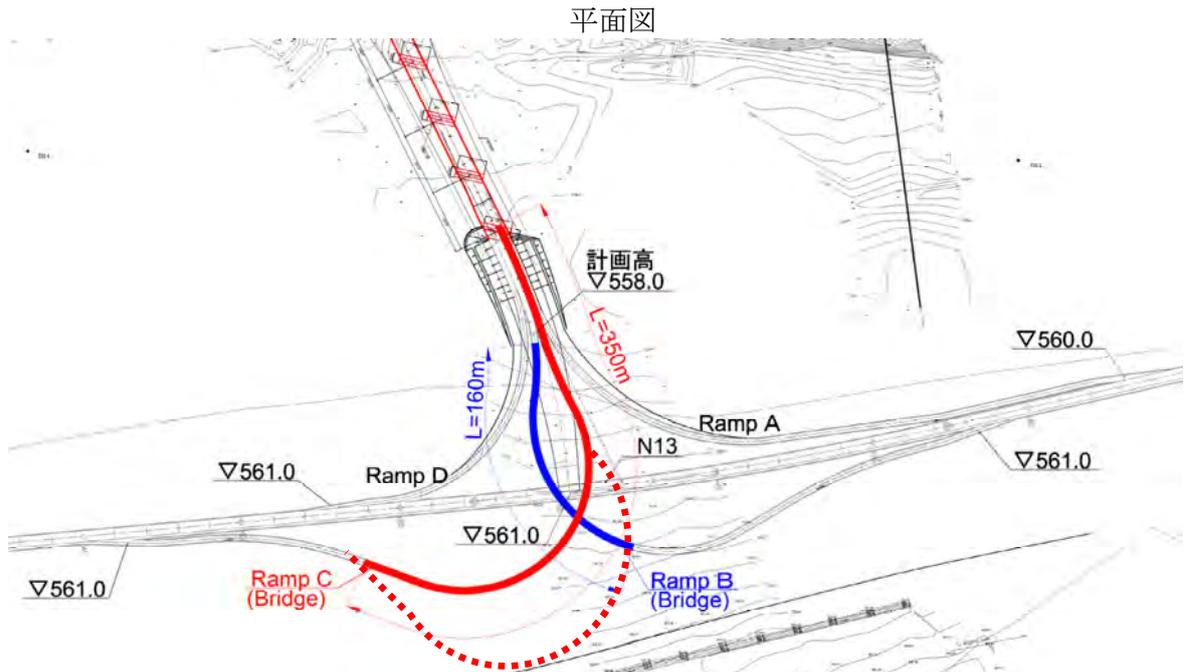
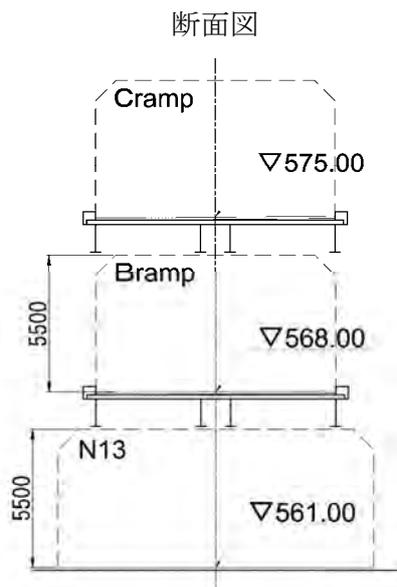


図 8.5.13 クアンバ N13 (東)



ランプ B : 橋梁 ランプ C : 橋梁

B ランプ橋梁 (2F レベル)

橋長 = 160m、最急縦断勾配 = 6.0%

C ランプ橋 (3F レベル)

橋長 = 350m、最急縦断勾配 = 6.0%

C ランプの縦断トップから河川側に縦断勾配を 6%で下ろすとその端部は河川橋中央付近となる。これを避けるためには上図破線のように山側へランプを延ばすことが考えられるが、大きく用地を取得しなければならないことと、山をカットする必要がある。よって、主交通路となるランプ B のみを立体化し、ランプ C は信号制御の平面交差とすることを推奨する。

N13（西）との接続

クアンバ終点側の N13 への接続道路の立体化を計画した。当ランプ付近は現地形に大きな高低差も無くコントロールとなる支障物件もない。以下に検討結果を示す。

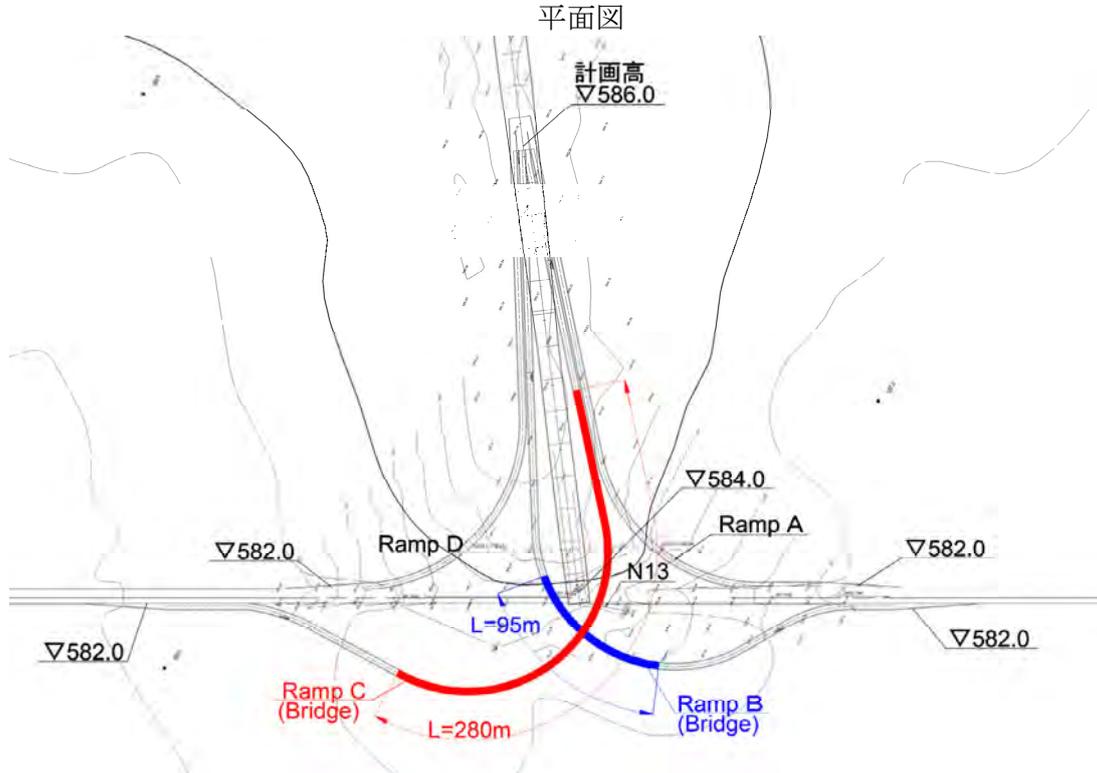
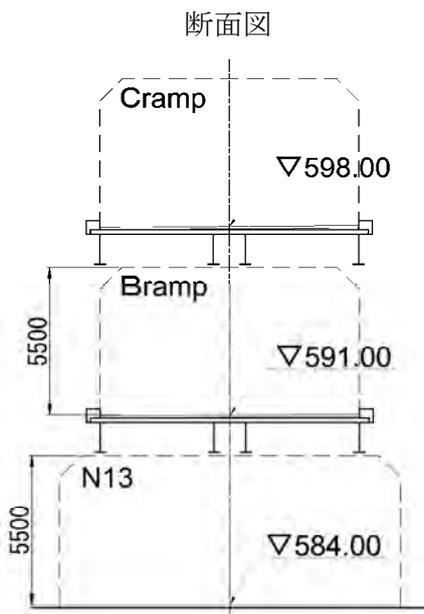


図 8.5.14 クアンバ N13（西）



ランプ B：橋梁 ランプ C：橋梁

B ランプ橋梁（2F レベル）

橋長=95m、最急縦断勾配=6.0%

ランプ起点側の計画高(▽586.0)と N13 交差位置(▽591.0)との高低差が約 5m と小さいため 4%の縦断勾配であるが、N13 (▽582.0)との擦り付けは、6%の縦断勾配とし、橋長を短くする。

C ランプ橋（3F レベル）

橋長=280m、最急縦断勾配=6.0%

立体構造の最上段であり、アプローチの縦断勾配は 6.0%となる。

本ランプ橋は幾何構造上特に問題がなく、上記平面図のような一般的な形状で構築できる。

(3) カシアノ橋の計画案 (参考)

2015年1月の豪雨により流出したクアンバイパス中間付近(図8.5.8参照)に架かるカシアノ橋について、参考として復旧計画図(案)を作成した。本橋は、歩道橋ではあるが、自動二輪車、緊急車両が通行できる程度の機能(現橋梁と同等)を確保し、100年確率の豪雨でも流出しない構造を提案した。

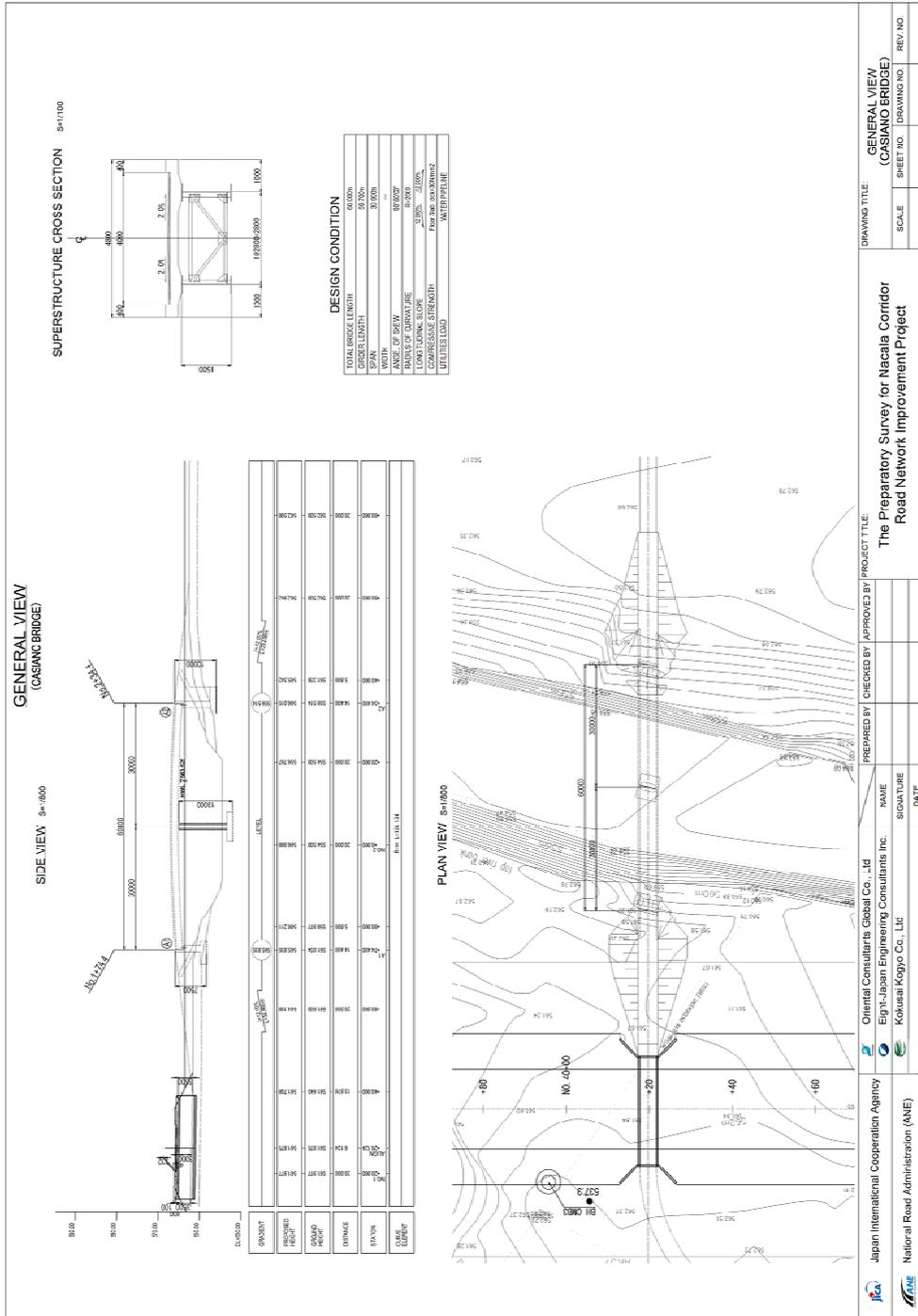


図 8.5.15 クアンバイパス道路・カシアノ橋

8.6 交通安全施設、付帯施設

8.6.1 必要な道路施設

(1) 検討方法

現在、全ての道路は交通死亡の増加を考慮して適切な交通安全施設を提供することが世界各国の必要条件である。モザンビーク政府、特に ANE は、安全施設、交通安全教育の両方の強化により、交通事故を減少させることに取り組んでいる。

対象道路は、基本的に、高速走行を提供することとともに、貨物車両を通過させるバイパス道路機能を持ち、いくつかの集落からなる都市周辺領域を通っているため、立場の弱い歩行者や自転車などに対して NMT (Non-motorised traffic) に関する施設を考慮すべきである。本調査においては、体系的かつ効果的な交通安全施設を含む対応策を提案し、必要に応じて、提案した各施設を予備設計にて設計した。

(2) 検討対象

以下に示す基本的な交通安全施設は、道路利用者のために配慮されるべきである。

- 交通安全標識、情報案内板
- 路面標示、道路鋏
- ガードレール
- 街路灯
- 施設帯 (ユーティリティに必要な範囲)
- バス停 (必要に応じて)

これらに加えて、以下に示す機能は、近い将来における道路利用者の利便性、道路の保護、土地開発、地域経済活動のために検討することが求められる。

- 歩道橋
- 車両計量所
- 道路沿道施設 (道の駅または 物流施設)
- 高度道路交通システム (ITS)

8.6.2 各施設の設計の基本的な考え方

(1) 交通標識と路面標示

交通標識や道路標示の必要性と設置は、設計過程において重要な部分である。交通標識は、ドライバーの視認性を妨げないように、標識サイズと設置位置に配慮し、進行方向と警告表示が提供される。これらの方針と詳細な考え方は、SATCC 道路交通標識マニユ

アルに準じ、総合的なマニュアルとして参照する。

標識は、交通安全を促進し、交通を導くこと及び交通制御のために設置される。調査団は、有効なこれらの機能を果たすことができる場所に、信号、路面標示及び道路標識の設置を計画した。さらに、その機能を果たすためには、標識は道路の設計速度で走行している道路利用者へ適切なタイミングで、明確にメッセージを伝達しなければならない。これは、視認性の距離、適切な目標値、内容と配置のシンプルさ、必要に応じて効果的な照明や反射効果が必要である。

(2) 道路鋳

道路鋳の機能は道路標示に類似している。道路鋳は、中央線、車線などを示し、明るくラインを表示するために路面上に固定されており、現在では広く運転者に明確なメッセージとの交通の流れを制御するために必要であると認識されている。

道路の車線は、従来から抵抗の少ない道路鋳や視認性の高い塗料による方法や、多くの場合、高速道路の両側に短い突起で他の反射板と一緒に表示している。しかし、夜間走行のドライバーは、どこで道路が終わり、どこで道路方向が変化するかを確認することができない。十分な数の道路照明がなければ、暗い道路に沿ってドライバーを案内する何らかの手段を設ける必要がある。近年最新の「太陽光発電道路鋳」(アクティブ道路鋳)は、道路設計のための選択肢として設置されており、夜間走行の中で道路状況と線形を確認すること可能である。

対象道路はほとんどが無点灯エリアの中にあることから、以下に示す自発光/太陽光発電LED道路鋳の利用が望ましい。



図 8.6.1 自発光/太陽光発電LED道路鋳(例)

(3) ガードレール

ガードレールを設置する目的は、道路を逸脱した車両に起因する潜在的な事故の重症度を減少させることである。道路は、盛土または斜面、樹木、橋脚、擁壁、または電柱に接しており、それらを除去することは不可能である。これらの場合には、ガードレール

を設置する必要がある。ガードレールは道路をより安全にし、衝突の重症度を軽減することができる。

ガードレールは、大きな事故状況に対してドライバーを完全に保護することではない。それは、車両の大きさと速度がガードレールの能力に影響を与え、ガードレールに衝突した車両の方向など、他の多くの要因がある。

幹線道路のガードレールの使用は、高盛土区間、交差点及び橋梁との取付け道路区間に設置される。歩行者用のガードレールは、道路を通行している歩行者を防護するために使用され、一般的に横断歩道、学校、集落などのような潜在的に危険な場所に設置する。また、歩行者用ガードレールは、特定された場所で道路を横断することができる点にガードレールで繋げること、歩行者を妨げるよりも支援するために使用される。ガードレールは、安全上の理由及び交通の流れへの悪影響を回避するために考慮され、歩行者が無差別に道路を横断するのを防止する機能がある。

(4) 街路灯

照明の基本計画の特徴は、夜間の環境の改善に資する提案である。交通と歩行者の安全のための効率的な照明が不可欠であり、夜間の視認性向上に配慮することは、多くの理由から非常に望ましい。幹線道路、サービス道路、歩道を照らすことは、要求事項を考慮し、犯罪防止に効果的な設置を検討することが必要である。

(5) 施設帯

新設道路の供用後、都市と商業エリアが道路に沿って開発され、電気・通信施設などのライフラインの需要が急速に増加する。この状況を予想すると、ROW内の道路沿いに施設帯を考慮する必要がある。

8.6.3 提案される道路付帯施設

(1) 交通標識、路面標示及び道路鋸

検討の結果、以下に示す交通標識と路面標示の設置を提案する。

表 8.6.1 提案される道路標識と路面標示

道路付帯施設	提案
交通標識	速度規制、追越禁止、カーブ注意など規制標識を計画した
情報案内板	都市名、河川名など情報案内板を計画した
鉄道交差標識	クアンバ地区において、鉄道を平面交差する箇所に鉄道警戒標識を計画した
路面標示	路肩（黄色、実線）および車道中心（白線、破線）に路面標示を計画した
道路鋸	起終点の現道との橋梁の取付け区間及び交差点区間は自発光タイプ、それ以外の区間は、キャッツアイを計画した

また、クアンバイパス道路や、ナカラ港アクセス道路およびナンプラ南部バイパス道路の 2 車線暫定供用時は、道路中心に車線分離標（ラバーポール等）の設置も検討したが、路肩に大型トレーラーが停車した場合、側方を大型トレーラーが通過することが困難なため、車線分離標は計画せず、路面標示と道路鋸による安全対策とした。



図 8.6.2 我が国の車線分離標の例（2 車線暫定供用時には適用しない）

(2) ガードレール、横断防止柵

ガードレールは、盛土高さ 2m 以上、立体交差および橋梁との取付け区間に計画した。さらに、完成形の低盛土区間においては、歩行者の横断防止のために中央分離帯に横断防止柵を計画した。

(3) 街路灯

街路灯は、交差点、立体交差および橋梁区間に計画した。照明器具は、低消費電力型の LED 照明を計画した。

(4) 施設帯

対象道路の全線において、施設帯として電気・通信ケーブル用のさや管を計画した。

(5) ボックスカルバート

ボックスカルバートは、現道が分離されることによる機能補償として、既存道路の利用状況により、3 種類のボックスカルバートを計画した。

表 8.6.2 提案される道路用ボックスカルバート

ボックスカルバート	幅 (m)	高さ (m)	対象とする車両
主要ボックスカルバート	5.0	5.0	大型車と小型自動車の離合を可能とした
準主要ボックスカルバート	4.5	4.0	小型自動車同士の離合を可能とした
マイナーボックスカルバート	3.0	3.0	歩行者を主体とし、緊急車両にも配慮した

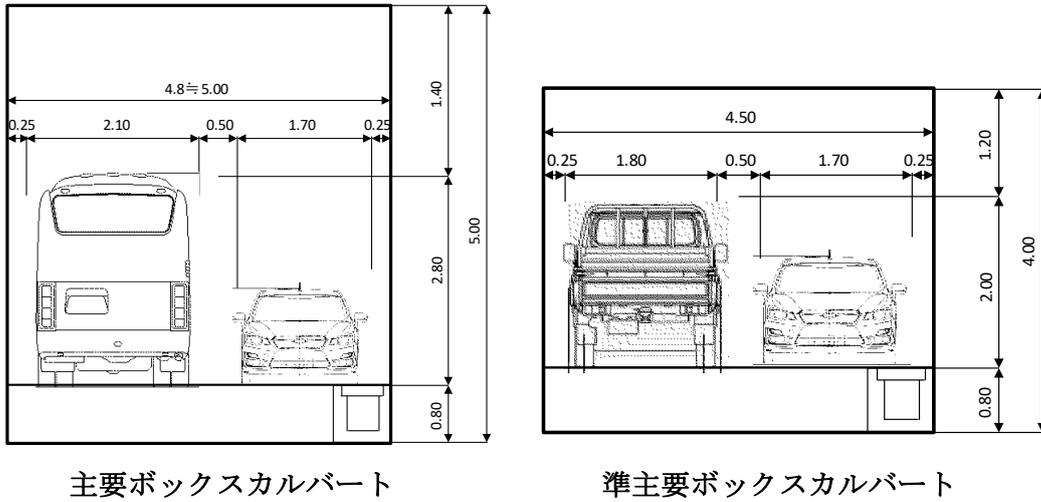


図 8.6.3 ボックスカルバートの断面

これらの付帯構造物施設の配置図を、参考資料として添付する。

また、次ページの表に、提案される道路付帯施設の一覧を示す。

表 8.6.3 提案される道路付帯施設

道路付帯施設	ナカラ	ナンプラ	クアンバ
車道用ボックスカルバート	○	○	○
歩道用ボックスカルバート	—	—	○
護岸工	—	○	—
根固め工	○	—	○
じゃかご工	○	○	○
縁石工	○	○	○
ガードレール	○	○	○
横断防止柵	○	○	○
区画線	○	○	○
交通標識	○	○	○
鉄道平面交差標識	—	—	○
案内板	○	○	○
KM ポスト	○	○	○
道路鋌	○	○	○
道路照明	○	○	○
信号機	○	○	○
施設帯	○	○	○

(6) ユーティリティ

将来沿道が開発され、電気・通信施設等のライフラインの需要が拡大することを想定して、事前にユーティリティ用のパイプの設置を計画した。

8.6.4 将来的に配置が望まれる道路付帯施設

本節は、7章で配置を提案した各種施設のうち、本事業での整備対象外となる施設について、以下に、その施設の概要と整備の考え方を記述する。

(1) 歩道橋

対象道路の歩道橋の主な目的は、すべての道路利用者の安全を確保しながら、歩行とサイクリングを容易にし促進する。したがって、歩道橋タイプは、歩行者の流れと動きを考慮し、NMT (Non-Motorised Transport) を考慮した通行方式としてウォーキングやサイクリングに関心を示す人々を促し、歩道橋を利用する人を促進するなどを条件とする。

今回の対象道路には、歩行者ボックスカルバートの設置を基本とし、それ以外での乱横断を誘発する可能性のある歩道橋の設置は見合わせた。

(2) 車両計量所

過積載車両は、道路構造物に重大な損傷を引き起こし（舗装や橋）、また、重心の移動による不安定性、タイヤの破壊、ブレーキ構造の破壊など交通事故を引き起こす。また、道路を通過する全ての過積載車両は、舗装の構造に対して瞬間的には影響は小さいが、大きな変形を引き起こす。多くの過積載車両は、舗装のひび割れによる損傷、徐々に舗装に変形を伝える累積的効果をもたらす。したがって、過積載車両は、舗装性能に対して一日ではなく年間累積で影響する。

この共通認識に基づいて、ANEは、2014年末現在の15台の車両計量所を配置している。以下の表は、車両計量所の位置を示す。

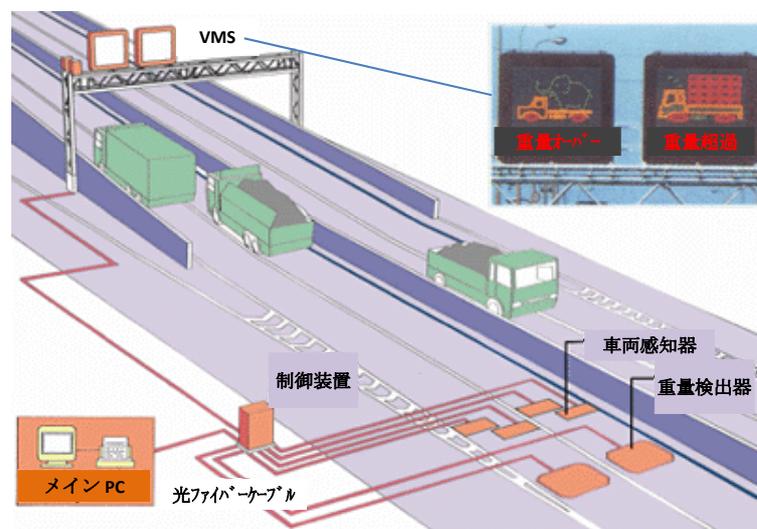
表 8.6.4 2014 現在の車両計量所の位置

名称	国道	行政区分（州）
Matola Rio	N2	Maputo
Texlom	N4	Maputo
Michafutene / Zimpeto	N1	Maputo
Macia	N1	Gaza
Inharrime	N1	Inhambane
Save	N1	Inhambane
Dondo	N6	Sofala
Inchope	N1	Sofala
Vanduzi	N7	Manica
Matundo	N7	Tete
Mussacama	N7	Tete
Maue	N304	Tete
Nicoadala	N1	Zambezia
Nacala	N12	Nampula
Sunate	N1	Cabo Delgado
Pemba	N1	Cabo Delgado

対象道路は、多くの大型車両が本道路を利用するようになるようにバイパスとして設計されている。したがって、過積載車両を制御する大型車両計量所の設置は、ANE の大型車両計量所計画と幹線道路網を考慮して検討する必要がある。

7章には、具体的な位置の候補としての車両計量所の位置を示しているが、施設整備までが本事業の対象ではないことから、具体的な設置位置や設置内容の検討はしていない。

なお、従来の計量台のシステムとは異なる高度な技術として“Weigh-in-Motion: WIM（走行しながらの計量）”があり、走行中計量として、走行中の車両に対して軸重や車両総重量を計測できるものである。



出典: 国土交通省

図 8.6.4 WIM システムの概念

(3) 道路沿道施設（道の駅）と物流施設

供用後には、物流、商業、製造業など様々な経済部門への投資を誘致、対象地域の開発の可能性が高まるなど非常に期待されている。この期待を考えると経済発展の促進施設を検討すべきであり、道の駅や物流施設は、地域経済や雇用の創出、地域社会と地域統合のための公共サービスの提供にプラスの影響を与えることは明らかである。

「道の駅」は、ドライバーと地域社会の両方のための多機能沿道設備として定義することができる。ドライバーのために休憩施設を提供し、地域社会のために市場空間を用意することにより所得創出の機会を提供する。また、道の駅の運営により沿道地域の人々の参加を通じた社会活動だけでなく、地域経済も促進する。

物流施設に関しては、広い領域のための効果的かつ効率的な輸送と物流システムを確立するために、重要な課題の一つは、倉庫や多様なターミナルなど異なる物流方式を接続するための物流施設とサービスを開発することである。そのため、多様なターミナルは

ナカラ、ナンプラおよびクアンバで、種々の物流方式の一体化のために検討されることが望ましい。



提供:道の駅ガイドライン、ケニアの道の駅の技術資料、世銀

道の駅

検討すべき機能

- ・トラック運転用の休憩エリア (休憩施設、レストラン)
- ・トラックの保守整備、修理 (給油所)
- ・コミュニティ市場 (市販物、農産物市場)



物流施設

検討

すべき機能

- ・ナカラ港やその他の場所からの貨物トラック及び貨物車駐車場
- ・混載と小型トラックへ積替え
- ・貨物と容器の一時保管 (レンタル)、倉庫 (一般/冷凍/冷蔵倉庫)
- ・LCL(Less-than-Container Load)貨物の連結
- ・貨物の取出し、詰込み

図 8.6.5 道の駅及び物流施設の概念と機能

モザンビークにおける「道の駅」整備ガイドラインは、“ナンプラ-クアンバ間道路改善計画 (2007年)” のフィージビリティ調査の中で実施された道の駅のパイロットプロジェクト (アンシロ道の駅) の結果として、計画、設計および運用/管理に関する技術的な基礎資料として整理されている。

(4) 高度道路交通システム (ITS)

高度道路交通システム (以下、ITS) は、通信技術を適用して道路の交通に関連する様々な問題を解くことによって、道路交通を強化することを目的とするシステムである。本調査では、その必要性や近い将来の目標、道路上のその導入の利点について検討した。ITS は、ドライバーの行動の意思決定を促すために「道路閉鎖」のような道路交通情報を提供するものである。

ITS は、「収集」、「処理」と「提供」で構成される。特に膨大な「処理」を行わなければならない場合は、管制センターで行われる。路側に設置されている「収集」「提供」に関する主な ITS 機器を以下に示す。

表 8.6.5 ITS 施設の種類

名称	内容	概念
VMS (Variable Message Signboards) [目的] 道路交通情報の表示	(画像式) 単純な画像によって情報を提供	
	(表示式) メッセージによって情報を提供	
ATCC (Automatic Traffic Counting and Classification) [目的] 交通量測定、車速、車の占有率の測定	(超音波式) 超音波によって車両を計測	
	(カメラ式) 画像処理によって車両を計測	
CCTV (Closed Circuit Television) [目的] 道路状況の監視	(高性能式) 固定又は回転カメラにより、高解像度で屋外環境の監視のために使用	
	(低性能式) 一般的に通常の広範囲の監視のために使用。上記よりも安価。	

8.7 施工計画

8.7.1 工事概要

本プロジェクトの工事概要を以下に示す。

表 8.7.1 工事概要

路線名	工事内容	
ナカラ港 アクセス道路	道路土工	道路延長 L=15,203m 道路(舗装)幅員 W=11.50m (本線：アスファルト舗装、側道：DBST 舗装)
	海上橋梁	28 径間連続 PC-I 桁橋 L=840m
	河川橋	単純 PC-I 桁橋 L=34m
	跨道橋	高スペック案：7 径間連結 PC-T 桁橋 L=210m ベーシック案：平面交差
ナンブラ南部バイ パス道路	道路土工	道路延長 L=30,590m 道路(舗装)幅員 W=11.50m (本線：DBST 舗装、側道：DBST 舗装)
	跨線橋	コンクリート合成床版橋 L=57m L=86m
	跨道橋	高スペック案：単純 PC-I 桁橋 L=40m (R686), 240m (N1) ² , 30m (N104) ベーシック案：平面交差
	河川橋	連結 PC-I 桁橋 L=60m L=60m L=60m L=90m
	補償橋梁	高スペック案：単純 PC-I 桁橋 L=30m L=80m×6 橋=480m ベーシック案：単純 PC-I 桁橋 L=30m
クアンバイパス 道路	道路土工	道路延長 L=12,050m 道路(舗装)幅員 W=11.50m (本線：DBST 舗装、歩道：DBST 舗装)
	河川橋	高スペック案：連結 PC-I 桁橋 L=240m L=90m L=90m、 鋼鋼床版合成床版橋 L=35m ベーシック案：連結 PC-I 桁橋 L=240m L=90m L=90m

出典：JICA 調査団

8.7.2 施工方法

本プロジェクトは、盛土工や舗装工などは一般的な工法が主体となるが、以下の特殊工法が存在することから、その概要を説明する。

² 設計に関する詳細情報は付録-8 に記載の通り

(1) 橋梁基礎工：場所打ち杭

一般的な、場所打ち杭の施工方法の比較表を以下に示す。橋梁設置箇所においては、河川際で地下水位が高いことから、リバース工法を場所打ち杭の施工方法として推奨する。

表 8.7.2 場所打ち杭打設工法の比較

施工法	アースドリル工法	リバース工法	オールケーシング工法 (全周回転式)
概念図			
適用径	0.8m～3.0m	0.8m～3.0m	0.8m～3.0m
標準適用深	30m～60m	30m～60m	20m～40m
地下水位	困難	問題なし	問題なし
硬質地盤への対応	軟岩・硬岩への対応は困難	不可	ほとんどの土質に対応可能
コスト	安価	標準	高価
施工期間	早い	遅い	標準
評価	推奨しない	推奨する	推奨しない

出典：JICA 調査団

なお、ナカラ港アクセス道路における海上橋梁については、水深が満潮時で 4m 程度であるため、「栈橋施工による鋼矢板締切り工法」を想定する。その際には、鋼矢板工法の嵌合部に止水材を使用することにより、締切内への海水侵入を最小限に抑えることができ、湾内への濁水流出を少なくし、湾内への工事の影響を抑えることが期待される。

(2) 橋梁上部工

本事業における橋梁支間長は、ほぼ 30m 以下であり、また、PC 桁の現場制作にも支障がないため、架設機材の調達が容易で経済的な架設方法である「PC 桁クレーン架設工法」が適している。

なお、クアンババイパス道路の Muranda 川への架橋は、支間長 40m×6 径間であり、河川幅が広く水量も多いため河床へのクレーン侵入が困難であることから、この橋梁のみは、クレーン架設ではなく、「架設桁架設工法」が適している。

(3) 海上橋梁

ナカラ港アクセス道路における海上橋梁の施工箇所は、前述のとおり、栈橋施工が必要となる。なお、干潮時の水深はほぼ0mであるため、栈橋の構築は、干潮時での陸上施工が可能であり、台船による施工は必要ないと考える。以下に、海上橋梁の施工手順を示す。

- ① 仮設栈橋設置（干潮時施工）
- ② 締切り鋼矢板打設（止水材併用など）
- ③ 掘削工（ポンプ排水併用）
- ④ 基礎工～橋脚施工
- ⑤ 上部工施工
- ⑥ 締切り鋼矢板撤去
- ⑦ 仮設栈橋撤去

(4) 道路工事

想定される進入路

本事業の道路は新設道路であることから、工事区域内への進入路は現道との交差点からとなる。以下に、各対象道路の進入路となる現道との交差点を示す。

- ナカラ港アクセス道路： 3箇所（起点部、R702、終点部）
- ナンプラ南部バイパス道路： 4箇所（起点部、R686、N104、N1、終点部）
- クアンババイパス道路： 3箇所（起点部、N360、終点部）

土工の手順

本事業の道路横断構成には側道を有していることから、新設道路の土工時は、工事起点となる現道交差点から先行して側道を造成し、これを工事用道路として本線の切土工・盛土工をすることで路体・路床を造成することが可能である。

従って、側道を工事用道路として利用することが可能であり、新たな切回し道路や工事用道路が不要である。

また、上述の進入路から個別に本線の土工を進めることで、複数区間での全断面並行施工が可能となることから、工事工程の短縮を図ることが可能である。

概略設計時の方針にもある通り、切盛土のバランスを取るよう努力したが、不足する盛土については購入により調達するものとなる。概算での購入土量は以下のとおりである。

- ナカラ港アクセス道路：21,700m³（高スペック案）、110,000m³（ベーシック案）
- ナンプラ南部バイパス道路：86,000m³（高スペック案）、購入不要（ベーシック案）
- クアンババイパス道路：312,000m³（高スペック案）、64,000m³（ベーシック案）

跨線橋の施工

軌道上を横断する跨線橋は線路内工事となる。橋梁上部工形式を鋼・コンクリート合成床版橋とすることにより、架設重量が軽量となりクレーン架設が可能であり、床版コンクリート打設時の型枠支保工も不要となることから、列車の運行に与える影響を最も少なくできる。

また、軌道近接施工となる下部工施工時において、掘削時における軌道の変異などの計測施工を行うことにより、より安全性の高い施工が可能となる。

跨道橋の施工

現道との立体交差となる跨道橋の施工は、現道を立体化する場合においては、先に構築する本線跨線橋の側道を迂回路として活用することができる。

(5) 施工ヤード、仮設備ヤードの戦略的な確保・将来転用

工事に必要な施工ヤードや仮設備ヤード（標準的な広さ 10,000～30,000m²）は、ANE が、ROW 内や「モ」国により提供可能な沿道用地を事前に確保し、施工業者に提供して造成することを提案する。

これは、7 章において提案した「道の駅」「車両重量計測設備」などと統合的に考え、施工ヤードや仮設備ヤードの転用で、これらの用地を生み出せるように工夫すべきである。

8.7.3 工程計画

「モ」国は、雨季（10 月から 3 月）と乾季（4 月から翌 9 月）が存在する。当該建設地域には湿地帯があり、河川橋も多いことより乾季における施工を基本とする。ただし、工程上クリティカルとなる橋梁上部工工事は、雨季期間中での施工も可能と考え、橋梁下部工や土工工事は、事業実施工程の短縮という観点から、雨季入り前後の各 1 か月間は施工可能と考え、雨季の施工休止期間を 11 月から 2 月と想定した。

工事期間は、3 路線とも道路工事が主体であり、橋梁工事も各橋の同時施工が可能であると考え、施工期間を以下の施工パーティを想定して必要工期を試算した。

- ナカラ港アクセス道路：4 年間（48 ヶ月）道路 2 パーティ、橋梁 3 パーティ
- ナンプラ南部バイパス道路：5 年間（60 ヶ月）道路 2 パーティ、橋梁 2 パーティ
- クアンババイパス道路：3 年間（36 ヶ月）道路 1 パーティ、橋梁 1 パーティ

なお、各路線の工事において、施工ロットを分割することにより、投入パーティ数の増加が可能となり、施工期間の短縮は可能である。

8.7.4 調達計画

(1) 主要資材の調達計画

橋梁、道路工事で使用する主要材料を表 8.7.3 に示す。セメント、骨材、砂等は国内調達が可能であるが、鋼材、PC ケーブル等は、日本や他国からの調達が必要となる。

表 8.7.3 主要資材の調達計画

材料	調達先		備考
	「モ」国内	日本または第3国	
土工関連			
土	○		
砕石	○		
コンクリート			
セメント	○		
粗骨材	○		
細骨材	○		
砂	○		
生コン	○		
鉄筋		○	防食鋼材を含む
鋼材			
鋼板		○	鈹桁、鋼斜張橋
型鋼		○	仮栈橋、鈹桁、鋼斜張橋
鋼管杭		○	鋼管矢板基礎、鋼管杭基礎
ボルト・ナット類		○	
溶接材料		○	
塗装材料		○	
仮設材			
鋼矢板		○	海上橋梁締切工
覆工板		○	海上橋梁仮栈橋
H 鋼		○	海上橋梁栈橋杭
ベント		○	
橋梁用材料			
支承		○	
伸縮装置		○	
高欄		○	ステンレス仕様
防水シート		○	
PC ケーブル類		○	防食鋼材を含む
道路用材料			
照明		○	
ガードレール		○	
信号機		○	
排水関連材料		○	
燃料	○		
アスファルト	○		

出典：JICA 調査団

(2) 主要機材の調達計画

一般的な建設機材（主に道路建設機材）は「モ」国内で調達可能である。ただし、杭打ち機や上部工架設関連機材など橋梁工事に関わる多くの機材は、海外からの調達が必要となる。また、ダンプトラックに関しては、施工パーティ数によっては、海外からの調達も必要となる。

主要機材の調達計画を表 8.7.4 に示す。

表 8.7.4 主要機材の調達計画

材料	調達先		備考
	「モ」国内	日本または第3国	
バックホウ	○		0.8m ³ 、1.4m ³
ブルドーザー	○		21t、32t 級
ラフテレーンクレーン	○	○	25t 吊
トラッククレーン	○	○	50t～150t 吊程度
クローラクレーン	○	○	55t 吊
コンクリートポンプ車	○		90～110m ³ /h
杭打ち機		○	リバース式杭打ち設備
バイブロハンマ		○	60kw
モーターグレーダ	○		3.1m
タイヤローラ	○		8～20t
振動ローラ	○		3～4t
ロードローラ	○		10～12t
アスファルトフィニッシャ	○		2.4～6.0m
ダンプトラック	○	○	10t 積
PC 橋架設機材		○	防食仕様 PC 鋼材緊張器具

出典：JICA 調査団

8.8 事業費積算

8.8.1 積算の前提条件

(1) 積算作業の手順

本プロジェクトの概算事業費算定は、これまでの概略設計の結果による概算数量に基づき算出した。具体的な積算は、以下の手順にて実施した。また、各積算の根拠は付属資料に示し、本節では、結果のみを記載する。

- 材料および調達に関する調査
 - ANE の入札図書をもとに、契約単価および近隣国の実績を参考として用いた。調達事情に関しては、モザンビーク国内の主要なサプライヤーや、他国のサプライヤーの可能性も検討した。
 - これらの調査に関しては、材料、機器、労務および数量単価も含まれる。
- 積算に必要な基本的な指標
 - 為替レート、物価上昇率、間接費など把握した。
 - モザンビークでは間接費率を示したものがないことから、日本の国土交通省のガイドラインにて定められている率を、本プロジェクトに適用した。
- 積算
 - 積算は、ワーク・ブレイクダウン・ストラクチャー（WBS）法を用いた。この方法を適用するためには、プロジェクト目的を達成するために必要なすべての活動を明らかにする必要がある。これらは、それぞれ管理可能な部分に分割した。

(2) プロジェクト費用の算出

建設費の算出に加えて、プロジェクト費用全体を把握するために、下記の項目を対象として積算を行った。

- 準備費、機器のモビライ費用： 間接費として計上
- 設計および施工監理費： コンサルタントフィーとして計上
- 予備費を計上
- 政府負担費：用地取得費や移転補償費として計上
- 運営維持管理費：事業管理費として計上

(3) 積算条件

積算条件は、下記に示す通りである。

- 積算時期：2015年5月（単価取得時）
- 交換レート：1ドル = 120.4円（2016年4月時）
- 物価上昇率：1.8%（外貨）、5.1%（内貨）を想定
- 物理的予備費：10%（建設費）、5%（コンサルフィー）を想定
- 建中金利：0.01%（建設費）、0.01%（設計管理費）を想定
- 事業管理費：建設費+コンサルフィーの5%を想定
- 輸入税：工種単価で積算をしておき税金は含まれていると理解（現地調達が困難な資材については、別途輸入税を計上）

8.8.2 積算結果

(1) 建設ベースコスト

直接工事費、間接費および一般管理費から積み上げられた建設ベースコストの積算結果として、調査団による暫定費用を、暫定2車線供用時の高スペック案とベーシック案の両方を示す。

- 高スペック案：主要交差道路の立体交差、側道の歩道・車道分離（排水施設あり）
- ベーシック案：高スペック案のいくつかの立体交差部の平面交差化（8.5.3参照）、側道（DBST舗装）の歩道・車道非分離（排水施設なし）（8.5.1(3)参照）

表 8.8.1 建設ベースコスト（暫定版）

内訳	高スペック案 (百万ドル)	ベーシック案 (百万ドル)	備考
ナカラ港アクセス道路	128.0	85.1	海上橋梁、道路
ナンプラ南部バイパス道路	150.9	93.7	橋梁、道路
クアンババイパス道路	65.4	48.3	橋梁、道路
合計	344.3	227.0	

出典：JICA 調査団

(2) 総事業費

プロジェクトとしての総事業費の積算結果の現時点での概算費用を、表 8.8.2 に示す。ただし、以下に示す仮定をいくつかおいている。

- 予備費（物価上昇、物理的）は、現時点での想定を用いた。
- 紛争裁定委員会費は、建設期間中および1年間分について、建設費の大きいナカラ港アクセス道路およびナンプラ南部バイパス道路については3名を常駐とし、

クアンババイパス道路については1名を常駐と想定した。

- コンサルタントサービス費は、建設工事費の9%と想定した。
- 土地収用費は、RAPの完了後に具体的な数値が決まるものとし、現在は建設工事費の3%を想定した。
- 既存ユーティリティ移設費については、路線計画の段階で大きな移設対象物はないことは確認済みであるが、これもRAPの完了後に確定する。
- 旧橋撤去費は、対象となる橋がないことが確認されている。
- 輸入関税は、前述のとおり、現地調達が困難な資材を考えているが、現時点では大きなものは想定されていない。

現段階での総事業費は、294.4百万ドル（ベーシック案）～446.2百万ドル（高スペック案）の幅がある。

表 8.8.2 総事業費

内訳	比率	高スペック案 (百万ドル)			ベーシック案 (百万ドル)		
		ナカラ港 アクセス 道路	ナンブラ 南部バイ パス道路	クアンバ バイパス 道路	ナカラ港 アクセス 道路	ナンブラ 南部バイ パス道路	クアンバ バイパス 道路
I 建設工事費		141.8	167.2	72.4	94.3	103.8	53.5
(1) ベースコスト	-	128	150.9	65.4	85.1	93.7	48.3
(2) 物価上昇予備費	0.008	1.0	1.2	0.5	0.7	0.7	0.4
(3) 物理的予備費	0.1	12.8	15.1	6.5	8.5	9.4	4.8
(4) 紛争裁定委員会	-	0.8	1.0	0.2	0.81	0.972	0.216
II コンサルタントサービス		24.1	28.4	12.3	16.0	17.6	9.1
(5) D/DとSV	0.09	11.5	13.6	5.9	7.7	8.4	4.3
(6) 物価上昇予備費	0.008	0.1	0.1	0.0	0.1	0.1	0.0
(7) 物理的予備費	0.1	1.2	1.4	0.6	0.8	0.8	0.4
III 既存ユーティリティ移設費	-	0	0	0	0	0	0
IV 旧橋撤去費	-	0	0	0	0	0	0
V 土地収用費	0.03	4.3	5.0	2.2	2.8	3.1	1.6
VI 事業管理費	0.05	7.1	8.4	3.6	4.7	5.2	2.7
VII 輸入関税	-	0	0	0	0	0	0
合計 (I～VII)		165.9	195.6	84.7	110.3	121.4	62.6
			446.2			294.4	

出典：JICA 調査団

第 9 章 プロジェクト効果を高める技術

9.1 提案する技術

本章は、我が国をはじめとした先進的な技術のうち、本事業を進めるにあたり、経済的な側面や環境負荷の側面において優れているものや、施工時の効率性や施工品質の確保に寄与するもの、および、事業完了後の維持管理に有効なものを検討したものである。

調査団は、これまでに把握した現地の事情や特殊性をふまえ、以下に示す技術の適用を提案する。

- AT-1: 鋼・コンクリート合成床版桁橋（含：耐候性鋼材）
- AT-2: 樹脂塗膜（被覆）PC 鋼材/鉄筋（エポキシ樹脂、ポリエチレン充填等）
- AT-3: 鋼矢板と膨張止水材の併用による仮締切
- AT-4: 多機能マットによる法面保護
- AT-5: 計測施工による周辺地盤等への影響/ 施工監理時のモニタリング
- AT-6: モバイルマッピングによる舗装維持管理（道路アセットの管理）

提案する技術の概要を以下の表にそれぞれ示す。

表 9.1.1 提案する技術の概要

技術の種類	技術の概要	日本技術の優位性	適用路線	コスト・工期への効果
AT-1: 複合桁(対候性鋼材含む)	薄く軽い桁により土工量の軽減と建設中の鉄道運行への支障を軽減できる。対候性鋼材の併用によりメンテナンスフリーとなる。	日本にて数多くの事例と研究開発がある。	2つの跨線橋(ナンプラ南部バイパス道路)	建設費としては概ね一般的なものと同等であるが、建設期間の短縮が見込まれる。
AT-2: 樹脂塗膜 PC 鋼材・鉄筋	PC ケーブルに適用の際には対塩性が高まる。	PC ケーブルへの塗膜が一般的であり標準化もされている。	海上橋の PC 鋼材(ナカラ港アクセス道路)	材料費に対しては小幅な増額であるが、橋梁の対塩性による延命化につながる。
AT-3: 鋼矢板と膨張止水材の併用による仮締切	この技術により建設中の仮締切からの漏水を防ぐことができる。	日本の建設現場では一般的となっている。	海上橋の基礎工事(ナカラ港アクセス道路)	環境的にセンシティブなナカラ湾における泥水の排出を防ぐことができる。
AT-4: 法面保護用の多機能マット	切盛土による法面を効果的に浸食保護することができる。	日本の新技術として登録されている。	ナカラ港アクセス道路やナンプラ南部バイパス道路の法面	浸食防護は重要な課題であるとともに、メンテナンスフリーのマットは有効である。
AT-5: 計測施工・情報化施工	建設機械への ICT 技術の適用により、未熟なオペレータにおいても一定の出来形品質を確保可能であるとともに、遠隔地でのモニタリングが可能となる。	日本の建設現場にて新たに適用が始まっている。	全ての対象道路の建設現場で可能(ナカラ港アクセス道路、ナンプラ南部バイパス道路、クアンババイパス道路)	質の高い土木工事が可能となり計測不能な効果がある。
AT-6: モバイルマッピングシステム(MMS)	モバイル機器での全周囲画像の取得と、三次元計測が可能解析技術により道路管理ツールとして効果的である。	MMS 自体は世界中にあるが、日本のものはより柔軟で特許取得済みのものである。	全ての対象道路で可能(ナカラ港アクセス道路、ナンプラ南部バイパス道路、クアンババイパス道路)	道路インベントリや路面性状を精度よく把握可能であるとともに、記録した映像をもとに適切な道路管理が可能となる。

次節より、各技術の概要と事業費や工期等の観点からの優位性について詳述する。

9.2 鋼・コンクリート合成床版桁橋（含：耐候性鋼材）

(1) 技術の概要

モザンビークの地方部では RC 橋の実績が最も多く、近年では、現場ヤードで製作が可能なポステン I 桁、PC 床版桁等の採用が多くなってきている。これに対して、スパン 40m 程度以下の橋に鋼橋の実績はほとんどない。これは、鋼桁を製作できる施設が無く、地方部では特に材料を運搬するための道路整備が行き届いていなかったこと、メンテナンス技術がなかったこと等が挙げられる。

近年では、ナンプラ、クアンバ等の主要都市を結ぶ道路が整備され、物資の運搬に関しては飛躍的に能力がアップした。また、耐候性鋼材のようなメンテナンスフリー鋼材が開発されており、コスト面をクリアできれば鋼橋採用の可能性も出てくる。

鋼橋のコストを下げるための手法の一つは、「薄く・軽い」桁を採用することにより鋼重を低減し、下部工を小さくすることである。合成床版橋は、これらの特性を活かした橋梁として、日本において技術開発が行われ数多く実績がある。

9 章の橋梁形式の検討の中で比較されている通り、跨線橋や跨道橋において、桁下への影響（跨線橋の場合は鉄道運行への支障）が最小で、工期短縮が見込まれ、経済性（桁厚を薄くすることによる土工費用の軽減）にも優れているものとして、他の選択肢である PC-I 桁橋や連続鋼板桁橋より優位であった。

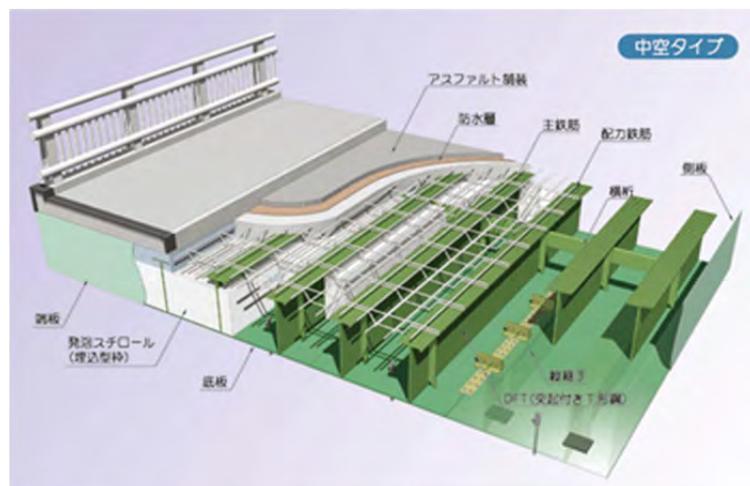


図 9.2.1 鋼・コンクリート合成床版橋の概要図

なお、本橋梁については、ANE 総裁の我が国での視察時に、複数の実橋を見学しており、その床版厚の薄さを体感している。

(2) 耐候性鋼材の適用（曝露試験）

同橋梁に適用する鋼材には、供用後の鋼材のさびに関するメンテナンスが不要となる、耐候性鋼材を推奨する。耐候性鋼材は、鋼材に Cu、Cr、および Ni などの耐候性向上に有効な元素を微量添加した鋼材であり、鋼材表面に緻密な「さび」の層を形成させ、このさびの層が、鋼材の表面を保護する役割を果たすことにより、鋼材の長期的な腐食減耗量を低く抑えることができるものである。

2016年1月より、モザンビークの下記4箇所において、本件調査の一環として、ワッペン試験（曝露試験）を実施中であり、耐候性鋼材の現地環境での防食性能の適用性について確認をしている。

- ANE 本部
- ナンプラ州 ANE 事務所
- ナカラ湾 ANE ゲストハウス
- Katembe 橋工事事務所

耐候性鋼材と一般鋼材の腐食状況をモニタリングし、実施開始から1年後には、耐候性鋼材の防食性能の適用可能性を確認することができる。同鋼材は、我が国においては、数多く実地試験が行われており、沿岸部からは20km以上離れた場所においては、その適用可能性が国内の工業製品に関する国家規格で定められている。「モ」国における試験結果は、耐候性鋼材（SMA-W/JIS G3114）は「モ」国の海岸付近でも適用可能であることを示す（試験結果は付録-9参照）。

(3) コスト・工期

鋼・コンクリート合成床版橋に関しては、9章の橋梁選定の節で詳述したとおり、PC-I桁橋に比べて1.05倍程度の工費の違いしかない中、工期を17.5か月から3.5か月も短縮することが可能となる。

9.3 樹脂塗膜（被覆）PC鋼材/鉄筋（エポキシ樹脂、ポリエチレン充填等）

(1) 技術の概要

ナカラ港アクセス道路に設置する予定の海上橋梁（840m）において、橋梁選定の結果は、PC-I桁橋が最も経済的な橋梁と採用された。このPC-I桁に用いるPC（Pre-Stressed Concrete）鋼材は、沿岸部であることから、その塩害に対する耐久性が、PC-I橋の寿命に大きく左右されることになる。

特にPCケーブルについては、樹脂でケーブルをコーティングすることで防食性能を高めた鋼材が日本にて開発されており、近年、日本国内にて数多く採用されている。

これは、施工上の品質の課題でもあるPC鋼材を収めるシースへのグラウトの注入不良に

よる不具合が散見されるようになり、プレストレスを適切に維持するための方策として、塗膜（被膜）された PC 鋼材の適用が適していると注目されているものである。

現在、同技術に対しては、エポキシ樹脂系の PC 鋼材と高密度充填が可能なポリエチレン系の 2 種類があり、日本の鋼材メーカーと、それを扱うことが可能な日本の施工業者が複数存在する。

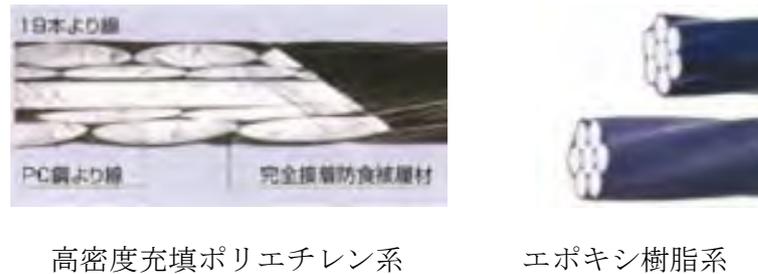
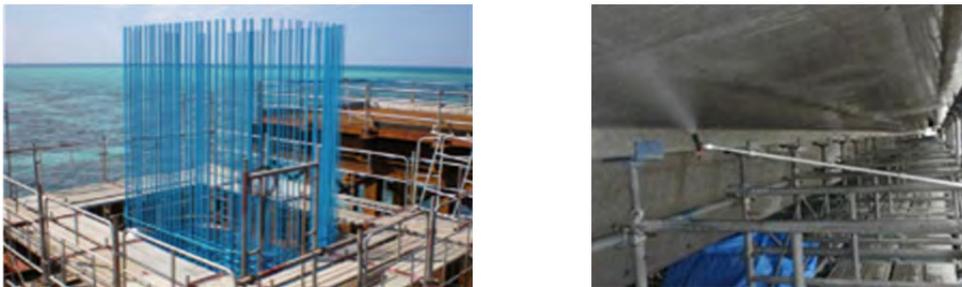


図 9.3.1 樹脂塗膜（被覆）PC 鋼材のイメージ

また、エポキシ樹脂を塗装した鉄筋の適用や、塩害防止剤のコンクリート表面への塗布なども、塩害によるコンクリート劣化を防ぐ技術として推奨される。



エポキシ樹脂塗装鉄筋 コンクリート表面への塩害防止剤の塗布

図 9.3.2 塩害防止に関する適用技術の例

(2) コスト・工期

PC 鋼材や樹脂塗装・防止剤の適用は、それ自体は、一般の製品に比べてコストはかかるが、施工時の品質管理に起因する PC 鋼材の劣化を懸念することなく、かつ、PC-I 桁橋の塩害による影響を防止することができる効果は、同材料の適用の費用よりも効果があると考えられる。

9.4 鋼矢板と膨張止水材の併用による仮締切

(1) 技術の概要

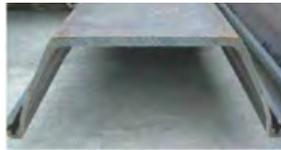
ナカラ港アクセス道路の海上橋梁は、浅瀬での橋梁基礎の構築となることから、施工時の仮締切においては、高価となる鋼管矢板の適用は不要であり、鋼矢板の適用が適している。また、閉鎖湾であるナカラ湾において、建設時の汚泥排出を最小限にするためには、適切な締切時の止水対策が必要となる。

このような中、漏水分を排水ポンプで排水する以外としては、その止水対策としては、二重締切か膨張止水材の適用が考えられる。

下記は、特殊な鋼矢板（爪部のある鋼製鉛直遮水壁）と膨張止水材と組み合わせることで、仮二重締切よりも安価に、締切時の漏水を最小限に抑えることができる工法である。



鋼製鉛直遮水壁



膨張止水材（水膨張ゴム、シリコン、ベントナイト等）

図 9.4.1 海上橋への適用を推奨する仮締切技術

(2) コスト・工期

前述のとおり、二重遮水壁より、仮締切に擁する時間や必要鋼材数の減少による費用軽減が見込まれる。最も安価な工法は、排水ポンプによる常時汚泥の排水であるが、環境面において、同湾での適用は推奨できない。

9.5 多機能マットによる法面保護

(1) 技術の概要

ナカラ港アクセス道路の沿道は、雨期の表流水の影響により浸食が見られやすい区域であり、道路整備に伴い発生する切土や盛土の法面への保全・雨期時の浸食防護が一つの課題となることが想定される。

このような中、我が国の法面保護技術の一つである多機能マットが、切盛土区間の法面に施されることを推奨する。



図 9.5.1 多機能マットの一例（出典：NETIS 新技術情報提供システム）

これは、従来、植生機材吹付工や、植生マット工や植生シート工よりも、マット敷設時から土壌侵食防止の機能を発揮するとともに、植生の定着を促すことが期待される。

(2) コスト・工期

他の吹付け工と比べて、敷設とピンでの固定のみでよいため、材料費以外の大きな費用増とはならないと想定される。また、敷設後の維持管理の必要はないため、安価に設置できると考える。

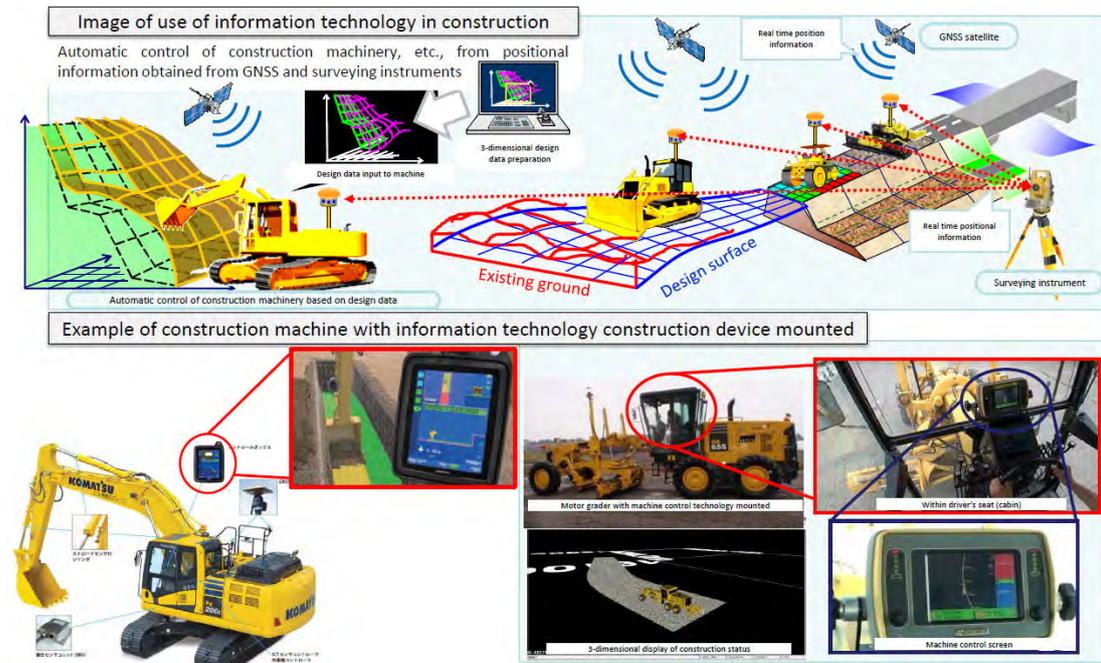
9.6 計測施工による周辺地盤等への影響/ 施工監視時のモニタリング

(1) 技術の概要

日本においては、都市周辺部における道路工事の場合、その周辺部への影響を計測しながら施工することを義務づけることが一般的である。特に切土・盛土周辺に立地する住宅地や沿線に整備されている鉄道のレールの沈下量、または変位量を計測しながら施工を進めている。

ナンプラ南部バイパス道路においては、跨線橋が二か所存在し、石炭輸送貨物（延長 2km にも及ぶ運用）や他の貨物・旅客運行を行いながらの施工となることから、この鉄道レールへの影響を計測・監視しながら、跨線橋の橋脚やアプローチ部の盛土施工を行うことが重要であると考えられる。日本における例としては、軌道計測（軌間、水平、高低、通りの 4 項目を 5m 間隔で測定）を 2 回/日の頻度で実施し、軌道変動として管理基準（警戒値・工事中止値・限界値）を定めて常時監視した例がある。このような跨線橋での施工に際する計測施工の実施を推奨する。

また、ANE が日本で視察した施工技術の一つであり、日本においても導入が始められた「情報化施工」の適用を提案する。これは、未熟な技能である建設機械のオペレータに対して、施工精度確保のための施工完了面を具体的に指示するものであるとともに、特にモザンビーク特有の遠隔地での施工出来高の把握を可能とするものである。施工請負者に GPS 計測による管理と、これに適した建設機材の使用を義務付けるものである。



出典： 本邦招聘プログラム研修資料（国交省関東地方整備局北首都国道事務所）

図 9.6.1 情報化施工の適用イメージ図



図 9.6.2 ANE 総裁による視察状況（圏央道建設現場）

(2) コスト・工期

これらの技術の適用は、施工監理を行う上での追加費用として計上するとともに、施工業者については、道建設機材を有するとともに実績のある企業の参加を義務付けることとなることから、施工品質の確保に一定以上の成果を期待することができる。

9.7 舗装維持管理（モバイルマッピング・全集画像）

(1) 技術の概要

国際回廊の一部として機能することが求められる当該道路の適切な維持管理を行うためには、これまでの ANE による道路維持管理の方法であった、点検員による目視確認や IRI 等の計測車両による計測結果の数値ではなく、定期的に取得する全周映像とそこから計測される路面性状や道路付属物などの統合的な管理が求められる。

特に、管理対象が ANE 州事務所や本部からは遠隔地であることから、いかに効率よく迅速に全集映像が取得でき、かつ、映像と位置情報や 3D 座標を統合的に活用できるシステムの上で、ANE 本部などの遠隔地からでも技術的判断が行えるものが良い。

このような課題を解決するシステムとして、モバイルマッピング・システム（MMS）を活用した道路維持管理システムの構築を提案する。技術的には以下のような機能を有するものを推奨する。

- 地図と連動した全周映像を生成できるもの
- 映像中の事物の 3 次元絶対座標を取得できるもの
- 映像から直接 3 次元の位置・距離・面積計測が可能なもの
- 映像中に資産台帳情報等のタグをつけることが可能なもの

なお、本事業における整備区間のために導入をすることにより、国際回廊であるナカラ回廊全体の道路の維持管理への活用と統一的な維持管理の運用も可能となることが期待できる。

(2) コスト・工期

これまで同様の維持管理と比べて、計測（全周映像の撮影）の容易性や、取得後のデータの解析時間、様々な職員による直観的な活用による維持管理の計画立案の妥当性確保、維持管理作業の出来高管理への活用など、導入による効果は十分にあると考える。

また、全集映像の取得とその映像からの位置座標の取得の容易性は、撮影機材が車両のみに依存せず、バイク、ドローンおよび人による運搬撮影も可能であることから、新設時の移転対象家屋の同定などにも効果的に活用できると考える。

第 10 章 プロジェクト評価

10.1 プロジェクト評価の目的および概要

プロジェクトの経済評価は、モザンビーク国のマクロ経済的観点から、ナカラ港アクセス道路、ナンプラ南部バイパス道路、およびクアンババイパス道路の整備事業の効果を推計し、プロジェクト実施の経済的妥当性を評価することを目的とする。

定量化された経済費用および経済便益に関する評価方法は、標準的手法である割引キャッシュ・フロー法に従って、経済内部収益率（Economic Internal Rate of Return: EIRR）、純現在価値（Net Present Value: NPV）および費用便益比（B/C）を算定するものである。

上記の評価指標の検証の他に、地域開発効果・交通事故減少効果・CO₂排出削減効果に関し、定性的な検討も行った。

10.2 経済分析の前提条件

10.2.1 経済価格への変換係数

市場価格ベースの事業費積算価格には、税金・関税等が含まれている。経済分析に用いる経済価格費用は、財務価格から税金・関税等の移転項目部分を控除して求めた。事業費積算価格を経済価格するために用いる変換係数（シャドーレート）については、モザンビーク国貿易統計を用いて算出し、0.8811 を本調査での変換係数として採用した（表 10.2.1）。

表 10.2.1 変換係数（シャドーレート）

Year	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	Average
1. Import	96,603	109,424	123,944	159,389	209,578	339,800	405,108	401,483	230,666
2. Export	74,638	81,948	89,990	108,659	127,587	140,228	146,451	162,981	116,560
3. Import Duties	17,292	19,587	22,186	28,531	37,515	60,824	72,514	71,865	41,289
4. 1+2	171,242	191,372	213,934	268,049	337,165	480,028	551,559	564,464	347,226
5. 1+2-3	153,950	171,785	191,748	239,518	299,651	419,204	479,044	492,599	305,937
6. SEC	1.1123	1.1140	1.1157	1.1191	1.1252	1.1451	1.1514	1.1459	1.1350
7. SCF	0.8990	0.8977	0.8963	0.8936	0.8887	0.8733	0.8685	0.8727	0.8811

出典: Customs Office, Ministry of Finance

Note: SEC: Shadow Exchange Coefficient

SCF: Standard Conversion Factor

10.2.2 その他の前提条件

その他の経済分析における主な前提条件は、以下の通り設定した。

- | | |
|--------------|-------------------------------|
| 1) 建設開始 | : 2019年(ナカラ・ナンプラ)、2020年(クアンバ) |
| 2) 供用開始 | : 2024年(全地点) |
| 3) 4車線供用開始 | : 2035年(ナカラ・ナンプラのみ) |
| 4) プロジェクトライフ | : 計画道路の完成から30年間 |
| 5) 価格 | : 2016年固定価格 |
| 6) 残存価値 | : なし |
| 7) 割引率 | : 12% |
| 8) 為替レート | : 120.45 JPY/USD |

10.3 プロジェクトの便益

プロジェクトの実現に伴う経済便益は、プロジェクトを実施した場合(「With」ケース)と実施しなかった場合(「Without」ケース)の旅行費用の節減として定義される。本事業の旅行費用は、車両走行費用、旅客旅行時間費用、貨物輸送時間費用を想定した。

なお、「With」ケースと「Without」ケースでは、本事業実施の有無以外の条件は全て同じであると仮定する。

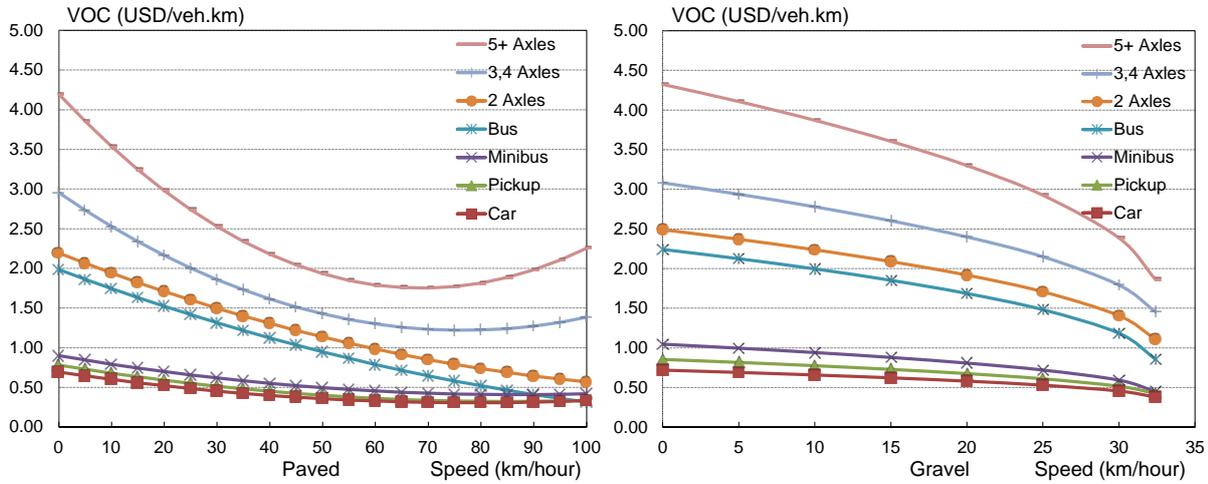
10.3.1 車両走行費用(VOC)の縮減

走行距離や走行速度改善に伴う車両走行費用の削減は、経済便益の主要部分である。車両走行費用は「車種別・速度別走行台キロ」と「車種別・速度別単位走行費用」から算出される。

「車種別・速度別走行台キロ」は、5章で実施した将来交通需要予測配分結果を用いた。

「車種別・速度別単位走行費用」はREDモデルで計算されるVOC-IRI関係式、速度-IRI関係式から推定したVOC-速度関係式を用いた(図10.3.1)。関係式は車種別・舗装状況別に設定される。REDモデルの入力データについては、ANE計画局と協議の上で決定した(表10.3.1、表10.3.2)。

VOCには、燃料費・潤滑油費・タイヤ費用・メンテナンス部品費・メンテナンス人件費・乗組員人件費・減価償却費・利息が含まれる。



出典：本調査にて作成

図 10.3.1 適用した Paved/Gravel の VOC-走行速度関係式 舗装（左） 未舗装（右）

表 10.3.1 車種別の原価項目一覧

Vehicle type	Cost				Life and Utilization			
	Op. weight tons	New Vehicle price \$	Tyre cost \$/unit	Crew cost \$/hour	Annual driven km	Annual Driven hours	Service Life years	Private Use %
Medium Car	1.4	20,400	95	0.5	25,000	450	8	100
Pickup, 4 wheel-drive	2.3	24,150	183	0.5	30,000	750	10	50
Medium bus <20 seats	7	25,900	175	1.3	60,000	1,500	8	0
Large Bus 50 seats	11	125,600	536	2	35,000	750	10	0
Medium Truck 2 axle	15	95,150	480	1.7	40,000	1,000	12	0
Heavy Truck 3 axle	22	105,700	480	1.95	75,000	1,750	12	0
Artic.Truck(5-axle) incl. Trailer	44	136,500	536	1.95	80,000	1,750	12	0

出典：ANE 2015, ANE Road User Costs In 2006

表 10.3.2 車種共通の原価項目一覧

Fuel per litre (gasoline)	USD	1.29
Fuel per litre (diesel)	USD	1.04
Lube oil per litre	USD	4.5
Workshop Labour incl. overhead	USD/hour	4
Annual Interest vehicles	% per year	5.00%
Passenger Work Time	USD/hour	0.695
Passenger Non-Work time	USD/hour	0.208

出典：ANE 2015

10.3.2 旅客旅行時間費用の縮減

旅行時間の短縮も経済便益の主要部分である。旅行時間の短縮が経済便益になるという考え方は、それが労働時間の機会費用であると見做すところからきている。もし、旅行時間が短縮され、それが労働時間に使われるのであれば、GDPが増す要因になるという考えである。

旅行時間費用は、「車種別走行台時間」、「車種別平均乗車人数」、「単位旅行時間価値」から計算される。「車種別走行台時間」は、5章で実施した将来交通需要予測配分結果を用いた。

「車種別平均乗車人数」、「単位旅行時間価値」についてはANEと協議した表10.3.3の単価を用いた。World Bank Databaseでは、GNI per capita, PPP (current international \$)が2014年で1,120 USDであり、月20日労働、1日7時間労働と仮定すると0.7 USD/hourとなるため、貨物車両（業務トリップ）の旅行時間価値の妥当性が確認された。また、一般的に非業務トリップは業務トリップの1/3程度になることが多く、Car, Minibus, Busの旅行時間価値にも一定の妥当性が確認された。ただし、これらの車両の旅客にも一定割合で業務トリップが含まれることが考えられるため、時間価値を過小評価している可能性は否めない。

表 10.3.3 平均乗車人数および時間価値単価

	Passengers (pax./veh.)	Time Cost (\$/pax.-hr)
Passenger Car	2	0.21
Pickup	2	0.7
Minibus	13	0.21
Bus	30	0.21
2 Axles Truck	1	0.7
3,4 Axles Truck	1	0.7
5+ Axles Truck	1	0.7

出典：ANE 2015

10.3.3 貨物輸送時間費用の縮減

貨物輸送時間費用は、商品価値額を早く市場に出した際の利回り分と想定し、「車種別走行台時間」、「車種別貨物積載量値」、「貨物輸送時間価値」から計算される。「車種別走行台時間」は、5章で実施した将来交通需要予測配分結果を用いた。

「車種別貨物積載量値」、「貨物輸送時間価値」は表10.3.4の単価を用いた。以下では、平均貨物旅行時間価値の算出方法について述べる。

商品価値額は、ナカラ港取扱い貨物商品価値単価を参照した。FOB・CIF 別になっているが、輸出貨物交通と輸入貨物交通の物流挙動はほぼ同様であると仮定し、これらの平均値を適用した（表 10.3.5）。利率には、Banco de Mozambique の Interbank rate : 15.60% を適用した。

バルク貨物・コンテナ貨物の単位貨物商品価値を、2 軸トラック・3,4 軸トラック・5 軸以上トラックの貨物旅行時間価値に変換するため、ナカラ港貨物取扱量予測の自動車輸送分から、表 10.3.6 の通り 3,4 軸トラックと 5 軸トラックのコンテナトレーラーとその他貨物車の割合をそれぞれ推定した。1TEU 当たりの平均重量は、ナカラ港運営改善プロジェクトの 2008 年～2014 年の平均値である 11.5 ton/TEU を適用した。また、3,4 軸トラック : 5 軸トラックの割合は、本調査で行った交通調査の全地点平均値である 4:6 を仮定した。表 10.3.6 の通り、コンテナ車の割合は年次ごとに異なるが、表 10.3.5 の時間価値では、コンテナ車の割合を 0.6 で固定して算出した。

表 10.3.4 貨物輸送時間価値

Vehicle type	Op. weight	Time Value
	ton	USD/veh-hour
Pickup, 4 wheel-drive	2.3	0.029
Medium Truck 2 axle (<15t)	15	0.192
Heavy Truck 3 axle (<22t)	22	0.199
Artic. Truck (5-axle) incl trailer	44	0.397

出典：調査団

表 10.3.5 ナカラ港取扱い貨物商品価値および貨物時間価値

Bulk Value	(USD/ton)	(USD/ton/hour)
FOB basis for Exports	901	0.02
CIF basis for Import	533	0.01
Container Value	(USD/TEU)	(USD/TEU/hour)
FOB basis for Exports	8,065	0.14
CIF basis for Import	8,092	0.14

出典：ナカラ港運営改善プロジェクト

表 10.3.6 ナカラ港取扱い貨物のコンテナ車・その他貨物車割合

	2017	2025	2035
ナカラ港取扱い貨物自動車負担分			
コンテナ(10 ³ ton)	1,064	2,204	5,376
その他貨物(10 ³ ton)	1,376	2,104	4,471
ナカラ港取扱い貨物自動車負担分			
コンテナ車(台) 3,4 軸 20ft	36,886	76,406	186,370
コンテナ車(台) 5+軸 40ft	27,664	57,304	139,777
その他貨物車(台) 3,4 軸	25,018	38,255	81,291
その他貨物車(台) 5+軸	18,764	28,691	60,968
コンテナ車(%)	60%	67%	70%

出典：PEDEC, ナカラ港運営改善プロジェクト, 調査団

10.4 経済分析

10.4.1 ナカラ港アクセス道路

(1) 投資費用

初期投資費用および維持管理費は、8章の積算部分で述べた 1)高スペック案と 2)ベーシック案の両方について検討した。

1) 高スペック案

- 初期建設費用 : 169.5 mil. USD
- 4車線化費用 : 135.6 mil. USD (初期投資費用の 80%)
- 維持管理費 : 1.05 mil. USD/Year

2) ベーシック案

- 初期建設費用 : 111.5 mil. USD
- 4車線化費用 : 89.2 mil. USD (初期投資費用の 80%)
- 維持管理費 : 0.90 mil. USD/Year

以上は全て財務価格費用であり、経済分析では Standard Conversion Factor 0.881 を用いて経済価格化した数字を用いた。

(2) 経済便益

5章で実施した配分結果から計算した各ケースの便益は表 10.4.1 の通りであった。

表 10.4.1 経済便益 (ナカラ)

Year	Planned Road	VOC	VOT Passenger	VOT Freight	Annual Benefit
2025	Without	44,890	2,009	97	
2025	2 Lane	37,720	1,236	56	7,984
2025	4 Lane	38,291	1,213	55	7,437
2035	Without	119,815	15,439	785	
2035	2 Lane	73,993	3,151	137	58,757
2035	4 Lane	73,652	2,797	113	59,477

単位：1,000 USD/年

出典：本調査にて作成

(3) 経済分析の結果

表 10.4.2 および表 10.4.3 は、高スペック案とベーシック案のプロジェクトの毎年のキャッシュ・フローである。2016年から2053年までのネット・キャッシュ・フローから計算される経済的內部収益率 (EIRR) は、高スペック案で 12.92%、ベーシック案で 17.11%となる。それらの EIRR の値は、いずれも社会的割引率 12%を超えており、国家経済にとって実行する意味のあるプロジェクトであることを示している。

また、費用便益比率 (B/C) は、高スペック案で 1.10、ベーシック案で 1.66、純現在価値 (NPV) は高スペック案で 9.78 mil. USD・ベーシック案で 42.33 mil. USD となる。

表 10.4.2 ナカラ経済分析結果（高スペック案）

JPY/USD		120.45 JPY/USD				Unit (mil. USD 2016 Economic Price)				
Year	No. of Lanes	Yrs. after Operation	Cash-Out			Cash-In				Net Cash Flow
			Construct	O&M	Total	VOC	Pax. TTC	Fre. TTC	Total	
Total			149	28	296	1,129	300	16	1,445	1,149
NPV			156	7	97	209	52	3	107	9.78
B/C										1.10
EIRR										12.92%
2016					0.0				0.0	0.00
2017					0.0				0.0	0.00
2018					0.0				0.0	0.00
2019			14.9		14.9				0.0	-14.93
2020			39.8		39.8				0.0	-39.82
2021			39.8		39.8				0.0	-39.82
2022			39.8		39.8				0.0	-39.82
2023			14.9		14.9				0.0	-14.93
2024	2	1		0.9	0.9	6.0	0.7	0.0	6.7	5.78
2025	2	2		0.9	0.9	7.2	0.8	0.0	8.0	7.06
2026	2	3		0.9	0.9	11.0	1.9	0.1	13.1	12.14
2027	2	4		0.9	0.9	14.9	3.1	0.2	18.1	17.22
2028	2	5		0.9	0.9	18.8	4.2	0.2	23.2	22.29
2029	2	6		0.9	0.9	22.6	5.4	0.3	28.3	27.37
2030	2	7	11.9	0.9	12.9	26.5	6.5	0.3	33.4	20.50
2031	2	8	31.9	0.9	32.8	30.4	7.7	0.4	38.4	5.67
2032	2	9	31.9	0.9	32.8	34.2	8.8	0.5	43.5	10.75
2033	2	10	31.9	0.9	32.8	38.1	10.0	0.5	48.6	15.82
2034	2	11	11.9	0.9	12.9	42.0	11.1	0.6	53.7	40.81
2035	4	12		0.9	0.9	46.2	12.6	0.7	59.5	58.56
2036	4	13		0.9	0.9	46.2	12.6	0.7	59.5	58.56
2037	4	14		0.9	0.9	46.2	12.6	0.7	59.5	58.56
2038	4	15		0.9	0.9	46.2	12.6	0.7	59.5	58.56
2039	4	16		0.9	0.9	46.2	12.6	0.7	59.5	58.56
2040	4	17		0.9	0.9	46.2	12.6	0.7	59.5	58.56
2041	4	18		0.9	0.9	46.2	12.6	0.7	59.5	58.56
2042	4	19		0.9	0.9	46.2	12.6	0.7	59.5	58.56
2043	4	20		0.9	0.9	46.2	12.6	0.7	59.5	58.56
2044	4	21		0.9	0.9	46.2	12.6	0.7	59.5	58.56
2045	4	22		0.9	0.9	46.2	12.6	0.7	59.5	58.56
2046	4	23		0.9	0.9	46.2	12.6	0.7	59.5	58.56
2047	4	24		0.9	0.9	46.2	12.6	0.7	59.5	58.56
2048	4	25		0.9	0.9	46.2	12.6	0.7	59.5	58.56
2049	4	26		0.9	0.9	46.2	12.6	0.7	59.5	58.56
2050	4	27		0.9	0.9	46.2	12.6	0.7	59.5	58.56
2051	4	28		0.9	0.9	46.2	12.6	0.7	59.5	58.56
2052	4	29		0.9	0.9	46.2	12.6	0.7	59.5	58.56
2053	4	30		0.9	0.9	46.2	12.6	0.7	59.5	58.56

出典：本調査にて作成

表 10.4.3 ナカラ経済分析結果（ベーシック案）

JPY/USD		120.45 JPY/USD				Unit (mil. USD 2016 Economic Price)				
Year	No. of Lanes	Yrs. after Operation	Cash-Out			Cash-In				Net Cash Flow
			Construct	O&M	Total	VOC	Pax. TTC	Fre. TTC	Total	
Total			98	24	201	1,129	300	16	1,445	1,245
NPV			103	6	64	209	52	3	107	42.33
B/C										1.66
EIRR										17.11%
2016					0.0				0.0	0.00
2017					0.0				0.0	0.00
2018					0.0				0.0	0.00
2019			9.8		9.8				0.0	-9.82
2020			26.2		26.2				0.0	-26.20
2021			26.2		26.2				0.0	-26.20
2022			26.2		26.2				0.0	-26.20
2023			9.8		9.8				0.0	-9.82
2024	2	1		0.8	0.8	6.0	0.7	0.0	6.7	5.91
2025	2	2		0.8	0.8	7.2	0.8	0.0	8.0	7.19
2026	2	3		0.8	0.8	11.0	1.9	0.1	13.1	12.27
2027	2	4		0.8	0.8	14.9	3.1	0.2	18.1	17.35
2028	2	5		0.8	0.8	18.8	4.2	0.2	23.2	22.43
2029	2	6		0.8	0.8	22.6	5.4	0.3	28.3	27.50
2030	2	7	7.9	0.8	8.6	26.5	6.5	0.3	33.4	24.72
2031	2	8	21.0	0.8	21.7	30.4	7.7	0.4	38.4	16.70
2032	2	9	21.0	0.8	21.7	34.2	8.8	0.5	43.5	21.78
2033	2	10	21.0	0.8	21.7	38.1	10.0	0.5	48.6	26.86
2034	2	11	7.9	0.8	8.6	42.0	11.1	0.6	53.7	45.03
2035	4	12		0.8	0.8	46.2	12.6	0.7	59.5	58.69
2036	4	13		0.8	0.8	46.2	12.6	0.7	59.5	58.69
2037	4	14		0.8	0.8	46.2	12.6	0.7	59.5	58.69
2038	4	15		0.8	0.8	46.2	12.6	0.7	59.5	58.69
2039	4	16		0.8	0.8	46.2	12.6	0.7	59.5	58.69
2040	4	17		0.8	0.8	46.2	12.6	0.7	59.5	58.69
2041	4	18		0.8	0.8	46.2	12.6	0.7	59.5	58.69
2042	4	19		0.8	0.8	46.2	12.6	0.7	59.5	58.69
2043	4	20		0.8	0.8	46.2	12.6	0.7	59.5	58.69
2044	4	21		0.8	0.8	46.2	12.6	0.7	59.5	58.69
2045	4	22		0.8	0.8	46.2	12.6	0.7	59.5	58.69
2046	4	23		0.8	0.8	46.2	12.6	0.7	59.5	58.69
2047	4	24		0.8	0.8	46.2	12.6	0.7	59.5	58.69
2048	4	25		0.8	0.8	46.2	12.6	0.7	59.5	58.69
2049	4	26		0.8	0.8	46.2	12.6	0.7	59.5	58.69
2050	4	27		0.8	0.8	46.2	12.6	0.7	59.5	58.69
2051	4	28		0.8	0.8	46.2	12.6	0.7	59.5	58.69
2052	4	29		0.8	0.8	46.2	12.6	0.7	59.5	58.69
2053	4	30		0.8	0.8	46.2	12.6	0.7	59.5	58.69

出典：本調査にて作成

10.4.2 ナンプラ南部バイパス道路

(1) 投資費用

初期投資費用および維持管理費は、8章の積算部分で述べた 1)高スペック案と 2)ベーシック案の両方について検討した。これらは全て財務価格費用であり、経済分析では Standard Conversion Factor 0.881 を用いて経済価格化した数字を用いた。

1) 高スペック案

- 初期建設費用 : 207.7 mil. USD
- 4車線化費用 : 166.2 mil. USD (初期投資費用の 80%)
- 維持管理費 : 1.50 mil. USD/Year

2) ベーシック案

- 初期建設費用 : 122.4.4 mil. USD
- 4車線化費用 : 97.9 mil. USD (初期投資費用の 80%)
- 維持管理費 : 1.31 mil. USD/Year

(2) 経済便益

5章で実施した配分結果から計算した各ケースの便益は表 10.4.4 の通りであった。

表 10.4.4 経済便益 (ナンプラ)

Year	Planned Road	VOC	VOT Passenger	VOT Freight	Annual Benefit
2025	Without	70,077	3,595	144	
2025	2 Lane	61,923	2,625	102	9,166
2025	4 Lane	62,098	2,585	100	9,033
2035	Without	199,391	24,576	1,511	
2035	2 Lane	151,838	9,549	524	63,568
2035	4 Lane	158,400	9,281	514	57,284

単位：1,000 USD/年 出典：本調査にて作成

(3) 経済分析の結果

表 10.4.5 および表 10.4.6 は、高スペック案とベーシック案のプロジェクトの毎年のキャッシュ・フローである。2016年から2053年までのネット・キャッシュ・フローから計算される経済的內部収益率 (EIRR) は、高スペック案で 11.24%、ベーシック案で 16.53%となる。EIRR の値は、高スペック案では社会的割引率 12%を下回ることから EIRR=12 を妥当性評価の判断基準とした場合においては、経済的観点からの事業実施妥当性に問題があるとされるが、ベーシック案では 12%を超えており、実施妥当性のあるプロジェクトと判断できる。

また、費用便益比率 (B/C) は、高スペック案で 0.92、ベーシック案で 1.54、純現在価値 (NPV) は高スペック案で -9.01 mil. USD ・ベーシック案で 38.76 mil. USD となる。

表 10.4.5 ナンプラ経済分析結果（高スペック案）

JPY/USD		120.45 JPY/USD				Unit (mil. USD 2016 Economic Price)				
Year	No. of Lanes	Yrs. after Operation	Cash-Out			Cash-In				Net Cash Flow
			Construct	O&M	Total	VOC	Pax. TTC	Fre. TTC	Total	
Total			183	40	369	1,045	364	24	1,433	1,064
NPV			191	11	119	206	63	4	110	-9.01
B/C										0.92
EIRR										11.24%
2016					0.0				0.0	0.0
2017					0.0				0.0	0.0
2018					0.0				0.0	0.0
2019			18.3		18.3				0.0	-18.3
2020			48.8		48.8				0.0	-48.8
2021			48.8		48.8				0.0	-48.8
2022			48.8		48.8				0.0	-48.8
2023			18.3		18.3				0.0	-18.3
2024	2	1		1.3	1.3	7.1	0.9	0.0	8.0	6.7
2025	2	2		1.3	1.3	8.2	1.0	0.0	9.2	7.8
2026	2	3		1.3	1.3	12.1	2.4	0.1	14.6	13.3
2027	2	4		1.3	1.3	16.0	3.8	0.2	20.0	18.7
2028	2	5		1.3	1.3	20.0	5.2	0.3	25.5	24.2
2029	2	6		1.3	1.3	23.9	6.6	0.4	30.9	29.6
2030	2	7	14.6	1.3	16.0	27.9	8.0	0.5	36.4	20.4
2031	2	8	39.0	1.3	40.4	31.8	9.4	0.6	41.8	1.4
2032	2	9	39.0	1.3	40.4	35.7	10.8	0.7	47.2	6.9
2033	2	10	39.0	1.3	40.4	39.7	12.2	0.8	52.7	12.3
2034	2	11	14.6	1.3	16.0	43.6	13.6	0.9	58.1	42.2
2035	4	12		1.3	1.3	41.0	15.3	1.0	57.3	56.0
2036	4	13		1.3	1.3	41.0	15.3	1.0	57.3	56.0
2037	4	14		1.3	1.3	41.0	15.3	1.0	57.3	56.0
2038	4	15		1.3	1.3	41.0	15.3	1.0	57.3	56.0
2039	4	16		1.3	1.3	41.0	15.3	1.0	57.3	56.0
2040	4	17		1.3	1.3	41.0	15.3	1.0	57.3	56.0
2041	4	18		1.3	1.3	41.0	15.3	1.0	57.3	56.0
2042	4	19		1.3	1.3	41.0	15.3	1.0	57.3	56.0
2043	4	20		1.3	1.3	41.0	15.3	1.0	57.3	56.0
2044	4	21		1.3	1.3	41.0	15.3	1.0	57.3	56.0
2045	4	22		1.3	1.3	41.0	15.3	1.0	57.3	56.0
2046	4	23		1.3	1.3	41.0	15.3	1.0	57.3	56.0
2047	4	24		1.3	1.3	41.0	15.3	1.0	57.3	56.0
2048	4	25		1.3	1.3	41.0	15.3	1.0	57.3	56.0
2049	4	26		1.3	1.3	41.0	15.3	1.0	57.3	56.0
2050	4	27		1.3	1.3	41.0	15.3	1.0	57.3	56.0
2051	4	28		1.3	1.3	41.0	15.3	1.0	57.3	56.0
2052	4	29		1.3	1.3	41.0	15.3	1.0	57.3	56.0
2053	4	30		1.3	1.3	41.0	15.3	1.0	57.3	56.0

出典：本調査にて作成

表 10.4.6 ナンプラ経済分析結果（ベーシック案）

JPY/USD		120.45 JPY/USD				Unit (mil. USD 2016 Economic Price)				
Year	No. of Lanes	Yrs. after Operation	Cash-Out			Cash-In				Net Cash Flow
			Construct	O&M	Total	VOC	Pax. TTC	Fre. TTC	Total	
Total			108	35	229	1,045	364	24	1,433	1,204
NPV			113	9	72	206	63	4	110	38.76
B/C										1.54
EIRR										16.53%
2016					0.0				0.0	0.0
2017					0.0				0.0	0.0
2018					0.0				0.0	0.0
2019			10.8		10.8				0.0	-10.8
2020			28.8		28.8				0.0	-28.8
2021			28.8		28.8				0.0	-28.8
2022			28.8		28.8				0.0	-28.8
2023			10.8		10.8				0.0	-10.8
2024	2	1		1.2	1.2	7.1	0.9	0.0	8.0	6.9
2025	2	2		1.2	1.2	8.2	1.0	0.0	9.2	8.0
2026	2	3		1.2	1.2	12.1	2.4	0.1	14.6	13.5
2027	2	4		1.2	1.2	16.0	3.8	0.2	20.0	18.9
2028	2	5		1.2	1.2	20.0	5.2	0.3	25.5	24.3
2029	2	6		1.2	1.2	23.9	6.6	0.4	30.9	29.8
2030	2	7	8.6	1.2	9.8	27.9	8.0	0.5	36.4	26.6
2031	2	8	23.0	1.2	24.2	31.8	9.4	0.6	41.8	17.6
2032	2	9	23.0	1.2	24.2	35.7	10.8	0.7	47.2	23.1
2033	2	10	23.0	1.2	24.2	39.7	12.2	0.8	52.7	28.5
2034	2	11	8.6	1.2	9.8	43.6	13.6	0.9	58.1	48.3
2035	4	12		1.2	1.2	41.0	15.3	1.0	57.3	56.1
2036	4	13		1.2	1.2	41.0	15.3	1.0	57.3	56.1
2037	4	14		1.2	1.2	41.0	15.3	1.0	57.3	56.1
2038	4	15		1.2	1.2	41.0	15.3	1.0	57.3	56.1
2039	4	16		1.2	1.2	41.0	15.3	1.0	57.3	56.1
2040	4	17		1.2	1.2	41.0	15.3	1.0	57.3	56.1
2041	4	18		1.2	1.2	41.0	15.3	1.0	57.3	56.1
2042	4	19		1.2	1.2	41.0	15.3	1.0	57.3	56.1
2043	4	20		1.2	1.2	41.0	15.3	1.0	57.3	56.1
2044	4	21		1.2	1.2	41.0	15.3	1.0	57.3	56.1
2045	4	22		1.2	1.2	41.0	15.3	1.0	57.3	56.1
2046	4	23		1.2	1.2	41.0	15.3	1.0	57.3	56.1
2047	4	24		1.2	1.2	41.0	15.3	1.0	57.3	56.1
2048	4	25		1.2	1.2	41.0	15.3	1.0	57.3	56.1
2049	4	26		1.2	1.2	41.0	15.3	1.0	57.3	56.1
2050	4	27		1.2	1.2	41.0	15.3	1.0	57.3	56.1
2051	4	28		1.2	1.2	41.0	15.3	1.0	57.3	56.1
2052	4	29		1.2	1.2	41.0	15.3	1.0	57.3	56.1
2053	4	30		1.2	1.2	41.0	15.3	1.0	57.3	56.1

出典：本調査にて作成

10.4.3 クアンバイパス道路

(1) 投資費用

初期投資費用および維持管理費は、8章の積算部分で述べた 1)高スペック案と 2)ベーシック案の両方について検討した。

1) 高スペック案

- 初期建設費用 : 85.4 mil. USD
- 維持管理費 : 0.37 mil. USD/Year

2) ベーシック案

- 初期建設費用 : 62.9 mil. USD
- 維持管理費 : 0.36 mil. USD/Year

以上は全て財務価格費用であり、経済分析では Standard Conversion Factor 0.881 を用いて経済価格化した数字を用いた。

(2) 経済便益

5章で実施した配分結果から計算した各ケースの便益は、表 10.4.7 の通りであった。

なお、対象地域においては、現道が鉄道と平面交差している区間があるため、踏切での待ち時間費用縮減効果も考慮した。例えば、2035年では5章で述べたとおり一日28往復の列車が通過するため、列車が等時間間隔に通過すると仮定すると約35%の割合で踏切待ち時間が発生し、その平均待ち時間は4.5分と想定できる。ここに交通量配分結果から算出した「鉄道交差部を通過した車種別台数」と「車種別時間価値」を掛け合わせることで、踏切待ち時間費用を算出し、その差分を便益と計上した。

表 10.4.7 経済便益 (クアンバ)

Year	Planned Road	VOC	VOT Passenger	VOT Freight	Railway Waiting	Annual Benefit
2025	Without	19,746	659	89	9	
2025	2 Lane	16,995	578	77	5	2,848
2035	Without	43,061	1,077	175	24	
2035	2 Lane	35,787	867	138	14	7,531

単位：1,000 USD/年
出典：本調査にて作成

(3) 経済分析の結果

表 10.4.8 および表 10.4.9 は、高スペック案とベーシック案のプロジェクトの毎年のキャッシュ・フローである。2016年から2053年までのネット・キャッシュ・フローから計算される経済的內部収益率 (EIRR) は、高スペック案で 5.49%、ベーシック案で 7.72%となる。EIRR の値は、両案ともに社会的割引率として設定した 12%を下回り、国家経済の

観点からは、事業実施妥当性を満たせない。この要因の一つには、設定した供用開始年次においては、依然、交通量が少ないことが考えられる。仮に、供用開始年次を 2034 年まで遅らせたケースでの経済分析を実施した結果、EIRR は、高スペック案で 7.77%、ベーシック案で 10.86%と算定された。

従って、貨幣換算可能な定量的な経済便益のみでの経済分析の結果としては、現時点ではなく、将来的に交通量が発現する時点に併せて事業が実施されることが妥当であると考える。特に、現在のナンプラ～クアンバ～マンディンバから、マラウイ・ザンビアにつながる国際幹線道路の整備およびそれに伴う国際回廊輸送の推移を継続的に把握し、その実施時期を検討することが望ましい。

表 10.4.8 クアンバ経済分析結果（高スペック案）

JPY/USD		120.45 JPY/USD			Unit (mil. USD 2016 Economic Price)					
Year	Yrs. after Operation	Cash-Out			Cash-In					Net Cash Flow
		Construct	O&M	Total	VOC	Pax. TTC	Fre. TTC	Railway Crossing	Total	
Total		75	10	85	189	5	1	0	195	110
NPV		55	3	36	40	1	0	0	17	-19.49
B/C										0.46
EIRR										5.49%
2016				0.0					0.00	0.00
2017				0.0					0.00	0.00
2018				0.0					0.00	0.00
2019				0.0					0.00	0.00
2020		7.5		7.5					0.00	-7.52
2021		22.6		22.6					0.00	-22.57
2022		22.6		22.6					0.00	-22.57
2023		22.6		22.6					0.00	-22.57
2024	1		0.3	0.3	2.5	0.1	0.01	0.00	2.56	2.24
2025	2		0.3	0.3	2.8	0.1	0.01	0.00	2.85	2.53
2026	3		0.3	0.3	3.2	0.1	0.01	0.00	3.32	2.99
2027	4		0.3	0.3	3.7	0.1	0.02	0.00	3.78	3.46
2028	5		0.3	0.3	4.1	0.1	0.02	0.01	4.25	3.93
2029	6		0.3	0.3	4.6	0.1	0.02	0.01	4.72	4.40
2030	7		0.3	0.3	5.0	0.1	0.02	0.01	5.19	4.87
2031	8		0.3	0.3	5.5	0.2	0.03	0.01	5.66	5.34
2032	9		0.3	0.3	5.9	0.2	0.03	0.01	6.13	5.80
2033	10		0.3	0.3	6.4	0.2	0.03	0.01	6.59	6.27
2034	11		0.3	0.3	6.8	0.2	0.03	0.01	7.06	6.74
2035	12		0.3	0.3	7.3	0.2	0.04	0.01	7.53	7.21
2036	13		0.3	0.3	7.3	0.2	0.04	0.01	7.53	7.21
2037	14		0.3	0.3	7.3	0.2	0.04	0.01	7.53	7.21
2038	15		0.3	0.3	7.3	0.2	0.04	0.01	7.53	7.21
2039	16		0.3	0.3	7.3	0.2	0.04	0.01	7.53	7.21
2040	17		0.3	0.3	7.3	0.2	0.04	0.01	7.53	7.21
2041	18		0.3	0.3	7.3	0.2	0.04	0.01	7.53	7.21
2042	19		0.3	0.3	7.3	0.2	0.04	0.01	7.53	7.21
2043	20		0.3	0.3	7.3	0.2	0.04	0.01	7.53	7.21
2044	21		0.3	0.3	7.3	0.2	0.04	0.01	7.53	7.21
2045	22		0.3	0.3	7.3	0.2	0.04	0.01	7.53	7.21
2046	23		0.3	0.3	7.3	0.2	0.04	0.01	7.53	7.21
2047	24		0.3	0.3	7.3	0.2	0.04	0.01	7.53	7.21
2048	25		0.3	0.3	7.3	0.2	0.04	0.01	7.53	7.21
2049	26		0.3	0.3	7.3	0.2	0.04	0.01	7.53	7.21
2050	27		0.3	0.3	7.3	0.2	0.04	0.01	7.53	7.21
2051	28		0.3	0.3	7.3	0.2	0.04	0.01	7.53	7.21
2052	29		0.3	0.3	7.3	0.2	0.04	0.01	7.53	7.21
2053	30		0.3	0.3	7.3	0.2	0.04	0.01	7.53	7.21

出典：本調査にて作成

表 10.4.9 クアンバ経済分析結果（ベーシック案）

JPY/USD		120.45 JPY/USD			Unit (mil. USD 2016 Economic Price)					
Year	Yrs. after Operation	Cash-Out			Cash-In					Net Cash Flow
		Construct	O&M	Total	VOC	Pax. TTC	Fre. TTC	Railway Crossing	Total	
Total		55	9	65	189	5	1	0	195	130
NPV		41	3	27	40	1	0	0	17	-10.24
B/C										0.62
EIRR										7.72%
2016				0.0					0.00	0.00
2017				0.0					0.00	0.00
2018				0.0					0.00	0.00
2019				0.0					0.00	0.00
2020		5.5		5.5					0.00	-5.54
2021		16.6		16.6					0.00	-16.62
2022		16.6		16.6					0.00	-16.62
2023		16.6		16.6					0.00	-16.62
2024	1		0.3	0.3	2.5	0.1	0.01	0.00	2.56	2.25
2025	2		0.3	0.3	2.8	0.1	0.01	0.00	2.85	2.53
2026	3		0.3	0.3	3.2	0.1	0.01	0.00	3.32	3.00
2027	4		0.3	0.3	3.7	0.1	0.02	0.00	3.78	3.47
2028	5		0.3	0.3	4.1	0.1	0.02	0.01	4.25	3.94
2029	6		0.3	0.3	4.6	0.1	0.02	0.01	4.72	4.41
2030	7		0.3	0.3	5.0	0.1	0.02	0.01	5.19	4.87
2031	8		0.3	0.3	5.5	0.2	0.03	0.01	5.66	5.34
2032	9		0.3	0.3	5.9	0.2	0.03	0.01	6.13	5.81
2033	10		0.3	0.3	6.4	0.2	0.03	0.01	6.59	6.28
2034	11		0.3	0.3	6.8	0.2	0.03	0.01	7.06	6.75
2035	12		0.3	0.3	7.3	0.2	0.04	0.01	7.53	7.22
2036	13		0.3	0.3	7.3	0.2	0.04	0.01	7.53	7.22
2037	14		0.3	0.3	7.3	0.2	0.04	0.01	7.53	7.22
2038	15		0.3	0.3	7.3	0.2	0.04	0.01	7.53	7.22
2039	16		0.3	0.3	7.3	0.2	0.04	0.01	7.53	7.22
2040	17		0.3	0.3	7.3	0.2	0.04	0.01	7.53	7.22
2041	18		0.3	0.3	7.3	0.2	0.04	0.01	7.53	7.22
2042	19		0.3	0.3	7.3	0.2	0.04	0.01	7.53	7.22
2043	20		0.3	0.3	7.3	0.2	0.04	0.01	7.53	7.22
2044	21		0.3	0.3	7.3	0.2	0.04	0.01	7.53	7.22
2045	22		0.3	0.3	7.3	0.2	0.04	0.01	7.53	7.22
2046	23		0.3	0.3	7.3	0.2	0.04	0.01	7.53	7.22
2047	24		0.3	0.3	7.3	0.2	0.04	0.01	7.53	7.22
2048	25		0.3	0.3	7.3	0.2	0.04	0.01	7.53	7.22
2049	26		0.3	0.3	7.3	0.2	0.04	0.01	7.53	7.22
2050	27		0.3	0.3	7.3	0.2	0.04	0.01	7.53	7.22
2051	28		0.3	0.3	7.3	0.2	0.04	0.01	7.53	7.22
2052	29		0.3	0.3	7.3	0.2	0.04	0.01	7.53	7.22
2053	30		0.3	0.3	7.3	0.2	0.04	0.01	7.53	7.22

出典：本調査にて作成

10.4.4 感度分析

表 10.4.10 に、各路線およびケースごとの EIRR を指標にした感度分析の結果を示す。感度分析のケースとしては、「費用が 10%増加した場合」、「便益が 10%減少した場合」、「費用が 10%増加し、かつ便益が 10%減少した場合」の 3 ケースについて EIRR を算出した。

なお、ここでは高スペック案・ベーシック案に加えて、ナカラ・ナンプラでは 4 車線化せずに将来においても 2 車線のままで運用するケースを、クアンバでは供用開始年次を 2034 年に遅らせるケースについても感度分析として実施した。

結果の概要については、下記のとおりである。

- ナカラでは、ほぼ全てのケースで EIRR が 12%を超える見通しである。ただし、高スペック案における将来 4 車線化のケースについては、便益減少の場合と最も条件が厳しい費用増加・便益減少の場合は、EIRR が 12%を下回る結果となった。
- ナンプラも同様の傾向にあり、ほぼすべてのケースで EIRR が 12%を超える見通しではあるが、高スペック案における将来 4 車線化ケースと、高スペック案における 2 車線維持ケースの一部では、条件の厳しい費用増加・便益減少の場合では、EIRR が 12%を下回る結果となった。
- クアンバでは、供用開始年次を 2034 年に遅らせた場合のベーシック案で EIRR が 10%を少し上回ったが、いずれも EIRR が 12%を下回る結果となった。

表 10.4.10 感度分析の結果

			EIRR	EIRR Sensitivity		
Location	Cost	Case		Cost +10%	Benefit -10%	Cost +10% Benefit -10%
Nacala	High	2→4 Lane	12.92%	12.01%	11.91%	11.03%
		2 Lane	14.46%	13.63%	13.54%	12.74%
	Basic	2→4 Lane	17.11%	16.09%	15.99%	15.00%
		2 Lane	18.33%	17.38%	17.28%	16.37%
Nampula	High	2→4 Lane	11.24%	10.34%	10.25%	9.37%
		2 Lane	13.41%	12.60%	12.52%	11.73%
	Basic	2→4 Lane	16.53%	15.49%	15.38%	14.37%
		2 Lane	18.21%	17.25%	17.16%	16.23%
Cuamba	High	2024 Open	5.49%	4.80%	4.73%	4.06%
		2034 Open	7.77%	6.87%	6.77%	5.92%
	Basic	2024 Open	7.72%	6.96%	6.88%	6.14%
		2034 Open	10.86%	9.80%	9.69%	8.68%

出典：本調査にて作成

10.5 その他のプロジェクト効果

事業実施による効果は、これまでに述べた定量評価が可能なものだけに限らない。ここでは、その他の効果について定性的な評価を述べる。

(1) 地域開発効果

それぞれの計画道路は、将来の地域開発と密接に関わるものである。バイパス道路の整備により、市内への大型交通の進入を抑制することが可能となる。また、郊外部を通過するバイパス道路の沿道には、産業や商業の立地を促すことにより、都市間の物流が円滑になるのみならず、地域経済の活性化が期待される。それぞれの計画道路での地域開発効果は、以下のように考えられる。

- ナカラ港アクセス道路： 港湾関連車両をナカラ市内に走らせず、また、アクセス道路周辺には物流拠点・工業団地の整備を促進することにより、港湾都市としての機能が向上する。
- ナンプラ南部バイパス道路： 拡大が懸念される州都を通過している物流（国内/国際）を、バイパス道路の沿道において、土地利用を誘導させながら、計画的に産業や商業を集積させることにより、州都の経済的成長を促すことが期待できる。
- クアンババイパス道路： 国際回廊の主要幹線を都市内に通させず、交通の要衝を活かした新たな市街地を形成させることが見込まれる。また、ニアッサ州の重要な産業である農作物を活かし、交通の要衝である同バイパス道路に近接した地域にて、農産加工業など育成が期待できる。

(2) 交通事故削減

計画道路が整備されない場合、対象地域では将来の交通量増大に伴って以下の2つの要因により交通事故件数の増加が懸念され、これらの軽減効果も大きな便益であると言える。

- 交通事故発生件数は、概ね交通量に比例するため、市内に流入する交通量が増加することにより、交通事故が増加する。
- 交通渋滞が深刻となることにより、見通しが悪い、生活道路等にも自動車が入り込むことで事故の危険性が增大する。

計画道路の整備により以下の効果が期待される。

- 線形の良い計画道路を整備することにより、単位交通量あたりの交通事故発生件数が減少し、交通事故の削減につながる。
- 事故の発生しやすい市内や生活道路に、必要のない交通が流入することを防ぐことから、交通事故の削減につながる。

(3) 環境 (CO₂ 排出削減)

計画道路を整備することにより、速度低下による二酸化炭素排出量の増加を緩和する効果が期待される。

一般的に走行速度が 20km/h から 60km/h に改善されると、二酸化炭素排出量は 40%程度削減されると言われている。5 章で述べたとおり、2025 年・2035 年において、計画道路を整備しない場合には深刻な交通渋滞が発生し、特にナカラ市内やナン普拉市内の主要区間において、走行速度が 20km/h を下回ることが予測される。計画道路が整備されることにより、これらの走行速度が 60~80 km/h に改善されれば、二酸化炭素の排出量を大きく削減することができる。

また、計画道路の整備により、市内への交通量が減少するため、排気ガスによる市内の大気汚染が緩和される効果も期待できる。

10.6 運用・効果指標の提案

JICA は、プロジェクト評価のために、2000 年以降、運用・効果指標を導入している。運用・効果指標は、世界銀行の定義する業績指標の種類の中では、アウトカム指標に相当する。指標は、現況の 2015 年と、供用開始後 2 年後の 2026 年を目標値として考え、現時点での予測値を推計・設定した。

(1) 運用指標

運用指標は、事業の運営・使用状況を定量的に測る指標と定義され、事業が実施された際にどの程度利用が見込まれるかを表す。本調査では運用指標として、計画道路の各区間における年平均日交通量 (台/日) (両方向) を採用した (表 10.6.1)。各路線における区間は図 10.6.1 に示すとおりである。

表 10.6.1 運用指標 年平均日交通量 (台/日)

		Nacala		Nampula		Cuamba	
		Large Truck	Total	Large Truck	Total	Large Truck	Total
2015	Section 1	(788)	(2,376)	(176)	(847)	(108)	(460)
	Section 2	(788)	(2,376)	(156)	(1,134)	(102)	(399)
	Section 3	(214)	(1,106)	(188)	(1,356)	(94)	(508)
	Section 4	(214)	(1,106)	(84)	(716)	(94)	(482)
2026	Section 1	2,131	9,769	590	3,493	419	1,455
	Section 2	1,939	9,659	599	3,991	408	1,439
	Section 3	817	5,338	626	4,387	418	1,914
	Section 4	833	5,374	439	2,897	439	1,677

出典：本調査にて作成

注 1：() 内の 2015 年の交通量は、2015 年 With 2 車線ケースの配分結果を元に算定

注 2：2026 年の交通量は、2025 年と 2035 年の With 2 車線ケースの配分結果から線形回帰で算定

注 3：Large Truck は 3 軸以上のトラック

(2) 効果指標

効果指標は、事業の効果の発現状況を定量的に測る指標と定義され、事業を実施した際に受益者や対象地域にもたらした効果を表す。本調査では、効果指標として、With ケースと Without ケースにおける「計画道路」と「計画道路と並行する現道」の走行時間（分）を採用した（表 10.6.2）。各路線における対象区間は、図 10.6.1 に示す全区間（Section 1～4）である。

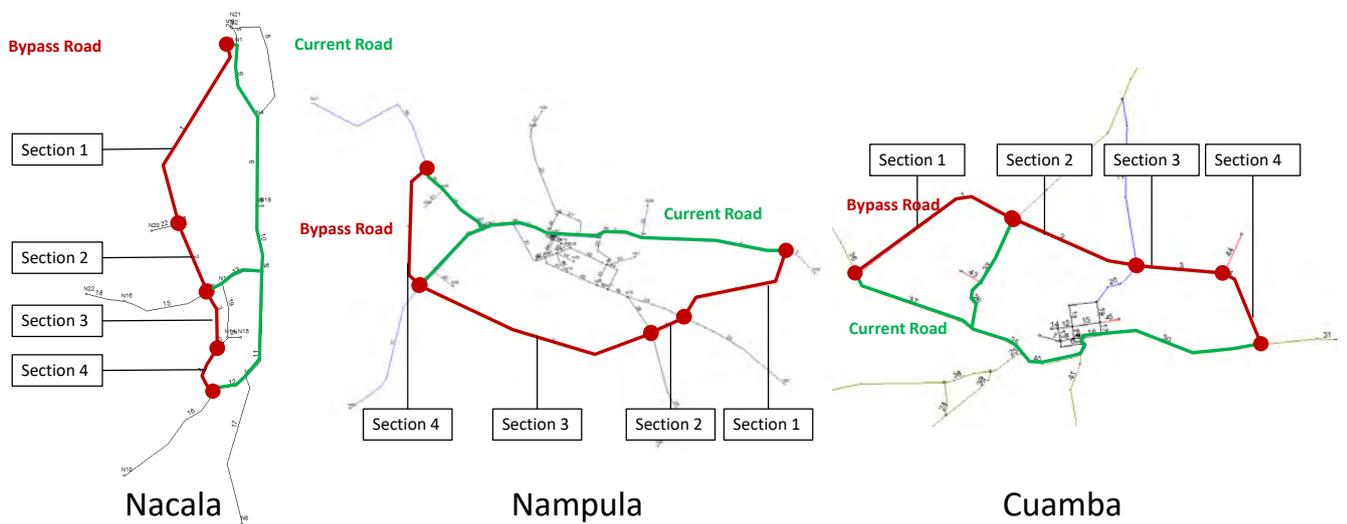
表 10.6.2 効果指標 走行時間（分）

	Year	Without	With 2 Lanes	
		Current	Bypass	Current
Nacala	2015	11.0	(8.8)	10.9
	2026	25.2	9.4	11.2
Nampula	2015	15.4	(18.2)	14.9
	2026	44.8	18.6	19.6
Cuamba	2015	20.8	(8.9)	20.8
	2026	20.8	8.9	19.8

出典：本調査にて作成

注 1：（）内の 2015 年の走行時間は、2015 年のケースの配分結果を元に算定

注 2：2026 年の走行時間は、2025 年と 2035 年のケースの配分結果から線形回帰で算定



出典：本調査にて作成

図 10.6.1 各計画道路の区間および計画道路と並行する現道

なお、ナンプラについては、効果の計測としては難しいものの、計画対象道路の沿道における開発状況（商業的土地利用の面積）を効果指標として用いることも提案する。

第 11 章 プロジェクト実施計画

11.1 事業実施機関

11.1.1 PMU の設立

本プロジェクトの円滑な実施を実現するために、ANE プロジェクト局 (DIPRO) の中にプロジェクトマネジメントユニット (PMU) の設立を提案する。アフリカ開発銀行 (AfDB) との協調融資によるナンプラ〜クアンバ間道路改善事業 (3 ロット) や、単独円借款によるマサングロ〜リシंगा間道路改善事業では、DIPRO 内に各ロットの担当者を配置して実施していたが、本提案では PMU として、詳細設計開始前に設立し、本プロジェクトに関する全ての業務は PMU によって監理され実施することが望ましい。ただし、本プロジェクトにてこれまで「モ」国が経験したことのない技術の適用が見込まれるところ、詳細設計および施工監理については、これらの経験を十分に有するコンサルタントを雇用し、PMU 内のチームとして含めることが望ましい。

実施機関である PMU の責任範囲の案を以下に示す。

- コンサルタントおよび施工業者の選定 (入札管理)
- 詳細設計
- 用地取得、住民移転
- 施工監理

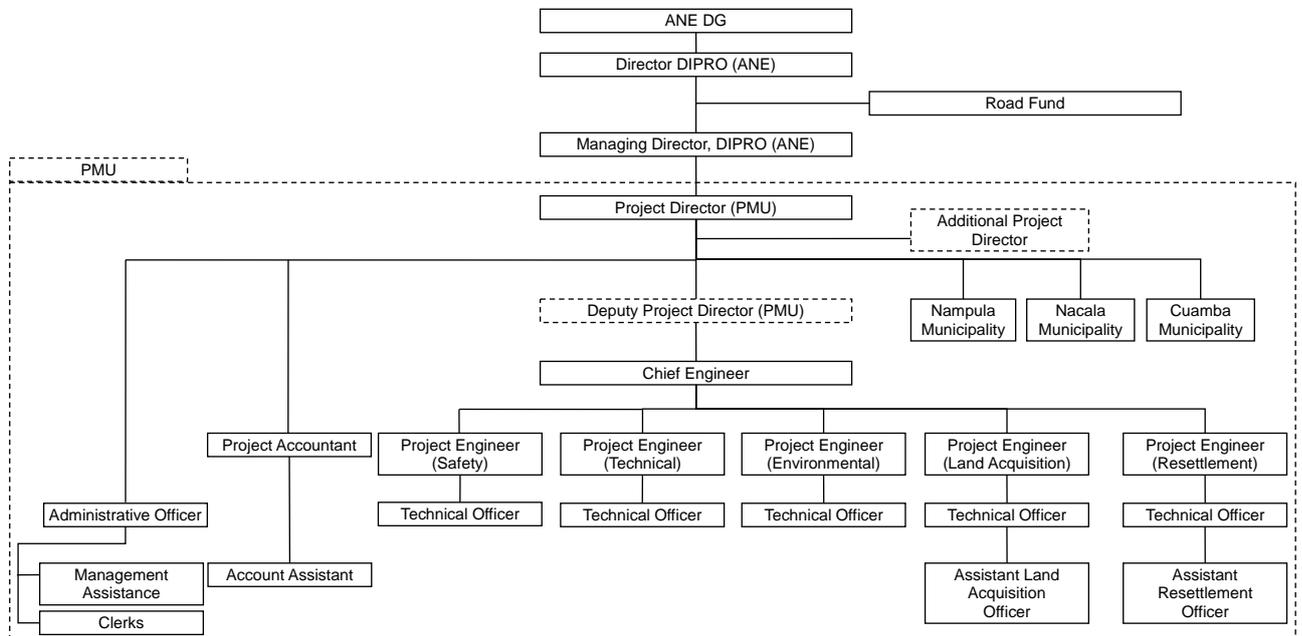
また、確保されるべき具体的なプロジェクト活動は以下のとおりである。

- プロジェクト目的に合致するような、設計成果・精度の確保
- コンサルタントおよび施工業者を含む関連機関との進捗会議の調整
- コンサルタント / 施工業者に関する調達評価から工事完了までの事業管理
- 円滑な事業実施を目的とした事業関係者間の調整
- プロジェクトの収支管理

PMU は、適格な能力を有する総括または副総括により常駐監理され、各市から PMU 専任職員をさせ、事業実施段階における課題への対応を可能とすることが望ましい。PMU の組織図 (案) を図 11.1.1 に示す。また、PMU を機能させる上で必要な人材を、以下に列挙する。

- 総括
- 主任技術者
- 技術者 / 技術員
- 各市からの出向専任者

- 会計担当者
- 事務員



出典：JICA 調査団

図 11.1.1 プロジェクトマネジメントユニット (PMU) 組織図 (案)

11.1.2 事業実施にあたっての PMU の責任範囲

(1) PMO 人材の確保

PMU は ANE と各市（または、各州政府）を統合した役割を果たす必要があるため、外部からのスタッフよりも ANE 職員を可能な限り配置することが望ましい。

(2) 総括 (PD) /副総括 (DPD)

総括/副総括の主な役割を以下に示す。PMU は ANE DIPRO の管理下とし、PMU 総括は定期的に報告を行うものとする。総括 / 副総括は、事業全体の運営と管理、および各種調整を責務とする。

- 管轄する事業範囲における事業管理と調整、財務管理（特に支払い）
- コンプライアンスの確保（適用される全ての法律、政策及び条項の遵守）
- 事業進捗とキャッシュフローのレビュー
- 市政府（市議会）、州政府（州知事）、道路基金、およびその他関連機関との定例 / 臨時進捗会議の開催と連携強化

- 事業実施機関に対する JICA ガイドラインまたは関連する仕様書に定められた報告書（月例、四半期、半期、年次）の提出
- PMU の組織管理と関係者間の調整

(3) 各市からの出向専任者

各市からの出向専任者の主な役割を以下に示す。

- 総括 / 副総括に対する市政府との調整や行政手続きに関する補助
- 関連プロジェクトとの調整
- 課題解決に向けた活動

(4) 技術者 / 技術員

技術者 / 技術員の主な役割を以下に示す。

- それぞれが担当する分野での技術的支援とコンサルタント/コントラクターのパフォーマンス及び成果の技術的評価
- 定例進捗報告会の開催と調整
- 全ての法律、関連する条項に対するコンプライアンスの確保
- 現場でのコンプライアンス遵守状況の確認
- 支払い証明書の検査と毎月の支払いに必要な書類の作成
- 事業実績データベースの管理
- 関連プロジェクトとの調整

(5) 会計担当

会計担当の主な役割を以下に示す。

- 事業実施機関（ANE）への会計報告書（月例、四半期、半期、年次）の最終化
- 連結キャッシュフロー実績報告書のモニタリング
- 毎月の請求額と支払い額の確認と処理

(6) 事務員

事務員の主な役割を以下に示す。

- PMU に関する全ての事務処理
- 事業に関連する文書およびレポート作成の補助
- 関係機関及び関係者との連絡及び調整

11.1.3 PMU に必要とされる能力

事業実施に先駆けて、ANE は PMU を設立し機能させる責任を負う。PMU の人材として、言語能力、FIDIC や JICA 等の契約管理ガイドラインを理解し利用する能力、技術的能力、財務管理能力を有する適任者を育成する必要がある。

11.2 事業パッケージ分けの検討

11.2.1 事業パッケージ分けの目的

本プロジェクトは 3 路線が対象であり、かつ事業規模が大きな案件であるとともに、跨線橋、海上橋梁などを含む新設のバイパスおよび環状道路道路であることから、これまでの ANE の事業である既存道路の改良とは異なる施工監理が必要となる。

また、それぞれの路線は 200km 以上離れており、かつ、各路線においても資機材の調達・運用や、施工順序の効率性、施工規模・プロジェクト規模などを考えると、複数の工区に分割して施工することが円滑なプロジェクト実施のために求められる。

従って、本節では、技術的な観点、特に、施工計画の視点から望ましいと考える事業パッケージ分けの検討を行った。以下に、検討結果として、各路線のパッケージの案を示す。

11.2.2 ナカラ港アクセス道路（3 工区）

ナカラ港は、途中に交差する R702 を境に、工事用道路を二方向に分けることが可能である。また、海上橋梁という一定規模の橋梁主体の工事が想定されることから、以下の 3 つの工区に分けることが最適であると考えられる。以下に各工区の概要と工区的位置関係を示した図を記す。

表 11.2.1 ナカラ港アクセス道路の工区案（3 工区）

工区案	区間延長 (m)	建設費 (mil. USD)	工区の概要
<u>工区 1</u> 海上橋梁	840	36.5	海上橋梁のみであり、ナカラ港の拡張部分との良好な接続が必要となる。工区 2 と接続することでナカラ港から R702 までのルートが機能する。
<u>工区 2</u> 海上橋梁終点～ R702	10,233	32.0	土工部分が主体であり R702 側からの工事が想定される（側道部分が一部存在）。工区 1 と 2 によりナカラ港から対岸の Nacala-a-Velha へのショートカットが可能となる。
<u>工区 3</u> R702～N12	4,130	16.6	3 工区の中では最も交通量が少なく土工主体の区間。

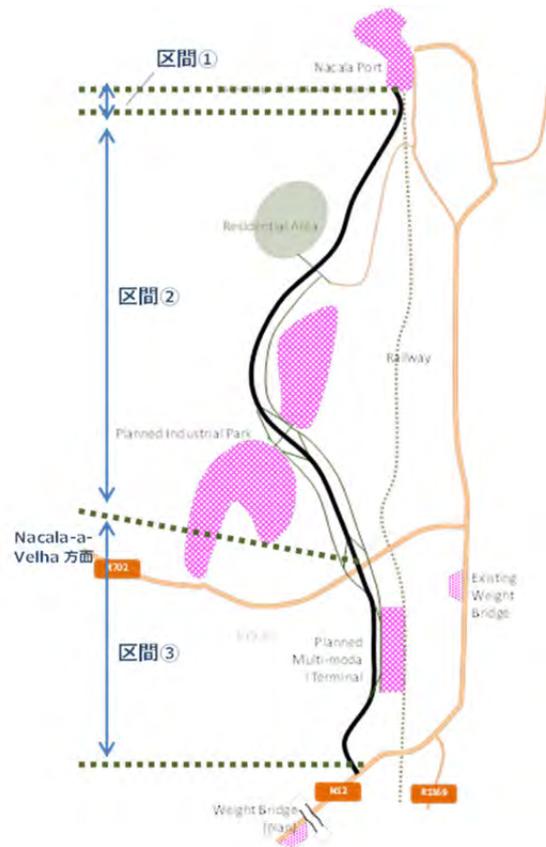


図 11.2.1 ナカラ港アクセス道路の工区わり位置図

現地の施工能力を考慮した施工パーティの想定をもとにすると、ナカラ港アクセス道路を1つのパッケージで実施した場合は4.0か年の建設期間となる。これを3つの工区に分割することで、並行して工事を進めることが可能となり建設期間は3.5か年に短縮される。なお、本道路は側道を計画していることから、工事用道路の構築期間分が不要であり、その分の工期が大幅に軽減されている（約2か年程度）。

以下に、一つのパッケージによる建設期間と、工区を分割することによる建設期間の短縮度合いを示す。

表 11.2.2 ナカラ港アクセス道路における施工期間（工区による短縮）

1つのパッケージによる場合								
工種	数量		施工能力		必要工期	施工パーティ数	施工期間	全体工期
	単位	単位	単位	単位	月	パーティ	年	年
切土工	605,000	m ³	370	m ³ /day	54.5	2	2.3	4.0
盛土工	639,000	m ³	370	m ³ /day	57.6	2	2.4	
路盤工	166,900	m ³	820	m ³ /day	6.8	1	0.6	
舗装工	166,900	m ³	1700	m ³ /day	3.3	1	0.3	
橋梁1(海上橋梁)	28	Spans	3.5	Months/Span	98.0	4	2.0	
	29	Piers	3.0	Months/Pier	87.0	4	1.8	
橋梁2(河川橋梁)	1	Spans	4.0	Months/Span	4.0	1	0.3	
	2	Piers	3.0	Months/Pier	6.0	1	0.5	

3工区に分けた場合
【工区1】

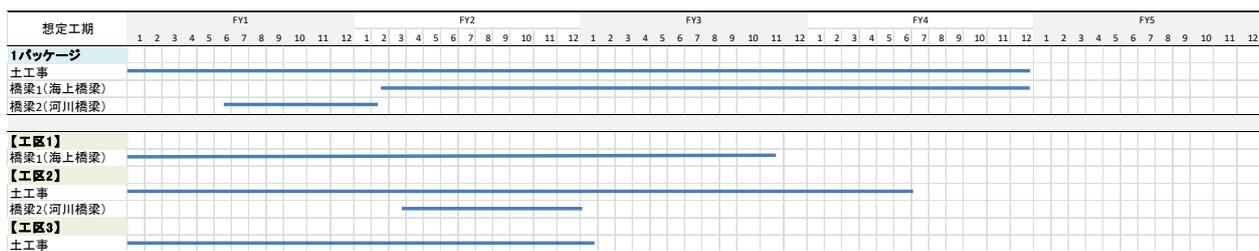
工種	数量		施工能力		必要工期	施工パーティ数	施工期間	全体工期
	単位	単位	単位	単位	月	パーティ	年	年
橋梁1(海上橋梁)	28	Spans	3.5	Months/Span	98.0	4	2.0	2.9
	29	Piers	3.0	Months/Pier	87.0	4	1.8	

【工区2】

工種	数量		施工能力		必要工期	施工パーティ数	施工期間	全体工期
	単位	単位	単位	単位	月	パーティ	年	年
切土工	420,000	m ³	370	m ³ /day	37.8	2	1.6	3.5
盛土工	531,000	m ³	370	m ³ /day	47.8	2	2.0	
路盤工	108,900	m ³	820	m ³ /day	4.4	1	0.4	
舗装工	108,900	m ³	1700	m ³ /day	2.1	1	0.2	
橋梁2(河川橋梁)	1	Spans	4	Months/Span	4.0	1	0.3	
	2	Piers	3.0	Months/Pier	6.0	1	0.5	

【工区3】

工種	数量		施工能力		必要工期	施工パーティ数	施工期間	全体工期
	単位	単位	単位	単位	月	パーティ	年	年
切土工	184,700	m ³	370	m ³ /day	16.6	1	1.4	2.1
盛土工	107,900	m ³	370	m ³ /day	9.7	1	0.8	
路盤工	58,000	m ³	820	m ³ /day	2.4	1	0.2	
舗装工	58,000	m ³	1700	m ³ /day	1.1	1	0.1	



上記の工程表は、三工区に分けて同時に施工を開始した際の最短案である。なお、工区2と工区3は、既往道路を工事用道路として活用可能であることから、独立して実施が可能であり、工区2の後に工区3を実施することも可能である。

11.2.3 ナンプラ南部バイパス道路（3工区）

起終点のN1、N13以外に、対象道路と交差する道路を工事用進入路として活用することで、3工区に分割することが可能である。特に、跨線橋を有する工区1と工区3と、中間

の工区 2 は、それぞれ特徴の異なる区間である。以下に各工区の概要と工区の位置関係を示した図を記す。

表 11.2.3 ナンプラ南部バイパス道路の工区案 (3 工区)

工区案	区間延長 (m)	建設費 (mil. USD)	工区の概要
<u>工区 1</u> N1 東～R686 跨線橋を含む	6,050	23.1	跨線橋を含む区間であり、ナカラ方面からの R686 を介して部分的に市内流入交通の分散が図られる。
<u>工区 2</u> R686～N1 西	16,070	48.3	工区 1 や工区 3 と比べて、この区間のみの開通によるバイパス効果は低い (工区 1 と 3 と一体となって、ナカラ回廊のバイパス効果を発揮する)。大きな橋梁は少なく、土工主体の延長の長い工事となる (工事進入路が少ない)。
<u>工区 3</u> N1 西～N13 跨線橋含む	8,477	22.3	跨線橋を含む区間であり、この区間のみの開通でも、N13 から N1 南側方面へのバイパスルートとして機能する。



図 11.2.2 ナンプラ南部バイパス道路の工区わり位置図

現地の施工能力を考慮した施工パーティの想定をもとにすると、1つのパッケージで実施した場合は 5.0 か年の建設期間となる。これを 3つの工区に分割することで、並行して工事を進めることが可能となり建設期間は 3.8 か年ほどに短縮される。なお、本道路は側道を計画していることから、工事用道路の構築期間分が不要となり、その分の工期が大幅に軽減されている (約 2 か年程度)。

以下に、一つのパッケージによる建設期間と、工区を分割することによる建設期間の短縮度合いを示す。

表 11.2.4 ナンプラ南部バイパス道路における施工期間（工区による短縮）

1つのパッケージによる場合								
工種	数量		施工能力		必要工期 月	施工パーティ数 パーティ	施工期間 年	全体工期 年
	単位	単位	単位	単位				
切土工	1,189,000	m ³	370	m ³ /day	107.1	2	4.5	5.0
盛土工	1,070,000	m ³	370	m ³ /day	96.4	2	4.0	
路盤工	370,000	m ³	820	m ³ /day	15.0	1	1.3	
舗装工	370,000	m ³	1700	m ³ /day	7.3	1	0.6	
橋梁1(跨線橋)	2	Spans	2.5	Months/Span	5.0	1	0.4	
	3	Piers	2.0	Months/Pier	6.0	1	0.5	
橋梁2	2	Spans	3.5	Months/Span	7.0	1	0.6	
	3	Piers	3.0	Months/Pier	9.0	1	0.8	
橋梁3	1	Spans	4	Months/Span	4.0	1	0.3	
	2	Piers	2.0	Months/Pier	4.0	1	0.3	
橋梁4	2	Spans	3.5	Months/Span	7.0	1	0.6	
	3	Piers	3.0	Months/Pier	9.0	1	0.8	
橋梁5	2	Spans	3.5	Months/Span	7.0	1	0.6	
	3	Piers	3.0	Months/Pier	9.0	1	0.8	
橋梁6	3	Spans	3.5	Months/Span	10.5	1	0.9	
	4	Piers	3.0	Months/Pier	12.0	2	0.5	
橋梁7(跨線橋)	2	Spans	2.5	Months/Span	5.0	1	0.4	
	3	Piers	2.0	Months/Pier	6.0	1	0.5	
橋梁8(補償橋梁)	2	Spans	4.0	Months/Span	8.0	1	0.7	
	3	Piers	3.0	Months/Pier	9.0	1	0.8	
3工区に分けた場合								
【工区1】								
工種	数量		施工能力		必要工期 月	施工パーティ数 パーティ	施工期間 年	全体工期 年
	単位	単位	単位	単位				
切土工	383,000	m ³	370	m ³ /day	34.5	2	1.4	3.5
盛土工	187,000	m ³	370	m ³ /day	16.8	2	0.7	
路盤工	75,000	m ³	820	m ³ /day	3.0	1	0.3	
舗装工	75,000	m ³	1700	m ³ /day	1.5	1	0.1	
橋梁1(跨線橋)	2	Spans	2.5	Months/Span	5.0	1	0.4	
	3	Piers	2.0	Months/Pier	6.0	1	0.5	
橋梁2	2	Spans	3.5	Months/Span	7.0	1	0.6	
	3	Piers	3.0	Months/Pier	9.0	1	0.8	
【工区2】								
工種	数量		施工能力		必要工期 月	施工パーティ数 パーティ	施工期間 年	
	単位	単位	単位	単位				
切土工	890,000	m ³	370	m ³ /day	80.2	2	3.3	3.8
盛土工	543,000	m ³	370	m ³ /day	48.9	2	2.0	
路盤工	189,000	m ³	820	m ³ /day	7.7	1	0.6	
舗装工	189,000	m ³	1700	m ³ /day	3.7	1	0.3	
橋梁3	1	Spans	4.0	Months/Span	4.0	1	0.3	
	2	Piers	2.0	Months/Pier	4.0	1	0.3	
橋梁4	2	Spans	3.5	Months/Span	7.0	1	0.6	
	3	Piers	3.0	Months/Pier	9.0	1	0.8	
橋梁5	2	Spans	3.5	Months/Span	7.0	1	0.6	
	3	Piers	3.0	Months/Pier	9.0	1	0.8	
橋梁6	3	Spans	3.5	Months/Span	10.5	1	0.9	
	4	Piers	3.0	Months/Pier	12.0	2	0.5	

【工区3】								
工種	数量		施工能力		必要工期	施工パーティ数	施工期間	全体工期
		単位		単位	月	パーティ	年	年
切土工	77,000	m ³	370	m ³ /day	6.9	1	0.6	3.6
盛土工	339,000	m ³	370	m ³ /day	30.5	1	2.5	
路盤工	100,000	m ³	820	m ³ /day	4.1	1	0.3	
舗装工	100,000	m ³	1700	m ³ /day	2.0	1	0.2	
橋梁7(跨線橋)	2	Spans	2.5	Months/Span	5.0	1	0.4	
	3	Piers	2.0	Months/Pier	6.0	1	0.5	
橋梁8(補償橋梁)	2	Spans	4.0	Months/Span	8.0	1	0.7	
	3	Piers	3.0	Months/Pier	9.0	1	0.8	

想定工期	FY1			FY2			FY3			FY4			FY5											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1パッケージ	[Bar chart showing construction period for Package 1]																							
土工事	[Bar chart showing earthwork period]																							
橋梁1~4	[Bar chart showing bridge 1-4 period]																							
橋梁5~8	[Bar chart showing bridge 5-8 period]																							
【工区1】	[Bar chart showing work area 1 period]																							
土工事	[Bar chart showing earthwork for area 1]																							
橋梁1(跨線橋)	[Bar chart showing bridge 1 for area 1]																							
橋梁2	[Bar chart showing bridge 2 for area 1]																							
【工区2】	[Bar chart showing work area 2 period]																							
土工事	[Bar chart showing earthwork for area 2]																							
橋梁3~6	[Bar chart showing bridge 3-6 for area 2]																							
【工区3】	[Bar chart showing work area 3 period]																							
土工事	[Bar chart showing earthwork for area 3]																							
橋梁7(跨線橋)	[Bar chart showing bridge 7 for area 3]																							
橋梁8	[Bar chart showing bridge 8 for area 3]																							

工区 1 と工区 3 については、仮に一つの施工業者による工事となったとしても、その土工工事部分と橋梁工事部分を互い違いに行うことにより、工期を維持することが可能である（上表参考）。

また、工区 2 を工区 1 と 3 が完了した後に開始することも可能であり、その分の工事用車両の平準化を図ることもできる。

11.2.4 クアンババイパス道路

クアンバについては、延長も長くなく（12,050m）、また大きな構造物もないことから、特にパッケージ分けをする効果はない。可能性としては、河川橋梁のみを別施工業者に分けることは可能であるが、河川橋梁の工事用道路の構築を考えると、同一パッケージでの実施で十分だと考える。

以下に、施工能力からみた工期の案を記す。およそ 3 か年で工事は完了可能である。

表 11.2.5 クアンババイパス道路における施工期間

1つのパッケージによる場合												
工種	数量		施工能力		必要工期	施工パーティ数	施工期間	全体工期				
		単位		単位	月	パーティ	年	年				
切土工	35,700	m ³	370	m ³ /day	3.2	1	0.3	3.0				
盛土工	239,000	m ³	370	m ³ /day	21.5	1	1.8					
路盤工	140,000	m ³	820	m ³ /day	5.7	1	0.5					
舗装工	140,000	m ³	1700	m ³ /day	2.7	1	0.2					
橋梁1	6	Spans	2.5	Months/Span	15.0	1	1.3					
	7	Piers	2.0	Months/Pier	14.0	2	0.6					
橋梁2	3	Spans	3.5	Months/Span	10.5	1	0.9					
	4	Piers	3.0	Months/Pier	12.0	2	0.5					
橋梁3	3	Spans	4	Months/Span	12.0	1	1.0					
	4	Piers	2.0	Months/Pier	8.0	2	0.3					
想定工期	FY1		FY2		FY3		FY4		FY5			
1パッケージ	[Gantt Chart showing project duration from FY1 to FY5]											
土工	[Gantt Chart showing earthwork duration]											
橋梁1	[Gantt Chart showing bridge 1 duration]											
橋梁2	[Gantt Chart showing bridge 2 duration]											
橋梁3	[Gantt Chart showing bridge 3 duration]											

11.3 事業実施スケジュール

本プロジェクトの実施スケジュールにおける前提条件として、今後、以下の項目について協議を重ね、具体化していくことを想定している。

表 11.3.1 事業実施スケジュールの検討における前提条件

実施項目	前提条件
資金調達	各機関との協議による
コンサルタント選定	12ヵ月程度で実施することが標準
詳細設計	コンサルタント選定後の月数を設定する（事業対象規模による）
施工業者選定	実施機関により実施される。事前資格審査(PQ)が実施される場合は 15ヵ月程度、PQなし場合は 12ヵ月程度が標準である。
建設工期	月数を設定する（事業対象規模による）
用地取得、住民移転	実施機関により施工開始までに完了する

これらの時間的な概念図を以下に示す。



図 11.3.1 事業実施スケジュールの概念図

11.4 運営維持管理計画

11.4.1 概要

本プロジェクトの対象 3 路線は、国際回廊であるナカラ回廊上の交通の要所に位置するバイパス道路や港湾アクセス道路である。そのため、施設は良好な状態を維持し、円滑でスムーズな交通流の確保が求められることから、適切な維持管理計画を策定し実施する必要がある。前述のとおり、ANE における道路の維持管理は、維持管理局により実施されているが、本プロジェクトの対象路線における維持管理について、下記の 3 種類の維持の種類がある。

- 日常維持 (Routine Maintenance)
- 定期維持 (Periodic Maintenance)
- 緊急維持 (Emergency Maintenance)

日常維持

日常メンテナンスは、ゴミや瓦礫、土や石などの走行に障害をきたすものの除去や法面の草刈り、および排水施設の掃除などを行うこととする。交通量などの諸条件によって日常点検は一日おきから一年おきまで頻度は異なるが、本プロジェクトの対象道路は、主要幹線道路であり多くの交通量が予想されることから、週 1 回以上の清掃や点検を行うことが望ましい。

ANE には、道路・橋梁の点検/評価ガイドラインが存在し、週三回の頻度にて備上したコンサルタントにより実施されることになっている。

さらに、以下の損傷を発見した場合は、すみやかに補修作業を行うことが求められる。

- 轍ぼれ、ポットホール (小規模パッチング)
- ひび割れ (小規模シーリング)
- 路肩の損傷 (部分修理や整形)
- 排水溝のつまり
- カルバートおよび側壁の汚れ
- ガードレールや道路灯の損傷
- ガードレールや道路標識の塗装のはがれ

定期維持

定期補修は、舗装の全面補修や再舗装、大規模なパッチングやシーリングなど、中長期的な期間を経て全般的に修繕するものであり、一般的には 15~20 年程度ごとに行うものである。この実施には、比較的大規模な交通規制が必要となる。

緊急維持

緊急維持は、自然災害や大規模事故などによって道路・橋梁構造物に著しい損傷が確認され、早急に補修を行う必要があるときに行う。これは不測の事態が発生した際に必要なことであり、「モ」国では以下の例が想定される。

- 豪雨による盛土・切土の地すべり
- 大型車両の衝突などによる橋梁、盛土・切土、舗装、側壁などの損傷

緊急補修作業は、遮断された交通流への影響を最小限にするために、多くの場合において二つのステージに分けて対応することを考えるべきである。第一段階は暫定的に交通を流すことを可能にする応急的措置の実施であり、第二段階は将来的に安定した強度を確保できる全面的な補修工事の実施である。

11.4.2 提案する維持管理体制・システム

現在の国道の維持管理は、州ごとにコンサルタントを選定し、コンサルタントが点検の実施と点検結果に基づく評価および維持管理計画を策定し、ANE 維持管理局の承認のもと、日常維持補修工事の調達管理を実施するものである。また、定期維持管理の場合は、ANE 本部による調達管理となっている。

ナカラ回廊上の国際幹線道路の整備が進むにつれ、ANE が管理すべき道路延長が増大するとともに、国際幹線道路に特化した維持管理体制の構築が必要であると考えられる。

具体的には、以下の項目への対応が可能な維持管理体制の構築が必要である。

- 管理事務所や ANE 本部から遠隔地であり何度も現地での確認ができないこと
- 定期的な頻度で、かつ、技術者による目視調査と同等なかつ統一的な視点で、損傷状況が把握できること
- 予防保全型の維持管理への転換が可能なデータを蓄積すること
- 補修履歴を位置座標にもとづき管理し、重複や無駄を防ぐこと

上記のニーズへの対応を可能とする技術として、9.7 で提案した走行による全集映像の撮影と 3 次元データによる損傷状況の把握や地物管理が可能なシステムの導入を推奨する。これらによる、ANE 本部での技術員確保や調査や維持管理業務の効率を高めることができ、維持管理費用の軽減につながると考える。

11.4.3 維持管理費用の試算

暫定 2 車線供用時の高スペック案およびベーシック案における維持管理費用を、以下の方法で試算した。なお、この試算結果は経済分析の費用として計上されている。

- 年間の舗装維持管理費用：初期舗装費用の 3%（本線舗装と側道舗装別に計上）
- 大規模修繕（切削オーバーレイを想定）：15 年間に 1 回を想定(表層・基層分のみ)
- 年間の橋梁維持管理費用：30 年間の分の橋梁維持管理費用は橋梁の初期工事費 16%（我が国の実績値より）。

以下に、経済分析用の 30 年間分の費用を、各年単位に平均値化した維持管理費用の試算結果を示す。

表 11.4.1 維持管理費用の試算結果（百万円/年）

	高スペック案	ベーシック案
ナカラ港アクセス道路	124.9	107.3
本線舗装の維持管理	61.3	61.3
側道舗装の維持管理	6.1	6.1
舗装の大規模修繕	23.4	23.4
橋梁の維持管理	34.1	16.5
ナンプラ南部バイパス道路	180.0	157.9
本線舗装の維持管理	61.1	61.2
側道舗装の維持管理	23.1	23.1
舗装の大規模修繕	62.1	62.1
橋梁の維持管理	33.7	11.4
クアンババイパス道路	43.6	42.7
本線舗装の維持管理	19.0	19.1
歩道舗装の維持管理	0.5	0.5
舗装の大規模修繕	14.1	14.1
橋梁の維持管理	10.0	9.0

出典：調査団

第 12 章 環境社会配慮

12.1 序章

環境コンサルタントの調達、自然・社会環境配慮調査の実施、ステークホルダー協議の開催、土地環境農村開発省 (MITADER) / 土地環境農村開発地方事務所 (DPTADER) への環境報告書の提出といった一連の環境社会配慮業務は、本調査では全て事業実施者である ANE によって直接行われた。調査団は、こうした活動が「モ」国における法令と国際的に認められたグッドプラクティス、特に JICA 環境社会配慮ガイドライン (2010 年 4 月) に沿った形で行われるよう、そのプロセス全体に亘って技術的な支援や助言を提供し、この一環として、環境コンサルタントの作成した報告書のレビューも行っている。

当初、本調査は「12.2.1 事業の概要」に示す 3 つの道路事業の全てを調査の対象にしていた。しかし、調査開始当初より ANE による環境コンサルタントの調達が大幅に、また継続的に遅れていたことから、JICA は上記の三事業が不可分一体ではないこと、及びこれら事業のうち最も重要性の高いナカラ港アクセス道路事業は環境カテゴリ B が妥当であることを内部で確認した上で、環境社会配慮に係る技術的支援についてはナカラ港アクセス道路事業に対してのみ、JICA 環境ガイドライン上の環境カテゴリ B レベルで行うこととし、2016 年 6 月 28 日に JICA と ANE はこの内容で正式に合意した。

その後、コンサルタントが決まり、調査が開始し、簡易環境報告書 (SER) と住民移転計画書 (PR) も DPTADER に提出されたが、JICA 環境社会配慮ガイドラインに照らし合わせ、報告書には改善が求められると判断された。この状況を受け、JICA は報告書のレビューに留まらず、可能な範囲でその修正まで含めて支援することとし、調査団は 2017 年 11 月に ANE、コンサルタントとの協議を通じ、現地にてこれを行った。調査団により一部修正された SER、PR を付録-10、付録-11 にそれぞれ示す。

本章では、2015 年 7 月 13 日に開かれた環境助言委員会への提出資料とその場で受けたコメントを含む調査団による事前調査の主な結果 (IT/R の提出までの成果物) をまず示す。先述の SER、PR のうち、特に PR (及びこれを作成するために行われた調査方法等) については、いまなお重要な点において改善の余地が見られる。調査団の事前調査の結果に続く節では、将来、事業の実施に向けた補足調査を行う上での一助となるよう、こうした点について整理する。最後に、ナカラ港アクセス道路事業に係る現在の状況と、当初、調査対象とされていたその他の二事業 (ナンプラ南部バイパス道路事業、クアンババイパス道路事業) の概況について記録する。

12.2 JICA 調査団が実施した事前調査の結果

12.2.1 事業の概要

事業の概要と対象地域は次の通りである。

- ナカラ港アクセス道路 約 15.2 km¹ (片側 2 車線)
- ナンプラ南部バイパス道路² 約 30.6 km³ (片側 2 車線)
- クアンババイパス道路⁴ 約 12.1 km⁵ (片側 1 車線)

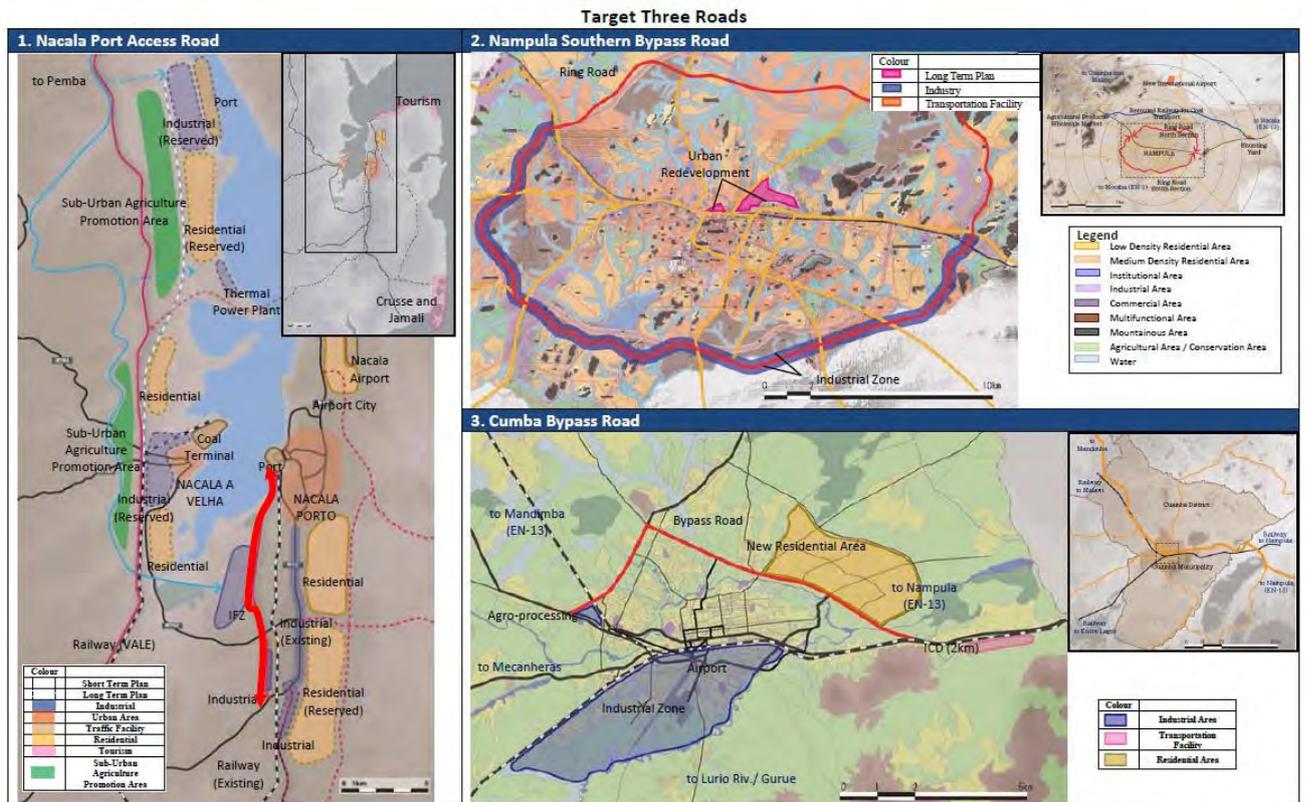


図 12.2.1 対象 3 路線

後述するが、ナカラ港アクセス道路とナンプラ南部バイパス道路は Land Law (No. 19/1997) Chapter 2、Article 8 (Partial Protection Zones) (g) に書かれた「両路肩から 50m」の道路区分に、クアンババイパス道路は「両路肩から 30m」の道路区分にそれぞれ該当する。よって、下図に示すようにナカラ港アクセス道路とナンプラ南部バイパス道路の ROW は 120.5m、クアンババイパス道路の ROW は 67.0m となる。標準断面図 (案) を以下に示す。

¹ 現在の計画延長を記載している。

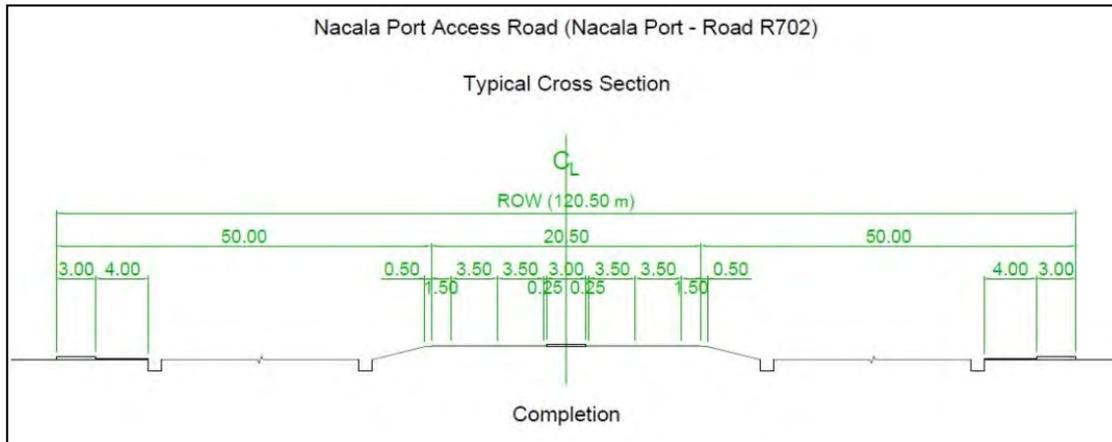
² 現在、環境調査対象外。

³ 現在の計画延長を記載している。

⁴ 現在、環境調査対象外。

⁵ 現在の計画延長を記載している。

片側2車線、ROW=120.5m (ナカラ港アクセス道路、ナン普拉南部バイパス道路)



片側1車線、ROW=67.0m (クアンババイパス道路)

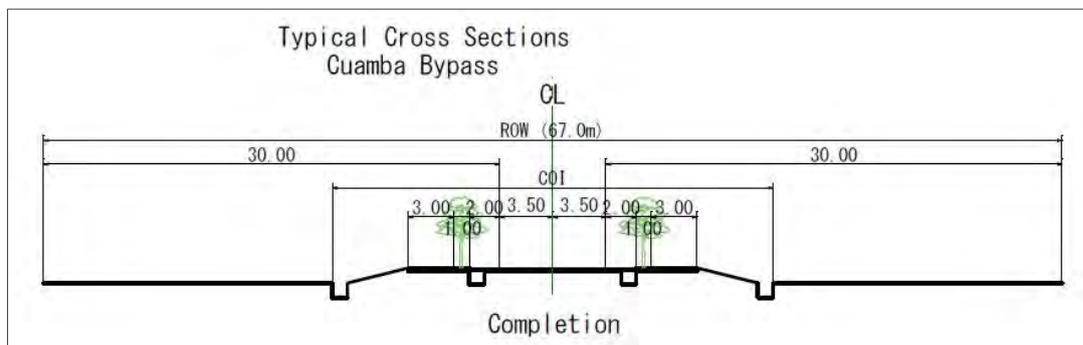


図 12.2.2 標準断面図 (案)

12.2.2 対象地域の現況

(1) 自然環境

a) 気候

「モ」国は南緯 10°27' から 26°52'、東経 30°12' から 40°51' に位置し、国土全体の面積は 786,380km² である。ナカラ回廊については「モ」国の北部地域に当たり、南北に約 900km、東西に約 1,100km に亘って伸びる。雨季と乾季があり、11 月から 4 月までは温かく湿気も多い雨季、5 月から 10 月までは涼しく乾燥した乾季に当たる。図 12.2.3 に本調査対象地であるナン普拉州 (ナカラ市とナン普拉市) とニアッサ州 (クアンバ市) における月別平均気温と月別降水量 (ナカラの場合は湿度) を示す。

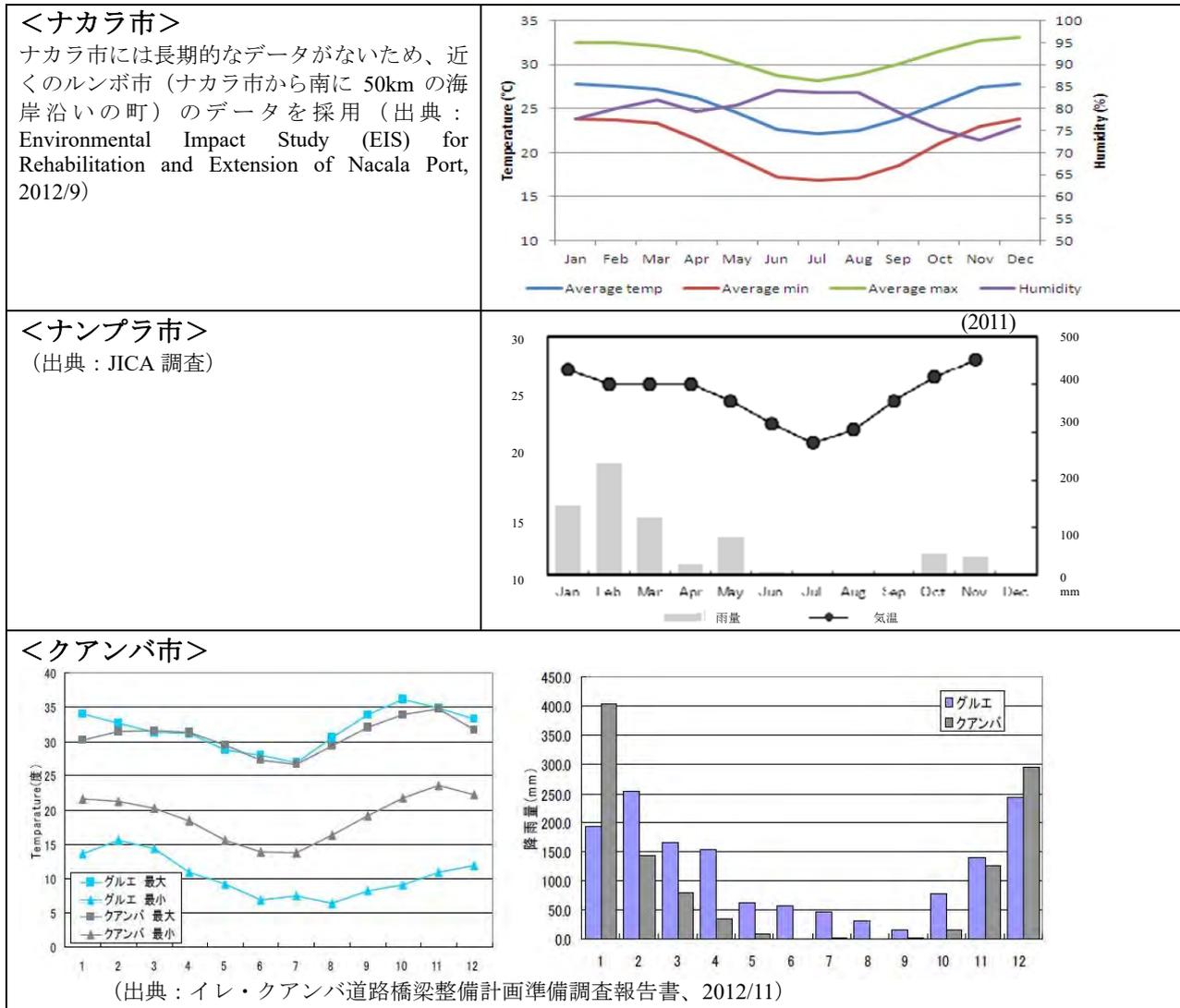


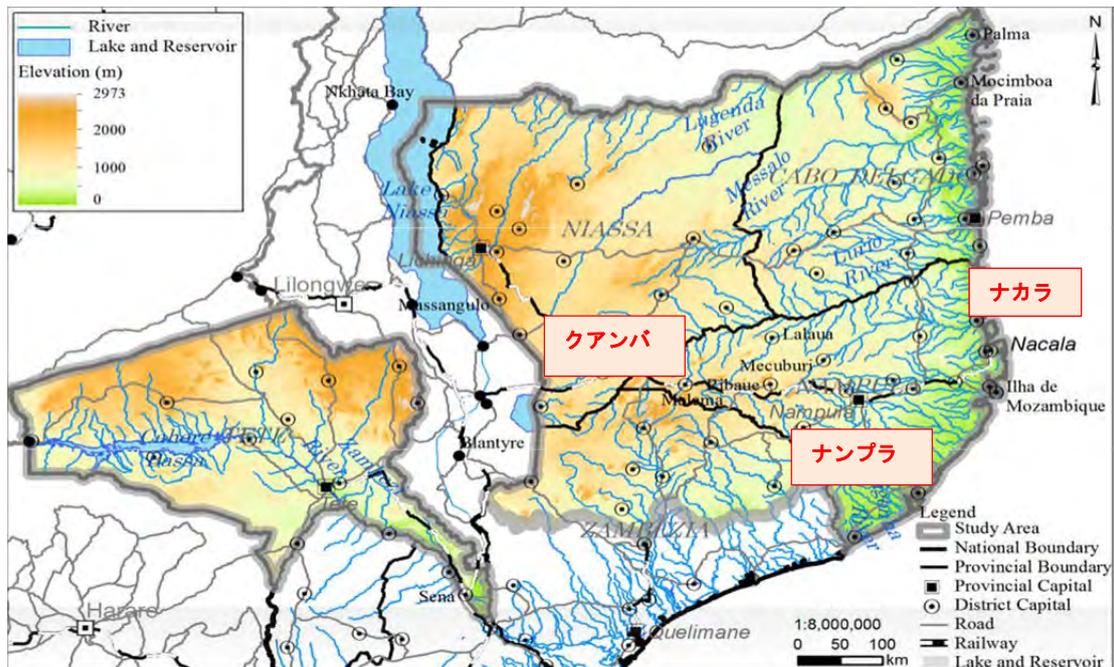
図 12.2.3 ナカラ市、ナンプラ市、クアンバ市の月別平均気温と降水量・湿度

b) 地形・地質

ナカラ回廊地域の地形は、東からナカラ市付近に広がる沿岸低地（標高 0～200m）、ナンプラ市を含む中位の台地（標高 200～500m）、クアンバ市を西端とする高原（500～1,000m）の 3 つに区分できる。

「モ」国北部は、沿岸部を除き基盤岩地帯で、その地質は先カンブリア代後期に形成された変成岩複合岩体でありモザンビーク帯と呼ばれる。モザンビーク帯は古生代初期の地殻変動により形成されたルリオ（Lurio）ベルトと呼ばれる北東—南西方向の構造線を境に南北に分けられる。南側のナンプラブロックには、その後貫入した多種の火成岩類が散在し、突出した山岳を形成している。一方、北側はクアンバ市をその南西端とするマルパ（Marupa）ブロックに当たり、比較的貫入岩が少ない。その後形成された堆積岩類は、「モ」国南部に広く分布する古生代のカー系と中生代以降の東アフリカ地溝帯に関連す

る地殻変動で形成された堆積盆地の堆積岩類に分類される。なかでもタンザニアからモザンビーク島付近までの北部沿岸地域には、中生代末から新生代第三紀に堆積した泥岩、砂岩、石灰岩が分布し、厚さ 10m 程度の風化帯を伴い、緩い土砂で覆われている。さらに、河川沿いの低地では沖積層、海岸沿いでは風成層に、斜面の下部では崩積土に覆われている。



出典：PEDEC-Nacala

図 12.2.4 ナカラ回廊（北部 5 州）の標高図

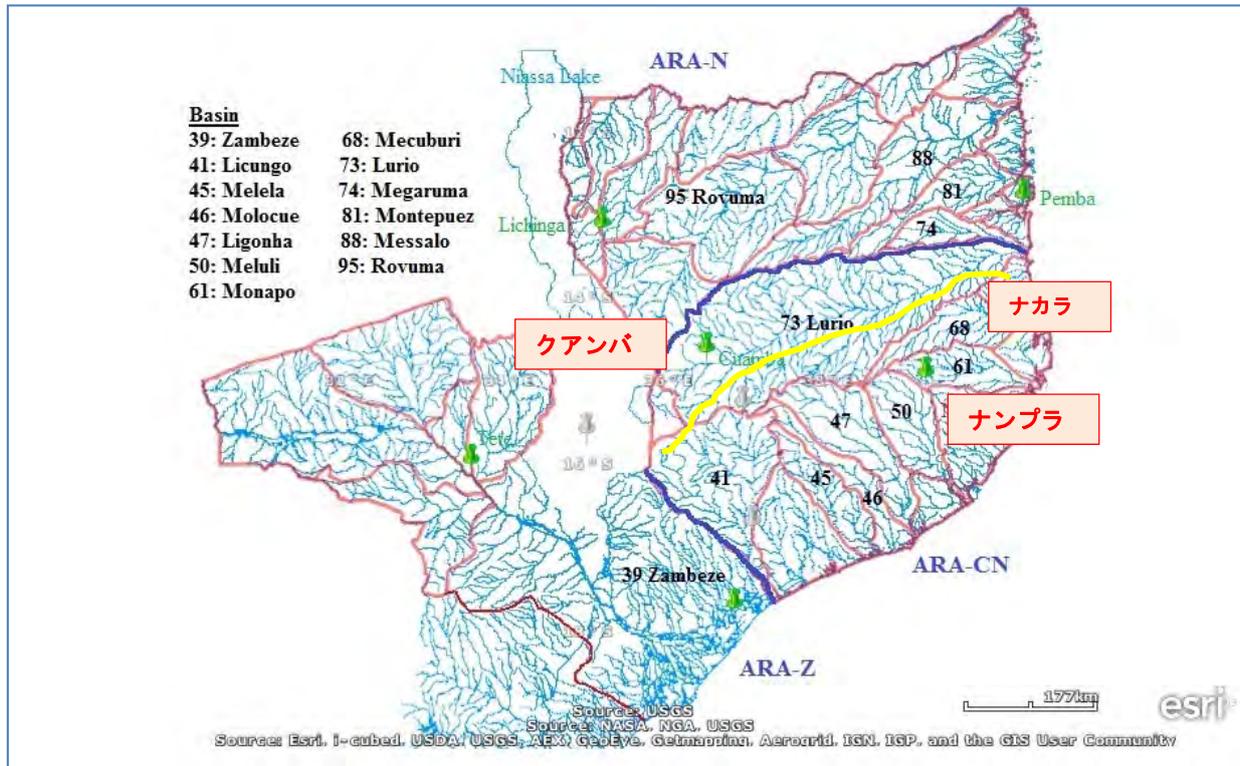
c) 水系・水域

ナカラ回廊地域の年間降水量は、Lurio 川流域で 1,030mm、Rovuma 川流域で 900～1100mm、Licungo 川流域で 1,400mm である。Zambezi 流域の上流地域に当たる Luaia 支流流域での降水量は他の地域よりも少なく、年間 615～753mm である。

ナカラ回廊地域にある河川・湖は以下の通りである。

- Zambezi 川：集水域 1,390,000 km²、流出量 107,979 million m³（年平均）、3,424 m³（毎秒）
- Rovuma 川：集水域 155,500 km²、流出量 14,980 million m³（年平均）、475 m³（毎秒）
- Lúrio 川：集水域 61,423 km²、流出量 8,722 million m³（年平均）、277 m³（毎秒）
- Niassa 湖：面積 29,600 km²、貯水量 8,400 km³

本事業地に関係するのは Lurio 川水系であり、クアンバ市にはその支流のムワンダ川が流れている（黄色線が Lurio 川の主流）。ナカラとナンプラは小河川の水域である。



出典: JICA 調査

図 12.2.5 ナカラ回廊（北部 5 州）の水系、水域

ナカラ市の水源は Muecula ダム (Nacala ダム) であり、同市の中心部から約 28km の位置にある。このダムは約 7,200m³/日の水を供給するが、ナカラ市の需要量 10,200m³/日には及ばない (2009 年時点)。ナンプラ市の水源は Monapo 川にある Monapo ダムであり、同市の中心部から 9km 程度離れている。平均供給量は約 17,000m³/日であるが、近い将来に水が不足することが想定されることから改修工事が進められている。クアンバ市の水源は Lurio 川支流である Mepopole 川にある Mepopolo ダムであり、市の中心から約 30km 離れている。供給量は 9,300m³/日であるが、クアンバ市でも近い将来、需要量に満たなくなるといわれている。

d) 生態系・保護区

「モ」国にはゴロンゴザ山地、キリンバス群島 (北部 Pemba 近く) といった豊かな生態系を有する地域があり、約 685 種類の鳥類、195 種類の哺乳類、228 種類の爬虫類、59 種類の両生類と約 5,700 種類の植物が固有種として生息している。

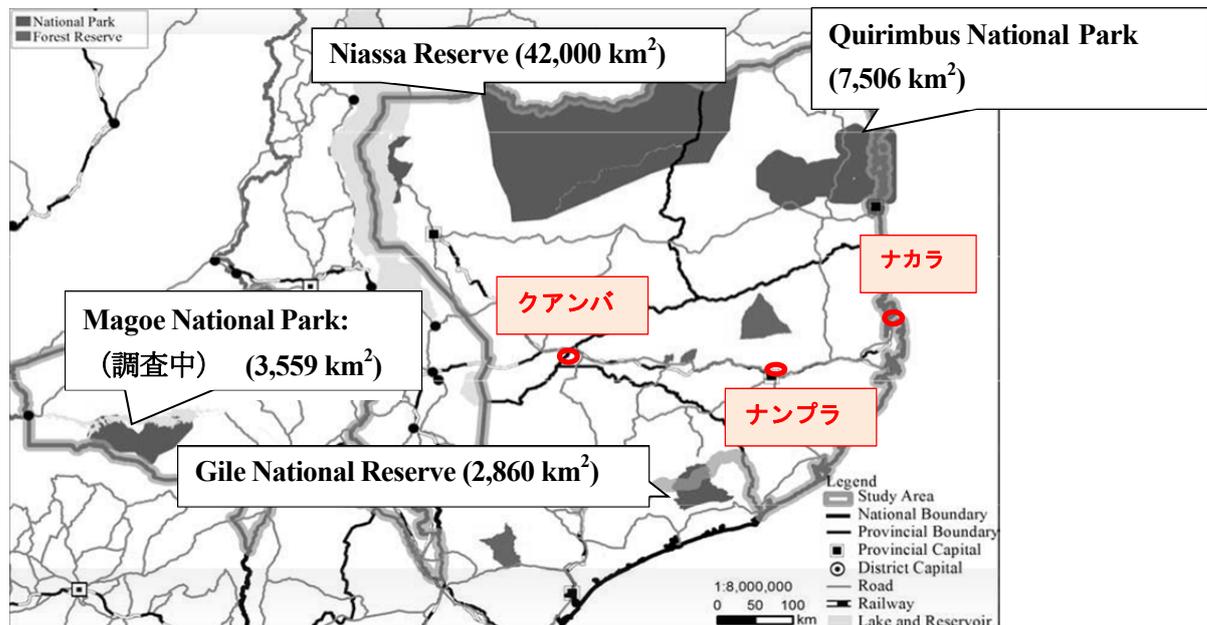
「モ」国の保護区には 6 つの区分があり、総面積は 147,345km²、国土の約 18% を占めている。その概要は次の表に示す通りである。

表 12.2.1 「モ」国における自然保護区

	区分	箇所	面積 (km ²)	国土面積に対する占有率 (%)
1	National Park	6	37,476	4.68
2	National Reserve	6	47,700	5.95
3	Game Controlled Area	2	2,700	0.34
4	Hunting Area	12	50,017	6.24
5	Forest Reserve	26	9,452	1.18
6	Zones of Use and Historic and Cultural Value	0	0	0
計			147,345	18.38

出典: MICOA(2009) “4th National Report on Implementation of the Convention on Biological Diversity in Mozambique.”

ナカラ回廊が通過する北部5州には3つの保護区と「モ」国政府によって調査中の保護区 (Mago National Park) の計4つがあり、下図の通り、位置している。なお、本事業対象路線はいずれも市街地あるいはこれに近い位置に計画されていることから保護区内には該当しない (対象路線に最も近い保護区は Quirimbus National Park であり、ナカラ市から約 25km 北部に位置する)。



出典: JICA 調査

図 12.2.6 対象路線周辺の自然保護区

(2) 社会、経済に係る基本情報

a) 面積、人口

本計画の対象地域であるニアッサ州とナンプラ州、「モ」国全体の人口及び人口増加率（1997-2007）を次の表に示す。

表 12.2.2 対象 2 州の人口及び人口増加率

州・地域	人口		人口増加率（年平均／％） 1997 - 2007
	1997	2007	
ニアッサ州	808,572	1,213,398	4.14
ナンプラ州	3,063,456	4,084,656	2.92
「モ」国全体	16,075,708	20,632,434	2.53

出典: JICA 調査

ニアッサ州、ナンプラ州の都市、農村部の人口とその割合について下表に示す。都市化率はニアッサ州・ナンプラ州ともに「モ」国全体平均よりも低い。

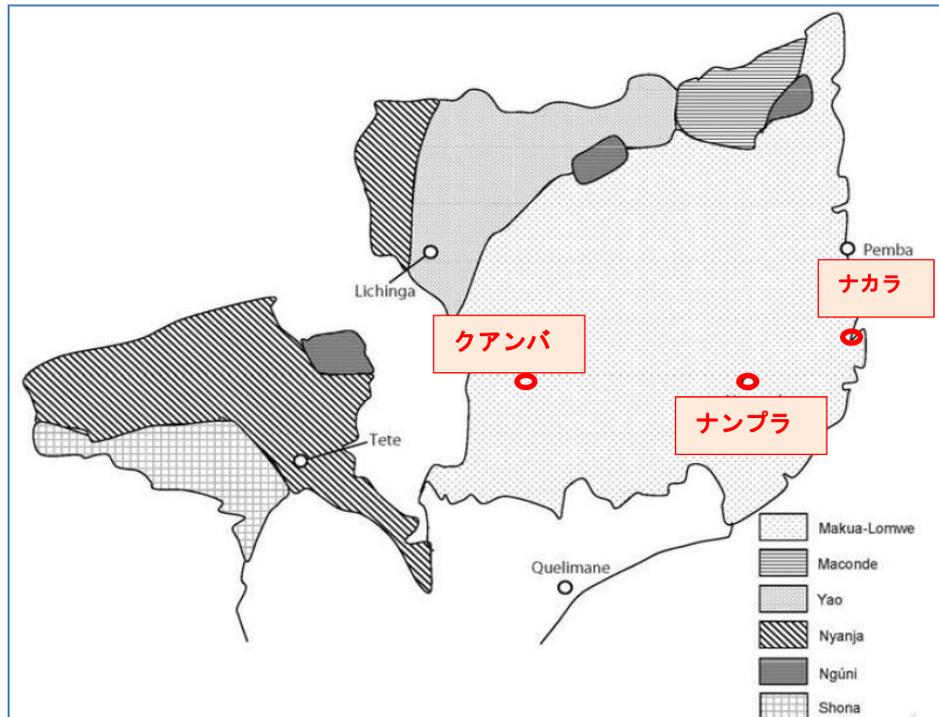
表 12.2.3 対象 2 州の都市・農村人口及び割合（2007 年）

州・地域	都市部（％）	都市部以外（郊外・農村部／％）	計
ニアッサ州	277,838 (23%)	935,560 (77%)	1,213,398
ナンプラ州	1,167,813 (29%)	2,916,843 (71%)	4,084,656
「モ」国全体	6,269,621 (30%)	14,362,813 (70%)	20,632,434

出典: JICA 調査

b) 民族分布

「モ」国には、40 程度の民族が存在するが、なかでもマクア-ロムウェ人が全人口の半分を占める。その他の民族の全体人口に占める割合は、ソング・ロンガ人が 24%、ヤンジャ・セナ人が 12%、ショナ人が 6%、他ポルトガル人、インド人となっている。ナカラ回廊地域における民族の分布状況を次の図に示すが、全国同様、マクア-ロムウェ人が多くを占めていることが分かる。その他の民族としては多い順に、マコンデ人、ヤオ人、ニャンジャ人、ングニ人、ショナ人となっている。内戦中はナカラ回廊地域に居住するマクア-ロムウェ人とマコンデ人が政治的に対立していたものの、現在は特段そのような動きは見られない。



出典: JICA 調査

図 12.2.7 ナカラ回廊における民族の分布

c) 貧困層、ジェンダー

所得水準をみると、マプトの一人当たり GDP が USD1,561（2009 年）と中所得国並みであるのに対し、北部 5 州の一人当たり GDP は USD271 と全国平均である USD453（2009 年）をも大きく下回る。貧困率をみると、北部の貧困率が 53%（2009 年）であるのに対し、マプト市は 36.2%（2009 年）と大きな格差がある。

女性の非識字率は 6 割を超え、高いといえる。妊産婦死亡率に関しても 550（対出生 10 万、2008 年）とサブサハラ・アフリカ地域の平均である 640 を下回るものの、高い水準にある。女性世帯主世帯（FHH）の割合は 26.4%であり、その割合は南部・都市部で増加傾向にある。FHHに占める貧困世帯の割合は 62.5%と全国平均より高く、「貧困の女性化」がみられる。一方、農業生産労働の 62%は女性が担っており、ナカラ回廊においても多くの女性が重労働に従事している状況にある。

d) 経済の動向

次の表はニアッサ州、ナンプラ州における地域内総生産（GRDP）を示している。2000 年までニアッサ州の年成長率は 3.8%と低かったものの、2000 年以降は全国平均に届いている。ナンプラ州については常に 7%台で経済成長率が推移している。

表 12.2.4 対象 2 州における GRDP 及び年経済成長率

州・地域	GRDP (Million MT, 2003)				年経済成長率 (%)		
	1997	2000	2007	2011	1997-2000	2000-2007	2007-2011
ニアッサ州	2,368.3	2,651.9	4,587.0	5,930.7	3.8	8.1	6.6
ナンブラ州	10,634.7	13,118.0	22,192.3	29,321.3	7.2	7.8	7.2
「モ」国全体	69,073.7	84,989.3	151,299.9	197,524.4	7.2	8.6	6.9

出典: JICA 調査

2000 年、2011 年におけるセクター別の GRDP は次の表に示す通りである。「モ」国全体と比較し、農業の割合が高い傾向が見てとれる。

表 12.2.5 対象 2 州における 2000 年、2011 年のセクター別 GRDP

州・地域	2000 (%)				2011 (%)			
	農業	産業	サービス	計	農業	産業	サービス	計
ニアッサ州	47.6	10.2	42.2	100.0	49.5	7.2	43.4	100.0
ナンブラ州	38.7	15.4	45.9	100.0	39.9	17.0	43.1	100.0
「モ」国全体	27.9	21.5	50.7	100.0	27.7	23.7	48.6	100.0

出典: JICA 調査

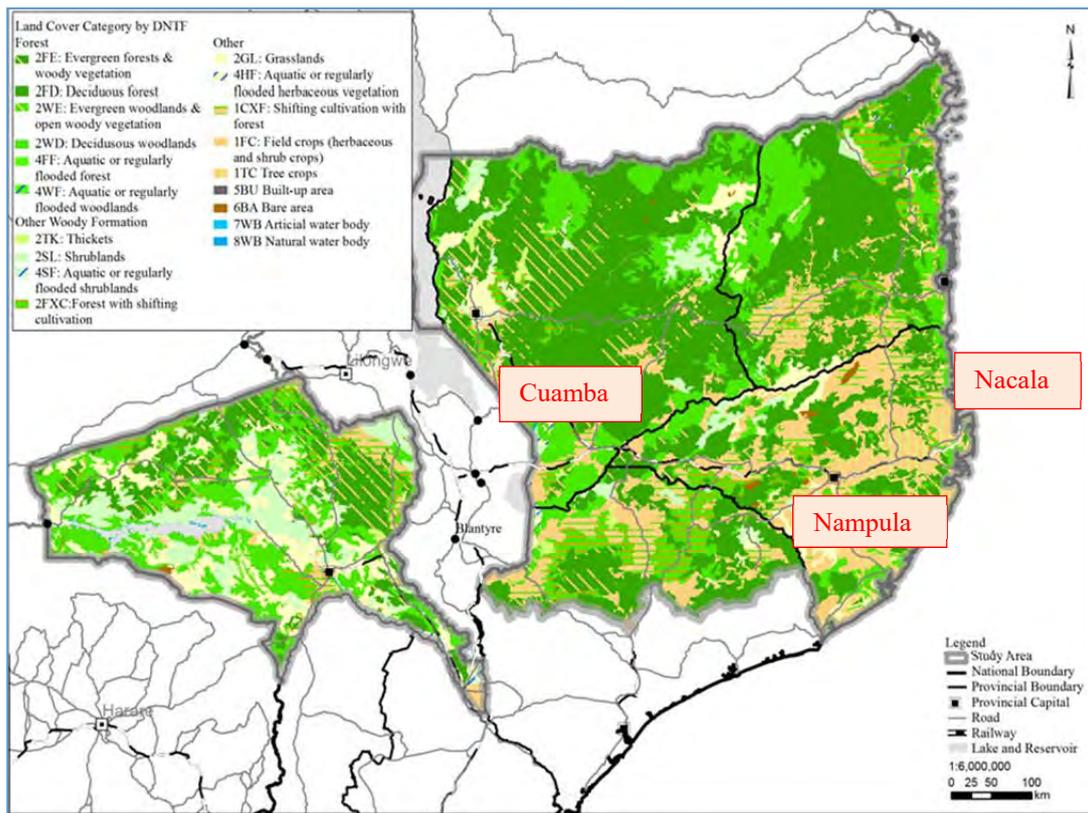
e) 土地利用状況

ナカラ回廊地域における現在の土地利用状況は次の表と図に示す通りである。農業省の実施した調査（調査名: Zoneamento Agro-Ecológico Nacional/ZAE, 2009）によれば、全体の約 58%を疎林地域と密林地域が占める。1994～1995 年から 2004～2005 年の間に起きた土地利用に係る変化の特徴として、特にナンブラ州のルリオ川流域の主要な道路周辺において森林伐採が進んだことが挙げられる。

表 12.2.6 ナカラ回廊における土地利用状況

分類	面積 (km ²)	%
密林地帯	58,836	13.6
疎林地帯	192,809	44.5
草原地帯	43,911	10.1
水生もしくは定期的に浸水する森林、草原、マングローブ地帯	1,647	0.4
耕作用に転換されつつある森林	52,648	12.2
農業地帯	65,425	15.1
建物のある地域（市街地等）、裸地	5,514	1.2
水域	12,285	2.8
計	433,072	100.0

出典: JICA 調査 (GIS データ 2007 年と 2009 年に基づく)



出典: JICA 調査

図 12.2.8 ナカラ回廊における土地利用状況

(3) 対象地域の写真

ナカラ港アクセス道路

 <p>ナカラ港全景。廃船が2艘港内にある。</p>	 <p>ナカラ港近くの海岸。満潮時は冠水する。</p>
 <p>計画路線より約1km離れた支道で発生した土砂崩壊の様子（2015年1月～3月）。上・下流部に土砂が堆積。</p>	 <p>ナカラ港東側の計画路線近くの様子。石油パイプラインと墓地（○印樹木の下に埋葬）を避ける必要あり。</p>
 <p>計画路線中央部、既存道から東側を見た写真。近くに本事業による橋の建設を計画している。</p>	 <p>計画路線（Br.2）周辺。この上流で線路の盛土が大雨で崩壊し土砂が流出した。水場で洗濯をする女性たち。</p>

図 12.2.9 ナカラ港アクセス道路

ナンプラ南部バイパス道路

 <p>既存道周辺にある住居。住居周辺には果樹、農地（場所によっては墓地）があることが多い。</p>	 <p>計画路線西側付近に位置する畑。キャッサバやトウモロコシ、豆類等が栽培されている。</p>
 <p>計画路線西側付近に位置する集落にある井戸。この集落にあるのはこの井戸のみ。乾季は枯れるとのこと。</p>	 <p>計画路線東側にある鉄道（計画 Br. 1 付近）。N1 との接続地点から南側に入った場所。</p>
 <p>計画路線南東部に位置する植生地（雨季の集中豪雨時には氾濫原となる個所もある）。</p>	 <p>計画路線南東部の既存道（R104：未舗装）。</p>

図 12.2.10 ナンプラ南部バイパス道路

クアンババイパス道路

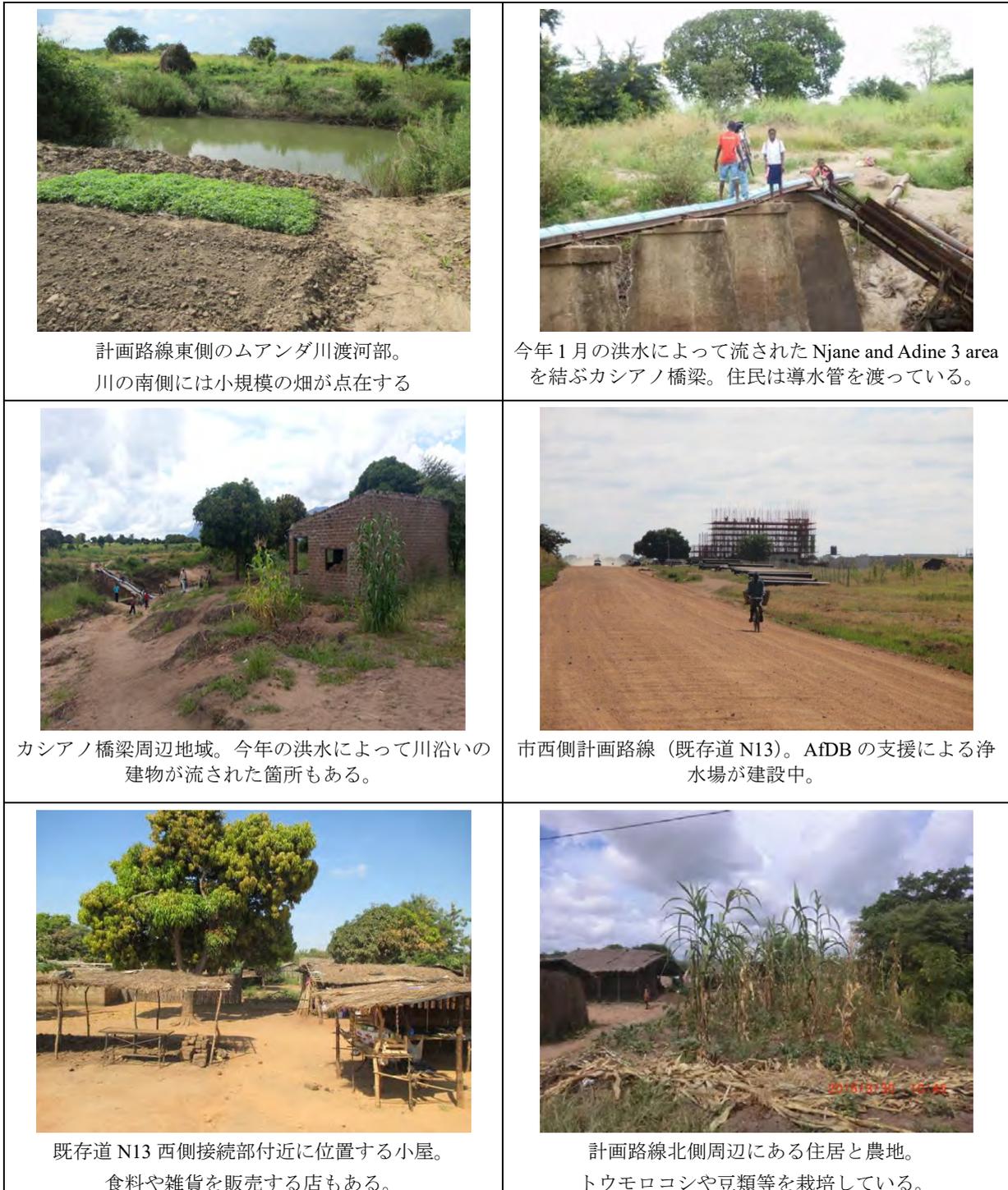


図 12.2.11 クアンババイパス道路

12.2.3 環境社会配慮に係る法令・制度

(1) 「モ」国における環境社会配慮に関する法令

a) 法令の枠組み

「モ」国における法律文書の格付け及び制定する機関は次の表の通りである。

表 12.2.7 法律文書の格付け

ランク	法律文書	制定する機関
1	憲法 (Constitution)	国会 (Assembly of the Republic, Parliament)
2	法律、法規、法令 (Law)	国会 (Assembly of the Republic)
3	緊急法令・命令 (Decree-Law)	閣議 (Council of Ministers)
4	法令、命令 (Decree)	閣議 (Council of Ministers)
5	大統領令 (Presidential Decree)	大統領 (President of Republic)
6	閣議決定 (Ministerial Resolution)	省庁、大臣 (Ministry or Ministers, jointly)
7	省令 (Ministerial Order)	大臣 (Minister)

出典：SADC Environmental Legislation Handbook 2012

b) 環境行政及び上位計画

1990年に環境委員会 (National Environmental Commission) が創設され、それまで遅れていた環境に係る法令や政策の整備が「モ」国で始まった。1995年には環境活動調整省 (MICOA) が創設されたと共に、環境委員会によって環境に係る上位計画である国家環境管理計画 (NEMP) が制定された。2015年1月に発足した新政権による省庁再編の結果、MICOAには土地・農村開発の分野・業務が加わり環境行政を管轄する省として生まれ変わった。名称も土地環境農村開発省 (MITADER) に変更された。

c) 環境関連法令

1997年10月に環境保護のための基本的な法律文書として環境法が制定された (The Environmental Law, No.20/1997, October 1997)。また EIA 規則は Decree 45/2004 が該当する (2008年に改訂)。その他、環境に関連する法令等は次の表の通りである。

表 12.2.8 環境社会配慮関連法規の一覧

法的枠組み	
Constitution of the Republic of Mozambique (16 Nov. 2004)	憲法・環境保全とその義務
National Environmental Policy (Resolution 5/1995)	モ国環境政策
Environmental Law (Decree 20/1997)	環境法（基本的枠組み）
Environmental Impact Assessment Regulations (Decree 45/2004, 42/2008)	EIA 規則・手順
環境基準	
Regulation on Environmental Quality and Emission Standards (Decree 18/2004)	大気・水質・土質基準等
認可・承認、検査・監査	
(Environmental Law: Decree 20/1997) 前述	環境認可・有効期限他
Regulations regarding water licensing and Concessions (Decree 43/2007)	水利権
Regulations on Industrial Activity Licensing (Decree 22/2014)	産業認可（EIA 実施、TOR 作成）
Regulation on Environmental Inspection (Decree 11/2006)	環境管理・監査
Regulation on Environmental Audit (Decree 25/2011)	監査の定義、組織の役割等
大気質・水質・生物多様性	
Air Quality regulations on Environmental Quality and Effluent Emission Standards (Decree 18/2004, amended Decree 67/2010)	大気汚染基準（有機・無機、発がん性物質等）
Regulation regarding the Management of Substance that Destroy the Ozone Layer (Resolution 78/2009)	オゾン層破壊対策
Regulations on Water Quality for Human Consumption (Ministerial Diploma 180/2004)	飲料水用の水質基準、有害な物質からの保護
Regulation for the Prevention and Marine and Coastal Environmental Protection (Decree 45/2006)	海岸沿岸の保全
Regulation regarding Standards for Environmental Quality and Discharge of Effluent (Decree 18/2004)	産業廃棄物（排水）の取り扱い規定等
Forest and Wildlife Law (Law 10/1999)	国立公園、保護区の規定
Fisheries Act (Law 3/1990)	漁業に係る規定
Enabling Regulation of Forest and Wildlife Law (Decree 12/2002)	保護動物の規定
Regulation regarding Sport and Recreation Fishing (Decree 51/1999)	保護海洋動物の規定
Regulation regarding the control of Invasive Alien Species (Decree 25/2008)	特定外来生物の規定
廃棄物管理	
Regulations on Solid Waste Management (Decree 13/2006)	廃棄物処理（廃棄、排出等）
土地・空間計画、移転	
Land Law (Law 19/1997) and Land Law Regulations (Decree 66/1998)	土地法、土地所有
Law on Spatial Planning (Law 19/2007)	RoW、補償について
Regulations on the Resettlement Process resulting from Economic Activities (31/2012)	移転の基本規定
The Resettlement Process (Ministerial Resolution 155/2014)	移転の際の委員会設置
The Process of preparing and Implementing Resettlement Plans (MR 156/2014)	移転のプロセス
文化遺産	
Law of Protection of Cultural Assets (Decree 10/1988)	遺産・文化財の保護

また、「モ」国政府が過去に批准した環境社会配慮に関連する国際条約や取り決めとしては以下のものがある。

【大気質】

- オゾン層保護のためのウィーン条約/1985
- オゾン層を破壊する物質に関するモントリオール議定書/1987
- 気候変動に関する国際連合枠組み条約/1992
- 京都議定書/1997

【生物多様性】

- African Convention on the Conservation of Nature and Natural Resources/1968
- 特に水鳥の生息地として国際的に重要な湿地に関するラムサール条約/1975
- 移動性野生動物種の保全に係る条約/1979
- Convention for the Protection, Management and Development of the Marine and Coastal Environment of the Eastern Africa Region/1985
- The Protocol concerning Protected Areas and Wild Life Fauna and Flora in the Eastern Africa Region; and the Protocol for Cooperation in Fighting Pollution in Emergency Situations/1985
- 生物多様性条約/1992
- ロッテルダム条約/1998
- SADC Protocol on Wildlife Conservation and Law Enforcement/1999
- SADC Protocol on Fisheries/2001
- Agreement related with the Application of the Dispositions of the United National Convention on the Law of the Sea regarding the Conservation and Management of Straddling and Highly Migratory Fish Species/2001
- SADC Protocol on Forestry Activities/2002
- African Convention on the Conservation of Nature and Natural Resources. Revised version 2003/2009

【水生動物・資源】

- Convention for the Prevention of Marine Pollution from Land-based Sources (Paris Convention)/1974
 - International Convention on Oil Pollution Preparedness, Response and Cooperation (OPRC)/1990
 - International Convention on the Establishment of an International Fund for Compensation for Oil Pollution Damage (ICIFCOPD)/1992
 - International Convention on Civil Liability for Oil Pollution Damage (CLC Protocol)/1992
-

【文化遺産・文化財】

- 世界文化遺産及び自然遺産の保護に関する条約/1972

【有害廃棄物】

- 有害廃棄物の国境を越える移動及びその処分の規制に関するバーゼル条約/1992
- Convention on the Ban on the Import into Africa and the Control of Transboundary Movement and Management of Hazardous Wastes within Africa (Bamako Convention)/1991

【農薬】

- 残留性有機汚染物質に関するストックホルム条約/2002

(2) 「モ」国における環境影響評価（EIA）制度

a) 環境影響評価（EIA）の承認手続き

EIA の承認手続きは、Decree 45/2004（Decree 42/2008 改定）で規定されている。事業の特性等によりカテゴリーA、B、C に分類され、それぞれに対しては以下に示す手続きが求められる。

表 12.2.9 カテゴリー別の EIA 手順

EIA/SER の実施内容	カテゴリーA ⁶ (EIA 実施)	カテゴリーB (EIA か SER を実施)	カテゴリーC (SER 実施)
1. 申請 (Application)	○	○	○
2. 予備調査 (Pre-assessment)	-	○	-
3. 予備調査報告書とスコーピング (EPDA*)	○	-	-
4. EIA/SER の業務指示書 (TOR)	○	○	-
5. EIA 実施 (EIA study)	○	-	-
6. SER 実施 (SER**)	-	○	-
7. 市民参加 (Public Participation Programme)	○	△***	-
8. 委員会によるレビュー (Review by TAC****)	○	○	-

* 予備調査報告書 (EPDA : Environmental Pre-Viability Report and Scope Definition)

** 簡易環境報告書 (SER : Simplified Environmental Report)

***住民移転数が多い場合などに実施 (Decree 45/2004, Article14)

****技術支援委員会 (TAC : Technical Assisstant Committee)

⁶ 現在の制度化ではカテゴリーA+が追加されているが、手順はカテゴリーA と変わらない。

- 1) 申請 (Application) : 全ての事業において Decree 45/2004 の Annex 4 の様式を使って州環境局にカテゴリー分類の申請をしなければならない。本事業においては、2015年5月に ANE の環境担当局からナンプラ州環境局(ナカラ港アクセス道路とナンプラ南部バイパス道路が対象)とニアッサ州(クアンババイパス道路が対象)に申請し、2015年6月末現在、州環境局によるカテゴリー審査の結果を待っている状況である (Decree 45/2004, Article 2)。
- 2) 予備調査 (Pre-assessment) : カテゴリーB に分類された事業のみ実施。影響者数や自然への影響等を調査する。調査の結果、EIA や SER が不要となった場合、MICOA/MITADER から 5 営業日以内に EIA/SER を免除する旨のレターが発行される (Decree 45/2004, Article 7)。
- 3) 予備調査報告書とスコーピング (EPDA) : カテゴリーA に分類された事業は実施。事業の中で深刻な影響について予測し、EIA の TOR を検討する。EPDA は MICOA/MITADER の環境影響アセスメント局 (DNAIA) に提出し、TAC のレビューを受ける。EPDA の審査に要する日数は 30 営業日である。また市民参加プロセスとして EPDA の内容を公表する (Decree 45/2004, Article 10, 15)。
- 4) EIA/SER の業務指示書 (TOR) : EIA もしくは SER を実施する前に、TOR を提出して承認を得なければならない。承認に要する日数は EIA の場合は 30 日、SER の場合は 15 日である (Decree 45/2004, Article 11, 16)。
- 5) 環境影響評価調査 (EIA) : EIA 報告書もしくは SER 報告書は、それぞれ DNAIA と地方環境調整局 (DPCA) に提出し、審査・承認を得なければならない。承認に要する日数は EIA の場合で 45 日、SER の場合で 30 日である (Decree 45/2004, Article 12, 13)。
- 6) 市民参加プロセス (Public participation process) : カテゴリーA の事業において市民参加プロセスは必須である。EPDA 以後の各段階・手続き (レビュー) の過程で、パブリックコメントを募り、事業にフィードバックする。カテゴリーB の場合は必須ではなく、住民移転数が多い場合等に実施する (Decree 45/2004, Article 14)。EIA の実施手順・フロー図は次の通りである。

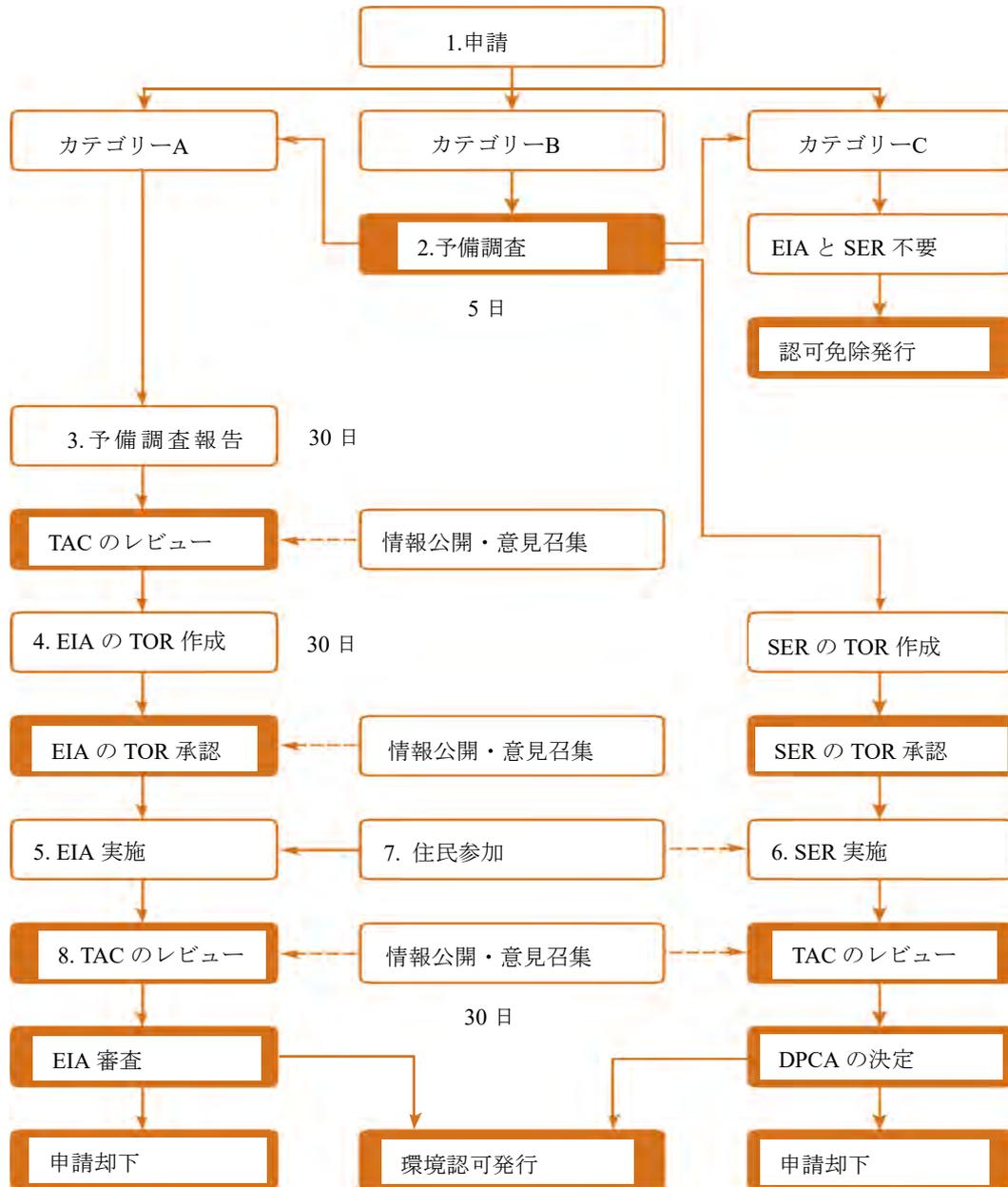


図 12.2.12 「モ」国のEIAの実施手順

上記の法律に従い、ANEは2015年5月にナンプラ州環境局とニアッサ州環境局に対し、事業を申請。IT/Rの作成された2015年7月時点で、ナンプラ州環境局はナカラ港アクセス道路を「モ」国のカテゴリーB、ナンプラ南部バイパス道路をカテゴリーAと判断した。また、ニアッサ州環境局はクアンババイパス道路をカテゴリーBと判断した。

(3) 「モ」国の住民移転・用地取得制度

モ国における住民移転及び用地取得に係る制度を以下の表に示す。

表 12.2.10 住民移転、用地取得に関連した法令

法令	内容
Land Law (No. 19/1997)	土地の使用権と便益の作成、実施、変更、譲渡、終了等の条件を確立することを目的とし、土地所有や公共地、使用権とその便益、土地に係る公共団体の権力と責務について規定している。「モ」国の道路用地 (Right of Way: ROW) については、高速道路と4車線の高速道路 (Motorways and 4 lane Highways) に関しては両路肩から50m、主に都市間及び地方の幹線道路 (Primary Road) の場合は両路肩から30m、主に地方の各町を結ぶ道路 (Secondary and Tertiary Road) の場合には両路肩から15mと規定されている (Chapter 2, Article 8 (Partial Protection Zones) (g))。
Land Law Regulations (No. 66/1998)	Land Law 19/97を規定し、公有地を利用するための使用権と条件を確立する。国内外の事業者課せられる義務と権利、土地利用のライセンスを取得するために支払われる費用等を提示している。
Resolution No. 10/1995 on the National Land Policy	国家の土地政策について規定。特に国家の優先順位を踏まえ、農業、工業、鉱業目的の土地利用の分類を提供している。観光開発、公共事業やインフラ整備と同様に国土土地台帳の制度に言及している。
Decree No. 31/2012	移転対象者が生活の質の向上・改善を図ることができる移転プロセスの基本ルールや原則を定めたもの。社会的平等や便益、市民参加などの原則を謳う。
Ministerial Resolution No. 155/2014	移転のプロセスを管理・監督する委員会の設立。セクターの代表者や専門家、個人で構成され、定期的な会合の回数や時期、委員会を支援する組織・役職について規定している。
Ministerial Resolution No. 156/2014	移転計画プロセスについて詳細に規定。報告書については3段階作成・提出する。また市民参加・公的協議についても規定。RAPの中で4回の実施 (EIAのステークホルダー会議とは別) を規定。
ANE Resettlement Policy Framework for the Road Sector 2006	World Bank (WB) が支援した ANE の事業における非自発的住民移転に係る方針・方法を規定したもの。一般的に、World Bank Operation Policy (OP 4.12) の内容に準じている。

表 12.2.11 に JICA 環境社会配慮ガイドライン (2010) と「モ」国住民移転・用地取得関連法規との比較 (ギャップ分析の結果) を示す。ANE の「Resettlement Policy Framework for Road Sector 2006」は WB の事業の中で作られたものであり、WB OP 4.12 を踏襲した内容となっている。よって、JICA ガイドラインとの内容に大きなギャップは見られない。今後予定されている RAP の中で、JICA ガイドライン・WB OP 4.12 との間にギャップが生じるようであれば、調査等を進める過程で検討される予定である。

表 12.2.11 JICA ガイドラインと「モ」国住民移転・用地取得関連法令との比較

	JICA 環境社会配慮ガイドライン・WB OP 4.12	「モ」国関連法令	対応策
1	非自発的住民移転及び生計手段の喪失は、あらゆる方法を検討して回避に努めねばならない。	関連法令には、Decree No. 31/2012 (D 31/2012)、Ministerial Resolution No. 155/2014 (MR 155/2014)、Ministerial Resolution No. 156/2014 (MR 155/2014)、ANE Resettlement Policy Framework (ANE RPF) の4つが挙げられる。上記法令の中で「回避を検討する」ことに言及しているものはない。	左記の「モ」国法令では住民移転がある場合には移転計画書を作る等の対応が必要とされている。可能な限り回避するよう検討する。
2	住民移転の回避が可能でない場合には、影響を最小化し、損失を補填するために、実効性ある対策が講じられなければならない。	(D 31/2012 の Article 2 及び Section 1) (MR 156/2014 の 3) RP: Resettlement Plan の作成、(ANE RPF 2.1) Basic Principles において住民移転がある際の計画・手順と項目、関係者の義務等が書かれている。	相違点無し。 「モ」国法規と手順に従う。
3	非自発的住民移転及び生計手段の喪失の影響を受ける者に対しては、以前の生活水準や収入機会、生産水準において改善又は少なくとも回復できるよう、十分な補償及び支援がなされなければならない。	(D 31/2012 Ar. 4,10,16) Principles: 移転する人は基本的な生計レベルを再建されなければならない。 (MR156/2014 の 2.2) 影響を受ける人の権利: サービスを受けるレベルの維持と再建 (ANE RPF 2.1) Basic Principles。	相違点無し。 「モ」国法規と手順に従う。
4	補償は、可能な限り再取得価格に基づき行われなければならない。	(ANE RPF 7.2) 補償価格の計算は再取得価格に基づいて行われる。	D31/2012 と MR には記載がないが、ANE RPF に従う再取得価格について調査する。
5	土地や金銭による損失補償及びその他の支援は移転に先立って行われなければならない。	(ANE RPF 7.3) 個人・世帯の選択により現金の支払い。インフレ等も考慮する。時期的な言及無し。	「モ」国法規と JICA ガイドラインに従い、移転に先立って行うこととする。
6	大規模非自発的住民移転が発生するプロジェクトの場合には、住民移転計画が、作成、公開されていなければならない。	(D 31/2012 Section 1-3) (MR156/2014 の 3、4) 移転計画の作成、公的協議・聞き取りの実施。 (ANE RPF 3) RAP の作成、レビューと承認、住民参加と公的協議の実施。	相違点無し。 「モ」国法規と手順に従う。
7	住民移転計画の作成に当たり、事前に十分な情報が公開された上で、これに基づく影響を受ける人々やコミュニティとの協議が行われていなければならない。	(D 31/2012 Section 1-3) (MR156/2014 の 3、4) 移転計画の作成、公的協議・聞き取りの実施。 (ANE RPF 3) RAP の作成、レビューと承認、住民参加と公的協議の実施。	相違点無し。 「モ」国法規と手順に従う。
8	協議に際しては、影響を受ける人々が理解できる言語と様式による説明が行われていなければならない。	無し。MR156/2014: RP はポルトガル語で作成しなければならない。	協議の際の言語・様式に係る言及なし。MR に従いポルトガル語と必要に応じて地方の言語で協議を行う。
9	住民移転に係る対策の立案、実施、モニタリングには、影響を受ける人々やコミュニティの適切な参加が促進されていなければならない。	(D 31/2012 の 13、14) 公的な参加プロセス (MR156/2014 の 4) 公的協議と参加プロセスは重要である。(ANE RPF) 公的な参加は補償を決めるプロセス。	相違点無し。 「モ」国法規と手順に従う。
10	影響を受ける人々やコミュニティからの苦情に対する処理メカニズムが整備されていなければならない。	(MR156/2014 の 3) 社会経済分析の中で苦情処理のメカニズムを分析 (ANE RPF 10) 苦情処理メカニズム (ANE と地方政府を含めたフロー図)。	相違点無し。 「モ」国法規と手順に従う。

	JICA 環境社会配慮ガイドライン・WB OP 4.12	「モ」国関連法令	対応策
11	ベースライン調査を通して、影響を受ける人々をできる限り早く特定・認定しなければならない。ベースライン調査には、影響を受ける人々の認定、カットオフデイト、資産調査、社会経済調査を含む。可能であれば、事業の特定の段階で実施し、便益を享受しようとする新たな流入者の発生を防ぐものとする。(WB OP 4.12 Para. 6)	(MR156/2014 の 3) RP の第 1 段階で、対象エリア・数、社会経済調査、資産調査等を実施する。 (ANE RPF 9.1) 移転計画の作成。初期の段階でカットオフデイトを設定し、対象者を特定する。資産調査の実施、社会経済調査の実施。	相違点無し。 「モ」国法規と手順に従う。
12	補償を受ける要件は、土地の権利を合法的に正式に所持している者、センサス時点で土地に関する合法的権利は所持していないが所有権を主張している者、占有している土地の所有権が無い者である。(WB OP 4.12 Para. 15)	(D 31/2012 の 10) 直接影響を受ける人の権利。収入や物理的空間等 (MR156/2014 の 3) 事業によって直接的間接的に影響を受ける人の権利。物理的な空間に加え、地域資源へのアクセスも対象 (ANE RPF) WB OP に準じた補償要件を適用。	相違点無し。 「モ」国法規と手順に従う。
13	土地で生計を立てている住民に対しては土地を軸にした移転戦略をとる。(WB OP 4.12 Para. 11)	(ANE RPF) WB OP に準じた補償要件を適用。	相違点無し。 「モ」国法規と手順に従う。
14	移転してから生計の回復期間においても支援する。(WB OP 4.12, para.6)	(ANE RPF) 12 モニタリング評価の過程で移転計画のプロセスを検証する。	移転後の支援について D31/2012、MR には記載がない。ANE RPF を確認し、JICA 環境ガイドラインの適用を検討する。
15	移転住民のうち、特に貧困層、土地の無い人、高齢者、女性、子供、少数民族等の社会的弱者層については特に留意して補償を行う。(WB OP 4.12 Para. 8)	(D 31/2012) 社会経済調査において脆弱に人々を特定する (ANE RPF 5.3) 対象者の資格基準として脆弱な人々への支援も含める。	相違点無し。 「モ」国法規と手順に従う。

12.2.4 事業の代替案に係る検討

事業の代替案に係る検討結果については、「第7章 路線選定（代替路線の比較検討）」を参照。

12.2.5 環境影響評価

本スコーピング案は、3月23日～5月6日にかけて行われた現地調査に基づき作成した。スコーピング・マトリクスを次表に示す。影響対象項目はJICA環境社会配慮ガイドライン及びモ国関連法令・規定等を考慮して作成した。各項目の詳細な調査については、今後のEIAとRAPの中で実施される予定である。

表 12.2.12 スコーピング・マトリクス（ナカラ港アクセス道路）

分野	No	影響項目	評価		評価理由
			工事前 工事中	供用時	
生活環境（公害）	1	大気汚染	B-	B±	工事中：工事関係車両及び機械による一時的な影響（粉じんやSO _x 、NO _x 等の排ガスの増加）が想定される。 供用時：車両の増加により排ガス量が増える一方、渋滞の改善により排ガス量は減ることも期待できる。
	2	水質汚濁	B-	D	工事中：海中及び河川周辺での土工事及び掘削により濁水が発生することが考えられる。またベースキャンプを設置した場合は、有機汚濁水の発生が想定される。 供用時：工事はないので影響はほとんどないと考えられる。
	3	廃棄物	B-	D	工事中：建設廃棄物として土工や掘削による建設残土、伐採樹木が発生すると考えられる。ベースキャンプを設置する場合は、一般廃棄物等の発生が考えられる。 供用時：工事はないので本事業による影響はほとんどないと考えられる。
	4	土壌汚染	D	D	工事中/供用時：工事中は盛土切土による地形の変化はあるものの大量の化学薬品等の流出は想定されないので影響はほとんどないと考えられる。
	5	騒音・振動	B-	B-	工事中：建設現場および周辺地域、土取場、採石場等において工事関係車両及び機械による騒音・振動の発生が考えられる。 供用時：交通量増加による騒音や振動の発生が考えられる。
	6	地盤沈下	D	D	工事中/供用時：地盤沈下を発生させるような活動（大量の地下水の揚水等）がないことから影響はないと考えられる。
	7	悪臭	D	D	工事中/供用時：悪臭を発生させるような活動がないことから影響はないものと考えられる。
	8	底質	B-	C	工事中：海中における工事及び掘削により新たな土砂の堆積・汚泥の発生等が起こる可能性がある。 供用時：海域への影響の程度は現時点で不明である。
自然環境	9	保護区	D	D	工事中/供用時：モ国政府が指定した保護区（国立公園・指定地、歴史文化的保護区）に該当しないことから、影響はないと考えられる。
	10	生態系	C	C	工事中/供用時：海域・陸域（海上橋梁及び計画路線）共に貴重生物の生息及びその保護区域は確認されていないが、施工中は海中・海岸域の生物の生息域への影響、大量の樹木伐採による植生の消失が考えられる。EIAで影響の有無・程度を確認する。

分野	No	影響項目	評価		評価理由
			工事前 工事中	供用時	
	11	水象	C	C	工事中/供用時：橋梁の建設により、海水・河川の流れが一時的・部分的に変更される可能性がある。
	12	地形・地質	B-	D	工事中：盛土・切土区間においては、部分的に地形が変化する可能性がある。 供用時：地形・地質に関わる作業はなく影響はほとんどないと考えられる。
社会環境	13	住民移転	B-	C	工事前/工事中：住民移転及び用地取得が必要である。住民移転関連調査（移転計画書の作成）が必要である。 供用時：影響はほとんどないと考えられる。なお、移転計画で作成予定の生活支援策やモニタリング計画について適宜確認する必要がある。
	14	貧困層	C	C	工事前/工事中/供用時：現時点での影響の程度は不明であり、住民移転関連調査内において確認を行う。
	15	少数民族・先住民 民族	C	C	工事前/工事中/供用時：現時点での影響の程度は不明であり、住民移転関連調査内において確認を行う。
	16	雇用や生計手段 等の地域経済	B±	B+	工事前/工事中：移転や土地収用によって生計手段に影響がでる可能性がある。工事中は労働機会の増加による収入増も想定される一方で、小規模漁業を営む住民がいる場合は操業できない、もしくは船の係留地を変えて操業する等の影響も考えられる。影響の程度は住民移転関連調査において確認を行う。 供用時：アクセスの改善により地域経済の活性化が期待できる。
	17	土地利用や地域 資源利用	B-	B+	工事前/工事中：道路が通過するほとんどの地域は植生地（疎林、雑草木）、農地となっており影響が考えられる。 供用時：計画路線の沿線には既存の工場群、計画された工業地帯があり、社会・経済的に発展することが期待できる。
	18	水利用	B-	C	工事中/供用時：土工事・掘削が帯水層へ影響（濁り等）を与える可能性がある。影響の程度は住民移転関連調査において確認を行う。
	19	既存の社会イン フラや社会サー ビス	C	B+	工事前/工事中：宗教関連施設、学校、墓地及びその他公共施設へのアクセスが困難になる等の影響の可能性はある。住民移転関連調査で確認を行う。 供用時：社会インフラへのアクセスが改善される。
	20	社会関係資本や 地域の意志決定 機関等の社会組 織	C	C	工事前/工事中/供用時：配慮すべき地域社会組織の有無、意思決定の過程等については住民移転関連調査で確認を行う。
	21	利益と被害の偏 在	C	C	工事前/工事中/供用時：配慮すべき偏在は発生しないと想定される。住民移転関連調査で確認を行う。
	22	地域内の利害対 立	C	C	工事前/工事中/供用時：配慮すべき地域内の利害対立は発生しないと想定される。住民移転関連調査で確認を行う。
	23	文化遺産	D	D	周辺に遺跡や文化遺産は存在せず、影響はないと考えられる。
	24	景観	B±	C	工事中：土工事は海岸の約15kmに及び、景観の変化が生じる。 供用時：沿道景観の変化等、現時点での影響は不明である。
	25	ジェンダー	B-	C	工事中/供用時：計画路線周辺の水場では洗濯等をしている女性たちがおり、水場にアクセスできない等多少の影響も考えられる。住民移転関連調査で確認を行う。
	26	子供の権利	D	D	児童労働等はないと想定され、影響はないと考えられる。

分野	No	影響項目	評価		評価理由
			工事前 工事中	供用時	
	27	感染症	B-	D	工事中：建設労働者の流入や飲食業者の間で感染症等が広がる可能性がある。 供用時：工事もないので影響はほとんどないと考えられる。
	28	労働環境（労働安全を含む）	B-	D	工事中：工事に伴う排気ガスやダストが労働者の健康に影響を与える可能性もある。 供用時：工事もないので影響はほとんどないと考えられる。
その他	29	事故	B-	B-	工事中：工事関係車両の通行により調査対象地域において交通事故が増加する可能性がある。 供用時：交通量の増加に伴い事故件数が増加する可能性がある
	30	越境の影響及び気候変動	C	C	工事中：樹木の伐採と植生地の消失によって、温暖化効果ガスCO2の発生を増加させる可能性があるが限定的である。 供用時：温暖化効果ガスの発生は増加するものの、地域全体では渋滞等の改善により、発生量の抑制も考えられる。

A+/-：重大な正／負の影響が想定される

B+/-：ある程度の正／負の影響が想定される

C：影響が不明であり、今後の調査が必要

D：影響は皆無もしくは軽微であり、今後の調査は不要

表 12.2.13 スコーピング・マトリクス (ナンプラ南部バイパス道路)

分野	№	影響項目	評価		評価理由
			工事前 工事中	供用時	
生活環境 (公害)	1	大気汚染	B-	B±	工事中：工事関係車両及び機械による一時的な影響（粉じんや排ガスの増加）が考えられる。 供用時：車両の増加により排ガス量（SOx、NOx 等）が増える一方、渋滞の改善により排ガス量は減ることが期待できる。
	2	水質汚濁	B-	D	工事中：河川周辺での土工事及び掘削により濁水が発生することが考えられる。またベースキャンプを設置した場合は、有機汚濁水の発生が考えられる。 供用時：工事はないので影響はほとんどないと考えられる。
	3	廃棄物	B-	D	工事中：建設廃棄物として土工や掘削による建設残土、伐採樹木が発生すると考えられる。ベースキャンプを設置する場合は、一般廃棄物の発生が考えられる。 供用時：工事はないので本事業による影響はほとんどないと考えられる。
	4	土壌汚染	D	D	工事中/供用時：工事中は盛土切土による地形の変化はあるものの大量の化学薬品等の流出は想定されないので影響はほとんどないと考えられる。
	5	騒音・振動	B-	B-	工事中：建設現場および周辺地域、土取場、採石場において工事関係車両及び機械による騒音・振動の発生が考えられる。 供用時：交通量増加による騒音や振動の発生が考えられる。
	6	地盤沈下	D	D	工事中/供用時：地盤沈下を発生させるような活動（大量の地下水の揚水等）がないことから影響はないと考えられる。
	7	悪臭	D	D	工事中/供用時：悪臭を発生させるような活動がないことから影響はないものと考えられる。
	8	底質	C	C	工事中：河川への影響は現時点では不明である。 供用時：河川への影響は現時点では不明である。
自然環境	9	保護区	D	D	工事中/供用時：モ国政府が指定した保護区（国立公園・指定地、歴史的文化的保護区等）に該当しないことから、影響はないと考えられる。
	10	生態系	C	C	工事中/供用時：計画路線上に貴重生物の生息及びその保護区域は確認されていないが、EIA で影響の有無を確認する。
	11	水象	C	C	工事中：河川の流れが一時的・部分的に変更される可能性がある。また河道が整備されていない低地（浸水地）も変化が生じる。
	12	地形・地質	B-	D	工事中：盛土・切土区間においては、部分的もしくは広範に地形が変化する可能性がある。 供用時：地形地質に係る工事はなく、影響はほとんどないと考えられる。
社会環境	13	住民移転	A-	C	工事前/工事中：道路工事影響範囲において約 300 戸近くの家屋に影響を与えるものと考えられる。住民移転関連調査（移転計画書の作成）が必要である。 供用時：影響はほとんどないと考えられる。なお、移転計画で作成予定の生活支援策やモニタリング計画について適宜確認する必要がある。
	14	貧困層	C	C	工事前/工事中/供用時：現時点での影響の程度は不明であり、住民移転関連調査内において確認を行う。
	15	少数民族・先住民	C	C	工事前/工事中/供用時：現時点での影響の程度は不明であり、住民移転関連調査内において確認を行う。
	16	雇用や生計手段等の地域経済	B±	B+	工事前/工事中：移転や土地収用によって生計手段に影響がでる可能性がある。一方で工事中は労働機会の増加による収入増も想定される。影響の程度は住民移転関連調査において確認を行う。 供用時：アクセスの改善により地域経済の活性化が期待できる。

分野	№	影響項目	評価		評価理由
			工事前 工事中	供用時	
	17	土地利用や地域資源利用	B-	D	工事前/工事中：道路が通過するほとんどの地域は農地、植生（雑草木・果樹植栽）地となっており土地利用は大きく変わる（植生の消失を含む）と考えられる。 供用時：土地収用など発生しないことから影響は殆どないと考えられる。
	18	水利用	B-	C	工事中/供用時：土工事・掘削が帯水層へ影響（濁り等）を与える可能性がある。また工事によって井戸を消失する可能性もある。影響の程度は住民移転関連調査で確認を行う。
	19	既存の社会インフラや社会サービス	C	B+	工事前/工事中：宗教関連施設、学校、墓地及びその他公共施設へのアクセスが困難になる等の影響の可能性はある。住民移転関連調査で確認を行う。 供用時：社会インフラへのアクセスが改善される。
	20	社会関係資本や地域の意志決定機関等の社会組織	C	C	工事前/工事中/供用時：配慮すべき地域社会組織の有無、意思決定の過程等については、住民移転関連調査で確認を行う。
	21	利益と被害の偏在	C	C	工事前/工事中/供用時：配慮すべき偏在は発生しないと想定される。住民移転関連調査で確認を行う。
	22	地域内の利害対立	C	C	工事前/工事中/供用時：配慮すべき地域内の利害対立は発生しないと想定される。住民移転関連調査で確認を行う。
	23	文化遺産	D	D	ナンブラ南部バイパス道路周辺に遺跡や文化遺産は存在せず、影響はないと考えられる。
	24	景観	C	C	工事中：本事業は大型建物の建設ではなく、景観への影響はほとんどないと考えられるが、影響の程度は不明である。 供用時：沿道景観の変化等、現時点での影響は不明である。
	25	ジェンダー	B-	C	工事中/供用時：計画路線周辺の水場では洗濯等をしている女性たちがおり、アクセスできない等多少の影響も考えられる。
	26	子供の権利	D	D	児童労働等はないと想定され影響はないと考えられる。
	27	感染症	B-	D	工事中：建設労働者の流入や飲食業者の間で感染症等が広がる可能性がある。 供用時：工事もないので影響はほとんどないと考えられる。
	28	労働環境（労働安全を含む）	B-	D	工事中：工事に伴う排ガスやダストが労働者の健康に影響を与える可能性がある。 供用時：工事もないので影響はほとんどないと考えられる。
その他	29	事故	B-	B-	工事中：工事関係車両の通行により調査対象地域において交通事故が増加する可能性がある。 供用時：交通量の増加に伴い事故件数が増加する可能性がある
	30	越境の影響及び気候変動	C	C	工事中：樹木の伐採と植生地の消失によって、温暖化効果ガスCO2の発生を増加させる可能性があるが限定的である。 供用時：温暖化効果ガスの発生は増加するものの、地域全体では渋滞等の改善により、発生量の抑制も考えられる。

A+/-：重大な正／負の影響が想定される

C：影響が不明であり、今後の調査が必要

B+/-：ある程度の正／負の影響が想定される

D：影響は皆無もしくは軽微であり、今後の調査は不要

表 12.2.14 スコーピング・マトリクス (クアンババイパス道路)

分野	№	影響項目	評価		評価理由
			工事前 工事中	供用時	
生活環境 (公害)		大気汚染	B-	B±	工事中：工事関係車両及び機械による一時的な影響（粉じんや排ガスの増加）が考えられる。 供用時：車両の増加により排ガス量（SOx、NOx等）が増える一方、渋滞の改善により排ガス量は減ることが期待できる。
		水質汚濁	B-	D	工事中：河川周辺での土工事及び掘削により濁水が発生することが考えられる。またベースキャンプを設置した場合は、有機汚濁水の発生が考えられる。 供用時：工事はないので影響はほとんどないと考えられる。
		廃棄物	B-	D	工事中：建設廃棄物として土工や掘削による建設残土、伐採樹木が発生すると考えられる。ベースキャンプを設置する場合は、一般廃棄物の発生が考えられる。 供用時：工事はないので本事業による影響は殆どないと考えられる。
		土壌汚染	D	D	工事中/供用時：工事中は盛土切土による地形の変化はあるものの大量の化学薬品の流失等は想定されないので影響は殆どないと考えられる。
		騒音・振動	B-	B-	工事中：建設現場および周辺地域、土取場、採石場において工事関係車両及び機械による騒音・振動の発生が考えられる。 供用時：交通量増加による騒音や振動の発生が考えられる。
		地盤沈下	D	D	工事中/供用時：地盤沈下を発生させるような活動（大量の地下水の揚水等）がないことから影響はないと考えられる。
		悪臭	D	D	工事中/供用時：河川への影響は、現時点では不明である。
		底質	C	C	工事中/供用時：掘削はしないので影響は殆どないと考えられる。
自然環境	9	保護区	D	D	工事中/供用時：モ国政府が指定した保護区（国立公園・指定地、歴史文化的保護区等）に該当しない。
	10	生態系	C	C	工事中/供用時：計画路線上に貴重生物の生息及びその保護区域は確認されていないが、EIAで影響の有無を確認する。
	11	水象	C	C	工事中：河川の流況が一時的・部分的に変更される可能性がある。 供用時：新規の盛土により表層水の流況が変わる可能性がある。
	12	地形・地質	B-	D	工事中：盛土・切土区間においては、部分的に地形が変化する可能性がある。 供用時：地形・地質に関わる工事はなく影響はほとんどないと考えられる。
社会環境	13	住民移転	B-	D	工事前/工事中：道路工事影響範囲において数件～数十件の家屋に影響を与えるものと考えられる。住民移転関連調査内において確認を行う。 供用時：影響はほとんどないと考えられる。なお移転計画で作成予定の生活支援策やモニタリング計画について適宜確認する必要がある。
	14	貧困層	C	C	工事前/工事中/供用時：現時点での影響の程度は不明であり、住民移転関連調査内において確認を行う。
	15	少数民族・先住民	C	C	工事前/工事中：現時点での影響の程度は不明であり、住民移転関連調査内において確認する。
	16	雇用や生計手段等の地域経済	B±	B+	工事前/工事中：移転や土地収用によって生計手段に影響がでる可能性がある。一方で工事中は労働機会の増加による収入増も想定される。影響の程度は住民移転関連調査内において確認する。 供用時：アクセスの改善により地域経済の活性化が期待できる。
	17	土地利用や地域	B-	D	工事前/工事中：計画路線が通過する地域は植生地と現道である。

分野	№	影響項目	評価		評価理由
			工事前 工事中	供用時	
		資源利用			植生の消失等の影響が考えられる。 ----- 供用時：土地収用等は発生しないことから影響はないと考えられる。
	18	水利用	B-	C	工事中/供用時：土工事・掘削が帯水層へ影響を与える可能性がある。また工事によって井戸が消失する可能性もある。
	19	既存の社会インフラや社会サービス	C	B+	工事前/工事中：宗教関連施設、学校、墓地及びその他公共施設へのアクセスが困難になる等の影響の可能性はある。住民移転関連調査で確認を行う。 ----- 供用時：社会インフラへのアクセスが改善される。
	20	社会関係資本や地域の意志決定機関等の社会組織	C	C	工事前/工事中/供用時：配慮すべき地域社会組織の有無、意思決定の過程等については住民移転関連調査で確認する。
	21	利益と被害の偏在	C	C	工事前/工事中/供用時：配慮すべき偏在は発生しないと想定される。住民移転関連調査で確認する。
	22	地域内の利害対立	C	C	工事前/工事中/供用時：配慮すべき地域内の利害対立は発生しないと想定される。住民移転関連調査で確認する。
	23	文化遺産	D	D	計画路線の周辺に遺跡や文化遺産は存在せず、影響はないと考えられる。
	24	景観	C	C	工事中：本事業は大型建物建設ではなく、影響は殆どないと考えられるが、影響の程度は現時点では不明である。 ----- 供用時：沿道景観の変化等、現時点での影響は不明である。
	25	ジェンダー	B-	C	工事中：計画路線周辺の水場では洗濯等をしている女性たちがおり、アクセスできない等多少の影響も考えられる。住民移転関連調査で確認する。
	26	子供の権利	D	D	児童労働等は想定されず影響はないと考えられる。
	27	感染症	B-	D	工事中：建設労働者の流入や飲食業者の間で感染症等が広がる可能性がある。 ----- 供用時：工事もないので影響はほとんどないと考えられる
	28	労働環境（労働安全を含む）	B-	D	工事中：工事に伴う排ガスやダストが労働者の健康に影響を与える可能性がある。 ----- 供用時：工事もないので影響はほとんどないと考えられる。
その他	29	事故	B-	B-	工事中：工事関係車両の通行により調査対象地域において交通事故が増加する可能性がある。 ----- 供用時：交通量の増加に伴い事故件数が増加する可能性がある
	30	越境の影響及び気候変動	C	C	工事中：樹木の伐採と植生地の消失によって、温暖化効果ガスCO2の発生を増加させる可能性があるが限定的である。 ----- 供用時：温暖化効果ガスの発生は増加するものの、地域全体では渋滞等の改善により、発生量の抑制も考えられる。

A+/-：重大な正／負の影響が想定される

B+/-：ある程度の正／負の影響が想定される

C：影響が不明であり、今後の調査が必要

D：影響は皆無もしくは軽微であり、今後の調査は不要

12.2.6 EIA 調査の TOR (案)

スコーピング結果、文献調査、関連法令（モ国法令、JICA 環境社会配慮ガイドライン）に基づき作成された環境調査の TOR (案) を以下に示す。この内容は ANE による現地コンサルタントの調達前に再度確認する⁷。

表 12.2.15 調査及び影響評価方法

分野	№	影響項目	評価結果		現地調査方法	予測方法
			工事前 工事中	供用 時		
生活環境 (公害)	1	大気汚染	B-	B±	✓ 現地測定 (7 地点: ナカラ 5、ナンプラ 7、クアンバ 5 を想定) ✓ 項目: CO, CO2, NO2, SO2, SPM ✓ 既存資料・文献調査	✓ 定量分析 ✓ 他事例との比較
	2	水質汚濁	B-	D	✓ 現地測定 (17 地点: ナカラ 3、ナンプラ 7、クアンバ 5 を想定) ✓ 項目: BOD, pH, SS, 水温 ✓ 既存資料・文献調査	✓ 定量分析 ✓ 他事例との比較
	3	廃棄物	B-	D	✓ 廃棄物の収集・処理状況、不法投棄の状況を調査 ✓ 既存資料・文献調査	✓ 残土等発生量を予測
	5	騒音・振動	B-	B-	✓ 現地測定 (7 地点: ナカラ 5、ナンプラ 7、クアンバ 5 を想定) ✓ 既存資料・文献調査	✓ 定量分析 ✓ 他事例との比較
	8	底質	B- ⁸ C ⁹	C	✓ 水質検査結果を利用 (ナカラ湾海域で 1 か所水質検査予定) ✓ 既存資料・文献調査	✓ 定量分析 ✓ 他事例との比較
自然環境	10	生態系	C-	C-	✓ 文献調査 (植生、動植物種、貴重種リスト、分布状況等の確認) ✓ 現地踏査 (必要に応じ)	✓ 文献調査に基づく定性的分析
	11	水象	C-	C-	✓ データ・文献調査	✓ 水文解析に基づく定性的分析
	12	地形・地質	B-	D	✓ 既存資料・文献調査	✓ 定性的分析
社会環境	13	住民移転	A- ¹⁰ B- ¹¹	D	✓ 文献調査及びRAP関連調査: 損失移転目録調査、センサス、社会経済調査、再取得価格調査等	✓ RAP 関連調査に基づく影響の程度の把握
	14	貧困層	C±	D	✓ 文献調査及びRAP関連調査	✓ RAP 関連調査に基づく影響の程度の把握
	15	少数民族・先住民族	C±	D	✓ 文献調査及びRAP関連調査	✓ RAP 関連調査に基づく影響の程度の把握

⁷ コンサルタントの調達に先駆け、調査団が ANE に提出した TOR (案/修正版) を「付録-12 調査団から ANE に提出された環境調査の TOR (案)」に示す。

⁸ ナカラ港アクセス道路の評価は B- と想定される。

⁹ ナンプラ、クアンババイパス道路の評価は D と想定される。

¹⁰ ナンプラ南部バイパス道路の評価は A- と想定される。

¹¹ ナカラ港アクセス道路、クアンババイパス道路の評価は B- と想定される。

分野	№	影響項目	評価結果		現地調査方法	予測方法
			工事前 工事中	供用 時		
	16	雇用や生計手段等の地域経済	B±	D	✓ 文献調査及びRAP関連調査	✓ RAP 関連調査に基づく影響の程度の把握
	17	土地利用や地域資源利用	B-	B+ ¹² D ¹³	✓ 文献調査及びRAP関連調査	✓ RAP 関連調査に基づく影響の程度の把握
	18	水利用	B-	C	✓ 文献調査及びRAP関連調査	✓ RAP 関連調査に基づく影響の程度の把握
	19	既存の社会インフラや社会サービス	C±	D	✓ 文献調査及びRAP関連調査	✓ RAP 関連調査に基づく影響の程度の把握
	20	社会関係資本や地域の意志決定機関等の社会組織	C±	C±	✓ 文献調査及びRAP関連調査	✓ RAP 関連調査に基づく影響の程度の把握
	21	利益と被害の偏在	C±	D	✓ RAP関連調査及びステークホルダー会議等における情報収集	✓ RAP 関連調査に基づく影響の程度の把握
	22	地域内の利害対立	C±	D	✓ RAP関連調査及びステークホルダー会議等における情報収集	✓ RAP 関連調査に基づく影響の程度の把握
	24	景観	B- ¹⁴ C ¹⁵	C	✓ 既存資料・文献調査	✓ 定性的分析
	25	ジェンダー	B-	D	✓ 文献調査及びRAP関連調査	✓ RAP 関連調査に基づく影響の程度の把握
	27	感染症	B-	D	✓ RAP関連調査及びステークホルダー会議等における情報収集	✓ 定性的分析
その他	28	労働環境（労働安全を含む）	B-	D	✓ 既存資料・文献調査	✓ 定性的分析
	29	事故	B-	B-	✓ 既存資料・文献調査（事故件数）	✓ 定性的分析
	30	越境の影響及び気候変動	C	C	✓ 衛星写真及びRAP関連調査における樹種等の把握	✓ 定性的・定量的分析

A+/-：重大な正／負の影響が想定される

B+/-：ある程度の正／負の影響が想定される

C：影響が不明であり、今後の調査が必要

D：影響は皆無もしくは軽微であり、今後の調査は不要

¹² ナカラ港アクセス道路の評価はB+と想定される。

¹³ ナンプラ、クアンバイパス道路の評価はDと想定される。

¹⁴ ナカラ港アクセス道路の評価はB-と想定される。

¹⁵ ナンプラ、クアンバイパス道路の評価はDと想定される。

12.2.7 環境緩和策の検討

緩和策の検討は EIA の中で実施される予定である。現況調査（現地踏査や資料・文献調査、実測）、予測・評価を踏まえ、環境・社会への影響が大きいと予想される項目（RAP に関連する社会項目も含む）については、その影響を低減するための緩和策を検討する。緩和策の内容・方法とともに、実施する時期、費用・実施体制等も検討する。

12.2.8 環境管理計画の検討

環境管理計画の策定についても EIA の中で実施される予定である。環境管理計画では、現況調査、予測・評価を踏まえ、緩和策を提示し、環境管理計画に沿って環境モニタリング計画を立案する。環境モニタリング計画には、影響項目毎に実施時期（期間、頻度等を含む）、費用、実施体制（責任者）が含まれる。

12.2.9 住民移転計画書 (RAP)に係る調査の TOR

推奨案の線形で事業を実施した場合に想定される用地取得及び住民移転対象家屋の規模は次の通りである。

- 1) ナカラ港湾アクセス道路：影響家屋数：約 20 戸、用地取得面積：約 1.67km²
- 2) ナンプラ南部バイパス道路：影響家屋数：約 170 戸、用地取得面積：約 3.88km²
- 3) クアンババイパス道路：移転家屋数：約 4 戸、用地取得面積：約 1.41km²

住民移転計画書（RAP）調査については、ANE が発注した現地コンサルタントが実施を予定しており、本調査ではその作成支援を行う。JICA 環境ガイドライン、世界銀行の OP 4.12 を踏まえ、以下に示す内容が含まれる見込みである。

- a. 住民移転に係る法的枠組みの分析
- b. 住民移転の必要性の記載
- c. 社会経済調査（人口センサス調査、財産・用地調査、家計・生活調査）の実施
- d. 損失資産の補償、生活再建対策の立案
- e. 移転先地整備計画の作成
- f. 苦情処理手続きの検討
- g. 実施体制の検討
- h. 実施スケジュールの検討
- i. 費用と財源の検討
- j. モニタリング・事業終了評価方法の検討
- k. 住民参加の確保

12.2.10 事業実施に向けた状況

「モ」国 EIA 法 (Decree 45/2004 の Annex 4 の様式: Ficha de Informação Ambiental Preliminar) に基づき、2015 年 5 月に ANE はナンプラ州環境局とニアッサ州環境局に事業を申請した。カテゴリ審査結果については、2015 年 6 月現在、ANE の環境担当局に確認中である。また ANE の環境担当局によれば、2015 年 10 月に現地コンサルタントの調達完了、2015 年 12 月に EIA と RAP の開始を目指しているとのことである。

12.2.11 今後のスケジュールと環境助言委員会のコメント

本調査団は引き続き ANE が実施する EIA 調査と RAP 作成を支援する。

2015 年 7 月 13 日に本調査に係る環境社会配慮助言委員会のワーキンググループ会合が JICA 本部において開催された。助言委員会メンバーと JICA の間で本調査に係る議論がなされ、2015 年 8 月の全体会合において助言が確定した。確定した助言については調査団より ANE の環境担当局へ説明がなされた。加えて、JICA モザンビーク事務所より ANE に対して公的レターとしても送付された。ANE に送付された助言は次の通りである。

(1) ANE に送付した環境社会配慮助言委員会からの確定した助言

JICA は、協力事業における環境社会配慮の支援と確認に関する助言を得るために、必要な知見を有する外部の専門家から成る環境社会配慮助言委員会を第三者的な機関として常設する¹⁶。「モ」国「ナカラ回廊道路網改善事業準備調査」に係る環境社会配慮助言委員会のワーキンググループ会合は 2015 年 7 月 15 日に開催された。また、助言委員会から出た本調査に係る助言は 2015 年 8 月 3 日の全体会合にて確定した。確定した助言 (ANE に送付分) は次の通りである¹⁷。

(2) スコーピング・マトリックス

- 計画路線上に、また沿道・周辺地域にどの民族・部族が居住しているのか、何人が影響住民となるのか等については住民移転計画 (以下、RAP) の人口センサス調査の中で検討すること。

(3) 環境配慮

- 本事業対象地域は、洪水、海岸浸食など気象に起因する自然災害リスクが高いことからそれらへの対策を十分検討すること。
- これまで「モ」国でも生じている主要道路周辺における森林破壊や乱伐の状況に鑑み、必要に応じ本事業路線周辺での森林破壊防止対策を講じること。
- 本事業対象地は自然災害のリスクが高く道路の崩壊等も予想されることから、概略設計時にその対策として、(1) できる限り河川から離して路線を計画する、(2) 河川に

¹⁶ 出典: “JICA 環境社会配慮ガイドライン 2010, P5”

¹⁷ 助言委員会のコメントに対する調査団の対応については、「付録-13 環境社会配慮助言委員会のコメントとナカラ港アクセス道路事業に対する調査団の対応」参照。

護岸工を建設する、(3) 道路高を洪水位より高くする、(4) 道路法面勾配を安定勾配で計画する、(5) 道路法面保護工を建設する、こと等を検討すること。

- 風水害等の災害が頻発していることから災害時に道路が放水路的の役割を担うことも考えられることから、排水路や側溝の整備等の配慮を検討すること。
- ベースキャンプから発生するゴミ・下水等による自然環境への影響を最小限にするための措置を検討し、確認すること。

(4) 社会配慮

- 生計手段の喪失等、被影響者の職業・業種や家族構成の調査については RAP の社会経済調査において具体的に評価すること。
- 本事業での詳細な道路ルート選定に当たっては石油パイプライン、墓地、井戸等、重要な社会インフラや文化施設を極力迂回する等、配慮すること。

(5) ステークホルダー協議・情報公開

- ステークホルダー協議に関して、民族の分布や特性を考慮して実施回数、会場数、周知方法、開催言語等を検討すること。
- 農地喪失に伴う生計の補償について、パブリック・コンサルテーションに含めるよう、実施機関に申し入れること。

以上

なお、本調査報告書での代替案の検討、スコーピング結果については助言を踏まえ、ドラフト・ファイナルレポート時に内容を更新する。また、環境・社会への影響の予測、緩和策の検討、環境モニタリング計画、ステークホルダー協議結果については EIA 報告書の中で検討もしくは分析される予定である¹⁸。

12.3 SER、PR に係るレビュー結果と提案事項

上述の SER、PR に対する調査団によるレビューの結果と、事業の実施に向け、将来行うことが想定される環境社会配慮調査に向けた主な提案内容を以下の表 12.3.1、表 12.3.2 にそれぞれ示す。

¹⁸ スコーピング、環境・社会への影響の予測、緩和策の検討、環境モニタリング計画の作成、SH 協議、住民協議の結果については「付録-10 簡易環境報告書 (SER)」を参照。

表 12.3.1 簡易環境報告書 (SER) に対する調査団のレビュー結果と提案事項

項目	コメント・提案事項 (SER の該当箇所)
環境社会影響を与える事業コンポーネントの概要	・ 特記すべき事項はない。
ベースとなる環境及び社会の状況	・ 特記すべき事項はない。
相手国の環境社会配慮制度・組織	・ 特記すべき事項はない。
代替案の比較検討	・ 特記すべき事項はない。
スコーピング及び環境社会配慮調査の TOR	・ 特記すべき事項はない。
環境社会配慮調査結果	・ 特記すべき事項はない。
影響評価	<ul style="list-style-type: none"> ・ SER では、工事の結果、歴史的、考古学的な遺跡等が発見された場合の影響を事業によるポジティブな影響と見做している。その価値判断は別として、そもそも事業対象地はそのような歴史的・考古学的発見が想定されるような場所にはないといえる。よって、誤解を防ぐためにも、このような発見が想定されないと判断すべきと考える (Section 7.1、P160)。 ・ SER に書かれている数字の一部が PR に書かれたものと一致しない (例えば、事業により影響を受ける有用木の数は SER では 22,984 本とされているものの、PR では 22,971 本と数が合わない / Section 6.13.1、P143)。 ・ 事業対象地に森林地帯は確認されない。よって、事業による影響について説明する際に「deforestation」という表現を使うことは避けるべきと考える (Section 6.3.1 / P109-110、Section 6.20 / P150、Section 7.3.2 / P174)。 ・ 「Shipyards」における汚染は、ナカラ港開発事業の中で扱われるべき事項であると考えられる。本道路事業の対象外と考えられるため、削除すべきと考える (Section 6.20 / P157)。
緩和策及び緩和策実施のための費用	・ 工事中に歴史的、考古学的な遺跡等が見つかった場合の対応策について述べられているが、前述の通り、こうした発見が想定される場所ではないため、誤解を避けるためにもこの内容は削除すべきと考える (Section 7.3.2 / P177)。
モニタリング計画	・ 施工段階で環境モニタリングを実施する上での参考、一助とすべく、SER で検討、作成された環境モニタリング計画の内容を踏まえて環境モニタリングフォーム (サンプル) を作成し、参考資料として報告書に添付することが望まれる (Section 7.7)。
ステークホルダー協議	・ 特記すべき事項はない。

表 12.3.2 移転計画書（PR）に対する調査団のレビュー結果と提案事項

項目	コメント・提案事項（PRの該当箇所）
用地取得・住民移転の必要性	・ 特記すべき事項はない。
用地取得・住民移転にかかる法的枠組み	・ 特記すべき事項はない。
用地取得・住民移転の規模・範囲	<ul style="list-style-type: none"> ・ 事業対象地内に位置する作物の栽培範囲を目視ではなく、PAPs への聞き取りのみに基づき判断しているが、PAPs は補償を受け取る当事者である。実態よりも広い範囲を申告することでより多くの補償を受け取ることができる立場にあることに鑑みると聞き取りの結果は正確でない（過剰である）可能性が否めない。コンサルタントは調査が乾季に行われたため目視での確認はできなかつたと説明するが、もしそうであれば、事業実施の見込みが立った段階で行われるインベントリー調査は作物が目視で確認できる時期に行うことが望ましく（※雨季における現場の状況は事前に確認する必要がある）、住民に対するインタビューはこれを補完する目的で行われるべきと考える（Section 2.2.3/P11）。 ・ 土地に対する法的使用权（DUAT）を有するか否かについては PAPs へのインタビューを基に判断しているが、これだと全ての DUAT 保有者を網羅していない可能性がある他、事業対象地において DUAT を持たない人々も含めている可能性もある。ナカラ市政府が持つ公式な記録とインタビューを通じて確認する等、確認方法には改善が求められる（Section 2.2.2/P11）。 ・ 報告書全体を通じ、また、報告書とその他のデータ間においても数字の一部、例えば、PAPs の数や農地の総面積において齟齬が見られる。報告書には調査団が確認し、最も確からしい数字を記載しているが、正確でない可能性がある（報告書全体）。
補償・支援の具体策	<ul style="list-style-type: none"> ・ PR では、DUAT を有する PAPs に対しては Nacala Port における土地を、DUAT を持たない（が、慣習法に基づく土地に対する権利）を有する PAPs に対しては Nacala Velha における土地をそれぞれ支給することが提案されているが、ANE は Nacala Port や Nacala Velha District から土地の提供に関する合意を得られてはいない。したがって、代替地の絞り込みも行われておらず、そうした代替候補地の状況については確認できていない。事業の実施が見込める段階では ANE が関係機関（Nacala Port、Nacala Velha District）と土地の提供について合意し、また候補地が市場へのアクセスや水源といった観点において PAPs が保有する農地と同等以上の条件であることを確認する必要がある（Section 5.2.1/P43）。 ・ 調査を通じて、宗教施設（墓地、礼拝地）を失うことになる人々は、その移転や補償の意思決定に関わる人々や移転場所について様々な異なる見解を有することが調査を通じて明らかになっている。よって、墓地や礼拝地の移転については全てのステークホルダーの参画の下、慎重に合意形成し、意思決定することが重要といえる。その際、少なくとも PAPs、コミュニティ・リーダー、地元の関係政府機関の参加が必要と考える（Section 2.2.6/P13）。 ・ PR によれば、MZN 10,000（約 USD162）を超える現金による補償は銀行送金で行われるが、9 割を超える PAPs が銀行口座を保有していないのが実態である。送金の場合、支払履歴が残り、また現金を直接受け取る場合に比べ、資金が計画的に使われやすい、というコンサルタントの説明に同意できる面はあるものの、口座の開設に多大な手間や時間を要すようであれば、そもそも一部の PAPs の手に補償が届かない、といった事態も起きかねず、不安や不満が高まりかねない。銀行送金が全員に対して最適な方法なのかどうかについては住民自身の意見も踏まえて再度検討する余地があると考え（Section 2.3.6/P16）。
苦情処理メカニズム	・ 特記すべき事項はない。

項目	コメント・提案事項 (PR の該当箇所)
実施体制	・ 特記すべき事項はない。
実施スケジュール	・ 特記すべき事項はない。
費用と財源	<ul style="list-style-type: none"> ・ 作物に対する補償額は特定された各作物の数量に基づいて算出しているわけではなく、対象地域の代表的な作物 5 種 (トウモロコシ、キャッサバ、ゴマ、オクラ、サツマイモ) の平均単価を全面積に当てはめて算出している。ただ、PAPs は実際に喪失した資産に対して補償を受ける必要があり、算出方法は適切 (正確) といえない。作物に対する補償はそれぞれの作物の実際の数量 (栽培面積) に基づき厳格に算出すべきと考える (Section 6.3/P50)。 ・ PR では、事業により影響を受ける作物と有用木については農業・食糧安全保障省ナンブラ州政府の単価表に基づき、その価値を算出している。法律によれば、この単価は市場価格に基づいているが、実際に市場価格と同等であるかどうかの確認が行われているわけではない。作物や有用木の補償に当たっては市場価格調査を通じて、適用される単価が市場価格と同等であることを確認すべきと考える (Section 5.2.2/P44)。 ・ ナンプラ州政府の単価表に記載のない有用木 (baobab, <i>Zizyphus mauritania</i>, <i>Trichilia emetic</i>) の価格の算出には米国 Millennium Challenge Corporation によって実施された調査で使われた単価を適用しているとのコンサルタントの説明であったが、この調査の名称や調査が行われた年等については確認できなかったため、本事業において、この単価を使用することの妥当性についても確認できていない。事業の実施が見込める段階においてはナンブラ州政府の単価表に記載のない有用木の単価について、市場価格調査を通じて明らかにすることが望ましい (Section 6.4/P51)。 ・ 建物やフェンスに対する補償はマプト市における単価に基づき算出されているが、事業対象地であるナカラ市における単価とは異なる可能性が高い。影響を受ける建物、フェンスの補償額の算出にはナカラにおける資材費や人件費等の単価を用いるべきである (Section 6.5/P51-52)。 ・ 墓地や礼拝地に対する補償の算出に使われた棺、移転、食事、儀式といった単価の根拠が明確でない。将来の補足調査では市場価格調査やインタビュー調査を通じて、墓地や礼拝地に対する補償費 (棺、移転、食事、儀式といった費用の単価) の根拠を明らかにする必要があると考える (Section 6.6/P52-53)。
モニタリング体制、モニタリングフォーム	・ 特記すべき事項はない。
住民協議	・ 特記すべき事項はない。

12.4 ナカラ港アクセス道路事業を巡る現況

2017 年 9 月、MITADER/DPTADER は ANE に対し、DPTADER に提出された SER と PR へのコメントを出し、この中で報告書が環境許認可の取得に必要な条件を満たしておらず、また事業がカテゴリ A に変更された旨、通知した¹⁹。これを受け、ANE は 2017 年 12 月に MITADER に対し返信し、この中で自分達に非がある面もあるものの、指摘の多くは MITADER/DPTADER の誤解によるものであると主張している。2018 年 2 月現在、ANE は MITADER の回答を待っている状況にある。2017 年 9 月に MITADER/DPTADER が指摘した主な事項とこれらに対する ANE 側の見解を以下に示す。

¹⁹ Decree No. 54/2015 によれば、100m を超える道路橋はカテゴリ A に分類される。本事業における海上橋梁が 840m であることがカテゴリ A へと変更された根拠になっているものと考えられる。

表 12.4.1 MITADER/DPTADER の主な指摘事項とこれらに対する ANE 側の見解

No.	MITADER/DPTADER の指摘事項	ANE/コンサルタントの見解
1	SER が法律に則って作成されていない。	法律に則って作成されている。
2	住民の移転があることについて知らされていなかった。	住民の移転はない。
3	橋梁延長 (840m) について知らされていなかった。	ANE が提出し、DPTADER が 2016 年 12 月に承認した TOR に記載している。
4	DPTADER や市議会の人間が参加しないまま SH 協議が開催された。	参加していたが、出席者リストに署名しなかっただけである。確認し、追記する。

12.5 その他の二事業を巡る現況

2018 年 2 月現在のナンプラ南部バイパス道路事業とクアンババイパス道路事業に係る環境調査の状況に関して、ANE に確認した結果を以下に示す。

<ナンプラ南部バイパス道路>

- 2017 年 8 月 25 日に環境コンサルタントとの契約が発効
- 2017 年 9 月 21 日にキックオフ・ミーティングを開催
- 2017 年 9 月 28 日に業務を開始
- 2017 年 10 月にインセプション・レポートを ANE に提出
- 現在、予備調査報告書 (EPDA) を作成中
- 現在、第一回住民説明会の開催準備中 (開催場所に係る地方自治体の指示を待っている)

<クアンババイパス道路>

- 事業の EPDA、TOR について MITADER が承認
- 現在、EIA 報告書と RAP を作成中

第 13 章 結論と提言

13.1 結論

本レポートでは、ナカラ港アクセス道路、ナンプラ南部バイパス道路、クアンババイパス道路から構成されるナカラ回廊道路改善事業のフィージビリティ調査結果を報告した。本調査の結論を以下の通りまとめる。

- 1) 対象地域であるナカラ回廊は、将来的に国際回廊として大型車を含む交通量が大幅に増加することが見込まれている。本調査では、橋梁部や側道を含む3路線のバイパス道路整備計画が、ANEが道路整備事業を実施する際に有効に活用できるよう、技術的・経済的に見て適切かつ効率的に設計された。また、これらの道路計画は、新しい居住地がバイパス沿いに形成される形で作成された。
 - a. ナカラ港アクセス道路：高スペック案、ベーシック案のいずれにおいても、道路整備によって得られる経済便益が事業費を上回る見込みとなった。この道路整備事業が経済的に見て実行可能であり、かつ3路線のうち最優先で実施されるべき事業であることが確認された。
 - b. ナンプラ南部バイパス道路：ベーシック案の道路整備の場合のみ、経済的に妥当であることが確認された。一方で、道路拡張を含む高スペック案では、事業費に見合った便益が得られない予測となったため、計画道路沿いの統合的な都市開発による効果・便益を含めて総合的に評価する必要がある。
 - c. クアンババイパス道路：現況でも将来においても交通量が少ない見込みであるため、3路線の中で経済分析の結果が悪い予測となった。マレマとクアンバ間の道路区間がいまだリハビリ中であるため、現時点での交通需要は当初予測よりも少ない。しかしながら、都市間貨物や国際貨物といった通過交通を市内交通と分離することは、将来的な交通渋滞を緩和し、健全な都市開発を促す上で有効である。
- 2) 計画道路の維持管理においては、維持管理組織を設立し、適切な予算を確保することが求められる。加えて、これらの道路では交通量の大幅な増加が予測されるため、維持管理の際の安全対策や適切な機器材が必要となる。
- 3) 環境・社会面では、主に建設段階で、特に盛土や切土の浸食流出といった潜在的な影響が生じる恐れが、環境影響評価調査によって明らかになった。調査団によって提案された最新の建設工法では、この問題の影響を緩和する効果が期待できる。
- 4) 社会調査によると、一定規模の農地や墓地がナカラ港アクセス道路沿いに、住宅地がナンプラ南部バイパス道路沿いに確認された。しかし、プロジェクトによって移転する必要がある家屋や商業施設の数は、主に開発されていない地域を経由しているため、比較的小さい。

したがって、将来の渋滞を避けるためだけではなく、計画道路に沿った将来の総合的な都市交通を推進し、形成するための新しいバイパス道路として事業が実施されることが期待される。

13.2 提言

(1) ナカラ港アクセス道路

この道路は、港湾関連の大型貨物輸送効率化のためにナカラ港と直接接続することを目的としているため、JICA 借款で実施されている港湾拡張事業と連携して実施することが強く推奨される。港湾との接続部分や港湾周辺の運用方法は、詳細設計段階で慎重に設計されることが求められる。

さらに、この道路沿いのエリアでは、ナカラ回廊の輸出・加工産業を促進するため、工業団地、操車場、物流拠点の一体開発が計画されている。したがって、関連するステークホルダーや諸機関と連携して、道路沿いの開発に関して同じビジョンを共有することが推奨される。開発に不可欠な水道や電気といったライフラインは、道路沿いに設置することが可能である。

また、ナカラ港アクセス道路においては、現地の事情や特殊性をふまえ、9章で紹介した以下に示す技術の適用が推奨される。

- 樹脂塗膜（被覆）PC 鋼材/鉄筋（エポキシ樹脂、ポリエチレン充填等）
- 鋼矢板と膨張止水材の併用による仮締切
- 多機能マットによる法面保護
- 計測施工による周辺地盤等への影響/ 施工監理時のモニタリング
- モバイルマッピングによる舗装維持管理（道路アセットの管理）

(2) ナンプラ南部バイパス道路

提案されたバイパス道路は、都市化区域外を通過し、道路沿いには物流および輸送関連施設を含む新しい都市開発エリアを形成することが想定される。この道路沿いには、都市間の公共交通ターミナルを設置することも可能である。したがって、実施段階では都市開発計画と都市間輸送関連施設の連携が不可欠となる。

また、計画には 2 つの跨線橋が含まれるため、橋梁の設計・施工が建設費および工期に影響を与える可能性がある。アプローチ部分の高さと工事費を低減するため、本調査中で提案された鋼・コンクリート合成床版桁橋といった日本の技術の適用が推奨される。

(3) クアンバイパス道路

クアンバは現時点では都市化が進んでいないが、ナカラ回廊が国際回廊として発達するのに伴う都市化が見込まれる。北部地域は洪水対策に難があり、都市化が進んでいないため、この道路の整備は、新たな都市化区域と堤防の整備を進める上での好機となる。また、道路の西側には、地域経済の発展を促すきっかけとなり得る農産物の加工産業を興すに十分なスペースが残っている。したがって、都市計画と産業開発の総合的な検討が推奨される。このバイパス道路を含む都市開発を実現するためには、地方自治体との緊密なコミュニケーションが不可欠となる。

(4) 環境・社会配慮面の提言

1) 環境に係る補足調査の先行実施

本事業が実施に移るまでにはある程度の時間が必要と考えられることを踏まえると、ARAP の更新¹を主な目的とした補足調査の実施が求められるものと考えられる。同調査のうち、特に重要なのがセンサス、資産インベントリー、社会経済調査の実施を通じたPAPs と、土地、作物、宗教施設といった各種の資産を特定し、補償等に必要な費用を算出することである。こうした調査は「12.3 SER、PRに係る評価と提案事項」に挙げた事項を念頭に行われることが望まれるが、その精度はF/S時よりも格段に高い必要があり、これに必要な業務量を踏まえると、相応の期間が求められるものと想定される。そこで、事業の実施に向けた補足調査は、その他の技術的な補足調査に先駆けて始める等、調査には十分な時間を確保し、事業開始が遅れないよう工夫することが重要と考える。

2) 辛抱強く、慎重、誠意をもったステークホルダーの参画の実現

本事業が墓地や礼拝地といったセンシティブな影響をもたらし、また、この取り扱いを巡る住民の意見も様々であることから、本事業において地域住民との信頼関係を築き、事業に対する理解を得ることが重要であることは明らかである。他の多くのインフラ開発事業同様、本事業においても一定程度の負の影響は想定されるものの、事業によってもたらされる便益は費用を大きく上回るものと想定される。この点については地域住民に対しても十分に説明し、また理解してもらう必要がある。一方、コミュニティとの合意形成は一朝一夕ではかなわず、十分な時間をかけて辛抱強く、慎重に、誠意をもって進めることが肝要であり、これがひいては事業の円滑な実施と完了に結びつく。

¹ ARAPの有効期限はおおよそ2年間と想定。