

第9章 組織制度

9.1 事業実施体制

9.1.1 パナマにおける鉄道事業

パナマにおける鉄道事業には、メトロ事業とパナマ運河鉄道の二つがある。

(1) メトロプロジェクト

1) 事業実施体制

第2章に示すとおり、当該プロジェクトを含む4路線がメトロとして提案されている。2009年に大統領府のもとにメトロ庁が設立され、着実に1号線プロジェクトを進め、2011年2月に1号線の建設を開始した。表9.1にメトロプロジェクトの進捗状況を示す。

表 9.1 メトロプロジェクトの進捗状況

Month, Year	Item
June, 2009	Creation of Secretary of Metro
July, 2009	Studies of Demand and Public Transport Modeling
September, 2009	Environmental Baseline
September, 2009	Field Surveys
December, 2009	IDB and CAF Finance Conceptual Design and Specification
January, 2010	Environmental Impact Study
January, 2010	Statement of Objections for Contractor Pre-qualification
May, 2010	Statement of Objections Turnkey Project
June, 2010	Statement of Objections to Project Management
August, 2010	Two Proposals for Turnkey Project
November, 2010	Winner Turnkey Project
November, 2010	Awarding Project Management
November, 2010	Concluding EIA
December, 2010	Order of Proceeding
February, 2011	Works Automatically Start

出典: メトロ庁提供資料を参考に調査団作成

またメトロ庁の関連法規は、プロジェクトの進捗のための速やかな応答を可能にする。それらは、組織の設立、用地買収、入札、社会環境等を含む。また、Metro de Panamá, S.A. (以下新会社) にメトロ庁の機能が移される。新会社は2013年11月の法律2013年第109号による100%国有の株式会社である。関連法規の概要は、表9.2のとおりである。

表 9.2 メトロ庁関連法規

Date	Law/ Decree/ Resolution	Note
July 2, 2009	Executive Decree No.150, Office of the President	-Establishment of SMP -To proceed the Metro Project in association with MOP
July 23, 2009	Executive Decree No.235, Office of the President	-Amendment to No.150, The powers of the Secretariat
January 7, 2010	Executive Decree No.1, MIVIOT	-SMP requested MIVIOT to take the necessary actions for establishing the borders of the Polygon of Influence of Panama Metro System Line 1. -It is necessary proceeding the Metro Project for estimating the scale of land acquisition by local survey.
April 14, 2010	Resolution of Cabinet No. 71, Office of the President	-Pre-bidding meeting -Procedure for selecting contractors
October 15, 2010	Low No.62	-Granting of fiscal exemptions to SMP and to the contractors and sub-contractors that participate in the construction of the Panama Metro. -Creation of Triparite Office, composed by National Customs Authority (ANA), MEF and SMP.
August 9, 2011	Resolution of Cabinet No.124	-Economic relief for affected owners of properties/ businesses
September 27, 2011	Low No.72	-Contractors and subcontractors exemption of several taxes - Amendment of 2010 Low No.62
November 29, 2011	Executive Decree No.528, MEF	-Contractors and subcontractors exemption of several taxes
November 25, 2013	Low No. 109	-Establishment of Metro De Panamá, S.A.

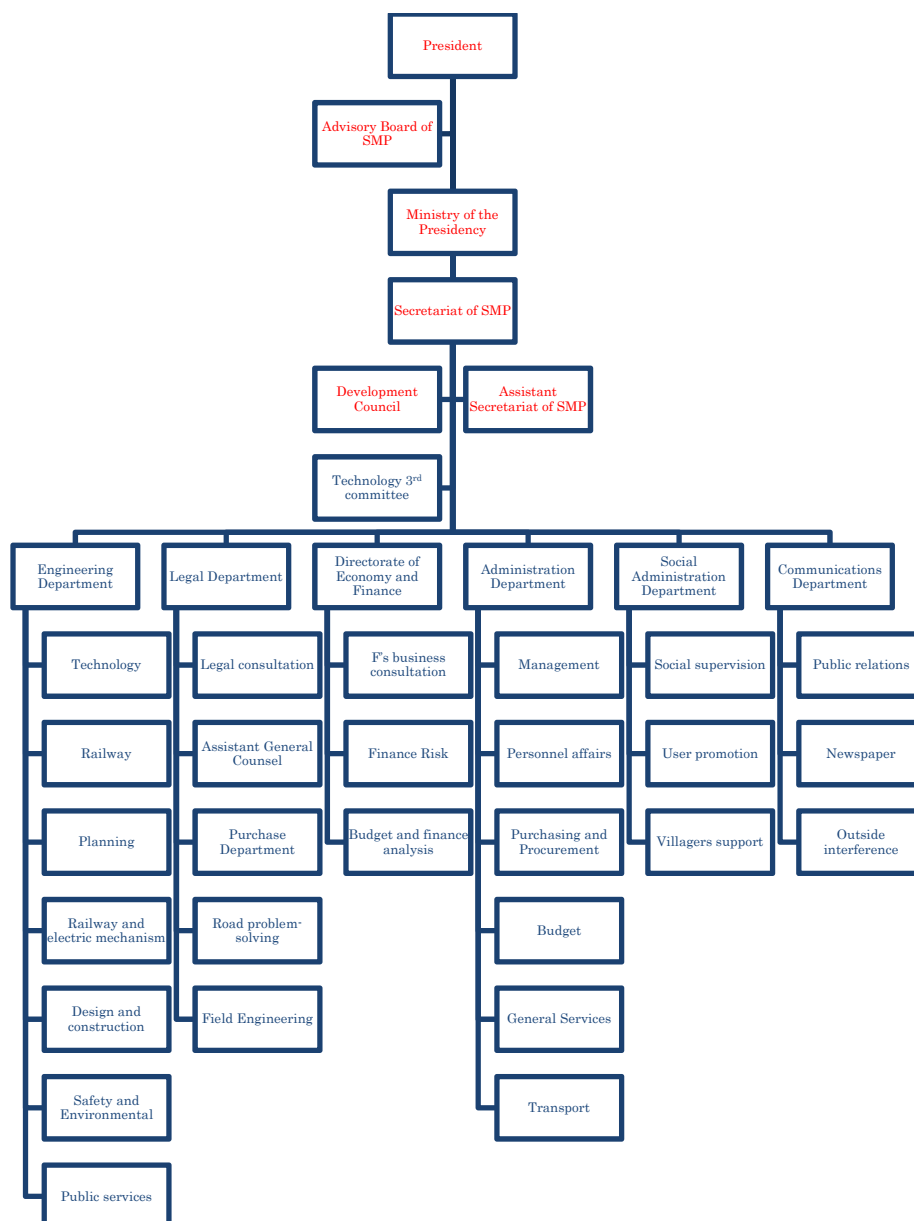
出典: メトロ庁提供資料を参考に調査団作成

2) 実施機関の所掌業務

メトロ庁のミッションは、パナマ市民の交通輸送の緊急ニーズに対応し、高速かつ安全な輸送環境を生み出し、生活の質を高めるサービスを提供することである。メトロ庁は1号線プロジェクトの事業実施組織であり、かつ、運営を直轄し維持管理を民間委託する主体である。新会社設立後はその役割を新会社が担うことになる。

3) メトロ庁の組織構造と人員構成

メトロ庁の組織は、管理部門と運営部門から構成される。両者は統合されたコンセプトに則って、明確な権限と、役割を担っている。組織図を図 9.1 に示す。



注)：赤字部分が監理部門、青字部分が運営部門
 出典：メトロ庁のウェブサイトを参考に調査団作成

図 9.1 メトロ庁組織図（1号線建設段階）

また1号線の建設段階では、およそ100名の人員が業務に携わり、開業に合わせた増員が予定されている。新会社移行後も同様の人員構成が想定される。

4) 新会社について

現在のメトロ庁の機能が移される新会社の概要は以下のとおりである。

a) 設立

2013年11月に成立した法律（法律109/2013）に基づく。160日間で政府によりまずペーパー上で定款の作成や役員任命、社長及び監査役の選定が行われる。その後、新会社の組織体制を決定し内規の作成や人員任命を行いつつ、メトロ庁の資産や現行契約（雇用契約等）についても新会社に移管・移転する

手続きが順次取られることになる。これらが完了できるのはおおよそ 2014 年末と想定される。1号線の建設契約、及び借款契約はすべて MEF が保持し続け、建設資産のみ新会社に移転する。

b) 財務管理

既存のメトロ事業（1号線）の資産については、建設後新会社に移転され、政府の現物出資として資本に計上される。設立時には現物出資以外の出資は予定されていない。1号線に係る政府借入は、政府が保持し、転貸等を行われない。今後の事業（3号線含む）についても、MEF が借入を行い、資産については建設後新会社に移転される。「実施機関：新会社、借入人：MEF」といった形態が実現可能と考えられる。

c) 組織構造と人員構成

新会社の組織構造及び人員構成は未定である。メトロ庁の機能を移管することから、メトロ庁と同等の組織からスタートすると想定することが自然である。

d) その他

新会社には、メトロ庁が有していないいくつかの機能が盛り込まれる見込みである。そのうちの 하나가 PPP 方式での事業展開を制約することとなっていないことである。また商業開発などの交通事業に関する付帯事業もあり、新会社の利益に寄与することが期待される。

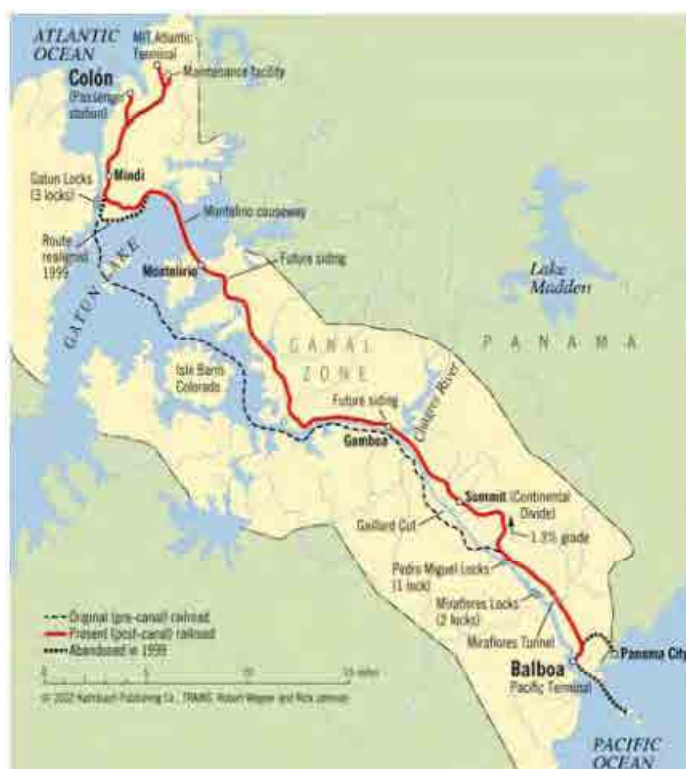
(2) パナマ運河鉄道

1) 事業実施体制

パナマにおける鉄道の歴史は日本よりも長い（パナマは 1855 年、日本は 1872 年開業）。パナマで運行中の路線は、パナマ市とコロンの 77km のみで、パナマ運河鉄道（PCRC）により運営されている。この路線の起源は前述の歴史ある路線であり、運河の開削等によるルート変更が実施されている。

この路線は近代化された施設により 2001 年から運営されている。Kansas City Southern Railroad をはじめとする北米の鉄道事業を手掛ける企業が出資している。この契約は 25 年間を対象にしており、さらに 25 年間の延長オプション付きである。契約はパナマ海事局（AMP）の権限で実施され、諸規則はコンセッション契約（Contract Law 15 of February 17, 1998 published in the Official Gazette no 23,485 of February 18, 1998.）に則っている。

パナマ運河鉄道の路線図と写真を図 9.2 に示す。



注)左：路線図、右上：貨物施設と列車、右中：旅客駅改札、右下：展望車
 出典：パナマ運河鉄道ウェブサイトを参考に調査団作成

図 9.2 パナマ運河鉄道の路線図と写真

2) 実施機関の所掌業務

パナマ運河鉄道は貨物と旅客の双方を扱っている。旅客列車は平日のみの1日1往復の運行である。6両編成中1両が展望車となっており、観光客の利用も多い。料金は片道大人25ドル（小人15ドル、退職者等17.5ドル）となっている。

9.1.2 当該プロジェクトにて留意すべき事項

当該プロジェクトにて留意すべき事項は以下の3点である。

- メトロ庁の組織再編後の、1号線プロジェクトとの関係
- 同じく、政府開発援助のパナマ側窓口
- モノレールシステム導入に関する現地受け入れ体制

以下、実施機関と運営維持管理体制に分けて整理する。

9.2 当該プロジェクトの実施機関

9.2.1 実施体制

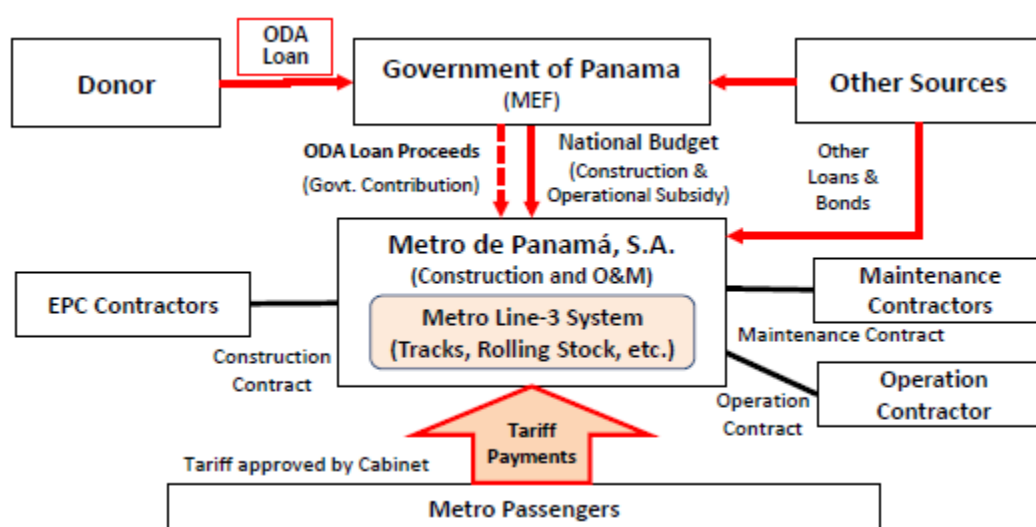
都市交通3号線の実施体制は、1号線プロジェクトをベースに、新会社への移行を加味した方式を想定する。「実施機関：メトロ庁移管後は新会社、運営：新会社直轄、維持管理：新会社による民間委託」を想定する。理由は以下のとおりである。

- 本事業は都市交通3号線の建設と第4パナマ運河橋の建設を含み、建設及び維持管

理に巨額の費用が想定されている。一方で本事業は収益事業としては商業的採算性が低いため、公共セクターによる事業実施が望ましい。

- 第2章に詳述するとおり、3号線はメトロネットワークの一部を構成する。メトロ庁はその実現のために設立された組織である。
- 1号線事業は成功裏に進み、2014年4月に無事開業出来た。3号線事業においてもその人材・ノウハウを活用する事が有効であり、1号線と同様にメトロ庁を実施主体とする実施体制とする事により、円滑な事業実施が期待される。
- 第4パナマ運河橋建設プロジェクトの事業実施組織もメトロ庁と想定されており、両プロジェクトに関する権限は複雑ではない。
- メトロ庁にはモノレールに関する経験が無い。パナマ国が知見を有する鉄輪鉄レール方式と、軌道桁を抱え込んでゴムタイヤで走行するモノレールとの運営・維持管理方式の相違につき配慮する必要がある。事業の円滑な運営のために、モノレールの運営・維持管理に関する経験が豊富な民間事業者の技術協力を想定する。

想定する事業実施体制を図9.3に示す。



注：図中の Operation Contract は技術支援を意味する。
 出典：調査団

図 9.3 事業実施組織関連図

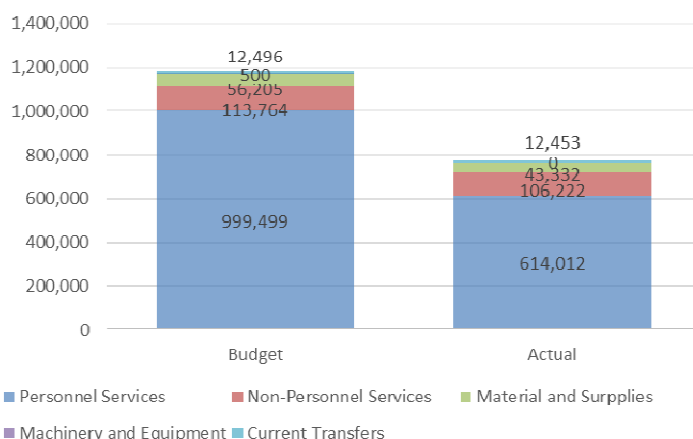
9.2.2 財務・予算構造

大統領府が管轄するメトロ庁は、経常予算と資本予算を管理している。

(1) 財務・予算の実績

メトロ庁の直近の経常・資本予算の予算と実績を以下に示す。

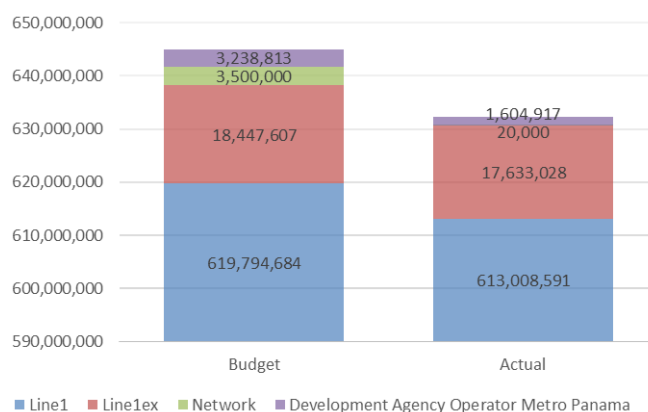
経常予算実績は図9.4のとおりである。予算1,182,464ドルのうち人件費が999,499ドルと85%を占めている。実績は対予算比66%の776,250ドルで、その内訳は人件費が79%に相当する614,012ドルとなっている。その他費目の構成比は小さく、予算と実績で大きくかい離するものは確認できない。



出典: メトロ庁提供資料を参考に調査団作成

図 9.4 2013 年経常予算実績図（ドル）

資本予算実績を図 9.5 に示す。予算 645,609,045 ドルのうち 1 号線関係が 619,794,684 ドルと 96%を占めている。実績は対予算比 98%の 632,266,536 ドルで、その内訳は 1 号線関係が 97%に相当する 613,008,591 ドルとなっている。その他費目の構成比は小さく、経常予算同様予算と実績で大きくかい離するものは確認できない。

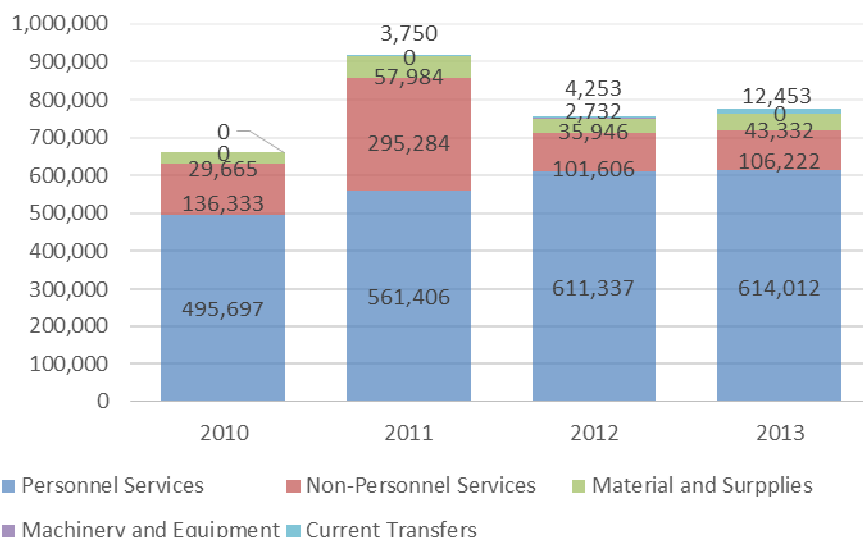


注：図中の Line1ex は 1 号線の、Various Machinery and equipment, Administration Buildings, Other Installations を意味する。

出典: メトロ庁提供資料を参考に調査団作成

図 9.5 2013 年資本予算実績図（ドル）

2010 年から 2013 年の経常予算実績推移を図 9.6 に示す。概ね漸増傾向にあるが、非人件費が増加した 2011 年の 918,444 ドルが突出している。これは、1 号線建設の進捗により建設費が増加する途上で、経常予算での計上を当年で終了したことによるものである。人件費の構成比が最も高く近年では 8 割前後を占め、人件費がこの 3 年で 24%増加している。



出典: メトロ庁提供資料を参考に調査団作成

図 9.6 2010 年から 2013 年の経常予算実績推移図（ドル）

(2) 2014 年予算の概要

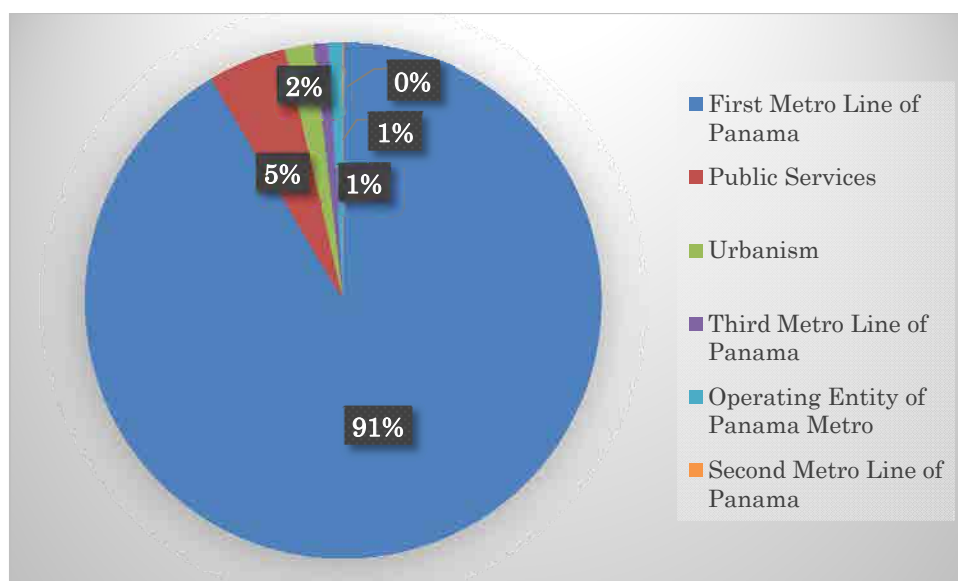
2013 年 12 月 27 日に承認された、2014 年の予算の概要は以下のとおりである。

1) 経常予算

メトロ庁の 2014 年経常予算として、30,000,000 ドル計上されている。この金額は 2010 年予算と同じ金額である。2011 年予算は 350,000,000 ドル、2012 年予算は 581,000,000 ドルと 1 号線工事の進捗に伴い増加傾向にあった。建設工事が完了に近づき、本年は 4 年前と同等の水準に落ち着いたものと想定される。

2) 資本予算

メトロプロジェクトの予算として、560,211,100 ドルが計上され、大きく 6 種類に分類される。その内訳は 1 号線、2 号線、3 号線の各プロジェクト、公共料金、パナマメトロ運営費、及び街路整備費である。2014 年のメトロプロジェクトの予算構成を図 9.7 に示す。1 号線プロジェクトが 91%とメトロプロジェクト予算の大宗を占め、当該プロジェクトは 1%を占めている。



出典：メトロ庁提供資料を参考に調査団作成

図 9.7 2014 年資本予算構成図

メトロプロジェクト及びその実施機関であるメトロ庁は以下の特徴を有する。

- メトロ事業の遂行が国民に強くコミットされ、実施機関が適切に管理されている。
- 1号線プロジェクトを通じ海外援助機関からの支援を得る信頼に足りる機関及びプロジェクトである。

メトロ庁から新会社への機能移転や1号線開業後の業績は、注目すべき項目である。メトロ庁や新会社の財務、予算構造をフォローしていく必要がある。

9.2.3 技術水準

実施体制は運営維持管理体制と異なり、導入システムの差異が影響する度合いが小さい。パナマ国の鉄道は長い歴史を有し、近代的な鉄道運営が実施され、メトロ庁が主導する1号線プロジェクトも円滑に進行している。したがってメトロ庁及びその機能が移管される新会社は、プロジェクトの実施機関としての技術水準を有していると判断される。当該プロジェクト実施機関として、1号線プロジェクトを通じて獲得した種々のノウハウや人材を活用することが可能である。

9.3 当該プロジェクトの運営維持管理体制

9.3.1 運営維持管理体制の考え方

(1) 所掌業務

新会社は3号線の開業までに設立されているものと想定する。その運営維持管理組織については、「運営：新会社直轄民間技術支援、維持管理：新会社による民間委託」方式を想定する。理由は以下のとおりである。

- 1号線の運行開始前であるが、メトロ庁（移管後は新会社）は都市鉄道の運営に関する能力を、様々な準備や訓練を通じて、獲得している。
- 一例をあげれば、運営維持管理マニュアルの作成やスタッフ（運転士、駅員、維持

管理要員）のトレーニング等である。

- 運営は、新会社直轄として、民間事業者からの出資受け入れや民間事業者への委託を通じ技術支援を受ける。
- 維持管理は、民間委託先が実施する。

(2) 技術支援の受け入れ体制

モノレールの運営・維持管理に関する技術支援には、それらに関する経験が豊富な民間事業者の協力が不可欠である。技術支援の受け入れ体制を、1) 運営組織と 2) 維持管理組織、の2つに分けると、それぞれ以下のような形式が考えられる。

1) 運営組織が技術支援の受け入れ先となるケースの具体例:

- 民間事業者は運営組織と契約関係を結び、運営や維持管理に関する業務の実施により技術支援を実施する。
- 民間事業者は運営組織に出資して、運営や委託する維持管理に関する技術支援を実施する。

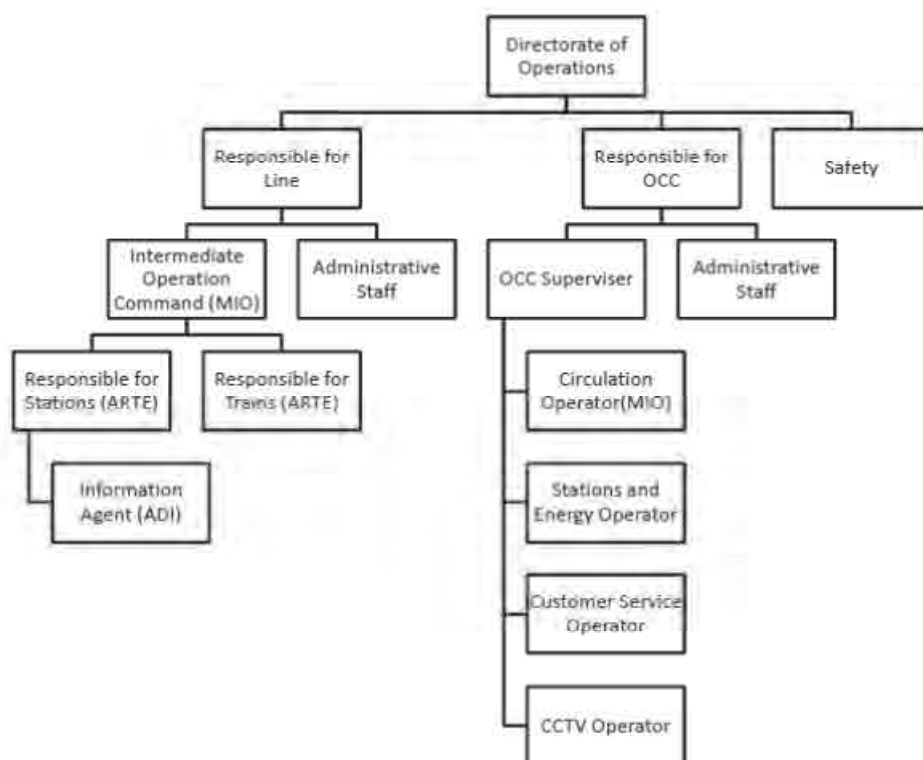
2) 維持管理組織が技術支援の受け入れ先となるケースの具体例:

- 民間事業者は維持管理組織と契約関係を結び、維持管理に関する業務の実施により技術支援を実施する。
- 民間事業者は維持管理組織に出資して、運営や委託する維持管理に関する技術支援を実施する。

民間事業者が事業参画を判断することになるが、日本政府は民間事業者のリスク軽減に関する方策の準備を進めているところであり、運営維持管理に関する技術支援の一助になることが期待される。パナマにとって初めてのモノレールの導入となるが、そのノウハウを有する本邦企業の参入が可能であれば、問題は少ないものと考えられる。民間事業者の事業参画の範囲、内容、方法、及び価格基準につき、1号線を参考に検討されることが望まれる。

(3) 組織構成

新会社の運営維持管理に関する組織構造は、事業実施体制と同様に未定である。したがって、1号線開業時に改変予定の組織と同様の組織構造を想定する。1号線では運営部門と維持管理部門に分けられている。まず運営部門では営業線、運転管理センター（OCC）、安全管理の3部門に分けた運営部門の創設が予定されている。その運営部門の組織図を図9.8に示す。



注)MIO:主任クラス、ARTE:運転・駅務兼務、ADI:案内員
 出典:メトロ庁提供資料を参考に調査団作成

図 9.8 1号線メトロ庁運営部門組織図

次に維持管理部門であるが、民間委託を管理するための、新会社の人員を配置する。分野は、電力、車両、信号・通信、電気・機械、軌道・電車線などに分けられる。

(4) 人員体制

新会社の運営維持管理に関する人員体制が未定であるため、メトロ庁の直轄運営を想定した1号線開業後の案を示す。人員体制は、上述の運営部門の他に民間に委託する維持管理部門の管理人員も含めて、1号線開業に備えておよそ210名前後の増員を予定している。参考までにその内訳を表9.3に示す。

表 9.3 1号線開業に伴うメトロ庁増員計画

	Operation	Maintenance
Main Office	3	6
Operating Division	195~215	Private Sector

出典:メトロ庁へのヒアリングをもとに調査団作成

なお民間委託部分は2つに分割されている。ひとつは維持管理システム、残りは電気・土木部分である。前者はALSTOM、後者は地元会社が請け負う。民間委託部分の組織及び人員は、明らかとなっていない。

今後新会社に関連し、下記項目を整理していく必要がある。

- 新会社の体制
- 新会社の3号線プロジェクト対応可能性
- 3号線プロジェクト対応人員拡充に対する新会社の予算措置

9.3.2 財務・予算構造・技術水準の考え方

(1) 運営部門

3号線の運営部門は、1号線2号線と一体化することが望ましい。理由は以下のとおりである。

- 1号線はメトロ庁が運営する前提で準備が進められてきたが、その機能は新会社に移される予定である。
- 3号線のシステムは1号線・2号線と異なるものの、事業目的は共通である。
- 運営の一体化は運営効率化、利用者の利便性向上に資する。また空間利用、運賃制度などで整合性が取りやすい利点がある。
- ただし、先行する1号線と異なるシステムであるため、技術水準の確保策を用意する必要がある。技術協力により本邦で蓄積されたノウハウを活用することが望まれる。

(2) 維持管理部門

維持管理部門においても運営部門同様、本邦で蓄積されたノウハウを活用することが望まれる。1号線同様維持管理部門では、新会社が民間に外注する形態であれば、本邦企業の参画などにより技術水準が確保することが可能と判断される。日本のモノレールシステムにおいても部分的な外注は実施している。

9.4 運営維持管理計画

9.4.1 運営維持管理計画の前提条件

(1) 整備計画

本路線はパナマ市都心部の南西端に位置するアルブルックを起点とし、パナマ運河を渡って西方の郊外部に伸びる路線である。その整備計画は、第1期（部分開業区間）においてヌエボ・アライハン西方のシウダッド・デル・フトゥーロまでの25.8kmを整備し、第2期（全線開業区間）に残るラ・チョレラまでの区間約5.4kmを整備する、全体として約31.2kmの計画となっている。

開業想定時期は第1期区間が2022年、第2期区間は未定である。

表 9.4 検討対象路線及び整備計画

	整備区間	整備区間延長	開業想定年次
第1期	アルブルック～ シウダッド・デル・フトゥーロ	25.8 km	2022年
第2期	シウダッド・デル・フトゥーロ～ ラ・チョレラ	約 5.4 km (合計約 31.2km)	未定

(注) 本調査は主に第1期区間を対象としており、第2期区間の延長は概算である。
出典: 調査団

(2) 運営主体

パナマ市における軌道交通は本3号線の他1号線が建設中、2号線が計画中となっているが、うち1号線については、運行はメトロ庁(SMP)直轄、維持管理はメトロ庁管理のもとで民間委託による実施となっている。

3号線については、8.3までに検討したとおり、1号線と同様のスキームの他、コンセッション方式による完全民間委託も代替案として考えられる。3号線の運営主体については、今後さらなる検討が必要である。

(3) 運転方法

- モノレールの運行：ATO方式による自動運転（ただし、手動運転も可能な資格を保有する運転士1名が乗車する）
- 運行管理：車両基地内に設置するOCC（運行管理室）において集中管理する。なお、1号線のOCCにおいて将来2・3号線も管理可能となるようスペースが確保されており、今後の運営主体の決定状況によっては1号線と統合することもありうる。
- 信号保安方式：CBTCによる移動閉塞方式

(4) 運賃の考え方

3号線の運賃体系を考えるに当たっては、パナマ市における既存あるいは今後導入される公共交通機関の運賃体系との関連、及びそれらとの乗継ぎに関する検討が必要である。既存の公共交通機関の代表的なものはメトロバスであり、また、1号線は2014年4月に開業し、近い将来2号線も導入されることになる。

表9.5は、メトロバス、1号線及び3号線の運賃について、運賃体系、運賃水準及び乗継ぎに関する内容を整理したものである。メトロバスに関して言えば、運賃は均一制で一般バス相互の乗継ぎに関しては基本的に無料となっている。1号線については2014年6月15日から、USD 0.35均一料金による料金徴収が開始された。

一方、3号線は路線延長が1号線に比べて長い（第1期のみでも約26km、第2期を含めると30km以上）ため、メトロバスで導入され、1号線についても導入の方向で検討中である均一制の他、日本の鉄軌道で一般的に採用されている距離制の導入も考えられるところである。距離制による運賃であれば利用者の負担はより公平になるほか、設定水準にもよるが、3号線の路線延長であれば運賃収入も均一制に比べて多くなる、すなわち採算性が向上する可能性が高い。また、運営主体がメトロ庁直轄になるか民間コンセッション等になるかによっても違いが出てくる。

運賃については、1号線においても料金体系の公表が開業後になるなど、決定には十分な検討と期間が必要である。3号線についても同様であり、今後詳細な検討が必要となる。

表 9.5 3号線の運賃に関する考え方

	メトロバス	1号線	3号線(考えられる代替案)
運賃体系	均一制	均一制	<ul style="list-style-type: none"> 均一制 距離制
運賃水準	一般バス：US\$ 0.25 高速バス：USD 1.25	USD 0.35	<ul style="list-style-type: none"> 需要予測では USD0.65 と設定
乗継ぎ	<ul style="list-style-type: none"> 一般バス相互の乗継ぎ：40分以内無料 一般バスと高速バスの乗継ぎ：差額の USD 1.0B を追加徴収 バスと1号線との乗継ぎ：統合されていない 		<ul style="list-style-type: none"> 1号線との乗継ぎ、バスとの乗継ぎいずれも無料 1号線は無料、バスは合算運賃から一定額を割引 1号線、バスとも合算運賃から一定額を割引 完全別体系（割引なし）

(注) 2号線については未定、また郊外バスは完全別体系
 出典: 調査団

(5) 第4パナマ運河橋区間の維持管理

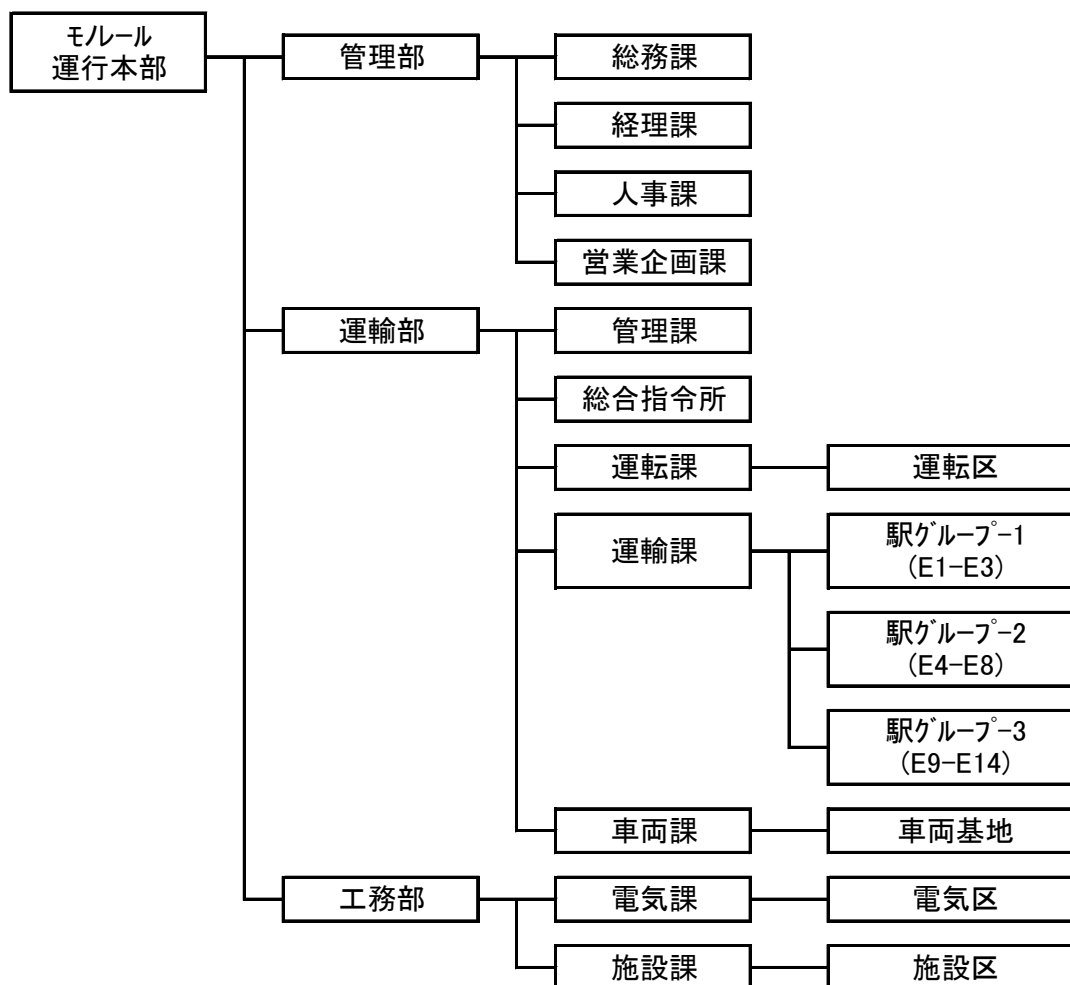
第4パナマ運河橋区間の維持管理については、桁と3号線用の電路設備の維持管理を3号線運営主体の管轄とし、橋の上部工やその他の設備については、3号線の設置箇所においても第4パナマ運河橋管理主体の管轄とする。

9.4.2 組織体制案及び要員計画

(1) 組織体制案

8.3において整理したように、1号線の運営維持管理組織体制は、責任者のもとに運行部門と維持管理部門を置き、運行、維持管理部門とも一定のまとまりごとに担当部署を設置している。たとえば運行部門であれば運転、駅、総合指令（OCC）、車両等、維持管理部門であれば施設（土木）、電気、信号・通信といった区分である。ただし、1号線は維持管理は民間委託となっている。

これらの考え方を踏まえ、図 9.9 に3号線の運営維持管理組織体制の一例を提案する。これは、日本のモノレール等鉄軌道においても一般的なものである。



出典：調査団

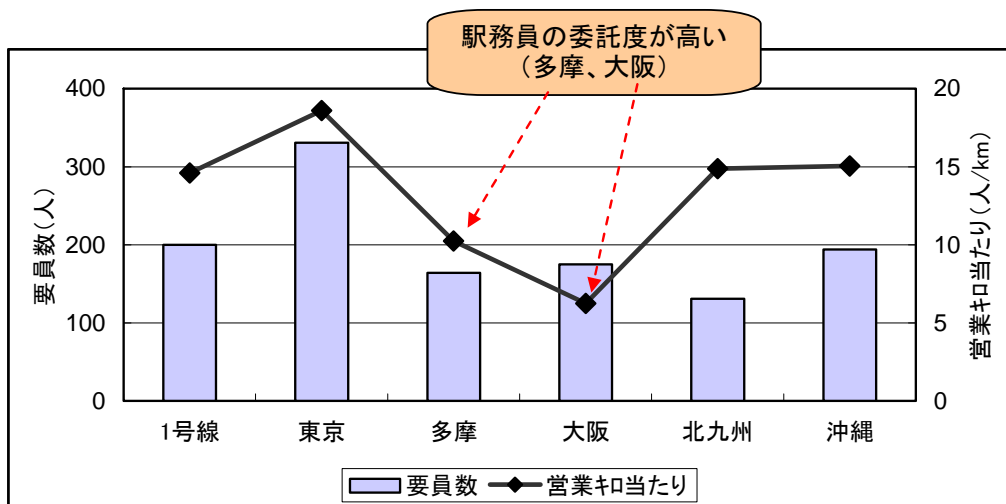
図 9.9 モノレール運営維持管理組織体制図の一例（提案）

(2) 要員計画

1) 要員計画の考え方

要員計画については、1号線及び日本のモノレールを参考に検討する。図 9.10 は、1号線及び日本のモノレールの要員数をまとめたものである。要員数自体は営業規模によって異なるのは当然であり、最小（北九州）約 130 人から最大（東京）約 330 人となっているが、営業キロ当たりで見ると、駅務員の委託度が高い多摩と大阪を除き 15～19 人/km の間に分布している。

このことから、要員計画の考え方において 1号線と日本のモノレールの間には高い類似性があると言える。したがって、3号線の要員計画は日本のモノレールの実績データをもとに実際の要員数を算出することとする。



(注) 1号線の要員数 (約 200 人) は概算値
 出典: メトロ庁、鉄道統計年報 2010 年度版

図 9.10 1号線及び日本のモノレールにおける要員数の比較

2) 要員数の算出方法

要員数は、図 9.9 で提案した部署ごとのまとまりを基本に、日本のモノレールの実績データの区分も考慮して、表 9.6 に示す区分により算出した。

日本のモノレールのうち、跨座形で都市交通用に供されている 5 路線 (図 9.10 と同じ) について、2010 年度の実績を整理した (表 9.7)。本計画においては、原則として輸送量と輸送力が最も類似している東京モノレールの原単位を採用した。ただし、東京モノレールは開業後の経年が大きく施設が老朽化していることを考慮し、線路保守要員及び電路保守要員については、営業キロの類似している大阪モノレールの原単位を採用した。

表 9.6 要員数算出における職種と原単位

職種	原単位
乗務員	一日平均乗務キロ
駅務員	駅数当たり
その他運輸要員 (指令等)	平均列車本数当たり
線路保守要員	営業キロ当たり
電路保守要員	営業キロ当たり
車両保守要員	車両数当たり
本社要員	現業要員(線路保守～その他運輸計)に対する割合

出典: 調査団

表 9.7 日本の主要モノレールにおける要員数原単位実績

	項目	単位・説明	式	東京	多摩	大阪	北九州	沖縄	備考
要員数 (人)	乗務員		A	84	53	62	22	35	
	駅務員		B	105	29	12	63	88	
	その他運輸要員		C	18	13	19	--	20	
	線路保守要員		D	9	5	20	4	7	
	電路保守要員		E	26	20	14	11	8	
	車両保守要員		F	32	10	15	8	8	
	現業小計		G=A~F	274	130	142	108	166	
	本社要員	各職種合計	H	57	34	33	23	28	
	合計	I=G+H	331	164	175	131	194		
数量	営業キロ	km	J	17.8	16.0	28.0	8.8	12.9	
	列車キロ	日当たり km	K	9,099	3,693	6,258	1,827	2,868	
	車両キロ	年当たり 千km	M	19,929	5,390	9,136	2,667	2,094	
	平均列車本数	列車キロ/営業キロ	N=K/J	511.2	230.8	223.5	207.7	222.4	
	車両数	両	P	120	64	84	40	24	
	駅数	駅	Q	10	19	18	13	15	
	原単位	乗務員	日当たり平均乗務キロ	R=K/A	108.3	69.7	100.9	83.1	82.0
駅務員		駅数当たり駅務員数	S=B/Q	10.500	1.526	0.667	4.846	5.867	
その他運輸要員		列車本数当たり要員数	T=C/N	0.0352	0.0563	0.0850	--	0.0899	
線路保守要員		営業キロ当たり要員数	U=D/J	0.506	0.313	0.714	0.455	0.543	大阪を採用 *1
電路保守要員		営業キロ当たり要員数	V=E/J	1.461	1.250	0.500	1.250	0.620	大阪を採用 *1
車両保守要員		車両数当たり要員数	W=F/P	0.267	0.156	0.179	0.200	0.333	
本社要員		対現業小計比率	Y=H/G	20.8%	26.2%	23.2%	21.3%	16.9%	
		合計	営業キロ当たり要員数合計	Z=I/J	18.6	10.3	6.3	14.9	15.0

(注) 3号線の要員数算出のための原単位は、運転本数や利用者数が最も多く、駅間距離や表定速度の条件も類似している

東京モノレールの事例を採用した。

*1 ただし、東京モノレールは施設の経年が大きいので、線路保守、電路保守の2職種については大阪モノレールの事例とした。

出典：鉄道統計年報 2010 年度版

3) 算出結果

算出結果を表 9.8 に示す。開業時 2020 年の要員数は 356 人、その後列車本数と車両数の増加に伴い要員数も増加し、2050 年には 421 人と、2020 年に対し約 18% 増加する。

表 9.8 3号線要員数算出結果（第1期開業区間）

区分	職種/数量	単位	算定式	2020	2025	2030	2035	2040	2050
要員数 (職種別)	乗務員	人	A=k/a	90	90	95	95	95	102
	駅務員	人	B=bxm	116	147	147	147	147	147
	その他運輸要員	人	C=cxn	14	14	14	15	15	15
	線路保守要員	人	D=djh	19	19	19	19	19	19
	電路保守要員	人	E=exh	13	13	13	13	13	13
	車両保守要員	人	F=fxj	42	47	49	50	50	52
	現業小計	人	G=A~F	294	330	337	339	339	348
	本社要員	人	H=Gxg	62	69	71	71	71	73
	合計	人	Q=J+K	356	399	408	410	410	421
	営業キロ当たり	人/km	R=Q/k	13.8	15.5	15.8	15.9	15.9	16.3
要員数 原単位	乗務員	平均乗務キロ/日	a	108.3	108.3	108.3	108.3	108.3	108.3
	駅務員	人/駅	b	10.5	10.5	10.5	10.5	10.5	10.5
	その他運輸要員	人/列車本数	c	0.0352	0.0352	0.0352	0.0352	0.0352	0.0352
	線路保守要員	人/営業キロ	d	0.714	0.714	0.714	0.714	0.714	0.714
	電路保守要員	人/営業キロ	e	0.500	0.500	0.500	0.500	0.500	0.500
	車両保守要員	人/車両数	f	0.267	0.267	0.267	0.267	0.267	0.267
	本社要員	対現業比率	g	20.8%	20.8%	20.8%	20.8%	20.8%	20.8%
要員数 関連数量	営業キロ	km	h	25.80	25.80	25.80	25.80	25.80	25.80
	車両数	両	j	156	174	180	186	186	192
	列車キロ/日平均	km/日	k	9,685	9,719	10,225	10,274	10,274	10,965
	駅数	駅	m	11	14	14	14	14	14
	列車本数/日平均	本/日	n	375.4	376.7	396.3	398.2	398.2	425.0

(注) E6, E9, E13の3駅は2025年開業

出典：調査団

9.4.3 維持管理計画

(1) 基本的考え方

モノレールを含め、日本の鉄道の維持管理の基本的な考え方は、予防保全である。過去の経験と事例に基づき、磨耗した部品は故障の発生前に交換される。しかし、欧米の鉄道ではこれと異なる維持管理の考え方が用いられており、部品は故障した際に交換される。1号線も維持管理はアルストム社が参入しており、欧米流の考え方が適用される。

モノレールの性質を考えたとき、駅間での旅客の避難は鉄道に比べ時間を要することから、予防保全の考え方を適用しトラブルが発生する前に対処されるべきである。この目的から、日本のモノレールにおける、列車検査、月検査、重要部検査、全般検査といった定期的な保守方法を参考にすることができる。これらの検査は、日本の政府による規定により義務化されている。

(2) 日本のモノレールに準じた維持管理手法

1) 車両

表 9.9 に日本において法令に規定されている車両の定期検査の要求内容を示す。これらの検査は、故障の予防措置と高い安全性の達成に寄与する。

なお、タイヤの状態の検査は、鉄道システムと比べて性質が異なり、モノレールの運営上重要である。法令には規定されていないが、東京モノレールではタイヤは3週間毎に検査されている。

表 9.9 車両に係る定期検査

検査種別	主要な検査内容	検査周期	検査所要時間 ※1
列車検査	<input type="checkbox"/> 信号保安装置の現示・ブレーキ機能 <input type="checkbox"/> 台車・走行装置 <input type="checkbox"/> 運転台機器 <input type="checkbox"/> ドア開閉	3日	約0.5時間/両
月検査	<input type="checkbox"/> 各装置の主要部分について点検蓋を開け、内部の異常の有無について在姿のまま点検 <input type="checkbox"/> 点検後は総合機能について検査	3ヶ月	約0.75日/両
重要部検査	<input type="checkbox"/> 重要な装置の主要部分を取り外し、一部は分解して整備点検	4年 または60万km	平均約10日/両
全般検査	<input type="checkbox"/> 各装置の主要部分を取り外し、分解して整備点検 <input type="checkbox"/> 磨耗・損耗部品については交換し、次期検査日まで安全が保たれるよう整備	8年	

※1：工場設備や従事する要員数により各社によって幅がある。

出典：軌道運転規則等をもとに調査団作成



出典：調査団

図 9.11 列車検査（多摩都市モノレール）

2) 施設

車両の場合と同様に、表 9.10 及び表 9.11 に施設（線路設備、電気設備）関係の定期検査の概要を示す。施設についても車両同様法規制により検査内容と周期が決められているが、事業者により法規制より短い周期で実施している場合もある。

モノレール特有の軌道構造により、軌道の保守は、専用の保守用車両で実施される。保守用車両には、工作車、クレーン車、牽引車、限界測定車などいくつかの種類がある。桁の保守作業は走行用電力のない夜間に実施されるため、保守用車両は、バッテリーまたはディーゼルエンジンにより自力で走行できる（図 9.12）。

保守用車両は、通常、車両基地に留置され、最終列車と翌朝の始発列車の間の作業時間（約 5 時間）に、“配置－現場作業－撤収”の手順で保守作業を行う。

表 9.10 線路設備・構造物及び駅設備に係る維持管理（検査・修繕）の概要

検査種別	主要な検査内容	検査周期
本線路巡視	<input type="checkbox"/> 本線路巡視	毎日巡視 (電車線巡視を兼ねる)
軌道	<input type="checkbox"/> 軌道	1年
線路構造物	<input type="checkbox"/> 橋、トンネルその他の線路構造物	2年
昇降機	<input type="checkbox"/> エレベーター、エスカレーター等の昇降機	6ヶ月～1年
一般建築物	<input type="checkbox"/> 駅舎、プラットホーム <input type="checkbox"/> 可動安全柵(ホームドア)、PSD	適宜対応
駅旅客設備	<input type="checkbox"/> 自動券売機、自動改札機の動作確認及び清掃 <input type="checkbox"/> 同機器の磨耗分品交換、絶縁試験等	適宜対応
その他	<input type="checkbox"/> 新設、改築、修理、改築した場合の検査、試運転 <input type="checkbox"/> 検査の表記と記録	適宜対応

出典：軌道運転規則等をもとに調査団作成

表 9.11 電気設備に係る維持管理（検査・修繕）の概要

検査種別	主要な検査内容	検査周期
電車線設備	<input type="checkbox"/> 電車線設備（本線関係）	毎日巡視 （本線路巡視を兼ねる）
	<input type="checkbox"/> 電車線路、開閉器、自動遮断機、避雷器及び発電所・変電所等の保護連動装置軌道	1年
	<input type="checkbox"/> 上記以外の電力設備の重要部分 <input type="checkbox"/> 上記以外の電気設備	1年 2年
信号保安設備	<input type="checkbox"/> 信号装置、連動装置、転つ装置等の保安装置	1年
通信設備	<input type="checkbox"/> 通信設備	1年
各種計器	<input type="checkbox"/> 電力設備、通信設備及び保安装置に付属する計器	1年
防災設備	<input type="checkbox"/> 火災報知器、スプリンクラー、煙感知器、消火器等	6ヶ月（外観・機能点検） 1年（総合点検）
その他設備	<input type="checkbox"/> 駅監視設備、掲示標設備、証明設備等	適宜対応
自主検査	<input type="checkbox"/> 変電所フィルター清掃、屋外機器塗装等	適宜対応
その他	<input type="checkbox"/> 新設、改築、修理、改築した場合の検査、試運転 <input type="checkbox"/> 検査の表記と記録	適宜対応

出典：軌道運転規則等をもとに調査団作成



工作車（ディーゼルエンジン駆動）
東京モノレール



工作車（後方にクレーン車を連結）
沖縄都市モノレール



工作車内（軌道の目視点検）
沖縄都市モノレール



軌道ボルトの点検作業
沖縄都市モノレール

出典：東京モノレール、沖縄都市モノレール

図 9.12 モノレールにおける車両を使用した維持管理

9.4.4 維持管理経費の算出

(1) 直轄人件費

直轄人件費は、8.4.2 (2)で算出した各年の要員数に人件費単価を乗じて算出する。

1) 人件費単価

人件費単価は、1号線 O&M コスト推計結果（2012年8月）を参考に、表 9.12 に示すとおり設定した。

表 9.12 職種別直轄人件費単価

職種	単価設定方法 (注)	月単価	年間人件費	
		(USD/月)	(USD/年)	(千円/年)
乗務員	Train Operator の単価を適用	1,200	14,400	1,436
駅務員	Station Chief, Station Operator の単価の加重平均 (20 : 80)	1,000	12,000	1,196
その他運輸要員 (指令等)	OCC Operator の単価を適用	1,600	19,200	1,914
線路保守要員	Maintenance of Integrated System, Station Maintenance の単価の平均	1,400	16,800	1,675
電路保守要員		1,400	16,800	1,675
車両保守要員		1,400	16,800	1,675
本社要員	Managers, Analysts の単価の加重平均 (20 : 80)	1,400	16,800	1,675

(注) 1. 1号線 O&M コスト推計シナリオの Low と High の中間値を 100USD 単位に四捨五入
2. 単価には福利厚生費等の社会費用を含む。

出典: 1号線 O&M コスト推計結果（2012年8月）を参考に調査団作成

2) 直轄人件費の算出

直轄人件費算出結果をまとめ、表 9.13 に示す。開業年度（2020年）における直轄人件費（基準年度 2010年価格）は約 520 万ドル（約 5.2 億円）、計算最終年度の 2050 年では約 620 万ドル（約 6.1 億円）となり、30 年間で 17% 増加する。

表 9.13 直轄人件費推計結果

区分	職種	単価(USD/月)	年間人件費	2020	2025	2030	2035	2040	2050
直轄人件費 (USD)	乗務員	1,200	14,400	1,296	1,296	1,368	1,368	1,368	1,469
	駅務員	1,000	12,000	1,392	1,764	1,764	1,764	1,764	1,764
	その他運輸要員	1,600	19,200	269	269	269	288	288	288
	線路保守要員	1,400	16,800	319	319	319	319	319	319
	電路保守要員	1,400	16,800	218	218	218	218	218	218
	車両保守要員	1,400	16,800	706	790	823	840	840	874
	本社要員	1,400	16,800	1,042	1,159	1,193	1,193	1,193	1,226
	合計			千USD/年	5,242	5,815	5,954	5,990	5,990
1人平均人件費			千USD/年・人	14.72	14.57	14.59	14.61	14.61	14.63
直轄人件費 (日本円)	乗務員		1,435,680	129,211	129,211	136,390	136,390	136,390	146,439
	駅務員		1,196,400	138,782	175,871	175,871	175,871	175,871	175,871
	その他運輸要員		1,914,240	26,799	26,799	26,799	28,714	28,714	28,714
	線路保守要員		1,674,960	31,824	31,824	31,824	31,824	31,824	31,824
	電路保守要員		1,674,960	21,774	21,774	21,774	21,774	21,774	21,774
	車両保守要員		1,674,960	70,348	78,723	82,073	83,748	83,748	87,098
	本社要員		1,674,960	103,848	115,572	118,922	118,922	118,922	122,272
	合計		千円/年	522,588	579,775	593,654	597,243	597,243	613,992
1人平均人件費			千円/年・人	1,468	1,453	1,455	1,457	1,457	1,458

(注) 基準年度2010年価格

出典:調査団

(2) その他の経費（人件費以外）

1) 算出方法

線路保存費、電路保存費等、人件費以外の経費については、要員数算出の際と同様の考え方にに基づき、表 9.14 のとおり原則として日本のモノレールにおける実績を基本に費目（日本の統計区分に合わせた費目）ごとに原単位を設定し、当該計画路線の数量を乗じて算出することとした。なお、電力費に関連する費目（動力費及び駅電力費）については、当該地域における電力費単価に別途推計した消費電力量を乗じて算出した。

表 9.14 人件費以外の経費算出における費目と原単位

区分	費目	原単位	
日本のモノレール における実績より	線路保存費	営業キロ当たり	
	電路保存費	営業キロ当たり	
	車両保存費	動力費	(運転動力費に含め別途推計)
		動力費以外	車両数当たり
	運転費	動力費	(別途推計)
		動力費以外	乗務員数当たり
	運輸費	駅等電力費	(別途推計)
		電力費以外	駅数当たり
	管理経費	要員数当たり	
	その他経費	線路保存費～管理経費の合計に対する割合	

出典:調査団

2) 経費原単位

要員数の場合と同様、日本のモノレールのうち、跨座形で都市交通用に供されている5路線について、2010年度の実績を整理した（表 9.15）。経費の場合も要員数と同様原則として輸送量と輸送力が最も近い東京モノレールの原単位を採用するものとした。ただし、線路保存費、電路保存費については開業後の経年が大きいこと、管理経費については経費全体のバランスを考慮して（東京は異常値と思われる）、それぞれ大阪モノレールの原単位を採用した。また、運転動力費及び駅電力費の単価は現地価格を調査し採用した。

表 9.15 日本の主要モノレールにおける経費原単位実績

項目	費目	単位	式	東京	多摩	大阪	北九州	沖縄	備考
経費額 (費目別) (千円/年)	線路保存費		A	743,512	74,767	334,577	18,420	94,338	
	電路保存費		B	244,834	368,774	148,720	134,471	144,475	
	車両保存費		C	533,568	758,467	375,168	177,104	134,562	
	(動力費)		C1	6,449	142,264	0	495	4,605	
	(動力費以外)		C2	527,119	616,203	375,168	176,609	129,957	
	運転費		D	577,142	125,157	332,817	87,960	127,186	
	(動力費)		D1	547,340	77,318	317,609	87,960	115,144	
	(動力費以外)		D2	29,802	47,839	15,208	0	12,042	
	運輸費		E	766,395	446,488	1,026,858	51,998	95,427	
	(駅電力費)		E1	218,936					
	(駅電力費以外)		E2	547,459					
	管理経費		F	1,633,631	85,296	327,783	153,809	40,400	
	小計		G=A~F	4,499,082	1,858,949	2,545,923	623,762	636,388	
	その他経費		H	267,089	54,898	43,164	1,735	36,298	
合計		J=G+H	4,766,171	1,913,847	2,589,087	625,497	672,686		
経費 関連数量	営業キロ	km	a	17.8	16.0	28.0	8.8	12.9	
	車両数	両	b	120	64	84	40	24	
	車両キロ/年計	千km/年	c	19,929	5,390	9,136	2,667	2,094	
	乗務員数	人	d	84	53	62	22	35	
	要員数	人	e	331	164	175	131	194	
	駅数(実際)	駅	f	10	19	18	13	15	
	駅数(地下駅)	駅	g	4					
	駅数(換算)	駅	h=f+g/2	12					
経費 原単位	線路保存費	千円/営業キロ	j=A/a	41,770	4,673	11,949	2,093	7,313	大阪を採用 *1
	電路保存費	千円/営業キロ	k=B/a	13,755	23,048	5,311	15,281	11,200	大阪を採用 *1
	車両保存費								
	(動力費)		m1=C1/b	54	2,223	0	12	192	別途積算 *2
	(動力費以外)	千円/車両数	m2=C2/b	4,393	9,628	4,466	4,415	5,415	
	運転費								
	(動力費)	円/車両キロ	n1=D1/c	27.5	14.3	34.8	33.0	55.0	別途積算 *2
	(動力費以外)	千円/乗務員数	n2=D2/d	355	903	245	0	344	
	運輸費								
	(駅電力費)	千円/駅(換算)	p1=E1/h	18,245					別途積算 *2
	(駅電力費以外)	千円/駅(換算)	p2=E2/h	45,622					
管理経費	千円/要員数	q=F/e	4,935	520	1,873	1,174	208	大阪を採用 *1	
その他経費	対小計比率	r=H/G	5.94%	2.95%	1.70%	0.28%	5.70%		

(注) 3号線の経費算出のための原単位は、要員数同様運転本数や利用者数が最も多く、駅間距離や表定速度の条件も類似している東京モノレールの事例を採用した。

*1 ただし、東京モノレールは施設の経年が大きいため、線路保守、電路保守の2職種については大阪モノレールの事例とした。また、管理経費についても経費全体のバランスを考慮し、大阪モノレールの事例を採用した。

*2 電力消費に関連する3費目は別途推計した。

出典：調査団

3) 経費の算出

a) 日本実績ベース（外注人件費補正前）経費

日本実績ベース（外注人件費補正前）における経費算出結果及び関連数量をまとめ、表 9.16 に示す。開業年度（2020年）における経費（基準年度 2010年価格）は約 3,600 万ドル（約 36 億円）、計算最終年度の 2050 年では約 4,200 万ドル（約 42 億円）となり、30年間で 17%増加する。

表 9.16 経費推計結果（外注人件費補正前）

区分	費目	単位	算定式	2020	2025	2030	2035	2040	2050	
経費・原単位 (USD)	経費	線路保存費	千USD/年	A=axj	3,092	3,092	3,092	3,092	3,092	3,092
		電路保存費	"	B=bxj	1,374	1,374	1,374	1,374	1,374	1,374
		車両保存費	"	C=cxk	6,874	7,667	7,931	8,196	8,196	8,460
		運転費(除電力費)	"	D=dxn	320	320	338	338	338	363
		運輸費(除電力費)	"	E=exq	5,034	6,406	6,406	6,406	6,406	6,406
		管理経費	"	F=fxp	6,688	7,496	7,665	7,702	7,702	7,909
		電力費	"	G=g*r	10,729	11,289	11,716	11,757	11,757	12,340
		小計	"	Z=A~G	34,111	37,645	38,523	38,866	38,866	39,945
		その他経費	"	H=Zxh	2,026	2,236	2,288	2,309	2,309	2,373
		合計	千USD/年		36,137	39,881	40,811	41,175	41,175	42,318
	原単位単価	線路保存費	千USD/営業キロ	a	119.85	119.85	119.85	119.85	119.85	119.85
		電路保存費	千USD/営業キロ	b	53.27	53.27	53.27	53.27	53.27	53.27
		車両保存費	千USD/車両数	c	44.06	44.06	44.06	44.06	44.06	44.06
		運転費(除電力費)	千USD/乗務員数	d	3.56	3.56	3.56	3.56	3.56	3.56
		運輸費(除電力費)	千USD/駅数	e	457.59	457.59	457.59	457.59	457.59	457.59
		管理経費	千USD/要員数	f	18.79	18.79	18.79	18.79	18.79	18.79
		電力費	USD/kWh	g	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16
その他経費		対小計比率	h	5.94%	5.94%	5.94%	5.94%	5.94%	5.94%	
経費・原単位 (日本円)	経費	線路保存費	千円/年	A=axj	308,284	308,284	308,284	308,284	308,284	308,284
		電路保存費	"	B=bxj	137,024	137,024	137,024	137,024	137,024	137,024
		車両保存費	"	C=cxk	685,308	764,382	790,740	817,098	817,098	843,456
		運転費(除電力費)	"	D=dxn	31,950	31,950	33,725	33,725	33,725	36,210
		運輸費(除電力費)	"	E=exq	501,842	638,708	638,708	638,708	638,708	638,708
		管理経費	"	F=fxp	666,788	747,327	764,184	767,930	767,930	788,533
		電力費	"	G=g*r	1,069,656	1,125,491	1,168,091	1,172,201	1,172,201	1,230,319
		小計	"	Z=A~G	3,400,852	3,753,166	3,840,756	3,874,970	3,874,970	3,982,534
		その他経費	"	H=Zxh	202,011	222,938	228,141	230,173	230,173	236,563
		合計	千円/年		3,602,863	3,976,104	4,068,897	4,105,143	4,105,143	4,219,096
	原単位単価	線路保存費	千円/営業キロ	a	11,949	11,949	11,949	11,949	11,949	11,949
		電路保存費	千円/営業キロ	b	5,311	5,311	5,311	5,311	5,311	5,311
		車両保存費	千円/車両数	c	4,393	4,393	4,393	4,393	4,393	4,393
		運転費(除電力費)	千円/乗務員数	d	355	355	355	355	355	355
		運輸費(除電力費)	千円/駅数	e	45,622	45,622	45,622	45,622	45,622	45,622
		管理経費	千円/要員数	f	1,873	1,873	1,873	1,873	1,873	1,873
		電力費	円/kWh	g	15.95	15.95	15.95	15.95	15.95	15.95
その他経費		対小計比率	h	5.94%	5.94%	5.94%	5.94%	5.94%	5.94%	
経費関連数量	営業キロ	km	j	25.80	25.80	25.80	25.80	25.80	25.80	
	車両数	両	k	156	174	180	186	186	192	
	車両キロ/年計	千km/年	m	21,210	21,284	22,393	22,500	22,500	24,013	
	乗務員数	人	n	90	90	95	95	95	102	
	要員数	人	p	356	399	408	410	410	421	
	駅数	駅	q	11	14	14	14	14	14	
	消費電力量	運転用電力	千kWh/年	r1	51,074	51,252	53,922	54,180	54,180	57,823
駅等用電力		千kWh/年	r2	15,981	19,303	19,303	19,303	19,303	19,303	
計		千kWh/年	r=r1+r2	67,055	70,555	73,225	73,483	73,483	77,126	

(注) 1.基準年度2010年価格

2.電力費単価は1号線O&Mコスト推計結果(2012年8月)を参考に設定

出典：調査団

b) 外注人件費補正後経費

a で推計した日本実績ベース経費のうち、いくつかの費目には一定の割合で外注人件費が含まれている。パナマと日本では人件費単価に差があるため、この差を考慮して外注人件費を補正した。

補正率及び算出結果をまとめ、表 9.17 に示す。開業年度（2020年）における補正後経費（補正後経費と補正後外注人件費の合計、基準年度2010年価格）は約3,100万ドル（約31億円）、計算最終年度の2050年では約3,700万ドル（約37億円）となり、補正前（2020年約3,600万ドル、2050年約4,200万ドル）と比較すると各年とも約13%減少する。

表 9.17 経費推計結果（外注人件費補正後）

区分	費目	単位	外注人件費補正	2020	2025	2030	2035	2040	2050	
人件費・経費 (USD)	人件費	直轄人件費	千USD/年		5,242	5,815	5,954	5,990	5,990	6,158
		外注人件費	"		1,623	1,805	1,832	1,858	1,858	1,885
		人件費計	千USD/年		6,865	7,621	7,786	7,849	7,849	8,043
	経費	線路保存費	千USD/年	あり	1,546	1,546	1,546	1,546	1,546	1,546
		電路保存費	"	あり	687	687	687	687	687	687
		車両保存費	"	あり	4,124	4,600	4,759	4,917	4,917	5,076
		運転費(除電力費)	"	なし	320	320	338	338	338	363
		運輸費(除電力費)	"	あり	3,523	4,484	4,484	4,484	4,484	4,484
		管理経費	"	なし	6,688	7,496	7,665	7,702	7,702	7,909
		電力費	"	なし	10,729	11,289	11,716	11,757	11,757	12,340
		小計	"		27,618	30,423	31,196	31,433	31,433	32,406
		その他経費	"	なし	2,026	2,236	2,288	2,309	2,309	2,373
		経費計	千USD/年		29,644	32,659	33,484	33,742	33,742	34,779
	人件費・経費合計	千USD/年		36,509	40,279	41,270	41,590	41,590	42,822	
人件費・経費 (日本円)	人件費	直轄人件費	千円/年		522,588	579,775	593,654	597,243	597,243	613,992
		外注人件費	"		161,832	180,005	182,641	185,276	185,276	187,912
		人件費計	千円/年		684,420	759,780	776,294	782,519	782,519	801,905
	経費	線路保存費	千円/年	あり	154,142	154,142	154,142	154,142	154,142	154,142
		電路保存費	"	あり	68,512	68,512	68,512	68,512	68,512	68,512
		車両保存費	"	あり	411,185	458,629	474,444	490,259	490,259	506,074
		運転費(除電力費)	"	なし	31,950	31,950	33,725	33,725	33,725	36,210
		運輸費(除電力費)	"	あり	351,289	447,096	447,096	447,096	447,096	447,096
		管理経費	"	なし	666,788	747,327	764,184	767,930	767,930	788,533
		電力費	"	なし	1,069,656	1,125,491	1,168,091	1,172,201	1,172,201	1,230,319
		小計	"		2,753,522	3,033,147	3,110,193	3,133,864	3,133,864	3,230,885
		その他経費	"	なし	202,011	222,938	228,141	230,173	230,173	236,563
		経費計	千円/年		2,955,533	3,256,085	3,338,334	3,364,037	3,364,037	3,467,448
	人件費・経費合計	千円/年		3,639,953	4,015,865	4,114,628	4,146,557	4,146,557	4,269,352	

区分	費目	外注人件費率	パナマ/日本人件費比率	2020	2025	2030	2035	2040	2050	
外注人件費補正	USD (千USD/年)	線路保存費	50%	25%	387	387	387	387	387	387
		電路保存費	50%	25%	172	172	172	172	172	172
		車両保存費	40%	25%	687	767	793	820	820	846
		運輸費(除電力費)	30%	25%	378	480	480	480	480	480
		合計			1,623	1,805	1,832	1,858	1,858	1,885
	日本円 (千円/年)	線路保存費	50%	25%	38,536	38,536	38,536	38,536	38,536	38,536
		電路保存費	50%	25%	17,128	17,128	17,128	17,128	17,128	17,128
		車両保存費	40%	25%	68,531	76,438	79,074	81,710	81,710	84,346
		運輸費(除電力費)	30%	25%	37,638	47,903	47,903	47,903	47,903	47,903
		合計			161,832	180,005	182,641	185,276	185,276	187,912

(注) 1.基準年度2010年価格

2.線路保存費、電路保存費、車両保存費、運輸費の4費目に外注人件費が含まれると考え、外注人件費を比率により推定し、パナマと日本の人件費の比率を考慮して経費を補正した。

出典：調査団

(3) 維持管理経費のまとめ

ここまでの検討結果をまとめ、維持管理経費及び要員数を表 9.18 及び図 9.13 に示す。開業年度（2020年）における維持管理経費（人件費と経費の合計、基準年度2010年価格）は約3,700万ドル（約36億円）、計算最終年度の2050年では約4,300万ドル（約43億円）となり、30年間で17%増加する。

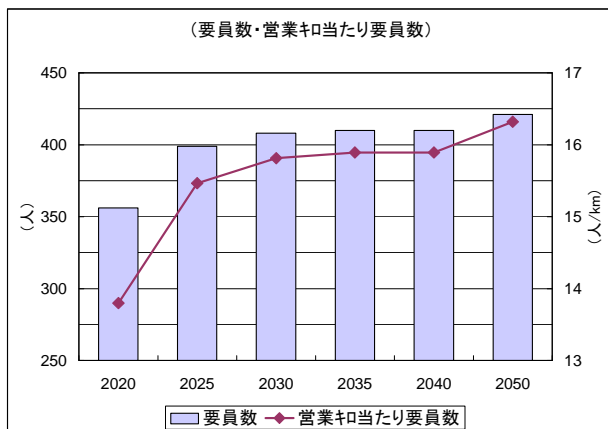
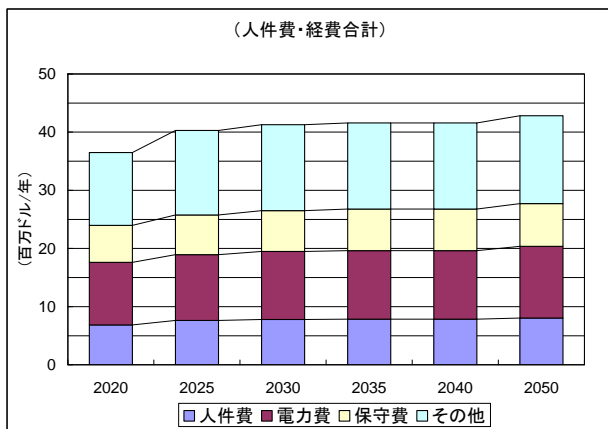
表 9.18 維持管理経費のまとめ

区分	費目	含まれる費目	2020	2025	2030	2035	2040	2050	
人件費・経費 (USD)	基準年価格 (千USD/年)	人件費	直轄人件費、外注人件費	6,865	7,621	7,786	7,849	7,849	8,043
		電力費	運転電力費、駅等用電力費	10,729	11,289	11,716	11,757	11,757	12,340
		保守費	線路保存費、電路保存費、車両保存費	6,357	6,833	6,992	7,151	7,151	7,309
		その他の経費	運転費、運輸費、管理経費、その他経費	12,558	14,537	14,776	14,834	14,834	15,129
		合計		36,509	40,279	41,270	41,590	41,590	42,822
	UP価格 (千USD/年)	人件費	直轄人件費、外注人件費	9,316	12,047	14,339	16,837	19,614	27,276
		電力費	運転電力費、駅等用電力費	14,559	17,845	21,575	25,222	29,381	41,847
		保守費	線路保存費、電路保存費、車両保存費	7,234	8,294	9,053	9,876	10,535	12,253
		その他の経費	運転費、運輸費、管理経費、その他経費	14,289	17,644	19,131	20,487	21,854	25,363
		合計		45,398	55,831	64,098	72,422	81,384	106,739
人件費・経費 (日本円)	基準年価格 (千円/年)	人件費	直轄人件費、外注人件費	684,420	759,780	776,294	782,519	782,519	801,905
		電力費	運転電力費、駅等用電力費	1,069,656	1,125,491	1,168,091	1,172,201	1,172,201	1,230,319
		保守費	線路保存費、電路保存費、車両保存費	633,839	681,283	697,098	712,913	712,913	728,728
		その他の経費	運転費、運輸費、管理経費、その他経費	1,252,038	1,449,311	1,473,145	1,478,924	1,478,924	1,508,401
		合計		3,639,953	4,015,865	4,114,628	4,146,557	4,146,557	4,269,352
	UP価格 (千円/年)	人件費	直轄人件費、外注人件費	928,772	1,201,069	1,429,551	1,678,656	1,955,487	2,719,377
		電力費	運転電力費、駅等用電力費	1,451,546	1,779,189	2,151,047	2,514,598	2,929,287	4,172,192
		保守費	線路保存費、電路保存費、車両保存費	721,229	826,931	902,574	984,629	1,050,315	1,221,639
		その他の経費	運転費、運輸費、管理経費、その他経費	1,424,662	1,759,151	1,907,368	2,042,593	2,178,859	2,528,685
		合計		4,526,210	5,566,341	6,390,540	7,220,477	8,113,949	10,641,892

基準年		2020	2025	2030	2035	2040	2050
インフレーション率	国内(人件費、電力費対象)	3.1%	3.1%	3.1%	3.1%	3.1%	3.1%
	輸入材(保守費、その他の経費対象)	1.3%	1.3%	1.3%	1.3%	1.3%	1.3%
各年度インフレーション率 (対基準年度)	国内(人件費、電力費対象)	1.3570	1.5808	1.8415	2.1452	2.4990	3.3911
	輸入材(保守費、その他の経費対象)	1.1379	1.2138	1.2948	1.3811	1.4733	1.6764

(注)人件費・経費の基準年は、原単位の日本実績値の年次に合わせ2010年とした。

出典:調査団



(注)人件費・経費は基準年度2010年価格

出典:調査団

図 9.13 維持管理経費及び要員数の推移

第10章 橋梁計画に係る比較検討

10.1 第4パナマ運河橋主橋形式のスクリーニング

10.1.1 概要

(1) 目的

現在、パナマ国運河庁は、第4パナマ運河橋整備事業のPre-F/Sを実施中であり、複合斜張橋案をベースに最終化を進めているものの、主橋形式の選定に際して、比較検討が実施されていない。従って、本調査では、Pre-F/Sと同じ計画条件に基づき、主橋形式のスクリーニングを実施した。なお、本スクリーニングでは、主橋形式候補を2案に絞込み、概略設計後に再度比較を行った上で、最適主橋形式を決定することとした。

(2) 前提条件

本スクリーニングは、基本的にPre-F/S（コンセプト・デザイン報告書（2013年1月））と同じ橋梁計画の前提条件に基づいて実施した。本スクリーニングは、2013年12月6日、国際協力機構とパナマ政府の間で署名された修正覚書に基づき、架設時に航路を利用できる場合・利用できない場合の両ケースについて実施した。

表10.1に本スクリーニングにおける橋梁計画の前提条件を示す。

表 10.1 本スクリーニングにおける橋梁計画の前提条件

No.	項目		前提条件	
			航路利用無	航路利用有
1	幅員条件	総幅員	49.3m	
2	航路条件	航路高	75m	
3		航路幅	300m	
4	道路線形		Pre-F/Sの道路線形に従う	
5	路面数		1層	
6	中央径間長		540m	
7	側径間長		110m 又は 160m（10.1.1（3）参照）	
8	架設条件		航路の一時利用なし	航路の一時利用あり

出典：調査団

(3) 代替案の選定

過去の実績を参照し、適用支間長及び最大支間長を基に、以下の代替案を選定した。

- 連続トラス橋（橋長 760m（110m+540m+110m））
- 吊橋（橋長 860m（160m+540m+160m））
- ソリッドリブアーチ橋（橋長 760m（110m+540m+110m））
- 原案（Pre-F/S）：複合斜張橋（橋長 860m※（160m+540m+160m））

※Pre-F/S（コンセプト・デザイン報告書（2013年1月））では、橋長 1,040m（250m+540m+250m）となっているが、これは鋼斜張橋の支間割であり、複合斜張橋の最適な支間割ではない。複合斜張橋の側径間：中央径間の最適比率は 0.3：1.0 であることから、本スクリーニングでは側径間長を 160m とした。

(4) スクリーニング方法

本スクリーニングでは、以下の条件の下、比較検討を実施した。

- 代替案毎に橋長（側径間長）が異なるが、コストの比較においては、橋長が最も長い代替案に合わせ、860m 当たりのコストを算出の上、比較を実施した。
- コストは絶対評価、その他項目は評価クライテリアに基づく相対評価とした。

(5) 評価項目及び重みづけ

本スクリーニングでは、メトロ庁、運河庁及び JICA との協議により、評価項目及び重みづけを決定し、100 点満点の点数により、優劣をつけた。なお、各代替案の環境に対する影響には差異がないため、評価項目には含めなかった。

表 10.2 に本スクリーニングにおける評価項目と重みづけを示す。

表 10.2 本スクリーニングにおける評価項目と重みづけ

No.	評価項目	重みづけ	評価方法	評価内容
1	構造的性	25 点	相対評価	航路・空域に対する安全性、暴風時及び地震時における安定性
2	施工性	13 点		施工時におけるリスク、工期、現地での材料調達の高易、ヤードの大きさ
3	維持管理性	15 点		維持管理作業量、作業のしやすさ、維持管理作業の競争性
4	景観性	14 点		アメリカ橋および周辺環境への調和、ランドマーク性、オリジナリティの發揮しやすさ、景観的な安定性、内部径間
5	コスト	33 点	絶対評価	初期費用及び耐用年数 100 年における維持管理費
	合計	100 点		

出典：調査団

(6) 評価結果

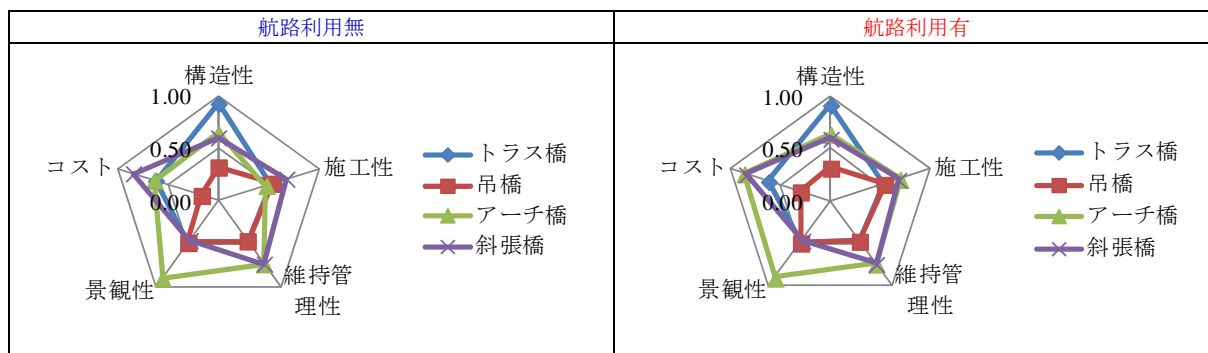
航路利用無しの場合、総合点は僅差で斜張橋（69.08 点）がアーチ橋（66.80 点）を上回る評価となった。斜張橋は、アーチ橋と比べて、構造的性（上部工剛性）及び景観性に劣るが、施工性及びコスト面で優位である。従って、航路利用無しの場合、斜張橋が最適橋梁形式と判断する。

航路利用有りの場合、アーチ橋の施工性及びコスト面が改善され、斜張橋を上回る評価となった。アーチ橋は、斜張橋と比べて、ライフサイクルコストは同等であるが、主塔を有さないため空域侵害の度合いが低く、上部工剛性が高いことから変位量が小さくなる等、構造的性に優れ、また、既存アメリカ橋と調和することから、景観性も良い。従って、航路利用有りの場合は、アーチ橋が最適橋梁形式となる。

表 10.3 評価結果

No.	評価項目	重みづけ	航路利用無				航路利用有			
			トラス橋	吊橋	アーチ橋	斜張橋	トラス橋	吊橋	アーチ橋	斜張橋
			連続トラス		ソリッドリブ	複合	連続トラス		ソリッドリブ	複合
1	構造的性	25 点	23.00	8.00	16.00	15.00	23.00	8.00	16.00	15.00
2	施工性	13 点	6.80	7.00	6.20	8.80	6.80	7.00	9.00	8.80
3	維持管理性	15 点	7.00	7.00	11.00	11.00	7.00	7.00	11.00	11.00
4	景観性	14 点	6.80	6.80	12.60	6.40	6.80	6.80	12.60	6.40
5	コスト	33 点	20.50	5.50	21.00	27.88	20.50	10.00	28.50	27.88
	合計	100 点	64.10	34.30	66.80	69.08	64.10	38.80	77.10	69.08
	順位		3 位	4 位	2 位	1 位	3 位	4 位	1 位	2 位

出典：調査団



出典：調査団

図 10.1 レーダーチャート（評価結果）

(7) まとめ

本スクリーニングの結果、主橋形式の候補は、アーチ橋と斜張橋に絞られた。両形式の概略設計結果を基に比較検討を行い、最適主橋形式を選定するが、斜張橋については Pre-F/S で概略設計が進められているため、本調査では、アーチ橋の概略設計を実施した。

10.1.2 代替案の選定

(1) 前提条件

本スクリーニングは、基本的に Pre-F/S と同じ橋梁計画の前提条件に基づいて実施した。

表 10.4 に本スクリーニングにおける橋梁計画の前提条件を示す。

表 10.4 本スクリーニングにおける橋梁計画の前提条件

No.	項目		前提条件	
			航路利用無	航路利用有
1	幅員条件	総幅員	49.3m	
2	航路条件	航路高	75m	
3		航路幅	300m	
4	道路線形		Pre-F/S の道路線形に従う	
5	路面数		1層	
6	中央径間長		540m	
7	側径間長		110m 又は 160m (10.1.1 (3) 参照)	
8	架設条件		航路の一時利用なし	航路の一時利用あり

出典：調査団

(2) 代替案の設定

1) 適用支間長

過去の実績を基に、中央径間長 540m が成立する橋梁形式を抽出した。

表 10.5 に示す通り、対象支間 540m が最適支間となる橋梁形式は吊橋に限定されるが、最大支間の実績が 500m を超える橋梁形式については、代替案の候補として抽出した。また、混合構造（中央径間：鋼主桁、側径間：PC 桁）についても、500m を超える実績があるため、代替案の候補として抽出した。

表 10.5 に代替案候補毎の適用支間長及び最大支間長を示す。

表 10.5 代替案候補毎の適用支間長及び最大支間長

材料	橋梁形式		50m 100m 150m 200m 300m 400m 500m 600m 1,000m 2,000m																	実績最大支間長	代替案
			540m																		
鋼	トラス	ゲルバートラス	[適用支間長]																	Quebec橋 (カナダ、549m)	
		連続トラス	[適用支間長]																	東京ゲートブリッジ (日本、440m)	○
	アーチ	ブレースアーチリブ	[適用支間長]																	Chongqing Chaotianmen橋 (中国、552m)	
		ソリッドアーチリブ	[適用支間長]																	Shanghai Lupu橋 (中国、550m)	○
	斜張橋	[適用支間長]																	Sutong橋 (中国、1,088m)		
	吊橋	[適用支間長]																	明石海峡大橋 (日本、1,991m)	○	
PC	斜張橋	[適用支間長]																	Skarnsund橋 (ノルウェー、530m)		
複合	斜張橋	[適用支間長]																	多々羅大橋 (日本、890m)	○	

★: 実績最大支間長 [適用支間長] : 適用支間長 [最適支間長] : 最適支間長

出典：デザインデータブック'11（2011，社団法人日本橋梁建設協会）

PC 道路橋計画マニュアル【改訂版】（2009，社団法人プレストレスト・コンクリート建設業協会）

2) 代替案の選定

上記 1)では、代替案の候補と成り得る橋梁形式として、8つの形式を抽出した。

使用材料、部材構成及び主要構造は異なるが、同じ橋梁形式の重複がみられるため、以下の方針に基づき、橋梁形式毎に1代替案となる様、絞り込みを実施した。

- 時代の進展が見てとれる
- 構造上の弱点が少ない
- コストメリットが高い

表 10.6 に、選定した代替案及び選定理由を示す。

表 10.6 選定した代替案及び選定理由

No.	橋梁形式	選定した代替案	選定理由
1	トラス橋	連続トラス	トラス橋は、ゲルバー桁形式と連続トラス形式がある。ゲルバー桁形式の実績最大支間長は 550m であり、第 4 パナマ運河橋と同程度となるが、ゲルバー桁形式は、中央支間にゲルバーヒンジを必要とし、構造上の弱点になる。一方、連続トラス形式の実績最大支間長は 440m と短い、高張力鋼を使用することにより支間長 540m の設計が可能となり、かつ、ゲルバー桁形式と異なり連続形式のため構造上の弱点がない。従って、代替案として連続トラス形式を選定する。
2	吊橋		吊橋は、適用支間内のため、代替案として選定する。
3	アーチ橋	ソリッドリブ アーチ	アーチ橋は、アメリカ橋のようにアーチリブをトラス組とするブレースドリブ形式と充腹箱桁をアーチリブに用いるソリッドリブ形式がある。いずれの形式も実績最大支間長は 550m であり、第 4 パナマ運河橋と同規模となる。ブレースドリブ形式は、アメリカ橋の様に古い時代の橋梁形式という印象が強い。一方、ソリッドリブ形式は、ブレースドリブ形式よりもスレンダーな形状となり、「技術の進展」が印象づけられる。従って、代替案としてソリッドリブ形式を選定する。
4	斜張橋	複合	斜張橋は、全ての主桁を鋼桁とする鋼斜張橋、全ての主桁を PC 箱桁とする PC 斜張橋、中央径間を鋼主桁及び側径間を PC 桁とする複合斜張橋があり、いずれも実績最大支間長が 500m を超える。斜張橋が建設され始めた当初は、鋼斜張橋及び PC 斜張橋が主流であったが、近年は、コストメリットが高いことから複合斜張橋が採用される場合が多い。Pre-F/S においても複合斜張橋が選定されていることから、同形式を代替案として選定する。

出典：調査団

10.1.3 スクリーニング方法

(1) 橋梁諸元

表 10.7 に本スクリーニングに適用した橋梁形式の諸元を示す。

表 10.7 本スクリーニングに適用した橋梁形式の諸元

No.	項目		代替案 1	代替案 2	代替案 3	原案
	事例		東京ゲートブリッジ (東京都)  出典：東京都港湾局	明石海峡大橋 (兵庫県)  出典：本州四国連絡高速道路	新木津川大橋 (大阪府)  出典：大阪市	第4パナマ運河橋 (Pre-F/S)  出典：パナマ運河庁
1	橋梁形式		トラス橋 (連続トラス)	吊橋	アーチ橋 (ソリッドリブ)	斜張橋 (複合)
2	総幅員		49.3m			
3	車線数		道路：6車線 (3車線/方向)、モノレール：2車線 (1車線/方向)			
4	橋長		760m	860m	760m	860m
5	支間割		110m+540m+110m	160m+540m+160m	110m+540m+110m	160m+540m+160m
6	床版		コンクリート床版			
7	上部工形式		連続トラス	吊橋 (ケーブル、桁、主塔)	ソリッドリブアーチ (アーチリブ、桁、ケーブル)	斜張橋 (斜材、桁、主塔)
8	下部工形式		橋脚	アンカレッジ	アーチ橋台、橋脚	橋脚
9	基礎工形式		オープンケーソン基礎			
10	主要材料	上部工	トラス：SBHS 床版：コンクリート	主ケーブル：PWS 桁：鋼 床版：コンクリート 主塔：コンクリート	アーチリブ：SBHS 桁：鋼 ケーブル：スチールワイヤ	桁：鋼、PC 斜材：PWS 主塔：コンクリート
11		下部工	コンクリート	コンクリート	アーチ橋台：コンクリート 橋脚：コンクリート	コンクリート
12		基礎工	コンクリート			
13	架設方法	航路利用無	カンチレバー架設 (トラベラークレーン)	主ケーブル：PWS 架設 桁：台船吊上スイング工法	ケーブルクレーン架設 (斜吊併用)	斜材：クレーン架設 桁：台船吊上引出架設 PC 桁：張り出し架設
		航路利用有	カンチレバー架設 (トラベラークレーン)	主ケーブル：PWS 架設 桁：台船吊上工法	側径間：クレーンベント架設 中央径間：台船吊上架設	斜材：クレーン架設 桁：台船吊上架設 PC 桁：張り出し架設

出典：調査団

(2) 比較検討の条件

本スクリーニングでは、以下の条件の下、比較検討を実施した。

- 代替案毎に橋長（側径間長）が異なるが、コストの比較においては、橋長が最も長い代替案に合わせ、860m 当たりのコストを算出の上、比較を実施した。
- コストは絶対評価、その他項目は評価クライテリアに基づく相対評価とした。

(3) 評価項目及び重みづけ

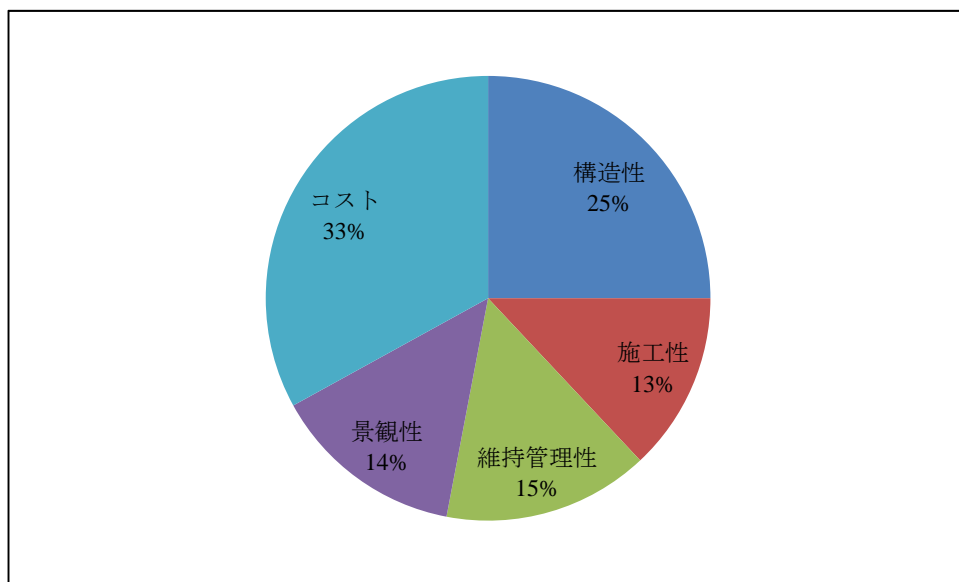
本スクリーニングでは、メトロ庁、運河庁及び JICA との協議により、評価項目及び重みづけを決定し、100 点満点の点数により、優劣をつけた。なお、各代替案の環境に対する影響には差異がないため、評価項目には含めなかった。

表 10.8 にスクリーニングの評価項目と重みづけ、図 10.2 に重みづけの円グラフを示す。

表 10.8 スクリーニングの評価項目と重みづけ

No.	評価項目	重みづけ	評価方法	評価内容
1	構造的性	25 点	相対評価	航路・空域に対する安全性、暴風時及び地震時における安定性
2	施工性	13 点		施工時におけるリスク、工期、現地での材料調達の難易、ヤードの大きさ
3	維持管理性	15 点		維持管理作業量、作業の容易性、維持管理作業の競争性
4	景観性	14 点		アメリカ橋および周辺環境への調和、ランドマーク性、オリジナリティの発揮の容易性、景観的な安定性、内部径間
5	コスト	33 点	絶対評価	初期費用及び耐用年数 100 年における維持管理費
	合計	100 点		

出典：調査団



出典：調査団

図 10.2 重みづけの円グラフ

(4) 評価クライテリア

表 10.9 にスクリーニングの評価クライテリアを示す。

表 10.9 本スクリーニングの評価クライテリア

評価項目			重みづけ	評価内容	評価クライテリア														
					★★★★★: x1.0	★★★★: x0.8	★★★: x0.6	★★: x0.4	★: x0.2										
評価項目	構造的	航路及び空域への安全性		10点	25点	船舶および航空機の衝突を受けた際、落橋につながる要素が少ない不静定次数の高い形式および空域への干渉が少ない形式を優位とする。	不静定次数が高い 空域の干渉がない	★5と★1の間であるが、★5寄り	★5と★1の間	★5と★1の間であるが、★1寄り	不静定次数が低い 空域への干渉が大きい								
		橋梁本体の構造	耐風性	5点		暴風時において横方向への変形が少ない形式および振動の起きにくい形式を優位とする。	変形および振動が起きにくい				横方向に大きく変形する。 振動が起きやすい								
			耐震性	5点		慣性力の作用位置が低い形式および地震時に共振ににくい長周期の形式を優位とする。	慣性力の作用位置が低い 固有周期が長い				慣性力の作用位置が高い 固有周期が短い								
			上部工剛性	5点		上部工の剛性が高い形式を優位とする。	剛性が高い				剛性が低い								
	施工性	建設工事難易度(労務者及び仮設構造物等の安全性)		4点	13点	仮設構造物が高所にない。および施工中の構造安定性に優れる。および部材を落下した時の航路に与える影響が小さい形式を優位とする。	仮設構造物が高所にない 施工中も構造物が安定している 部材が小さく航路への影響が小さい				★5と★1の間であるが、★5寄り	★5と★1の間	★5と★1の間であるが、★1寄り	仮設構造物が高所にある 施工中も構造物が不安定となる 部材が大きく航路への影響が大きい					
		施工期間		4点		施工期間が短い形式を優位とする。	施工期間が短い							施工期間が長い					
		現地での材料入手の難易		3点		工費全体に占める割合の内、現地調達可能材料が多い形式を優位とする。	100%現地調達可能							100%輸入					
		必要な施工ヤードの広さ		2点		施工ヤードが小さい形式およびコンクリート用プラント設備を用意する必要のない形式を優位とする。	施工ヤードが小さい プラント設備が必要ない							施工ヤードが大きい プラント設備を必要とする。					
	維持管理性	作業量(点検対象部材数、塗替面積、頻度)		5点	15点	点検対象部材数 少ない および塗り替え面積 少ない および点検頻度 少ない 形式を優位とする	点検対象部材数 少ない 塗り替え面積 少ない 点検頻度 少ない							★5と★1の間であるが、★5寄り	★5と★1の間	★5と★1の間であるが、★1寄り	点検対象部材数 多い 塗り替え面積 多い 点検頻度 多い		
		作業の容易さ(維持管理作業スペースおよびアクセス性)		5点		維持管理作業スペースが充分ある。および維持管理経路の総延長が短い形式を優位とする。	維持管理作業スペースが十分にある。 維持管理経路の総延長が短い										維持管理作業スペースが全箇所狭隘。 維持管理経路の総延長が長い		
		維持管理業者調達の容易性、競争性		5点		ローカルコントラクターで維持管理が可能な割合が高い形式を優位とする。	100%ローカルコントラクターで維持管理が可能										ローカルコントラクターでは維持管理が不可能		
	景観性	既存アメリカ橋及び周辺景観・環境との調和		5点	14点	既存アメリカ橋の形態と調和する形態、周辺景観の特性(自然景観の構成要素)に調和している形式を優位とする	対アメリカ橋:形態が類似 対周辺景観:調和 良い										★5と★1の間であるが、★5寄り	★5と★1の間	★5と★1の間であるが、★1寄り
建築的特徴		ランドマーク性(場所性・象徴性・記号性)	2点	パナマ運河の他地域に架けられる橋梁形式(第二、第三橋)と異なる形式であり、かつこの場所固有の象徴となる景観を生み出す形式はランドマーク性が高いとして優位とする。		象徴性が高く、地域固有の優れた景観を構成する	象徴性はあるが、地域固有の景観としてはやや劣る	象徴性はあるが、地域固有の景観としては劣る	第二、第三橋梁に類似し、固有の景観となりにくい	第二、第三橋梁と同形式であり、地域固有の景観とならない									
		新奇性	3点	新技術・新材料等の利用により、世界的に見ても注目に値するオリジナリティを、構造合理性に基づくデザイン(姿・形)により表現できる形式を優位とする。		世界でも先端的な構造と形態を生み出すことが可能	構造部材の新奇性はあるが、形態での新しさを出す余地はやや少ない	構造部材の新奇性を出すことは可能であるが、トラスという全体形での新しさを出す余地が少ない	構造部材の新奇性は少なく、形態での新しさを出す余地も少ない	新技術を適用する余地が少なく、新奇性がない									
		構造的安定感	2点	水平力に対する視覚的な安定感(踏ん張り感のある構造形態および視覚的重心の低さ)がある形式を優位とする		裾広がりで安心感が強く、視覚的重心が低い	視覚的な重心は中程度	視覚的に重心がやや高い	視覚的な重心が高い	視覚的に重心が高く、側面景における重量感があり、安定感に欠ける									
路面から外を見た時の景観		2点	橋の利用者(モノレール、通行車、通行者)から外を見た時に視覚的に阻害する部材の少ない形式を優位とする。	阻害する部材がなく極めて開放的である		モノレールの外に細いケーブルがあるが、道路外側には部材がない	モノレールの外にやや太いケーブルがあるが、道路外側には部材がない	モノレール、道路共に外側にケーブルがあり、やや閉塞感がある	モノレール、道路共に太い鋼材があり、閉塞感が強い										
コスト		初期建設費		25点		33点	=重みづけ-2×重みづけ×(Ratio-1.0)												
	維持管理費(100年)(割引率4%)		8点																
合計			100点	100点															

出典：調査団

10.1.4 評価結果

(1) 構造的

1) 航路及び空域への安全性

航空機衝突による落橋リスク、空域制限への干渉度の大きさに着目して評価を実施した。

トラス橋は、不静定次数が高いため、航空機衝突による落橋の確率が比較案の中で最も低い。また、主塔を有さないため最大標高は 100m 程度と比較案の中で最も低い。吊橋は、主ケーブルの破断により橋梁全体が崩壊することから評価は最も低い。また、主塔を有し最大標高が 135m 程度となる。アーチ橋は、不静定次数が斜張橋の次に高い。また、主塔を有さないが最大標高が 120m 程度とトラス橋よりも高い。斜張橋は、不静定次数がトラスの次に高いが、主塔高さが 170m 程度と最も高くなる。

すべての案の中央支間長が 540m であるため、船舶衝突の可能性がないことから評価は行わない。

表 10.10 に評価結果（航路及び空域への安全性）を示す。

表 10.10 評価結果（航路及び空域への安全性）

項目	重みづけ	トラス橋	吊橋	アーチ橋	斜張橋
航空機衝突による落橋のリスク	7	5	1	3	4
空域制限への干渉度	3	4	2	3	1
評価結果（加重平均）		4.7	1.3	3.0	3.1
		★★★★★	★	★★★	★★★

出典：調査団

2) 橋梁本体の構造

i. 耐風性

暴風時の横方向の変形、振動の大きさに着目して評価を実施した。

トラス橋は、剛性が高いため横方向の変形及び振動が比較案の中で最も低い。吊橋は、横方向の変形が比較案の中で最も大きくなり、また、風による発散振動（Flutter）を起こし、落橋に至る可能性がある。アーチ橋は、横方向の変形はトラス橋より落ち、また、吊材が風により振動を起こす可能性がある。斜張橋は、横方向の変形はアーチ橋と同程度であり、また、風により斜材が振動を起こす可能性がある。

表 10.11 に評価結果（耐風性）を示す。

表 10.11 評価結果（耐風性）

項目	重みづけ	トラス橋	吊橋	アーチ橋	斜張橋
暴風時の横方向変形の大きさ	2	5	1	4	3
暴風時の振動の大きさ	3	5	1	3	3
評価結果（加重平均）		5.0	1.0	3.4	3.0
		★★★★★	★	★★★	★★★

出典：調査団

ii. 耐震性

地震時の慣性力の作用位置と大きさの積となる慣性力モーメントの大きさ、共振の発生しやすさと関連する固有周期に着目して評価を実施した。

トラス橋は、上部工死荷重は大きい慣性力の作用位置が低いため、慣性力モーメントは小さい。しかし、固有周期が短いため、地震動と共振する可能性が比較案の中で最も高い。吊橋は、上部工死荷重は小さい慣性力の作用位置が高いため、慣性力モーメントは大きくなる。しかし、固有周期が非常に長いため、地震動と共振する可能性は比較案の中で最も低い。アーチ橋は、慣性力及び作用位置が中程度、また、固有周期も長いいため共振する可能性は中程度となる。

表 10.12 に評価結果（耐震性）を示す。

表 10.12 評価結果（耐震性）

項目	重みづけ		トラス橋	吊橋	アーチ橋	斜張橋
慣性モーメントの作用位置の低さ	2	5	5	2	3	1
固有周期の長さ	3		1	5	3	4
評価結果（加重平均）			2.6	3.8	3.0	2.8
			★★★	★★★★	★★★	★★★

出典：調査団

iii. 上部工剛性

変位量は使用条件において制限されるが、サービスレベルを考慮した場合、より小さい方が好ましいため（特にモノレール）、上部工剛性に着目して評価を実施した。

過去の実績から、トラス橋が最も剛性が高く、次いでアーチ橋、斜張橋の順となり、吊橋が最も剛性が低くなる。

表 10.13 に評価結果（上部工剛性）を示す。

表 10.13 評価結果（上部工剛性）

項目	重みづけ		トラス橋	吊橋	アーチ橋	斜張橋
上部工剛性	5	5	5	1	4	3
評価結果			★★★★★	★	★★★★	★★★

出典：調査団

(2) 施工性

1) 建設工事難易度（労務者及び仮設構造物等の安全性）

i. 架設時に航路を利用できない場合

仮設構造物の高さ、仮設構造物の規模、施工中の安定性、部材落下時の航路への影響について評価を実施した。

トラス橋は、主塔を有さないため仮設構造物の高さは低く、規模も小さい。張出し架設となることから施工時の安定性に劣る。一方、単材架設のため部材落下時の航路に与える影響は最も低い。吊橋は、主塔を有するため仮設構造物の高さは高く、規模も大きい。しかし、施工時の安定性に最も優れる。補剛桁が落下した場合の航路への影響も高い。

アーチ橋は、斜吊り用の仮鉄塔を必要とすることから仮設構造物の高さは高く、また規模も大きい。また、張り出し架設となるため施工時の安定性に劣り、補剛桁が落下した場合の航路への影響も高い。斜張橋は、主塔高さが最も高いが、規模は小さい。張り出し架設となるため施工時の安定性に劣る。また、補剛桁が落下した場合の航路への影響も高い。なお、吊橋・アーチ・斜張橋の補剛桁の部材長は10mを想定している。

表 10.14 に評価結果（建設工事難易度）（航路利用無）を示す。

表 10.14 評価結果（建設工事難易度）（航路利用無）

項目	重みづけ	トラス橋	吊橋	アーチ橋	斜張橋
高所における仮設構造物の有無	1	4	5	2	2
仮設構造物の規模	1		4	3	3
施工中の構造安定性	1		1	5	1
部材落下時の航路への影響	1		4	2	2
評価結果（加重平均）		3.5	3.0	2.0	2.3
		★★★★	★★★	★★	★★

出典：調査団

ii. 架設時に航路を利用できる場合

仮設構造物の高さ、仮設構造物の規模、施工中の安定性、部材落下時の航路への影響について評価を実施した。

トラス橋は、主塔を有さないため仮設構造物の高さは低く、規模も小さい。張り出し架設となることから施工時の安定性に劣る。一方、単材架設のため部材落下時の航路に与える影響は最も低い。吊橋は、主塔を有するため仮設構造物の高さは高く、規模も大きい。しかし、施工時の安定性に最も優れる。補剛桁が落下した場合の航路への影響も高い。アーチ橋は、仮設構造物の高さはトラス橋に次ぎ、また規模もトラス橋に次ぐ。また、一括架設となるため、構造の安定性に優れる。一方、一括架設の規模はアーチリブが300mとなり、落下した場合の航路への影響は非常に高い。斜張橋は、主塔高さが最も高いが、規模は小さい。張り出し架設となるため施工時の安定性に劣る。また、補剛桁が落下した場合の航路への影響も高い。なお、吊橋・斜張橋の補剛桁は部材長10mを想定している。

表 10.15 に評価結果（建設工事難易度）（航路利用有）を示す。

表 10.15 評価結果（建設工事難易度）（航路利用有）

項目	重みづけ	トラス橋	吊橋	アーチ橋	斜張橋
高所における仮設構造物の有無	1	4	5	4	1
仮設構造物の規模	1		4	3	4
施工中の構造安定性	1		1	5	4
部材落下時の航路への影響	1		4	2	1
評価結果（加重平均）		3.5	3.0	3.3	2.3
		★★★★	★★★	★★★	★★

出典：調査団

2) 施工期間

i. 架設時に航路を利用できない場合

開通時期による経済的インパクト、コストに影響するため、施工期間に着目して評価を実施した。

実績に基づくと、斜張橋の工期が最も短く約4年、次いで吊橋及びアーチ橋が約6年、トラス橋が最も施工期間が長く約8年となる。

表 10.16 に評価結果（施工期間）（航路利用無）を示す。

表 10.16 評価結果（施工期間）（航路利用無）

項目	重みづけ		トラス橋	吊橋	アーチ橋	斜張橋
施工期間	4	4	1	2	2	5
評価結果			★	★★	★★	★★★★★

出典：調査団

ii. 架設時に航路を利用できる場合

開通時期による経済的インパクト、コストに影響するため、施工期間に着目して評価を実施した。

実績に基づくと、斜張橋とアーチ橋の工期が最も短く約4年、次いで吊橋が約6年、トラス橋が最も施工期間が長く約8年となる。

表 10.17 に評価結果（施工期間）（航路利用有）を示す。

表 10.17 評価結果（施工期間）（航路利用有）

項目	重みづけ		トラス橋	吊橋	アーチ橋	斜張橋
施工期間	4	4	1	2	5	5
評価結果			★	★★	★★★★★	★★★★★

出典：調査団

3) 現地での材料入手の難易

材料調達のし易さ、現地に与える経済的インパクトを考慮するため、材料の現地調達の割合に着目して評価を実施した。

下部・基礎工は、全比較案共にコンクリート構造物となるため、全ての材料について現地調達が可能となる。トラス橋の上部工は、適用支間を大きく超えるため、特殊な材料である高張力鋼を使用する必要がある、輸入の割合が比較案の中で最も高い。吊橋の上部工は、桁は一般鋼材となるが、主ケーブルは輸入となり、輸入の割合が高い。アーチ橋の上部工は、桁は一般鋼材となるが、アーチリブ及び応力が集中する隅角部は高張力鋼を使用する必要がある、輸入の割合が高くなる。斜張橋は、桁は一般鋼材となるが、斜材は輸入となり、輸入の割合は中程度となる。

表 10.18 に評価結果（現地での材料入手の難易）を示す。

表 10.18 評価結果（現地での材料入手の難易）

項目	重みづけ		トラス橋	吊橋	アーチ橋	斜張橋
上部工	2	3	1	2	2	3
下部・基礎工	1		5	5	5	5
評価結果（加重平均）			2.3	3.0	3.0	3.7
			★★	★★★	★★★	★★★★

出典：調査団

4) 必要な施工ヤードの広さ

i. 架設時に航路を利用できない場合

施工ヤードの大きさ、コンクリートプラント設備の必要性に着目して評価を実施した。

コンクリートプラントは下部工施工およびコンクリート床版打設のためにすべての案で必要となり同等とする。

トラス橋は、単材架設となるため施工ヤードは最も小さい。しかし、部材数は多いため保管場所を必要とする。吊橋、アーチ橋及び斜張橋は、桁の地組ヤードが必要となる。部材の保管場所は、吊橋およびアーチ橋は主ケーブル・アーチリブと補剛桁の架設時期が重ならないため、多くを必要としないが、斜張橋は、斜めケーブルと補剛桁の架設時期が重なるため多くを必要とする。

表 10.19 に評価結果（必要な施工ヤードの広さ）（航路利用無）を示す。

表 10.19 評価結果（必要な施工ヤードの広さ）（航路利用無）

項目	重みづけ		トラス橋	吊橋	アーチ橋	斜張橋
必要な施工ヤードの広さ	1.5	2	4	3	3	2
コンクリートプラントの必要性	0.5		3	3	3	3
評価結果（加重平均）			3.8	3.0	3.0	2.3
			★★★★	★★★	★★★	★★

出典：調査団

ii. 架設時に航路を利用できる場合

施工ヤードの大きさ、コンクリートプラント設備の必要性に着目して評価を実施した。

コンクリートプラントは下部工施工およびコンクリート床版打設のためにすべての案で必要となり同等とする。

トラス橋は、単材架設となるため施工ヤードは最も小さい。しかし、部材数は多いため保管場所を必要とする。吊橋と斜張橋は、桁の地組ヤードが必要となる。部材の保管場所は、吊橋は主ケーブルと補剛桁の架設時期が重複せず、多くを必要としないが、斜張橋は、斜ケーブルと補剛桁の架設時期が重なるため多くを必要とする。アーチ橋は一括架設のヤードを必要とし最も広いヤードを必要とする。

表 10.20 に評価結果（必要な施工ヤードの広さ）（航路利用有）を示す。

表 10.20 評価結果（必要な施工ヤードの広さ）（航路利用有）

項目	重みづけ		トラス橋	吊橋	アーチ橋	斜張橋
必要な施工ヤードの広さ	1.5	2	4	3	1	2
コンクリートプラントの必要性	0.5		3	3	3	3
評価結果（加重平均）			3.8	3.0	1.5	2.3
			★★★★	★★★	★★	★★

出典：調査団

(3) 維持管理性

1) 作業量（点検対象部材数、塗替面積、頻度）

この項目は、構造部材の数、塗装塗り替え面積、維持管理作業の頻度について評価を行う。トラス橋は、構造部材の数および塗装面積が比較案中最も多い。点検頻度は特殊なケーブル材料を用いていないため最も少ない。吊橋は、構造部材の数、塗装塗り替え面積は斜張橋に次いで少ないが、主ケーブルの特殊性が高く点検頻度は最も多い。アーチ橋は、構造部材の数は吊橋と同程度であるが、塗装面積は補剛桁とアーチリブがあるため中程度となる。点検頻度は、吊材を有するが特殊性は高くないためさほど多くはならない。斜張橋は、構造部材の数、塗装塗り替え面積が比較案中最も少ない。点検頻度は特殊性のある斜ケーブルのために吊橋に次いで多くなる。

表 10.21 に評価結果（作業量）を示す。

表 10.21 評価結果（作業量）

項目	重みづけ		トラス橋	吊橋	アーチ橋	斜張橋
点検対象部材数	2	5	1	4	4	5
塗替面積	2		1	4	3	5
点検頻度	1		5	1	4	2
評価結果（加重平均）			1.8	3.4	3.6	4.4
			★★	★★★★	★★★★★	★★★★★

出典：調査団

2) 作業の容易さ（維持管理作業スペース及びアクセス性）

維持管理作業における狭隘な箇所的大小、維持管理経路長に着目して評価を実施した。

トラス橋は、橋梁全体に渡り狭隘な部分が多く、また、維持管理を行う経路も最も長い。吊橋は、主塔横支材、塔頂サドル及びアンカレイジに狭隘部があり比較的多い。維持管理経路は、桁、主塔、主ケーブルと比較的長い。アーチ橋は、狭隘部は横支材及び隅角部となり、箇所数は少ない。維持管理経路は、桁及びアーチリブと比較的短い。斜張橋は、狭隘部は主塔横支材となり、箇所数は少ない。維持管理経路は、桁、主塔及び斜材と比較的短い。

表 10.22 に評価結果（作業の容易さ）を示す。

表 10.22 評価結果（作業の容易さ）

項目	重みづけ		トラス橋	吊橋	アーチ橋	斜張橋
維持管理作業スペース	3	5	1	3	4	4
維持管理経路の総延長	2		1	3	4	4
評価結果（加重平均）			1.0	3.0	4.0	4.0
			★	★★★★	★★★★★	★★★★★

出典：調査団

3) 維持管理業者調達容易性及び競争性

現地業者による維持管理が対応可能か否か、作業の特殊性に着目して評価を実施した。

トラス橋は、鋼材のみで構成されることから現地業者のみで対応が可能となる。ただし、特殊鋼材を用いているため、補修が必要な場合は現地業者のみでは対応できない。吊橋は、主ケーブルの特殊性が高く、点検・補修作業共に現地業者のみでは対応できない。アーチ橋及び斜張橋は、ケーブル部材を使用するため、補修が必要な場合は現地業者のみでは対応が困難となる。

表 10.23 に評価結果（維持管理業者調達の容易性、競争性）を示す。

表 10.23 評価結果（維持管理業者調達の容易性、競争性）

項目	重みづけ		トラス橋	吊橋	アーチ橋	斜張橋
現地業者が対応可能な作業の割合	5	5	4	1	3	3
評価結果			★★★★	★	★★★	★★★

出典：調査団

(4) 景観性

1) 既存アメリカ橋及び周辺景観・環境との調和

既存アメリカ橋との調和

第4パナマ運河橋は、既存アメリカ橋（中路式ブレースドリブアーチ橋）とのダブルシルエット（双方が同一視野に確認できる状態）として認知される。調和との観点では、このアメリカ橋が備えている「支間中央部が上方に膨らんだ曲線形状」という形態的要素を踏襲し、図形の認知イメージが見た人の頭の中で相似となる方が評価が高い。従って、各形状についてアメリカ橋との調和の程度は、以下の通りとした。

- 4点：支間中央付近が上方に膨らんだ曲線形状（全体の形態が類似）[アーチ橋]
- 3点：トラス組で構成された形状（形態の一部が類似）[トラス橋]
- 2点：支間中央付近は凹形状だが曲線を有する形状
（形態の部分要素のみ類似）[吊橋、斜張橋]
- 1点：支間中央付近は凹形状で、直線のみで構成された形状（類似要素がない）

周辺景観・環境との調和

第4パナマ運河橋の架橋位置周辺は、主として以下の景観要素で構成されている。

- 広い空
- 広い水面（パナマ運河）
- 岸辺から遠くまで広がる高木樹林（緑）
- 比較的なだらかな山・丘陵
- 港の倉庫群
- 立ち並ぶガントリークレーン
- 航行船舶

主な景観構成要素は視野の大部分を占めている空、水面、緑の山であり、山が柔らかなスカイラインを描く「伸びやかで広い自然景観」と表現できる。また、一部やや目立つ存在としてガントリークレーンがあるが、視野内の面積は大きくなく、ガントリークレーンを含めた港湾景観は、自然景観に比して主たるものには成り得ず、むしろ煩雑感を与えているに過ぎないと判断する。従って、周辺景観との調和という観点では、「伸びやかで広い自然景観」との調和を考えるべきであり、以下の通りの評価とした。

- 4点：水平線を基調とした伸びやかさがあり、なだらかな地形に近い形状を持つ（調和している）[アーチ橋]
- 3点：水平線を基調とした形状であるが、地形とは相似しない（やや調和している）[トラス橋]
- 2点：水平線を阻害する鉛直部材が目立つが、やわらかな印象の曲線部分もある（あまり調和していない）[吊橋]
- 1点：水平線を阻害する鉛直部材が目立ち、直線で構成されている（調和していない）[斜張橋]



出典：調査団

図 10.3 既存アメリカ橋（写真）

評価結果

表 10.24 に評価結果（既存アメリカ橋及び周辺景観・環境との調和）を示す。

表 10.24 評価結果（既存アメリカ橋及び周辺景観・環境との調和）

項目	重みづけ		トラス橋	吊橋	アーチ橋	斜張橋
既存アメリカ橋との調和	3	5	3	2	4	2
周辺景観・環境との調和	2		3	2	4	1
評価結果（加重平均）			3.0	2.0	4.0	1.6
			★★★	★★	★★★★★	★★

出典：調査団

2) 建築的特徴

i. ランドマーク性（場所性・象徴性・記号性）

ランドマーク性とは、場所性、象徴性、記号性等で評価され、人の認知に関するものである。人がその物を見た時に、自分がどこにいるのかを認識し、また周辺がどんなところであるかを理解し、その地域の文化を代表する（他地域や他国との相違等）、優れた外観を有する必要がある。

「場所性」という観点から見れば、一概に「他の橋と同一形式は低評価」とするものではなく、例えば前項で挙げたダブルシルエットの景観などは、同一視野内における景観構成要素であり、むしろこれは「他のどこにもないもの」という点においてランドマーク性を向上させるものと捉えられる。架橋地点はすでにアメリカ橋というランドマークが存在しており、アメリカ橋が存在するうちは、阻害しないことが重要となる。これはすでに「既存アメリカ橋との調和」で評価済である。将来、アメリカ橋が撤去された時にアメリカ橋に変わるランドマーク性が発揮できるかについて評価を行う。

また、「象徴性」「記号性」という観点からは、運河の太平洋側入り口を象徴する“ゲート性”も評価対象である。橋の形状が、船がその下を航行する（くぐる・通り抜ける）という行為に合致しているかどうか、という着目点である。

以下に評価結果の説明、表 10.25 に評価結果（ランドマーク性）を示す。

- 5点：曲線を描くアーチ形状が「アメリカ橋を引き継ぐ」形式と認知できるため、固有の優れた地域景観を確立できる。また、アーチ形状がゲートとしての象徴性に優れる [アーチ橋]
- 4点：アメリカ橋と形式が異なるため、「アメリカ橋を引き継ぐ」形式とは認知されない。しかし、逆アーチ形状が、地域を代表する景観として確立できる。また、ゲートとしての象徴性はやや劣る [吊橋]
- 3点：トラス形状が「アメリカ橋を引き継ぐ」形式と認知できるが、直線的な形状が単調となり、地域を代表する優れた景観となりにくい。また、ゲートとしての象徴性はややある [トラス橋]
- 1点：アメリカ橋と形式が異なるため、「アメリカ橋を引き継ぐ」形式とは認知されない。また、同一運河内の他の場所に同形式があるため、固有の場所としても認知しづらい。三角形のためゲートとしての象徴性は低い [斜張橋]

表 10.25 評価結果（ランドマーク性）

項目	重みづけ		トラス橋	吊橋	アーチ橋	斜張橋
ランドマーク性	2	2	3	4	5	1
評価結果			★★★	★★★★	★★★★★	★

出典：調査団

ii. 新奇性

技術は常に進歩するものであり、新しい技術は新しい形を生む。従って、形式毎に、現状の技術に基づく新たな構造及び構造的合理性に基づいた新たな形態の可能性について評価した。

5点：新材料を用いることで世界でも先端的な構造および形態が可能となる [アーチ橋]

3点：新材料を用いることは可能であるが、形態進化の余地が少ない [トラス橋]

2点：新材料を用いることは可能であるが、適用出来る構造部材が少なく、形態の新奇性が低い [吊橋、斜張橋]

表 10.26 に評価結果（新奇性）を示す。

表 10.26 評価結果（新奇性）

項目	重みづけ		トラス橋	吊橋	アーチ橋	斜張橋
ランドマーク性	3	3	3	2	5	2
評価結果			★★★	★★	★★★★★	★★

出典：調査団

iii. 構造的安定感

構造的安定感は、主に水平力に対する視覚的な安定感の有無に着目して評価した。水平力が作用した場合、構造部材が抵抗することが形態で示されているものを高評価とした。また、側面景において、重量物が上方にあるように見える（即ち、細い橋脚部の高さが高い、あるいは、見えがかり上構造部材が多く上方に認識できる）場合は、視覚的な重心が高く不安定に感じられるものとし、評価を下げた。

5点：いずれの角度から見ても側面形が裾広がり形状となっており、視覚的にも重心が低く、安定感がある [アーチ橋]

4点：視覚的に重心がやや高いが、安定感がある [斜張橋]

3点：視覚的に重心がやや高く、安定感に劣る [吊橋]

1点：視覚的に重心が最も高く、側面景に重量感があり、安定感に欠ける [トラス橋]

表 10.27 に評価結果（構造的安定感）を示す。

表 10.27 評価結果（構造的安定感）

項目	重みづけ		トラス橋	吊橋	アーチ橋	斜張橋
構造的安定感	2	2	1	3	5	4
評価結果			★	★★★	★★★★★	★★★★★

出典：調査団

iv. 路面から外を見た時の景観

路面を走行するモノレールの乗客、および、道路を利用する通行車・通行者から周囲を見た時の構造部材による障害の程度により評価した。

- 4点：モノレールの外には細いケーブルがあるが、道路の外には部材がなく、開放的である [アーチ橋]
- 3点：モノレールの外にはやや太いケーブルがあるが、道路の外には部材がなく、開放的である [斜張橋]
- 2点：モノレール、道路ともに外側にケーブルがあり、やや閉塞感がある [吊橋]
- 1点：モノレール、道路ともに外側に太い鋼材があり、閉塞感が強い [トラス橋]

表 10.28 に評価結果（路面から外を見た時の景観）を示す。

表 10.28 評価結果（路面から外を見た時の景観）

項目	重みづけ		トラス橋	吊橋	アーチ橋	斜張橋
路面から外を見た時の景観	2	2	1	2	4	3
評価結果			★	★★	★★★★	★★★

出典：調査団

(5) コスト

コストは、実績に基づき、上部工及び下部工の初期工事費、耐用年数 100 年の維持管理費で比較を実施した。点数の評価は、最もコストが低い形式との比が 1.5 になった場合、その形式の点数が 0 点となる様、以下の算出式を適用した。

$$\text{点数} = \text{重み付け} - 2 \times (\text{重み付け} \times (\text{最もコストが低い形式との比} - 1.0))$$

コストの算出は以下の要領で行った。

- 初期コストおよび維持管理費は日本国内で実施された海上架橋プロジェクトの予備設計より、該当する橋梁形式の概算工費を参考に、日本単価での工費を算出した。
- 初期コストは、日本での単価に対し、Pre-F/S および第3パナマ運河橋の結果をもとに、現地単価に換算し、算出した。
- 維持管理費は、日本での参考事例で算出された初期コストと維持管理費の比率を参考に設定した。
- 斜張橋の初期コストと維持管理費の比率は、日本の事例と第3パナマ運河橋でほぼ同じであることを確認した。
- 橋長 860m あたりで比較検討するため、トラス橋およびアーチ橋はアプローチ橋（100m）の工費を追加した。工費は、Pre-F/S を参考にした。

JICA の方針に基づき、コストの重み付け及び割引率は以下の条件を適用した。

- 維持管理費は現在価値に換算した（割引率 4%）
- 初期建設費と維持管理費の重み付けは 3:1 の比率とする（初期建設費：25 点、維持管理費 8 点）

表 10.29 に評価結果（コスト）（航路利用無）、表 10.30 に評価結果（コスト）（航路利用有）を示す。

表 10.29 評価結果（コスト）（航路利用無）

項目	重みづけ		トラス橋	吊橋	アーチ橋	斜張橋
初期建設費	25	33	20.50 (360億円) (比率=1.09)	5.50 (460億円) (比率=1.39)	13.00 (410億円) (比率=1.24)	25.00 (340億円) (比率=1.00)
維持管理費（100年） （現在価値）	8		0.00 (46億円) (比率=1.84)	0.00 (43億円) (比率=1.72)	8.00 (25億円) (比率=1.00)	2.88 (33億円) (比率=1.32)
評価結果（点数）			20.50	5.50	21.00	27.88

出典：調査団

表 10.30 評価結果（コスト）（航路利用有）

項目	重みづけ		トラス橋	吊橋	アーチ橋	斜張橋
初期建設費	25	33	20.50 (360億円) (比率=1.09)	10.00 (430億円) (比率=1.30)	20.50 (360億円) (比率=1.09)	25.00 (330億円) (比率=1.00)
維持管理費（100年） （現在価値）	8		0.00 (46億円) (比率=1.84)	0.00 (43億円) (比率=1.72)	8.00 (25億円) (比率=1.00)	2.88 (33億円) (比率=1.32)
評価結果（点数）			20.50	10.00	28.50	27.88

出典：調査団

10.1.5 まとめ

(1) 評価結果

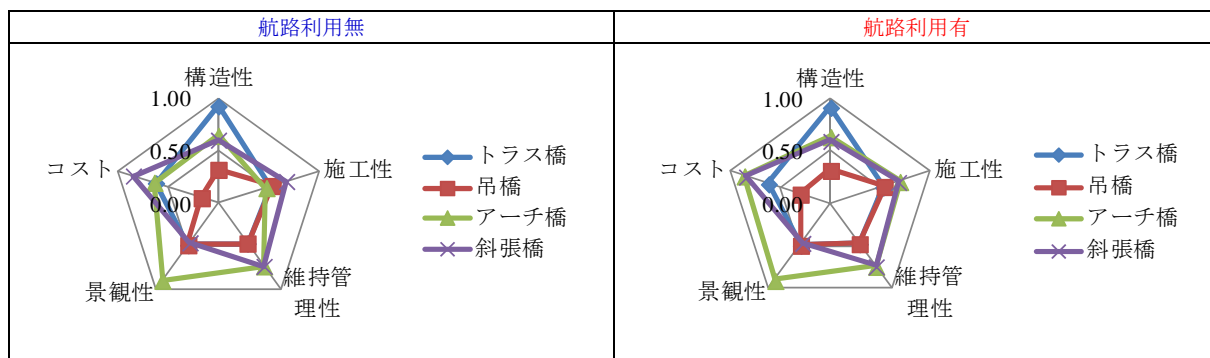
航路利用無しの場合、総合点は僅差で斜張橋（69.08点）がアーチ橋（66.80点）を上回る評価となった。斜張橋は、アーチ橋と比べて、構造的（上部工剛性）及び景観性に劣るが、施工性及びコスト面で優位である。従って、航路利用無しの場合、斜張橋が最適橋梁形式と判断する。

航路利用有りの場合、アーチ橋の施工性及びコスト面が改善され、斜張橋を上回る評価となった。アーチ橋は、斜張橋と比べて、ライフサイクルコストは同等であるが、主塔を有さないため空域侵害の度合いが低く、上部工剛性が高いことから変位量が小さくなる等、構造的に優れ、また、既存アメリカ橋と調和することから、景観性も良い。従って、航路利用有りの場合は、アーチ橋が最適橋梁形式となる。

表 10.31 評価結果

No.	評価項目	重みづけ	航路利用無				航路利用有			
			トラス橋	吊橋	アーチ橋	斜張橋	トラス橋	吊橋	アーチ橋	斜張橋
			連続トラス		ソリッドリブ		複合		連続トラス	
1	構造的	25点	23.00	8.00	16.00	15.00	23.00	8.00	16.00	15.00
2	施工性	13点	6.80	7.00	6.20	8.80	6.80	7.00	9.00	8.80
3	維持管理性	15点	7.00	7.00	11.00	11.00	7.00	7.00	11.00	11.00
4	景観性	14点	6.80	6.80	12.60	6.40	6.80	6.80	12.60	6.40
5	コスト	33点	20.50	5.50	21.00	27.88	20.50	10.00	28.50	27.88
	合計	100点	64.10	34.30	66.80	69.08	64.10	38.80	77.10	69.08
	順位		3位	4位	2位	1位	3位	4位	1位	2位

出典：調査団



出典：調査団

図 10.4 レーダーチャート（評価結果）

(2) まとめ

本スクリーニングの結果、主橋形式の候補は、アーチ橋と斜張橋に絞られた。

両形式の概略設計結果を基に比較検討を行い、最適主橋形式を選定するが、斜張橋については Pre-F/S で概略設計が進められているため、本調査では、アーチ橋の概略設計を実施した。

10.2 第4パナマ運河橋主橋の路面数（層数）

(1) 目的

10.1章の第4パナマ運河橋主橋のスクリーニング結果に基づき、本調査では、アーチ橋の概略設計を実施することとしたが、第4パナマ運河橋主橋は、道路6車線及びメトロ3号線2車線を配置するため、50m超の橋梁幅員が必要になる。

従って、本調査では、最適な第4パナマ運河橋主橋の路面数の検討を実施した。

(2) 調査内容

本調査では、以下の取付区間の縦断勾配（11.4.3（1）1 ii.参照）の条件の下、第4パナマ運河橋主橋の路面数として、1層案及び2層案を設定した。また、2層案については、道路及びメトロ3号線の配置をパラメータとし、3案を設定した。

- 道路：縦断勾配4%
- メトロ3号線：最大縦断勾配6%

路面数の評価にあたっては、以下の評価項目を設定した。

- 道路機能（メトロ3号線、自動車、線形（取付区間）、道路機能）
- 構造的性（補剛桁形状、主講間隔、耐風性）
- コスト（取付区間、主橋概算鋼重）
- 維持管理性

(3) 調査結果

表10.32に路面数検討結果概要表を示す。

評価の結果、最適案として道路機能及びコストに優れる1層案（D案）を選定した。

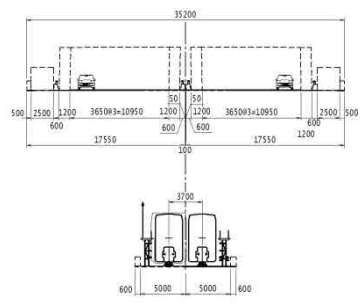
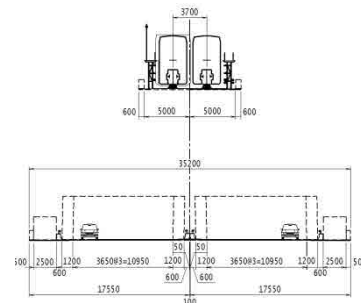
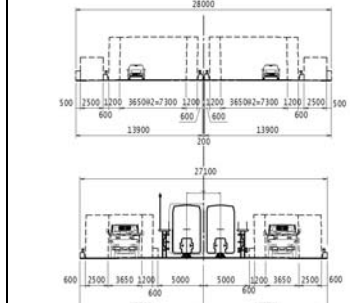
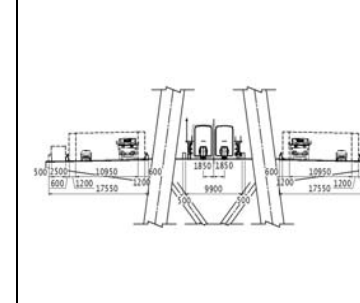
(4) まとめ

本検討の結果、第4パナマ運河橋主橋の路面数として、1層案を選定した。

従って、本調査の中で実施したアーチ橋の概略設計は1層案を対象とした。

なお、本検討はメトロ3号線を中央に配置することを条件としたが、その後、メトロ3号線調査において、バルボア駅及びパナマ・パシフィコ駅の位置を本事業の南側（太平洋側）に変更したため、取付区間の平面線形を鑑み、概略設計では、メトロ3号線を南側（太平洋側）に配置することを条件としたが、本検討結果には影響がないため、メトロ3号線の配置を南側に変更した検討は実施していない。

表 10.32 路面数検討結果概要表

項目	2層案			1層案
	A案	B案	C案	D案
路面構成				
道路機能	メトロ3号線	★★★★★:最大縦断勾配 4%	★★★★★:最大縦断勾配 6%	★★★★★:最大縦断勾配 4%
	自動車	★★:最大縦断勾配 5%以上	★★★★★:最大縦断勾配 4%	★★★★★:最大縦断勾配 4%
	線形 (取付区間)	★★★: 線形は単純だが分離区間が長い	★★★: 線形は単純だが分離区間が長い	★★★: 線形が複雑となり分離区間も長い
道路機能	★★★★★:全区間片側3車線	★★★★★:全区間片側3車線	★:途中片側2車線+1車線に分離	★★★★★:全区間片側3車線
構造的	補剛桁形状	★★★★: 余剰幅がないため合理的(逆台形)	★★★: 上層の余剰幅が大きいため非合理的	★★★★: 余剰幅がないため合理的であるが、 張出長が長くなる(15m以上)
	主構間隔	★★★:約40m	★★★:約40m	★★★★★:約15m
	耐風性	<u>動的耐風安定性</u> ★★★★★:優れる <u>静的耐風安定性</u> ★★★:劣る	<u>動的耐風安定性</u> ★★★★★:優れる <u>静的耐風安定性</u> ★★★:劣る	<u>動的耐風安定性</u> ★★★★★:優れる <u>静的耐風安定性</u> ★★★:劣る
主橋コスト ¹⁾	★★:450億円 (主橋概算鋼重:約47,000トン) (取付区間:800m)	★★:450億円 (主橋概算鋼重:約47,000トン) (取付区間:800m)	★★★:410億円 (主橋概算鋼重:約43,000トン) (取付区間:1,600m)	★★★★★:360億円 (主橋概算鋼重:約38,800トン) (取付区間:800m)
維持管理性	★★★★: 塗替え面積が大きい(トラス構造)	★★★★★: 塗替え面積が大きい(トラス構造)	★★★★★: 塗替え面積が大きい(トラス構造)	★★★★★: 塗替え面積が小さい(箱形状)
評価	----- 道路機能を満足しない (大型車最大縦断勾配5%以上)	2位 道路機能を満足するが、コスト及び取付区間の分離区間長でD案に劣る	3位 道路機能を満足するが、コスト、取付区間の線形及び分離区間長でB案に劣る	1位 道路機能及びコストが最も優れる

1) 10.1 第4 パナマ運河橋主橋形式のスクリーニングのコストを元に主橋概算鋼重の比率で算出

出典：調査団

第11章 道路設計

11.1 道路設計の概要

11.1.1 目的

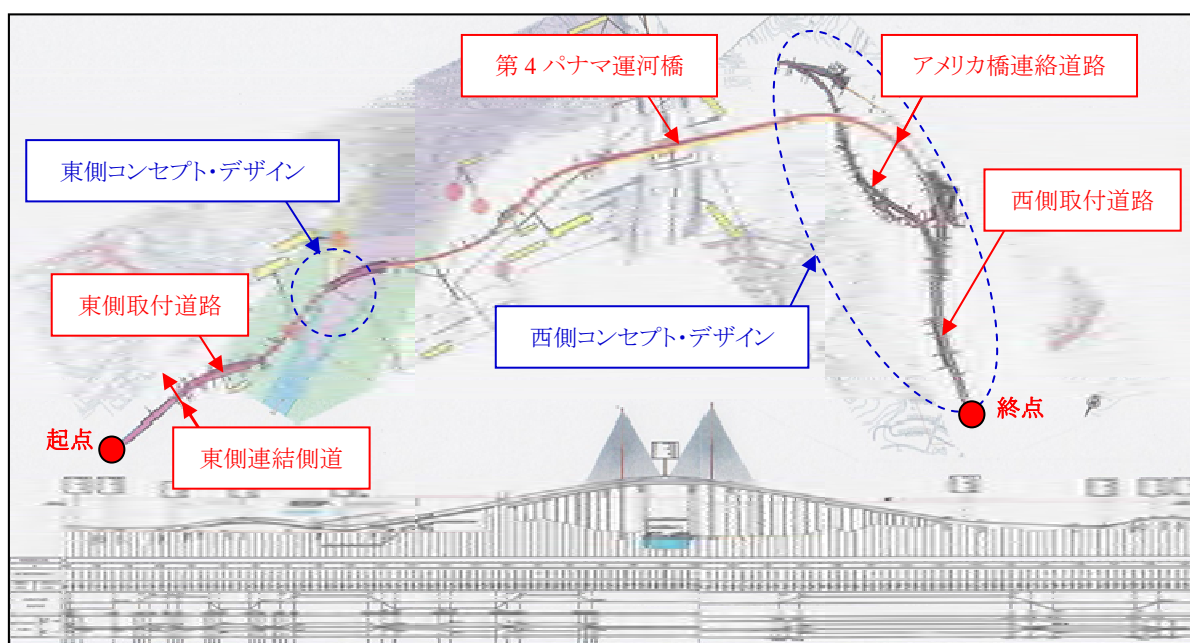
本調査では、事業スコープの決定及び概算事業費の算出を目的とし、道路の概略設計、概略設計図面の作成及び概算工事数量の算出を実施した。

また、本事業の効果発現のためには、既存道路との連結性を確保する必要があるため、東西取付道路と既存道路の接続についてコンセプト・デザインレベルの道路設計、図面の作成及び工事数量の算出を実施した。

11.1.2 調査の作業内容

道路設計について、以下の作業内容を実施した。

図 11.1 に本調査における道路設計対象の位置図を示す。



出典：調査団（Pre-F/S（コンセプト・デザイン・レポート（2013年1月）（運河庁）を元に作成）

図 11.1 本調査における道路設計対象の位置図

(1) 既存資料の収集・レビュー

- Pre-F/S 成果品及び関連資料の収集・レビュー

(2) 概略設計

- メトロ3号線事業との線形及び構造の調整
- 第4パナマ運河橋東西取付道路（新設）の概略設計
- 東側連結側道路（新設）の概略設計
- 西側のアメリカ橋連絡道路（改修）の概略設計

(3) コンセプト・デザイン

- 東西取付道路と既存道路を結ぶ追加ランプの検討
- マイクロシミュレーションによる東側コンセプト・デザインのサービスレベル評価

11.1.3 変更及び追加提案

本調査の結果、Pre-F/S に対する変更及び追加提案した内容を以下に記述する。

(1) 概略設計

取付道路の設計速度は、第4パナマ運河橋区間のトラックの走行速度の低下により、乗用車の走行速度との乖離が大きくなるため120km/hrを100km/hrに、また、Omar Torrijos ラウンドアバウトの西側流入ランプから起点側は、流入ランプが短区間で連続するため100km/hrから80km/hrに変更した。

また、Omar Torrijos 交差点から流入ランプのノーズまでの土工区間は、Roosevelt 通りとの間の狭いスペースに建設されるため、盛土から補強土擁壁に変更した。

表 11.1 に概略設計結果の概要を示す。

表 11.1 概略設計結果の概要

項目	取付道路	東側連結側道	アメリカ橋連絡道路
起終点 (延長)	起点:Albrook 地区、 Corredor Norte との接続点、 終点:Howard 交差点手前 Panamerican Highway との接続点 (L=6,720.212m)	起点:Albrook 地区 終点:Omar Torrijos 交差点付近 (L=1,025.190m) (On ランプ:L=400.200m) (Off ランプ:L=624.990m)	起点:Howard 交差点 終点:アメリカ橋 (L=3,170.400m) (上線:L=1,582.400m) (下線:L=1,588.000m)
道路規格	幹線道路 (完全出入制限された一般道路)	ランプ (幹線道路と都市道路を接続)	地方道路
車線数	BP~Omar Torrijos 交差点西側流入 ランプのノーズ:2方向4車線 Omar Torrijos 交差点西側流入ランプ のノーズ~EP:2方向6車線	1方向2車線	1方向2車線
設計速度	BP~Omar Torrijos 交差点西側流入 ランプのノーズ:80km/hr Omar Torrijos 交差点西側流入ランプ のノーズ~EP:100km/hr	40km/hr	80km/hr
道路構造	土工(擁壁を含む)、橋梁	土工、橋梁	土工、橋梁

出典：調査団

(2) コンセプト・デザイン

Pre-F/S を基に、第4パナマ運河橋の東西取付道路と既存道路の連結を改善するために、追加ランプの検討を行った。東側地域の Omar Torrijos 交差点（ラウンドアバウト）への接続については、検討の結果、既存高架橋を撤去の上、追加ランプを計画した。

また、西側地域は、取付道路とアメリカ橋連絡道路を結ぶランプの追加を計画した。

表 11.2 にコンセプト・デザイン結果の概要を示す。

表 11.2 コンセプト・デザイン結果の概要

項目	東側地域		西側地域
	アンダーパス	追加ランプ	追加ランプ
起/終点 (延長)	Omar Torrijos 通り(L=1,500m) F ランプ(On)(L=1,520m) G ランプ(Off)(L=1,500m)	A ランプ(L=500m) B ランプ(L=650m) C ランプ(L=350m) D ランプ(Off)(L=350m) E ランプ(L=350m) H ランプ(Off)(L=200m) I ランプ(On)(L=350m)	X ランプ(Uターン)(L=1,130m) 既存道路接続ランプ (ランプ Y 及び a~i)
道路規格	都市道路	ランプ	ランプ・地方道路
車線数	アンダーパス:2方向2車線 On/Off ランプ:1方向2車線	1方向1~2車線	1方向1~2車線
設計速度	60km/hr	40km/hr	40km/hr
道路構造	土工(擁壁を含む)、橋梁	土工(擁壁を含む)、橋梁	土工(擁壁を含む)、橋梁

出典：調査団

11.1.4 道路設計のまとめ

(1) 概略設計

Pre-F/S のドラフト・ファイナル・レポートは当初提出を予定していた時期が遅れたため、本調査では、Pre-F/S のコンセプト・デザイン・レポート（2013年1月）に対してレビューを行い、道路の概略設計を実施した。なお、本概略設計作業後に入手したドラフト・ファイナル・レポート（2013年11月）では、取付道路の停止視距を確保するために設計速度が120km/hr から90km/hr に変更されているものの、平面線形及び縦断線形は変更されておらず、コンセプト・デザイン・レポートと同一であることを確認した。

取付道路の設計速度が100km/hr の場合においても、視距等を含む安全性は確保されるため、本調査では、取付道路の設計速度として100km/hr を適用した。

(2) コンセプト・デザイン

Omar Torrijos 交差点（東側コンセプト・デザイン）のマイクロシミュレーションを実施した。同解析結果を基に、サービスレベルの検証を実施した。同内容については、11.5.2 で記述する。

11.2 路線概況

11.2.1 路線概況

本取付道路は起点位置において Corredor Norte と接続し、Omar Torrijos 通りのラウンドアバウト（以下 Omar Torrijos ラウンドアバウト）上を通過後、Roosevelt 通りに沿って西に進み、パナマ運河を交差する。その後アメリカ橋へ繋がる Panamerican Highway に沿って西に進み、Panama Pacifico へのアクセス道路とのインターチェンジ手前を終点とする、延長6.7kmの幹線道路である。

起点は、大規模ショッピングセンター（Albrook Mall）に近く、付近にメトロ1号線及び3号線の駅建設予定位置がある。Omar Torrijos ラウンドアバウトの北側には、Albrook International Airport があり、滑走路がラウンドアバウトに接している。Roosevelt 通りの南側には、ACP の施設が数多く存在し、その西側にはアメリカ橋につながる交差点がある。一方、Roosevelt 通りの北側には、バルボア港の施設があり、南側にはソーサの丘がある。

運河の西側の Panamerican Highway の東側は、マングローブの生息する湿地帯があり、西側も湿原地帯である。終点側は丘陵である。

図 11.2 に第4パナマ運河橋東側の現況図、図 11.3 に同西側の現況図を示す。



出典：上段は Google Earth（下段は Pre-F/S 成果図面を調査団により加工）

図 11.2 第 4 パナマ運河橋東側の現況図



出典：左側は Google Earth（右側は Pre-F/S 成果図面を調査団により加工）

図 11.3 第 4 パナマ運河橋西側の現況図

11.2.2 現況交通

Omar Torrijos ラウンドアバウトには、Roosevelt 通りのアメリカ橋方向と Corredor Norte を結ぶ高架橋が設置されている。同ラウンドアバウトはパナマ市中心部、アメリカ橋、パナマ運河沿いの町からの道路の接続地点であるため交通量が多く、朝夕のラッシュ時には渋滞が日常化している。

なお、運河庁の調査では 2012 年のアメリカ橋の年平均日交通量（AADT : Annual Average Daily Traffic）は往復 49,834 台/日が測定されている。

11.2.3 支障物件

(1) 主な支障物件

第 4 パナマ運河橋東側の Omar Torrijos ラウンドアバウトには高架橋が設置されており、地中には Curundu 川の下流に位置するボックスカルバートが横断している。Roosevelt 通りは往復分離した 4 車線道路であるが、中央分離帯と路肩には街路樹が植わっており、道路用地内に取付道路を建設するのは困難である。また、Roosevelt 通りからアメリカ橋へつながる交差点の南西側にはソーサの丘があり、地形改変の影響を少なくする必要がある。また、東側地域には ACP の変電所、Chill water plant など重要な施設・物件が集中しているため、それぞれの交差条件について 11.2.3 (2) で記述している。なお、西側には湿地帯があり、軟弱地盤が予測される。

主な支障物件に係わる対応方針を以下に示す。

表 11.3 支障物件への対応方針の区分

影響を回避すべき物件	対策・検討を必要とする物件
<ul style="list-style-type: none"> ・ Roosevelt 通り ・ Curundu 川下流のボックスカルバート ・ ソーサの丘 ・ ACP 変電所 ・ Chill Water Plant 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 既存の高架橋 (老朽化が進み、また新規ランプ計画と干渉するため撤去する方針とする) ・ Omar Torrijos ラウンドアバウト (新規取付道路との接続を考慮して改良する必要がある) ・ 西側の湿地帯 (橋台・橋脚の計画において検討を要する)

出典：調査団

以下に主な支障物件周辺の現況写真を示す。



写真1 起点付近



写真2 河川ボックスカルバート



写真3 Omar Torrijos ラウンドアバウト



写真4 高架橋



写真5 Roosevelt 通り



写真6 ソーサの丘付近



写真7 第4パナマ運河橋架設地点



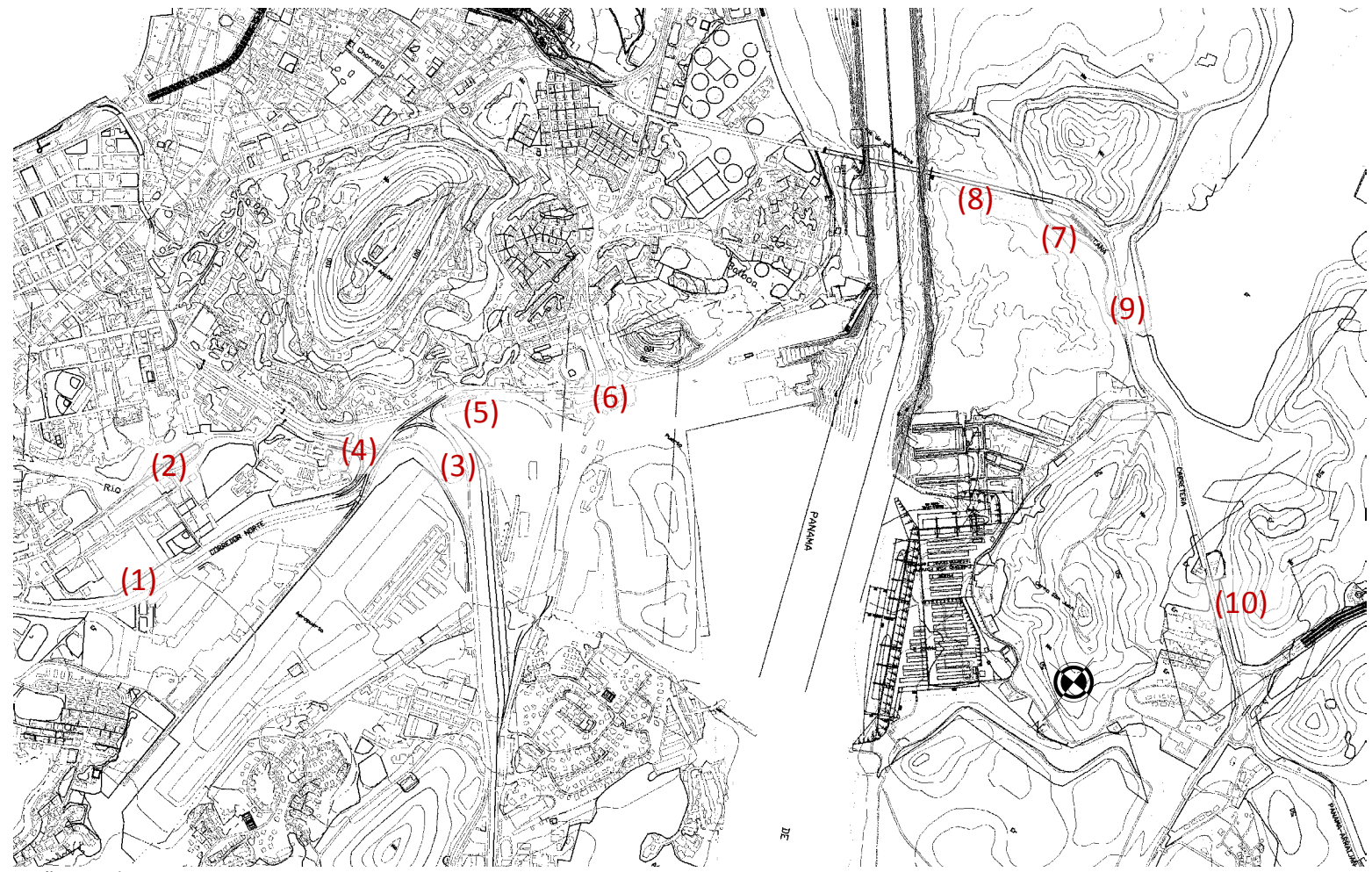
写真8 アメリカ橋



写真9 パンアメリカン道路



写真10 終点付近



出典：調査団

図 11.4 写真および撮影位置図

(2) 交差条件

パナマ運河の東側区間は、パナマ国運河庁の建物と近接し、また既存の道路や埋設物と数多く交差することから、線径計画及び橋脚の配置などの橋梁計画を実施する上で、これらの交差条件に十分留意する必要がある。

表 11.4 に交差条件、交差条件位置を示す。

表 11.4 交差条件（東側取付道路区間）

No.	交差条件	備考
	必ず避ける施設	ACP の変電所、ACP の Chill Water Plant
	可能なら避ける施設(上空占有可:橋脚設置は不可)	ACP の通信センター
	可能なら避ける範囲(青枠内)	Panama Port Company
	可能なら避ける埋設物	Chill Water Pipe
	付替可能な交差道路	

ACP の変電所

出典：調査団

(3) 航路条件

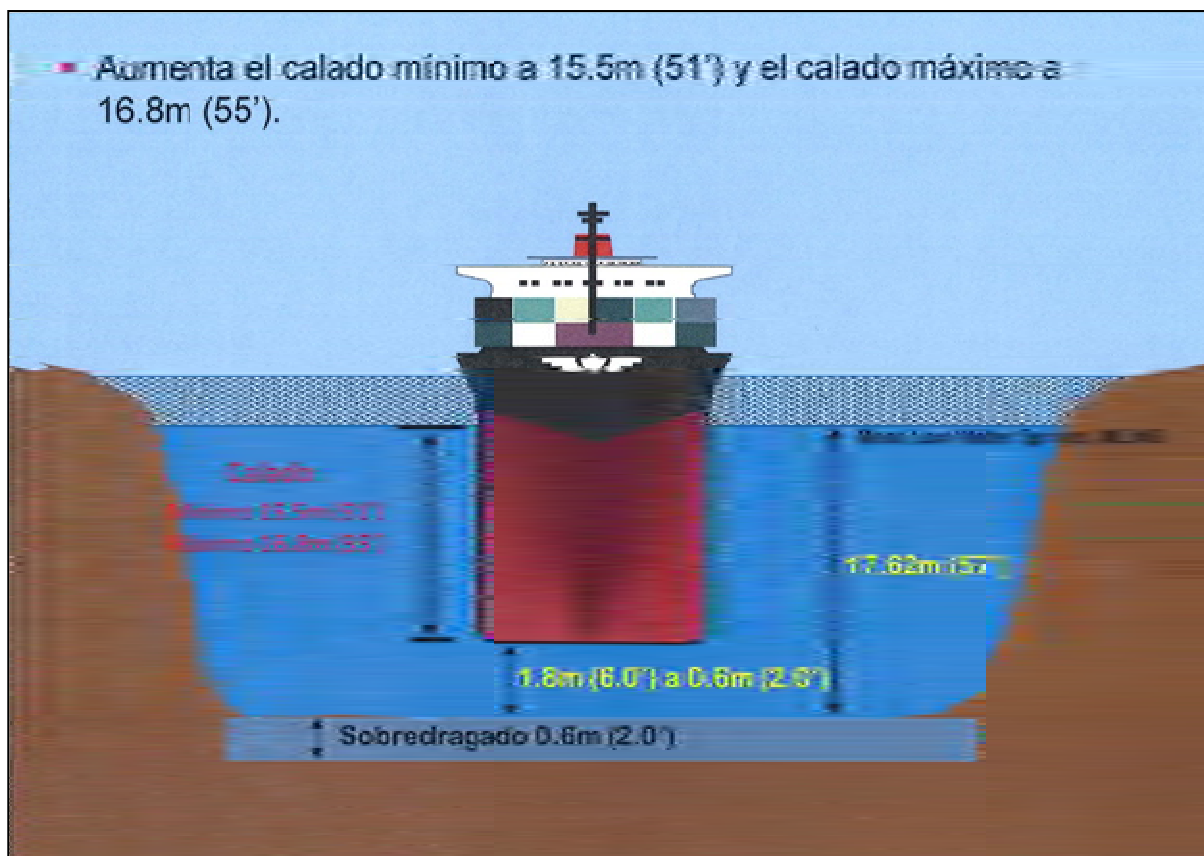
パナマ運河の航路条件は、パナマ国運河庁の将来拡幅計画に基づいて設定した。

表 11.5 に航路条件の要点、図 11.5 に航路計画（断面図）、図 11.6 に航路計画（平面図）を示す。

表 11.5 航路条件の要点

No.	項目		航路条件	参照
1	航路幅	航路幅 (Prism Line 間)	300.5m ¹⁾	図 11.6
2		擦付勾配	1:3	-
3	航路高	航路高	75m	-
4		潮位 (MLWS)	-2.321m	-
5		水深	17.62m	図 11.5

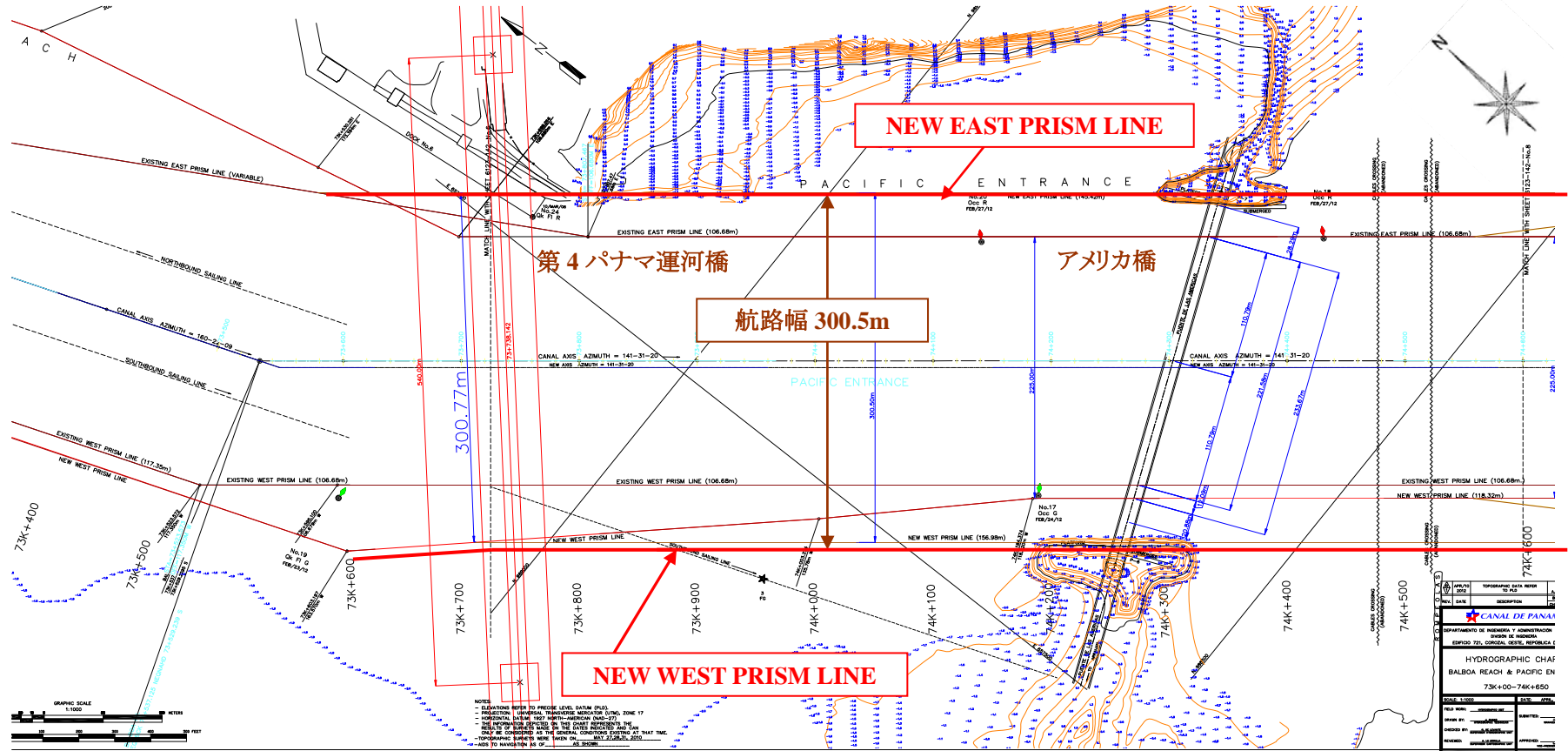
1) 本事業の道路線形が航路に対して若干斜角を有するため、航路幅は 300.5m より若干長くなる。
出典：運河庁



出典：運河庁

図 11.5 航路計画（断面図）

-11-10-



出典：運河庁

図 11.6 航路計画（平面図）

(4) 空域条件

本調査の対象地域は、アルブルック国際空港とハワード空港に近接し、空域制限区域内に位置するため、計画にあたっては、パナマ国航空庁と協議の上、空域条件を設定した。

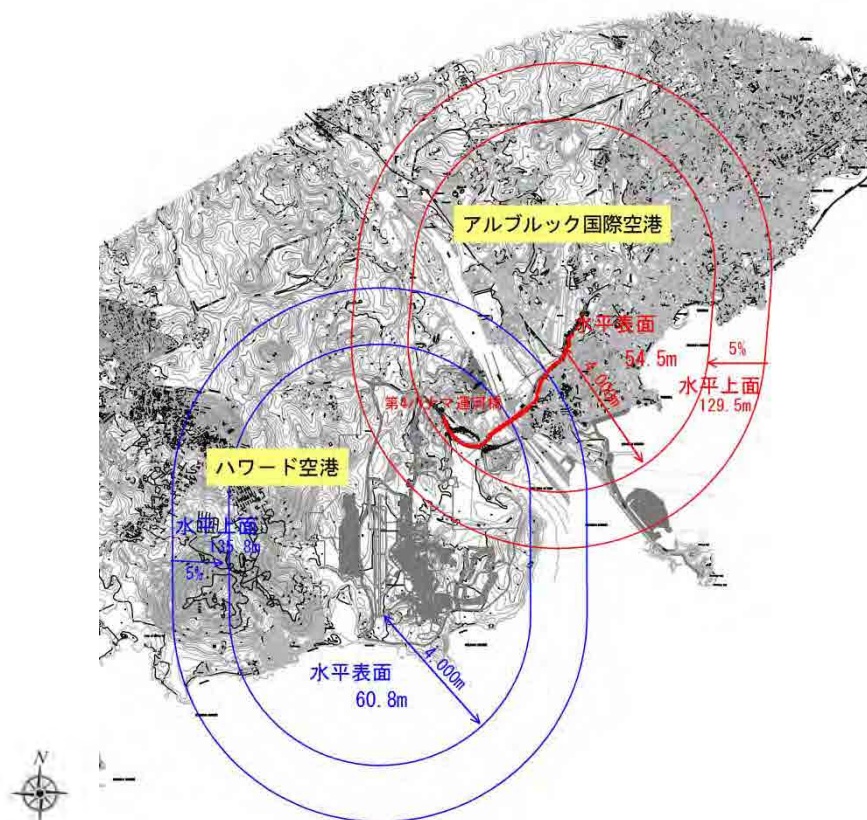
表 11.6 に空域条件の要点、図 11.7 に水平表面図（アルブルック国際空港及びハワード空港）、図 11.8 に進入表面及び転移表面図（アルブルック国際空港）を示す。

なお、本事業は第 4 パナマ運河橋主橋付近において、水平表面を満足しない箇所が一部発生するが、航空庁と協議の上、オペレーションに影響を及ぼさないことを確認した。

表 11.6 空域条件の要点

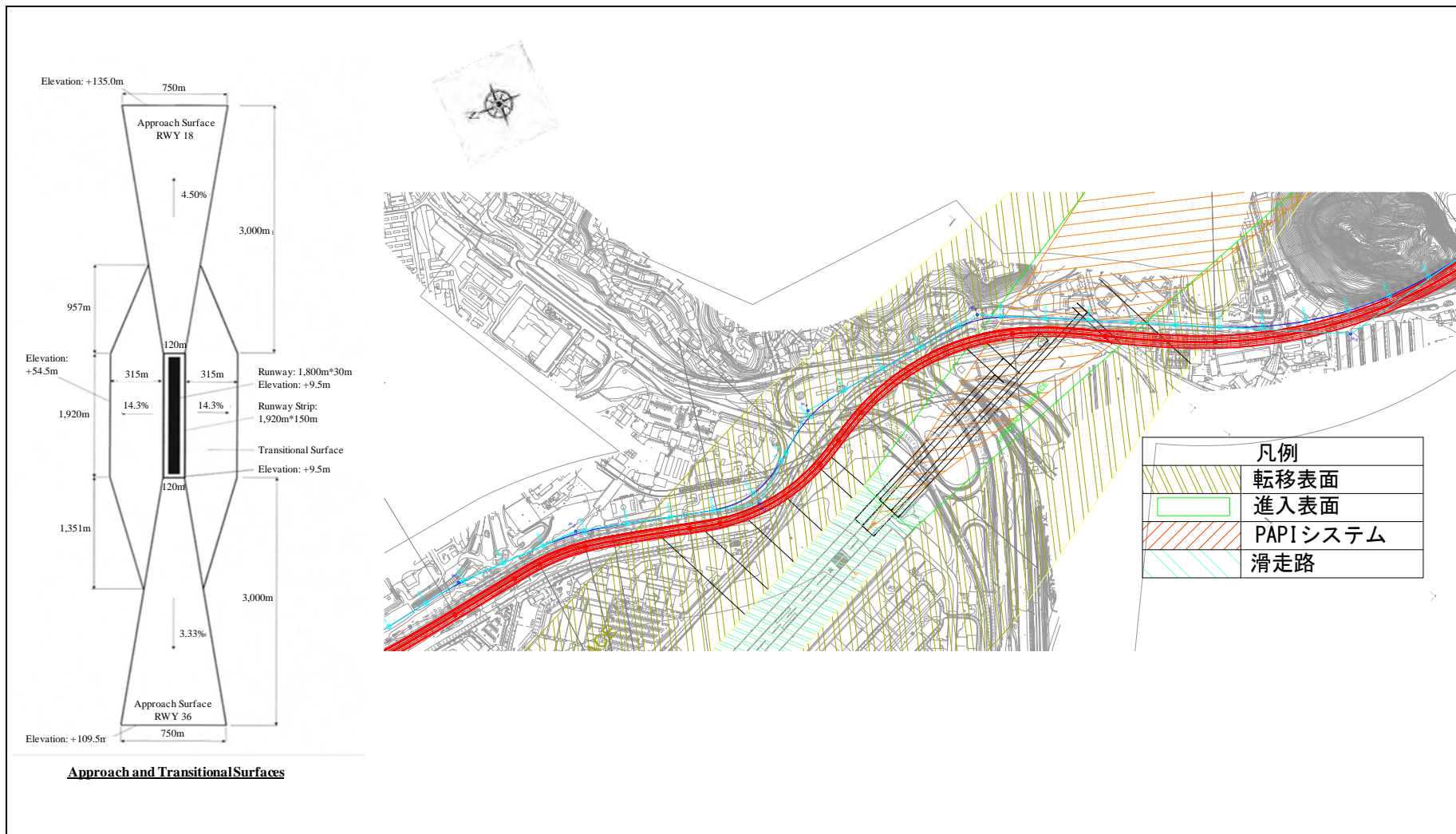
No.	空港	項目	空域制限
1	アルブルック国際空港	水平表面	54.5m(半径 4km)
2		水平上面	129.5m
3		転移表面	14.3%
4		進入表面	3.3%
5		PAPI システム	2.0%
6	ハワード空港	水平表面	60.8m(半径 4km)
7		水平上面	135.8m

出典：航空庁



出典：調査団

図 11.7 水平表面図（アルブルック国際空港及びハワード空港）



出典：調査団

図 11.8 進入表面及び転移表面図（アルブルック国際空港）

11.3 既存資料の収集・レビュー

11.3.1 資料収集

収集資料リストを表 11.7 に示す。

表 11.7 収集資料リスト

No.	資料	出典	内容	
1	Pre-F/S 報告書 (コンセプト・デザイン・レポート /2013 年 1 月)	運河庁	本文	第 1 章:概要(道路設計、道路比較案の評価) 第 9 章:道路比較案
			図面	平面図、縦断図、標準横断図
	Pre-F/S 報告書 (ドラフト・ファイナル・レポート /2013 年 11 月)		本文	第 1 章:概要(道路設計) 第 9 章:道路設計
			図面	平面図、縦断図、標準横断図
2	アメリカ橋図面(設計図)	公共事業省	図面	横断図
3	パンアメリカン道路図面(設計図)	公共事業省	図面	平面図、縦断図、標準横断図

出典：調査団

11.3.2 既存資料のレビュー

Pre-F/S 報告書のレビュー結果を以下に記述する。

(1) レビューの対象範囲

取付道路設計の道路規格、設計速度、平面線形・縦断線形及び幅員構成をレビューした。

なお、東側連結道路及び西側のアメリカ橋連絡道路については、縦断図がなく縦断線形が不明のため、平面線形についてのみレビューを行った。

本調査における取付道路の設計区間は Pre-F/S と同様とし、起点は Corredor Norte との接続点とし、終点は別事業による改良工事が予定されているパンアメリカン道路の Howard 地区の交差点の手前とすることで、メトロ庁と合意した。

(2) 妥当性の確認・評価

1) 設計基準

道路の幾何構造基準は、AASHTO "A Policy on the Geometric Design of Highway and Street :AASHTO"を適用しており、本レビューも同基準を基に行った。舗装設計では AASHTO、また排水設計では MOP "Chapter 4: Drainage"の基準に拠っている。なお、パナマ国には道路幾何構造基準は存在しないことが確認された。

2) ルート選定

本事業の目的はパナマ市街と西側地域を結ぶアメリカ橋の渋滞緩和である。東側地域においては各方面とパナマ市街とを繋ぐ Omar Torrijos ラウンドアバウト、および西側地域から市内に向かう唯一の幹線道路であるパンアメリカン道路を本事業路線で結ぶことで、アメリカ橋の渋滞緩和が期待できる。このため、同ルート帯を前提に検討を行う。

3) 計画・設計条件

Pre-F/S における道路計画・設計条件の概要を表 11.8 に示す。設計速度が 120km/hr と高く、周辺で接続する既存道路との道路規格の差が大きくなることが懸念されるため、11.3.3 で示す通り設計速度を低減するなど、改善の余地がある。

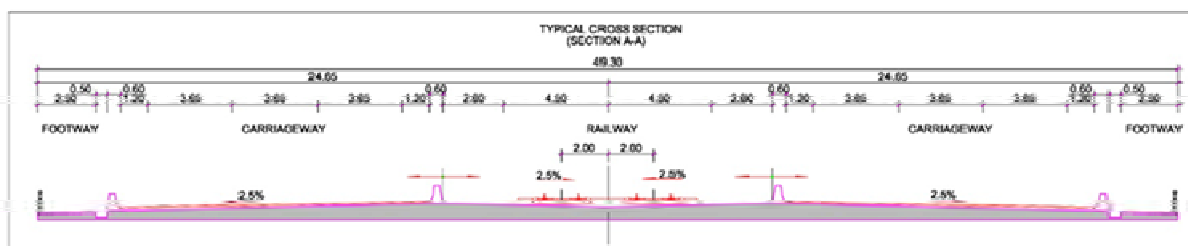
表 11.8 道路計画・設計条件の概要（Pre-F/S）

項目	内容
起終点	起点:既存の Corredor Norte との接続地点 終点:既存の Panamerican Highway の Hoard 地区交差点
道路延長	6,296m
道路規格	Arterial Road(AASHTO)
設計速度	120km/hr (起点側のラウンドアバウト付近及び終点側の Hoard 交差点手前は 100km/hr)
車線数	6 車線 (起点側のラウンドアバウト付近及び終点側の Hoard 交差点手前は 4 車線)
幾何構造基準値 (括弧内は設計速度 100km/hr の場合)	<u>平面線形</u> 最少曲線半径:R=700m (R=394m) クロノイドを伴う最小曲線半径:R=852m 片勾配を省略する曲線半径:R=5,000m クロノイド最小長:67m 最小曲線長:L=55m 片勾配擦り付け長:L=114m *2 車線の場合
	<u>縦断線形</u> 最小縦断勾配:i=0.5% 最大縦断勾配:i=5% 最小縦断曲線半径(クレスト):K=95 (52) 最小縦断曲線半径(サグ):K=63 (45) 道路の建築限界(高さ):h=5.5m 鉄道の建築限界(高さ):h=9.15m パナマ運河航路限界(高さ):h=75m *MLWS から上
	<u>横断面構成</u> 車線幅:3.65m 外側路肩幅:3m(橋梁部:1.2m) 内側路肩幅:1.2m 歩道幅:2.5m 鉄道幅:9.0m 最大片勾配:e=8% *R=667m の場合 最小片勾配:e=2.5% 横断勾配:2.5%

出典：Pre-F/S（コンセプト・デザイン・レポート（2013年1月）（運河庁））

4) 標準横断構成

第4パナマ運河橋の標準横断図は、図 11.9 の通り、中央部に鉄道が設置されている。また、路側に歩行者と自転車のための歩道が設置されている。これに対し、SMP との協議の結果、本調査ではモノレールを道路橋の左側（南側）に配することとし、幅員構成を決定することとした（12.2.1（2）3）参照）。



出典：Pre-F/S（コンセプト・デザイン・レポート（2013年1月）（運河庁））

図 11.9 第4パナマ運河橋の標準横断面図

5) 道路線形

平面曲線半径は、測点 0+527~0+640 区間の R=500m 及び測点 0+969~1+164 区間の R=435m を除いて、原則として R=700m 以上で設計されており、設計速度 120km/hr の最小値を満足している。なお、上記 2 区間は現道線形に合わせるため、設計速度を 100km/hr に低減しており、これらの曲線半径は、設計速度 100km/hr の場合の最小曲線半径の R=394m を満足している。

表 11.9 に取付道路の平面線形要素（Pre-F/S）を示す。

表 11.9 取付道路の平面線形要素（Pre-F/S）

No.		Station	Coordinate		Beginning Radius (m)	Clothoid Parameter (m)	Ending Radius (m)	Length (m)
			Y (X)	X (Y)				
1	BP1-0	0+000.000	992,400.693	659,462.318	-960.156	0.000	-960.156	24.367
2	EBC1-1	0+024.366	992,378.561	659,452.126	-5,000.000	0.000	-5,000.000	280.115
3	EC1-0	0+304.482	992,119.605	659,345.421	0.000	0.000	0.000	156.417
4	KA2-1	0+460.899	991,973.373	659,289.901	0.000	183.030	500.000	67.000
5	KE2-1	0+527.899	991,911.295	659,264.732	500.000	0.000	500.000	112.552
6	KEE2-1	0+640.451	991,815.100	659,206.755	500.000	192.931	5,000.000	67.000
7	KAE2-1	0+707.451	991,763.948	659,163.508	5,000.000	0.000	5,000.000	198.957
8	KA3-1	0+906.408	991,618.187	659,028.111	0.000	165.000	-435.000	62.586
9	KE3-1	0+968.994	991,572.169	658,985.714	-435.000	0.000	-435.000	194.883
10	KE3-2	1+163.877	991,400.087	658,897.758	-435.000	165.000	0.000	62.586
11	KA3-2	1+226.463	991,383.769	658,885.294	0.000	0.000	0.000	126.899
12	KA4-1	1+353.362	991,213.844	658,863.004	0.000	253.772	700.000	92.000
13	KE4-1	1+445.362	991,123.667	658,844.868	700.000	0.000	700.000	465.299
14	KE4-2	1+910.661	990,740.250	658,596.595	700.000	253.772	0.000	92.000
15	KA5-1	2+002.661	990,686.806	658,521.732	0.000	337.639	-1,500.000	76.000
16	KE5-1	2+078.661	990,643.485	658,459.290	-1,500.000	0.000	-1,500.000	277.930
17	KAE5-1	2+356.591	990,461.307	658,249.921	-1,500.000	315.832	-700.000	76.000
18	KEE5-1	2+432.591	990,404.542	658,199.417	-700.000	0.000	-700.000	291.844
19	KE5-2	2+724.435	990,146.752	658,067.166	-700.000	230.651	0.000	76.000
20	KA6-1	2+800.435	990,072.752	658,049.889	0.000	230.651	700.000	76.000
21	KE6-1	2+876.435	989,998.752	658,032.613	700.000	0.000	700.000	375.916
22	KE6-2	3+252.350	989,679.057	657,843.551	700.000	230.651	0.000	76.000
23	KA6-2	3+328.350	989,628.266	657,787.028	0.000	0.000	0.000	1,137.935
24	KA7-1	4+466.285	988,883.127	656,926.992	0.000	277.489	700.000	110.000
25	KE7-1	4+576.285	988,813.318	656,842.021	700.000	0.000	700.000	1,224.901
26	KE7-2	5+801.186	989,068.270	655,798.208	700.000	277.489	0.000	110.000
27	KA8-1	5+911.186	989,169.390	655,754.987	0.000	400.999	-1,200.000	134.000
28	KE8-1	6+045.186	989,292.985	655,703.263	-1,200.000	0.000	-1,200.000	462.445
29	KE8-2	6+507.630	989,665.357	655,433.892	-1,200.000	400.999	0.000	134.000
30	KA8-2	6+641.630	989,753.160	655,332.691	0.000	0.000	0.000	247.412
31	EP	6+889.042	989,911.793	655,142.828	0.000	0.000	0.000	0.000

出典：Pre-F/S（コンセプト・デザイン・レポート（2013年1月）（運河庁））

第4 パナマ運河橋区間の縦断勾配は4%、縦断曲線半径は凸型 9,500m、凹型 6,000m 以上であり、120km/hr の基準値を満足している。

起終点付近では、現道及び地形に合わせるため、設計速度を 100km/hr に低減し、最急縦断勾配は 4.947%以下、縦断曲線半径は凸型 2,343m 以上、凹型 4,659m 以上としており、凹型は設計速度 100km/hr の基準値 (4,500m) を満足しているが、凸型は基準値 (5,200m) を満足していない。

表 11.10 に取付道路の縦断線形 (Pre-F/S) を示す。

表 11.10 取付道路の縦断線形 (Pre-F/S)

No.	IP	Station (km)	Length (m)	Crest /Sag	EL (m)	Grade (%)	V. Curve	
							Length (m)	Radius (m)
1	VIP1	0+000.000	-----	-----	-----	-----	-----	-----
2	VIP2	0+077.286	77.286	Crest	8.541	-0.57294	214.677	40,834.910
3	VIP3	0+286.159	208.873	Sag	6.246	-1.09866	110.000	7,509.956
4	VIP4	0+684.272	398.113	Sag	7.703	-0.366062	169.317	4,659.355
5	VIP5	1+130.963	446.691	Crest	25.571	4.000	560.000	8,000
6	VIP6	1+771.423	640.460	Sag	6.357	-3.000	350.000	5,000
7	VIP7	3+800.000	2,028.577	Crest	87.500	4.000	760.000	9,500
8	VIP8	5+531.718	1,731.718	Sag	18.231	-4.000	192.388	6,685
9	VIP9	6+329.371	797.655	Sag	9.281	-1.12209	331,368	5,459.619
10	VIP10	6+619.103	289.732	Crest	23.615	4.947339	136.612	2,343.008
11	VIP11	6+811.139	192.036	Crest	21.919	-0.883267	89.416	2,396.517
12	VIP12	6+889.042	77.903	-----	18.324	4.614355	-----	-----

出典：Pre-F/S（コンセプト・デザイン・レポート（2013年1月）（運河庁））

11.3.3 取付道路設計の改良の提案

本調査では、Pre-F/S の妥当性の確認・評価に基づき、以下の提案を行った。

(1) 設計速度低減の提案

1) 起点周辺

起点部からラウンドアバウト通過後の合流地点まで、取付道路とランプの合分流が短区間で連続するため、設計速度を 80km/hr に低減することを提案した。

2) 第4 パナマ運河橋前後

平面曲線半径は R=700m、縦断勾配は 4%、縦断曲線半径（凸型）は 9,500m が適用されており、設計速度 120km/hr の基準値を満足している。設計速度 120km/hr の最急縦断勾配は 5%（都市内幹線道路の平坦地）であるが、5%の場合トラック（最大積載時の出力重力比 10ps/t）の走行速度が約 34km/hr に低下する。なお、4%の場合のトラックの走行速度はおよそ 43km/hr であるため、40km/hr 以上を確保することを目的として最急縦断勾配 4.0%を妥当とした。

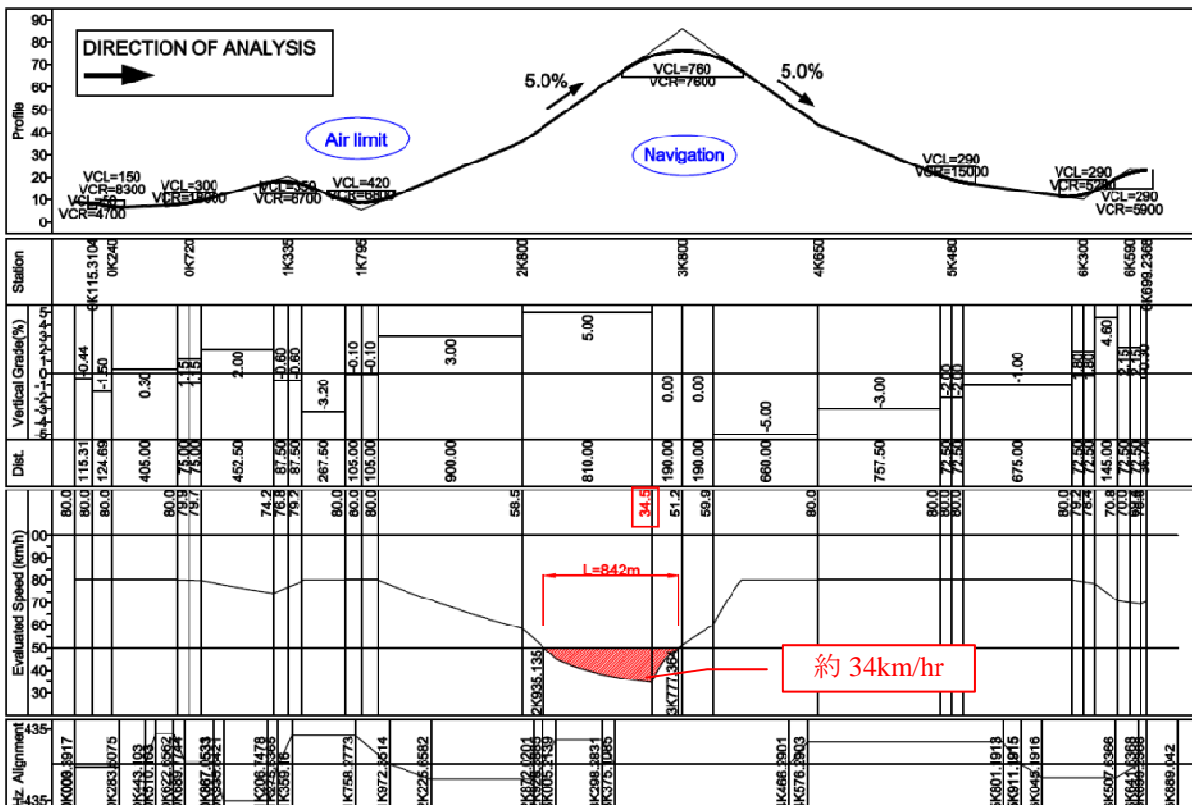
設計速度が 120km/hr とすると乗用車の走行速度は約 100km/hr であり、トラックの走行速度との差が大きくなるため、交通安全性を考慮して縦断勾配は緩いほど望ましい。このため、設計速度を 100km/hr に低減することを提案した。

表 11.11 に比較結果の概要、図 11.10～11.13 に縦断勾配 5%及び 4%の場合のトラックの速度勾配図を示す。

表 11.11 縦断勾配と走行速度の比較検討結果概要

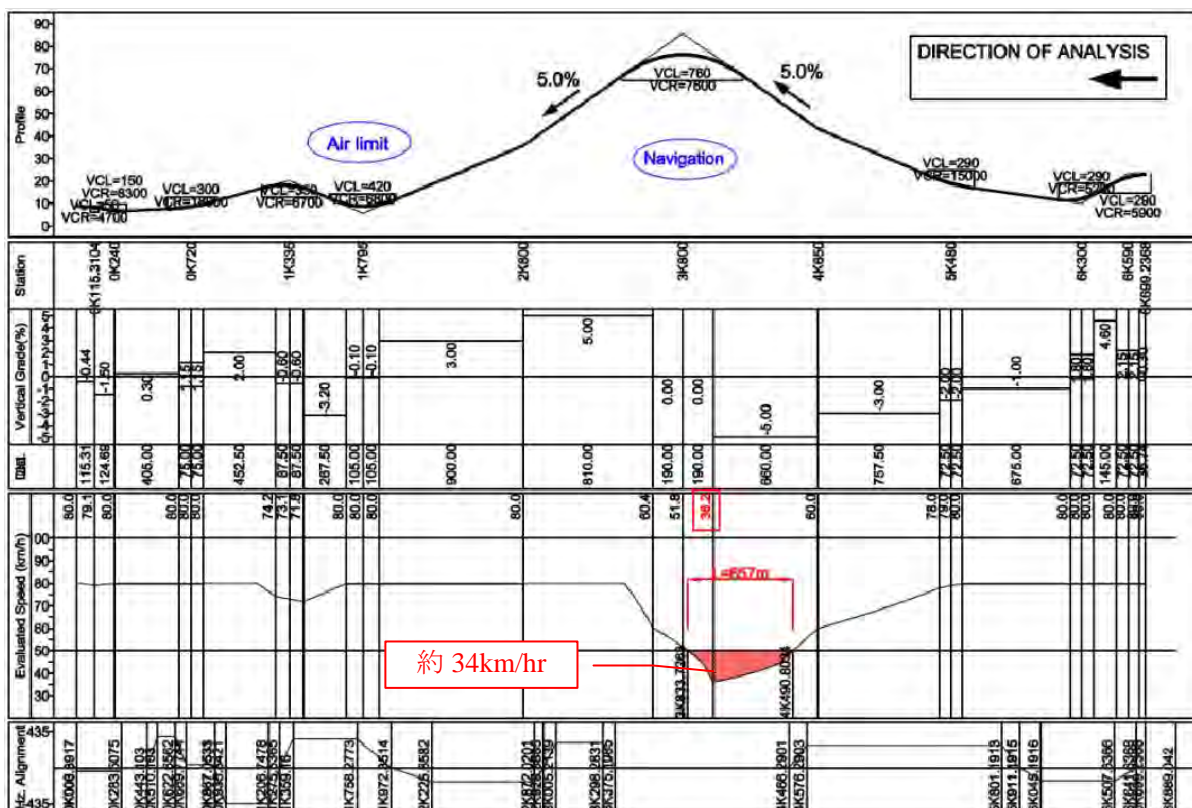
縦断勾配	方向	走行速度	評価
5.0%	起点→終点	34km/hr	△
	終点→起点	34km/hr	
4.0%	起点→終点	43km/hr	○
	終点→起点	43km/hr	

出典：調査団



出典：調査団

図 11.10 トラックの速度勾配図（起点→終点、縦断勾配 5%）



出典：調査団

図 11.11 トラックの速度勾配図（終点→起点、縦断勾配 5%）

(2) 設計採用値変更の提案

起点付近の最小平面曲線半径について、Pre-F/S では 435m が最小であり設計速度 80km/hr の場合の基準値を満足しているが、片勾配は 5.03% と、基準値である 6.3% 以上を満足していない。従って、起点付近の曲線部の片勾配について、設計速度 80km/hr に対応した値（R=435 のとき 6.4%、R=500m のとき 5.8%）への変更を提案した。

Pre-F/S では第 4 パナマ運河橋前後の平面曲線半径 700m 区間の片勾配は 6.11% であり、設計速度 100km/hr の基準値である 6.3% 以上を満足していないため、設計速度 100km/hr に対応する片勾配（R=700 のとき 6.4%）への変更を提案した。

また、Pre-F/S では終点付近の縦断曲線半径は凸型 2,400m 程度であり、基準値の 5,200m 以上を満足していない。従って、終点付近の縦断曲線半径を設計速度 100km/hr に対応した値（5,200m 以上）への変更を提案した。

表 11.12 に Pre-F/S に対する変更対応表を示す。

表 11.12 Pre-F/S に対する変更提案値

項目	設計値(Pre-F/S)	変更設計値(本調査)
起点側の曲線部の片勾配 (設計速度 80km/hr)	R=435m 区間の片勾配:5.03% R=500m 区間の片勾配:5.38%	R=435m 区間の片勾配:6.4% R=500m 区間の片勾配:5.8%
第 4 パナマ運河橋前後の 曲線部の片勾配 (設計速度 100km/hr)	R=700m 区間の片勾配:6.11% 最小曲線半径に対する片勾配:8%	R=700m 区間の片勾配:6.4%
終点側の縦断曲線半径 (設計速度 100km/hr)	VCR(凸型):2,343m 及び 2,396m	VCR(凸型):5,200m 以上

出典：調査団

(3) 横断面幅員変更の提案

外側路肩幅員に関して、東側の擁壁区間では 3.0m 幅とされていたが、この区間延長が短いため、橋梁区間と同様に 1.2m とした。一方で西側の土工区間は延長が 1.2km と長く連続しているため、3.0m を確保することとした。

Pre-F/S では、第 4 パナマ運河橋区間に歩道が計画されており、本調査でも倣うものとするが、歩道敷設の主目的を歩行者の通過ではなく展望デッキとすることとし、設置区間は P30～P33 橋脚間の南側（太平洋側）に限定し、歩道幅員を 2.5m から 4m に変更した。主橋一体区間においてモノレールは道路の左側に置かれるため、歩道は更に外側の眺望のよい位置に配置する。

なお、歩道敷設については、安全管理及び経済性に着目し、実施設計時に再度検討する。敷設無しの場合、削減される工事費は約 20 億円（含む昇降用エレベータ）と見積もる。

昇降用エレベータの計画については第 13 章で述べる。

11.4 概略設計

11.4.1 設計範囲

本事業範囲を対象とし、以下の道路について概略設計を実施した。

- メトロ3号線との線形及び構造の調整
- 第4パナマ運河橋東西取付道路（新設）の概略設計
- 東側連結側道路（新設）の概略設計
- 西側のアメリカ橋連絡道路（改修）の概略設計

11.4.2 設計条件

(1) 交差条件

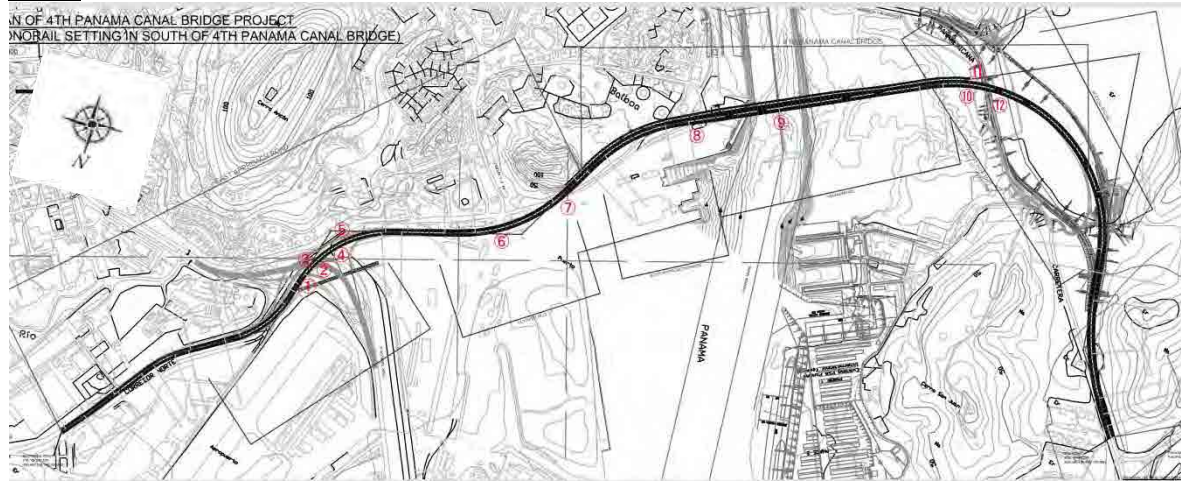
11.4.3 (1) の線形設計に基づき、橋梁・取付道路計画に係る交差条件を抽出した。

表 11.13 に交差条件、図 11.14 に交差道路の建築限界を示す。

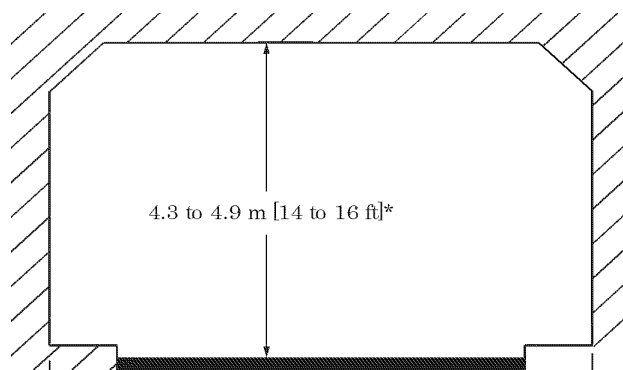
表 11.13 交差条件

No.	距離程	交差物件	建築限界	備考
1-5	KM0+960-KM1+560	道路(ランプ)	4.90m	オマール・トリホス交差点
6	KM2+360	道路(交差点)	4.90m	バルボア港入口
7	KM2+600	道路	4.90m	
8	KM3+390	道路	4.90m	
9	KM3+800	パナマ運河	75.0m	航路限界高
10	KM4+740	道路	4.90m	
11	KM4+775	道路	4.90m	
12	KM4+790	道路	4.90m	パンアメリカン道路

模式図



出典：調査団



出典：調査団

図 11.14 交差道路の建築限界

(2) 幾何構造基準

11.3 既存資料の収集・レビューの結果に基づき、概略設計の幾何構造基準を設定した。道路規格は、当該路線は都市内の交通流を支え、地方部との接続として主要な役割を果たす道路となることから、都市部幹線道路（Urban Arterials）に位置づける。

表 11.14 に幾何構造基準（概略設計）を示す。

表 11.14 幾何構造基準（概略設計）

項目	基準値		
起終点(km)	起点:メトロ3号線 Albrook 駅付近の Corredor Norte の接続部 (-KM0+020.975) 終点:パンアメリカン道路の Howard 地区交差点の手前 (KM6+699.237)		
適用基準	AASHTO, A Policy on the Geometric Design of Highway and Street 6 th Edition 2011		
道路規格	都市部幹線道路（完全立体交差の一般道路）		
設計速度	100km/hr(下記の区間を除く) 80km/hr(起点からラウンドアバウトの西の流出入ランプ接続部までの区間)		
停止視距	185m(V=100km/hr)、130m(V=80km/hr)		
車線数	6車線(下記を除く区間) 4車線(起点からラウンドアバウトの西の流出入ランプ接続部までの区間) 11.4.3 に標準横断構成を示す		
幾何構造基準値	設計速度	100km/hr	80km/hr
	平面線形		
	最小曲線半径	R=394m(e=8%)	R=229m(e=8%)
	クロノイドを伴う最小曲線半径	R=592m	R=379m
	片勾配を省略する曲線半径	R=3,630m	R=2,440m
	クロノイド最小長	L=56m	L=50m
	最大片勾配	e=8%	e=8%
	最小片勾配	e=2.5%	e=2.5%
	横断勾配	e=2.5%	e=2.5%
	縦断線形		
	最大縦断勾配	i=5%	i=6%
	最小縦断勾配	i=0.3%	i=0.3%
	最小縦断曲線半径(凸型)	VCR(凸型)=5,200m	VCR(凸型)=2,600m
	最小縦断曲線半径(凹型)	VCR(凹型)=4,500m	VCR(凹型)=3,000m

出典：調査団

(3) 舗装設計基準

舗装設計基準は、AASHTO Guide for Design of Pavement Structures 1993 を適用した。

(4) 防護柵設計基準

中央分離帯及び路肩防護柵の設計基準は、AASHTO Roadside Design Guide 3rd Edition 2006 を適用した。

11.4.3 概略設計

(1) 線形設計

1) 第4パナマ橋東西取付道路

i. 平面線形設計

取付道路の平面線形は、Pre-F/Sを基本とし、レビュー結果に沿って修正した。なお、起点の測点はKM3+800の位置を固定したため、マイナス測点とした。

起点側の平面線形は、11.5.1(4)1)におけるOmar Torrijosラウンドアバウトのコンセプト・デザインの結果を見据えて平面線形を調整（東側へのシフト）した。

Roosevelt通りに並行する区間の平面線形は、ACP施設への影響を避け、モノレール設置幅を確保の上、ソーサの丘への影響を少なくするよう北側（港側）へシフトした。

第4パナマ運河橋区間については、メトロ3号線を南側に配置した中心線とし、主橋区間は構造的性を鑑みて直線とした。

第4パナマ運河橋から終点までの平面線形はPre-F/Sと同様とした。

曲線部の片勾配および同擦付長は、設計速度に対応した値に変更した。

表11.15に取付道路の平面線形（概略設計）を示す。

表 11.15 取付道路の平面線形

No.		Station (KM)	Coordinate		Beginning Radius (m)	Clothoid Parameter (m)	Ending Radius (m)	Length (m)
			X (Y)	Y (X)				
1	BC1-0	-0+020.975	992,400.693011	659,462.318005	-960.156		-960.156	24.367
2	EBC1-1	0+003.392	992,378.561011	659,452.126005	-5,000.000		-5,000.000	280.116
3	EC1-0	0+283.507	992,119.604793	659,345.420713	0.000		0.000	159.596
4	KA2-1	0+443.103	991,970.400482	659,288.774254	0.000	183.030	500.000	67.000
5	KE2-1	0+510.103	991,908.321932	659,263.605670	500.000		500.000	112.553
6	KEE2-1	0+622.656	991,812.126650	659,205.629037	500.000	193.101	5,000.000	67.118
7	KAE2-1	0+689.774	991,760.887873	659,162.301247	5,000.000		5,000.000	177.279
8	EC2-0	0+867.053	991,630.761073	659,041.920758	0.000		0.000	0.000
9	KA3-1	0+867.053	991,630.760899	659,041.920591	0.000	172.983	-435.000	68.789
10	KE3-1	0+935.842	991,579.878697	658,995.657555	-435.000		-435.000	270.906
11	KE3-2	1+206.748	991,331.734525	658,898.329179	-435.000	172.983	0.000	68.789
12	KA4-1	1+275.537	991,262.968085	658,897.663015	0.000	212.501	540.000	83.623
13	KE4-1	1+359.160	991,179.370386	658,896.898827	540.000		540.000	399.117
14	KE4-2	1+758.277	990,824.838986	658,734.168187	540.000	340.000	0.000	214.074
15	KA5-1	1+972.351	990,697.430323	658,562.602074	0.000	527.861	-1,100.000	253.307
16	KE5-1	2+225.658	990,552.179014	658,355.259721	-1,100.000		-1,100.000	646.362
17	KE5-2	2+872.020	990,022.481039	658,001.253609	-1,100.000	249.009	0.000	56.368
18	KA6-1	2+928.388	989,968.282476	657,985.770514	0.000	220.000	630.000	76.825
19	KE6-1	3+005.214	989,894.678160	657,963.802445	630.000		630.000	293.069
20	KE6-2	3+298.283	989,649.115259	657,808.719611	630.000	220.000	0.000	76.825
21	KA6-2	3+375.109	989,597.647590	657,751.699698	0.000		0.000	1,091.182
22	KA7-1	4+466.290	988,883.123222	656,926.998466	0.000	277.489	700.000	110.000
23	KE7-1	4+576.290	988,813.314094	656,842.027337	700.000		700.000	1,224.901
24	KE7-2	5+801.191	989,068.265953	655,798.214949	700.000	277.489	0.000	110.000
25	KA7-2	5+911.191	989,169.386219	655,754.993436	0.000		0.000	0.000
26	KA8-1	5+911.191	989,169.386219	655,754.993436	0.000	400.999	-1,200.000	134.000
27	KE8-1	6+045.192	989,292.981275	655,703.269829	-1,200.000		-1,200.000	462.445
28	KE8-2	6+507.637	989,665.353268	655,433.898538	-1,200.000	400.999	0.000	134.000
29	KA8-2	6+641.637	989,753.156916	655,332.697804	0.000		0.000	57.600
30	EP	6+699.237	989,790.088376	655,288.495685				0.000

出典：調査団

ii. 縦断線形設計

取付道路の縦断線形は Pre-F/S を基本とし、平面線形に合わせ、レビュー結果及び 11.4.5 コンセプト・デザインの結果に沿って修正した。

起点側の縦断線形は、起点側の平面線形は、11.5.1 (4) 1) における Omar Torrijos ラウンドアバウトのコンセプト・デザインのランプとの交差形状を考慮して、縦断変化点（サグ）を終点側にシフトさせ、KM1+950 とした。

第4パナマ運河橋区間の縦断線形は、主橋の設計に合わせて4%と-4%の交点を KM3+800 とし、縦断曲線半径は Pre F/S の妥当性を確認した結果、同様の値を採用した。

起点側の縦断線形は、起点近くの Albrook 国際空港の空域制限に影響のない様にコントロールした。

終点付近の縦断線形は、設計速度 100km/hr を満足する縦断曲線半径に変更した。

表 11.16 に取付道路の縦断線形（概略設計）を示す。

表 11.16 取付道路の縦断線形

No.	IP	Station (KM)	Length (m)	Crest /Sag	EL (m)	Grade (%)	V. Curve	
							Length (m)	Radius (m)
1	VIP1	-0+020.975	131.568		9.050	-0.440		
2	VIP2	0+110.593	129.407	Crest	8.471	-1.500	100.000	9,433.962
3	VIP3	0+240.000	480.000	Sag	6.530	0.300	150.000	8,333.333
4	VIP4	0+720.000	615.000	Sag	7.970	2.000	300.000	17,647.059
5	VIP5	1+335.000	460.000	Crest	20.270	-3.200	350.000	6,730.769
6	VIP6	1+795.000	2,005.000	Sag	5.550	4.000	420.000	5,833.333
7	VIP7	3+800.000	1,680.000	Crest	85.750	-4.000	760.000	9,500.000
8	VIP8	5+480.000	820.000	Sag	18.550	-1.000	290.000	9,666.667
9	VIP9	6+300.000	290.000	Sag	10.350	4.600	290.000	5,178.571
10	VIP10	6+590.000	109.237	Crest	23.690	-0.300	290.000	5,918.367
11	VIP11	6+699.237	114.237		23.362			

出典：調査団

2) 東側連結側道

東側連結側道は、起点側で取付道路と接続するランプ（on 及び off）であり、平面線形は Pre-F/S の計画と同様とした。縦断線形は道路なりとする。

表 11.17~ 表 11.20 に東側連結側道ランプの平面線形および縦断線形の要素（概略設計）を示す。

表 11.17 東側連結側道（On ランプ）の平面線形要素

No.		Station (KM)	Coordinate		Radius (m)	Beginning Parameter (m)	Clothoid Radius (m)	Ending (m)
			X (Y)	Y (X)				
1	BP	0+000.000	659,006.860	991,572.870				43.790
2	BC 1-0	0+043.790	659,036.618	991,604.995	5000.000		5000.000	68.104
3	KA 2-1	0+111.894	659,083.237	991,664.641	5000.000	333.167	-1000.000	111.000
4	KE 2-1	0+222.894	659,158.260	991,736.429	-1000.000		-1000.000	109.205
5	KAE 2-1	0+332.009	659,224.376	991,823.277	-1000.000	232.108	-508.850	52.000
6	KEE 2-1	0+384.009	659,252.066	991,867.276	-508.850		-508.850	16.103
7	EP	0+400.202	659,259.830	991,881.383				

出典：調査団

表 11.18 東側連結側道（On ランプ）の縦断線形

No.	IP	Station (KM)	Length (m)	Crest /Sag	EL (m)	Grade (%)	V. Curve	
							Length (m)	Radius (m)
1	VIP1	0+000.000	100.000	-----	5.740	0.560		
2	VIP2	0+100.000	300.202	Crest	7.630	-0.330	100.000	11260.120
3	VIP3	0+400.202	-	--	7.430		-	-

出典：調査団

表 11.19 東側連結側道（Off ランプ）の平面線形要素

No.		Station (KM)	Coordinate		Radius (m)	Beginning Parameter (m)	Clothoid Radius (m)	Ending (m)
			X (Y)	Y (X)				
1	BC 1-0	0+000.000	659,258.753	991,919.550	532.342		532.342	13.464
2	KAE 1-1	0+013.464	659,253.108	991,907.327	532.342	233.913	435.000	23.000
3	KEE 1-1	0+036.464	659,242.722	991,886.808	435.000		435.000	97.532
4	KE 1-1	0+133.996	659,187.327	991,806.782	435.000	156.077	-2500.000	56.000
5	KA 2-1	0+189.996	659,148.735	991,766.218	-2500.000		-2500.000	92.296
6	EC 2-0	0+282.292	659,084.920	991,699.544				70.336
7	KA 3-1	0+352.628	659,037.233	991,647.843		151.526	-410.000	56.000
8	KE 3-1	0+408.628	659,000.220	991,605.835	-410.000		-410.000	155.711
9	KAE 3-1	0+564.339	658,927.808	991,469.041	-410.000	163.050	-220.000	56.000
10	KEE 3-1	0+620.339	658,916.207	991,414.348	-220.000		-220.000	4.652
11	EP	0+624.991	658,915.785	991,409.715				

出典：調査団

表 11.20 東側連結側道（Off ランプ）の縦断線形

No.	IP	Station (KM)	Length (m)	Crest /Sag	EL (m)	Grade (%)	V. Curve	
							Length (m)	Radius (m)
1	VIP1	0+000.000	100.000	-----	7.310	0.320		
2	VIP2	0+100.000	524.991	Crest	7.630	-0.295	50.000	8126.910
3	VIP3	0+624.991	-	--	6.080		-	-

出典：調査団

3) アメリカ橋連絡道路

アメリカ橋連絡道路は、アメリカ橋から終点の Howard 交差点を結ぶ道路である。上り線（至 Panama City）は、Howard 交差点の起点側で西側へシフトし、湿地帯の上を通過後、アメリカ橋に至る道路である。下り線は（至 Arraijan）は、アメリカ橋の先で既存の Panamerican Highway を利用し、途中から取付道路に接続する。

i. 平面線形

アメリカ橋連絡道路の平面線形は、Pre F/S と同様とし、変更していない。

表 11.21、表 11.22 にアメリカ橋連絡道路の平面線形（概略設計）を示す。

表 11.21 アメリカ橋連絡道路（上り線／至 Panama City）の平面線形要素

No.		Station (KM)	Coordinate		Beginning Radius (m)	Clothoid Parameter (m)	Ending Radius (m)	Length (m)
			X (Y)	Y (X)				
1	BC1-0	0+000.000	655,769.178	989,110.867	-1,304.451		-1,304.451	111.800
2	KA2-1	0+111.800	655,817.140	989,009.915		477.030	-800.000	110.000
3	KE2-1	0+221.800	655,873.421	988,915.469	-800.000		-800.000	637.831
4	KE2-2	0+859.631	656,394.666	988,577.782	-800.000	296.648		110.000
5	KA2-2	0+969.631	656,503.709	988,563.483				199.727
6	KA3-1	1+169.388	656,702.314	988,542.058		216.564	-700.000	67.000
7	KE3-1	1+236.388	656,769.026	988,535.935	-700.000		-700.000	273.918
8	KE3-2	1+510.305	657,038.685	988,572.850	-700.000	216.564		67.000
9	KA3-2	1+577.305	657,101.298	988,596.676				5.094
10	EP	1+582.399	657,106.029	988,598.563				

出典：調査団

表 11.22 アメリカ橋連絡道路（下り線／至 Arraijan）の平面線形要素

No.		Station (KM)	Coordinate		Beginning Radius (m)	Clothoid Parameter (m)	Ending Radius (m)	Length (m)
			X (Y)	Y (X)				
1	BC1-0	0+000.000	657,053.260	988,580.280	428.299		428.299	108.364
2	KAE1-1	0+108.364	656,945.989	988,567.123	428.299	236.796	340.000	34.000
3	KEE1-1	0+142.364	656,912.039	988,568.740	340.000		340.000	191.994
4	KE1-1	0+334.358	656,735.855	988,638.396	340.000	157.544		73.000
5	KA1-1	0+407.358	656,681.506	988,687.075				291.759
6	KA2-1	0+699.117	656,681.506	988,889.381		156.381	-335.000	73.000
7	KE2-1	0+772.117	656,416.904	988,938.030	-335.000		-335.000	146.933
8	KE2-2	0+919.050	656,284.901	988,999.843	-335.000	156.381		73.000
9	KA2-2	0+992.050	656,212.716	989,010.457				166.807
10	EP	1+158.857	656,046.910	989,028.716		156.381		73.000

出典：調査団

ii. 縦断線形

アメリカ橋連絡道路の縦断線形は Pre-F/S の成果に含まれていないため、新設となる上り線について、地形図を基に縦断線形を計画した。なお、下り線は現地盤レベルでの改良が主となるため、縦断は道路なりとする。

表 11.23 にアメリカ橋連絡道路上り線の縦断線形（概略設計）を示す。

表 11.23 アメリカ橋連絡道路上り線の縦断線形

No.	IP	Station (KM)	Length (m)	Crest /Sag	EL (m)	Grade (%)	V. Curve	
							Length (m)	Radius (m)
1	VIP1	0K+165.000	100.000		16.500	1.000		
2	VIP2	0K+265.000	735.000	Crest	17.500	0.300	50.000	7143
3	VIP3	1K+000.000	400.000	Sag	19.705	2.574	100.000	4398
4	VIP4	1K+000.000	182.399	Crest	30.000	0.000	100.000	3885

出典：調査団

(2) 標準横断構成

既存資料の収集・レビューの結果に基づき、概略設計の標準横断構成を設定した。なお、現時点では主橋部においても幅員縮小しないことを基本とするが、平面的に直線であることと見通しが良いことから、コスト縮小のオプションとして実施設計段階において検討の余地がある。表 11.24 に横断面幅員の標準値（概略設計）を示す。

表 11.24 横断面幅員の標準値（概略設計）

項目	基準値	
横断面幅員	横断面幅員	
	車線幅	W=3.65m
	中央分離帯	W=1.2m
	外側路肩幅	W=1.2m(橋梁部と擁壁部)
	内側路肩幅	W=3.0m(土工部)
	歩道幅	W=2.5m(排水施設を含む)
	モノレール幅(検査路を含む)	W=9.0m
	道路の建築限界	h=5.5m
	パナマ運河航路限界	h=75m(MLWS から上)

出典：調査団

(3) 土工設計

のり面勾配については、現地の地質状況を勘案し、盛土は 1:2、切土については土砂 1:1、軟岩 1:0.5 とする。なお、東側の取付道路は既存道路との道路間隔が狭いため、当該国で広く適用されている補強土擁壁を採用し、用地的制約を回避した。

表 11.25 に取付道路の土工区間及び道路構造を示す。

表 11.25 取付道路の土工区間及び道路構造

測点	延長	平均盛土高	平均切土高	道路構造
-KM0+020.975~KM0+650	670.975m	0m	0m	舗装打換え
KM0+650~KM1+050	400m	4.0m	-	補強土擁壁
KM1+570~KM2+000	430m	4.0m	-	補強土擁壁
KM2+740~KM2+847	107m	15m	30m	北側:補強土擁壁 南側:切土(のり面勾配:1:1 土砂,1:0.5 軟岩)、 補強土擁壁
KM5+390~KM6+150	760m	4.0m	-	盛土(のり面勾配:1:2)切土(のり面勾配:1:1)
KM6+150~KM6+500	350m	2.0m	-	盛土(のり面勾配:1:2)切土(のり面勾配:1:1)
KM6+500~KM6+699.237	199.237m	0m	0m	舗装打換え

出典：調査団

(4) 軟弱地盤改良設計

アメリカ橋連絡道路の上り線は湿地帯を通過する。軟弱地盤対策工の検討が必要となる可能性があるため、詳細設計時に対応することとした。なお、同上り線の多くは橋梁区間であり橋台背面位置は対策が必要となる可能性があるものの、極めて限定的であるため、本調査の概算工事費に大きな影響はない。

(5) 舗装設計

取付道路土工区間の舗装構造は、現道である Corredor Norte 及び Panamerican Highway と同様に、車道部にコンクリート舗装（JCP/Jointed Concrete Pavement：無筋で目地あり）、路肩部にアスファルト舗装とした。第 3 章需要予測の 3.4.4 交通量配分によって ESAL（18kip 等価単軸荷重）について推計した結果、ESAL は供用後 20 年間（2021 年～2040 年）で 7.64 百万回となるが、Pre-F/S の 10.96 百万回より小さい。このため、Pre-F/S に合わせ、コンクリート版 t=220mm、ベースコース t=250mm（CBR≧80%）とした。

表 11.26 に取付道路の舗装構造を示す。

表 11.26 取付道路の舗装構造

測点	延長	車線数	舗装幅員	舗装構造
-KM0+020.975~KM1+050	1,070.975m	4	19.4m	車道部: コンクリート舗装(t=220) ベースコース(t=250)
KM1+570~KM2+000	430m	4	19.4m	
KM2+740~KM2+847	107m	6	30.3m	路肩部: アスファルト舗装(t=220) ベースコース(t=250)
KM5+390~KM6+699.237	1,309.237m	6	30.3m	

出典：調査団

(6) 道路付帯工設計

1) 排水施設

東側取付道路は主に補強土擁壁を採用しており、また、西側取付道路及びアメリカ橋連絡道路は既存道路と接近しており高低差が少ないことから、排水施設は側溝で対応する計画とした。側溝は用地制約及び地形が平坦で水路勾配が小さいことから、コンクリートU型側溝（0.5m x 0.5m）とした。なお、全線を通じて縁石を設けないため、縦溝は設置しない。

2) 交通管理・安全施設設計

防護柵

取付道路土工区間の中央分離帯は、コンクリートの剛性防護柵（ニュージャージー型：TL-3（FHWA 承認））を設置し、路肩にはガードレールを設置する計画とした。また、東側連結側道及びアメリカ橋連絡道路土工区間の路肩にはガードレールを設置する計画とした。

路面標示

取付道路の路面標示は、全線に車線境界線及び車道外側線を設置する計画とした。また、インターチェンジのランプターミナルにはゼブラハッチ等の路面標示を設置する計画とした。また、東側連結側道及びアメリカ橋連絡道路については、全線に車線境界及び車道外側線を設置する計画とした。

道路標識

道路標識は、取付道路には設計速度に応じて速度規制標識、インターチェンジの出入口等には案内標識を設置する計画とした。また、東側連結側道及びアメリカ橋連絡道路の必要箇所に速度規制標識を設置する計画とした。

(7) 概略設計図面

表 11.27 に概略設計図面リスト（道路設計）を示す。

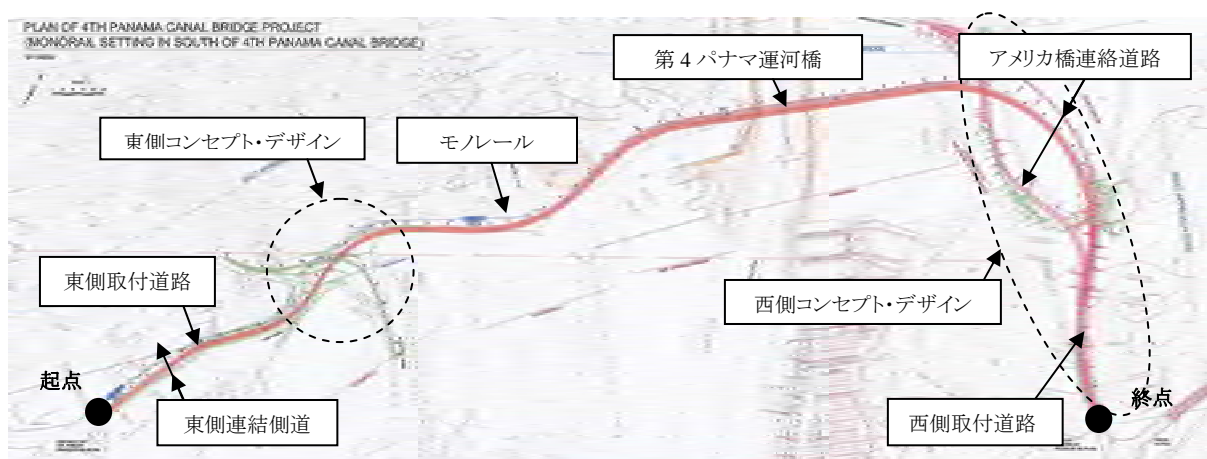
表 11.27 概略設計図面リスト（道路設計）

図面	図面寸法	表示道路	図面サイズ
平面図	S=1/15,000 S=1/4,000	取付道路(含む橋梁区間) 東側連結側道 西側アメリカ橋連絡道路(含む橋梁区間)	A3
線形図	S=1/4,000	取付道路(含む橋梁区間)	A3
縦断図	H=1/4,000 V=1/400	取付道路(含む橋梁区間)	A3
標準横断図	S=1/200	取付道路	A3

出典：調査団

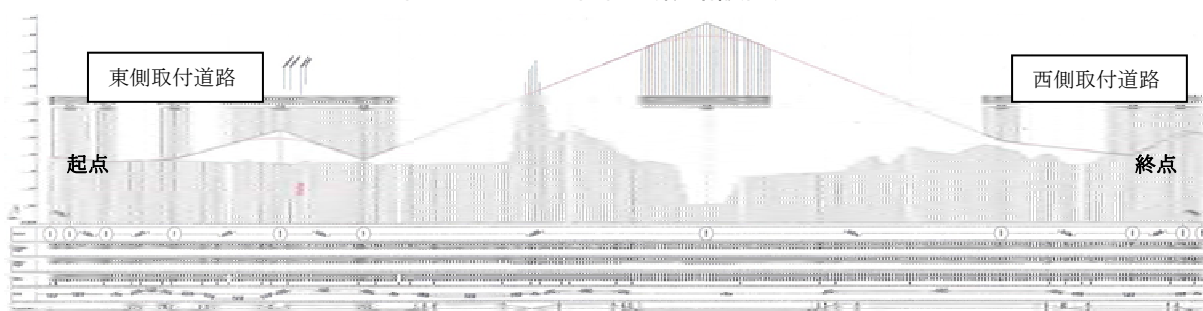
平面図では、本事業で建設する取付道路、東側連結側道及びアメリカ橋連絡道路に加え、別途事業で建設する東側の Omar Torrijos ラウンドアバウトへの接続道路、西側の追加ランプ及び既存道路との接続道路を合わせ示した。縦断図は、取付道路について作成した。標準横断図は、西側の6車線土工部及び東側の4車線擁壁部について作成した。これらの設計図面は、巻末の付属資料に収録した。

図 11.15～図 11.18 に平面図、縦断図及び標準横断図を示す。



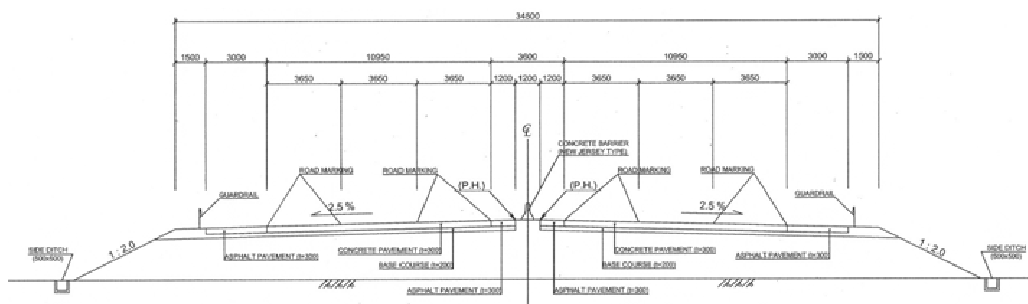
出典：調査団

図 11.15 平面図（概略設計）



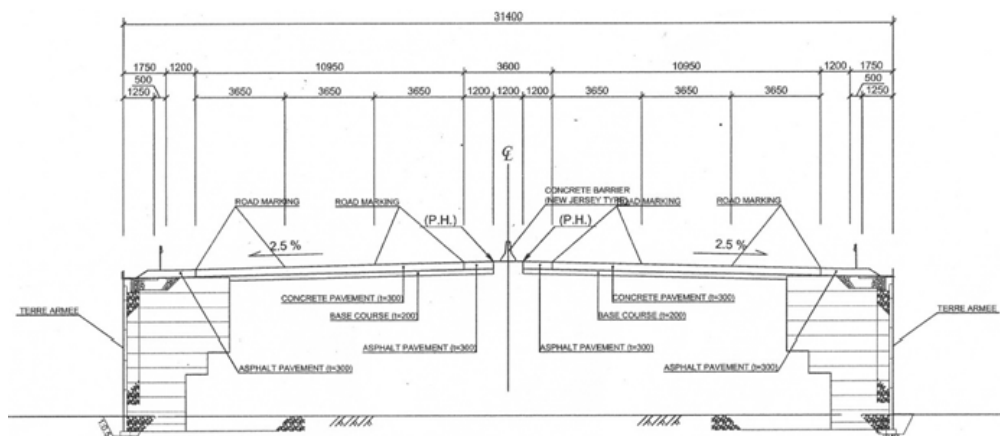
出典：調査団

図 11.16 縦断面図（概略設計）



出典：調査団

図 11.17 土工部（6車線）の標準横断面図（概略設計）



出典：調査団

図 11.18 擁壁部（4車線）の標準横断面図（概略設計）

(8) 概算工事数量

概略設計結果に基づき、概算工事数量を算出した。表 11.28 に道路工事の概算数量を示す。

表 11.28 道路工事の概算数量（概略設計）

道路		工事	工種	単位	数量
取付道路	東側 -KM0+020.975～KM1+050 KM1+570～KM2+000 KM2+740～KM2+847 L=1,607.975m	土工	伐開除根	m2	20,255.0
			舗装撤去工	m2	21,940.0
			盛土	m3	166,862.5
			切土(土砂)	m3	10,328.0
			切土(軟岩)	m3	41,312.1
			のり面保護工	m3	5,597.7
		排水工	側溝(0.5x0.5)	m	3,214.0
			集水樹(1.0x1.0)	箇所	34.0
			排水管(D=0.6)	m	241.1
		舗装工	アスファルト舗装(t=220)	m2	5,464.0
			コンクリート舗装(t=220)	m2	29,247.0
			ベースコース(t=250)	m2	34,711.0
	歩道		m2	700.0	
	構造物工	補強土擁壁	m2	10,780.0	
		既存高架橋の撤去 既存擁壁の撤去	m3 m3	41,870.0 4,000	
	道路付帯施設	ガードレール	m	3,428.0	
		コンクリート剛性防護柵	m	1,607.0	
		路面標示	m2	2,213.0	
道路標識		箇所	12.0		
西側 KM5+390～KM6+699.237 L=1,309.237m	土工	伐開除根	m2	50,476.0	
		舗装撤去工	m2	4,708.0	
		盛土	m2	274,890.0	
	排水工	側溝(0.5x0.5)	m	2,618.0	
		集水樹(1.0x1.0)	箇所	27.0	
		排水管(D=0.6)	m	60.0	
	舗装工	アスファルト舗装(t=220)	m2	4,450.6	
		コンクリート舗装(t=220)	m2	23,823.8	
		ベースコース(t=250)	m2	28,274.4	
		歩道	m2	2,995.0	
	道路付帯施設	ガードレール	m	2,618.0	
		コンクリート剛性防護柵	m	1,309.0	
路面標示		m2	1,047.2		
道路標識		箇所	4.0		
フェンス	m	1,198.0			
東側 連結側道	On ランプ KM0+000～KM0+400.200 L=400.2m Off ランプ KM0+000～KM0+624.990 L=624.99m	土工	伐開除根	m2	9,079
			舗装撤去工	m2	2,312
			盛土	m3	37,100
		排水工	コンクリート縁石	m	1,000
			集水樹(1.0x1.0)	箇所	50
			排水縦断管(D=0.15)	m	175
		舗装工	アスファルト舗装(t=220)	m2	2,400
			コンクリート舗装(t=220)	m2	7,200
ベースコース(t=250)	m2	9,600			
構造物工	補強土擁壁	m2	3,500		
道路付帯施設	ガードレール	m	2,000		
	路面標示	m2	375		
	道路標識	箇所	3		
西側 アメリカ橋 連絡道路	至パナマ市内 KM0+000～KM1+582.40 L=1,582.4m 至アライハン KM0+000～KM1+588.00 L=1,588m	土工	伐開除根	m2	30,976.0
			舗装撤去工	m2	12,756.0
			盛土	m3	228,900.0
		排水工	コンクリート縁石	m	3,160.0
			集水樹(1.0x1.0)	箇所	118.0
			排水管(D=0.6)	m	426.0
		舗装工	アスファルト舗装(t=220)	m2	5,664.0
			コンクリート舗装(t=220)	m2	16,992.0
ベースコース(t=250)	m2		22,656.0		
道路付帯施設	ガードレール	m	4,720.0		
	路面標示	m2	885.0		
道路標識	箇所	9.0			

出典：調査団

11.5 コンセプト・デザイン

11.5.1 コンセプト・デザインの検討

(1) 目的

現況道路と第4パナマ運河橋との接続性を向上させることを目的として、主橋の東西双方それぞれの地域におけるコンセプト・デザインの検討を行った。特に東側地域では、Omar Torrijos ラウンドアバウト周辺の混雑が激しい上に将来交通量の増加が予想されている。このため、将来的な交通流の推定を行い評価するために、同ラウンドアバウトを中心にマイクロシミュレーションを行った。また、事業規模把握の参考として、コンセプト・デザインの概算工事費を算出した。

(2) 検討概要

取付道路と主要な既存道路はランプで接続することとし、既存道路の位置、周辺の地形条件及び地物位置を考慮の上、最適な接続方法を検討した。

既存のラウンドアバウトの形状は極力手を加えずにラウンドアバウト付近の道路リンクを追加して改良案とすることを基本方針とした。

現況のフライオーバーは老朽化が進み、また新規ランプ計画と干渉することから撤去する方針とした。

また、ラウンドアバウト地域はコントロール物件が数多く存在することから、本線事業とコンセプト・デザインの両事業が互いに成立し得ることを考慮し、コンセプト・デザインの検討結果を取付道路の線形計画にも反映した。

(3) 設計条件

ランプの設計速度は40km/hrとし、車線数は利用交通量に応じて決定した。

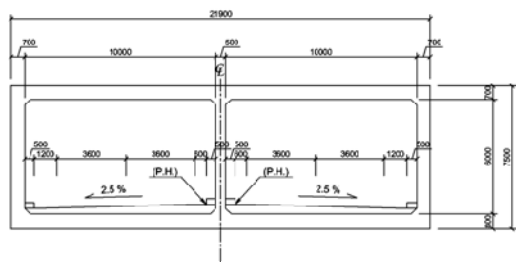
表 11.29 にランプの設計条件（コンセプト・デザイン）、図 11.19～図 11.21 に標準横断図（コンセプト・デザイン）を示す

表 11.29 ランプの設計条件（コンセプト・デザイン）

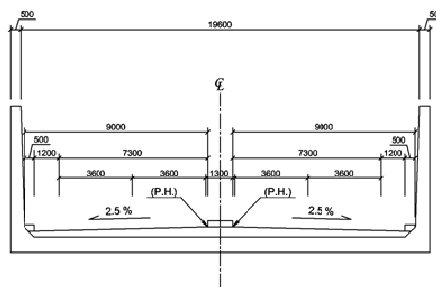
項目	東側地域		西側地域
取付道路の設計速度	80km/hr		100km/hr
ランプ	設計速度	40km/hr	
	車線数	1方向2車線	1方向1車線
	最小曲線半径	40m	
	最急縦断勾配	8%	
アンダーパス	設計速度	60km/hr	40km (Ramp)
	車線数	2方向4車線	1方向1車線
	最小曲線半径	150m	40m
	最急縦断勾配	6%	8%

出典：調査団

ボックスカルバート部



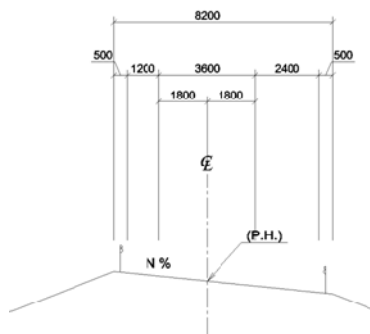
擁壁部



出典：調査団

図 11.19 Omar Torrijos 交差点の標準横断面図（コンセプト・デザイン）

土工部



出典：調査団

図 11.20 1 方向 1 車線ランプの標準横断面図（コンセプト・デザイン）

土工部	ボックスカルバート部	アメリカ橋連絡道路橋部

出典：調査団

図 11.21 1 方向 2 車線ランプの標準横断面図（コンセプト・デザイン）

(4) コンセプト・デザインの検討

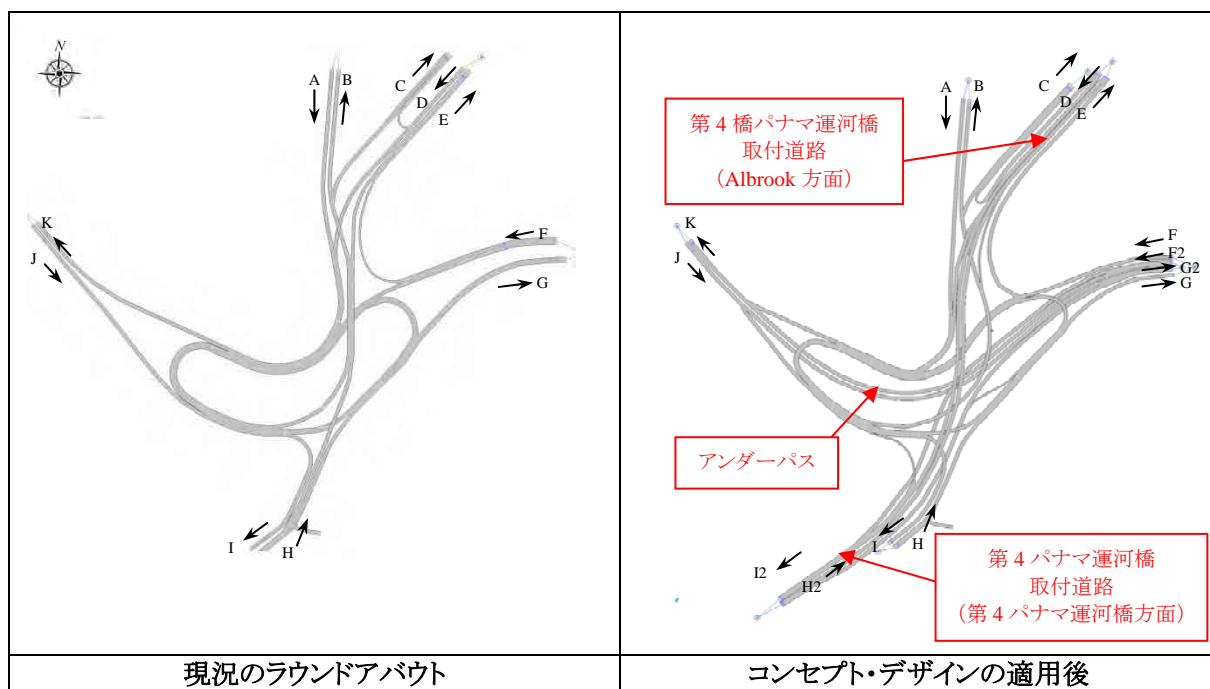
1) 東側地域

取付道路は Omar Torrijos ラウンドアバウトの上を高架橋で通過するため、同道路への接続の検討を実施した。Omar Torrijos ラウンドアバウトは、周辺にバスターミナル、大型ショッピングセンター、港湾、空港及び運河岸施設があり、アメリカ橋やパナマ運河沿いの道路に繋がる交通の要衝となっている。

メトロ庁との協議の結果、土地利用の制限から、現在の形状を大きく変更しないことを改良案検討の前提条件とした。従って、Omar Torrijos ラウンドアバウトを利用する交通量のうち特に交通量の多い南北方向の交通はラウンドアバウトを周回せず中央を地下で通過するアンダーパスとする計画に変更した。これにより、Omar Torrijos ラウンドアバウトを周回する交通量が減少し、混雑が緩和することが期待できる。

なお、アンダーパスは、Omar Torrijos ラウンドアバウトの下を横断している Curundu 川のボックスカルバート（6m*5m*2）の下を横断する必要がある。

取付道路に接続するランプ（on 及び off）の追加及びラウンドアバウトに接続するランプの付け替えを計画した。ラウンドアバウトの現況と適用後の概要図を図 11.22 に示す。



出典：調査団

図 11.22 1方向2車線ランプの標準横断図（コンセプト・デザイン）

表 11.30 対象道路の走行速度

項目	取付道路	アンダーパス	既存道路	ランプ	ラウンドアバウト
走行速度	80km/hr	60km/hr	50km/hr	40km/hr	30km/hr

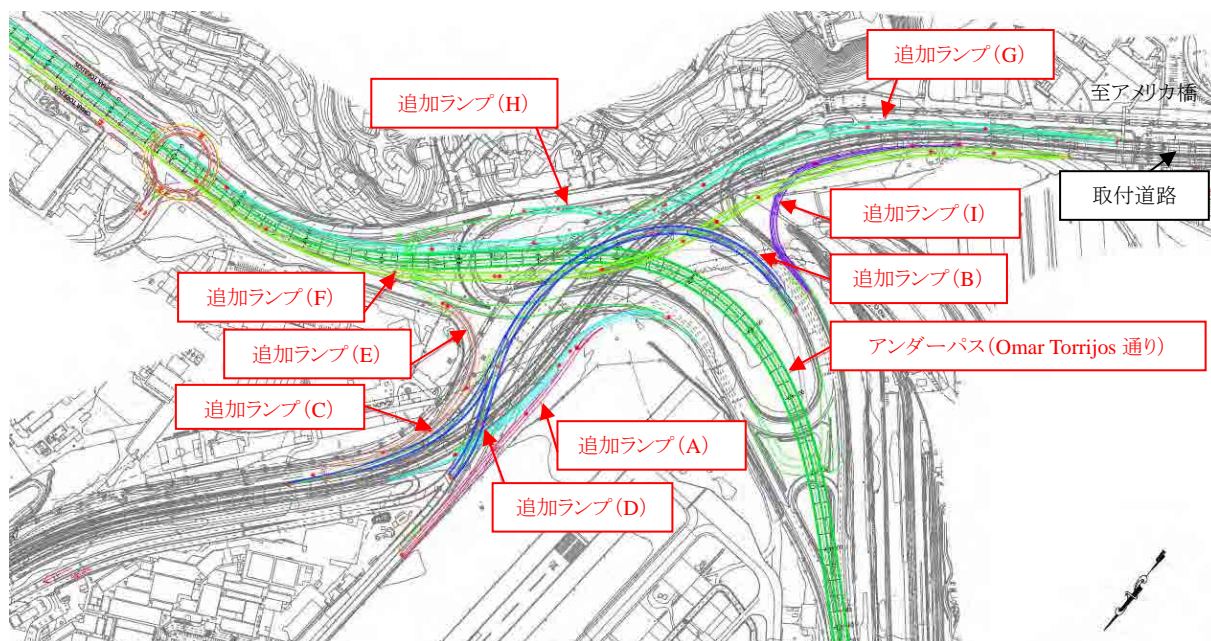
出典：調査団

ここで、コンセプト・デザインで追加する各道路について、表 11.31 のとおり補足説明する。また、図 11.23 に東側地域のレイアウト図（コンセプト・デザイン）、表 11.32 にコンセプト・デザイン図面リスト（東側地域）を示す。

表 11.31 東側コンセプト・デザインの各道路の概要

名称	道路概要
アンダーパス	南北の通過交通のためラウンドアバウト中央の地下を通る。
追加ランプ A	Albrook 国際空港側の現道からラウンドアバウトに流入する。
追加ランプ B	ラウンドアバウトから分岐して取付道路の下を通り、Albrook 国際空港方面に向かう。
追加ランプ C	B から分岐し、Albrook 方面に向かって取付道路と合流する。
追加ランプ D	取付道路から分岐してラウンドアバウトに下る。途中で A と合流する。
追加ランプ E	パナマ市外方面から取付道路に合流し、Albrook 方面に至る。
追加ランプ F	アンダーパスから分岐してラウンドアバウト区間を地下で抜け、地上化して取付道路に接続し、第 4 パナマ運河橋方面に向かう。
追加ランプ G	第 4 パナマ運河橋方面からラウンドアバウト方面の取付道路から分岐し、ラウンドアバウトを跨いだ後に地下化し、アンダーパスに合流する。
追加ランプ H	G から分岐し、ラウンドアバウトに合流する。
追加ランプ I	ラウンドアバウトから分岐し、取付道路の第 4 パナマ運河橋方面に流入する。

出典：調査団



出典：調査団

図 11.23 東側地域のレイアウト図（コンセプト・デザイン）

表 11.32 コンセプト・デザイン図面リスト（東側地域）

図面		図面寸法
平面図		S=1/4,000
平面線形図		S=1/4,000
縦断面図	取付道路	H=1/4,000 V=1/400
	アンダーパス	H=1/4,000 V=1/400
標準横断面図		S=1/200

出典：調査団

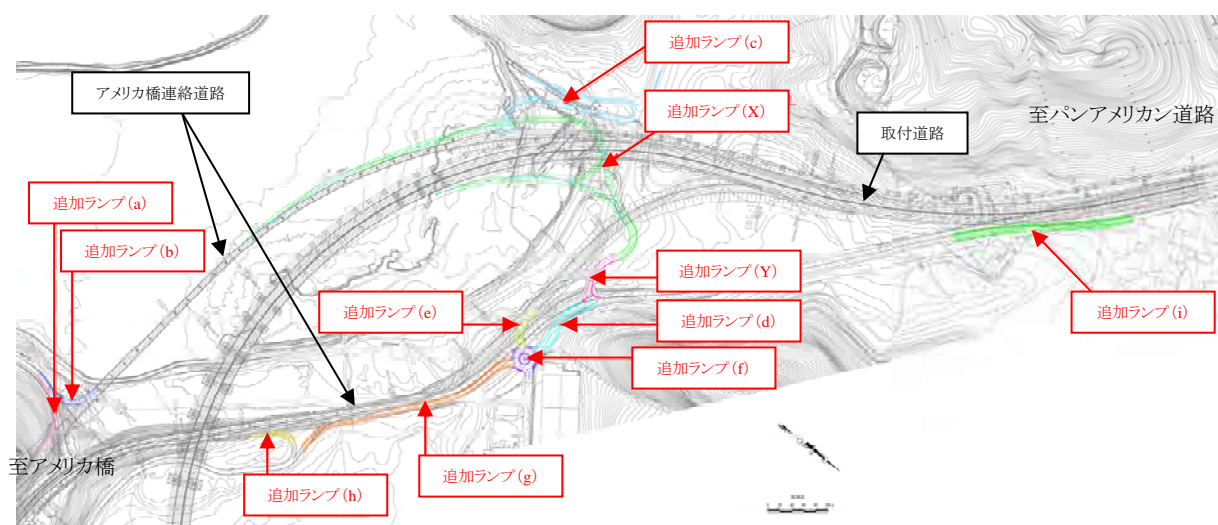
2) 西側地域

Pre-F/S では、アメリカ橋に繋がる Panamerican 道路の上下線を分離し、それぞれ 2 車線の一方通行路とすることで周辺道路との接続性を高めているが、取付道路と既存道路の接続性は低い。

従って、取付道路の第 4 パナマ運河橋からアメリカ橋連絡道路のアメリカ橋方向へのランプ（U ターン方式）、及びそこから Panamerican 道路のアライハン方向に接続する既存の交差点を結ぶランプを計画した。

追加ランプ（a）～（b）はアメリカ橋連絡橋とアメリカ橋の間に位置し、南側の道路へ接続する。追加ランプ（c）～（h）はアメリカ橋連絡橋や道路とそれぞれ現道を接続する。追加ランプ（X）と（Y）は西側取付道路からのオフランプである。追加ランプ（i）は西側取付道路が既存道路と干渉するために現道の付け替えを計画した道路である。

図 11.24 に西側地域のレイアウト図（コンセプト・デザイン）、表 11.33 にコンセプト・デザイン図面リスト（西側地域）を示す。



出典：調査団

図 11.24 西側地域のレイアウト図（コンセプト・デザイン）

表 11.33 コンセプト・デザイン図面リスト（西側地域）

図面	図面寸法
平面図	S=1/4,000
平面線形図	S=1/4,000
標準横断面	H=1/4,000,V=1/400

出典：調査団

(5) 概算工事数量

表 11.34 にコンセプト・デザイン対象道路の概算工事数量を示す。

表 11.34 コンセプト・デザイン対象道路の概算工事数量

道路		工事	工種	単位	数量
東側	Omar Torrijos 交差点改良	土工	伐開除根	m2	26,376
			舗装撤去工	m2	8,961
			盛土	m3	10,714
			切土(土砂)	m3	27,375
		排水工	コンクリート縁石	m	8,000
			側溝(0.5x0.5)	m	5,550
			集水柵(1.0x1.0)	箇所	277
			排水管(D=0.5)	m	2,820
			排水ポンプ(アンダーパス)	箇所	2
		舗装工	アスファルト舗装(t=220)	m2	6,192
			コンクリート舗装(t=220)	m2	42,264
			ベースコース(t=250)	m2	24,768
		構造物工	高架橋(ランプ)	m2	11,250
高架橋拡幅(本線)	m2		1,920		
ボックスカルバート(10.6x6.0)	m		2,035		
ボックスカルバート(10.0x6.0x2)	m		1,000		
補強土擁壁	m2		5,600		
擁壁(Uタイプ:Fランプ)	m		140		
擁壁(Uタイプ:Gランプ)	m		140		
擁壁(Uタイプ:Omar Torrijos 通り)	m		470		
既存ボックスカルバート(6x5x2,杭基礎)の補強	箇所	1			
道路付帯施設	ガードレール	m	5,760		
	路面標示	m2	5,514		
	道路標識(速度規制)	箇所	12		
	道路標識(案内)	箇所	18		
西側	既存道路接続ランプ (追加ランプ X 以外)	土工	伐開除根	m2	15,494
			盛土	m3	26,918
			切土(土砂)	m3	3,198
			のり面保護工(盛土)	m2	15,040
			のり面保護工(切土)	m2	585
			排水工	側溝(0.5x0.5)	m
		集水柵(1.0x1.0)	箇所	92	
		舗装工	アスファルト舗装(t=220)	m2	6,036
			コンクリート舗装(t=220)	m2	7,668
			ベースコース(t=250)	m2	13,704
	歩道		m2	1,700	
	道路付帯施設	ガードレール	m	2,370	
		路面標示	m2	554	
道路標識(速度規制)		箇所	16		
道路標識(案内)		箇所	16		
追加ランプ X	構造物工	高架橋(ランプ)	m2	9,266	
		高架橋拡幅(本線)	m2	1,640	
	道路付帯施設	路面標示	m2	519	
道路標識(速度規制)	箇所	4			
道路標識(案内)	箇所	4			

出典：調査団

11.5.2 マイクロシミュレーション

(1) 実施の目的

11.5.1において提案した Omar Torrijos ラウンドアバウトの改良案における、渋滞発生の有無を確認するため、マイクロシミュレーションを実施した。

(2) 実施方法

本シミュレーションでは、ソフトウェア「Aimsun6」を利用して、下記の2ケースについて実施した。また、ネットワークの構築において、各道路の走行速度は表 11.37 のとおり設定した。

ケース	使用ネットワーク	使用交通量データ
現況	現況ネットワーク (図 11.25 参照)	2013年(現況)方向別交通量(7時~8時)、 断面交通量(7時~8時) (表 11.35 参照)
改良案	将来ネットワーク(改良案) (図 11.25 参照)	2050年方向別交通量(7時~8時) (表 11.36 参照)

表 11.35 2013年(現況)方向別交通量(7時~8時)と断面交通量(7時~8時)

		Destination						Total			
		K	I	G	E	B	C				
Origin	J	0	743	1,068	78	276	159	2,324	A	1,299	
	H	589	0	339	56	247	207	1,438	B	812	
	F	944	340	5	36	207	140	1,672	C	638	
	D	505	314	419	0	55	86	1,379	D	1,511	
	A	478	331	270	15	0	42	1,136	E	150	
Total		2,516	1,728	2,101	185	785	634	7,949	F	1,849	
										G	2,135
										H	1,690
										I	1,736
										J	2,703
										K	2,537

出典：調査団

表 11.36 2050年方向別交通量（7時~8時）

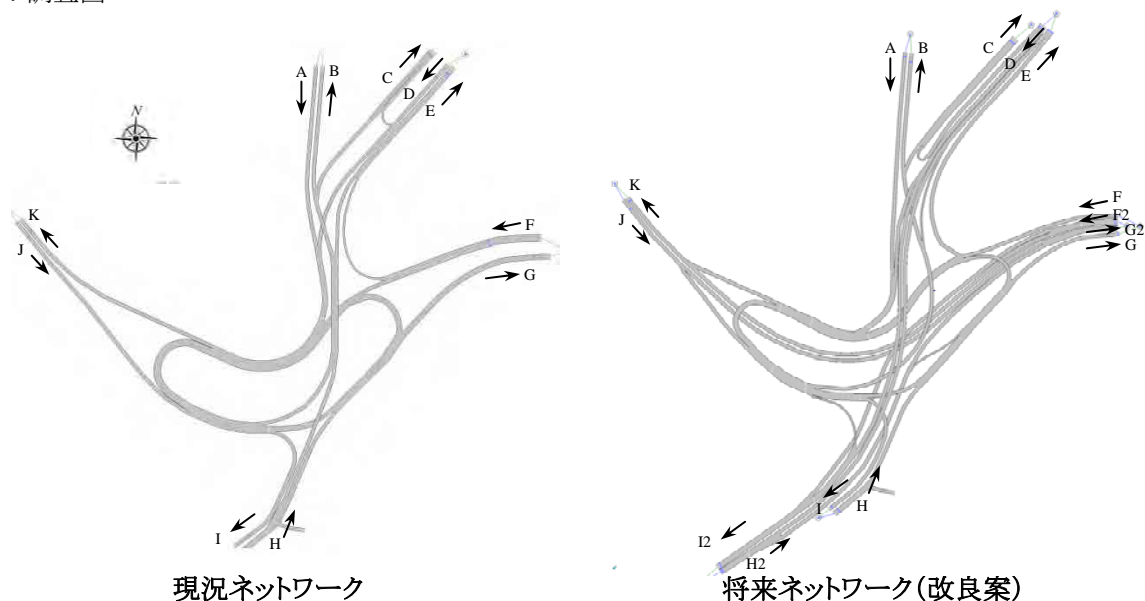
		Destination								Total
		K	I	G	E	B	C	G2	I2	
Origin	J	0	1,010	7	109	368	227	1,933	6	3,660
	H	784	0	803	284	333	55	0	0	2,259
	F	207	418	276	626	311	125	0	14	1,977
	D	674	411	305	0	82	112	0	298	1,882
	A	628	475	255	21	0	63	0	56	1,498
	F2	1,049	0	0	0	0	0	0	419	1,468
	H2	88	0	805	1,207	0	132	1,595	0	3,827
Total		3,430	2,314	2,451	2,247	1,094	714	3,528	793	16,571

出典：調査団

表 11.37 各ネットワーク構築における設定走行速度

	取付道路	アンダーパス	既存道路	ランプ	ラウンドアバウト
現況ネットワーク 走行速度	—	—	50km/hr	40km/hr	30km/hr
将来ネットワーク 走行速度	80km/hr	60km/hr	50km/hr	40km/hr	30km/hr

出典：調査団



出典：調査団

図 11.25 マイクロシミュレーション使用ネットワーク（現況および将来）

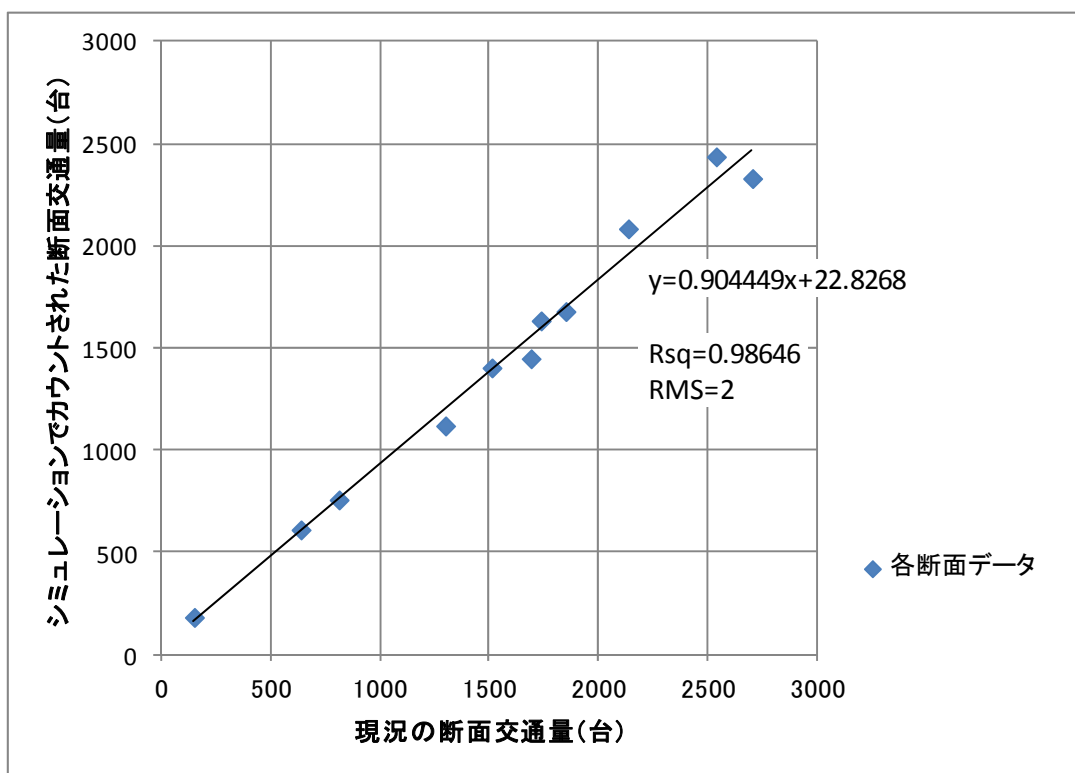
(3) 結果の分析・評価

1) 現況ネットワーク再現性の確認

交通流は、予測可能なものから予測不能なものまで様々な要因が重なり変化する。マイクロシミュレーションにおいてその様々な要因を忠実に再現することは非常に困難である。実際には7時から8時の間に流入・流出箇所までカウントされていた断面交通も、シミュレーションで構築したネットワークにおいては再現できていない何らかの要因によって流出箇所まで辿りつけず、カウントされなかった交通もある。

本マイクロシミュレーションでは、構築した現況ネットワークの再現性を確認するため、実際の交通量調査において各路線の流出・流入箇所までカウントされた7時~8時の各断面交通量（表 11.35 参照）と、本マイクロシミュレーションで各流出・流入箇所までカウントされた交通量との相関性を確認した。

図 11.26 は、実際の断面交通量と本シミュレーションでカウントされた各断面における交通量の相関結果を表す。一般に、相関係数および誤差がそれぞれ 0.90 以上 2.5 以下であれば相関があると言える。本シミュレーションの結果では、相関係数 (Rsq) が 0.98646、誤差 (RMS) が 2.0 であり、相関があると言え、現況ネットワークを本シミュレーションにて十分再現できていることが確認された。



出典：調査団

図 11.26 現況の断面交通量とシミュレーションによる断面交通量の相関結果

2) 結果の分析・評価

一般に、渋滞の明確な定義は路線または管理者によって異なるため、ここでは設定速度と実際の走行速度（シミュレーションによる結果）について、現況と改良案において比較することで分析・評価を行うこととした。

現況ケースおよび改良案ケースについて行ったシミュレーションの実施結果（平均走行速度）を次に示す。



出典：調査団

図 11.27 現況ケースにおけるシミュレーション実施結果（走行速度）



出典：調査団

図 11.28 改良案ケースにおけるシミュレーション実施結果（走行速度）

表 11.38 各ケースにおける平均走行速度比較

		取付 道路	アンダー パス	既存 道路	ランプ	ラウンド アバウト
現況 ネットワーク (2013年交通量)	設定走行速度(km/h)	—	—	50	40	30
	シミュレーション結果 平均走行速度(km/h)	—	—	52.8	43.9	31.0
将来 ネットワーク (2050年交通量)	設定走行速度(km/h)	80	60	50	40	30
	シミュレーション結果 平均走行速度(km/h)	84.1	64.3	51.9	42.5	30.6

出典：調査団

現況ネットワークおよび将来ネットワーク（改良案）において、各路線における走行速度が設定走行速度を満足しており、改良案においても渋滞が発生することが無く、交通が流れることがシミュレーションによって確認された。