

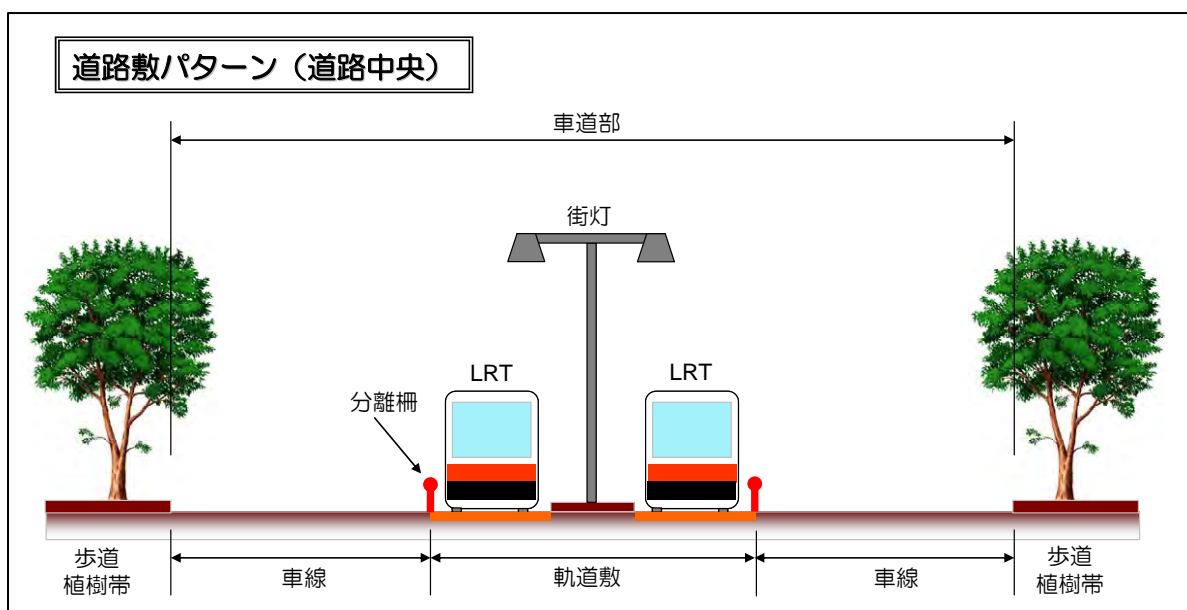
付 属 資 料

APPENDIX-1: 軌道空間

地上区間での LRT の軌道空間配置については、沿道状況、交通量等に応じて様々なパターンが考えられる。

1) パターン1: 道路中央寄せ

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行者の侵入も防ぐことができる。一方で、電停も中央部に設置する必要があるため、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。

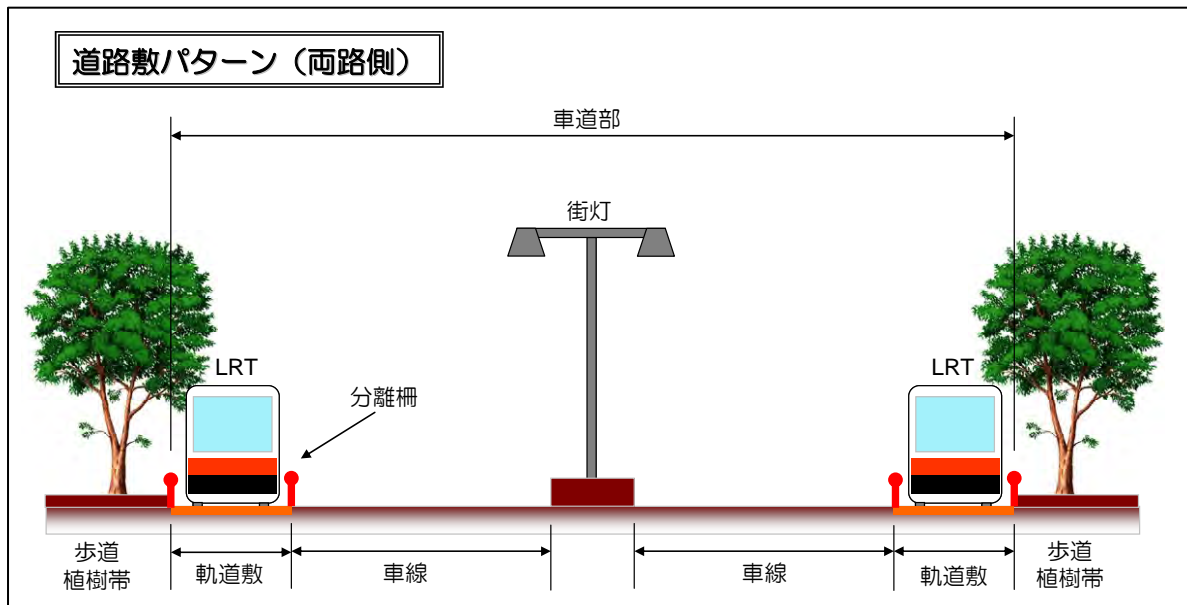


出典：調査団

図 A1-1 道路敷パターン (道路中央寄せ)

2) パターン2:両路側

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にアクセスできる、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る、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。

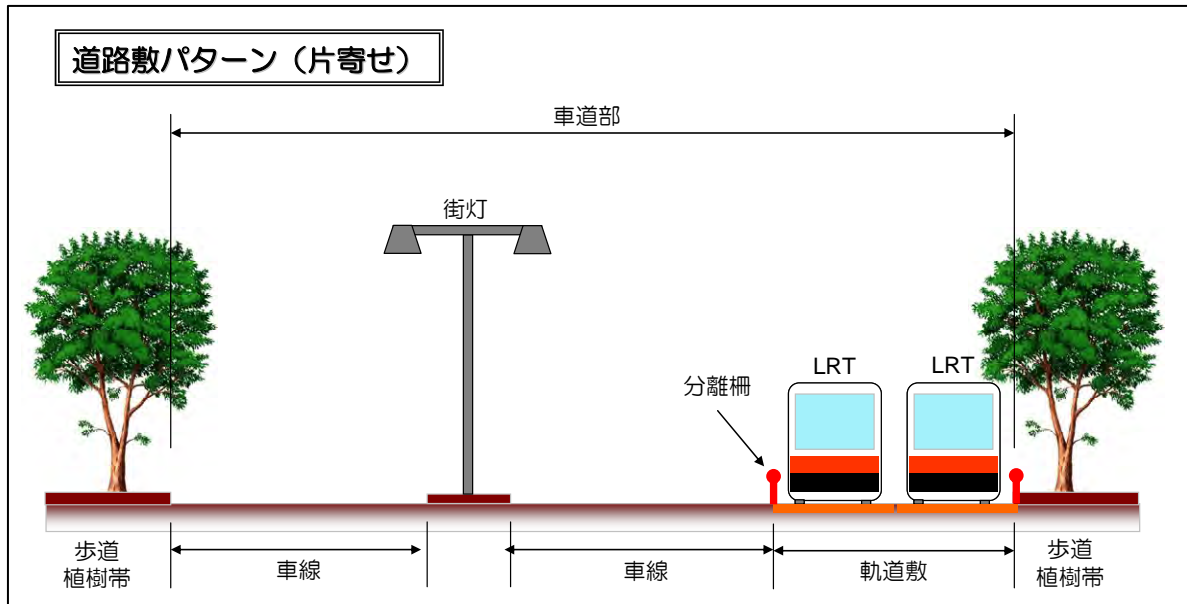


出典：調査団

図 A1-2 道路敷パターン (両路側)

3) パターン3: 片寄せ

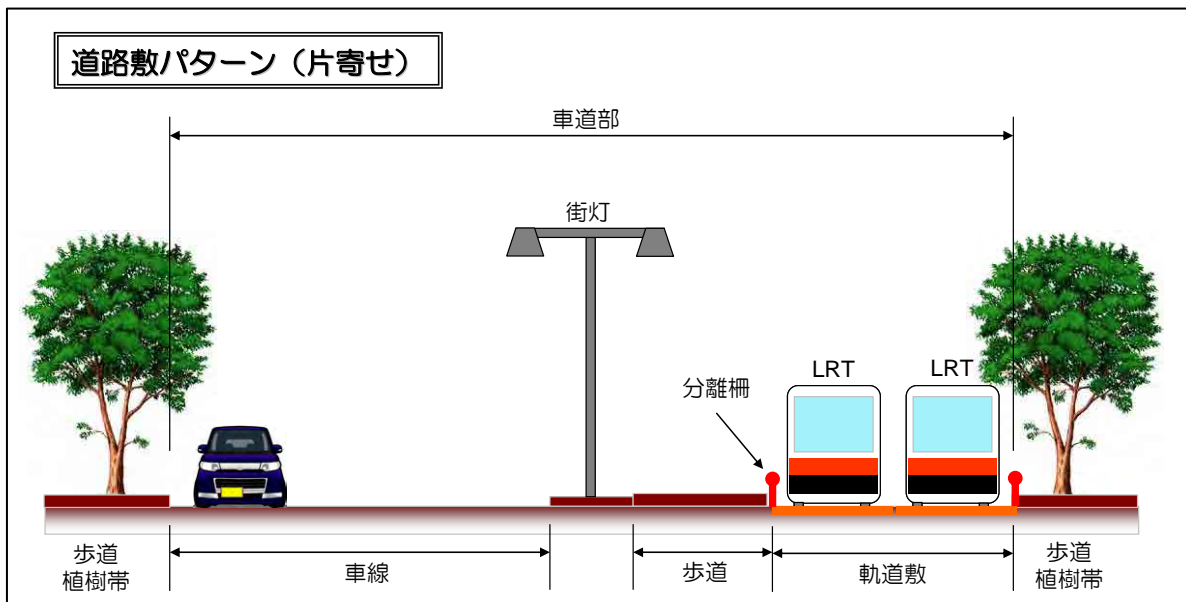
車道部の片側路側に軌道敷を寄せるパターンである。このパターンでは、自動車交通との幅転を最小化できるものの、道路空間の再配分が必要となる。



出典：調査団

図 A1-3 道路敷パターン（片寄せ 1）

片寄せでは下図のようなパターンも考えられる。道路交通との完全な分離ができ、安全面では優位であるものの、道路容量が減少するなどのデメリットもある。



出典：調査団

図 A1-4 道路敷パターン（片寄せ 2）

4) 軌道敷の検討

上記で示したように、各パターンでメリット・デメリットがある。本案件の地上区間（地上走行区間）では、状況に応じて下記のパターンを採用する。

- 路線沿線に各種施設が密集している区間（バス停が多い区間）
⇒パターン1（道路中央寄せ）：特に沿道に商店等が立ち並ぶエリアでは歩行者交通も多い傾向がある。歩行者の安全確保の観点からは道路中央寄せが最適である。さらに、沿道に商業施設が集積地域にはバス停なども設置されており、路側に軌道敷を設置すると一般バス（BRT 以外）がバス停へアクセスできなくなるなどの問題が懸念される。
- LRT が走行する道路から脇道（細街路）が多い区間
⇒パターン1（道路中央寄せ）：片寄せのパターンでは LRT と自動車が輻輳する回数が増え、安全確保が難しくなる。したがって、道路中央寄せが最適である。
- 路線沿線に商業施設や住宅などが少ない区間（バス停が少ない区間）
⇒基本的にはどのパターンでも対応可能である。

5) 地上軌道走行時の安全対策

上記、軌道敷パターン図にも示してあるように、軌道敷と道路の境界には縁石または簡易な柵を設け、道路走行車両との分離を明確にする。現在想定している安全対策は以下である。

- ① 分離柵（車道と軌道敷）
車道と軌道敷の境界には自動車・バイクの侵入を防ぐための分離柵を設ける。分離柵は簡易なものとし、利用者に圧迫感を与えない程度（1m 以下）の柵を設ける。
- ② 軌道敷の着色
交差点部にて自動車・バイクが軌道敷へ誤進入することを防ぐために、軌道敷部分を着色し、軌道敷と車道の違いを明確にさせる。

APPENDIX-2: 運賃收受方式

運賃收受方式

公共交通機関における運賃收受方式には大きく下表のように①改札方式、②車内改札精算方式、③車内発券精算方式、④信用乗車方式の4種類が挙げられる。

表 A2-1 運賃收受方式の概要

運賃收受方式	概要	システムの特徴
①改札方式	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 券売機等で購入したチケットを地上改札機でチェック。 ✓ 世界各国の鉄道や地下鉄で一般的に用いられる方式。 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 輸送人員が多い場合に乗降と改集札を分離し、料金収受を確実に行うことが可能。 ✓ 複雑な料金体系にも対応でき、不正行為なども防ぐことができる。
②車内改札精算方式	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 整理券を受け取り、降車時に支払い、または乗車時に係員(乗務員)に現金支払い、または事前発券の改札がある。 ✓ 日本、アジアの路面電車、世界各国のバスなどで採用されている方式。 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ ワンマン運転方式に対応したシステムである。 ✓ 運賃収受で運転手に、料金確認で利用者など双方への負担が大きい。
③車内発券精算方式	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 乗車時に運転手が、もしくは乗車後に車内で係員(乗務員)が発券するチケットを購入する。 ✓ 欧州、豪、シンガポール、タイ、中米のバスなどで採用される方式。 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 日本ではワンマン運転よりも以前の車掌乗車時に採用されていた方式。 ✓ 発券を伴うため、乗車券が必要となる。
④信用乗車方式	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 券売機等でチケットを購入、もしくは自分で改札する。係員等によるチェックはない。 ✓ 北米、欧州、豪などの軌道系交通で採用されている方式。 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 料金収受に係わる手間に比較して、収受漏れをある程度容認しながら収受の手間を軽減させた手法。 ✓ 罰金制度により秩序維持を図る場合多い。

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車内改札・精算方式についても各種の方式が存在する。ワンマン運転では一般的な方式で、乗車時に支払い・改札を行う「前払い」と降車時に支払い・改札を行う「後払い」があるが、詳細なシステムは料金体系との関係から多岐に渡り、下表のように整理できる。

海外の軌道では後述する信用乗車方式、もしくは発券方式であり、日本のように車両で直接金銭支払いのみというケースは少ない。

表 A2-2 車内改札・精算方式

運賃収受方式		システム	適用事例
前払い式	均一前払い式	乗車時に運賃を支払い	都電荒川線 東急世田谷線 東京 23 区内バス 北米各地バス など
	対距離申告前払い式 ゾーン制申告前払い式	乗車時に行き先(ゾーン)を申告して料金を支払い	東京多摩地区バス など
	対距離斬減前払い式	起点から終点に向かうにつれて運賃が低減。乗車時に示された料金を支払い	香港バス など
後払い式	均一後払い式	降車時に運賃を支払い	札幌市電 伊予鉄道市内線 土佐鉄道 香港島電車 など
	対距離整理券後払い式	乗車時に整理券を受け取り、降車時に番号を対照して支払い	岡電 広電 日本全国のバス など
	対距離申告後払い式	降車時に乗車地点を申告して支払い	海外の一部地域
混在式	対距離混在払い式	ターミナルでの料金収受をなくしターミナル行き(上り)は先払い、ターミナル発(下り)は後払い。ターミナル行きで料金変動させればよいので単純なシステム	千葉市・船橋市バス など
	区間別混在払い式	区間を2つの均一区間に分け、前払いの区間と後払いの区間とする。どちら区間のみならどちらかの料金のみ、両方にまたがる場合は両方の料金を支払い	一部地域

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

欧米に普及している LRT は④信用乗車方式がなければ成り立たないと言えるほど重要な料金収受システムである。信用乗車方式の概念は、運転手や車掌が集改札をせず、乗客自らが乗車券の管理を行う方式である。一般的には、乗客自らが事前にチケットを購入し、乗車後、車内で自らが刻印する方式である。この方式を採用することにより、何両も車両を連結し、長編成とした場合でも運転手一人だけでの運行が可能になり、さらに運転手は運賃収受に関わらなくなる上に車掌は必要なくなるので運行コストが削減できる。どのドアからも乗降が可能となるため複数の扉から同時に多くの人が乗降できることにより、運行速度を高く維持できるなどのメリットがある。

一方、無賃乗車などの不正乗車が問題点としてあげられる。欧州では私服の職員による抜き打ち検札を行ったりして、違反者には理由の如何に関わらず超高額の罰金を課すことなどでシステムを担保している。

インドの公共交通機関での運賃収受方式を下表に整理した。メトロでは、改札方式が標準的に採用されている。コルカタ・トラムはメトロに比べて乗車定員が比較的小さいため、車内改札でも十分対応できているものとする。なお、プネ地域では、計画中のプネ・メトロ案件において改札方式が検討されている。

表 A2-3 インド国内の運賃收受方式

交通システム	運賃收受方式
メトロ(インド各地)	改札方式
コルカタ・トラム	車内改札精算方式(対距離申告)
プネ・メトロ(計画)	改札方式
プネ・バス	車内改札精算方式(対距離申告)
プネ・BRT(計画)	不明

出典：調査団

表 A2-4 自動改札機比較表

	Flap-type	Turnstile	Retractable
Actual Processing Speed	60 passengers/min.	30 passengers/min.	40 passengers/min.
Width of Machine	200mm	300mm	300mm
Mean Cycle between Failure	1 million cycles ~	1 million cycles ~	1 million cycles ~
Passenger's Safety	Excellent	Good	Poor
Protection Performance (Against breaking through)	Comparatively weak compared with others	Strong	Strong

出典：調査団

APPENDIX-3: 変電システム(従来型 LRT システムのケース)

1) 概要

本項目においては、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。従来型の LRT システムでは、蓄電式 LRT システムでは不要であった、き電変電所を設ける。

2) 機能

(1) BSS (Bulk Substation)

プネ市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。受電電圧は各々22kV×2 回線であり、10MVA の変圧器を用いて 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 SW Post までとするが、非常時には BSS 一箇所から全線に電力供給できる能力を持たせる。

(2) SW Post (Switching Post)

6.6kV ケーブルは LRT 全線 (21km) に渡って敷設されるが、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) Traction Substation

き電変電所を 2.5km~3.0km 間隔で 7 箇所設置する。BSS から受電した交流電源を直流に変換し、フィーダー回線は方面別、上下一括き電として 2 回線設ける。

(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、整流器によって交流を直流 600V に変換し、Depot に滞留している車両へ給電する。

(5) Station Post

各駅に設置し、照明やエレベータなど駅設備に電力を供給する。設備としては、受電 VCB および低電圧への変圧器があり、ブレーカーを介して各負荷に電力供給を行う。

(6) SCADA

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異常情報などの監視を行う。

APPENDIX-4: 架線システム(従来型 LRT システムのケース)

1) 概要

速度が制限される市街地の架線方式としては、ちょう架線を使用せず、トロリ線を直接支持する「直接ちょう架方式」を採用する。直接ちょう架方式は、速度 50～85km/h が適用基準（鉄道・運輸機構）とされている。

支持点箇所のみ逆 Y 線でちょう架する構造にすると、安定した電気運転が可能となる。直接ちょう架方式は電線が 1 本であり、下図のようにセンターポールを採用することにより、都市景観にも配慮した構造となる。

表 A4-1 想定する架線システム概要

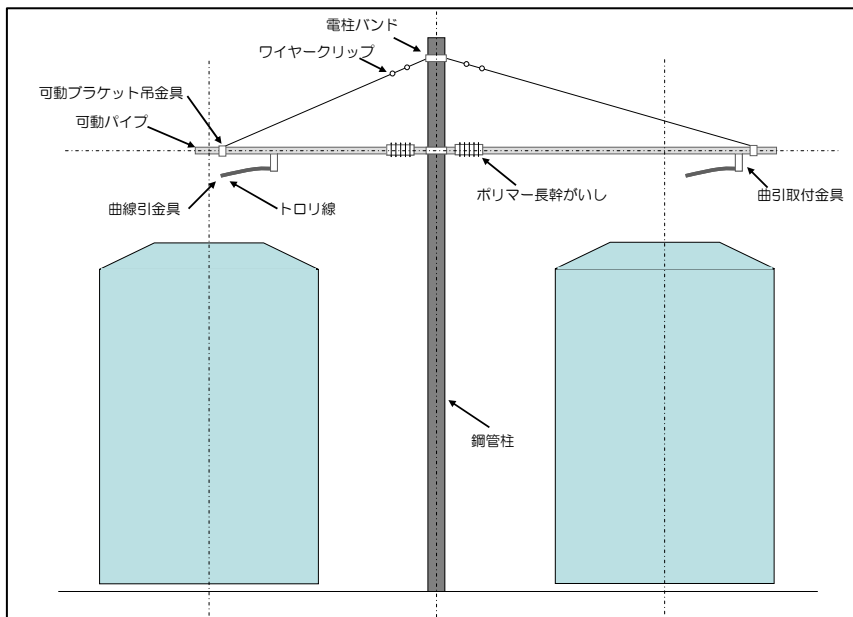
設備/方式	詳細	備考
電車線柱	センターポール式	※軌道敷を両側寄せとした場合は再度ポール式とする。
架設方式	架空単線式	
ちょう架方式	直ちょう架方式	
き電線	直流き電方式	

出典：調査団

2) 架線システム計画

(1) 電車線柱

LRT の電車線ちょう架方式は大きく分けて、複線の中にポールを設置する「センターポール式」、軌道敷の両側にポールを設置する「サイドポール式」の 2 種類である。センターポール式は、ポール 1 本だけであるため、見た目がシンプルであり、都市景観への配慮という点で優れている。さらに、道路照明や道路信号機を併設させることもできたため、多様な利用も可能である。



出典：調査団

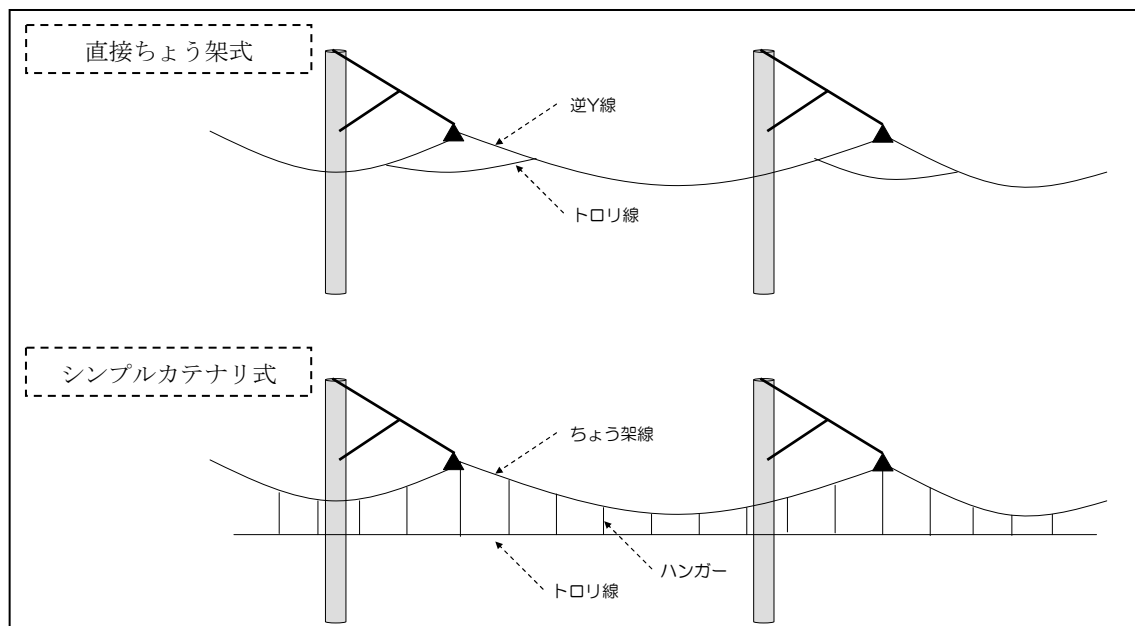
図 A4-1 電車線柱の構造

(2) 架設方式

最も代表的な方式で活用されている架空単線式を採用する。これは、軌道上部に設けた架空接触電線（トロリ線）から供給を受けた電気車の電流を、走行用レールを通して変電所に帰す方式である。

(3) ちょう架方式

ちょう架方式は、直接ちょう架式、カテナリ吊架式、剛体吊架式に大別される。下図はLRTで主に利用されている直接ちょう架式とシンプルカテナリ式である。



出典：調査団

図 A4-2 ちょう架方式の比較

APPENDIX-5: 鉄道システム概算事業費

1) 概要

鉄道システムの概算事業費を算出するにあたり、①従来型 LRT と架線レス LRT の比較、②架線レス LRT とプネ・メトロの比較、を行った。

また、インド国内での先行鉄道 PPP 案件の実績を公開されている情報ソースを活用して整理した。

2) 従来型 LRT との概算事業費比較

従来型の LRT システムと本調査で提案する架線レス LRT システムの概算事業費（システムと車両のみ）の比較を行う。算定条件は下記に整理する。

【算定（前提）条件】

- 路線延長 21.2km、電停数 21 箇所（対向式ホーム）を基本条件とした。
- 最大輸送量 15,000 人/時/方向に対応可能なシステムを想定し、最大輸送量に対処する能力を確保できる 60m 車（30m 車の 2 連接）を 40 編成導入することを想定した。
- 車両基地は 40 編成（60m 車）に対応した施設規模を想定し、車両基地の敷地内に本社施設を建設するものとした。
- 車両は日本からの輸出を基本として想定した。
- 高架部は、T 型レールによる直結型スラブ軌道、地上部は、溝レールでの樹脂固定軌道とした。
- 他のシステムで現地調達可能であると想定されるものについては、ベースの見積りにインド現地化のファクターを独自に設定し、算出した。
- フル架線レス型システムは全停留所でバッテリー充電することを想定した。
- 概算金額は LRT システムの E&M（電気、機械）部分のみであり、土木及び土地収用費は含まれない。ただし、E&M 部分には設置工事費を含むものとした。
- 概算金額には、マネジメント費用として 10%を計上した。
- LRT システムの調達にかかる税金、関税等は含むものとした。

表 A5-1 システム導入費用の比較

<p>【ケース1】フル架線型 LRT システム</p>
<p>＜システム概要＞ 路線に敷設した架線から車両上部に設置されたパンタグラフで給電を受けながら運行する、従来型の LRT システム</p>
<p>＜システムイメージ図＞</p>
<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;">  <p>写真：富山ライトレール</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>写真：広島電鉄</p> </div> </div>
<p>《超概算見積り》13.6 億円/キロ(現地価格) (※延長 21.2km の場合:約 288 億円)</p>
<p>【ケース2】フル架線レス型 LRT システム</p>
<p>＜システム概要＞ 路線には架線を敷設せず、走行中は車上に搭載されたバッテリーにて運行し、停留所での乗降時間を利用して車両上部に取り付けられたパンタグラフからバッテリー充電する完全なバッテリー駆動式のフル架線レス型 LRT システム</p>
<p>＜システムイメージ図＞</p>
<div style="text-align: center;">  <p>イメージ</p> </div>
<p>《超概算見積り》 14.3 億円/キロ(現地価格) (※延長 21.2km の場合:約 302 億円)</p>

※概算見積りは、初期投資のみを試算したものであり、O&M は含まれない。

出典：調査団

3) プネ・メトロとの概算事業費比較

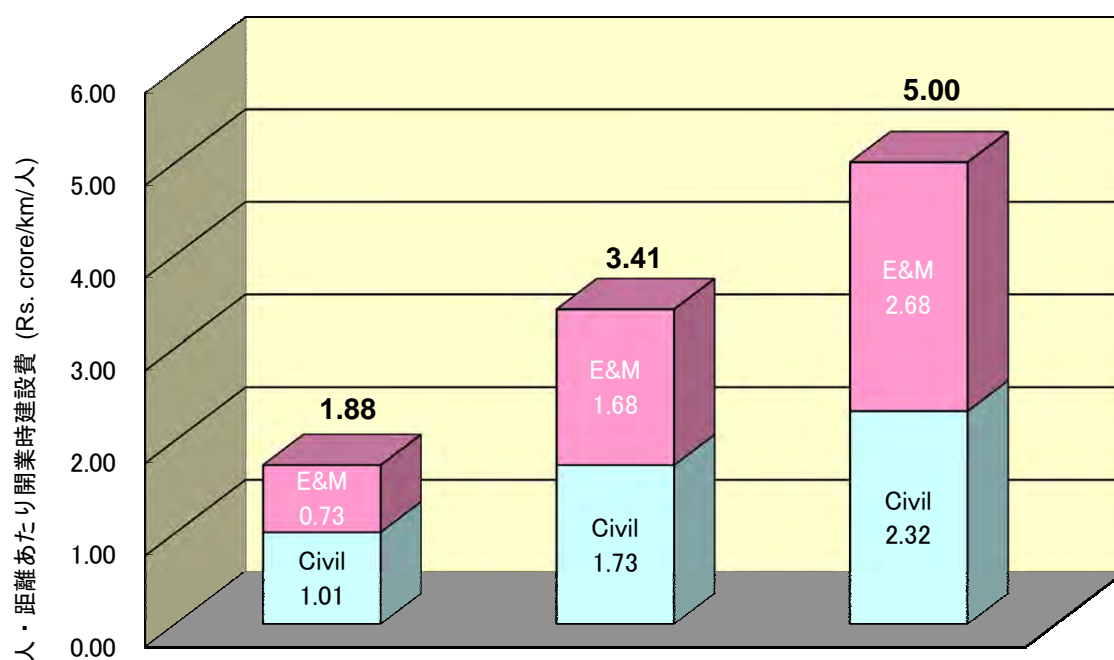
LRT と MRT は異なる交通システムであるが、両者の事業費を比較すると下表のようになる。同じレベルで比較をするために、プネ・メトロの価格は2012年価格へと修正している。

MRT に比べて LRT のシステム規模は小さいことから、一人当たりキロ当たり事業費では LRT が最も低価格となった。

表 A5-2 プネ・メトロとの事業費比較

		Battery Tram	Pune Metro 1	Pune Metro 2	
Route Length (km)		21.6	16.6	14.9	
Dimension of Rolling Stock		Length : 60m Width : 2.65m	Length : 84m Width : 2.9m	Length : 84m Width : 2.9m	
Transport Capacity per Train Set (6 person/m ²)		690	1,034	1,034	
Operation Headway (min) (Opening Year)		4.0	4.5	12.0	
Transport Capacity (Opening Year) (person/hour/direction)		10,350	13,787	5,170	
No. of Train Set (Opening Year)		25	18	7	
CAPEX	Per-km CAPEX (Opening Year) (Rs. Crore/km) *without Land	E&M	75.1	231.6	138.8
		Civil	104.4	239.1	119.9
		Total	179.5	470.7	258.7
	Per-km CAPEX per Transport Capacity (Rs. lakh/km/person) *without Land	E&M	0.78	1.68	2.68
		Civil	1.09	1.73	2.32
		Total	1.88	3.41	5.00

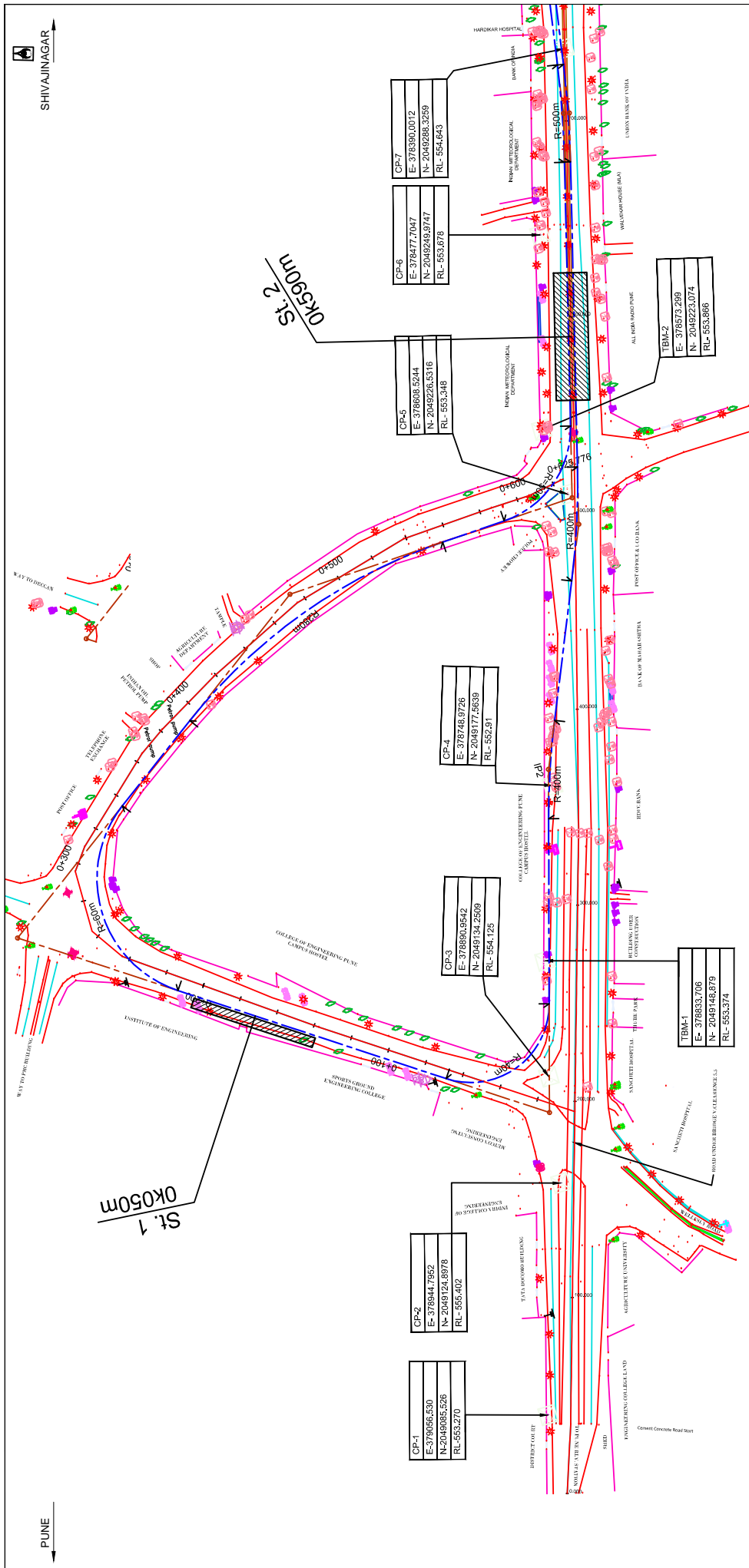
出典：調査団

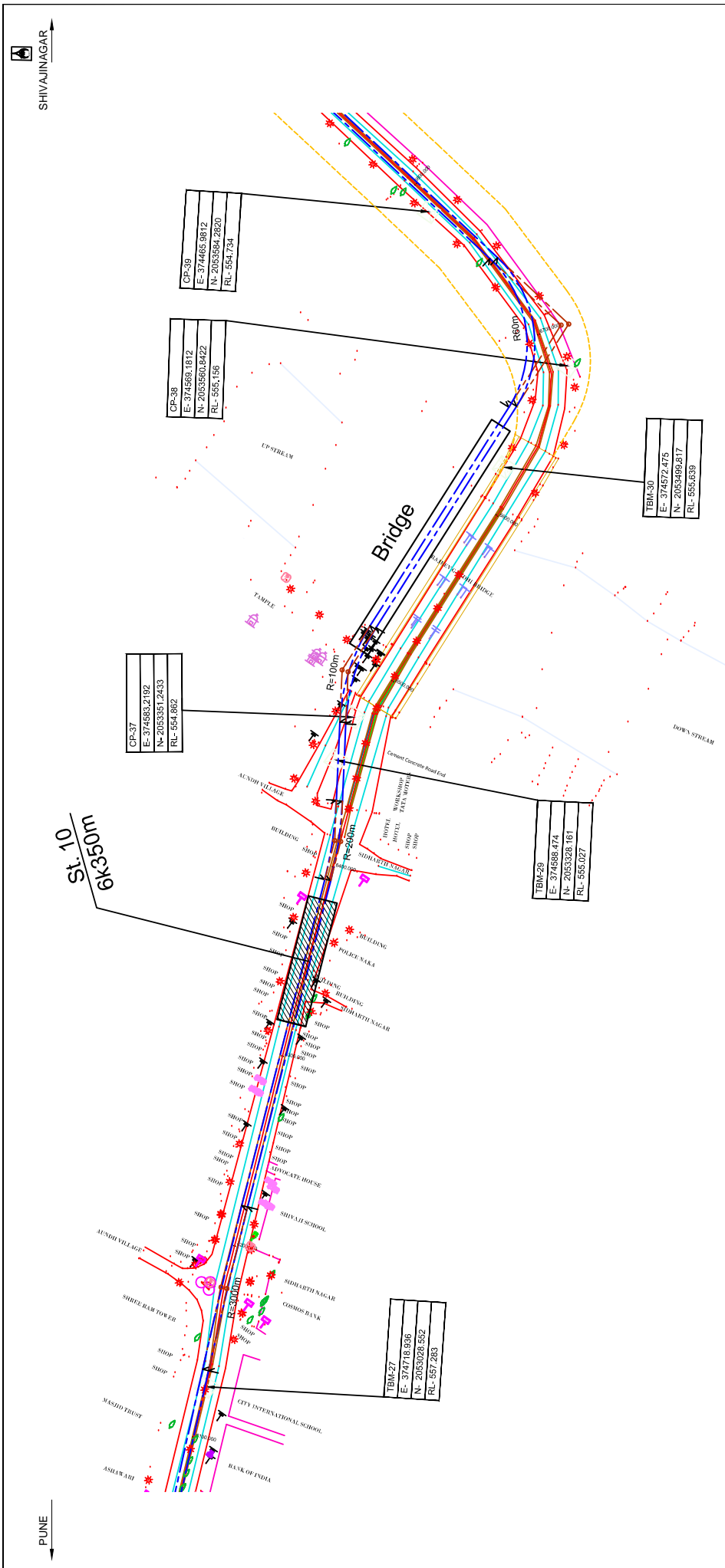


出典：調査団

図 A5-1 プネ・メトロとの事業費比較

APPENDIX-6: Alignment of Pune LRT (Alternative)





SHIVAJINAGAR

PUNE

10m = 1cm

CP-37
E- 374682.2192
N- 2053351.2433
RL- 554.8627

CP-38
E- 374569.1812
N- 2053580.8422
RL- 555.156

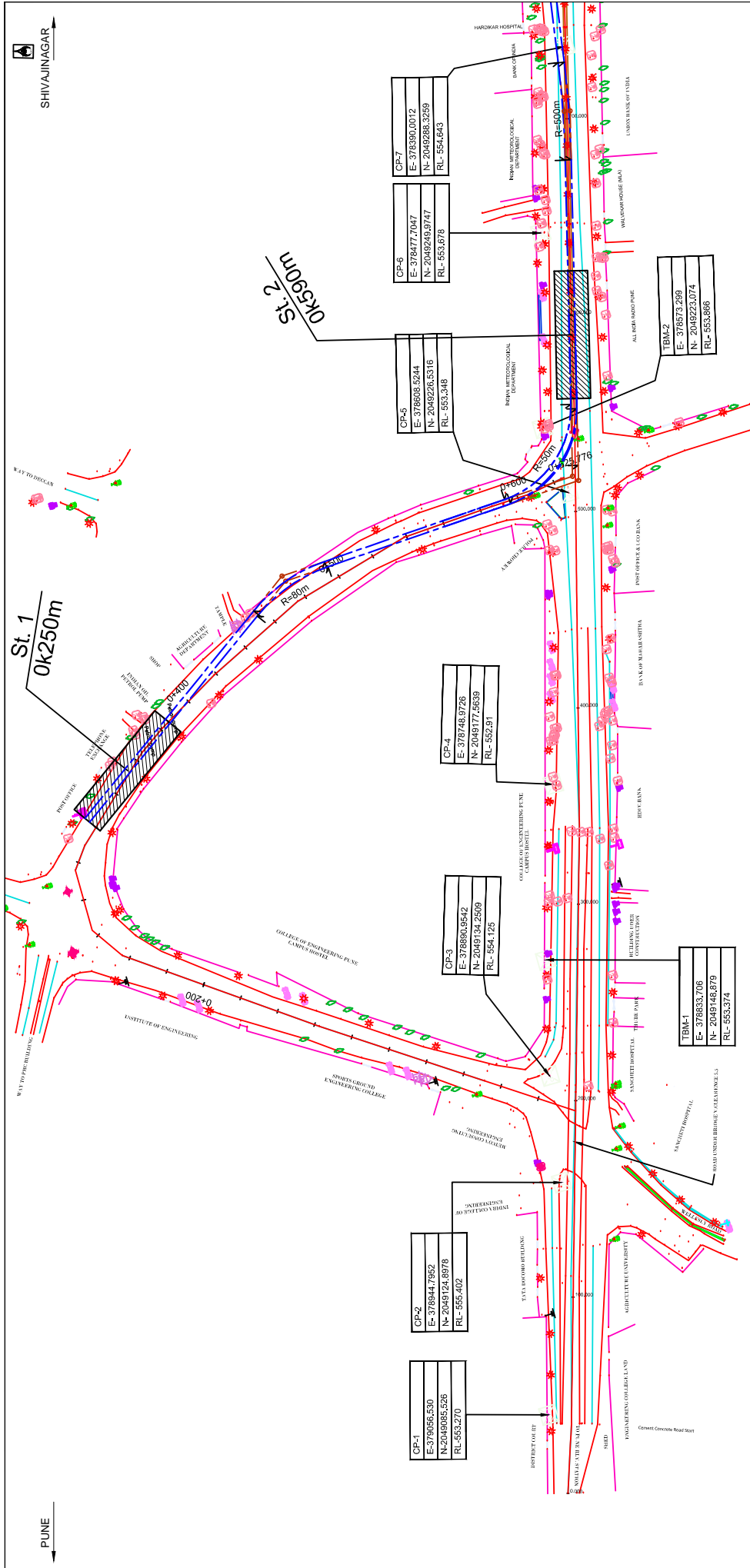
CP-39
E- 374485.9812
N- 2053594.2820
RL- 554.734

TBM-29
E- 374688.474
N- 2053328.161
RL- 555.027

TBM-30
E- 3774572.475
N- 2053499.817
RL- 555.639

TBM-27
E- 374718.936
N- 2053028.552
RL- 557.283

APPENDIX-7: Alignment of Pune LRT modified





LEVEL DATUM =+46.000

EX. LEVELS

CHANGE

NOTES:

1) ALL DIMENSIONS, CHANGES AND LEVELS ARE IN METRES UNLESS OTHERWISE SPECIFIED.

LEGEND:

- EXISTING FLYOVER
- EXISTING SUB-WAY
- PROPOSED CENTER LINES
- ROAD EDGE
- FLYOVER
- DRAINAGE
- DOUBLE TURN
- DOUBLE INTERSECTION
- EX. MEDIAN

LEGEND:

- ELECTRIC POLE
- ELECTRIC JUNCTION BOX
- TRANSFORMER
- TELEPHONE POLE
- TELEPHONE JUNCTION BOX
- LAMP POLE
- WATER TANK
- PETROL PUMP
- MANHOLE
- TANK
- CONCRETE PILES

LEGEND:

- SPIN BOARD
- SIGNAL LIGHT
- PIER
- HIGH MARK
- WELL
- BUS STOP
- TEMPORARY BENCHMARK
- CONCRETE PILES

LEGEND:

- REV. NO.
- REV. DATE
- DESCRIPTION

LEGEND:

- DESKN
- CHECKED
- DELIVERED
- DATE

LEGEND:

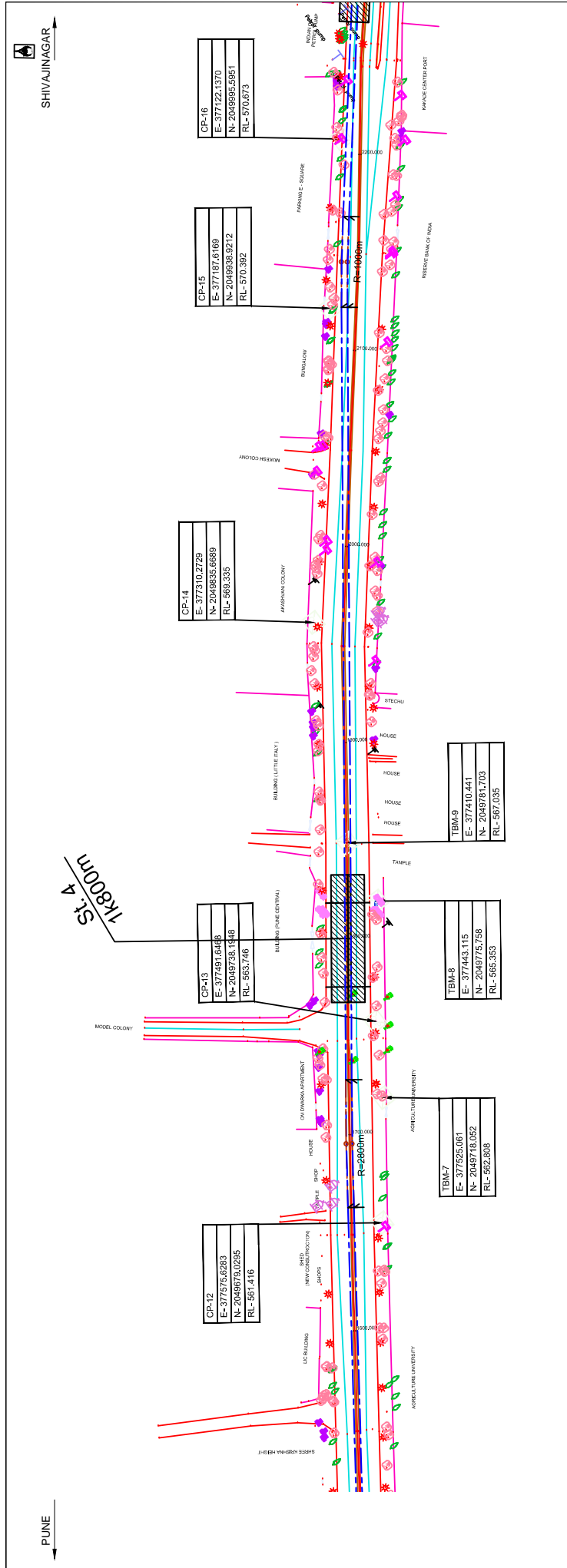
- CLIENT
- PROJECT
- TITLE
- SCALE

LEGEND:

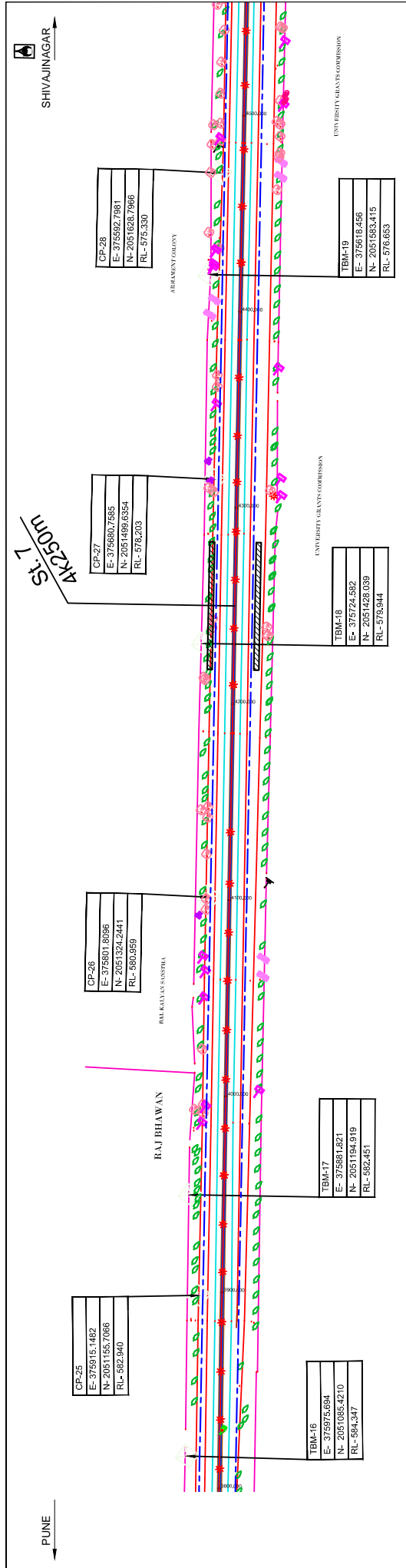
- CONSULTANT:
- SOIL LIMITED
- SOIL LIMITED OFFICE NO. 6, AVIND PREET FLOOR,
- GOVT. AVENUE OFFICE NO. 1, AVIND PREET FLOOR,
- PLOT NO. 01, SECTOR-44, NEERAJ ESTATE, NAYAGAR, PUNE

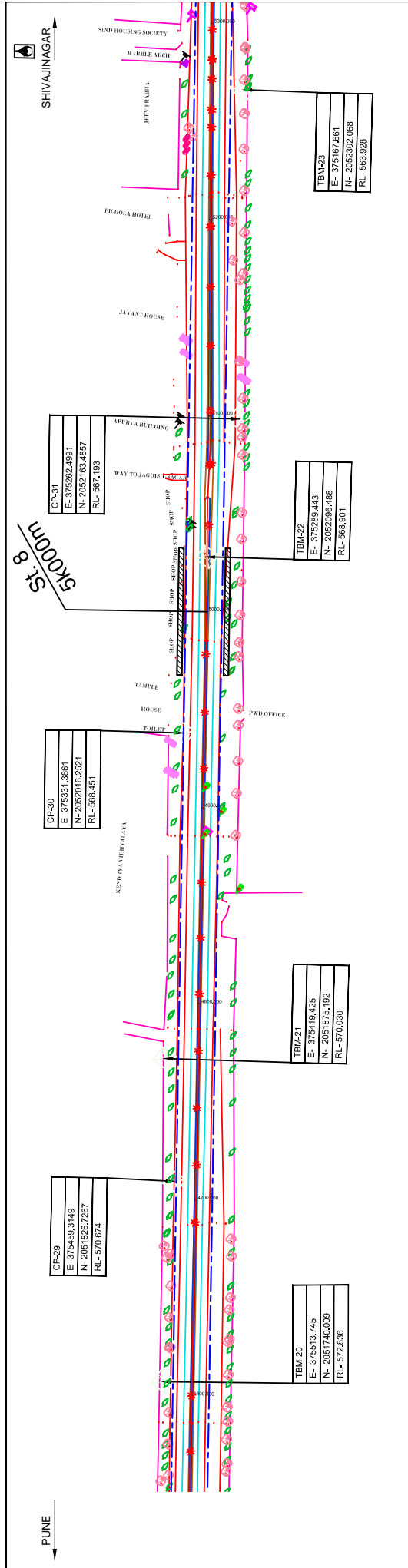
LEGEND:

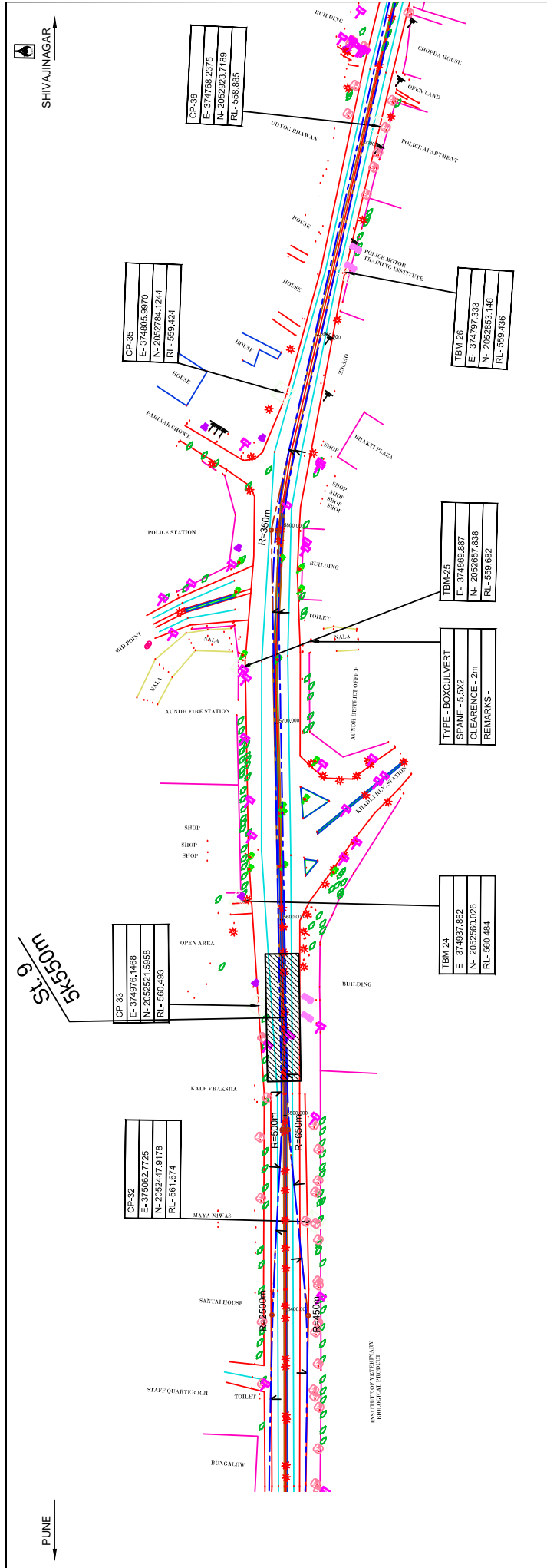
- JICA & ORIENTAL CONSULTANTS CO., LTD.
- PUNE IRT PROJECT FROM SHIVAJINAGAR TO HINSEWADI (0+000 TO 14+200)
- SURVEYING PLAN & PROFILE AT CH. 0+750 TO 1+520
- SCALE: 1:1,000 (V:200)
- DRG. NO.: SURVEYING /PRP/02











St 9
5x35m

CP-32
E- 375862.7725
N- 205247.9178
RL- 561.674

CP-33
E- 374976.468
N- 205251.5988
RL- 560.493

CP-35
E- 374895.8970
N- 2052784.7241
RL- 558.424

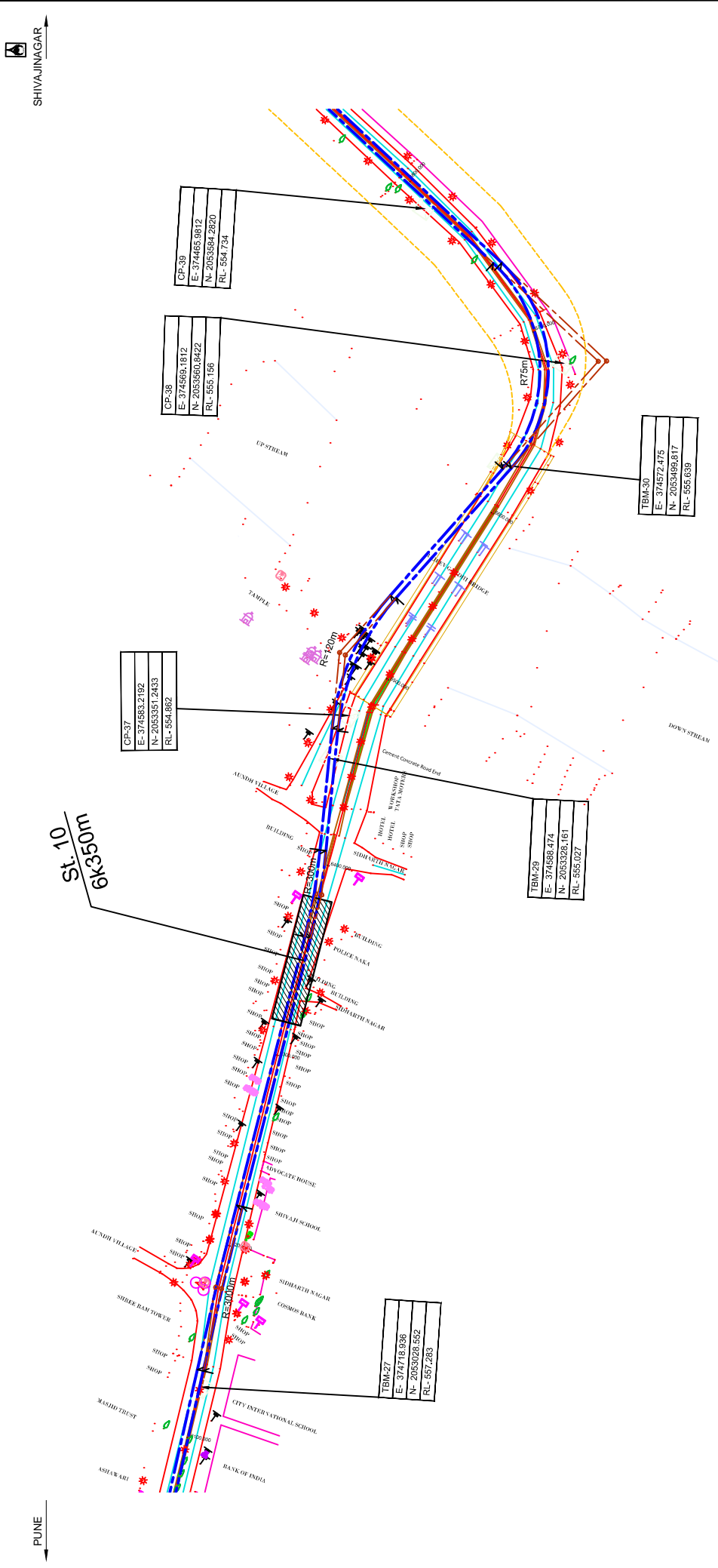
CP-36
E- 374766.2375
N- 2052923.7189
RL- 558.885

TBM-24
E- 374937.862
N- 205250.026
RL- 560.464

TYPE - BOX CULVERT
SPAN - 5.5x2
CLEARANCE - 2m
REMARKS -

TBM-25
E- 374889.887
N- 205267.848
RL- 559.682

TBM-26
E- 374797.333
N- 2052653.146
RL- 559.436



SHIVAJINAGAR

PUNE

St. 10
6x350m

CP-39
E- 374465.9812
N- 2053560.8422
RL- 554.734

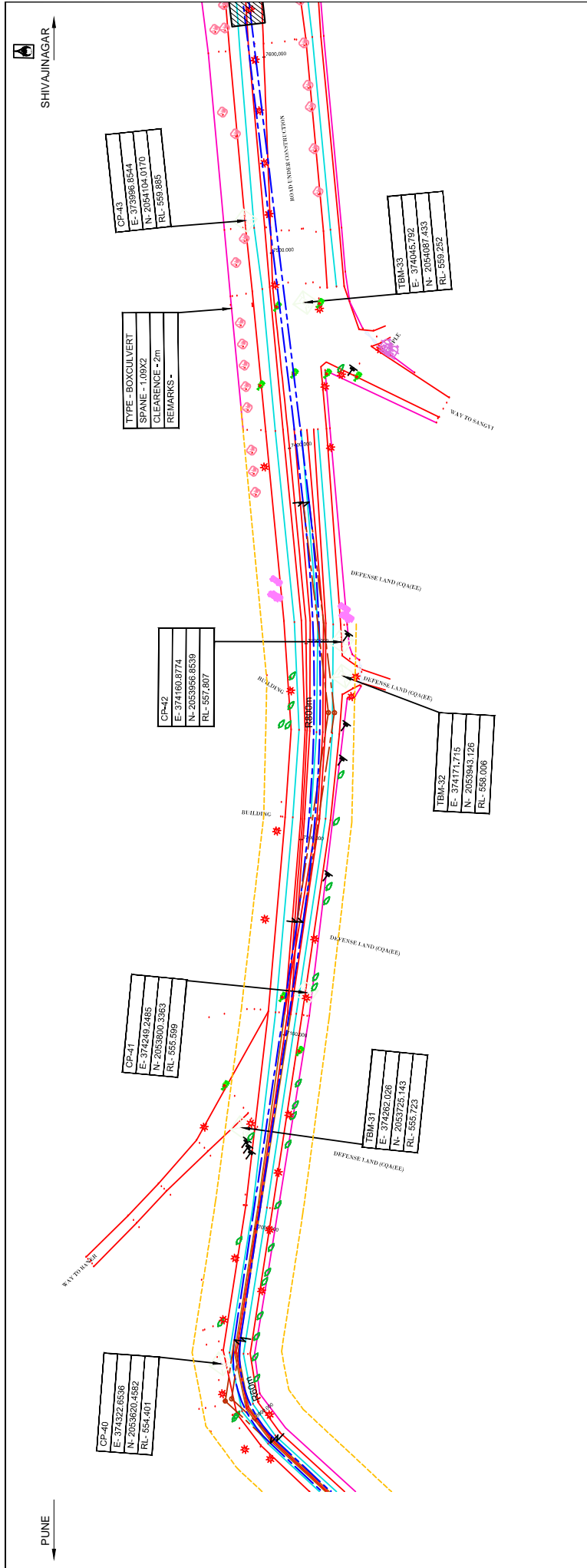
CP-38
E- 374669.1812
N- 2053560.8422
RL- 555.156

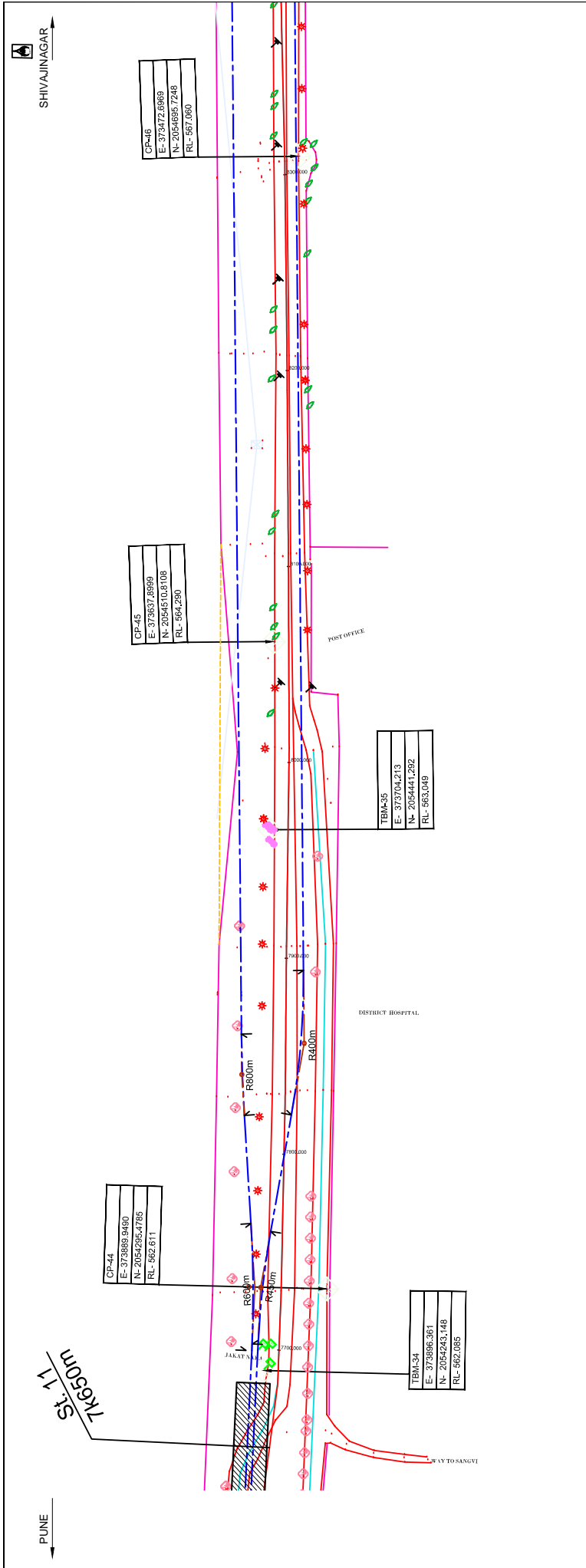
TBM-30
E- 374572.475
N- 2053499.817
RL- 556.639

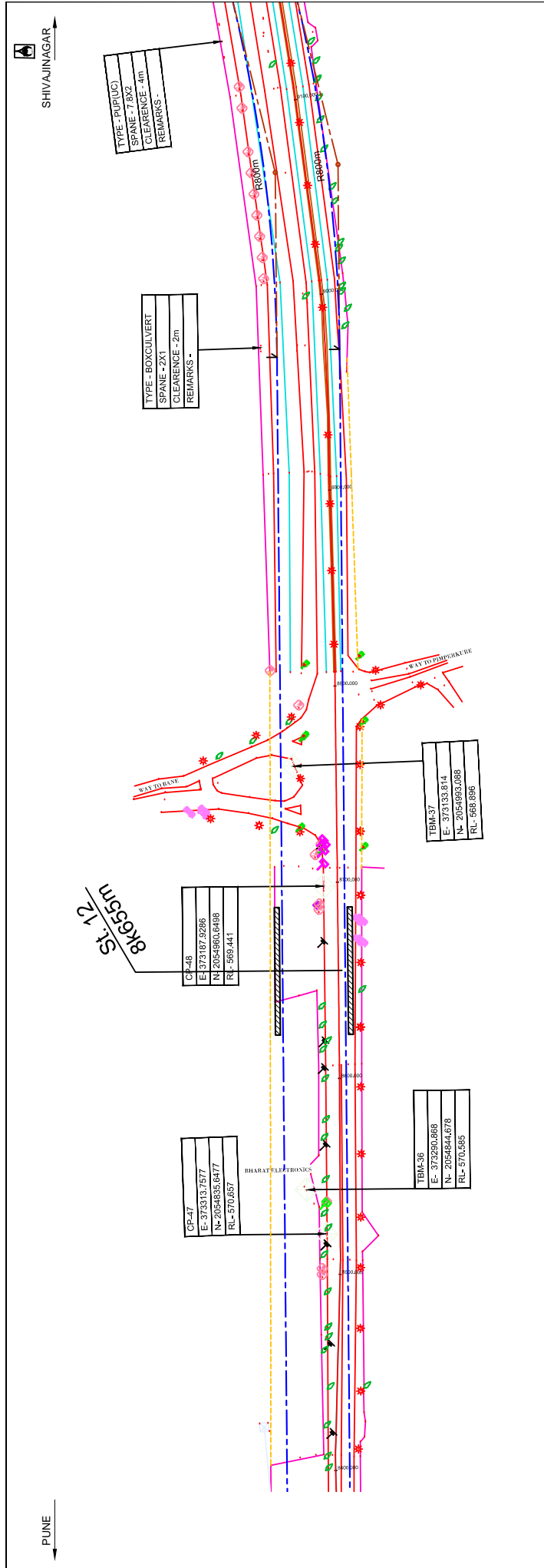
CP-37
E- 374583.2192
N- 2053361.2433
RL- 554.862

TBM-23
E- 374588.774
N- 2053328.161
RL- 555.027

B.M.-27
E- 374718.936
N- 2053038.452
RL- 457.283







PUNE

SHIVAJINAGAR

TYPE - PUPLUC
SPAN - 7.8X2
CLEARANCE - 4m
REMARKS -

TYPE - BOXCULVERT
SPAN - 2X1
CLEARANCE - 2m
REMARKS -

St. 12
8K65m

CP-48
E- 373187.9286
N- 2054960.6498
RL- 569.441

CP-47
E- 373313.7577
N- 2054835.6477
RL- 570.637

BHARAT ELECTRONICS

TBM-37
E- 373133.814
N- 2054933.089
RL- 568.896

TBM-36
E- 373290.868
N- 2054824.678
RL- 570.565

