

第5章 プネーヒンジャワディ都市鉄道の整備計画

5.1 整備計画方針

5.1.1 検討条件

ここでは、5.1.2 で検討する路線計画の基本条件を設定する。

1) 線路線形を決めるための基本条件

(1) 平面線形

平面線形の設定にあたっては以下を基本条件とする。

- (a) 高架区間：公共の道路用地内を通すことを基本とする。
- (b) 地上区間：公共の道路用地内を通すことを基本とする。
- (c) 曲線半径：20m 以上とするが、極力 40m 以上とするのが望ましい。

現在、日本の軌道法で運営される路面電車で、最も曲線半径が小さいのは豊橋鉄道が運営している東田本線の 11m である。また、鉄道事業法のもとで運営される旅客鉄道線で、最も曲線半径が小さいのは江ノ島電鉄の 28m である。これらの実績等を参考に、今回提案する LRT の最小曲線半径を設定した。

(2) 軌条面高（レールレベル）

軌条面高（レールレベル）の設定にあたっては以下を基本条件とする。

- (a) 電停下部に自動車交通のある高架電停部：
道路の建築限界高（5.5m 以上）、桁高、コンコース階での桁下空頭および軌道構造高を考慮し、道路面高より 13.5m の高さを基本とする。

軌条面から道路面までの高さの内訳は以下の通りである。

軌条構造高（RL. -高架橋本体高）	: 0.5m
軌道階の梁高	: 2.0m
コンコース階での桁下空間	: 2.5m
コンコース階の梁高	: 2.5m
桁下配管やメンテナンス時の余裕高	: 0.5m
道路の建築限界	: 5.5m
合 計	13.5m

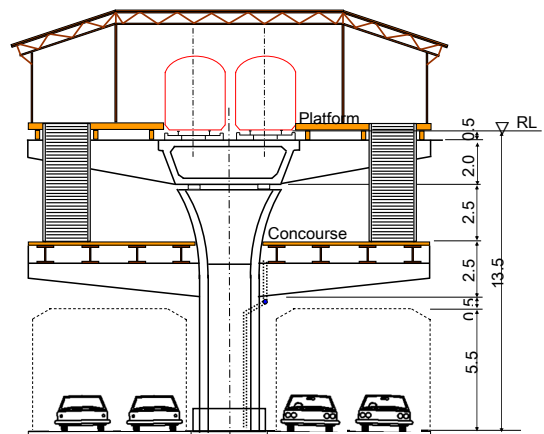


図 5.1.1 電停高架部の軌道面から道路高までの高さ

(b) 一般高架部：

道路の建築限界（5.5m 以上）、桁高および軌道構造高を考慮し、道路面高より 8.5m 以上の高さとする。

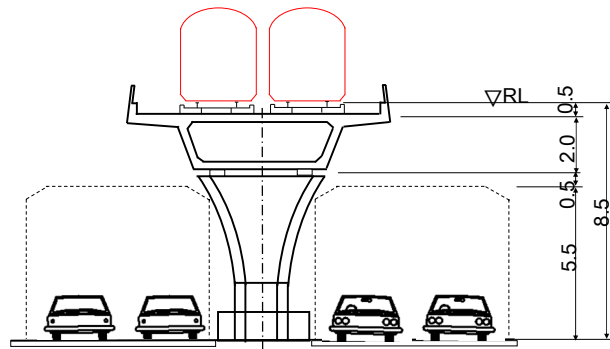


図 5.1.2 一般高架部の最低構造高さ

(c) 地上部：

道路面高と同一を基本とするが、地上電停での勾配が急な場合は極力勾配を設けないよう修正を加える。

(3) 縦断線形

縦断線形の設定にあたっては以下を基本条件とする。

(a) 縦断勾配：70%以下とするが、極力 50%以下とするのが望ましい。

(b) 電停間高架部での縦断線形：

上記(2) (b) において、一般高架部の軌条面高を道路面高より 8.5m 以上としたが、電停間において軌条面高を無理に下げない方が望ましいと思われる場合は下げずに高さを維持するものとする。

なお、線形に関する設計基準は表 5.1.7 に示す通りである。

2) 路線構造（高架、地上、地下）を選定するための基本条件

路線構造（高架、地下、地上）の選定にあたっては以下を基本条件とする。

- 建設コストを極力抑える構造とする。
- プロジェクトの遅延、頓挫、計画の見直しを避けるため、公用地上に建設することを基本とし用地買収を極力行わないものとする。
- 道路交通に極力影響を与えないよう、主要交差点との平面交差を避け地上構造とする場合は片側二車線の車道は確保することを基本とする。

3) 軌道の専用、（道路交通との）併用条件

軌道の専用、（道路交通との）併用の選定にあたっては以下の通りとする。

- 安全面および運行管理面より、地上区間においても柵等を設け専用軌道とする。

4) 地上区間における走行方式

地上区間における走行方式については以下の通りとする。

- 地上区間においては乗降客のアクセス性、電停の道路交通に与える影響の度合いおよび BRT の走行計画等を考慮し、道路両脇において道路交通と同一方向の走行を基本とする。
- 直進する道路交通を妨げるような走行は行わないものとする。

5.1.2 路線計画

1) 現道と将来の道路計画

本調査において、LRT の導入対象路線であるプネ市の Sancheti Hospital 付近からヒンジャワディ IT パークの入り口である Shivaji Chowk までの約 15km 区間の測量を実施している。ただし、本調査の技術的検討が概略の線形および路線構造物を把握し、概算事業費を算出することにあるため、詳細な測量ではなく道路両脇の範囲は官民境界までを基本とし、100m 間隔の縦断および横断測量としている。測量図については 5.1.2 7) で検討した平面線形図を参照されたい。なお、当初の路線計画がヒンジャワディ IT パークの入り口までの約 15km としていたため、延長されたヒンジャワディ IT パーク内容の測量については実施しておらず、既存の資料やインターネット上で公開されている衛星写真等を参考に検討するものとする。

PMC 内における道路事情は、起点の JM Temple からプネ大学までは交通量の多い幹線道路で、三つのフライオーバーが存在する狭隘かつ複雑な区間であり、プネ大学以降は暫く大きな交差点もなく単調な道路となっている。PCMC 内では現在 BRT を運行するために幅 45m への拡幅工事が進められており、既に拡幅工事が終わっている区間もある。ヒンジャワディ IT パーク内は片側二車線の道路が続いており、比較的起伏の激しい区間である。LRT 対象路線の現道と拡幅計画を表 5.1.1 に示す。

表 5.1.1 LRT 対象路線の現道および道路拡幅計画

Sr. No.	区間 (測量キロ程)	管轄行政区分	現道の幅員構成		計画道路幅員構成	
			走行方向	幅員構成	走行方向	幅員構成
1	0+000 - 0+600	PMC	一方通行	4車線		
2	200.000 - 520.000		一方通行	右折車線2、直進車線2、左折車線2		
3	520.000 - 840.000		対面通行	片側3車線		
4	840.000 - 1250.000		対面通行	地上片側2車線、フライオーバー片側2車線		
5	1250.000 - 2230.000		対面通行	片側3車線		
6	2230.000 - 2580.000		地上部対面通行、フライオーバー一部方通行	地上片側2車線、フライオーバー2車線		
7	2580.000 - 2920.000		地上部対面通行、フライオーバー一部方通行	地上片側2車線、フライオーバー2車線 (2600.000 付近のみ地上部1車線)		
8	2920.000 - 3100.000		地上部対面通行、フライオーバー一部方通行	地上片側2車線、フライオーバー4車線		
9	3100.000 - 3370.000		地上部対面通行、フライオーバー一部方通行	地上片側2車線、フライオーバー2車線		
10	3370.000 - 5600.000		対面通行	片側2車線+片側側道2		
11	5600.000 - 5850.000		対面通行	片側2車線		
12	5850.000 - 6450.000		対面通行	片側2車線		
13	6450.000 - 6650.000		対面通行	片側2車線(河川橋梁)		
14	6650.000 - 9700.000	PCMC	対面通行	45m 道路に拡幅中	対面通行	道路中央にBRT、片側3車線の45m 道路
15	9700.000 - 10250.000		対面通行	片側1車線		
16	10250.000 - 11050.000		対面通行	片側2車線		
17	11050.000 - 12900.000		対面通行	45m 道路に拡幅中	対面通行	道路中央にBRT、片側3車線の45m 道路
18	12900.000 - 13570.000	MIDC	対面通行	片側1車線(フライオーバー)		
19	13570.000 - 14220.000		対面通行	片側2車線	対面通行	拡幅計画あり
20	14220.000 - 14900.000		対面通行	片側3車線		
21	14900.000 - 15300.000		対面通行	片側2車線	対面通行	拡幅計画あり
22	15300.000 -		対面通行	片側2車線		

出典：調査団

2) 路線構造 (高架、地上、地下) の検討

上記 1) の各区間での道路状況を踏まえ、5.1.1 で述べた基本条件を基に路線構造の検討を行う。本 LRT 路線対象地域の地盤は地表面下 5~6m 程度で岩が現れることが確認されており (5.2.1 を参照)、道路との立体構造を考える場合、地下構造とすると建設費が莫大となるため高架構造とすることを基本とする。各区間における路線構造の検討結果を表 5.1.2 に示す。

表 5.1.2 LRT の区間別路線構造

Sr. No.	区間 (測量キロ程)	管轄行政区分	LRT の路線構造	選定理由
1	0+000 - 0+600	PMC	高架	主要交差点があるため。また、地上とした場合、線計上直進する道路交通を妨げるため。
2	200.000 - 520.000		高架	520.000 の主要交差点があるため。また、地上とした場合、車道を二車線確保できない。
3	520.000 - 840.000		高架	前後の区間が立体交差とせざるを得ないため、線計上地上とすることは不可能である。
4	840.000 - 1250.000		高架	1080.000 の主要交差点があるため。また、地上とした場合、車道を二車線確保できない。
5	1250.000 - 2230.000		高架	前後の区間が立体交差とせざるを得ないため、線計上地上とするメリットがないため。
6	2230.000 - 2580.000		高架	2450.000 の主要交差点があるため。また、地上とした場合、車道を二車線確保できない。
7	2580.000 - 2920.000		高架	2900.000 の主要交差点があるため。また、地上とした場合、車道を二車線確保できない。
8	2920.000 - 3100.000		高架	地上とした場合、車道を二車線確保できないため。
9	3100.000 - 3370.000		高架	3150.000 の主要交差点があるため。また、地上とした場合、車道を二車線確保できない。
10	3370.000 - 5600.000		地上	沿道の樹木を伐採すれば、地上走行しても車道を片側二車線確保できるため。
11	5600.000 - 5850.000		高架	5780.000 及び 5820.000 の主要交差点があるため。また、地上とした場合、車道を二車線確保できない。
12	5850.000 - 6450.000		高架	地上とした場合、車道を二車線確保できないため。また、地上とした場合、沿道へのアクセスを遮断することになる。
13	6450.000 - 6650.000		高架	LRT 専用の橋梁を建設する必要がある。
14	6650.000 - 9700.000	PCMC	高架	7080.000、7190.000 及び 7450.000 の主要交差点があるため 7700.000 までは立体交差とし、それ以降は地上とする。
15	9700.000 - 10250.000		高架	現道は片側一車線で、Defense エリアのため拡幅は困難であるため。
16	10250.000 - 11050.000		高架	片側二車線の商店の立ち並ぶエリアであるため。
17	11050.000 - 12900.000		地上	BRT 路線の 45m 道路であり、地上走行が可能であるため。
18	12900.000 - 13570.000		高架	NH-4 を交差するため地上走行は不可能である。
19	13570.000 - 14220.000	MIDC	高架	IT パークに繋がるメイン道路で、非常に混雑する区間であり、地上走行は不適切である。
20	14220.000 - 14900.000		高架	IT パークに繋がるメイン道路で、非常に混雑する区間であり、地上走行は不適切である。
21	14900.000 - 15300.000		高架	IT パークに繋がるメイン道路で、非常に混雑する区間であり、地上走行は不適切である。
22	15300.000 -		高架または地上	IT パーク内の道路で現道片側二車線であるため、現道の車線を確保するためには高架が望ましい。ただし、地上走行も代替案として検討するものとする。

出典：調査団

3) 電停位置の選定

電停位置の選定にあたっては、利用者の需要および利便性の観点より特に下記の点に留意するものとする。

- メトロ計画駅との接続を考慮する。
- バスターミナルとの接続を考慮する。
- BRT 計画のバス停との接続を考慮する。
- 既存のバス停位置を参考とする。
- 主要機関、住宅地、ショッピングセンター等との接続を考慮する。

上記の留意点を踏まえ、電停位置の検討結果を表 5.1.3 に示す。

表 5.1.3 電停位置

ID	電停名称 (仮称)	キロ程	区域	電停構造	電停機能
St. 1	JM Temple	0KM250M	PMC	高架	メトロ 1、2 号線との接続
St. 2	Sivaji Nagar	0KM590M		高架	バスターミナル/国鉄駅との接続
St. 3	Police Ground	1KM000M		高架	周辺住宅、学校との接続
St. 4	Pune Central	1KM800M		高架	ショッピングセンターとの接続
St. 5	E-Square	2KM300M		高架	ショッピングセンターとの接続
St. 6	Pune University	3KM720M		地上	プネ大学との接続
St. 7	Armament Colony	4KM250M		地上	住宅地との接続
St. 8	PWD Office	5KM000M		地上	PWD Office との接続
St. 9	Aundh District Office	5KM550M		高架	Aundh District Office との接続
St. 10	Octroi Naka	6KM350M		高架	周辺住宅、商店との接続
St. 11	State Hospital	7KM650M	PCMC	高架	病院、BRT との接続
St. 12	Pimple Nilakh	8KM655M		地上	Pimple Nilakh 住宅、BRT との接続
St. 13	Wakad Road Mall	10KM600M		高架	周辺住宅、商店との接続
St. 14	Wakad Chowk 1	11KM490M		地上	周辺住宅、商店、BRT との接続
St. 15	Wakad Chowk 2	12KM800M		高架	周辺住宅、商店、BRT との接続
St. 16	Hinjawadi Road Shopping Mall	14KM700M	MIDC	高架	商店街との接続
St. 17	Shivaji Chowk	15KM450M		高架	IT パーク入口周辺との接続
St. 18	TATA Jhonson	16KM900M		高架	車両基地再開発地区との接続
St. 19	Wipro Circle	17KM600M		高架	IT 企業との接続
St. 20	Infosys Circle Phase 2	18KM700M		高架	IT 企業との接続
St. 21	Mahindra Tech Phase 3	21KM600M		高架または地上	IT 企業との接続

出典：調査団

BRT との接続は図 5.1.3 に示す通りで、以上の検討より選定された路線構造および電停位置を図 5.1.4 に示す。なお、St.20 を越えてから St.21 までの区間については、高架案と地上案の二案を設けるものとする。

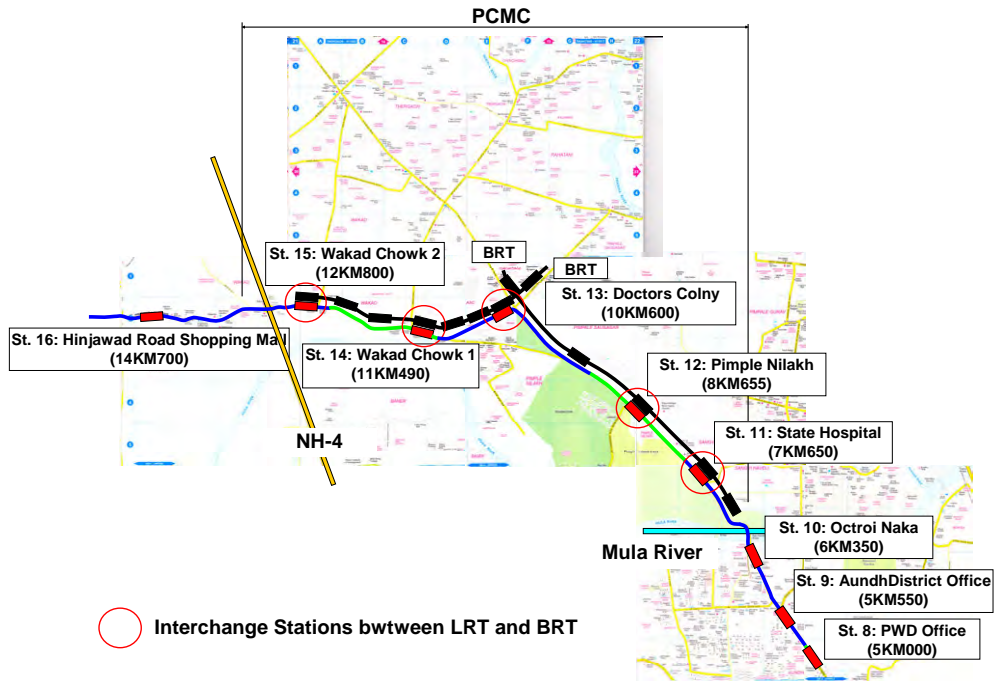


図 5.1.3 BRT との接続

出典：調査団

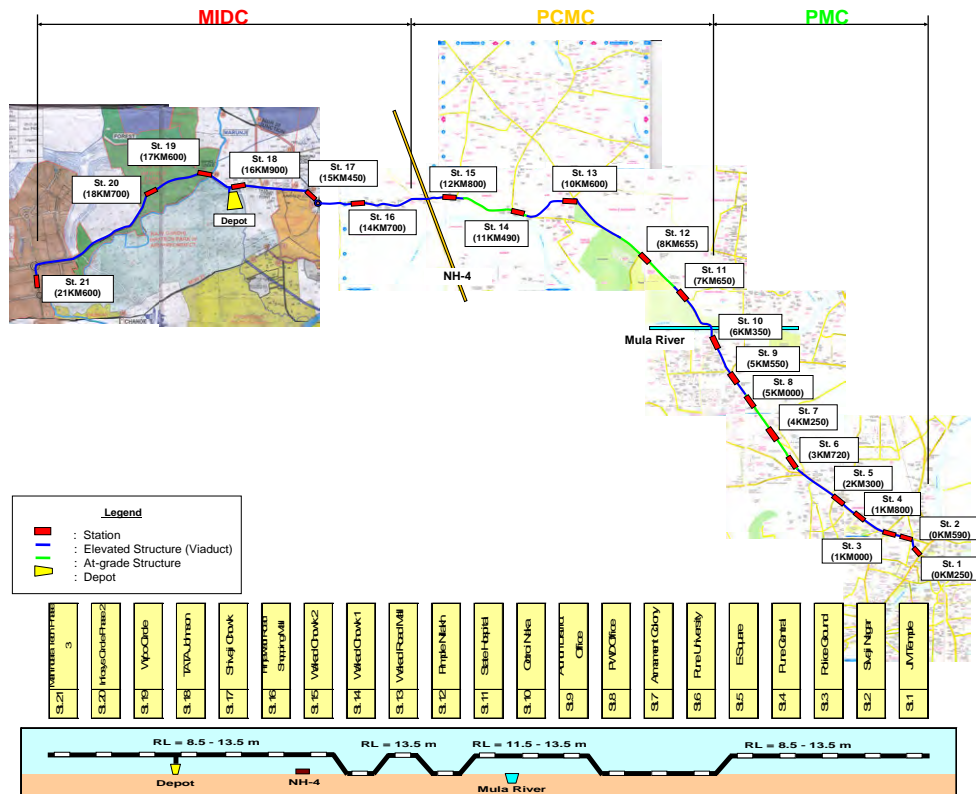


図 5.1.4 路線構造および電停位置

出典：調査団

4) 軌道空間配置の選定

LRT の地上での軌道空間配置については、沿道状況、交通量等に応じて表 5.1.4 のようなパターンが考えられる。

表 5.1.4 LRT 地上走行での軌道空間配置

軌道空間配置	道路中央寄せ	道路両路寄せ	道路片寄せ
特徴	<p>軌道敷を道路中央部に配置するパターンである。この場合、平行して運行する一般バス交通への影響が少なく、歩道から離れているため歩道者の侵入も防ぐことができる。一方で、停電も中央部に設置する必要があり、利用者は道路を横断して電停へアクセスする必要がある。交差点部では右折車両(自動車交通)との動線の輻輳が発生する。</p>	<p>軌道敷を左右両路側に配置するパターンである。このパターンでは、利用者が車道を横断せず沿線施設へのアクセスが容易になる等のメリットがある。他方、歩道から軌道敷へ侵入しやすくな、方向別で電停の位置が離れてしまう、一般バス交通のバス停配置を再検討する必要がある等のデメリットがある。</p>	<p>車道部の片側路側に軌道敷を寄せるパターンである。このパターンでは、自動車交通との輻輳を最小化できるものの、道路空間の再配分が必要である。</p>

出典：調査団

5.1.2 の 2)において、PMC 内で一区間、PCMC 内で二区間およびヒンジャワディ IT パーク内の St.20 から St.21 までを代替案として地上走行とすることとしたが、上表の LRT の各軌道空間配置の特徴を留意しながら各区間での最適な軌道空間配置を検討する。

(1) PMC 内での軌道空間配置

PCM 内で地上走行を提案している区間は、キロ程 36,000.000～5,100.000 のプネ大学から Aundh District Office の交差点の手前までである。この区間は幅員が約 34m の片側二車線の道路であるが、車道側に張り出している街路樹を部分的に伐採することにより、現状の片側二車線を確保しながら軌道空間を確保することができる。軌道空間配置については、沿線施設からのアクセス性、道路中央寄せとした場合の電停部における道路線形及び中央分離帯の街頭移設等を考慮し、道路両路寄せ配置が望ましいと判断される。本区間における軌道空間配置図を図 5.1.5 および図 5.1.6 に示す。

(2) PCMC 内での軌道空間配置

PCMC 内の地上走行区間はキロ程 8,100.000～9,300.000 と 11,400.000～12,300.000 の二区間で、何れも BRT の導入が計画されている幅員 45m の道路である。45m 道路の幅員構成は図 5.1.5 に示す通りであるが、片側一車線ずつ、すなわち計二車線分を LRT の軌道空間として使用することについて PCMC の了解を得ている。しかし、BRT の走行空間配置が道路中央寄せとなっており、BRT より導入時期が遅くなる LRT の軌道空間配置は、車道および BRT の走行レーンの大幅な変更を避け、また電停部において湾曲するような望ましくない道路線形を避けるためにも、道路両路寄せ配置が望ましいと判断される。幅員 45m 道路での軌道空間配置図を図 5.1.7 および図 5.1.8 に示す。

(3) ヒンジャワディ IT パーク内での軌道空間配置

ヒンジャワディ IT パーク内の St.20 を越えてから St.21 までは代替案として地上走行をも考えている。その場合の軌道空間配置については、当該区間にロータリーはあるものの主要な交差点はなく終端電停での折り返しを考えた場合、道路片寄せ配置が望ましいと判断される。

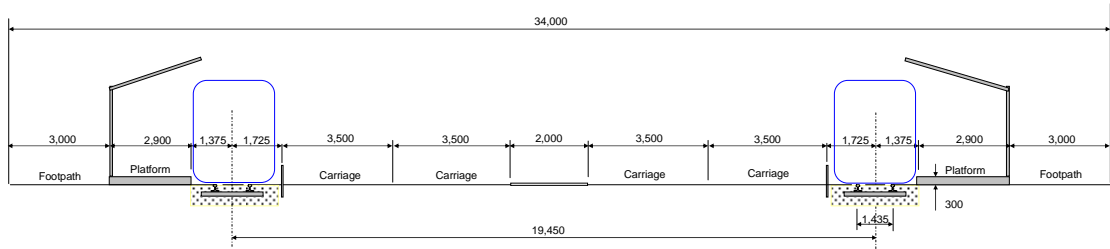


図 5.1.5 PMC 内の電停部での軌道空間配置 (地上走行区間)

出典：調査団

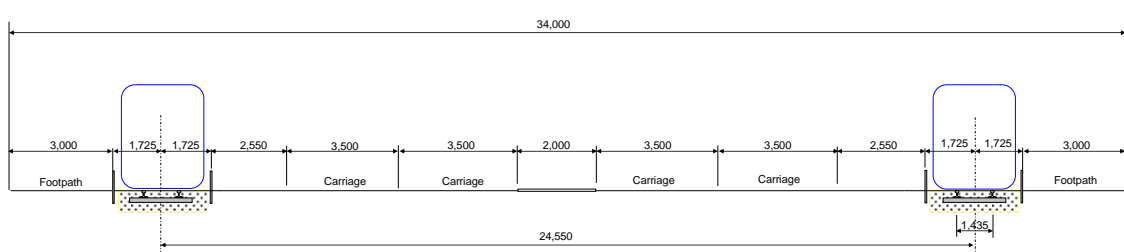


図 5.1.6 PMC 内の電停間での軌道空間配置 (地上走行区間)

出典：調査団

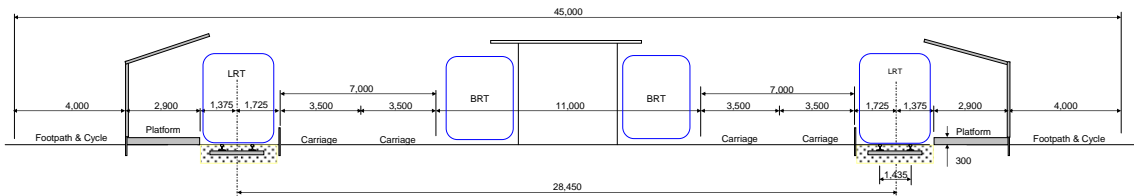


図 5.1.7 PCMC 内の電停部での軌道空間配置 (地上走行区間)

出典：調査団

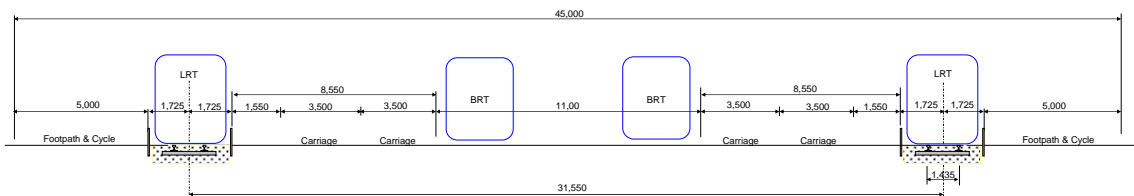


図 5.1.8 PCMC 内の電停間での軌道空間配置 (地上走行区間)

出典：調査団

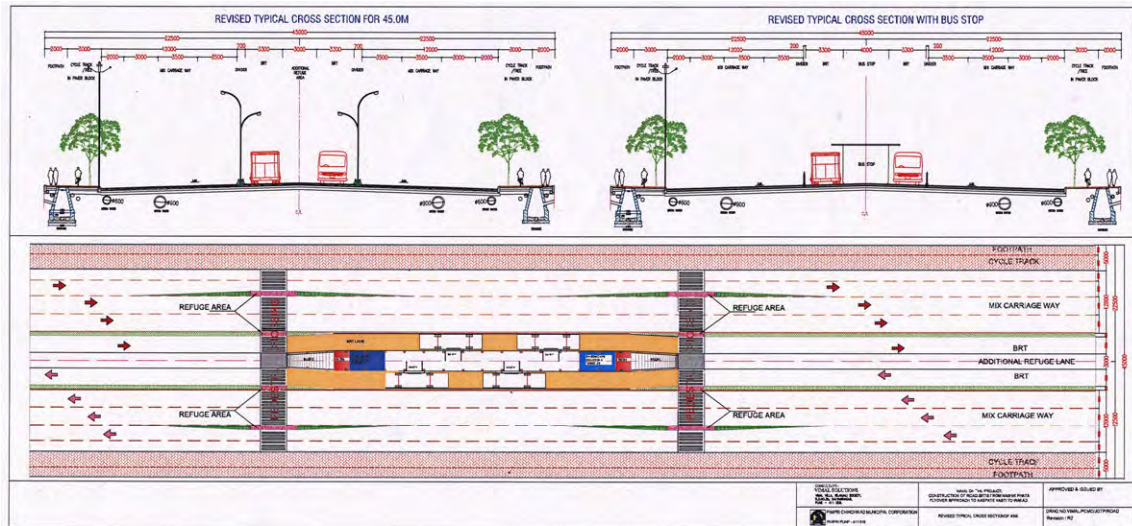


図 5.1.9 PCMC の BRT 計画図

出典：PCMC

5) 電停のプラットフォーム形式の選定

電停のプラットフォーム形式は大別して相対式と島式があり、それぞれの特徴は表 5.1.5 の通りである。

表 5.1.5 電停のプラットフォーム形式

	相対式	島式
旅客誘導	<ul style="list-style-type: none"> 行き先によって停留場の位置が異なるため、不慣れな利用者が間違える可能性がある。 旅客の集中が起きにくい。 	<ul style="list-style-type: none"> 間違いが少ない。 両方向の列車が同時に到着する場合、旅客集中がおきやすい。
軌道線形	<ul style="list-style-type: none"> 直線で見通しがよい。 停留所の延伸は容易である。 	<ul style="list-style-type: none"> 曲線が入るため、速度制限や乗り心地の問題がある。 停留所を延伸する場合、軌道の線形を変更する必要がある。
空間効率性 (一般部)	<ul style="list-style-type: none"> 島式に比べて設置スペースが大きい。 	<ul style="list-style-type: none"> 相対式に比べて設置スペースが小さくてすむ。
空間効率性 (交差点部)	<ul style="list-style-type: none"> 交差点の流入側に右折レーンがある場合、流出部に設置可能である。 	<ul style="list-style-type: none"> 交差点に設置する場合、相対式に比べて不利な条件となる。

出典：調査団

地上走行での電停のプラットフォーム形式は軌道空間配置と密接に関係し、5.1.2 の (4) において地上走行区間での軌道空間配置は道路両路寄せとしたためプラットフォームの形式は必然的に相対式となる。高架区間においては、道路空間条件より電停部においても一柱式の構造を考えているため島式フォームは構造上難しく、また軌道線形を直線とすることができる相対式が適切であると判断される。以上の結果より、各電停のプラットフォーム形式を纏めると表 5.1.6 の通りとなる。

表 5.1.6 電停のプラットフォーム形式

ID	電停名称(仮称)	キロ程	区域	電停構造	プラットフォーム形式
St. 1	JM Temple	0KM250M	PMC	高架	相対式
St. 2	Sivaji Nagar	0KM590M		高架	相対式
St. 3	Police Ground	1KM000M		高架	相対式
St. 4	Pune Central	1KM800M		高架	相対式
St. 5	E-Square	2KM300M		高架	相対式
St. 6	Pune University	3KM720M		地上	相対式
St. 7	Armament Colony	4KM250M		地上	相対式
St. 8	PWD Office	5KM000M		地上	相対式
St. 9	Aundh District Office	5KM550M		高架	相対式
St. 10	Octroi Naka	6KM350M		高架	相対式
St. 11	State Hospital	7KM650M	PCMC	高架	相対式
St. 12	Pimple Nilakh	8KM655M		地上	相対式
St. 13	Wakad Road Mall	10KM600M		高架	相対式
St. 14	Wakad Chowk 1	11KM490M		地上	相対式
St. 15	Wakad Chowk 2	12KM800M	高架	相対式	
St. 16	Hinjawadi Road Shopping Mall	14KM700M	MIDC	高架	相対式
St. 17	Shivaji Chowk	15KM450M		高架	相対式
St. 18	TATA Jonson	16KM900M		高架	相対式
St.19	Wipro Circle	17KM600M		高架	相対式
St. 20	Infosys Circle Phase 2	18KM700M		高架	相対式
St. 21	Mahindra Tech Phase 3	21KM600M		高架/地上	相対式

出典：調査団

6) 軌道の専用、(道路との)併用の検討

地上走行を想定している区間は道路交通量も多く、道路交通の速度も比較的高い。そのため、LRTと道路交通との接触事故や歩行者の軌道敷への侵入を防ぎLRTの安定した走行を確保することが望ましく、踏切部等の定められた箇所以外は軌道敷に入れないよう柵等により遮断し専用軌道とする。

7) 線形検討

以上までの検討結果を踏まえ、具体的な線形を決めることとする。なお、線形を決めるにあたっての設計基準は表 5.1.7 に示す通りである。

表 5.1.7 線形の設計基準

項目	設計基準
線間(線路中心間距離)	3,050mm (直線区間)
平面曲線半径 本線 電停部	車両性能から 20m 以上(40m 以上が望ましい。) 300m 以上
勾配 本線 電停部	70%以下(50%以下が望ましい。) 0%(止むを得ない場合に限り 5%以下)
縦断曲線半径	1,500m 以上
プラットフォーム長	62m(地上電停)、65m(高架電停)

出典：調査団

なお、構造寸法については図 5.4.1 および図 5.4.2 を参照されたい。

➤ 平面線形

本 LRT 路線中の最小曲線半径は、St.1 と St.2 の間にある交差点で採用している 50m である。その他の小曲線については、St.1 と St.2 の間で 80m を採用しているのと Mula 川を渡った PCMC 側で 60m を採用しているが、それ以外は 200m 以上となっている。平面空間上厳しいのは 2K200M 付近の E Square から 3K400M 付近のプネ大学まで続くフライオーバーが並行する区間で、全体的に道路幅が狭く、特に E Square 前の道路は狭隘であるため避けるようにし途中でフライオーバーを跨ぐ線形としている。平面図については巻末の参考資料を参照され、平面線形諸元については図 5.1.10～5.1.14 を参照されたい。

➤ 縦断線形

本 LRT 路線中の最急勾配は、プネ大学前で LRT の高架橋の一線が道路を跨ぎ、地上に下りるところで 68%となっている。基準では 70%以下としているが、安定した運行を確実にするためには 50%以下とすることが望ましいため、現在計画しているプネ大学駅位置を少し移動して 50%程度まで低減させることが相応しいと思われる。その他の急勾配については、ヒンジャワディ IT パーク内の Wipro Circle 付近で 50%を越える値となっているが、地形上止むを得ないと考える。縦断線形については図 5.1.10～5.1.14 を参照されたい。

8) 部分地上案と全線高架案の比較

LRT の特性を生かすため、本調査では部分地上案を検討する。一方、道路交通と LRT を分離した案として APPENDIX-28 に:全線高架案を示す。

9) 今後の検討に向けて

今後、環境社会面で個々の箇所の代替案の検討にあたっては、環境への負の影響や用地取得・住民移転の規模等についても考慮することが必要である。

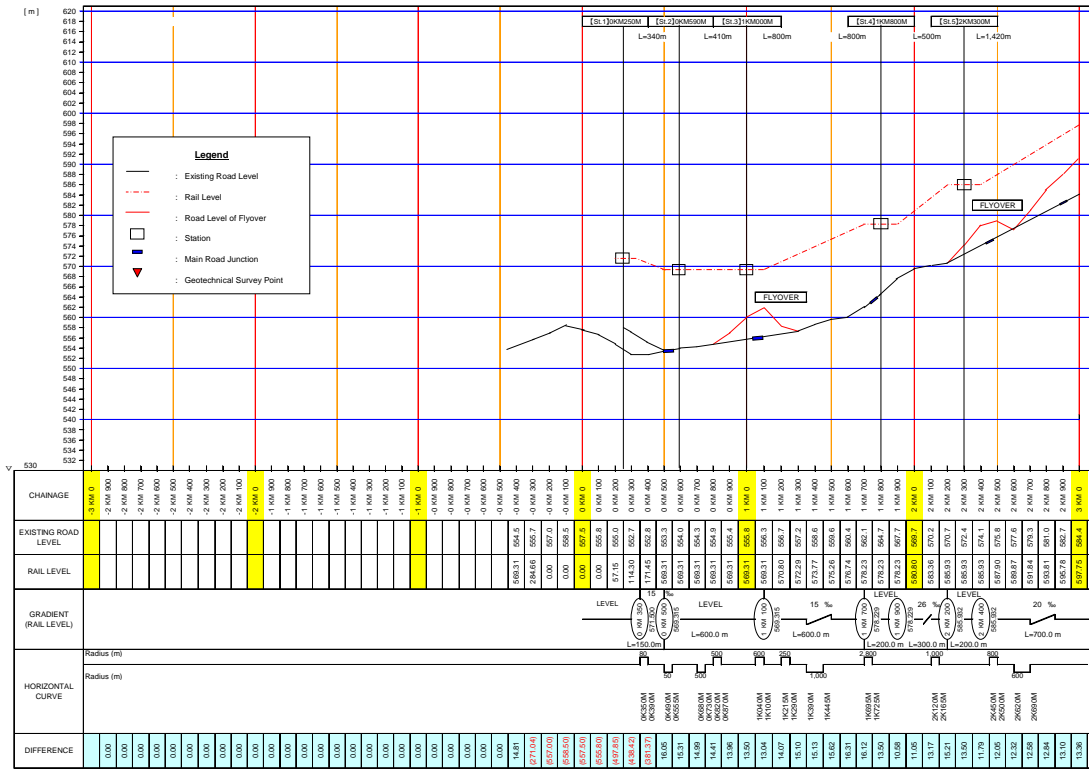


図 5.1.10 縦断・平面線形図 (1/5)

出典：調査団

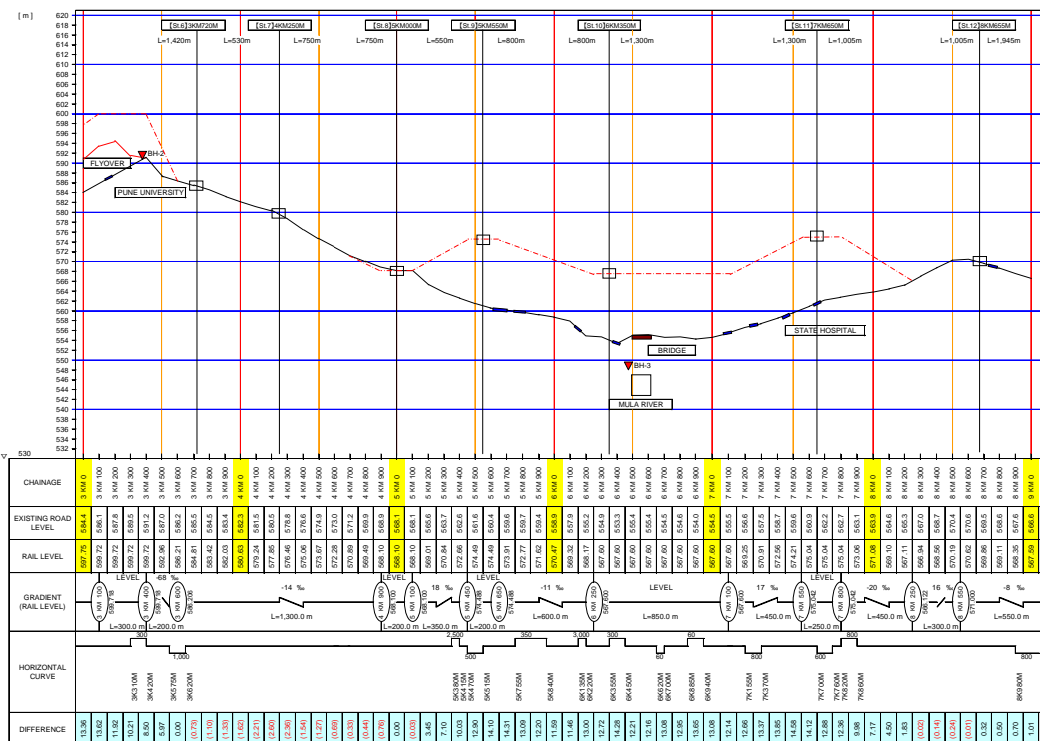


図 5.1.11 縦断・平面線形図 (2/5)

出典：調査団

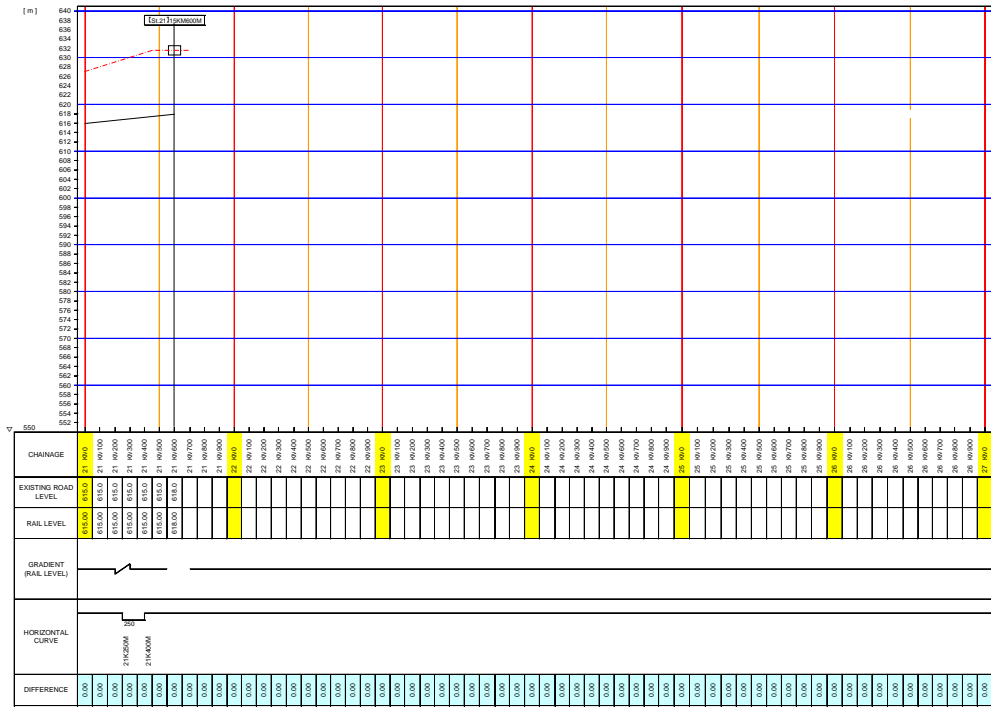


図 5.1.14 縦断・平面線形図 (5/5)

出典：調査団

5.2 対象路線の現状把握（地質・地下埋設物・その他支障物等）

5.2.1 地質状況

本調査では、LRT の対象路線沿いで 5 本のボーリング調査を実施している。本ボーリング調査の目的は、構造物の概略検討および施工計画を行うための参考資料を得るためのもので、特に道路との立体構造が求められる区間や橋梁箇所を中心に、全線に亘って地質の傾向が把握できるように位置と間隔を配慮した。地質調査の実施位置は表 5.2.1 および図 5.2.1 に示す通りである。

表 5.2.1 地質調査位置

Sr. No.	BH No.	場所	測量キロ程	座標	
				N	E
1	BH-1	Mutha 川の河川敷	-	2049029	0379809
2	BH-2	プネ大学前	3250.000	2050622	0376342
3	BH-3	Mula 川の河川敷	6500.000	2053396	0374621
4	BH-4	NH-4 フライオーバー脇	13200.000	2056129	0368999
5	BH-5	Hinjawadi 内の Phase 1 T 字路脇	16100.000	2056397	0366209

出典：調査団

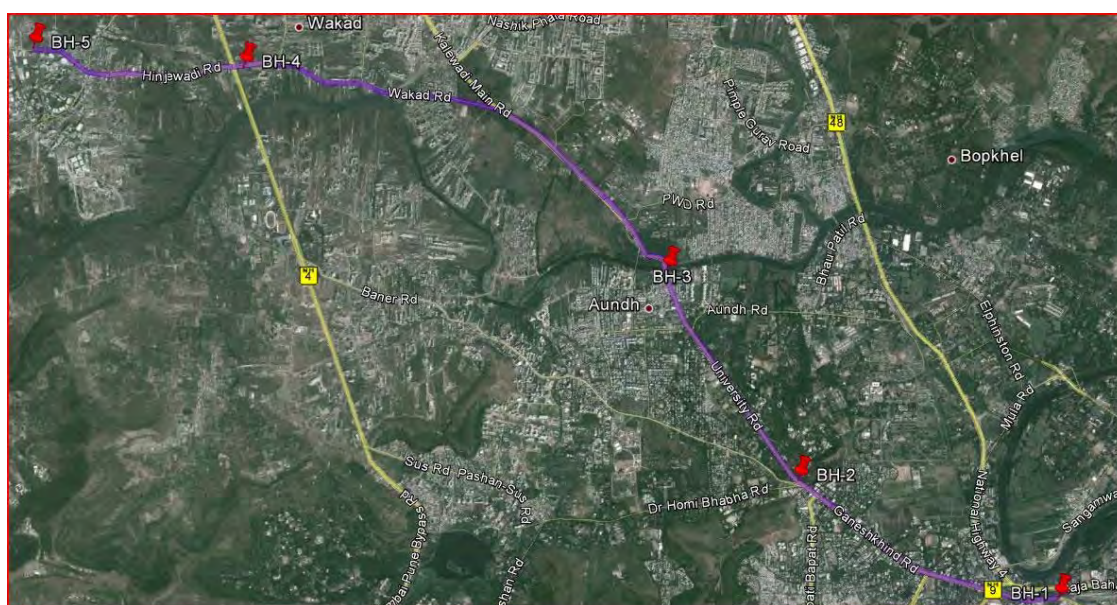


図 5.2.1 地質調査位置図

出典：調査団

本ボーリング調査の結果、本 LRT 対象路線上では地表面下 1.1~5.5m の位置で岩が存在することが確認された。BH-1、BH-3、BH-5 ではボーリングの開始面下 1.1~2.1m で岩が確認されているが、これは河川敷や窪地等の低地で調査を実施しているため、道路面からの深さで考えると 5~6m 程度の深さであると考えられる。各ボーリングの地質内容と岩表面までの深さを表 5.2.2 に示す。なお、Appendix に各ボーリングの地質柱状図と室内試験結果を示す。

表 5.2.2 上層地盤の地質と岩表面までの深さ

Sr. No.	BH No.	上層地盤の地質 (岩表面までの地質)	ボーリング開始面から 岩表面までの深さ
1	BH-1	瓦礫等の堆積物および締まった砂質土	2.1m
2	BH-2	砂交じりの粘性土および玉石サイズの玄武岩	5.5m
3	BH-3	砂礫	1.2m
4	BH-4	締まったシルトおよび非常に締まった砂	4.0m
5	BH-5	砂質シルト	1.1m

出典：調査団

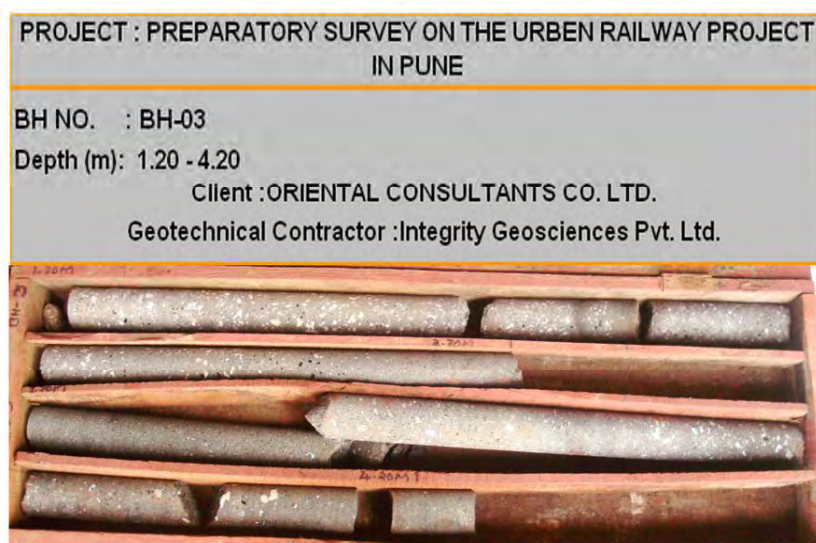


図 5.2.2 ボーリングサンプル (BH-3)

出典：調査団

5.2.2 地下埋設物

本 LRT 対照路線の埋設物については、車道部には埋設されておらず中央分離帯および歩道部にありとのことであるが、具体的な内容と位置を確認する必要がある。

5.2.3 支障構造物および樹木

本 LRT 計画において支障する構造物および樹木は以下の表 5.2.3 に示す通りである。

表 5.2.3 支障する構造物および樹木

番号	インフラ構造物	場 所
1	高圧電線 / 鉄塔	PCMC 内の BRT 二路線が交差する交差点付近 (St.13 付近)
2		PCMC 内の 45m 道路 (St.14 付近)
3		ヒンジャワディ IT パーク内 (St.18 付近)
4	樹木	St.1 付近、St.3 付近、St.5 付近
5		St.6 と St.7 の間と St.7 と St.9 の間の一部

出典：調査団

支障の概要は以下の通りである。

1) 高圧電線 (St. 13 付近)

この付近は高圧電線が南北に走っており高さが 8~10m 程度と低いため、LRT の高架橋が支障する。

2) 高圧電線 (St. 14 付近)

拡張された 45m 道路を高圧電線が横切っており、線計上高架の区間であり電線の高さが比較的低いいため支障する。

3) 高圧電線 (St. 18 付近)

道路に沿って高圧電線が走っており、電線の高さが比較的低いいため高架電停および高架橋の計画に支障する。

4) 樹木 (St. 1、St. 3、St. 5 付近)

電停建設位置に街路樹があり支障する。

5) 樹木 (St. 6 と St. 7 の間と St. 7 と St. 9 の間の一部)

プネ大学前の通りは街路樹が車道側に寄っており LRT の走行に支障をきたす。また、St. 7 と St. 9 の間においても電停箇所等で部分的に街路樹が支障する可能性がある。

なお、支障する高圧線については、LRT の計画に支障しない高さまで高圧線を上げることになるが、具体的な移設・向上計画については管理する電気配電会社と話を進めていくこととする。また、その移設・向上費用は本事業で負担することになる。

地下埋設物に関しては、ヒアリングした限りでは本案件に対し大きな問題とはならないと認識しているが、具体的な埋設物部面等の資料は入手できていないため、今後の調査において詳細な内容を調べるものとする。

5.2.4 地震事情

プネ地域の地震規模を示すレベルは、ゾーン III の中程度となっている。デリーのゾーン IV よりも低いハイデラバードやバンガロールよりも高いレベルである。今後、基本設計、詳細設計を実施するにあたり、適切な地震規模のレベルを考慮する必要がある。

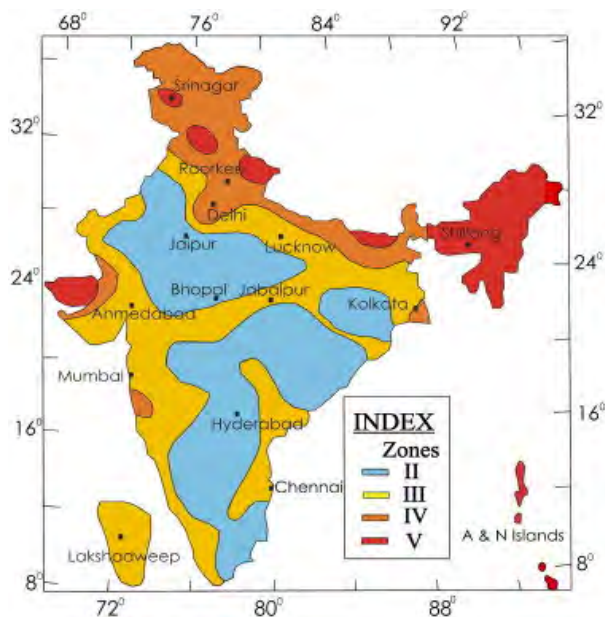


図 5.2.3 インドの地震規模レベル図

出典：インターネット

5.3 需要予測と運行計画

5.3.1 需要予測

3章を参照のこと。

5.3.2 運行計画

運行路線

図 5.3.1 に路線を示す。

路線はプネ市中心部からヒンジャワディ (Hinjawadi) IT パークに至る全長約**km で道路に沿って建設され、構造は高架部分と地上部分がある。

工事の進捗に伴いステージ 1 では St6 から St18 の区間を先行開業させる。その後、ステージ 2 で工事完了に伴い全区間を開業する。ステージ 1 の開業を 2018 年、ステージ 2 の開業を 2020 年で計画する。

尚、ヒンジャワディ地区において St20 から St21 の区間については、高架とする場合、地上とする場合の 2 つの案について検討を行った。

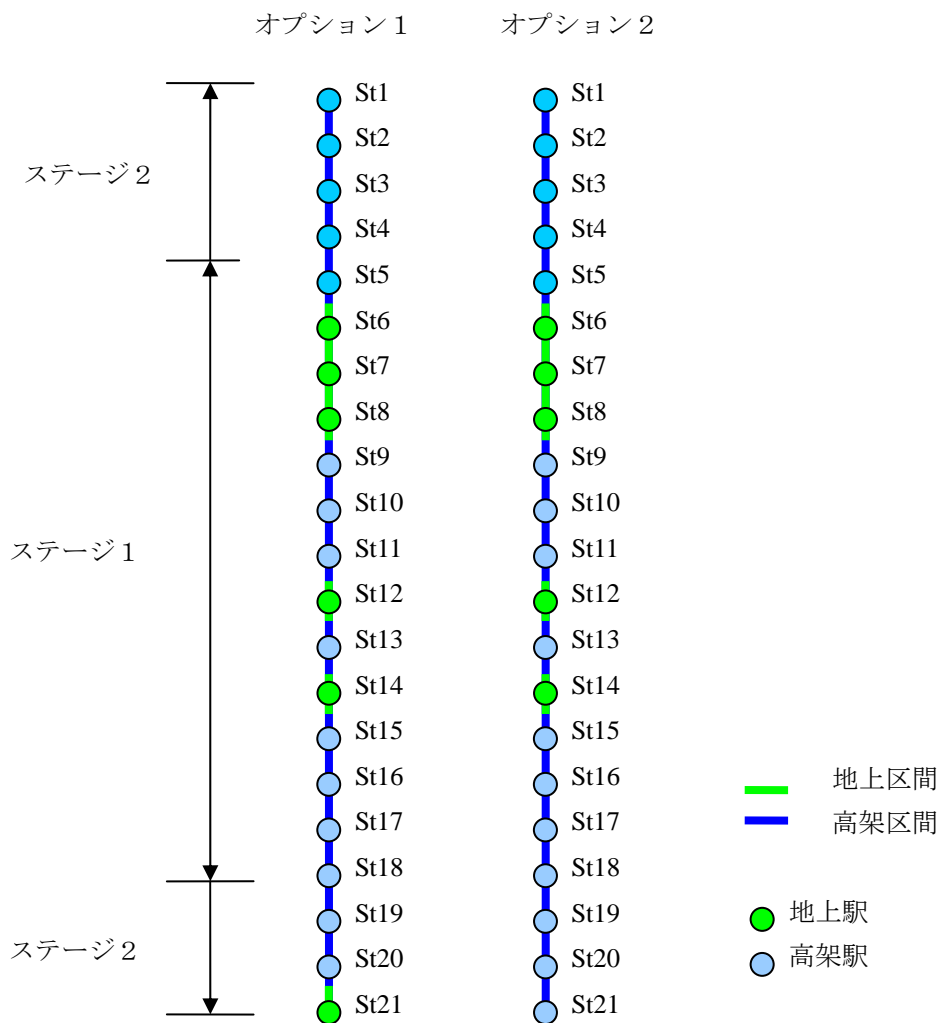


図 5.3.1 地上及び高架区間

出典：調査団

需要予測

この路線の需要予測におけるピーク時 1 時間当りの乗客数を表 5.3.1 に示す。運行計画は、このピーク時の輸送をまかなうための運転を基準に行う。

表 5.3.1 需要予測

年	2018	2028	2038
需要予測 (ピーク時 1 時間当り)	6,978	10,865	15,102

出典：調査団

車両の輸送能力

車両の詳細については、本レポートの 5.5.2 に述べられているが 1 列車は 2 両で構成され定員は立席を 1 平方メートル当り 4 人として 1 列車で 460 人となっている。ピーク時の輸送能力はその 150% とし、1 列車当り 690 人となる。

ピーク時の1運転間隔と1時間当りの輸送力との関係は表 5.3.2 のようになる。

表 5.3.2 1時間当りの輸送能力

運転間隔(分)	10	8	6	5	4	3.3	3	2.5
運転本数(本/時)	6	7.5	10	12	15	18	20	24
輸送能力(人/時)	4,140	5,175	6,900	8,280	10,350	12,420	13,800	16,560

出典：調査団

需要予測及び上記の輸送能力から、各年度のピーク時の運行本数を以下のように決定する。尚、5年後との需要予測はでていないため、同一比率で増加するものとして計算した。

表 5.3.3 各年度の運行本数及び輸送能力

年	2018	2023	2028	2033	2038
需要予測(ピーク時1時間当り)	6,978	8,695	10,865	12,780	15,102
運転間隔	5	4	3.3	3	2.5
輸送能力	8,280	10,350	12,420	13,800	16,560

出典：調査団

運転時分

駅間の運転時分は車両性能、線路条件からシミュレーションを行い、その結果に基づき基準運転時分を決定する。

運転時の最高速度は以下による。

高架区間	80km/h
地上区間	50km/h

高架区間では人や車が線路上に入ることは無い為設計上の最高速度で運行する。地上区間は柵で道路と仕切られているが、道路との交差部分があり、人が入り込む可能性もあるため最高速度は50km/hに抑えることとする。

シミュレーションに基づくオプション1 (St20-St21 間地上) における各駅間の基準運転時分を表 5.3.4、表 5.3.5 に示す。

表 5.3.4 基準運転時分（下り）

駅名	停車時分	走行時間	到着	発車
St1			---	0:00:00
St2	30	1:30	0:01:30	0:02:00
St3	30	0:45	0:02:45	0:03:15
St4	30	1:20	0:04:35	0:05:05
St5	30	0:50	0:05:55	0:06:25
St6	30	1:45	0:08:10	0:08:40
St7	30	1:00	0:09:40	0:10:10
St8	30	1:15	0:11:25	0:11:55
St9	30	1:00	0:12:55	0:13:25
St10	30	1:10	0:14:35	0:15:05
St11	30	2:35	0:17:40	0:18:10
St12	30	1:40	0:19:50	0:20:20
St13	30	2:10	0:22:30	0:23:00
St14	30	1:15	0:24:15	0:24:45
St15	30	2:10	0:26:55	0:27:25
St16	30	2:25	0:29:50	0:30:20
St17	30	1:10	0:31:30	0:32:00
St18	30	2:10	0:34:10	0:34:40
St19	30	1:10	0:35:50	0:36:20
St20	30	1:45	0:38:05	0:38:35
St21		4:25	0:43:00	---

出典：調査団

表 5.3.5 基準運転時分（上り）

駅名	停車時分	走行時間	到着	発車
St21			---	0:00:00
St20	30	4:25	0:04:25	0:04:55
St19	30	1:45	0:06:40	0:07:10
St18	30	1:10	0:08:20	0:08:50
St17	30	2:15	0:11:05	0:11:35
St16	30	1:10	0:12:45	0:13:15
St15	30	2:25	0:15:40	0:16:10
St14	30	2:10	0:18:20	0:18:50
St13	30	1:25	0:20:15	0:20:45
St12	30	2:10	0:22:55	0:23:25
St11	30	1:40	0:25:05	0:25:35
St10	30	2:40	0:28:15	0:28:45
St9	30	1:05	0:29:50	0:30:20
St8	30	0:55	0:31:15	0:31:45
St7	30	1:15	0:33:00	0:33:30
St6	30	1:00	0:34:30	0:35:00
St5	30	1:45	0:36:45	0:37:15
St4	30	0:50	0:38:05	0:38:35
St3	30	1:20	0:39:55	0:40:25
St2	30	0:45	0:41:10	0:41:40
St1		1:25	0:43:05	---

出典：調査団

オプション 2 では St20 - St21 の走行時分が約 1 分短縮され、全線の走行時分は下り 42 分、上り 42 分 5 秒となる。

線路配置

図 5.3.1～図 5.3.5 に各折り返し駅の線路配置を示す。

St1

St1 はプネ市の終端駅で、列車はどちらかのホームに入り乗客を下ろし、同じホームから乗車しそのまま折り返す。

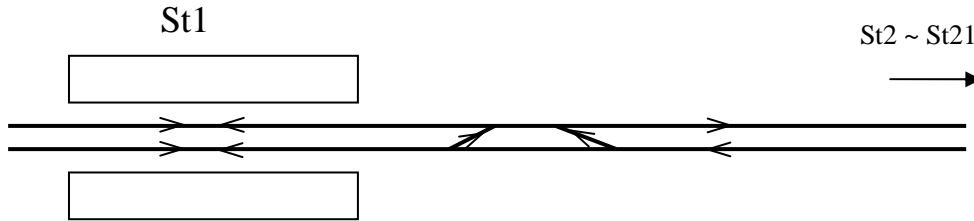


図 5.3.2 St1 線路配置

出典：調査団

St5

St5 は暫定開業時には終端駅となり、上記と同様いずれかのホームに入って、折り返す。

全線開業後は渡り線は非常時の列車折り返しように使われる。

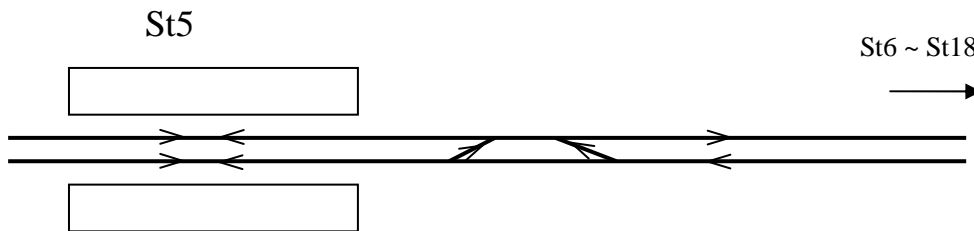


図 5.3.3 St5 線路配置

出典：調査団

St18

St18 は暫定開業時には折り返し駅となるため、駅西方に引き上げ線を設け、駅に到着した列車は駅で乗客を降ろし、引き上げ線に引上げた後、折り返し、上りホームで乗客を乗せ出発する。

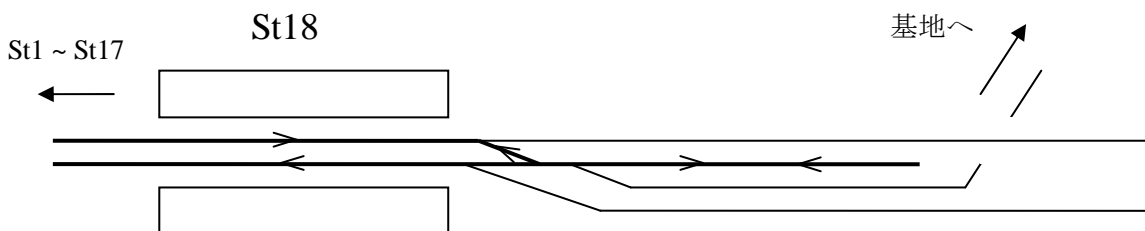


図 5.3.4 St18 線路配置

出典：調査団

St21

St21 はヒンジャワディの終端駅であるが、地上の場合と高架の場合により線形が異なる。

オプション 1 の場合 St21 は地上駅となるが、後方に折り F 返し線のスペースを確保するのが難しいことから、駅の手前に渡り線を入れるため、St1 と同様ホームでの折り返しとなる。

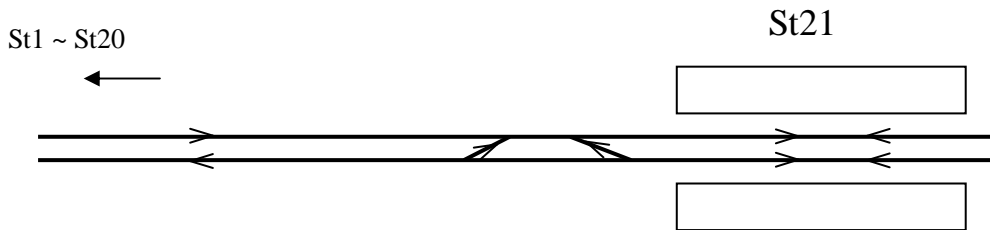


図 5.3.5 St21 線路配置 (地上)

出典：調査団

オプション 2 の場合 St21 は高架駅となる。この場合は後方に折り返し線を設けることが可能であり、後方で折り返したほうが、運転上面サービス面から有利なため後方に折り返し線を確保する。

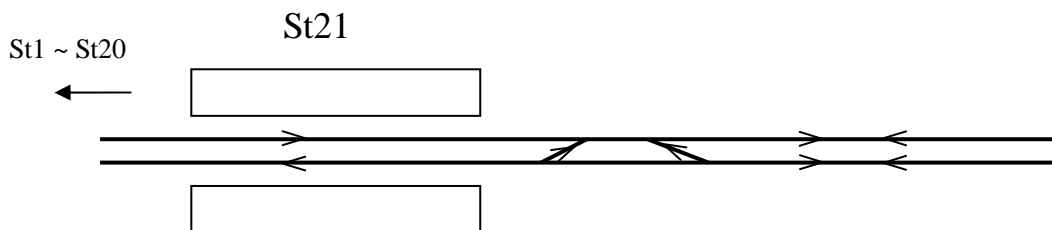


図 5.3.6 St21 線路配置 (高架)

出典：調査団

折り返し時分

折り返しに必要な最小の時分は、降車 30 秒、乗車 30 秒、運転台交換に 1 分を見込む。駅の手前に渡り線を設け、駅で折り返しの場合、運転台交換と降車、乗車は同時にできるため全体で 1 分とする。駅の後方に引上げ線を設ける場合は、引上げ線までの移動に片方向 30 秒を見込み、3 分以上とする。

上記折り返し時分及び基準運転時分から、1 往復に必要な時間は以下のようなになる

表 5.3.6 1 往復に必要な時間

	ステージ1 (St5-St18)	ステージ2 (St1-St21)	
		オプション1 (St20-St21 地上)	オプション2 (St20-St21 高架)
下り走行時分	27 分 45 秒	43 分	42 分
折り返し時分	3 分	1 分	3 分
上り走行時分	27 分 55 秒	43 分 5 秒	42 分 5 秒
折り返し時分	1 分	1 分	1 分
合計	59 分 10 秒	88 分 5 秒	88 分 5 秒

出典：調査団

車両投入計画

年度ごとのピーク時の運転間隔から運転に必要な本数は次の表のようになる。

表 5.3.7 運転に必要な編成数

		2018	2020	2023	2028	2033	2038	
ピーク時運転間隔		5	5	4	3.3	3	2.5	
ピーク時 1 時間当り運転本数		12	12	15	18	20	24	
運転に 必要な 編成数	ステージ1	13	-	-	-	-	-	
	ステージ2	オプション1	-	18	23	27	30	36
		オプション2	-	18	23	27	30	36

出典：調査団

予備編成は検修予備 8%、運用予備 1 編成とし、予備編成を含めた各年の必要な編成数は以下
のようになる

表 5.3.8 必要な編成数

	2018	2020	2023	2028	2033	2038
運転に必要な編成数	13	18	23	27	30	36
予備編成数	3	3	3	4	4	4
合計編成数	16	21	26	31	34	40

出典：調査団

運行時間

日中の運転時間は 6 時から 24 時とする。朝 7 時から 9 時及び夕方 17 時から 19 時をピーク時間
に設定し、この時間帯に運行できる最大の列車を運行する。またオフピーク時の運行本数はピー
ク時の半数とする。

非常時の運転について

車両故障等の異常が発生した場合の運転については以下のような計画とする。

駆動系の故障の場合

1 ユニットが故障の場合

そのまま終着駅まで運行し、以降の運転は打ち切り基地まで自力回送

2 ユニット～半分が故障の場合

最寄の駅まで運行 乗客を降ろし基地まで自力回送

健全ユニットが半分未満の場合

後続車で救援、最寄りの駅まで運行、後続車とも乗客を降ろし最短コースで基地まで回送

ブレーキ系（機械系）の故障の場合

1 ユニット～編成の半分まで故障の場合

最寄の駅まで運転し、以降運転打ち切り基地まで自力回送（速度制限）

健全なユニットが半分未満の場合

後続車で救援、最寄りの駅まで運行、後続車とも乗客を降ろし最短コースで基地まで回送

車両に求められる非常時の性能

上記の対応のため車両には通常の性能の他、以下のような性能が求められる。

満車、1 ユニット開放で最急勾配起動可能

高加速スイッチにより健全時と同等の加速を得る

満車、ユニットの半数開放で最急勾配起動可能

空車で故障した満車を連結し最大急勾配起動可能

5.4 土木施設計画

インドの都市鉄道は、1984 年に開業したコルカタ地下鉄を除き 2002 年に開業したデリー地下鉄が最初で模範案件として位置付けられており、デリー地下鉄が一つの設計標準、品質基準とも言える。デリー地下鉄に続く各都市鉄道はこの内容を見直しながら路線毎に Detailed Project Report (DPR) と称する F/S レポートを作成し対応しているのが実情である。本案件は LRT でありデリー地下鉄等の MRT と設計基準が異なるため、各国で採用されている LRT の基準を参考にしながら設定することとする。

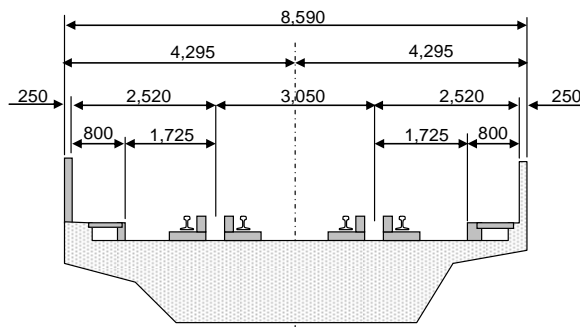
本 LRT の土木施設計画をするにあたり設計基準を表 5.4.1 のように設定する。

表 5.4.1 土木施設計画の設計基準

項目		設計基準
軌間(軌条間距離)		1,435mm(標準軌)
線間(線路中心間距離)		3,050mm(直線区間)
車両限界幅		2,650mm
車両限界高		3,800mm
建築限界幅		3,450mm
プラットフォーム長	地上電停	62m
	高架電停	65m
プラットフォーム幅	地上電停	2.5~3.0m
	高架電停	4.0~5.0m(階段・エスカレータを含む)

出典：調査団

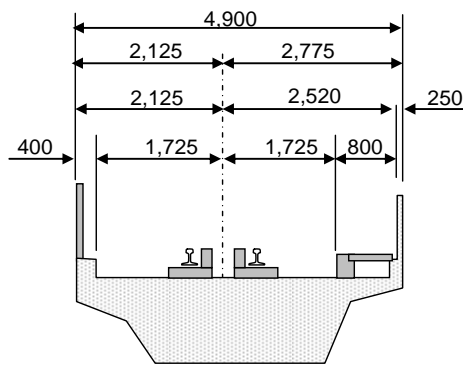
また、高架区間においては、線路脇に保守・避難用の通路および信号・通信の配線用トラフを確保するために 800mm 程度のスペースを設けることとする。図 5.4.1 および図 5.4.2 に複線高架部と単線高架部の断面寸法を示す。



(単位：mm)

図 5.4.1 複線高架部の断面寸法

出典：調査団



(単位：mm)

図 5.4.2 単線高架部の断面寸法

出典：調査団

5.1.1 の検討条件でも述べたように、土木施設は公共用地上に建設することを基本とし、かつ道路交通に極力影響を与えない構造とする。5.1.2 2)において高架区間および地上区間を選定したが、それぞれの基本構造を以下に示す。

5.4.1 高架部

都市内高架の建設計画にあたっての基本条件は以下のとおりである。

- 現地での材料、労務調達と既存技術の活用を考慮し、高架構造はコンクリート構造物及びプレストレストコンクリート構造を基本とする。
- 工期短縮のために橋梁は同一構造を標準化する（高架桁断面、スパン）
- 下部工・基礎工規模は既存道路交通に支障を及ぼさないために極力コンパクトとする。
- 施工時の道路交通を極力規制しない施工方法を採用する。

1) 上部構造

完成時の下部工ピッチ、LRT 活荷重、上部工建設資機材の規模を考慮し、高架の上部工は PC 箱桁で標準スパン 25m を基本とする。

上部構造タイプは表 5.4.2 に示す橋梁比較の結果、PC 箱桁とする。

2) 下部工・基礎工

完成時の道路用地内の専有寸法と施工時の建設用地を極力小さくすること考慮し、単柱式橋脚とする。

既存の地質報告書から構造物基礎の支持層となり得る岩層は平均して地表下約 5m の浅い位置に確認されている。従って基礎形式は、フーチング下面の岩層から上部を砕石等で置き換えた直接基礎が採用できる。または仮締切工の負担を軽減させるために、中空 PC ウェル工法等の採用も可能である。

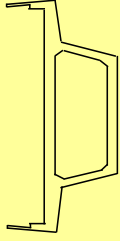
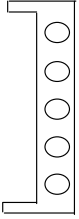
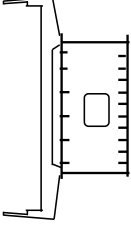
表 5.4.2 高架部の上部構造タイプ1次比較表

橋梁タイプ	架設方法	適用スパン (m)		工法の特徴	適用性
		適用スパン (m)	(桁高スパン)		
鉄筋コンクリート桁	床版桁 	固定支保工 場所打桁	10 ~ 15	1/11 ~ 1/16	中長規模スパンに適用不可 不採用
	中空床版桁 	クレーン架設 架設桁架設	10 ~ 20	1/15 ~ 1/18	中長規模スパンに適用不可 不採用
プレストレスコンクリート桁	ポストテンションT桁 	クレーン架設 架設桁架設	20 ~ 40	1/14 ~ 1/18	曲線構造の対応が困難 不採用
	中空床版桁 	固定支保工 場所打桁	20 ~ 35	1/20 ~ 1/24	曲線構造に対応可能 2次比較案として抽出
	PC箱桁 	固定支保工 場所打桁	20 ~ 50	1/16 ~ 1/25	曲線構造に対応可能 2次比較案として抽出
鋼	鋼桁 	プレキャスト セグメント工法	20 ~ 60	1/17 ~ 1/23	曲線構造に対応可能 2次比較案として抽出
	鋼箱桁 	張出し架設	40 ~ 60	1/18 ~ 1/36	曲線構造の条件に よって採用可能 施工場所の条件に よって採用可能
鋼	鋼桁 	固定ベント架設	20 ~ 45	1/16 ~ 1/20	曲線構造の対応が困難 不採用
	鋼箱桁 	固定ベント架設	25 ~ 55	1/16 ~ 1/25	曲線構造に対応可能 比較的高コスト 2次比較案として抽出

凡例
 : 一般的適用範囲
 : 採用可能範囲

出典：調査団

表 5.4.3 高架部の上部構造タイプ2次比較表

比較案		1		2		3		
橋梁タイプ		PC箱桁		PC中空床版桁		鋼箱桁		
桁断面								
構造特性	曲線対応	最適	◎	可能	○	Suitable	○	
	ねじり抵抗性	最も大きい	◎	可能	○	最も大きい	◎	
施工期間		施工期間は通常である	◎	施工期間は通常である	○	現場での施工はPC桁に比べ短いが、桁製作の工場が必要になり、工場から現場まで桁を輸送する必要がある。	△	
コスト	初期コスト	1.00	○	1.00	○	1.50	×	
	メンテナンスコスト	-		-		0.30		桁の再塗装が必要50年間に3回程度(1回/10~15年)
	トータルコスト	1.00		1.00		1.80		
評価		採用案						

出典：調査団

上記の条件より軌道部高架の標準断面を以下に示す。

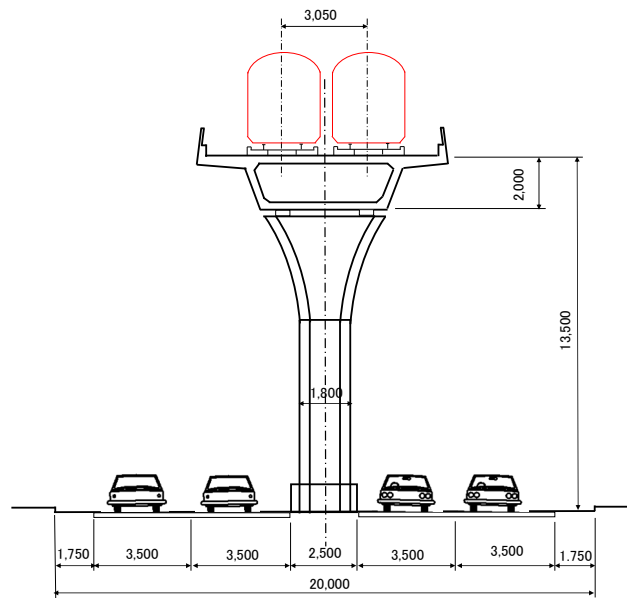


図 5.4.3 電停高架部 標準断面図

出典：調査団

3) 標準電停高架部

橋脚は一般軌道部と同様に 1 柱式とする。コンコース階と軌道階を支持する梁は張出し長が大きくなるためプレストレス構造とする。

高架電停の構造は、一本の柱でプラットフォーム階およびコンコース階を支える一柱式を採用する。軌条面高は道路の建築限界高（5.5m 以上）、桁高、コンコース階での桁下空頭および軌道構造高を考慮し、道路面高より 13.5m 程度とする。電停幅は、プラットフォーム幅を 4～5m（階段、エスカレータ幅を含む）、複線軌道幅を 5.8m とし 15～17m 程度とする。プラットフォーム長は編成長の 60m に余裕長の 5m を加え 65m とする。コンコースについては、乗降客が多い電停では設けるが、少ない電停では簡素化することとする。なお、各電停におけるエレベータ、エスカレータの設置については表 5.4.4 のように設定する。

表 5.4.4 電停に設置するエスカレータ、エレベータ

電停	設置装置	電停	設置装置	電停	設置装置
St. 1	エスカレータ、エレベータ	St. 8	-	St. 15	エスカレータ、エレベータ
St. 2	エスカレータ、エレベータ	St. 9	エレベータ	St. 16	エレベータ
St. 3	エレベータ	St. 10	エレベータ	St. 17	エレベータ
St. 4	エレベータ	St. 11	エスカレータ、エレベータ	St. 18	エスカレータ、エレベータ
St. 5	エレベータ	St. 12	-	St. 19	エレベータ
St. 6	-	St. 13	エレベータ	St. 20	エレベータ
St. 7	-	St. 14	-	St. 21	エレベータ(高架の場合)

出典：調査団

図 5.4.4 は高架電停の標準断面であるが、建設される場所に応じコンコース階と歩道とを結ぶ連絡通路を設けるものとする。

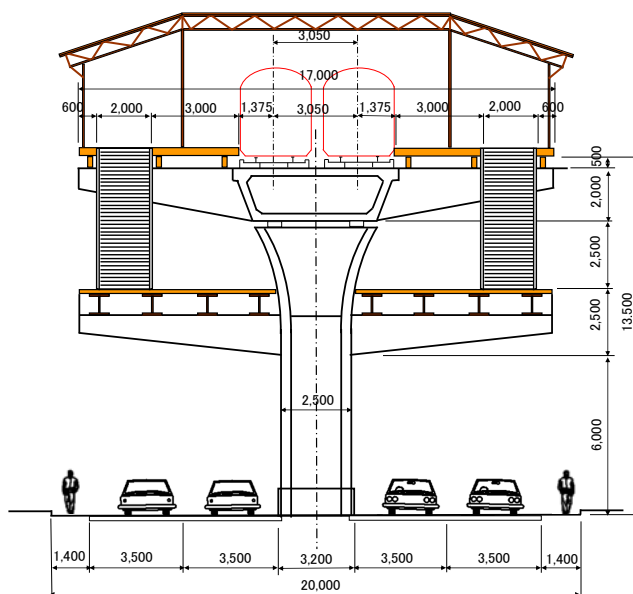


図 5.4.4 高架電停 標準断面図

出典：調査団

4) St-1.駅位置の検討・決定

(1) 検討条件

始発駅となる St-1 はプネ市街中心部に建設するが、詳細位置決定に当たっては以下の条件を考慮する。

- ✓ 乗降客が市街中心にある公共施設や大型商業施設等にアクセスするのに最も便利な位置であること。
- ✓ 乗降客の道路面から駅コンコース、プラットフォームへの移動が容易であること。
- ✓ プネ地下鉄駅への乗り換え利便性
- ✓ 駅の構造と施工に無理が無いこと
- ✓ 始発駅としての車輛折り返し機能

比較検討案

次の 3 案を比較検討する。

Option 1: Shivaj Maharaj Road に設置

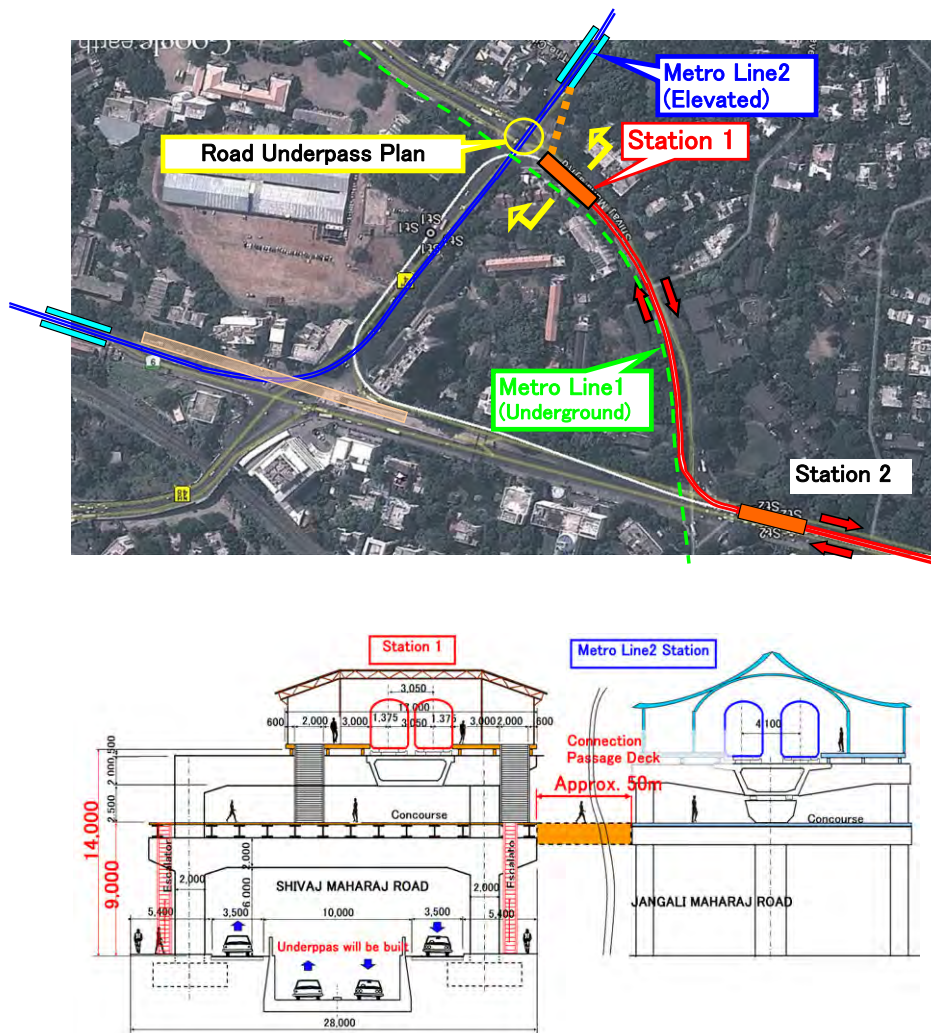


図 5.4.5 Option-1 の平面図と断面図

出典：調査団

評価

- ✓ 立地条件：市街の最中心部に位置する (◎)
- ✓ 乗降客利便性：道路面から駅コンコース、プラットフォームへの移動は容易である (○)
コンコース階からプラットフォームまでの昇降距離は通常である (○)
- ✓ プネ地下鉄駅への乗換利便性：地下鉄 2 号線駅の近傍に位置するため乗換え移動距離が短く、且つ両者のプラットフォームは同レベルである (◎)
- ✓ 構造的・施工性：道路用地中央にアンダーパス構造があるが、当駅工事の前に完成の予定。これを跨ぐためラーメン構造の橋脚となるが特に構造的課題と施工上の問題は無い。(○)
- ✓ 始発駅機能：電車の折り返し運転の為に分岐器設置が必要であるが、一般的軌道施設の範疇であり問題ない。(○)

Option 2 : Jangali Maharaj Road に設置

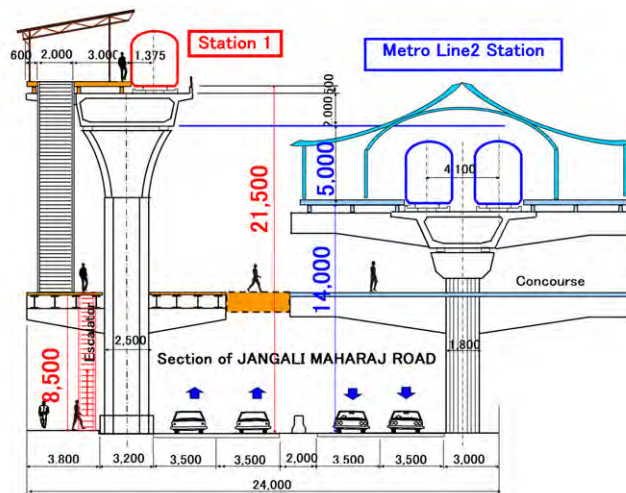
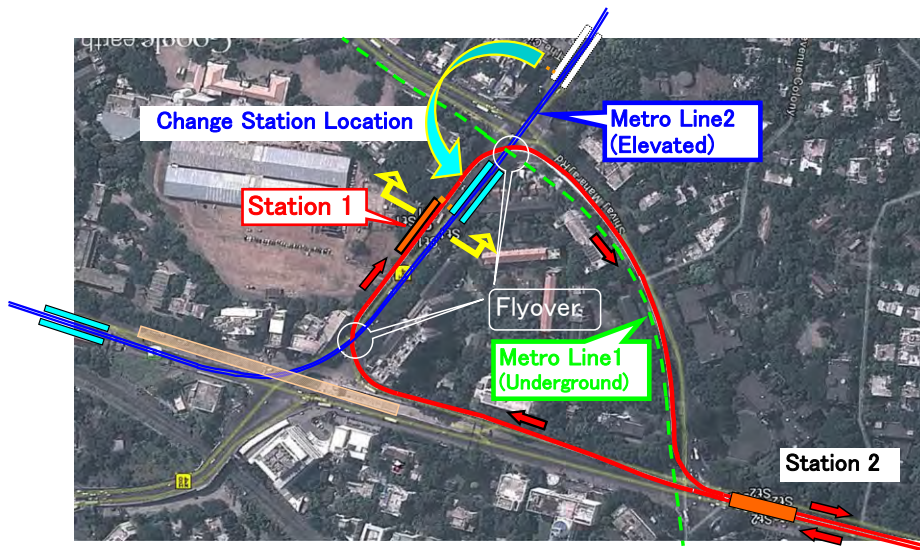


図 5.4.6 Option-2 の平面図と断面図

出典：調査団

評価

- ✓ 立地条件：市街のほぼ中心部に位置する (○)
- ✓ 乗降客利便性：道路面から駅コンコース、プラットフォームへの移動は容易である (○) しかしコンコース階からプラットフォームまでの昇降距離が長い (×)
- ✓ プネ地下鉄駅への乗換利便性：地下鉄 2 号線駅の近傍に位置するため、プラットフォーム間の乗換え移動距離は短い (○) しかし、両者のプラットフォームに高低差があるため昇降距離は大きい (×)
- ✓ 構造的・施工性：地下鉄 2 号線高架を跨ぐ構造となるため駅高架構造高さが 20m 以上と高くなる。(×)
- ✓ 始発駅機能：単線軌道ループ上の一方方向による折り返し運転となる。軌道構造は単純だが、ループ上でトラブルが発生した場合の、復旧までの対応に課題が残る。(×)

Option 3 : Samgaam Bridge Road に設置

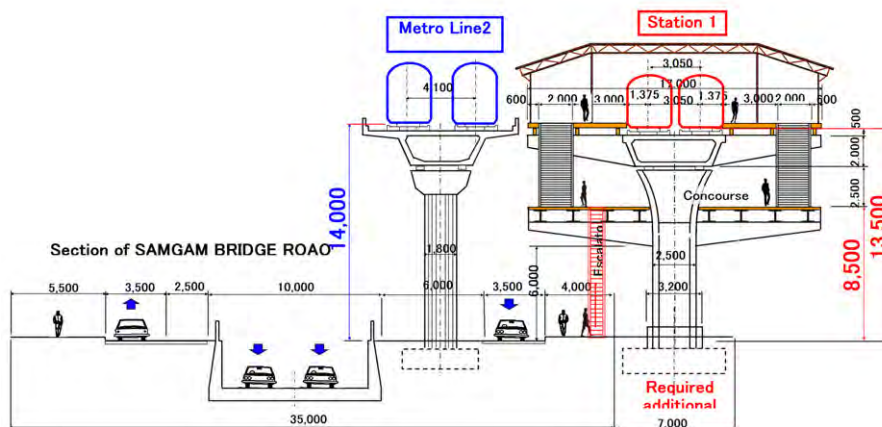
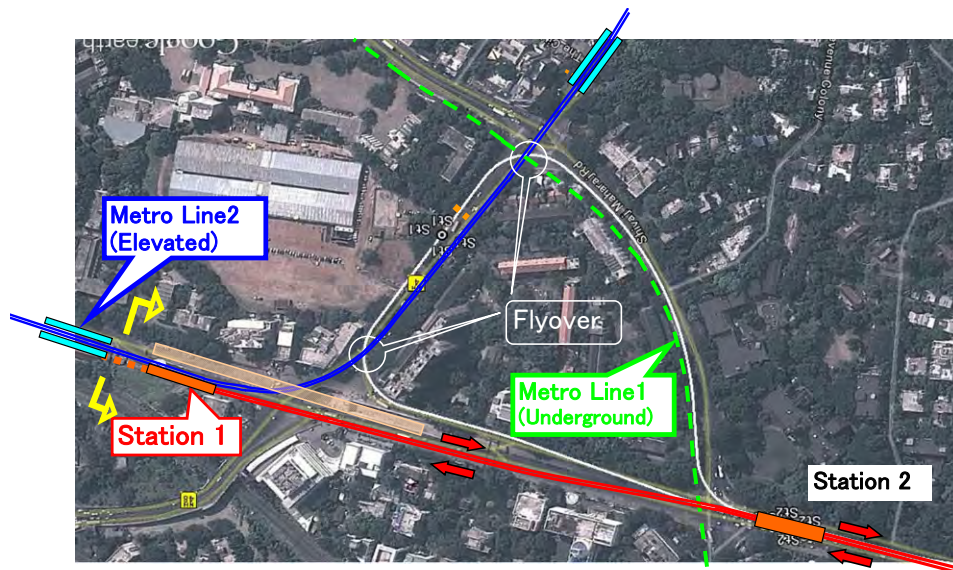


図 5.4.7 Option-3 の平面図と断面図

出典：調査団

評 価

- ✓ 立地条件：市街の最中心部から離れた場所に位置する (×)
- ✓ 乗降客利便性：道路面から駅コンコース、プラットフォームへの移動は容易である (○)
コンコース階からプラットフォームまでの昇降距離は通常である (○)
- ✓ プネ地下鉄駅への乗換利便性：地下鉄 2 号線駅の近傍に位置するため乗換え移動距離が短く、且つ両者のプラットフォームが同じレベルである (◎)
- ✓ 構造的・施工性：標準的高架駅構造であり構造的施工上の問題は無い。(○) しかし、橋脚を建設するための追加用地取得が必要となる。(×)
- ✓ 始発駅機能：電車の折り返し運転の為に分岐器設置が必要であるが、一般的軌道施設の範疇であり問題ない。(○)

(2) St-1 駅位置の決定案

以上の比較検討の結果、立地条件、乗客利便性、地下鉄との乗換利便性、構造・施工性のいずれの条件も優位である Option-1 を採用し St-1 駅の位置を決定する。

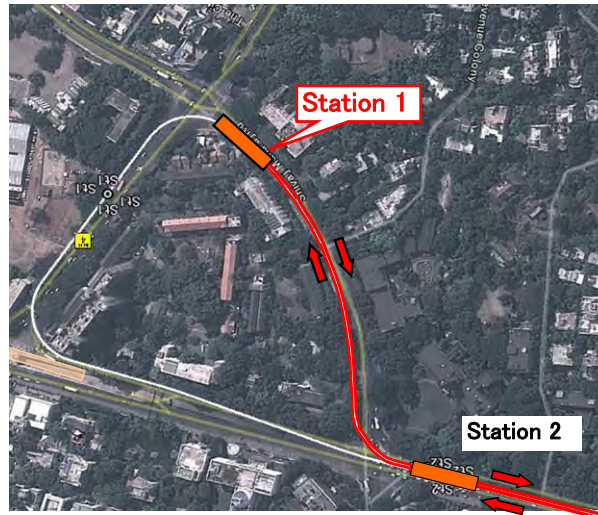


図 5.4.8 Station-1 の決定位置

出典：調査団

5) Mula 河橋梁

St-10 付近で軌道 Mula 河を渡河する橋梁は現況道路橋の上流側に建設する。

渡河部の橋梁形式は (a) 一般軌道高架部と同様なスパン割りとする案、(b) 河川内の下部工基数を少なくした長スパンの連続桁とする案の 2 案が挙げられる。

(a) 一般軌道高架部と同様なスパン割りとする案

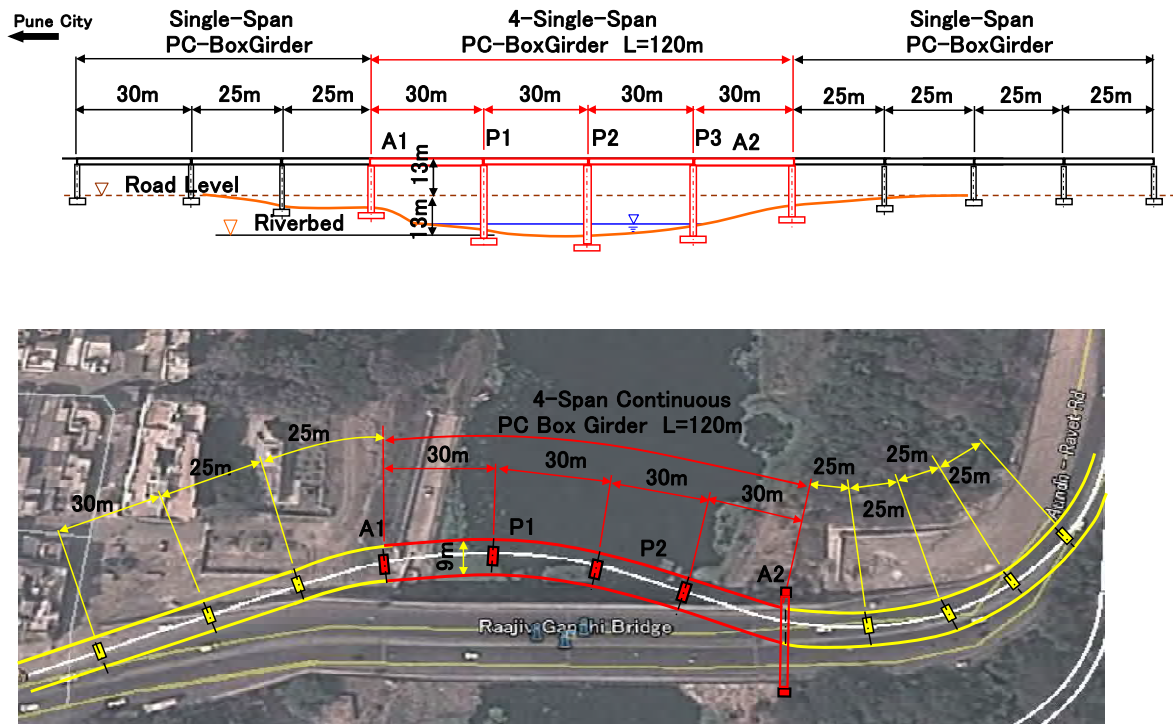


図 5.4.9 一般的スパン桁案の側面図・平面図

出典：調査団

特 徴

- ✓ 一般部と同じスパンの PC 箱桁なので上部工の製作設備が兼用できる。(○)
- ✓ 河川内の橋脚基数が多く、橋脚建設時の仮締切り工の数が多い（工期が伸びる可能性が有る）(×)
- ✓ 橋脚建設、桁架設時の仮栈橋を河川の全幅相当に設置する必要がある。(×)
- ✓ 工事中は河川障害率が大きくなるため、河川管理者との協議の上安全の確認が必要である。(×)

(b) 長スパンの連続桁とする案

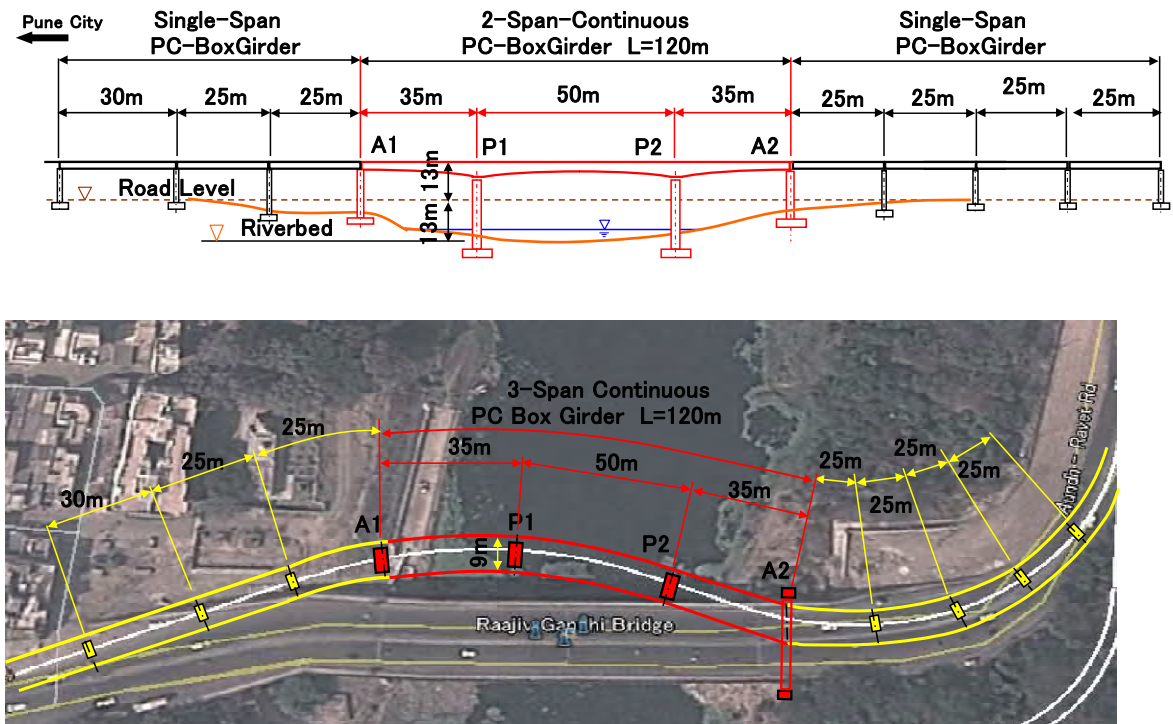


図 5.4.10 長スパン連続桁案の側面図・平面図

出典：調査団

特 徴

- ✓ 作業用台車を使用して橋脚柱頭部から順次上部工を張り出す片持ち梁工法であり、架設時の桁下空間を利用できない場合に採用される工法として多くの実績がある。(○)
- ✓ 作業用台車等の上部工建設用の機材が必要となるため、上部工費用は (a) 案に比べ割高となる。(×)
- ✓ 河川内の橋脚基は 1 基のみなので、仮栈橋は川幅の半分のみで済む。このため河川阻害率は小さいので工事中の河川への負担は小さい。(○)
- ✓ 橋脚数は少ないが仮締切り工は大規模となる。(×)

河川橋梁のスパン、工法計画は今後の基本・詳細設計時において河川の詳細調査を行うとともに河川管理者及び関係機関との協議に基づき最終決定するものとする。

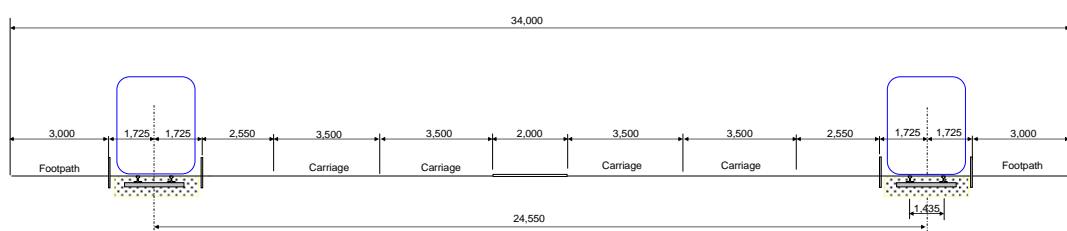
河川管理者とは以下の項目について協議する予定である。

- ✓ ムラ河の橋梁新設予定位置における過去の水位データの確認
- ✓ 将来の河道改修計画の有無の確認
- ✓ 新設橋梁建設時の河川内区域の土地の借用
- ✓ 雨季における河川内工事の許可の可能性と必要提出書類の確認

5.4.2 地上部

1) 一般地上部

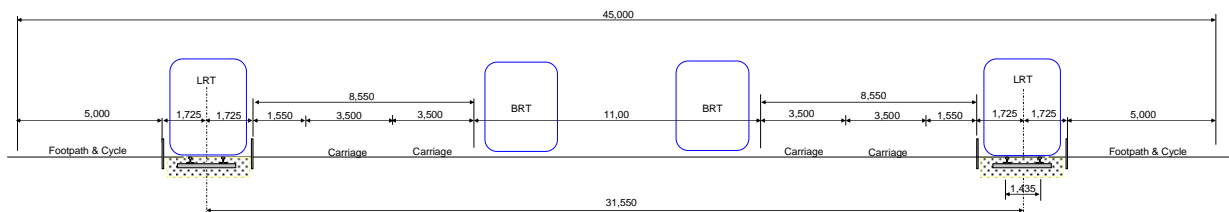
一般地上部は道路両路寄せとし、道路交通および人の侵入を防ぐために車道側と歩道側の両方に柵を設ける。図 5.4.11 および図 5.4.12 に一般断面図を示す。なお、軌道構造については 5.5.1 の軌道設備を参照されたい。



(単位：mm)

図 5.4.11 PMC 内での一般地上部

出典：調査団



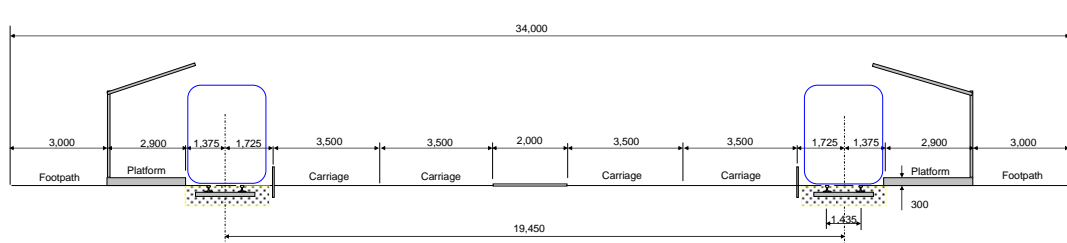
(単位：mm)

図 5.4.12 PCMC 内での一般地上部

出典：調査団

2) 地上電停

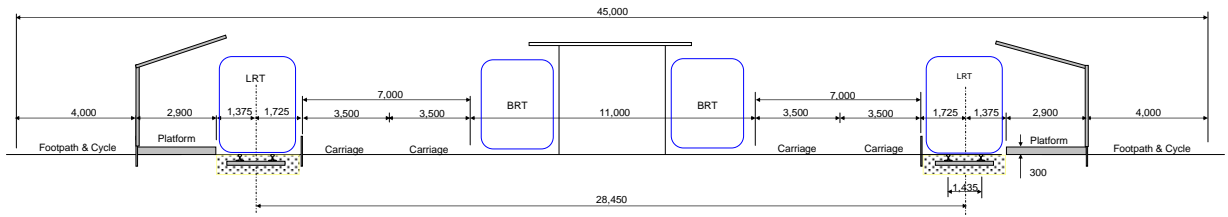
上電停は道路の両脇に島式フォームとして建設する。プラットフォーム幅は 2.5~3.0m とし、プラットフォーム長は編成長の 60m に前後 1m ずつ余裕長を加え 62m とする。プラットフォームの高さは車両の規格に合わせる必要があり、300mm 以下が想定されている。地上電停の一般断面図を図 5.4.13 および図 5.4.14 に示す。



(単位：mm)

図 5.4.13 PCM 内での地上電停

出典：調査団



(単位：mm)

図 5.4.14 PCMC 内での地上電停

出典：調査団

3) 交差点処理の検討

St.12 付近では地上軌道が交差点を通過する。軌道と交差する車線については信号機による交通処理を行い、軌道上電車の交差点の通過を優先させる。

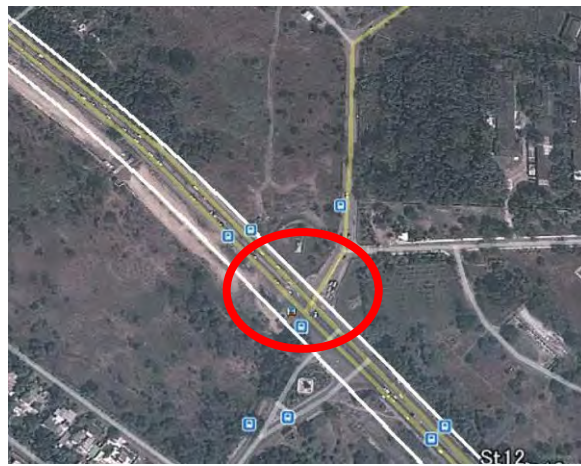


図 5.4.15 交差点位置図

出典：調査団

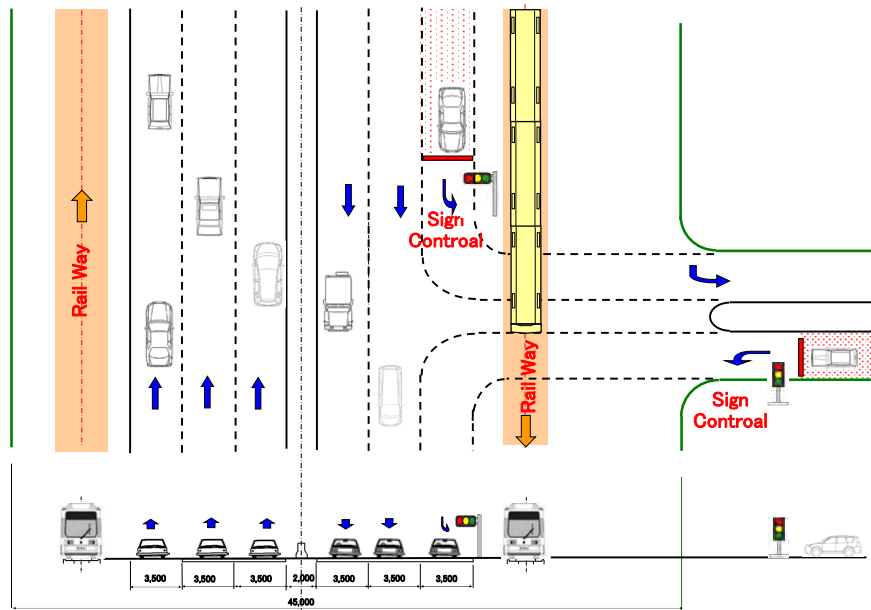


図 5.4.16 交差点平面図—信号処理

出典：調査団

5.4.3 車両基地

車両のメンテナンス及び留置のため沿線に車両基地及び工場を設置する。線路のメンテナンスは主に営業時間外に行う為、メンテナンス用の車両の通過、作業に支障のないよう列車は本線から引き上げ基地に留置することになる。また車両のメンテナンスの施設も基地に設置する。同時に線路メンテナンス用の車両、機材も基地内に留置保管する。

基地の位置

車両の留置とメンテナンスのため、車両基地は約 11ha 以上の広い用地を必要とする。PMC 内のブネ大学敷地、PCMC 地区の軍用地、ヒンジャワディ地区の 3 箇所を候補地として検討した。検討の結果、ヒンジャワディ地区でこれから開発する予定のフェイズ 4 地区内に設けることで計画する。基地の場所は St18 の南方の開発予定地に計画する。基地用地は留置線、工場等の基地設備に必要な用地の他に、緑化のためのスペースも含めて約 12ha の用地を計画し、駅に隣接した部分は商用施設やオフィスのスペースに供する。基地への連絡線は St18 の西から上下本線の間に接続し、本線の下をくぐって基地に至る。なお、提案する車両基地の位置については図 5.1.4 を参照されたい。

車両基地の設備

車車両基地には以下の設備、線を設ける。

- 留置線：車両を留置する
- 検査線：仕業検査、交番検査等の定期検査を行う。
床下検査のためピットを有する。
- 洗浄線：手洗いによる清掃を行う
- 車両洗浄装置：車両が通過することにより車両の外まわりを洗浄する
- 床下車輪旋盤：台車を分解することなく車輪の削正を行う。
- 工場：車両の全般検査、要部検査、大規模な修繕を行う。
- 解艀装線：車体を台車から分離する。工場内に含まれる。
ピットを有し車体を持ち上げるためのジャッキを設置する。
- 保守用車留置線：線路保守に必要な車両を留置する。
- 軌陸車車庫：救援、線路保守等に使用する軌陸車を格納する。

検査の種類

車両は定期検査として以下の検査を行う。

- 仕業検査：出発前に機能（特にブレーキ）を確認する。
- 交番検査：各機能検査及び磨耗部品の検査
- 要部検査：台車及び重要部品の解体検査
- 全般検査：全ての部品の解体検査

定期検査の他に事故、不具合があれば臨時検査を行う

各検査の周期及び所要日数／時間は以下による。

表 5.4.5 検査の周期及び所要期間

検査の種類	周期	所要期間
仕業検査	毎日	1 時間
交番検査	3ヶ月	8 時間
要部検査	3 年	20 日
全般検査	6 年	30 日

出典：調査団

留置線及び検査線の数

基地の規模は 2038 年に配置編成数が 40 編成になった場合に十分な容量が確保できるように想定する。

配置 40 編成の場合の検査線の所要数は以下のようにになる。

表 5.4.6 検査線の数

線	検査	容量の想定	必要な線数
検車線	仕業検査	40 編成の場合実運用は 35 編成(残りは予備編成)のため仕業検査が必要なのは 1 日 35 本。ただし、ピーク時間帯はこれらは全て使用しているため検査ができない。ピーク時間帯を 6 時間とすると、2 線あれば 36 時間の使用が可能	2 本
	交番検査	8 時間 × 40 / 90 = 3.6 (時間 / 日)	1 本
工場	要部検査	20 日 × 40 / (6 × 365) = 0.37	1 本
	全般検査	30 日 × 40 / (6 × 365) = 0.55	

出典：調査団

検車線は、仕業検査、交番検査合せて 3 本必要であるが、上記表に臨時検査を合せて 4 編成分確保する必要がある。

要部検査の周期は 3 年であるが 6 年ごとに全般検査があるため、実質的に要部検査は 6 年ごとに行うこととなる。また、工場の解艀装線は計算上要部検査、全般検査を合せると 1 本となるが、効率よく入場時期を調整することは困難であり、臨時修繕も発生するので 2 編成分を確保する必要がある。

以上により以下の線数を確保する

- 留置線： 36 編成分
- 洗浄線： 4 編成分
- 検車線： 4 編成分
- 解艀装線： 2 編成分

2038 年以降、需要が更に増えた場合は運転時隔を短くして列車本数を増やすことを想定し、10 編成分の留置線スペースを確保した基地レイアウトとする。

基地線路レイアウト

基地内の配線計画は以下による。

最小半径		20m
使用分岐器		4#
線路間隔	留置線	3.5m
	洗浄線	5m
	検車線	7m
有効長	1 編成 60m であるが、需要増加時に対応できるように各線とも 70m を確保する。	

また、上記により基地内の各線の容量及び本数は以下とする。

留置線	2 編成×18 本
洗浄線	2 編成×2 本
検車線	1 編成×4 本
解艀装線	1 両×4 本
車輪削正盤用線路	1 編成×1 本
保守用車留置線	2 本

図 5.4.17 に基地の位置及びレイアウトを示す。

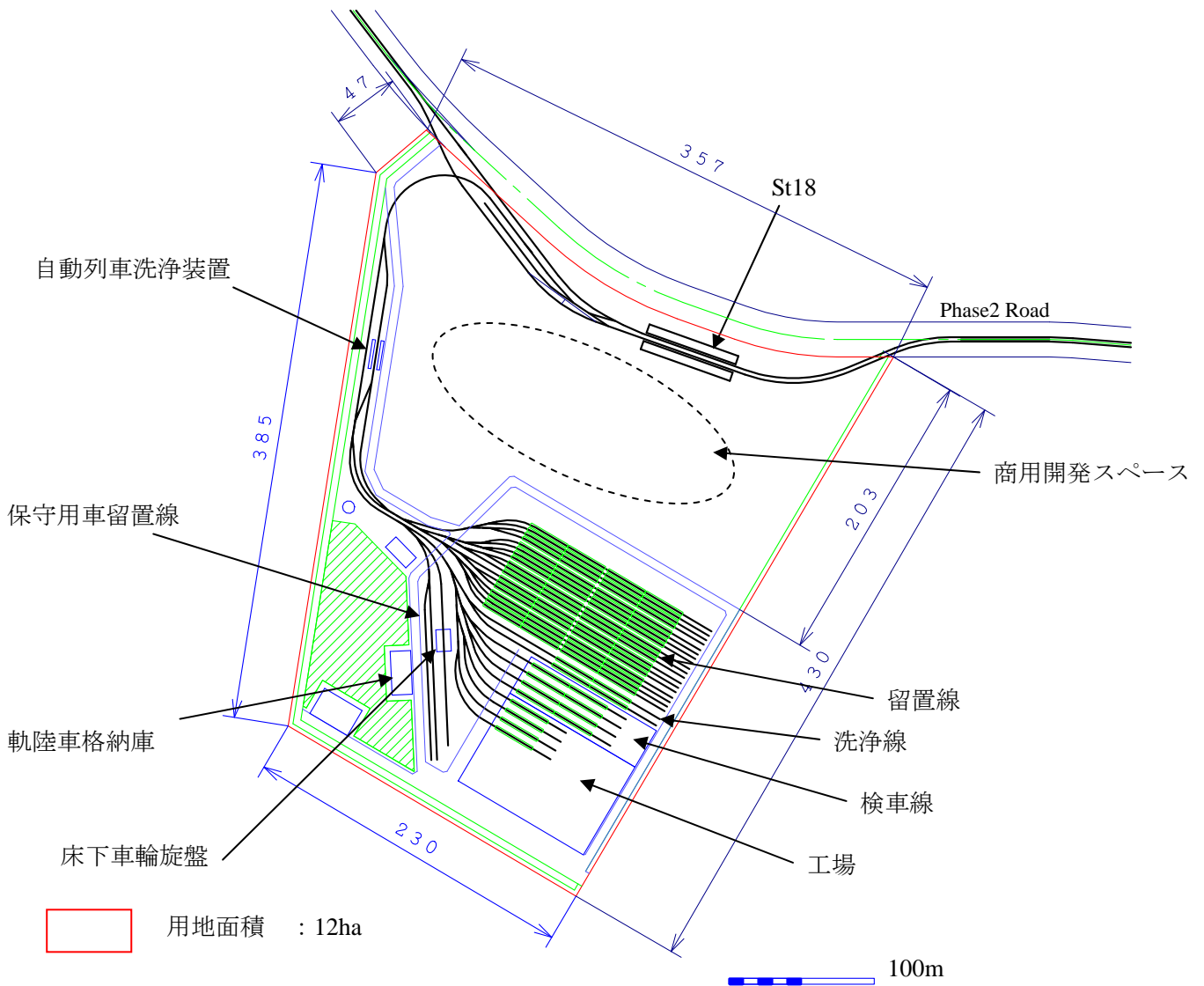


図 5.4.17 車両基地線路配置

出典：調査団

線路保守

車両基地内には線路保守用の車両及びその留置設備を設ける。

線路保守用車両として以下のものを想定する。

機材運搬車：レール等の重いものを運ぶための車両（無動力）

検測車：走行することにより軌道の偏移を測定する。

軌陸車：タイヤとガイド用の車輪を持ち、線路上、道路上どちらでも走れる車両
機材運搬車や場内での LRT の牽引車としても使用できる。

図 5.4.18 に軌陸車の例を示す。



図 5.4.18 軌陸車の例 (マニラ LRT 1 号線)

出典：調査団撮影

5.5 鉄道システム計画

5.5.1 全体システム概要

1) 最適な交通システム

第3章での需要予測結果から、ピーク時間1時間当たりの方向別旅客需要（PPHPD）は、2018年約7,000人、2038年約15,000人という予測結果となった。

プネ・メトロ案件のF/Sレポートである“Detail Project Report on Pune Metro Project（2009年7月）”（Delhi Metro Rail Corporation）によると、バス輸送では旅客需要8,000人以下が望ましいとされており、これよりも需要が増えると道路交通や環境汚染の心配が懸念されるとされている。

一方、日本の国土交通省資料より、旅客需要（PPHPD）と表定速度の関係から最適な交通システムを示した図を下に示す。本調査で予測されたピーク時間の旅客需要（2038年約15,000人）を鑑みるとLRTシステムが需要の面からは最も適した交通システムとなる。一方、MRTは輸送能力という点で旅客需要2万人以上の場合に力を発揮できるシステムである。

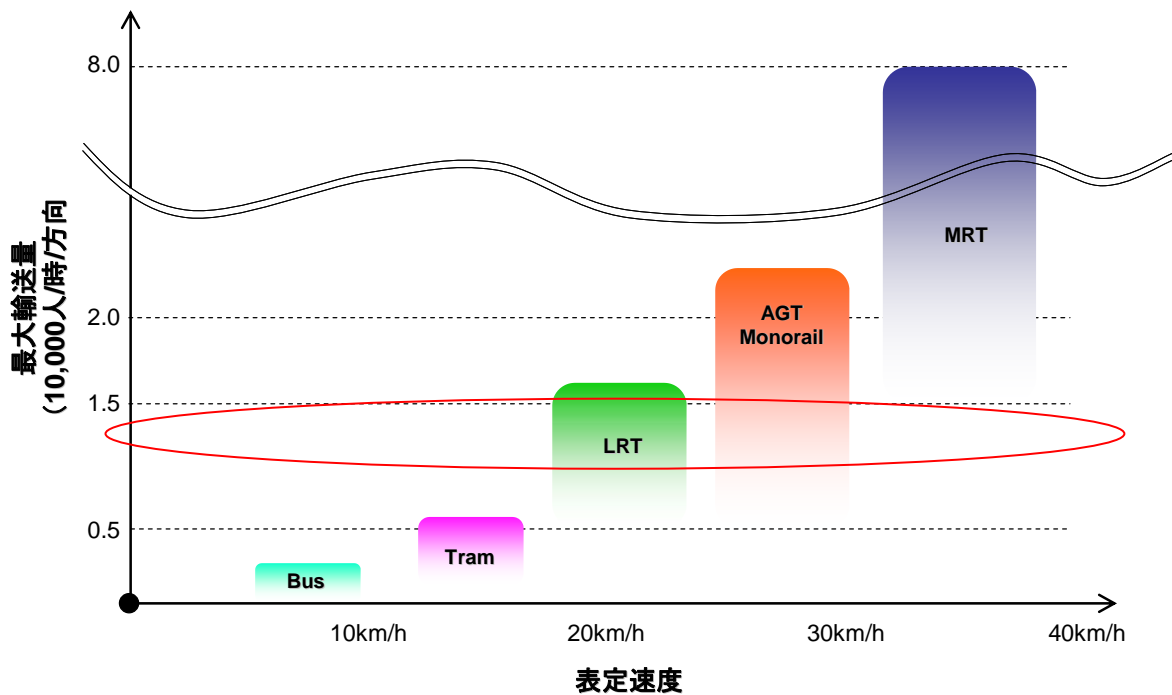


図 5.5.1 旅客需要と適応交通システム

出典：調査団

また、路線計画という点でも提案している路線ではLRTシステムが適している。路線計画は5.1.1章にて基本方針が述べられているが、「公共の道路用地内」を通すことを基本としている。民有地を通過する場合、土地収用が必要になり、この土地収用が交通システムの建設時に大きな問題になることが多い。

LRT システムは最小曲線半径が 20m となり、MRT（一般的に 200m とされている）よりも柔軟に線形計画を立てることが可能である。柔軟な線形計画は、民有地を買収せず、公共の道路用地を最大限に活用し、土地収用を最小化した交通システム構築が可能となる。

下図に本調査対象路線と曲線半径が比較的小さい地域を示している。路線上では、各所で曲線半径が 200m を下回るケースがあり、最小半径は Shivaji Nagar 周辺での 50m となっている。今回、LRT システムを採用することによって沿線の土地収用を最小化した。（路線全体の平面線形図は、図 5.1.10～5.1.14 を参照。）

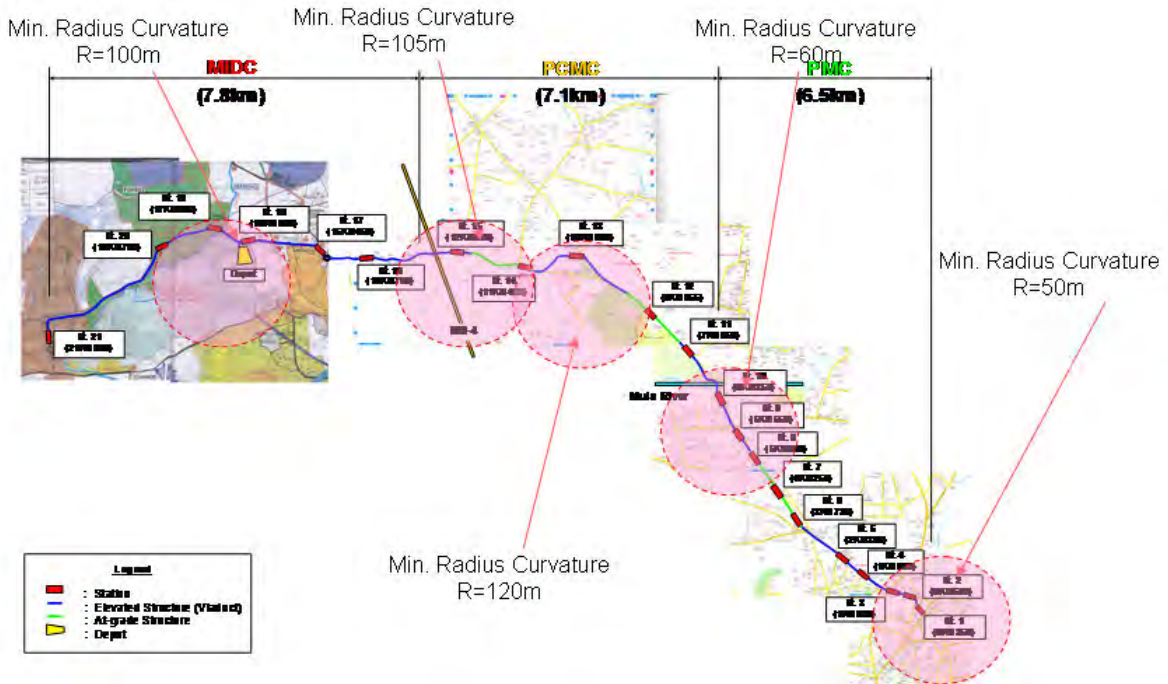


図 5.5.2 路線と最小曲線半径

出典：調査団

以上のように、交通需要予測、そして路線計画（または土地収用）の観点からも LRT システムが本コリドーに最も適した交通システムであるといえる。

2) LRT システムのコンセプト

本調査では、中量交通システムとして LRT システムを採用する。LRT システムは通常、MRT と同様に架線から電力供給を受け、運行するシステムである。今回は、土地収用の最小化、電力状況への柔軟対応、消費電力の削減やライフサイクルコスト低減などを加味し、蓄電池（バッテリー）を車上に搭載した LRT システムを採用する。このシステムは搭載したバッテリーにより車両を運行するもので、電力供給が不安定な状況でも継続的に運行可能である。（本システムを“バッテリートラム・システム”と呼ぶ。）

バッテリートラム・システムのコンセプトを下図に示す。車上の蓄電池への給電は、各電停の停車時に、電停に設置した給電ポストで、乗客の乗降時間の間で行う。また、車上に搭載した蓄電池への充電方法として、走行中の制動の際に生じる回生エネルギーを蓄電池へ吸収させ、エネルギー効率を大幅に向上させることが可能となる。

また、駆動に使用するモーターも、損失が少ない高効率で、メンテナンスが容易なモーターを採用することで、コストの削減が可能となる。

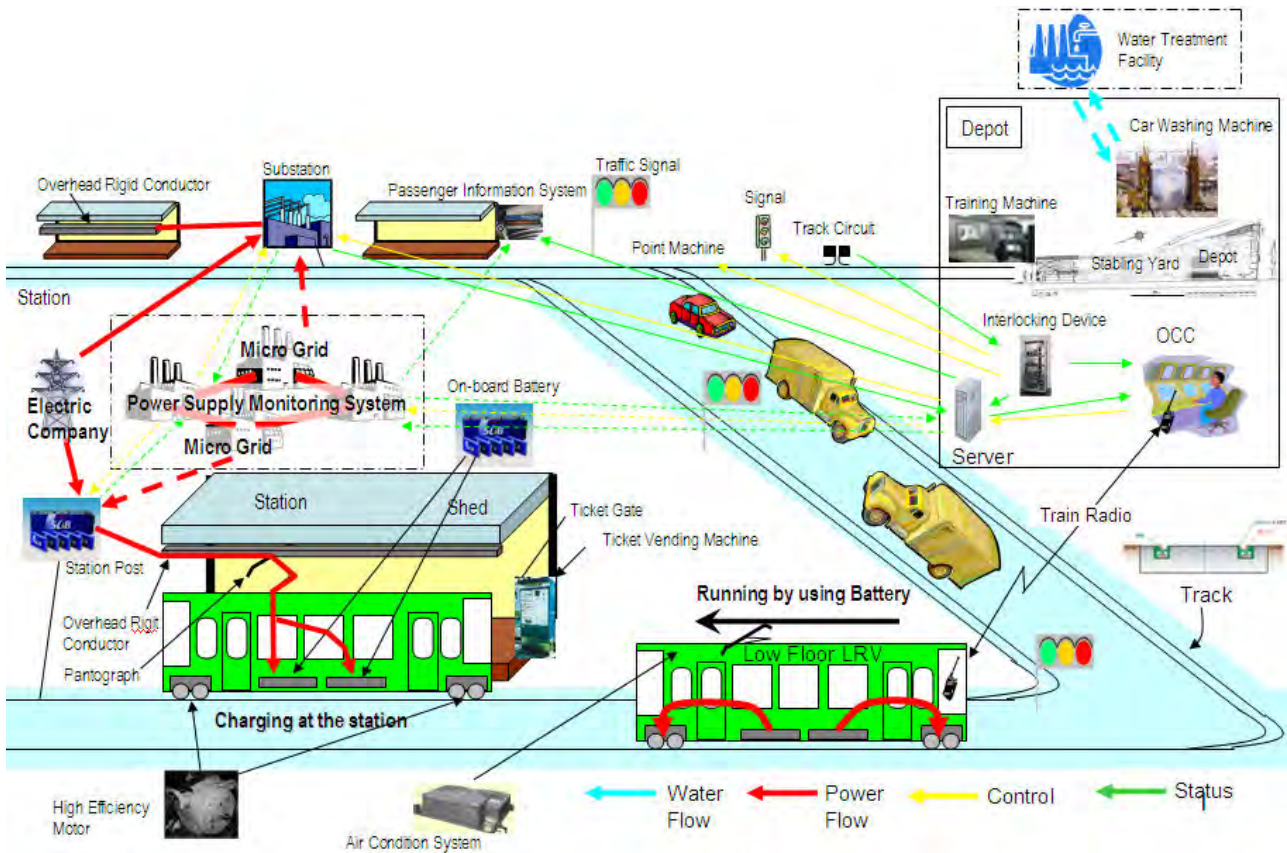


図 5.5.3 LRT システムの基本コンセプト

出典：調査団

3) LRT システムの特徴




バッテリートラム・システムは、車上に搭載した蓄電池から駆動及び制御や空調等の周辺機器への電力を全て供給するものであり、従来のように架線から電力を集電しながら走行する必要がないものである。

このため、下記の利点がある。

- ① 電力事情にかかわらず、安定走行が可能
- ② 高額な架線の建設・保守費用の抑制が可能
- ③ 街の景観の維持が可能
- ④ 回生エネルギー使用による消費電力の削減が可能
- ⑤ き電変電所の削減が可能
- ⑥ 変電設備スペースの削減が可能
- ⑦ ライフサイクルコストを最小化することが可能

従来の LRT システム及び MRT システムとの特長比較を下表に示す。

表 5.5.1 軌道系交通システムの比較 (1/2)

Items	Systems	Battery Tram System	Conventional LRT System	MRT System
Image				
Power Source		<p>On-board Battery *Battery is recharged at station through overhead catenary</p>	<p>Overhead Catenary</p>	<p>Overhead Catenary</p>
Passenger's Demand		<p>~ 15,000 PPHPD</p>	<p>~ 15,000 PPHPD</p>	<p>25,000 PPHPD ~</p>
Min. Curve Radius		<p>30m Advantage to pass through road intersection * $R=100m$ for mixed use sections</p>	<p>30m Advantage to pass through road intersection * $R=100m$ for mixed use sections</p>	<p>200m</p>
Max. Gradient		<p>70% Easy to pass through road grade separation</p>	<p>70% Easy to pass through road grade separation</p>	<p>30%</p>
Energy Saving		<p>Excellent with Regenerated Energy (Approximately 20% energy saving)</p>	<p>Good</p>	<p>Good</p>
Operation in Power Failure		<p>Operation Continue With only on-board battery, a tram can transport passengers from origin to destination station (21.6km).</p>	<p>Operation Suspended</p>	<p>Operation Suspended</p>

出典：JICA Study Team and General Information

表 5.5.2 軌道系交通システムの比較 (2/2)

Items	Systems	Battery Tram System	Conventional LRT System	MRT System
Interval of Substations (Feeding Voltage)		Not Necessary	Interval: 3km (DC750V)	Interval: 5km (DC1,500V) Interval: over 20km (AC25,000V)
Necessary Land Area for Traction Substation		Not Necessary	Medium	Large
Overhead Catenary System for Running		Not Necessary	Necessary	Necessary (or Third-rail system)
Capital Cost Estimation (crore Rs./km)		E&M: 95.7 Civil: 86.2 Total: 181.9	E&M: 90.7 Civil: 86.2 Total: 176.9	Total: 196 (Mumbai Metro No.1)*1 Total: 199 (Hyderabad Metro)*1 Total: 125 (Delhi Airport Metro)*1 Total: 243 (Pune Metro No.1)*2 Total: 130 (Pune Metro No.2)*2
Operation & Maintenance Cost Estimation in average (crore Rs./km/year)		11.8	13.4	18.9 *2

*1: Calculated based on the report from Feedback Infrastructure Services Private Limited

*2: Estimated based on "Detail Project Report on Pune Metro Project (2008)", Delhi Metro Rail Corporation

出典 : JICA Study Team and General Information

4) バッテリートラム・システムの特長

- ◆ 電力事情にかかわらず、安定走行が可能である。
- ◆ 今回の路線は、地上部分と高架部分があり、地上区間では、制振、防音を目的とした、樹脂固定の軌道構造を採用する。高架区間では、通常の T 型レールを用い、直結型スラブ軌道構造とする。
- ◆ 車両は、電力事情のいかんにかかわらず運行が可能な蓄電駆動式車両とし、バリアフリーを考慮し、段差が少ない安全な低床式車両とする。
- ◆ 車上の蓄電池への充電を短時間で行うため、地上側の給電ポストでは、車上の蓄電池と同様の蓄電設備を電停に設けるものとする。電停の蓄電設備では、常時小電流でゆっくり充電し、車両への充電の際は、大電流で短時間で供給できるシステムとする。
- ◆ 料金収受方式は、前払い式とし、各駅に自動改札を設けることとする。チケットは、IC カードを中心としたものとし、チケット販売は、券売所にて行い、車内での混雑を避けるために車上での料金収受は行わない。メディアについては、再書き込み式や IC トークン等、再利用が可能なものとし、資源の保全を目指すものとする。
- ◆ 地上部における交差点での走行においては、道路交通信号と連携した LRT 専用信号で制御することとする。道路交通との調整が可能であれば、LRT 優先となるような信号制御方式を導入し、更なる定時性の確保を迫及する。
- ◆ 効率的な運用を実現するため、各列車の運行状況を一元化し、中央で表示、監視、管理を行う。
- ◆ 高架区間では、保安度を向上するため、信号保安装置として軌道回路を使用した自動閉そく装置 (ATS 付き) を採用する。
- ◆ 基幹伝送路(Backbone)として、光ファイバを沿線全線に布設し、各拠点間の通信を可能とする。地上-車上間の通信には、無線システムを導入する。また、各電停には、旅客情報・放送、CCTV システムを導入する。
- ◆ 各設備の動作状況の監視、及び制御が必要な設備の遠隔制御を目的とした設備監視を行う。
- ◆ 各設備の運用状況、機器・資産管理及び保守を計画的に実施する支援を行う。

5.5.2 軌道システム

1) 概要

軌道構造は、都市鉄道の軌道とは異なる構造となっている。特に地上区間については、交差点で歩行者や自動車等が軌道を横切ることからレールの選択やカントの設定などの考え方が異なる。本調査では次表に整理するような軌道構造とする。

表 5.5.3 軌道システムの概要

項目	地上区間	高架区間
レール	溝レール	T型レール
軌道構造	樹脂固定軌道	直結軌道
設計速度	最高速度 80km/h	最高速度 80km/h
設計荷重	軸重 12t	軸重 12t
曲線半径	最小 20m	最小 20m
縦断勾配	最急 70‰	最急 70‰
カント	設けない※	設ける
分岐器の制限速度	反位での高速通過なし	反位での高速通過なし

※ 地上区間の曲線部のカントについては、LRVの走行を円滑に行うためには設けることが望ましいが、一方でカントを設けると自動車の走行に影響があることと、軌道の傷みが発生しやすく、維持管理に問題が生じる。

出典：調査団

2) システムの特徴

(1) レール

レールは地上区間を溝レールとし、高架区間はT型レール (UIC54 相当または、JIS 50kgN 相当) とする。

T型レールは鉄道線に一般的に用いられているレールであるが、溝レールは頭部に溝があり、護輪軌条の役割を果たす。また、溝レールではフランジスペースを確保する必要がなく、レールと舗装面を均一な面に仕上げることが可能である。

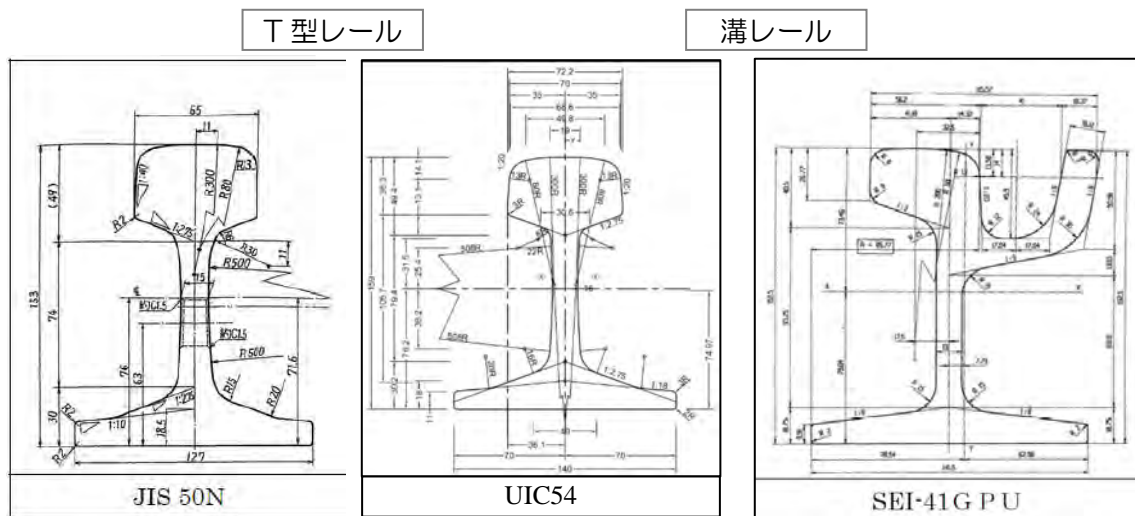


図 5.5.4 レールの断面比較

出典：「LRT システムの各要素技術に関する検討」 社団法人日本交通計画協会

(2) 軌道構造

軌道構造は、都市鉄道の軌道とは若干異なる構造となる。特に地上区間については、歩行者や自動車等が横切ることからレールの選択やカントの設定などの考え方が異なる。高架区間は、スラブ軌道とし、車両基地ではバラスト軌道とする。地上区間は、樹脂固定軌道とし、レールをボルトで締結するのではなく、特殊樹脂により固定することで振動や騒音対策になるため、地上区間における布設に適している。さらに、樹脂で完全に固定されるため、密封性も高く、水等の浸入による劣化を防止できるなどのメリットがあり、欧州では広く使用されている。

各軌道構造の比較を次表に示す。

表 5.5.4 地上区間への適用する場合の軌道構造の比較

項目	樹脂固定軌道	スラブ軌道	バラスト軌道	
適用区間	地上区間	高架区間	車両基地	
構造	道床	溝付 RC、PC コンクリート	RC コンクリート	バラスト
	レール締結	特殊樹脂で溝に固定	スラブにボルトで直結	枕木にボルトで直結
	舗装	コンクリート アスコン ブロック 芝生	アスコン ブロック 芝生	コンクリート アスコン
機能・性能	振動	小	中	中
	軌道狂い	発生しない	発生しない	発生しやすい
	レール磨耗	少ない	波状磨耗	少ない
	たわみ対応	パット+特殊樹脂	レール底面に硬い樹脂	バラスト
	水対策	特殊樹脂で完全防水	樹脂で防止	高い排水性
	点検	内部点検は不要	ボルト等、内部点検は不可	レール締結部の点検要
	レール交換	舗装撤去なしでレール交換可能	舗装撤去後、再舗装	舗装撤去なしでレール交換可能
費用	電蝕	絶縁対策不要	対策なし	対策なし
	建設	中	中	低
保守	低	中	高	

出典：「LRT システムの各要素技術に関する検討」 社団法人日本交通計画協会

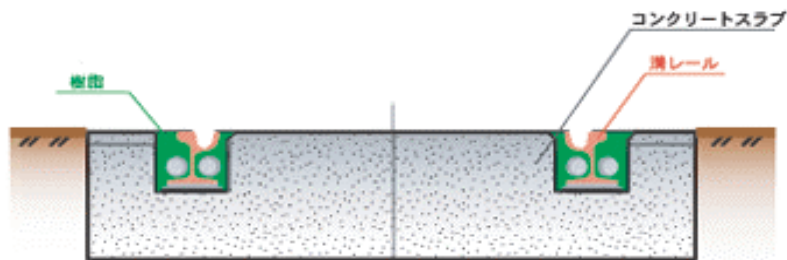


図 5.5.5 樹脂固定軌道断面図 (参考)

出典：社団法人日本交通計画協会

5.5.3 車両システム

1) 概要

車両は、電力事情のいかんにかかわらず運行が可能なバッテリー（蓄電）駆動式車両とし、バリアフリーを考慮し、段差が少ない安全な低床式車両とする。

2) 車両の特徴

本車両は蓄電装置を搭載し、電力事情(不安定または停電)のいかんにかかわらず、安定した走行が実現できる。車上の蓄電装置への充電は、電停停車中に短時間で充電すること、走行中ブレーキの制動時に生じる回生エネルギーの充電で対応する。

また、車両の床高さは、乗降の障害を少なくするために低床式車両とする。

3) 車両データ

車両の基本性能及び車両イメージを次表、次図に示す。

表 5.5.5 車両の基本性能

基本諸元	詳細	備考
基本編成	2 両	3 車体 1 両 × 2
車両定員	約 460 人	※車両定員 = 座席 + 立席 乗車率 150% で約 690 人
軌間	1,435mm	標準軌
最小曲線半径	20.0m	
最急勾配	70‰	
最高速度	80km/h	
最大加速度	4.0km/h/s	
減速度	5.5km/h/s(常用) 6.0km/h/s(非常)	非常ブレーキにトラックブレーキ採用
電気方式	DC 600V	蓄電装置駆動(充電以外の給電なし) 停車中による充電
ブレーキ方式	回生優先電気ブレーキ、機械ブレーキ併用	電力消費量のシミュレーション結果から回生エネルギー使用により、約 20% の電力消費量削減が見込める。
運転保安装置	ATS デッドマン装置	
列車無線	あり	
非常時運転条件	連結器による牽引運転	

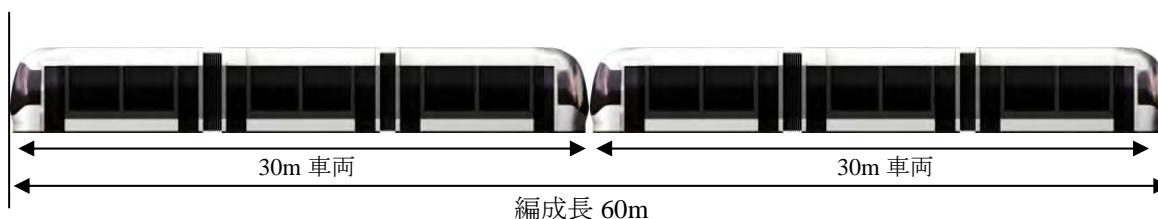
出典：調査団

今回は、利用者が乗降しやすい交通システムの導入を目指し、100%低床の LRV とする。

表 5.5.6 車両の基本諸元

項目	詳細
車両	100%低床車
車両幅	2,650mm
編成長	60m(30m モジュール×2連結)
その他主要設備	主幹制御器、速度表示機、無線設備、モニタ装置、行先表示機、車内案内表示機、放送装置、空調装置、標識灯(前、尾)等

出典：調査団



(注)上図はイメージ図であり、実際の車両デザインとは異なる。

図 5.5.6 車両イメージ

出典：調査団

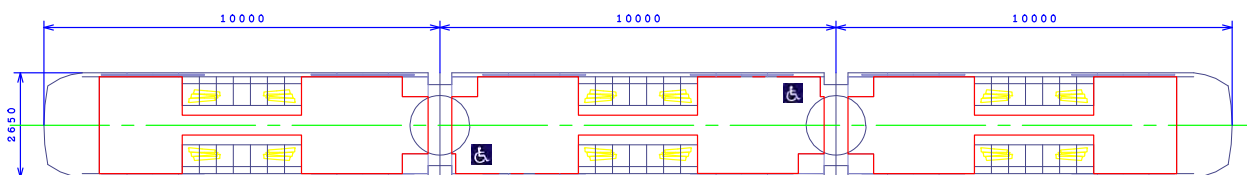


図 5.5.7 車両内の座席配置イメージ (30m 車)

出典：調査団

4) 車両の建築限界

一般的に欧州等の事例では LRT の建築限界の設定はなされていない。今回は、LRT 導入にかかる建築限界として安全面での余裕を見て、車両両側 40cm の余裕を見込むことを想定している。道路中央部に中央分離帯等の構造物が存在する場合、構造物から 40cm 程度の余裕を見込むこととする。

高さ方向としては、車両のサイズとして、パンタグラフをたたんだ状態で、3,800mm 程度、架空電車線（電停部の剛体架線）の高さを、5,000mm 程度と見込むものとする。

軌道敷幅員の考え方を次図に示す。

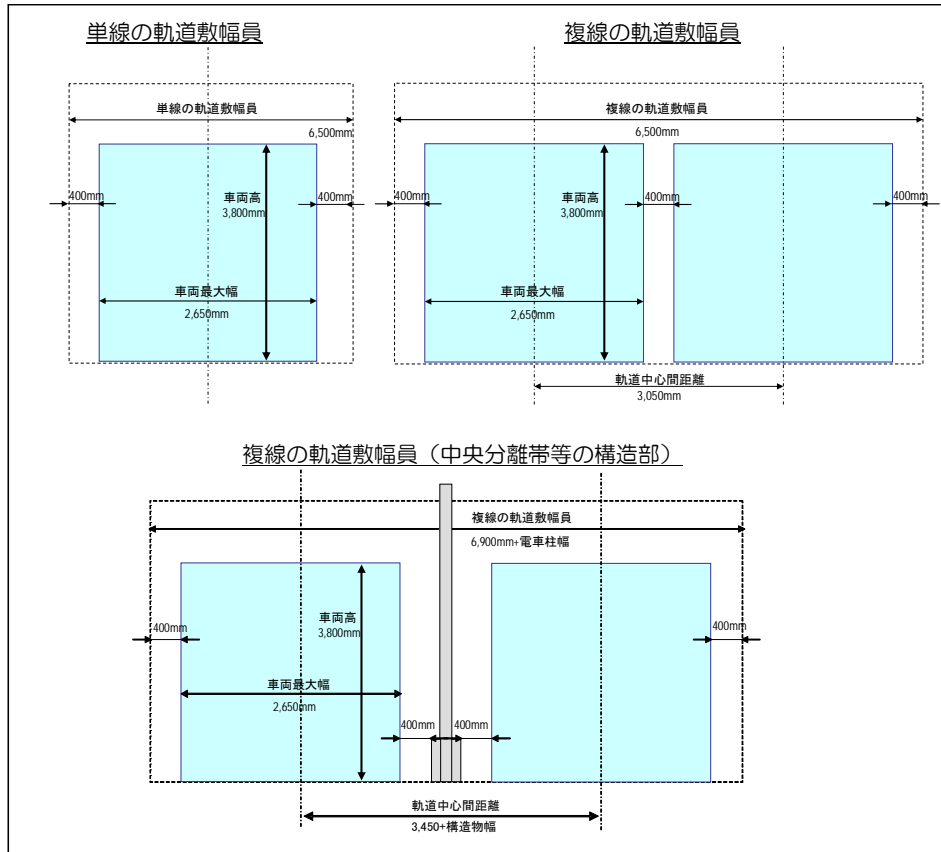


図 5.5.8 軌道敷幅員の考え方

出典：調査団

5.5.4 信号システム

1) 概要

信号設備は、安全に列車を走行させるために、高い信頼性と保安度をもった設備で構成する。本システムは、地上部と高架部が混在するため、信号設備は、各所に最適な設備を導入する。地上区間と高架区間の信号システムの概要を次表に示す。

表 5.5.7 信号システムの概要

	地上区間	高架区間
電車検知方式	軌道回路 ID タグ	
運転保安方式	時間間隔式 (運転手の目視確認による保安)	自動閉そく装置 Automatic Train Stop(ATS)装置
信号現示方式	軌道信号機 (黄色矢印、赤色×灯)	色灯信号機(3 現示)
進路制御方式	運転手からの進路要求発光器による進路選択	
連動方式	—	継電連動式

出典：調査団

2) システムの構成

(1) 電車検知方式

地上区間の分岐器のある場所や高架区間の電車検知は、軌道回路を使用する。

本軌道回路を利用し、分岐器のある場所は確実に列車在線の有無を検知して転換させ、高架部では、自動閉そく、ATS の設備を利用し、保安度を向上させるとともに、速達性を高める。

(2) 運転保安方式

地上区間は、広く行われている運転手の目視確認により保安を確保する。

高架区間では、制限速度が高いため、軌道回路ごとに閉そく信号機を設備し、先行列車の位置によって閉そく信号機の現示を制御する。

また、ATS 装置も設備し、閉そく信号機の停止現示を見落とした場合は、自動で非常ブレーキをかけることができる。

(3) 信号現示方式

信号現時は進行、減速、停止の 3 現示とし、運転時分の短縮を図る。

交通信号への制御は、ID タグ等が検知した列車位置情報を制御信号として交通信号側に送出することでおこなう。

(4) 進路制御方式

車上に搭載された進路要求発光器を運転手が操作し、沿線に設置された進路要求受光器がその信号（ビーム）を受けて、分岐器を転換する。分岐器に使用する転てつ器は、割り出し可能なものとする。

車両基地内では、指令所に設備されている連動制御盤を使用して手動で進路を設定する。

(5) 連動方式

連動装置は分岐器設備のある電停等に設備されるため、継電連動装置を採用する。車両基地への引き込み部における連動制御は、車両基地内の連動制御と一体化させたものとする。

(6) 中央司令室（Operation Control Center : OCC）

本システムの運行を管理するため、中央司令室を設ける。中央司令室に運行管理システムを導入し、運行監視の基本となるダイヤデータと ID タグ、軌道回路等による列車在線情報から、列車追跡と運行の監視を行う。

① ダイヤ管理

ダイヤの種類は 2 種類あり、事前に計画された計画ダイヤと列車が走行した履歴を表現した実績ダイヤがある。

どちらのダイヤも、ディスプレイ上にダイヤグラム形式で表示することができる。また実績ダイヤについては、列車の走行とともに計画ダイヤ上に重ねて表示することができ、直感的に運行の遅れ状況がわかる。

② 運行表示

地上部は ID タグ等の情報を、高架部は軌道回路の情報をそれぞれ入力し、ディスプレイに表示した路線図上に列車の位置を表示する。

また、計画ダイヤで定義された運行番号を、列車の位置とともに表示する。

③ 運行監視

計画ダイヤと実績ダイヤ間で、一定時間以上の遅延が発生した場合、警報を出力する。

交差点部の交通信号

地上区間走行時は基本的には道路空間の中を LRV が走行することとなる。LRV、自動車バイク、バス、リキシャ、歩行者が混在する道路空間の中で安全を最優先しつつ、公共交通機関としての LRT システムの定時性を確保する方策を導入する。

LRV が交差点へ接近した場合、進行方向の交通信号の赤信号の時間を短縮する、または、青信号を延長する等の方策を導入し、LRV の定時性向上を図る。

交通信号が設置されている交差点では、LRT 専用信号（停止・進行）を設ける。PMC で BRT が整備されている区間では既に専用信号が設置されており（下図参照）、本計画においても同様の仕組みで優先信号を採用する。

交通信号が設置されていない交差点については、信号機の設置を提案する。細街路との交差点を避けるという点からも軌道構造にて言及した道路中央寄せのパターンを採用することが最適である。



図 5.5.9 PMC の BRT ルート上に設置されている BRT 優先信号

出典：調査団

5.5.5 通信システム

1) 概要

通信設備は LRT の安全・安心な運行を支える、情報伝達のための重要なシステムである。更には、乗客が快適に利用できるために各種情報提供を可能とするシステムである。通信システムの全体概要を次表に整理する。

表 5.5.8 想定する通信システム概要

機能/方式	具体設備	備考
基幹伝送路	光ファイバーケーブル ブロードバンドラジオ等	・路線全線に亘って敷設 ・指令所と沿線各拠点間を結ぶ
無線システム	無線中央装置	・録音機能含む
	無線基地局	
	列車無線	
	携帯無線	
旅客案内	構内放送	
	情報板	・列車接近表示
電話	専用電話	・社内専用線
時計	あり	・指令所、各駅、車両
監視カメラ	CCTV	・各駅、主要交差点、橋梁部、車両基地 ・映像は基幹伝送路で指令所へ送信
遠隔監視システム	SCADA	・機器故障情報の収集、遠隔での設備制御
設備保守監理システム	MMIS	

出典：調査団

2) 通信設備構成

(1) 基幹伝送路

基幹伝送路は、指令所や電停等の各拠点間の情報伝達を行うために設備され、列車の位置情報、旅客案内情報、映像情報などを伝送する。

- 基幹伝送路は、各拠点間の通信を可能とする。
- 2重系の光ファイバ冗長構成とし、ケーブルの断芯や機器の故障を考慮し、耐障害性に優れた構成とする。
- ケーブルは、地上区間は軌道間に埋設し、高架区間は軌道脇に設けたトラフ内に敷設する。

(2) 無線システム

無線システムの通話エリアは、沿線全線、全ての建屋内とする。無線基地局は必要な通話エリアを確保し、指令、運転士、保守員等の間を音声通信及びデータ通信を可能とする。

指令所からの運転士、保守員等に対し、一斉報知を行なうことができる。また、指令所と列車間の通話を全て記録するため指令所に通話記録装置を設備する。

また、基地局の無線部は冗長化構成により耐障害性に優れた構成とする。

(3) 旅客案内

各プラットフォームに列車接近表示器、放送装置を設備し、表示および音声（電子音声）で、利用客に列車の接近をアナウンスする。信号システムで検知した列車の在線情報をもとに、電停で列車の接近情報を表示し、音声でアナウンスする。

また、事故等で運行に支障が出ている場合、その支障状態を表示器、放送装置を通じて利用客に伝達する。この機能の動作、停止は、指令所の指令員が設定する。

(4) 時計

本システムを同一時刻で運営管理するため、集中管理時刻システムを設備する。本システムは、運行管理センターに設置した主管時計の時刻を通信回路を経由して、従管時計が同期することで、全ての設備において同じ時刻で運行を管理することができる。

また、運行管理での使用の他に、駅や保守基地等の各種施設での時刻表示にも利用できる。

(5) 監視カメラ

監視カメラシステムは、各プラットフォーム、エレベータ、エスカレータ、階段、車両基地にカメラを設備し、指令所のモニタで監視する。利用客の安全確保と不審者の監視が主な目的である。使用するカメラは球面カメラとし、少ない台数で広範囲を監視するのに最適である。指令所のモニタは、各カメラからの映像を、切り替え、分割により表示することが可能である。

(6) 遠隔監視システム

遠隔監視システムは、変電所、電停構内、沿線、指令所、車両基地に設備される機器の故障情報を入力し、指令所のモニタに警報表示、アラームを出力する。また、入力された情報は履歴として保存される。

(7) 設備保守監理システム (MMIS)

MMIS は、鉄道システムを構成する機器（車両も含む）を、旅客輸送に影響を与えないよう常に最適なコンディションに保っておくために、様々な機能を提供する。

① 保守計画

点検周期や点検設備の条件、労働時間を加味して、設備ごとに保守点検スケジュールを作成する。

② 資産管理

各機器、装置を採番し、履歴（購入、故障、修理など）、保管数量、諸元、資産価値などを管理する。機器管理と連携し、機器の総資産を算定し、また各機器のライフサイクルコストをチェックする。製品寿命を監視し、寿命が近い機器、装置は、事前にリストアップする。

5.5.6 電力・変電システム

1) 概要

本項目においては、蓄電式 LRT システムの電力供給システムについて記載する。

変電システムは、電力会社から電力を受電する設備、自家利用のための電圧に変換する変電設備、及び各設備まで電力を分配する配電設備から構成される。蓄電式 LRT システムでは、架線がないため、き電変電所が不要となり、き電変電所のための土地が不要となる。

2) 設備構成

(1) BSS (Bulk Substation)

プネ地域の送配電システムを手がける MSEDCL から電力を受電し、鉄道用専用線を全線に供給するため、路線両終端付近に設ける。受電電圧は各々 22kV であり、6.6kV に降圧し、LRT 全線に電力供給する。常時における電力供給範囲は下記に述べる SW Post までとする。冗長性と持たせるため、BSS を複数設備する方法もあるが、その際は、非常時でも BSS 一箇所から全線に電力供給できる能力を持たせる必要がある。

(2) SW Post (Switching Post)

6.6kV ケーブルは LRT 全線 (21km) に亘って敷設されるが、冗長性を持たせるため、複数の BSS を設備した場合、その中間地点に Switching Post を設ける。常時このスイッチはオープンだが、何らかの障害がどちらかの BSS に発生し、電力供給ができなくなった場合、SW Post の遮断器を投入し、片方の BSS から全線に電力供給を行うことでシステムの冗長性・信頼性を高める。

(3) Station Post

各駅に配置し、BSS から配電された 6.6kV の電圧を、照明やエレベータなどの駅設備に使用するための交流電圧へ変換し、電力供給を行うと同時に、バッテリー搭載車両に充電する設備を設ける。短時間での給電に対応するために、各電停にバッテリーを設置し、充電された電力を列車が電停に停車している間に供給する。電停設置バッテリーの一次側には PCS(Power Condition System)を設け、充電電圧である直流 600V 程度に変換する。さらに、バッテリーの一次側と二次側には直流遮断器を設け、充電/放電を切り換えることが可能とする。下図に、列車を各 Station Post において充電するイメージ図を示す。

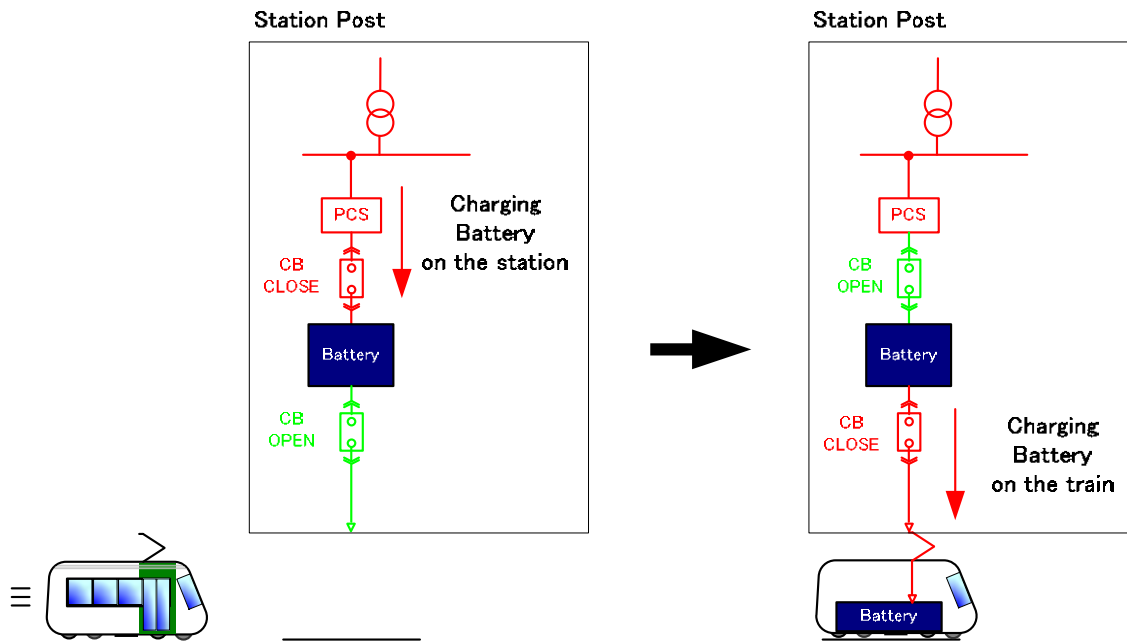


図 5.5.10 Station Post において列車を充電するイメージ図

出典：調査団

(4) Depot SS (Substation)

Depot に電力を供給する変電所となる。Depot 内の機器に電力を供給すると共に、Depot に滞留している LRV も充電する。

(5) SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition)

全線を遠方監視する目的で SCADA を中央指令所に設置する。SCADA は、各変電所・Station Post に対し遠方からの制御および機器状態の監視を行う。

5.5.7 運賃收受システム

1) 概要

運賃收受では、電停や車内での混乱を避けること、他の公共交通機関との連携・拡張性を確保すること（利用者の利便性向上）などが重要である。本 LRT システムで採用するチケット方式は、非接触 IC カード、非接触 IC トークンとし、電停における対面方式でのチケット販売とする。その他、想定する運賃收受方式を次表に示す。なお、詳細検討については APPENDIX 2 参照。

表 5.5.9 想定する運賃收受システム概要

方式	提案方式	備考
運賃收受方式	改札方式	
チケット方式	非接触 IC トークン 非接触 IC カード	※IC カードは定期利用
IC カード規格	Felica 方式	※大量の乗客を捌く環境に適している。
その他	将来、BRT、バス、メトロ等との 共通利用が可能なシステム	※今後、Common Mobility Card の動向注視 する必要がある。

出典：調査団

2) チケット方式の特徴

(1) チケット方式

料金収受方式は乗車の度に料金のやりとりやチケットの発行などにおいても課題があるが、料金支払いをプリペイド又はクレジット式にしたり、チケットの発行を省略してその都度情報の読み書きを行う方法として IC カードが適している。

IC カードによる料金収受のメリットは、乗降駅、乗車時間などの情報がカードに記録できることから様々な運賃体系及び異なる事業者に対応できること、乗務員の料金収受が省略できることから生産性の向上が図れることのほか、利用状況が事業者側に記録されることから共通カードにおける乗り継ぎ料金などで異事業者間の金銭のやりとりが正確にできることや、利用者の利用動向が把握できるなどのメリットが挙げられる。

表 5.5.10 IC カードのメリット

	IC カード化によるメリット	共通化等によるメリット
利用者便益	<ul style="list-style-type: none"> ● 迅速な改札通過又は乗降可能 ● 電子マネー機能等により小銭から開放(キャッシュレス化) ● 乗り越し精算の手間を省く ● パスケースからの出し入れの必要がなくなる ● 鉄道駅(自動改札機)での混雑緩和 	<ul style="list-style-type: none"> ● 1枚のカードで各種交通機関を利用可能 ● 乗り継ぎの円滑化(シームレス化) ● 物販等の他機能との統合による機能付加による利便性向上
事業者便益	<ul style="list-style-type: none"> ● 路面電車やバスの停車時間減による遅延防止と渋滞緩和 ● メンテナンスコスト削減 ● 偽造、不正使用防止 ● クレジットカードとの一体化等による顧客囲い込み ● 鉄道駅(自動改札機)での混雑緩和と駅コンパクト化 	<ul style="list-style-type: none"> ● 柔軟な料金設定が可能となり、利用促進施策が多様となる。
社会的便益	<ul style="list-style-type: none"> ● カードリサイクルの促進 ● 路面電車やバスの停車時間減による遅延防止と渋滞緩和 ● 鉄道駅(自動改札機)での混雑緩和と駅のコンパクト化 	<ul style="list-style-type: none"> ● 左記利益の一層の推進

出典：「LRT システムの各要素技術に関する検討」 社団法人日本交通計画協会

インド各地のメトロでは、IC カード(トークン)等が採用されている。プネ・メトロ計画においても同様に非接触 IC システムの活用が言及されており、将来の他公共交通機関との共通利用を視野に入れ、非接触 IC トークンを採用する。さらに、定期券などのパスには IC カード型を採用する。

(2) IC カード規格

JR 東日本の Suica など日本で現在最も普及している IC カード規格は、ソニーが開発した FeliCa と呼ばれるシステムであり、日本サイバネティクス規格に基づいた非接触 IC カードである。IC カードは世界的に規格統一がされており、ISO により次表のように規格化されている。

表 5.5.11 ISO/IEC14443 非接触型 IC カードの主な規格

規格	提唱企業	CPU	通信速度	実用化事例
Type A	フィリップス インフォニオン	内蔵せず	106kbps~ (10 倍程度まで高 速化の可能性)	福島交通「Ic カード」 NTT の IC テレホンカード ビル用の入退室カード 等
Type B	モトローラ	内蔵	106kbps~ (10 倍程度)	住民基本台帳カード 等
Type C (FeliCa)	ソニー	内蔵	211kbps~ (30 倍程度)	JR 東日本「Suica」 JR 西日本「ICOCA」 香港「Octopus」 シンガポール「ez-link カード」 インド(デリー)「トラベルカード」 タイ(バンコク)「地下鉄カード」 電子マネー「Edy」 等

出典：「LRT システムの各要素技術に関する検討」 社団法人日本交通計画協会

様々な用途の IC カードがあるが、交通系カードでは処理速度の速さが重要視されることにより、他の非接触型 IC カードの方式に比べても優れている Type C (Felica) 方式を採用する。

一方、インドでは、交通系カードの共通化を目的とした Common Mobility Card の採用が検討されているため、本システムで採用するタイプについては他システムとの連携が取れるように配慮する必要がある。

(3) 改札

改札には、自動改札機を導入する。最も簡易な形式であるフラップ方式の機器を採用することとし、チケット販売等は、電停の改札の横の券売所で、対面で行う。

5.6 駅周辺開発計画

5.6.1 施設概略規模の検討

TOD (Transit Oriented Development : 公共交通指向型開発) は、都市中心部の公共交通結節点の周辺に商業施設や就業施設を重点的に配置すると同時に、郊外部における公共交通結節点周辺に住宅地を計画的に整備する開発手法である。これにより居住地と商業地・就業地が公共交通により効率的に接続され、自家用車を利用しない通勤・余暇活動が可能となる。また、事業者の視点では、TOD により安定した旅客需要を見込むことができ運営面でもメリットを有する。更に、商業施設や住宅地の開発と公共交通機関の開発と一体的に行うことで、不動産事業としての収益も見込むことができる。

現時点において、鉄道駅、バスターミナルが隣接している St2 シバジナガール (Sivaji Nagar) 駅は高い交通結節機能を有している。更に、将来、MRT の整備や BRT が整備されることで、上記のシバジナガール地区に加えて JM テンプル地区、プネ大学地区、州立病院地区、ワカドチョーク地区も高い交通結節機能を有することとなる。これらの地域の LRT の駅は、交通結節点としての利点を活かすため、BRT や MRT 等の他の交通機関の乗場にアクセスしやすい位置に計画するとともに、駅及び周辺施設の重点的な整備を行うことが有効である。このことが、本件 LRT 事業

における LRT 路線の魅力を高めて民間投資セクターを呼び込み、また LRT の集客をあげることに繋がると期待される。以下主要駅における駅前再開発について検討を行った。

- St 2 シバジナガール駅 (Shivaji Nagar Station) :
LRT 駅とシバジナガールバスターミナル、国鉄シバジナガール駅及びプネメトロ 1 号線駅の接続を考慮した再開発
- St12 州病院駅 (State Hospital Station) :
州病院敷地内へのアクセス、BRT 駅及市バスターミナルとの接続を考慮した駅の開発可能性
- St15 ワカドチョーク 2 駅 (Wakad Chawk 2) :
PCMC の BRT との接続、NH-4 の高速バスとの接続を考慮した開発の可能性

なお、車両基地駅 (St18) の開発計画案については、6 章に記述する。

5.6.2 St 2 シバジナガール駅 (Shivaji Nagar Station)

(1) シバジナガール駅周辺状況

LRT シバジナガール駅予定地は、大学通り (University Road) とシバジ通り (Shivaji Road) の交差点の西側であり、150m程北側にはシバジナガールバスターミナル、さらに 150m 程東側には国鉄シバジナガール駅がある。この周辺にはホテルやレストラン、商店も多く、また 3 校が共存する学校も隣接している (図 5.6.1 参照) ため、この地域は一日中多くの利用者で混雑している。

特に大学通りとシバジ通りの交差点からバスターミナル・国鉄シバジナガール駅前までのエリアは、通過交通に加えて送迎の車やバイク、タクシー、オートリキシャ、市バスが集中するため、交通混雑が著しい。さらに、プネメトロ 1 号線の駅がバスターミナルの地下に建設される予定であり、さらなる利用者の増加・混雑が予想される。このシバジナガール駅周辺地域の概況は図 5.6.2 に示すとおりである。

同地域の交通混雑の状況は深刻であり、PMC ではバスターミナルからシバジ道路沿いにスカイウォークの建設が検討されていたが、現在この計画は中断している。

マハラシュートラ州道路交通公社 (MSRTC : Maharashtra State Road Transport Corporation)によると、このバスターミナルは、長距離バスの一泊あたりの発着台数が 800~1,100 台であり、発着台数、所有バス数ともに 1968 年建設当初の想定台数を大きく上回っている。拡張が必要な状況が続いているが、周辺に利用可能な土地がなく実現していない。また運行状況を改善するためにも、周辺混雑状況の改善を強く望んでおり、露天商店やリキシャの乗入れの制限等を検討したいということであった。なお、プネメトロ駅の建設に伴うバスターミナルの再開発等の計画はまだないとのことであった。

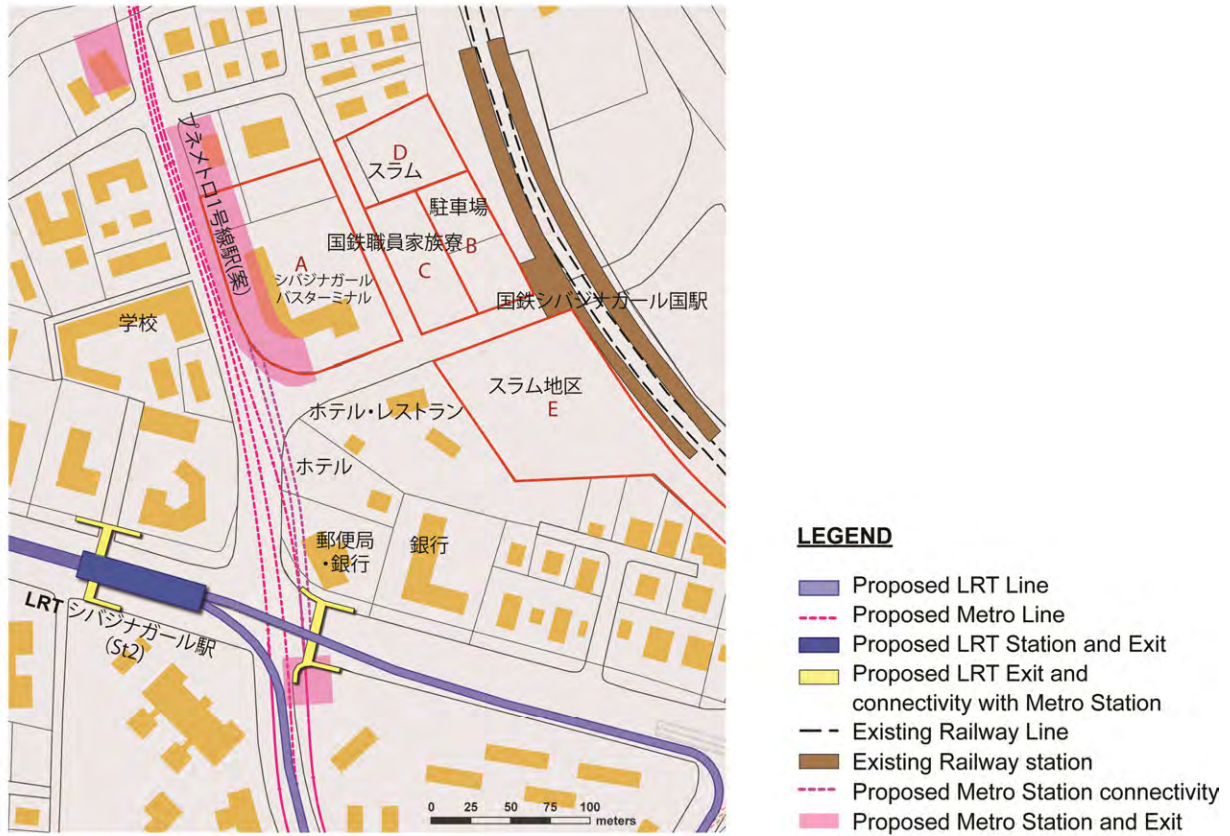


図 5.6.1 LRT シバジナガール駅予定地

出典：調査団

バスターミナル及び国鉄駅周辺の土地の利用状況、敷地面積等を表 5.6.1 に示す。

表 5.6.1 LRT シバジナガール駅周辺 再開発検討対象敷地

	土地所有	土地利用状況	敷地面積	容積率	図中番号
Shivaji Nagar バスターミナル	MSRTC	バス発着所、バス車両基地	10,600m ²	200%	A
Shivaji Nagar 駅前エリア	インド国鉄 (一部 PMC 購入の可能性あり)	駅前広場および駐車場(2輪・4輪)	3,100 m ²	200%	B
		インド国鉄職員家族の学生寮	3,100 m ²	200%	C
		スラム	3,500 m ²	200%	D
駅前スラム	スラム改善公社	スラム	11,500 m ²	250%	E

出典：調査団

A シバジナガールバスターミナル

市内4か所の長距離バスターミナルのうちの一つ、1968年建設であり、1990年代以降は、大幅にキャパシティをオーバーしている。

敷地内施設: バス乗り場、バス車両基地(メンテナンス施設)、宅配荷物受渡し所、バス会社事務所、ドライバース泊施設、バイク駐車場等。

バスターミナル所有のバスは153台。敷地内駐車可能台数は、最大78台。運転中のバスも車両を考慮しても駐車スペースが不足しており、20台程度は他の車両基地のスペースを利用している。

ターミナル周辺および駅前へのアプローチは、歩行者、バイク、市バス、タクシ、送迎の一般車両等が混在している上、売店も多いため、混雑が著しく、バス会社側では改善を望んでいる。

土地所有: MSRTC (Maharashtra State Road Transport Corporation)

敷地面積: 10,600sqm
容積率: 最大200%



駅側からバスターミナルの入り口



バス乗場(14か所)。バス間は最低限で詰め込んでいるため、乗り降りしづらい。



バス待合スペース

C 国鉄職員家族寮

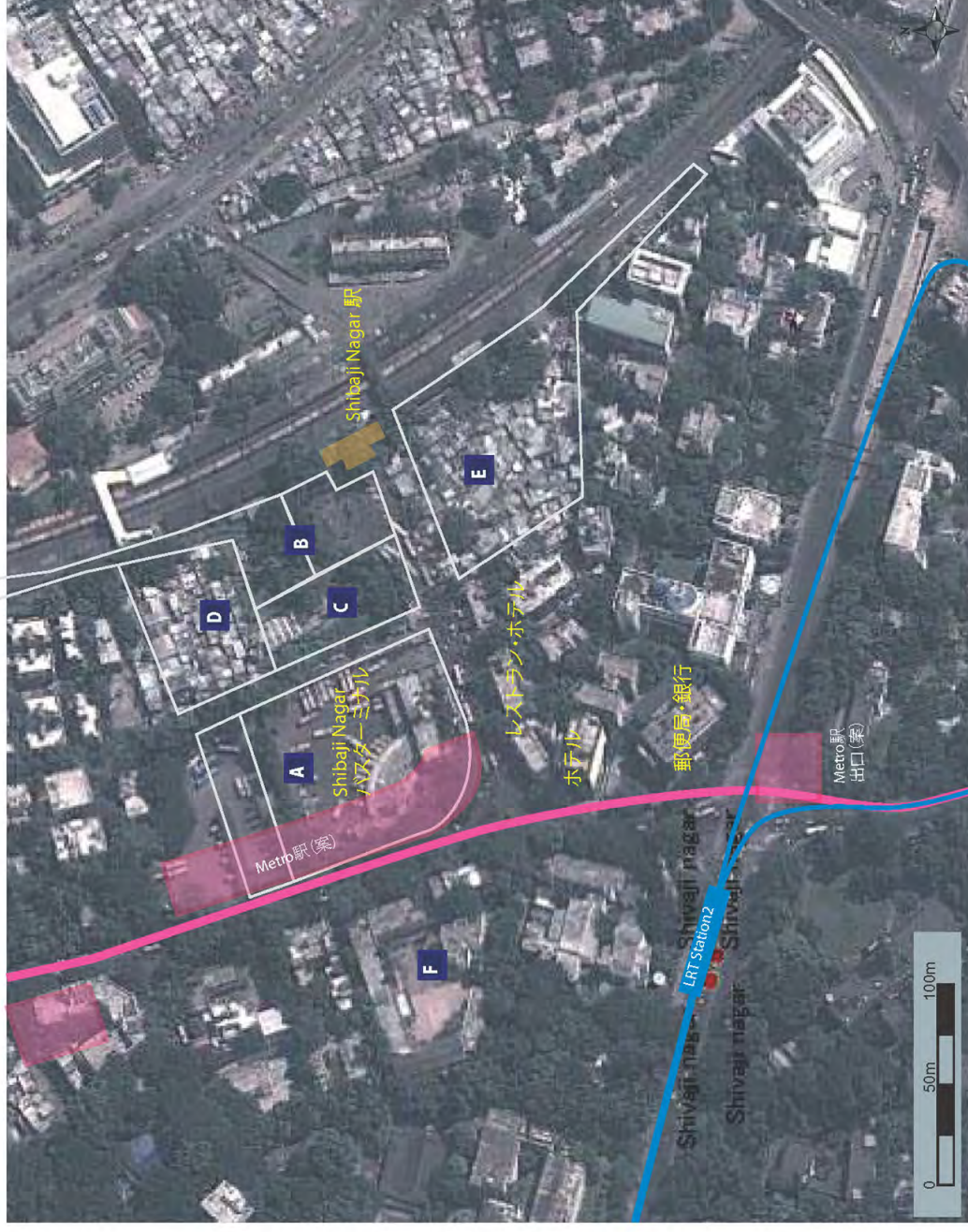


国鉄職員の子供の学生寮
(現在28名滞在)

土地所有: Indian Railway
敷地面積: 3,200sqm
容積率: 最大200%

バス乗場: 14乗場。出発を待つバスの待機するスペースが不足している。周辺道路で待機しているバスもある。

バス発着台数: 814台/日 (2012年9月時点)。ピーク時期には1,100台/日。



出典: 航空写真Google Earth

D 国鉄敷地内スラム

住環境改善事業が入っておりかなり状況は良い。

土地所有: Indian Railway
敷地面積: 3,500sqm
容積率: 最大200%

B シバジナガール国鉄駅前

■ シバジナガール駅前駐車場

有料駐車場 (車10Rp./4h、バイク5 Rp./6h)
収容可能台数:
自動車25台、自動二輪: 350台
一日あたり利用者台数は、
自動車 延60台、自動二輪 延400台程度



駐車場 バイク置き場はほぼ満杯状態

■ 駅前広場

各駅停車しか停車しない駅であるが利用者も多く、駅前には、送迎の車、市バス、タクシ、リキシヤ、一般車両、屋台等で混雑している。

土地所有: インド国鉄
敷地面積: 3,200sqm
容積率: 最大200%



国鉄シバジナガール駅と駅前リキシヤ乗場



国鉄駅前の市バス乗場

E スラム地区

土地管理: (スラム改善公社)
敷地面積: 11,500sqm
容積率: 最大250%



表通り側
裏側
かなり大規模なスラム。地区内でも差が著しいが、表通り側はかなり状況がよい。

F バスターミナル西側の学校

バスターミナル横には3校が隣接、登下校時にはさらなる交通混雑の要因となっている。



路上駐車バイクの外側を歩く登下校中の子供たち
学校入口で集まる生徒たち

図 5.6.2 St2 シバジナガール駅周辺状況

出典: 調査団

(2) 駅周辺再開発可能性の検討

本件 LRT の S12 の建設とプネメトロ 1 号線の駅の建設により、シバジナガール駅地域には LRT シバジナガール駅、プネメトロ 1 号線の駅、MSRTC の長距離バスターミナル、国鉄シバジナガール駅、市バスを加えた 5 つの主要都市交通の駅・停留所が集中することになる。これに伴い、タクシー、オートリキシャ等の更なる集中も見込まれる。

つまり同地域は、前述の TOD（公共交通指向型開発）コンセプトによる再開発のポテンシャルが非常に高い地域であり、再開発により地域経済の発展にも大きく寄与する可能性があると考えられる。一方で、現状を鑑みると、公共交通間の調整・連携なしでは更なる交通混雑の悪化が引き起こされることは容易に想像され、複合的な再開発による改善策が必要な地域ともいえる。

以上の状況から、LRT シバジナガール駅の周辺地域の混雑状況の改善と公共交通の結節点としての利便性の向上、及び TOD コンセプトによる地域経済活性化を視野におき、同地域再開発の可能性について、以下 3 案の開発可能床面積と問題点等の比較検討を行った。表 5.6.2 及び図 5.6.3 にその計画案の概要を示す。

- 検討案 1 : LRT 駅とバスターミナル、メトロ駅を接続し、バスターミナルの再開発を行う案。
- 検討案 2 : LRT 駅とバスターミナル、メトロ駅、シバジナガール駅前広場までを人工地盤で接続。バスターミナル、国鉄駅前エリアの再開発を行う案。
- 検討案 3 : LRT 駅とバスターミナル、メトロ駅、シバジナガール駅前広場までを人工地盤で接続。バスターミナル、国鉄駅前、及びスラム地区の再開発を行う案。

なお、開発可能床面積については、PMC での聞き取りにより以下の基準で検討を行った。

* 容積率

- 政府所有の土地における公共使用を目的とする開発の場合は容積率 200%が上限。
- スラム地区の開発については、容積率上限 250%。
- ただし、メトロ駅周辺（半径 500m 以内）についてはこの容積率の上限を 400%まで引き上げる条例が昨年承認されたことが確認されたため、400%適用の場合についても検討を行った。

* 容積率算定から除外できる面積

- 公共駐車場の床面積は容積計算から除外可能（天井高制限あり）。
- バス駐車場に関しては、現時点では明確な規定は存在しないが、PMC との協議に基づき、公共駐車場の例外扱いが適用されるものと仮定し、計算から除外した。

* 高さ制限

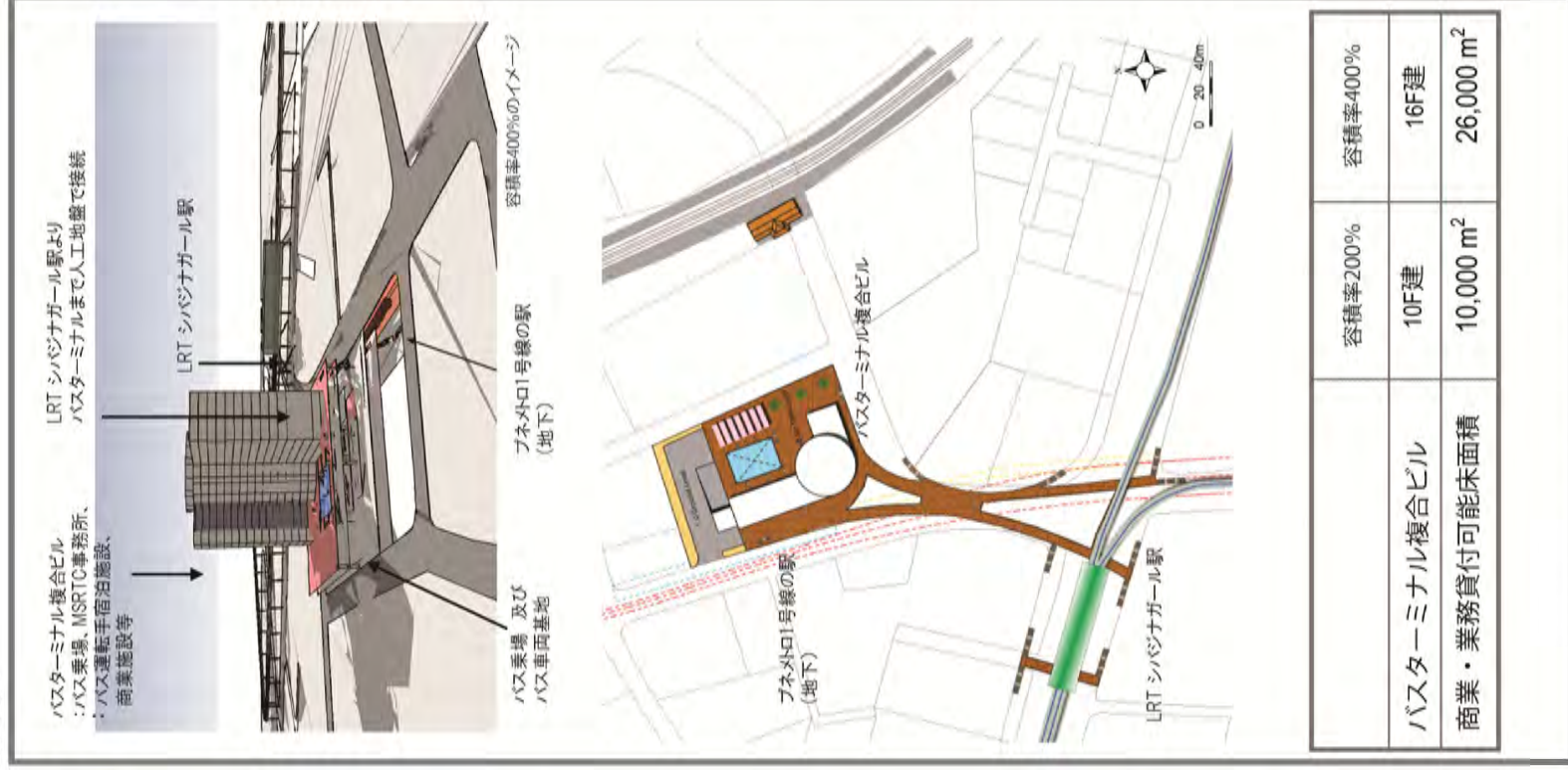
- シバジナガール駅周辺地域の高さ制限は 100m。

表 5.6.2 シバジナガール駅周辺再開発計画案比較

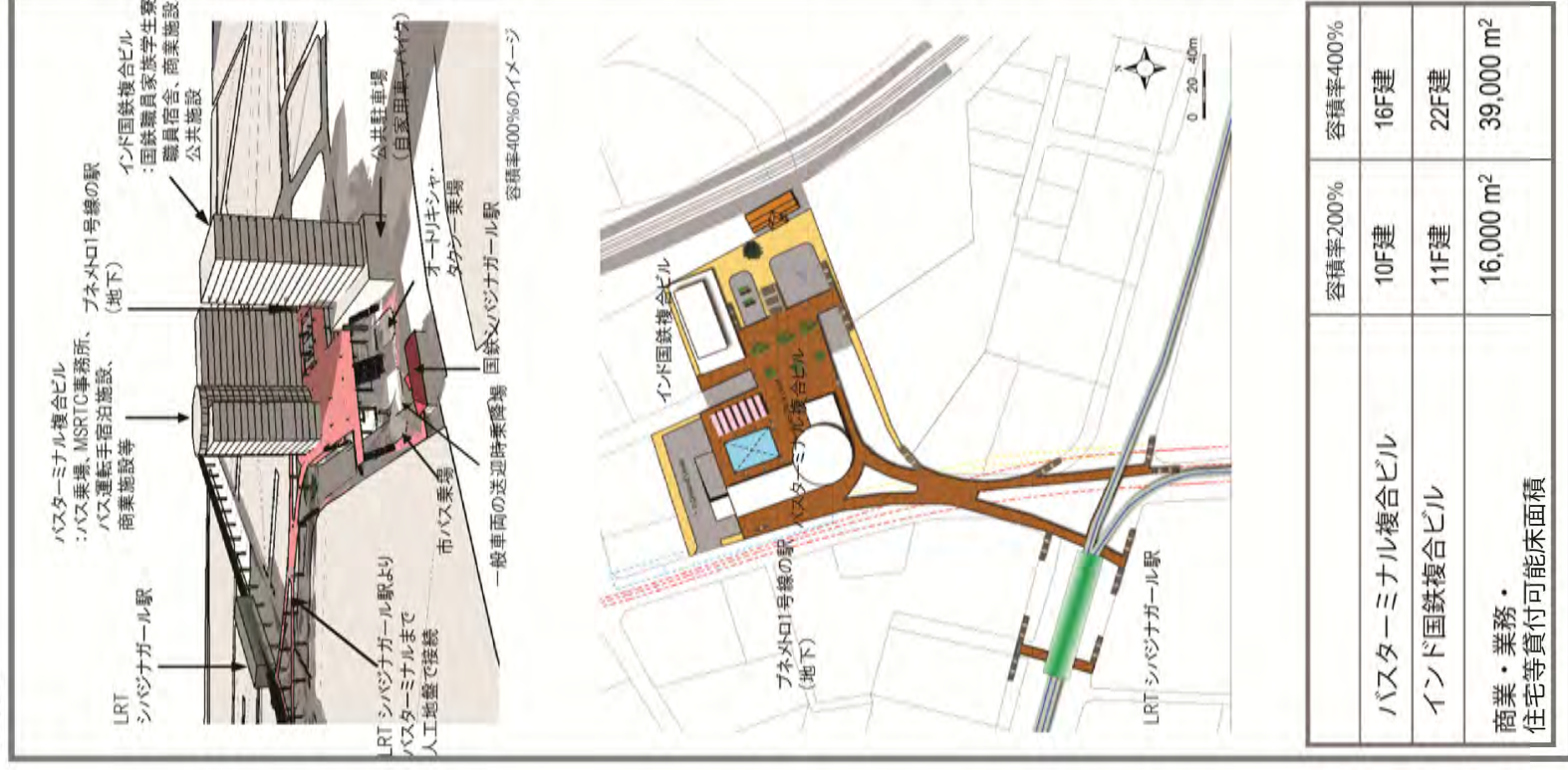
		検討案 1	検討案 2	検討案 3
対象敷地(図中番号)		A	A, B, C	A, B, C, D, E
敷地面積		A : 10,600m ²	A : 10,600m ² B+C : 6,200 m ²	A : 10,600m ² B+C+D : 9,700 m ² E : 11,500 m ²
延べ床面積上限	容積率 200%、250%	A : 21,200m ²	A : 21,200m ² B+C : 12,400 m ²	A : 21,200m ² B+C+D : 19,400 m ² E : 28,800 m ²
	容積率 400%	A : 42,400m ²	A : 42,400m ² B+C : 24,800 m ²	A : 42,400m ² B+C+D : 38,800 m ² E : 46,000 m ²
開発検討案	利用計画案	バスターミナルビル: バス乗降場、バス車両基地、メトロ駅、待合スペース、MSRTC 事務所、運転手宿泊施設、商業・業務施設	バスターミナルビル: 同左 駅前広場: バス乗場、タクシー乗場等 インド国鉄複合ビル: 公共駐車場、国鉄職員家族寮、職員宿舎、公共施設、商業・業務	バスターミナルビル: 同左 駅前広場: 同左 インド国鉄複合ビル: 同左 +バス駐車場 スラム再開発ビル: 公共駐車場、商業、住宅
	施設規模 (200%)	バスターミナルビル: 10 階建て	バスターミナルビル: 10 階建て インド国鉄複合ビル: 11 階建て	バスターミナルビル: 10 階建て インド国鉄複合ビル: 11 階建て スラム再開発ビル: 13 階建て
	貸付可能面積	10,000m ²	16,000m ²	34,000m ²
	施設規模 (400%)	バスターミナルビル: 16 階建て	バスターミナルビル: 16 階建て インド国鉄複合ビル: 22 階建て	バスターミナルビル: 16 階建て インド国鉄複合ビル: 22 階建て スラム再開発ビル: 22 階建て
	貸付可能面積	26,000m ²	39,000m ²	71,000m ²
公共駐車場	なし	自動車 80 台、 バイク 400 台	自動車 200 台、 バイク 700 台	

出典：調査団

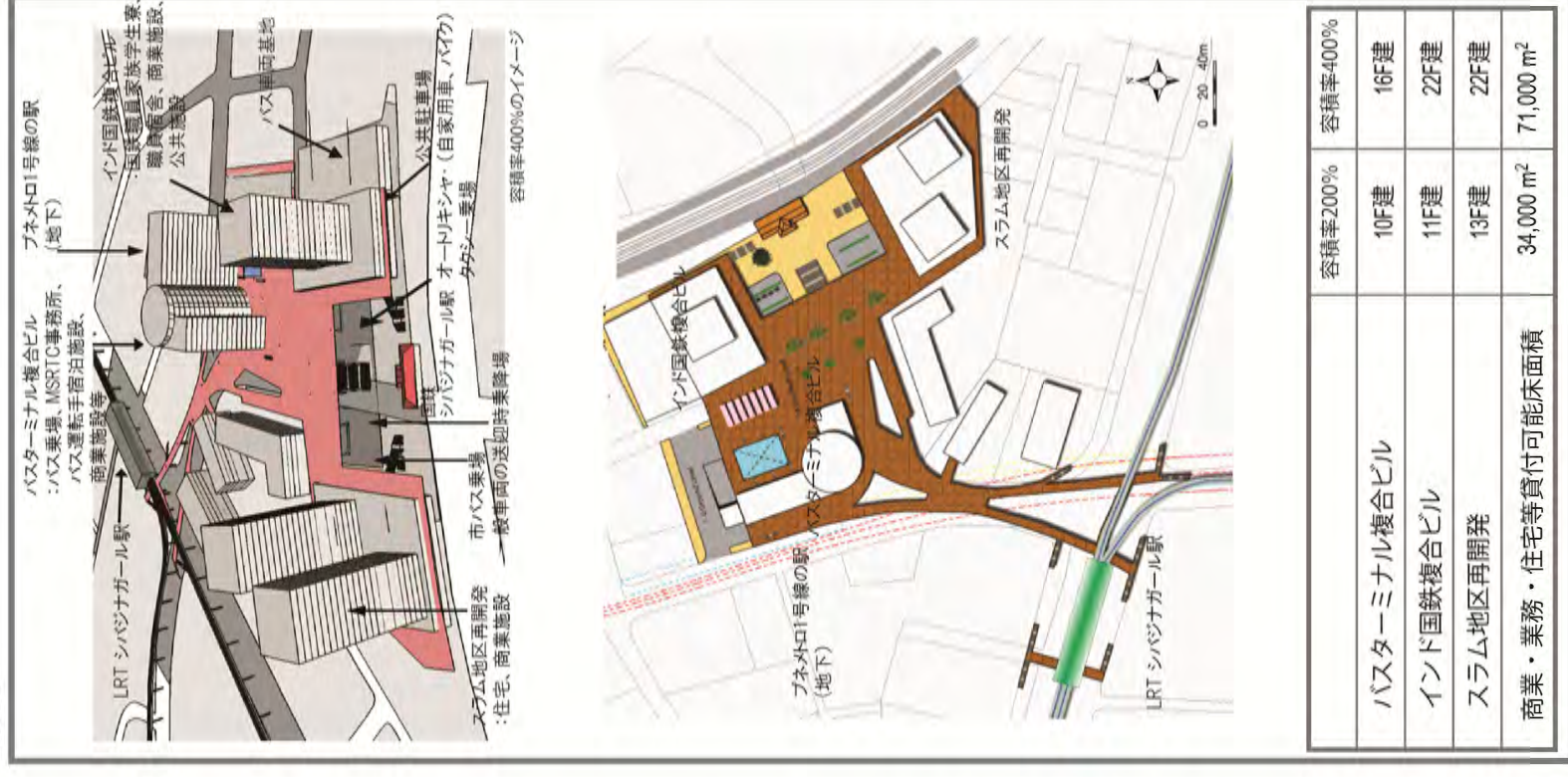
検討案 1



検討案 2



検討案 3



Note : リース可能床面積については20%のサービス部分を除いた数値。

図 5.6.3 シバジナガール駅周辺再開発案

出典 : 調査団

表 5.6.3 シバジナガール駅周辺再開発計画案 検討比較

	検討案 1	検討案 2	検討案 3
利点	<ul style="list-style-type: none"> * LRT、バスターミナル、メトロ駅が接続され、バスターミナル周辺の歩行者横断が減少する。 * バスターミナルの再開発により、バスターミナルの機能改善が図られ、バスの路上駐車が減少する。 	<ul style="list-style-type: none"> * LRT、バスターミナル、メトロ駅、国鉄駅が接続されることにより、市バス、タクシーを含む公共交通の結節点としての利便性が高まる。 * バスターミナル周辺と駅前の交通混雑が改善される。 * 国鉄職員家族寮が含まれるが住民移転は伴わない。 	<ul style="list-style-type: none"> * バスターミナル、駅前、スラム地区を総合的に再開発することにより交通混雑が大幅に改善される。 * 公共交通の結節点として利便性の高いエリアの高度利が可能となり、かつスラム再開発により駅前地区のイメージが改善される。
問題点	<ul style="list-style-type: none"> * バスターミナルの再開発だけでは、同地域の交通混雑の根本的な改善にはつながりにくい。 * MSRTC とプネメトロとの調整が必要。 	<ul style="list-style-type: none"> * 公共交通の結節点として利便性の高い地域周辺がスラム地区として残る。 * インド国鉄、MSRTC とプネメトロとの調整が必要。 	<ul style="list-style-type: none"> * スラム地区の開発に当たっては、住民移転が必要となる。 * インド国鉄、MSRTC とプネメトロ、スラム改善公社との調整が必要。

出典：調査団

(3) 考察と課題

検討案 3 案の利点と問題点は上表 表 5.6.3 に示す通りである。同地域において、現在の交通混雑状況を改善しつつ、公共交通の結節点としての利便性を高めるためには、検討案 2 あるいは検討案 3、つまりバスターミナルのみならず駅前広場も含む再開発が有効であると考えられる。さらに、この再開発を地域経済の活性化につなげるには、周辺スラム地区も含む検討案 3 が最も効果的であるといえる。ただし、この検討案 3 に関してはスラム地域の住民移転を伴うため、実施に当たり移転先準備、保証等の問題に対応する必要がある。

また、上記の再開発にあたっては、バスターミナルを所有している州政府、国鉄駅前敷地を所有するインド国鉄、及びプネメトロとの調整協議が必要となる。

この再開発は、同地域の交通混雑の改善、及び同地域の経済活性化の促進にもつながることから、州政府、国鉄、及び周辺商業施設にとっての有効性は大きいと考えられるが、今後 PMC 側カウンターパート及び州政府やインド国鉄など関連機関との調整を通じ、開発の可能性、実行可能性について検討していく必要がある。またプネメトロの運営には、PMC と PCMC の他、国鉄、州政府側の参画が見込まれていることから、プネメトロへの働きかけを通じ、本駅前再開発に向けて州政府及び国鉄側の協力を得ることは可能であると期待される。

5.6.3 St12 州病院駅 (State Hospital Station)

(1) 敷地状況と将来計画

St12 州病院駅は、ムラ川の北側、西側に軍用地が続く地域の州病院敷地、結核病院前に計画されている。州病院は 20ha を超える広大なを有しており、現在敷地内には州立の市民病院 (300 床) と結核病院のほか、スタッフハウスや学校、カレッジ等が共存している。そのため病院敷地内には病院関係者 (スタッフ、患者と家族) のみならず一般学生等の姿も見られる。

さらに病院側では、将来的には癌病院、医科大学、医療補助員のカレッジ、スタッフ住居等の建設を計画中であることが確認された（病院長聞き取りより）。具体的な計画案は検討が開始されたばかりのようであるが、予定地は以下の通りである。



図 5.6.4 州病院敷地内施設配置図

出典：調査団

来院数を見ると結核病院と比べて圧倒的に市民病院が多いが、敷地内の状況等から PCMC 側からの BRT の駅は結核病院前に予定されている。また州病院敷地南東側の道路は、病院の北東に位置するサマース・ナガーやアダッシュ・ナガーなどの住宅地域へのアクセス道路となっており、大学通り（University Road）との交差点はバスからの乗換ポイントになっていることも、BRT 駅を結核病院前に計画している要因と考えられる。そのため、LRT についても BRT 駅との乗換を考慮して結核病院前に計画する。

さらに、病院前道路は道路幅員 60m が確保されていることから、PCMC では中央分離帯部分を利用して、BRT 駅に隣接する形で市バスのターミナルの設置を検討している。この市バスターミナルの詳細は未定であるが、これにより州病院駅は LRT と BRT 及び市バスとの接続駅としての機能を有することになる。

(2) 州病院施設検討案

以上のことから、LRT 州病院駅は、道路中央に位置する BRT 地上駅及び市バスターミナルと隣接する形で LRT 高架駅を設置し、エレベーター・階段等にて BRT 及び市バスターミナルと接続する。

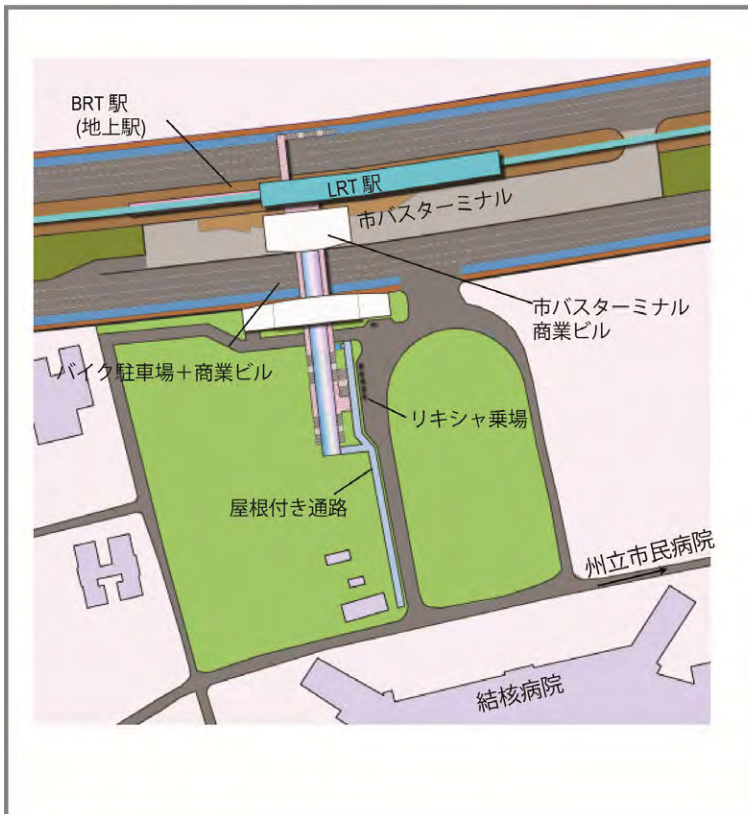
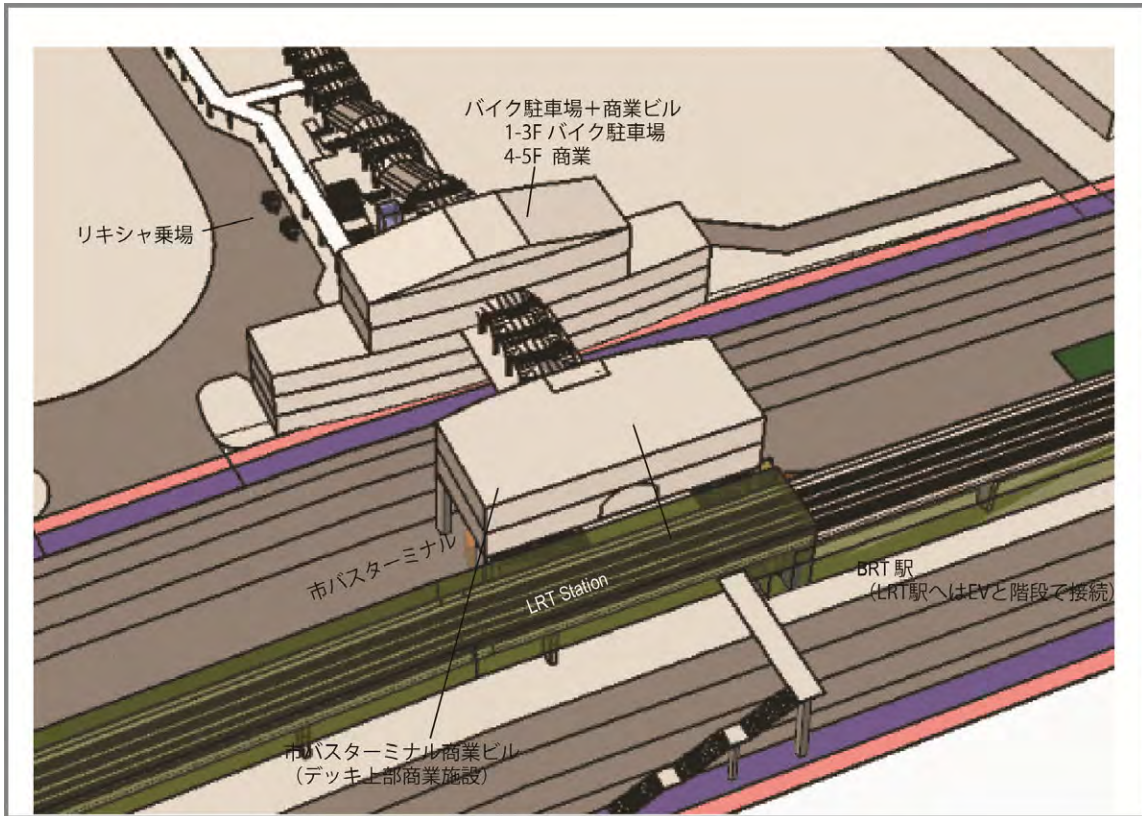
高架駅から病院敷地までは、歩道橋で接続することにより、BRT 及び市バスターミナルの利用者も道路を地上で横断することなく病院敷地内へアクセスすることが可能となる。

上記の通り、LRT と BRT、及び市バスが集約する駅になることから、病院利用者以外に周辺（主に北側住宅地域）住民の利用も多くなると期待されることから、病院敷地側にバイク駐車場の設置を提案する。

市バスターミナルおよびバイク駐車場上部には、商業施設設置を提案する。周辺には商店等のみあたらぬこと、病院の利用者（患者や家族）からのニーズに加え、癌病院や医科大学などの新規施設の建設によるニーズの増加も見込まれることから商業施設設置の必要性・有効性は高いと思われる。

駅施設の設計に当たっては、エレベーターやエスカレーター、手すりの設置など患者等の利用にも留意したユニバーサルデザインとする必要がある。

なお、病院敷地内の各施設は分散しており、駅から病院までのアクセスの整備も課題である。駅前にリキシャ乗場を設置するが、屋根付き通路、敷地内巡回バスの整備などが将来的には必要になるものと思われる。



LRT州病院駅は、MRT駅と市バスターミナルと接続する。(市バスターミナルの形状は仮設定。PCMCに要確認)

高架のLRT駅から、病院敷地内まではデッキで接続する。BRTと市バス利用者もデッキを利用し路上の横断は行わないようにする。

駅前オートリキシャ乗場までは、屋根付きのアクセスを確保する。

周辺住民用にバイク駐車場を設ける。

バイク駐車場、市バスターミナル上部は商業施設を設ける。

		延べ床面積
市バスターミナル商業施設 (バスターミナル上部)		475 m ²
バイク 駐車場棟	商業施設 (4F,5F)	320m ²
	バイク駐車場 (1-3F) (140台)	900 m ²
商業利用床面積合計		630 m ²

図 5.6.5 州病院駅開発検討案

出典：調査団

5.6.4 St15 ワカドチョーク 2 駅

本 LRT 路線は、ワカドチョークの西側ジャカットナカ (JAKAT NAKA) のフライオーバーで国道 4 号線 (NH-4) と交差する。この NH-4 は、市バスの他ムンバイ行き的高速バスが頻繁に行き来するため、フライオーバー付近では乗り換えをする人が多く見られる。またフライオーバーの下には、バイク駐車場があり NH-4 の高速バスを利用する人々に利用されている。



フライオーバー下でバスを待つ人々



フライオーバー下のバイク置場

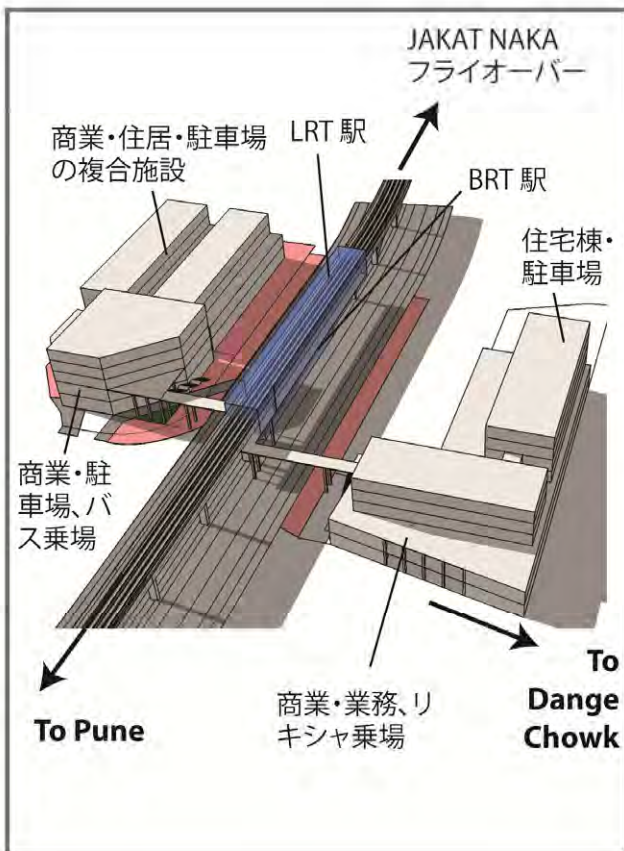
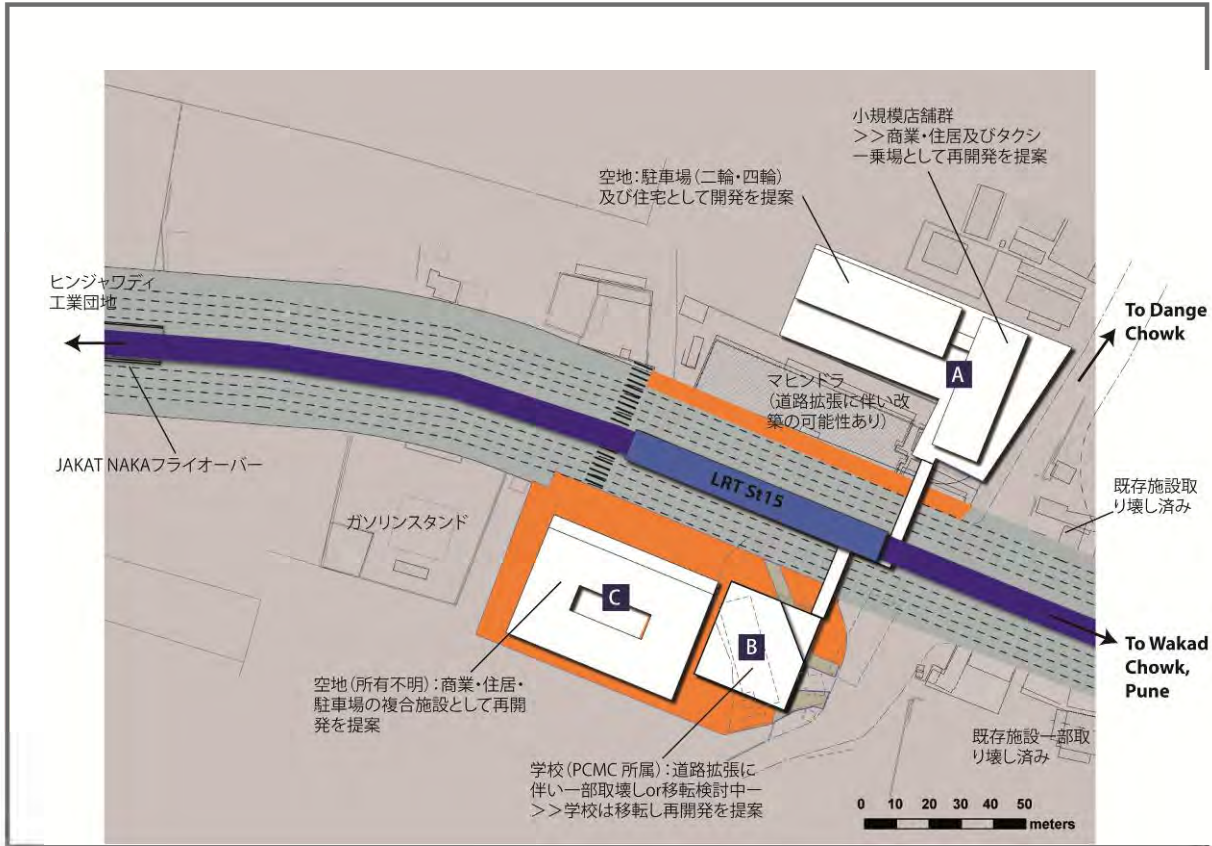
また 2 章に記すとおり、この地域周辺では大規模住宅開発・タウンシップ開発が多く進行中であり、かなりの人口増加が見込まれている。PCMC からの聞き取りによると、この新規住宅開発は主にヒンジャワディ工業団地の就業者をターゲットとしているが、同時にプネ地域の住宅事情 (不動産価格の高騰) の悪化から、価格的に安い同地域に住んでプネに通勤・通学する人々もターゲットとして見込まれているとのことであった。

さらに同地域では、PCMC の BRT の建設に伴い、道路幅員の拡張 (ROW45m) が進行中であり、既に土地の買収、建物の取り壊し、道路沿線の住宅開発が進行中である。

このような状況から、フライオーバーに隣接する St15 ワカドチョーク 2 駅については、BRT 地上駅の上に接続して LRT 駅を設けることにより、BRT との乗換駅となるほか、NH-4 を通過する市バス・高速バスとの乗換駅としての利用も期待される。さらに周辺タウンシップ住民のパークアンドライド (P&R) 施設 (主にバイク) としての需要も見込まれることから、開発ポテンシャルは高いものと考えられる。

現時点では、ワカドチョーク 2 駅周辺は、私有地が多く使用可能な土地が確認できていない (PCMC に確認依頼中) が、仮に LRT 駅周辺を P&R に伴う商業地域として開発する場合の可能性を以下に示す。

なお、現在の PCMC の都市計画によると同地域は住宅地域に指定されており、開発施設の商業利用に制限があるが、ここでは一部商業利用・複合利用への土地利用の見直しも前提として検討している。また検討に当たっては、容積率については、PCMC が規定している BRT 周辺の容積率緩和 (最大 180%) 策を適用している。



	用途	階数・貸付可能床
Site A	商業・業務棟	1-5 F 2,700sqm
	住居棟	4-8F 3,400sqm
	駐車場	自動車60台・ バイク300台 屋外 自動車45台
Site B	商業・業務棟	2-5F 2,500sqm
	駐車場	屋内 バイク110台
Site C	商業	2-3F 1,300sqm
	住居	4-5F 3,200sqm
	駐車場	バイク300台

図 5.6.6 St15 ワカドチョーク 2 駅周辺開発可能性検討