

第5章 事業スコープ

5.1 路線計画および土木施設計画に係る設計方針と設計基準

路線計画および土木施設計画にあたっては、現地視察結果および SPTrans と協議を経た上で、次の方針の下、計画を行うこととした。

5.1.1 路線計画

- 需要計画と運行計画の結果設定された始終点および乗換駅を接続する
- 墓地、大学、学校、重要な教会等社会的に負の影響が大きい施設への影響を避ける
- モノレールの特徴である急勾配や小さな平面曲線を活かしてサンパウロの地形に合った線形とする
- 開発計画を考慮する
- 埋設管、高圧線、高架構造物等の公共サービス施設等の移設や撤去を避ける
- サンパウロ市は不法占拠住民の移設や土地利用状況の改善を交通インフラ整備事業を推進力として実施していることを配慮し、住民移転の影響を評価する
- 景観への影響を配慮
- 建設期間中の影響を評価

5.1.2 土木構造物

- 基本的に設計計画はブラジルの技術基準である ABNT（ブラジル技術基準協会）に準拠する
- すべての利用者にとってアクセス容易な駅施設等をめざす
- 利用者および住民にとって魅力的なデザインとする

5.1.3 設計基準

(1) 幾何構造

- 都市モノレール構造基準 運輸省鉄道監督局、建設省道路局

(2) 地質調査

- ABNT NBR 6484 – SPTによる簡易調査 – 試験方法（SPT簡易貫入試験試験方法と分類）

(3) 土工

- ABNT NBR 7182 - Solo - Ensaio de compactacao (土砂 転圧試験)
- ABNT NBR 7185 Solo - Determinacao da massa especifica aparente, “in situ”, com emprego dofrasco de areia (土砂 現場における砂置換法による密度測定法)
- ABNT NBR8044 - Projeto geotecnico (地質工学設計)
- ABNT NBR9061 - Seguranca de escavacao a ceu aberto (開削工事の安全)
- ABNT NBR11682 - Estabilidade de taludes (のり面安定)

(4) 基礎工

- ABNT NBR6122 - Projeto e execucao de fundacoes (基礎工 – 設計施工手順)
- ABNT NBR12131- Estacas - Prova de carga estatica - Metodo de ensaio (杭 静的載)

荷)

- ABNT NBR12655 Concreto de cimento Portland - Preparo, controle e recebimento - Procedimento Test – ポートランドセメントコンクリート – 準備、管理、受入試験手順)
- ABNT NBR13208 - Estacas - Ensaio de carregamento dinamico (杭 動的載荷試験方法);

(5) コンクリート構造物

- ABNT NBR6118 - Projeto de Estruturas de Concreto Procedimento (コンクリート構造物設計手順);
- ABNT NBR6489 - Prova de carga direta sobre terreno de fundacao (基礎 直接載荷試験);
- ABNT NBR9062 Projeto e execucao de estruturas de concreto pre-moldado (プレストレストコンクリート構造物の計画と施工)
- ABNT NBR12654 - Controle Tecnológico de Materiais Componentes do Concreto .Procedimento (コンクリート材料の技術管理手順);
- ABNT NBR12655 Concreto de cimento Portland - Preparo, Controle e Recebimento .Procedimento (ポートランドセメントコンクリート受入手順);
- ABNT NBR14931- Execucao de Estruturas de Concreto - Procedimento (コンクリート構造物受入基準)
- ABNT NBR15200 - Projeto de estruturas de concreto em situacao de incendio- 火災時におけるコンクリート構造物設計

(6) 鋼構造物

- ABNT NBR-8800 Projeto de estruturas de aco e de estruturas mistas de aco e concreto de edificios (鉄筋コンクリート構造物設計)
- ABNT NBR-6123 Forcas devidas ao vento em edificacoes (構造物への風力載荷)
- 補完的に ASTM および JIS を採用

(7) 火災防止

- ABNT NBR6135 Chuveiros automaticos para extincao de incendio (スプリンクラーによる消火)
- ABNT NBR8681 Acoes e seguranca nas estruturas – Procedimento (構造物の反応と安全)
- ABNT NBR9077 Saidas de emergencia em edificios (建築物からの緊急避難)
- ABNT NBR11742 Porta corta-fogo para saida de emergencia (防火扉)
- ABNT NBR11785 Barra antipânico – Requisitos (防火扉用把手仕様書)
- ABNT NBR13435 Sinalizacao de seguranca contra incendio e panico (火災およびパニック時の安全標識)
- ABNT NBR13768 Acessorios destinados a porta corta-fogo para saida de emergencia – Requisitos (緊急避難用防火扉付属品仕様)
- ABNT NBR14880 Saidas de emergencia em edificios - Escadas de seguranca - Controle de fumaca- Procedimento (建築物からの緊急避難 – 煙管理手順)
- ABNT NBR14432 Exigencias de resistencia ao fogo de elementos construtivos de edificacoes –Procedimento (建設資材の耐火性基準)

(8) 駅 (バリア・フリー)

- DECRETO No 5.296 DE 2 DE DEZEMBRO DE 2004 (ブラジルのバリア・フリー

法)

- ABNT NBR-9050 Acessibilidade a edificações, mobiliário, espaços e equipamentos urbanos (都市建築物、動産、空間、器具のアクセシビリティ)
- ABNT NBR-13994
- NBRNM313 Elevadores de passageiros - Requisitos de segurança para construção e instalação - Requisitos particulares para a acessibilidade das pessoas, incluindo pessoas com deficiência (旅客用昇降機 — 建設および設置仕様、障害者を含む利用者のアクセシビリティ要求事項)
- 補完資料として、日本のバリアフリーに関する基準

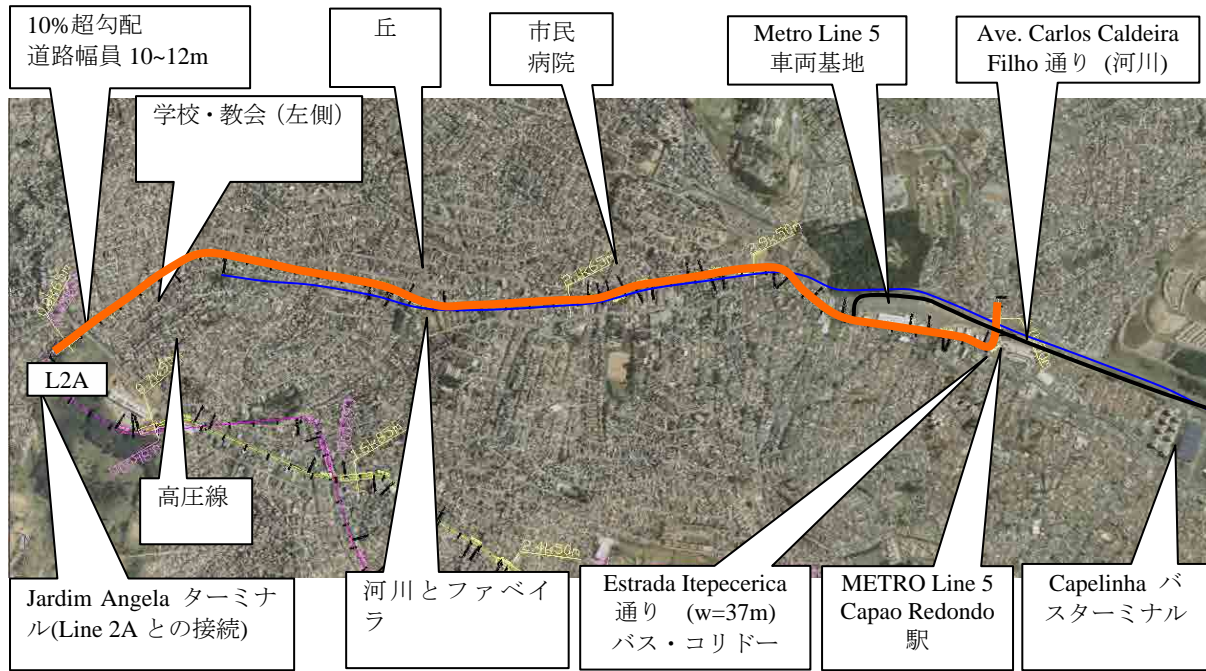
5.1.4 路線線形的设计コントロール

対象路線の踏査を通して設計の主要なコントロールを確認した。L2路線はより詳細にオリジナル路線と地域開発路線の比較を行うためにふたつに分割して表記する。選定された路線はオレンジ色で表示している。

表 5-1 設計コントロール一覧(1) (Line-1)

番号	測点	項目	記述/対応策
1	Km0+000	Line-2A との接続	必要な距離の直線を使用し、スムーズな接続
2	Km0+000	ターミナル駅	Jardim Angela ターミナルとの接続
3	Km0+020	M Boi Mirim	既存交通への影響を最小限にする
4	Km0+000~Km0+300	急勾配	現道は 10% 程度の下り勾配。Jardim Angela ターミナル駅と共に地下構造物を計画し縦断勾配の基準を満たす設計とする。
5	Km0+000~Km0+600	狭さく道路	現道幅員 10~12m 程度。既存の商業施設への影響を最小限とするために道路の片側のみで用地取得を行う。DERSA の道路計画を配慮する。
6	Km0+600~Km1+850	狭さく道路	現道幅員 10~12m 程度。既存の商業施設への影響を最小限とするために道路の片側のみで用地取得を行う。
7	Km0+750	学校・教会 (左側)	回避
8	Km1+000	高圧線	回避
9	Km1+200~Km3+200	河川	河川敷を活用
10	Km1+800~Km2+150	丘	回避 (河川敷案を優先)
11	Km2+400	病院 (AMA)	回避
12	Km3+200~Km4+100	Ave. Ellis Maas 通り	混雑している
13	Km3+200~EP	Ave. Carlos Caldeira Filho 通り (中央分離帯に河川)	幅員の広い道路
14	Km3+550~Km4+100	Metro Line 5 車両基地	回避
15	Km4+100~EP	Estrada Itapecerica 通り	バスコリドーを有する混雑している通り (幅員 W=37.0)
16	Km4+100	Metro Line 5 Capao Redondo 駅	快適な乗り換え施設の提供
17	EP (Km4+200)	Estrada Itapecerica 通り	モノレールの Campo Limpo および Vila Sonia への延伸に配慮
18		Capelinha バスターミナル	バス運行による接続を検討

出典：JICA 調査団



出典：JICA 調査団

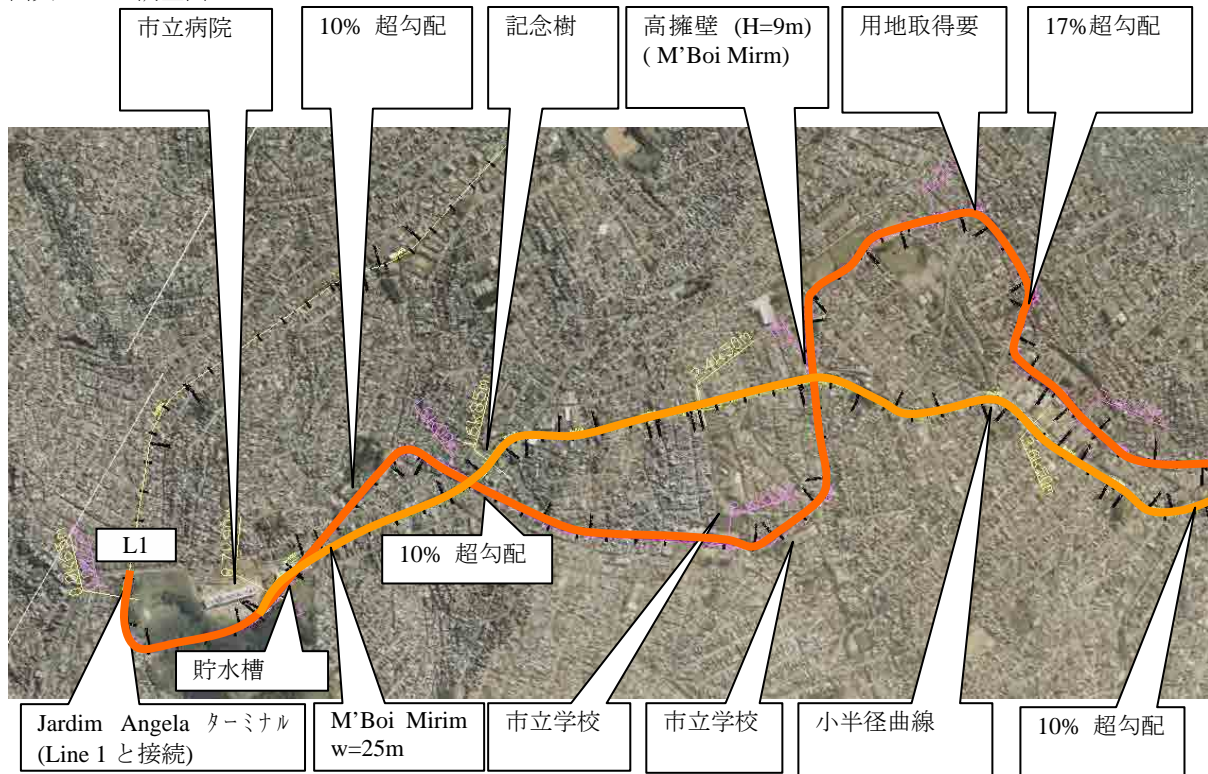
図 5-1 Line-1 設計コントロール

表 5-2 設計コントロール一覧(2) (Line-2A - 1/2)

番号	測点	項目	記述／対応策
オプション 1 (オリジナル案： M'Boi Mirim 道路)			
1	Km0+000	ターミナル	Jardim Angela ターミナルとのスムーズな接続
2	Km0+000	Jardim Angela 病院	必要距離の確保
3	Km0+600	貯水槽	回避
4	Km0+000~Km0+800	丘	影響を最小限
4	Km0+900~Km5+300	M'Boi Mirim 道路	平均幅員 W=25m (標準横断面を参照)
5	Km0+800	Jardim Angela バス乗換所	高需要／適切な箇所に駅計画
6	Km1+750	記念樹	回避
7	Km2+500	市立小学校	C.E.E Clube da Turma 回避／ 駅位置に考慮
8	Km2+800	M'Boi Mirim 高擁壁	H=9m アース・アンカーあり。 回避
9	Km3+500	小半径曲線	設計基準を満たす線形要素を採用
10	Km4+000~Km4+250	急勾配	現道 10% 下り勾配。橋脚高を調整し、最大勾配以下の縦断線形とする
11	Km4+200	小半径曲線	設計基準を満たす線形要素を採用
オプション 2 (地域開発ルート)			
1	Km0+000	ターミナル	Jardim Angela ターミナルとのスムーズな接続
2	Km0+000	Jardim Angela 病院	必要距離の確保
3	Km0+800	貯水槽	回避
4	Km1+000~Km1+400	急勾配	現道 10% 下り勾配。橋脚高を調整し、最大勾配以下の縦断線形とする
5	Km1+000~Km1+550	用地取得	線形が現道から外れるため、住民移転を含む用地取得が必要 (影響を受ける家屋の種類等は環境の章を参照)
6	Km1+400~Km1+600	急勾配	現道 12% 下り勾配。橋脚高を調整し、最大勾配以下の縦断線形とする
7	Km1+650~Km2+600	用地取得	線形が現道から外れるため、住民移転を含む用地取得が必要 (影響を受ける家屋の種類等は環境の章を参照)
8	Km2+600	市立小学校	C.E.E Clube da Turma

			回避 / 駅位置に考慮
9	Km2+600~Km3+350	用地取得	線形が現道から外れるため、住民移転を含む用地取得が必要(影響を受ける家屋の種類等は環境の章を参照)
10	Km3+200~Km3+300	急勾配	現道 17%以上の勾配 高橋脚が必要となる
11	Km3+400	Estrada M'Boi Mirim 通り	M'Boi Mirim 通りと高低差 9m の位置で交差、トンネル(詳細はトンネルの節を参照)
12	Km3+400~Km3+700	用地取得	線形が現道から外れるため、住民移転を含む用地取得が必要(影響を受ける家屋の種類等は環境の章を参照)
13	Km4+100~Km5+000	用地取得	線形が現道から外れるため、住民移転を含む用地取得が必要(影響を受ける家屋の種類等は環境の章を参照)
14	Km4+650~Km4+900	急勾配	現道 17%以上の勾配。橋脚高を調整し、最大勾配以下の縦断線形とする
15	Km5+000~Km5+350	団地	回避

出典：JICA 調査団



出典：JICA 調査団

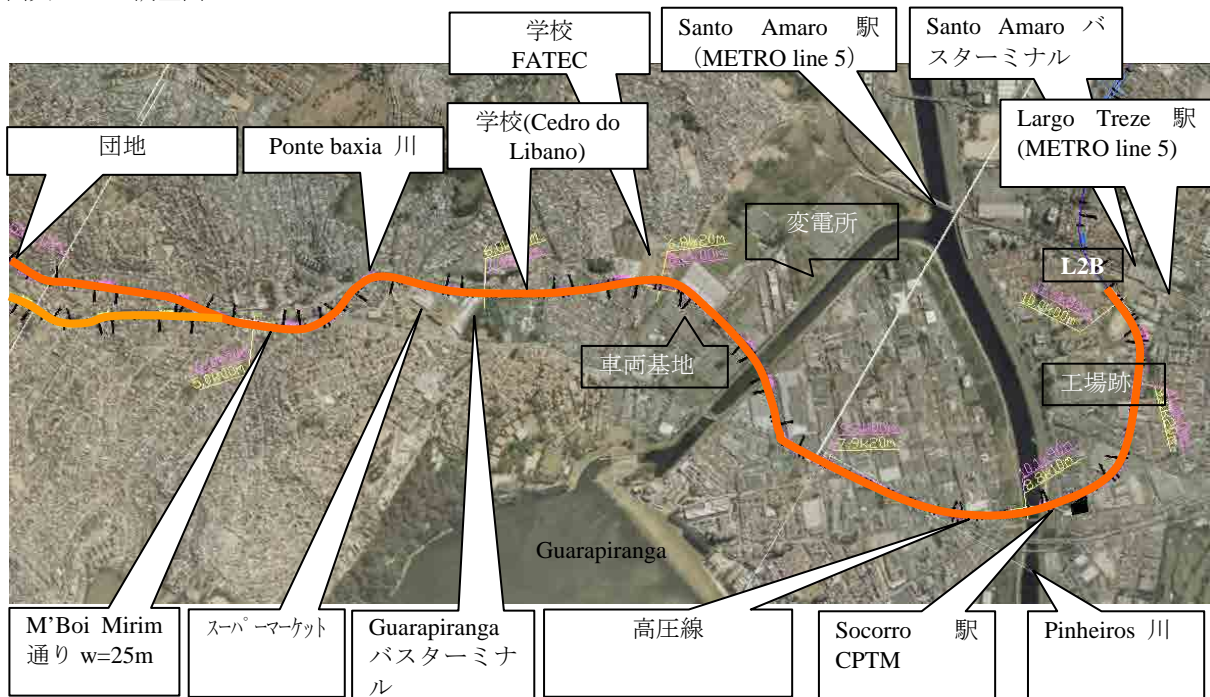
図 5-2 Line-2A 設計コントロール(1/2)

表 5-3 設計コントロール一覧(3) (Line-2A - 2/2)

番号	測点	項目	記述 / 対応策
オプション 1 (オリジナル案： M'Boi Mirim 道路)			
1	Km4+200~5+300	M'Boi Mirim 道路	幅員 W=25m (標準横断面図参照)
オプション 2 (地域開発ルート)			
1	Km5+350~Km5+700	家屋	用地取得をできるだけ回避
2	Km5+700~Km6+100	Ponte Baixa 川	現在の河川防護工への影響を回避
3	Km6+100~Km6+200	家屋	用地取得をできるだけ回避
4	Km6+200~Km6+700	M'Boi Mirim 道路	幅員 W=25m (標準横断面図参照)
共通部 オプション 2 の測点 (オプション 1)			
1	Km6+900~Km8+200 (Km5+500~Km6+800)	Ponte Baixa 川	都市インフラ局 (SIURBI) が実施中の河川防護工事と連携
2	Km7+300 (Km5+900)	スーパーマーケット	回避
3	Km7+400 (Km6+000)	Guarapiranga バスターミナル	容易な乗換を提供

4	Km7+500~Km7+700 (Km6+100~Km6+300)	学校	Associacao Cedro Do Libano de Protecao A Infancia (回避)
5	Km8+200 (Km6+800)	学校	FATEC (回避)
6	Km8+200 (Km6+800)	車両基地	適切なアクセス
7	Km8+600 (Km7+200)	変電所	回避
8	Km8+700 (Km7+300)	Guarapiranga 川	長大橋
9	Km10+100 (Km8+700)	高圧線	回避もしくは影響を小さく
10	Km10+200 (Km8+800)	Pinheiros 川	長大橋
11	Km10+300 (Km8+900)	Socorro 駅	CPTM 容易な乗換を提供
12	Km10+300 (Km8+900)	CPTM 線 (Line 9)	回避
13	Km10+300 (Km8+900)	Av. Nacoes Unidas 通り	クリアランスの確保と工事中的影響回避
14	Km10+600~Km11+400 (Km9+200~Km10+000)	工場跡	用地取得の可能性を確認
15	Km11+400 (Km10+000)	Santo Amaro ターミナル	SPTTrans のバスターミナル、アクセス配慮
17	Km11+400 (Km10+000)	Largo Treze 駅	メトロ駅、アクセス配慮

出典：JICA 調査団



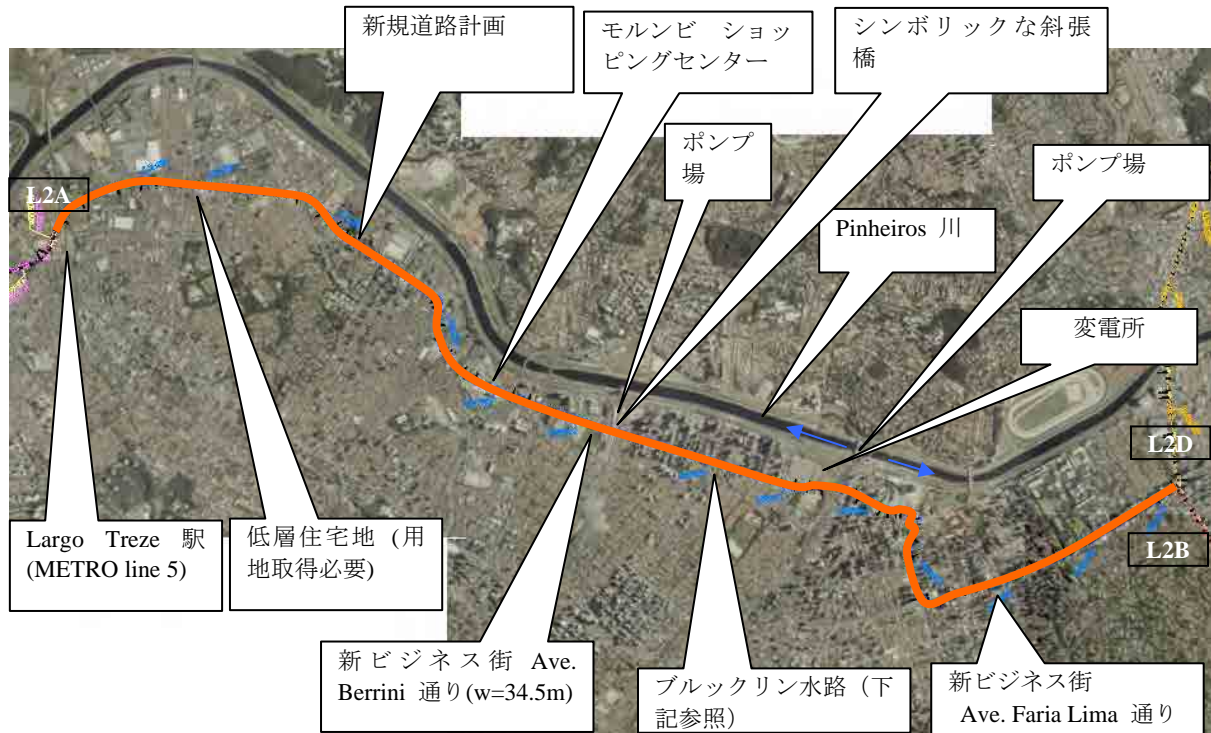
出典：JICA 調査団

図 5-3 Line-2A 設計コントロール(2/2)

表 5-4 設計コントロール一覧 (4) (Line-2B)

番号	測点	項目	記述/対応策
1	Km0+000~Km3+000	家屋	用地取得をできるだけ回避
2	Km3+000~Km5+100	道路計画	モノレール構造物を道路計画に取り込み
3	Km5+100~Km8+300	新ビジネス街	Ave. Berrini 通り(W=34.5m), アクセス配慮
4	Km5+100~Km8+300	中央分離帯下水路	Ave. Berrini 通り沿い
5	Km6+400	Agua Espraiadas 橋	斜張橋の景観に配慮
6	Km7+900~8+100	変電所	回避
7	Km8+300	高架道路	長大橋
8	Km9+800~Km12+000	新ビジネス街	Ave. Faria Lima 通り アクセス配慮

出典：JICA 調査団



出典：JICA 調査団

図 5-4 Line-2B 設計コントロール

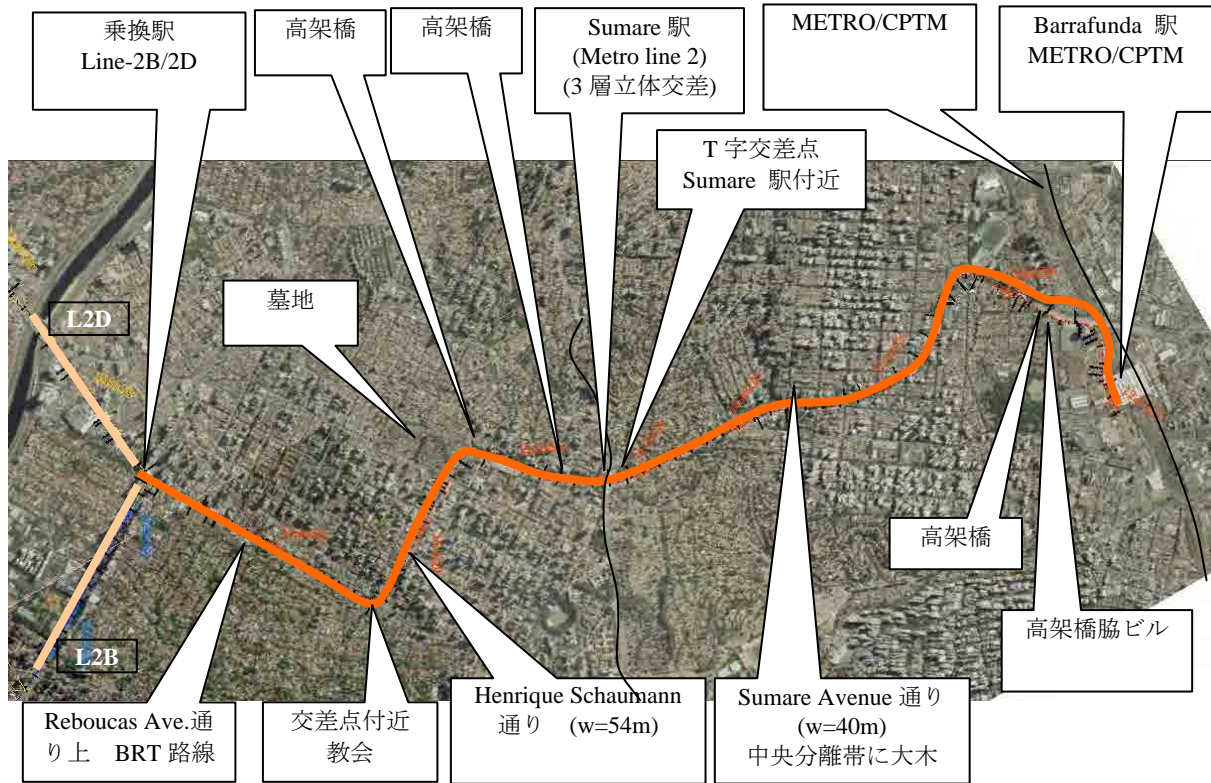
ブルックリン水路 (Dreno do Brooklin)

ブルックリン水路は Pinheiros 川に流下していた既存水路を集めて下流側に運搬するために Berrini Ave. 通り下に建設された。同水路はレンリー・ボルデン水力発電所がビリングス湖の水を利用して発電するために建設された際に必要となった。発電に必要な水量を確保するためには Pinheiros 川の水を Bandeirantes 通りの Ari Torres 橋付近 (Villa Olimpia CPTM 駅) にポンプ場を建設して逆流させる必要があった。関連して洪水時の緊急用に補助のポンプ場が Augas Espraiadas 通りに建設された。モノレール橋脚建設時には水路の流量断面を減少させない様留意する必要がある。

表 5-5 設計コントロール一覧 (5) (Line-2C)

番号	測点	項目	記述/対応策
1	Km12+000~Km12+200	乗換駅	Line-2D との容易な乗換
2	Km12+200~Km13+600	Ave. Reboucas 通り	B R T 路線と並行/影響回避
3	Km12+950	乗換駅	地下鉄 4 号線との容易な乗換
4	Km13+500	教会	回避
5	Km13+600~14+600	広い道路	Ave. Henrique Schaumann 通り (w=54m)
6	Km14+500	墓地	回避/影響を最小化
7	Km14+800	高架橋	回避 (線形は高架橋に並行)
8	Km15+300	高架橋	立体交差
9	Km15+400	高架橋および地下鉄	3 層の立体交差
10	Km15+550	交差点	道路の縦断線形変更
11	Km15+600~Km17+900	Ave. Sumare 通り	幅員 W=40m, 中央分離帯に大木
12	Km18+300~Km18+700	高架橋	回避
13	Km18+700	ビル	回避
14	Km18+700~EP	CPTM	回避
15	終点	Barra Funda 駅	CPTM/Metro への容易な乗換

出典：JICA 調査団



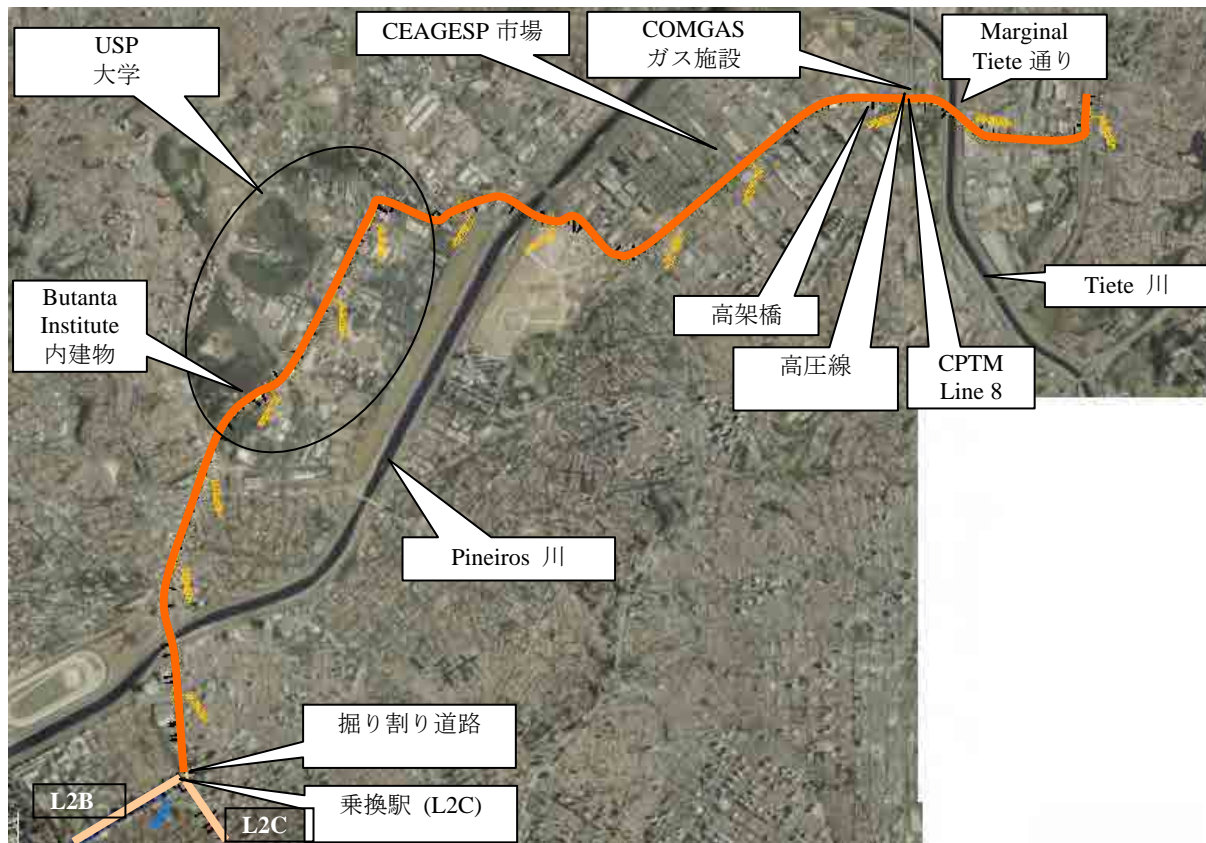
出典：JICA 調査団

図 5-5 Line-2C 設計コントロール

表 5-6 設計コントロール一覧 (6) (Line-2D)

番号	測点	項目	記述／対応策
1	Km12+200~Km12+500	地下掘り割り道路	Ave. Eusebio Matoso 回避
2	Km13+200	Pinheiros 川	長大橋
3	Km13+600~Km14+800	Av. Dr Vital Brasil 通り	中央分離帯を活用
4	Km15+100	急勾配	Instituto Butanta 入り口 急坂, 設計基準を満たす線形とする
5	Km14+800~Km15+500	Butanta 内建物	回避
6	Km15+500~Km17+700	USP 大学	大学施設との調和
7	Km18+300	Pinheiros 川	長大橋
8	Km19+400~Km20+900	CEAGESP 農業市場	回避、アクセスに配慮
9	Km21+000~Km21+500	Miguel Morarrej 高架橋	回避
10	Km21+200	CPTM line 8	立体交差
11	Km21+300	高压線	回避／影響最小化
12	Km21+600	COMGAS (ガス施設)	移設
13	Km22+100	Marginal Tiete 通り	長大橋
14	Km22+200	Tiete 川	長大橋
15	Km23+300	Anhanguera 道路	回避
16	終点	ターミナル	アクセスに配慮

出典：JICA 調査団



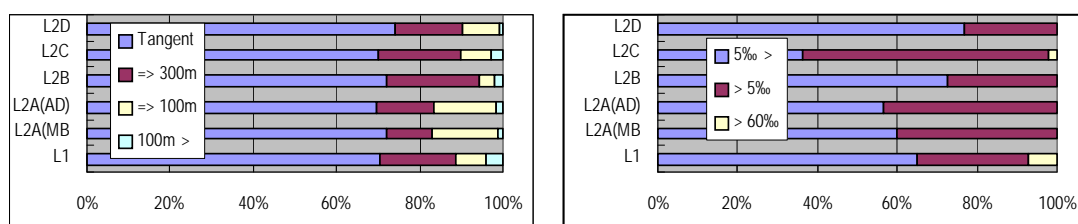
出典：JICA 調査団

図 5-6 Line-2D 設計コントロール

5.2 路線線形

比較検討の結果図 5-8 のとおり線形を確定した。線形要素の概要とともに示す。プロジェクトの次の段階で用地取得の可能性、環境影響評価等を実施していく中で線形についてさらなる検討を行い、調整することが求められる。Line-1 や Line-2 地域開発ルート、Line-2B の南側では新規建設道路計画とモノレールが並行している。同路線についてはモノレールのインフラが道路インフラと共存できるよう、州または市政府との連携が求められる。

90% 近くの平面線形は直線もしくは半径 300m 以上の線形要素から構成されており、列車は速度を低下することなく運転が可能である。小さな半径の曲線は例えば現道に従った線形とする場合や直角に曲がる必要がある場合に採用されている。すべての駅付近および可能な箇所では 5‰ 未満の勾配が採用されている。60‰ より大きな勾配は 2 箇所のみで規定の延長以内で使われている。下図は縦断および平面線形の要素別割合を示している。



出典：JICA 調査団

図 5-7 平面・縦断線形要素割合

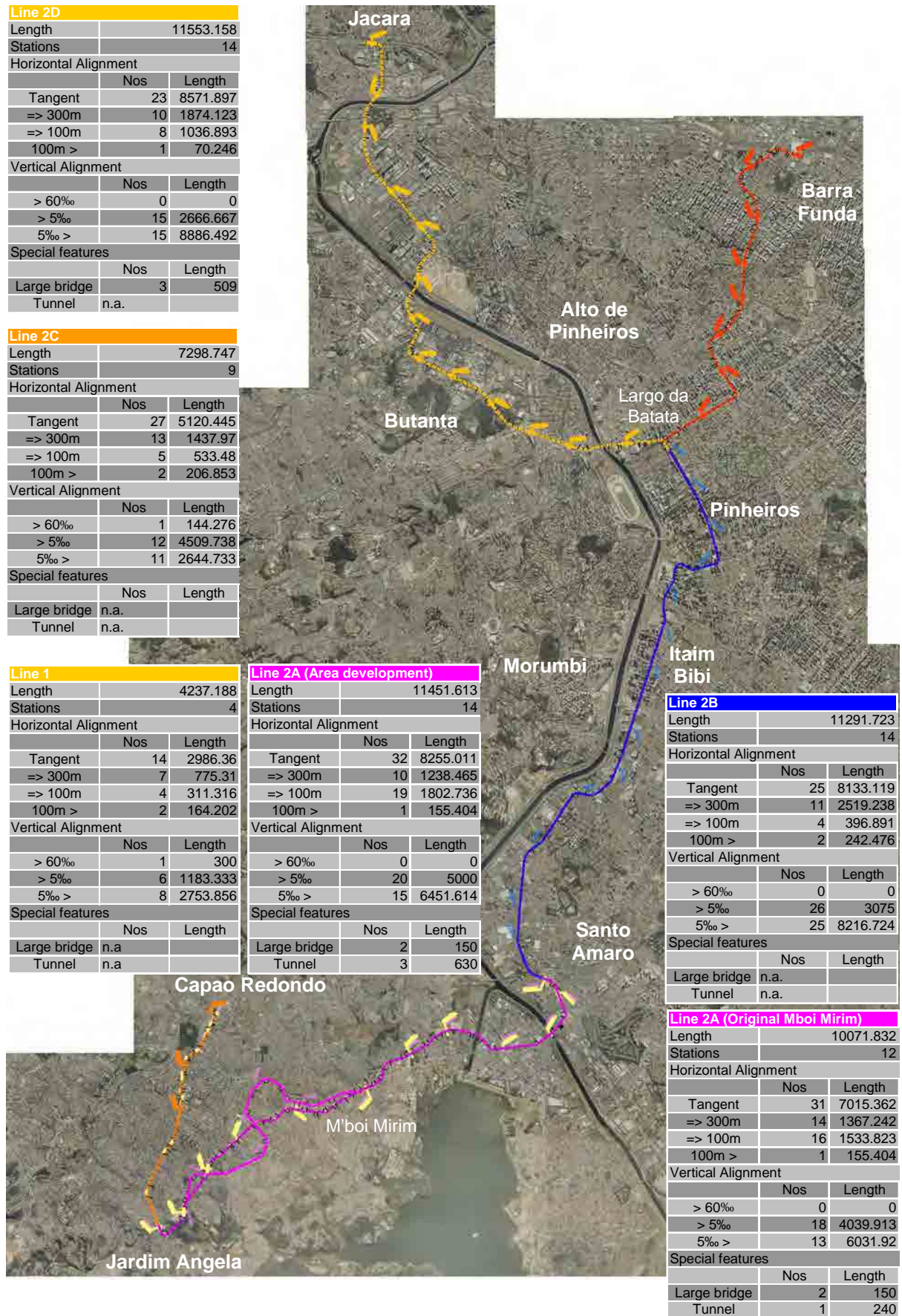


図 5-8 プロジェクトの線形

5.3 駅

5.3.1 駅の幾何構造

モノレールシステムの駅舎の大きさは列車の長さで乗客数から決まり、乗客の利便性に配慮した配置とする。

駅舎の設計に考慮すべき項目は以下のとおり。

- (1) すべての乗客にとっての利便性を考慮し、バリアフリーおよびユニバーサルデザインを採用する；
- (2) 幅の広い道路では中央に駅舎建設に必要なスペースを確保できるため、用地取得の必要がない

駅舎に必要となるスペースは以下のとおり

- (1) プラットホームの長さは列車長に 10m の余裕長を加えたものとする。6 両編成の列車長が 90m の場合、プラットホームの最低長は 100m であり、8 両編成の列車長が 120m であればプラットホーム長は 130m 必要となる。報告書では 8 両編成の場合を示している。
- (2) プラットホームの有効幅員は需要予測から算出される乗降客数に基づいて求める。
- (3) 駅舎外壁から近隣の建物まで消防活動に必要となる最低 6m を確保する。周辺住民への圧迫感等を考慮すれば同距離を 10m 程度確保することが望ましい。

5.3.2 バリアフリーとユニバーサルデザイン

(1) ブラジルにおけるバリアフリー基準

ブラジルでは 2004 年 7 月制定の ABNT 9050 “建物や都市施設へのアクセス性” 基準が障害者のための道路や建物の詳細を定めている。サンパウロ市内を視察した結果、多くの施設で車椅子用スロープや縁石スロープ、エレベータ、エスカレータ、標識、優先席、電車・バス車内の車椅子スペース等のバリアフリー施設が設置されている。



スロープ付歩道橋



メトロ駅の車椅子用スロープ

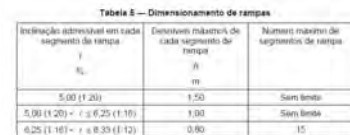
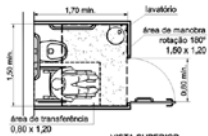

出典：JICA 調査団

図 5-9 サンパウロ市のバリアフリー施設

(2) 基準の検討

表 5-7 にバリアフリーに関するブラジルおよび日本の基準を比較した結果を示す。

表 5-7 バリアフリー基準比較表

項目	ブラジル基準	日本基準
1.法律とガイドライン	法: 2004 年 12 月 2 日付 DERECT No 5.296 ガイドライン:ABNT NBR 9050 “建物や都市施設へのアクセス性 “	法: 高齢者、障害者等の移動等の円滑化の促進に関する法律（バリアフリー新法）（2006） ガイドライン：バリアフリー整備ガイドライン（2007）
2. 一般	全ての空間、建物、都市施設は ABNT NBR 9050 の要求事項に従って建設、組立、更新、拡張しなければならない	すべての公共空間は上記の法とガイドラインに従って設計されること
通路	スロープと通路についてNBR 9050に規定されている 	スロープおよび通路はガイドラインに規定されている - 最低幅員：80cm - 手摺りを設置する - 床の滑止め機能
トイレ	トイレの設計はNBR 9050に規定されている 	トイレの設計はガイドラインに規定されている
標識	標識は NBR 9050 に規定されている 	標識の設計はガイドラインに規定されている
駅プラットフォーム	-	プラットフォームと電車の間隔は最小とし、段差を解消する。 - 事故防止のために可能な場合、ホーム扉を設置を推奨
音声情報と情報板	-	車両内と駅における音声情報提供サービスと情報提供版の設置を推奨
エレベータ	-	- 操作盤は、車椅子から届く位置に設置 - 音声案内・鏡等 - 盲人用音声情報を推奨
エスカレータ	-	昇降板の周囲は視認しやすいものとする。
肥満者への対応	駅や車両に肥満者用優先座席の設置	-
駅施設図	-	主な入り口や改札口近くに障害者用施設の駅施設図を設置する

出典：JICA 調査団および ABNT 9050

(3) 駅設計に用いる基準

本調査では ABNT 9050 “建物や都市施設へのアクセス性”基準を基本的には採用するが、モノレール駅のアクセス性をさらに向上するために、日本における基準も参考にする。

(4) 提言

1) プラットホームドア

日本においては、事故を防ぐためにプラットホームドアの設置が推奨されている。プラットホームから線路桁下の床までの高さはモノレールの方が従来の電車よりも高いことから転落事故防止を目的としてプラットホームドアの設置が推奨される。



出典：JICA 調査団および多摩モノレール

図 5-10 日本の多摩モノレールのプラットホームドアの例

2) 車両とプラットホーム間の円滑な移動

日本では、列車とホームとの段差および開きを小さくすることが推奨されている。乗降客の安全を確保するため、本計画でも推奨する。



出典：JICA 調査団

図 5-11 車両とプラットホーム間の円滑な移動

3) 音声情報と情報提供版

音声・ディスプレイによる案内は、交通弱者にとって重要な情報源となる事から、本計画でも推奨する。



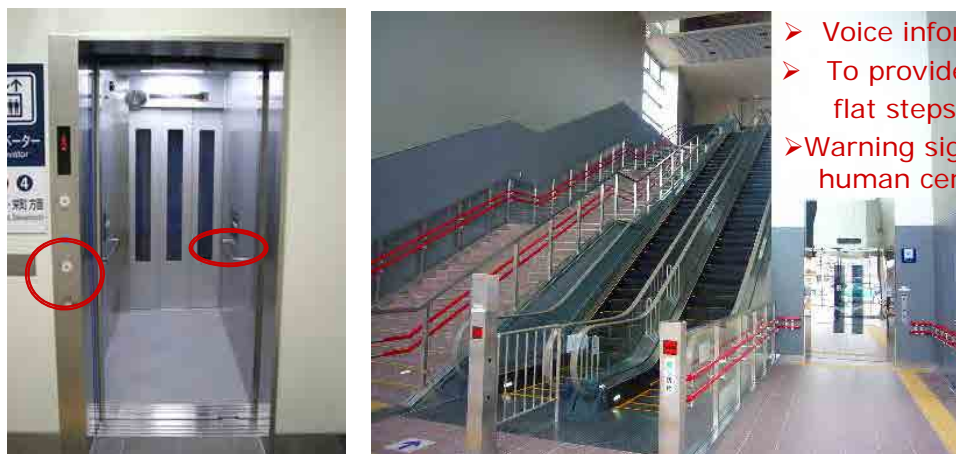
出典：都営地下鉄をもとに JICA 調査団が作成

図 5-12 車内の LCD 画面による情報提供

4) バリアフリーエレベーター・エスカレーター

日本では公共の場のエレベーターとエスカレーターは利用者に優しい設計を採用している。

- エレベーターのボタンは車椅子の利用者が届く範囲に設置する
- エレベーターに障害者用の手摺りを設置する
- 盲目者に対する音声案内
- 容易に視認可能な各ステップの端部
- 3枚ステップ水平式エスカレーター



- Voice information
- To provide three(3) flat steps
- Warning sign and human censer

出典：JICA 調査団

図 5-13 日本のバリアフリーエスカレーター・エレベーターの例

5) バリアフリー施設位置図の設置

駅において、バリアフリー施設位置図を設置することが推奨される。図 5-14 に大阪モノレールの施設図の例を示す。



出典：大阪モノレール

図 5-14 バリアフリー施設図の例

5.3.3 駅の構造

都市交通システムの一般的な高架駅は、プラットホーム階、コンコース階、地上階(道路レベル)からなる、3層構造の駅を標準タイプとする。

プラットホーム階では乗客は車両の乗降を行い、降りた客はコンコース階へと向かう。

コンコース階では、列車に乗り込む乗客は切符を買い、改札機を通過する。乗降客が列車運行についての情報が必要な場合、コンコース階の係員が案内する。

日本のモノレールにおいては、大半の駅は道路上空の空間を活用して建設されており、地上からの乗客は、階段および歩道橋を利用してコンコース階にアクセスする。このような歩道橋は道路の両側を、コンコースを挟んで接続するので、モノレール利用者以外も横断歩道橋として利用可能である。

5.3.4 プラットホーム形式

標準的なプラットホームの形式は、島式および対向式の2つが想定される。表 5-8 に各形式の特徴に関する比較を示す。

本調査では、基本的に中間駅は対向式、ターミナル駅は島式を採用する。

表 5-8 駅プラットホームの形式比較

項目	島式	対向式
イメージ		
概要	駅前後で軌道桁がじょうご型に広がり、プラットホームは軌道桁の間に配置される	プラットホームは軌道桁によって隔てられる。軌道桁の間隔は駅部においても一般部と同じ
線形	列車運行性能と快適性はじょうご型の線形になることで対向式よりも劣る	軌道桁間隔は駅前後においても変化しない (+)
駅施設	対向式と比較してエレベータやエスカレータの数が少ない (+)	階段、エレベータ、エスカレータを両方のプラットホームに設置する必要がある
構造幅	全体幅は対向式と比べて小さい (+)	島式と比較して若干広い
軌道桁	軌道桁構造の建設費は軌道が広がる分、対向式に比べて高い	並行の軌道桁が続く (+)
運営	駅員は両方向の列車に対して同じプラットホームで対応可能 (+)	両方のプラットホームに人員配置が必要
列車運転	列車は駅手前の曲線部で速度を落とす必要があるため対向式と比べて平均速度は低くなる	駅前後に曲線を必要としない (+)
その他	運行の単純化のために路線毎に駅形式は統一されることが多い (対向式：東京モノレール、多摩モノレール／島式：大阪モノレール／混合：沖縄モノレール)	

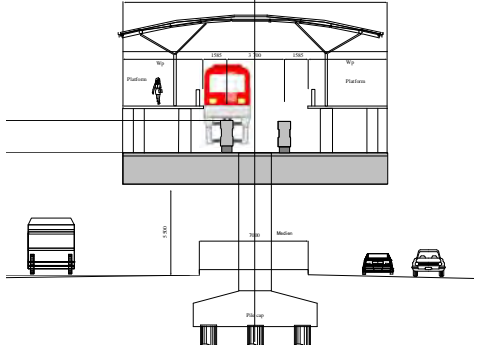
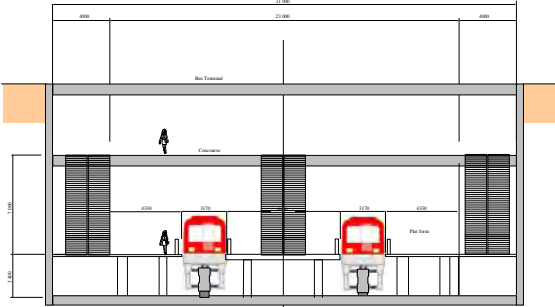
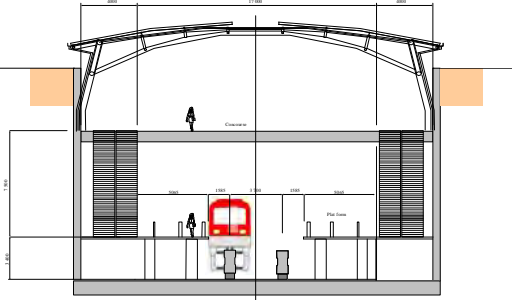
* (+) は有利な点
出典：JICA 調査団

5.3.5 駅形式

表 5-9 に本調査で提案された駅形式の概要を示す。

表 5-9 駅形式

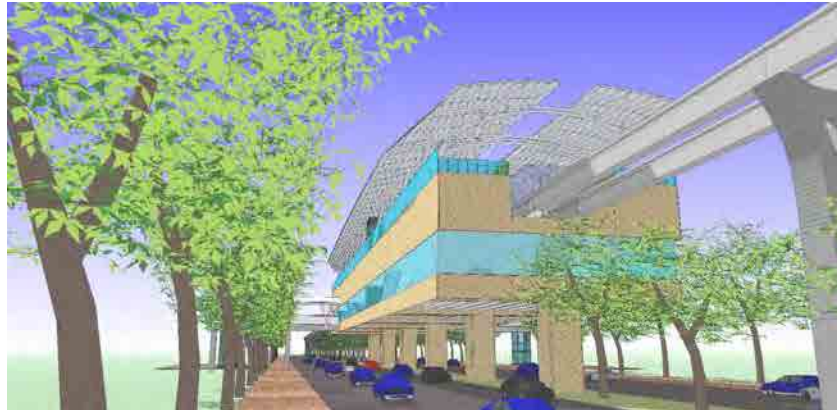
形式	横断面	特記
Aタイプ		<p>対向式駅 中間駅に使用</p>
Bタイプ		<p>島式駅 各路線のターミナル駅に使用 (Capao Redondo, Sta. Amaro, Barra Funda, Via Anhanguera)</p>
Cタイプ		<p>Socorro 駅 河川上の駅 プラットフォームはトラス橋の上に設置</p>
Dタイプ		<p>4層島式 Faria Lima 駅 Line-2B, 2C および 2D の乗換駅</p>

<p>E タイプ</p>		<p>Sumare 駅 2層対向式</p>
<p>F タイプ</p>		<p>Jardim Angela 駅 地下・島式3プラットホーム</p>
<p>G タイプ</p>		<p>Line-2A 地域開発ルート のNo. 2 と No. 4 駅 地下・対向式</p>

出典：JICA 調査団

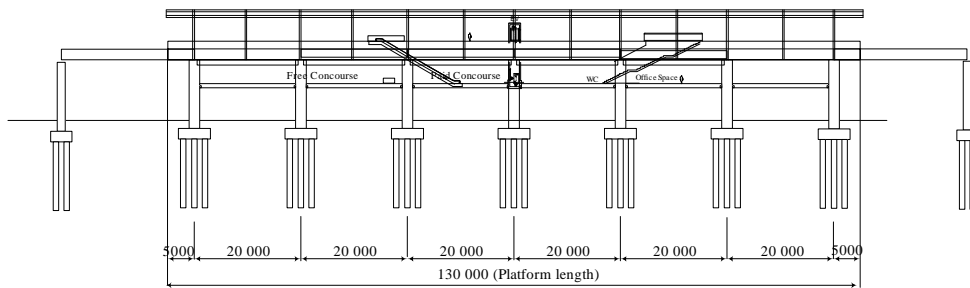
1) A タイプ駅

A タイプ駅は道路の中央分離帯に建設される3層構造の最も標準的な駅形式である。プラットホームは3階に設置され、コンコース階が2階に配置される。コンコース階と道路両側の歩道が歩道橋等で接続され、乗客および歩行者は駅の利用または道路の横断を安全に行うことができ、道路交通へ影響を及ぼさない。



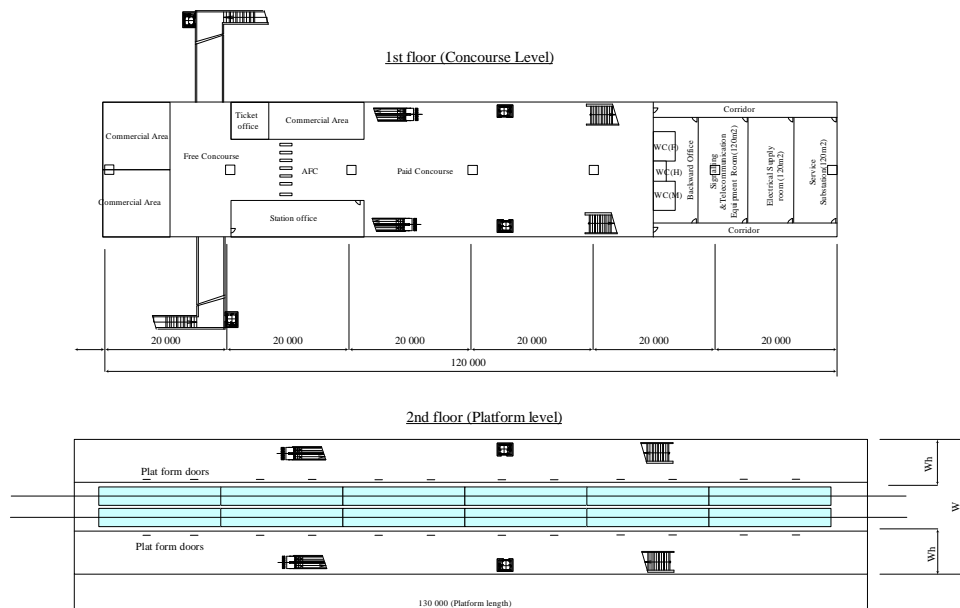
出典：JICA 調査団

図 5-15 A タイプ駅のパース図



出典：JICA 調査団

図 5-16 A タイプ駅の断面



出典：JICA 調査団

図 5-17 A タイプ駅の平面図

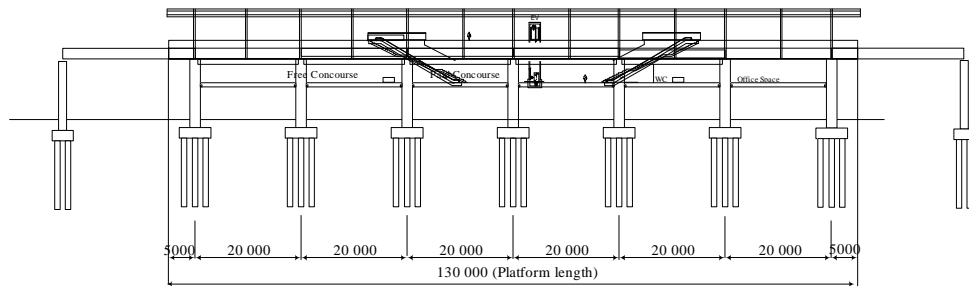
2) B タイプ駅

B タイプ駅は島式で、道路の中央分離帯に建設される。プラットホームは3階に設置され、コンコース階が2階となる。コンコース階と道路両側の歩道が歩道橋等で接続され、乗客および歩行者は駅の利用または道路の横断を安全に行うことができ、道路交通へ影響を及ぼさない。



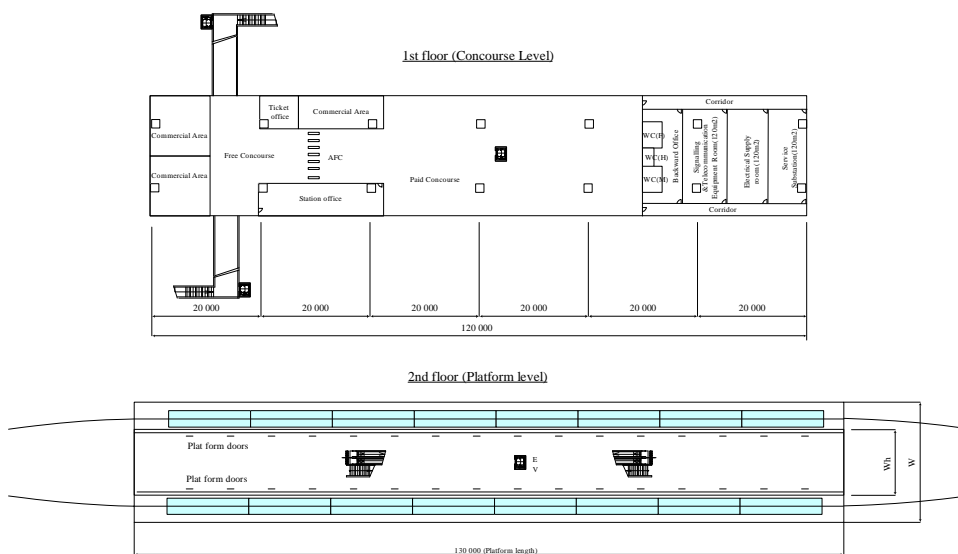
出典：JICA 調査団

図 5-18 B タイプ駅のパース図



出典：JICA 調査団

図 5-19 B タイプ駅の断面

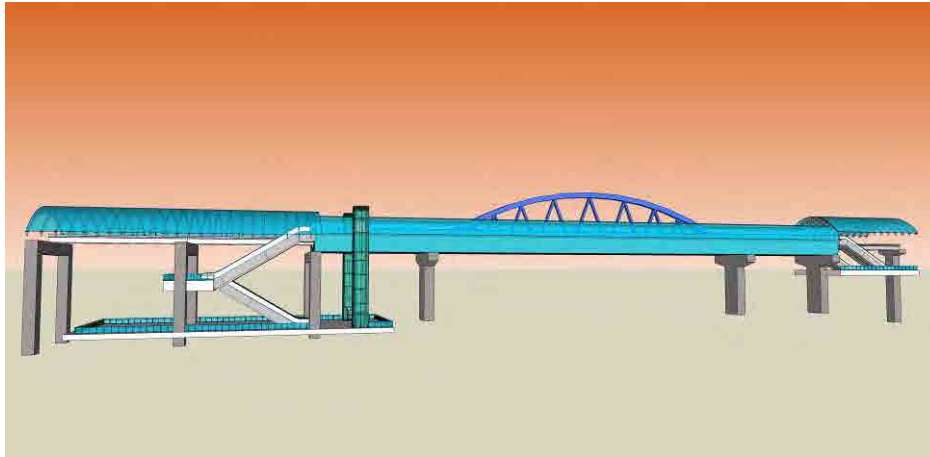


出典：JICA 調査団

図 5-20 B タイプ駅の平面図

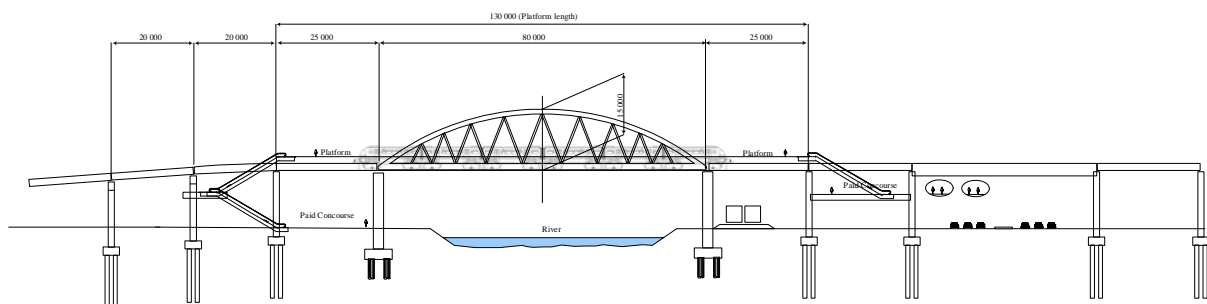
3) Cタイプ駅 (SOCORRO 駅)

SOCORRO 駅は Pinheiros 川上に建設され CPTM の SOCORRO 駅と接続する。プラットフォームは河川上に配置され、乗客は川の両側に容易にアクセスが可能である。ランガートラス形式の長さ 80m の橋梁となる。



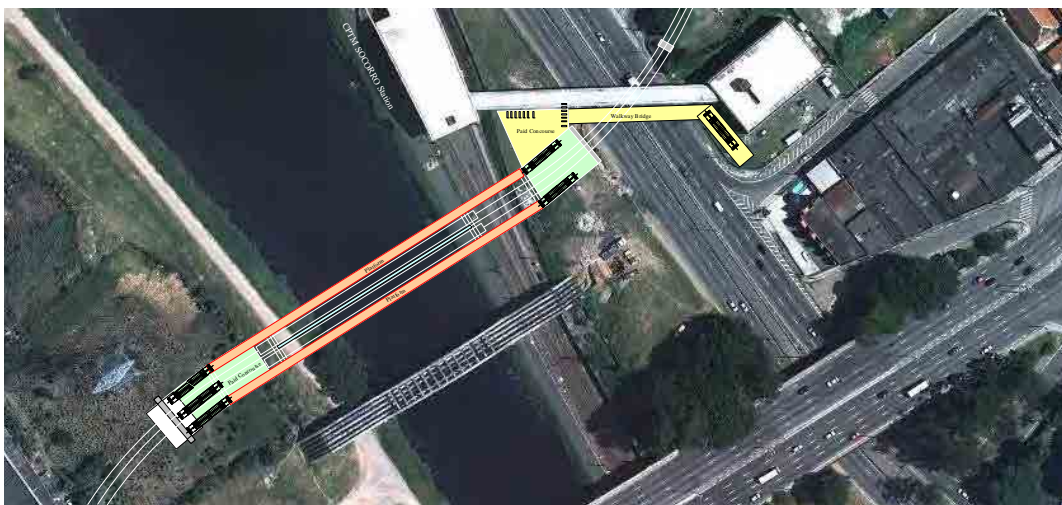
出典：JICA 調査団

図 5-21 Socorro 駅のパース図



出典：JICA 調査団

図 5-22 Socorro 駅の断面図



出典：JICA 調査団

図 5-23 Socorro 駅の平面図

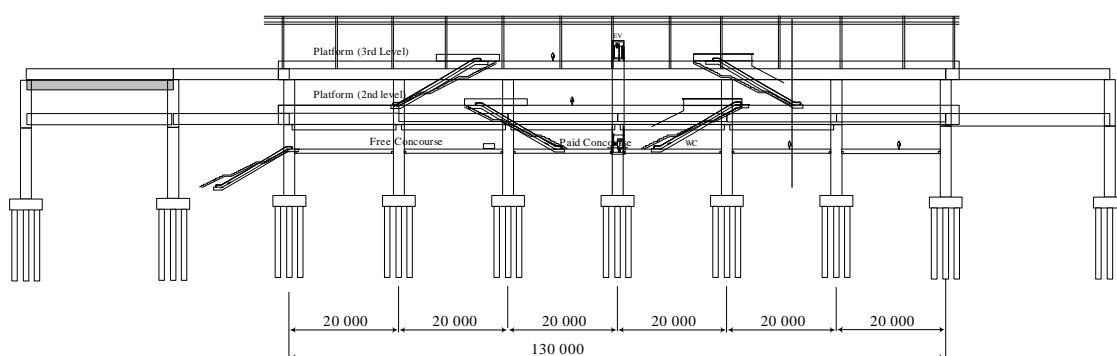
4) Dタイプ駅 (Faria Lima 駅, No. 2B-14)

Faria Lima 駅は Line-2B, 2C, 2D の交差点に位置する。4層構造の駅で、道路の中央分離帯に建設される。Line-2C 用の駅が4階に設置され、Line-2B-2D の駅は3階となる。コンコース階は2階となる。



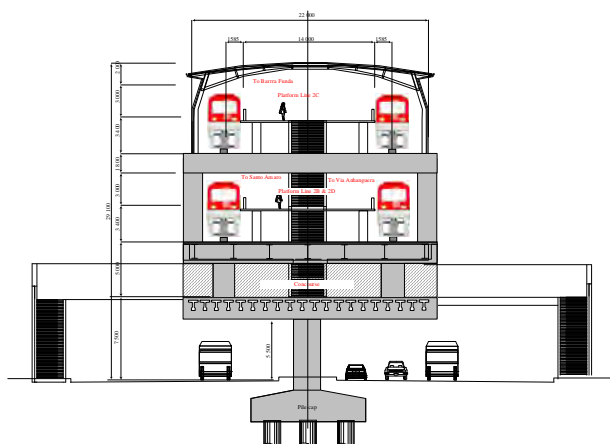
出典：JICA 調査団

図 5-24 Faria Lima 駅のパース図



出典：JICA 調査団

図 5-25 Faria Lima 駅の断面図



出典：JICA 調査団

図 5-26 Faria Lima 駅の横断面図

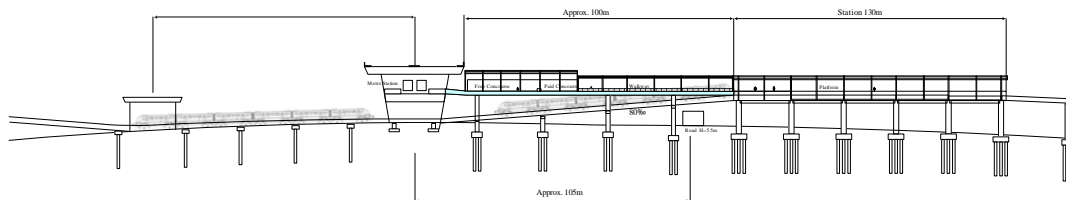
5) Eタイプ駅 (Sumare 駅)

Sumare 駅はメトロ駅と接続する。3つの構造形式を検討した結果、建設費と乗降客の利便性を考慮し、第2案を採用案とした。

表 5-10 Sumare 駅形式比較

比較案	図	採用案
第1案 駅部軌道桁を地上に設置		
第2案 駅部軌道桁を1階に設置		
第3案 駅部軌道桁道路橋の上に設置		

出典：JICA 調査団

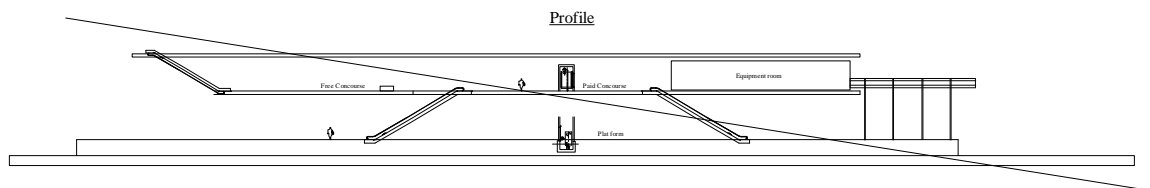


出典：JICA 調査団

図 5-27 Sumare 駅の断面図 (オプション2)

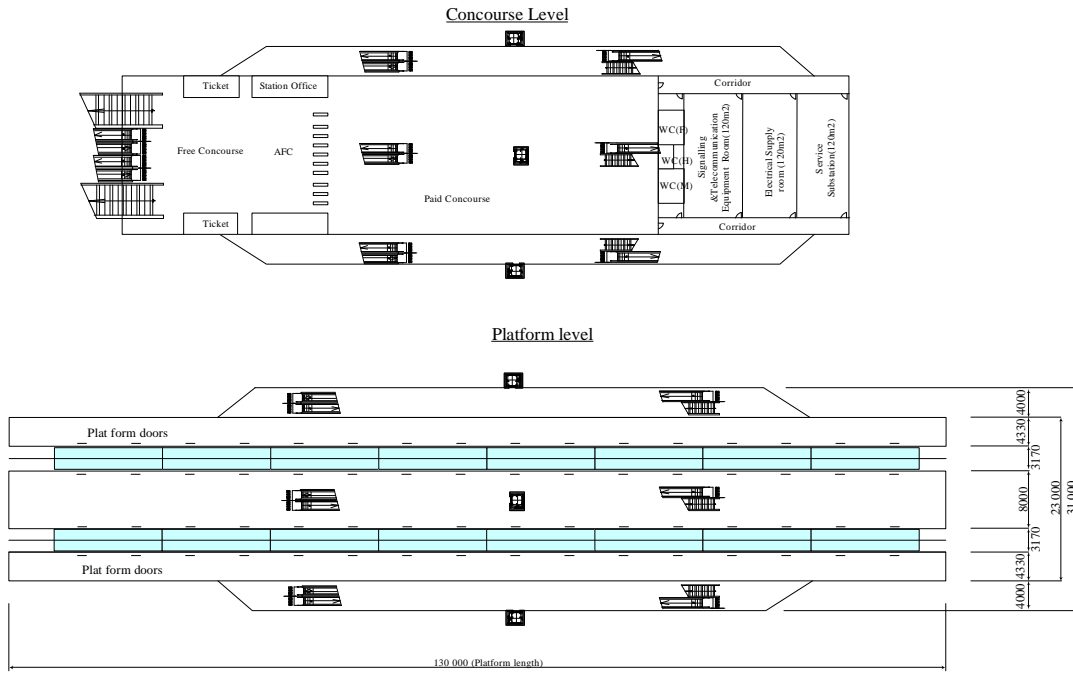
6) Fタイプ駅 (Jardim Angela 駅)

Jardim Angela 駅は Line-2A の起点に建設され、バスターミナルと同じ場所に建設される。



出典：JICA 調査団

図 5-28 Jardim Angela 駅

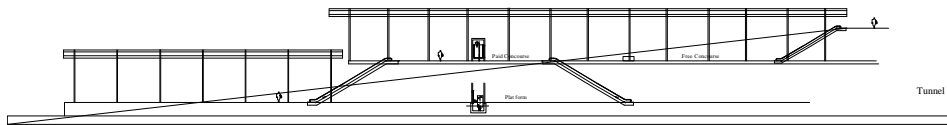


出典：JICA 調査団

図 5-29 Jardim Angela 駅平面図

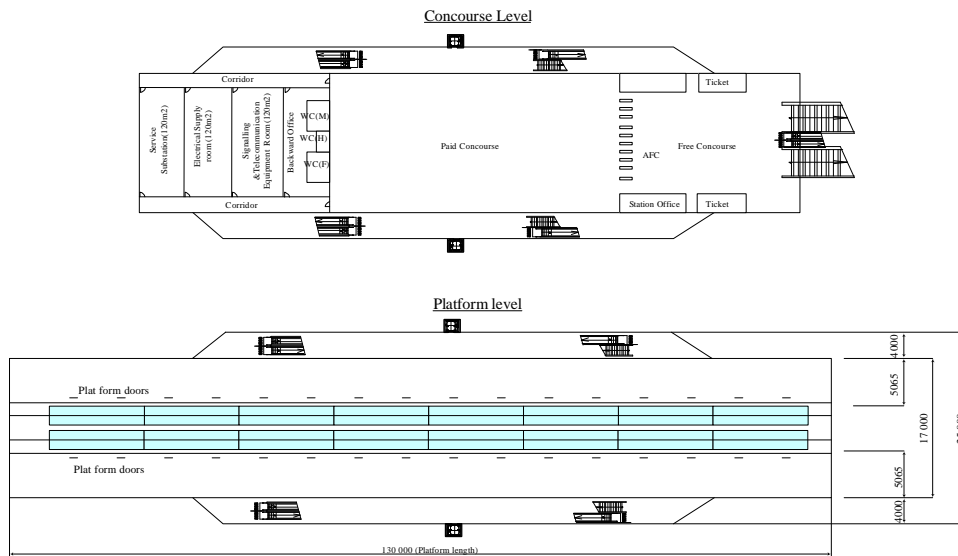
7) Fタイプ駅 (Line-2A 地域開発ルート No.2 と No.4)

両駅は M'Boi Mirim の地下にトンネル駅として建設される。



出典：JICA 調査団

図 5-30 Fタイプ駅のプラットフォーム断面図



出典：JICA 調査団

図 5-31 Fタイプ駅のプラットフォーム平面図

5.3.6 プラットホーム

乗客のホーム下への落下を防止するために高さ 1.2m 以上のプラットフォームドアをホーム端に設置する。エアコンや換気設備は地下駅を除いて、設置しない。

プラットフォームの必要幅はピーク時の乗降客数に基づいて計算する。サンパウロメトロで用いられる計算式を採用した。

メトロエンジニアリングマニュアル (“Manual De Engenharia metroviaria”) によればプラットフォーム幅は以下の計算式で算出される。

対向式のプラットフォーム幅員：

$$L=0.6+0.25+\frac{Ne+NT}{(C-2*0.25)*3}$$

ただし： L：プラットフォーム幅 (m)>4.6m
 0.60：安全幅 (m)
 0.25：壁までの距離 (m)
 C：プラットフォーム長 (m)
 3.0：最大許容密度 (人/m²)
 NE：ピーク時運転における乗客数 (人)
 NT：車両容量の 2/3 (人)

島式のプラットフォーム幅員：

$$L=2*0.6+\frac{Ne+2*NT}{(C-2*0.25)*3}$$

ただし： L：プラットフォーム幅 (m)
 2 * 0.60：安全幅(m)
 0.25：壁までの距離 (m)
 C：プラットフォーム長 (m)
 3.0：最大許容密度 (人/m²)
 NE：ピーク時運転における乗客数 (人)
 NT：車両容量の 2/3 (passengers)

表 5-11 プラットホーム幅員

駅名	形式	幅員(m)
Line-1		
No.1-1 (No.2A-1)	Jardim Angela 半地下・島式 (Fタイプ)	4+8+4
No.1-2 ~ No.1-5	対向式 (Aタイプ)	4+4
No.1-6	Capao Redondo 島式 (Bタイプ)	10
Line-2A		
No.2A-1 (No.1-1)	Jardim Angela 半地下・島式 (Fタイプ)	4+8+4
No.2A-2	半地下・対向式 (Gタイプ)	4+4
No.2A-3	対向式 (Aタイプ)	4+4
No.2A-4	半地下・対向式 (Gタイプ)	4+4
No.2A-5 ~ No.2A-8	対向式 (Aタイプ)	4+4
No.2A-9	Guarapiranga 対向式 (Aタイプ)	4+4
No.2A-10	Depot 対向式 (Aタイプ)	4+4
No.2A-11	対向式 (Aタイプ)	4+4
No.2A-12	Socorro 対向式 (Cタイプ)	4+4
No.2A-13	Future station 対向式 (Aタイプ)	4+4
No.2A-14	Santo Amaro 島式 (Bタイプ)	10
Line-2B		
No.2B-1 (2A-14)	Santo Amaro 島式 (Bタイプ)	10
No.2B-2 ~ No.2B-4	対向式 (Aタイプ)	4+4
No.2B-5	Morumbi Mall 対向式 (Aタイプ)	4+4
No.2B-6 ~ No.2B-11	対向式 (Aタイプ)	4+4
No.2B-12	Faria Lima 4層・島式 (Dタイプ)	10
Line-2C		
No.2C-1 (2B-12, 2D-1)	Faria Lima 4層・島式 (Dタイプ)	10
No.2C-2 ~ No.2C-3	対向式 (Aタイプ)	4+4
No.2C-4	Sumare 対向式 (Eタイプ)	4+4
No.2C-5 ~ No.2C-7	対向式 (Aタイプ)	4+4
No.2C-8	Barra Funda 島式 (Bタイプ)	10
Line-2D		
No.2D-1 (2B-12, 2C-1)	Faria Lima 4層・島式 (Dタイプ)	10
No.2D-2 ~ No.2D-11	対向式 (Aタイプ)	4+4
No.2D-12	Via Anhanguera 島式 (Bタイプ)	10

5.3.7 駅施設

1) 券売所	チケットは券売所にて販売によって売られる。将来自動券売機の設置を考慮したスペースを確保する。
2) 改札口	均一料金が適用されることから精算所は不要で、改札口のみを設置する。各改札口は車椅子や大きな荷物の通過が可能な様、90cmの幅員とする。
3) 駅内事務所	事務所は、事務スペースの他、駅員の休憩所、待機所としての機能を持ち、駅入り口付近に設置する。 事務所と接続して券売所を設置し、券売窓口のほか乗客への情報提供も行う。小さな中間駅では券売所と情報提供機能のみを設置する。

4) 電気機械(E&M) 室と信号通信(S&C)室	電気機械(E&M)室と信号通信室をコンコース階に設置する。電気機械室は配電および照明に関する機材が設置され、信号通信室には信号と通信に係る機材を設置する。最低限の電気機械は券売所近くに設置する。
5) トイレ	各駅に設置する。
6) 昇降用施設 (エレベータとエスカレータ)	各駅に階段のほか、エレベータおよびエスカレータを設置する。
7) プラットホームドア (PSD)	乗客のホーム下への落下を防止するために高さ 1.2m 以上のプラットホームドアをホーム端に設置する。
8) エアコン・換気設備	プラットホームには設置しない。

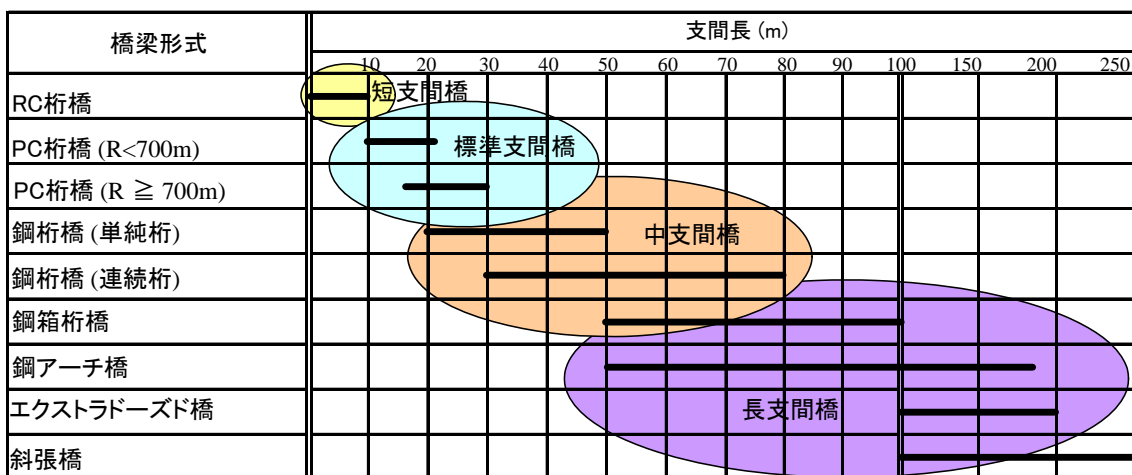
5.4 軌道桁

5.4.1 上部工

(1) 桁形式の選定

モノレールの桁は以下の 4 形式に分類される。各スパンにおける最適な桁形式は下図に従って選定する。

- 1) 短スパン (スパン長 : ~10m) : RC 桁
- 2) 標準スパン (スパン長 : 22~30m) : PC 桁
- 3) 中スパン (スパン長 : 30m~80m) : 鋼桁
- 4) 長スパン (スパン長 : 80m~) : 鋼アーチ橋等

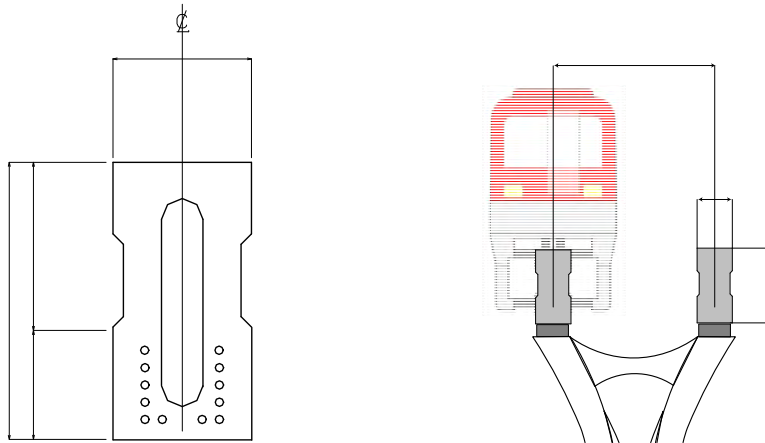


出典 : JICA 調査団

図 5-32 上部工選定チャート

- 1) 短スパン (スパン長 : ~10m) : RC 桁
車両基地の留置線等に用いる。桁長は 10m 未満とする。

2) 標準スパン（スパン長：22～30m）：PC 桁

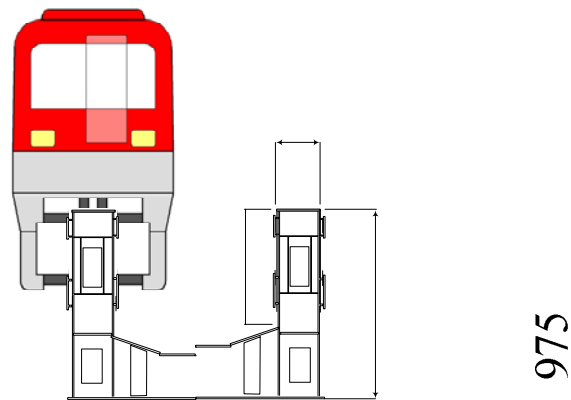


出典：JICA 調査団

図 5-33 PC 桁の断面図 (L=25m)

標準的な PC 桁で、単純、連続桁の両方に採用可能である。単純桁の場合桁長は最大 25m とする。桁は工場で製作し架設地まで運搬後、支承上に設置する。連続桁の場合は構造上優位となることから桁長は 30m 程度まで伸ばすことが可能となるが、施工時に桁間の鉄筋工、型枠工、コンクリート打設を現場で行うことになるので、単純桁よりも施工時間がかかる。

3) 中スパン（スパン長：30m～80m）：鋼桁



出典：JICA 調査団

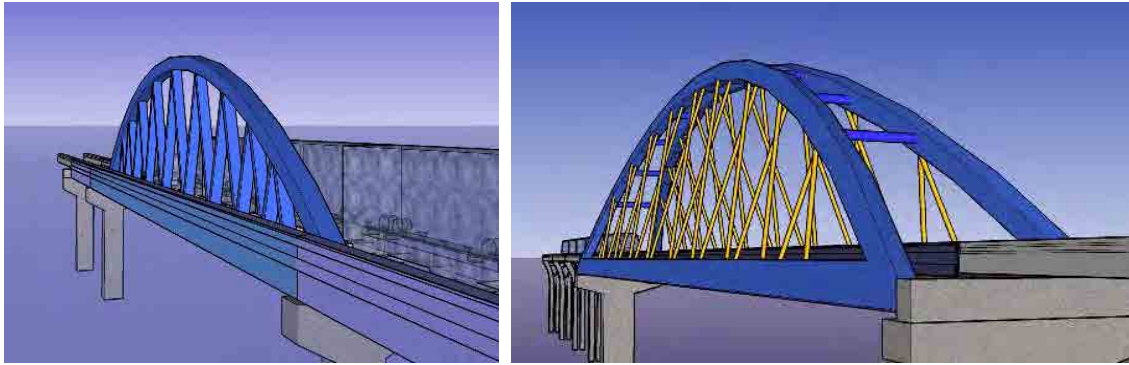
図 5-34 鋼桁橋の断面図 (L=50m)

交差点等、標準的な PC 桁が採用できない箇所でスパン長 30m～80m の範囲で鋼桁を採用する。

1700

625

4) 長スパン (スパン長 : 80m~) : 鋼アーチ橋等



出典 : JICA 調査団

ランガートラス橋 (L=80m)

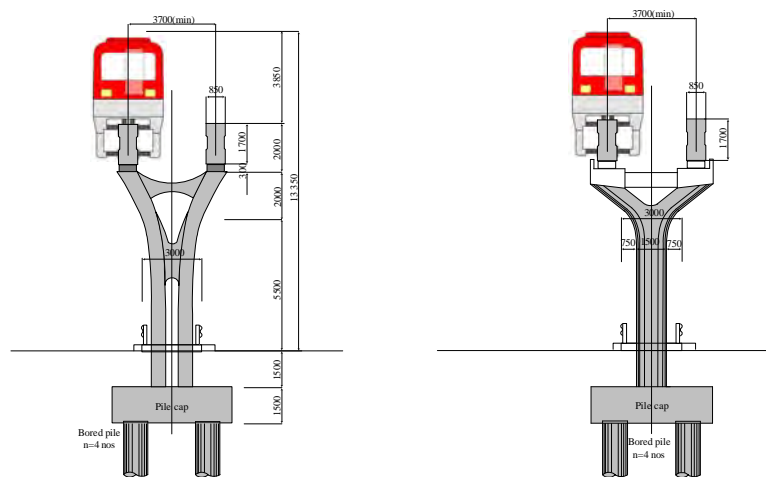
鋼アーチ橋 (L=120m)

図 5-35 鋼橋の例

Tiete 川と Pinheiros 川を越える箇所において、80m を超えるスパン長が必要となるため、ランガートラス橋・アーチ橋等の長スパン橋を採用する。

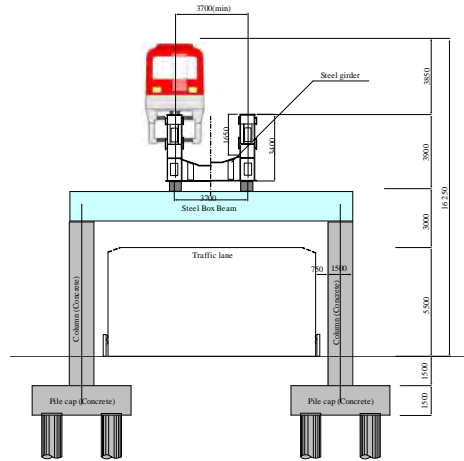
5.4.2 下部工

標準的なモノレールの橋脚に必要な断面は円柱の場合は直径 1.5m 程度であり、道路の中央分離帯に建設可能である。橋脚の断面は作用する荷重に対して設計を行う。高い橋脚やスレンダーな形にする場合は高強度のコンクリートを使用する。桁受けの大きさはベアリングの沓座を載せるために必要な寸法とし、道路の建築限界である 5.5m の高さ以上に設置する。桁用ジャッキのスペースをベアリングと沓座の間に設ける。桁受けの表面は排水用として 1:200 程度の勾配を設ける。モノレールシステムは前述の橋脚と軌道桁が上空に建設されるのみで、道路地表面は占有しない。モノレール橋脚の標準横断面図を図 5-36、図 5-37、図 5-38 に示す。



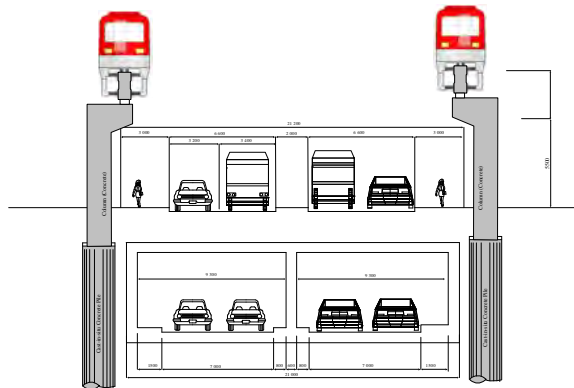
出典 : JICA 調査団

図 5-36 モノレール橋脚の標準横断面図



出典：JICA 調査団

図 5-37 門型橋脚の標準横断図



出典：JICA 調査団

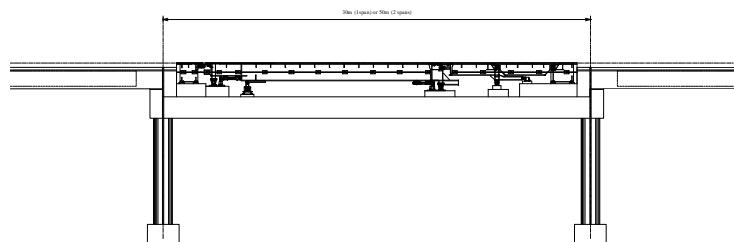
図 5-38 独立型橋脚の標準横断図

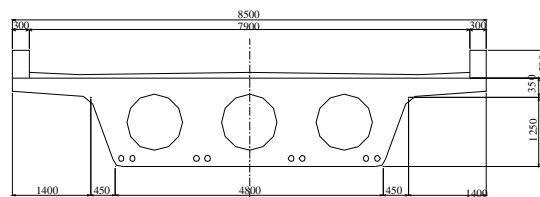
5.4.3 基礎工

基礎の形式と深さを検討することを目的として、計画路線沿線で 25 箇所の地質調査を実施した。調査の結果、全線で杭基礎が必要なことが判明した。支持層は地表から 10m~30m（平均 20m）の間に分布している。現地で一般に採用されている、直径 1000mm/1200mm/1500mm の現場打杭が想定される。杭頭に設置するパイルキャップは 1.5~2m の厚さで地表から 1500mm 以上の深さを確保する。

5.4.4 分岐橋

分岐器と関連設備は分岐橋上に設置される。分岐橋は PC スラブ構造とする。





出典：JICA 調査団

図 5-39 モノレールの分岐器橋の断面図

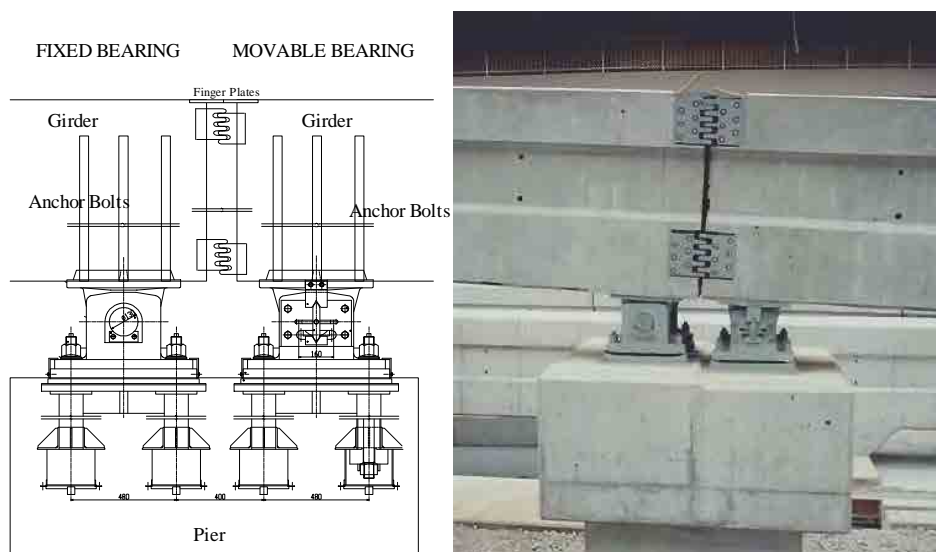
5.4.5 その他の軌道関連設備

(1) 走行面のすべり止め処理

鋼製軌道桁の上部表面はタイヤのスリップを防ぐため適切なすべり止め処理を施す。

(2) 支承と伸縮装置

軌道桁の支承は平行、垂直およびねじれの作用に抵抗しなければならない。また、温度変化や活荷重による作用に対しても円滑な動作が要求される。支承の設計は将来、軌道桁の交換が容易かつ、桁の位置調整が容易なものとする。円滑で快適な乗り心地を提供するために桁に鋼製の伸縮装置を取り付ける、



出典：JICA 調査団

図 5-40 支承と伸縮装置(例)

(3) 車止

軌道の終端の桁または支柱にオーバーランによる事故を防ぐための車止を設置する



出典：JICA 調査団

図 5-41 多摩モノレールの終端の車止め(写真)

5.4.6 設計荷重

(1) 設計荷重

上部工の設計は以下の荷重を考慮して行う。

<主荷重>

- a) 死荷重 (D)
- b) 活荷重 (L)
- c) 衝撃 (I)
- d) プレストレス (PS) [該当時]
- e) コンクリートのクリープの影響 (CR) [該当時]
- f) コンクリートの乾燥収縮の影響 (SH) [該当時]
- g) 遠心荷重 (CF)
- h) 土圧 (E) [該当時]
- i) 水圧 (HP) [該当時]
- j) 浮力 (U) [該当時]
- k) 支点移動の影響 (SD) [該当時]
- l) 高欄に作用する荷重 (HF) [該当時]
- m) 車両横荷重 (LF)

<従荷重>

- a) 制動荷重および始動荷重 (BK)
- b) 風荷重 (W)
- c) 温度変化の影響
- d) 地震の影響
- e) 衝突荷重 (CO) [該当時]
- f) 架設時荷重 (ER) [該当時]
- g) 支点の摩擦による影響 (F) [該当時]
- h) 車止めの影響 (ST) [該当時]

許容応力に対する荷重の組み合わせと係数は表 5-12 に示すとおり。

表 5-12 設計荷重の組み合わせ

	荷重											係数 a	
		D	L	I	LF	CF	T	W	BK	EQ	ER		ST
荷重組合せ	1	○	○	○	○	○							1.00
	2	○	○	○		○	○						1.15
	3	○	○	○		○		○					1.25
	4	○	○	○		○			○				1.25
	5	○	○	○		○		○	○			○	1.35
	6	○	○										1.60
	7	○						○					1.25
	8	○	○			○	○			○			1.60
	9										○		1.25

出典：JICA 調査団

(2) 活荷重の垂直方向の影響

活荷重は、想定される最も不利な荷重状態に対してする。

1) 軸位置

軸位置は下図のとおり。

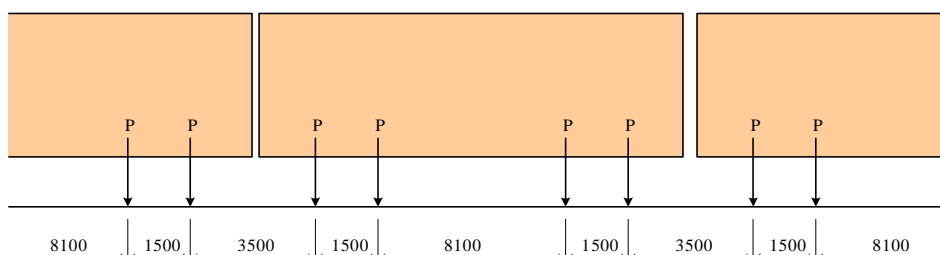


図 5-42 軸配置

2) 重心位置

重心は走行面から 1300mm とする。

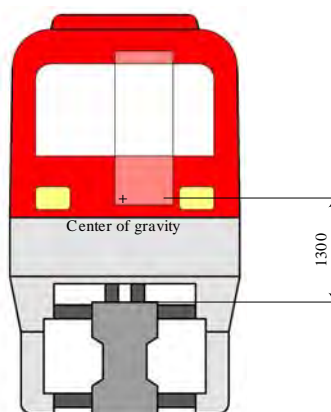


図 5-43 重心位置

3) 軸重

軸重は表 5-13 のとおりとする。

表 5-13 軸重

項目	P (t)	特記
最大	11.0	= 44.0 / 4
通常	9.0	= 35.2 / 4 (表 4-32)
空車時	7.0	= 27.6 / 4 (表 4-32)

出典：JICA 調査団

5.5 トンネル

Line-2A（地域開発ルート）は図 5-44 に示す通り 4 箇所のトンネル候補地がある。このうち 1 箇所は Line-2A のオリジナル案と共通である。M'Boi Mirim 道路と交差する 3 カ所のトンネルについて、比較検討を行った(No.4 は最終的に高架となった)。

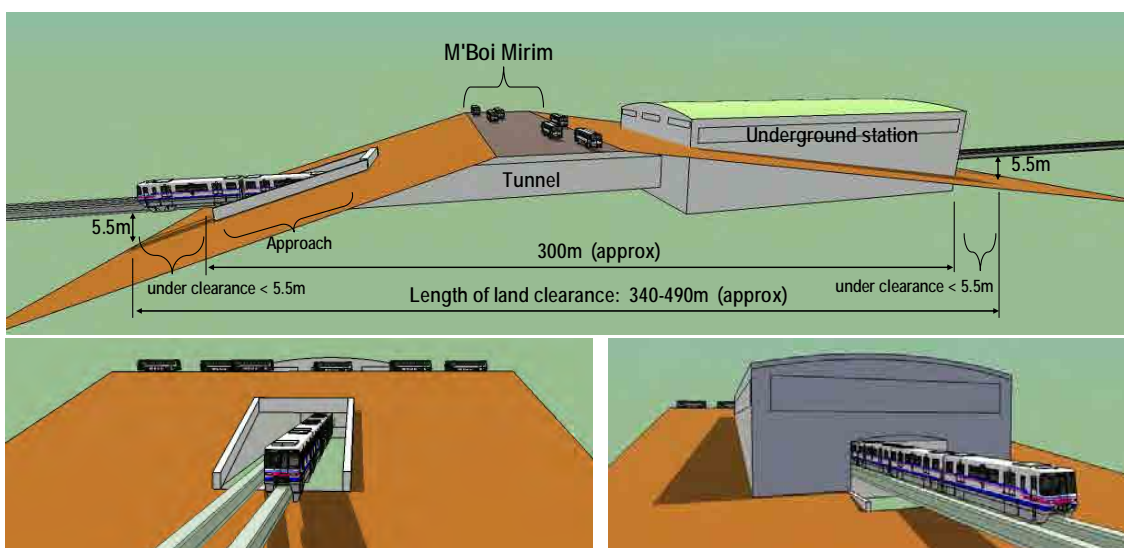


出典：JICA 調査団

図 5-44 トンネル位置図

5.5.1 トンネルの 3D イメージ

図 5-45 は M'Boi Mirim 通りに位置する No.1 から No.3 で検討されるトンネルの 3D イメージを示している。トンネルおよびアプローチを含む地下構造物は 300m 程度でモノレール下における道路建設に必要な 5.5m のクリアランスを確保を含む用地取得必要延長は 340m-490m となる。

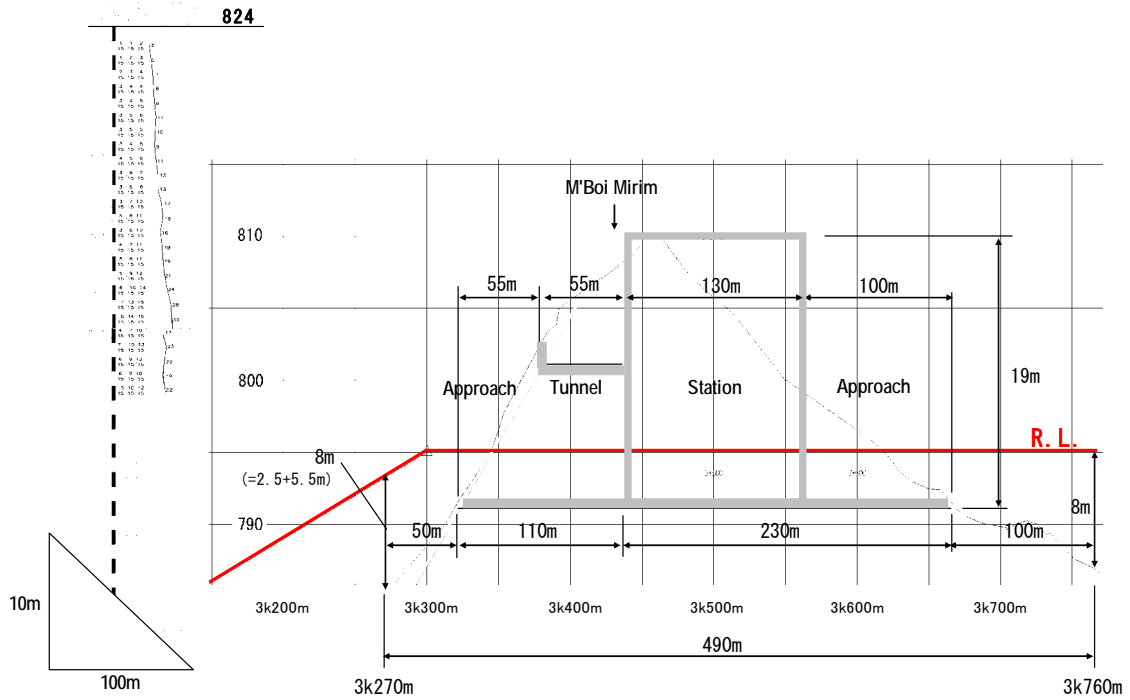


出典：JICA 調査団

図 5-45 トンネル 3D イメージ

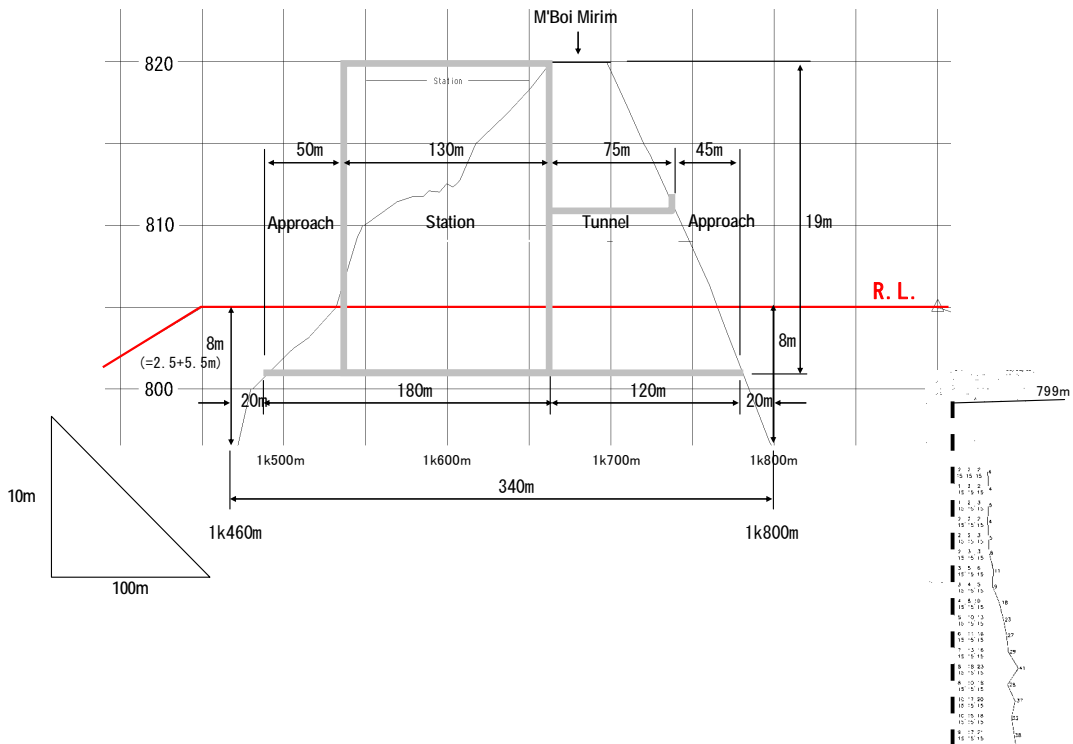
5.5.2 トンネル縦断面図

4つのトンネル位置において、カットアンドカバーによる建設をした場合の縦断面図を以下に示す。



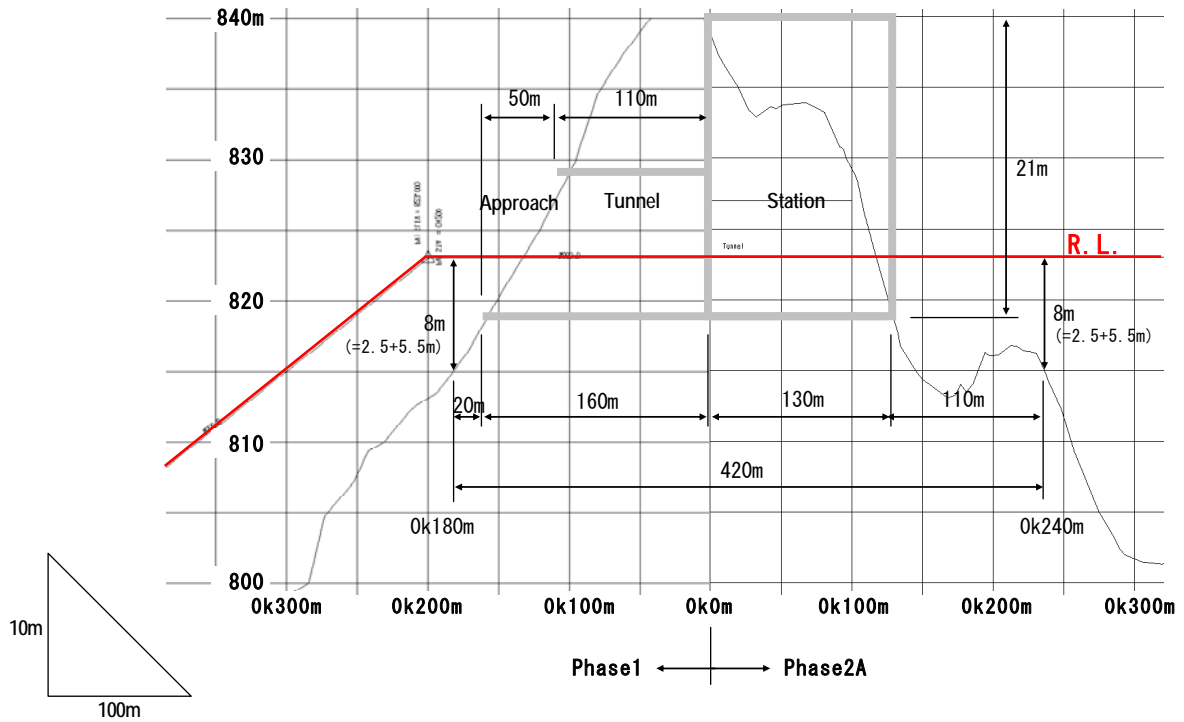
出典：JICA 調査団

図 5-46 縦断面図 No.1



出典：JICA 調査団

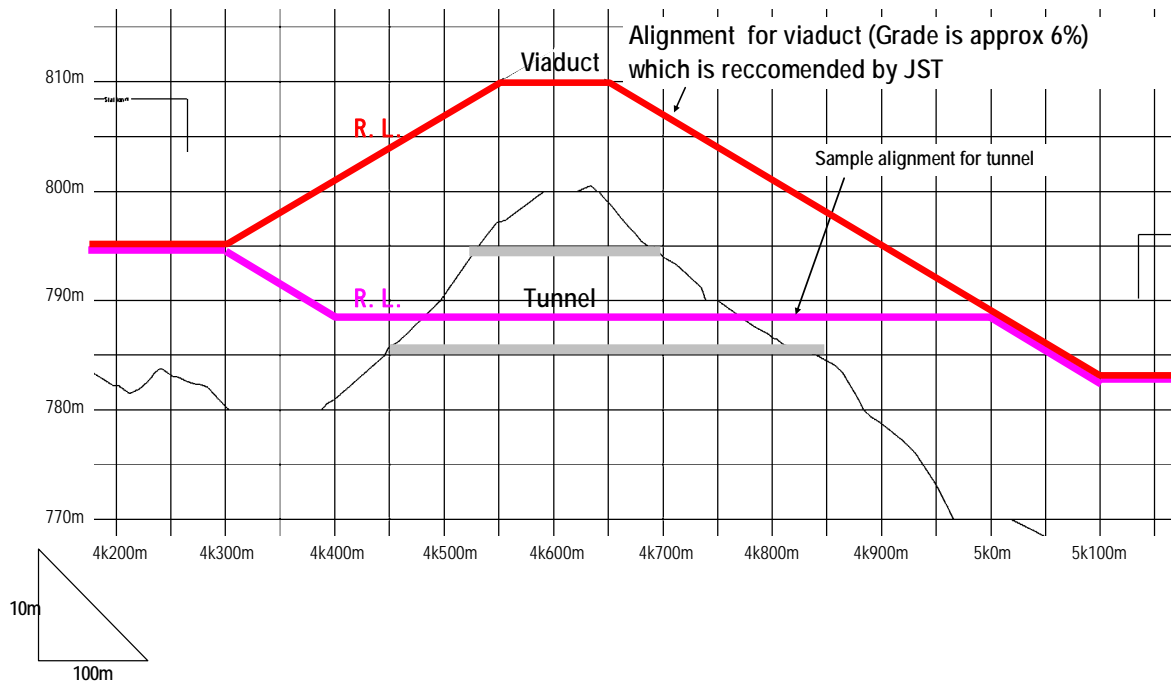
図 5-47 縦断面図 No.2



出典：JICA 調査団

図 5-48 縦断図 No.3

No.4 については図 5-49 に示すとおりトンネルに代えて高架橋建設の可能性が検討された。建設費を考慮すると高架橋の方が適切と考えられる。

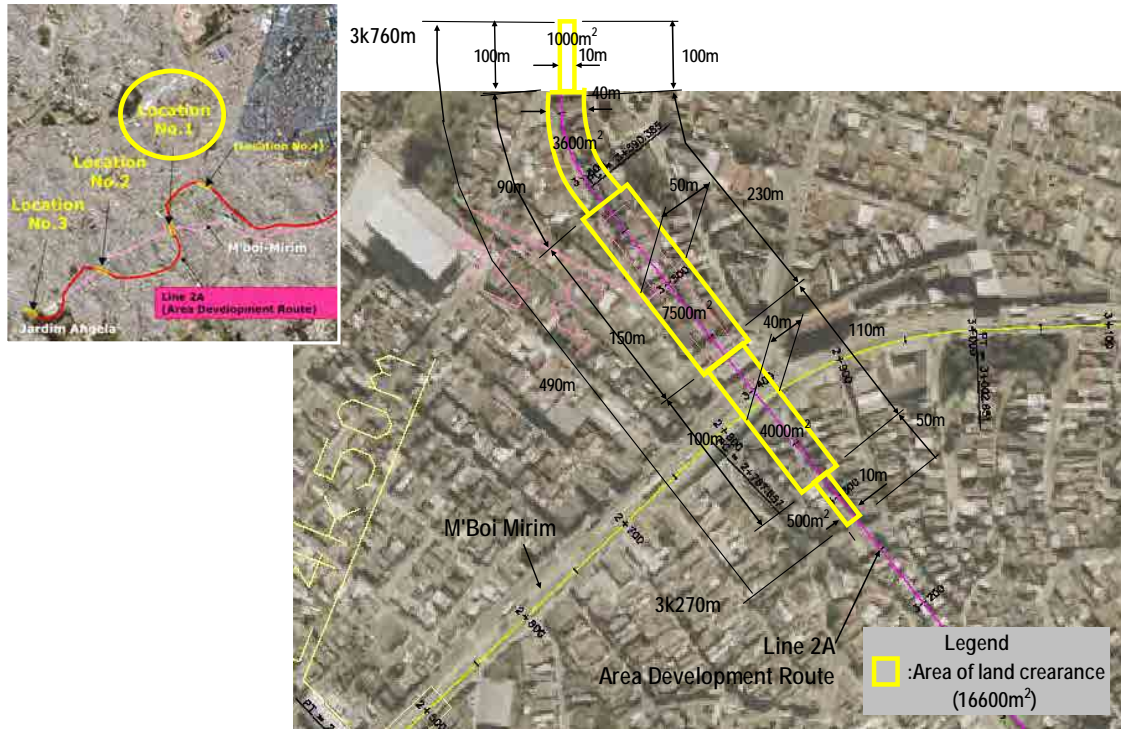


出典：JICA 調査団

図 5-49 縦断図 No.4

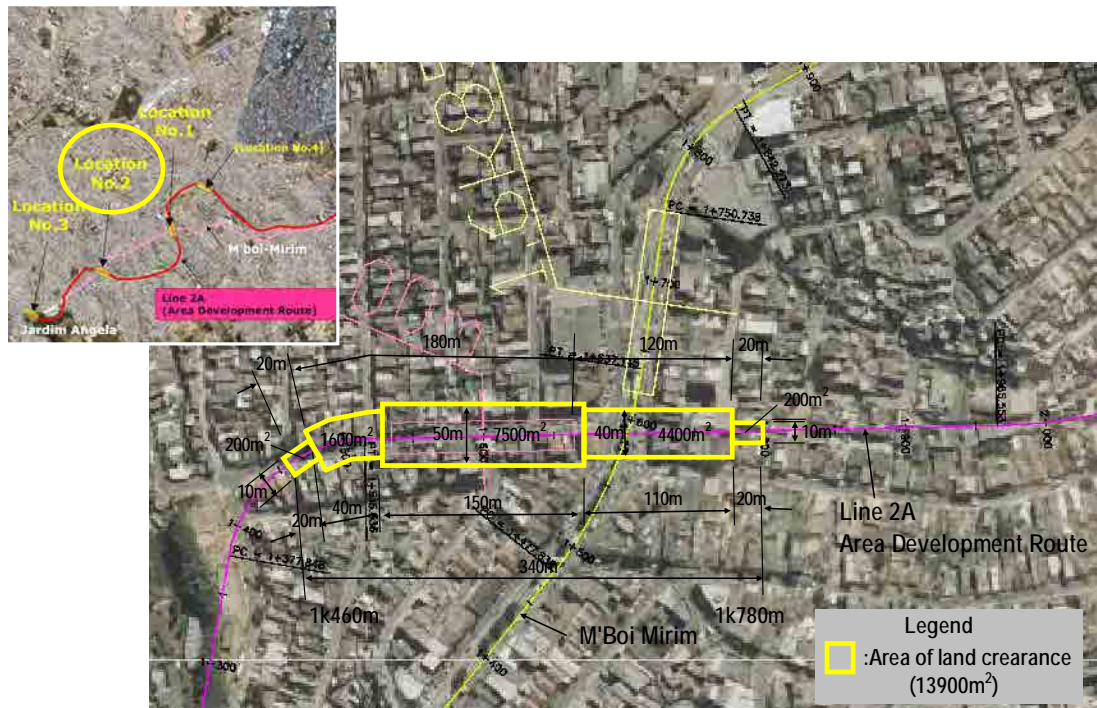
5.5.3 トンネル建設用の用地取得

トンネル建設には広範囲の用地取得と住民移転が必要となる。下図は各トンネル建設地点において必要な面積を示している。概略 14000-16000m²が必要と見積もられた。



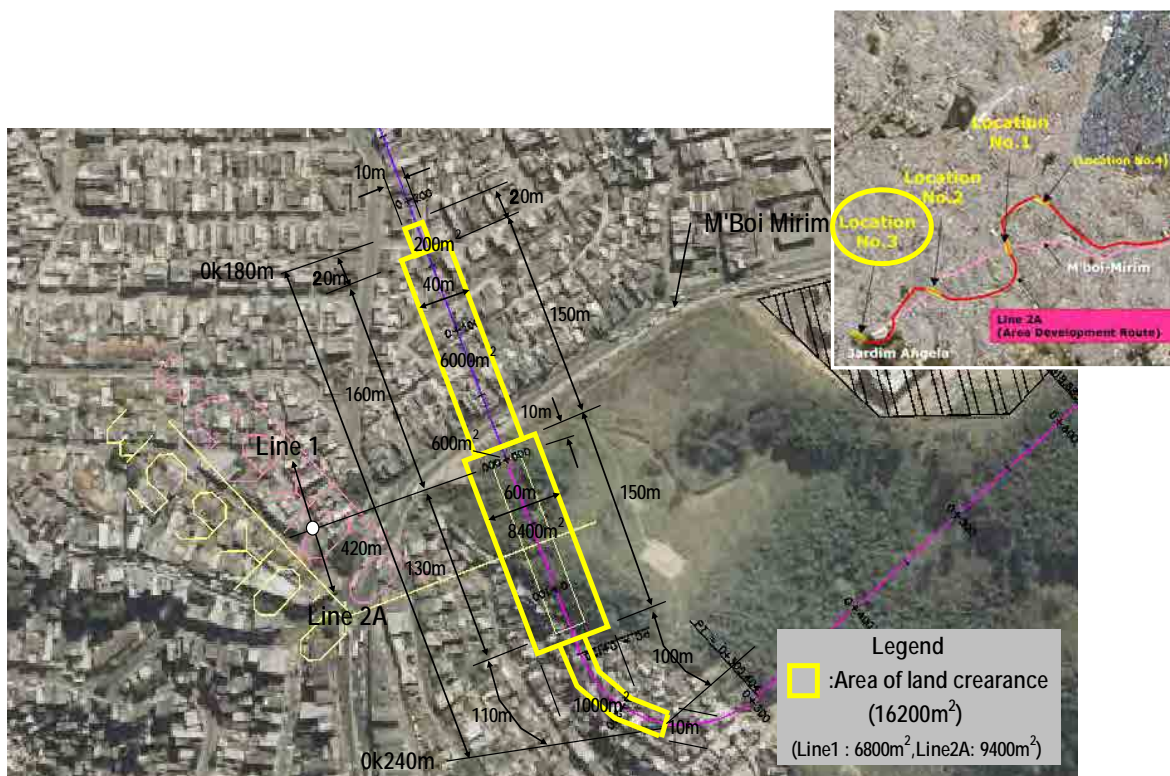
出典：JICA 調査団

図 5-50 No.1 における必要面積



出典：JICA 調査団

図 5-51 No.2 における必要面積



出典：JICA 調査団

図 5-52 No.3 における必要面積

5.5.4 トンネル工法の選定

一般的に都市トンネルの建設には次の3タイプがある。1) シールド工法、2) 山岳トンネル工法、3) カットアンドカバー工法。表 5-14 に各工法の概要を示す。

トンネル工法の選定にあたり、現場の状況、障害物の有無、地形の状況、工事作業の影響、周辺の状況、建設工期、工法の経済的側面等を評価する。

また、トンネルは適切な調査と計画も行われる設計に基づいて安全かつ経済的に建設されるべきである。

上記の考えに基づいて、トンネル工法を検討した結果、表 5-15 に示すとおりカットアンドカバー工法が No.1~No.3 において最適な工法であると考えられる。

表 5-14 トンネル工法の概要

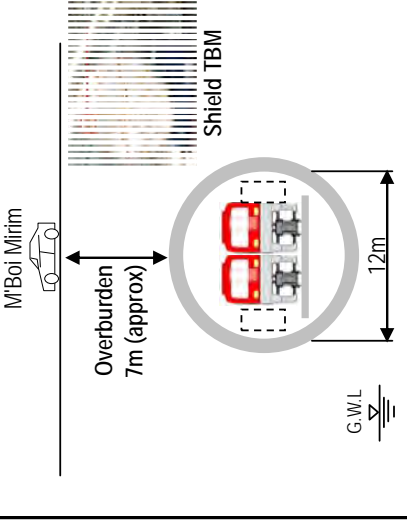
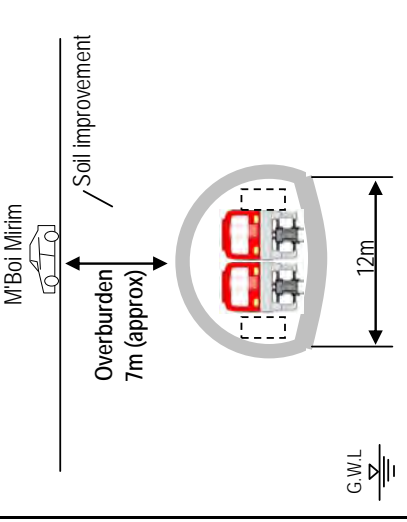
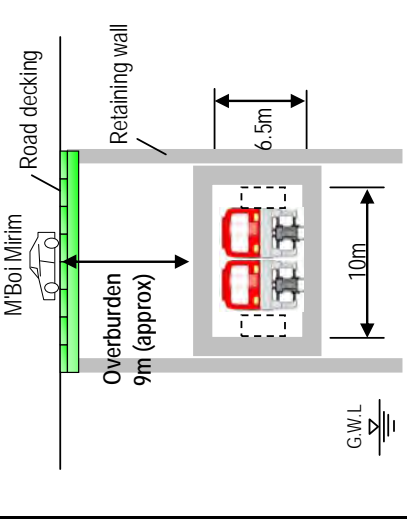
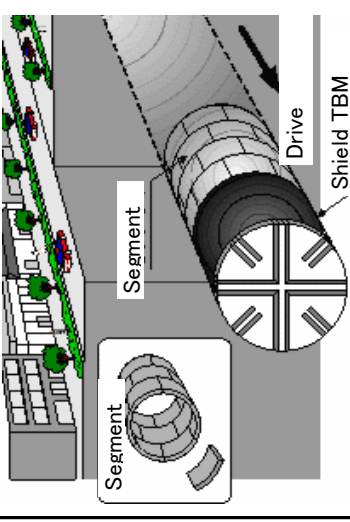
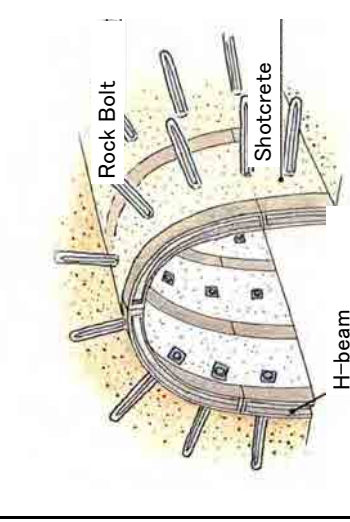
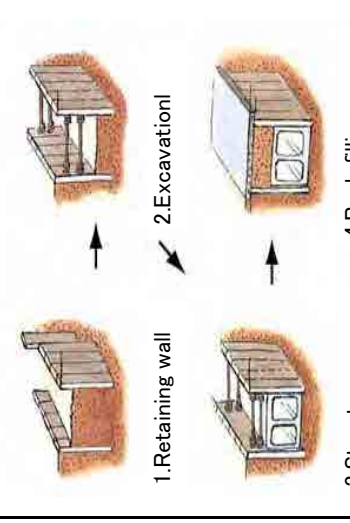
	Shield method	Mountain tunneling method	Cut and cover method
<p>Section in this site</p>			
<p>Outline of method</p>			
	<p>Makes full use of natural support function of surrounding ground. The ground is stabilized during excavation with shotcrete, rock bolts, steel supports etc. Prerequisite condition that a 'ground arch' is formed and that the face remains standing when excavated. Otherwise, countermeasure are necessary.</p>	<p>Ground is excavated from the surface using earth retaining wall system to build a tunnel at the desired depth. Then the excavated earth is brought back to restore the surface.</p>	

表 5-15 トンネル工法の比較

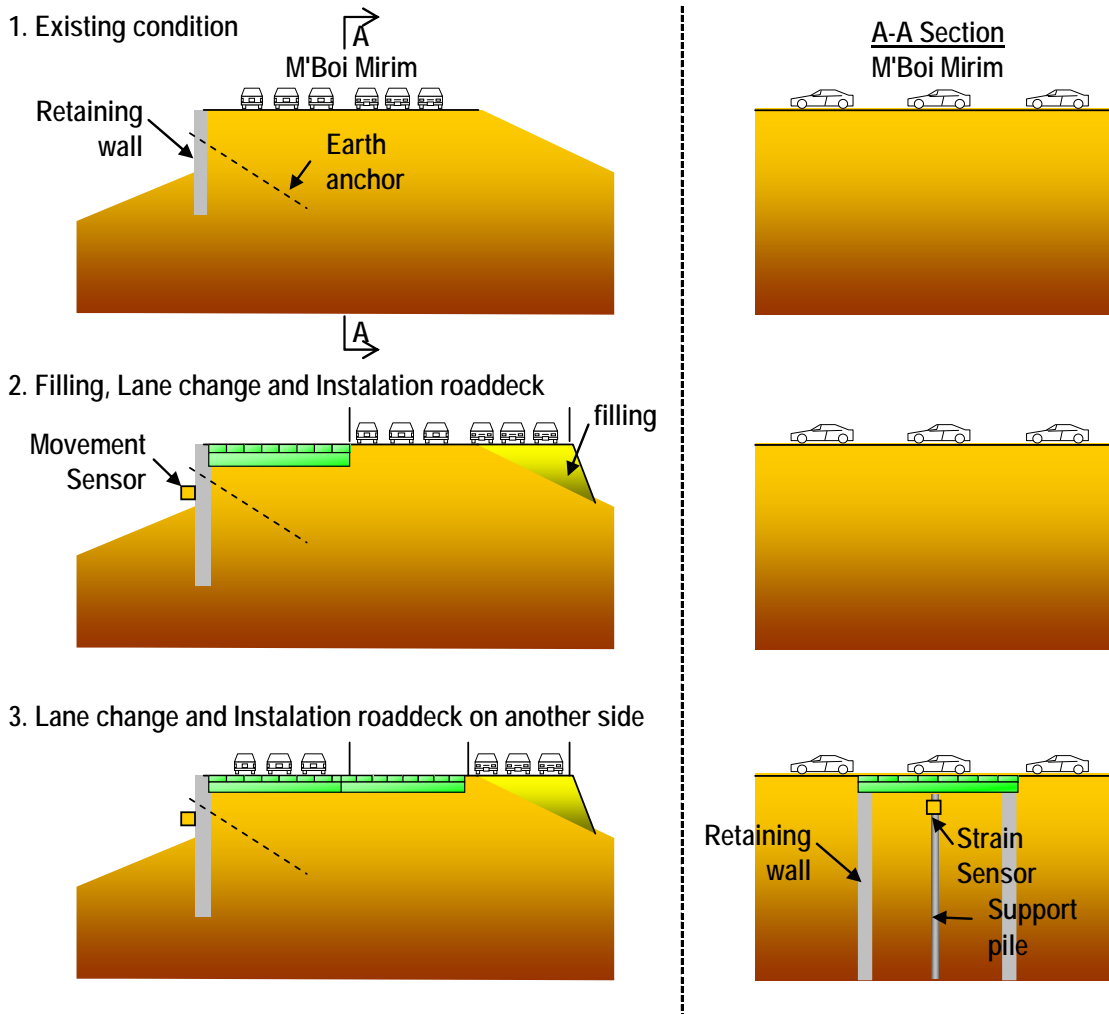
	Shield method	Mountain tunneling method	Cut and cover method
Section (Approx)			
Safety	Ground settlement of M'Boi Mirim will be large because overburden is less than 1D. (1D: diameter of tunnel)	Ground settlement of M'Boi Mirim will be very large because overburden is less than 1D. Soil improvement as countermeasure will be necessary.	Ground settlement of M'Boi Mirim will be comparatively small. Observation method will be necessary.
Difficulty	Countermeasure to the existing retaining wall etc will be difficult.	Countermeasure to the existing retaining wall etc will be difficult.	Countermeasure to the existing retaining wall etc will not be difficult.
Experience	Construction of urban large tunnel in little overburden like this is few.	Construction of urban large tunnel in little overburden like this is very few.	There are many similar constructions.
Precondition	Land acquisition and removal of obstacle houses for construction are necessary. The area per location will be approximately 14000-16000m ² .	Land acquisition and removal of obstacle houses for construction are necessary. The area per location will be approximately 14000-16000m ² .	Land acquisition and removal of obstacle houses for construction are necessary. The area per location will be approximately 14000-16000m ² .
Construction Cost	170%	150%	100%
Construction Period	140%	100%	100%
Evaluation	Unsuitable to this site	Unsuitable to this site	Comparatively suitable to this site

5.5.5 トンネル建設の手順

トンネル建設の手順について既存擁壁（下図）が存在し、3 箇所中最も悪条件の No.1 の位置における現道の付け替えと建設手順を以下に示す。



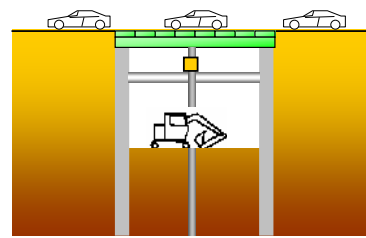
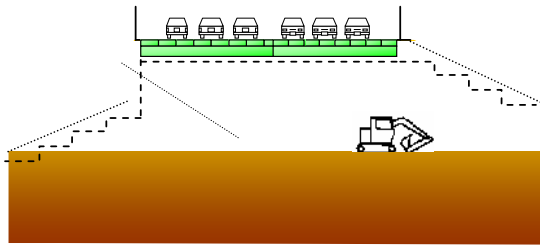
出典：JICA 調査団



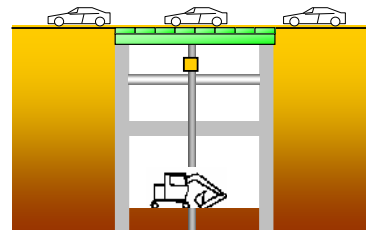
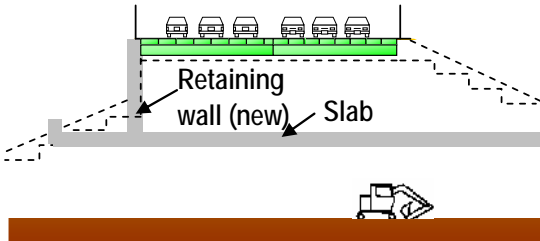
出典：JICA 調査団

図 5-53 トンネル建設の手順(1/2)

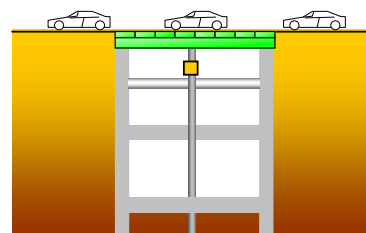
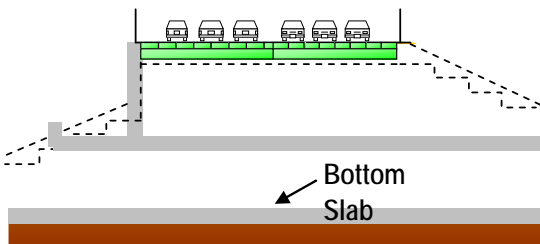
4. Lane change, excavation and remove retaining wall



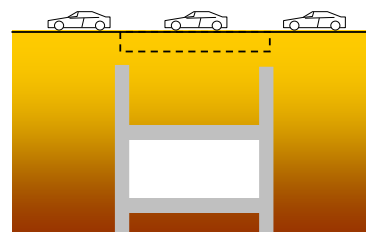
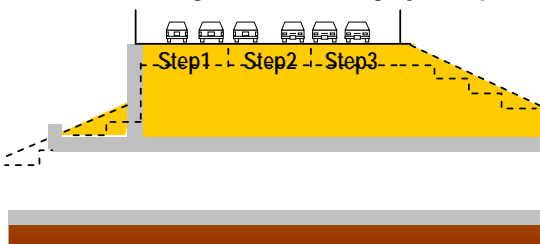
5. Construction top slab, restraint retaining wall and next excavation



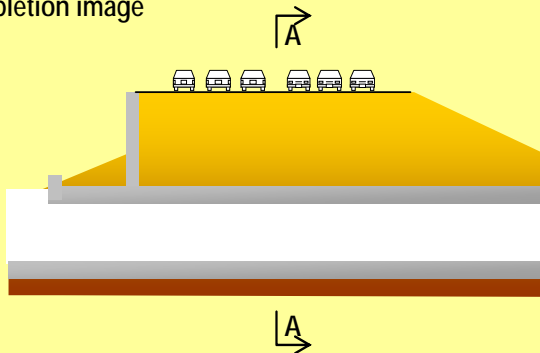
6. Construction bottom slab



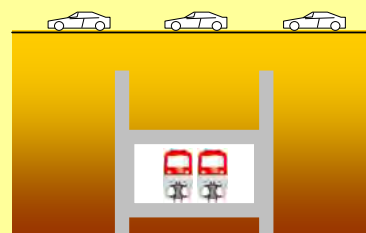
7. Remove roaddecking and Back filling by 3 step in nighttime



Completion image

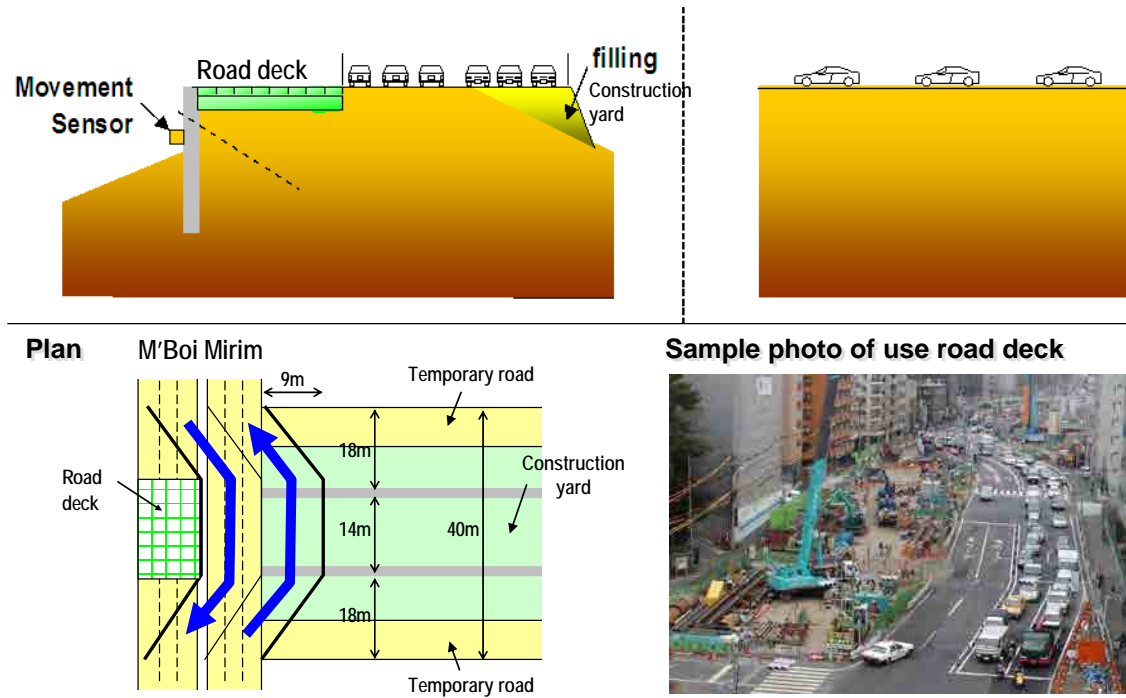


A-A Section



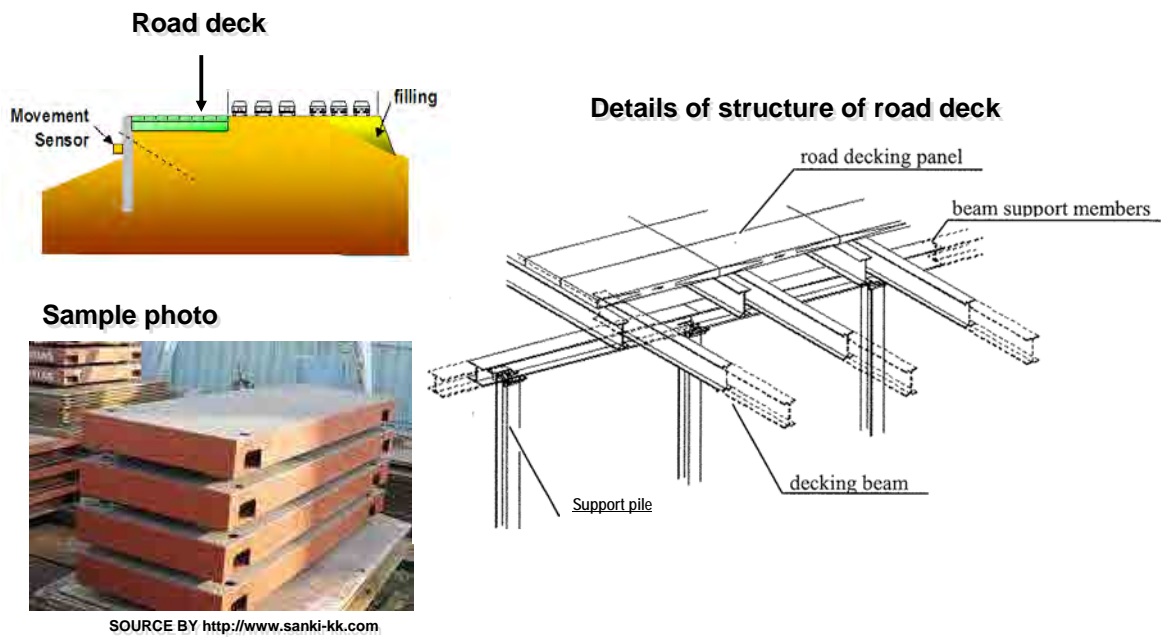
出典：JICA 調査団

図 5-54 トンネル建設の手順(2/2)



出典：JICA 調査団

図 5-55 道路覆工版の使用例



出典：JICA 調査団

図 5-56 道路覆工版の詳細

5.5.6 検討結果

検討した各地点でトンネルの建設は技術的には可能であり、No.1~No.3 の各地点でカットアンドカバー工法が最適と判断された。地域開発ルート上にある No.1 および

No.2 のトンネルはオリジナルルートの高架構造と比較して建設費が 2 倍、建設期間は 20% 増加する。

5.6 車両基地

5.6.1 車両基地および留置施設の配置

車両基地は、Jardim Sao Luis 地区に位置し Guarapiranga 川に面した遊休地に建設する。図 5-57 に示すとおり、車両基地用地は Line-2A の沿線にあり、2A-9 駅と 2A-10 駅の間位置する。車両基地用地の広さは、長さ約 600m、幅約 200m、面積は 11 ヘクタールである。

第二期には、車両数が増加するため、Jardim Angela と Ramal Jaguara に列車の留置施設を設ける。なお、第三期にて Line-1B も延伸する場合には、Line-1B の沿線に、Line-1B の運転に必要となる列車の車両基地が別途必要である。

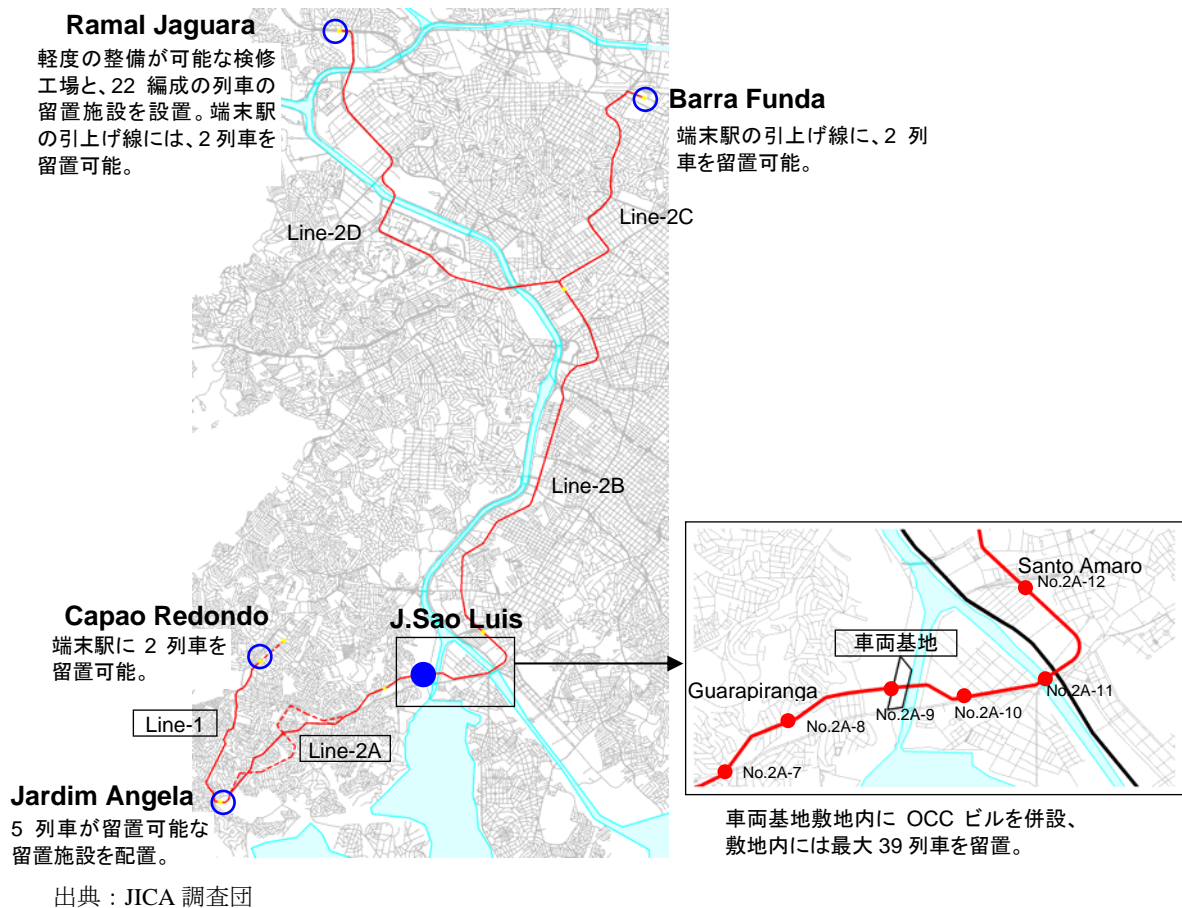


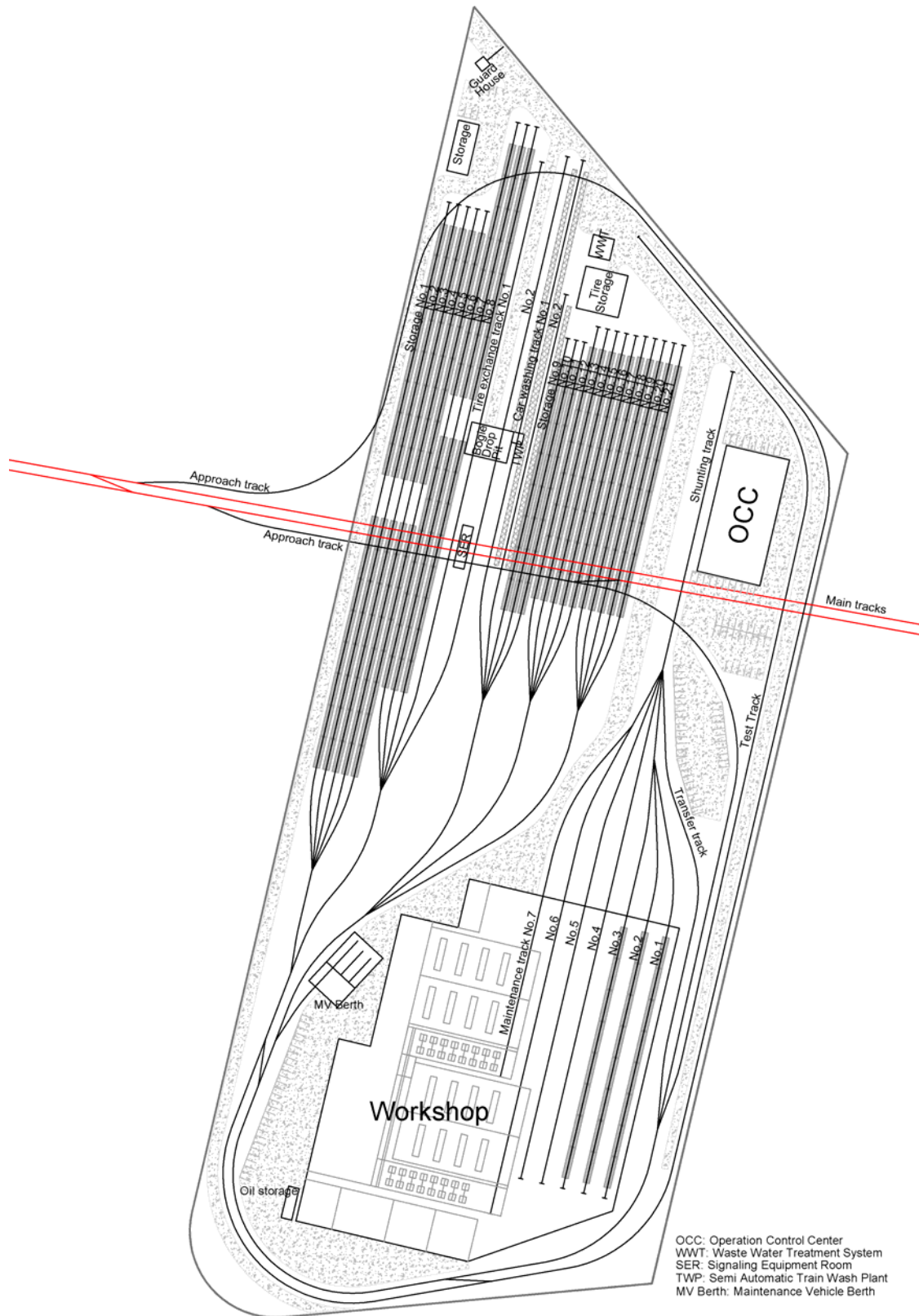
図 5-57 車両基地および留置施設の配置

5.6.2 車両基地・検修工場

(1) レイアウト

車両基地内には、留置線、検修線、検修工場、および総合指令所棟等を建設する。留置線と検修線の最急勾配は 0.5% であるため、車両基地は平坦な地上に設ける。また、留置線と検修線では、列車の目視検査を容易にするため、列車は直線区間に停車させ

る。車両基地内の平面線形については、最小曲線半径を $R=50m$ とする。車両基地のレイアウトを図 5-58 に示す。レイアウトは、8両編成の列車を前提とする。



出典：JICA 調査団

図 5-58 車両基地レイアウト

(2) 車両基地内の各線の機能と役割

1) 入出庫線（2線）

列車は、本線から分岐する入出庫線を通り車両基地に入場する。高頻度運転を実現するために、入出庫線は複線とする。本線の東行き線から分岐した入出庫線は、留置線を越えた後に地上に降下する。本線の西行き線と分岐するもう一方の入出庫線も降下し、本線の下を通過する。入出庫線の最急勾配は6%とする。

2) 留置線（21線）

留置線 No.1 から No.8 には各線に2列車を留置し、留置線 No.9～No.21 には各々1列車を留置する。このうち、留置線 No.1 から No.5 は、第二期に建設する。留置能力は、第一期において19列車、第二期には29列車に増加する。

3) タイヤ交換線（2線）

タイヤ交換線は、モノレールのゴムタイヤの交換に使用する。タイヤ交換線の中央に、タイヤの磨耗や損傷の検査を行う作業所を設け、必要時にはタイヤの交換を行う。作業所内の各線には、沈下桁が設備される。タイヤ交換線の近くには、タイヤ貯蔵庫を設ける。夜間、タイヤ交換が行われない場合には、タイヤ交換線に2列車の留置が可能である。

4) 車両洗浄線（2線）

車体の洗浄と車内清掃のための洗浄線を2線設備する。洗浄線 No.1 には、車体洗浄機を設置する。また、洗浄線 No.1 と No.2 の両方に、手洗い作業用プラットフォームを設ける。必要時には、洗浄線に2列車を留置することができる。

5) 移動用軌道、引上げ線

移動用軌道と引上げ線は、留置線から工場への車両の移動に用いる。これらの線には、車両は留置できない。

6) 試験線（1線）

車両の整備後の試験走行に用いる。

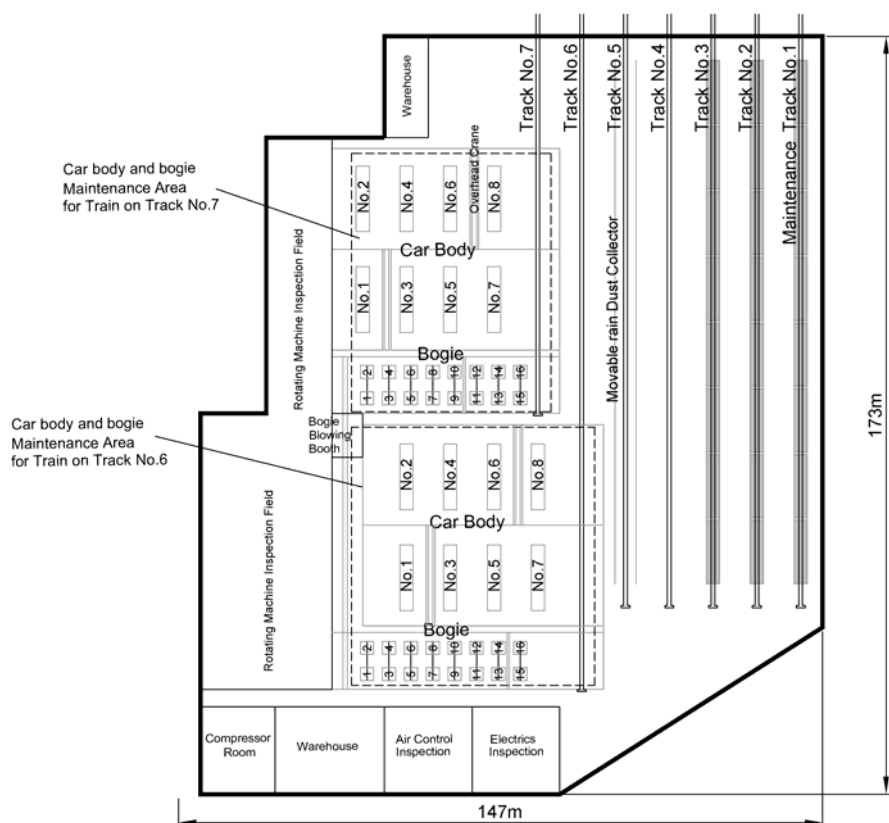
(3) 車両工場と検修線

車両向上は、列車検査・月検査を実施するエリアと、重要部検査・全般検査を実施するエリアの2つに分けられる。列車検査・月検査には、検修線 No.1 から No.4 を使用する。

月検査や、重要部検査・全般検査の実施前には、検修線 No.5 に設備した移動式集塵装置を使用し、車両のスカート内の集塵を行う。

検修線 No.6 と No.7 は、重要部検査・全般検査に用いる。検修線 No.6 と No.7 には、各々、車体を吊り上げるための2組の天井クレーンと、台車を吊り上げるための天井クレーンを設備する。検修線 No.7 とこれに付帯する検修エリアは、第二期に建設する。第二期以降、2編成の列車を同時に分解検査することができる。夜間には、検修線 No.1 から No.6 に車両を留置できる。

車両工場のレイアウトを図 5-59 に示す。



出典：JICA 調査団

図 5-59 車両工場レイアウト

(4) 総合指令所棟

総合指令所では、モノレール全線及び車両基地内の列車の運行管理を行う。総合指令所棟には、以下の事務所や部屋を設ける。

- a) 運行管理センター
- b) 管理事務所
- c) 乗務区事務室
- d) 車両区事務室
- e) 施設区事務室
- f) 電気区事務室
- g) 信号・通信設備区事務室
- h) 警備室
- i) 会議室
- j) 見学者スペース
- k) 食堂

(5) その他施設

1) 保守用車両庫

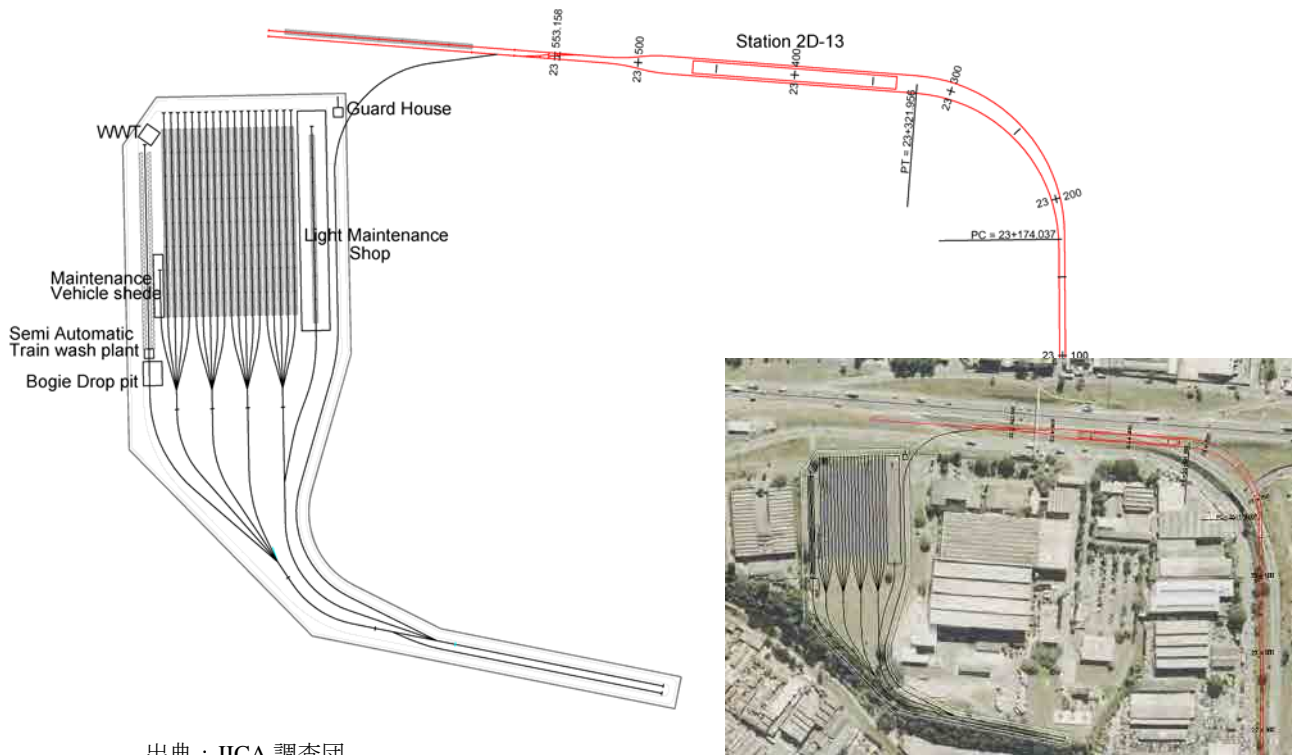
保守用車両の留置と整備を行う。保守用車両は、モノレールの営業運転終了後、夜間に軌道や電気設備のメンテナンスを行う。車庫には4台の保守用車両を留置できる。基地の入口にはトラバーサを設ける。

- 2) 倉庫
車両基地の入口近くに、本線および駅施設のスペアパーツの倉庫を設ける。
- 3) その他
排水処理施設、油貯蔵庫、緊急自動車車庫を設ける。

5.6.3 Ramal Jaguará 留置施設

第二期において、早朝の時間帯に Line-2D の端末駅から南行き列車を運行するために、Ramal Jaguará に車両の留置施設を設ける。

図 5-60 に、Ramal Jaguará 留置施設の提案内容を示す。Line-2D の端末駅の引上げ線に入出庫線を接続する。留置施設の面積は 4.4 ヘクタールであり、表 5-16 に示す施設を設備する。



出典：JICA 調査団

図 5-60 Ramal Jaguará 留置施設レイアウト

表 5-16 Ramal Jaguará 留置施設の施設

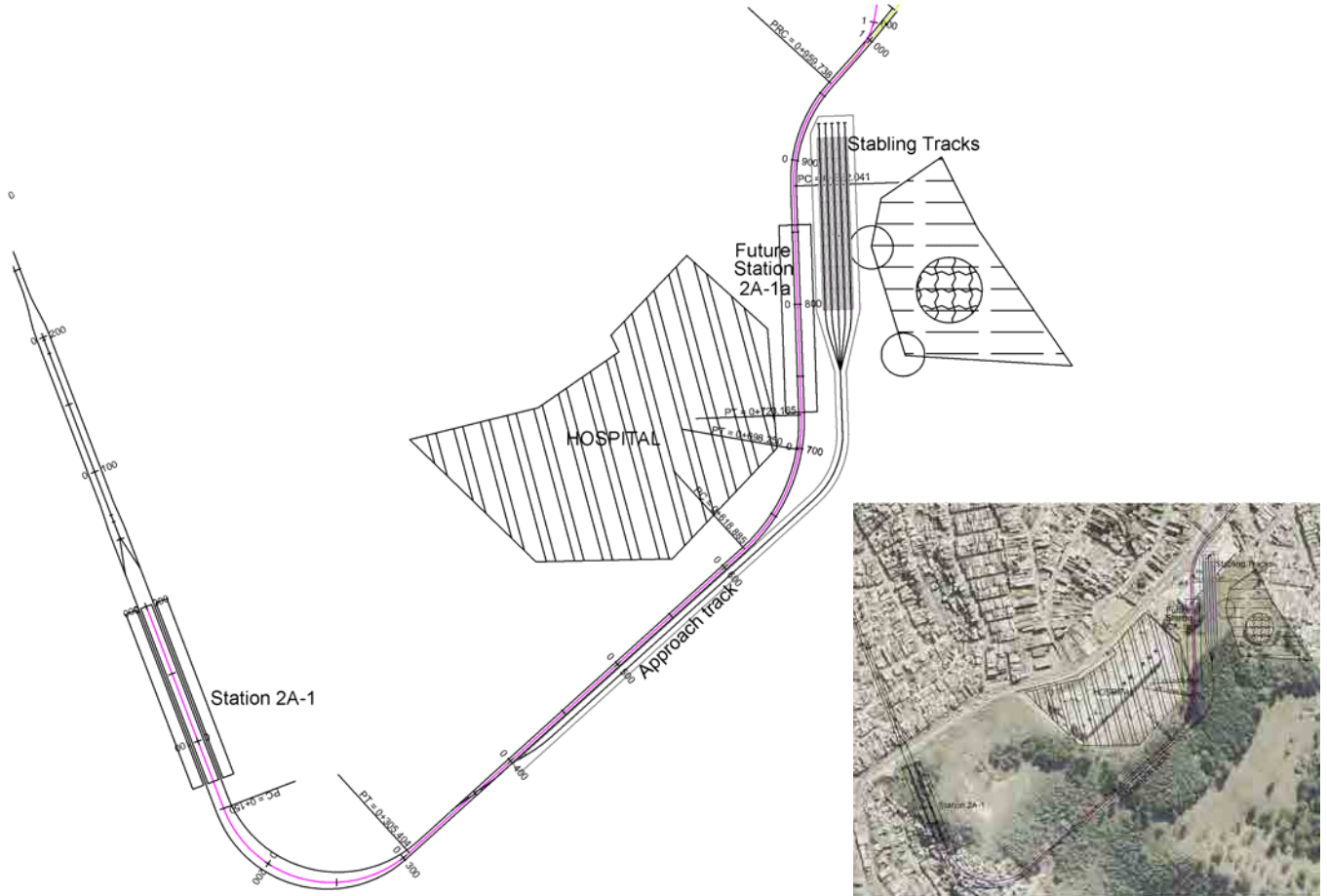
施設	数量	摘要	留置容量*
留置線	19	各線に 8 両編成を 1 列車留置可能。	19
入出庫線	1	引上げ線より分岐し車道を越えた後に、地平まで軌道を下げる。	0
引上げ線	2	留置施設内の車両の引上げに使用する。	1
車両洗浄線	1	車体洗浄機と、手洗い洗車台を設ける。	1
軽整備工場	1	列車検査、月検査を実施する能力を有する。	1
タイヤ交換施設	1	タイヤ交換作業所と沈下桁を車両洗浄線に併設する。	--
保守用車両基地	1	保守用車両 2 車両分の留置スペースを確保する。	--
排水処理施設	1	車両洗浄による排水の処理を行う。	--

注 *) 夜間の車両留置能力を示す。

出典：JICA 調査団

5.6.4 Jardim Angela 留置施設

第二期において高頻度運転を実施するために、Jardim Angela 付近への留置施設を設置する。図 5-61 に、Jardim Angela 留置施設の提案内容を示す。留置線は、将来駅 2A-1a の近く、現在のバスターミナルの上に設ける。入出庫線を含む必要面積は 0.8 ヘクタールである。



出典：JICA 調査団

図 5-61 Jardim Angela 留置施設レイアウト

表 5-17 Jardim Angela 留置施設の施設

施設	数量	摘要	留置容量*
留置線	5	8 両編成の列車が留置可能	5
入出庫線	1	単線	0

注 *) 夜間の車両留置能力を示す。

出典：JICA 調査団

5.6.5 車両基地の保守用設備

主要な保守用設備を表 5-18 および 5-19 に示す。

表 5-18 車両基地の主要な保守用設備

大区域	小区域	主要機器設備	単位	数量	備考
車両工場	列車検査場	自動列車試験装置	set	1	
		移動式集塵装置(1set = 2 unit)	set	1	検修線#5
		高所作業車(Scissor Lift)	set	4	
		昇降台(Staircase)	set	4	
		屋根上点検用足場	set	1	建屋工事による
		AC アルゴン溶接機	set	1	
		バッテリー充放電装置	set	1	
		フォークリフト	Car	2	
	台車スカート取り外し器具	set	64		
	車体メンテナンス場	天井クレーン (1 set = 10tons x 2 unit)	set	4	
		車体支持台 (1 set = 4 stand)	set	16	
		床下器具着脱	set	2	
		高所作業車 (Scissor Lift)	set	6	
		点検足場車	set	2	
		ハンドリフター	set	2	
		台車抜き取り桁	beam	2	軌道工事による
		エアコンユニットスタンド	set	4	
		けん引車	car	2	
	治具・専用ツール	lot	1		
	台車メンテナンス場	天井クレーン(5 tons)	set	2	
		台車メンテナンス作業台(2 bogies/stand)	set	4	
		台車置き台 (2 bogies/stand)	set	12	
		水平輪タイヤ着脱器	set	1	
		台車気吹き・洗浄ブース	set	1	
		治具・専用ツール	set	1	
	空制部品検査場	空制弁試験器	set	1	
		圧力ゲージ	set	1	
		超音波洗浄機	set	1	
		小物洗浄装置	set	1	
	電気部品検査場	電気部品試験装置	set	1	
		CBTC送受信試験装置	set	1	
		CBTC制御機器試験装置	set	1	
	回転部品検査場	天井クレーン(1 ton)	set	1	
		回転部品検査装置	set	1	
		エアコンプレッサー試験機	set	1	
		部品気吹き装置	set	1	
部品メンテナンスルーム	走行装置洗浄装置	set	1		
	磁気探傷機	set	1		
	油圧プレス	set	1		
	小物気吹き洗浄装置	set	1		
エアコンプレッサールーム	エアコンプレッサー	lot	1	配管工事を含む	
電気室	分電盤	lot	1		
車両洗浄線	車体洗浄機	set	1		
	手洗い洗浄台	set	2		
タイヤ交換線	タイヤ交換作業室	沈下桁装置	set	1	
		車体支持スタンド	set	2	
		走行輪着脱装置	set	1	
		天井クレーン(500kg)	set	1	
	タイヤ貯蔵庫	タイヤラック	lot	1	
保守用車両基地	保守作業車	car	3		
	トラバサ	set	1		
	クレーン車	car	1		
	AC アーク溶接機	set	2		
排水処理施設	排水処理施設	set	1	建屋工事による	

出典：JICA 調査団

表 5-19 Ramal Jaguará 留置施設の主要な保守用設備

大区域	小区域	主要機器設備	単位	数量	備考
軽整備場		自動列車試験装置	set	1	建屋工事による
		高所作業車 (Scissor Lift)	set	1	
		昇降台 (Staircase)	set	1	
		ハンドリフター	set	1	
		フォークリフト	car	1	
		治具・専用ツール	lot	1	
車両洗浄線		車体洗浄機	set	1	
		手洗い洗浄台	set	1	
	タイヤ交換作業所	沈下桁装置	set	1	
		車体支持スタンド	set	2	
		走行輪着脱装置	set	1	
		天井クレーン(500kg)	set	1	
		走行輪吊り上げ装置	set	1	
		タイヤラック	lot	1	
保守用車両車庫		保守作業車	car	1	
		クレーン車	car	1	
		AC アーク溶接機	set	1	
排水処理施設		排水処理施設	set	1	建屋工事による

出典：JICA 調査団

5.7 電力供給システム

5.7.1 サンパウロの電力事情

(1) サンパウロの電力供給システム

ブラジルでは、電力会社が、発電会社、送電会社、配電会社と3つの電力供給分野に分かれて存在しており、サンパウロに関する主要電力会社は、以下の通りである。

- 発電会社: ITAIPU, Eletrobras, FURNAS CPFL
- 送電会社: Eletrobras CTEEP
- 配電会社: Eletropaulo

また、SPTrans 社のトロリーバスについては、配電会社である Eletropaulo から専ら電力供給を受けており、そのため、今回のモノレール計画に於いても、現在の変電所を有効に生かす観点から、当初から Eletropaulo の直接受電とすることとしていた。

一方、Eletropaulo 社の停電事故の実態は、需要者当たり年 8.9 時間、回数につき年 6.4 回に及んでいる。(ブラジル発送配電協会：ABRADEE)

(2) 電力供給事情

現在、ブラジルでは総発電量の 83.2%が水力発電で賄われており(2006年電気事業連合会調査)、そのため、最近の異常気象から電力供給が不安定になる傾向にあるほか、急速な工業化の発展により電力の安定供給が脅かされる傾向にあるのが事態である。

現に、2009年の10月に於いて、降雨量の減少により、22のダムが低水位状況にあったほか、昨年でも3回、地下鉄に対する Eletropaulo 社の停電事故が発生している。

特に2009年11月にはブラジル全土に及ぶ夜間にわたる長時間の大停電が発生している。この主たる要因は、少数の超大規模の発電所が電力供給を行っているため、発電所相互間及び送電網の冗長性が欠如しているためと考えられる。従って広範囲な停電事故の起こる可能性が高いのが実態である。

5.7.2 モノレールの電力供給システム

(1) 電力供給システム

一般的には、列車に電力供給を行うには2方式があり、以下のとおりである。

- 個別の饋電用変電所に電力会社から直接受電する方式。
- 電力会社の送電能力の高い送電線から、大規模交流変電所にいったん受電し、そこから個別の饋電用変電所に送電する方式。

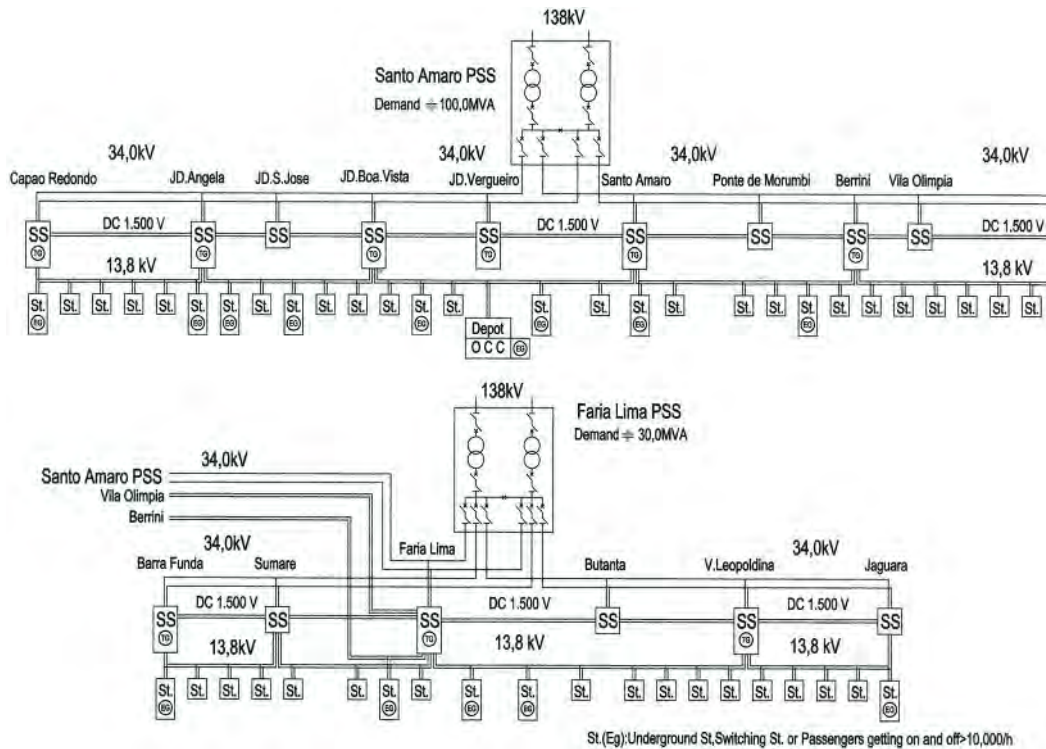
前者の方式は、電力会社が、多くの適切な送電線を有している場合に適しており、建設コストも後者の方式に比して廉価であり、将来の拡張に対し柔軟に対応できる。一方、後者は停電が頻繁に起きる等、電力事情の劣悪な場合に適している。

しかしながら、特にモノレールの様な高架設備にあつては、前述したように広範囲な停電が起きるなどの電力供給事情がある場合は、自家用発電設備によって、非常時に電力供給をすることが必要になる。

そのため、電力供給の安定性から見れば、両者とも差が無いので、拡張性に優れ、コストのかからない前者が有利となる。

後者の方式は、将来、送電網の冗長性が十分確保されるようになった際に、採用されるべきである。

以上、今回提案する電力供給システムについては、下図のとおりである。



出典：JICA 調査団

図 5-62 電力供給システム

(2) 電力供給システムの概要

モノレールへの電力供給は、交流 60Hz から直流 1,500V に変換して行う。その電圧変動範囲は、IEC 国際規格に準拠し、最高 1,800V、最低 1,000V とする。

一般用電力は、饋電用変電所で交流 13.8 kV に変換し、配電線路 2 回線にて、各駅及び車両基地へ給電する。

特定の饋電用変電所の饋電が止まった場合には、隣接変電所より延長饋電を行うこととし、ほぼ平常の運転状態が確保出来るような、饋電用変電所のロケーションとする。

電力会社の停電により、連続して饋電用変電所が止まった場合には、同区間内のモノレール車両は止まってしまうため、対応策として、饋電用変電所に非常用のタービン発電機を設置し、隣接駅まで列車退避できるようにする。表 5-20 に示すようにタービン発電機の設置間隔は、概ね 10~15km である。

従って、1 次受電用変電所については、将来、電力会社の供給システムが安定した時点まで、建設を控えた方が有利と考えられる。そして建設費、建設期間と範囲の柔軟性を得る意味からも、電力会社からの直接受電が有利である。

1次受電用変電所を建設する場合には、交流 138kV より 2 回線受電し、安全性の意味から変圧器 2 台とすることが望ましい。饋電用変電所は、1 次受電用変電所より交流 34kV 2 回線で供給され、モノレール用の直流 1,500V 及び配電用の交流 34.8kV に変換される。

表 5-20 自家用発電機の設置間隔

Interval of turbine generator (km)	Center of interval (km)	Contact line resistance (Ω/km)	Current/train (A)	Voltage (V)	Rectifier Capacity (kW)	Regulation of rectifier (%)	No load Voltage (V)	Inner Resistance (Ω)	Minimum Feed Voltage (V)
0	0.0	0.03605	1300	1500	1950	10	1,667	0.128	1,500
1	0.5	0.03605	1300	1500	1950	10	1,667	0.128	1,477
2	1.0	0.03605	1300	1500	1950	10	1,667	0.128	1,453
3	1.5	0.03605	1300	1500	1950	10	1,667	0.128	1,430
4	2.0	0.03605	1300	1500	1950	10	1,667	0.128	1,406
5	2.5	0.03605	1300	1500	1950	10	1,667	0.128	1,383
6	3.0	0.03605	1300	1500	1950	10	1,667	0.128	1,359
7	3.5	0.03605	1300	1500	1950	10	1,667	0.128	1,336
8	4.0	0.03605	1300	1500	1950	10	1,667	0.128	1,313
9	4.5	0.03605	1300	1500	1950	10	1,667	0.128	1,289
10	5.0	0.03605	1300	1500	1950	10	1,667	0.128	1,266
11	5.5	0.03605	1300	1500	1950	10	1,667	0.128	1,242
12	6.0	0.03605	1300	1500	1950	10	1,667	0.128	1,219
13	6.5	0.03605	1300	1500	1950	10	1,667	0.128	1,195
14	7.0	0.03605	1300	1500	1950	10	1,667	0.128	1,172
15	7.5	0.03605	1300	1500	1950	10	1,667	0.128	1,149
16	8.0	0.03605	1300	1500	1950	10	1,667	0.128	1,125
17	8.5	0.03605	1300	1500	1950	10	1,667	0.128	1,102
18	9.0	0.03605	1300	1500	1950	10	1,667	0.128	1,078
19	9.5	0.03605	1300	1500	1950	10	1,667	0.128	1,055
20	10.0	0.03605	1300	1500	1950	10	1,667	0.128	1,031
21	10.5	0.03605	1300	1500	1950	10	1,667	0.128	1,008

5.7.3 饋電用変電所のロケーション及び構成

(1) ロケーション

電力消費計算のため、Jardim Angela - Faria Lima 間の運転間隔を 120 秒、それ以外の区間の運転間隔を 240 秒と仮定した。

この場合の列車計画に基づく饋電用変電所の変圧器容量、電圧降下及びロケーションの計算結果は、表 5-21、表 5-22、表 5-23、表 5-24 及び図 5-63 の通りである。

表 5-21 電力消費率による整流器容量

Line	Station		Train Operation		Weight			Value of Traffic		Location of Traction SS			SS Capacity kVA				
	km	Name	Interval (min)	Car of Train	Peak Hour of a Direction	Train/hour	Weight of a train	Weight of a person	Passenger/hour	Inbound number	Outbound number	Electric Power Consumption kWh/1000-kva		Interval km	Section km	Load of SS kVA	
Line-1	0.000	Novo Chapao Redondo	1.200	2	6	300	222.000	0.070	16,878	4,382	4,382	0	0	573	0	1,012	
	1.200	Novo Chapao Redondo	0.800	2	6	300	222.000	0.070	16,866	5,533	5,533	0	0	385	0	5,506	
	2.000	Novo Chapao Redondo	0.100	2	6	300	222.000	0.070	15,894	4,529	4,529	0	0	47	0	2,023	
	2.100	Novo Chapao Redondo	0.000	2	6	300	222.000	0.070	15,894	4,529	4,529	0	0	0	0	0	
	2.700	Novo Chapao Redondo	0.600	2	6	300	222.000	0.070	13,700	6,508	6,508	0	0	284	0	284	
	3.340	Novo Chapao Redondo	0.640	2	6	300	222.000	0.070	13,700	6,508	6,508	0	0	303	0	303	
	4.150	Novo Chapao Redondo	0.810	2	6	300	222.000	0.070	10,837	8,619	8,619	0	0	379	0	379	
	4.200	Novo Chapao Redondo	0.050	2	6	120	1,500	222.000	0.070	15,108	4,412	4,412	0	0	51	0	2,452
	4.200	Novo Chapao Redondo	0.000	2	6	120	1,500	222.000	0.070	15,108	4,412	4,412	0	0	0	0	1,440
	5.750	Novo Chapao Redondo	1.550	2	6	120	46,500	222.000	0.070	15,108	4,412	4,412	0	0	1,583	0	2,881
6.760	Novo Chapao Redondo	1.010	2	6	120	30,300	222.000	0.070	17,987	1,397	1,397	0	0	1,038	0	1,440	
7.000	Novo Chapao Redondo	0.240	2	6	120	7,200	222.000	0.070	20,682	1,366	1,366	0	0	250	0	2,852	
7.000	Novo Chapao Redondo	0.000	2	6	120	0.000	222.000	0.070	20,682	1,366	1,366	0	0	0	0	1,412	
6.350	Novo Chapao Redondo	0.650	2	6	120	19,500	222.000	0.070	21,072	1,366	1,366	0	0	676	0	2,824	
6.350	Novo Chapao Redondo	0.700	2	6	120	21,000	222.000	0.070	21,072	1,366	1,366	0	0	730	0	2,824	
6.350	Novo Chapao Redondo	0.900	2	6	120	30,000	222.000	0.070	21,072	1,366	1,366	0	0	1,062	0	1,412	
6.700	Novo Chapao Redondo	0.000	2	6	120	0.000	222.000	0.070	27,208	1,383	1,383	0	0	30	0	2,940	
6.700	Novo Chapao Redondo	0.000	2	6	120	34,000	222.000	0.070	27,208	1,383	1,383	0	0	0	0	1,528	
10.500	Novo Chapao Redondo	0.800	2	6	120	34,000	222.000	0.070	29,759	2,397	2,397	0	0	858	0	3,055	
11.600	Novo Chapao Redondo	1.100	2	6	120	33,000	222.000	0.070	33,730	2,397	2,397	0	0	1,199	0	1,528	
12.500	Novo Chapao Redondo	0.900	2	6	120	27,000	222.000	0.070	34,446	3,366	3,366	0	0	988	0	1,528	
12.500	Novo Chapao Redondo	0.000	2	6	120	0.000	222.000	0.070	34,446	3,366	3,366	0	0	0	0	1,679	
13.550	Novo Chapao Redondo	1.050	2	6	120	31,500	222.000	0.070	30,792	5,134	5,134	0	0	1,174	0	1,679	
14.450	Novo Chapao Redondo	0.900	2	6	120	27,000	222.000	0.070	34,770	5,438	5,438	0	0	988	0	3,320	
15.500	Novo Chapao Redondo	1.050	2	6	120	31,500	222.000	0.070	34,770	5,438	5,438	0	0	1,186	0	1,642	
15.500	Novo Chapao Redondo	0.000	2	6	120	0.000	222.000	0.070	34,770	5,438	5,438	0	0	0	0	1,642	
15.640	Novo Chapao Redondo	0.140	2	6	120	4,200	222.000	0.070	29,624	2,974	2,974	0	0	158	0	3,283	
16.540	Novo Chapao Redondo	0.900	2	6	120	27,000	222.000	0.070	30,155	2,991	2,991	0	0	602	0	1,642	
17.090	Novo Chapao Redondo	0.550	2	6	120	16,500	222.000	0.070	30,155	2,991	2,991	0	0	1,204	0	1,642	
18.190	Novo Chapao Redondo	1.100	2	6	120	33,000	222.000	0.070	27,148	3,513	3,513	0	0	338	0	1,642	
18.900	Novo Chapao Redondo	0.310	2	6	120	9,300	222.000	0.070	27,148	3,513	3,513	0	0	0	0	1,618	
18.900	Novo Chapao Redondo	0.000	2	6	120	0.000	222.000	0.070	27,148	3,513	3,513	0	0	0	0	1,618	
18.900	Novo Chapao Redondo	0.000	2	6	120	28,200	222.000	0.070	27,148	3,513	3,513	0	0	1,018	0	1,618	
19.440	Novo Chapao Redondo	0.940	2	6	120	26,400	222.000	0.070	26,059	3,474	3,474	0	0	1,018	0	1,618	
20.440	Novo Chapao Redondo	0.940	2	6	120	26,400	222.000	0.070	26,059	3,474	3,474	0	0	1,067	0	1,618	
21.500	Novo Chapao Redondo	1.000	2	6	120	3,000	222.000	0.070	22,868	4,151	4,151	0	0	106	0	2,682	
21.500	Novo Chapao Redondo	0.100	2	6	120	0.000	222.000	0.070	22,868	4,151	4,151	0	0	0	0	1,064	
22.240	Novo Chapao Redondo	0.740	2	6	120	22,200	222.000	0.070	22,868	4,151	4,151	0	0	788	0	2,127	
22.880	Novo Chapao Redondo	0.650	2	6	120	19,500	222.000	0.070	22,868	4,151	4,151	0	0	682	0	1,064	
23.500	Novo Chapao Redondo	0.610	2	6	120	18,300	222.000	0.070	22,145	4,146	4,146	0	0	647	0	1,064	
23.500	Novo Chapao Redondo	0.000	2	6	120	0.000	222.000	0.070	22,145	4,146	4,146	0	0	0	0	1,860	
23.500	Novo Chapao Redondo	0.090	2	6	120	2,700	222.000	0.070	21,275	7,222	7,222	0	0	96	0	3,720	
24.480	Novo Chapao Redondo	0.900	2	6	120	27,000	222.000	0.070	20,827	7,223	7,223	0	0	909	0	1,860	
25.340	Novo Chapao Redondo	0.850	2	6	120	25,500	222.000	0.070	19,721	10,055	10,055	0	0	970	0	1,860	
26.240	Novo Chapao Redondo	0.900	2	6	120	20,700	222.000	0.070	16,501	12,035	12,035	0	0	740	0	1,860	
26.930	Novo Chapao Redondo	0.690	2	6	240	1,050	222.000	0.070	9,051	12,669	12,669	0	0	40	0	3,221	
27.000	Novo Chapao Redondo	0.070	2	6	240	0.000	222.000	0.070	9,051	12,669	12,669	0	0	0	0	885	
27.000	Novo Chapao Redondo	0.000	2	6	240	11,400	222.000	0.070	9,051	12,669	12,669	0	0	436	0	1,730	
27.780	Novo Chapao Redondo	1.020	2	6	240	15,300	222.000	0.070	8,310	12,669	12,669	0	0	582	0	885	
28.780	Novo Chapao Redondo	0.920	2	6	240	19,300	222.000	0.070	9,350	14,666	14,666	0	0	213	0	1,089	
30.000	Novo Chapao Redondo	0.450	2	6	240	0.000	222.000	0.070	9,310	13,068	13,068	0	0	22	0	1,089	
30.000	Novo Chapao Redondo	0.000	2	6	240	5,700	222.000	0.070	9,310	13,068	13,068	0	0	219	0	1,277	
30.380	Novo Chapao Redondo	0.380	2	6	240	12,000	222.000	0.070	9,042	13,013	13,013	0	0	0	0	2,553	
31.180	Novo Chapao Redondo	0.800	2	6	240	10,500	222.000	0.070	9,042	13,013	13,013	0	0	459	0	1,277	
33.500	Novo Chapao Redondo	1.620	2	6	240	24,300	222.000	0.070	4,918	13,944	13,944	0	0	904	0	2,375	
34.500	Novo Chapao Redondo	1.000	2	6	240	15,000	222.000	0.070	5,509	15,466	15,466	0	0	569	0	1,089	
34.500	Novo Chapao Redondo	0.000	2	6	240	1,800	222.000	0.070	5,509	15,466	15,466	0	0	68	0	2,188	
34.620	Novo Chapao Redondo	0.120	2	6	240	1,800	222.000	0.070	5,509	15,466	15,466	0	0	0	0	1,089	
35.410	Novo Chapao Redondo	0.790	2	6	240	11,850	222.000	0.070	3,398	18,527	18,527	0	0	462	0	1,089	
36.700	Novo Chapao Redondo	1.320	2	6	240	19,800	222.000	0.070	3,195	19,576	19,576	0	0	785	0	466	
38.305	Novo Chapao Redondo	1.575	2	6	240	23,625	222.000	0.070	1,396	20,318	20,318	0	0	902	0	466	
27.930	Novo Chapao Redondo	0.930	2	6	360	9,300	166.800	0.070	6,096	4,468	4,468	0	0	282	0	991	
29.030	Novo Chapao Redondo	1.100	2	4	360	11,000	166.800	0.070	6,096	4,468	4,468	0	0	314	0	466	
29.890	Novo Chapao Redondo	0.950	2	4	360	8,500	166.800	0.070	5,513	4,470	4,470	0	0	240	0	466	
30.500	Novo Chapao Redondo	0.620	2	4	360	6,200	166.800	0.070	5,513	4,470	4,470	0	0	175	0	466	
30.500	Novo Chapao Redondo	0.000	2	4	360	0.000	166.800	0.070	5,513	4,470	4,470	0	0	0	0	997	
31.000	Novo Chapao Redondo	0.600	2	4	360	6,600	166.800	0.070	4,895	4,521	4,521	0	0	37	0	1,004	
31.230	Novo Chapao Redondo	0.850	2	4	360	6,600	166.800	0.070	4,895	4,521	4,521	0	0	241	0	1,004	
32.130	Novo Chapao Redondo	0.650	2	4	360	8,500	166.800	0.070	4,895	5,923	5,923	0					

表 5-22 最大消費電力による整流器容量

Substation	Section	Distance (km)	Cars/Train		Headway (sec)	Schedule Speed (km/h)	No. of Trains in Section	Max Current of Train (A)		Max Power by Calculation(kW)	Consumption Power (kWh)	Max Zhr-Power by Simulation (kW)	Demand Peak Power (kVA)	Rectifier
			Mc	M				Motor (A)	Auxiliary (A)					
Capao Redondo	-Capelinha	0.00	2	6	300	30.0	0.0	2,600.0	186.6	0	3,933	3,812	4,200	3,000kW* (1+1)
		2.10	2	6	300	30.0	1.7	2,600.0	186.6	3,933				
Jardim Angela	Capao Redondo-Jardim Angela/2	2.10	2	6	300	30.0	1.7	2,600.0	186.6	3,933	10,487	8,452	9,300	3,000kW* (2+1)
		1.40	2	6	120	30.0	2.8	2,600.0	186.6	6,554				
JD.S.Jose	Jardim Angela-JD.S.Jose/2	1.40	2	6	120	30.0	2.8	2,600.0	186.6	6,554	12,874	9,852	10,900	3,000kW* (3+1)
		1.35	2	6	120	30.0	2.7	2,600.0	186.6	6,320				
JD.Boa Vista	JD.S.Jose-JD.Boa Vista/2	1.35	2	6	120	30.0	2.7	2,600.0	186.6	6,320	12,874	9,940	11,000	3,000kW* (3+1)
		1.40	2	6	120	30.0	2.8	2,600.0	186.6	6,554				
JD.Vergueiro	JD.Boa Vista-JD.Vergueiro/2	1.40	2	6	120	30.0	2.8	2,600.0	186.6	6,554	13,577	10,206	14,000	3,000kW* (3+1)
		1.50	2	6	120	30.0	3.0	2,600.0	186.6	7,022				
Santo Amaro	Depot	1.50	2	6	120	30.0	3.0	2,600.0	186.6	7,022	14,045	10,320	11,400	3,000kW* (3+1)
		1.50	2	6	120	30.0	3.0	2,600.0	186.6	7,022				
Ponte de Morumbi	Santo Amaro-Ponte de Morumbi/2	1.50	2	6	120	30.0	3.0	2,600.0	186.6	7,022	14,045	10,260	11,300	3,000kW* (3+1)
		1.50	2	6	120	30.0	3.0	2,600.0	186.6	7,022				
Berrini	Ponte de Morumbi-Berrini/2	1.50	2	6	120	30.0	3.0	2,600.0	186.6	7,022	11,704	9,682	10,700	3,000kW* (3+1)
		1.00	2	6	120	30.0	2.0	2,600.0	186.6	4,682				
Vila Olimpia	Berrini-Vila Olimpia/2	1.00	2	6	120	30.0	2.0	2,600.0	186.6	4,682	12,874	9,924	11,000	3,000kW* (3+1)
		1.75	2	6	120	30.0	3.5	2,600.0	186.6	8,193				
Faria Lima	Vila Olimpia-Faria Lima/2	1.75	2	6	120	30.0	3.5	2,600.0	186.6	8,193	13,801	10,221	11,300	3,000kW* (3+1)
		1.50	2	6	240	30.0	1.5	2,600.0	186.6	3,511				
Butanta	Faria Lima-Butanta/2	1.50	2	4	360	30.0	1.2	2,000.0	140.0	2,097	8,778	7,142	7,900	3,000kW* (2+1)
		1.50	2	6	240	30.0	1.5	2,600.0	186.6	3,511				
V.Leopoldina	Butanta-V.Leopoldina/2	2.25	2	6	240	30.0	2.3	2,600.0	186.6	5,267	9,784	7,375	8,200	3,000kW* (2+1)
		1.93	2	6	240	30.0	1.9	2,600.0	186.6	4,518				
Jaquara	V.Leopoldina-Jaquara/2	1.93	2	6	240	30.0	1.9	2,600.0	186.6	4,518	4,518	4,599	5,100	3,000kW* (1+1)
		0.00	2	6	240	30.0	0.0	2,600.0	186.6	0				
Sumare	Jaquara	0.00	2	4	360	30.0	1.2	2,000.0	140.0	2,097	4,290	3,564	4,000	3,000kW* (1+1)
		1.83	2	4	360	30.0	1.2	2,000.0	140.0	2,193				
Barra Funda	Sumare-Barra Funda/2	1.83	2	4	360	30.0	1.2	2,000.0	140.0	2,193	2,193	2,299	2,600	2,000kW* (1+1)
		0.00	2	4	360	30.0	0.0	2,000.0	140.0	0				
Total		45.52								34,984	120,147	132,800		

Note: No. of Trains in Section=60/Headway*Distance/Schedule Speed*2
 Maximum Motor Current= 400A.*4M+200A*2Mc=2000 A:400A*5M+200A*1M+200A*2Mc=2600 A
 Auxiliary Current of a Car=(20kW*2(Air Conditioner)/1.5kV+10kW/1.5kV)*0.7(Load Factor)=23.33A
 Max Power by Calculation= No. of Trains in Section*Max Current of Train*1.2kV*0.7
 Rectifier Capacity=150%(2Hours),300%(1Minutes)
 Dimand Peak Power(kVA)=Maximum Power(kW)*1.1

出典：JICA 調査団

表 5-23 平常運転時の電圧降下

Substation	Section	Distance (km)	Feeding Resistance		Cars/Train	Headway (sec)	Schedule Speed (km/h)	No. of Trains in Section of Direction	Max Current of a Train (A)	Maximum Current of SS (A)		Rectifier Capacity (kW)	Voltage Regulation (%)	Voltage (V)		Inner Resistance (Ω)	Feeding Voltage (V)
			Ω/km	Ω						Total	No Load			Standard	No Load		
Capao Redondo	-Capao Redondo	0.00	0.03605	0.00000	2	6	300	0.00	2,787	0	3,277	6,000	6	1,500	1,596	0.0239	1,517
	Capao Redondo-Jardim Angelar/2	2.10	0.03605	0.07571	2	6	300	0.84	2,787	3,277	3,277	6,000	6	1,500	1,596	0.0239	1,517
Jardim Angela	Capao Redondo-Jardim Angelar/2	2.10	0.03605	0.07571	2	6	300	0.84	2,787	3,277	3,277	9,000	6	1,500	1,596	0.0160	1,456
	Jardim Angela-JD.S.Jose/2	1.40	0.03605	0.05047	2	6	120	30.0	2,787	5,462	8,739	9,000	6	1,500	1,596	0.0160	1,456
JD.S.Jose	Jardim Angela-JD.S.Jose/2	1.40	0.03605	0.05047	2	6	120	30.0	2,787	5,462	10,728	12,000	6	1,500	1,596	0.0120	1,487
	JD.S.Jose-JD.Boa Vista/2	1.35	0.03605	0.04867	2	6	120	30.0	2,787	5,267	10,728	12,000	6	1,500	1,596	0.0120	1,487
JD.Boa Vista	JD.S.Jose-JD.Boa Vista/2	1.35	0.03605	0.04867	2	6	120	30.0	2,787	5,267	10,728	12,000	6	1,500	1,596	0.0120	1,487
	JD.Boa Vista-JD.Vergueiro/2	1.40	0.03605	0.05047	2	6	120	30.0	2,787	5,462	10,728	12,000	6	1,500	1,596	0.0120	1,487
JD.Vergueiro	JD.Boa Vista-JD.Vergueiro/2	1.40	0.03605	0.05047	2	6	120	30.0	2,787	5,462	11,314	12,000	6	1,500	1,596	0.0120	1,487
	JD.Vergueiro-Santo Amaro/2	1.50	0.03605	0.05408	2	6	120	30.0	2,787	5,852	11,314	12,000	6	1,500	1,596	0.0120	1,487
Santo Amaro	JD.Vergueiro-Santo Amaro/2	1.50	0.03605	0.05408	2	6	120	30.0	2,787	5,852	11,704	12,000	6	1,500	1,596	0.0120	1,456
	Santo Amaro-Ponte de Morumbi/2	1.50	0.03605	0.05408	2	6	120	30.0	2,787	5,852	11,704	12,000	6	1,500	1,596	0.0120	1,456
Ponte de Morumbi	Santo Amaro-Ponte de Morumbi/2	1.50	0.03605	0.05408	2	6	120	30.0	2,787	5,852	11,704	12,000	6	1,500	1,596	0.0120	1,456
	Ponte de Morumbi-Berrini/2	1.50	0.03605	0.05408	2	6	120	30.0	2,787	5,852	11,704	12,000	6	1,500	1,596	0.0120	1,456
Berrini	Ponte de Morumbi-Berrini/2	1.50	0.03605	0.05408	2	6	120	30.0	2,787	5,852	9,753	12,000	6	1,500	1,596	0.0120	1,479
	Berrini-Vila Olimpia/2	1.00	0.03605	0.03605	2	6	120	30.0	2,787	3,901	9,753	12,000	6	1,500	1,596	0.0120	1,479
Vila Olimpia	Berrini-Vila Olimpia/2	1.00	0.03605	0.03605	2	6	120	30.0	2,787	3,901	10,728	12,000	6	1,500	1,596	0.0120	1,487
	Vila Olimpia-Faria Lima/2	1.75	0.03605	0.06309	2	6	120	30.0	2,787	6,827	10,728	12,000	6	1,500	1,596	0.0120	1,487
Faria Lima	Vila Olimpia-Faria Lima/2	1.75	0.03605	0.06309	2	6	120	30.0	2,787	6,827	12,029	12,000	6	1,500	1,596	0.0120	1,487
	Faria Lima-Sumare/2	1.50	0.03605	0.05408	2	6	360	0.75	2,787	2,926	12,029	12,000	6	1,500	1,596	0.0120	1,452
Butanta	Faria Lima-Sumare/2	1.50	0.03605	0.05408	2	6	360	0.58	2,787	2,276	12,029	12,000	6	1,500	1,596	0.0120	1,452
	Butanta-V.Leopoldina/2	1.50	0.03605	0.05408	2	6	240	0.75	2,787	2,926	7,315	9,000	6	1,500	1,596	0.0160	1,479
V.Leopoldina	Butanta-V.Leopoldina/2	2.25	0.03605	0.08111	2	6	240	1.13	2,787	4,389	7,315	9,000	6	1,500	1,596	0.0160	1,479
	V.Leopoldina-Jaguara/2	1.93	0.03605	0.06958	2	6	240	0.97	2,787	3,765	8,154	9,000	6	1,500	1,596	0.0160	1,466
Jaguara	V.Leopoldina-Jaguara/2	1.93	0.03605	0.06958	2	6	240	0.97	2,787	3,765	8,154	9,000	6	1,500	1,596	0.0160	1,466
	-Jaguara	0.00	0.03605	0.00000	2	6	240	0.00	2,787	0	3,765	6,000	6	1,500	1,596	0.0239	1,506
Sumare	Jaguara	0.00	0.03605	0.00000	2	6	240	0.00	2,787	0	3,765	6,000	6	1,500	1,596	0.0239	1,506
	Faria Lima-Sumare/2	1.75	0.03605	0.06309	2	4	360	0.58	2,787	1,748	3,575	6,000	6	1,500	1,596	0.0239	1,510
Barra Funda	Sumare-Barra Funda/2	1.83	0.03605	0.06597	2	4	360	0.61	2,787	1,828	3,575	6,000	6	1,500	1,596	0.0239	1,510
	Sumare-Barra Funda/2	1.83	0.03605	0.06597	2	4	360	0.61	2,787	1,828	1,828	4,000	6	1,500	1,596	0.0359	1,550
Total	-Barra Funda	0.00	0.03605	0.00000	2	4	360	0.00	2,140	0	1,828	4,000	6	1,500	1,596	0.0359	1,550
	Total	45.52									145,000						

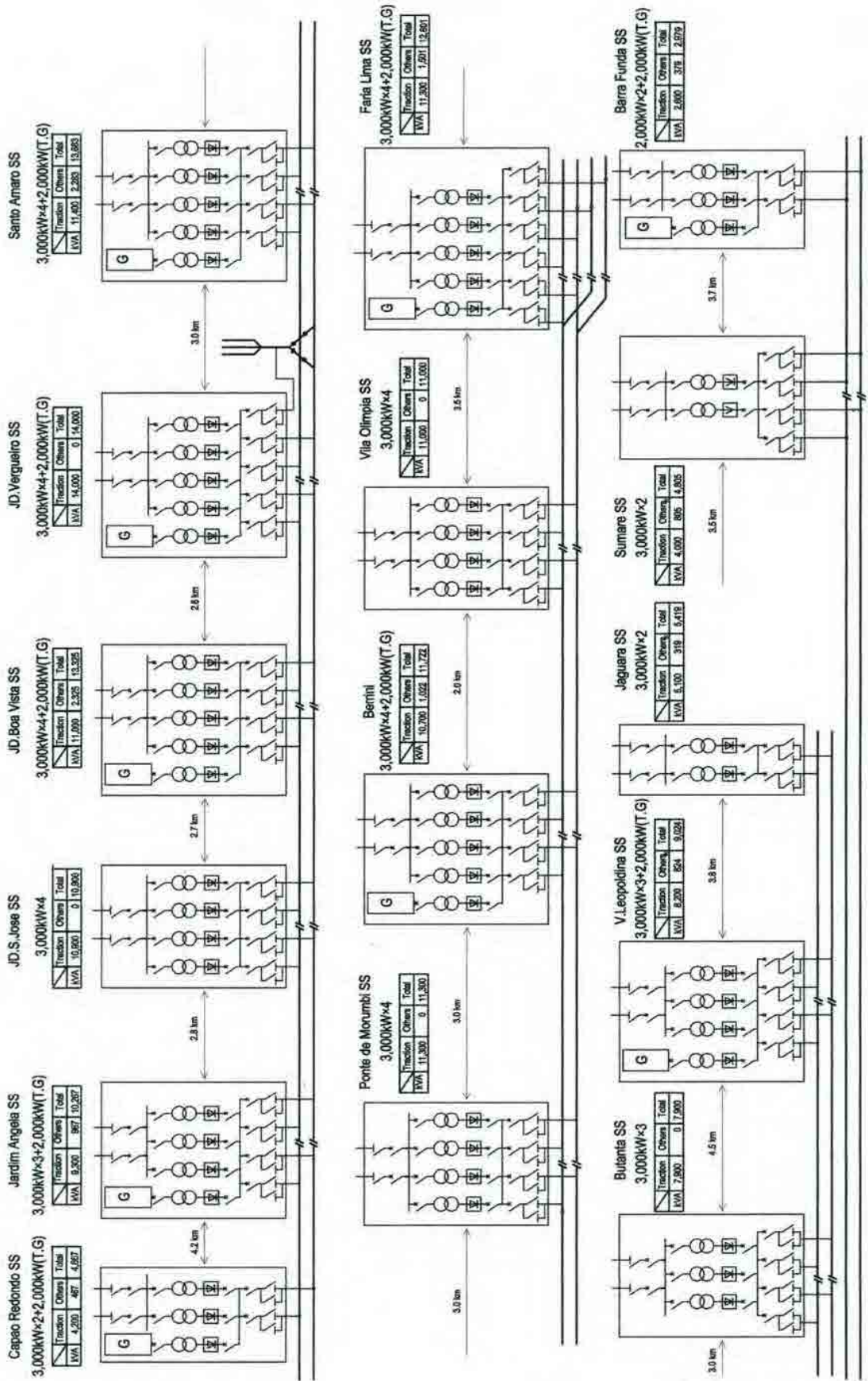
Note: No. of Trains in Oneway Section=3600/Headway*Distance/Schedule Speed
 Maximum Current of SS= No. of Trains in Section of Direction*Max Current of a Train*0.72
 Inner Resistance=Standard V/(No Load V-Standard V)/Rectifier Capacity/1000
 Feeding Voltage=No Load V+Max Current of SS*Inner Resistance
 Minimum Voltage=Feeding Voltage-No. of Trains in Section of Direction*Max Current of a Train*0.7*Feeding Resistance*0.5

表 5-24 隣接変電所故障時の電圧降下

Substation	Break Down Substation	Section	Distance (km)	Feeding Resistance		Cars/Train	Headway (sec)	Schedule Speed (km/h)	NO. of Trains in Section	Max Current of a Train (A)	Maximum Current of SSI(A)		Rectifier Capacity (kW)	Voltage Regulation (%)	Voltage (V)		Inner Resistance (Ω)	Feeding Voltage (V)	Minimum Voltage (V)
				$\frac{V}{km}$	$\frac{\Omega}{km}$						Standard	No. Load							
Capao Redondo	Jardim Angela	Capao Redondo-JD.S. Jose/2	0.06	0.03605	0.0907	1	300	30.0	30.0	2,787	7,804	6,000	6	1,500	1,596	0.0239	1,409	1,489	
		Capao Redondo-Jardim Angela	3.90	0.03605	0.1211	2	210	30.0	30.0	2,787	7,804	6,000	6	1,500	1,596	0.0239	1,409	1,489	
Jardim Angela	Capao Redondo	Capao Redondo-JD.S. Jose/2	4.30	0.03605	0.1514	2	6	30.0	30.0	2,787	12,018	9,000	6	1,500	1,596	0.0160	1,404	1,586	
		Capao Redondo-Jardim Angela/2	1.40	0.03605	0.05947	2	6	30.0	30.0	2,787	5,483	4,000	6	1,500	1,596	0.0160	1,404	1,586	
J.D.S. Jose	Jardim Angela	Capao Redondo-JD.S. Jose/2	2.10	0.03605	0.07571	2	6	30.0	30.0	2,787	10,730	14,007	6	1,500	1,596	0.0120	1,439	1,593	
		Capao Redondo-JD.S. Jose/2	3.50	0.03605	0.12818	2	6	210	30.0	2,787	5,287	12,000	6	1,500	1,596	0.0120	1,449	1,593	
J.D.S. Jose	JD.Boa Vista	Jardim Angela-JD.S. Jose/2	1.40	0.03605	0.04967	2	6	120	30.0	2,787	13,071	12,000	6	1,500	1,596	0.0120	1,449	1,593	
		J.D.Boa Vista-JD.Vergueiro/2	2.75	0.03605	0.07932	2	6	120	30.0	2,787	10,928	12,000	6	1,500	1,596	0.0120	1,449	1,593	
J.D.Boa Vista	J.D.Vergueiro	J.D.Boa Vista-JD.Vergueiro/2	1.40	0.03605	0.04967	2	6	120	30.0	2,787	16,132	12,000	6	1,500	1,596	0.0120	1,402	1,533	
		J.D.S. Jose-JD.Boa Vista/2	1.35	0.03605	0.04667	2	6	120	30.0	2,787	16,583	12,000	6	1,500	1,596	0.0120	1,397	1,533	
J.D.Vergueiro	J.D.Boa Vista	J.D.Boa Vista-Santo Amaro/2	2.90	0.03605	0.10457	2	6	120	30.0	2,787	11,315	12,000	6	1,500	1,596	0.0120	1,444	1,536	
		J.D.S. Jose-JD.Vergueiro/2	1.75	0.03605	0.05208	2	6	120	30.0	2,787	6,828	12,000	6	1,500	1,596	0.0120	1,444	1,536	
J.D.Vergueiro	Santo Amaro	J.D.Vergueiro-Santo Amaro/2	1.50	0.03605	0.05408	2	6	120	30.0	2,787	5,853	12,000	6	1,500	1,596	0.0120	1,409	1,589	
		J.D.Boa Vista-JD.Vergueiro/2	3.00	0.03605	0.09413	2	6	120	30.0	2,787	9,785	12,000	6	1,500	1,596	0.0120	1,409	1,589	
Santo Amaro	Ponte de Morumbi	J.D.Vergueiro-Ponte de Morumbi/2	2.80	0.03605	0.08913	2	6	120	30.0	2,787	11,705	12,000	6	1,500	1,596	0.0120	1,409	1,589	
		J.D.Boa Vista-Santo Amaro/2	1.50	0.03605	0.04967	2	6	120	30.0	2,787	17,168	12,000	6	1,500	1,596	0.0120	1,409	1,589	
Ponte de Morumbi	Berrini	Ponte de Morumbi-Berrini/2	1.50	0.03605	0.04967	2	6	120	30.0	2,787	17,168	12,000	6	1,500	1,596	0.0120	1,397	1,533	
		Santo Amaro-Berrini/2	3.00	0.03605	0.09413	2	6	120	30.0	2,787	9,785	12,000	6	1,500	1,596	0.0120	1,386	1,069	
Berrini	Via Olimpia	Ponte de Morumbi-Berrini/2	3.00	0.03605	0.10813	2	6	120	30.0	2,787	11,705	12,000	6	1,500	1,596	0.0120	1,386	1,069	
		Via Olimpia-Faria Lima/2	1.75	0.03605	0.05309	2	6	120	30.0	2,787	6,828	12,000	6	1,500	1,596	0.0120	1,397	1,200	
Via Olimpia	Faria Lima	Via Olimpia-Faria Lima/2	1.00	0.03605	0.03905	2	6	120	30.0	2,787	3,902	12,000	6	1,500	1,596	0.0120	1,510	1,475	
		Berrini-Via Olimpia/2	1.68	0.03605	0.06956	2	6	240	30.0	2,787	3,278	12,000	6	1,500	1,596	0.0120	1,510	1,451	
Via Olimpia	Butanta	Berrini-Faria Lima/2	2.75	0.03605	0.09914	2	6	120	30.0	2,787	19,750	12,000	6	1,500	1,596	0.0120	1,411	1,359	
		Faria Lima-Butanta/2	1.75	0.03605	0.05408	2	6	240	30.0	2,787	2,926	12,000	6	1,500	1,596	0.0120	1,411	1,359	
Faria Lima	Sumare	Via Olimpia-Faria Lima/2	3.75	0.03605	0.13513	2	4	360	30.0	2,140	7,748	12,000	6	1,500	1,596	0.0120	1,411	1,359	
		Faria Lima-Sumare/2	1.75	0.03605	0.05408	2	6	240	30.0	2,140	15,283	12,000	6	1,500	1,596	0.0120	1,413	1,366	
Butanta	Faria Lima	Via Olimpia-Faria Lima/2	1.75	0.03605	0.05309	2	6	120	30.0	2,667	6,534	12,000	6	1,500	1,596	0.0120	1,441	1,391	
		Faria Lima-Butanta/2	3.58	0.03605	0.12808	2	4	360	30.0	2,140	3,575	12,000	6	1,500	1,596	0.0120	1,441	1,326	
Butanta	V. Leopoldia	Via Olimpia-Sumare-Butanta/2	2.38	0.03605	0.08580	2	6	240	30.0	2,667	4,443	9,000	6	1,500	1,596	0.0160	1,458	1,363	
		Faria Lima-Butanta/2	2.25	0.03605	0.08111	2	6	240	30.0	2,667	4,201	9,000	6	1,500	1,596	0.0160	1,458	1,373	
V. Leopoldia	Butanta	Faria Lima-Butanta/2	1.50	0.03605	0.05408	2	6	240	30.0	2,667	2,800	9,000	6	1,500	1,596	0.0160	1,457	1,377	
		Butanta-Jaguara/2	4.13	0.03605	0.14961	2	6	240	30.0	2,667	7,068	9,000	6	1,500	1,596	0.0160	1,457	1,358	
Jaguara	V. Leopoldia	V. Leopoldia-Faria Lima/2	1.90	0.03605	0.06545	2	6	240	30.0	2,667	3,547	9,000	6	1,500	1,596	0.0160	1,457	1,363	
		Butanta-V. Leopoldia/2	2.25	0.03605	0.08111	2	6	240	30.0	2,667	4,201	6,000	6	1,500	1,596	0.0239	1,325	1,240	
Sumare	Barra Funda	V. Leopoldia-Jaguara/2	3.80	0.03605	0.13639	2	6	240	30.0	2,667	7,064	6,000	6	1,500	1,596	0.0239	1,325	1,062	
		Butanta-Jaguara/2	4.15	0.03605	0.14961	2	6	240	30.0	2,667	7,748	6,000	6	1,500	1,596	0.0239	1,325	1,062	
Barra Funda	Sumare	Via Olimpia-Butanta-Sumare/2	0.00	0.03605	0.00000	2	6	240	30.0	2,667	0	6,000	6	1,500	1,596	0.0239	1,410	1,410	
		Sumare-Barra Funda/2	2.57	0.03605	0.09265	2	6	240	30.0	2,667	4,798	6,000	6	1,500	1,596	0.0239	1,410	1,410	
Total	Total	Barra Funda-Sumare/2	1.83	0.03605	0.05309	2	4	360	30.0	2,140	6,625	6,000	6	1,500	1,596	0.0239	1,437	1,396	
		Sumare-Barra Funda/2	3.35	0.03605	0.13513	2	4	360	30.0	2,140	3,745	6,000	6	1,500	1,596	0.0239	1,437	1,396	

Note: No. of Trains in Oneway Section=60/Headway/Distance/Schedule Speed
 Maximum Current of SSI= No. of Trains in Section of Direction/Max Current of a Train*0.7
 Inner Resistance=Standard V/(No Load V-Standard V)/Rectifier Capacity/1000
 Feeding Voltage=No Load V+Max Current of SSI*Inner Resistance
 Minimum Voltage=Feeding Voltage-No. of Trains in Section of Direction*Max Current of a Train*0.7*Feeding Resistance*0.5

出典：JICA 調査団



出典：JICA 調査団

図 5-63 饋電回路串線結線図

(2) 饋電回路

電圧降下を補償し、回生効率を高めるために、図 5-63 のように並列饋電方式が適切である。

また、接地、短絡事故に対応し、変電所相互間に直流高速度遮断器に対する連絡遮断装置の設置が必要である。

変電所の主要機能は、OCC の遠方監視制御装置により制御される。

(3) 変電設備

饋電用変電所に推奨される主要機器等は次の通りである。

1) 変電所建屋	形式：屋内型
2) 変電所規模	床面積：1000~1300 m ²
3) 受電装置	型式：キュービクルタイプ 設備：真空遮断器、電動断路器、計器用変圧器盤、交流高圧避雷器。
4) 整流器用トランス	型式：SF6 ガス封入式 結線方式：デルタ又はスター 中性点接地方式：非接地
5) シリコン整流器	型式：沸騰自冷式 整流方式：12 パルスシステム
6) 饋電設備	型式：キュービクルタイプ 設備：直流高速度遮断器、断路器、直流避雷器。
7) 電力濾波器	

(4) 留意点

- 1) 互換性を考慮し、整流器、変圧器は各変電所とも極力同一容量とする。
- 2) 各変電所は、整流器、変圧器の保全を考慮し、変圧整流の予備器を配備する。
- 3) 整流方式は、通信障害を考慮し、2重3相全波ブリッジとする。
- 4) 直流側にフィルターを設備する。
- 5) 回生ブレーキの確実性の観点から、サイリスタチョッパー抵抗を設備する。

5.7.4 電車線路設備

(1) 電車線路

電車線は、列車計画、車両計画に基づき、電流容量、電圧降下に耐えられるもととして設計する。本計画では、これら要求を考慮し、複線式剛体架線を採用する。

(2) 電車線構造

電車線は、高架桁の両側壁に敷設する。電車線は、対候性と導電性に優れた、アルミ架台と銅トロリー線で構成する。電車線の構造概念図は下図の通りである。

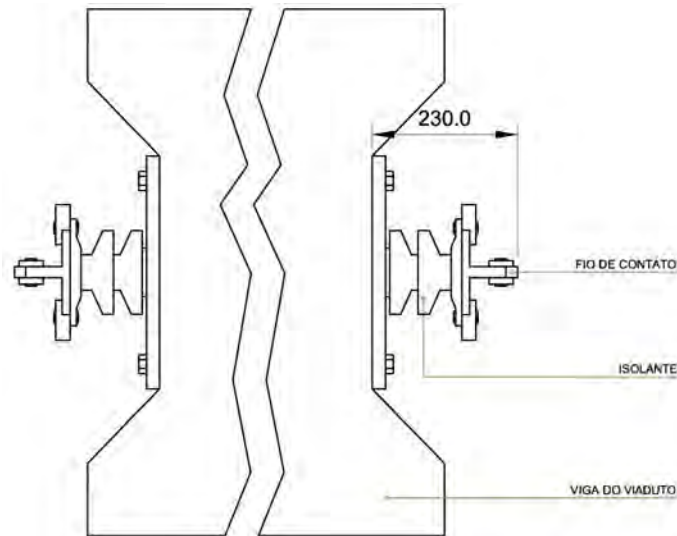


図 5-64 電車線構造

出典：JICA 調査団

(3) 電車線の構成と諸元

1) トロリー線と架台

運転計画における通常走行に耐えるためには、トロリー線が 60%まで摩耗した状態での電車線路の抵抗値を概ね $0.36 \Omega / \text{km}$ 以下とする必要がある。この条件を満たすためには、下表の通り、トロリー線の断面積は 200 mm^2 、アルミ架台の断面積は $1,722 \text{ mm}^2$ 以上とする必要があり、その構造諸元は表 5-26の通りである。また、以下の内容を満たす構造形状の例は、図 5-65 に示すとおりである。

(a) 公称断面 200 mm^2 梯形溝付き硬銅トロリー線

(b) 耐食アルミ合金架台

表 5-25 電車線路断面

Piece	Qty	Material		Section Area (mm ²)	Conductivity >%	Weight		Resistance			Current Capacity (A)	Expansion Coefficient (1/°C*10 ⁻⁴)	Elastic Modules (kg/cm ² *10 ⁶)
						Gravity	(kg/m)	Ω/cm ² *10 ⁻⁶ (20°C)	Ω/km (20°C)	Ω/Operating km (20°C)			
Aluminum Trestle	T Type	1	JIS H4100 A6063-T5	1,722	51.0	2.72	4.684	3.380	0.01963	0.03926		23.4	0.63
Contact Wire	GT-M-200	1	JIS E2101	200	70.0	8.73	1.745	1.768	0.08840	0.17680		17.0	1.20
	60% Wear	1		80	70.0	8.73	0.698	1.768	0.22100	0.44200		17.0	1.20
Aluminum Ear	Long Ear	2	JIS H4100 A6063-T6	115	51.0	2.72	0.313					23.4	0.70
Composite Value	Initial						6.742		0.01606	0.03212	2,300		
	60% Wear						5.695		0.01803	0.03605			

Note:

Requested Line Resistance= $0.03605/2=0.01803 (\Omega / \text{km}(20^\circ\text{C}))$

Line Resistance of Contact Wire(GT-M-200) at 60% Wear= $1.768*10^{-6}*100/(200*0.4)*105=0.221 (\Omega / \text{km}(20^\circ\text{C}))$

Line Resistance of Aluminum Trestle= $(0.22100*0.01803)/(0.22100-0.01803)=0.01963 (\Omega / \text{km}(20^\circ\text{C}))$

Required section area of Aluminum Trestle= $3.380*10/0.01963=1,722 \text{ mm}^2$

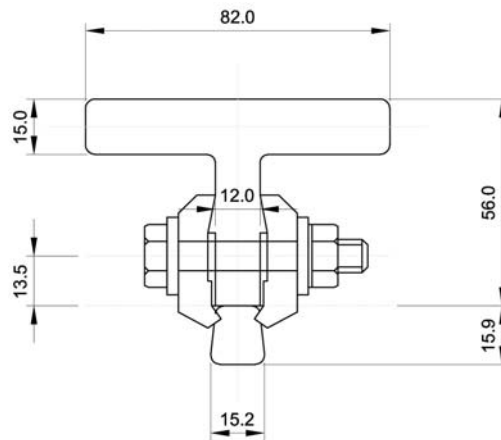
出典：JICA 調査団

表 5-26 形状諸元

Y		A	B	C	D	S	Note	
Scale(mm)	All	15	82	12	56			
Area(mm ²)							1,722	$A*B+(D-A)*C$
S(mm ³)=Moment of Area							-861	$A/2*A*B-(D-A)/2*(D-A)*C$
Gravity Center(mm)							16	$A-S/Area$
Moment of Inercia of Area(mm ⁴)							23,063	$B*A^3/12$
E=Difference of Center							8	Gravity Center-A/2
Area							1,230	$A*B$
Moment of Inercia of Area(mm ⁴)							68,921	$C*(D-A)^3/12$
E=Difference of Center							20	$(D-A)/2-(Gravity\ Center-A)$
Area							492	$C*(D-A)$
Moment of Inercia of Area(mm ⁴)							101,783	$B*A^3/12+E^2*A*B$
Moment of Inercia of Area(mm ⁴)							265,721	$C*(D-A)^3/12+E^2*C*(D-A)$
		All					367,504	Sum Up

X		A	B	C	D	S	Note	
Scale(mm)	All	15	82	12	56			
Area(mm ²)							1,722	$A*B+(D-A)*C$
S(mm ³)=Moment of Area							0	
Gravity Center(mm)							0	
Moment of Inercia of Area(mm ⁴)							689,210	$A*B^3/12$
E							0	
Area							1,230	$A*B$
Moment of Inercia of Area(mm ⁴)							5,904	$(D-A)*C^3/12$
E							0	
Area							492	$C*(D-A)$
Moment of Inercia of Area(mm ⁴)							689,210	$A*B^3/12$
Moment of Inercia of Area(mm ⁴)							5,904	$(D-A)*C^3/12$
		All					695,114	Sum Up

出典：JICA 調査団



出典：JICA 調査団

図 5-65 架台形状

- 2) イヤー
公称断面 250 mm^2 耐食アルミ合金
- 3) 電車線電気抵抗
直流合成抵抗: $0.03605 \text{ } \Omega/\text{km}(20^\circ\text{C})$
- 4) 支持碍子仕様
直流 1,500V: ラインポスト碍子
笠径: 175φ
60Hz 注水閃絡電圧: 24kV
捻じり破壊荷重: 588Nm
引張破壊荷重: 9,800N
曲げ破壊荷重: 5,300N
表面漏れ電流距離: 275mm
- 5) 碍子支持点間隔
電車線の品質、形状から、支持点間隔と電車線の自重の関係について、計算した結果は表 5-27 の通りである。

表に従えば、通常 5m 間隔となるが、安全率として建設期間に於ける建設従事者及び工具の電車線に対する荷重を考慮すれば、4m 程度が最大となり、桁の分岐部分等に於いては、さらに短くなる。

表 5-27 碍子支持点間隔

(B)	Moment of Inertia of Area B(mm ⁴)	695,114.00
(C)	Distance from Center C (mm)	41.00
(X)=(B)/(C)	Section Modulus X(mm ³)=B/C	16,954.00

Span A(m):	Self Weight		Weight of Worker F(kg)	Bending Moment G(kg*mm)=(E+F)*A/4*1000	Stress S(kg/mm ²)=G/X	Permanent Set Stress of Aluminium(kg/mm ²)
	D(Kg/m)	E(Kg)=A*D				
2.50	6.742	16.855	95.00	69,909.38	4.12	11
2.60	6.742	17.529	95.00	73,143.98	4.31	11
2.70	6.742	18.203	95.00	76,412.30	4.51	11
2.80	6.742	18.878	95.00	79,714.32	4.70	11
2.90	6.742	19.552	95.00	83,050.06	4.90	11
3.00	6.742	20.226	95.00	86,419.50	5.10	11
3.10	6.742	20.900	95.00	89,822.66	5.30	11
3.20	6.742	21.574	95.00	93,259.52	5.50	11
3.30	6.742	22.249	95.00	96,730.10	5.71	11
3.40	6.742	22.923	95.00	100,234.38	5.91	11
3.50	6.742	23.597	95.00	103,772.38	6.12	11
3.60	6.742	24.271	95.00	107,344.08	6.33	11
3.70	6.742	24.945	95.00	110,949.50	6.54	11
3.80	6.742	25.620	95.00	114,588.62	6.76	11
3.90	6.742	26.294	95.00	118,261.46	6.98	11
4.00	6.742	26.968	95.00	121,968.00	7.19	11
4.10	6.742	27.642	95.00	125,708.26	7.41	11
4.20	6.742	28.316	95.00	129,482.22	7.64	11
4.30	6.742	28.991	95.00	133,289.90	7.86	11
4.40	6.742	29.665	95.00	137,131.28	8.09	11
4.50	6.742	30.339	95.00	141,006.38	8.32	11
4.60	6.742	31.013	95.00	144,915.18	8.55	11
4.70	6.742	31.687	95.00	148,857.70	8.78	11
4.80	6.742	32.362	95.00	152,833.92	9.01	11
4.90	6.742	33.036	95.00	156,843.86	9.25	11
5.00	6.742	33.710	95.00	160,887.50	9.49	11
5.10	6.742	34.384	95.00	164,964.86	9.73	11
5.20	6.742	35.058	95.00	169,075.92	9.97	11
5.30	6.742	35.733	95.00	173,220.70	10.22	11
5.40	6.742	36.407	95.00	177,399.18	10.46	11
5.50	6.742	37.081	95.00	181,611.38	10.71	11
5.60	6.742	37.755	95.00	185,857.28	10.96	11
5.70	6.742	38.429	95.00	190,136.90	11.21	11

Note:

Worker's Weight=70kg (Average in Brazil) +25kg(Others)

Allowance of 30% for Weight÷5.6m*70%=3.8m

出典：JICA 調査団

6) 電車線の長さ

電車線は、温度変化により収縮する。電車線の伸びは、アルミの膨張に起因し、アルミの温度膨張係数は表 5-28 で示すように $3.4/°C \times 10^{-6}$ となっている。サンパウロの温度変化は $0°C$ から $40°C$ の間と想定されるので、電車線の温度変化は、アルミの許容温度である $100°C$ とするのが適切である。

以上に基づき、電車線の収縮を吸収できる適切な長さに、電車線を切断しておくことが必要である。

電車線の切断部分を構成する平行ジョイント長さは、約 400 mm が必要である。そのため、電車線の収縮長さをジョイント長以内に収めるためには、電車線長は表 5-28 に示すように、約 100m となる。

表 5-28 電車線長

Temperature Difference(°C)	Thermal Expansion Coefficient (1/°C*10 ⁻⁶)	Expansion Length of Contact Line(mm)			
		100m	125m	150m	175m
5	23.4	11.7	14.6	17.6	20.5
10	23.4	23.4	29.3	35.1	41.0
15	23.4	35.1	43.9	52.7	61.4
20	23.4	46.8	58.5	70.2	81.9
25	23.4	58.5	73.1	87.8	102.4
30	23.4	70.2	87.8	105.3	122.9
35	23.4	81.9	102.4	122.9	143.3
40	23.4	93.6	117.0	140.4	163.8
45	23.4	105.3	131.6	158.0	184.3
50	23.4	117.0	146.3	175.5	204.8
55	23.4	128.7	160.9	193.1	225.2
60	23.4	140.4	175.5	210.6	245.7
65	23.4	152.1	190.1	228.2	266.2
70	23.4	163.8	204.8	245.7	286.7
75	23.4	175.5	219.4	263.3	307.1
80	23.4	187.2	234.0	280.8	327.6
85	23.4	198.9	248.6	298.4	348.1
90	23.4	210.6	263.3	315.9	368.6
95	23.4	222.3	277.9	333.5	389.0
100	23.4	234.0	292.5	351.0	409.5
105	23.4	245.7	307.1	368.6	430.0
110	23.4	257.4	321.8	386.1	450.5
115	23.4	269.1	336.4	403.7	470.9
120	23.4	280.8	351.0	421.2	491.4
125	23.4	292.5	365.6	438.8	511.9
130	23.4	304.2	380.3	456.3	532.4
135	23.4	315.9	394.9	473.9	552.8
140	23.4	327.6	409.5	491.4	573.3
145	23.4	339.3	424.1	509.0	593.8
150	23.4	351.0	438.8	526.5	614.3
155	23.4	362.7	453.4	544.1	634.7
160	23.4	374.4	468.0	561.6	655.2
165	23.4	386.1	482.6	579.2	675.7
170	23.4	397.8	497.3	596.7	696.2
175	23.4	409.5	511.9	614.3	716.6

Note: Dark gray shows range of temp. change, light gray shows range of permissible expansion ($\Delta < 300\text{mm}$)

出典：JICA 調査団

7) 電車線の偏位

集電シューの摩耗に対する電車線の偏位は、約 60 mm である。

8) その他設備

a) 伸縮継手

伸縮継手は、温度変化に対応し、電車線の伸縮を吸収する機能を有するものである。電車線の終端部分は十分な電流量を持ったケーブルで接続され、一般的な、継手の平行長は 400 mm で、両線の離隔は 50 mm である。

b) セクション

セクションは饋電用変電所の部分に設置され、そのほか、軌道の交差部分、電車線の区分個所に設置される。

c) アンカーリング

アンカーリングは、温度変化による電車線の移動を防止する設備である。アンカーリングは、電車線長の中央部に設置され、上下に偏位をつけるように設置する。

d) 防護板

防護板は、プラットフォームに面した正極電車線に設備される。そのほか、電車線が地上高 5m 未満の部分に設置される。

e) 車体接地板

モノレールに関しては、ゴムタイヤで絶縁されている関係から、車体に静電気が貯り易く、電気ショックを防止するため、放電設備を設けることになる。車体接地板は、プラットフォーム及び留置線に設備される。

f) 避雷器

一般的に、避雷器は 500m 間隔に設置される。

5.7.5 一般電力設備**(1) 配電線路の構成**

配電線路の構成に関しては、電力は、饋電用変電所の受電電力から、交流 13.8 kV に変換され、2 回線にて各駅、車両基地に配電される。

また、配電用トランスの容量は、隣接変電所の給電が止まった場合に於いても、十分耐えられる容量が必要である。OCC とか分岐装置をもつ駅、地下駅のような主要駅にあっては、駅に非常用発電機を備える必要がある。

そして、変電所の主要機器については、OCC の遠方監視制御システムにより制御されることとなる。

(2) 配電負荷

駅の機器設備については、自動化と情報の多様化と発展により、最近、非常に重要になってきている。そのため、例えば、運転制御用負荷、情報用負荷、旅客誘導用負荷、非常電灯用負荷とか、その役割に応じた負荷の分離が非常に重要になってきている。

また、本計画による分岐装置については、起動電流が転換電流の 5 倍達するため、低圧ケーブル設計に於いては十分配慮すること。

本配電計画における駅配電負荷の合計及び変電所における全負荷については、表 5-29 及び表 5-30 の通りである。

表 5-29 駅配電負荷の合計

Line	Traction S.S. Location		Interval (km)	Distribution S.S. Location		Interval (km)	Name	Type	ODh	Station Capacity		Yard Switch(KVA)	Capacity (KVA)	SS Normal Rate(KVA)	Capacity(KVA)	S.S. Additional Failure Capacity(KVA)	SS Transformer KVA					
	km	Name		EG	No					Station(KVA)	Capacity(KVA)											
Line-1	0,000	Capato Redondo	4.200	Capato Redondo	A	15,179	1	B	964	175	197	22	474	474	939	1,000						
	1,200	Capato Redondo															No5-Capato Redondo	A	964	1	152	152
	2,000	Capato Redondo															No4	A	1,958	1	152	152
	3,340	Capato Redondo															No3	A	4,574	1	152	152
	4,150	Jardim Angela															No2	A	4,573	1	152	152
	4,200	Jardim Angela															No1-JD Angela	F	24,746	1	296	278
	4,200	Jardim Angela															No2	G	1,353	0	0	0
	6,730	Jardim Angela															No3	A	1,607	1	176	176
	7,000	J.D.S.Jose															No4	A	1,607	1	152	152
	7,650	J.D.S.Jose															No5	A	1,607	1	152	152
Line-2A	9,350	ID.Boa Vista	2.800	ID.Boa Vista	A	3,074	1	A	3,074	0	0	0	488	2,281	3,387	3,000						
	9,700	ID.Boa Vista															No7	A	3,566	1	152	152
	10,500	ID.Boa Vista															No8-Guarapira	A	4,106	1	152	174
	11,600	ID.Boa Vista															No9	A	1,685	1	152	152
	12,500	ID.Boa Vista															Depot/OCC	A	6,254	1	2,696	2,696
	14,450	ID.Boa Vista															Socozol(No1)	C	9,105	1	152	152
	15,500	Santo Amaro															No10	A	1,752	1	176	176
	15,500	Santo Amaro															Santo Amaro(No1-2;No1)	B	7,774	1	175	197
	16,540	Santo Amaro															No2	A	6,579	1	152	152
	17,090	Santo Amaro															No3	A	3,700	0	0	0
Line-2B	18,190	Ponte de Morumbi	3.000	Berrini	A	3,700	1	A	3,700	0	0	0	979	0	0	0						
	18,500	Ponte de Morumbi															No4	A	3,700	1	152	152
	19,440	Ponte de Morumbi															No5	A	790	0	0	0
	20,390	Ponte de Morumbi															Morumbi(No8)	A	452	1	152	152
	21,400	Berrini															No7	A	3,854	1	152	174
	21,500	Berrini															No8	A	364	0	0	0
	22,240	Berrini															No9	A	744	1	152	152
	22,890	Berrini															No6	A	364	1	152	152
	23,500	Vila Olimpia															No10	A	5,124	0	0	0
	24,490	Vila Olimpia															No11	A	449	1	152	152
Line-2C	25,340	Faria Lima	3.500	Faria Lima	A	4,996	1	A	4,996	1	152	152	620	0	0	0						
	26,240	Faria Lima															No12	A	4,996	1	152	152
	26,930	Faria Lima															No13	A	5,889	1	152	152
	27,000	Faria Lima															Faria Lima(No14-No1)	D	25,201	1	164	186
	27,700	Faria Lima															No2	A	1,756	0	0	0
	28,700	Faria Lima															No3	A	13,748	1	152	174
	29,480	Faria Lima															No4	A	2,802	1	152	152
	30,000	Butantã															USP(No5)	A	323	0	0	0
	30,390	Butantã															USP(No7)	A	3,288	1	152	152
	31,180	Butantã															USP(No7a)	A	2,550	1	152	152
Line-2D	33,500	V. Leopoldina	3.805	V. Leopoldina	A	4,085	1	A	4,085	1	152	152	598	814	1,486	1,500						
	34,500	V. Leopoldina															No8	A	4,085	1	152	152
	34,920	V. Leopoldina															No9	A	1,160	1	152	152
	35,700	Jaguara															No10	A	3,919	1	152	152
	36,305	Jaguara															Jaguara(No12)	B	21,714	1	176	197
	37,700	Faria Lima															No2	A	650	1	127	127
	38,000	Faria Lima															No3	A	597	1	127	127
	38,690	Sumaré															No4	A	0	0	0	0
	30,500	Sumaré															Sumaré(No5)	E	746	1	112	112
	30,630	Sumaré															No6	A	799	1	127	127
Total	31,280	Barra Funda	45-460	Barra Funda	A	643	1	A	643	1	127	127	312	420	584	1,000						
	32,130	Barra Funda															No7	A	643	1	127	127
	33,190	Barra Funda															No8	A	5,296	1	127	127
	34,155	Barra Funda															Barra Funda(No9)	B	4,563	1	146	168
													10,098	10,098	10,098	10,098						

出典：JICA 調査団

表 5-30 変電所における全負荷

Route	Substation	No. of Incoming Circuits	Traction			Excluding Traction		Total Demand Power (kVA)	Primary Substation		
			Rectifier Capacity (kW/h)	Maximum Power (kW)	Demand Peak Power (kVA)	Capacity of Transformer (kVA)	Demand Power (kVA)		Name	Subtotal of Demand	Capacity of Transformer
01	Capao Redondo	2	3,000kW*2	3,812	4,200	1,000	474	4,674	PSS-1	66,657	100,000kVA*2
	Jardim Angela	2	3,000kW*3	8,452	9,300	2,000	929	10,229			
02A	JD.S.Jose	2	3,000kW*4	9,852	10,900			10,900			
	JD.Boa Vista	2	3,000kW*4	9,940	11,000	3,000	2,281	13,281			
	JD.Vergueiro	2	3,000kW*4	12,706	14,000			14,000			
	Santo Amato	2	3,000kW*4	10,320	11,400	3,000	2,173	13,573			
02B	Ponte de Morumbi	2	3,000kW*4	10,260	11,300			11,300			
	Berrini	2	3,000kW*4	9,682	10,700	2,000	968	11,668			46,633
	Vila Olimpia	2	3,000kW*4	9,924	11,000			11,000			
	Faria Lima	2	3,000kW*4	10,221	11,300	2,000	1,365	12,665			
02D	Butanta	2	3,000kW*3	7,142	7,900			7,900			
	V.Leopoldia	2	3,000kW*3	7,375	8,200	1,500	814	9,014			22,341
	Jaguara	2	3,000kW*2	4,599	5,100	1,000	327	5,427	PSS-2		30,000kVA*2
02C	Sumare	2	3,000kW*2	3,564	4,000	1,000	420	4,420			
	Barra Funda	2	2,000kW*2	2,299	2,600	1,000	349	2,949			7,369
	Total		145,000	120,148	132,900	17,500	10,100	143,000			

Note: Rectifier Transformer Capacity=150%(2Hours), 300%(1Minute)

: It is possible to stop one rectifier of substation by maintenance

: As for the traction, if one substation should be failure adjoining substations will cover that about 2 hours in peak time

: As for the excluding traction, if one substation should be failure, adjoining substations will cover that all day/long

出典：JICA 調査団

5.8 信号・通信

5.8.1 一般

モノレールはMR Tで使用している従来の鉄輪に代り、ゴムタイヤを使用した中規模輸送機関に属する新交通システムの一つである。モノレールの信号システムや通信システムはMR Tのそれと同じである。この点からサンパウロ地下鉄の信号通信システムはモノレールのシステムにとって参考となる。サンパウロ地下鉄のCBTCの導入が2008年の後半から進行中である。

CBTCは車上で列車位置を検知し、また従来の軌道回路に依存した固定閉塞ではなく、移動閉塞を新しい基本原則とすることに基づいた信号システムの一つである。

CBTCは先行列車と後続列車の間の安全間隔を、この2つの列車速度に応じて最小化することが可能である。そしてまた信号システムの改修作業をすることなく、交通量を増やすことが可能である。

今回のプロジェクトの信号システムも、CBTCを採用することを強く推奨するものである。なぜならモノレールのCBTCは信号システムの改修をすることなく、将来の交通需要が増えたときにも対応することができるからである。

世界にはCBTCを制作している製造業者がいくつかある。これらの業者の安全性、信頼性、稼働性そして保守性は高いといわれている。

5.8.2 信号システム

(1) 信号システムの概要

本調査で提案する信号システムの概要は、次頁の図に示す通りである。

1) 運転モードと信号システム

一人乗務の、自動運転システム（ATO装置）を提案する。

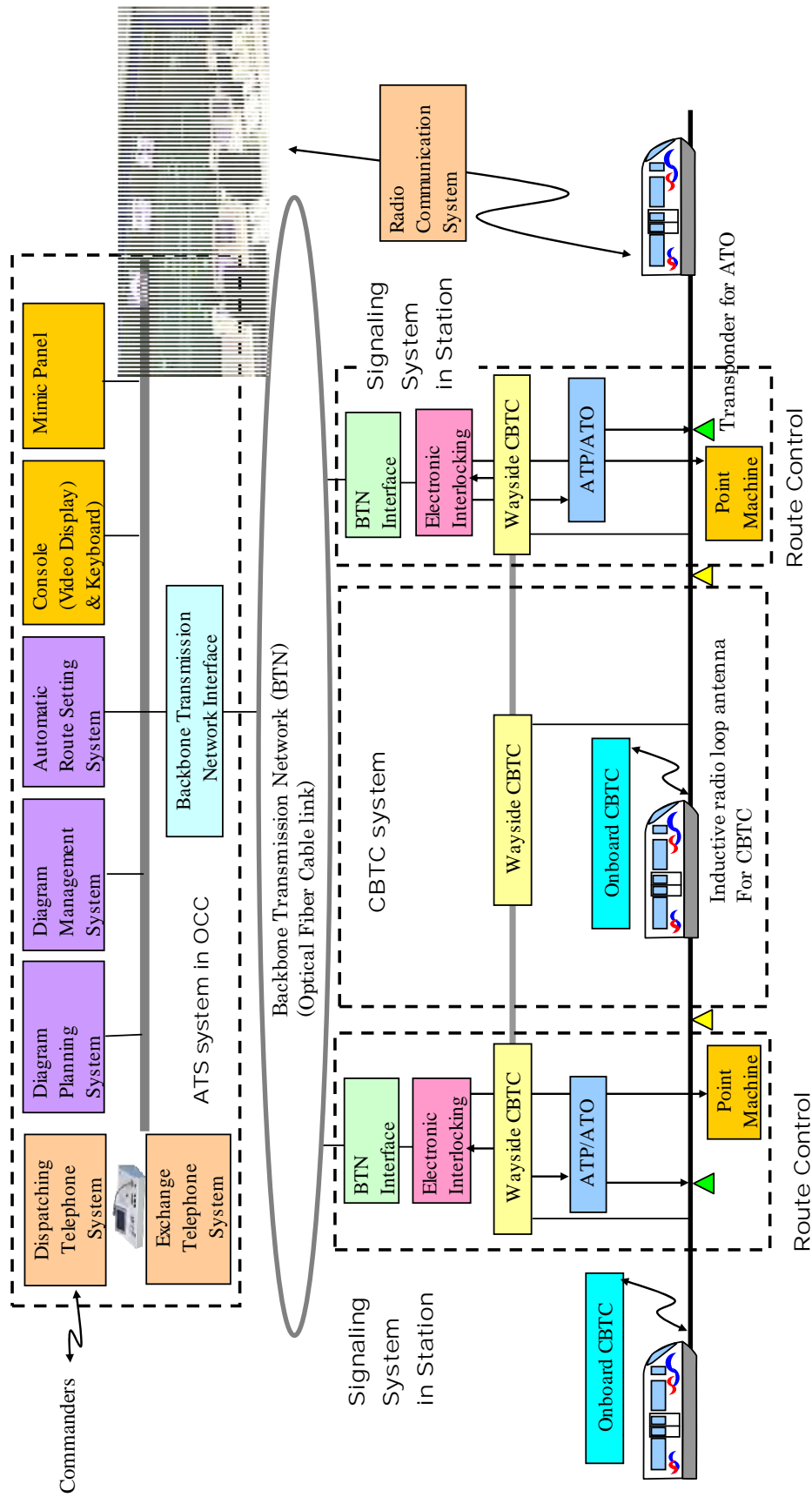
列車は本線についてはATO装置により自動的に運転される。そして通信を使用した列車制御システム（CBTC）を使用した車内信号方式である。

列車の運転士は、ATO装置の監視と、進行前方の目視確認を行う。そして非常時の場合には手動モードに切替え、手動運転する。

駅構内の入換とデポへのアクセス線については手動運転である。

列車防護システム（ATP）システムは本線とデポの留置線に使用される。一方地上信号はデポの留置線と車両工場間で使用される。これらをまとめると

線	運転モード	信号方式
本線	有人のATO	CBTCによる車内信号方式
本線ーデポ留置線間	手動	ATP方式
デポ留置線ー車両工場	手動	地上信号



出典：JICA 調査団

図 5-66 信号システムの概念図

2) 運行管理

モノレールの運転管理のための運転制御センター（OCC）をデポの中に設ける。

自動運行管理システム(ATS)と通信システムが列車ダイヤにしたがった自動制御をおこなうためにこの OCC に設備される。

3) 事故発生時の設備

事故時には救援列車は ATP に従って双方向運転を行う。

4) 信号システム故障時のための設備

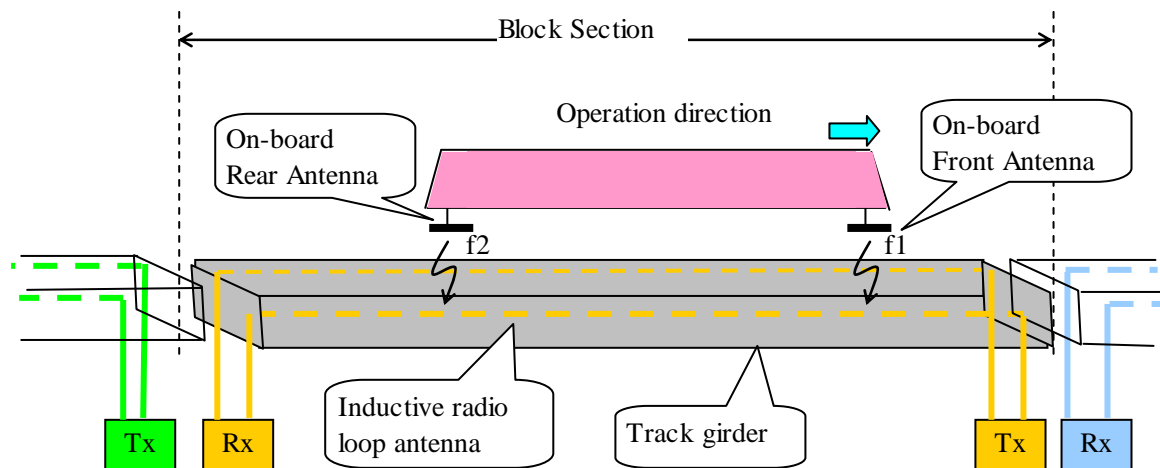
- CBTC が故障した場合には、駅間を 1 閉塞とする閉塞システムが使用される。
- ATS 装置が故障した場合には、手動による進路設定と手動による転てつ機制御の機能が設けられる。

(2) モノレールの従来の信号システム

1) 列車検知システム

列車の在線を検知するために鉄道で広く使用されている軌道回路は、ゴムタイヤ方式のモノレールでは使用することができない。

モノレールの列車検知の原理は軌道桁に埋設した誘導電波ループアンテナが、下図に示すように、列車検知情報を車上のアンテナから受信することにより検知される。



出典：JICA 調査団

図 5-67 列車検知の原理

列車は前後に送信機を装備し、それぞれの送信機からは f1 と f2 の電波が送信される。

列車は地上のループアンテナが列車の先頭から発信される f1 の周波数を受信したとき、列車が検知される。そして列車の後尾から発信される f2 の周波数を受信した後、その波がなくなったとき、列車なしとなる。

ループアンテナは閉塞区間ごとに設ける。一つの閉塞区間には一列車しか占有することが許可されない。閉塞の長さは列車の制動距離と安全余裕距離を考慮して

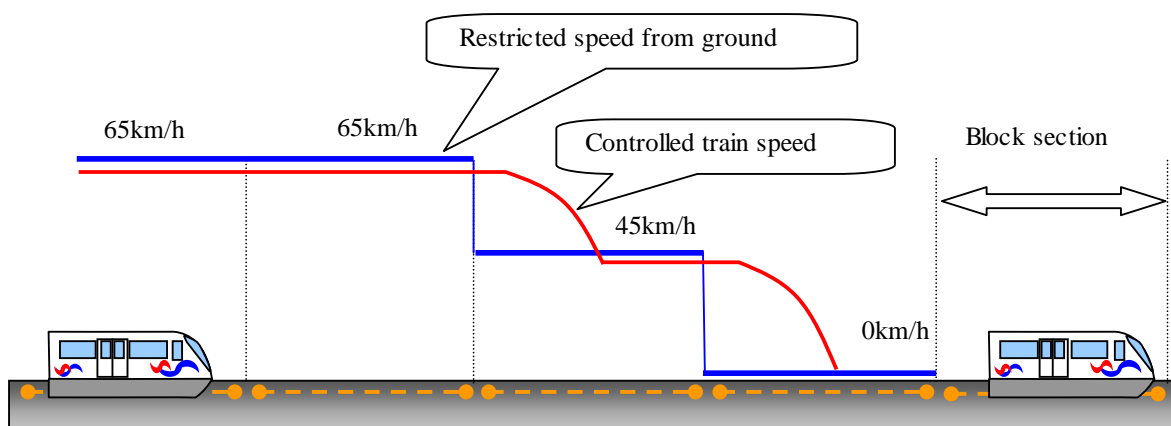
決定する。

2) ATP システム

速度制限データは先行列車の占有している閉塞位置に応じて、軌道桁のループアンテナを介して、車上装置に与えられる。

これらのデータは多段速度制御ができるように、階段状に各閉塞区間に送られる。多段速度制御の概念を下図に示す。

列車速度は段階的速度制御の成り行きとして、なだらかに下がっていくのではなく、非連続的に下がっていく。列車の運転ヘッドは閉塞の長さによって決まる。この方法は固定閉塞システムと呼ばれる。



出典：JICA 調査団

図 5-68 従来の ATP による多段階制御

(3) モノレールの CBTC システム

次の2つの理由により、サンパウロのモノレールにはCBTCの設備を推奨する。

- このシステムは最小の運転ヘッドが可能である。
- このシステムは従来の固定閉塞よりも低コストである。

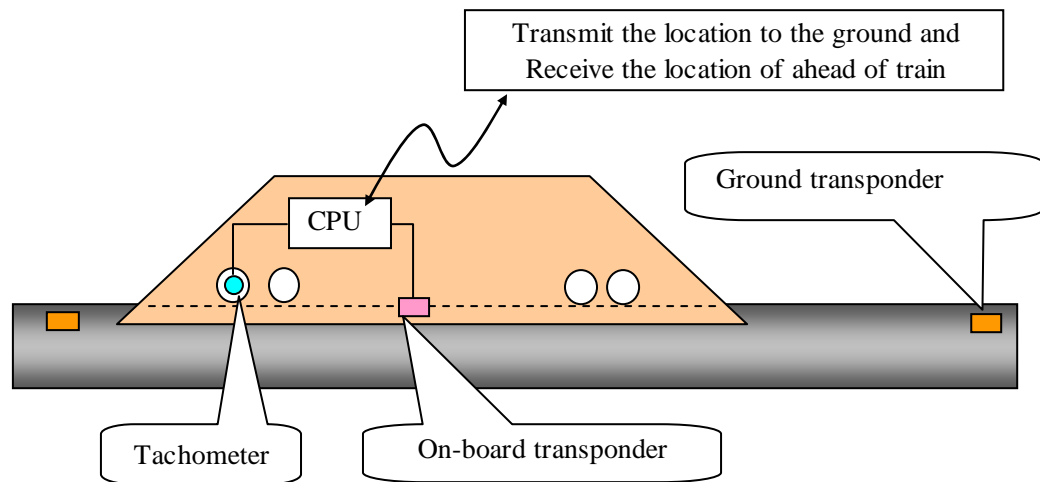
CBTC システムの概要は次のとおりである。

1) 列車検知システム

CBTC システムの特徴は列車自体が位置を検知することである。

列車検知の原理は車輪に取り付けられた速度発電機により走行距離を計算することと、絶対位置を送信するビーコンまたはトランスポンダである。

列車検知の原理を下図に示す。

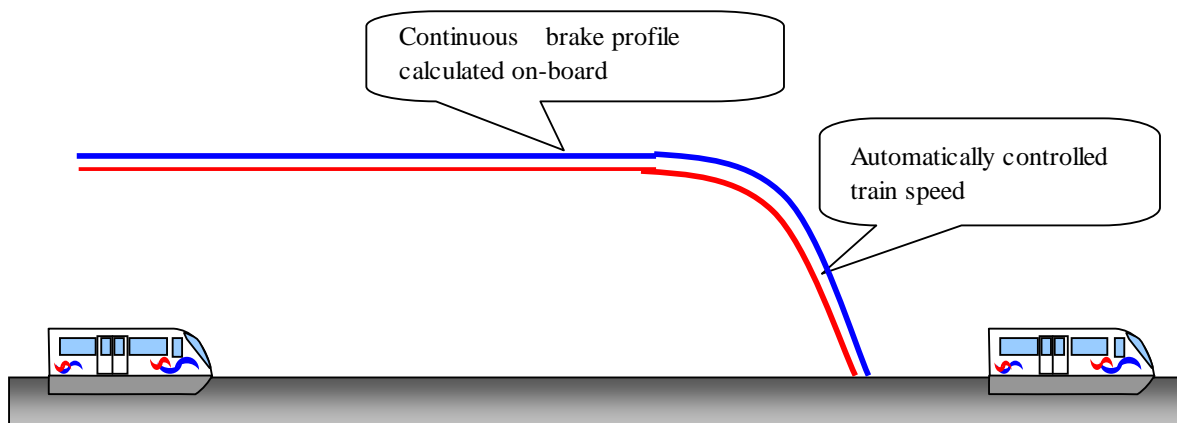


出典：JICA 調査団

図 5-69 列車検知の原理

2) ATP 機能

ATP 車上システムは先行列車との距離に応じて、ブレーキパターンを自動的に計算し、ATP が装備されている列車の速度を連続的に制御する。この閉塞システムを移動閉塞システムとよぶ。従来の ATP の運転ヘッドは閉塞区間の距離に依存しているが、CBTC の運転ヘッドは閉塞長には左右されず、先行列車の移動に従って間隔距離が移動する。CBTC の連続制動パターンを下図に示す。



出典：JICA 調査団

図 5-70 CBTC システムの連続制御パターン

3) 列車と地上間の通信

列車と地上間の通信には様々な方法がある。種々の方法と特徴について表 5-31 に示す。

われわれは次の理由により誘導無線のループアンテナ方式を推奨する。

- 誘導無線による通信は微弱な電磁界強度を使用しており、せいぜい数 10kHz の低い周波数帯を使用する。したがって使用電波の認可を必要としない。
- 車上のアンテナと地上のループアンテナは常に一定の間隔を保っている。したがってこの方式は外乱ノイズに対して強い。モノレールの進路は航空機の通信が行われる外乱ノイズの多い環境を通過することになるので、この方式を選択

する方がよい。

- 誘導無線の方式は、すでにモノレールの列車検知用、そして従来の信号システムによる ATP システムとして使用されており、成熟した通信技術である。
- とりわけ、列車と地上間の強固な通信がこの方式によって得られる。
- このシステムはループアンテナが軌道桁の中に埋め込まれるので、モノレールの景観をそこねない。

表 5-31 通信方式とその特徴

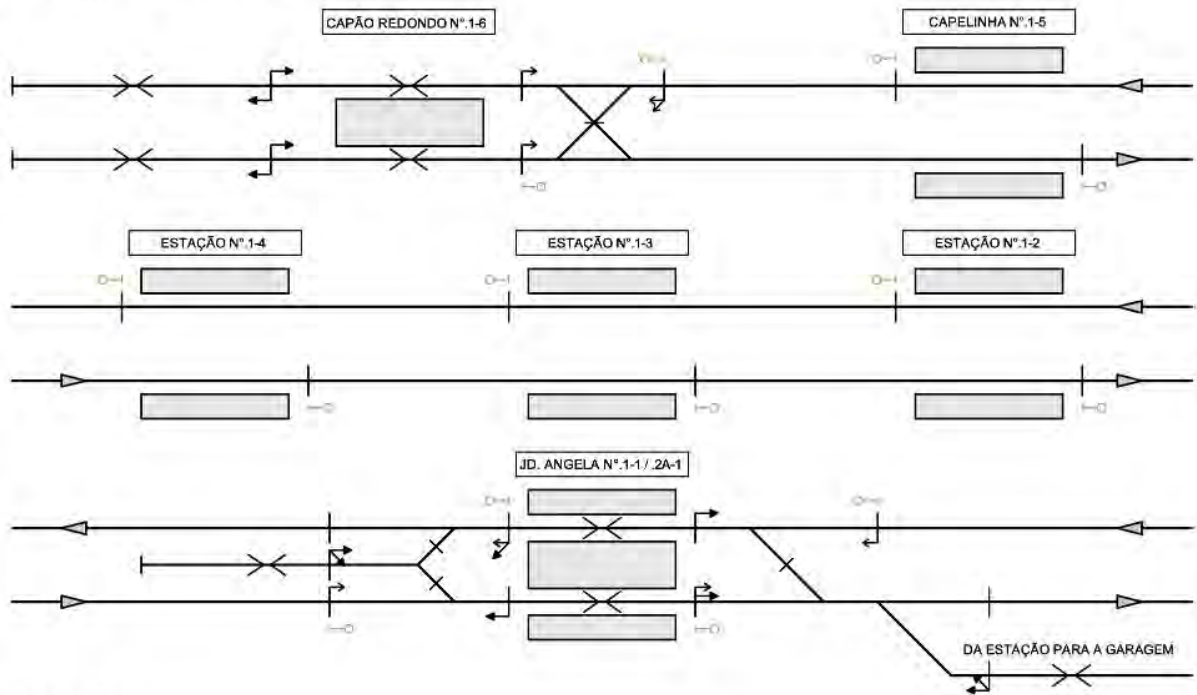
通信方式	特徴	実施例
誘導無線ループアンテナ方式	強固な通信が期待できる。 モノレールに適している。	デトロイトの Automatic People Mover ニューヨーク JFK 空港線
空間波方式 ISM 帯の 2.45GHz または 5.2GHz の周波数を使用する。	周波数の使用認可不要 外乱に対する対策が必要 約 300m 間隔で地上局が必要となる。	多数
業務用無線周波数帯を使用した空間波方式	周波数の使用認可が必要 ただし地上局の間隔は長い (約 3km)	JR 東が仙石線で 2010 年に 実用化予定。システムは ATACS と呼ばれている。周 波数は 170～220MHz を使 用する。 スウェーデン地方交通線 RBS (450MHz) ドイツ鉄道地方交通線の SIMIS FFB システム (900MHz)
マイクロウェーブ導波管方式	強固な通信が期待できる。 建設コストが非常に高い。	シンガポール NE 線

出典：JICA 調査団

4) 線路配線と信号配置

各路線の線路配線と信号配置を次頁以降の図に示す。

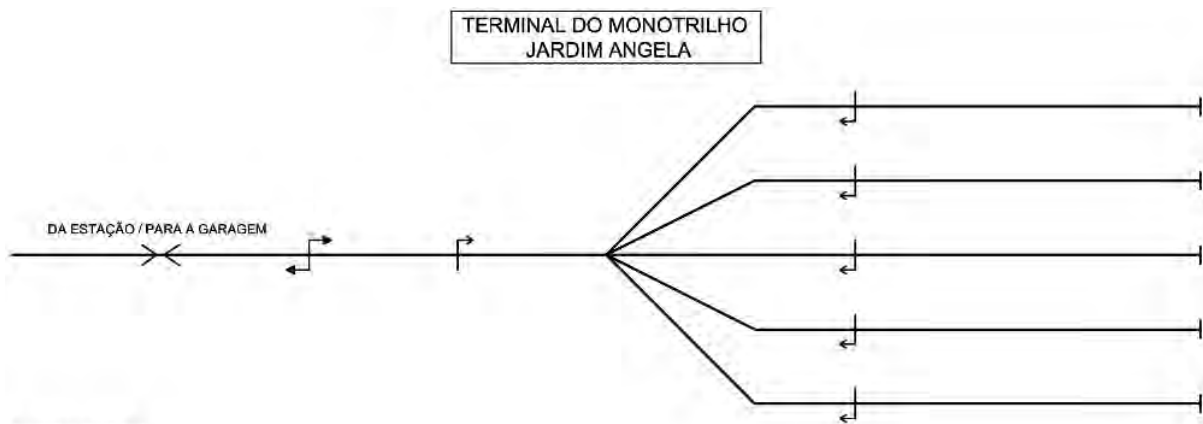
MONOTRILHO - SÃO PAULO (LINHA 1)



Fonte: Estudo da JICA

出典：JICA 調査団

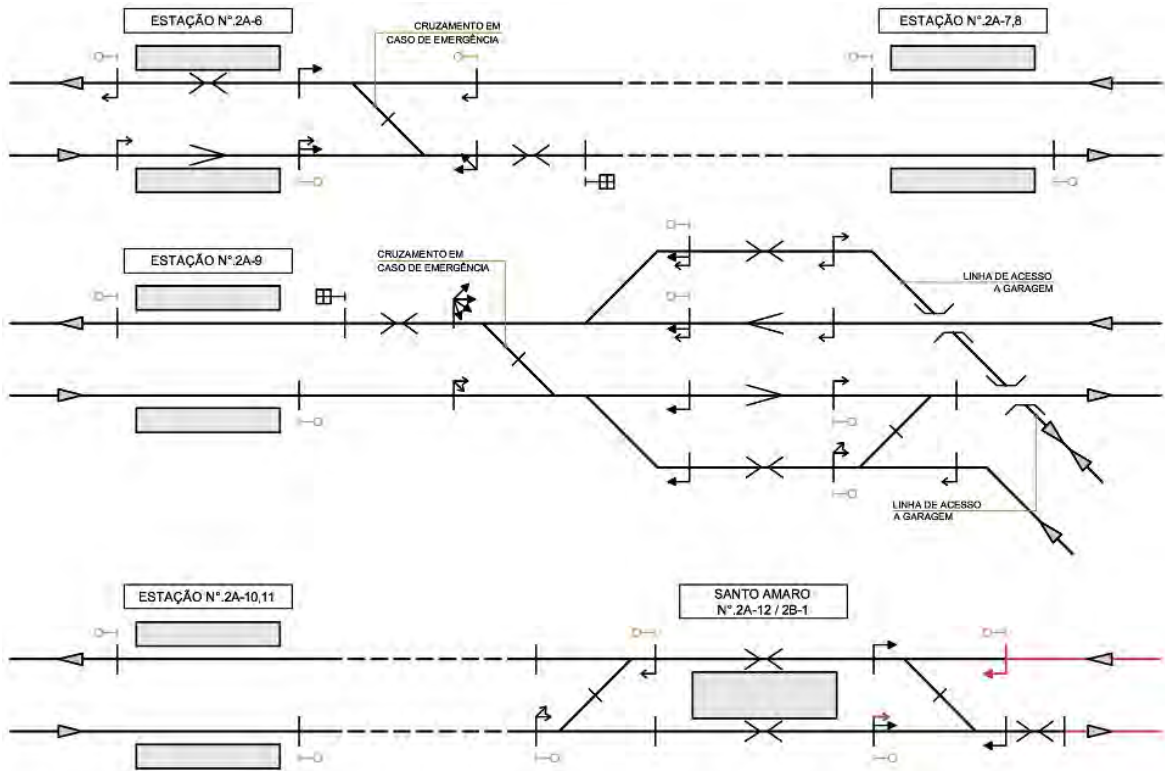
図 5-71 Line-1A の配線・信号配置図



Fonte: Estudo da JICA

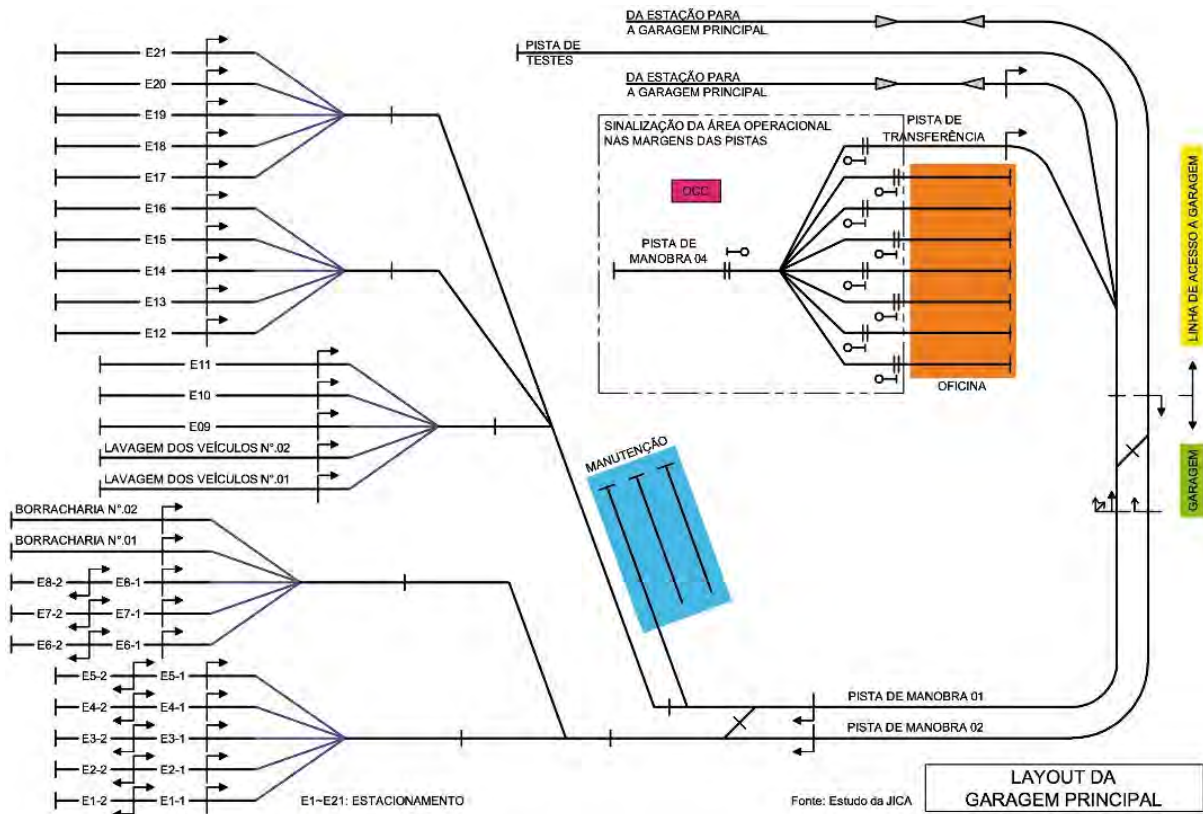
出典：JICA 調査団

図 5-72 Jardim Angela 車両基地の配線・信号配置図



Fonte: Estudo da JICA
 出典：JICA 調査団

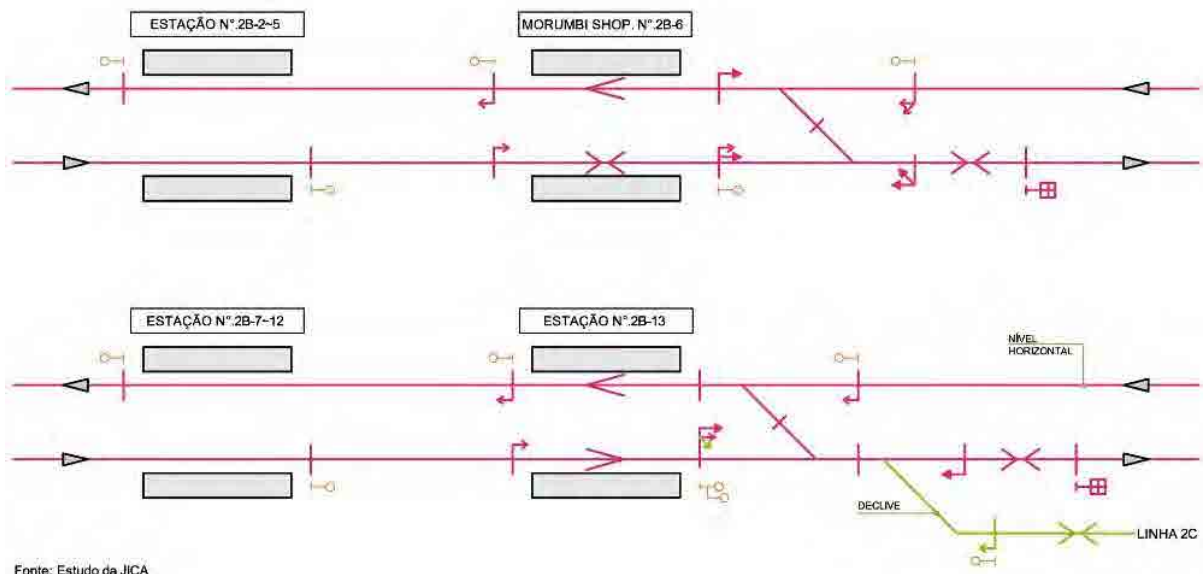
図 5-73 Line-2A の配線・信号配置図



出典：JICA 調査団

図 5-74 車両基地の配線・信号配置図

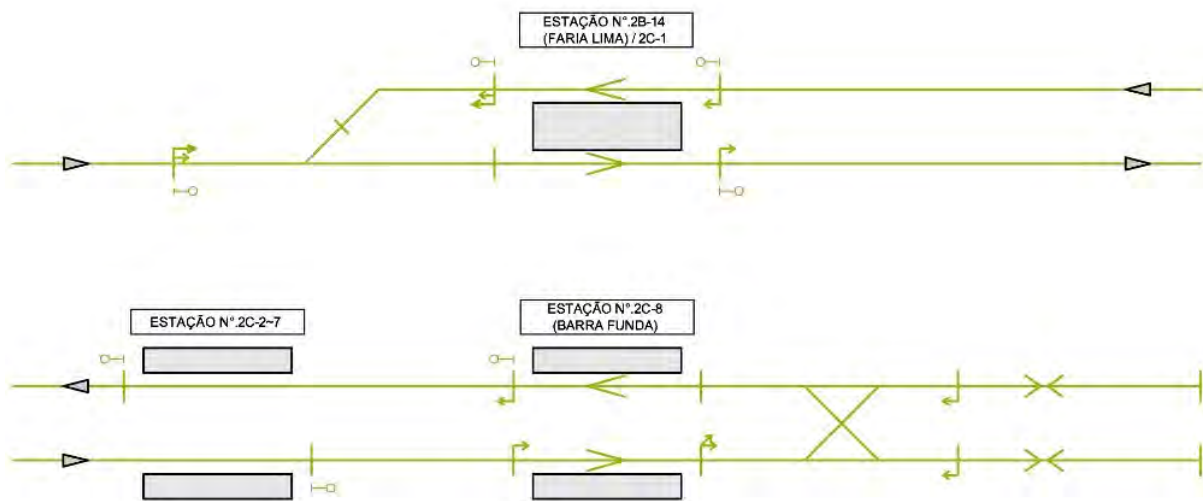
MONOTRILHO - SÃO PAULO (LINHA 2B)



Fonte: Estudo da JICA
 出典：JICA 調査団

図 5-75 Line-2B の配線・信号配置図

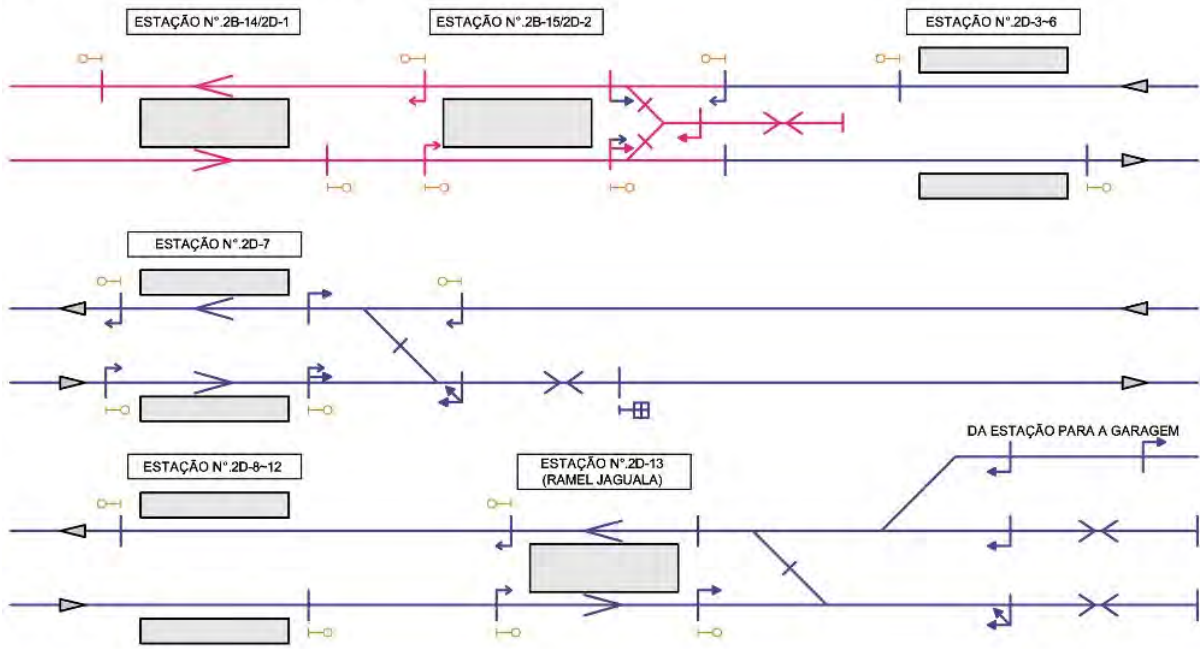
MONOTRILHO - SÃO PAULO (LINHA 2B E 2C)



Fonte: Estudo da JICA
 出典：JICA 調査団

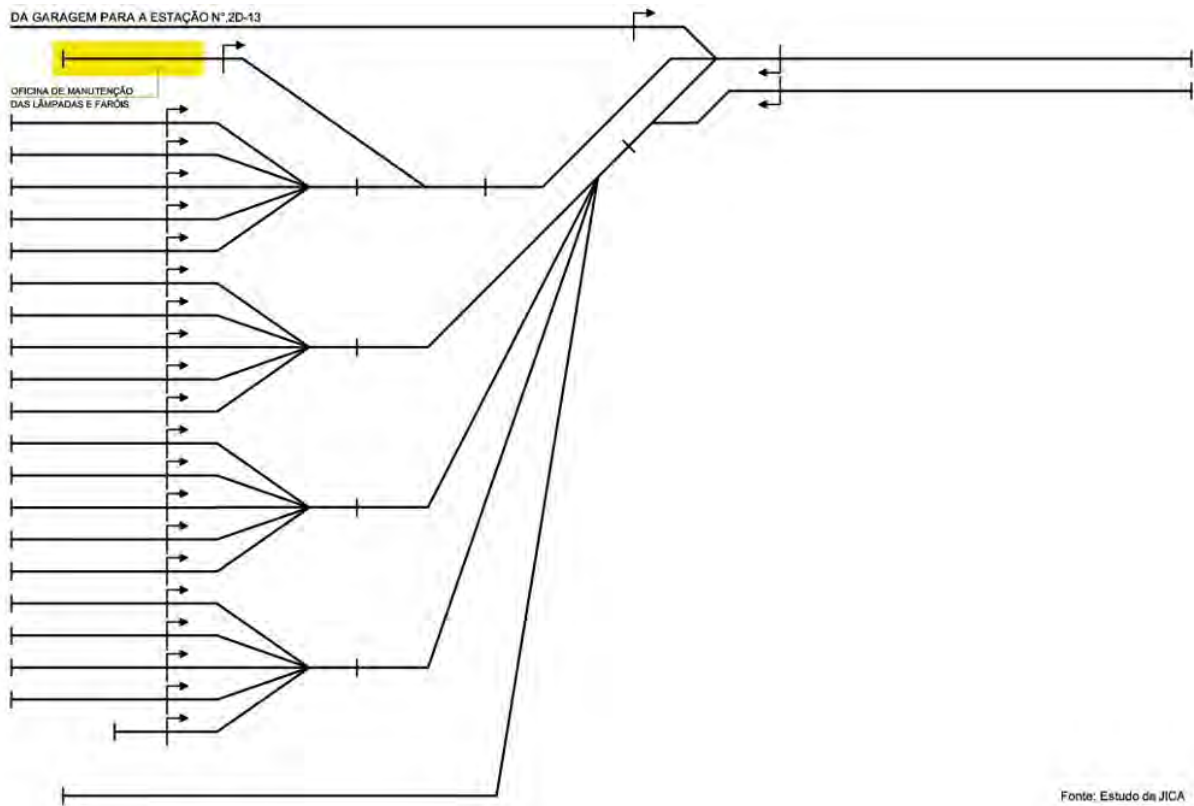
図 5-76 Line-2C の配線・信号配置図

MONOTRILHO - SÃO PAULO (LINHA 2D)



Fonte: Estudo da JICA
出典: JICA 調査団

図 5-77 Line-2D の配線・信号配置図

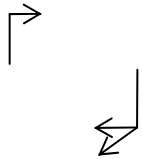
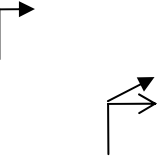



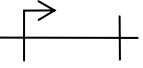



出典: JICA 調査団

Fonte: Estudo da JICA

図 5-78 Line-2D ヤードの配線・信号配置図

表 5-32 配線略図の解説

記号	意味	記事
	駅構内のATP場内進路または出発進路 2つの矢印は2進路あることを意味する。分岐器が異なる方向に開通している。	進路は分岐器のある駅の連動装置により設定される。 進路情報はCBTCシステムを介して列車に送られ、先行列車の位置に応じて制限速度が決定される。
	ATP入換進路 この記号はATP入換進路とATP出発進路があることを表す。	入換進路が設定されると、運転速度は30km/hに制限される。入換進路情報はCBTCを介して列車に送られる。
	CBTC故障時のバックアップとしての地上信号機。信号は常時は消灯しているが進路が設定されると緑現示、進路に列車がいるときは赤現示となる。	オプション機能 CBTC故障時は駅間1閉塞が適用される。列車密度は通常時よりも少なくなる。CBTC故障時は列車検知は光センサにより検知する。
	駅間の運転方向を示す。 運転方向は右側通行である。	通常時はATPによる逆線方向の運転は許可されない。しかし事故時には特殊な操作をすることによりATPによる双方向運転が許可される。
	分岐器のある駅の中での運転方向を示す。	一つの軌道の中に矢印が2つあるところでは双方向運転が許可される。
	駅間では垂直の線で区切られて 1つのループアンテナが設置されることを示す。 駅構内ではこの記号は列車検知区間であることを意味する。	車上地上間の通信は誘導無線ループアンテナを介して行われる。
	車両停止標識	入換車両はこの標識を超えて運転することはできない。

出典：JICA 調査団

5.8.3 通信システム

通信システムは一般的に MRT, LRT やモノレールのようなすべての鉄道交通機関に共通的に使用できる特徴を持っている。この章では通信システムに要求されるサービス、要求機能、そして性能について取り扱う。

(1) 目的と要求される通信サービス

通信システムの目的は保安や効率的な列車運転そして仕事の環境を支援することである。これを実現するために、次の3つの通信サービスがプロジェクトに要求される。

保安のための通信サービス

この通信システムは、保安とスムーズな列車運行を支援するために、管理をする職員相互間と関係セクション間でやり取りする、音声とデータ通信サービスを提供する。

旅客のための通信サービス

この通信システムはユーザーのサービスレベルを向上させ、スムーズな運用を支援することを目的として、旅客に対して詳細で有用な情報を提供する。

共通のネットワーク基幹としての通信サービス

通信システムは保安の目的だけでなく、効率的な仕事環境を作ることを目的として種々の鉄道の仕事に従事する分野の人たちのために、共通のネットワーク基幹設備を提供する。

(2) 通信システムの要求事項

1) 要求機能とシステム

先に述べた通信システムを実現するために次の機能とシステムが一般的に要求される。

表 5-33 通信の要求機能とシステム

必要なサービス	必要な機能	必要なシステム
保安目的のための通信システムサービス	<ul style="list-style-type: none"> 指令制御機能 緊急防護機能 	<ul style="list-style-type: none"> 無線通信システム 監視テレビシステム
旅客サービスのための通信システムサービス	<ul style="list-style-type: none"> 旅客監視機能 情報提供機能 	<ul style="list-style-type: none"> 旅客案内表示システム 放送システム 時計システム
一般業務向け通信サービス	<ul style="list-style-type: none"> 情報伝達・共有機能 通信ネットワーク機能 	<ul style="list-style-type: none"> 電話システム 総合伝送路システム

出典：JICA 調査団

2) システムの冗長性

サービスの冗長化をするために、基幹となる通信ネットワーク (BTN) のような中心となる通信システムは、装置が故障したときにも、通信を継続して運用できるようにするための冗長化された機能を持たなければならない。システム機能を保守するためにも、2重系化されたシステム (並列動作または待機の) または設備 (ユニットの冗長化を含む) が一般的に使用される。システムの冗長化の概要

を下表に示す。

表 5-34 冗長化手法の比較

方式	概要	内容
完全二重系	<ul style="list-style-type: none"> 装置の機能が停止しても、他の装置にて機能の維持が可能 完全二重系には、「並列2重システム」および「ホットスタンバイ」の2つがある。 	<ul style="list-style-type: none"> 3つの方式の中、システムの障害に対して最も信頼性の高い方式 3つの方式の中、最も設置費用（初期コスト）が高い方式
半二重系	<ul style="list-style-type: none"> 重要な装置のみを二重系で設備する 	<ul style="list-style-type: none"> 主に、異常時に必要最小限の機能確保が必要な時に適用
一重系	<ul style="list-style-type: none"> バックアップシステムは装備しない方式 システムの障害が発生した際はシステムの機能維持は不可能 	<ul style="list-style-type: none"> 重要システムには不向き 3つの方式の中、最も信頼性が低い方式

出典：JICA 調査団

保安レベルを確保するために、指令制御システムや重要なシステムには、完全二重系のシステムを推奨する。

3) ネットワーク構成とプロトコル

不必要な通信を低減するため、および故障したときに影響を最小化するために、最適なネットワークシステムを導入することを提案する。ネットワーク構成は次の3つの構成を含んでいる。

スター状ネットワークシステム—すべての設備が運行管理センター（OCC）で放射状につながっている。

リング状ネットワークシステム—個々の設備がリング状になったネットワーク線につながっている。

独立ネットワークシステム—各々のシステムが完全に独立している。

表 5-35 ネットワーク構成の比較

方式	概要	内容
リングネットワーク	個々のシステムまたはネットワークをリング状に接続する方式	<ul style="list-style-type: none"> 3つの方式の中、ネットワークの障害に対して最も信頼性の高い方式。 光基幹回線などの重要回線に利用されている。
星状（スター）ネットワーク	個々のシステムまたはネットワークを一箇所で接続する方式	<ul style="list-style-type: none"> 個々のシステムまたはネットワークを一箇所で接続するため、接続箇所の故障が全体ネットワークに影響を及ぼす。 ネットワークシステムの拡張が容易である。

独立（クローズド）ネットワーク	個々のシステムまたはネットワークを単独で構成する。そのため他のシステムまたはネットワークとは接続されない方式	<ul style="list-style-type: none"> ・ 単独のシステムまたはネットワークの集まりなので、他のシステムまたはネットワークの故障に影響を与えない。 ・ システムおよびネットワーク間の情報の交換が出来ない。
-----------------	--	---

出典：JICA 調査団

通信プロトコルは設備のコンパチビリティを確立するために共通で標準化されたプロトコルを使用することが望ましい。ネットワークのプロトコルとして、いくつかのプロトコルがある。これらのプロトコルの中で、インターネット・プロトコル（IP）はユーザーレベルでは共通の有名なプロトコルのうちのひとつである。通信システムの拡張性と互換性を確保するために、ユーザーサービスレベルのネットワーク設備は最低の要求として IP を装備すべきである。

(3) 通信システムの種類

通信システムは7つのサブシステムで構成される。

- 無線通信システム
- 電話システム
- 監視カメラシステム（CCTV）
- 旅客情報システム（PIS）
- 時計システム
- 基幹伝送ネットワーク（BTN）
- OA ネットワークとクライアント PC で構成される OA&IT システム

無線通信システムは OCC と列車間で、指令電話、非常時の防護、それらに関するデータ伝送から構成される、保安通信システムとして取り扱われる。電話システムは、管理および一般電話システムと、指令電話システムに分けられる。旅客情報システム（PIS）は案内放送設備（PA）と旅客案内表示盤（PIDS）の二つにより構成される。

通信システムの種類を下に示す。

表 5-36 通信システムの種類

1. 無線通信システム		
	指令電話	OCC⇔列車間
	非常時防護	列車→OCC
	列車状態データ	列車→OCC
	制御データ	OCC→列車
2. 電話システム		
	交換機のある管理・一般電話	
	指令電話	
	運転および保守用電話	
3. 監視カメラシステム（CCTV）		
4. 旅客情報システム（PIS）		
5. 時計システム		
6. 基幹伝送ネットワーク（BTN）		

出典：JICA 調査団

前述したように、無線通信システムは保安を確保するためと、効率的な列車運行のためには、欠かすことのできないシステムである。無線通信システムの選択に際しては、送受信基地局の間隔、外部ノイズへの耐性、波の伝播時間などのいくつかの事柄について、考慮しなければならない。次の表に一般的な無線通信の比較を示す。

表 5-37 無線システムの比較

項目	誘導無線 (IR)	空間波無線 (SR)	漏洩同軸ケーブル (LCX)
方式	電磁誘導	無線	無線
周波数	LF 帯 (30kHz-300kHz)	UHF/VHF 帯 (150MHz, 400MHz, 800MHz 帯)	UHF/VHF 帯 (150MHz, 400MHz, 800MHz 帯)
一般的な適用場所	地下	明かり区間	地下／明かり区間
送受信基地局の間隔	約 1km	約 2km	約 2km
デジタル化	難しい	容易	容易
伝送速度	低速	高速	高速
外部ノイズ耐性	弱い	弱い	強い
新交通システムへの適応性	低い	高い	高い

出典：JICA 調査団

上記の無線の特徴から眺めてみると、LCX 無線通信方式を本プロジェクトに提案する。

第6章 事業実施計画

6.1 施工計画

6.1.1 土木構造物の計画

(1) 軌道構造

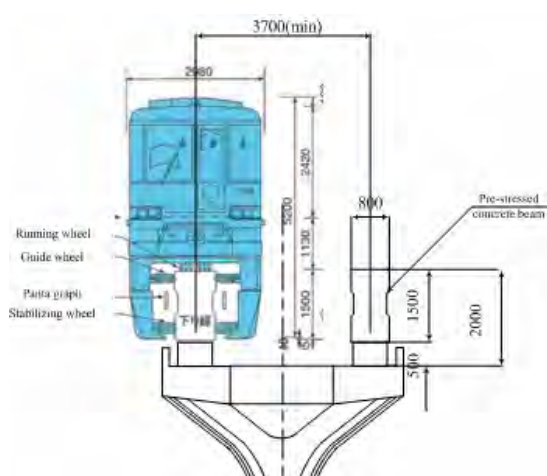
サンパウロ市に導入する中量輸送システムとして選定されたモノレールは、街路上空の高架に設置された軌道桁上を走行するシステムである。この軌道工事は、都市の街路での施工となる。モノレールに限らず、道路敷内での施工は、道路交通に大きな影響を与える恐れがある。モノレールの工事期間を出来るだけ短くし、道路交通への影響を少なくする工法を考慮する。

1) 軌道桁

想定されるモノレールの軌道桁は、プレストレストコンクリート製軌道桁と鋼製軌道桁の2タイプに分類される。

a) 標準部：プレストレストコンクリート軌道桁 (PC 軌道桁)

標準支間では、PC 軌道桁を使用する。桁長は、22m~30m とする。PC 軌道桁は、工事期間の短縮を図るために専用の PC 軌道桁製作ヤードで製作する。また、軌道桁の架設は、道路交通への影響を避けるため、交通量が減少する夜間に架設現場へ搬送し、クレーン等にて実施する。

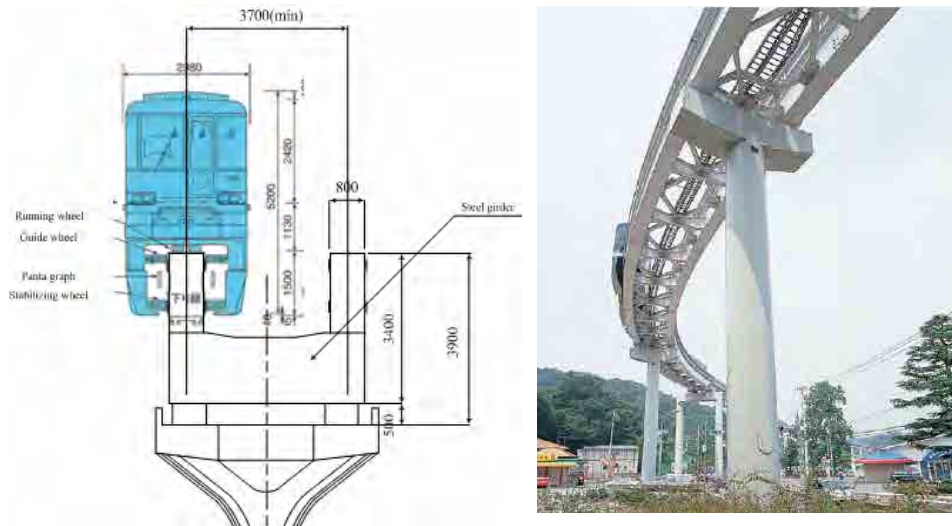


出典：JICA 調査団

図 6-1 PC 軌道桁部標準横断図と写真

b) 長スパン部：鋼製軌道桁

鋼製軌道桁は、PC 軌道桁が適用できない道路の交差点や河川等を横断する個所などに適用される。橋長は 30m~100m とする。鋼製軌道桁は、工場で各部材を製作後、現場に搬入し架設する。架設は、現場にベント（鋼製支保工）等の仮支柱を設けて実施する方法が想定される。鋼製軌道桁の連結にはハイテンションボルトを使用し、連結後タッチアップ塗装を行う。



出典：JICA 調査団

図 6-2 鋼製軌道桁部標準横断面図と写真

2) PC 軌道桁製作ヤード

モノレールは、軌道桁に跨って走行するシステムであり、軌道桁は鉄道のレールの役割を持つ。軌道桁の形状は、設置される位置のスパン、平面線形、縦断線形およびカントにより決定される。このため、軌道桁ごとにユニークな形状となる。

軌道桁の製作には、快適な乗り心地を確保するために、高い精度が要求される。このため、PC 軌道桁を製作する専用のヤードを設け、ここに型枠設備（モールド装置）を設置する。モールド装置は、様々な形状の軌道桁に対応できる特殊な型枠で、均質かつ高い精度の軌道桁を製作する設備である。

PC 軌道桁製作ヤードには、軌道桁を製作する施設と、製作した軌道桁を貯蔵する用地が必要である。このため、桁製作ヤードの敷地は、約 30,000m² の面積を必要とする。

PC 軌道桁を現場製作する場合、桁の製作精度を確保することは困難である。また、道路を長期間占有することになり、道路交通に影響を与える。このため、軌道桁製作ヤードの設置が必要とされる。

3) PC 軌道桁架設工

日本におけるモノレール建設では、PC 軌道桁の架設にあたり、現地作業帯への軌道桁の仮置きは行わない。軌道桁は PC 軌道桁製作ヤードで製作され、そこで貯蔵される。軌道桁の架設は、その日の作業分（通常 2 本）を深夜に桁製作ヤードから専用トレーラで架設場所に直接運搬し、作業帯を広げ、朝までに実施する。

PC 軌道桁の仮置きを行わない理由は、以下のとおりである。

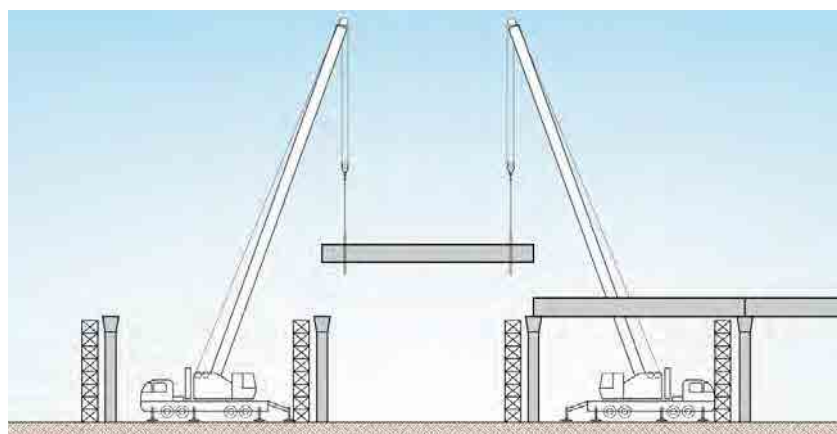
- i) PC 軌道桁は、支柱間隔と同じ長さがあるため、現地作業帯の支柱間に仮置きすることはできない。このため、仮置きを行なう場合には、支柱の両脇に作業帯を広げて、仮設フェンスおよび桁の転倒防止設備ともに設置する必要がある。このため、作業帯は相応に広がる。この結果、道路の車線が減少し、道路交通に大きく影響する。

- ii) PC 軌道桁は、1 桁 40 トン以上の重量があるため、桁の仮置きを行う場合には、仮置き場から架設場所への軌道桁の積み下ろしのために重量級のクレーンが 2 台必要となる。更に、クレーン作業の作業帯の確保も必要となる。

PC 軌道桁の架設手順は次のとおりである。

- 1) 街路に作業帯の設置（交通規制を行う）
- 2) クレーンの進入、設置
- 3) PC 軌道桁輸送トレーラの進入
- 4) PC 軌道桁架設（軌道桁の重量を考慮し、200t 吊のクレーンを 2 台使用する）
- 5) PC 軌道桁輸送トレーラ、クレーンの退出
- 6) 作業帯の撤去

現場が狭隘な場所や交通規制の難しい個所である場合は、作業半径等との関係から、300~500t 吊クレーン 1 基で対応する。道路規制が出来ない個所や、クレーンの設置が困難な個所は、エレクションガーダーを使用して対応する。



出典：JICA 調査団

図 6-3 PC 軌道桁架設図

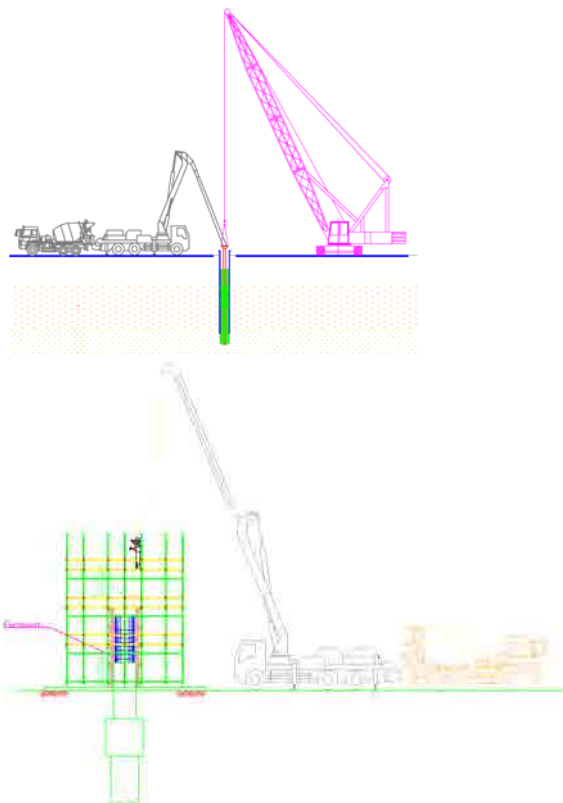
(2) 下部工

モノレールの下部工は、一般的な構造物の支持構造と同様であり、特別な型式や施工法は不要である。

サンパウロ市周辺の地盤状況は比較的良好であり、一般の建築物・土木構造物の基礎は場所打杭および既成コンクリート打込杭が用いられている。基礎工は、市街地であることを考慮して、振動、騒音の少ない場所打杭とする。その直径は 1.0–1.5m と想定する。杭打設後、1.5–1.8m 厚のパイルキャップを構築する。パイルキャップの土被りは、0.5m とする。場所打杭は、オールケーシング掘削機により所定の深さまで掘削した後、鉄筋籠を設置しコンクリートを打設する。施工中は中央分離帯を含め約 8.0m 幅を工事機械等が占有するため、工事は夜間に交通規制を行った上で実施する。

- 1) 杭工事手順
 - a) ケーシング管の設置
 - b) 削孔
 - c) スライム撤去
 - d) 鉄筋籠の設置
 - e) トレミー管挿入
 - f) コンクリート打設
 - g) 埋戻し
 - h) ケーシング管の引抜

- 2) 橋脚工事手順
 - a) 柱の足場組立
 - b) 柱の鉄筋組立
 - c) 柱の型枠設置
 - d) 柱のコンクリート打設
 - e) 横梁の足場組立
 - f) 横梁の鉄筋組立
 - g) 横梁の型枠の設置
 - h) 横梁のコンクリート打設



出典：JICA 調査団

図 6-4 杭工事コンクリート打設・橋脚工事コンクリート打設

6.1.2 河川上の構造物施工手順

(1) 長スパン橋梁の建設工法

河川を越えるために必要なスパン長は 100m 程度であることから鋼アーチ（ランガートラスかニールセン・ローゼ形式）橋が適切な橋梁形式である。プロジェクト内には 4 箇所の大橋が必要と計画されている。大橋の架橋地点およびスパン長を下表に示す。

表 6-1 長スパン橋一覧

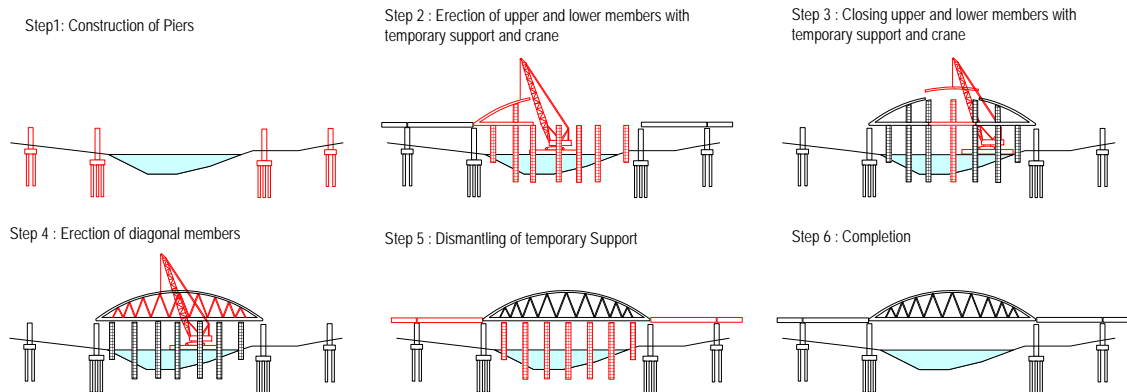
	路線	河川名	スパン長	橋梁形式	注記
1	Line-2A	Guarapiranga 水路	120m	ニールセン・ローゼ	
2	Line-2A	Pinheiros 川	80m	ランガートラス	Socorro 駅
3	Line-2D	Pinheiros 川	100m	ランガートラス	
4	Line-2D	Tiete 川	120m	ニールセン・ローゼ	

出典：JICA 調査団

長大橋架橋地点の概況は以下のとおり。

- 1) 市街地に建設される
- 2) 架橋地点近傍の交通渋滞は激しい
- 3) 大型船舶の航行は考慮する必要なし
- 4) 大きなはしけ台船のアクセスは不可能

長スパン橋（ランガートラス橋）の架設手順を以下に示す。架設地点の状況から、架設はクレーンと仮設構造物にて行う。

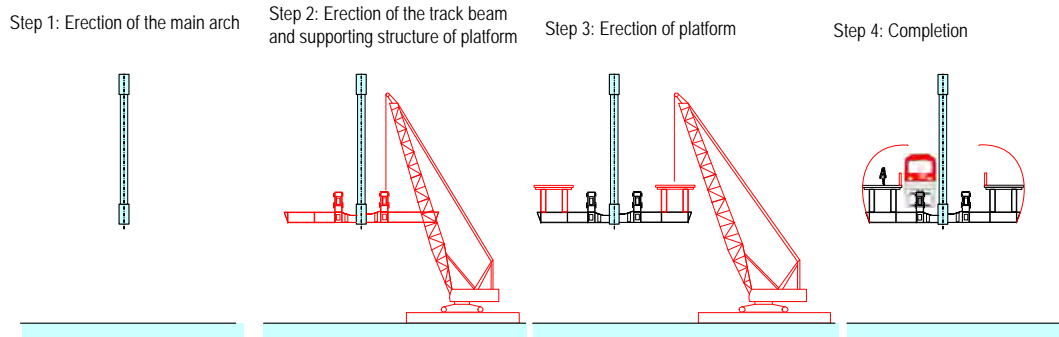


出典：JICA 調査団

図 6-5 長スパン橋の架設手順

(2) 長スパン橋における駅建設工法

Socorro 駅は Pinheiros 川上に位置する。橋梁は延長 80m のランガートラス（アーチ橋）形式である。架設手順を図 6-6 に示す。軌道桁およびプラットホームの基礎はクレーンによって架設する。



出典：JICA 調査団

図 6-6 河川上駅の建設順序

6.1.3 電気・信号・通信システム設置工事

モノレールは、他の輸送システムと異なり、軌道桁に電車線と通信、信号システムと電力ケーブルなどが設置されるのが特徴である。

軌道桁工事以外は通常の工事と同様で、特別な施工法は不要である。

信号通信ケーブルと電力ケーブルは、軌道桁の埋設管および軌道桁の下側に設置されたトレイに敷設され、電車線は、軌道桁の両側に設置される。モノレールは高架橋形式のため、軌道桁への電機・信号・通信システムの設置工事は、高所での作業となる。この設置工事は、軌道桁の下部の道路上に組んだ足場上で作業する計画が一般的であるが、足場が長期間道路交通に影響を与える上、その作業は危険を伴う。



出典：JICA 調査団

図 6-7 電車線とケーブルトレイ

日本におけるモノレールの建設工事では、工事用足場を設置する代わりに専用の自走式作業車を使用して、電車線とケーブル類の設置作業を実施している。作業車は、搭載されたバッテリーまたは内燃エンジンにより、軌道桁上を施工場所まで作業員と資機材を載せて移動する。作業車は軌道桁の上部、側面、下部の作業が安全に作業できるように製作されている。作業車により、工事足場が不要となり、道路交通に与える影響がなくなり、工程遵守の面からも有利となる。

6.2 資機材調達

6.2.1 サンパウロの現況

ブラジルは、近年、BRICsの一角として目覚ましい発展を遂げており、多くの種類の工業製品、農産品を生産する高い技術力と生産力を誇っている。

サンパウロ市では現在、地下鉄、BRT、道路の建設などの多くのプロジェクトが実施されており、建設市場は活況を呈している。

6.2.2 建設資機材

ブラジルの工業は、一次、二次鉄鋼製品、建設資材、機械類、電気製品などの多くの資機材を生産しており、国内市場だけでなく国外市場にも供給している。それゆえ、将来的にはモノレールの多くの建設資機材と機器が国内で調達可能になると考えられる。

モノレールの建設に使用される資機材を、調達方法別に以下の3種類に分類する。

(1) 国内財として調達される資機材

1) 土木、建築工事の一般建設資材

セメント、骨材、コンクリート、木材、鉄筋、PC鋼線、鉄鋼製品、石材、ガラス、建具類、配管材、排水材等、エレベータ、エスカレータ、コンプレッサ、等

2) 建設機械

クレーン、運搬機械、掘削機械、ダンプトラック、トレーラ、自動車、等

3) 電気電子製品

電線、電力ケーブル、一般電気製品、通信機器、制御機器、等

4) 車両基地内の車両検修設備のうち汎用機器

天井クレーン、フォークリフト、高所作業車、荷物運搬車、等

(2) 貿易財として調達される資機材

モノレール特有の機器が該当する。

1) 車両搭載信号機器、OCC機器

車両搭載機器とOCC機器は、車両設計に密接に関係しており、システムを統一するため国外から調達される製品となる。信号通信機器関係の電線、ケーブル、機器類は国内市場から調達可能である。

2) き電システム（電車線と付属品）

き電システムの電車線、碍子、取り付け器具類は、モノレール特有の製品であり、ブラジル国内では製造されていないため、国外の工場から調達される。

3) 大容量変電所のトランスシステムとトランスの整流器

大容量変電所のトランスシステムとトランスの整流器は、信頼性と実績のある国外の工場から調達される。

4) 車両基地内の車両検修設備

モノレール特有の検修機器は、ブラジル国内の工場には製作の経験と設計書類がないため、国外の工場からの調達となる。沈下桁、移動集塵機、牽引車、保守作業車、トラバーサなどが該当する。

(3) 国外の工場からプロトタイプを調達、残りのロットを国内の工場で組立て製造

1) 車両と分岐器

最初に車両と分岐器のプロトタイプを海外の工場から調達する。残りのロットは国外から部品を輸入し、国内の工場で組立てて製造する。これらの製品を長期間ブラジルで製作することにより、コストダウンと技術移転が可能となる。

サンパウロ市のモノレール事業の成功により、ブラジル各地にモノレールが普及拡大することも期待できる。

6.2.3 建設機械

サンパウロ市内外では多くの建設プロジェクトが実施中であり、掘削機、トラッククレーンなど多くの種類の建設機械が存在する。それゆえ、プロジェクトサイト付近での建設機械の調達は容易である。

6.2.4 建設会社と労働力

ブラジルには、大規模な建設会社が多数存在しており、高い技術水準と十分な実績を持つ。労働力に関しては、技術者、職長、熟練工、普通作業員などがサンパウロ市内に多数存在している。

モノレールの建設に必要な建設会社と、技術者、労働者はサンパウロ市内で調達可能である。しかし、モノレールはブラジルにとって新しい輸送システムであるため、モノレール特有の技術に関しては、その最新の技術と経験をもつ海外の専門技術者の技術的援助を必要とする。

海外の専門技術者の技術的援助を必要とする作業は次の通り。

(1) プレストレストコンクリート軌道桁

モノレールは、車両が桁構造物上を軌道として直接走行するため、モノレール軌道桁の出来形は、車両の乗り心地に密接に関係する。従って、PC 軌道桁は、一般の道路桁よりも遥かに厳しい精度で製作、設置される必要がある。

海外の専門技術者は、厳しい精度を保持するため、軌道桁の製作と架設、調整を指導する。

(2) システム工事の技術者

モノレールは、軌道桁の下側に電力ケーブルと通信、信号ケーブルが設置され、軌道桁の両側面には電車線が設置される。日本では、これらケーブルと電車線の設置工事には、軌道上に専用の自走式作業台車を使用して作業することが一般的である。サンパウロでは、専用の自走式作業台車の使用の経験は無く、初めての作業となるため、海外の専門技術者が、この運転と設置方法等を指導する。

(3) システム調整、試運転、総合試験に関する技術者

海外の専門技術者はモノレールの始運転、走行試験、個別試験、総合試験などの調整、検査、試験の確認を実施する。これらの種々のテスト完了後、海外の専門技術者は、発注者の立会いにより試運転試験を実施する。

6.2.5 輸送期間

輸入財の輸送期間は、日本からの輸入を想定する。

日本で製作された製品は、海上輸送でサンパウロ市から約 60km 離れたサントス港に運搬される。日本からサントス港まで通常 30~45 日間の輸送期間を必要とする。サントス港は常に混雑しているので、荷役、通関の日数が不確定で長期間を要することが多い。

国外製品の輸送期間は、海上輸送、荷役、通関と内陸の輸送期間と、予測できない不確定日数を含め、2ヶ月間と想定する。

6.2.6 コンサルタント

本プロジェクトは、ブラジルにおいて最初のモノレール導入プロジェクトであり、入札は、国際競争入札を想定する。プロジェクトの実施には、プロジェクトの効率的な実施と世界に通用するモノレールを建設できる専門的知識と国際的な経験を持つコンサルタントが必要となる。

コンサルタントの作業は、基本設計、実施計画の作成、入札書類の作成、入札の選定と、請負者の選定である。工事契約後は、詳細設計、仕様書等の照査と承認、工事監理、システムの確認等を実施する。

6.3 事業費積算

6.3.1 概要

モノレールの計画路線は、Line-1, 2A, 2B, 2C, 2D から成る。計画路線の全線を同時に建設することは、資金面と建設資材調達的面から困難である。このため、建設は、3期に分けて行う。

このうち、第一期に含まれる Line-2A では、オリジナルルート案と地域開発ルート案の2つの代替案がある。地域開発ルート案は、オリジナルルート案よりも路線長が1.4km 長く、また道路横断のトンネル区間と地下駅が2つ追加される。さらに、地域開発ルート案は既存の住宅地内を路線が通過するため、住居の撤去工事と道路の新設工事を伴う。第一期では、オリジナルルート案と地域開発ルート案の2つの代替案の事業費を検討する。

さらに、2025 年の変配電設備と車両の増設を第 3-2 期として示す。建設工事の概要を表 6-2 に示す。

表 6-2 建設期間および対象ライン

	契約	完成	建設期間	摘要
第一期 オリジナルルート案	2011 年 8 月	2014 年 9 月	38 ヶ月	Line-1 + Line-2A
第一期 地域開発ルート案	2011 年 8 月	2015 年 2 月	43 ヶ月	Line-1 + Line-2A
第二期	2013 年 3 月	2016 年 6 月	40 ヶ月	Line-2B + Line-2D
第三期	2015 年 1 月	2018 年 3 月	39 ヶ月	Line-2C
第三期-2		2025 年		車両増備、変電施設増強

出典：JICA 調査団

6.3.2 積算条件

積算条件は以下のとおりである。

(1) 事業費

事業費は、主に建設費、コンサルタント費、用地費を算定しており、内貨と外貨別に計上する。これらの価格に物価上昇、予備費、事業管理費、VAT（付加価値税）、輸入税を考慮する。なお、2025 年の建設費は、コスト積算基準年から多年を経るため、物価上昇の影響が大きくなり現実的ではないため、物価上昇を加味せず、コスト積算基準年の価格を示す。

1) 建設費

建設費はモノレールを建設する費用で、準備費、公共施設移設費、土木工事費、駅舎建築工事費、車両基地費と、変配電、通信、信号などのシステム工事費、車両費を考慮する。

2) コンサルタント費

コンサルタント費は、モノレール建設を遂行するために、事業者を支援するコン

サルタントの費用を計上する。

3) 用地費

用地費はモノレールシステム建設に必要な路線の用地の取得費用と、住民移転の費用を考慮する。価格は、サンパウロ市の現況の価格の調査に基づき設定した。

(2) 為替レート

米ドル(US\$) 対日本円(JPY)	US\$1 = JPY 89.55
米ドル(US\$) 対ブラジルレアル(BRL)	US\$ 1= BRL 1.75
ブラジルレアル(BRL) 対日本円(JPY)	BRL1 = JPY 51.171

(3) 物価上昇率

外貨 (FC) : 1.5 %

内貨 (LC) : 4.5% (ブラジル中央銀行インフレーションターゲット 2005~2011 参照)

(4) 予備費

建設費 : 5%

コンサルタント費 : 5%。

(5) 積算の基準年

2010年1月

(6) 実施期間

各段階ともローン手続き開始時から建設完成時までとする。各期のスケジュールは、6.4 実施工程を参照。

(7) VAT

サンパウロ市の標準レート : 18% www.worldwide-tax.com 参照

コンサルタント費に対し : 5%

(8) 輸入関税

0% サンパウロ州政府名義で輸入し、輸入品にかかる全ての税金が免除されるケースを前提とする。

(9) 管理費

3%

(10) 内貨と外貨

資機材の内貨と外貨の区分は、6.2 調達計画を参照。

(11) コスト年次配分

年次配分は、基本的に各項目の年間作業月数の割合で配分する。なお、車両と車両基地設備は、工事の最終時期に現地に搬入し組み立てられるため、最終年度への配分を高めている。

なお、為替レート、物価上昇率、予備費、コンサルタント費のレートは、調査時点の値であり、実際に借款を行う場合には、ローン審査時に JICA より改めて提示される。

6.3.3 積算結果

プロジェクト全体の事業費を表 6-3 に示す。さらに、各期の建設費、事業費、コスト年次配分を、表 6-4 から表 6-16 に示す。

表 6-3 全体事業費

Item	Phase 1 Original route			Phase 1 Area Development route			Phase 2			Phase 3			Phase 3-2		
	FC million JPY	LC million BRL	Total million JPY	FC million JPY	LC million BRL	Total million JPY	FC million JPY	LC million BRL	Total million JPY	FC million JPY	LC million BRL	Total million JPY	FC million JPY	LC million BRL	Total million JPY
A. ELIGIBLE PORTION															
I Procurement / Construction	22,160	2,330	141,411	22,587	2,588	155,040	20,588	3,484	198,848	3,948	938	51,964	1,003	172	9,784
Mobilization	0	53	2,708	0	62	3,161	0	71	3,622	0	22	1,124			
Relocation of Public Utilities	0	27	1,394	0	33	1,683	0	39	1,989	0	13	655			
Substructure	0	153	7,835	0	168	8,595	0	221	11,310	0	81	4,123			
Superstructure	0	299	15,288	0	322	16,470	0	460	23,559	0	152	7,779			
New Road Construction	0	0	0	0	17	856	0	0	0	0	0	0			
Station Building	0	360	18,444	0	360	18,444	0	614	31,440	0	194	9,916			
Station with Tunnel section	0	96	4,909	0	229	11,733	0	0	0	0	0	0			
Switch	855	47	3,282	855	47	3,282	755	36	1,848	0	8	417			
Depot	1,145	135	8,078	1,145	135	8,078	0	897	45,891	0	130	6,656	0	164	8,408
Rolling stock	5,257	577	34,793	5,257	577	34,793	0	897	45,891	0	130	6,656	0	164	8,408
Power Supply system	8,831	164	17,225	9,054	172	17,845	10,226	208	20,893	2,516	59	5,526	1,003	7	1,376
Signalling and Telecommunication system	4,247	75	8,100	4,364	80	8,451	7,474	131	14,164	928	28	2,366			
Automatic Fare Collection system	0	8	384	0	9	435	0	12	614	0	4	205			
Environmental Mitigation and Compensation	0	0	25	0	1	30	0	7	336	0	3	147			
Base cost	20,335	1,996	122,466	20,675	2,212	133,855	18,455	2,786	161,002	3,444	693	38,913	1,003	172	9,784
Price escalation	770	224	12,212	837	253	13,802	1,153	532	28,377	316	201	10,577			
Physical contingency	1,055	111	6,734	1,076	123	7,383	980	166	9,469	188	45	2,474			
II Consulting services	4,188	96	9,094	4,462	105	9,816	4,346	99	9,423	3,456	75	7,305			
Base cost	3,841	82	8,012	4,086	88	8,614	3,892	79	7,910	3,009	55	5,813			
Price escalation	147	10	649	163	11	735	248	16	1,065	282	17	1,144			
Physical contingency	199	5	433	212	5	467	207	5	449	165	4	348			
Total A = (I + II)	26,348	2,426	150,506	27,049	2,693	164,856	24,935	3,583	208,271	7,403	1,014	59,269			
B. NON ELIGIBLE PORTION															
a Land Acquisition	0	96	4,895	0	164	8,415	0	62	3,179	0	2	114			
Base cost	0	87	4,477	0	152	7,758	0	53	2,696	0	2	87			
Price escalation	0	4	185	0	5	256	0	6	331	0	0	21			
Physical contingency	0	5	233	0	8	401	0	3	151	0	0	5			
b Administration cost 3%	0	91	4,662	0	102	5,198	0	124	6,343	0	35	1,781			
VAT	0	506	25,909	0	555	28,398	0	709	36,264	0	191	9,763			
VAT 18% for Procurement /Construction	0	497	25,454		545	27,907		699	35,793		183	9,354			
VAT 5% for Consulting Service	0	9	455		10	491		9	471		7	365			
Import Tax	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
Total B = (a+b+c+d)	0	693	35,465	0	821	42,011	0	895	45,786	0	228	11,658	0	0	0
TOTAL (A+B)	26,348	3,119	185,971	27,049	3,514	206,867	24,935	4,478	254,057	7,403	1,241	70,928	1,003	172	9,784

出典：JICA 調査団

表 6-4 第一期 オリジナルルート案 建設費

Item	Unit	Line-1					Line-2A (Original Route)					Total Phase 1 L2A(MB) 1000 yen			
		Quantity	Unit Price		Cost		Quantity	Unit Price		Cost			Total		
			FC 1000 yen	LC Rs	FC 1000 yen	LC Rs		Total 1000 yen	FC 1000 yen	LC Rs	FC 1000 yen			LC Rs	Total 1000 yen
Mobilization															
Mobilization	LS	1		13,115,799	-	13,115,799	671,149								
Relocation of Public Utilities															
Relocation of Public Utilities	LS	1		7,640,271	0	7,640,271	390,960								
Substructure															
Substructure	nos	154		290,000	-	44,660,000	2,285,297								
Superstructure work															
PC Girder	nos	288		200,000	-	57,600,000	2,947,450								
Steel Girder	Ton	2,100		12,000	-	25,200,000	1,289,509								
Switch Bridge	LS	1		-	-	2,400,000	122,810								
Total						85,200,000	4,359,769								
New Road Construction															
Road Construction	km														
Demolition	km														
Total															
Switch work															
Total	LS	1			500,000	-	500,000				355,000	47,420,000	2,781,529	3,281,529	
Station Building work															
Type A Station (Standard station)	station	4		24,872,240	-	99,488,960	5,090,950								
Type B Station (Terminal station)	station	1		25,326,740	-	25,326,740	1,295,995								
Type C Station (Socorro station 2A-11)	station				-	-	-								
Type D Station (Faria Lima station 2B-14)	station				-	-	-								
Type E Station (Sumare station 2C-5)	station				-	-	-								
Type F Station (Jardim Angela station with Tunnel)	station				-	-	-								
Type G Station (Underground stations with Tunnel)	station				-	-	-								
Total		5				124,815,700	6,386,944								
Depot Construction															
Civil works	LS	1													
Track works	LS	1													
Buildings and workshops	LS	1													
Total															
Depot Facilities procurement															
Depot Facilities	LS	1													
Rolling stock procurement															
Rolling stock s (Import)	nos														
Rolling stock s (Domestic 1st lot)	nos														
Rolling stock s (Domestic 2nd lot)	nos														
Spare parts	LS														
Total															
Electric Power Supply system															
Primary Substation (1000MVA & 30MVA)	LS	1													
Transmission Line (34 kV, 2 Circuit)	LS	1		9,000,427	-	9,000,427	460,561								
Power Supply Substation (15 SS)	LS	1	777,075	11,295,164	777,075	11,295,164	1,355,060								
Contact Line (1,500V) Main line	LS	1	697,645	8,525,368	697,645	8,525,368	1,133,897								
Contact Line (1,500V) Depot	LS	1													
Distribution Line (13.8kV, 2 Circuit)	LS	1		1,513,935	-	1,513,935	77,470								
Power Facilities Station	LS	1,000		2,485,380	-	2,485,380	127,179								
Power Facilities Depot	LS	1,000			-										
Power Facilities OCC	LS	1,000			-										
Total						1,474,720	32,820,274	3,154,166				7,356,486	131,221,014	14,071,197	17,225,363
Signalling & Telecomm. system															
Main Line Signalling system	LS	1	289,480	2,496,809	289,480	2,496,809	417,244								
Depot Signalling system	LS	1													
ATS system	LS	1	152,000	539,070	152,000	539,070	179,585								
Onboard Signalling system	LS	1	867,200		867,200		867,200								
Commissioning and O & M Manual	LS	1	79,000	186,000	79,000	186,000	88,518								
Spar parts for Signalling system	LS	1	130,000	301,000	130,000	301,000	145,402								
Telecommunication system	LS	1		15,598,270	-	15,598,270	798,179								
Commissioning and O & M Manual	LS	1		960,000	-	960,000	49,124								
Spar parts of Telecommunication system	LS	1		1,550,000	-	1,550,000	79,315								
Total						1,517,680	21,631,149	2,624,568				2,729,510	53,652,554	5,474,965	8,099,532
AFC system															
AFC system	station	5		500,000	-	2,500,000	127,928								
Environmental Mitigation and Compensation															
Removal works of roadside trees	LS	1		273,150		273,150	13,977								
Total						3,492,400	332,656,343	20,514,758				16,842,791	1,663,210,511	101,950,936	122,465,694

出典：JICA 調査団

表 6-5 第一期 オリジナルルート案 事業費

Item	Total			2010			2011			2012			2013			2014		
	FC million JPY	LC million BRL	Total million JPY	FC million JPY	LC million BRL	Total million JPY	FC million JPY	LC million BRL	Total million JPY	FC million JPY	LC million BRL	Total million JPY	FC million JPY	LC million BRL	Total million JPY	FC million JPY	LC million BRL	Total million JPY
A. ELIGIBLE PORTION	22,160	2,330	141,411	0	0	0	1,827	283	14,794	9,175	1,047	62,741	9,401	813	50,984	1,758	218	12,893
I) Procurement / Construction	0	53	2,708	0	0	0	0	33	1,706	0	20	1,002	0	0	0	0	0	0
Mobilization	0	27	1,394	0	0	0	0	17	871	0	10	523	0	0	0	0	0	0
Relocation of Public Utilities	0	153	7,835	0	0	0	0	17	871	0	102	5,224	0	34	1,741	0	0	0
Substructure	0	299	15,288	0	0	0	0	33	1,699	0	199	10,192	0	66	3,397	0	0	0
Superstructure	0	360	18,444	0	0	0	0	29	1,475	0	173	8,853	0	159	8,115	0	0	0
Station Building	0	96	4,909	0	0	0	0	8	409	0	48	2,455	0	40	2,046	0	0	0
Station with Tunnel section	855	47	3,282	0	0	0	68	4	263	410	23	1,575	376	21	1,444	0	0	0
Switch	1,145	135	8,078	0	0	0	115	14	808	458	54	3,231	573	68	4,039	0	0	0
Depot	5,257	577	34,793	0	0	0	526	58	3,479	1,577	173	10,438	1,577	173	10,438	1,577	173	10,438
Rolling stock	8,831	164	17,225	0	0	0	679	13	1,325	4,076	76	7,950	4,076	76	7,950	0	0	0
Power Supply system	4,247	75	8,100	0	0	0	327	6	623	1,960	35	3,738	1,960	35	3,738	0	0	0
Signalling and Telecommunication system	0	8	384	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Automatic Fare Collection system	0	0	25	0	0	0	0	0	3	0	0	17	0	0	6	0	0	32
Environmental Mitigation and Compensation	20,335	1,996	122,466	0	0	0	1,715	231	13,532	8,482	913	55,198	8,562	678	43,266	1,577	174	10,470
Base cost for JICA financing	770	224	12,212	0	0	0	26	10	558	256	84	4,555	391	96	5,290	97	33	1,809
Price escalation	1,055	111	6,734	0	0	0	87	12	704	437	50	2,988	448	39	2,428	84	10	614
Physical contingency	4,188	96	9,094	0	0	0	394	6	689	1,873	42	4,011	1,218	34	2,957	702	14	1,437
II) Consulting services	3,841	82	8,012	0	0	0	370	5	639	1,732	36	3,596	1,109	28	2,561	630	11	1,217
Base cost	147	10	649	0	0	0	6	0	18	52	3	224	51	4	256	39	2	152
Price escalation	199	5	433	0	0	0	19	0	33	89	2	191	58	2	141	33	1	68
Physical contingency	26,348	2,426	150,506	0	0	0	2,222	259	15,483	11,048	1,089	66,752	10,618	847	53,941	2,460	232	14,329
Total (I + II)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
B. NON ELIGIBLE PORTION																		
a) Procurement / Construction																		
Base cost for JICA financing	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Price escalation	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Physical contingency	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
b) Land Acquisition	0	96	4,895	0	8	392	0	88	4,503	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Base cost	0	87	4,477	0	7	373	0	80	4,104	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Price escalation	0	4	185	0	0	0	0	4	185	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Physical contingency	0	5	233	0	0	19	0	19	214	0	0	0	0	0	0	0	0	0
c) Administration cost	0	91	4,662	0	0	12	0	12	600	0	39	2,003	0	32	1,618	0	8	430
VAT	0	506	25,909	0	0	0	0	53	2,697	0	225	11,494	0	182	9,325	0	47	2,392
d) VAT	0	497	25,454	0	0	0	0	52	2,663	0	221	11,293	0	179	9,177	0	45	2,321
VAT 18% for Procurement / Construction	0	9	455	0	0	0	0	1	34	0	4	201	0	3	148	0	1	72
VAT 5% for Consulting Service	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
e) Import Tax	0	693	35,465	0	8	403	0	152	7,800	0	264	13,497	0	214	10,943	0	55	2,822
Total (a+b+c+d+e)	26,348	3,119	185,971	0	8	403	2,222	412	23,283	11,048	1,352	80,249	10,618	1,060	64,884	2,460	287	17,151
TOTAL (A+B)																		
C. Interest during Construction	6,256	0	6,256	0	0	0	252	0	252	1,323	0	1,323	2,212	0	2,212	2,469	0	2,469
Interest during Construction (Const.)	6,254	0	6,254	0	0	0	251	0	251	1,322	0	1,322	2,212	0	2,212	2,468	0	2,468
Interest during Construction (Consul.)	2	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1
D. Commitment Charge	784	0	784	157	0	157	157	0	157	157	0	157	157	0	157	157	0	157
GRAND TOTAL (A+B+C+D)	33,388	3,119	193,011	157	8	560	2,630	412	23,691	12,528	1,352	81,729	12,987	1,060	67,253	5,086	287	19,778
E. JICA finance portion incl. IDC (A + C + D)	33,388	2,426	157,545	157	0	157	2,630	259	15,891	12,528	1,089	68,232	12,987	847	56,310	5,086	232	16,955

出典：JICA 調査団

表 6-6 第一期 オリジナルルート案 コスト年次配分

Item	Total			2010			2011			2012			2013			2014			
	FC	LC	Total	FC	LC	Total	FC	LC	Total	FC	LC	Total	FC	LC	Total	FC	LC	Total	
Mobilization	100%	100%	0%	0%	0%	0%	63%	63%	63%	37%	37%	37%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Relocation of Public Utilities	100%	100%	0%	0%	0%	63%	63%	63%	38%	38%	38%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Substructure	100%	100%	0%	0%	0%	11%	11%	11%	67%	67%	67%	22%	22%	22%	0%	0%	0%	0%	0%
Superstructure	100%	100%	0%	0%	0%	11%	11%	11%	67%	67%	67%	22%	22%	22%	0%	0%	0%	0%	0%
Station Building	100%	100%	0%	0%	0%	8%	8%	8%	48%	48%	48%	44%	44%	44%	0%	0%	0%	0%	0%
Station with Tunnel section	100%	100%	0%	0%	0%	8%	8%	8%	50%	50%	50%	42%	42%	42%	0%	0%	0%	0%	0%
Switch	100%	100%	0%	0%	0%	8%	8%	8%	48%	48%	48%	44%	44%	44%	0%	0%	0%	0%	0%
Depot	100%	100%	0%	0%	0%	10%	10%	10%	40%	40%	40%	50%	50%	50%	0%	0%	0%	0%	0%
Rolling stock	100%	100%	0%	0%	0%	10%	10%	10%	30%	30%	30%	30%	30%	30%	30%	30%	30%	30%	30%
Power Supply system	100%	100%	0%	0%	0%	8%	8%	8%	46%	46%	46%	46%	46%	46%	0%	0%	0%	0%	0%
Signalling and Telecommunication system	100%	100%	0%	0%	0%	8%	8%	8%	46%	46%	46%	46%	46%	46%	0%	0%	0%	0%	0%
Automatic Fare Collection system	100%	100%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	92%	92%	92%	8%	8%	8%	8%	8%
Environmental Mitigation and Compensation	100%	100%	0%	0%	0%	11%	11%	11%	67%	67%	67%	22%	22%	22%	0%	0%	0%	0%	0%
Land Acquisition																			
Consultant	100%	100%	0%	0%	0%	8%	7%	8%	8%	45%	45%	0%	31%	31%	0%	16%	14%	14%	0%

出典：JICA 調査団

表 6-8 第一期 地域開発ルート案 事業費

Item	Total			2010			2011			2012			2013			2014			2015		
	FC million JPY	LC million BRL	Total million JPY	FC million JPY	LC million BRL	Total million JPY	FC million JPY	LC million BRL	Total million JPY	FC million JPY	LC million BRL	Total million JPY	FC million JPY	LC million BRL	Total million JPY	FC million JPY	LC million BRL	Total million JPY	FC million JPY	LC million BRL	Total million JPY
A. ELIGIBLE PORTION	22,587	2,588	155,040	0	0	0	1,678	272	15,612	8,264	1,104	64,758	8,476	912	55,136	4,169	300	19,534	0	0	0
J) Procurement / Construction	0	62	3,161	0	0	0	0	39	1,976	0	23	1,185	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Mobilization	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Relocation of Public Utilities	0	33	1,683	0	0	0	0	21	1,052	0	12	631	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Substructure	0	168	8,595	0	0	0	0	19	955	0	112	5,730	0	37	1,910	0	0	0	0	0	0
Superstructure	0	322	16,470	0	0	0	0	32	1,647	0	193	9,882	0	97	4,941	0	0	0	0	0	0
New Road Construction	0	17	856	0	0	0	0	2	110	0	6	331	0	6	331	0	2	83	0	0	0
Station Building	0	360	18,444	0	0	0	0	29	1,475	0	173	8,853	0	159	8,115	0	0	0	0	0	0
Station with Tunnel section	0	229	11,733	0	0	0	0	16	809	0	95	4,855	0	95	4,855	0	24	1,214	0	0	0
Switch	855	47	3,282	0	0	0	68	4	263	410	23	1,575	376	21	1,444	0	0	0	0	0	0
Depot	1,145	135	8,078	0	0	0	115	14	808	458	54	3,231	573	68	4,039	0	0	0	0	0	0
Rolling stock	5,257	577	34,793	0	0	0	526	58	3,479	1,577	173	10,438	1,577	173	10,438	1,577	173	10,438	0	0	0
Power Supply system	9,054	172	17,845	0	0	0	584	11	1,151	3,505	67	6,908	3,505	67	6,908	1,460	28	2,878	0	0	0
Signalling and Telecommunication system	4,364	80	8,451	0	0	0	282	5	545	1,689	31	3,271	1,689	31	3,271	704	13	1,363	0	0	0
Automatic Fare Collection system	0	9	435	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Environmental Mitigation and Compensation	0	1	30	0	0	0	0	0	0	0	0	18	0	0	9	0	0	0	0	0	0
Base cost for JICA financing	20,675	2,212	133,855	0	0	0	1,574	248	14,274	7,639	963	56,909	7,720	761	46,660	3,741	240	16,012	0	0	0
Price escalation	837	253	13,802	0	0	0	24	11	595	231	89	4,765	353	107	5,850	230	46	2,592	0	0	0
Physical contingency	1,076	123	7,383	0	0	0	80	13	743	394	53	3,084	404	43	2,626	199	14	930	0	0	0
II) Consulting services	4,462	105	9,816	0	0	0	399	6	698	1,867	42	4,015	1,207	34	2,961	918	21	1,973	71	2	169
Base cost	4,086	88	8,614	0	0	0	374	5	647	1,726	37	3,599	1,099	29	2,563	823	16	1,666	63	1	138
Price escalation	163	11	795	0	0	0	6	0	18	52	3	225	50	4	257	51	3	213	5	0	23
Physical contingency	212	5	467	0	0	0	19	0	33	89	2	191	57	2	141	44	1	94	3	0	8
Total (I + II)	27,049	2,693	164,856	0	0	0	2,077	278	16,310	10,131	1,146	68,773	9,683	946	58,097	5,067	321	21,507	71	2	169
B. NON ELIGIBLE PORTION	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
a Procurement / Construction	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Base cost for JICA financing	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Price escalation	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Physical contingency	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
b Land Acquisition	0	164	8,415	0	42	2,172	0	122	6,242	0	40	2,063	0	34	1,743	0	13	645	0	0	5
Base cost	0	152	7,758	0	40	2,069	0	111	5,689	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Price escalation	0	5	256	0	0	0	0	0	256	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Physical contingency	0	8	401	0	2	103	0	6	297	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
c Administration cost	0	555	28,398	0	0	0	0	56	2,845	0	232	11,857	0	197	10,072	0	71	3,615	0	0	8
VAT	0	545	27,907	0	0	0	0	55	2,810	0	228	11,656	0	194	9,924	0	69	3,516	0	0	0
VAT 18% for Procurement /Construction	0	10	491	0	0	0	0	1	35	0	4	201	0	3	148	0	2	99	0	0	0
VAT 5% for Consulting Service	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Import Tax	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Total (a+b+c+d+e)	0	821	42,011	0	44	2,237	0	191	9,764	0	272	13,920	0	231	11,815	0	83	4,260	0	0	14
TOTAL (A+B)	27,049	3,514	206,867	0	44	2,237	2,077	469	26,074	10,131	1,418	82,693	9,683	1,177	69,912	5,087	404	25,767	71	2	183
C. Interest during Construction	9,423	0	9,423	0	0	0	265	0	265	1,371	0	1,371	2,332	0	2,332	2,704	0	2,704	2,750	0	2,750
Interest during Construction(Const.)	9,420	0	9,420	0	0	0	265	0	265	1,371	0	1,371	2,331	0	2,331	2,703	0	2,703	2,749	0	2,749
Interest during Construction (Consul.)	3	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0	1	1	0	1
D. Commitment Charge	1,046	0	1,046	174	0	174	174	0	174	174	0	174	174	0	174	174	0	174	174	0	174
GRAND TOTAL (A+B+C+D)	37,517	3,514	217,336	174	44	2,412	2,516	469	26,514	11,676	1,418	84,239	12,190	1,177	72,418	7,965	404	28,646	2,995	2	3,107
E. JICA finance portion incl. IDC (A + C + D)	37,517	2,693	175,325	174	0	174	2,516	278	16,750	11,676	1,146	70,318	12,190	946	60,603	7,965	321	24,386	2,985	2	3,093

出典：JICA 調査団

表 6-9 第一期 地域開発ルート案 コスト年次配分

Item	Total			2010			2011			2012			2013			2014			2015			
	FC	LC	Total	FC	LC	Total	FC	LC	Total	FC	LC	Total	FC	LC	Total	FC	LC	Total	FC	LC	Total	
		100%	100%	0%	0%	0%	0%	63%	63%	38%	38%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Mobilization	100%	100%	0%	0%	0%	63%	63%	38%	38%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Relocation of Public Utilities	100%	100%	0%	0%	0%	11%	11%	67%	67%	22%	22%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Substructure	100%	100%	0%	0%	0%	10%	10%	60%	60%	30%	30%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Superstructure	100%	100%	0%	0%	0%	13%	13%	39%	39%	39%	39%	10%	10%	10%	10%	10%	10%	10%	10%	10%	10%	10%
New Road Construction	100%	100%	0%	0%	0%	8%	8%	48%	48%	44%	44%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Station Building	100%	100%	0%	0%	0%	7%	7%	41%	41%	41%	41%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Station with Tunnel section	100%	100%	0%	0%	0%	8%	8%	48%	48%	44%	44%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Switch	100%	100%	0%	0%	0%	10%	10%	40%	40%	50%	50%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Depot	100%	100%	0%	0%	0%	10%	10%	30%	30%	30%	30%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Rolling stock	100%	100%	0%	0%	0%	6%	6%	39%	39%	39%	39%	16%	16%	16%	16%	16%	16%	16%	16%	16%	16%	16%
Power Supply system	100%	100%	0%	0%	0%	6%	6%	6%	6%	6%	6%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Signalising and Telecommunication system	100%	100%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Automatic Fare Collection system	100%	100%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Environmental Mitigation and Compensation	100%	100%	0%	0%	0%	10%	10%	60%	60%	30%	30%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Land Acquisition																						
Consultant	100%	100%	0%	0%	0%	27%	27%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%

出典：JICA 調査団

表 6-10 第二期 建設費

Item	Unit	Line-2B						Line-2D						Total Phase 2 (2B +2D) 1000 yen	
		Quantity	Unit Price		Cost		Total	Quantity	Unit Price		Cost		Total		
			FC 1000 yen	LC Rs	FC 1000 yen	LC Rs			FC 1000 yen	LC Rs	FC 1000 yen	LC Rs			
Mobilization															
Mobilization	LS	1		35,963,752	-	35,963,752	1,840,301	1		34,810,789	-	34,810,789	1,781,303	3,621,604	
Relocation of Public Utilities															
Relocation of Public Utilities	LS	1		20,230,807		20,230,807	1,035,231	1		18,644,149		18,644,149	954,040	1,989,270	
Substructure work															
Substructure	nos	361		340,000		122,740,000	6,280,729	364		270,000		98,280,000	5,029,086	11,309,814	
Superstructure work															
PC Girder	nos	666		200,000		133,200,000	6,815,977	636		200,000		127,200,000	6,508,951	13,324,928	
Steel Girder	Ton	5,930		12,000		71,160,000	3,641,328	9,665		12,000		115,980,000	5,934,813	9,576,141	
Switch Bridge	LS	1				6,900,000	353,080	1				5,962,500	305,107	658,187	
Total						211,260,000	10,810,385					249,142,500	12,748,871	23,559,256	
Switch work															
Switch work	LS	1				9,680,000	495,335	1				26,440,000	1,352,961	1,848,297	
Station Building work															
Type A Station (Standard station)	station	12		24,872,240		298,466,880	15,272,849	10		24,872,240		248,722,400	12,727,374	28,000,223	
Type B Station (Terminal station)	station							1		25,326,740		25,326,740	1,295,995	1,295,995	
Type C Station (Socorro station 2A-11)	station														
Type D Station (Faria Lima station 2B-14)	station	1		41,893,350		41,893,350	2,143,725							2,143,725	
Type E Station (Sumare station 2C-5)	station														
Type F Station (Jardim Angela station with Tunnel)	station														
Type G Station (Underground stations with Tunnel)	station														
Total		13				340,360,230	17,416,573	11				274,049,140	14,023,369	31,439,942	
Depot Construction															
Depot Line 2A (Near JARDIM ANGELA & Additional tracks)						1,430,000	73,175	1		5,070,000		5,070,000	259,437	332,612	
Civil works	LS	1		23,254,000		23,254,000	1,189,930	1		24,470,000		24,470,000	1,252,154	2,442,085	
Track works	LS	1						1		26,560,000		26,560,000	1,359,102	1,359,102	
Buildings and workshops	LS	1				24,684,000	1,263,105					56,100,000	2,870,693	4,133,798	
Total															
Depot Facilities procurement															
Depot Facilities	LS	1	150,000	6,800,000	150,000	6,800,000	497,963	1	605,000	1,920,000	605,000	1,920,000	703,248	1,201,211	
Rolling stock procurement															
Rolling stock (Import)	nos														
Rolling stock (Domestic 1st lot)	nos														
Rolling stock (Domestic 2nd lot)	nos	262		3,260,000		854,120,000	43,706,175							43,706,175	
Spare parts	LS	1				42,706,000	2,185,309							2,185,309	
Total						896,826,000	45,891,483							45,891,483	
Electric Power Supply system															
Primary Substation (1000MVA & 30MVA)	LS	1	452,000	4,102,000	452,000	4,102,000	661,903	1		345,600		345,600	17,685	679,588	
Transmission Line (34 kV, 2 Circuit)	LS	1		24,482,212		24,482,212	1,252,779	1		24,367,097		24,367,097	1,246,889	2,499,668	
Power Supply Substation (15 SS)	LS	1	3,168,150	48,463,169	3,168,150	48,463,169	5,648,059	1	2,104,425	32,889,847	2,104,425	32,889,847	3,787,431	9,435,490	
Contact Line (1.500V) Main line	LS	1	1,831,116	22,376,629	1,831,116	22,376,629	2,976,151	1	1,887,508	23,065,748	1,887,508	23,065,748	3,067,805	6,043,956	
Contact Line (1.500V) Depot	LS	1	782,892	7,558,760	782,892	7,558,760	1,169,681	1						1,169,681	
Distribution Line (13.8kV, 2 Circuit)	LS	1		5,149,478		5,149,478	263,504	1		4,097,766		4,097,766	209,687	473,191	
Power Facilities Station	LS	1		5,834,170		5,834,170	298,540	1,000		5,729,770		5,729,770	293,198	591,738	
Power Facilities Depot	LS							1,000							
Power Facilities OCC	LS							1,000							
Total						6,234,158	117,966,328	12,270,613				3,991,933	90,495,828	8,622,695	20,893,313
Signalling & Telecomm. system															
Main Line Signalling system	LS	1	895,888	7,344,077	895,888	7,344,077	1,271,692	1	1,114,540	9,389,684	1,114,540	9,389,684	1,595,020	2,866,711	
Depot Signalling system	LS	1						1	148,910	652,870	148,910	652,870	182,318	182,318	
ATS system	LS	1	445,000	1,205,540	445,000	1,205,540	506,889	1	445,000	1,187,140	445,000	1,187,140	505,747	1,012,436	
Onboard Signalling system	LS	1	1,662,800		1,662,800		1,662,800	1	1,735,400		1,735,400		1,735,400	3,398,200	
Commissioning and O & M Manual	LS	1	180,000	525,000	180,000	525,000	206,865	1	207,000	698,000	207,000	698,000	242,717	449,582	
Spare parts for Signalling system	LS	1	297,000	848,000	297,000	848,000	340,393	1	342,000	1,125,000	342,000	1,125,000	399,567	739,960	
Telecommunication system	LS	1		42,103,582		42,103,582	2,154,482	1		50,649,175		50,649,175	2,591,769	4,746,251	
Commissioning and O & M Manual	1			2,610,000		2,610,000	133,556	1		3,136,000		3,136,000	160,472	294,029	
Spare parts of Telecommunication system	1			4,211,000		4,211,000	215,481	1		5,059,000		5,059,000	258,874	474,355	
Total						3,480,688	58,847,199	6,491,958				3,992,850	71,896,869	7,671,885	14,163,843
AFC system															
AFC system	station	13		500,000		6,500,000	332,612	11		500,000		5,500,000	281,441	614,052	
Environmental Mitigation and Compensation															
Removal works of roadside trees	LS	1		2,873,089		2,873,089	147,019	1		3,699,912		3,699,912	189,328	336,347	
Total						9,864,846	1,854,731,495	104,773,312				8,589,783	930,979,188	56,228,919	161,002,231

出典：JICA 調査団

表 6-11 第二期 事業費

Item	2012			2013			2014			2015			2016					
	FC million JPY	LC million BRL	Total million JPY	FC million JPY	LC million BRL	Total million JPY	FC million JPY	LC million BRL	Total million JPY	FC million JPY	LC million BRL	Total million JPY	FC million JPY	LC million BRL	Total million JPY			
A. ELIGIBLE PORTION																		
I) Procurement / Construction	20,588	3,484	198,848	0	0	0	5,090	996	56,032	8,857	1,552	88,296	6,640	936	54,520	0	0	0
Mobilization	0	71	3,622	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Relocation of Public Utilities	0	39	1,989	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Substructure	0	221	11,310	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Superstructure	0	460	23,559	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Station Building	0	614	31,440	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Switch	0	36	1,848	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Depot	755	90	5,335	0	0	0	211	25	1,494	362	43	2,561	181	21	1,280	0	0	0
Rolling stock	0	897	45,891	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Power Supply system	10,226	208	20,893	0	0	0	2,557	52	5,223	4,383	89	8,954	3,287	67	6,716	0	0	0
Signalling and Telecommunication	7,474	131	14,164	0	0	0	1,868	33	3,541	3,203	56	6,070	2,402	42	4,553	0	0	0
Automatic Fare Collection system	0	12	614	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Environmental Mitigation and Compensation	0	7	336	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Base cost for JICA financing	18,455	2,786	161,002	0	0	0	4,636	831	47,151	7,948	1,240	71,390	5,870	715	42,462	0	0	0
Price escalation	1,153	532	28,377	0	0	0	212	117	6,213	488	239	12,701	454	176	9,462	0	0	0
Physical contingency	980	166	9,469	0	0	0	242	47	2,668	422	74	4,205	316	45	2,596	0	0	0
II) Consulting services	4,346	99	9,423	0	0	0	1,221	22	2,364	1,628	41	3,719	1,100	28	2,517	397	8	824
Base cost	3,892	79	7,910	0	0	0	1,112	19	2,066	1,461	33	3,131	972	21	2,055	346	6	658
Price escalation	248	16	1,065	0	0	0	51	3	185	90	6	411	75	5	342	32	2	127
Physical contingency	207	5	449	0	0	0	58	1	113	78	2	177	52	1	120	19	0	39
Total (I + II)	24,935	3,583	208,271	0	0	0	6,312	1,018	58,396	10,486	1,593	92,014	7,740	963	57,037	397	8	824
B. NON ELIGIBLE PORTION																		
a Procurement / Construction	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Base cost for JICA financing	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Price escalation	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Physical contingency	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
b Land Acquisition	0	62	3,179	0	23	1,159	0	39	2,019	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Base cost	0	53	2,696	0	20	1,011	0	33	1,685	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Price escalation	0	6	331	0	2	93	0	5	238	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Physical contingency	0	3	151	0	1	55	0	2	96	0	0	0	0	0	0	0	0	0
c Administration cost	0	124	6,343	0	1	35	0	35	1,812	0	54	2,760	0	33	1,711	0	0	25
VAT	0	709	36,264	0	0	0	0	199	10,204	0	314	16,079	0	194	9,939	0	1	41
VAT 18% for Procurement /Construction																		
VAT 5% for Consulting Service																		
e Import Tax	0	9	471	0	0	0	0	2	118	0	4	186	0	2	126	0	1	41
Total (a+b+c+d+e)	0	895	45,786	0	23	1,194	0	274	14,036	0	368	18,840	0	228	11,651	0	1	66
TOTAL (A+B)	24,935	4,478	254,057	0	23	1,194	6,312	1,292	72,432	10,486	1,961	110,854	7,740	1,191	68,687	397	10	890
C. Interest during Construction	10,361	0	10,361	0	0	0	953	0	953	2,470	0	2,470	3,439	0	3,439	0	0	3,498
Interest during Construction(Const.)	10,368	0	10,368	0	0	0	953	0	953	2,470	0	2,470	3,439	0	3,439	0	0	3,497
Interest during Construction (Const.)	3	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
D. Commitment Charge	1,093	0	1,093	219	0	219	219	0	219	219	0	219	219	0	219	219	0	219
GRAND TOTAL (A+B+C+D)	36,388	4,478	265,511	219	23	1,413	7,483	1,292	73,603	13,175	1,961	113,543	11,398	1,191	72,345	4,114	10	4,607
E. JICA finance portion incl. IDC (A + C + D)	36,388	3,583	219,725	219	0	219	7,483	1,018	59,567	13,175	1,593	94,703	11,398	963	60,695	4,114	8	4,541

出典：JICA 調査団

表 6-12 第二期 コスト年次配分

Item	Total			2012			2013			2014			2015			2016			
	FC	LC	Total	FC	LC	Total	FC	LC	Total	FC	LC	Total	FC	LC	Total	FC	LC	Total	
Mobilization	100%	100%	0%	0%	0%	0%	100%	100%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Relocation of Public Utilities	100%	100%	0%	0%	0%	100%	100%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Substructure	100%	100%	0%	0%	0%	35%	35%	0%	60%	60%	5%	5%	5%	5%	5%	0%	0%	0%	0%
Superstructure	100%	100%	0%	0%	0%	32%	32%	0%	55%	55%	14%	14%	14%	14%	14%	0%	0%	0%	0%
Station Building	100%	100%	0%	0%	0%	28%	28%	0%	48%	48%	24%	24%	24%	24%	24%	0%	0%	0%	0%
Switch	100%	100%	0%	0%	0%	30%	30%	0%	50%	50%	20%	20%	20%	20%	20%	0%	0%	0%	0%
Depot	100%	100%	0%	0%	0%	28%	28%	0%	48%	48%	24%	24%	24%	24%	24%	0%	0%	0%	0%
Rolling stock	100%	100%	0%	0%	0%	23%	23%	0%	39%	39%	39%	39%	39%	39%	39%	0%	0%	0%	0%
Power Supply system	100%	100%	0%	0%	0%	25%	25%	0%	43%	43%	43%	43%	43%	43%	43%	0%	0%	0%	0%
Signalling and Telecommunication	100%	100%	0%	0%	0%	25%	25%	0%	43%	43%	43%	43%	43%	43%	43%	0%	0%	0%	0%
Automatic Fare Collection system	100%	100%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	33%	33%	67%	67%	67%	67%	67%	0%	0%	0%	0%
Environmental Mitigation and Compensation	100%	100%	0%	0%	0%	32%	32%	0%	55%	55%	14%	14%	14%	14%	14%	0%	0%	0%	0%
Land Acquisition																			
Consultant	100%	100%	0%	0%	0%	27%	24%	0%	39%	41%	0%	0%	26%	27%	0%	9%	8%	0%	0%

出典：JICA 調査団

表 6-13 第三期 建設費

Item	Unit	Line-2C				Total Phase 3 (Line-2C) 1000 yen		
		Quantity	Unit Price		Cost			
			FC 1000 yen	LC Rs	FC 1000 yen		LC Rs	
Mobilization								
Mobilization	LS	1		21,958,486	-	21,958,486	1,123,638	
Relocation of Public Utilities								
Relocation of Public Utilities	LS	1		12,791,351		12,791,351	654,546	
Substructure work								
Substructure	nos	237		340,000		80,580,000	4,123,359	
Superstructure work								
PC Girder	nos	416		200,000		83,200,000	4,257,427	
Steel Girder	Ton	5,535		12,000		66,420,000	3,398,778	
Switch Bridge	LS	1				2,400,000	122,810	
Total						152,020,000	7,779,015	
Switch work								
Total						-	8,140,000	416,532
Station Building work								
Type A Station (Standard station)	station	6		24,872,240		149,233,440	7,636,424	
Type B Station (Terminal station)	station	1		25,326,740		25,326,740	1,295,995	
Type C Station (Socorro station 2A-11)	station						-	
Type D Station (Faria Lima station 2B-14)	station						-	
Type E Station (Sumare station 2C-5)	station	1		19,218,190		19,218,190	983,414	
Type F Station (Jardim Angela station with Tunnel)	station						-	
Type G Station (Underground stations with Tunnel)	station						-	
Total		8				193,778,370	9,915,833	
Depot Construction								
Civil works	LS						-	
Track works	LS						-	
Buildings and workshops	LS						-	
Total							-	
Depot Facilities procurement								
Depot Facilities	LS						-	
Rolling stock procurement								
Rolling stock (Import)	nos						-	
Rolling stock (Domestic 1st lot)	nos						-	
Rolling stock (Domestic 2nd lot)	nos	38		3,260,000		123,880,000	6,339,063	
Spare parts	LS	1				6,194,000	316,953	
Total						-	130,074,000	6,656,017
Electric Power Supply system								
Primary Substation (1000MVA & 30MVA)	LS	1	100,000	626,400	100,000	626,400	132,054	
Transmission Line (34 kV, 2 Circuit)	LS	1		15,349,774		15,349,774	785,463	
Power Supply Substation (15 SS)	LS	1	1,229,025	22,090,932	1,229,025	22,090,932	2,359,440	
Contact Line (1,500V) Main line	LS	1	1,186,641	14,501,001	1,186,641	14,501,001	1,928,672	
Contact Line (1,500V) Depot	LS	-					-	
Distribution Line (13.8kV, 2 Circuit)	LS	1		2,909,083		2,909,083	148,861	
Power Facilities Station	LS	1		3,348,340		3,348,340	171,338	
Power Facilities Depot	LS						-	
Power Facilities OCC	LS						-	
Total					2,515,666	58,825,530	5,525,827	
Signalling & Telecomm. system								
Main Line Signalling system	LS	1	446,530	3,973,494	446,530	3,973,494	649,858	
Depot Signalling system	LS	1	-	-	-	-	-	
ATS system	LS	1	281,000	613,470	281,000	613,470	312,392	
Onboard Signalling system	LS	1	71,600	-	71,600	-	71,600	
Commissioning and O & M Manual	LS	1	48,000	282,000	48,000	282,000	62,430	
Spare parts for Signalling system	LS	1	81,000	455,000	81,000	455,000	104,283	
Telecommunication system	LS	1		19,582,905		19,582,905	1,002,077	
Commissioning and O & M Manual		1		1,223,000		1,223,000	62,582	
Spare parts of Telecommunication system		1		1,972,000		1,972,000	100,909	
Total					928,130	28,101,869	2,366,131	
AFC system								
AFC system	station	8		500,000		4,000,000	204,684	
Environmental Mitigation and Compensation								
Removal works of roadside trees	LS	1		2,877,331		2,877,331	147,236	
Total					3,443,796	693,146,937	38,912,818	

出典：JICA 調査団

表 6-14 第三期 事業費

Item	Total			2014			2015			2016			2017			2018		
	FC million JPY	LC million BRL	Total million JPY	FC million JPY	LC million BRL	Total million JPY	FC million JPY	LC million BRL	Total million JPY	FC million JPY	LC million BRL	Total million JPY	FC million JPY	LC million BRL	Total million JPY	FC million JPY	LC million BRL	Total million JPY
A. ELIGIBLE PORTION	3,948	938	51,964	0	0	0	1,289	353	19,332	1,773	436	24,097	885	149	8,535	0	0	0
I) Procurement / Construction	0	22	1,124	0	0	0	0	22	1,124	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Mobilization	0	13	655	0	0	0	0	13	655	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Relocation of Public Utilities	0	81	4,123	0	0	0	0	40	2,062	0	40	2,062	0	0	0	0	0	0
Substructure	0	152	7,779	0	0	0	0	65	3,334	0	87	4,445	0	0	0	0	0	0
Superstructure	0	194	9,916	0	0	0	0	70	3,570	0	93	4,760	0	31	1,587	0	0	0
Station Building	0	8	417	0	0	0	0	4	179	0	5	237	0	0	0	0	0	0
Switch	0	130	6,656	0	0	0	0	26	1,331	0	52	2,662	0	52	2,662	0	0	0
Rolling stock	2,516	59	5,526	0	0	0	830	19	1,824	1,132	26	2,487	553	13	1,216	0	0	0
Power supply system	928	28	2,366	0	0	0	309	9	789	413	12	1,052	206	6	526	0	0	0
Signalling and Telecommunication system	0	4	205	0	0	0	0	0	0	0	2	82	0	2	123	0	0	0
Automatic Fare Collection system	0	3	147	0	0	0	0	1	63	0	2	84	0	0	0	0	0	0
Environmental Mitigation and Compensation	3,444	693	38,913	0	0	0	1,140	269	14,929	1,545	319	17,871	760	105	6,113	0	0	0
Base cost for JICA financing	316	201	10,577	0	0	0	88	66	3,483	144	96	5,079	83	38	2,015	0	0	0
Price escalation	188	45	2,474	0	0	0	61	17	921	84	21	1,147	42	7	406	0	0	0
Physical contingency	3,456	75	7,305	0	0	0	1,164	21	2,242	1,175	29	2,647	956	22	2,074	161	4	342
II) Consulting services	3,009	55	5,813	0	0	0	1,029	16	1,853	1,023	21	2,100	821	15	1,603	136	2	257
Base cost	282	17	1,144	0	0	0	80	4	282	96	6	421	90	6	373	17	1	68
Price escalation	165	4	348	0	0	0	55	1	107	56	1	126	46	1	99	8	0	16
Physical contingency	7,403	1,014	59,269	0	0	0	2,453	374	21,574	2,948	465	26,744	1,842	171	10,609	161	4	342
Total (I + II)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
B. NON ELIGIBLE PORTION																		
a Procurement / Construction	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Base cost for JICA financing	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Price escalation	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Physical contingency	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
b Land Acquisition	2	114	0	0	0	0	0	2	104	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Base cost	2	87	0	0	0	0	7	2	80	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Price escalation	0	0	21	0	0	0	1	0	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Physical contingency	0	0	5	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0
c Administration cost	35	1,781	0	0	0	0	0	13	650	0	16	802	0	6	318	0	0	10
d VAT	191	9,763	0	0	0	0	0	70	3,592	0	87	4,470	0	32	1,640	0	1	17
VAT 18% for Procurement/Construction	183	9,354	0	0	0	0	0	68	3,480	0	85	4,337	0	30	1,536	0	0	0
VAT 5% for Consulting Service	7	365	0	0	0	0	0	2	112	0	3	132	0	2	104	0	0	17
e Import Tax	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total (a+b+c+d+e)	228	11,658	0	0	0	0	9	85	4,347	0	103	5,272	0	38	1,958	0	1	27
TOTAL (A+B)	7,403	1,241	70,928	0	0	0	9	2,453	25,921	2,948	568	32,016	1,842	210	12,568	161	5	414
C. Interest during Construction	2,893	0	2,893	0	0	0	329	0	329	744	0	744	902	0	902	918	0	918
Interest during Construction(Const.)	2,891	0	2,891	0	0	0	329	0	329	744	0	744	902	0	902	917	0	917
Interest during Construction (Consult.)	2	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0	1
D. Commitment Charge	311	0	311	62	0	62	62	0	62	62	0	62	62	0	62	62	0	62
GRAND TOTAL (A+B+C+D)	10,607	1,241	74,132	62	0	62	2,844	459	26,312	3,754	568	32,822	2,806	210	13,532	1,141	5	1,394
E. JICA finance portion incl. IDC (A + C + D)	10,607	1,014	62,473	62	0	62	2,844	374	21,965	3,754	465	27,550	2,806	171	11,574	1,141	4	1,322

出典：JICA 調査団

表 6-15 第三期 コスト年次配分

Item	Total			2014			2015			2016			2017			2018		
	FC	LC	Total	FC	LC	Total	FC	LC	Total	FC	LC	Total	FC	LC	Total	FC	LC	Total
Mobilization	100%	100%	0%	0%	0%	100%	100%	100%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Relocation of Public Utilities	100%	100%	0%	0%	0%	100%	100%	100%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Substructure	100%	100%	0%	0%	0%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%
Superstructure	100%	100%	0%	0%	0%	43%	43%	43%	57%	57%	57%	57%	57%	57%	57%	57%	57%	57%
Station Building	100%	100%	0%	0%	0%	36%	36%	36%	48%	48%	48%	48%	48%	48%	48%	48%	48%	48%
Switch	100%	100%	0%	0%	0%	43%	43%	43%	57%	57%	57%	57%	57%	57%	57%	57%	57%	57%
Rolling stock	100%	100%	0%	0%	0%	20%	20%	20%	40%	40%	40%	40%	40%	40%	40%	40%	40%	40%
Power Supply system	100%	100%	0%	0%	0%	33%	33%	33%	45%	45%	45%	45%	45%	45%	45%	45%	45%	45%
Signalling and Telecommunication system	100%	100%	0%	0%	0%	33%	33%	33%	44%	44%	44%	44%	44%	44%	44%	44%	44%	44%
Automatic Fare Collection system	100%	100%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	40%	40%	40%	40%	40%	40%	40%	40%	40%	40%
Environmental Mitigation and Compensation	100%	100%	0%	0%	0%	43%	43%	43%	57%	57%	57%	57%	57%	57%	57%	57%	57%	57%
Land Acquisition																		
Consultant	100%	100%	0%	0%	0%	33%	30%	30%	36%	38%	38%	36%	27%	28%	28%	4%	4%	4%

出典：JICA 調査団

表 6-16 第 3-2 期 2025 年増備分建設費

item	unit	Quantity	Phase 3-2 Year 2025~				Total 1000 yen
			Unit Price		Cost		
			FC 1000 yen	LC Rs	FC 1000 yen	LC Rs	
Rolling stock procurement							
Rolling stock (Import)	nos						
Rolling stock (Domestic 1st lot)	nos						
Rolling stock (Domestic 2nd lot)	nos	48		3,260,000		156,480,000	
Spare parts	LS	1		7,824,000	-	7,824,000	
Total					-	164,304,000	
Electric Power Supply system							
Primary Substation (1000MVA & 30MVA)	LS						
Transmission Line (34 kV, 2 Circuit)	LS						
Power Supply Substation (15 SS)	LS	1	1,003,275	7,287,728	1,003,275	7,287,728	
Contact Line (1,500V) Main line	LS						
Contact Line (1,500V) Depot	LS						
Distribution Line (13.8kV, 2 Circuit)	LS						
Power Facilities Station	LS						
Power Facilities Depot	LS						
Power Facilities OCC	LS						
Total					1,003,275	7,287,728	
Total					1,003,275	171,591,728	

出典：JICA 調査団

6.3.4 Line-2A のコスト比較

表 6-17 に、オリジナルルート案と地域開発ルート案の建設費の比較を示す。

表 6-17 Line-2A 建設費比較表

Item	Phase 1 Original route (MB)			Phase 1 Area Development route (AD)			Difference FC million JPY
	FC million JPY	LC million BRL	Total million JPY	FC million JPY	LC million BRL	Total million JPY	
A. ELIGIBLE PORTION							
I Procurement / Construction	22,160	2,330	141,411	22,587	2,588	155,040	13,628
Base cost	20,335	1,996	122,466	20,675	2,212	133,855	11,389
Price escalation	770	224	12,212	837	253	13,802	1,590
Physical contingency	1,055	111	6,734	1,076	123	7,383	649
II Consulting services	6,342	50	8,924	6,815	55	9,621	697
Base cost	5,815	43	8,011	6,239	46	8,612	601
Price escalation	224	5	488	252	6	551	62
Physical contingency	302	2	425	325	3	458	33
Total A=(I + II)	28,502	2,381	150,336	29,402	2,643	164,661	14,325
a Land Acquisition	0	96	4,895	0	164	8,415	3,520
Base cost	0	87	4,477	0	152	7,758	3,281
Price escalation	0	4	185	0	5	256	71
Physical contingency	0	5	233	0	8	401	168
b Administration cost	0	91	4,657	0	101	5,192	535
c VAT	0	506	25,900	0	555	28,388	2,488
VAT 18% for Procurement /Construction	0	497	25,454		545	27,907	2,453
VAT 5% for Consulting Service	0	9	446		9	481	35
d Import Tax	0	0	0	0	0	0	0
Total B=(a+b+c+d)	0	693	35,452	0	821	41,995	6,543
TOTAL (A+B)	28,502	3,074	185,788	29,402	3,464	206,656	20,868

出典：JICA 調査団

6.3.5 建設費の内訳

(1) 準備費(Mobilization)

土木工事費、駅工事費、車両基地工事費の合計の5%を準備費として考慮する。

(2) 支障物移設費

モノレール建設に支障する公共の既存施設（電気、ガス、上下水道等）の移設費用を計上する。この費用は土木工事費、駅工事費の合計の3%とし、移設に伴う簡易な道路修復工事、拡幅工事、信号機の移設、簡易な環境保護などの費用を含む。

(3) 橋梁下部工

橋梁下部工（橋脚）は、区間ごとに標準形状を検討し、それを基に各区間で工事費を個所当りで算定している。車両基地内の下部工は本線の下部工と異なり、単線で軌道高さも低いため、この項ではなく車両基地の項で算定している。

(4) 橋梁上部工

橋梁上部工は次の3種類に分類して、それぞれ建設費を計上する。

1) プレストレストコンクリート軌道桁

22m から 30m 程度の標準スパンに設置されるプレストレストコンクリートで作られた軌道桁で、本数当りで算定している。

2) 鋼製軌道桁

交差点、河川の横断など長スパンの横断が必要な個所に設置される鋼製軌道桁の費用は、その鋼材重量から算定している。

3) PC 連続床版橋

高架上の分岐部には、プレストレストコンクリート連続床版橋を設ける。この費用を考慮する。

(5) 新道路建設費

Line-2A の地域開発ルート案は、工事開始前に建設個所の住居の撤去が必要となる。さらに工事完成後には、モノレール路線に沿って新しい道路の建設を行う。このうち、住居撤去費と新しい道路の建設費を算定する。

(6) 分岐器

モノレール用の分岐器は特有の機器である。6.2 節に記述したとおり、試作品を国外の工場で作成し、試作品を参考にして、残りを国内の工場で組立て製作する。外貨と内貨に分けて、分岐器の費用を計上する。

(7) 駅舎工事とトンネル工事

駅舎工事費には、プラットホードア設備、エレベータ、エスカレータ等の昇降設備、電気照明設備、給排水設備等の施設工事を含める。ただし、旅客案内放送、時計、連絡設備等の通信信号設備は別途、信号通信工事費で算定する。

Line-2A の Jardim Angela 地下駅と、地域開発ルート案の2つの地下駅に隣接するトンネル区間のコストは、それぞれの駅舎のコストとともに Type F Station (Jardim Angela station with tunnel)と Type G station (Underground station with Tunnel)に計上する。

駅舎の建設費は、標準駅と、特殊な構造の駅とに分類して算定する。

表 6-18 駅の分類

タイプ	対象駅	摘要
A	標準駅	道路上空にコンコース階とプラットホーム階を建設し、道路両側の歩道から連絡橋でコンコース階に結ぶ一般的な構造
B	ターミナル駅	島式プラットホーム駅
C	Line-2A -11 (Socorro)	河川を横断する橋梁上に建設される駅で、横断橋も駅の建設費用の一部に含めコストを算定する
D	Line-2B-14 (Faria Lima)	Line-2B、2C、2D が接続し、4層の特殊な構造となる
E	Line-2C-5 (Sumare)	メトロの Sumare 駅高架下を通る特殊な構造となる
F	地下駅 Line-2A -1 (Jardim Angela)	新 Jardim Angela バスターミナルの地下に建設される駅で、道路の地下を横断するトンネル区間が併設される。トンネルの建設費と換気設備も含めて算定する
G	地下駅 Line-2A -2, Line-2A -4 (AD 案)	M'boi Mirim の地下を横断するトンネル区間に隣接した地下駅である。地下駅の建設費に、トンネル区間の建設費と換気設備も含めて算定する

出典：JICA 調査団

(8) 車両基地建設工事

車両基地および留置施設の建設費を、以下の4項目に分けて算定する。

1) 整地工事と付随工事

車両基地内は、車両基地全体の地形を平坦にする整地工事と、付随する擁壁工事、基地道路工事、排水工事などを実施する。それらの土木造成工事費を算定する。

2) 軌道、分岐器工事

車両基地への入出庫線と、基地内の軌道を建設する。車両基地内の軌道は地上に近い低い位置に設置するため、本線とは構造が異なる。このため、車両基地内の軌道工事の費用は、本線とは別にここで算定する。車両基地内の分岐器は分岐器の項で算定する。

3) 建物、施設

車両基地内に建設される事務所棟、検修工場等の建物の工事費を算定する。

4) 車両基地検修設備

モノレール車両とシステム設備の維持検修に使用する施設の費用を算定する。

(9) モノレール車両

車両価格は、プロトタイプの3編成(18両)は外貨で計上し、残りの国内生産分は内貨で計上する。国内生産価格は1次ロットと2次ロットに製作価格を分けて計上している。

(10) 変配電システム

変配電システムは、変電所、送電設備と配電システム設備費を計上する。

(11) 信号、通信システム

6.2 調達計画にて記述したとおり、資機材を内貨、外貨に分けて計上する。

(12) 改札システム

各駅の改札口に設置する改札システムの費用は、内貨で計上する。

(13) 環境対策費

建設工事期間中の環境影響対策費用とその補償費用を算定する。

6.3.6 コンサルタント費

コンサルタントの費用は、技術者の直接費と付随する間接費を計上する。

直接費は、プロジェクト期間中の各技術者の作業月数を計画し、各技術者の単価を用いて計上する。間接費は、航空運賃、宿泊設備費、事務所経費、車両費などを含んでいる。

コンサルタントの技術者の月当りの単価は以下のとおり。

	FC (JPY)	LC (BRL)
国際コンサルタント	2,690,000	0
国内コンサルタント	0	26,300
支援スタッフ	0	15,000

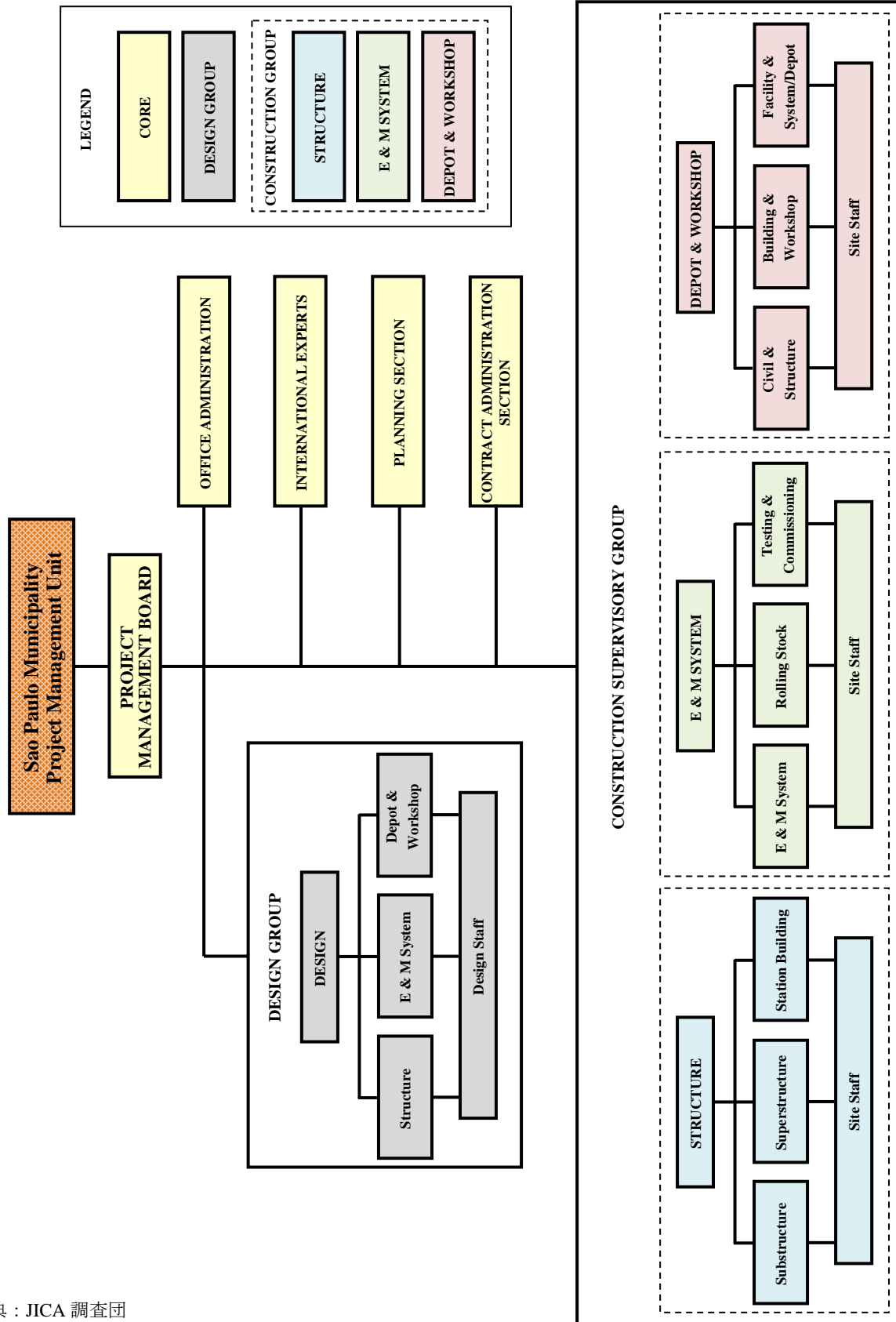
(1) コンサルタントの主な業務

- 1) 準備段階
 - a) 基本設計の作成
 - b) 施工計画、概略工程計画の作成
 - c) 建設費の積算
 - d) 入札、契約書類の作成
 - e) 入札手続き
 - f) 入札書の評価
 - g) 発注者への推薦

- 2) 建設段階
 - a) 請負者による詳細設計、仕様書の照査、承認
 - b) 請負者による施工計画書、工程計画書等の照査、承認
 - c) 工程管理
 - d) 品質管理
 - e) 安全管理
 - f) 工事の出来高の測定、確認
 - g) 現場条件の変更、または発注者の変更要請による工程と費用の変更の評価
 - h) 現場試験、機能試験、走行試験の実施あるいは確認
 - i) 工事進捗報告書の作成

(2) コンサルタントの作業体制と作業工程

コンサルタントの作業体制を図 6-8 に示す。また、各期の作業工程をそれぞれ表 6-19 から表 6-22 に示す。



出典：JICA 調査団

図 6-8 コンサルタント作業体制

6.4 実施工程

6.4.1 概要

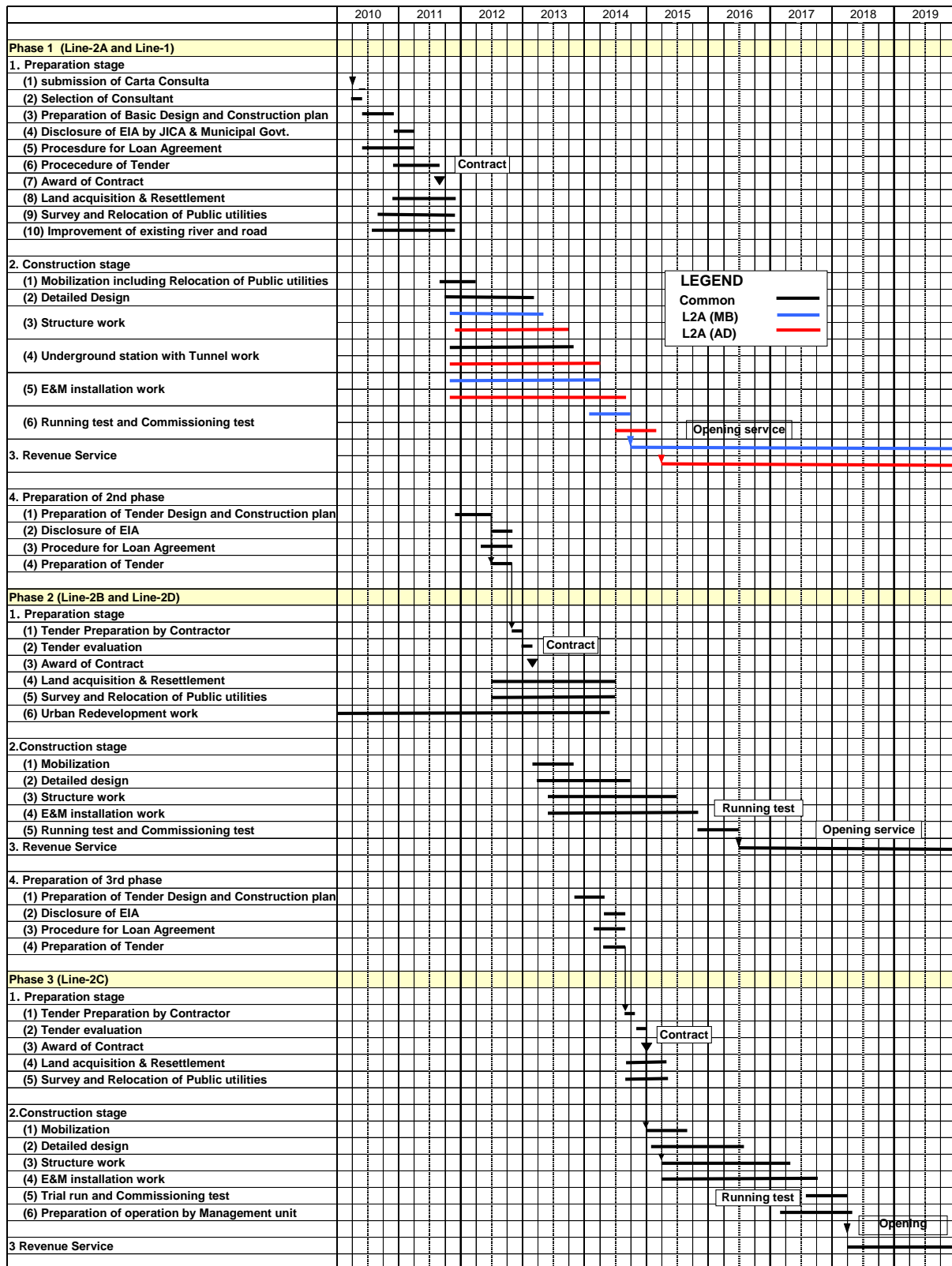
表 6-2 に示したとおり、本プロジェクトは、全体を 3 期に分けて建設する。このうち、第一期に含まれる Line-2A では、オリジナルルート案と地域開発ルート案の 2 つの代替案がある。2 つの代替案では、建設開始時期は同じとするが、建設内容の違いにより完成時期が異なる。

建設段階は、先行する段階の土木工事が概ね完了する時期に、次の段階の構造物工事に着手する工程となるよう計画する。また、将来の需要増に伴う車両および変電設備の増備を、第三期-2 として示す。

全体の実施工程を表 6-23 に示す。なお、表中、第一期の 2 つの代替案について、共通項目を黒線、オリジナルルート案を青線、地域開発ルート案を赤線で示す。

実施スケジュールは、(1)準備段階、(2)建設段階、(3)開業準備段階、(4)開業段階、(5)次期建設工事の準備段階に大別している。

表 6-23 全体工程

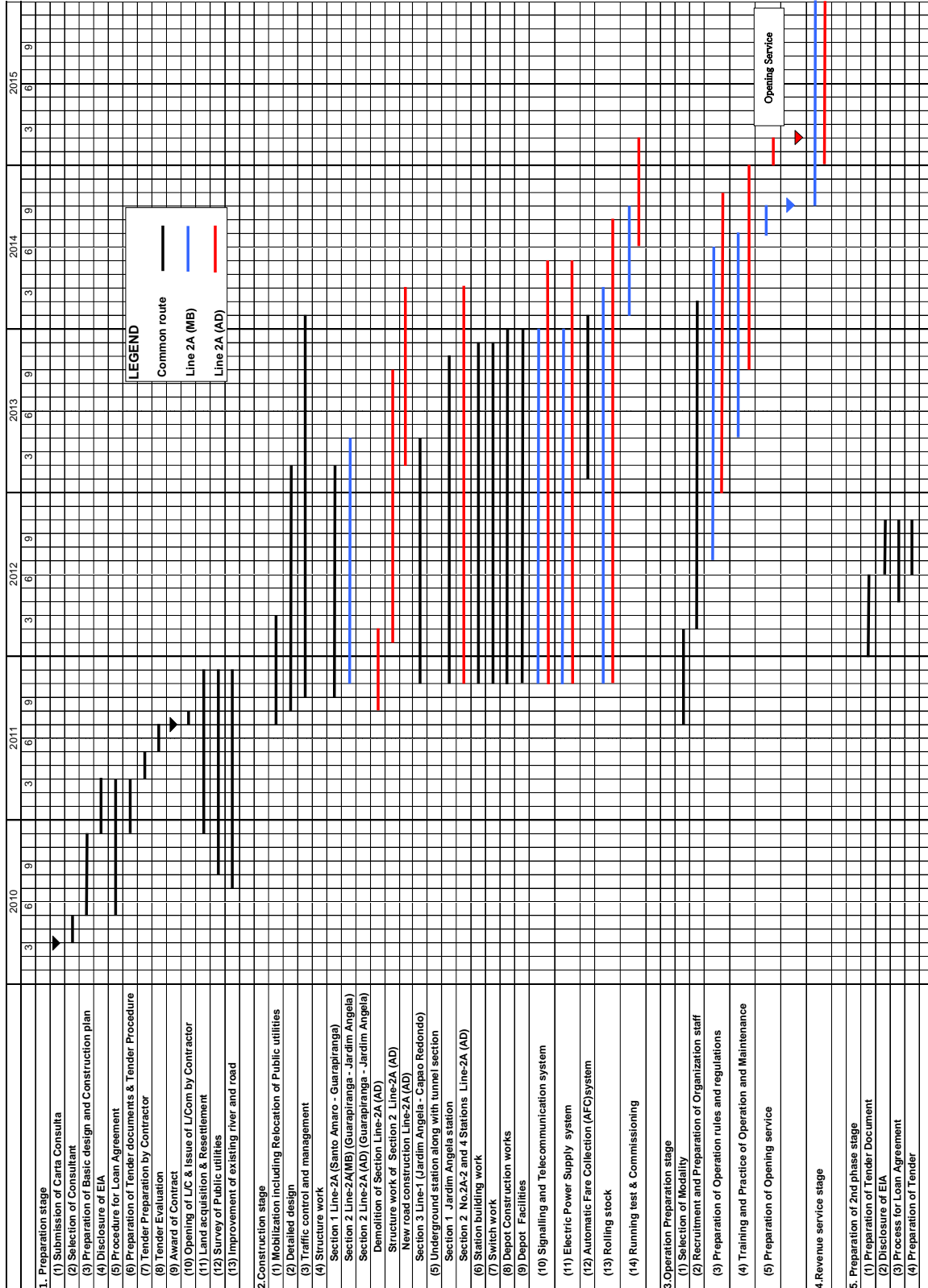


出典：JICA 調査団

6.4.2 第一期

第一期の実施工程を表 6-24 に示す。なお、表中、Line-2A の 2 つの代替案について、共通項目を黒線、オリジナルルート案を青線、地域開発ルート案を赤線で示す。

表 6-24 第一期 実施工程



出典：JICA 調査団

(1) 準備段階

準備段階は、プロジェクトの開始手続き、資金調達、請負業者と入札契約作業と、建設開始の準備作業期間で、サンパウロ市政府とコンサルタントが主体となる。

1) コンサルタント選定

サンパウロ市政府は、本事業の迅速な実現のため、直ちに基本設計を開始したい意向である、そのため、市政府の予算で基本設計を実施するコンサルタントを選定する意向である。

2) 入札と工事契約

国際入札により請負者が選定され、サンパウロ市政府と建設の契約を結ぶ。2011年8月と想定する。

3) 用地取得と住民移転

基本計画と EIA 調査を基に、建設に必要な用地取得と住民移転を実施する。

4) 既存河川と道路の改修

Line-1 と Line-2A には、モノレールの建設に先立ち、サンパウロ市により、軌道の導入スペースにある河川や道路の改修工事が実施される区間がある。これらの改修工事は、モノレール建設工事の開始までに完了される必要がある。

(2) 建設段階

建設段階は、モノレールの建設と、試運転、および引渡しの期間で、請負者が実施する。コンサルタントは、詳細設計の図書承認と工事監理を実施する。

オリジナルルート案の建設期間は、2011年8月から2014年9月までの38月間、地域開発ルート案の建設期間は、2011年8月から2015年3月までの43月間と想定される。

1) 構造物工事

工程短縮のため、工事区間を3分割し、各工区を並行して工事する計画とする。

表 6-25 第一期 工事区間

No.	工事区間	摘要
1	Line-2A、 Santo Amaro～Guarapiranga	先行区間
2	Line-2A、 Guarapiranga～Jardim Angela (オリジナルルート案)	M'Boi Mirim 道路空間上に導入。
	Line-2A、 Guarapiranga～Jardim Angela (地域開発ルート案)	住宅地域を通過。モノレール工事前に家屋の取り壊し(6ヶ月)、工事後に路線沿いの道路工事(6ヶ月)が生じる。
3	Line-1、 Jardim Angela～Capao Redondo	

出典：JICA 調査団

2) 地下駅とトンネル区間

Jardim Angela の No.2A-1 は、地下駅である。また、Line-2A の地域開発ルート案では、No.2A 駅と No.2A-3 駅が地下駅となる。軌道は、トンネルにより幹線道路 M'Boi Mirim の下を横断し、駅に接続する。

道路横断工事は、M' Boi Mirim の道路交通への影響を最小化するように配慮する。道路交通を支障する恐れのある作業は、夜間工事とする。騒音や振動対策を施した上での作業効率を考慮した工事期間を計画する。

No.2A-1 駅の用地では、建物の撤去や住民移転の必要が無い場合、早期の着工が可能と想定し、建設期間は契約後 27 ヶ月間とする。

地域開発ルート案の No.2A-2 駅と No.2A-4 駅は、住民移転と、既存建築物の撤去に長期間を要する。さらに、駅舎完成後の附帯道路の工事も考慮し、建設期間は 32 ヶ月間とする。

3) 車両基地建設工事

Line-2A 沿いの車両基地を建設する。車両基地全体の整地工事、軌道工事、運行管理棟や検修工場などの建築工事、およびそれぞれの付帯工事を行う。車両基地の検修設備、給電設備、信号通信工事、変電所など全てのシステム設備工事は、車両搬入までに完了させる。

4) 電力・信号・通信システム工事

電力・信号・通信システム設備工事は、構造物の工事の進捗にあわせ、順次着手する。オリジナルルート案のシステム工事は、No.2A-1 駅の完成後、2 ヶ月間後の完了とする。地域開発ルート案では、No.2A-2, No.2A-4 駅の完成後、2 ヶ月間後の完了とする。

5) 車両

車両は、運搬のために解体された状態で車両基地の検修工場に搬入される。検修工場では、車両の再組立てと点検、調整が実施される。Line-2A の 2 つの代替案では、システム工事の完了が異なるため、車両の搬入開始時期が異なる。搬入期間は搬入開始から 3 ヶ月間を想定する。

6) 試験走行、試運転

全ての構造物工事、システム工事の完了後、安全かつ正確に運行できることを確認するため、システム個別試験、システム総合試験、試運転、走行試験などあらゆるテストを実施する。これらの試験は車両の組立後となり、車両搬入の 1 ヶ月後に開始し、試験実施期間を 8 ヶ月間と想定する。

なお、サンパウロ市政府は、Line-2A の Guarapiranga～Santo Amaro 区間（約 4km）を 2012 年 12 月までに完成させる事を企図しており、JICA 報告書の実施工程とは別に、サンパウロ市の予算による建設の先行を検討している。

(3) 開業準備段階

この段階では、以下の作業を実施する。

- 要員確保と事業組織の編成
- 運行規則、就業規則、運転スケジュール、取扱いマニュアル等の作成
- 実施機関の職員の教育と訓練
- 営業開始運行の準備

(4) 開業段階

営業運行を実施する。

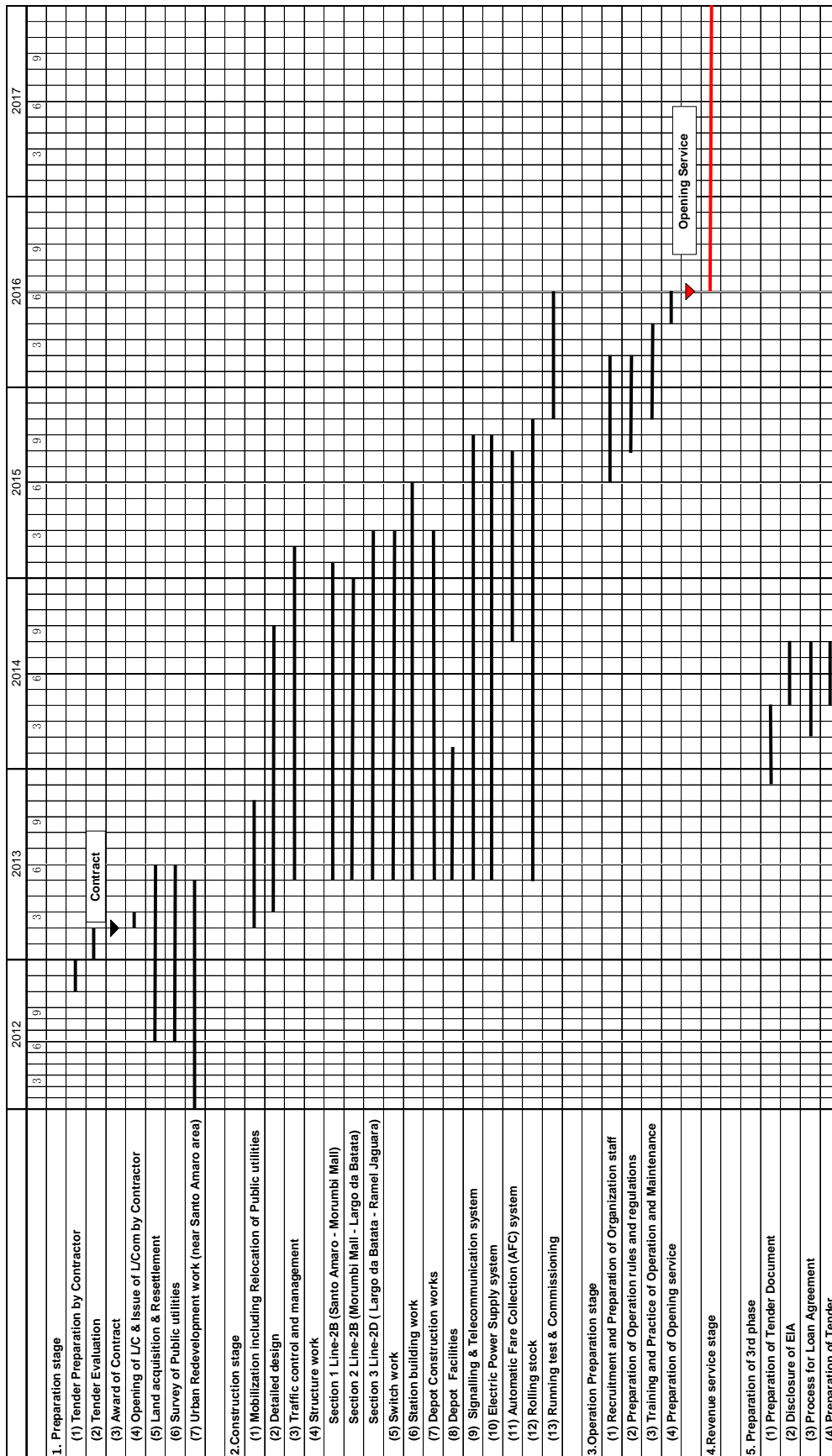
(5) 次期建設工事の準備段階

第二期の建設事業が速やかに開始できるよう、第一期の工事期間中に第二期の基本設計、入札準備等を実施する。

6.4.3 第二期

第二期の実施工程を表 6-26 に示す。

表 6-26 第二期 実施工程



出典：JICA 調査団

(1) 準備段階

基本設計と工事計画、資金調達、入札の準備作業は、第一期の建設期間中に終了する。第二期の準備段階では、請負業者との入札契約、用地取得と住民移転が主な作業である。

また、Line-2B の Santo Amaro の北側 2km の区間では、路線はサンパウロ市のマスタープランによる計画道路に導入される。モノレール建設工事に支障しないよう計画道路の建設事業との調整が必要である。

(2) 建設段階

建設期間は 2013 年 3 月から 2016 年 6 月までの 40 ヶ月間と想定する。

1) 構造物工事

工程短縮のため、工事区間を 3 分割し、各工区を並行して工事する計画とする。橋脚工事が完了した箇所から、順次、軌道桁の据付を行う。

表 6-27 第二期 工事区間

No.	工事区間	摘要
1	Line-2B、 Santo Amaro ~ Shopping Morumbi	サンパウロ市マスタープラン計画道路との調整が必要
2	Line-2B、 Shopping Morumbi ~ Largo da Batata	新興業務地区に路線を建設するため、十分な交通対策と環境対策を必要とする。
3	Line-2D、 Largo da Batata ~ Ramal Jauara	

出典：JICA 調査団

2) 車両基地建設工事

第二期では、第一期にて建設した車両基地に、留置線、検修線、および検修設備を増設する。また、Ramal Jauara と Jardim Angela の留置基地の建設を行う。

3) 車両

車両は、車両基地の検修工場に搬入して再組立、調整を行う。

4) 試験走行、試運転

第二期の全ての構造物工事、システム工事の完了後、安全かつ正確に運行できることを確認するため、システム総合試験などあらゆるテストを第二期の全線で実施する。

(3) 開業準備段階

事業実施機関は、第二期の開業のために以下の準備を行う。

- 補充要員の確保と組織の再編成
- 運行規則、就業規則、運転スケジュール、取扱いマニュアル等の改訂
- 補充職員の教育と訓練
- Line-2B と Line-2D の運行開始の準備

(4) 開業段階

営業運行を実施する。

(5) 次期建設工事の準備段階

第三期の建設事業が速やかに開始できるよう、第二期の工事期間中に第三期の基本設計、入札準備等を実施する。

6.4.4 第三期

第三期の実施工程を表 6-28 に示す。

(1) 準備段階

基本設計と工事計画、資金調達、入札の準備作業は、第二期の建設中に準備する。第三期での主な作業は、請負業者との入札契約と用地取得である。

(2) 建設段階

建設期間は、2015年1月から2018年3月までの39ヶ月間と想定する。第三期では、車両基地の工事は発生しない。

1) 構造物工事

橋脚工事が完了した箇所から、順次、軌道桁の据付を行う。Line-2C は、高級住宅地に路線が建設されるため、十分な交通対策と環境対策を必要とされる。

2) 車両

車両は、車両基地の検修工場に搬入して再組立、調整を行う。

3) 試験走行、試運転

第三期の全ての構造物工事、システム工事の完了後、安全かつ正確に運行できることを確認するため、システム総合試験などあらゆるテストを第三期の全線で実施する。

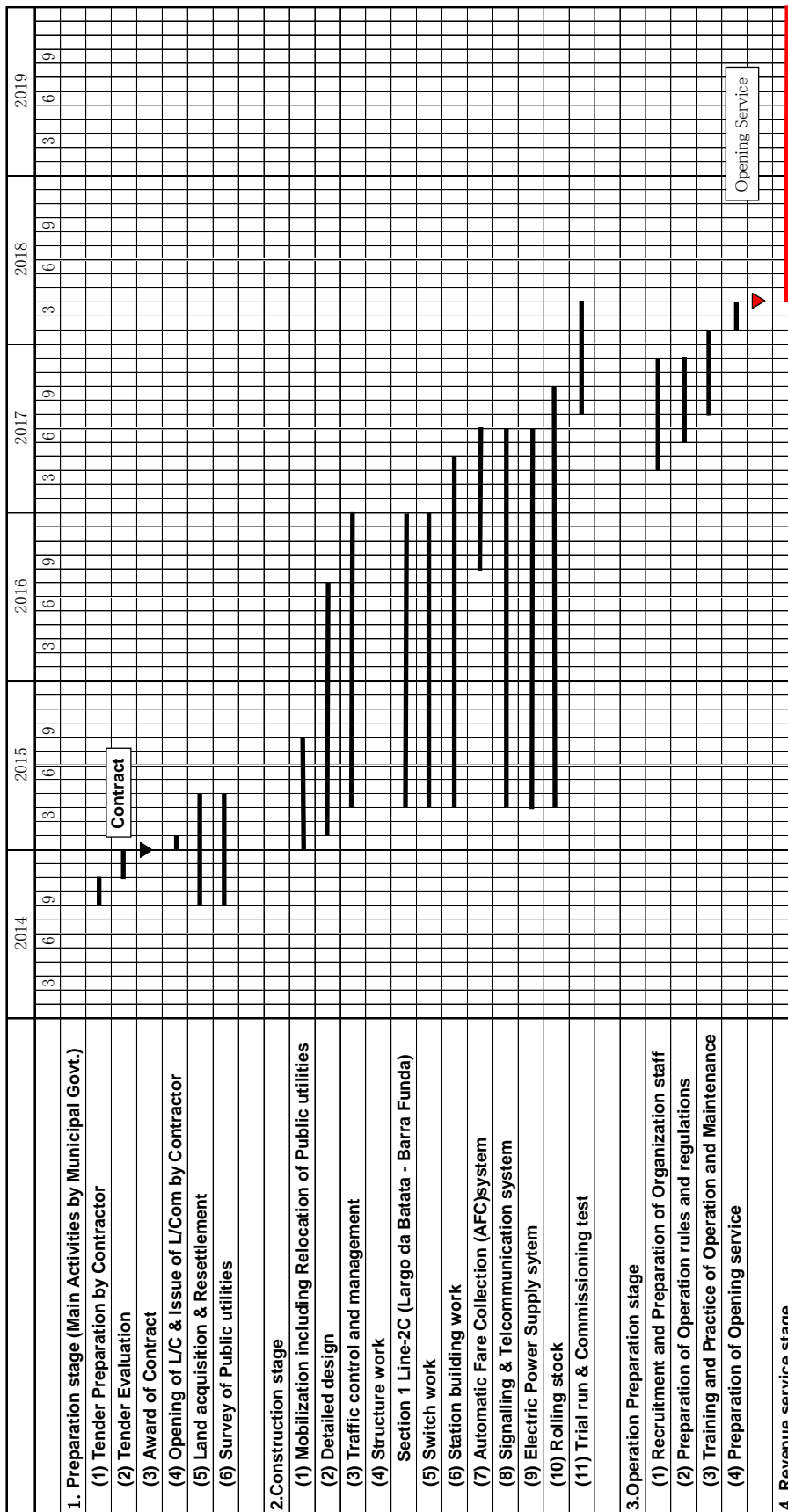
(3) 開業準備段階

事業実施機関は、第三期の要員補充と事業組織の再編成を行う。また、路線延伸に関する運行規則、就業規則、運転スケジュール、取扱いマニュアル等の改訂、補充要因の教育と訓練を行う。

(4) 開業段階

営業運行を実施する。

表 6-28 第三期 実施工程



出典：JICA 調査団

6.4.5 第 3-2 期-(追加投資)

モノレールの全線開業後、需要の増加に伴い、2025 年に変配電設備と車両の増設が必要となる。この段階ではコンサルタントは必要としない。JICA とサンパウロ市政府のローン契約と各サプライヤーとの入札、契約、調達が実施される。実施工程を表 6-29 に示す。

表 6-29 第 3-2 期 (追加投資)

	2014			2025			2026		
	3	6	9	3	6	9	3	6	9
1. Preparation stage (Main Activities by Municipal Govt.)									
(1) Procedure of Loan Agreement	■	■							
(2) Preparation of Tender Documents	■	■							
(3) Tender Preparation by Contractor		■	■						
(4) Tender Evaluation			■						
(5) Award of Contract			▼						
2. Construction stage									
(1) Additional Electric Power Supply system				■	■	■	■	■	■
(2) Procurements of Additional Rolling stock				■	■	■	■	■	■

出典：JICA 調査団

6.5 発注パッケージ

モノレール建設の発注にあたり、土木と電気・機械設備（車両を含む）を一括としたパッケージを提案する。本プロジェクトの最初の発注パッケージは、第一段階の土木設備および電気・機械設備が対象となる。

2009年現在、都市交通システムに相応しい輸送力および車両性能を持つモノレール車両は、主に日本、カナダ、マレーシアのメーカーにより製造されている。ただし、車両の大きさや軸重、軌道桁の寸法等は、メーカー毎に独自の仕様となっており、統一されていない。

さて、モノレールは、下表に示すサブシステムが、統合して機能される必要がある。

表 6-1 サブシステム

設備	サブシステム
電気・機械設備	車両、信号システム、通信システム、運行管理システム、設備管理システム、非常電源システム、受変電設備、電力・弱電線路設備、分岐器、プラットホームドア、駅務機器、車庫設備・試験機器
土木設備	軌道、分岐橋、基礎・支柱、駅舎建築、車庫建築、変電所建築
付帯業務	据付工事、スペアパーツ計画・管理、運用・保守トレーニング、保守

出典：JICA 調査団

土木設備の設計には、車両の軸重、車両限界および建築限界、車両長、軌道桁形状、ホーム高さ、車両のドア配置など、実際に導入される車両の仕様に基づくインプットが必要とされる。また、車両基地では、車両の仕様に加え、付帯業務である保守の計画に沿った車庫設備、車庫建築の設計が必要である。

このように、モノレールでは、設計段階から土木設備と電気・機械設備とのインターフェースを図る必要性が高い。車両の仕様はメーカー毎に異なるため、車両の仕様からのインプットを必要とする土木設備も、電気・機械設備と一括で発注されることが望ましい。一括発注により、施工段階において土木設備と電気機械設備との再調整が必要とされた場合にも、柔軟に対応することができる。

土木設備と電気・機械設備を一括発注としたパッケージによるモノレールプロジェクトの事例を以下に示す。

表 6-2 一括発注プロジェクト事例

プロジェクト	国名	路線長	開業年
Palm Jumeirah Monorail	U.A.E	5.4km	2009年4月開業
Mumbai Monorail	インド	19.6km	2010年(一期・予定) 2011年(二期・予定)
Tiradentes Monorail	ブラジル	23.8km	2010年(一期・予定) 2011年(二期・予定) 2012年(三期・予定)

出典：JICA 調査団

6.6 技術支援計画

サンパウロ市においてモノレールは全く新しい交通システムであるため、プロジェクトの成功のために技術支援は不可欠と言える。現時点においてどのような組織がこの新しい交通システムを運営するのか定まてはいないが、SPTrans 自身あるいは SPTrans を含む公共事業体が行うのか、コンセッションによる民間企業が行うことになるのか、或いは PPP スキームによるのかなどにより技術支援の形態は異なることになる。

モノレールの特徴及び特性を考慮すると民間企業ではなく、SPTrans 自身、SPTrans を含む公共事業体、或いは PPP による企業体が運営することが望ましいと言える。この種の公共交通システムの特性は都市鉄道の特性に近いものであり、非常に広範な管制・運転・保守点検作業が必要である。その範囲は運転指令、信号、通信、饋電、配電、軌道、分岐器、車両を構成する様々な部品群、車両基地及び整備工場内の機器類、等々に及び、中小規模の民間企業が運営することは不可能と言える。

例えばサンパウロメトロは4路線、総延長 62.3km、210 万人/日の乗客を運んでいるが、2007 年 12 月の時点で 7,417 人の職員を擁している。内訳は運転部門に 3,690 人、保守点検部門に 2,171 人、管理部門に 965 人、新規建設部門に 405 人、そして財務部門に 182 人となっている。

本モノレールプロジェクトでは3路線、総延長 45.6km、100 万人/日（2015 年）、125 万人/日（2045 年）の旅客輸送が見込まれている。路線数、延長規模、乗客数をサンパウロメトロと比較すれば凡そ 2,000 から 3,000 人の職員が必要となるものと思われる。これはモノレールなどの中規模都市交通システムの経験を持たない中小の民間企業が運営できるサイズとは言えないであろう。

現時点においてどのような組織がモノレールの運営を行うか決定されていないので、以下に公共事業体（PPP を含む）と民間企業体が運営を行うそれぞれの場合について技術支援を行う方法について検討した。どのような事業体がモノレールを運営するようになるろうとも、システムの完成後、試運転期間を経て直ちに営業運転を開始できるようにするためには、営業運転開始のおよそ 3 年前から事業体の組織形成を始める必要がある。

6.6.1 公共事業体への技術支援

(1) 事業運営組織

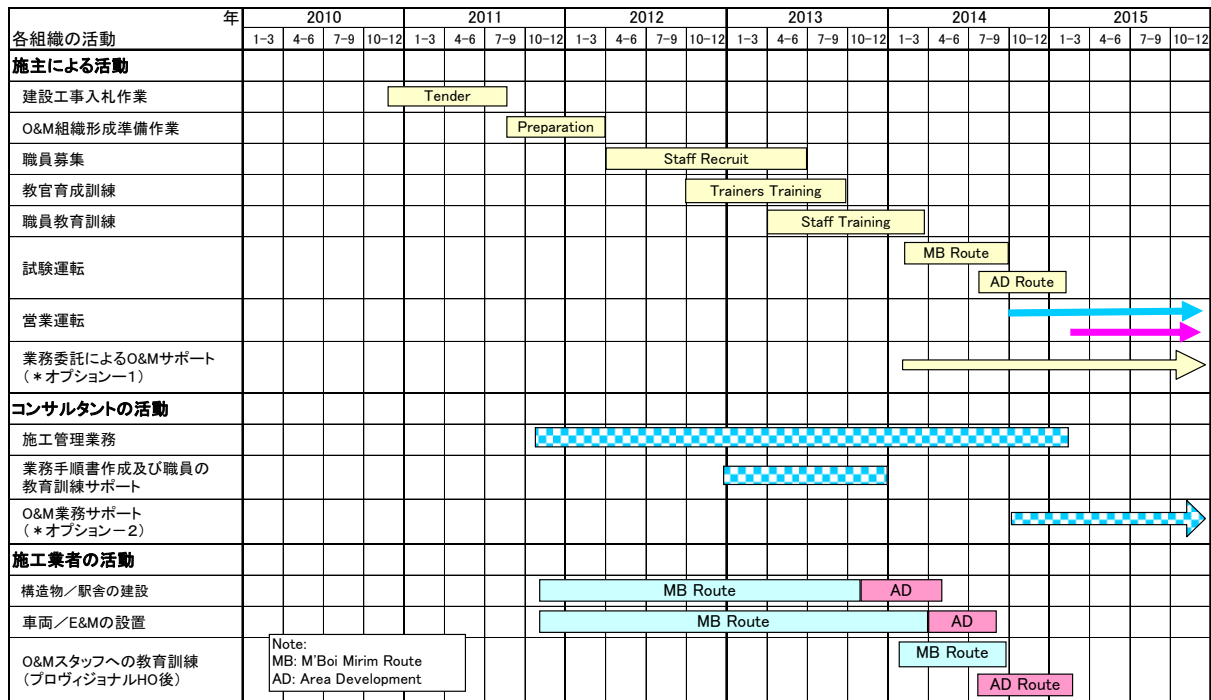
SPTrans 自体が、或いは SPTrans を含む新しく形成される公共事業体或いは PPP によりモノレールシステムを運営することになる場合、人員の募集や教育訓練は民間企業体がそれらを行う場合より容易であろう。それはこのシステムが営業運転を開始できるまでに長い準備期間と教育訓練期間を必要とするからである。

図 6-8 に示すように、モノレールの運営組織を形成するためには約 3 年程度要するため、組織の形成は建設工事開始とほぼ同時期に開始する必要がある。全線 45.6km のモノレールの運営には運転と保守点検部門だけでも 2,000 人程度の人員が必要となるため、その採用と教育訓練に多大の時間を要するのである。

(2) 建設期間中の技術支援

建設期間中の技術支援は施工管理を行うコンサルタントが行うことが望ましい。コンサルタントは、受注業者やシステムの供給業者とともに各システムの作業手順書を作成し、各システム運転の教官養成のサポートを行う。

公共企業体による運営の場合のスケジュールを図 6-9 に表示する。



出典：JICA 調査団

図 6-9 公共企業体の O&M 組織形成スケジュール

(3) 建設終了後の技術支援

新規に形成されたモノレール運転の経験のない組織がモノレールの営業運転を行う場合、営業運転開始後も暫らくの間は技術支援が必要である。

通常の場合、全構造物の建設及び全システム設置後 Provisional Handover までの 6 ヶ月程度の期間に試験走行を行いシステムの点検と営業運転への準備を行う。施工業者・納入業者からの技術移転と教育訓練はこの期間中に行われる。Provisional Handover 終了後、施工業者・納入業者は品質保証期間中（通常 1 年間）は故障等について責任を取るが、技術移転・教育訓練の責任は持たない。

実際、6 ヶ月程度の試験走行期間では技術移転・教育訓練が十分行えるとは言えず、Provisional Handover 後の技術支援が必要である。技術支援には以下の方法が考えられる。

1) 業務委託

実際的な方法として、モノレールの運営経験を有する組織に技術支援業務を委託する方法がある。例えばドバイモノレールでは SMRT (シンガポールメトロ公社) に業務委託を行っている。この方法の問題はモノレールの運営経験を有する組織が限られていることである。

2) 施工管理業務の延長

他の実際的な方法として、施工管理業務を委託しているコンサルタント契約の中に、営業運転開始後一定期間の技術支援業務を加えることである。例えばホーチミン MRT プロジェクトにおいてこの方法が採用されている。

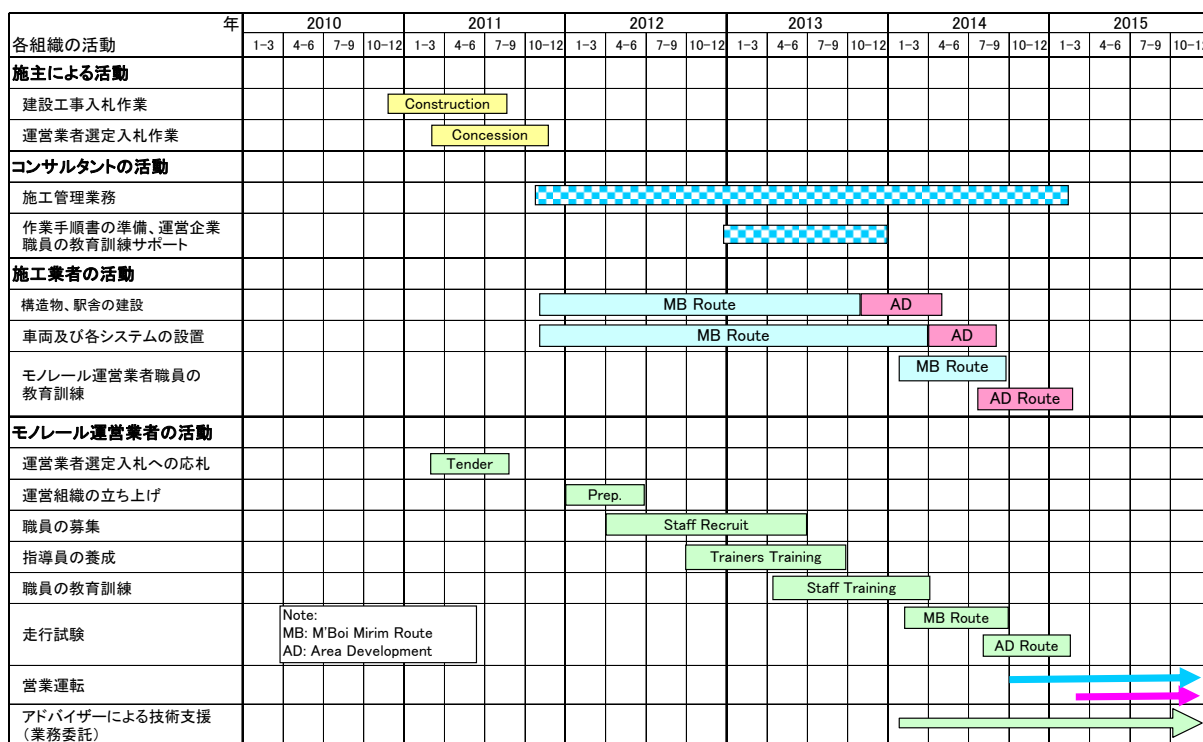
6.6.2 民間企業への技術支援

(1) 事業運営組織

コンセッションによりモノレールの運營業務を受注した企業が実際にモノレールの運営経験を有していれば技術支援は不要である。しかし運営経験を持たない場合には外部からの技術支援が必要となるが、業務委託による場合いくつかの問題が予想される。

バス・コンセッショナーによるモノレールの運営について SPTrans は一つの可能性と考えている。しかしモノレールの場合はバスよりはるかに複雑なもので、殆どメトロと同様と考えなければならぬ。メトロとの違いはメトロが鉄輪と鉄製のレールを用いるのに対し、モノレールはゴムタイヤでコンクリート製の桁の上を走るといっただけである。

以下に民間企業体が O&M 組織を組織する場合のスケジュールを示す。



出典：JICA 調査団

図 6-10 民間企業体による O&M 組織形成スケジュール

(2) 建設期間中の技術支援

前述した通り、O&M 組織は 2,000 人から 3,000 人の職員を必要とする。問題はこの職員全員に如何に教育訓練を施すかということにある。

1) コンセッション契約の時期と職員の募集スケジュール

施工業者やシステム納入業者による教育訓練、技術移転はそれぞれの機器やシステムの設置後に行われるため、モノレール運営業者は O&M 職員をスケジュールに合わせて採用する必要がある。

2,000 人から 3,000 人とされる O&M 職員を採用するためには、教育訓練の開始の 1 年前あたりから募集を開始する必要があるであろう。図 6-9 に示されるように、教育訓練の期間を考慮すると工事開始後半年程度のうちに職員募集を始めなければならない。

2) 技術移転

施工業者やシステム納入業者が 6 ヶ月程度の試運転期間中に O&M 職員全員に対して教育訓練を行うということは現実的ではない。一般的に採用されている方法として、あらかじめ選抜された O&M 職員に対して早い段階から教育訓練を行い、教官として育成する方法である。かれらがその後採用されてくる O&M 職員の教育訓練を行うという方法である。

O&M 職員の恒久的な教育訓練施設の建設は建設工事の契約中に含んでおかなければならない。その施設は車両基地内に設けることが望ましく、育成された教官が一般の O&M 職員の教育訓練を開始するところには完成させておく必要がある。

教官育成の教育はそれぞれのシステムを生産している施設内で行われなければならない。そのための費用はあらかじめ建設費に含めておく必要がある。

(3) 建設終了後の技術支援

施工業者・システム納入業者による技術移転、教育訓練は Provisional Handover までに限られるため、運営事業者がモノレールの運営経験を持たない場合、建設終了後の継続的な技術支援について考慮する必要がある。このような技術支援の期間は運営事業者の技術習熟度にもよるが、1 年から 3 年程度必要であろう。

実際的な技術支援の方法としてはモノレールの運行・維持管理の経験を有するコンサルタントを雇用することである。あるいは、システム納入業者による数年間の技術サポートを契約の条件とすることも考えられる。