

出典: JICA 調査団

図 4.3.2 地質断面図

4) 地盤定数

地盤定数を取り纏めた値を表 4.3.2 に示す。

表 4.3.2 地盤定数

地層	平均 N 値	湿潤密度 γ_t (kN/m^3)	粘着力 c (kN/m^2)	内部摩擦角 F_{ai} ($^\circ$)	変形係数 E (kN/m^2)
B	7	18	0	25	4,900
Ap	4	20	24	0	2,800
Ac	2	18	30	0	1,400
Dc	17	19	62	0	11,900
Ds	22	19	0	33	15,400
Pc	39	20	230	0	27,300
Ps	48	20	0	42	33,600

出典: JICA 調査団

5) 考察

Ps 層はほとんどの場合 N 値 50 以上を示しており、層厚 5m 以上の Ps 層は支持層として十考えられる。一方、Ps 層であっても N 値 50 未満を示す箇所もあり、支持層深度はボーリング地点ごとに出現深度が変わるため、地点ごとに設定する必要がある。また、Pc 層および Dc 層においても N 値 50 以上を示す場合には、支持層としての層厚が十分確保 (5m 以上) できるのであれば、支持層として考えられる。

また、Ac 層および Ap 層は未圧密状態の地層であることが試験結果より判明しているため、これらが分布する BH26 から BH29 の区間においては、杭基礎を設計する際に負の摩擦力を考慮する必要があるものと思われる。

車両基地候補地周辺における圧密沈下の可能性については、BH38 と BH41 のデータを基に検討した結果、盛土高 5m 程度とした場合の最終沈下量は 22.2cm と 36.0cm となり、何らかの圧密沈下対策が必要と思われる。

既存資料においてはダッカには活断層の存在を示す文献は見当たらないが、基本・詳細設計においては BUET 等大学から地震、活断層の詳細なデータを入手のうえ、耐震設計を実施すべきである。

6) 埋設物調査の結果

沿線の埋設物については現地再委託で予想された埋設物（地上施設を含む）の台帳調査を行った。その結果については 800 分の 1 地図に書き入れた。

調査の結果 Purbachal 線沿線に現時点では埋設物は敷設されていないが、ガスパイプラインが計画されている。

一方空港線沿線には各種埋設物および地上施設が存在する。

- 電力線が地下 1~2m に埋設されている箇所がある
- WASA（上下水道）管が地下 1~2m に埋設されている
- 通信ケーブル（BTCL）が地下 3~5m に埋設されている
- Titas Gas 管が地下 1.22~3.2m に存在する
- その他、地上に存在する施設は
- 通信線、電力線および電柱
- Dust Bin
- Fly Over（ユーターン道路橋、歩行者用デッキ）
- 街路灯
- 郵便箱
- 信号機および交通案内版

台帳調査に記載されているもの以外にも存在する可能性があるため、位置、サイズ、防護の要・不要など正確な情報収集は現地で試掘など実施して把握しなければならない。

4.4 水理・水文調査

Bangladesh Water Development Board (BWDB) による、これまで洪水調査結果は、“Flood study in an around Dhaka City” April 2017 にまとめている。

調査結果によれば、この国の洪水は、モンスーン時の河川の氾濫、鉄砲水、降雨洪水、高潮などに分けられる。このうち、本プロジェクトの対象地域で重要となるのは、モンスーン時の降雨による河川の氾濫である。年間降雨量の 75% は 6 月~9 月に発生している。ダッカは頻繁に洪水が発生し、1982 年以降ダッカ市内が数回水浸しとなっている。

特に大きかったのは、1988年と1998年で、市内が0.3～4.5mの深さまで水浸しになっていたようである。

調査地点はダッカ周辺に5か所あり、各点での調査結果から、記録の残るこれまでの最高水位は8.35mとなっている。



出典：JICA調査団

図 4.4.1 ダッカ市周辺におけるBWDBの水位計測所

各地点の洪水高、河川名、高水位などは、次表の通りである。

表 4.4.1 ダッカ市周辺における各観測所の危険水位と最高観測水位

駅	River	Danger level (m PWD)	HWL (m PWD)	Year corresponding to HWL
Demra	Balu	5.75	7.11	1988
Dhaka	Buriganga	6.00	7.58	1988
Tongi	Tongi khal	6.08	7.84	1988
Mirpur	Turag	5.94	8.35	1988
Narayanganj	Shitalakshya	5.50	7.00	1988

出典：JICA調査団

ここに示されるHWLは記録に残る最高洪水水位である。

これまでの測定データによれば、雨季の高水位が8.35mとなっていることから、全てのダッカ市内の構造物に対して設計HWLをそれ以上とする必要がある。

これまで、降雨対策として堤防の建設、水位調整池、パイプカルバートなどの対策がとられてきており、今後も洪水対策として排水計画、洪水堤防、鉄筋コンクリート壁、水量調整構造設備などを検討中のようなのである。

現在、まだ本地下鉄計画の対象範囲の測量も実施していない状況であり、地表面高さも把握できていない。これまでの測定データから洪水時の高水位は8.35mとなっていることから、現時点では設計高水位を8.5mと設定する。

従って、現地下鉄計画においては、地下駅出入口、換気塔などは地上 8.5 m 以上に計画するものとする。8.5 m は FS 時の仮想設計で使われた設計高水位であり、基本設計・詳細設計を進めるにあたっては、事業主と合意の上、計画高水位を決めるべきである。

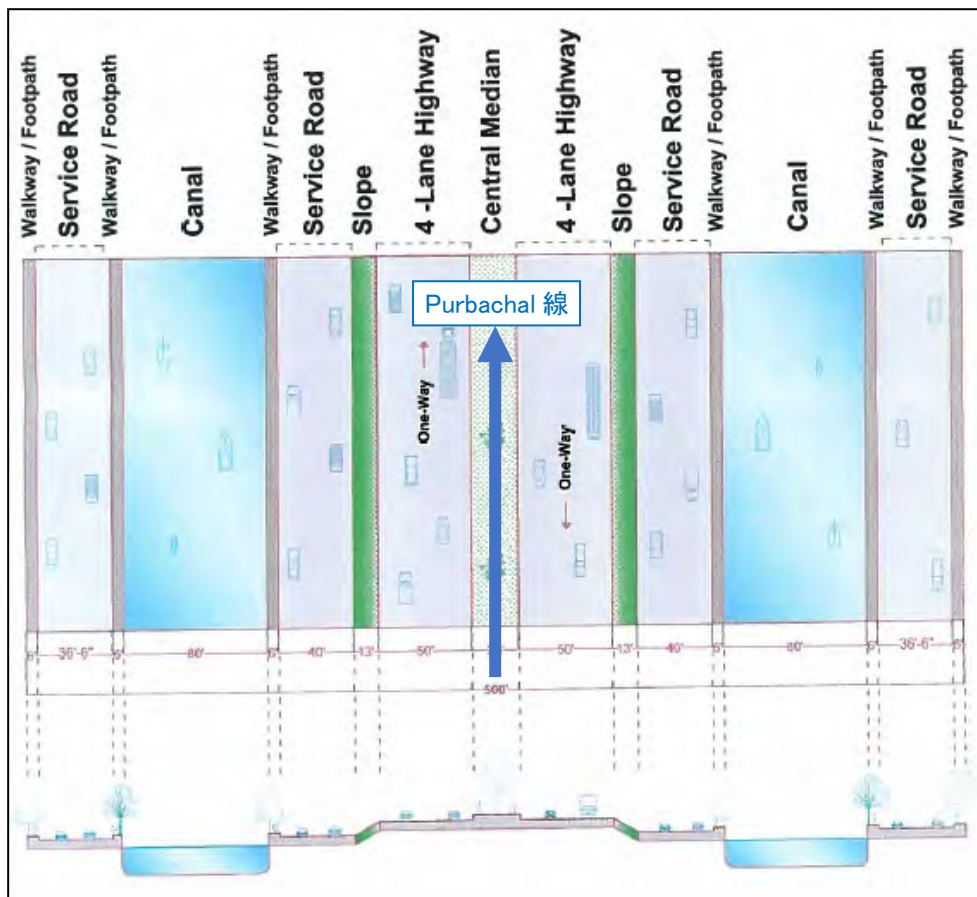
4.5 土木・施設計画

4.5.1 高架構造

1) Purbachal道路の計画

Purbachal 道路の計画は、図 4.5.1 に示すように二つの運河を含む全幅員が 500 フィートの大きな道路である。現在、運河は未だ建設されていないが、中央の Highway とその両サイドにある Service Road は建設が進んでいる。また、この路線上に 6ヶ所の河川橋梁があり、その内川幅が約 100m で水量も多い Balu 川に架かる橋梁は大きいですが、その他は比較的小さな橋梁である。

MRT 1 号線の走行は中央分離帯上を基本とし、駅部についても道路中央とする。ただし、地下から高架に移るトランジション区間をグリーンのスロープ部に設ける関係より、Bashundhara 駅については道路中心ではなく北側のスロープ部に設けることとし、また、Balu 川に既に架かっている橋梁の中心にメトロの橋梁を架けることは、既存橋梁の取り壊しが発生し非現実的であるため、既存橋梁の北側に建設することを計画する。



出典: DTCA

図 4.5.1 Purbachal 線沿線の道路計画






出典：JICA 調査団

図 4.5.2 Purbachal 線沿線の現状

2) 構造物形式の選定

ここでは、改めて Purbachal 道路上に建設する MRT 1 号線構造物形式につき比較検討し、最も相応しい構造形式を提案する。表 4.5.1 に構造物形式の比較を示す。

表 4.5.1 構造物の構造型式比較

項目	高架構造	地下構造	盛土
外観			
社会環境			
用地取得	道路線形が曲線半径より小さい場合は、MRT 用の用地取得が発生する。	駅舎の出入り口、換気塔等の附帯設備を除き用地確保は不要である。	現在の路線では、盛土による影響は甚大である。
被影響世帯数	やや多い。	最も少ない。	非常に多い。
用地幅	完成時の用地幅は駅間部で 2.5m 程度。	完成時の用地幅は駅間部では基本的に不要。	完成時の用地幅は駅間で 16m 程度必要。
自然環境			
保護地域	沿線に保護地域はない。ECA に指定された河川 (Balú 川) があり、これ以上の環境悪化を防ぐ必要がある。	沿線に保護地域はない。ECA に指定された河川 (Balú 川) があるが、地下構造のため影響はない。	沿線に保護地域はない。ECA に指定された河川 (Balú 川) があり、これ以上の環境悪化を防ぐ必要がある。
生物多様性	Purbachal 地区には植生などの自然が残されているが、大きな影響はないものと推定される。	Purbachal 地区には植生などの自然が残されているが、地下構造のため、影響はきわめて小さいと推定される。	Purbachal 地区には植生などの自然が残されているが、大きな影響はないものと推定される。盛土構造により動物の移動に障害が発生する可能性がある。

項目	高架構造	地下構造	盛土
洪水リスク	特別な対策は必要ない。	非常用の排水システム（ポンプ）が配置される。 洪水ゲートが必要	盛土がダムのようになる。 洪水を最小限に抑えるために追加の排水路が必要である。
公害防止			
騒音（車両外）	鉄道沿線で騒音は発生するが防音壁を設置することで緩和できる。	鉄道沿線での騒音はない。	鉄道沿線で騒音は発生するが防音壁を設置することで緩和できる。
騒音（車両内）	小さい。	非常に大きい。	小さい。
大気汚染	工事時の建設機械の排気、粉じんの影響が大きい。	工事時の建設機械の排気、粉じんの影響は最も小さい。	工事時の建設機械の排気、粉じんの影響が最も大きい。
水質汚染	ECA に指定された河川（Balu川）があり、これ以上の環境悪化を防ぐ必要がある。	工事時に地下水に影響が発生する可能性がある。 ECA に指定された河川（Balu川）があるが、地下構造のため影響はない。	ECA に指定された河川（Balu川）があり、これ以上の環境悪化を防ぐ必要がある。盛土からの濁水の発生に留意が必要である。
地盤沈下	地盤沈下は発生しない。	TBM 施工中の地表面沈下の可能性がある。	軟弱な地盤では地盤沈下の可能性がある。
工期	地下構造に比べ短い。	最も長い。	地盤改良を必要としなければ短い。
技術面			
工事費	地下構造に比べ安い。	非常に高価。	高架構造に比べ安い。
運営/維持管理	アクセスが容易で簡単である。	メンテナンスコストが高い。 定期点検は、特に電飾の原因となる漏水調査を行わなければならない。	アクセスは容易である。
防災	比較的安全。 地下構造に比べ対策が容易。	トンネル内火災が大きな災害となる。	比較的安全。 地下構造に比べ対策が容易。
地震	地震荷重を考慮して構造物は設計される。	地下構造物は地震の影響を受けにくい、地震時荷重を考慮して地下構造物は設計される。	地震時荷重を考慮して盛土構造は設計される。
窓からの景色	良い。	良くない。	良い。
景観	構造物の形状は景観を考慮して設計されなければならない。	景観に影響はない。	構造物の形状は景観を考慮して設計されなければならない。
物理的条件	Balu 川に架かる橋梁を避けるような構造とする必要がある。	6つの既設橋梁の杭を避けるような線形とする必要がある。	補強盛土にしたとしても道路に与える影響は大きい。また、踏切を設けないためにアンダーパスが必要となる。
総合評価	総合的に評価し、最も相応しい構造であると言える。	コストに見合ったメリットはないものと判断される。	道路に与える影響が大きく、高架構造と比べメリットは少ない。

出典：JICA 調査団

比較の結果、Purbachal 道路上の構造は高架構造形式が最も相応しいと判断される。

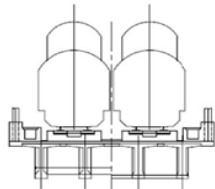
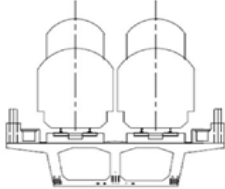
3) 上部構造の選定

前項において高架構造形式が推奨されたため、ここではその具体的な高架構造形式につき検討を行う。

(1) 標準桁

ダッカ MRT 6号線の標準桁は、都心部における施工性、施工期間の短さ、剛性の高さより、PC-I桁ではなくPC-Box桁を採用している。その比較表は表4.5.2に示す通りである。また、PC-Box桁のタイプとして2シェルタイプと1シェルタイプが考えられるが、軽量でかつメンテナンスにおいても優位となる1シェルタイプを採用している。さらに、最適スパンの比較検討（表4.5.2参照）では、最も経済的となるのは30mであると結論付け採用している。Purbachal線は都心部での施工ではないものの、道路交通に与える影響、施工時間、剛性の高さ、美観、経済性より判断し、1号線においても同様の構造を考えるものとする。

表 4.5.2 標準桁のタイプ比較

	タイプ A:PC-T 桁	タイプ B:PC-Box 桁
断面図		
建設費	タイプ A はタイプ B より高い。	
施工方法	<ul style="list-style-type: none"> 制作ヤードにて事前に桁を製作 制作ヤードにてプレストレスを完了 桁のサポートは不要 一般的なクレーンでスパン毎の架設が容易 横桁は場所打ちする必要あり 	<ul style="list-style-type: none"> 制作ヤードにて事前にセグメントを製作 プレストレスは現場にて実施 桁の架設はセグメントのサポートが必要 スパン毎の架設が容易 必要最小限の場所打ちコンクリート施工 エポキシを用いたセグメント間の結合
施工時間	<ul style="list-style-type: none"> 施工時間の違いは大きな要素ではない。どちらもプレキャスト桁若しくはセグメントを適応。 タイプ A は架設前にプレテンションされた桁があり、架設後、場所打ちコンクリート作業がある。 タイプ B は架設後のコンクリート作業は必要最小限であるが、プレストレスの緊張が架設後ある。 	
構造面	<ul style="list-style-type: none"> 捻じれに弱い。曲線部には適していない。 荷重分散させるために横桁が必要 床板は単純にサポートされている。活荷重の完全な連続性はない。 各桁に脊が必要となる。 	<ul style="list-style-type: none"> 捻じれに強い。半径の小さな曲線部に適している。 荷重分散のための横桁は不要。 活荷重により捻じれを生じさせることに関し、荷重分散は良い。 死荷重が軽い割には曲げモーメントに対し大きなプロストレスで対応可能。
メンテナンス面	<ul style="list-style-type: none"> 必要最小限のメンテナンスが必要であるのはどちらも同じである。 タイプ A はタイプ B より脊が多くなるためメンテナンスのその分増える。 	
美観	美観上劣る	台形のボックスが非常に魅力的な形状を与える。
評価	曲線部が多く構造上優位となるためタイプ B を推奨する。	
結論	○	◎

出典: NKDM

4) 下部構造の選定

前述したように Purbachal 道路では道路中心、すなわち中央分離帯上を走行することを基本とするが、やむを得ずその他の位置を走行せざるを得ない場合もある。その場合の構造も考慮して、ピアを中央分離帯とスロープのグリーン部分に設けるものとし、ポータルフレームの下部工を提案する。

地盤状況は、支持層が 15m~30m 程度であるものの、施工時期により周辺開発が予想されるため、振動・騒音に優しい場所打ち杭か中掘式の杭を考えておく。

表 4.5.3 はダッカ MRT6 号線の Design Report よりの抜粋である。同報告書によれば 30m スパンを提案している。測量実施後、現地の状況を加味して再検討するべきである。

表 4.5.3 下部構造のタイプ比較

	25m	30m	35m	40m
断面図				
橋脚の直径(φ)	φ=1.8(m)	φ=2.0(m)	φ=2.2(m)	φ=2.4(m)
杭径(φ)	φ=800(mm), n=4	φ=800(mm), n=4	φ=1,000(mm), n=4	φ=1,200(mm), n=4
杭本数(n)				
計算結果 (耐力比(R/Ra))	R/Ra=75%	R/Ra=86%	R/Ra=83%	R/Ra=70%
項目	積算(比)	積算(比)	積算(比)	積算(比)
建設	0.66	0.70	0.76	0.78
費用	0.35	0.30	0.35	0.42
合計	1.01	1.00	1.11	1.20
評価	上部 PC 桁の施工はセグメント工法を採用する。もし、より長いスパンを採用すれば橋脚の数は減らすことができ、建設期間を短縮することができる。建設費及び建設期間より 30m スパンを採用する。			
決定	◎			

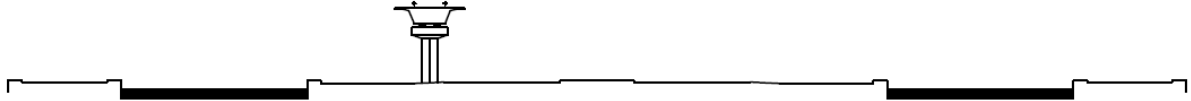
注) 現在進められている 6 号線および計画中の 5 号線においては、騒音対策として 1.5m の高欄を設置することになっている。1 号線においては RAJUK Road は 500 フィート幅の道路であり、住宅から相当離れているため、1.5m は不要と考える。詳細は設計段階で検討して欲しい。

出典: NKDM



出典: JICA 調査団

図 4.5.3 駅間一般部 (道路中央分離帯走行)



出典: JICA 調査団

図 4.5.4 駅間一般部 (道路中央分離帯以外の走行)

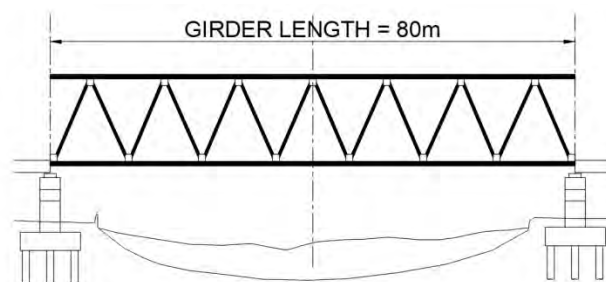
(1) Balu川橋梁

現在、Balu 川には一スパン約 40m の単純桁で三径間の道路橋が架かっている。(図 4.5.5 を参照) 本河川では現在船の往来があり、三径間の内、中央支間の 40m が主な船の航路となっているが、西側の支間においても船の往来があることを考えると、MRT 1 号線での橋梁では、中央支間 (橋脚間) を 80m 程度確保する必要があるものと言える。以上のことより、スパン長 80m 程度で適切な桁形式であるトラス桁を本河川橋梁の中央支間桁として推奨する (図 4.5.6)。



出典: JICA 調査団

図 4.5.5 Balu 川



出典: JICA 調査団

図 4.5.6 Balu 橋梁

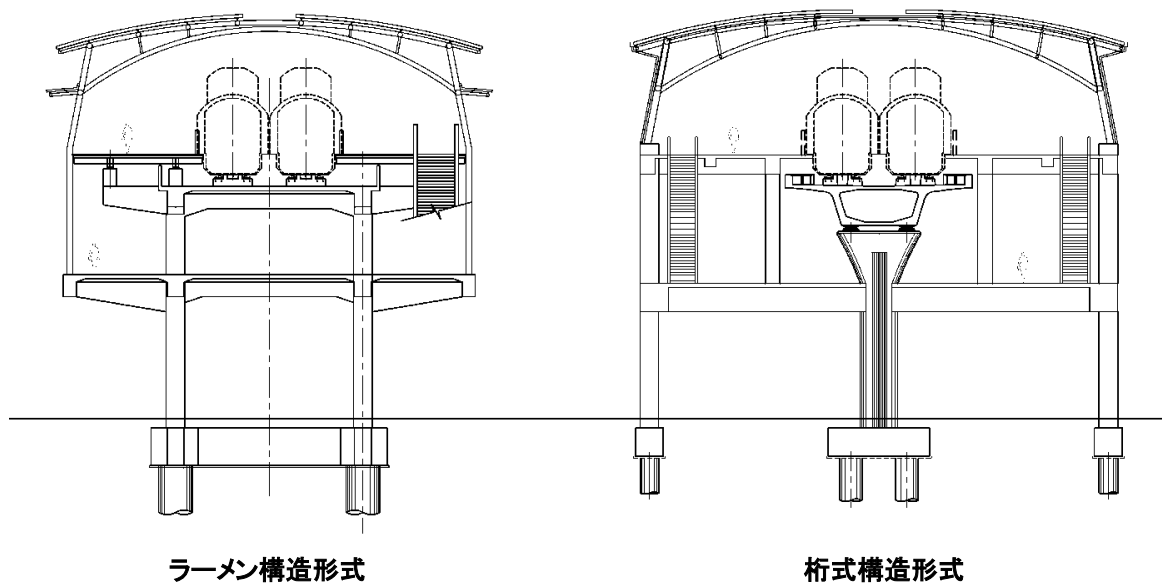
(2) その他の橋梁

現在、高架構造の Purbachal 線には Balu 橋梁を含めて 6ヶ所の川がある。Balu 橋梁は川幅 80m 程度の大きな川であるが、他の川は川幅が 30m 程度と狭いため、一般部で使用したスパン 30m の PC 桁を使用する。

5) 高架駅構造の選定

通常、高架駅の構造形式はラーメン構造形式と桁式構造形式に分けられる。ここでは、橋脚を道路中心に設置し、上部工が PC ボックス桁構造であることから、施工性、経済性に優れた桁式構造とする。

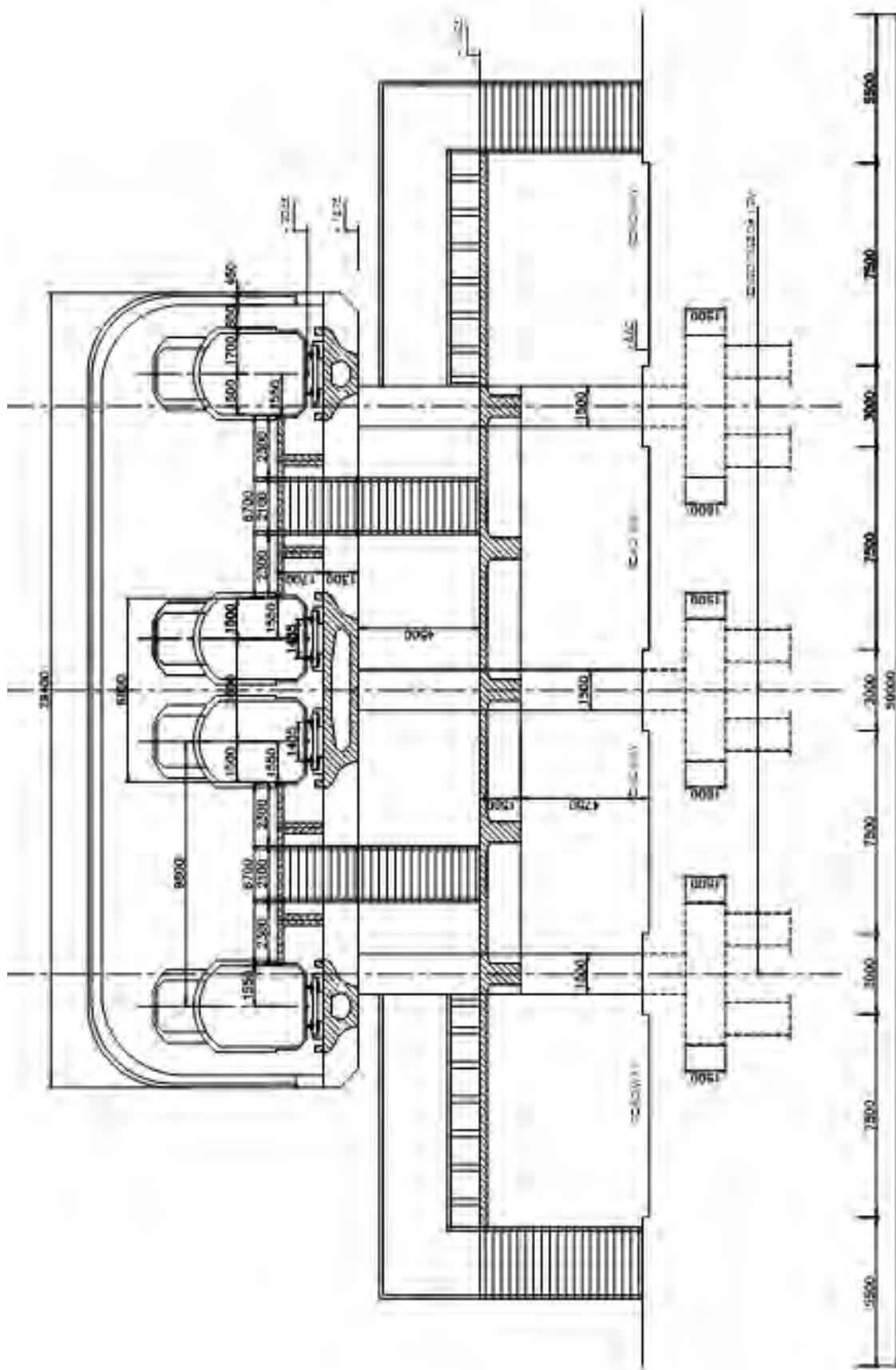
プラットフォームは、一般部が線間 4.0m の直線であることから、軌道線形上相対式とする。



出典: JICA 調査団

図 4.5.7 高架駅断面図

図 4.5.8 に 2 面 4 線からなる Purbachal Terminal 駅の横断面図を示す



出典：JICA 調査団

図 4.5.8 Purbachal Terminal 駅横断面図（イメージ）

4.5.2 地下構造

1) トンネル計画

(1) トンネル工法

駅間は、交通量の多い幹線道路下であり、現況道路への影響が大きな問題となる。そのため、工事費が安く道路への影響が少ないシールド工法が最も望ましい工法である。NATM工法も考えられるが、対象地盤が岩でないため不適とする。

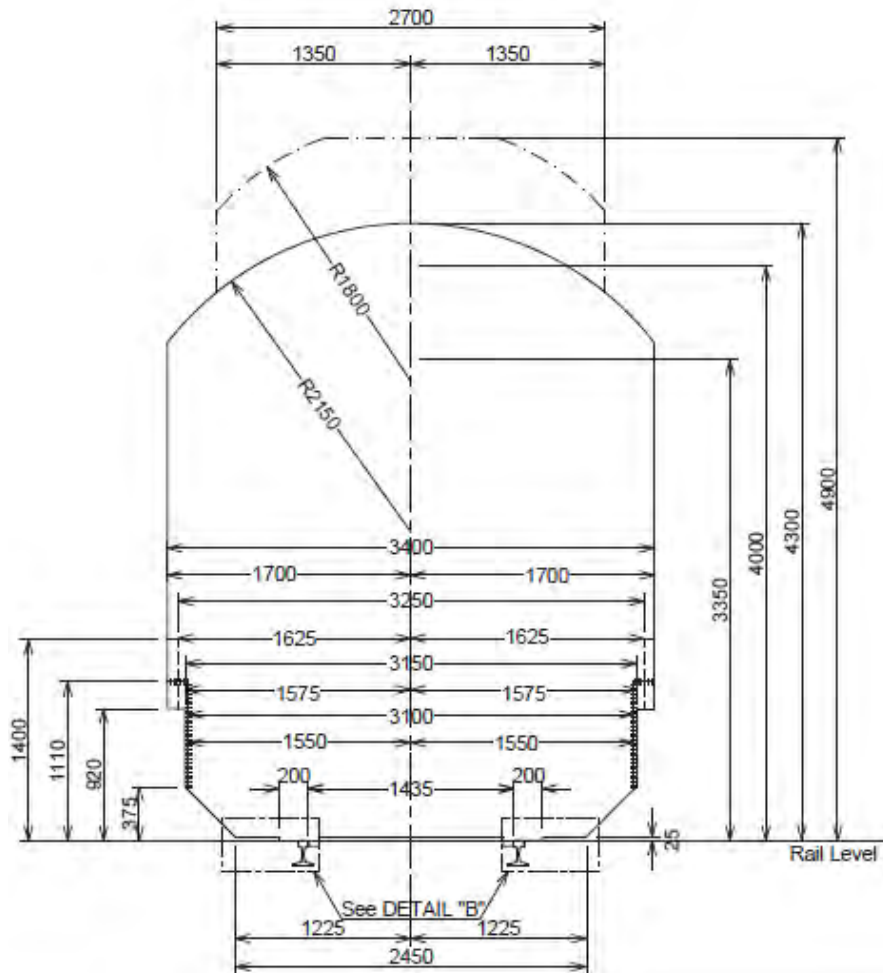
また、地下駅間のシールド施工は、単線並列断面と複線断面が想定されるが、掘削断面で比較した場合、単線並列断面が 77m^2 、複線断面が 79m^2 となり、単線並列断面シールドが経済的に優位と判断できる。

そして、線形計画で述べたとおり、Kamalapur 駅より北へ向かい Airport 駅までと、途中 Notun Bazar 駅から Future Park 駅を通り、東側へ向かう Purbachal Terminal, Depot のルートに従って地下構造を計画する。

(2) 地下鉄道建築限界

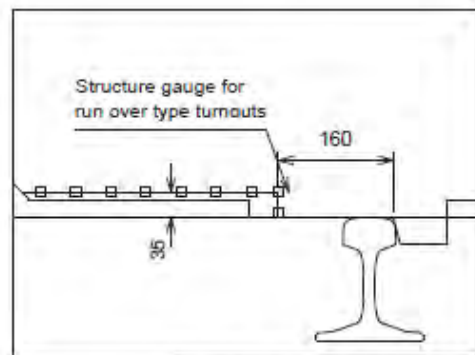
STRUCTURE GAUGE FOR UNDERGROUND
(Overhead Catenary Equipment)

UNIT: mm SCALE 1:50



- Basic gauge
- · - · - Height of Roof Equipment on Condition that pantograph is stretched
- Gauge for platform

[Widening of construction gauge in curve]
 Construction gauge to be widened: W mm
 $W (mm) = 28000/R$ (R: Curve radius (m))



DETAIL "B" SCALE 1:10

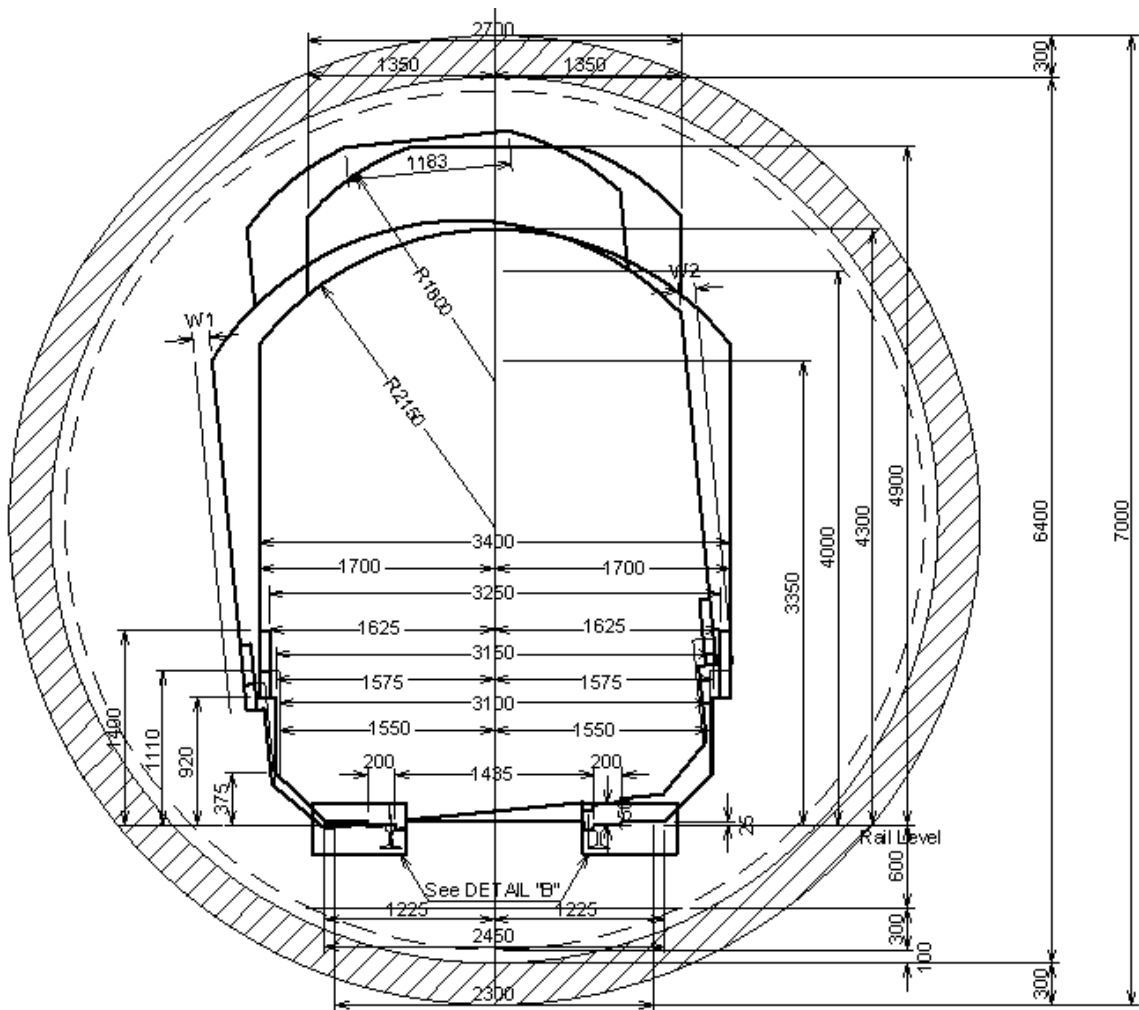
出典: STRASYA

図 4.5.9 車両規格の寸法

(3) トンネル断面

a. 内空断面

トンネルの内空断面は、車両の建築限界、軌道構造、排水溝及び管理用通路スペースを含む施設配置空間などにより支配される。これにトンネルの施工誤差を加味して内空断面を設定する。RL~FLを600mm、FLからトンネル底面を300mm確保するものとした。これに加え、車両限界および建築限界とトンネルの施工誤差を100mm考慮してトンネル内径をφ6,400mmと設定した。尚、本検討段階ではトンネル内の施設配置が確定していないことより、若干余裕を見込んで設定している。詳細設計においてトンネル内の施設の規模、配置と合わせてトンネル断面を再検討するものとする。



W1 ; Deviation towards the inside of curve
 W2 ; Deviation towards the outside of curve

出典：JICA調査団

図 4.5.10 トンネル断面図

b. セグメント

セグメントは RCセグメント、合成セグメント、鋳鉄セグメント、鋼製セグメントが有り、それぞれのセグメント毎に異なる特徴を有している。通常の条件下では、経済性に優れた RCセグメントを採用する。特殊な構造となる Malibagh 駅はセグメントと駅を接続するためセグメントの部分開放を行うことから、強度の高い鋳鉄セグメントもしくは鋼製セグメントを考えておく。

RCセグメントのセグメント厚は、過去の経験よりトンネル外径の 4%以上とすることが望ましいとされており、この考え方に基づいて設定する。これより、

$$t \geq (6400 + 2t) \times 0.04 \rightarrow t \geq 280\text{mm}$$

となり、余裕を見込み $t=300\text{mm}$ と設定した。

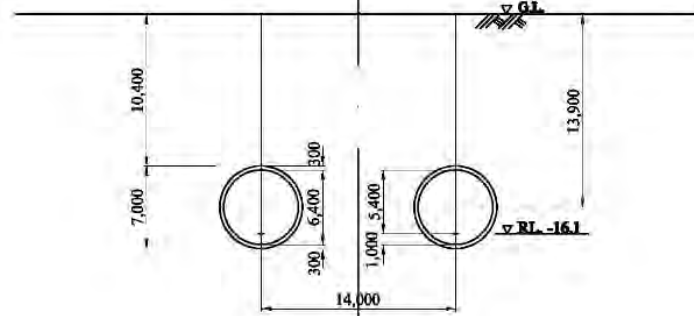
これにより、セグメント外径は $D=7.0\text{m}$ と設定する。

そして、1リング当りの長さは、この直径程度の RCセグメントは、通常施工性も考慮して $L=1.2\text{m}$ とする。

c. シールドトンネルの離隔

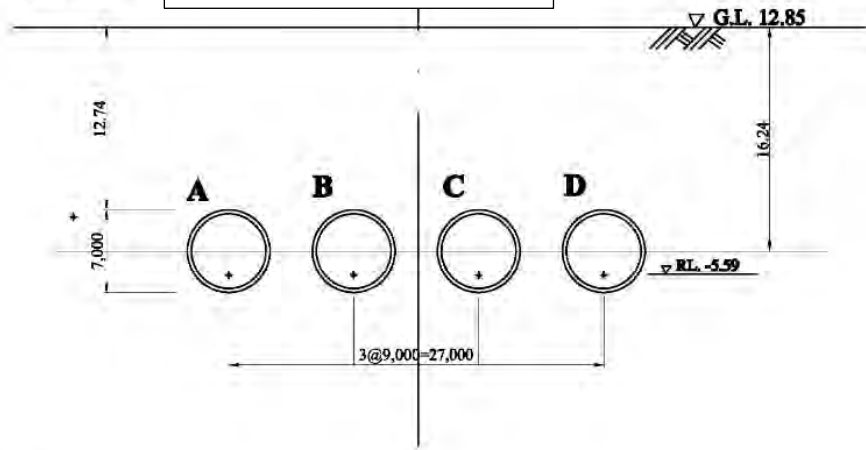
シールドトンネル：離隔は、単線シールド並列の場合、実績が多く一般に影響が少ないと言われている $1.0D=7.0\text{m}$ を採用する。

Standard Area



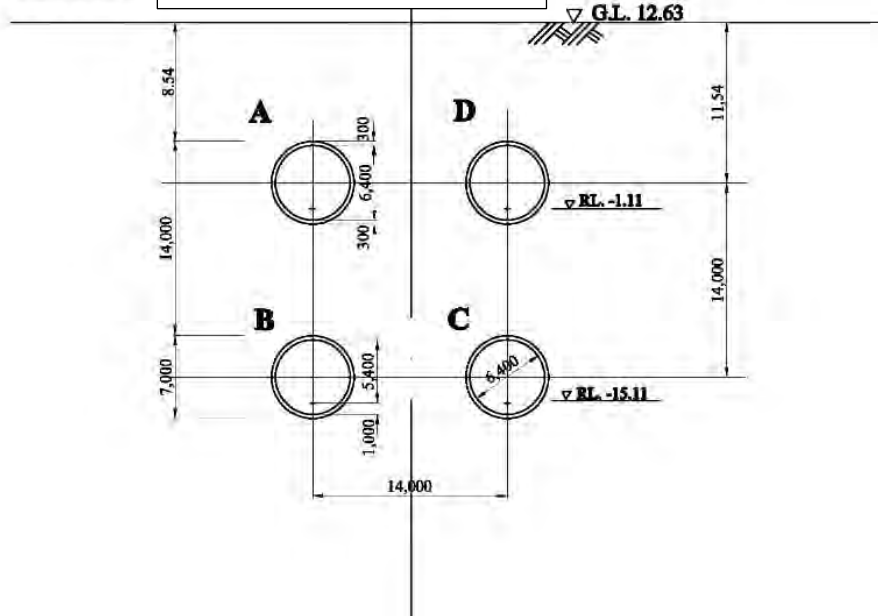
8k 900

(Notun Bazar 駅付近)



9k 800

(Future Park 駅付近)



出典: JICA 調査団

図 4.5.11 シールドトンネル配置図

2) 地下駅構造計画

地下駅は、大きな掘削断面になることから、構造的に開削工法での施工でなければ物理的、経済的に不利となることは自明である。従って、全て開削工法で施工することで考える。

(1) 駅の土被り

駅本体構造物の土被りは、3.0m 以上（基本は、3.0m）とする。駅構造物を設置する道路下には、ライフラインとして、水道管、下水道管、ガス管、電力設備、電話線などが埋設されている。そのため、駅構造物の建設時にはそれらの切り回し、吊り防護などで仮に敷設しておき、駅構造物が完了したのちには復旧することとする。それらの施設用空間として、駅構造物上部に 3.0m の深さを確保し、土被りを 3.0m と設定した。

(2) 駅の構造形状

a. 駅の標準形状

駅の標準形状は、電車運転の機器室、AC 機器室、クーリングタワー、駅電気室、ファン室、役員室などの諸設備の収納が可能な限り経済的な、地下 2 層で考える。これまでの経験上、駅内空幅 B=19m 程度、長さ L=250m 程度あれば対応可能である。今後技術の発展により、この空間は縮小可能と予想されるが、現時点ではこの形状を想定しておく。

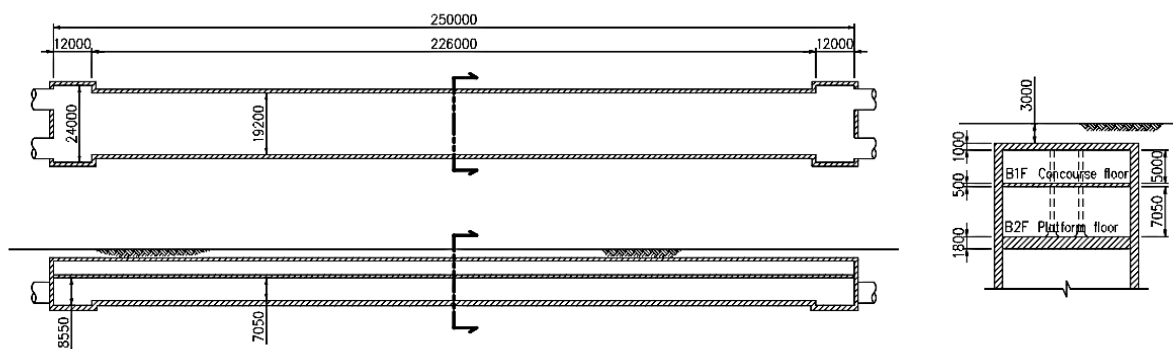
B2 階は軌道階となり、内空幅は、駅のプラットホームについて線形計画の基本方針に示したように、島式で幅 11m を基本とし、建築限界の外側は商業広告用、諸設備用に 850mm の空間を確保して、下図の通り B=19.2m とする。

そして、プラットホームの長さは、列車 8 両対応とし、ホーム両端に 5m ずつの余裕を見込み $L=20m \times 8 + 5m \times 2 = 170.0m$ と設定する。

B1 階、B2 階の断面形状は、当国も日本と同様に地震国であることから 2 柱式の断面とし、駅長辺両端は、シールドトンネルの発進・到達立坑用として幅広の形状とする。

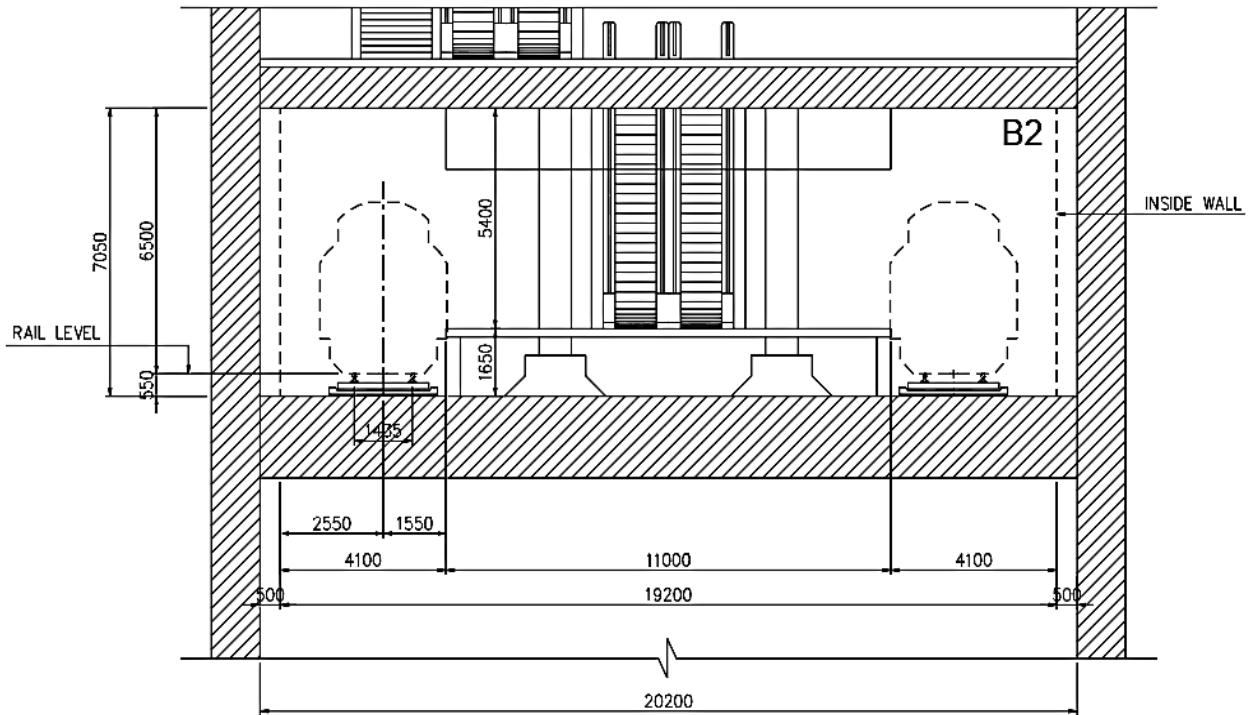
各駅には地上への出入口、換気塔、排水ポンプなどを適宜設置する。

B1 階は諸設備を考慮して空頭 5 m 程度とし、地上との出入口を 4ヶ所程度設置する。



出典: JICA 調査団

図 4.5.12 標準駅平面図・断面図



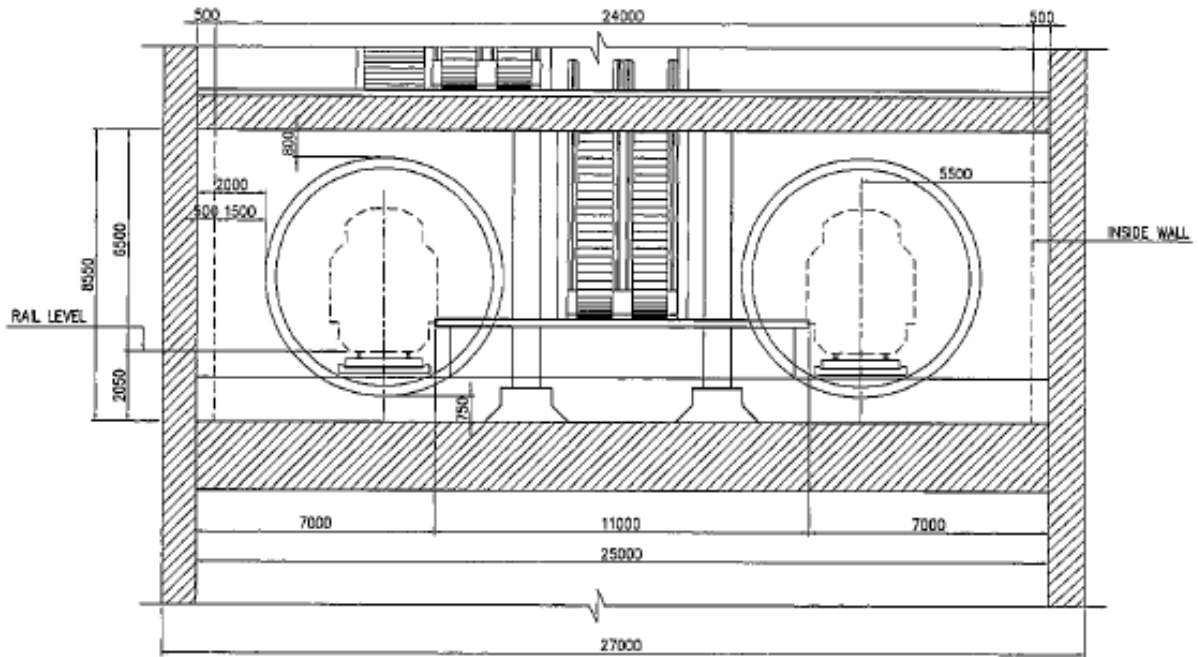
出典: JICA 調査団

図 4.5.13 標準駅一般部断面図

b. 駅端部の形状

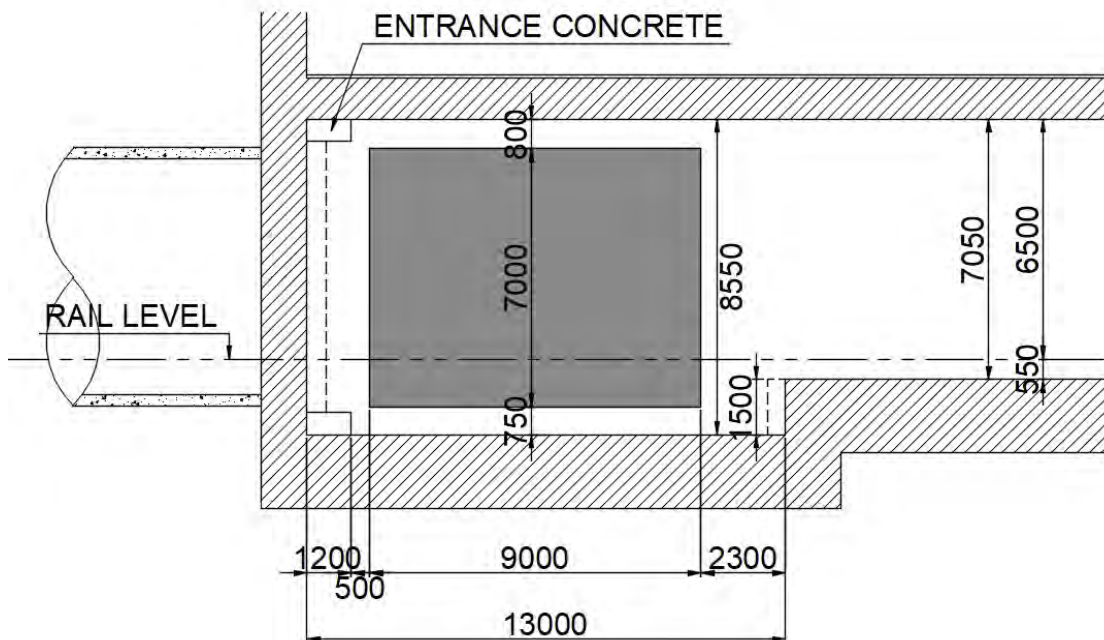
駅端部は、シールドトンネルの発進・到達用に断面を拡幅する。シールドトンネルが発進・到達時には、内壁（500mm）を施工していないものとして、外側余裕幅 2,000mm、下側には架台設置余裕として 750mm を考える。現時点では、暫定的にシールドトンネル外径とセグメント外径を同一の 7.00m として計算しているが、厳密にはシールドマシンのスキンプレート厚さやセグメント外径との空間などがあるため若干異なる数値である。実際には、土質調査結果などを参考に設計計算し、セグメント外径を小さくすることなどで対処することで考える。

縦断方向には、坑口コンクリート（エントランスパッキン含む）を 1,200mm、シールドマシンと坑口コンクリート間の余裕 500mm、シールドマシン長 $L=9,000\text{mm}$ 、後方仮組設備用に 2,300mm、計 13.0m をシールドマシンの発進・到達用の空間として確保する。駅構造物が完成後は、縦断内空寸法が $L=12\text{m}$ となる。



出典: JICA 調査団

図 4.5.14 駅端部断面図



出典: JICA 調査団

図 4.5.15 駅端部縦断面図

(3) 駅の特異構造

Malibagh 駅と Future Park 駅の 2 駅は、線形の関係上地下 3 層として計画する。

各駅舎計画において、標準的な駅の内空長は L=250m である。

しかしながら、運転計画上、駅の前後に渡り線やシーサス・クロッシングが設置される場合、単線シールド内では対処できず、駅の開削範囲を延伸する必要がある。その開削範囲を延伸した場合、開削範囲の上部に空間を設け有効利用する方法と、列車が通過できる必要最小限のボックスカルバートを設置する方法が考えられる。ここでは、必要最小限の列車通過空間を設ける方法を想定し、山留は、本体構造物断面が小さいことから連続地中壁工法ではなく、Soil Mixing Wall (SMW)、もしくは鋼矢板工法で計画しておく。

(4) 各駅の構造形状

a. Kamalapur 駅（標準駅+開削延伸）

本駅は、本プロジェクトの起点駅であるとともに、バングラデシュ国鉄道の中央駅との接続駅となる。近くに 6 号線の駅が計画されており、それとの接続の検討も行う。そして、将来的には南側への延伸計画がある。

本駅は一時的に終着駅であることから 2 面 4 線が望ましいが、地上の用地の関係から現時点では 1 面 2 線とせざるを得ない。バングラデシュ国鉄駅との接続や、将来の大々的な駅開発の可能性も考慮して、将来的には広い地下空間が考えられる。

本駅は、幅約 20m、長さ 250m の標準タイプとし、空港側に渡り線が計画されていることから駅立坑を 85m ほど延伸する。延伸部分は、中柱を有するボックスカルバートとする。駅部は連壁本体利用とし、延伸部分の山留および発進立坑は SMW もしくは鋼矢板工法で考える。

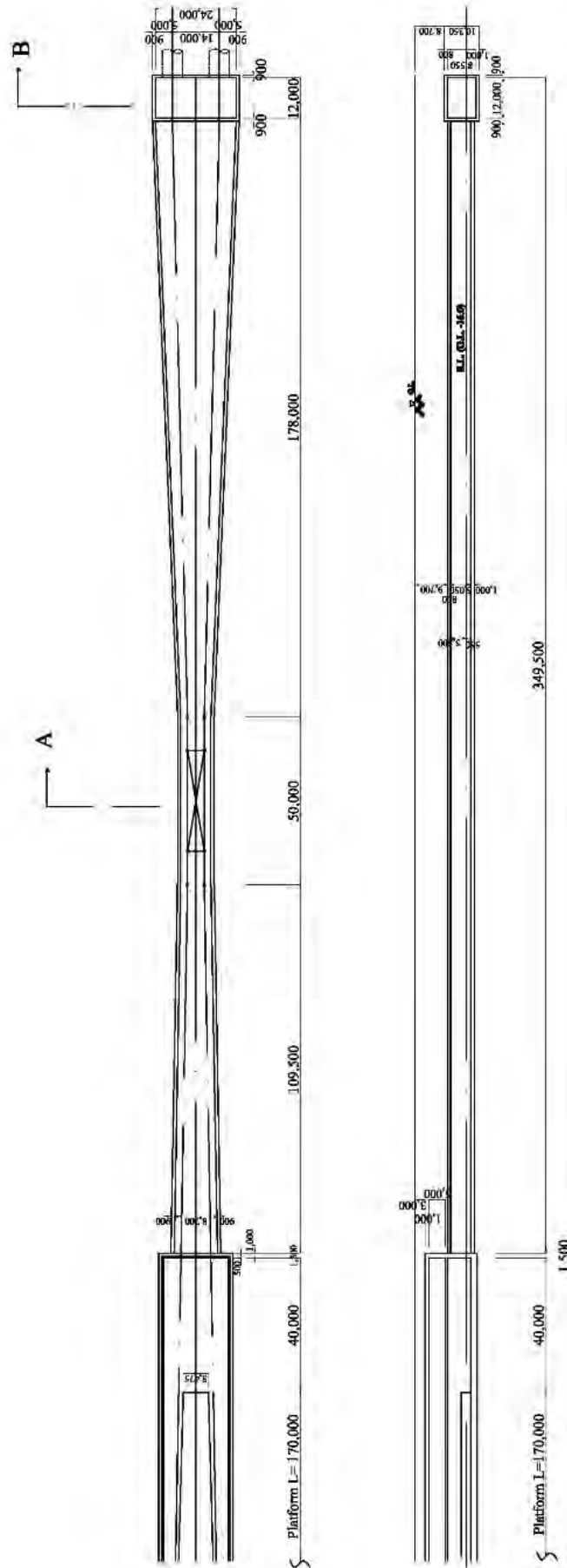
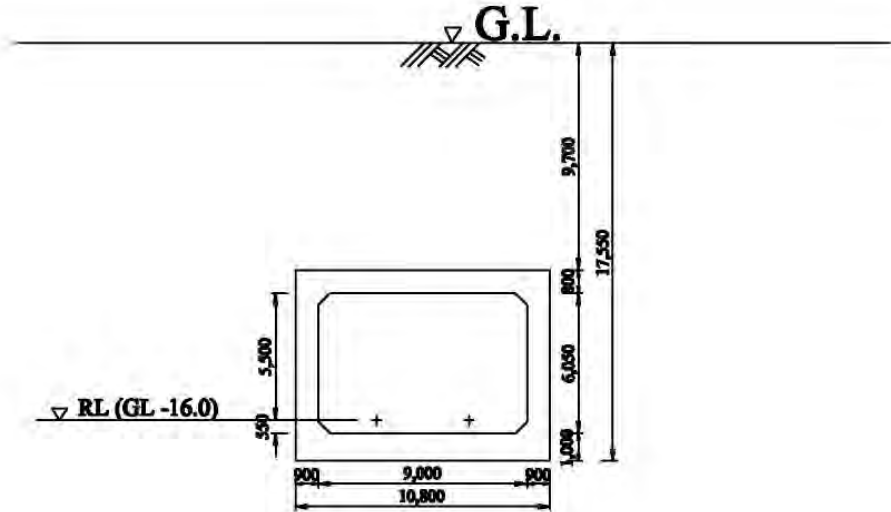
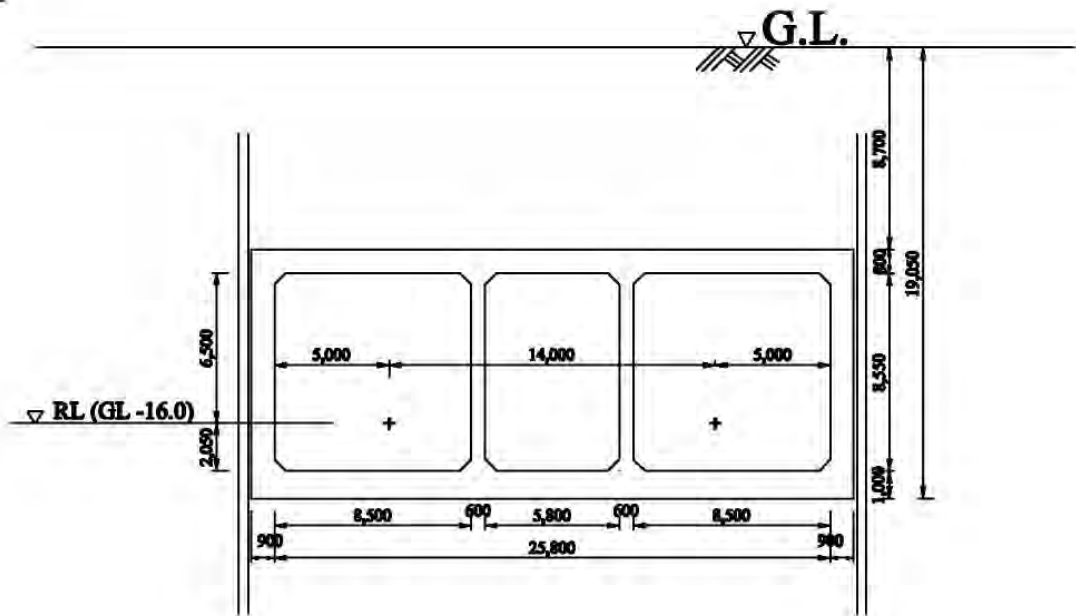


図 4.5.16 (1) Kamalapur 駅北端平面図

A-A



B-B



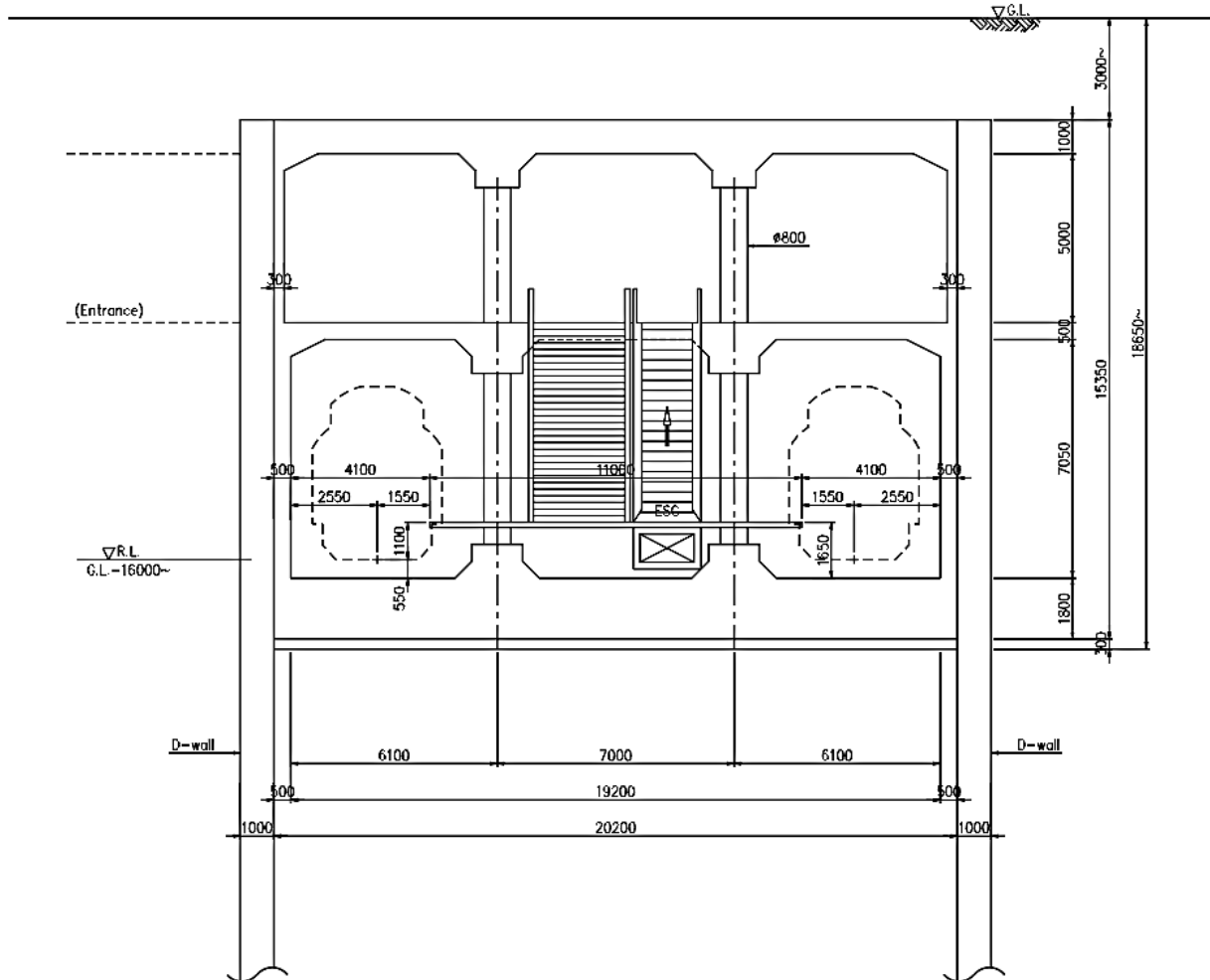
出典: JICA 調査団

図 4.5.16 (2) Kamalapur 駅断面図

b. Rajarbagh 駅（標準駅）

駅両側に警察の所有する広場が有り、交差点両側へ駅を設置し、駅長 250m の標準タイプの駅とする。

Standard Station

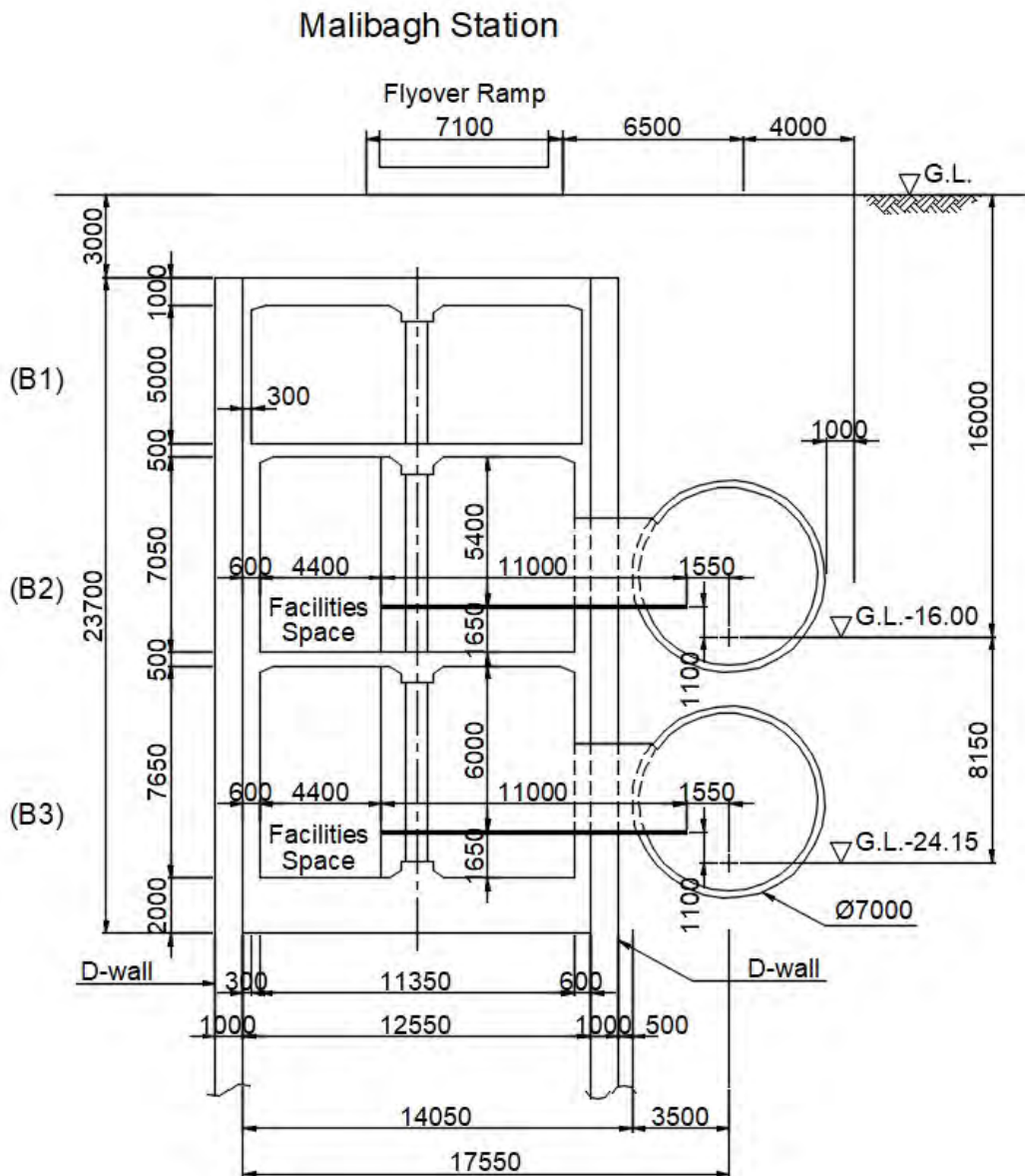


出典：JICA 調査団

図 4.5.17 標準駅断面図

c. Malibagh 駅（特殊駅）

計画している駅の南側に高架道路のランプが位置している。Malibagh 駅は、その高架道路ランプ端から 50m ほど北側へ設置する。現地には、出入り口や換気塔の用地が見つからず、一部建物の買収が必要となることが予想される。シールドトンネルは、用地が確保できないことから上下二段で立坑東側を通過し、幅の狭い駅と 2 段の円形トンネルとを地中接合して駅構造体を造る。駅の長さは、駅施設用として必要と思われる空間を確保する為、プラットホーム長より長くする。ちなみに、セグメントは駅本体と地中接合するため一部を撤去することになる。その範囲は、高強度のダクタイトルセグメントを使用する。（下図参照）なお 2 層プラットフォームの使い方は今後旅客流動を検討の上決定するものとする。



出典：JICA 調査団

図 4.5.18 Malibagh 駅断面図

d. Rampura 駅（標準駅+開削延伸）

Malibagh 駅の位置を考慮して、1km 程度の間隔を確保する。空港側に渡り線が計画されていることから、駅立坑を 85m ほど延伸する。延伸部分は、中柱を有するボックスカルバートとする。

現地は出入り口用の用地が見つからず、ビルからの出入り口を考える。駅の北西方向に 20m×17m 程度の用地が有り、換気塔を設置することで考える。

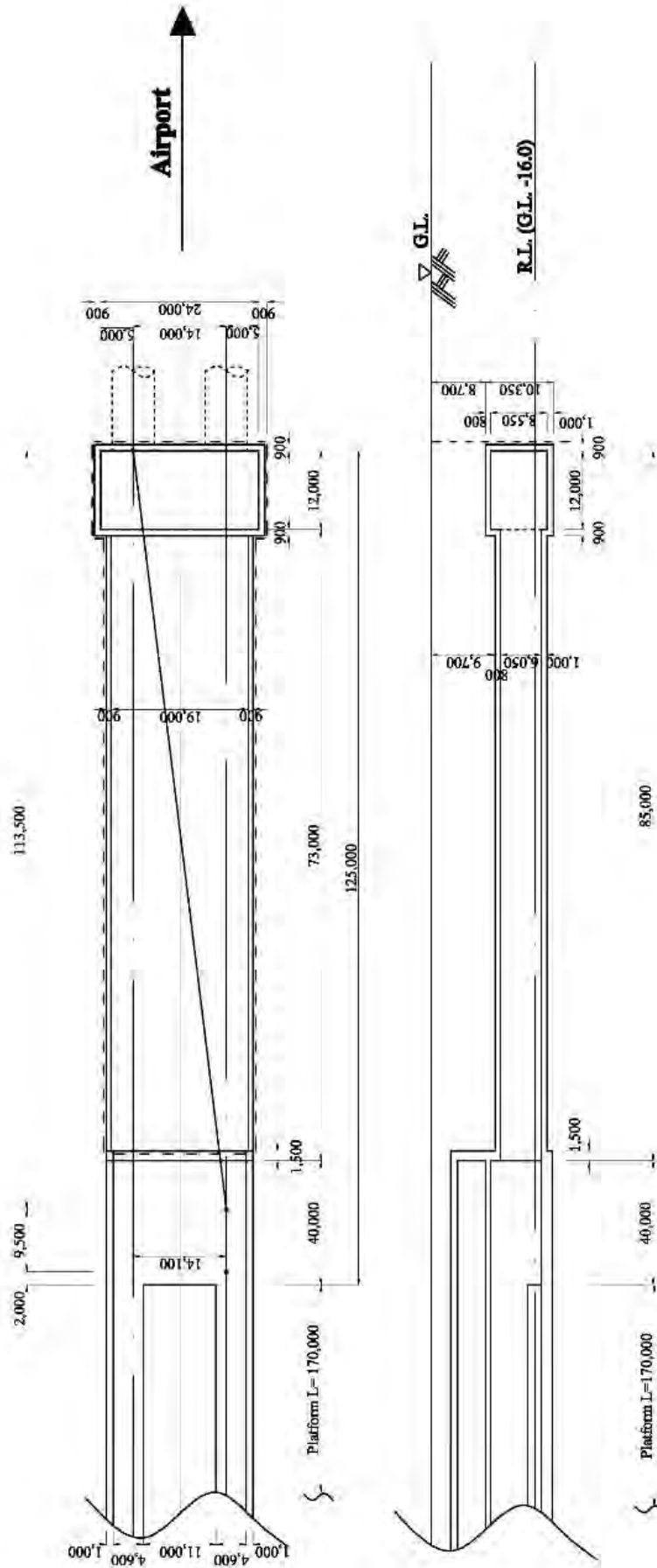
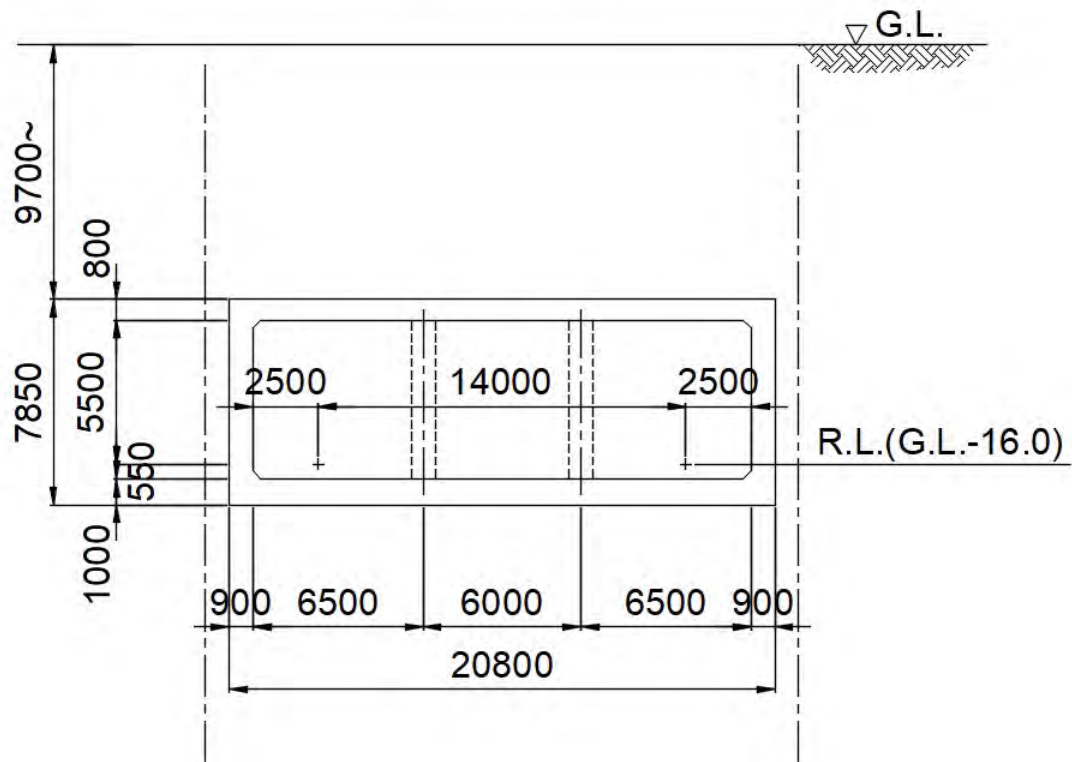


图 4.5.19 (1) Rampura 駅北渡り線区間

A-A SECTION



出典: JICA 調査団

図 4.5.19 (2) Rampura 駅断面図

e. Hatir Jheel 駅 (標準駅)

Rampra Bridge 北側に同駅を配するが駅は標準駅を考える。東側に出入り口などの設置を計画する。同駅東側にまとまった用地があり、現在ダッカ市が進める U-turn 橋建設用事務所、キャンプ、資材置き場になっている。DTCA はこの用地を作業基地および換気塔建設用地に使うように提案した。なお、U-turn 橋建設事業はほぼ完了し、近くキャンプ等が撤去される予定である。

f. Badda 駅 (標準駅)

駅東西には換気塔建設に使える空用地が駅東西に有り、現在駐車場となっている。早急に同用地の確保可能性を協議すべきである。

g. Uttar Badda 駅 (標準駅)

同駅の西側には換気塔建設候補地がある。早急な協議を進める必要がある。道路上に同駅の出入り口を作ることは難しいことも予想される。出入り口建設が難しい場合は既存ビルから駅に出入りするように検討することを提案する。

h. Notun Bazar 駅（標準駅＋開削延伸）

計画駅の北側からは、4本のシールド機が発進する特殊な構造をした駅である。

プラットホームが2面の4軌道有、外の2線は Future Park 駅 B3F に到達、そのまま立坑を通過して発進し、東へ曲がり Bashundhara 駅手前で地上へ出る。そして高架にて Purbachal Terminal 駅へ行く形である。

駅の前後には、シーサス・クロッシングが配置されており、そのため駅の立坑長が 775m ほどと一般駅と比べて長くなる。（図 4.5.22 参照）

注）シーサスクロッシングとは隣接する2つの軌道の上に2組の渡り線を X 字状に設けた軌道構造。4組の分岐器と1つのクロッシングで構成される。どちらの軌道を走行している列車も、シーサスクロッシングを通過することによって、バックすることなく隣の軌道に渡ることができる。ダブルクロッシング／交差渡り線／両渡り線ともいわれる。（鉄道技術総合研究所の定義による）

駅の立坑 775m 部は SMW 工法で土留めを考えるべきである。

Notun Bazar Station

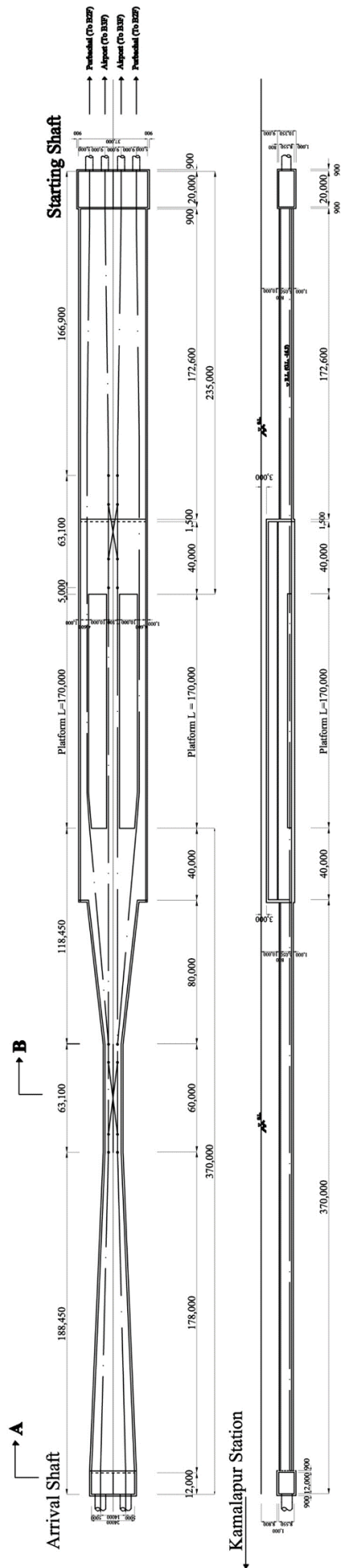
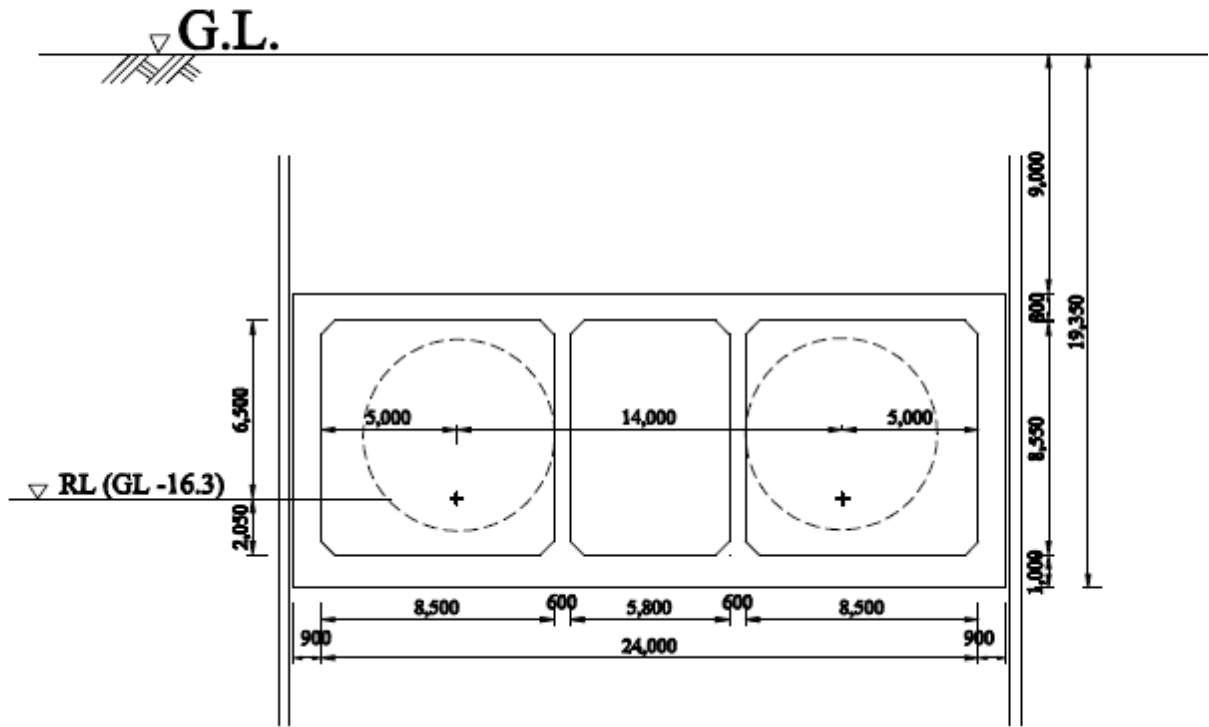


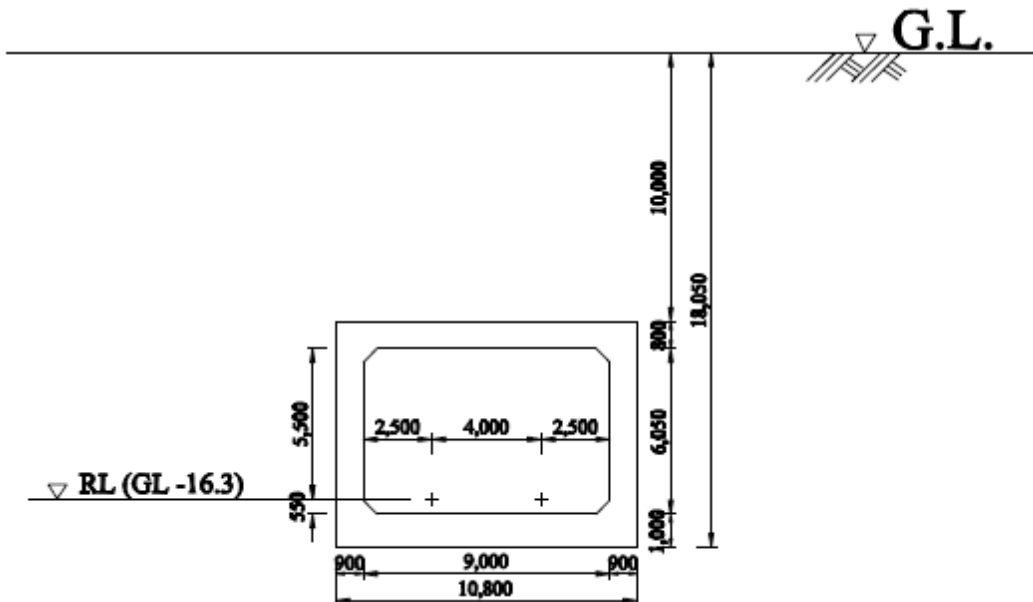
図 4.5.20 Notun Bazar 駅 Plan and Cross Sections

出典: JICA 調査団

A-A Section



B-B Section



出典: JICA 調査団

図 4.5.21 Notun Bazar 駅平面図および断面図
 (A-A Section, B-B Section)

C-C Section

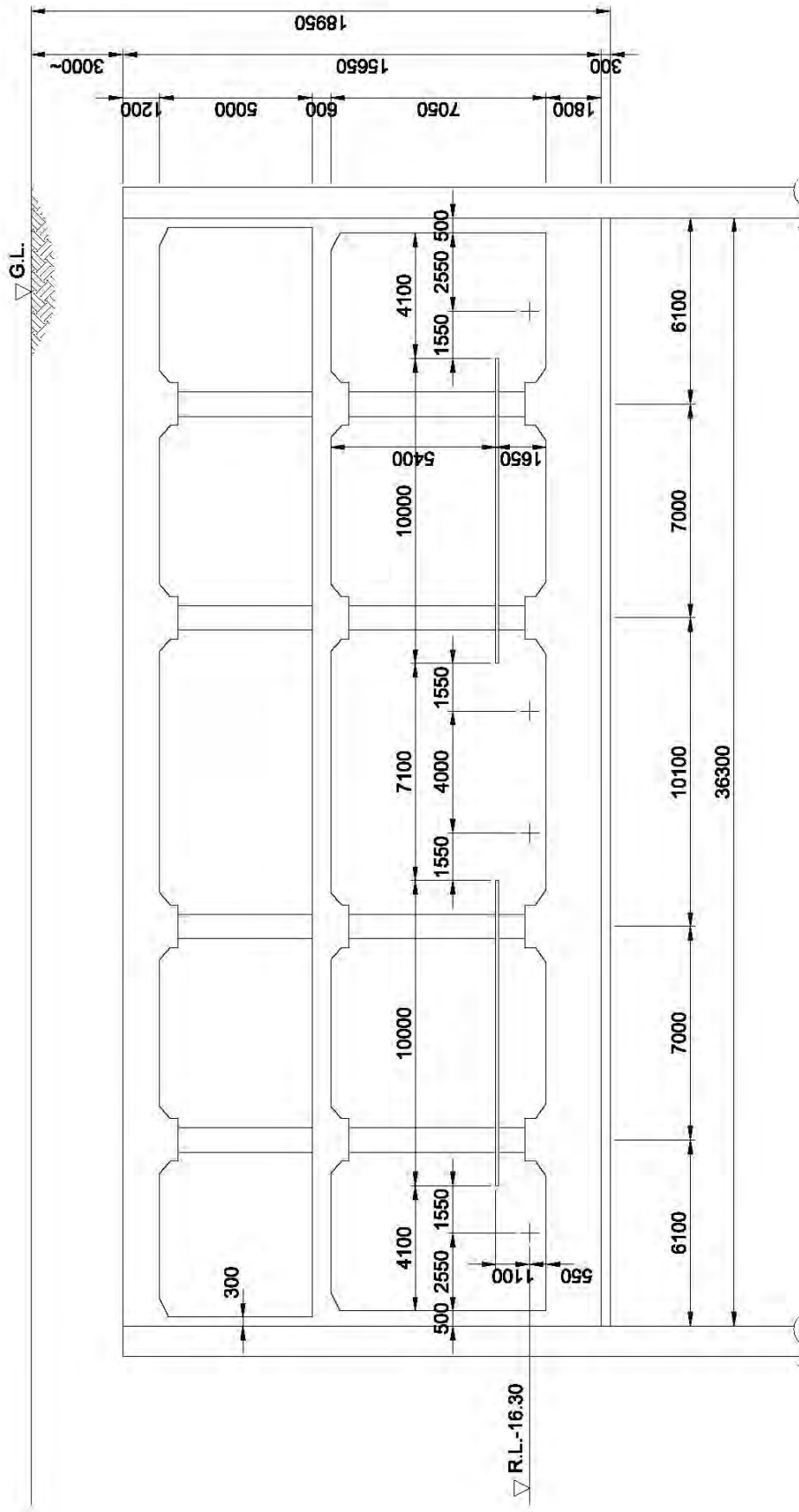


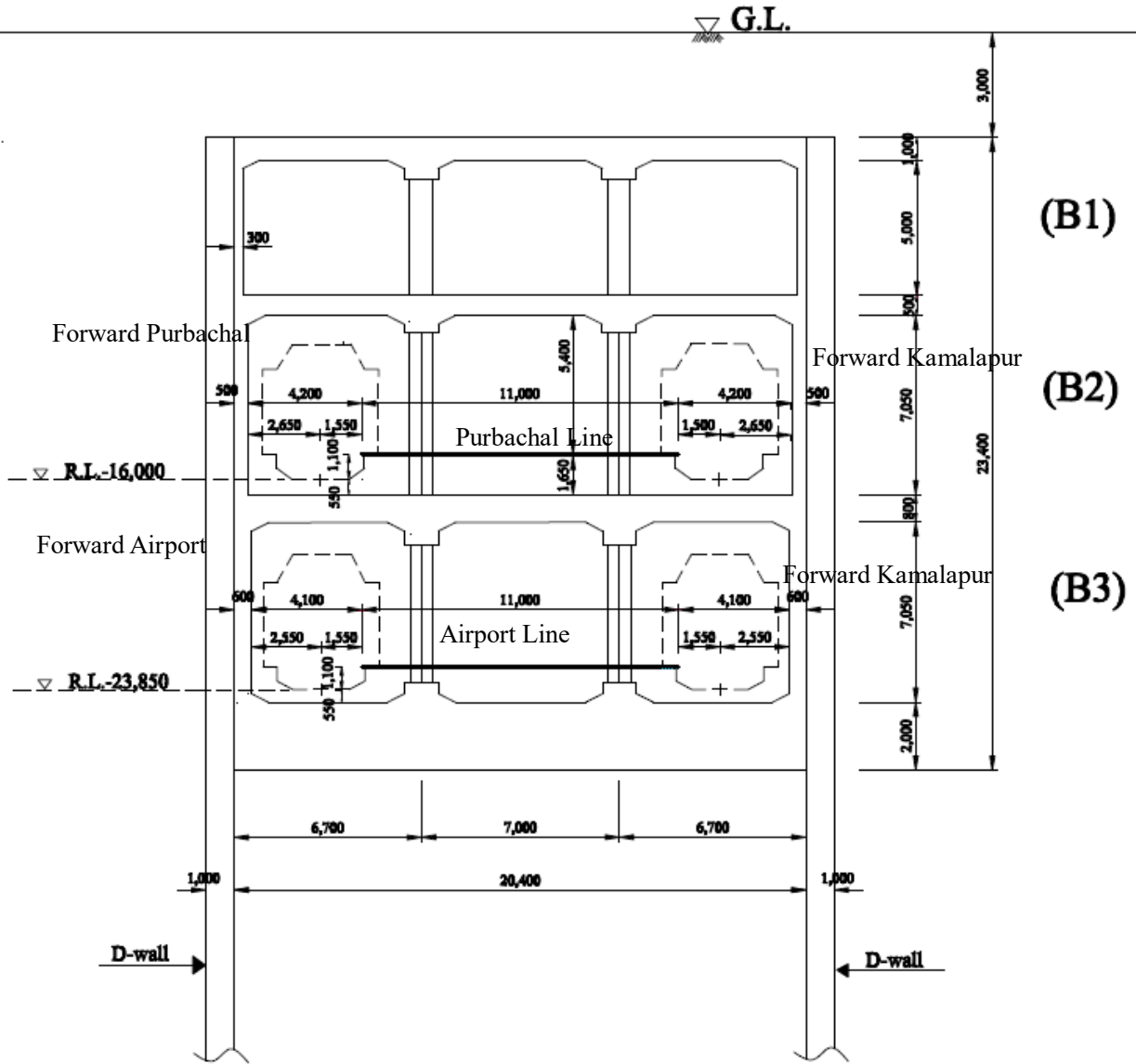
図 4.5.22 Notun Bazar 駅 平縦断面図 (C-C Section)

出典: JICA 調査団

i. Future Park 駅 (特殊駅)

Notun Bazar 駅から出た4本のシールドトンネルを、2列2段で受け入れ、上部 (B2F) の2列が Purbachal 線、下部 (B3F) の2列が空港線とする。駅は道路中央に設置する。(空港線と Purbachal 線プラットホーム)

Future Park Station



出典: JICA 調査団

図 4.5.23 Future Park 駅断面図

j. Khilkhet 駅（標準駅）

Future Park 駅から DEE（Dhaka Elevated Expressway）の高速道路が乱立している中を、シールドトンネルで通過していく。駅は、主要道路の東側で Bangladesh国鉄道の西側へ設置する。高度のシールドトンネル制御・運転技術が要求される。

k. Airport Terminal 3 駅（標準駅）

主要道路東側へ設置し、道路西側への連絡地下通路を考えておく。別途 BRT 計画があるが、道路へのバスルートであり不確定である為、現時点では考慮しない。

また、同位置には現在新空港、空港ビルディングなどの計画が進められており、それらとの接続は、主要道路を横断する長い連絡地下通路となる。新空港、空港ビルディング側への駅設置を提案したが、空港側で対応が難しく道路西側への駅設置となった。

l. Airport 駅（標準駅+開削延伸）

主要道路東側の鉄道駅前に計画している。別途 BRT 計画が道路中央に計画されているが、計画の進捗が遅れている。現計画位置の駅だと、空港への連絡地下通路が必要となる。

現在、駅南側に渡り線が計画されているため駅の開削範囲を大きくすることになり、開削間隔が 260m あまりと小さく開削範囲を駅間で連結することで考える。延伸範囲の施工は、鋼矢板の開削工法とし本体はボックスカルバート構造とする。さらに、駅から北側へも同じく開削工法でボックスカルバートを延伸する。

ちなみに、Airport Terminal 3 駅位置が西側に移動となれば、本駅も西側の空港に近い位置へ移動となる。

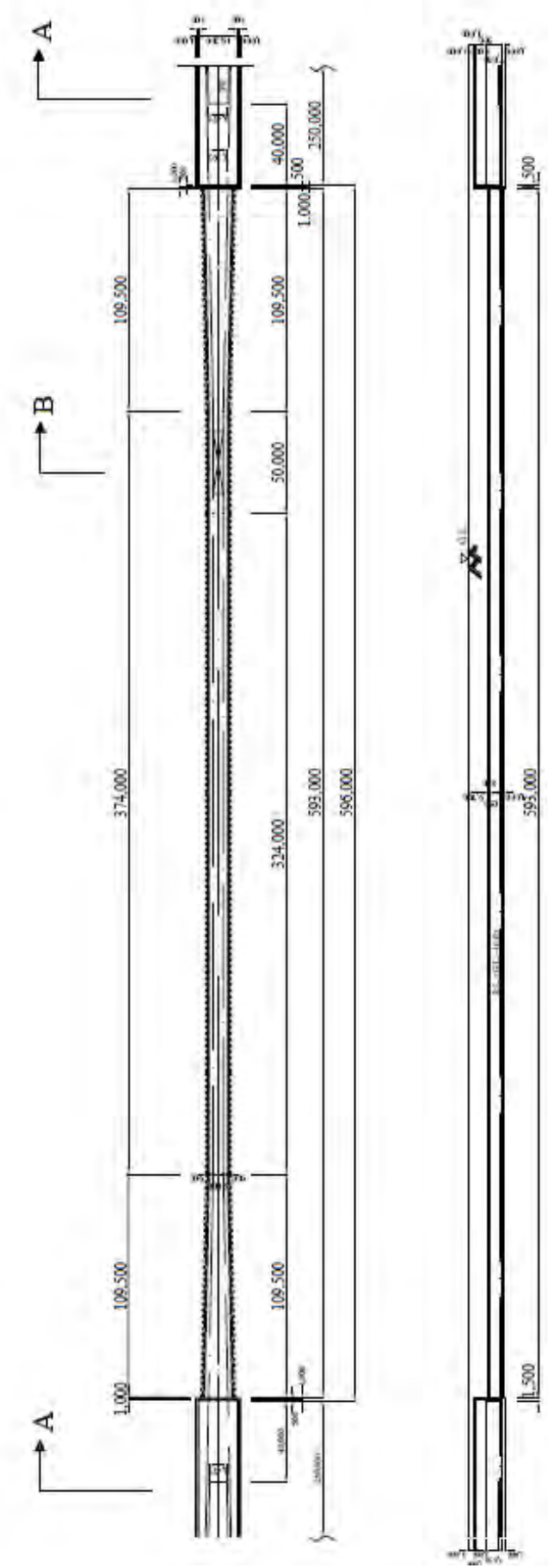
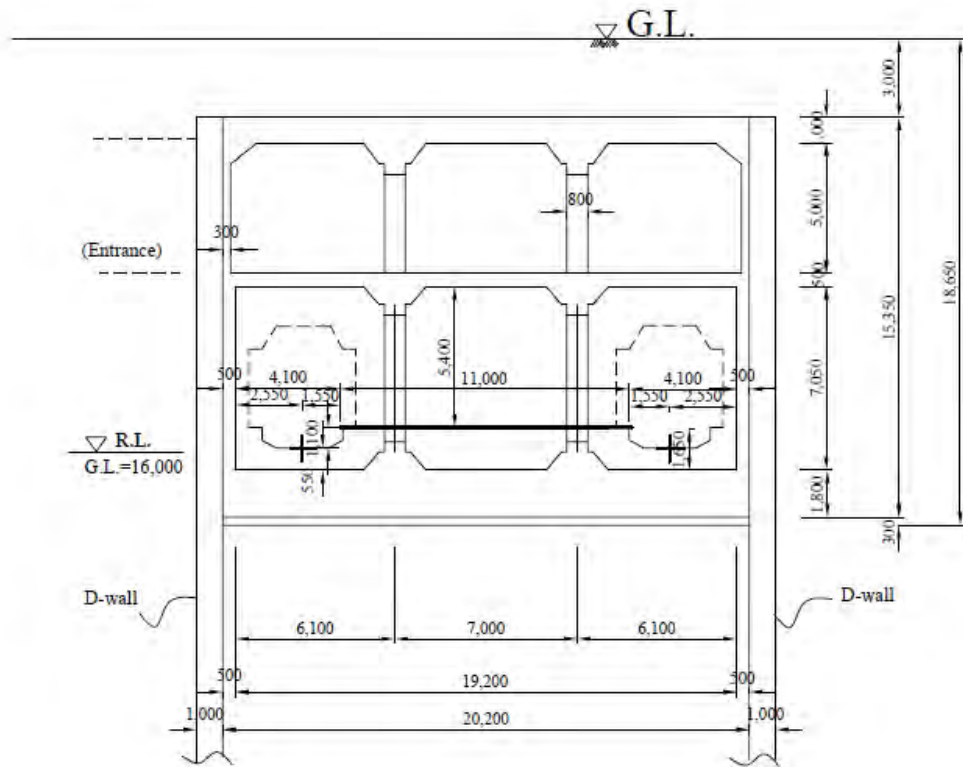
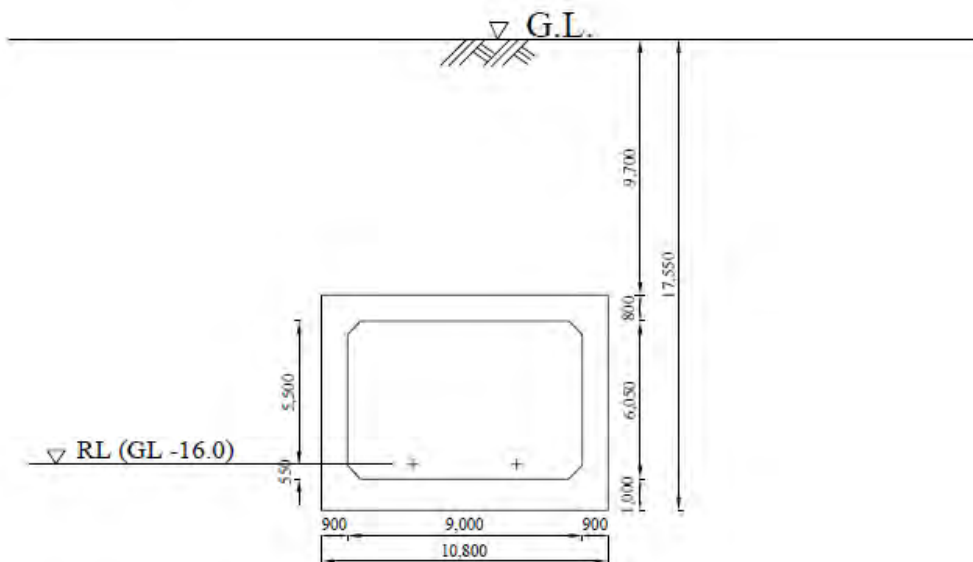


図 4.5.24 (1) Airport Terminal 3 駅 - Airport Terminal 3 駅 駅開削によるトンネル区間

A-A Section



B-B Section



出典: JICA 調査団

図 4.5.24 (2) Airport Terminal 3 駅 - Airport 駅間断面図

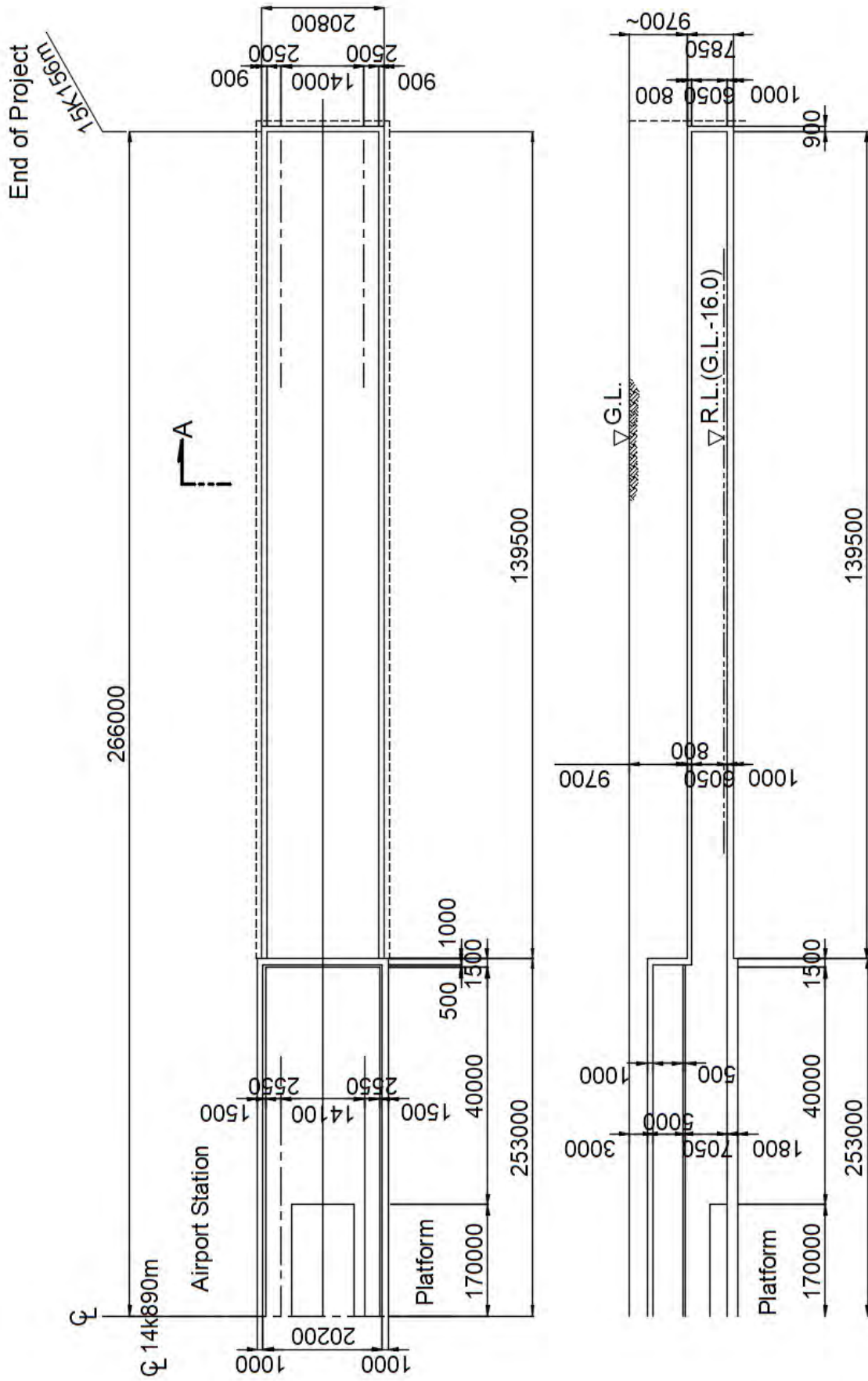
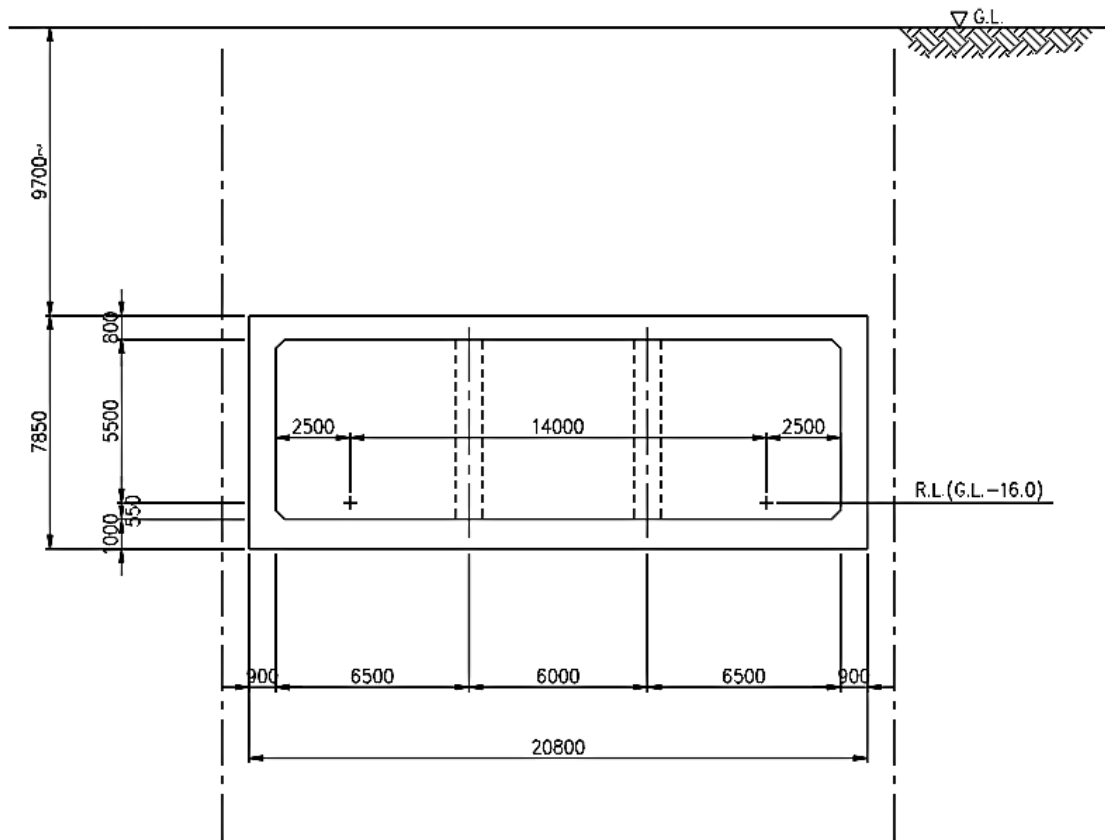


図 4.5.25 (1) Airport 駅北開削によるトンネル建設

A-A SECTION



出典: JICA 調査団

図 4.5.25 (2) Airport 駅 ~ 工事終点断面図

(5) 駅間計画

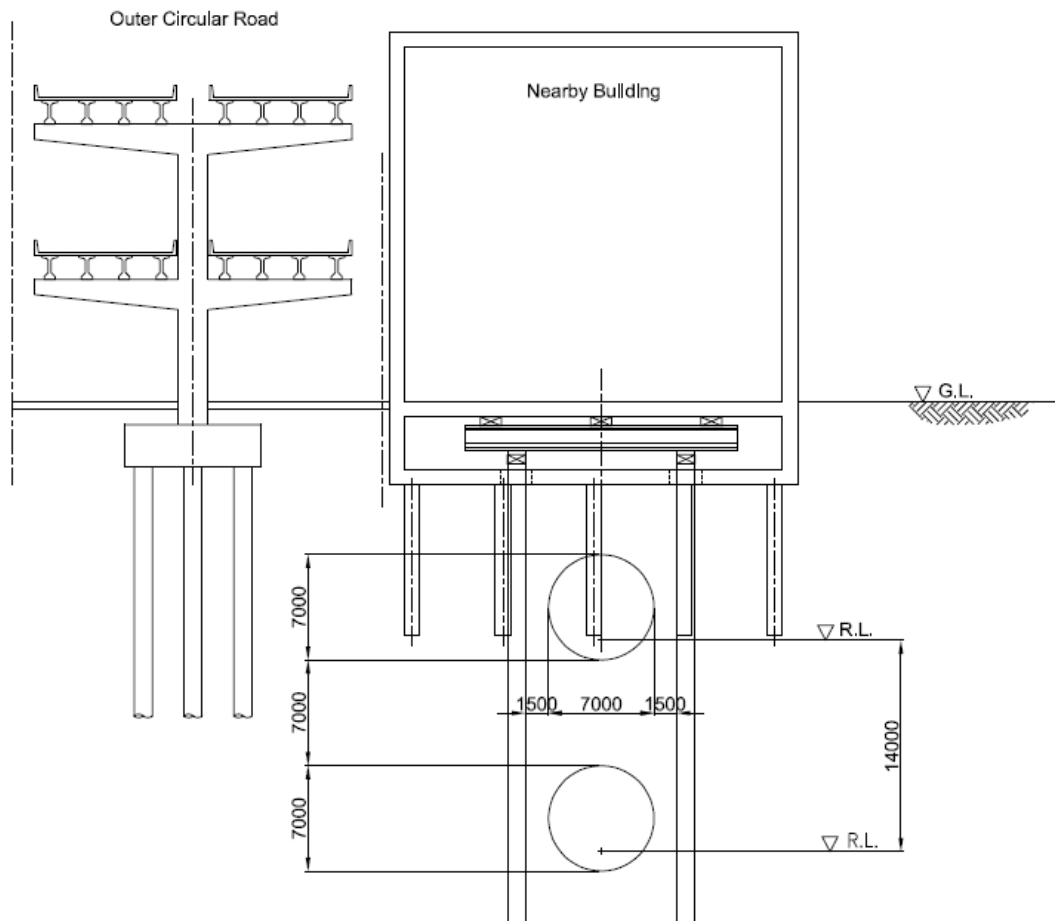
駅間は、既に述べたとおり単線並列のシールド工法とする。

a. Rajarbagh 駅. ~ Malibagh 駅.

この区間では、シールドトンネルが水平並列から鉛直上下方向に移行し、上下方向の形で $R=200m$ を保持し、一部ビルの下を通過する。現在、ビルの形状、支持杭形状・配置などは不明であり、外見では、4 階建てと 7~8 階建てのビルである。

周辺は非常に狭隘で、アンダーピニング用の掘削用地など無い状態である。そこで、ビルの地下一階があると想定し、その空間を利用してアンダーピニング工法を計画する。

計画は、下図の通りシールドトンネルが通過する両側へ、低空頭のくい打ち機にてくいを打設する。そして、その杭を利用して剛性の高い桁を設置し、上部構造物を支持する形で考えておく。詳細には、現地の構造形状、測量結果などを考慮して検討することとする。なお完成後の線路の使い方は Malibagh 駅のプラットフォームの使い方から決まるが、詳細設計において旅客流動を検証の上きめるべきである。



出典: JICA 調査団

図 4.5.26 既存ビルアンダーピニング概念図

b. Notun Bazar 駅 - Future Park 駅

4本並列から上下2列ずつのシールドトンネル位置関係と変化する区間であるため、高度のシールドトンネル制御・運転技術が要求される。

c. Future Park 駅 - Bashundhara 駅（地下から地上への出入り口：トランジット部）

地下駅の Future Park 駅を出てから、東へ向かう Purbachal 線は、シールドトンネルでクリルフライオーバーの多くの基礎杭間を通過し、Purbachal 道路中央の地上に出る。その後、高架橋へと移行する。

地上への接続部は、高架道路がスロープで降りてきた先 100m 程度の位置へ、シールドトンネル到達、撤去、搬出用の立坑を設置し、ボックスカルバート、U 型擁壁、地上へ出て高架構造へと移行する。シールドトンネルは、線間 14m の単線 2 線で到達するため、到達立坑は 25m×15m 程度の大きなものとなる。立坑の位置は、地上の用地状況から 11km 900 付近へ設定した。到達立坑付近では、シールドトンネルの深さが浅くなるが施工技術と地盤改良などで対応することを考えておく。

軌道の平面形状は、線間 14m からボックスカルバート内の線間 4.9m に縮小する。円曲線、緩和曲線長などを設定し、縮小距離を 150m 程度と定めた。この範囲は、縦断勾配内であるため、競合条件を満たす必要がある。

11.900km 付近のシールド機の到達立坑は、排水ピットの設置を考慮しておく。

シールドトンネル到達立坑の山留工は、連続地中壁工法を採用することも考えられるが、郊外であることから、施工性が良く経済的で施工期間の短い鋼矢板工法を採用する。

ボックスカルバート、U型擁壁区間も全て鋼矢板による山留工とする。

ちなみに、施工範囲は道路の北側であるが、施工時には既設道路を侵し一般車両の支障となる可能性がある。その場合現道路の南側への拡幅も考える。

また、この道路は拡幅される計画があり、中央部には幅が広い緑地帯が建設される予定であることから、本トランジット部が周辺への与える影響はほとんど無いと考えられる。

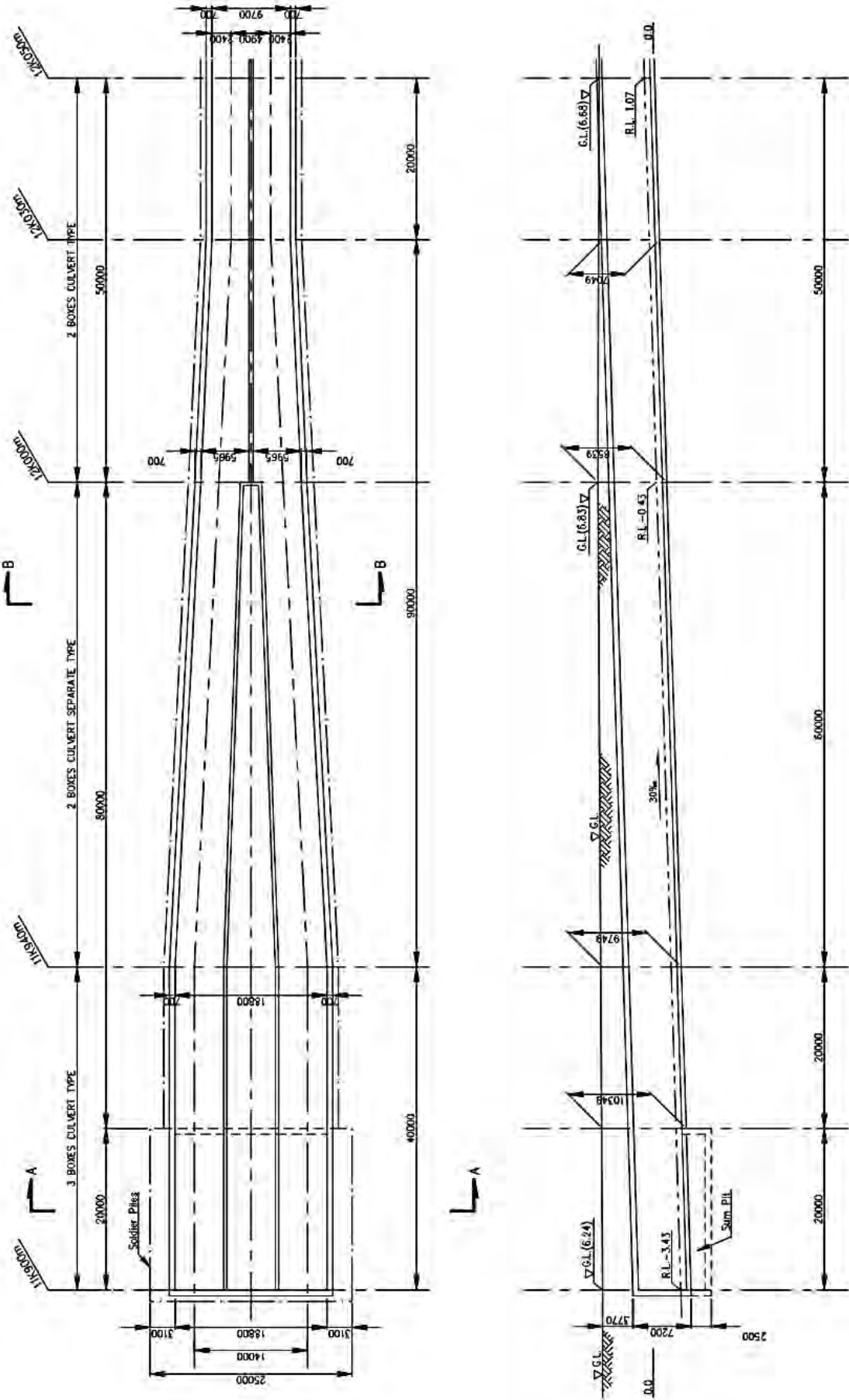


図 4.5.27 Future Park 駅 - Bashun 「Purbachal Sector 7 駅」を「Purbachal Ea 駅」を「Purbachal Ea 駅 (遷移区間)」 Plan and Profiles (1)

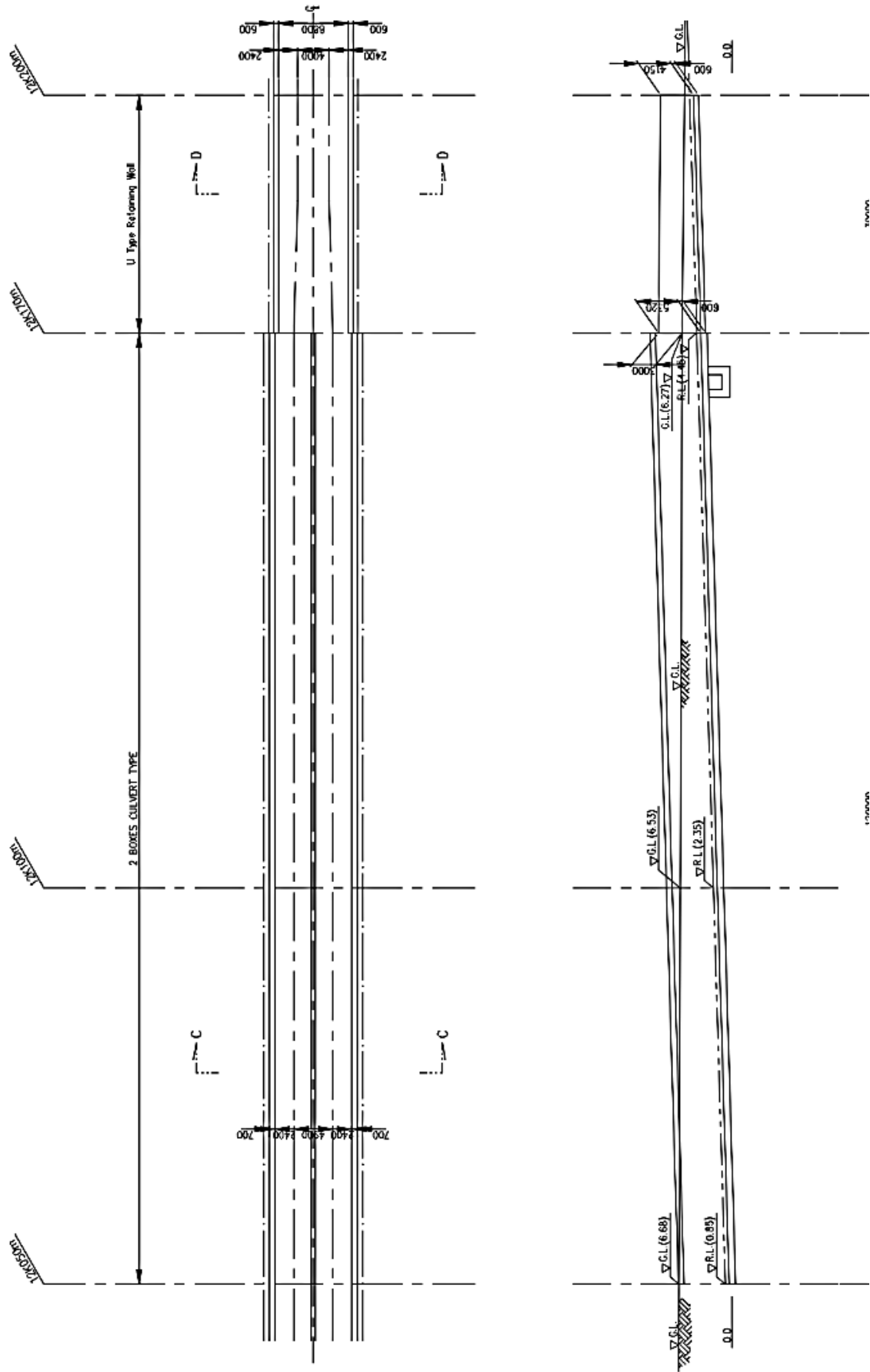


Figure 4.5.27 Future Park Station - Bashun Station [Purbachal Sector 7 Station] to [Purbachal Ea Station] dhara Station (Transition Section) Plan and Profiles (2)

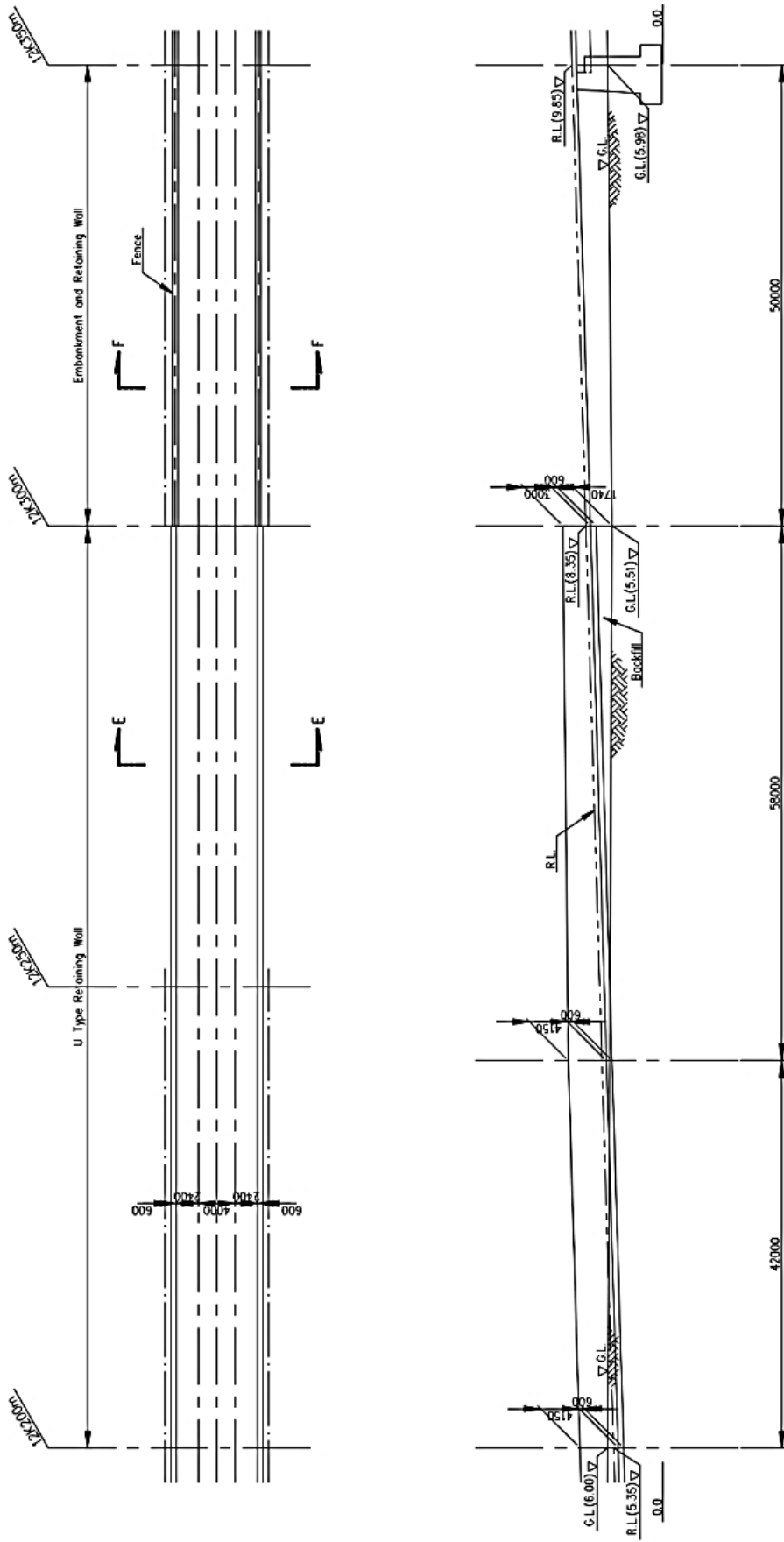
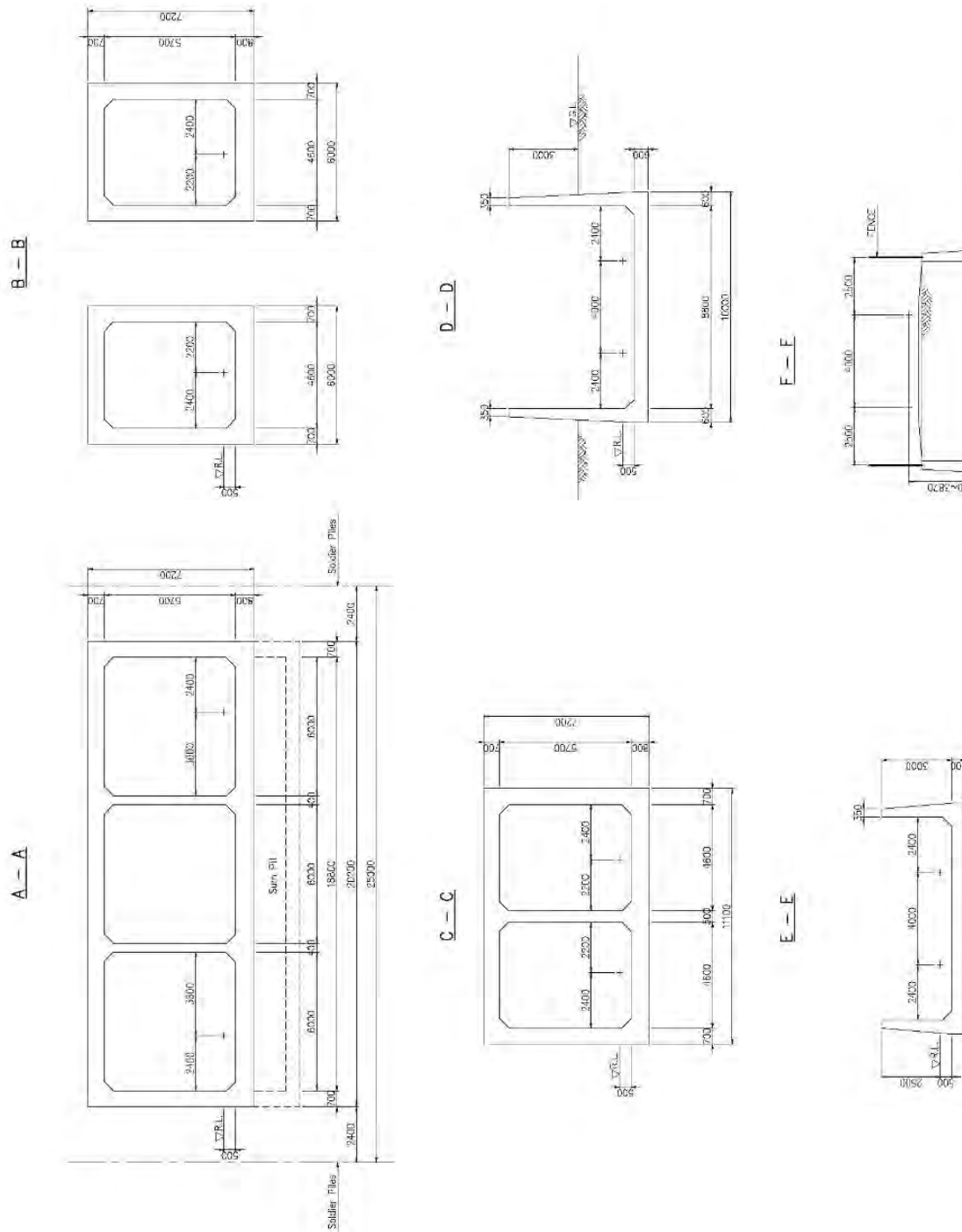


図 4.5.27 Future Park 駅 - Bashundhara 駅間 (遷移区間) Plan and Profiles (3)

出典: JICA 調査団



出典: JICA 調査団
 图 4.5.28 Future Park 駅 - Bashundhara 駅 (遷移区間) Cross Section

(6) 換気シャフトの配置

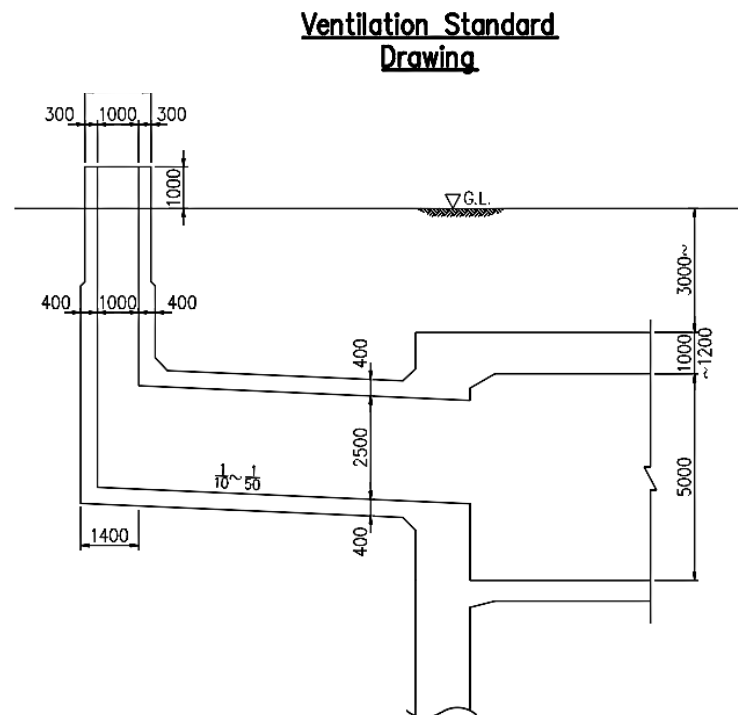
換気シャフトの配置は、基本的に歩道とする。歩道が十分広くない場合には、駅近くにある空き地にタワーを建て、地下駅と連結する。日本の例として歩道に設置した換気シャフトの写真を図 4.5.29 に、シャフトの構造形状を図 4.5.30 に示す。

提案する各駅の換気塔の位置は図 3.2.3 にて示す通りである。



出典: JICA 調査団

図 4.5.29 換気シャフトの設置例



出典: JICA 調査団

図 4.5.30 換気口の構造例

(7) 駅出入口

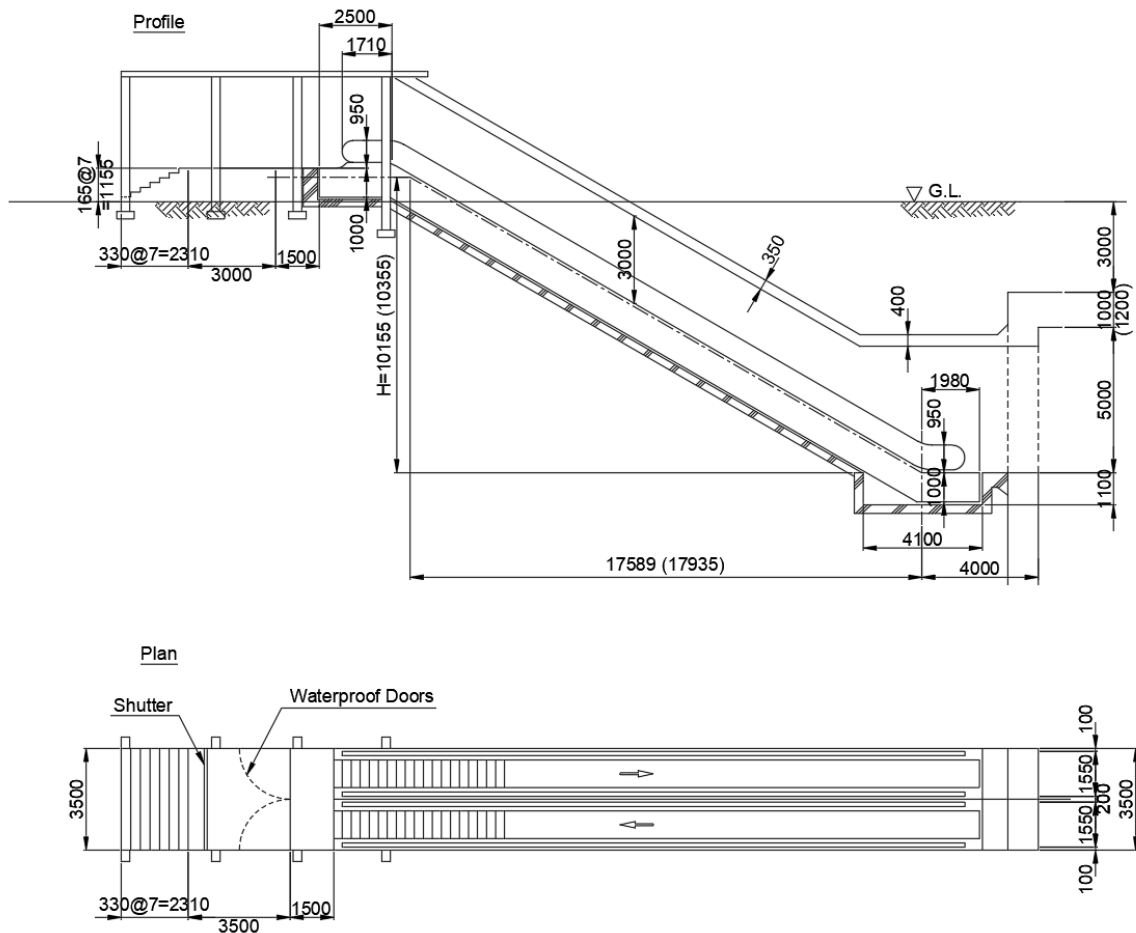
B1F からの出入口は、歩道部もしくは地上の適切な場所に設置する。本調査では全駅エスカレーター（ESC）と階段を併設することを基本として計画する。しかしながら、現地の概略調査をしたところ、出入口を設置する歩道は幅が狭く、基本となる ESC と階段の併設が困難な駅位置も散見する。そのため、歩道幅を広くするか、階段のみの計画で考えるか ES 時正確な測量図を基に検討すべきである。

駅の出入口の写真を示す。洪水対策については、後述する。



出典：JICA 調査団

図 4.5.31 駅出入口設置例



出典: JICA 調査団

図 4.5.32 駅出入口構造例

(8) BR Kamalapur 駅との接続

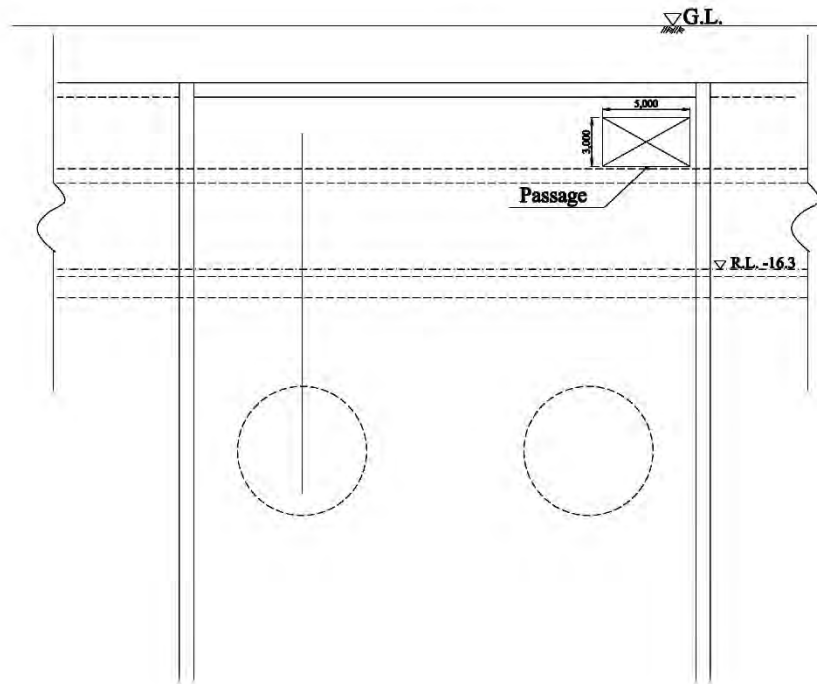
1号線の Kamalapur 駅の出入口は、BR Kamalapur 駅と 50m 程度しか離れておらず接続は地上を歩いて駅間を移動することとする。

現在、Main Entrance として使われているエリアと現 BR Management Building 前 Green Area を将来の駅前広場として、BR-MRT 1号線の乗り換え広場とすることを提案する。

(9) 5号線との接続

Notun Bazar 駅南で MRT 5号線と交差するが、現在 1号線が先に建設され、5号線 TBM が 1号線の駅部構造物下を通過して、5号線立坑に到達すると考えている。5号線 TBM は 1号線駅部構造物下床版 3~5m を通過すると考えた。駅構造物への影響が懸念されるが、5号線詳細設計にあたっては防護工の検討をおこなうべきである。1号線と 5号線との乗り換え旅客は、下図に示されるような 5号線地下駅の B1 コンコース階と 1号線コンコース階を結ぶ地下通路を利用することになる。連絡通路は通路幅 B=5m、高さ H=3m のボックスカルバートが考えられるが、5号線詳細設計で検討すると考えている。ただし 1号線は 5号線との連絡通路建設を考慮した駅構造物を計画するものとする。

B - B



出典: JICA 調査団

図 4.5.33 5号線との接続部一般図

(10) BR Airport 駅との接続計画

1号線は、南からクリルフライオーバーを通過し道路東側を北方向に進み BR Airport 駅の前に駅を設置する。BR Airport 駅は地上駅であるため、1号線の Airport 駅の駅 B1F からの出入り口より地上へ出て、徒歩による接続と考える。

(11) 各駅舎洪水対策および排水計画

駅舎設計においては、洪水対策・浸水対策を十分考慮しなければならない。予想される浸水は、①駅出入り口、②換気口・換気塔、③坑口および④河底からの浸水がある。①に対しては、駅出入り口に止水版あるいは防水扉を設置する。②に対する対策としては、自然換気としてグランドレベルにおかれた換気口は浸水感知器を設置し、降雨があれば自然に閉じるようにする。また機械式換気のための換気塔に対しては、開口部を高いところに設置する。③に対する対策は、地下から高架への変更箇所での擁壁をある程度の長さを確保し周囲からの水が線路に入らないようにする。また線路内に降った雨は適時ポンプで排水する。現在坑口（トランジット）が予定されているのは、Purbachal RAJUK Road であり、近くには調整池あるのでそこに流すことを考えている。④Hatir Jheel 駅はすぐ Rampura Khal（運河）が存在するので、十分防水に配慮する必要がある。特に河床からトンネルへの漏水は裏込めモルタルが十分セグメントを覆うように、慎重に管理することが必要となる。さらには駅舎への漏水に対しては防水シートで壁を覆うこともふくめ十分な配慮をすべきである。

設備面においては①防水扉の設置、②大雨や洪水にそなえて調整池の水位を常時観測できるようなカメラを設置、③高い位置にポンプ電源ボックス設置等が考えられるが、設計時その容量、位置、個数等検討すべきである。また、洪水・サイクロン等の自然災害発生時や早急な復旧作業を進めるために、ソフト面では、①非常時の連絡体制、②駅勤務者の人員確保のための計画、③非常時の役割分担、④マスコミを通じた情報公開計画、⑤非常時にそなえ土木・建築業者、病院、警察、電力会社との災害協定締結、⑥非常時の旅客誘導計画と避難訓練、⑦駅の利用者への広報・周知といったソフト面での計画を併せて実施することが必要である。これらについては、今後、ゼネラルコンサルタントによる実施設計の中で、スタッフの訓練方法などの検討を実施する。また、事業費の中に組み込んでおく。

ダッカ市は現在停電が頻発する。各駅には2時間程度駅業務を継続できるように無停電装置またはジェネレーターを配する。この無停電装置のジェネレーターUPS/ジェネレーター容量は空気換気、非常灯、照明、駅業務を継続するのに必要な電力量を給することが可能なものとする。

日常の駅運営にあたってはトイレ、清掃等の汚水が発生する。基本的にはバングラデシュ国の下水に関する法規に従い設計しなければならない。この法規がない場合は事業主との協議で日本設計基準を適用する。通常見込まれる旅客数からトイレで使われる水量を算定し、これにあつた浄化槽を計画する。日本では下水処理能力が大きいので、直接公共の下水網に流すが、バングラデッシュの実情を調査してこの方法が適用できるか判断する。具体的には最初に既存下水道のネットワークを調べると同時に、何のために造られた下水道か明らかにしなければならない。雨水専用かあるいは汚水を受け入れることができるか下水道基準、法規、下水道排出の基準値・処理方式等を明らかにしなければならない。次いで下水道の管径、深さ、受け入れ可能水量を調べる。更に現地法規、基準を調べる必要がある。東南アジアで近年整備されている地下鉄の建設事業では、トイレから発生する汚水は一般水と分離しプラットホーム階下のピットに貯めて、ポンプで汲み上げ地上に設置された浄化槽を通した後公共下水に流す設計になっている。掃除やトイレ洗面台あるいは台所から生ずる汚水はバングラデシュ国法律の規定するBOD以下であることを確認の上一般下水に流す。ジャカルタ地下鉄、ハノイおよびホーチミン地下鉄ではBODが30以下と規定されているが、マニラ高架鉄道では50PPMと規定されている。

(12) 駅舎バリアフリー計画他

障害者、お年寄り等弱者対策としてはバリアフリー、ユニバーサルデザインの考え方を取り入れるべきであるが、基本的には先行する6号線と統一することを考える。6号線には地下駅がないため障害者を十分考慮した設計をすべきである。特に、非常時の避難計画の策定が重要と考える。さらに字の読めない人でもすぐ避難路がわかるような絵文字、記号を用いるように配慮すべきである。一般利用者の安全啓蒙活動については、鉄道運営会社とコンサルタントが計画を策定し、開業前に訓練を実施すべきである。

バリアフリーの詳細については、「4.6 駅建築および施設計画」で後述する。

(13) 火災対策基準の比較

a. 国土交通省令第 29 条と NFPA 130 の比較

国土交通省令第 29 条と南、東南アジアの地下鉄設計で広く用いられている米国の NFPA (National Fire Protection Association) から発行されている NFPA 130 Standard for Fixed Guideway Transit and Passenger Rail との比較を行う。

以下の表に国土交通省令第 29 条と NFPA130 との主な違いをまとめた。

表 4.5.4 国土交通省令第 29 条と NFPA130 の比較

項目	国土交通省令第 29 条	NFPA 130, 2017 版
駅間のトンネル部分の考え方	緊急やむをえない場合以外は、トンネル内で列車を止め、乗客を降ろし、避難させることは考えていない。	乗客の避難通路として利用するのが前提である。
駅間での火災時の対応	車両は不燃性構造で最寄り駅まで走行することを原則としている。	燃える可能性を有するという前提で、トンネル内で火災が生じたとき、乗客が徒歩で安全にトンネル外へ避難する方法を規定している。
トンネル構造	上下線完全分離型である。横断通路に関する規定はない。	駅間 762m を超えるトンネルでは横断通路を最大間隔 244m で設定する。
避難誘導灯	記述がある。	記述がない。
排煙設備	自然換気口によりトンネルの排煙効果が十分期待できる以外は設置する。ただし、機械換気設備との兼用を認める。	火災非常時の間の火災と煙から旅客、駅務員、緊急要員を防護するため、機械式非常用換気システムを設置する。このシステムの必要性は 61m を超えるトンネルで、設計解析に基づき判断する。
避難設備設計	<ul style="list-style-type: none"> • 通常火災と大火源火災(4 リットルのガソリン放火)に分類 • 通常火災の場合は、プラットホーム階で、煙濃度が $C_s=0.1$ (1/m) 以下であることコンコース階で煙濃度が避難時間より算出した煙拡散容積以上であるように設計する。 • 大火源火災の場合は、プラットホーム・コンコース階とも避難時間が煙降下時間(煙が床面から 2m の高さまで降下するのに要する時間)以下であるように設計する。 	<ul style="list-style-type: none"> • プラットホーム使用者負荷量を規定 • <u>避難時間</u>: プラットホーム使用者負荷量を 4 分以内にプラットホームから退避させる十分な退避通路を設計する。 • <u>安全地点への避難時間</u>: プラットホーム上の最も遠い位置から安全地点へ 6 分以内で避難できるように設計する。 • <u>歩行距離</u>: 出口への最大距離は、プラットホーム上のどの位置からでも 100m 以下とするように設計する。

出典: 国土交通省令第 29 条および NFPA130 2017 版を元にした調査団によるまとめ

上記の表に示すように両者の設計思想は大きく異なる。国土交通省令第 29 条では、車両を不燃構造として駅間のトンネル部分を基本的には避難通路として考えていないのに対し、NFPA130 では、車両を燃える可能性を前提に駅間のトンネル部分を避難通路として利用することを考えている。そのため前者では、上下線間の横断通路を必要としないが、後者では、駅間 762m を超えるトンネルでは最大間隔 244m で横断通路を設けることが定められている。

この横断通路の有無がしばしば両基準の違いとして焦点があてられる。

b. NFPA 130 が指定する横断通路

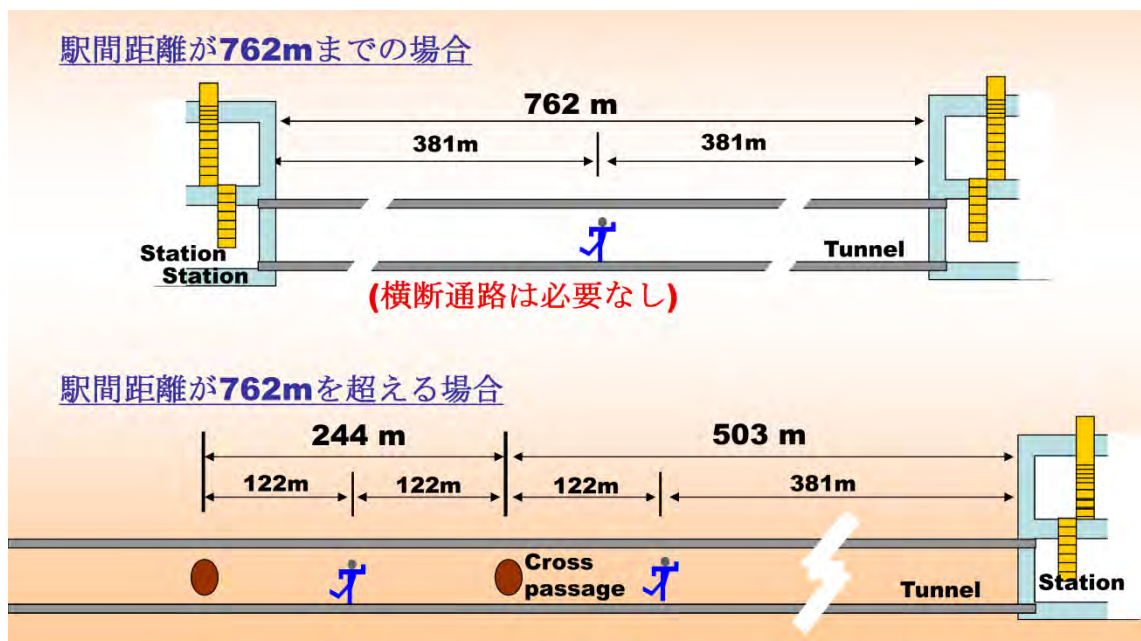
NFPA 130 は、しばしば改定されており、それに伴い横断通路の考え方も表 4.5.5 および図 4.5.34 および図 4.5.35 に示すように変化している。

具体的には、2007 年の改定により横断通路の最大距離が駅あるいはトンネル坑口から 244m と規定され、より厳しくなった。しかし 2007 年以降、この横断通路に関する基準に変更はない。

表 4.5.5 NFPA 130 の地下トンネル非常口の基準

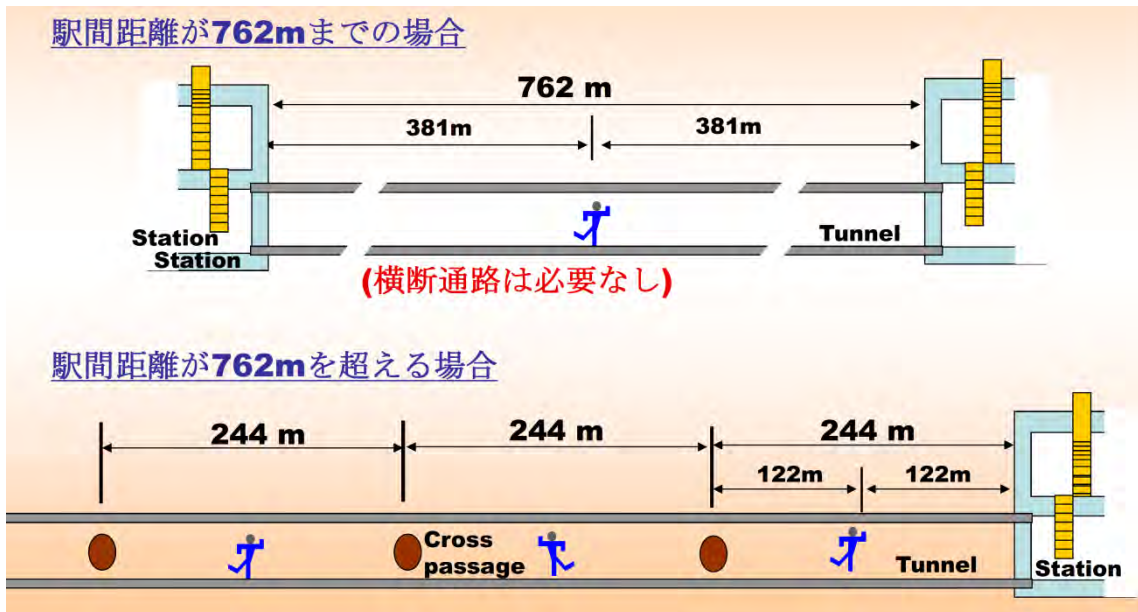
	非常口詳細	非常口として利用される横断通路の詳細
1997 年版 2000 年版	3.2.4.2 非常口への距離間隔は 381m 以下とする。	3.2.4.3 横断通路は、最大間隔 244m とする。
2003 年版	3.2.4.2 出口間の最大間隔は 762m とする。	3.2.4.3 横断通路は、最大間隔 244m とする。
2007 年版 2010 年版	6.2.2.2.1 出口間の最大間隔は 762m とする。	6.2.2.3.2(1) 横断通路は、最大間隔 244m とする。 6.2.2.3.2(2) 駅あるいはトンネル坑口からの最大距離は 244m とする。
2017 年版	6.3.1.4 出口間の最大間隔は 762m とする。	6.3.1.6 (1) 横断通路は、最大間隔 244m とする。 6.3.1.6 (2) 駅あるいはトンネル坑口からの最大距離は 244m とする。

出典：NFPA130 1997,2000,2003, 2007, 2010 そして 2017 版を元にした調査団によるまとめ



出典：調査団

図 4.5.34 NFPA130 1997 年版



出典：調査団

図 4.5.35 NFPA130 2010&2017 年版

c. 考察および提言

しばしば両基準の違いを横断通路の有無のみで説明し、NFPAの方がより安全の基準と結論づける場合がある。しかし、総合的な鉄道防災規定であるNFPAでは逆に駅の規定が弱い。例えば、NFPA130では避難誘導灯の記述がなく、通気装置についての記述が少ないが、国土交通省令第29条はより詳細に規定している。

さらに強調したいのは、上記(1)で述べたように両者は根本的に設計思想が異なる。従ってどちらの基準がより優れているあるいはより安全側の設計であると議論するのではなく、車両を含めた鉄道システムでどちらの基準を適用するかを議論すべきである。

今回は、日本の優れた鉄道システムの採用を本プロジェクトに提言している。従って防災に関する規定も国土交通省令第29条を適用することを提案したい。

(14) Prangai Sharani道 水道管敷設事業

Prangai Sharani通り沿いにWASAが径1.4mの水道管を敷設する計画がある。TBMによるシールドは地表から8~10mの深さを通るため影響はないと考えられる。一方地下駅は土被りが3mで考えており、影響が懸念される。設計時に正確な水道管寸法、位置、材質をWASAよりヒアリングすると共に、防護工を検討し、WASAと協議の上入札図書に含めるものとする。

3) 概略施工計画

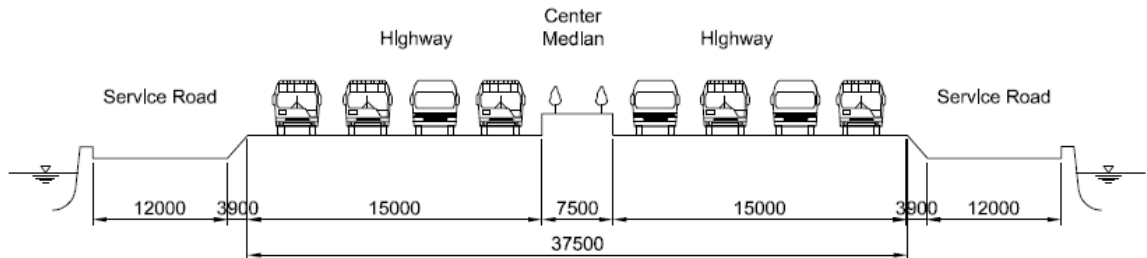
(1) 高架区間

a. 基礎工および下部工

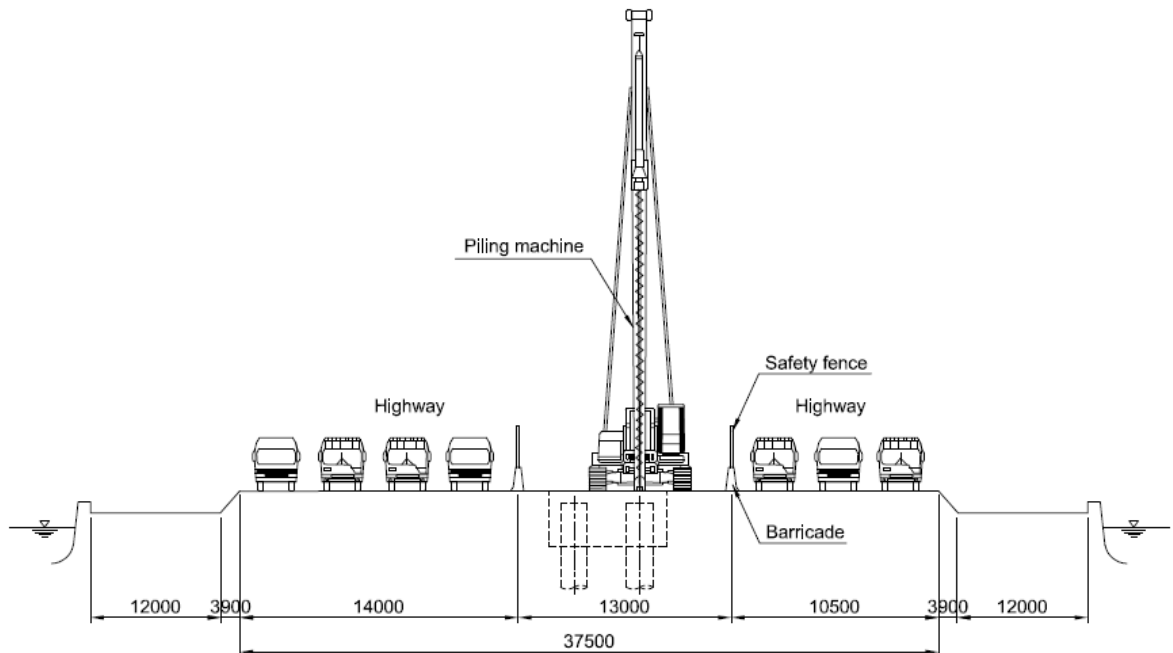
高架区間は、土木・施設計画の項の「4.5.1 1) Purbachal道路の計画」で述べた通り、両側に運河を設け、道路幅約70mの大きな道路が計画されている。本プロジェクトが開始される頃には、この道路が開業しているものと仮定して計画する。

高架区間は、基本的に道路の中央分離帯内に橋脚を設置するものである。そのため、片側のハイウェイの車線を4車線から3車線に縮小し、中央作業帯を確保して施工する。以下、基礎工および下部工の施工ステップを下図に示す。

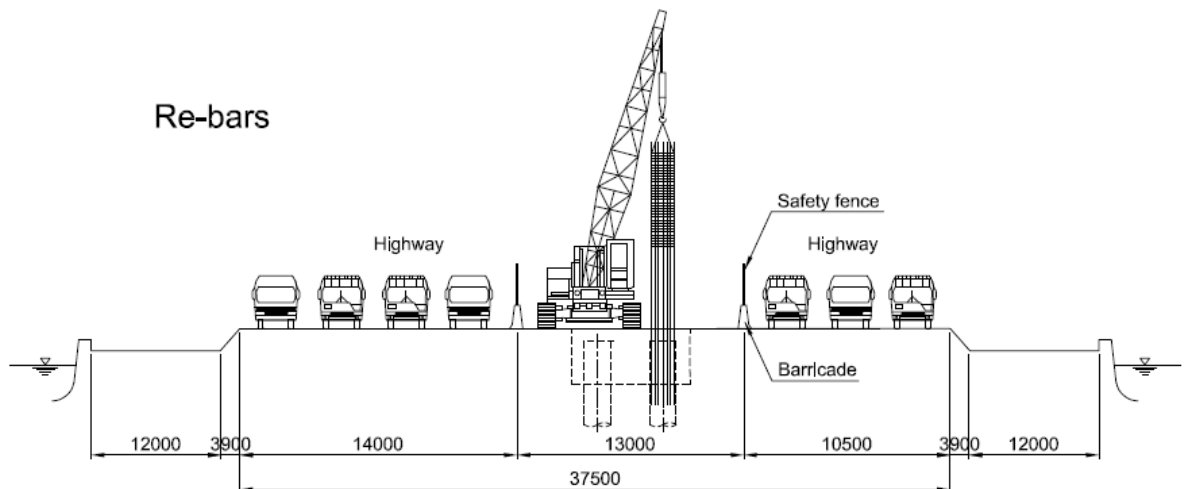
(a) 現況



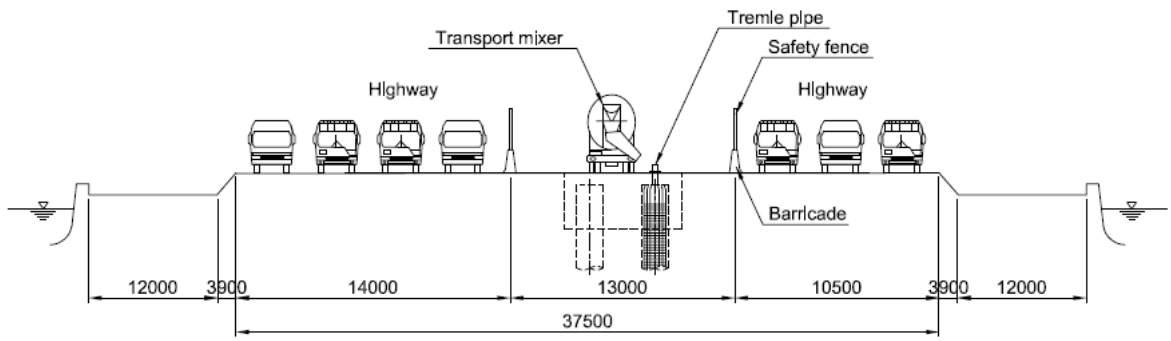
(b) くい打ち用掘削



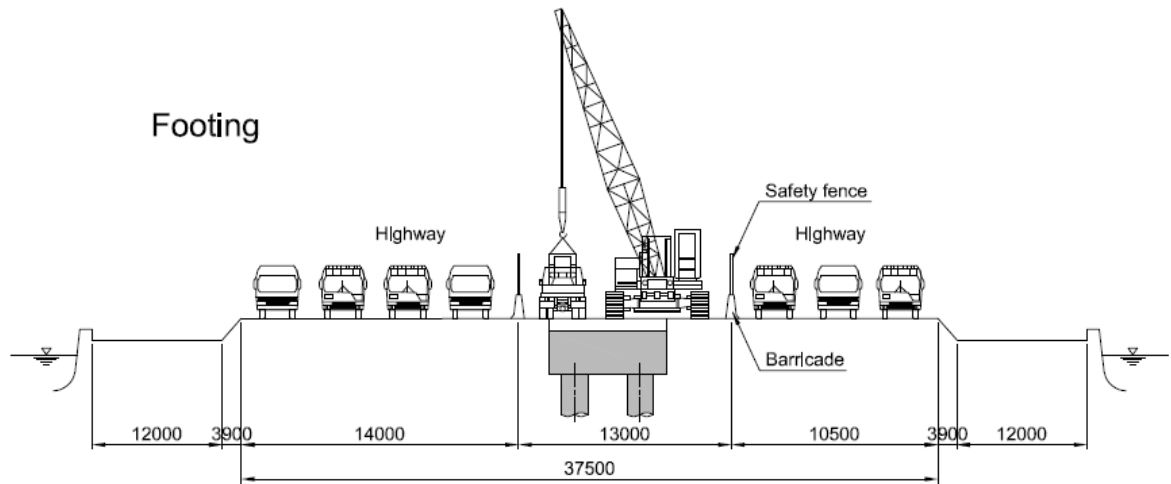
(c) 鉄筋建込み



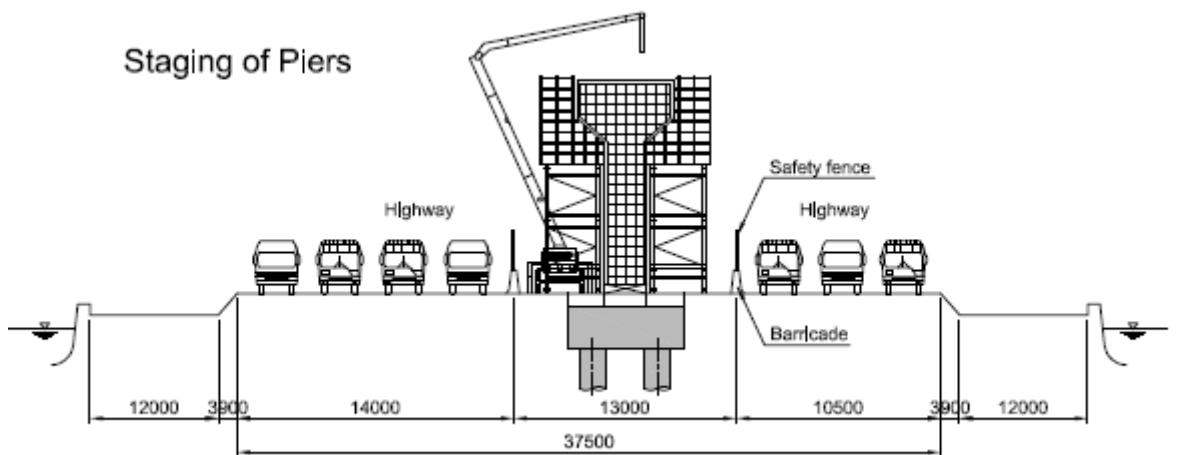
(d) コンクリート打設



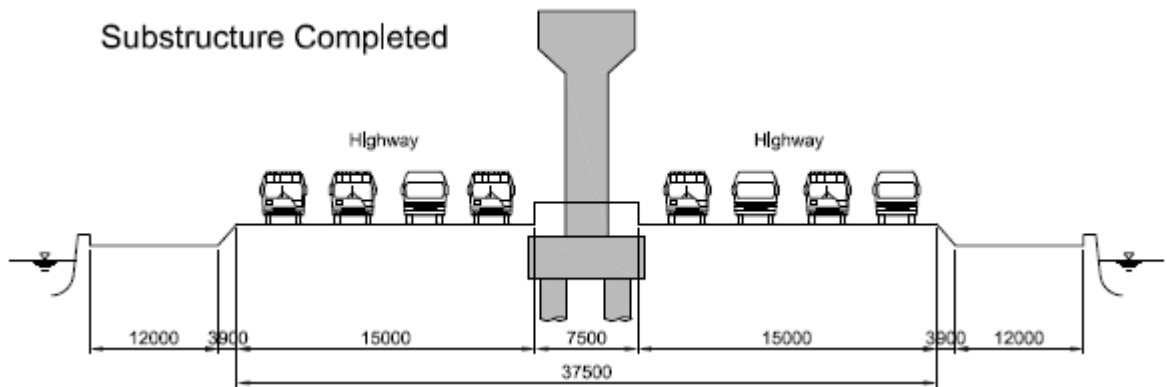
(e) 足場構築



(f) コンクリート打設



(g) 下部工完成



出典: JICA 調査団

図 4.5.36 基礎工及び下部工の施工手順

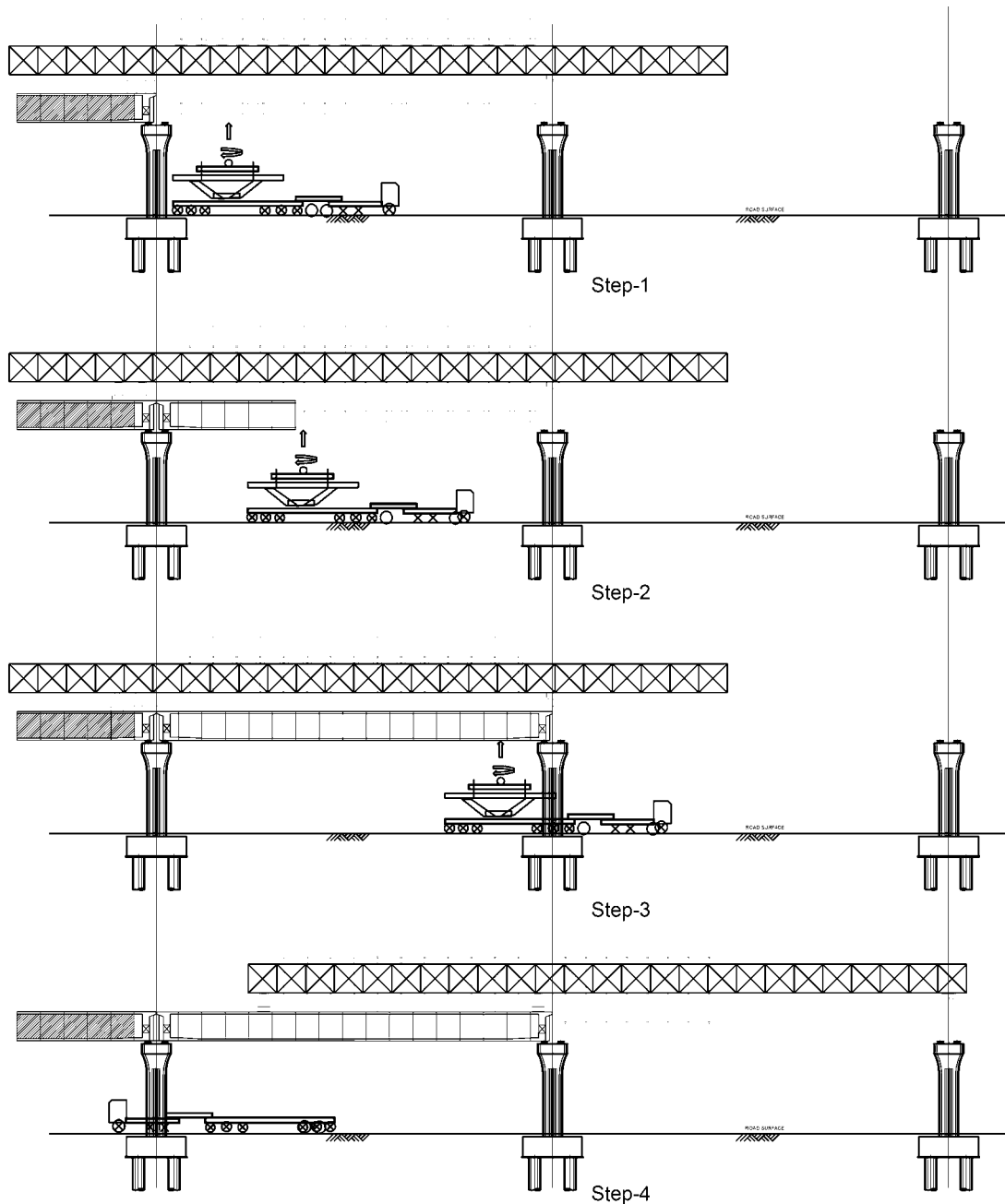
b. 上部工

上部工の施工については、沿線への影響を最小限とすることより、MRT 6 号線と同様にスパンバイスパン工法で施工することが望ましい。この工法は、セグメントヤードで製作されたプレキャストブロックを仮設桁により道路上から吊り上げ、上空で所定の位置に据え付けた後、PC ケーブルで緊張し一体化を行う工法である。上部工桁製作については、道路橋で数々の実績があることから既存の製作ヤードが使えると考える。架設・緊張作業は上空で行われるため橋梁下の施工ヤードを最小限とすることが可能となる。既存交通への影響を最小に抑えるため、プレキャストブロックは交通量の少ない夜間に現場まで輸送することが望ましい。施工手順は下図に示すとおりである。



出典: 富士ピーエス HP <http://www.fujips.co.jp/results/r-bridge/sub21090/2072>

図 4.5.37 スパンバイスパン工法による桁架設



Step 1 : Erection Girder (EG) is in position. 1st precast segment (edge segment) is transported by a long trailer from the construction yard and its position should be just under EG. The segment is hanged by suspension cables with EG and turned by 90 degree and is in placing.

Step 2 : 2nd segment also is repeatedly in placing and this segment is pulled and connected to the previous segment after application of epoxy resin to the joint of matched cast segment . This operation should be repeated up to the end of this span.

Step 3 : PC work should start and be complete for connection of all segments for single span girder. The girder should be lowering to the required position and level.

Step 4 : The rear leg of EG should be shifted to the end position of the girder completed and the front leg of EG will be shifted on to the next pier head and EG is in position for next span erection.

出典 : JICA 調査団

図 4.5.38 スパンバイスパン工法による桁架設ステップ図

(2) 地下区間

a. 駅部の開削工法

土質調査結果は、クリル付近に一点だけボーリングデータが有り、それを参考として考える。山留形式は、一般的には SMW 工法が経済的だが、建設用地が広く必要となること、周辺に家屋が密集しており振動・騒音を発生させないこと、さらに高い剛性が求められることなどから連続地中壁工法が望ましい。防水性や経済化を図るため、連続地中壁の本体利用とし駅構造体としての品質を優先させ、順巻き工法にて一体壁方式を考えておく。ただし、第 4 章 15.2 に記載するように、発進立坑建設に SMW 工法を適用することにより、約 1 か月程度工期が短縮されると考えている。現在発進立坑を設ける駅は Kamarlapur、Badda（駅南側立坑）、Badda（駅北側立坑）、Notun Bazar、および Khilikhet である。

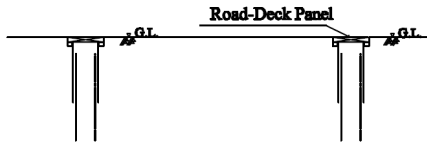
表 4.5.6 土留工法比較表

	RC 連壁(単独壁形式)	RC 連壁(重ね壁形式)	SMW
用途	本体 壁剛性が高く、永久構造物として適用可能	本体 壁剛性が高く、永久構造物として適用可能	仮設 壁剛性が低く、永久構造物として不適
施工方法	逆巻き工法	順巻工法	順巻工法
長所	<ul style="list-style-type: none"> ● 本体利用可能であるため、切梁・腹起し等の仮設用鋼材が不要 ● 仮設土留めが不要であるため、地下埋設物の切り回しに余裕ができる ● 道路の開放が早くできる 	<ul style="list-style-type: none"> ● 本体利用可能であるため、切梁・腹起し等の仮設用鋼材が不要 ● 連壁の内側に壁を設けるため、漏水の対処が容易である。 ● 従って、構造物の耐久性に優れている 	<ul style="list-style-type: none"> ● 壁造成の施工期間が比較的短い ● プラント設備は簡易であり、施工に合わせて移動ができるため、プラントヤードを別途設ける必要がない ● 本体構造物は、掘削後の空气中で施工するため品質が良い ● 工事準備が比較的容易
短所	<ul style="list-style-type: none"> ● 壁造成の施工期間が比較的長い ● 本体構造物が水中で施工されるため、品質に問題となることが多い ● プラント設備が大きく施工期間中の移動が困難であるため、別途プラントヤードが必要となる ● 建設機械が重いので地盤改良が必要になる ● 掘削前にトレンチガイド工が必要 	<ul style="list-style-type: none"> ● 壁造成の施工期間が比較的長い ● 水中コンクリートの不備を、内壁で補完出来る ● プラント設備が大きく施工期間中の移動が困難であるため、別途プラントヤードが必要となる ● 建設機械が重いので地盤改良が必要になる ● 掘削前にトレンチガイド工が必要 	<ul style="list-style-type: none"> ● 日本固有の技術であり、施工できるのは日本の業者に限られる ● 剛性が低く周辺への影響が大きい ● 施工機械を日本から運ぶ必要がある

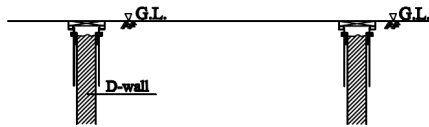
連壁工法には、単独壁形式、一体壁形式、重ね壁形式の 3 種類あり、現地の土質性状、施工深度、構造物の形状などにより決められる。ここでは、内壁を設置する単独壁形式を考えておくが、品質管理を良くして本体構造が品質よくできることの確証が得られれば、単独壁形式の採用も考えられる。

施工手順は、以下の通りである。

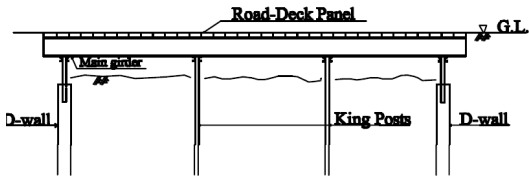
1) Preparatory Work for Diaphragm Wall (D-wall)



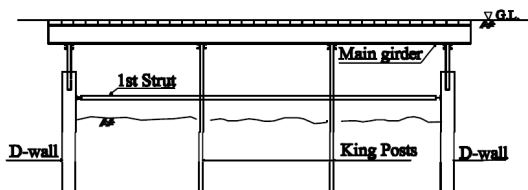
2) D-wall Construction



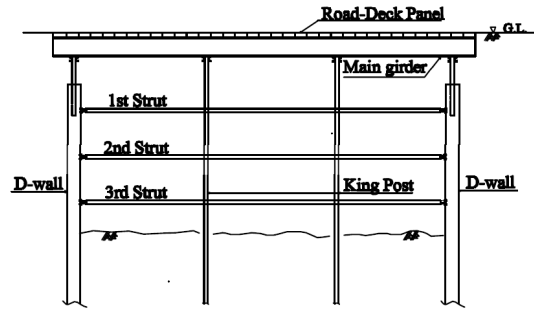
3) Road Deck Construction and 1st Excavation



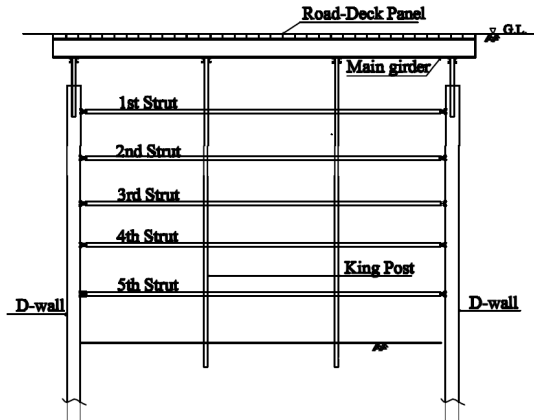
4) 2nd Excavation and 1st Strut Installation



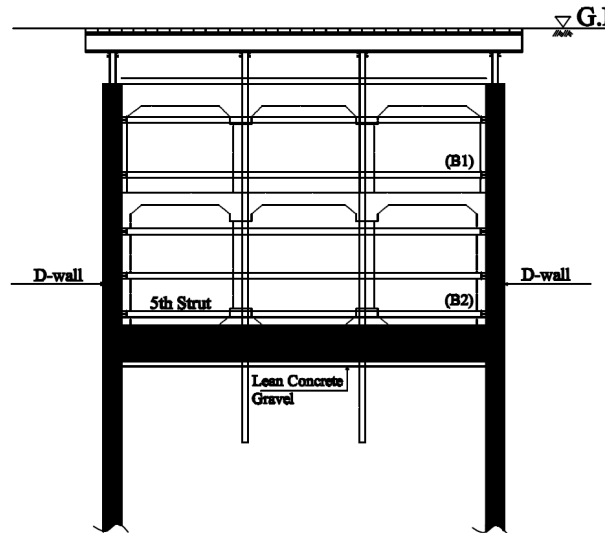
5) 4th Excavation and 3rd Strut Installation



6) Excavation Completion



7) Gravel, Lean Concrete and Basement Concrete



一般的な施工手順は下記のようになる。

Step 1 (連続地中壁施工のための準備工事)、Step 1 に先立ち埋設物の移設・防護工事を施工する。更には作業帯確保のために道路交通の切り回しが必要。(図-1)

Step 2 連続地中壁の施工及び複工板を受けるための H 鋼杭打設 (図 2)

Step 3 複工板敷設し、道路切り回し、複工板下で 1 段切梁まで掘削を進める (図 3)

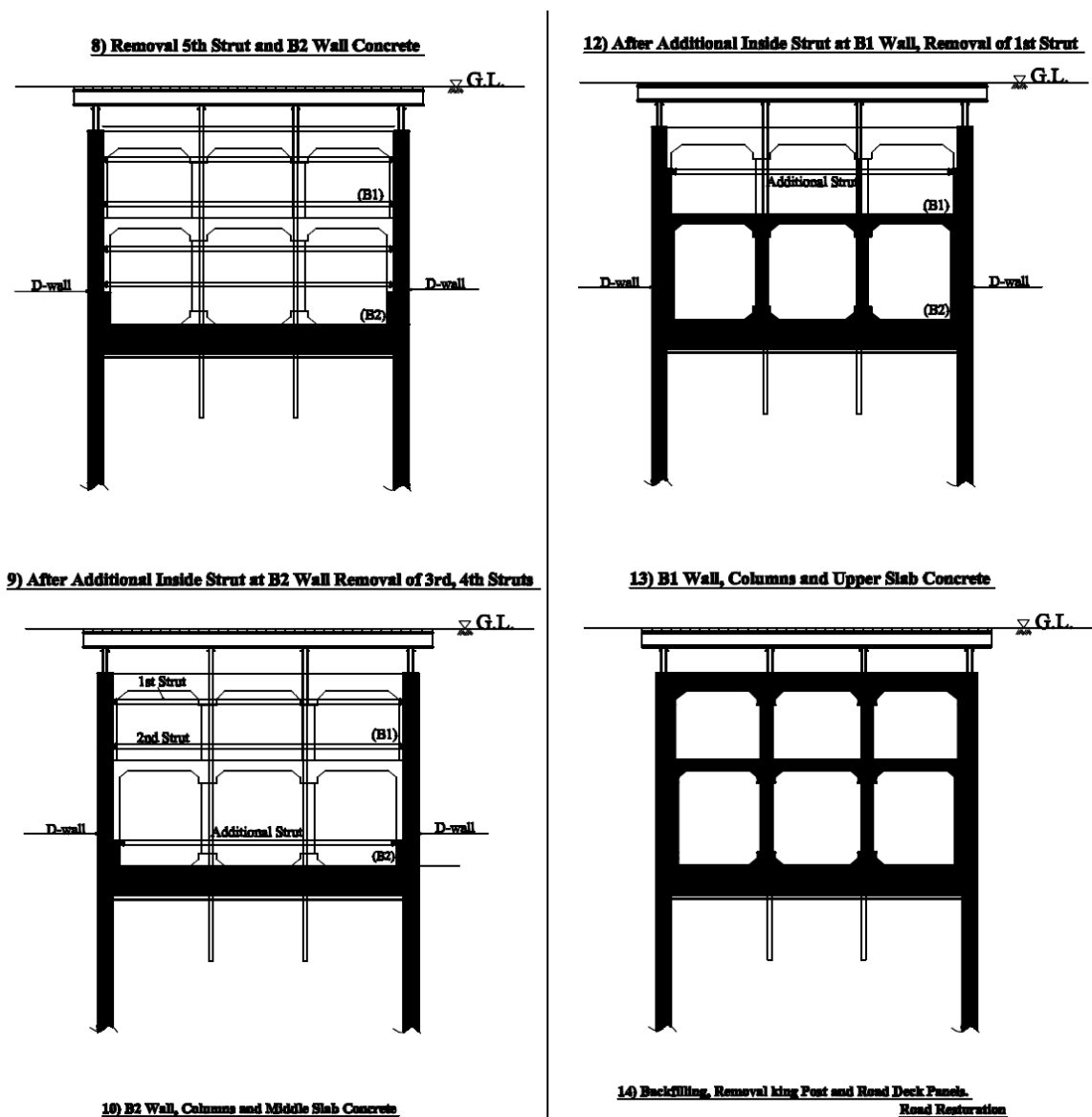
Step 4 複工板下で 2 段切梁まで掘削を進める (図 4)

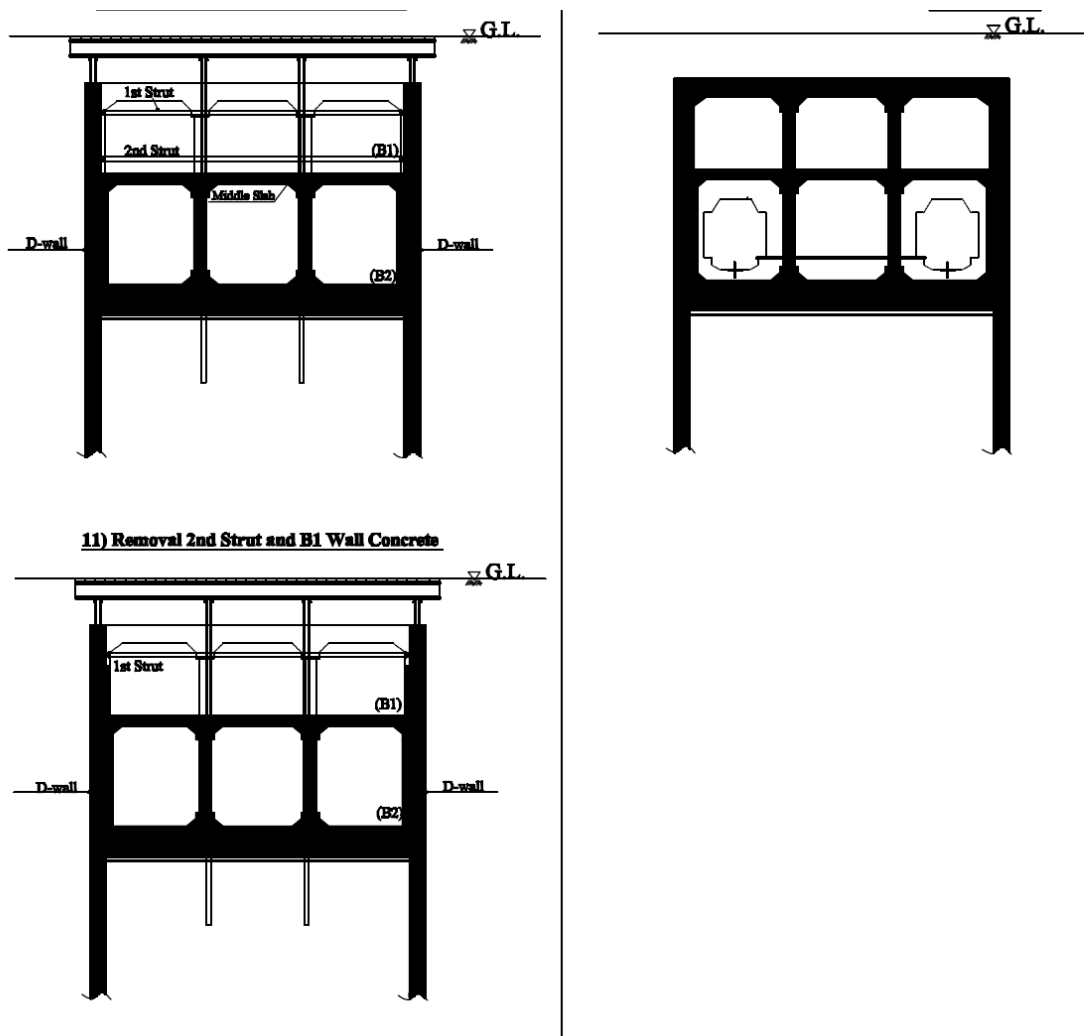
Step 5 以下同様に手順で所定レベルまで掘削をおこなう (図 5、6)

Step 6 河床版コンクリート打設、切梁を撤去しながら壁を構築する (図 7)

以下コンコース階床板コンクリート打設、コンコース上部スラブコンクリート打設、(図 8~13)

Step 14 プラットフォーム構築、同時に複工板を撤去して路面を工事開始前の状態に戻す。(図 14)





出典: JICA 調査団

図 4.5.39 連壁開削工法の施工手順図

本体構造の施工時期は、全体工程を鑑みシールド機の発進・到達の時期を考慮して決める。原則として発進立坑の建設を優先して構築し、TBM 機を発進させた後、駅部連続地中壁および駅構造物を構築させるように考える。この手順により約 1 月工期が短縮できると見積もる。1 月の内訳は①施工場所が重機に耐容できるようにコンクリートを敷くなど地盤改良する必要がある。(2~3 週間)、②掘削のためのガイドトレンチ施工 (1~2 週間)、③掘削およびコンクリート打設 (1~2 週間) と見積もる。ただし SMW 用掘削機は日本からの取り寄せになることと、限られた数量であることから連続地中壁+化粧壁の建設費より高くなる可能性があるため、事業実施機関と SMW 採用の可否について打ちあわせる必要がある。

① Malibagh 駅

この駅は、地下駅の東側において上下のシールドトンネルが、Kamalapur 駅側と Airport 駅側から来て到達し地中接合する形である。シールドマシンを到達・接合させる位置は、プラットホーム長さ 170m の外側で、駅本体とセグメントを接合させる範囲外とする。

トンネルの施工は、相互トンネル間に影響が少ないよう下側から掘進・施工する。駅本体構造との接合範囲には、セグメントは高強度のダクタイル製を採用する。駅本体を建設し、施工対象範囲の地盤改良を行い所定の地盤強度の発現を確認した後、駅側からトンネル上部へかんざし桁を挿入する。トンネル自体を内部支保工などで補強しておき、駅本体と接続する範囲のセグメントを撤去、駅本体と接合する。ここでも、相互トンネルに影響が少ないように下側のトンネルから施工する。

駅本体とトンネルの接合後、プラットホームなどの構造物を施工する。当然、事前に構造系の詳細な解析を実施し、施工上安全であることを確認する必要がある。

② Notun Bazar 駅

北側の 4 本シールドトンネル発進に当たっては、工程上の関係から、まず中央の 2 本からシールド機を発進させ Future Park 駅の B3F へ到達させる。次に外側の 2 本を順次発進させる方法とする。後方設備が非常に大きくなるため、早期の内に立坑の施工を進めておき必要空間の確保に努める。

駅は標準部と同じく連壁の重ね壁形式とし、駅本体の南北両側は、渡り線のため延長し、シールド機到達・発進立坑とする。

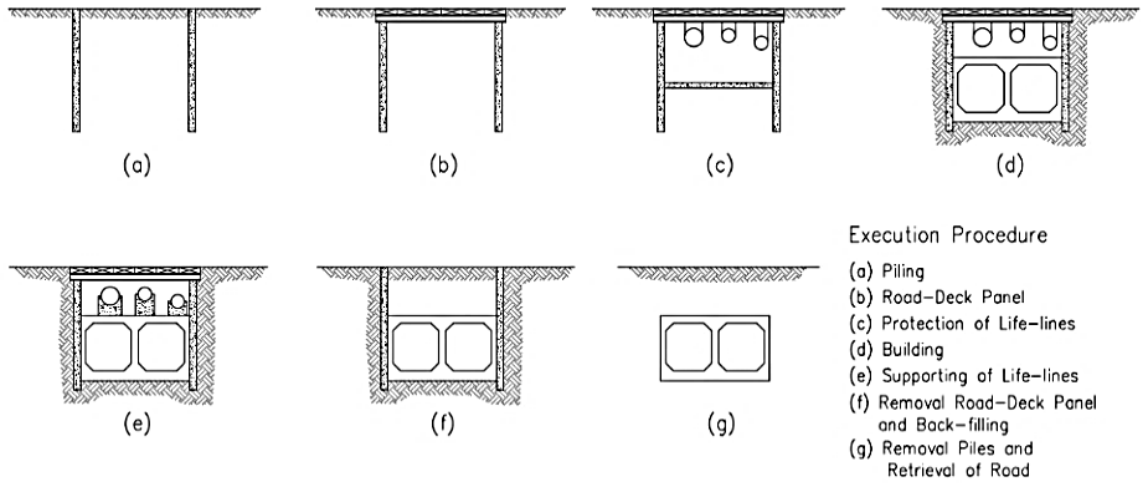
③ Future Park 駅

Notun Bazar 駅からのシールド機が B3F へ到達後、早期の内に B3F 上床版を築造し、B2F のシールド機到達に備える。B3F からは空港方面へ、B2F からは Purbachal 方面へシールド機を発進させる。ちなみに、シールド機は到達立坑で地上に搬出し、発進立坑へ移動させるものとする。

b. 遷移区間部ボックスカルバート、U型擁壁部の開削工法

山留工法は、施工深度的に鋼矢板で可能と考えられる。シールド機の到達部、3 ボックスカルバート、2 ボックスカルバート（分離型）、2 ボックスカルバートと変化しつつ地上に出る形式である。地上に出たら、U型擁壁形状で高架橋へと連結していく。当然、雨水などに対する排水ピット、ポンプなどの設置を計画しておく。

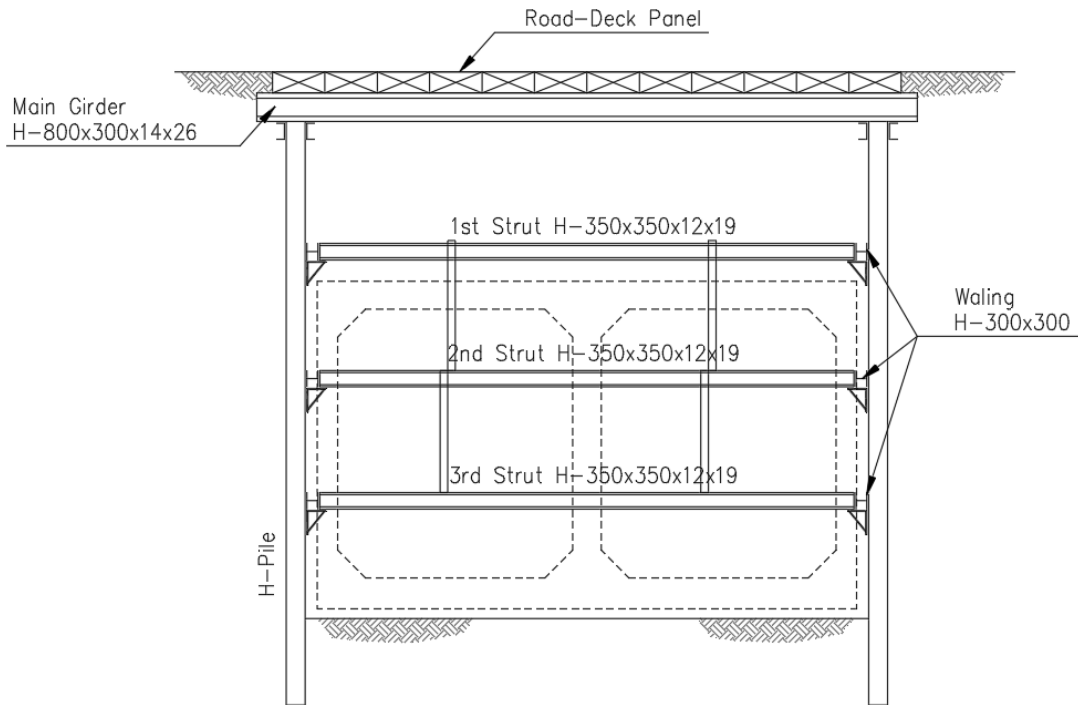
施工手順は、下図の通りである。



Procedure of Cut and Cover Method

出典: JICA 調査団山海堂「地下鉄道施工法(上) 昭和 50 年版を参照した

図 4.5.40 開削工法の手順



Cut and Cover Tunnel Section

出典: JICA 調査団山海堂「地下鉄道施工法(上) 昭和 50 年版を参照した

図 4.5.41 開削工法による地下トンネルの断面

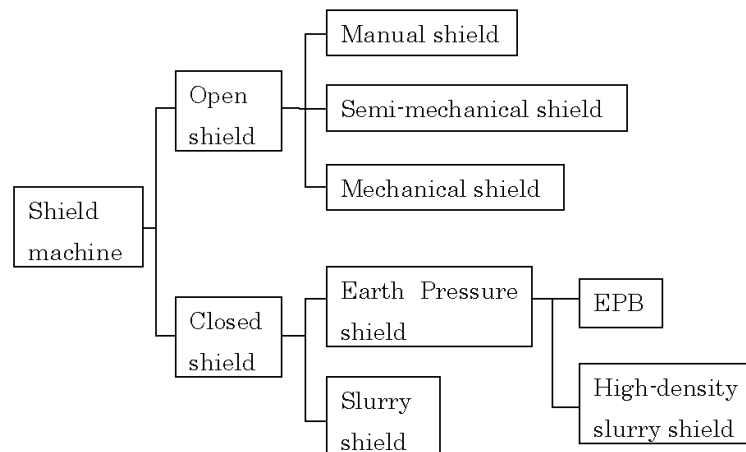
c. シールドトンネル工法

c.1 シールド機械の選定

都心部での近接施工、シールドトンネル並列施工、上下への変化、橋脚間の通過、急曲線があることなど、高度のシールドトンネル制御、運転技術が要求される。地上への沈下影響を最小限にすることなどは当然のことで、シールド機械もそれらに対応したものが求められる。

c.2 シールドマシンの種類と形式設定

シールドマシンの種別は密閉型シールドと開放型シールドに大別される。開放型シールドは、地下水が低く良質な地盤条件の場合に多く採用されるもので、地上への影響も大きくなることが多い。都市部でのシールドマシンは、地上への影響を抑える必要があることから密閉型の土圧式シールドと泥水式シールドについて検討する。



出典：JICA 調査団

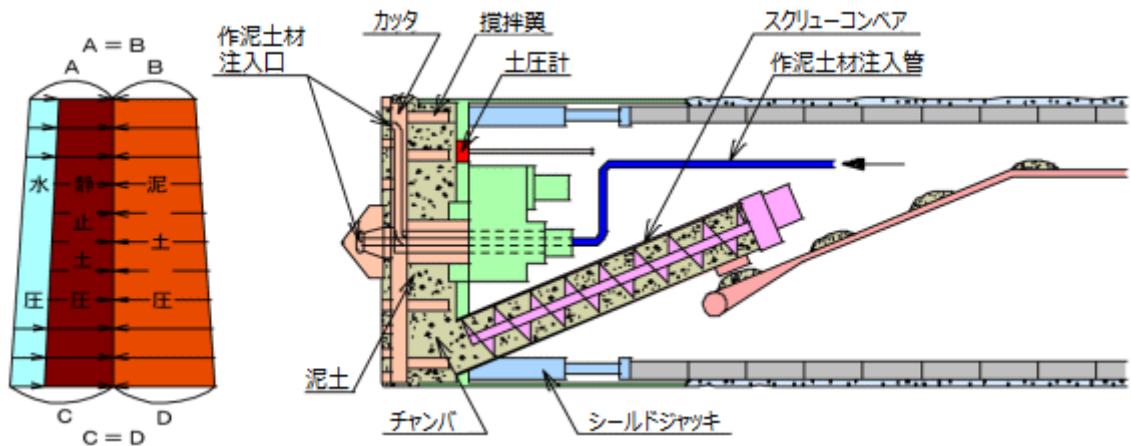
図 4.5.42 シールド形式の分類

① 土圧式シールドの特徴

土圧式シールドは、チャンバー内の泥土をシールド推進力により加圧して切羽の安定を図りながら地山を掘削し、掘削土砂をスクリーコンベヤで排出できる構造となっている。土圧シールドは、掘削土砂の性状改良を行うための添加材注入口が設けられた泥土圧シールドと、これを装備しない土圧シールドに分類されるが、近年は添加材の使用の有無によらず、泥土圧シールドが一般的に使用されている。

土圧式シールドの切羽安定機構の特徴は以下の通りである。

- 土圧シールドでは、掘削した土砂に添加材を加えカッターヘッドおよび練混ぜ翼で強制的に攪拌混合し、塑性流動性と止水性を有する泥土に改良する。なお、土圧シールドでは攪拌するだけで添加材は使用しない。
- 泥土をチャンバーおよびスクリーコンベヤ内に充満させ、シールドジャッキ推力で泥土を加圧し、切羽の土圧及び水圧に対抗する。



出典：大豊建設 HP より

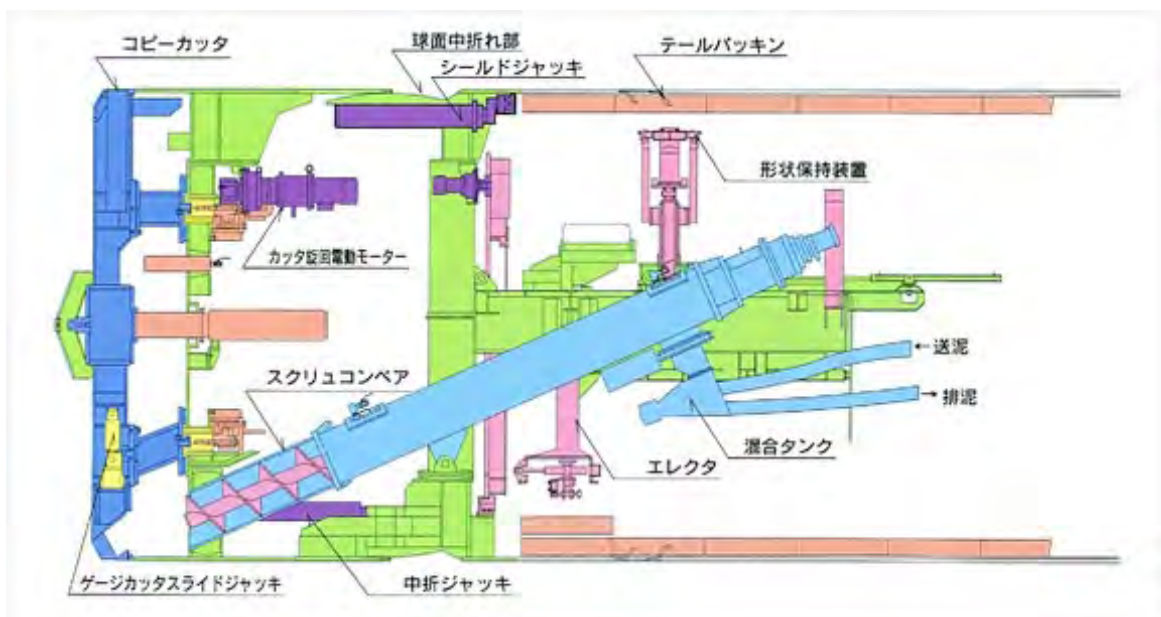
図 4.5.43 泥土圧式シールド概要図

② 泥水式シールドの特徴

泥水式シールドは、送泥管を通じて流体輸送ポンプによりチャンバー内の泥水を加圧して、切羽の安定を図りながら地山を掘削し、掘削土砂をチャンバー内の泥水とともに排泥管から排出できる構造になっている。

泥水式シールドの切羽安定機構の特徴は、以下の通りである。

- 切羽面に泥膜を形成し、泥水圧を切羽面に有効に作用させる。
- 地山への泥水の浸透に伴い、泥水中の細粒分が地山の隙間に入り、地山の強度を増加させる。
- 流体輸送ポンプの回転数を調整し、チャンバー内の泥水に圧力を与え切羽の土圧・水圧を押さえる。



出典：西松建設 HP

図 4.5.44 泥水式シールド概要図

③ シールド形式の選定

全線の路線状況から、密閉型シールドとし微妙な制御が可能な泥水式シールドが好ましいと考えられる。しかしながら、地下水位が低い時期があり泥水のバランスが難しくなること、後方設備が大きく広い空間・用地を要すること、経済的に不利となることが予想されるが、現時点では土質状況も不明確であることなどから泥土式シールドで計画を進めるものとする。今後地質調査、作業基地の確保等施工現場環境を十分配慮して泥水式シールドか泥土圧式シールドか決めなければならない。

c.3 シールドトンネル施工方法

2本並列シールドトンネルに関して、上下のトンネルは後進のシールド機に影響が少ないよう下側から施工する。先行トンネルの影響が及ばないと判断された後、後続トンネルを発進させる。当然、事前に地表面や先行セグメントへの影響評価を解析・実施して安全性の確認をしておく。

シールド機械の概略施工形態は、下図の通りである。

Soil Pressure Shield Tunnel Equipment

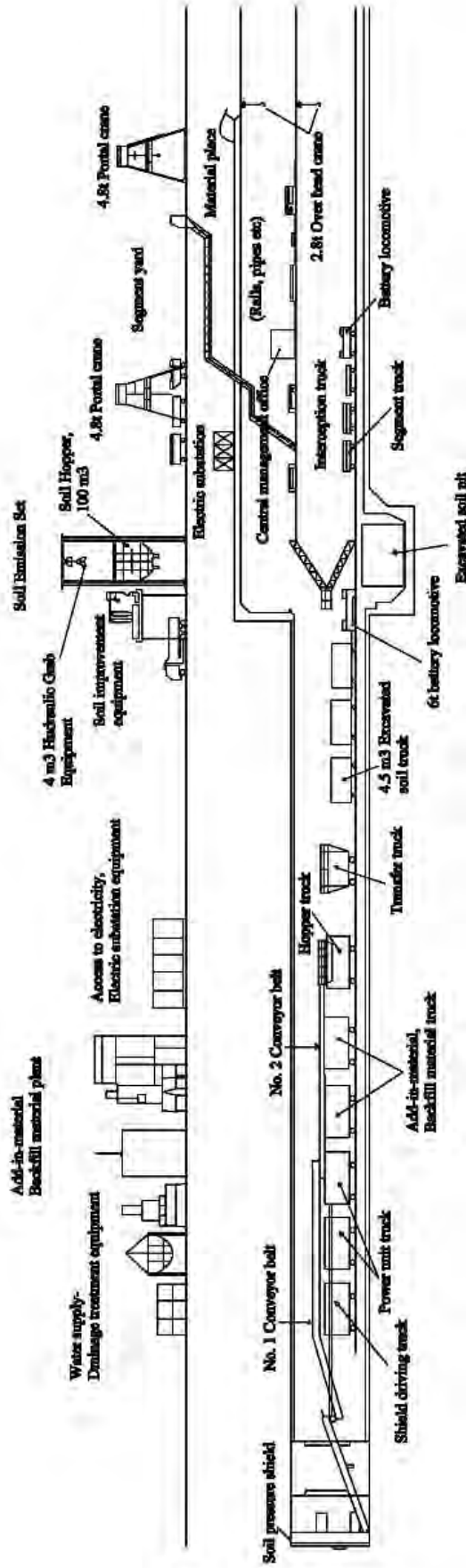
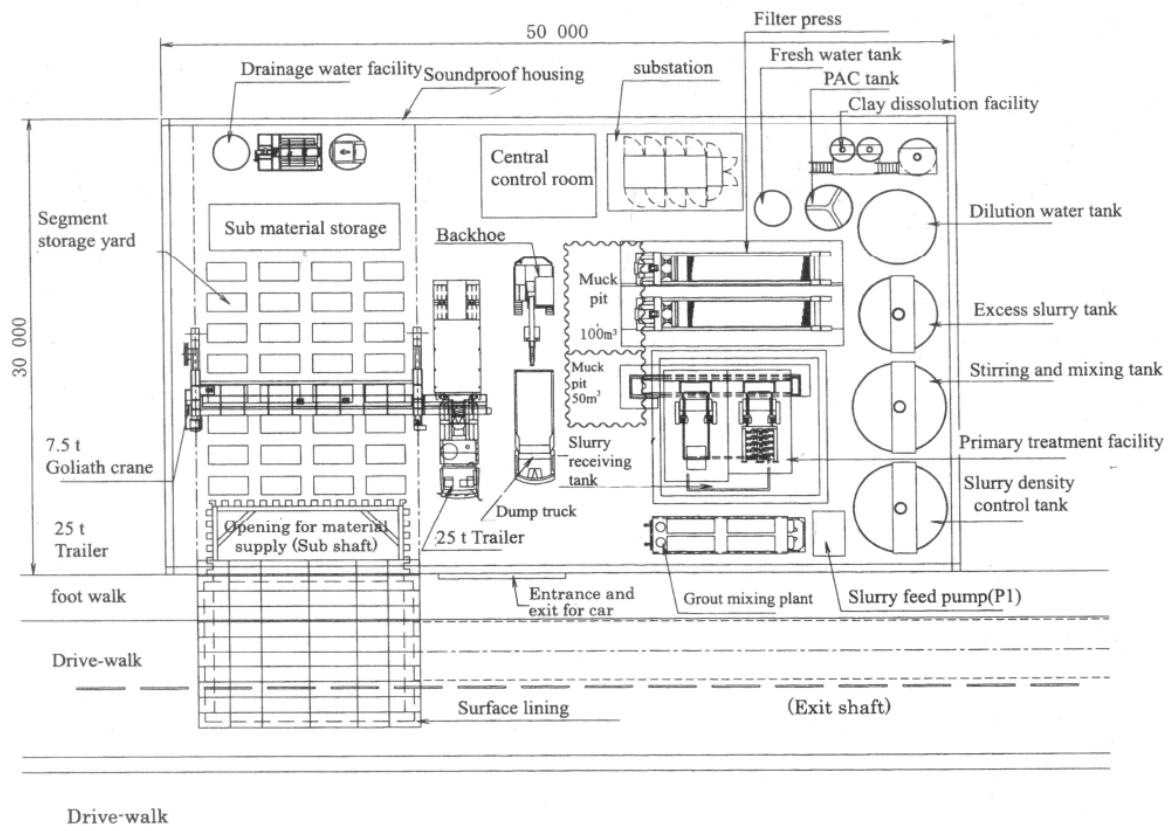


図 4.5.45 シールド施工設備図の例（泥土圧式の場合）

出典：西松建設 HP より

d. 発進立坑および作業帯

一般的なシールドトンネル施工ヤードのレイアウトを示すと下図のようになり、約 30m x 50m の作業帯が必要になる。



出典：土木学会

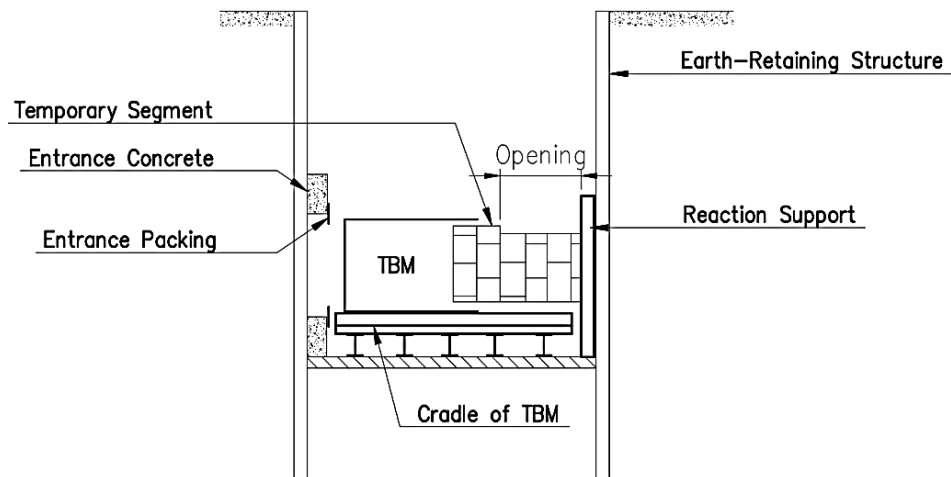
図 4.5.46 泥水シールドトンネル地上設備

シールドトンネルの発進部、到達部は立坑を一般部より少し大きめに設定する。横方向は、シールド機械から余裕を見込み 1.5m 程度（連壁内側からは 2.0m 程度）の空間を想定しておく。

発進部は、①地盤改良などにより発進坑口前面の地山の自立を図りながら連壁を撤去して発進する方法、②連壁をシールドで直接切削しながら発進する方法、などがあるが、最近では補助工法を基本的に必要としない NOMST（Novel Material Shield-cutable Tunnel-wall System）工法などが開発されている。

これは、発進・到達部の土留め壁をシールドで直接切削して進む工法で、連壁を新素材コンクリートで築造するものである。この方法だと、安全で工期が短縮される利点がある。

シールドトンネルの発進設備としては、シールド機の受け台、反力受け設備、エントランスパッキンなどがある。発進設備の例としては、下図の通りである。



出典: JICA 調査団

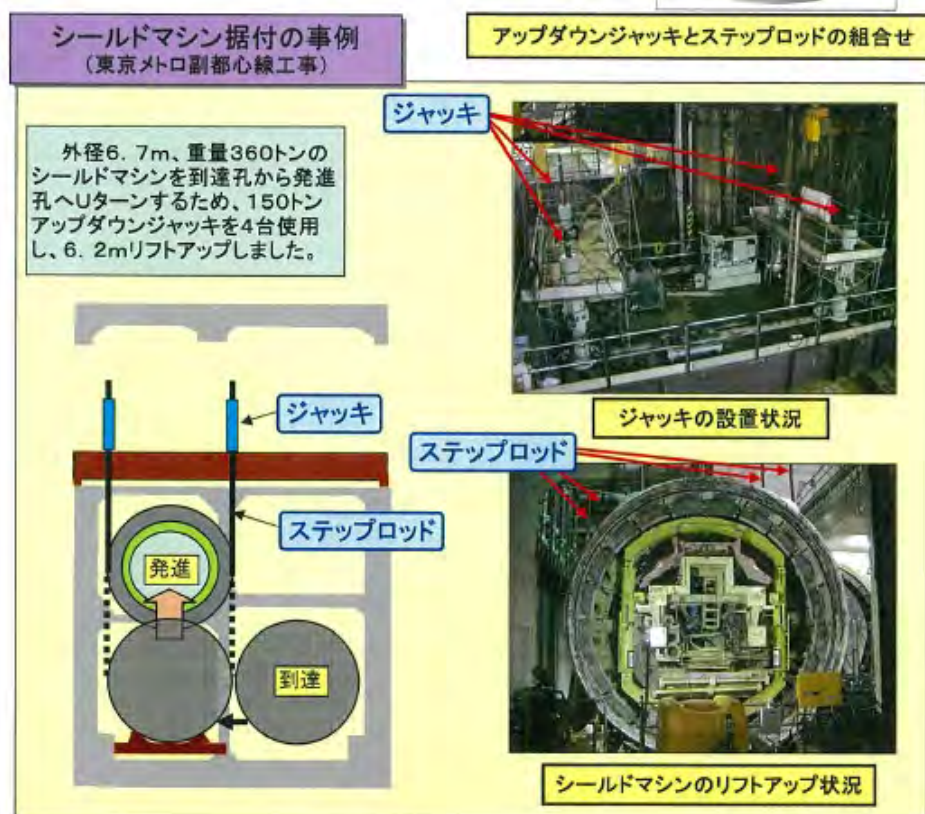
図 4.5.47 発進立坑

e. シールドマシンの立坑移動

立坑内の駅構造物が完成しているものとして、シールドマシンが駅構造物を通過する場合、その中を貫通させる方法、シールドマシンを到達部で地上に出し地上を移動させる方法などが考えられる。構造物が出来た後シールドマシンを移動させるためには、軌道階の空間をマシン径（ $\phi 7.0\text{m}$ ）以上確保する必要がある。そのため、上下 7.8m 程度のスパンで連壁を設計する必要がある。そうなれば、山留材の連壁へ発生する応力は非常に大きくなり、必然的に連壁厚が厚くなり鉄筋量が多くなる。連壁は、泥水中でのコンクリート打設を行うものであるから、鉄筋量が多いとコンクリートの回り込みが悪く、良質な本体構造物の製作が難しい。

従って、現時点では、駅到達部のシールドマシンは、到達後立坑外へ引き出し、地上で搬送して発進立坑へ移動する方法とする。対象となる駅は、Rajarbagh 駅、Rampura 駅、Hatir Jheel 駅、Uttar Badda 駅および Futur Park 駅である。

アップダウン工法の例を次に示す。



出典：東京メトロ

図 4.5.48 シールドマシン据付事例

リフトアップ工法以外では、200t クローラークレーンを 2 台用いて地上から引き上げる方法がある。現在のシールドマシン重量は、350t 程度と想定しているが、内部の器械を一部取り除き半分程度もしくは 1/3 程度に軽くして吊り上げ、重量物輸送車にて次に発進する地点へ移動させる。そして同じく 200t クローラークレーンにて吊り下す方法で考えておく。

f. セグメントの製作

セグメントの製作は、原則バングラデシュ国内で行うものとし、鋼製型枠や砕石などは、国内調達が困難であることから、海外で準備し輸入するものとする。既存の PC 杭、PC 板等をつくっているプレハブ工場を改良してセグメントを製作するように考えている。ただしセグメントの製作にあつては高強度のコンクリートを打設しなければならないので、品質管理の徹底が求められる。

セグメントは 5 つの工区が同時に必要になるため、ダッカ市からセグメント工場が遠いところに分散する可能性が大きい。しかし運搬距離が工程に影響を与えることは少ないと考える。その理由は発進立坑近くに数日分の使用量をストックするからである。通常 1 日あたり 10 リング必要になるが、余裕をみて最少 2 日分のストックを置くべきである。車両基地に仮置きし、そこから各現場に配送するという考え方もあるが、セグメントのトレーラーへ積み込み卸しが 2 度生ずるので得策ではない。また車両基地は造成後軌道工事、建物工事等相当数の車両が出入りすることが考えられる。一方車両基地用地への出入り道路はアプローチ線に沿って作られる工事用道路を利用することになる。すぐ近くに Padma Oil の施設ができるため、大型のトレーラーの出入りが制限される可能性もあ

るためセグメント置き場にはふさわしくないと考える。東京ではシールド工用セグメントを宇都宮近辺で製作された例もあり、工場と現場の距離が与える影響は少ないと考える。ただし発進立坑近くに3～5日分の使用量を確保することを推奨する。

g. 近接構造物対応

近接家屋に対しては、工事を実施する前に家屋調査を実施しておき、工事完了後の状態との比較検討を行う。調査内容としては家屋の傾き、壁のひび割れ、井戸水位などであるが、工事着手前の状況は写真撮影しておく。

同時に、必要に応じて、施工時には近接建物、鉄道、高架道路橋脚などの計測を実施し、施工の影響が無いように努める。

工事前の状況を調査するほか、工事完了後の影響も予想されることから、Defects Liability Period中は定期的に検測を続ける。その旨入札図書に明記する。

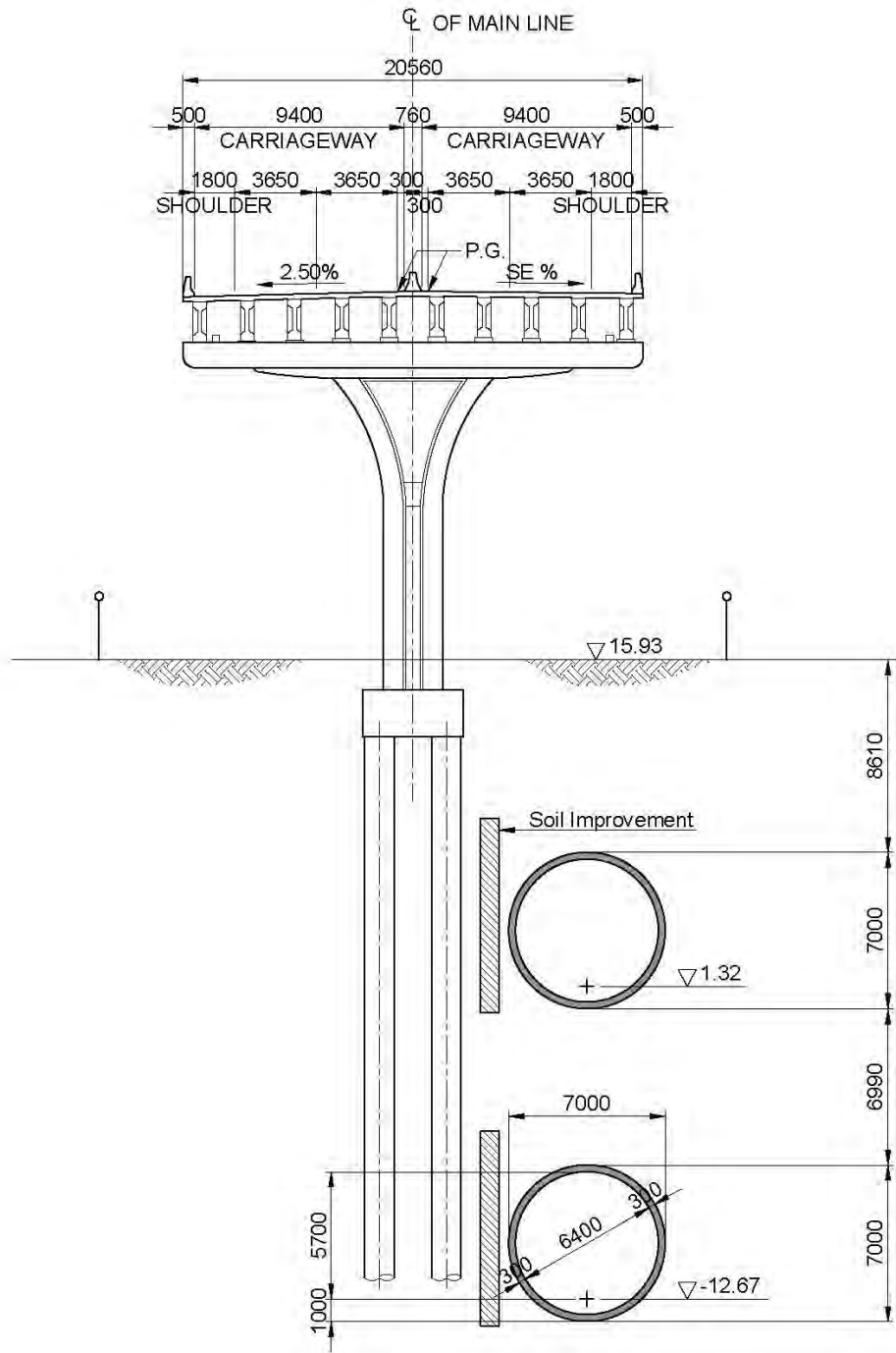
これら調査の対象となるのは次のような箇所が考えられる。

- 1) Rajarbagh 駅～Malibagh 駅における高架道路橋、既存ビル、既存鉄道など
- 2) Rampura 橋梁
- 3) Kuril Fly-over
- 4) 駅近接構造物

これらの場所は事前に FEM 解析を実施し、トンネル建設に伴う沈下、傾斜を予測し、必要により構造物の防護工を計画すべきである。

下図は参考例であるが、高架橋基礎を地盤改良で防護する案である。

2K500m



出典: JICA 調査団

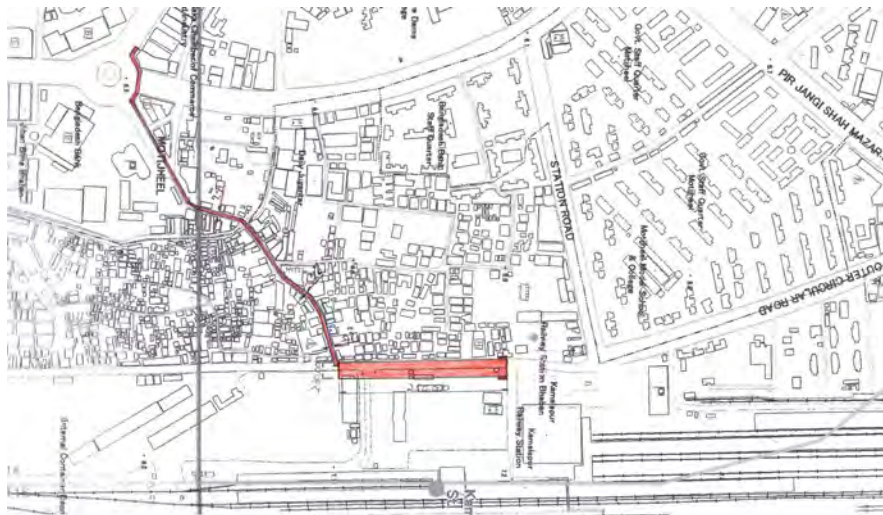
図 4.5.49 2K500m 付近高架橋防護

(3) 6号線との接続計画

a. 概要

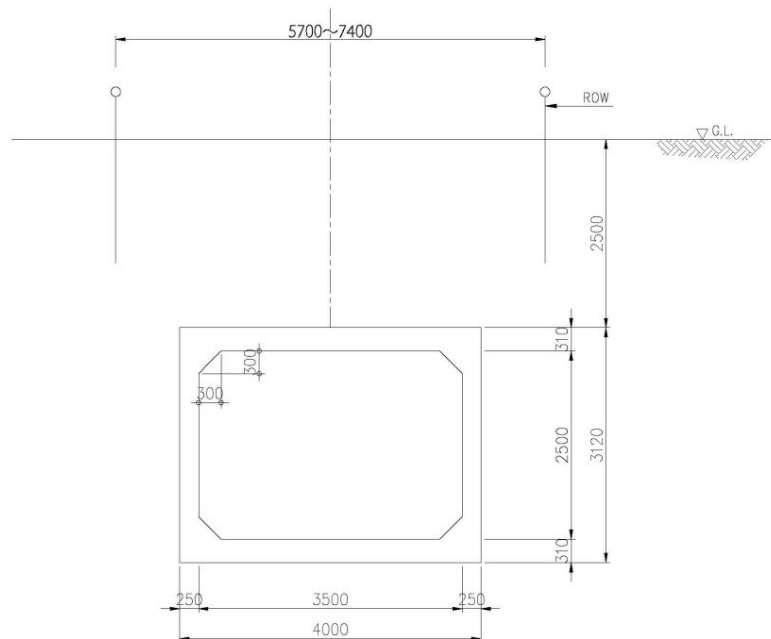
6号線は、Motijheel が高架駅となり、1号線地下駅との接続で、地下道を考える。接続は、一般的な開削工法によりプレキャストコンクリートボックスカルバートを設置する方法を採用する。工期短縮、コンクリートの品質が良いことなどの利点がある。

b. 一般図



出典：JICA 調査団

図 4.5.52 平面図



SECTION

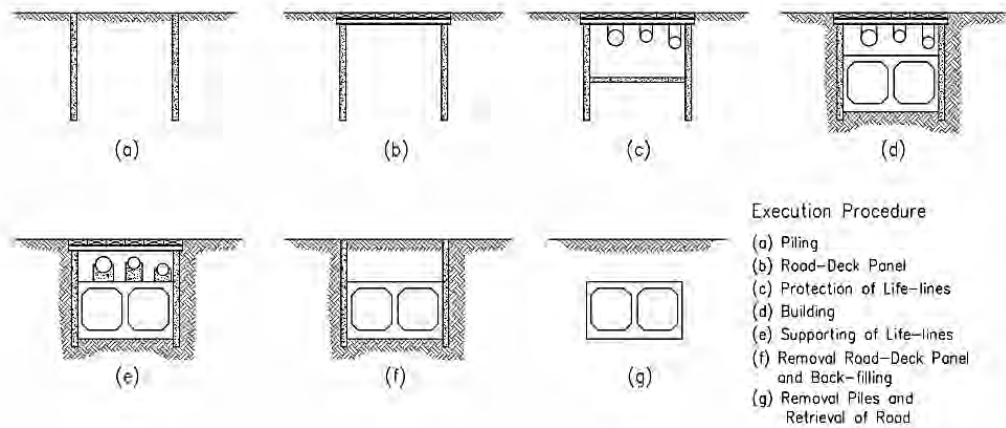
出典：JICA 調査団

図 4.5.53 断面図

c. 施工計画

① 施工方法

施工は、経済性、施工性、工程、周辺住民への影響などを考慮して、一般的な開削工法を採用する。既に述べたとおり、鋼矢板による山留、路面覆工、掘削後プレキャスト・ボックスカルバートを設置する方法で、工期短縮を図る。施工は、昼間は道路解放し、夜間での施工とする。工事中的う回路は、周辺主要道路を利用することとする。施工手順は、トランジット部ボックスカルバートと同じである。



Procedure of Cut and Cover Method

出典: JICA 調査団山海堂「地下鉄道施工法(上)昭和50年版を参照した

図 4.5.54 開削工法の施工順序

② 概算数量

施工長は、まだ測量結果が得られていないことから地図上にて約 650m と想定し、主要数量の概算計算を行う。

掘削土量 : $V=19,240\text{m}^3$

プレキャスト・ボックスカルバート用コンクリート量 : $V=2,542\text{m}^3$

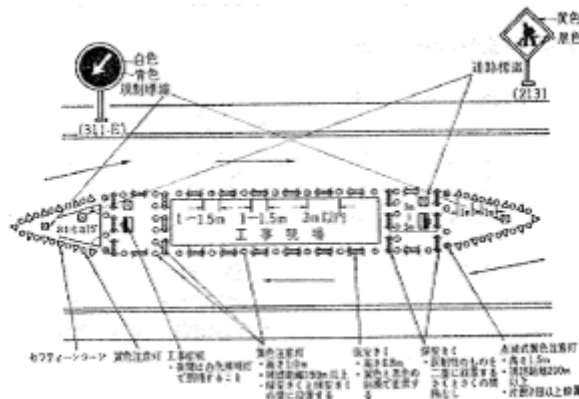
埋戻し土量 : $V=19,240\text{m}^3$ 、鋼矢板（Ⅲ型、 $L=8\text{m}$ ） $n=3,250$ 枚

③ 施工工期

1号線と6号線との連絡通路の工事の概略工程は、次の通りである。

プレキャスト・ボックスカルバートは、別途コンクリート工場にて事前に製作するものとする。

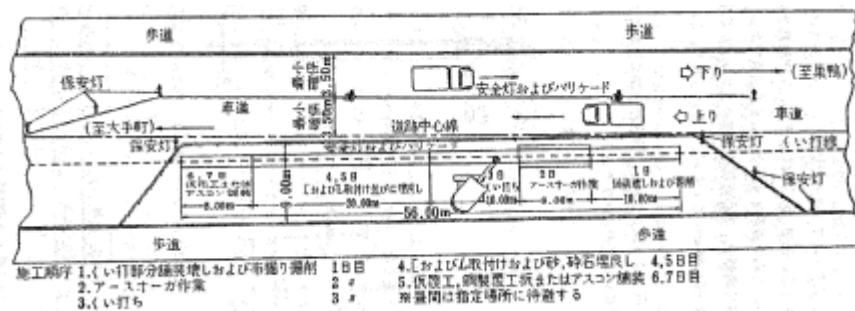
〈中央作業帯〉



出典:山海堂地下建設ハンドブック

図 4.5.56 中央作業帯

〈片側作業帯〉



出典:山海堂地下鉄建設ハンドブック

図 4.5.57 片側作業帯

b. 安全管理計画

施工にあたっては、関連法規類を遵守し、安全衛生管理の徹底を図り、労働災害を起こさないよう十分注意しなければならない。現在、この国で定められていない関連法規類は、新たに策定する必要がある。

施工中の工事の安全を確保するためには、施工計画の段階で施工中に予測される危険に対する安全衛生対策を十分に検討しておくことが必要である。

工事の進行に伴い、進捗に応じた適切な安全点検を行い、施工の安全を図らなくてはならない。

JICA が実施したプロジェクト研究「ODA 事業の建設工事の安全管理に関する調査研究」に示されている方向性を引用すれば、以下の通りである。

“開発途上国では、日本の労働安全衛生法に相当する法律が整備されつつあるが、実際の建設事業で安全確保のベースとなる法令の施工や管理基準などは十分とは言えない。また、ODA 建設事業のような大型案件を経験した人材に乏しく、建設事業における安全管理の知識やノウハウが発注組織内で定着・浸透していないのが現状である。このような状況で ODA 建設事業を滞りなく実施していくためには、発注者

の代理人でもあるコンサルタントの役割は重要ではある。一方で事業主体である発注者が安全確保の重要性を十分に認識し、建設現場での安全管理に対する意識を高めていく必要がある。”

また、建設事業における安全確保の責任はコントラクターにあることは明白であるものの、災害・事故を限りなく少なくしていくためには、事業主体である発注者が強いリーダーシップを果たし、発注者、コンサルタント、コントラクターが三位一体となって安全管理活動を展開していくことが求められる。

それぞれに課されている役割と責任のもと、十分な安全管理ができる環境や体制づくりに向け、現状の問題点を踏まえて、今後、導入の是非を含め検討すべき方策を提案する。”としており、これらを参考として安全管理計画を立て実行すべきと考える。

バングラデッシュ国においては過去地下鉄の建設や大規模な地下街あるいは共同溝の建設の事例がないため、地下工事建設に関連する安全関連の法律、規則あるいは標準を新たに作る必要がある。高架鉄道 MRT 6 号線建設に当たってはバングラデッシュ安全規則(Labor Law, Labor Act)に基づいて、EN や BS を盛り込んだ 6 号線建設用のマニュアルを作成している。1 号線建設にあたってはこのマニュアルに地下工事に関する種々の安全管理項目を書き加えるべきと考える。特に配慮が必要なものには以下のものがある。

- ✓ 酸素欠乏症防止
- ✓ 水質汚濁防止
- ✓ 廃棄物処理及び清掃に関するもの
- ✓ 薬液注入に関するもの
- ✓ 市街地土木工事公衆安全に関わるもの

当プロジェクト期間中、プロジェクト参加者により固定的に使用される「プロジェクト事務所等施設 (Temporary Office)」及びプロジェクト進捗により移動的に使用される「工事サイト施設等 (Site)」の防護態勢を構築・運用し、プロジェクト参加者の安全を確保する必要がある。

【プロジェクト事務所等施設 (Temporary Office)】

- 小銃や爆薬などを用いた外部からの攻撃においても容易に突破されないよう、プロジェクト事務所等施設周囲（全周 1.500m）に厚さ 30cm、高さ 2m 以上の外壁を設置するとともに、その内側に 0.5m 以上の有刺鉄線付きフェンス（フェンス自体は 1.5m 以上）を配置する
- 事務所敷地 (Temporary Office) には 2 か所出入り口を設置、常時警備員を配置して入出を管理する態勢を構築し、運用する。
- 施設外へ緊急退避できるように、退避用ドアを 3 か所設置する。
- 監視塔を外柵沿いの四隅（基準）に設置し、警備員又は CCTV カメラを配置し外柵沿い及び遠方を常時監視する。

- CCTV カメラについては、外柵沿い、出入り口、敷地内事務所等周辺に昼夜間監視可能な機材を総計 12 個設置し、セキュリティコントロールルームにおいて集中的に監視し、記録（最低 30 日間）するとともに緊急事態においては警備員等を統制して運用する態勢を確立する。
- 警備員については常時 6 名を配置し、出入コントロール、警戒監視、事態対処等を行わせる。

【工事サイト施設等（Site）】

- 工事サイトにおいて 2 か所施設（Base Camp 及び Sub Camp）を設置するが、これらを防御するため、250m×25m の地域を囲む 0.5m 以上の有刺鉄線付きフェンス（フェンス自体は 1.5m 以上）を設置するとともに、常時 6 名の警備員を配置。

c. 工事中の水管理

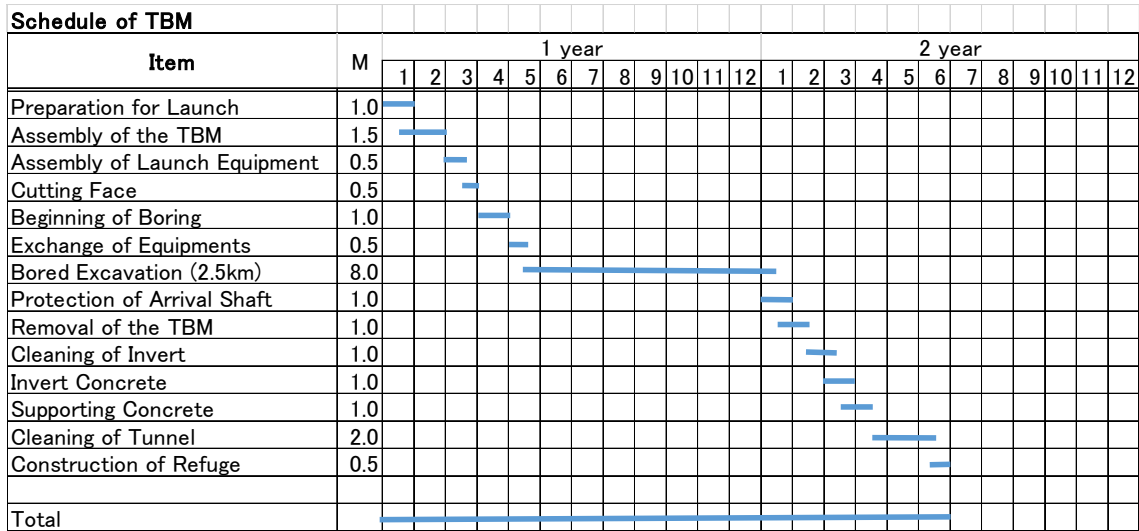
建設工事開始に先立ち、既存の井戸のついてその水質検査を実施するとともに、水位についても記録に残すようにし、さらに工事の進捗にあわせ定期的に水質および水位を観測するように入札図書に銘記しなければならない。トンネルおよび地下駅からの距離、影響を許容できる範囲については、諸外国の例を検証して決定するものとする。

(5) 地下区間土木施工工程

施工工程は、地下駅の立坑部分とシールドトンネル部分に分けて考え、それらを合わせるものとする。地下駅については全 12 駅あり、シーサス・クロッシングや渡り線の為に延伸した駅やシールドトンネルが駅立坑外を通過する形式、地下 3 層の駅など種々のタイプがある。現時点では、標準的な駅を対象とした施工工程を考える。シールドトンネルは、延長 2.5km 分の工程を表記した。

駅部の建設は、施工パーティーを 2 編成でもって 2 シフトすることで 24 時間施工すると考える。一方渡り線を持つ駅は開削トンネル区間を別の施工パーティーとして駅部の施工工程内に収めることが可能と考えた。

また、地下から地上へ出る遷移区間（トランジット部分）は、駅およびシールドトンネルの工期内での施工が可能であると考え。従って駅及びシールドトンネル建設がクリティカルと考える。図 4.5.58 に示すように地下駅及びトンネル工事が 4 年近く必要となる。



出典：JICA 調査団

図 4.5.59 シールドトンネル工程表

(6) 概略工事数量

各駅、シールドトンネルなどの基本的な数量（掘削土量、連壁長さ、駅本体コンクリート量、シールドトンネル長など）は、次表の通りである。

表 4.5.7 概略数量

Calculation of Quantity										
St. Type	Chainage	Station Name	Length(m)	Segments L(m)	O Width(m)	O Length(m)	Depth(m)	D-wall Plan L(m)	Exo Volume(m3)	Concrete V(m3)
Standard	0k125	Kamalapur St.	250	-	22.2, 27.0	253.0	18.65, 20.15	565.6	97,861.8	19,630
			874	874	-	-	-	-	67,268.9	
Standard	1k249	Rajarbagh St.	250	-	22.2, 27.0	253.0	18.65, 20.15	565.6	97,861.8	19,630
			1,856	1,856	-	-	-	-	142,850.3	
Special	3k355	Malibagh St.	250	-	14.55	253.0	27.00	531.1	85,765.4	
		Ductile Segments	-	250	-	-	-	-	19,241.7	
			702	702	-	-	-	-	54,030.7	
Standard	4k307	Rampura St.	250	-	22.2, 27.0	253.0	18.65, 20.15	565.6	97,861.8	19,630
			933	933	-	-	-	-	71,810.0	
Standard	5k490	Hatir Jheel St.	250	-	22.2, 27.0	253.0	18.65, 20.15	565.6	97,861.8	19,630
			811	811	-	-	-	-	62,420.0	
Standard	6k551	Badda St.	250	-	22.2, 27.0	253.0	18.65, 20.15	565.6	97,861.8	19,630
			782	782	-	-	-	-	60,188.0	
Standard	7k583	Uttar Badda St.	250	-	22.2, 27.0	253.0	18.65, 20.15	565.6	97,861.8	19,630
			595	595	-	-	-	-	45,795.2	
Special	8k568	Notun Bazar St.	530	-	38.3, 43.1	530.0	18.95, 20.45	-	370,472.5	
			1,194	1,194	-	-	-	-	91,898.3	
Special	10k152	Future Park St.	250	-	22.4, 27.2	253.0	26.70, 28.20	566.0	141,029.6	
			2,215	4,430	-	-	-	-	170,481.4	
Standard	12k617	Khilkhet St.	250	-	22.2, 27.0	253.0	18.65, 20.15	565.6	97,861.8	19,630
			1,177	1,177	-	-	-	-	90,589.9	
Standard	14k044	Airport Terminal 3	250	-	22.2, 27.0	253.0	18.65, 20.15	565.6	97,861.8	19,630
			596	596	-	-	-	-	45,872.2	
Standard	14k890	Airport St.	250	-	22.2, 27.0	253.0	18.65, 20.15	565.6	97,861.8	19,630
			141							
		Sub Total	15,156	13,950					2,400,470	176,670

出典：JICA 調査団

(7) その他の懸案事項

a. 残土処理について

工事施工時の発生土は、可能な限り資源としての再利用を図る必要がある。工事、特にシールド工事から排出されるものの内、含水率が高く粒子が微細な泥状のものは、無機質汚泥として扱う。

建設汚泥は、中間処理をして再生利用が望ましい。中間処理は、土質条件、坑内運搬の方法、立坑用地の広さ、処分地の条件などを考慮して最適な方法を選択する。

処理の方法には、物理的改良（水切り、天日乾燥、強制的脱水）によるものと、化学的改良（セメント系の改良、石灰系の改良、高分子系の改良）によるものがある。

駅立坑などからの残土のうち、比較的良好なものは一時的に保管しておき、埋め戻しに使用する。

駅部およびトンネル工事から発生する掘削土は良質な土砂と予想されるので、他事業への流用が考えられる。もし他事業への流用がない場合デポの拡張用地のプレロードとして使う。掘削した土が汚染土の場合はバ国環境基準に則り処分する必要があるが、基本設計・詳細設計段階において規程類の調査を行い、その処分方法について関係省庁と調整する必要がある。

掘削により発生する土に廃棄物が含まれていること可能性もあるので、発生土を定期的に試験したうえバングラデッシュ国法規に則り処分をする。

b. Airport Terminal 3 駅と Airport 駅の計画位置について

現在、現国際空港の南側に Airport Terminal 3 が計画されており、MRT 空港ターミナル3 駅とは空港道路下を地下で結ぶ。計画にあたっては手荷物を持つ旅客へ配慮して、ピープルムーバー、駅でのエスカレーター、エレベーターを設置すべきである。

c. 駅延伸部の上部の使用について

Kamalapur 駅、Notun Bazar 駅及び Airport 駅、また遷移部（トランジット部）などにおいては、現計画ではボックスカルバート上部を埋め戻しの予定である。一時的に掘った空間をポンプ室、各駅諸設備などに有効利用することが望ましいと考える。その場合、山留も連続地中壁工法で計画して壁厚を少なくすることが好ましい。

d. 地下構造物と線形について

現在、地上の全工区の測量がまだ実施されていない状況である。現線形上に、地下構造物を計画した場合、周辺用地内に収まらない個所や施工困難な場所がみられる。最終的には、測量結果を踏まえ線形の見直しが必要となる。同時に、全体構造図の作成も実施すべきであろう。

4.6 駅建築および施設計画

4.6.1 駅建築計画

旅客駅は需要予測、車両数、軌道、配線、土木躯体、設備諸室、人員配置などの諸条件や周囲の将来の都市計画、他の交通機関へのアクセスを考慮して計画される。本検討における条件提示および基本方針について以下に示す。

1) 駅の規模設定

駅規模は基本的に以下の条件によって決定される。

- コンコース階の長さは最低コンコース長さ+駅務室関係+設備・電気室+駅トンネル換気ファン室から決定する。
- プラットホーム長さは列車長さ（8両 160m）+5mの余裕長を両端にとり 170mとする。
- プラットホーム幅は階段幅+エスカレーター幅+壁厚さ+プラットホームスクリーンドア（以下、PSD）と側壁のスペース（最低2.0m やむを得ない場合は 1.5m）からなる。

プラットホーム、コンコース、階段等の面積や幅員、改札設備等については利用者のピーク時間帯において旅客の安全が確保できることが基本である。今回 MRT 1 号線ではホーム柵を設置する計画であり最低限の安全は確保できるが、過密なホームは列車遅延やトラブルを生みやすい。従って次の電車が到着する前に、その前の電車の降車客がホームから退出できる階段とエスカレーターの配置とすることが第一であり、同時にホームで電車を待つ乗車客が過度の密度を強いられないホーム面積が必要である。

2) 改札とセキュリティチェックの計画

本計画では各駅に原則 4 か所の出入り口があり、駅の両端からアクセスする形となっている。改札は乗車券発券機を 1 か所に集約し、ラッチ（改札）は乗降客数に応じて配置するものとした。現段階では MRT 6 号線の計画を参考に十分な幅を確保する。

必要によりセキュリティチェックゲートを設けるものとするが、監視員の机、荷物置き場などを含めると約 2.5m×3.5m のスペースが改札入り口に必要である。またセキュリティチェックのための行列が発生することが見込まれることから、改札ゲート前だけでなくセキュリティチェックゲート前にも極力スペースを設ける計画とする。

3) 駅事務所と券売業務

駅事務所は MRT 6 号線を参考として計画する。コントロールルーム、駅事務所、発売業務、駅長室、監視員室、メンテナンス室、駅員休憩室、祈祷室、救護室、駅員用トイレ、倉庫などがある。面積は廊下を含め約 450m² 想定する。

4) トイレ

旅客用トイレは各駅、ラチ内コンコースに設ける。男子用女子用に加え、多目的トイレを設ける。

5) 昇降設備（エスカレーター・エレベーター）

高架駅、地下駅ともに地上とコンコース間に上りエスカレーターを設置する。道路の北側南側にそれぞれ一台のエスカレーターを設置する。またコンコースからプラットホームの間には最低上り下りの 1 セットを設置する。また、車いす利用者のために地上階、コンコース階、プラットホーム階に止まるエレベーターを最低 1 台設置する。

上記の設置方針は基本方針であり、乗降客の多い駅や乗換駅ではそれ以上に設置する可能性がある。今後詳細な検討を行い検証する必要がある。

6) バリアフリーデザイン

駅は公共交通手段として、視覚障害、身体障害者にアクセスしやすい施設とする必要がある。ユニバーサルデザインに配慮した駅施設とするために Bangladeshの国内基準を参照するだけでなく、先進的なデザイン視点を適用するため日本のバリアフリー法に対応した「バリアフリー整備ガイドライン（旅客施設編）」（国土交通省）を参照する。以下の表は主な関連デザインである。

	
<p>センサーポール付き自動運転/三段フラット ステップエスカレーター</p>	<p>警告・誘導床タイル</p>
	
<p>二段式階段手すりと段鼻のアクセントカラー</p>	<p>車いす回転可能サイズエレベーター</p>
	
<p>プラットフォーム安全柵</p>	<p>接客部分のローカウンター</p>
	
<p>二段レベルベンチ</p>	<p>多目的トイレ</p>

出典：JICA 調査団

図 4.6.1 バリアフリー関連デザイン項目

(1) 駅へのアクセス

それぞれの駅は少なくともバリアフリーアクセスルートを設置する。これは車いす使用者がバリアフリー基準により、地上階より中間階のコンコースレベルを経てプラットフォームまでをエレベーターを使用してアクセスすることができる切れ目のないルートが各駅に設定されていることである。地上階でエレベーターなどへのアクセスには階段のほかに車いす利用者のためのスロープを設置する。また視覚障害者用の誘導ブロックを設置する。

(2) コンコース

コンコース階には基本的に床レベルに段差をつけないこととするが、段差が避けられない場合は階段のほかに基準に適合したスロープを設置する。床の仕上げは旅客が滑りづらい材料を選別する。

(3) チケットゲート

チケットゲートの一か所は車いす使用者がスムーズに通過できるよう幅広い通路ゲートとする。

(4) 自動券売機

自動券売機の一か所はコイン投入口高さが、車いす使用者が利用しやすい位置にあり、全面に膝部分に車いすが入り込めるようなデザインとする。

(5) 階段

旅客用階段は2段式の手すりをバリアフリー基準に適合した位置に設置し、ユニバーサルデザインのコンセプトにも合致したものとする。

(6) プラットホーム

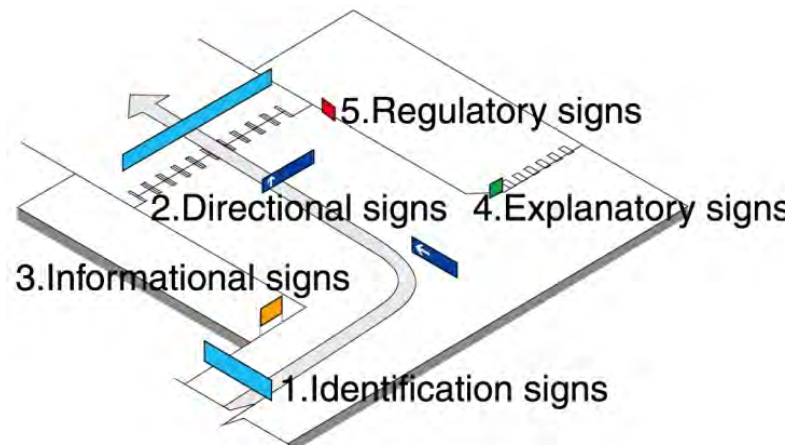
プラットフォームには誘導ブロックにより最低一か所のルートが設定され、視覚障害者はそのルートにそって車両出入りに誘導される。床の仕上げはノンスリップ材を選定する。

(7) サインデザイン

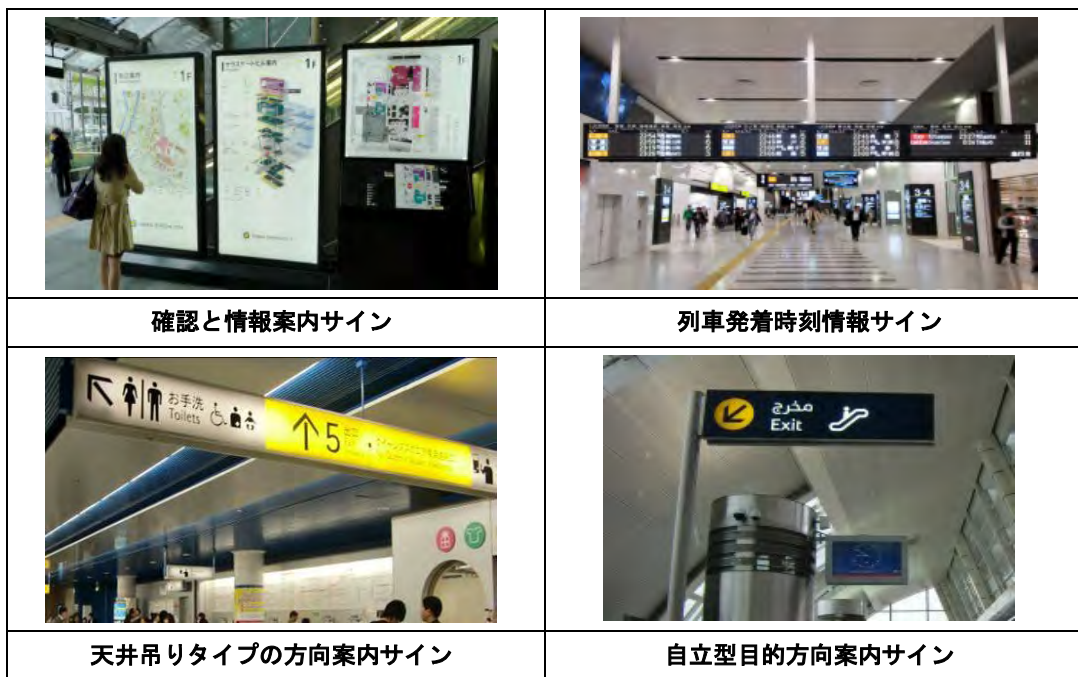
さまざまな旅客の利用する駅においてはわかりやすいサインが必要である。乗り換えなどの方向、案内、施設説明などを適切な場所に明快に計画する。図 4.6.2 は目的別サインの基本的な設置場所を示すものである。

7) 祈祷室

収容面積及び必要設備については、今後設計時に施主と協議する。

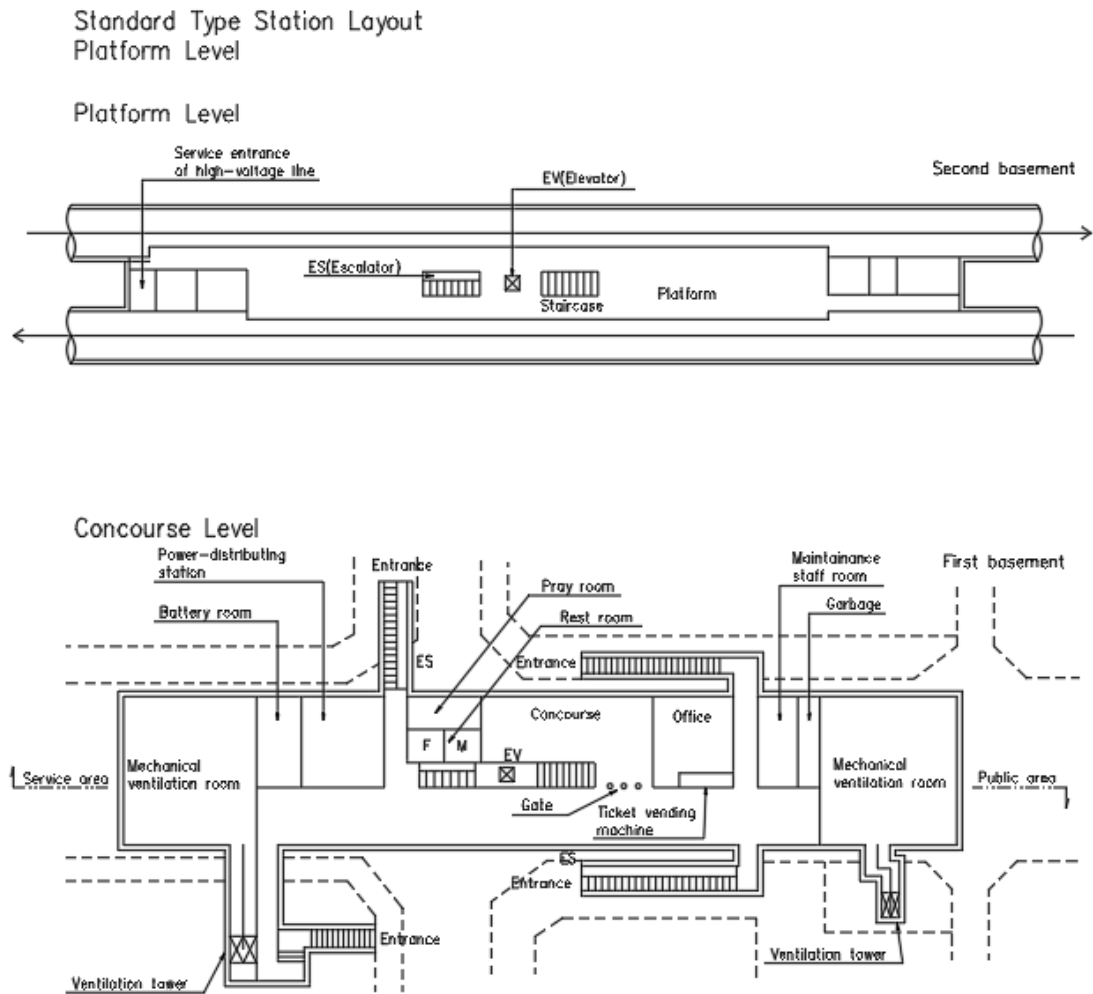


1	認証サイン	施設の場所を示す
2	方向指示サイン	旅客をプラットフォーム等の方向に誘導する
3	情報伝達サイン	駅構内施設の案内情報を提供する
4	情報伝達サイン	路線図、料金表などの情報
5	構内規則サイン	禁煙、進入禁止など駅構内規則などの表示



出典：JICA 調査団

図 4.6.2 サイン種別一覧



出典: JICA 調査団

図 4.6.3 駅舎平面図 (標準型)

4.6.2 施設計画

1) 冷房設備

(1) 概要

駅舎の空調目的は室内空間の快適性の確保である。施設の特徴として帯状の細長形状で、特に地下駅冷房の主目的であるホーム階、コンコース部は駅出入口、階段等常に開放された大空間であり、かつ列車のピストン作用に大きく影響を受け冷房効果が期待しにくく複雑な熱負荷を示し、単位面積あたりの冷房負荷の大きい施設である。空気調整設備の基本的方針として、維持管理性、操作性に配慮した極力単純化・簡素化したシステムを推奨する。

(2) 熱源設備の方式

a. 中央式熱源

地下駅舎のプラットホーム、コンコース等の大空間エリア、及び駅務関連居室部分を対象とする。

b. 個別式熱源

原則 24 時間系統を対象とし、電気関連諸室（サブステーション・信号機器室・通信機器室等）部分を賄う。当該室は列車運行および旅客誘導上の最重要室であるため、機器の信頼性に配慮し予備機の設置も必要である。

(3) 空気調和設備の方式

a. 単一ダクト方式

地下駅舎のプラットホーム及びコンコースの大空間を対象とする。

b. ファンコイルユニット方式

個別制御性に配慮し、地下駅舎の駅務関連の居室を対象とする。

c. パッケージエアコン方式

営業運転時間外においても運転可能な単独方式として、パッケージエアコンを設置する。電気関連諸室（サブステーション・信号機器室・通信機器室等）を対象とする。地上駅舎の駅務関連居室にもこの方式を適用する。

2) 換気設備

(1) 概要

駅舎の換気目的は、新鮮外気導入及び汚染空気の排出等による衛生的環境の確保、乗客・列車・機器等からの発生熱による温度上昇の抑制等である。施設形状より機械設備による強制的換気方式として計画を行う。尚、地下駅舎とトンネル部はスクリーンドアによる隔離（セグリゲートシステム）を採用しているため、各々単独した設備として構築する。

(2) 換気設備の方式

a. プラットホームの換気設備方式

プラットホームの換気は、主として乗降客の新鮮外気の供給による衛生的環境の確保とホームにて発生する熱等を有効に外部へ排出することを目的としたものである。施設の形状と換気容量等により冷房設備と兼用する第一種換気方式として計画する。

b. コンコースの換気設備方式

コンコースの換気は、主として乗降客の新鮮外気の供給による衛生的環境の確保とコンコース内にて発生する熱等を有効に外部へ排出することを目的としたものである。施設の形状と換気容量等により冷房設備と兼用する第一種換気方式として計画する。

c. 居室の換気設備方式

居室の換気は、日本基準およびローカル基準など諸規則に準拠し決定する。必要換気量の決定は、各室の利用目的と使用状況、環境性を十分考慮し、その換気目的に応じた計算により換気量を算定し、その最大値をもって換気量とする。

d. トンネル部の換気設備方式

トンネル換気は新鮮外気の供給と内部の効果的な排熱を目的とし、機械換気方式を推奨する。トンネル内の発生熱量の増加、自然換気口（換気塔）の用地確保の困難さ、換気効果の確実性の確保などから駅または駅間に換気用の送風機（給気）、または排風機（排気）を設置してトンネル内の強制換気を図るものである。

3) 排煙設備

(1) 概要

駅およびトンネル火災発生の際、排煙設備は乗客の避難と消火活動に必要な設備である。排煙設備システムは、日本標準「鉄道に関する技術上の基準を定める省令の解釈基準」（国土交通省）、その他の関連基準、規則に準拠し、原則として専用の排煙機、排煙ダクトを設置する。

(2) 排煙設備の方式

a. プラットホームの排煙設備方式

プラットホーム部の排煙は風量が大きく、非常時のみに使用する専用の排煙ダクトを設けることは、限られたスペース、経済性の面から不利である。日本基準においても機械換気設備の兼用が認められている。

排煙方式選定の基本の方針は、おおむね以下のとおりである。

- 換気ダクトとの兼用：プラットホームが第一種換気（または還気方式の空調）を行っている場合で、排気口が天井にある場合は、排気（または還気）ダクトを排煙に兼用する。
- 居住域の制気口：第一種換気でも排気口が居住域下部などにある場合は、給気ダクトをダンパで切替えて排煙に兼用する。

b. コンコースの排煙設備方式

コンコース部の排煙は、煙拡散容積方式により計画する。

c. 居室の排煙設備方式

駅務諸室は、日本基準およびローカル基準、関連法規により計画し、原則として専用の排煙機、排煙ダクトを設置する。

d. トンネル部の排煙設備方式

トンネル部の排煙設備は、トンネル内の火災発生時に、煙をトンネルの外部へ速やかに排煙して旅客の避難を助け、消防活動の円滑化をはかり、また正常運行への復旧処理を迅速に行うことを目的としたもので、トンネル換気設備との兼用など、通常の換気量との整合性を図った風量計画とする。

4) 給排水および消火設備

(1) 給水設備

駅舎の給水量を計画するにあたっては、その駅舎の乗降客数、駅職員の人数および空調用補給水量などから算定する。給水方式として以下の方式を想定する。

a. 水道本管直結方式

水道本管直結方式は、水道本管の水圧変化の影響を受け、瞬時最大給水量を賄う大口径の引き込み管が必要となり、またシステムに保有水量がなく、水道本管の断水時には給水の供給が不可能となる。

b. 高架水槽方式

高架水槽方式は、地上部の用地確保が困難である。

c. 受水槽・加圧給水方式

駅の給水設備方式として最も適したシステムである。

(2) 排水設備

地下鉄駅舎の排水は放流先より低い所の地下部分からの排水となるため、一旦排水槽に集めてポンプで揚水する方式とする。

a. 汚水・雑排水系統

対象箇所が分散配置され、排水配管の横引き管が長くなるため、良好な排水勾配を確保するために、地下駅舎については排水槽を適当な位置（必要に応じて複数）に配置してゾーニングを行う。また公共への放流に際しては、ローカル基準に準拠して排水処理設備の設置が求められる。

b. 湧水排水設備排水槽

駅構内およびトンネル内の湧水用の排水槽は、軌道階レベル（概ねプラットフォーム端部）に配置する。

(3) 消火設備

火災発生と拡大を防止する設備として以下を想定する。

- 消火栓設備（コンコース・プラットフォーム・その他全域）
- 自動式スプリンクラー設備（駅務関係諸室・倉庫等）
- トンネル内駅間連結送水管設備
- 特殊消火設備（サブステーション、信号通信機器室などの水損防止必要箇所）

5) 駅電気設備

(1) 電気供給設備

配電盤は駅舎の適切な位置に配置し、必要箇所へ電源を供給する。電源の種類は、電灯、非常灯、コンセントおよび空調、換気設備、給排水、防火設備その他である。幹線および分岐ケーブルはケーブルトレイ又はケーブルラック上に布設し、各負荷へ電線管を通して配線する。

(2) 照明設備

照明器具については、施設の場所により形式・サイズ・形状を決定する。器具の配置は建築意匠と合致させる必要があるため、建築プランと調整を行う。天井のあるエリアには露出型、埋込型蛍光灯およびダウンライトを使用し、高天井のエリア等は照度が得られる HID 器具を使用する。

(3) コンセント設備

コンセントは、小規模単相電源に使用するため必要箇所に設置する。コンセント形式は原則として AC230V および 2P+E とする。また、1回路あたりのコンセント数は、最大 6 か所とする。コンセントの容量は、6A と 16A とする。これに適合しない場合はこの限りではない。居室等の部屋は原則として壁埋め込みとし、他は露出とする。

(4) 火災報知器設備

火災報知設備は、人命と財産を災害から守るための物であり、確実に効果的な設備であることが必要である。火災の早期発見のために火災報知設備が有効である。火災報知設備は、火災により発生した熱・煙を火災の初期段階で感知して駅舎内に音響装置により警報を出すシステムである。

4.7 軌道計画

4.7.1 6号線の設計諸元

ダッカの MRT は RSTP で提案されているように、都市交通ネットワークとして各路線が相互に接続される計画となっている。また、運営は全て DMTCL によって実施される。このことから、資機材供用、維持管理機材供用などの観点から、軌道構造は各路線で仕様の整合を取っておくことが望ましい。先行している MRT 6 号線では以下の様な軌道構造諸元を用いており、MRT 1 号線についても同様の仕様を採用する。

表 4.7.1 6号線軌道構造諸元

項目	基本諸元	適用箇所
軌間	1,435mm	全区間
軌道構造	コンクリート直結軌道 (スラブ軌道又はプリンス軌道)	本線(高架・地下区間)、車両 基地出入庫線
	コンクリート直結防振軌道 (スラブ軌道又はプリンス軌道)	本線(急曲線区間、振動及び 騒音対策箇所)
	バラスト軌道	車両基地
軌道の幅	コンクリート直結軌道、2,060mm(プリンス軌道)	本線
	バラスト軌道、4,440mm	車両基地
軌道厚さ	コンクリート直結軌道、600mm(排水コンクリート含む)	本線
	バラスト軌道、600mm(道床厚 250mm)	車両基地
レールの種類	UIC60、硬頭レール	全区間
レールの溶接	フラッシュ・パッド又はテルミット溶接	本線
締結装置	線ばね及び板ばね型式	全区間
まくらぎ	コンクリート直結軌道、PCまくらぎ又はモノブロック	本線
	バラスト軌道、PCまくらぎ	車両基地
片開き分岐器	7番、9番分岐器	本線及び車両基地
渡り線	同上	同上
シーサス・ クロッシング	同上	同上
伸縮継目	UIC60用	本線ロングレール箇所
車止め	バッファertype	本線及び車両基地

出典: JICA 調査団

4.7.2 軌道材料の特性

1) 弾性まくら木直結軌道

日本を問わず多くの外国の地下鉄道および高架都市鉄道の軌道構造として、省力化軌道であるコンクリートの無道床軌道構造（スラブ軌道を含む）が多く採用されている。しかしながら、バラスト軌道に比べて騒音・振動が大きいと言う問題点を有しており、弾力性のあるマットをスラブ版の下に用いたり、消音のためにバラストを無道床軌道の両側に散布したりして対応策を講じてきた。

日本では最近になって、政府から今までよりもより厳しい騒音・振動の環境基準の達成指針を義務付けられた（在来線の新線建設の場合は昼間（7時～22時）は 60dB、夜間（22時～翌日7時）は 55dB（1995年））。

このため、新しく弾性まくら木直結軌道が開発され、各種試験の結果この基準をクリアーできることとなった。この軌道構造は騒音振動の逶減だけでなく、従来からの無道床コンクリート軌道（スラブ軌道を含む）に比べて次のような利点を持っていることが明らかになった。

- 従来のスラブ軌道に比べ建設費・保守費が 20%程度軽減できる
- 軌道パットなどの材料交換が今までより簡単に行うことができる

- 底面および端面のスペーサーにより、まくら木の扛上・左右への移動も容易に行うことができる。
- スラブ軌道にはスラブ版の下にセメントアスファルトモルタルを注入する必要があるが、このプラントを設備する必要があったがこのような設備が不要となり、通常のコンクリート打設方法で可能となった。
- スラブ軌道を敷設する場合には長さ 5 m のスラブ版を貯積する場所を確保する必要があったが、PC 枕木の貯積で広い場所を確保する必要がなくなった。

これらの理由により軌道構造として弾性まくら木直結軌道を採用する。



弾性まくら木直結軌道



従来のスラブ軌道

出典：JICA 調査団

図 4.7.1 弾性直結軌道

バラスト軌道

本線において地層条件が悪くて構造物の大きな沈下が将来にわたって予想される箇所など弾性まくら木直結軌道が採用できない区間はバラストと構造物の間に弾性のあるマットを敷く軌道構造とする。このときまくら木下面から路盤上面までのバラストの厚さは 250mm とする。

車両基地の軌道構造は PC まくら木とバラスト軌道とするが、洗浄線、交検線は作業実施上のことを考えて、コンクリート直結軌道、検査用ピットがある構造とする。また、修繕線は解体検査等を実施するため、検査用ピット構造にするとともに部品等が傷つかないように木製の舗装した軌道構造を採用する。

(1) レール及び分岐器

a. レール

本線レール

- 本線のレールは準本線を含めて UIC54 レールを使用する。
- 1 本のレールの長さは 25m とする。これは軌道の弱点であるレール溶接箇所を出来るだけ少なくすることで経費節減を目的としている。

なお、曲線半径が 400m 以下の箇所の左右のレールには、レールの磨耗が少なくてすむ焼入れレール（Head Hardened Rail）を使用する。

側線及び車両基地

- 側線及び車両基地のレールは UIC54 レールを使用する。1 本のレールの長さは 25m とする。なお、曲線半径が 400m 以下の内外のレールには、レールの磨耗が少なくてすむ焼入れレール（Head Hardened Rail）を使用する。

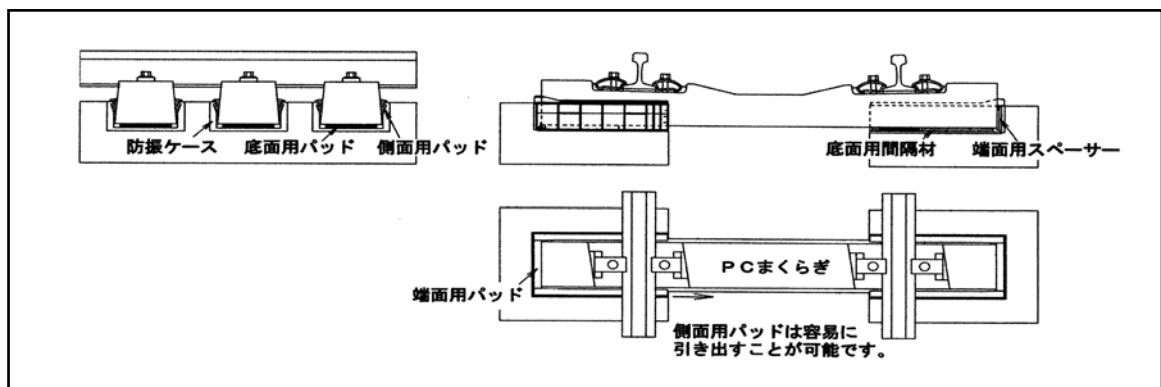
b. 分岐器

本線および側線・車両基地に敷設する分岐器は UIC54 の 1：9 普通分岐器、1：9 のシーサス・クロッシングを使用する。安全側線は 1：7 の乗り越し分岐器を使用する。

まくら木は合成まくら木又はそれと同等以上のまくら木を用いることとし、騒音振動防止のために弾性まくら木直結軌道の構造と同じような防振装置をとりつけるものとする。

c. ロングレール

乗客に対する乗り心地の向上、列車走行に伴う騒音振動の防止、線路保守系の節減のために極力継目を溶接してロングレールとする。ただし、曲線半径 R が 400m 以下の箇所はレールの磨耗が著しく、レール交換を頻繁に行う必要があるため、ロングレールとはせず 1 本の長さが 25m レールの焼入れレールとし、普通継目構造とする。ロングレールにするレールは、焼入れレールを使用すると溶接時の処理が複雑になるので、焼入れしない普通のレールとする。



出典：新版軌道材料（2011年鉄道現業社）

図 4.7.2 PC まくら木と防振パッドの概略図

弾性まくら木直結軌道の構造は図 4.7.2 のとおりであるが、構造物が将来にわたって不等沈下が予想される区間（防振箱の中において、まくら木の下や側面に挿入するゴム製の調整板での調整値を越えるような沈下および変位）はバラスト軌道構造とする。バラスト軌道には騒音振動の防止、バラストの細粒化の防止をはかるため、構造物とバラストとの間には厚さ 25mm のゴム製のバラストマットを敷設する。

締結装置はパンドロールまたはそれと同等以上の性能を持った締結装置を使用する。なお、 $R \leq 260m$ の急曲線区間には 5mm のスラックが設置できる締結装置の構造とする。

緩衝区間

一般的に、防振軌道とバラスト軌道では軌道の総合バネ定数（軌道のやわらかさ）に大きな差異があり、構造変化点において車両の揺れが大きくなり、軌道の弱点となりやすい。従って軌道総合バネ定数を段階的に変化（2.5倍以内の差）させるために構造境界からそれぞれ5m以上の緩衝区間を設定する。

(2) 道床コンクリート

道床コンクリートは乾燥、ひび割れ防止のため、ガラス繊維を混入する。

(3) 伸縮継目

必要な箇所には伸縮継目を設置する。伸縮継目のまくら木は合成まくら木又はこれと同等以上のまくら木とし、まくら木弾性直結構造と同じような防振装置を取り付けるものとする。

2) 軌道工事

土木関係工事の測量を基に軌道中心測量を行い、軌道面に軌道中心線位置の目印を設け、構造物の壁などに軌道中心位置までの離れ寸法やレール面高さを明示する。

(1) 軌道材料の搬入

トンネル区間については、地上部の工事占用帯にレール搬入架台を組み、レール投入口よりクレーン、ウインチを用いて軌道階まで搬入するのが一般的であるが、その現場に適した方式を採用するものとする。

高架区間についてはクレーンにより所定位置に吊り込む事とする。

レール小運搬・配列

レールの小運搬・配列にはフォークリフトを用いると便利である。

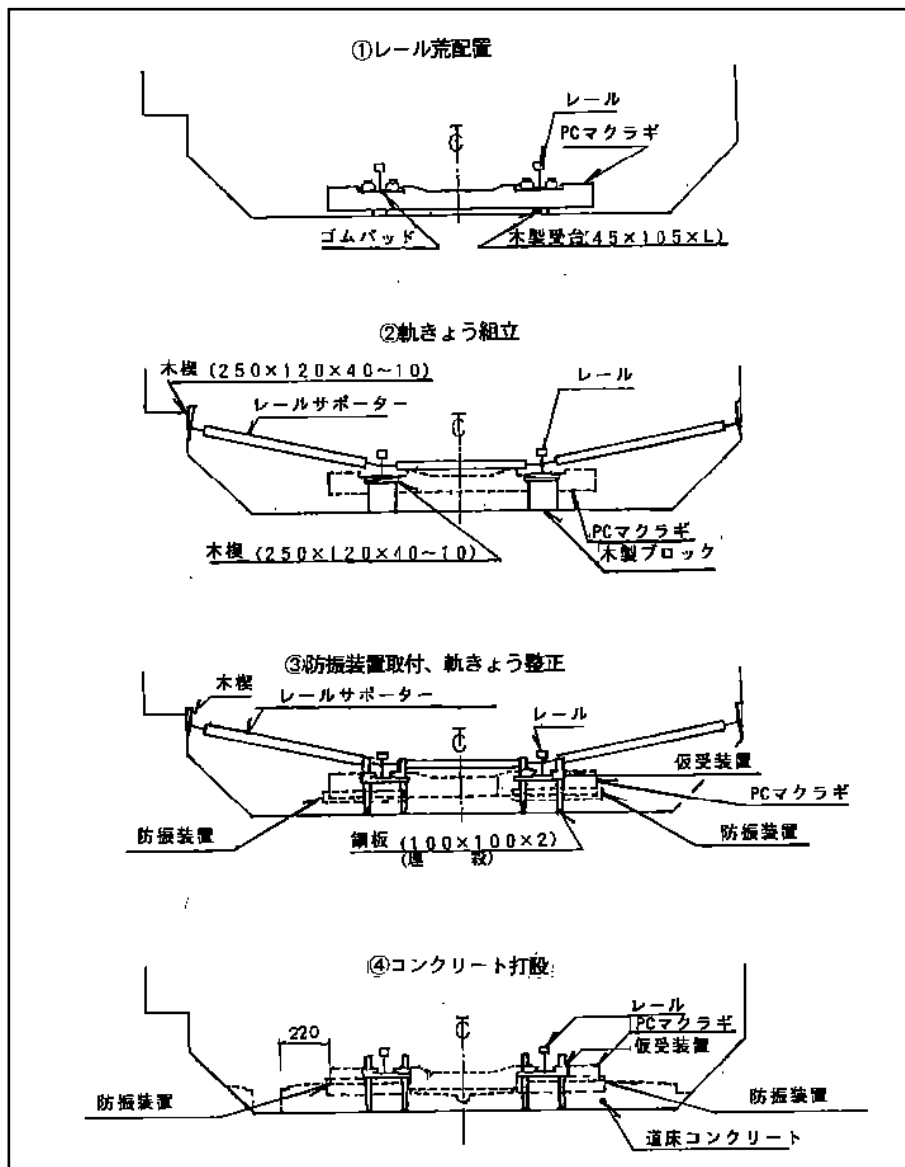
その他の軌道材料の搬入・小運搬・配列

まくら木、締結装置、その他の軌道材料や仮設器材については、各工区に設置された材料搬入口からクレーンを用いて軌道階に搬入する。軌道階での小運搬は、レールと同様フォークリフトを使用するのが便利である。

軌框組立

軌道材料の小運搬・配列が完了したら、レールとまくら木を梯子状に組み立てる。即ち軌框の組立である。まくら木に取り付けた保持ボルトにより、軌框を所定のレール高さに設定すると共に、パイプサポート等で固定し軌道中心位置に合わせる。続いて、コンクリート道床の鉄筋組立、型枠設置作業を行い、道床コンクリート打設前の軌道整正（軌間、水準、通り、高低、平面性）を行う。

その軌框組立の一例を示すと図4.7.3の通りである。



出典: 新軌道力学(1997年鉄道現業社)

図 4.7.3 軌框組立の一例

(2) レール溶接

レール溶接は基本的にはフラッシュバット溶接、ガス圧接溶接が溶接後の品質の安定性から望ましいが、やむを得ない理由でそれによることが出来ない場合はテルミット溶接でもよい。

高架区間では昼夜の温度差によるレール伸縮が路盤コンクリート凝結時にひび割れ等の影響を与えることが考えられるため、路盤コンクリート打節後にレール締結装置を一旦緩解してレール溶接をすることを考えるべきである。

(3) 軌道整備（鉄筋組立及び型枠設置前）

路盤コンクリートの鉄筋組立、及び型枠を設置するにあたり、レベル測量により所定のレール高さに設定した後に軌道狂い5成分（軌間、水準、通り、高低、平面性）を基準値内に収まっているか確認をする必要がある。

コンクリート道床は出来上がれば半永久構造物であるので、その軌道の仕上がり基準は
 かなり厳しく決められており、日本では表 4.7.2 のように定めている

表 4.7.2 日本におけるコンクリート道床の仕上がり基準値

(単位：mm)

軌道狂い測定種別	軌間	水準	高低	通り	平面性
基準値	0～-3	±2 以内	±2 以内	±2 以内	±4 以内

注：この値は 10m 弦の測定により、静的な値である。
 平面性にはカント逡減量を含んだものである。

出典：軌道に関する技術基準(2014 年日本鉄道施設協会)

(4) 路盤コンクリート打設

路盤コンクリートの配合の一例は次の通りである。コンクリートの強度は土木躯体のコン
 クリート強度と同一とする。

表 4.7.3 路盤コンクリートの配合の一例

呼び強度 (N/mm ²)	セメントの 種類	粗骨材の 最大寸法 (mm)	スランプの 範囲 (cm)	空気量の範囲 (%)	最大 W/C (%)	繊維混入量 (kg/m ³)
24	N	25	18±2.5	4,5±1.5	55	9.1

出典：軌道に関する技術基準(2014 年日本鉄道施設協会)

(5) 安全設備・標識

開業後の軌道巡視、各種検査、保守管理用に必要な軌道内点検通路については、鋼製等
 の歩行版を敷き、歩行版と枕木の間にはゴムマットを敷いて列車走行による騒音・振動
 の抑制を図るものとする。なお、地上子の金属に対する異常反応の恐れのある箇所には
 金属性以外の地上子に影響がない材料を使用するものとする。

(6) 脱線防止ガードの設置

半径 300m 以下の曲線区間、緩和曲線（カントあり）と縦曲線との競合区間には、曲線内
 軌側に脱線防止ガードを取り付けるものとする。

(7) 線路標識の設置

キロ標、勾配標、曲線標、カント・正矢逡減標、車両接触限界標等の線路諸標類を所定
 の位置に設置するものとする。

4.7.3 施工工程

土木構造物が完了した後、図 4.7.4 に示すように 1 年間の施工工程となるが、用地買収の
 難航、関係箇所との協議の難航、土木構造物自身の工事遅延などのため、全体工事の進
 捗が予定より遅くなるのが通例である。軌道工事が開始する時期にはダッカ 1 号線の開
 業時期がすでに決定されていると思われるので、施工工程の短縮を余儀なくされるのが、
 最後の工事となる軌道工事、電気・信号工事、建築工事である。このため、土木構造物

表 4.8.1 最大輸送人員

ピーク時	2025		2035	
	北行き (下り)	南行き (上り)	北行き (下り)	南行き (上り)
Airport 線				
Airport	18,400	20,300	36,660	36,530
Airport Terminal 3	21,100	20,300	36,660	36,530
Khilkhet	20,400	23,100	47,970	47,060
Future Park	26,500	20,800	42,250	43,940
Notun Bazar	26,500	20,600	42,250	43,940
Utr Badda	26,100	20,600	40,820	41,990
Badda	23,600	20,400	29,640	29,510
Hatir Jheel	23,600	23,700	28,990	28,990
Rampura	23,200	23,500	25,740	25,220
Malibagh	19,800	19,800	14,430	14,040
Rajarbagh				
Kamalapur	6,100	4,900	26,260	25,220

ピーク時	2025		2035	
	西行き (下り)	東行き (上り)	西行き (下り)	東行き (上り)
Purbachal 線				
Future Park	20,700	20,000	26,000	25,090
Bashundhara	20,700	20,000	27,300	25,350
POHS	20,700	20,000	27,300	25,350
Mastul	16,000	12,500	17,680	18,720
Purbachal West	16,000	12,500	17,420	17,420
Purbachal Central	16,000	12,500	17,420	17,420
Purbachal Sector 7				
Purbachal Terminal	7,600	6,400	9,230	9,750

年	2025	2035
1方向あたり1時間あたり 最大輸送人員(人)	26,500	47,970
	Notun Bazar Future Park	Future Park Khilkhet

出典: JICA 調査団

注) 2026 年末開業予定であるが、需要予測が 2025 年を想定しているため、運転計画も 2025 年需要に基づいて立案する。

2) 輸送力

需要予測を満たすことができる輸送力、すなわち車両の定員は6号線の車両計画仕様に準じて、表4.8.2に示すように混雑率を180%と想定して、6両編成で1,738人、8両編成で2,332人を輸送できるものとする。

表 4.8.2 車両定員と輸送力

		単位人			
T車	両端の車両	座席	45		
		立席	108		
		計	153		
M車	中間の車両	座席	54		
		立席	111		
		計	165	混雑率	輸送力
6両編成		4M2T	966	180%	1738.8
8両編成		4M4T	1296	180%	2332.8

注1、T車とはモーターのついていないトレーラー車をいう。M車はモーターのついている車両をいう。
 注2、“立席”とは座席を除いた車両床面積に応じた人数をいう。一般的にはつり革、握り棒に掴まれる人数を言う

出典：JICA調査団

3) 運転時隔

運転時隔とは一定の区間、先行、後続列車間の運行間隔をいう。運転時隔はその区間の停車時間、列車の加速、減速性能、運転速度、列車の長さ、信号の機能などを総合的に検討して決められる。各駅における停車時間は表4.8.3に示す6号線の基準に合わせ、設定する。

表 4.8.3 停車時間

終日乗降人員(人)	停車時間
100,001超	45秒
70,001～100,000	40秒
40,001～70,000	35秒
20,001～40,000	30秒
20,000以下	25秒

停車時間の内訳(ホームドアあり)

(終日乗降人員7万人超の例)

	所要時間
運転士による停止位置確認	2.5秒
車両及びホームドアの開扉	2.5秒
乗客の乗降	35.0秒
車両及びホームドアの閉扉	2.5秒
運転士の安全確認	2.5秒
合計	45.0秒

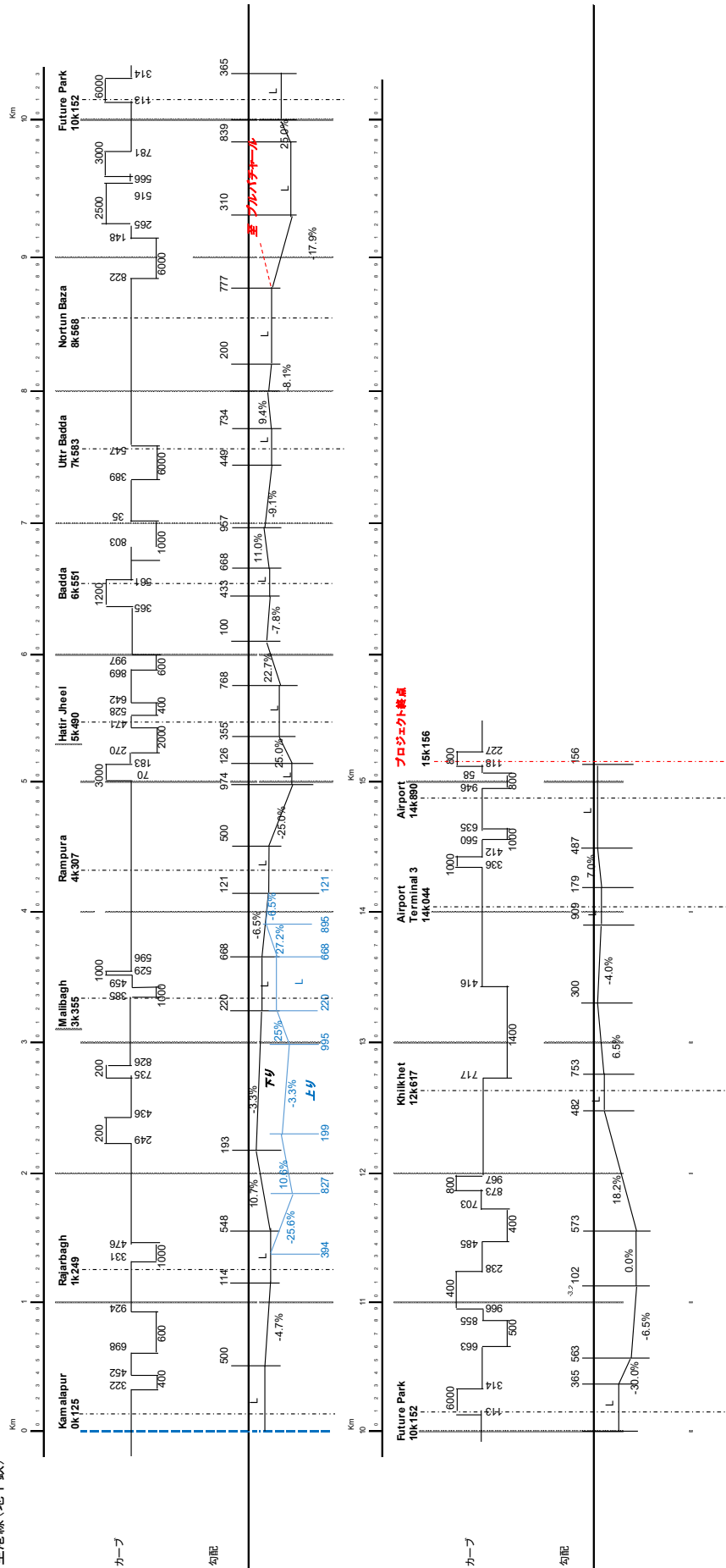
出典：JICA調査団

4.8.2 運転時間

図 4.8.1 線路形状略図のようにカーブを曲がったり、勾配を上下したりして目的地へ乗客を輸送する。列車の走行位置の変化に従い、経過時間と速度を継続的に計算してグラフ化した運転曲線を用いて、列車の効率的な運行計画が作成される。運転曲線は線路・設備の状況、車両性能等を加味して、そしてある区間において、速度制限の範囲内で所要時間が最短となるよう加減速を行いながら、走行した際の各地点における速度の変化が図 4.8.2 のような曲線として表される。

列車ダイヤを作成するための各駅間の運転時間は運転曲線より得られた運転時分に余裕時分を加えて算出する。

空港線(地下鉄)



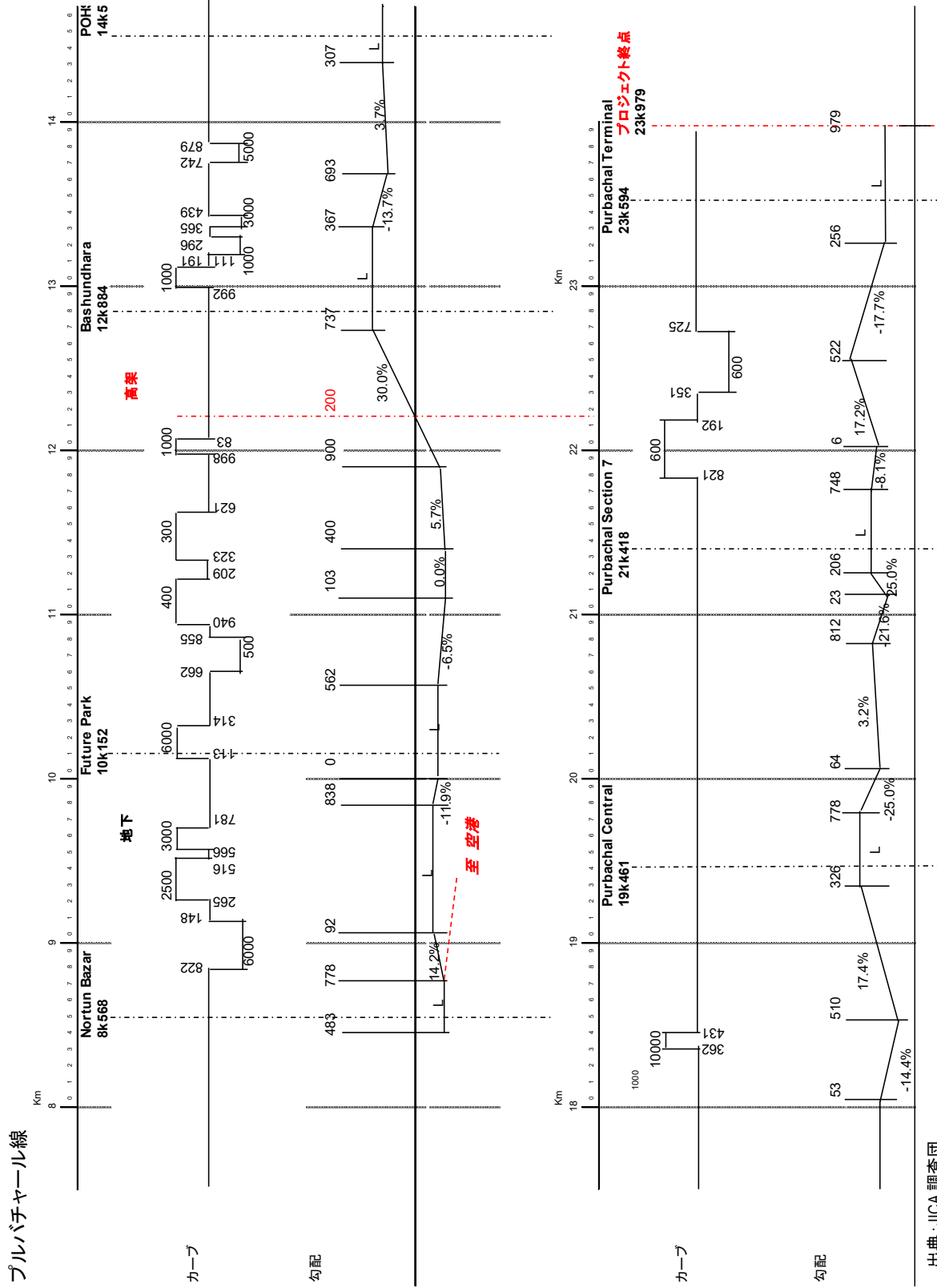
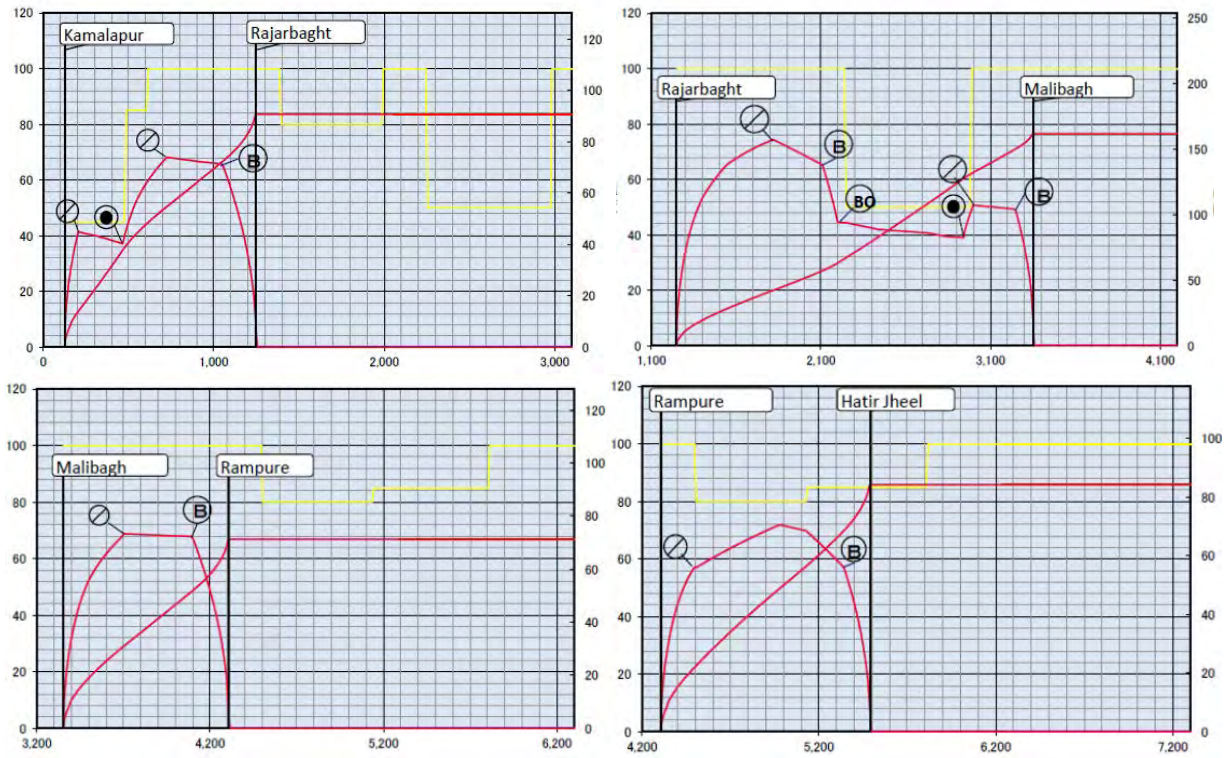


図 4.8.1 線路形状略図



出典: JICA 調査団

図 4.8.2 運転曲線（一例）

4.8.3 運転要項

前述の運転曲線によって求められた駅間の所要時間と駅の停車時間を考慮して、始点から終点までの運転速度および所要時間を示すと表 4.8.4 のようになる。

表 4.8.4 運転要項

	キロ程		下り						上り					
			運転速度		運転時間 査定 分 秒	朝ラッシュ時			運転速度		運転時間 査定 分 秒	朝ラッシュ時		
	累計 km	駅間 km	平均 km/h	最高 km/h		停車 時間 秒	到達 時間 分 秒	平均 km/h	最高 km/h	停車 時間 秒		到達 時間 分 秒		
Purbachal Terminal	23.5	15.0	2.2	54.6	90	02:25	-	20:40	36:10	52.8	85	02:30	-	-
Purbachal Sector 7	21.3	12.8	1.9	57.0	85	02:00	40	17:35	33:05	57.0	95	02:00	40	02:30
Purbachal Central	19.4	10.9	1.6	57.6	95	01:40	45	14:50	30:20	57.6	85	01:40	45	05:10
Purbachal West	17.8	9.3	1.6	54.9	90	01:45	35	12:35	28:05	57.6	90	01:40	35	07:35
Mastul	16.2	7.7	1.7	58.3	90	01:45	35	10:15	25:45	58.3	95	01:45	35	09:50
POHS	14.5	6.0	1.7	55.6	85	01:50	45	07:45	23:15	58.3	90	01:45	45	12:10
Bashundhara	12.8	4.3	2.7	57.2	80	02:50	35	05:20	20:50	58.9	85	02:45	35	14:40
Future Park	10.1	1.6	1.6	54.9	85	01:45	45	01:45	17:15	54.9	85	01:45	45	18:00
Notun Bazar	8.5	-	1.6	54.9	85	01:45	-	-	14:55	-	-	-	-	20:30
Airport	14.8	-	0.9	43.2	70	01:15	-	-	24:20	40.5	60	01:20	-	-
Airport Terminal 3	13.9	-	1.4	53.1	85	01:35	40	-	22:25	53.1	85	01:35	40	01:20
Khilkhet	12.5	-	2.4	59.6	85	02:25	30	-	20:20	59.6	85	02:25	30	03:35
Future Park	10.1	-	1.6	57.6	90	01:40	45	-	17:10	54.9	90	01:45	45	06:30
Nortun Bazar	8.5	-	1.0	40.0	70	01:30	35	-	14:55	37.9	65	01:35	35	09:00
Ultr Badda	7.5	-	1.0	45.0	75	01:20	30	-	12:55	45.0	75	01:20	30	11:10
Badda	6.5	-	1.1	49.5	75	01:20	45	-	11:05	49.5	80	01:20	45	13:00
Hatir Jheel	5.4	-	1.2	48.0	75	01:30	45	-	09:00	48.0	80	01:30	45	14:50
Rampura	4.2	-	0.9	43.2	75	01:15	30	-	07:00	43.2	75	01:15	30	17:05
Malibagh	3.3	-	2.2	48.0	80	02:45	40	-	05:05	45.3	75	02:55	40	18:50
Rajarbagh	1.1	-	1.1	41.7	75	01:35	45	-	01:35	44.0	75	01:30	45	22:25
Kamalapur	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	36:10

規定速度 km/h	区間	下り	上り
	Kamalapur~Airport駅間	36.5	36.0
	Kamalapur~Purbachal Terminal駅間	39.0	39.0
	Nortun Bazar~Purbachal Terminal駅間	43.5	43.9

出典: JICA 調査団

1) 各駅間の所要時間

運転要項の数値をもとに各駅間の所要時間及び到着時間を示すと表 4.8.5 のようになる。

表 4.8.5 駅間所要時間及び到着時間

停車時間	Parishad Terminal	02:25	05:05	07:30	09:50	12:10	14:45	18:10	20:40	—	—	—	—	—	22:45	24:35	26:25	28:40	30:25	33:50	36:10	停車時間
40	02:30	Parishad Bazar 7	02:00	04:25	06:45	09:05	11:40	15:05	17:35	—	—	—	—	—	18:40	21:30	23:20	25:35	27:20	30:45	33:05	40
45	05:10	02:00	Parishad Center	01:40	04:00	06:20	08:55	12:20	14:50	—	—	—	—	—	16:55	18:45	20:35	22:50	24:35	28:00	30:20	45
35	07:35	04:25	01:40	Parishad West	01:45	04:05	06:40	10:05	12:35	—	—	—	—	—	14:40	16:30	18:20	20:35	22:20	25:45	28:05	35
35	09:50	06:40	03:55	01:40	Manor	01:45	04:20	07:45	10:15	—	—	—	—	—	12:20	14:10	16:00	18:15	20:00	23:25	25:45	35
45	12:10	09:00	06:15	04:00	01:45	PKM	01:50	05:15	07:45	—	—	—	—	—	08:50	11:40	13:30	15:45	17:30	20:55	23:15	45
35	14:40	11:30	08:45	06:30	04:15	01:45	Bachchanara	02:50	05:20	—	—	—	—	—	07:25	09:15	11:05	13:20	15:05	18:30	20:50	35
45	18:00	14:50	12:05	09:50	07:35	05:05	02:45	Peters Park	01:45	—	—	—	—	—	03:50	05:40	07:30	09:45	11:30	14:55	17:15	45
—	20:30	17:20	14:35	12:20	10:05	07:35	05:15	01:45	Home Bazar	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	Alipart	01:15	03:30	06:25	08:50	10:55	12:45	14:35	16:50	18:35	22:00	24:20	—
40	—	—	—	—	—	—	—	—	—	01:20	Alipart Terminal 2	01:35	04:30	06:55	09:00	10:50	12:40	14:55	16:40	20:05	22:25	40
30	—	—	—	—	—	—	—	—	—	03:35	01:35	Khalid	02:25	04:50	06:55	08:45	10:35	12:50	14:35	18:00	20:20	30
45	—	—	—	—	—	—	—	—	—	06:30	04:30	02:25	Peters Park	01:40	03:45	05:35	07:25	09:40	11:25	14:50	17:10	45
35	—	—	—	—	—	—	—	—	—	09:00	07:00	04:55	01:45	Home Bazar	01:30	03:20	05:10	07:25	09:10	12:35	14:55	35
30	22:40	19:30	16:45	14:30	12:15	09:45	07:25	03:55	—	11:10	09:10	07:05	03:55	01:35	Old Bazar	01:20	03:10	05:25	07:10	10:35	12:55	30
30	24:30	21:20	18:35	16:20	14:05	11:35	09:15	05:45	—	13:00	11:00	08:55	05:45	03:25	01:20	Old Bazar	01:20	03:35	05:20	08:45	11:05	30
45	26:20	23:10	20:25	18:10	15:55	13:25	11:05	07:35	—	14:50	12:50	10:45	07:35	05:15	03:10	01:20	Old Bazar	01:30	03:15	06:40	09:00	45
30	28:35	25:25	22:40	20:25	18:10	15:40	13:20	09:50	—	17:05	15:05	13:00	09:50	07:30	05:25	03:35	01:30	Home Bazar	01:15	04:40	07:00	30
40	30:20	27:10	24:25	22:10	19:55	17:25	15:05	11:35	—	18:50	16:50	14:45	11:35	09:15	07:10	05:20	03:15	01:15	Khalid	02:45	05:05	40
45	33:55	30:45	28:00	25:45	23:30	21:00	18:40	15:10	—	22:25	20:25	18:20	15:10	12:50	10:45	08:55	06:50	04:50	02:55	Home Bazar	01:35	45
—	36:10	33:00	30:15	28:00	25:45	23:15	20:55	17:25	—	24:40	22:40	20:35	17:25	15:05	13:00	11:10	09:05	07:05	05:10	01:30	Home Bazar	—

出典: JICA 調査団

2) 運転本数・運転時隔

運行本数とは 1 路線で運転される列車本数のことで、路線の距離、運転間隔、折り返し時間などによって決められる。そして列車の運転間隔を運転時隔といい、都市鉄道では朝のラッシュ時に運転時隔が最小となり、このときに、列車は最大運行本数に達し、その路線での全運行数を示すことになる。なお、運転時隔は 1 方向 1 時間あたりの最大輸送人員（PPHPD）を 1 編成あたりの輸送能力（混雑率 180% 目標の輸送力）で除して算出した運転本数により決定する。

表 4.8.6 運転本数及び運転時隔（全ての列車が Kamalapur 駅まで直行した場合）

2025 年	最混雑区間	PPHPD (人)	輸送力 180% (人)	運転本数	運転時隔	混雑率
				(本)	(分:秒)	(%)
6両	Notun Bazar → Future Park	26,500	1,738	17	03:40	161.4
	POHS → Bashundhara	20,700		13	04:40	164.9
	Kamalapur→Nortun Bazar				30	02:00

2025 年	最混雑区間	PPHPD (人)	輸送力 180% (人)	運転本数	運転時隔	混雑率
				(本)	(分:秒)	(%)
8両	Notun Bazar → Future Park	26,500	2,332	14	04:20	146.1
	POHS → Bashundhara	20,700		10	06:00	159.8
	Kamalapur→Nortun Bazar				24	02:30

2035 年	最混雑区間	PPHPD (人)	輸送力 180% (人)	運転本数	運転時隔	混雑率
				(本)	(分:秒)	(%)
8両	Future Park → Khikhet	47,970	2,332	21	02:50	176.3
	Mastul → POHS	27,300		12	05:00	175.6
	Kamalapur→Nortun Bazar				33	01:50

出典: JICA 調査団

今回試算した 2035 年 8 両編成における最小運転時隔 1 分 50 秒を可能にするには、信号設計上の終端駅の交差支障時間、中間駅の先行列車と後続列車との追い込み時間が課題となる。そして交差支障時間では、分岐器の通過速度が、中間駅の追い込み時間では停車時間などが、決定要素になるので、車両性能、分岐器構造、ホームドアを考慮した停車時間などをさらに検証する必要がある。

表 4.8.7 運転本数及び運転時隔（Notun Bazar で折り返した場合）

2025年6両編成

2025年	最混雑区間	PPHPD (人)	輸送力 180% (人)	運転本数 (本)	運転時隔 (分:秒)	混雑率 (%)
6両	ノートンバザール → フューチャーパーク	25,600	1,738	17	03:40	156
	POHS → バシュンダラ	22,300		13	04:40	178
	カマラプール → ノートンバザール	23,800		20	03:30	123

*Purbachal 線10列車ノートンバザールで折り返す

2025年8両編成

2025年	最混雑区間	PPHPD (人)	輸送力 180% (人)	運転本数 (本)	運転時隔 (分:秒)	混雑率 (%)
8両	ノートンバザール → フューチャーパーク	25,600	2,332	12	05:00	165
	POHS → バシュンダラ	22,300		10	06:00	172
	カマラプール → ノートンバザール	23,800		15	04:00	123

*Purbachal 線7列車ノートンバザールで折り返す

2025年8両編成

2025年	最混雑区間	PPHPD (人)	輸送力 180% (人)	運転本数 (本)	運転時隔 (分:秒)	混雑率 (%)
8両	フューチャーパーク → キルクェット	47,970	2,332	21	03:40	176
	POHS → バシュンダラ	27,300		13	04:40	162
	ウッタラパッタ → ノートンバザール	42,250		24	02:30	136

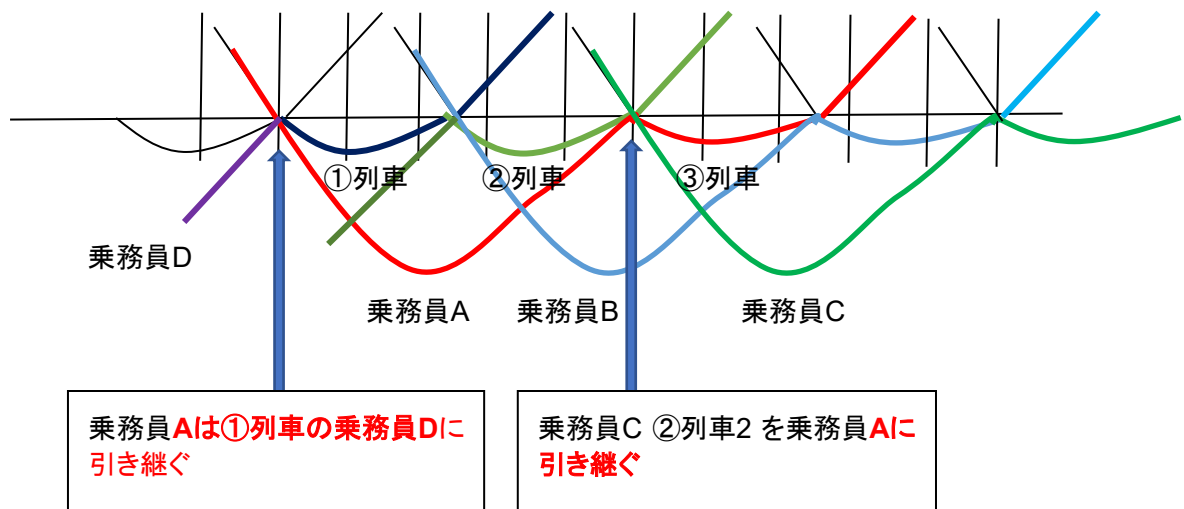
*Purbachal 線10列車ノートンバザールで折り返す

Purbachal 線の 2025 年 8 両編成列車は需要を満たすため、1 時間 1 方向 13 列車を見込んでいる。Notun Babar 以南の需要を考慮して、10 列車は Notun Bazar 駅で折り返す計画である。それでも 2 分 30 秒間隔の運転となり、かなり厳格な運転制御が求められる。今後縦断線形、分岐器の位置や通過速度、車両性能、停車時間などのデータを基にシミュレーションの上で確認をし、運転ダイヤを作成する必要がある。

なお、世界で最も過密なダイヤで運行していると言われる日本の都市鉄道の中で 1 分 50 秒時隔を実施しているのは、東京メトロの丸ノ内線 18m 車両 6 両編成のみで、他は 2 分間隔以上になっている。

- 下図に 2 分 30 秒時隔のダイヤにおける Kamalapur 駅の折り返し形態を示した。各列車は到着後 2 分 30 秒後に発車していくが、①列車を担当してきた乗務員 A は次担当者の乗務員 D とインターホン引き継ぎをして降車し、2 本後に到着する③列車に乗務する（乗務員 C からインターホン引き継ぎ）。

Kamalapur



4.8.4 編成車両数・必要編成数

1) 年度別運転計画

前述までのデータをもとにした年度ごと、編成数ごとの平日のピーク時間帯の運転計画は表 4.8.8～表 4.8.9 のようになる。

表 4.8.8 運転計画 2025 (8両)

2025年(8両)		平日 朝ラッシュ1時間帯							
運転形態									
	運転区間	Kamalapur~Airport	Kamalapur~Perbachal Terminal	Notun Bazar~Perbachal Terminal	-				
	キロ程(km)	14.8	23.5	15.0	-				
運転本数	本数(本)	12	3	7	-				
	運転時隔(分:秒)	Kamalapur~Notun Bazar	04:00	-	-				
		Notun Bazar~Perbachal Terminal	-	06:00	-				
表定時間(分:秒)	上り	24:40	36:10	20:30	-				
	下り	24:20	36:10	20:40	-				
表定速度(km/h)	上り	36.0	39.0	43.9	-				
	下り	36.5	39.0	43.5	-				
折返し時間(分:秒)	Perbachal Terminal	-	03:40	05:50	ホーム折り返し				
	Airport	07:00	-	-	ホーム折り返し				
	Notun Bazar	-	-	04:00	ホーム折り返し				
	Kamalapur	04:00	04:00	-	ホーム折り返し				
1サイクル所要時間(時:分:秒)		1:00:00	1:20:00	0:51:00	-				
車両数	編成両数(両)	8				-			
	必要運行数 本/両	12	96	4	32	6	48	22	176
	予備車両数 本/両	-	-	-	-	-	-	3	24
	保有車両数 本/両	-	-	-	-	-	-	25	200

出典: JICA 調査団

表 4.8.9 運転計画 2035（8両）

2035年（8両）		平日 朝ラッシュ1時間帯							
運転形態									
運転区間		Kamalapur～Airport	Kamalapur～Perbachal Terminal	Notun Bazar～Perbachal Terminal	-				
キロ程(km)		14.8	23.5	15.0	-				
運転本数	本数(本)	21	3	10	-				
運転時隔 (分:秒)	Kamalapur～Notun Bazar	02:50	20:00	06:00	-				
	Notun Bazar～Perbachal Terminal	-	02:30	04:40	-				
表定時間 (分:秒)	上り	24:40	36:10	20:30	-				
	下り	24:20	36:10	20:40	-				
表定速度 (km/h)	上り	36.0	39.0	43.9	-				
	下り	36.5	39.0	43.5	-				
折返し時間 (分:秒)	Perbachal Terminal	-	05:10	04:20	ホーム折り返し				
	Airport	05:10	-	-	ホーム折り返し				
	Notun Bazar	-	-	02:30	ホーム折り返し				
	Kamalapur	02:30	02:30	-	ホーム折り返し				
1サイクル所要時間(時:分:秒)		0:56:40	1:20:00	0:48:00	-				
車両数	編成両数(両)	8				-			
	必要運行本数 本/両	20	160	4	32	8	64	32	256
	予備車両数 本/両	-	-	-	-	-	-	4	32
	保有車両数 本/両	-	-	-	-	-	-	36	288

出典: JICA 調査団

2) 車両調達計画

前項より年度別の必要車両数は表 4.8.10 のようになり、車両調達計画の参考とする。

表 4.8.10 車両調達計画

年		2025		2035	
車両数	編成両数(両)	8		8	
	必要運行本数 本/両	22	176	32	256
	予備車両数 本/両	3	24	4	32
	保有車両数 本/両	25	200	36	288

出典: JICA 調査団

なお予備車としては運行予備（運転中の故障、トラブル等に対する備え）として 1 編成、定期検査用（月例検査、6～8 毎の定期検査）2～3 編成および改修工事にたいする備えとして 1 編成を考えた。

4.8.5 終日の運転時隔と運転本数(平日)

朝夕ピーク時のほか早朝深夜及び昼間時のオフピーク時を含めた終日の運転時隔と運転本数を示すと表 4.8.11 のようになる。

表 4.8.11 終日運行時隔と運転本数（平日）

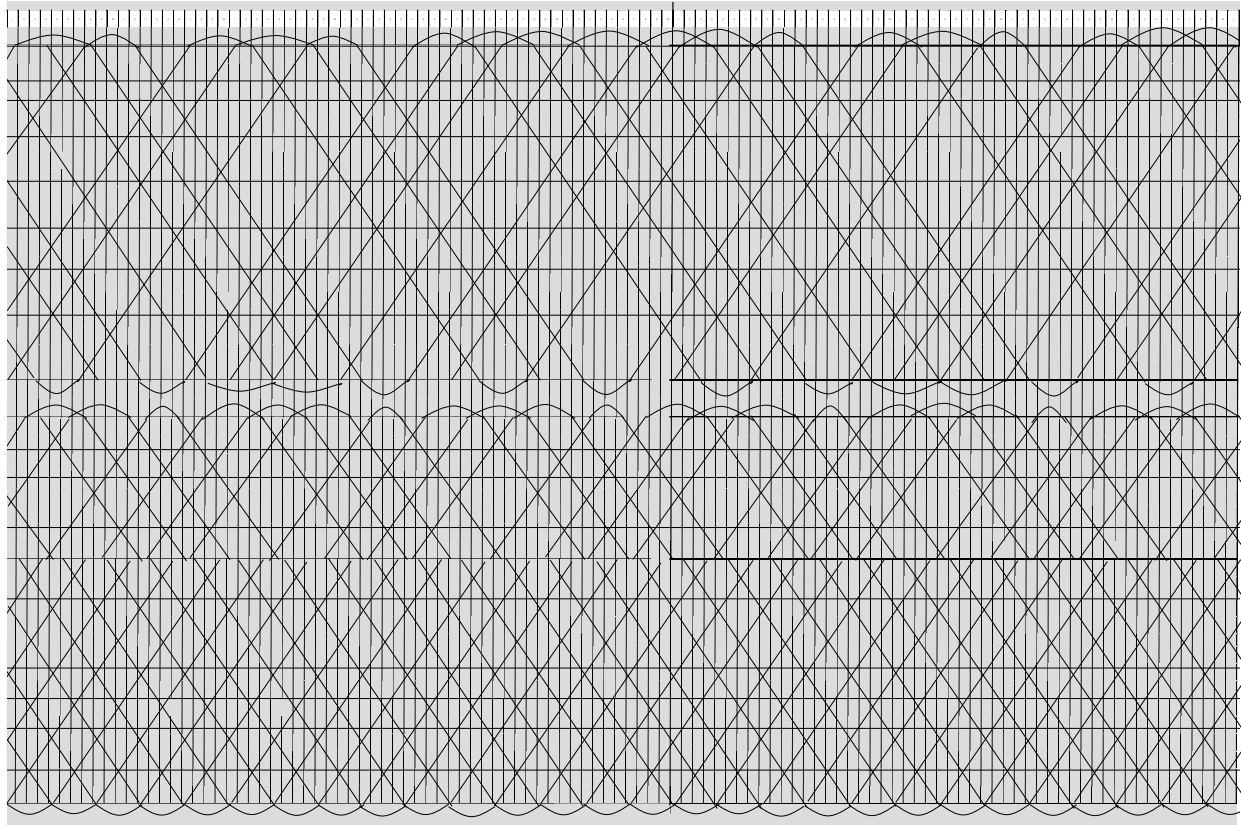
上段: 運転時隔、下段: 運転本数

年度		5:30	8:00	10:30	16:30	19:00	24:00	終日	
2025	6両	ノートン バザール～空港駅間	6'40"	3'40"	6'40"	5'00"	6'40"		193
			22 本	42 本	54 本	30 本	45 本		
		ノートンバザール～ブルパチャール ターミナル駅間	10'00"	4'40"	10'00"	7'30"	10'00"		131
		14 本	32 本	36 本	19 本	30 本			
		カラマパール～ノートン バザール駅間	5'00"	3'00"	5'00"	4'00"	5'00"		247
		29 本	49 本	72 本	37 本	60 本			
2025	8両	ノートン バザール～空港駅間	8'30"	5'00"	8'30"	6'40"	8'30"		146
			17 本	30 本	42 本	22 本	35 本		
		ノートンバザール～ブルパチャール ターミナル駅間	10'00"	6'00"	10'00"	8'30"	10'00"		121
		14 本	24 本	36 本	17 本	30 本			
		カラマパール～ノートン バザール駅間	6'00"	4'00"	6'00"	5'00"	6'00"		200
		24 本	37 本	60 本	29 本	50 本			
2035	8両	ノートン バザール～空港駅間	6'00"	2'50"	6'00"	4'00"	6'00"		224
			25 本	52 本	60 本	37 本	50 本		
		ノートンバザール～ブルパチャール ターミナル駅間	10'00"	4'40"	10'00"	7'30"	10'00"		131
		14 本	32 本	36 本	19 本	30 本			
		カラマパール～ノートン バザール駅間	4'40"	2'30"	4'40"	3'20"	4'40"		278
		32 本	59 本	78 本	44 本	65 本			

出典: JICA 調査団

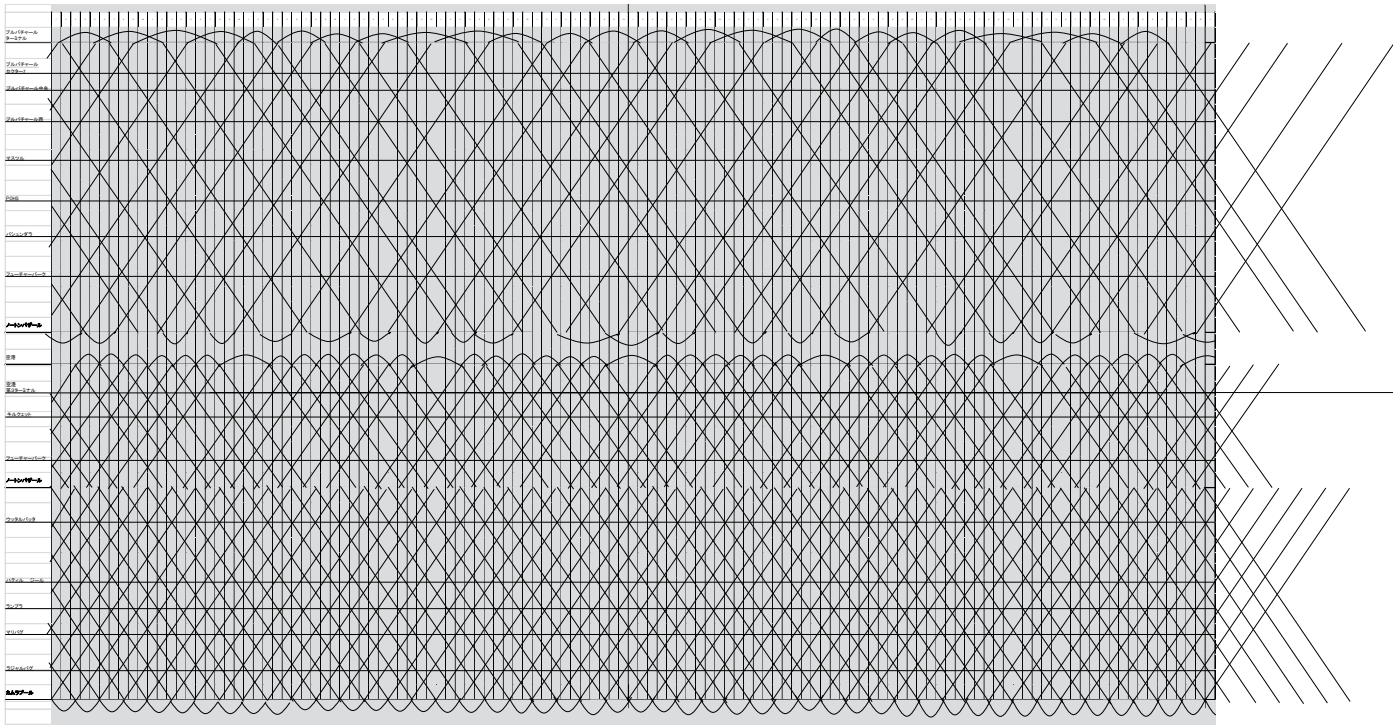
4.8.6 運行ダイヤ

運行ダイヤの例として 2025 年 8 両編成での運行計画のダイヤ図を図 4.8.3 に示す、2035 年 8 両編成での運行計画ダイヤ図を図 4.8.4 に示す。



出典: JICA 調査団

図 4.8.3 運行ダイヤ 2025 (8 両)

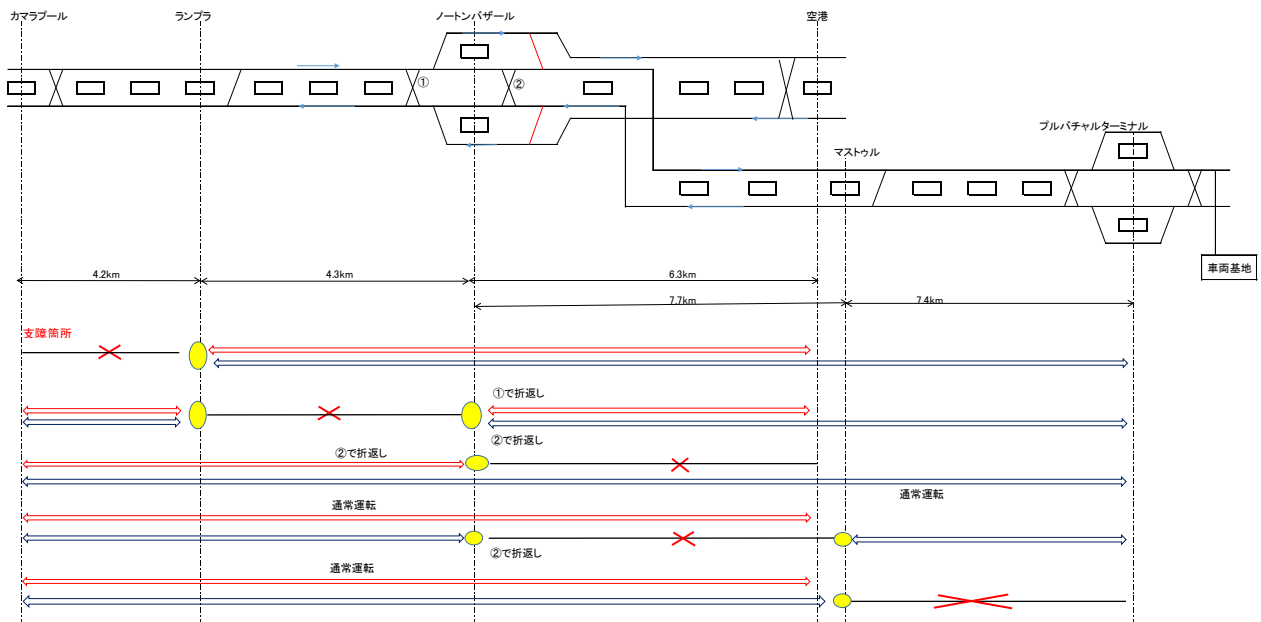


出典: JICA 調査団

図 4.8.4 運行ダイヤ 2035 (8 両)

4.8.7 緊急時の運行計画

図 4.8.5 のように、列車故障など非常時に渡り線を設けることによって、列車運行支障を最小限にすることができる。



出典: JICA 調査団

図 4.8.5 異常時折返し運転形態図

4.8.8 6号線運転計画との比較

表 4.8.12 は 1 号線の運転計画と 6 号線運転計画を簡単に比較したものである。

表 4.8.12 6号線運転計画との比較

		6号線		1号線		
軌間(mm)		1,435		1,435		
列車運転						
1	路線距離(km)	19.8	カマラプール ~ ブルバチャール 23.6(営業キロ)		カマラプール ~ 空港 14.9(営業キロ)	
			同左			
2	走行	左側線路		同左		
3	営業時間	夏季(3月~9月)5:30~24:00		05:00~24:00		
		冬季(10月~2月)6:00~23:00				
4	運転間隔	ピーク 4'30"(2021)、3'45"(2026)		ピーク 4'00"(2025 8 両)、2'30"(2035 8 両)		
		オフピーク 7'00"(2021)		オフピーク 6'00"(2025 8 両) 4'40"(2035 8 両)		
5	混雑率	180%		同左		
6	速度	許容設計最高速度 110km/h		同左		
		運転最高速度 100km/h		同左		
7	車両基地	Uttara North 駅終端部に隣接		ブルバチャールターミナル駅付近		
	非常渡り	片渡り Pallabi 駅 Kawran Bazar 駅 片渡り・Y 線 Agargaon 駅		片渡り: アンブラ駅、マスツル駅 両渡り 2+片渡り 2: ノートンバザール駅		
	分岐駅	-		ノートンバザール駅		
	終端駅	Motilheel 駅: 島式ホーム 1 面 2 線 Uttara North 駅: 相対式ホーム 2 面線		カマラプール駅: 島式ホーム 1 面 2 線 空港線: 島式ホーム 1 面 2 線 ノートンバザール駅: 島式ホーム 2 面 2 線(中線部) ブルバチャールターミナル駅: 相対式ホーム 2 面 4 線		
列車運転サポートシステム						
8	閉そく制御システム	移動閉そく・CBTC システム		同左		
9	信号方式	車内信号		同左		
10	自動列車保安制御	ATP による CBTC システム		同左		
11	列車運転制御システム	OCC,PRC からの CTC 制御		同左		
駅及び駅の施設						
12	駅数	全高架 16 駅		高架 7 駅	全地下 12 駅	
				地下 2 駅		
13	ホーム長	170m		同左		
	ホーム形式と幅	相対式 7~10m		同左		
		島式 10m		島式 11m		
14	ホームドア	腰高式ホームドア		全閉式ホームドア(地下駅) 腰高式ホームドア(高架駅)		
需要予測						
15	ピーク時間ピーク方向人員(人)	2021 年	22,372	2025 年	25,600	
		2026 年	27,433	2035 年	47,970	
		2051 年	60,979			
車両						
16	列車編成	6 両(8 両)		同左		
17	列車の組成	4M2T(6M2T)		同左		
18	列車輸送能力	混雑率 180% 1,738 人 6 両 (2,332 人 8 両)		同左		
19	必要列車数	2026 年 24 列車		2025 年	25 列車	
20	車両の定員		同左			
	両端車	座席定員				45
		立席定員				108
		合計				153
	中間車	座席定員				54
		立席定員				111
合計		165				
6 両編成		966				
8 両編成		1,296				

出典: JICA 調査団

4.9 車両計画

MRT は、多くの乗客を輸送する高速度の公共交通機関であり、安全性の確保が不可欠である。列車の脱線や衝突事故の防止には、信頼性の高い設備を備えた車両が必要である。ダッカの MRT に使用する車両は、乗客を輸送するシステムとして安全、快適で長寿命のシステムでなければならない。

4.9.1 概要

車両の仕様は、既存のダッカ 6 号線と可能な限り共通な技術に基づく仕様とする。多数の乗客と利便さの要求に対応するため、高信頼性の車両を提供する必要がある。車両は、構造の簡素化及び重量の軽量化を図り、冗長性を高めるものとする。

- (a) 車両は、これまでの営業運転で得られた統計的に信頼性の高いデータによって検証され、確認された仕様とする。
- (b) 列車は、地下区間を走行するため、防火基準を満たす必要がある。
- (c) 車両は、ダッカの気候及び大気汚染を含む環境条件を考慮して、高温高湿の影響に耐える仕様とする。

4.9.2 設計基準

1) ダッカ1号線および5号線の概要

車両は、下記の線路及び気象条件の環境で運用する。

路線の概要

表 4.9.1 ダッカ 1 号線及び 5 号線の路線概要

No.	項目	仕様
1	軌間	1,435mm
2	本線の最急曲線半径	160 m
3	最急勾配	35/1000
4	計画最高速度	110 km/h
5	運転最高速度 高架区間 地下区間	100 km/h 90km/h
6	土木構造物への作用荷重	16 tons/軸

出典: JICA 調査団

気象条件

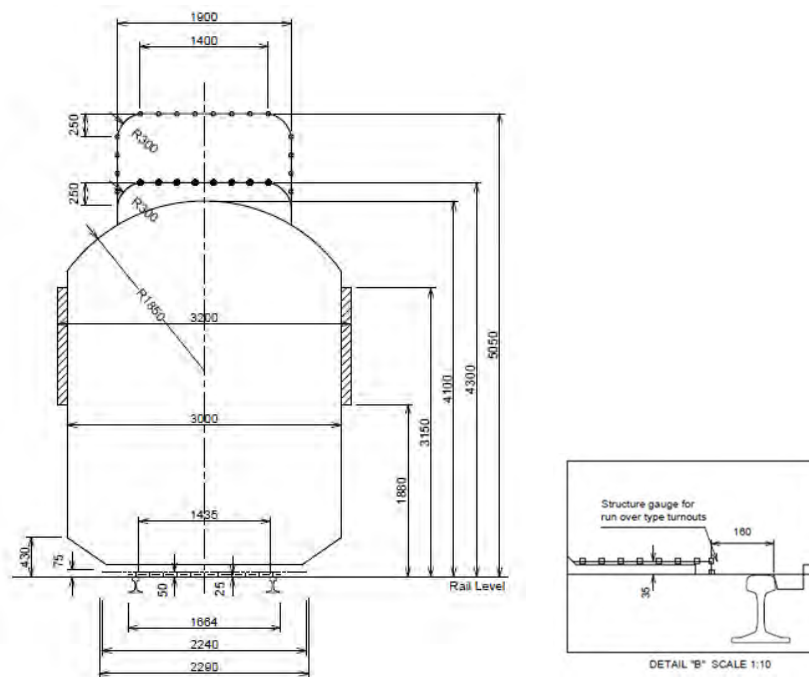
表 4.9.2 気象条件

No.	項目	仕様
1	周辺温度	最高記録温度: 41°C
		最高温度の平均値: 36 °C
		最低記録温度: 5°C
		24時間の最大変動: 22 °C
2	相対湿度	6月から11月 100% 11月から5月: 75%
3	降雨	年間 3,050mm、80%は通常 6月から10月の間に発生(モンスーン季節)
3	降雨	最高降雨 24時間: 630 mm
4	最高風速	140 km/h

出典: JICA 調査団

2) 車両限界

車体は、車両限界内に収まり、以下に示す建築限界に対し、最高速度で走行中であっても、車体は建築限界を犯すことは無く、十分な空間を保持しなければならない。



- Basic gauge
- - - - - Gauge in relation to parts that do not move vertically due to action of springs.
- · - · - Gauge in relation to sanding pipe, obstacle deflector, brake shoe and other parts that do not exceed the rim width.
- — ● Gauge when current collector is extended to maximum height
- — ● Gauge in relation to top of roof when current collector is operated
- ▨ ▨ ▨ ▨ Gauge in relation to signs, marker lamps, car side lamps
- + + + + structure gauge for the fuel and water stations and the signal post

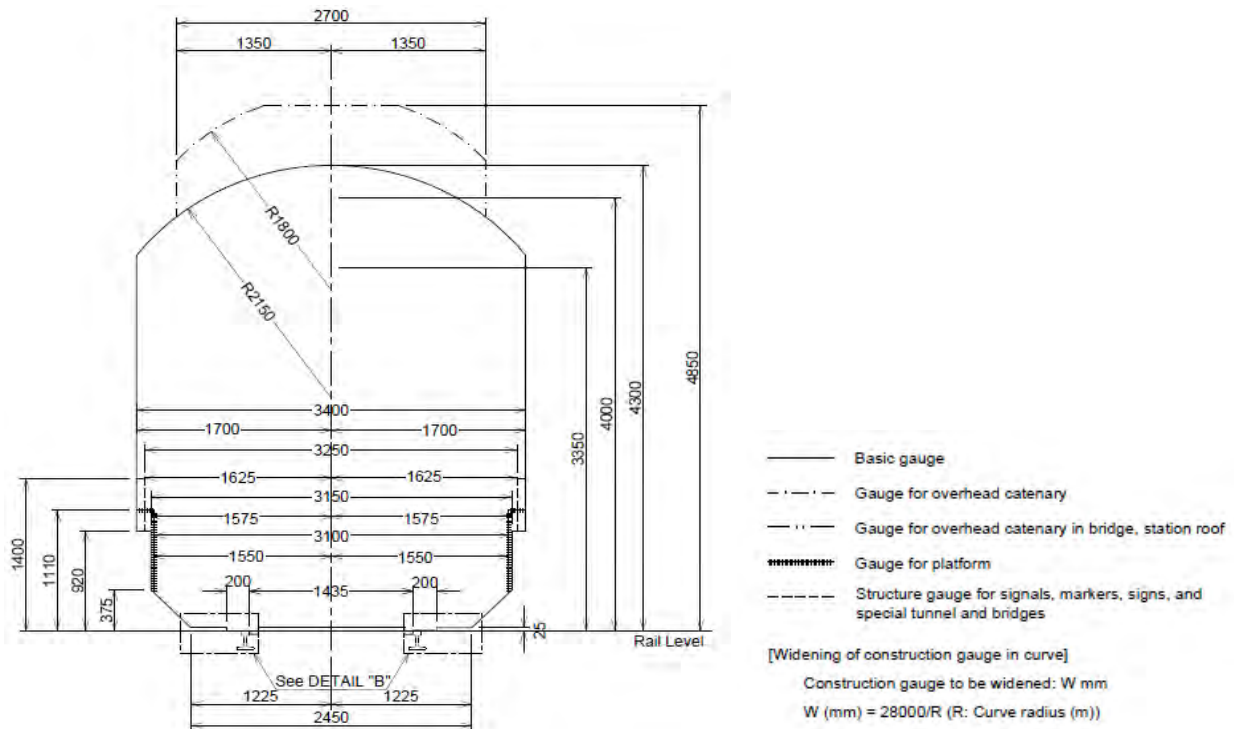
出典: バングラデシュ国 MRT 技術基準

図 4.9.1 車両限界（直線区間で停止状態）

3) 建築限界

高架線部区間の建築限界

建築限界とは、車両が安全に通過できるように“建造物等が入ってならない空間”を示すものである。列車の運行により、軌道が徐々に変異するため、日常的に建築限界内に建造物が入らないようにしなければならない。下図は Technical Standards for the Metrorail in Bangladesh, December 2014, DTCA & JICA より抜粋したものである。

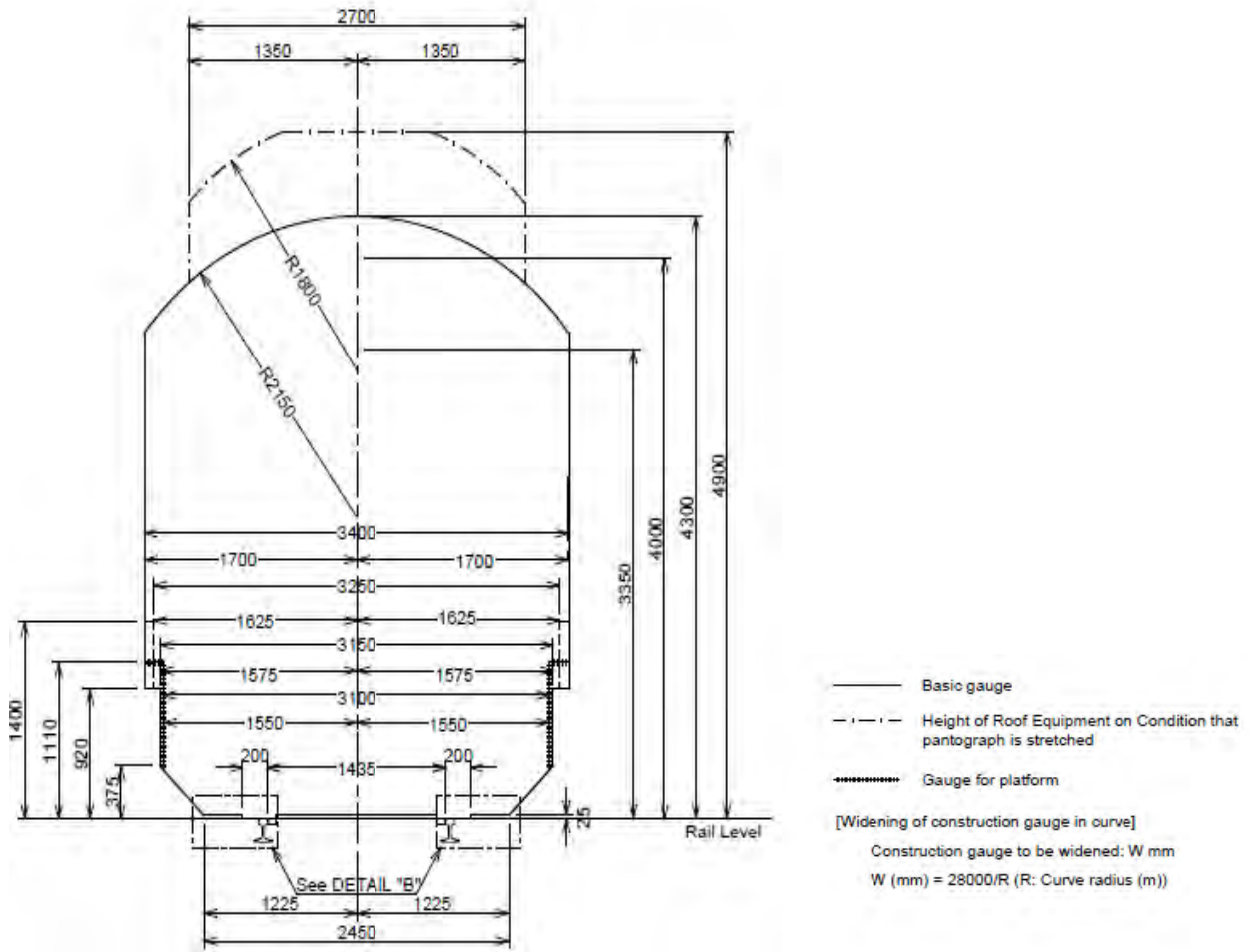


出典： Bangladesh国 MRT 技術基準

図 4.9.2 高架線部直線区間の建築限

4) 地下区間の建築限界

地下区間に建設する建造物の建設コストは、おおよそ建造物の断面寸法に比例する。このため、事例を参考に建築限界寸法を縮小する。次の地下線部区間の建築限界は、高架線区間の上方及び側方の寸法を縮小している。



出典: STRASYA

図 4.9.3 地下線部直線区間の建築限界

5) 一般的な事項

信頼性、有効性及び保守性

ISO 9001 に基づく品質管理システムに依る。

信頼性の目標

列車の 30 分以上の故障又は運転中止が生じる走行距離は 120,000km 以上とする。

使用可能度の目標

使用可能度の目標は、95% 以上とし、客室の清掃及び定期メンテナンスの期間は計算から除外する。

保守性

車両はメンテナンスを行い易く、最低限のメンテナンスを必要とするものとする。

設計寿命

列車がすべての運転条件で継続的なサービスを提供するための列車の設計寿命の期間は最低 30 年とする。

最大軸重

車両の最大軸重は、最大乗客荷重(AW3)の状態において 15.2 トンとする。

火災対策と緊急時のシステム

車両の火災対策と緊急時のシステムは、Bangladesh国 MRT 技術基準によるものとする。MRT 技術基準は、車体の火災対策のための構造、内装及び外装の材質の詳細を規定している。また、火災時及び緊急時の非難システムを技術基準に規定している。

き電システムの電力供給

定格電圧を DC 1,500V とし、高架区間のパンタグラフの動作範囲は、レール上面から 4,300～5,200mm の範囲に、地下区間はレール上面から 4,300～5,050mm の範囲とする。

保安装置

列車は、車内信号による自動列車制御装置（ATP）を設け、ATP に制御された自動列車運転装置（ATO）も設けるものとし、手動運転も可能とする。ATO 運転時及び手動運転時は、ATP の動作状態で行うモードとする。

列車情報システム

列車情報システム（TIS）は、車上に搭載して運行情報を乗客に案内するとともに、運転、運行及び乗客サービスの記録を行う多機能データを記録する。

車上搭載の施設

車上に搭載する施設は、客室の空調設備、通報設備、案内ディスプレイとする。

駆動システム

(a) 駆動モーター

台車枠に交流 3 相の籠型誘導電動機を搭載する。

駆動モーターは、牽引力と制動力（回生ブレーキ）の動作を行う。

- 駆動モーターの特性
- 定格電圧：1,100V、容量 220kW 前後とする。ダッカ 1号線または 5号線の路線の状況と運転条件など、ランカーブのシミュレーションに基づいて決定する。

(b) インバータ

可変電圧可変周波数（VVVF）制御の駆動用インバータとする。

- 入力電圧：DC 1,500V（最小 900V、最大 1,800V）
- 出力電圧：DC1,500V 入力時、0～1,100V（rms）3 相交流

6) 技術基準

法令と技術基準

基準類は、Bangladesh国、日本及び国際規格の MRT 関係基準とし、設計、製造、設置、試験、試運転及び引き渡しのための基準を適用する。車両に適用される主要な法令、規格、及び仕様は、以下のとおりである。

表 4.9.3 法令と技術標準

No.	項目	法令と標準
1	車両の設計	UIC - 605-1 - International union of railways codes JIS E7103 - 鉄道車両-旅客車-車体設計通則 JIS E 7106:2006 - 鉄道車両-旅客車-車体設計通則 JIS E4047 - 鉄道車両-旅客車用構体-溶接継手設計方法
2	RAMS	IEC 62278 - Railway applications - Specification and demonstration of reliability, availability, maintainability and safety (RAMS)
3	電磁適合性	EN 50121, Railway Applications - Electromagnetic Compatibility JIS E4018 - 鉄道車両-漏れ磁界測定方法
4	電気製品	IEC 60034-25 - Guide for the design and performance of cage induction motors specifically designed for inverter supply (2007) EN 50155 - Railway applications - Electronic equipment used on Rolling stock IEEE std. 16-2004, standard for Electrical and Electronic Control Apparatus on Rail Vehicles IEEE std. 1476-2000, Passenger Train Auxiliary Power Systems Interfaces JIS E6102 - 鉄道車両用交流主電動機
5	耐火性	Technical standards for the MRT in Bangladesh, Section 9.19 国土交通省 - 鉄道に関する技術上の基準を定める省令
6	照明	JIS E4016 - 鉄道車両の照明-基準及び測定方法
7	架線	EN 50163: railway applications supply voltages of traction Systems
8	換気及び空調システム	JIS E4015 - 鉄道車両の冷房及び暖房の温度測定方法 JIS E4024 - 鉄道車両-換気性能試験方法
9	車輪及び綷軸	JIS E4501 - 鉄道車両-車軸強度設計方法 JIS E5402-1 - 鉄道車両用-一体車輪-第一部：品質要求 JIS E4504 - 鉄道車両用輪軸-品質要求
10	騒音及び振動	ANSI S1.4, Specification for Sound Level Meters IEC 61373, Railway Applications - Rolling stock Equipment - Shock and Vibration Tests JIS E4021 - 鉄道車両-車内騒音の測定方法
11	試験	IEC 61133 - Railway applications - Rolling stock - Testing of rolling stock on completion of construction and before entry into service JIS E4041 - 電車の組立後の試験通則

出典：JICA 調査団

7) 車両の要求事項

6両編成と8両編成の列車について、以下の条件とする。

- (a) 列車は、清潔で乾燥状態の良好に維持された高架線区間の軌道において、半分摩耗した車輪で AW3 の荷重状態で 100km/h の速度で走行する性能があること。
- (b) 駆動力とブレーキの要求性能は、半分摩耗した車輪で、AW3 の荷重状態次に適合すること。

表 4.9.4 駆動力とブレーキの要求性能

No.	項目	仕様
1	最大加速度	0.92m/s ² 以上
2	カットアウト運転（駆動モーター停止時の運転）	AW3 荷重で 35/1000 の勾配を 2 台の動力車で起動して加速する
3	非常時運転（救援運転）	空車（AW0）の列車が AW3 荷重で 35/1000 勾配に停止の列車を少なくとも 1,000m 押し上げる
4	電気ブレーキの最大減速度	0.97m/s ² 以上
5	回生ブレーキの作用速度	約 8 km/h 以上
6	常用ブレーキの減速度	0.97m/s ² 以上
7	緊急ブレーキの減速度	1.25m/s ² 以上
8	ジャーク・コントロール	0.7 m/s ³ 以下、緊急ブレーキを除く
9	駅の定点停止の精度	ATO により駅の停止位置 350 mm 以内

出典：JICA 調査団

8) 各部の仕様

車体

車体の概要を以下の表 4.9.5 に示す。

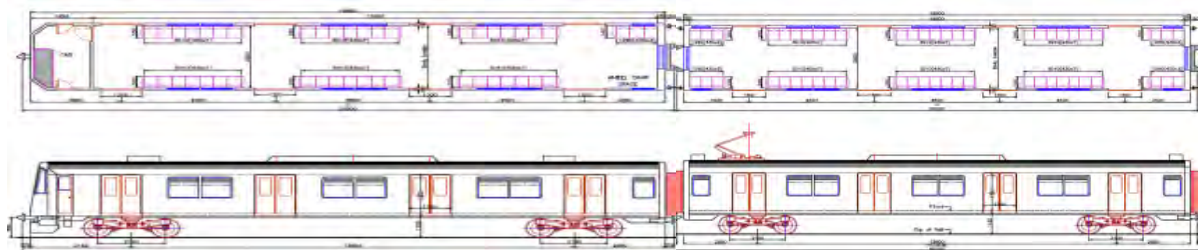
表 4.9.5 車体の概要

No.	項目	仕様
1	中間車の長さ	19,500 mm
2	先頭車の長さ	19,800 mm
3	車体の幅	2,950 mm
4	レール上面からの車体屋根の高さ	3,650 mm
5	レール上面からの空調機の高さ	4,100 mm
6	レール上面からの床面高さ	1,150 mm
7	プラットフォームの先端と乗降口の床との間の最大離れ	70 mm
8	連結器位置での長手方向の荷重強度	490 kN (50t)
9	車体の材質	ステンレス又はアルミニウム

出典：JICA 調査団

車体の長さ

中間車の車体の長さは 19,500mm、先頭車の長さは 19,800mm とする。6 両編成の最大長さは、121m（連結器の前面から連結器の前面まで）、8 両編成時は 161m とする。



出典：JICA 調査団

図 4.9.4 先頭車及び中間車の概念図

乗客用の設備

(a) 乗客の乗降扉

各車両の両側面に動力で作動する戸袋型の乗降扉を 4 箇所設けることとし、扉の寸法は、開口幅を 1,400mm、高さ 1,850mm とする。

(b) 貫通路

各車両には貫通路を設け、貫通路の扉を車両間に設ける。車両間の貫通路の幅は、約 900mm、先頭車の Tc 車の通路幅 650mm（少なくとも 600mm 以上）とする。

(c) 上下開閉窓

客室の上下開閉窓は、高さを 400mm とし、全床面積の 8%以上の開口面積とする。この開口寸法の大きさは、停電時に予想される乗客の快適性を提供する。窓の全開時の位置は、車体の床面から 1,350mm の高さに配置し、乗客が窓の開口部からプラットホームのホーム柵（PSD）のフレームまたは沿線の諸施設に触れることができないようにする。

(d) 乗客用椅子

乗客用の長椅子は、3 座席と 7 座席のものを使用する。1 人あたりの座席寸法は、幅 430mm、奥行き 550mm とする。

(e) つり皮

つり皮、つり皮を支持する支柱及び頭上に荷物棚を備える。

(f) 連絡通報装

表 4.9.6 車両連絡通報装置

No.	項目	仕様
1	案内装置	各車両側方の扉の脇に屋外 2スピーカーを設置
2	緊急時連絡システム	各車両の扉の脇に設置
3	行き先表示システム	客室の側方と端部に行き先を表示
4	先頭車表示器	高輝度 3色 LED
5	側面行き先表示器	高輝度 3色 LED
6	客室表示	各側方の扉にカラーLED表示
7	ドア・チャイム	乗客用ドア

出典：JICA 調査団

照明

客室の照明は、反射なしの均一な配光を与えるように設計する。照明度は、床面高さ 0.85m で客室が 200 ルクス以上とする。

台車

台車の仕様は、次表とする。

表 4.9.7 台車の概要

No.	項目	Specifications
1	軌間	1,435 mm
2	2台車中心間の距離	13,800 mm
3	台車の軸間距離	2,100 mm
4	車輪径	860 mm(新品)、780 mm(最大摩耗時)

出典: JICA 調査団

運転室

運転室は、人間工学的に設計され、運転士が列車を快適かつ効率的に運転することができる環境とする。運転室の設計は、運転士に線路と駅のプラットフォームの領域の視野を確保するため、外側の視界を最大限にする。

表 4.9.8 運転室の主要な設備

No.	項目
1	制御設備の操作装置
2	常用ブレーキの操作装置
3	信号及び通信システムの送受信装置
4	速度計
5	車載信号機器のアスペクト機能
6	パンタグラフの上下操作装置
7	列車無線の送受信装置
8	非常発報発生装置及び発報信号設備用送信装置
9	気笛起動装置
10	空気タンク配管の圧力を含む圧力計
11	緊急通信装置の受信装置
12	客室の乗降扉の閉錠の確認装置

出典: JICA 調査団

ブレーキシステム

ブレーキシステムは、回生ブレーキと空気摩擦ブレーキで構成する。動力車の台車は踏面ブレーキ、付随車の台車はディスクブレーキとする。ブレーキシステムはフェールセーフとする。

(a) ブレーキの制御と常用ブレーキ

ブレーキの制御方式は、電動ブレーキと空気ブレーキとの混合制御を備えた常用ブレーキで構成する。列車が分離した場合、ブレーキシステムは分離を検出し、緊急ブレーキを作動させる。

(b) 駐車ブレーキ

駐車ブレーキは、バネが作用するブレーキとすし、運転室に空気開放型駐車ブレーキを設ける。

(c) 保安ブレーキ

常用ブレーキが故障した場合、自動的に作動する保安ブレーキを設ける。

(d) 電気ブレーキ

電気ブレーキは、回生エネルギーを発生し、摩擦ブレーキの摩耗を最小にするために、摩擦ブレーキよりも優先して動作する。

連結器

- (a) 先頭車両の前部（列車の両端）は、半自動のタイトロック連結器とする。
- (b) 車両間の中間部分は、半固定連結器とする。
- (c) 連結器は、列車の解結及とともに、非常時運転時に救援列車との間の制御及び通信の電氣的な結合を行う。

パンタグラフ

- (a) シングルアームタイプのパンタグラフを使用する。このタイプは、世界で標準的なシステムとして広く使用されている。
- (b) パンタグラフは、8台の駆動モーターの駆動力と4台の補助動力を供給するのに十分な電流容量を持つものとする。

補助電源装置

- (a) 補助電源ユニット（APU）の特性

表 4.9.9 APU の仕様

No.	項目	仕様
1	制御方式	一定電圧/一定周波数
2	出力電圧	3相 AC 380V 50Hz
3	APUの基本容量	約 260kVA x 2 組/編成(6 両編成)

出典: JICA 調査団

- (b) 補助電源システムの冗長化

1 方の APU が故障した場合、他の APU は制約された条件下においても電力の供給を行うものとする。

表 4.9.10 補助機器の負荷

No	項目	容量/編成	仕様
1	エア・コンデショナー	6 両編成	容量 50,000kcal/h (58.1kW) x 2 組/1 両、能力: 38kVA x 2 80kw/1 両
2	エア・コンプレッサー	2 組	容量 2000l/min/組、能力: 2kW/組
3	照明	6 両編成	40W x 16 sets = 0.64kW/1 両 他の照明: 2 kW/編成
4	バッテリー充電装置	2 組	約 15kW/組

出典: JICA 調査団

エア・コンデショナー

- (a) 客室用の空調ユニットは、自給式パッケージタイプとする。
- (b) 冷媒は、モントリオール議定書に従い、オゾン層破壊係数をゼロにするものとする。冷媒は、無公害な冷媒である R407C が好ましい。
- (c) 室外の気温 41℃、相対湿度 98%の条件で客室温度 26℃、相対湿度 (R.H) 60%とする。

データレコーダー

データレコーダーは、列車の事故及びインシデントの調査に関係するデータを正確に記録する。2台のデータレコーダーを各運転室に設置する。

4.9.3 車両定員

1) 乗客数

6両及び8両編成の AW1、AW2 及び AW3 の乗客数は、次のとおりとする。

表 4.9.11 各編成の乗客数

No.	項目	6両編成(単位;人)	8両編成(単位;人)
1	AW1	306	414
2	AW2	966	1,296
3	AW3	2,308	3,088

出典: JICA 調査団

2) 混雑率と目標にする乗車人員

6両及び8両編成の混雑率の乗客数は、次のとおりとする。

表 4.9.12 各編成の乗客数

No.	混雑率	6両編成(単位;人)	8両編成(単位;人)
0	100%	960	1,296
1	150%	1,449	1,944
2	160%	1,546	2,074
3	170%	1,624	2,203
4	180%	1,738	2,332

出典: JICA 調査団

4.9.4 編成組成

1) 列車編成

8両編成の構成は、6両編成に2両の付随車を中間に加え、運転室付きの付随車 (Tc) + 動力車 (M) + 動力車 (M) + 付随車 (T) + 付随車 (T) + 動力車 (M) + 動力車 (M) + 運転室付きの付随車 (Tc) となる。

列車構成: Tc - M - M - T - T - M - M - Tc

4.9.5 MRT 6号線との整合性

1) 1号線および5号線車両と6号線車両の比較

6号線の施設は、全区間が高架線であるが、1号線及び5号線は、高架区間と地下駅及びトンネルが設けられる。地下区間がある1号線及び5号線は、6号線と火災対策基準と建築限界に差異が生じる。

a. 地下区間の火災対策基準

バングラデシュ国のMRT技術基準の車両仕様は、日本の地下区間の火災対策基準と同様な内容である。車両の火災対策基準の仕様は、車両の不燃化と貫通路の設置であり、1号線及び5号線車両は、6号線と同様に火災対策基準に準拠している。

b. 地下区間の建築限界

地下区間の建築限界は、地下駅及びトンネル区間が規定され、地下区間の建築限界の適用により、次表の項目に影響する。

表 4.9.13 地下区間に適用する建築限界への対応策

項目	1号線及び5号線車両	6号線車両
高架区間のパンタグラフの作用高さ	5,200mm	5,200mm
地下区間のパンタグラフの作用高さ	4,650mm	該当箇所なし
側方窓の開閉の制限	身体が出ない構造	身体が出ない構造
最高運転速度 高架区間 地下区間	100km/h 90km/h	100km/h 該当箇所なし

出典：JICA調査団

なお、高架区間に使用可能なパンタグラフは、作用範囲が広いいため、地下区間でも使用が可能である。側方窓の開閉の制限は、乗客が身体を出さない構造の仕様としている。また、最高運転速度は、地下区間が閉塞区間であることから、90km/hとしている。

4.10 車両基地計画

4.10.1 車両基地のレイアウト

1) 基本的な車両基地のレイアウトの考え方

車両基地の線群は作業別に分類すると、留置線群、整備線群、検修線群の3つから構成され、これらが如何に合理的に配列されているかが基地レイアウトのポイントとなる。この基地レイアウトを決定する上での基本的な事項として次のような事柄を考慮しなければならない。

- (a) 将来の増強がつぎはぎ的になったり、建物等に支障したりしないように考えることや編成長の増強に容易に対応が出来るように考えること。
- (b) 入区→整備・検修→留置という一連の作業に対応して線群を能率的な配置となるようにえること。

- (c) 車輪研削作業、検修作業や整備作業のための転線作業が競合しないよう専用の引上げ線を設けたりして、作業の競合を極力避けるように考えること。
- (d) 事務所、詰め所などの建物は出来るだけ隣接させて配置することが望ましいが、各建物を分散させることにもなるので基地の性格や規模を勘案して計画すること。

ダッカ 1号線の車両基地の配線レイアウト

1) の基本的な考え方に基づいてダッカ 1号線の車両基地のレイアウトを検討した結果は次の通りである。

2) 必要列車編成数

必要列車編成数は 4.8.4 に示されているが、それらを纏めると 1 列車の編成車両数、全列車編成数、全車両数は次の表のとおりとなる。

表 4.10.1 1 列車の編成車両数、全列車編成数、全車両数

年	1 列車の編成車両数(両)	全列車編成数 (編成)	全車両数 (両)
2025	8	25	200
2035	8	36	288

出典:JICA 調査団

3) 留置線数

2) に示されたように 2025 年で 1 列車が 8 両編成で 25 編成、2030 年に 31 編成、2035 年に 36 編成に増強される予定になっている。そのうち車両基地での留置編成数は表 4.10.2 の通りである。

表 4.10.2 車両基地の留置編成数

年	全編成数	車両基地	
		留置線に留置する 編成数	検修線等に在線する 編成数
2025	25	23	2
2030	31	29	2
2035	36	34	2

出典:JICA 調査団

留置線の線間は 4m とするが、3 線又は 4 線ごとに架線柱が入ることを考え、3 線か 4 線ごとに更に 0.5m、つまり 4.5m の間隔にする。

4) 検修線

検修線では仕業検査、交番検査及び臨時検査を行い、仕業検査は、列車の機能検査を行う。約 1 時間かかる。交番検査は、月検査とも呼ばれるが、JR では 3 か月毎に行い、消耗品のチェック及び交換も行う。約 8 時間かけて行う。検修線の設備の一例を図 4.10.1 に示す。

仕業、交番で 2 線必要になり、臨時検査を含めて検修線は 3 線必要。そしてこれらの 3 線をまたぐ車庫が必要である。

検修庫の線路間隔は作業スペースをとって 6m とする、

5) 洗浄線

車両手洗い洗浄は1週間程度の周期で行う。1回あたり2、3時間の作業になる。

手洗い洗浄線1線で1日4編成可能である。1週間当たり5日労働とし、 $4 \times 5 = 20$ 編成/線となる。従って開業当初より2線で計画する。洗浄線、線路間隔は作業スペースをとって6mとする。洗浄線の設備の一例を図4.10.2に示す。

6) 自動洗浄線

数日に一度自動洗浄を行う。入場線に設置するのが効果的である。

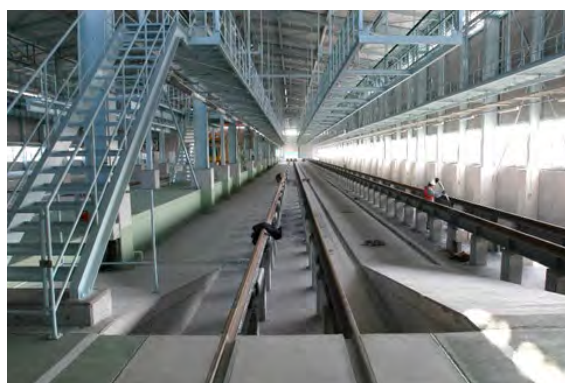
洗浄装置のメンテナンスを考慮して、バイパス線を設けて、どちらでも通れるようにする。

自動洗浄設備の一例を図4.10.3に示す。

7) 車輪転削線

走行距離にもよるが8か月程度で削整するのが普通であるが、車輪のフラットなどを起こしたときに当該車輪だけを削る。1軸転削するために約30分かかる。転削機の前後に編成長分の線路が必要。

車輪転削設備の一例を図4.10.4に示す。



出典：JICA 調査団

図 4.10.1 車両兼修線のピットと点検台の一例



出典：JICA 調査団

図 4.10.2 洗浄線の設備の一例



出典：JICA 調査団

図 4.10.3 自動洗浄設備の一例



出典：JICA 調査団

図 4.10.4 車輪転削装置の一例

8) 工場

工場では、要部検査、全般検査を行う。

要部検査は主に走行装置の検査、全般検査は全てにわたる検査でいわゆるオーバーホールであるが、台車まわりについては、要部検査で全般検査とほぼ同じことをする。

したがって、必要日数にあまり差はなく、1編成あたり1か月かかる。

周期は、全般検査は6年～8年、要部検査は基本としてキロベースであるが、2年～4年周期である。

2035年36編成を配置する計画であり、全般検査を8年、全般検査の間に2回、要部検査を行うとすると、8年間で3回入場する。年間平均13.5編成（36編成×3÷8年=13.5/年）が入場することになり、修繕線1線で単純に計算すると稼働率125%（13.5編成/年×1ヶ月÷12ヶ月/年×100=113%）ということになるが、実際に入場計画を稼働率100%近くで組むことは難しいので、2編成まで同時に入場できるようにする。

工場に必要な線路は、出場検査線、解艀装線、臨時修繕線である。出場検査線はピットと架線のある線、解艀装線はジャッキアップを行うピットのある線で、昨今の電車工場では、図4.10.5のようにジャッキで全部の車体を同時にあげたまま部位の検査を行う。また、台車を取り出し、装着するのに図4.10.6のようなターンテーブルを使用する。



出典:JICA調査団

図 4.10.5 全部の車体を同時にあげたまま
部品の検査を行う



出典:JICA調査団

図 4.10.6 台車用ターンテーブル

臨時修繕線はセンターピットだけの線で、車両を切り離して2両程度が収まる線となる。従って工場には出場検査線1線、解艀装線2編成分、臨時修繕線2線（2両程度が収まるピットだけの線）を設ける。

9) 試運転線

出場検査で実際に走らせて試験を行う線で、長いほうは好ましいが500m程度以上あれば基本的な試験は可能である。列車を走らせてブレーキが機能するかなどの試験を行う。

10) 保守用車留置線

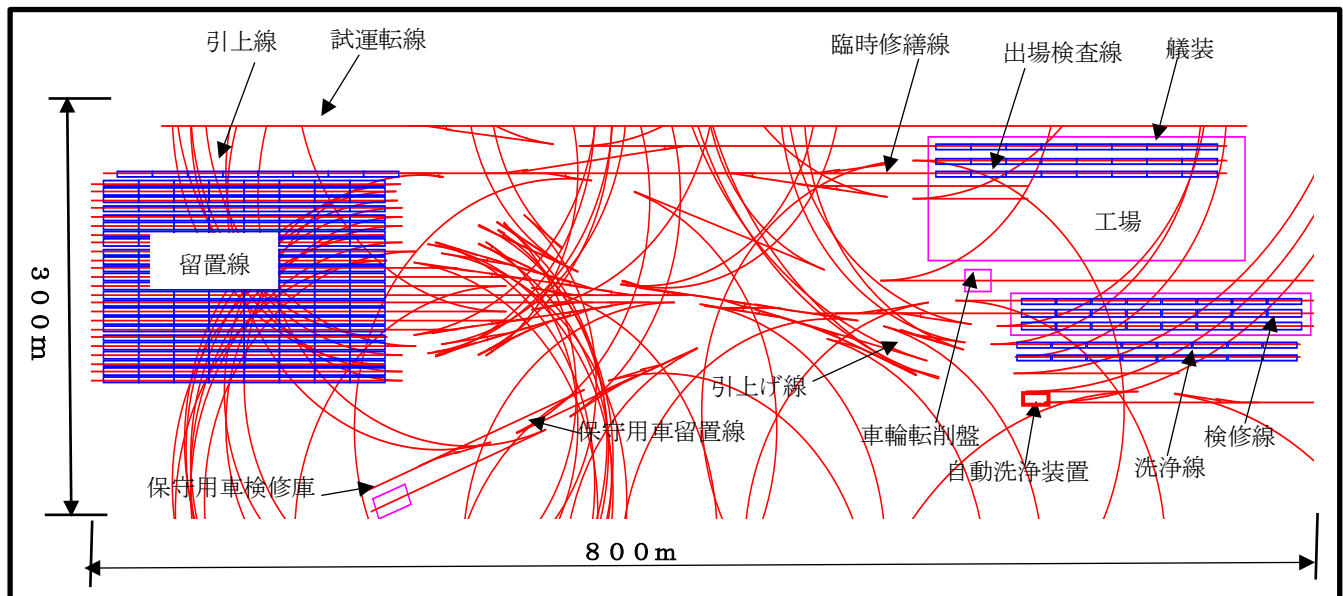
保守用車としては、軌道関係で検測車、レール研削車、バラスト軌道の場合はマルチ、

ホッパ車など、電気関係で架線検測車、張替のためのローンを運ぶ車両などが必要になり、これらをけん引するためのモーターカーなどが必要になる。ただしこれらのバラスト軌道保守用車の稼働率は極めて低いので導入にあたっては慎重な検討が必要である。例えば MRT 6号線や 5号線と共有すべきと考える。他の機器についても検討する必要がある。

留置スペース及び、これらの車両の検査のための建屋が必要になる。

11) 車両基地のレイアウト

以上の諸条件を加味して車両基地のレイアウト配線を描くと図 4.10.7 のようになる。この配置図を基本とし、車両基地の実際に条件に合わせて、調整することとした。



出典：JICA 調査団

図 4.10.7 車両基地のレイアウト配線図

12) 車両基地の概略面積

上図に示される車両基地の概略面積 = $300\text{m} \times 800\text{m} = 240,000\text{m}^2 = 24\text{ha}$ 。

4.10.2 車両基地の位置

1) 車両基地の基本的配置の考え方

車両基地の位置選定の基本的な考え方は次の事項の通りである。

- 極力駅の近くに設け、乗務員や回送ロスを少なくなるように計画すること。
- 駅の着発線からストレートに基地へ入れるように選定し、無駄な折り返し作業を出来るだけ少なくすること。
- 車両基地への入出区するルートは本線列車への支障を極力少なくすること。特に電車列車の場合の運用は編成単位で運用するので、本線横断時による支障時間も長く、また折り返し地点での運転台の交換、あるいは推進運転のため作業時間を多く要す

るので極力これを解消するような配線とすること。

- (d) かなり広い面積の土地が必要であるので、その土地を出来るだけ容易に入手できる箇所であること。

2) 代替案の検討

これらの事項および前項のレイアウトの検討を念頭に車両基地の候補地を検討した結果図調査団は図 4.10.8 に示すような4つの候補地を選出した。

即ち、Purbachal Terminal 駅と Depot 1 (Option1)、Depot 2 (Option2)、Depot 3 (Option3)、Depot 4 (Option4) の赤い線で示した各候補地の関係を表している。

この3候補の中で、Option1、Option2、Option4 は Purbachal Terminal 駅から東側に本線を延長して車両基地に取り付ければ、車両基地に入出区する列車はスイッチバックや運転台の交換も必要なくスムーズにアプローチでき最も望ましい候補であると言える。しかし、Option 3 は Purbachal Terminal 駅のでまえから車両基地へのアプローチとなり、車両基地への入出区には列車のスイッチバックや運転台の交換が必要となり、他よりも列車運用のロスが多い。

一方、調査団環境チームが地域住民およびステークホルダーと打ち合わせした結果、Option1、Option2 の沿線には住民が多く住んでいて用地買収・家屋移転保障の関係で多くの困難を伴うことが確実視された。それゆえ、この場所より人家も少なく比較的用地買収・家屋移転保障がやり易い位置候補として Option3 の直ぐ近く基地候補地と Option4 の基地候補地が浮上した。

車両基地オプション3とオプション4と本線との位置は図 4.10.9 および図 4.10.10 の通りである。



出典：JICA 調査団

図 4.10.8 車両基地代替案 (Option 1~4)



出典: JICA 調査団

図 4.10.9 車両基地 Option 3 位置図

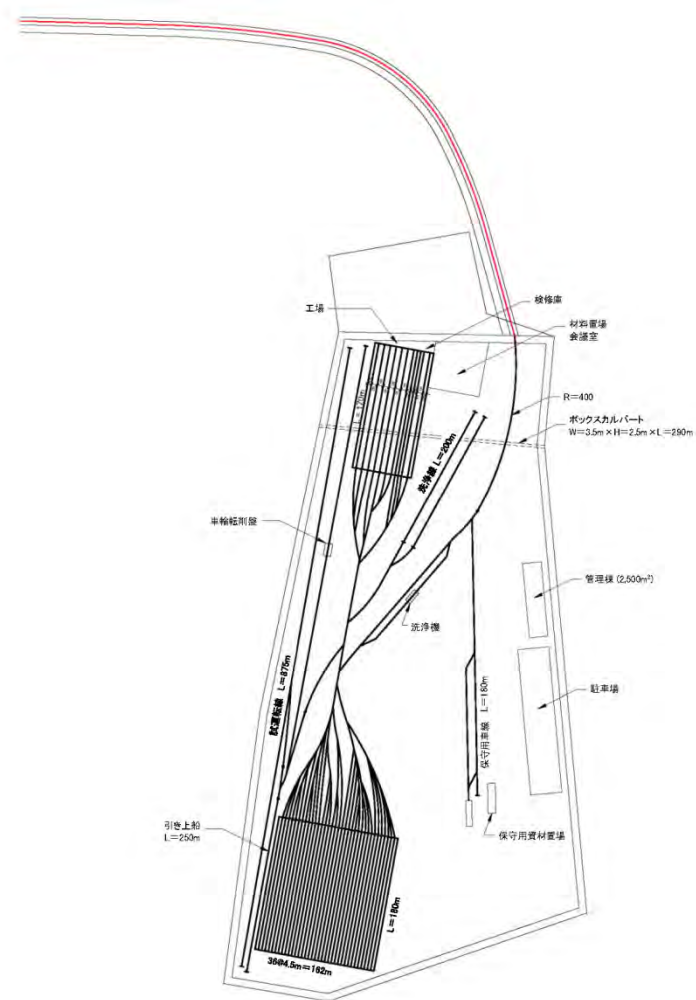
出典: JICA 調査団

図 4.10.10 車両基地 Option 3 施設配置図



出典: JICA 調査団

図 4.10.11 車両基地 Option 4 位置図



出典: JICA 調査団

図 4.10.12 車両基地 第 Option 4 施設配置図

車両基地第4案の北側は Padma Oil が開発を予定しており、アプローチ線は同エリアを避けて作られる。

Option3 と Option4 を比較検討した結果を下記に示す。

表 4.10.3 1号線 Option 3 と 4 の比較表（1）

項目	1号線の車両基地	
	Option 3	Option 4
車両編成数と車両数	2025年 200両、2035年 288両	2025年 200両、2035年 288両
留置線数	留置線 32、	2035年 36線(2025年 24線)
引上げ線	1線	1線
洗浄線	2線(手洗い)、機械洗浄 1線	2線(手洗い)、機械洗浄 1線
気吹線	—	—
検修線	3線	3線
テスト線	1線(約 480m)	1線(875m)
自動洗浄線	1線	1線
工場内	出場検査線	2線
	解・艀装線	1線
	臨時修繕線	2線(2両程度が収まるピットだけの線)
広さ	面積	240,000m ² (24ha.)
将来の増強可能性	工場容量からはあと 8 編成まで増加可能。この場合、留置線と保守用車留置線の間及び留置線と試運転線の間には 8 編成分の留置線を追加が可能。	

出典: JICA 調査団

表 4.10.4 1号線オプション 3 と 4 の比較表（2）

比較項目	Option 3	Option 4
取得面積 (ha)	24.0	31.1(取得可能面積)
本線営業運転への影響	営業線入線時は営業運転を優先させる措置が必要になる	車両基地からの営業線への入線は自由に行える
收容能力	基地内留置 32 編成+2 編成、駅留置 6 編成 (ただし早朝の始発対応列車である。全車両基地内留置も可能)	全車両基地に收容する 2025年 25 編成 (23+2) 2035年 36 編成 (34+2)
駅留置	駅留置をゼロにすることが可能	
アプローチ線	営業線を跨ぐ高架で立体交差する	引き揚げ線が上でアプローチ線を跨ぐ高架で立体交差(将来の延伸のため)
コミュニティに対する影響 (社会配慮は第5章)	現在コミュニティはない	既存東西道路をボックスカルバートを作り、コミュニティを維持できるようにする
建設費	本線を跨ぐ高架および Option 4 より長いアプローチ線が必要	アプローチ線は短い、ボックスカルバートの建設費が要る
その他特記事項		盛土用材料の運搬に Sitalakhya River を使うことで公道の使用を抑えることができる。輸入車両等の運搬にも同川を使うことができる
その他	変電所、駐車場、モスク、環境プラント施設用地が確保可能	

出典: JICA 調査団

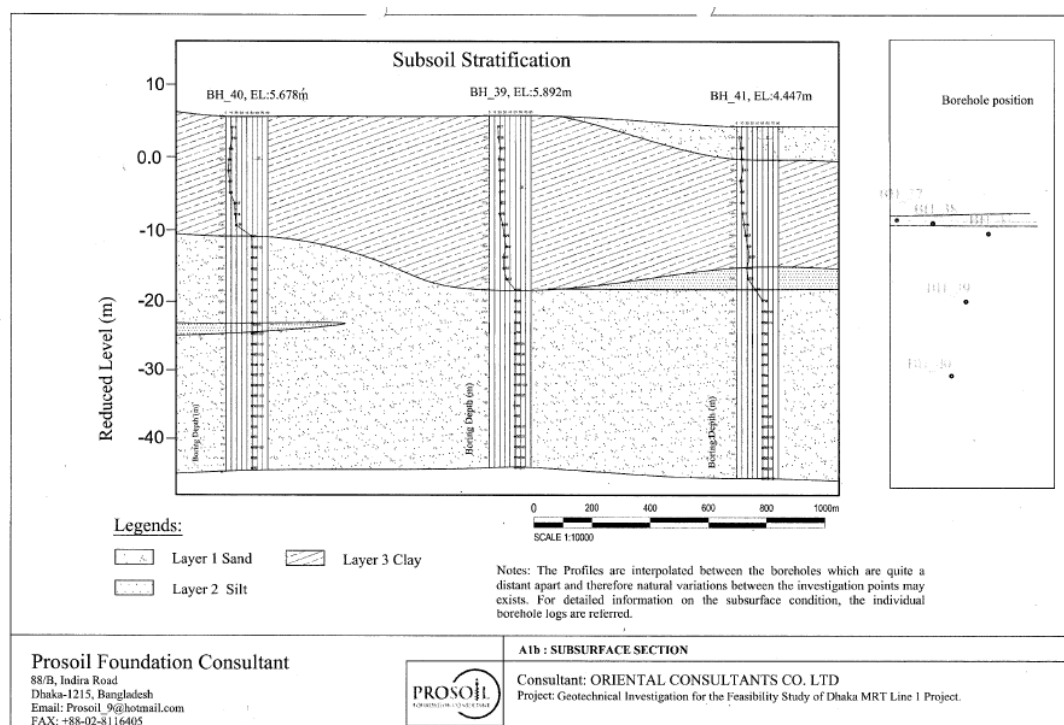
既存生活道路を維持して盛り土工事およびそれ以降の工事を行うために、盛り土工事に先立ち内空幅 3.5m 高さ 2.5m 程度のボックスカルバートを作る。これにより歩行者、力車、CNG が工事中及び完成後も通行可能である。

4.10.3 車両基地候補地の地質と地盤改良

一般的に広大な面積の車両基地を作る場所の地質は非常に良くないのが常である。現時点で車両基地の場所も正式に確定していない関係で、地質調査を詳細に実施することはできないが、図 4.10.13 のように車両基地近辺で実施された地質調査のデータを見れば、地表から地下 5m ぐらいまではやわらかい砂層がありその下に 10m ぐらいの軟弱な粘土層がありそれより下は比較的締まった砂であるので、何らかの改良工を実施する必要があると考える。そのため、詳細設計段階で詳細な地質調査を実施し適切な地盤改良法を検討し併せて豪雨のときの車両基地の排水計画も検討することとしたい。

車両基地の盛り土

車両基地の造成は地盤の悪いところ、あるいは河川の近くにあつては一般的に 3m ほどの盛り土をおこなう。予定の車両基地は 24ha であるが、3m の盛り土には約 72 万 m³ の盛り土材が必要になる。基本・詳細設計に当たっては、車両基地の地質調査を行ったうえで、盛り土設計を行う必要がある。同時に土の確保が可能と考えられる候補地を数か所見出し、地質調査を実施し盛り土設計に反映させる。さらには応札者の運搬費算定のため、車両基地からの距離等を入札図書に記載する。



出典: JICA 調査団

図 4.10.13 車両基地近辺の地質調査結果

4.10.4 車両基地の環境配慮

車両基地での環境配慮として、①車両洗浄に伴う汚水、②列車から発生する一般ごみ、③騒音、④地下水くみ上げに伴う地盤沈下が考えられる。

車体洗浄から発生する排水は、汚水処理後敷地内から集積された雨水と一緒に近くの川に放流する。汚水には洗浄に使われた洗剤や、車両から発生するオイルがあり、放流にあたっては定期的に水質の検査を実施し、Bangladesh国の環境基準（Laws Regulating Environment in Bangladesh）をみたしていることを確認しなければならない。洗浄水の処理にあたっての要求事項については、The Environment Conservation Rules 1997 Schedule に規定される。適用されるべき種別について担当省庁と協議の上きめるべきであるが、6号線協議を踏襲する予定である。

車両から発生するごみは、車両基地で同事務所から発生する一般のごみと一緒に処分することをかんがえる。

朝車両基地から出区する列車は高頻度になると考えられる。車両基地は約3mの盛り土の上で作るので、住居から離れたところにある。主な騒音源としてレールと車輪の摩擦音が考えられるが、車両基地と Purabachal Terminal 駅を結ぶ入出区線の半径をできるだけ直線に近づくように配慮する。また騒音を考慮して低速で通過すべきと考える。

車両の洗浄、床掃除、スタッフ用トイレなどに使われる水は井戸からのくみ上げを考えている。くみ上げに伴う地盤沈下の可能性があるが、車両基地のうち降雨が見込まれる用地じゃ 19ha を考えてため、十分復元力があると考ええる。ただし設計時には詳細検討をする。

4.10.5 MRT 6号線との比較

MRT 1号線と6号線の比較は表 4.10.5 に示す。

表 4.10.5 MRT 1号線と6号線の車両基地の比較表

項目		1号線の車両基地	6号線の車両基地
車両編成数と車両数		2025年200両、2035年288両	36編成、288両
留置線数		36線	18線(1線に2編成留置)
引上げ線		1線	1線
洗浄線		2線(手洗い)、機械洗浄1線	1線
気吹線		---	1線
検修線		3線	5線
テスト線		1線(900m)	1線(1,000m)
自動洗浄線		1線	1線
工場内	検修線	検修2線、	2線(8両用2線) 4線(4両用4線)
	出場検査線	1線	
	解艀装線	2線	
	臨時修繕線	2線(2両程度が収まるピットだけの線)	
広さ	車両基地面積	311,000m ² (31.1ha.)	220,000m ² (22ha.)
将来の拡張可能性		工場容量からはあと8編成まで増加可能。この場合、留置線と保守用車留置線の間及び留置線と試運転線の間8編成分の留置線を追加が可能。	

出典: JICA 調査団

4.11 事業実施計画

4.11.1 事業実施工程計画

CPからの強い要請により、2026年末開業に目標を絞って工程を立案し、それは図 4.11.1の工程表に示されるとおりである。この計画ではクリティカルになる地下駅およびトンネルの建設には最短48カ月必要であり、引き続き駅舎建設、機械・電気、設備工事が実施されるが、この作業が土木工事と競合する可能性がある。また軌道工事と土木工事が競合する可能性もある。詳細については後述する。