

# 4 都市交通システムの 整備計画

## 4 都市交通システムの整備計画

### 4.1 路線計画

#### 4.1.1 高架、地下、地上区間の選定

##### (1) 構造選定の前提条件

本件路線の高架、地下、地上区間選定にあたり、以下の前提条件を設定した。

- 道路交通を遮断せず交通渋滞に極力影響を与えない、すなわち、車線数を極力減らさず、既存の交差点、Uターン箇所を極力なくさない。
- プロジェクトの遅延、頓挫、計画の見直しを避けるために**用地買収を極力行わない**。
- メトロと道路交通との間に**平面交差（踏み切り）を設けない**。
- 特に都心部において**景観および騒音・振動、日照等の環境面に配慮する**。

##### (2) 構造選定

上記の前提条件より、基本的に以下のように設計する。

- 中央分離帯がなく道路脇の公共用地も少ない都心部では地下とする。
- 地下より地上に出るランプ区間は中央分離帯のある道路に設ける。
- それに続く郊外へと伸びる区間においては交差点（ロータリー、一般十字路、一般T字路）、Uターン箇所、鉄道を横切るため高架とする。

ランプ区間は幅約 9m の擁壁および盛土が約 400m に亘り占有してしまうため、中央分離帯にランプ区間を設ける。中央分離帯のあるサッポロロータリー駅と第 25 葉局駅の間と東交差点東側地点にランプを設ける。映画スタジオ駅は地下と高架の変化点に位置し、中央分離帯が存在するので地上駅（軌道は地上で駅本屋は上にある橋上駅舎）とした。これらの内容を図 4.1.1 に示す。



図 4.1.1 高架、地下、地上区間の区分

出典：調査団

## 4.1.2 線形計画

### (1) 線形を決めるための前提条件

#### 1) 平面線形

以下を基本に線形を検討した。

- 地下区間：道路の中心を通す。
- 高架区間：中央分離帯のある区間では中央分離帯部に通す。
- その他の区間：道路脇の公共用地もしくは道路中心を通す。
- トロリーバスターミナル駅前後：トロリーバス駅を植物園内に設けることとしたため、線形を道路より植物園敷地内に振っている。

なお、平面曲線半径については第 4.4.3 項 土木施設の設計条件で規定する条件を満たすものとする。

#### 2) 軌条面高（レール面高）

駅下に自動車交通のある高架駅部：

道路の建築限界高（5.5m 以上）、桁高、コンコース階での桁下空頭および軌道構造高を考慮し、道路面高より 15m 上に設定。

駅下に自動車交通のない高架駅部：

一階をコンコース階、二階をホーム階とし、道路面高より 9m 上に設定。

地下駅部：

地下一階をコンコース階、地下二階をホーム階とする二層構造で計画し、道路面下 5～6m 程度は地下歩道および埋設物用のスペースを確保するため道路面高より 17m 下に設定。

#### 3) 縦断線形

上記の駅部における軌条面高を基本に、第 4.4.3 項 土木施設の設計条件で規定する縦断勾配および縦断曲線半径を満たす縦断線形を設定するものとする。

なお、高架駅間においては、大スパンの橋梁が考えられるウランバートル鉄道やサッポロロータリー等を横断する箇所においても桁下空頭を確保し、また乗り心地の面にも配慮して、軌条面高を道路面高より 15m の高さを保つこととした。

### (2) 平面・縦断線形の検討結果

上記条件に基づき計画した概略縦断図を図 4.1.2 に、詳細縦断線形図は第 4.6 節 土木構造物計画（地下部）に示し、平面線形図は**付属資料**に示した。

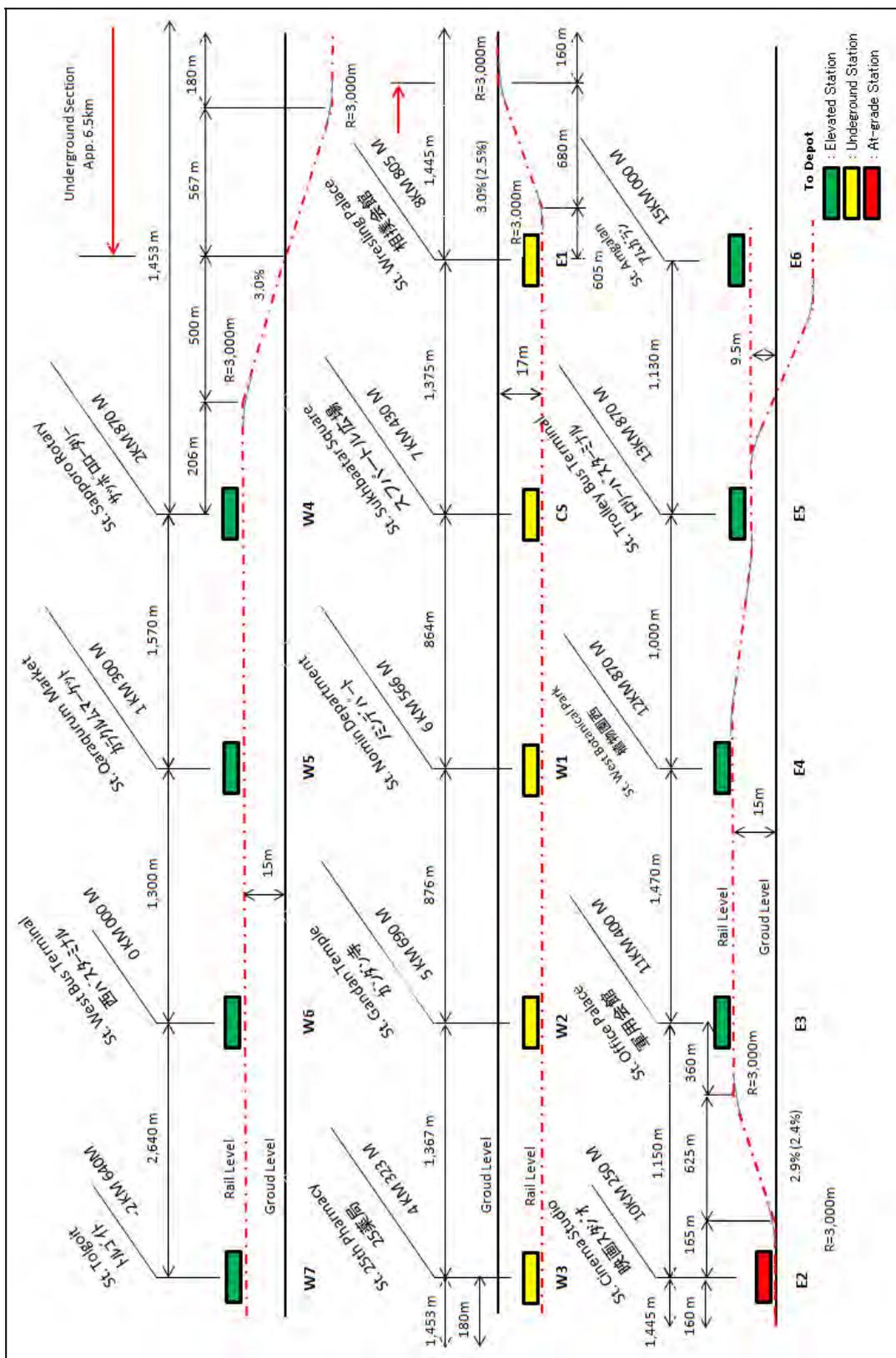


図 4.1.2 概略縦断面図

出典：調査団

### (3) 道路のフライオーバー計画との調整

現在、本メトロ計画路線上において4箇所の道路フライオーバー計画がある。図4.1.3に示す①西交差点、②東交差点、③サッポロ交差点、⑤ソンスゴロン（トルゴイット）が該当、これらの計画概要とこれらに対するメトロ側での対策は以下に述べる通りで



出典：ウランバートル市マスタープラン2030（UBMP2030）（案）

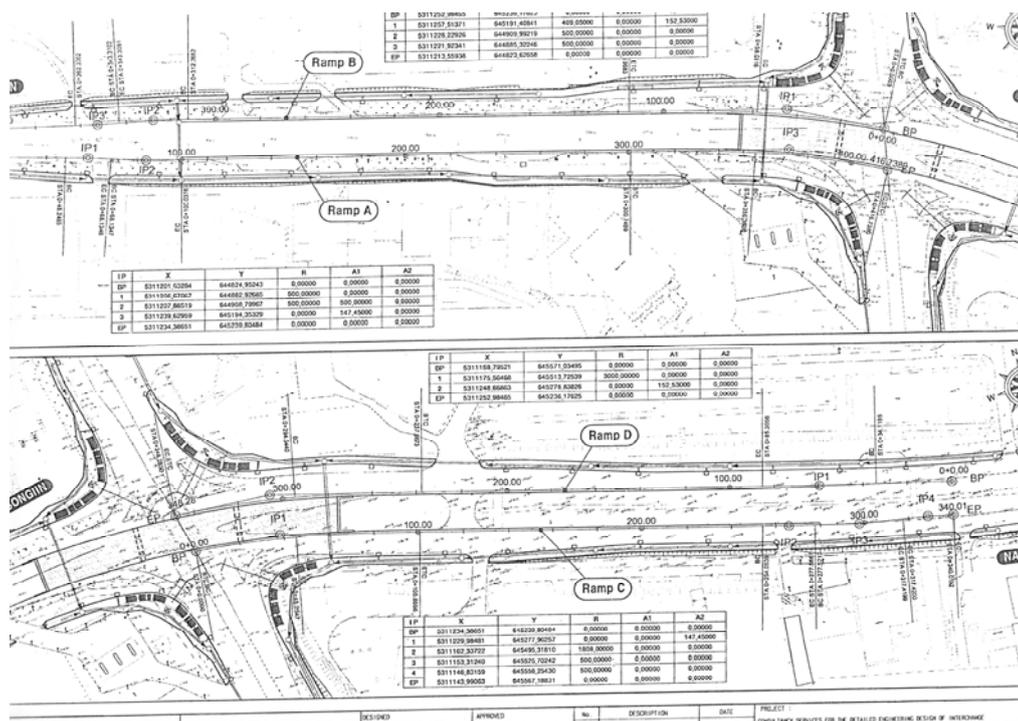
図4.1.3 ウランバートル市内のフライオーバー計画

#### 1) 東交差点

詳細設計が韓国のコンサルタントにより既に終了しており、その設計も承認されている。現在、モンゴル開発銀行の融資事業として建設が検討されているが、ファイナンスが決まれば、施工業者選定の入札手続きに入ると思われる。

フライオーバーの構造は、交差点において平和通りの中央部を東西方向に高架化することにより、南北方向の道路と立体交差化させるものである。道路の立体交差化に伴い、交差点における4つのコーナーを結ぶ地下歩道も建設される予定である。フライオーバー計画の平面図を図4.1.4に示す。

メトロ計画の対策として、計画されているフライオーバーの両脇にシールド工法によりトンネルを施工することとし、地下歩道にも支障のない縦断線形とすることで対応する。ただし、近接施工となることは避けられないため、適切な対策を施す必要がある。



出典：ウランバートル市道路局

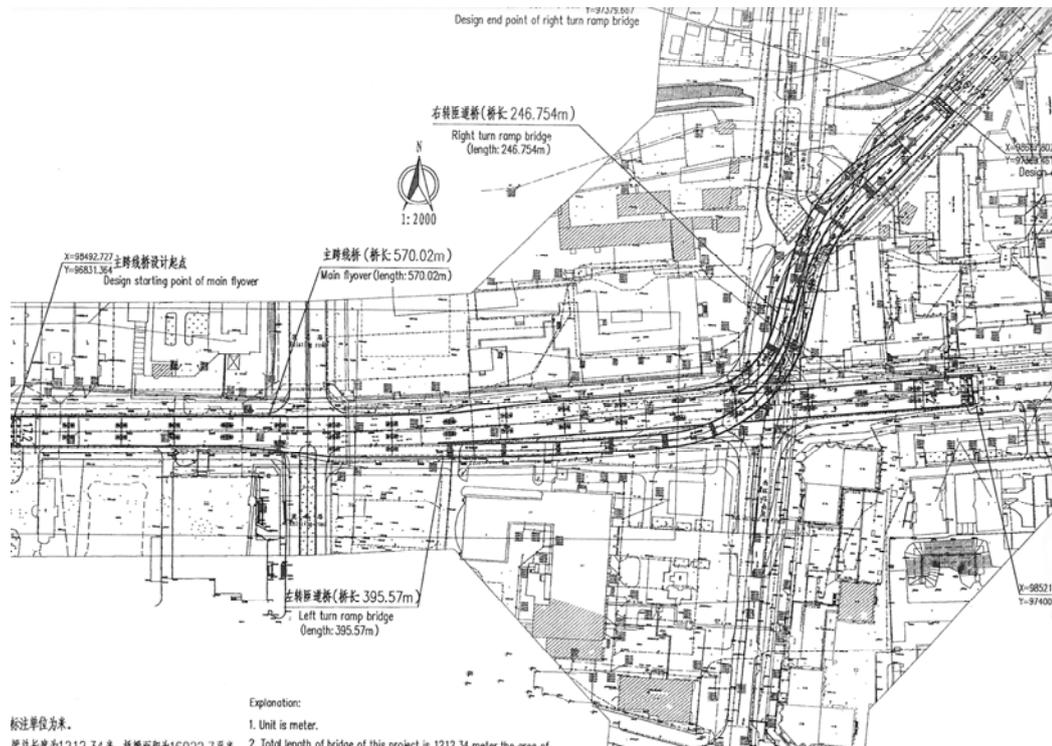
図 4.1.4 東交差点のフライオーバー計画(平面図)

## 2) 西交差点

詳細設計は、ウランバートル市の独自予算で、中国のコンサルタントにより 2008 年に実施されており、既に設計承認も下りている。当事業は、中国の借款事業として建設が予定されており、省の評価・承認及び国会手続きが終われば、建設に向けた動きが開始するとのことである。

フライオーバーの構造は、西交差点と平和通り沿いの隣り合う交差点とを連続的に高架化し、更に北と西を高架上で繋ぐ三層構造となっている。フライオーバー計画の平面図を図 4.1.5 に示す。

北と西を繋ぐフライオーバーが計画されているため、平和通りの道路幅一杯に橋脚が配置されており、かつ交差点内においてもメトロの路線計画を阻むかのように橋脚が計画されている。メトロ計画にあたっては、フライオーバーの橋脚基礎を避けるような線形とし、近接施工として適切な対策を施すことになる。



出典：ウランバートル市道路局

図 4.1.5 西交差点のフライオーバー計画(平面図)

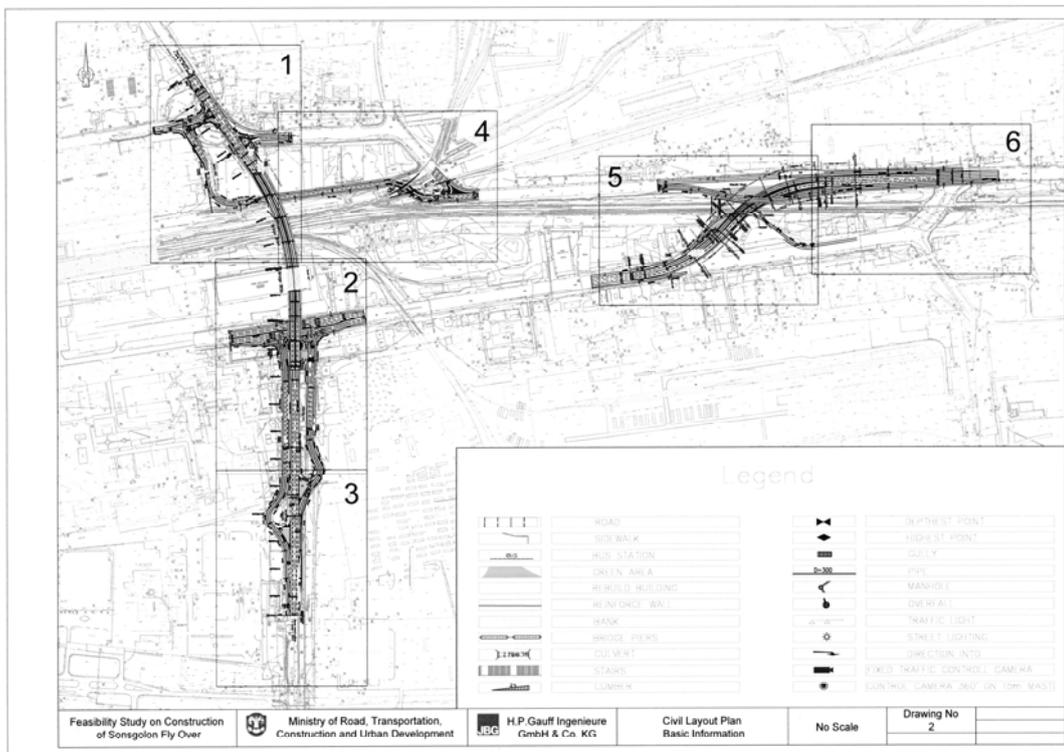
### 3) サッポロ交差点

サッポロ交差点での立体交差計画については、未だ設計段階には入っていない。以前、タービン型の高架ロータリーも検討されているとのことであったが、話は進んでいないようである。一方で、本フライオーバーの設計コンサルタントの入札が行われ中国の業者が選定されるとの話もあったが、その入札は無効となり、2014年の3月か4月頃に再入札となるとのことである。今回無効となった入札で中国のコンサルタントが提案したフライオーバーのコンセプトは、平和通りの道路中央を通る東西方向に立体化する構造で、もしこの提案が通れば、メトロの線形計画でも道路中央を通すことにしているため見直しが必要であると考えていた。サッポロ交差点でのメトロ計画にあたっては、今後のフライオーバー計画の動向に注意を払いつつ、道路局および選定されるフライオーバーの設計コンサルタントと協議を行いながら見直しが必要であると認識している。

### 4) ソンスゴロン (トルゴイト)

トルゴイトにおけるソンスゴロンのウランバートル鉄道との立体交差事業は、現在、ドイツのコンサルタントにより FS が実施されており、中国の借款で工事が実施されるとも言われているが、未だ決定はされていないようである。本計画は、南北を結ぶウランバートル鉄道を跨ぐフライオーバーを建設し、また既存の道路とウランバー

トル鉄道との踏切り横に鉄道を潜るアンダーパスを建設し立体交差化するものである。本計画の平面図は、図 4.1.6 に示す通りである。メトロ計画の対策として、本ソンスゴロンの立体交差事業の構造に支障のない線形、構造をメトロ側で対応することを考えている。



出典：ウランバートル市道路局

図 4.1.6 ソンスゴロンのフライオーバー計画(平面図)

## 4.2 輸送計画

### 4.2.1 輸送計画の概要

ウランバートルメトロの輸送計画の概要を表 4.2.1 に示す。急曲線が少なく、駅間距離が比較的長い為、最高速度を 100km/h と高めに設定することにより、到達時分の短縮が期待できる。建設コストを抑制し、効率的な列車運行を行う為、列車の編成車両数は 6 両編成とした。

表 4.2.1 輸送計画の概要

項目		内容	
軌間 (mm)		1,435	
電力方式		DC1.5KV 50Hz 架空電車線方式	
区間		トルゴイト - アムガラン	
路線長(km)		17.640km (始末端駅間)	
本線路最小曲線半径 (m)		200	
本線路最大実こう配 (‰)		30.0	
駅数		14 (地下 5 駅)	
駅間距離 (m)	最長	2,640	
	最短	864	
	平均	1,356	
営業時間		AM 6:00 ~ PM 11:00	
需要予測			
区間	年	2020	2030
	ピーク時最大交通量 (人/時/片方向)	10,729	17,767
	列車編成両数	6	
列車定員(180%乗車)		1,428	1,428
運行間隔 (ピーク時間帯) (秒)		515	300
表定速度 (km/h)		39.2	
表定時間(分)		27	
最高速度(km/h)		100 (但し地下区間 80)	
停車時分(秒)		30	
最小折り返し時分 (秒)		300	
最多運転列車本数		7	12
最多運転車両数		42	72
列車編成	所要編成数	8	13
	検査予備編成数	1	1
	臨時予備編成数	1	1
	合計	10	15
	列車編成	2020 年	2030 年

出典：調査団

#### 4.2.2 列車運行計画

##### (1) ピーク時輸送量

需要予測から得られたピーク時輸送量を表 4.2.2 に示す。

表 4.2.2 ピーク時輸送量(PHPDT)

区間	2020 年	2030 年
サッポロロータリー -第 25 薬局	10,729	17,767

出典：調査団

## (2) 輸送能力

編成両数毎の列車輸送能力を表 4.2.3 に示す。

表 4.2.3 編成毎輸送能力(人)

輸送能力	4 両編成	6 両編成
乗車率 100%	618 人	942 人
乗車率 150%	826 人	1258 人
乗車率 180%	940 人	1428 人

注) Tc : 制御車=147 人、M : 電動車=162 人、T : 付随車=162 人、4  
両編成 : Tc+M+M+Tc = 618 ; 6 両編成 : Tc+M+M+T+M+Tc=942 人  
で計算

出典 : 調査団

## (3) 運行シミュレーション

運転シミュレーションの結果を表 4.2.4 に示す。

表 4.2.4 運転シミュレーション

項目		内容
区間		トルゴイトーアムガラン
区間長		17.640km (始末端駅間)
電車線電圧		1.5Kv
最高速度 (km/h)		100 (地下区間 80)
車両	車両編成	3M3T
	乗車効率	180%
	列車重量 (t)	265
	発車加速度 (km/h/s)	3.5
	減速度 (途中) (km/h/s)	2.0
	減速度 (停止) (km/h/s)	2.5
運行時間 (分)		21
停車時分 (秒)		30
表定運行時間 (分)		27
表定速度 (km/h)		39.2

出典 : 調査団

## (4) 所要編成数の算定

前述のピーク時輸送を遂行する為に必要となる、所要編成数と運行間隔、及び所要車両数の比較を表 4.2.5 に示す。列車は 6 両編成での運行が効率的である。必要編成数は、次式により算定した。

$$\text{必要編成数} = \frac{(\text{線区の運転時分} + \text{折り返し時分}) \times 2}{\text{ピーク時の運転時隔}}$$

表 4.2.5 所要編成数比較

車両編成数 (乗車率：180%)	4 両		6 両	
	2020	2030	2020	2030
ピーク時運転間隔	5	3	8	5
折り返し時分	5	3	5	5
所要編成数	13	20	8	13
所要車両数	52	80	48	78

出典：調査団

### (5) 列車運行計画

2020 年（表 4.2.6）、2030 年時点（表 4.2.7）での 1 日の列車運行計画を以下に示す。

表 4.2.6 2020 年時点列車運行計画

年	2020
区間	トルゴイト — アムガラン
編成両数	6
ピーク時運転間隔（分）	7.5
オフピーク時運転間隔（分）	15
早朝・深夜の運転間隔（分）	30

出典：調査団

表 4.2.7 2030 年時点列車運行計画

年	2030
区間	トルゴイト — アムガラン
編成両数	6
ピーク時運転間隔（分）	5
オフピーク時運転間隔（分）	10
早朝・深夜の運転間隔（分）	30

出典：調査団

### (6) 所要編成数、車両数

表 4.2.8 所要編成数・所要車両数

年	所要編成数	検修予備	臨時運用予備	計画編成総数	計画車両総数
2020	8	1	1	10	60
2030	13	1	1	15	90

出典：調査団

### (7) 列車キロ及び平均日車キロ

2020 年、2030 年の 1 日列車キロ及び平均日車キロを表 4.2.9 に示す。

表 4.2.9 列車キロ及び平均車両キロ

年	列車キロ/日	平均車両キロ/日
2020	2,504.88	192.68
2030	3,845.52	295.8

出典：調査団

## 4.3 車両計画

### 4.3.1 車両計画の概要

ウランバートルメトロの車両には以下の事項が要求される、鉄道車両に求められる基本的な要素 RAMS (Reliability, Availability, Maintainability, Safety) を満たしたうえで、特に環境負荷低減に優れた日本の最新車両モデルをベースとした計画を提案する。ウランバートルメトロの車両計画の概要を表 4.3.1 に示す。

- 信頼性
- 可用性
- メンテナンスフリー
- 安全性
- 冗長性・極寒期の耐久性
- ユニバーサルデザイン・バリアフリー
- 防犯・防災性
- 省エネルギー、低ライフサイクルコスト、高リサイクル性

表 4.3.1 ウランバートルメトロ車両計画の概要

	TC (制御車)			M (電動車)			T (付随車)		
軌間 (mm)	1,435								
電気方式	DC 1500V								
車体長 (m)	20			20			20		
車幅 (m)	2.95			2.95			2.95		
高さ (m)	3.655			3.655			3.655		
車体	無塗装軽量ステンレス又はアルミニウム合金								
列車編成両数	6								
列車編成組成	Tc + M + M + T + M + Tc								
最大軸重 (t)	14								
自重 (t)	25.7			28.2			22.4		
定員	100 %	150 %	180 %	100 %	150 %	180 %	100 %	150 %	180 %
	座席	48	48	48	54	54	54	54	54
	立席	99	149	178	108	162	194	108	162
	合計	147	197	226	162	216	244	162	244
最大乗車重量 (t/両)	20 (平均)								
設計最高速度 (km/h) (運転最高速度)	110								
加速度 (m/s*s)	0.92 (3.3km/h/s) 但し、乗車重量 21t/両まで一定								
常用減速度 (m/s*s)	0.97 (3.5km/h/s) 但し、乗車重量 21t/両まで一定								
非常用減速度 (m/s*s)	1.25 (4.5km/h/s) 但し、乗車重量 21t/両まで一定								
台車形式	ボルスタレス式空気バネ								
主電動機	3 相交流誘導モーター								
速度制御方式	VVVF インバータ制御 (IGBT)								
集電装置	シングルアームパンタグラフ								
ブレーキ	電空併用、回生ブレーキ								
信号システム	デジタル ATC								
貫通路	有 (前面貫通扉含む)								
モニタリング装置	TIS (列車情報装置)								
勾配登坂条件	35%勾配を 21 t /両の乗客重量で 1 ユニット (8MM) 開放で起動し、短時間運転できる。 同一荷重条件の起動不能列車を連結し、起動・推進可能である。								

注) Tc : 制御車 M : 電動車 T : 付随車

出典 : 調査団

## 4.4 施設計画

### 4.4.1 地盤状況<sup>1</sup>

本路線での地盤状況の特徴は以下の通りである。

- ① 砂礫・砂主体の地盤が支配的である。ただし、標準貫入試験結果は N=20～30 程度の地盤が支配的であり、杭基礎の支持層選定には留意が必要な地盤である。
- ② 地下駅の CS (Sukhbaatar Square) 駅から東交差点にかけて、砂岩が確認されている。また、東交差点では GL-2m に砂岩が確認されている。
- ③ 地下水位は-0.8m～-8.4m と地下水が豊富な地盤でもある。
- ④ 凍結深度は、GL-3～-4m である。

### 4.4.2 地下埋設物と支障構造物

#### (1) 地下埋設物

暖房配管、上水道、下水道、通信、電気が地下埋設物として敷設されている。地下埋設物の図はウランバートル市役所エンジニアリングファシリティ課より受領した。

#### (2) 新路線計画で支障するインフラ構造物のリスト

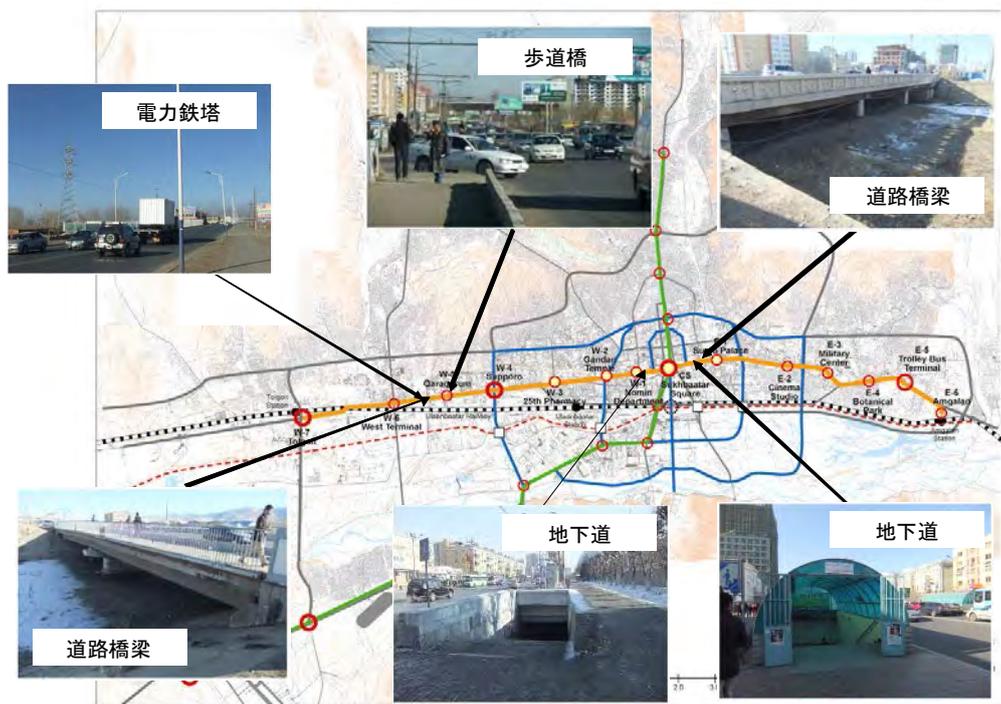
東西線の新路線計画の平面、縦断計画でコントロールとなるインフラ構造物を以下に示す。

表 4.4.1 支障構造物

番号	インフラ構造物	場所
1	電力鉄塔	鉄道計画路線と近接または交差する電力鉄塔
2	道路橋梁	平和通り
3	道路橋梁	平和通り
4	地下道	平和通り 2 箇所
5	歩道橋	平和通り

出典：調査団

<sup>1</sup> 以下の 2 つの調査における地質調査結果を参考にした。1) Feasibility Study on Metro Construction Project in Ulaanbaatar City; June 2011 ; Public Transport Department of the capital city, Soosung, Seoul Metro、2) Report on engineering geological Investigation for the basic study on urban transit network t the city of Ulaanbaatar: MON-MFF:TA 7156-MON :Ulaanbaatar Urban Transport Development Project, 2012



出典：調査団

図 4.4.1 平和通りにおける支障構造物位置図

#### 4.4.3 土木施設の設計条件

第 3.2 節 ウランバートルメトロの整備方針の検討において選定されたシステムに対し、安全な運行を確保しかつ現地の状況を考慮して鉄道路土木施設の線路設計基準を表 4.4.2 のように設定する。

表 4.4.2 土木施設の線路設計基準

項目	設計基準
軌間（レール間距離）	1,435mm（標準軌）
線間（線路中心間距離）	4,000mm
平面曲線半径 本線 ホーム部 車両基地内	300m 以上（止むを得ない場合 200m 以上） 800m 以上 140m 以上
最急勾配 本線 側線および車両基地内	35 パーミリ 3.5 パーミリ
縦断曲線半径	3,000m 以上
ホーム長	130m（6 両対応）

出典：調査団

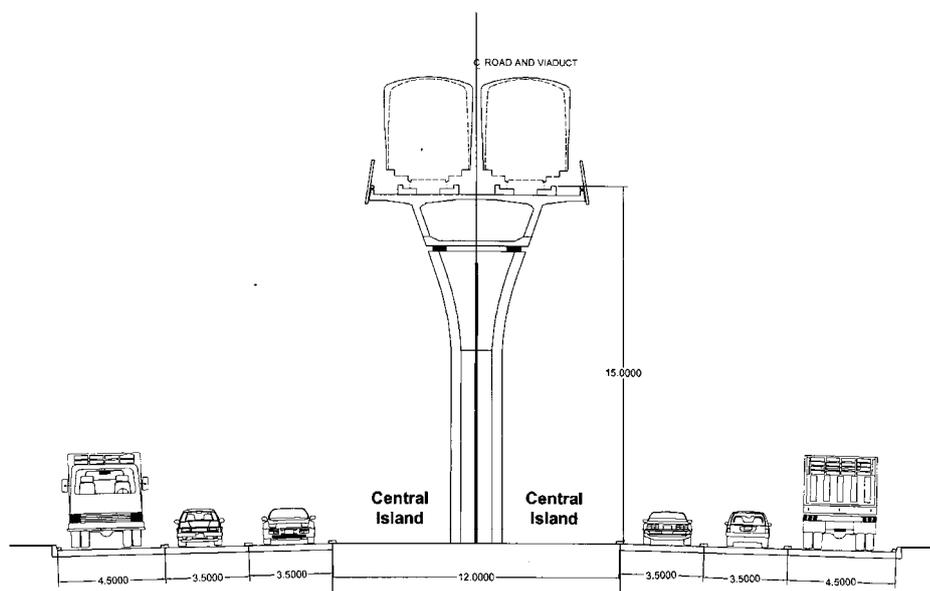
## 4.5 土木構造物計画（高架部）

### 4.5.1 高架部の一般構造

本メトロ計画路線は平和通りの道路上空を利用するため、極力道路交通への影響が少ない単柱式橋脚と桁との組合せを基本とするが、車道上に橋脚を設けるのが相応しくない箇所については門型の橋脚を採用することとする。

#### (1) 上部工

上部工については、通常、最も経済的と言われている箱型PC桁の25m程度を標準とする。標準断面図を図4.5.1に示す。



出典：調査団

図 4.5.1 高架部標準断面図

#### (2) 下部工

ウランバートルの地質はN値20～30程度の粘土・シルト混じりの砂礫層が表層より10～40m程度堆積し、その下に岩盤層があるのが一般的である。そのため、摩擦杭として考えられなくもないが、支持地盤である岩盤層まで打設するのが確実に望ましいと判断される。詳細な検討については設計段階で実施することとする。

なお、中央分離帯のない車道上に施工する橋脚の基礎は、施工時の影響範囲を最小限にすることを考えれば、フーチングを設けた群杭形式よりも大口径の一柱式基礎とすることも考えられるが、その選定は次の基本設計段階に検討するものとする。

#### 4.5.2 高架部の特殊構造

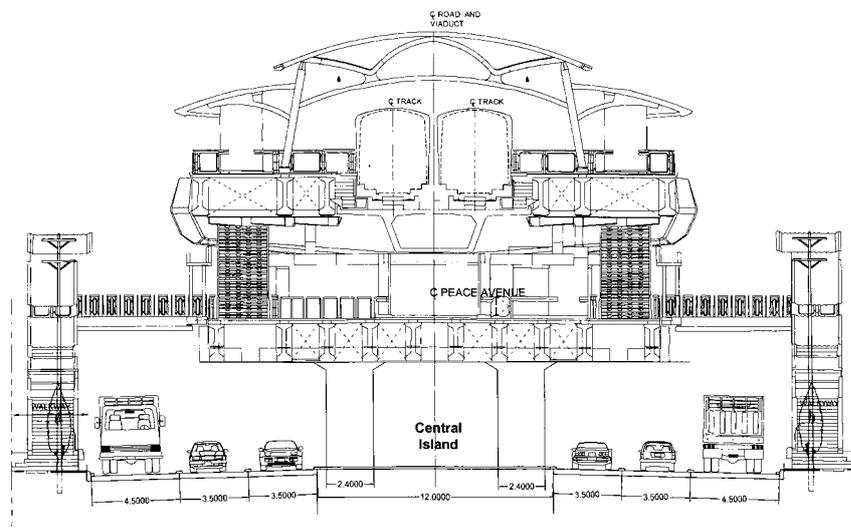
ウランバートル鉄道横断部では、70～80m スパンの橋梁が必要となり、PC 箱型連続桁が最も適していると思われる。

#### 4.5.3 高架駅一般構造

本対象路線では、以下の2タイプの高架駅を提案する。

- ① 車道上に設ける場合の高架駅: 軌道階・コンコース階ともに高架の構造
- ② 車道以外の場所に設ける場合の高架駅: 軌道階のみ高架の構造

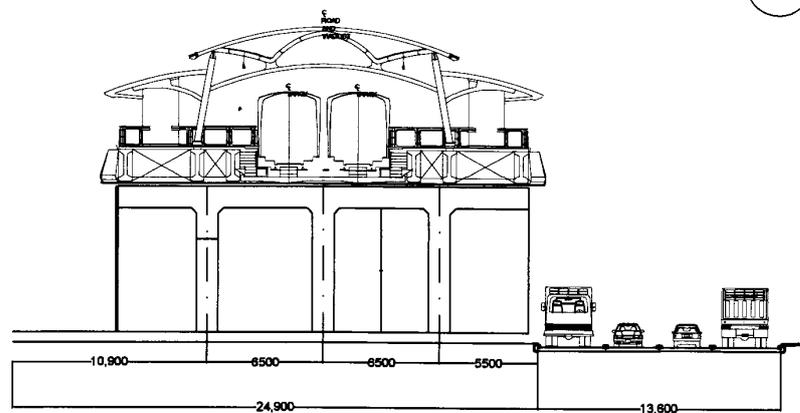
それぞれの標準断面を図 4.5.2 および図 4.5.3 に示す。



出典：調査団

図 4.5.2 高架駅標準断面図(二層構造)

E-178

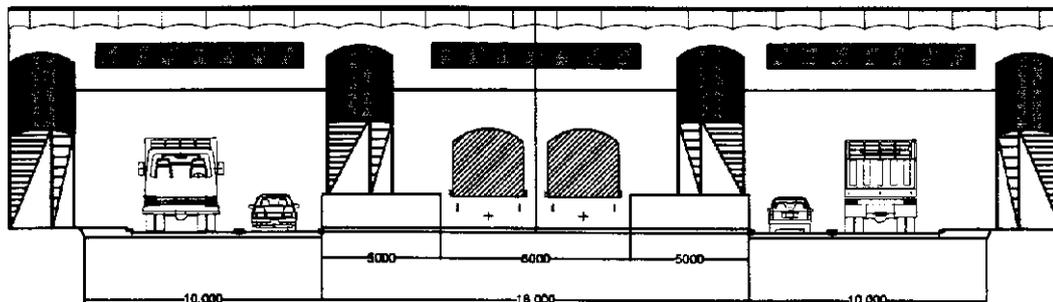


出典：調査団

図 4.5.3 高架駅標準断面図(一層構造)

#### 4.5.4 地上駅一般構造

映画スタジオ駅は地下区間と高架区間の中間点に位置し、駅を設けるだけの中央分離帯幅があるため地上駅とした。その一般断面図を図 4.5.4 に示す。



出典：調査団

図 4.5.4 地上駅断面図(橋上駅)

#### 4.6 土木構造物計画（地下部）

##### 4.6.1 地下部の計画

###### (1) 地下駅部

地下駅部の開削工法には、表 4.6.1 に示すように順巻き工法と逆巻き工法の 2 つの工法があるが、順巻き工法を提案する。また、今回のウランバートルメトロの地下部の施工は、そのほとんどが道路下での施工となるため、路面覆工によって道路交通の確保を行う。

表 4.6.1 開削工法の種類と特徴

工法	特徴
順巻き工法	<ul style="list-style-type: none"> <li>掘削・支保工設置を順番に行って最終掘削後、構築を下から順番に施工しつつ、支保工の撤去、埋戻しを行う工法。</li> <li>側壁を直接防水できる。</li> </ul>
逆巻き工法	<ul style="list-style-type: none"> <li>構造本体と土留め支保工を一体化した工法である。掘削と平行してコンクリート打設などにより地下に築造する構造物を上から順次下に施工を進め、出来上がった構造物を土留め支保工に兼用する。背面地盤の変状を抑えたい場合、例えば、ビル建物に近接した施工、鉄道などに近接した施工などで用いられる。</li> <li>土留め壁は RC 連続壁が採用される場合が多いが、当該地区の地盤が砂・砂礫主体であり、RC 連続壁施工時の孔壁崩壊を防ぐための補助工法が必要となる。この補助工法の工事費は膨大なものとなる。</li> <li>日本の無償援助で施工された太陽大橋の杭基礎は、場所打ちオールケーシング杭で施工しており、逆巻き工法による孔壁崩壊へのリスクを考えた工法となっている。</li> <li>逆巻き工法の RC 連続地下壁本体利用の場合、<u>側壁の防水工が施工できないため、将来の漏水に対するリスクがある。</u></li> </ul>

出典：調査団

## (2) 地下水脈への影響

本ウランバートルメトロの計画では、地下区間のレールレベルを地表面下約 17m と設定し、駅部は幅約 23m、長さ約 210m、高さ約 13m のボックス型を、駅間については直径約 7m の単線並列シールドトンネルを提案している。このような構造に対し、地下区間の施工中及び供用時における地下水脈への影響について、以下で説明する。

本地域の地盤はシルト、粘土分をさほど多くは含んでいないため、不透水層を形成する層はないと判断される。このことは既存データの透水試験より求められる透水係数が  $10^{-2}$  程度と大きいことから理解できる。したがって、地下 17m に位置する直径約 7m のシールドトンネルにより地下水脈が影響を受けるとは考え難い。地下駅については、施工時におけるドライワークを確保するために、地下水を下げる地下水揚水工法か地盤改良工法を用いなければならない。地下水揚水工法を採用した場合、地下水を下げることに伴う地盤沈下の可能性及び井戸枯れ等の検討が必要となり、一方、地盤改良工法を用いた場合には工費が嵩むことになる。地下水脈への影響を考えた場合には、地盤改良工法の方が望ましいと思われる。完成形においては、駅躯体及び山留め壁や地盤改良により、駅一箇所当り幅 210m に亘り影響を及ぼすことが想定されるが、対策工については日本でも検討され既に実施されている。いくつかの工法が提案されているが、いずれも駅構造物により堰き止められる水を管や透水性の高い材料により流すものである。

前述したように、本地域の地盤は下層に位置する岩盤までは不透水層にあたるものは存在しないと判断され、駅の底版の直下が岩盤層でない限り、山留め壁下（駅下）の層においても水は流れるため、施工時、供用時においても全く水脈を遮断することにはならないと判断される。どの程度通水対策が必要かは、今後詳細なデータを入手し解析が必要であると考えられる。

## (3) 水象（水質・水量や地盤沈下）への影響

地下水の影響による地盤沈下は、「圧密沈下」と「即時沈下」に大別される。圧密沈下が、粒径の小さい粘土やシルト層が排水を伴い時間を掛けて圧縮するのに対し、即時沈下は、粒径の大きい砂や礫層が排水とは無関係に比較的短時間に起きる弾性的圧縮である。どちらも、沈下の対象となる層に荷重が加わることにより起こる現象であるが、地下水に起因するものとして、地下水低下による有効応力の増加がある。

前述したように、本地域の地盤は粘土、シルト成分をあまり多く含んでいないため、圧密沈下の心配はないと思われるが、即時沈下については注意が必要である。ただし、本地域における砂礫層の N 値のほとんどが 23 以上であり、土の弾性係数は比較的大きいと判断されるため、有効応力増加に伴う即時沈下量の割合もさほど大きくはないものと判断される。施工時において地下水を下げるかどうかについては、設計時にその影響につき更に検討した上で決定するものとする。

#### (4) 地下駅間トンネル

地下駅間トンネルの施工方法には、表 4.6.2 に示すように、(1) 開削工法、(2) シールド工法、(3) NATM (New Austrian Tunneling Method) 工法がある。以下に各工法の特徴を示す。これらのうち、交通への影響、工事費の点から、シールド工法を提案する。

表 4.6.2 シールド工法の種類と特徴

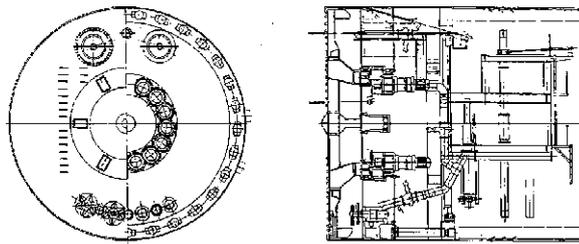
	開削工法	シールド工法	NATM 工法
工法概要	土留と切梁等の支保工を用い掘削し、トンネル躯体を構築したら埋め戻す。道路交通に極力影響を与えないように、覆工板を用いて施工するのが一般的である。	発進立抗よりシールドマシンを発進掘削し、コンクリート（もしくは鋼製）セグメントを組み立てながらトンネルを構築する。	掘削機等によりトンネルを掘削した後に支保工を組み、地盤や状況に応じロックボルトや吹き付けコンクリートの補強材を調整しながらトンネルを構築する。
特徴	交通量が少なくトンネルの深さが浅いと有利であるが、深くなると建設費が増大する。 開削工法により発生する掘削土砂は、一般的にはドライワークにより発生する含水比の低い土質であるため一般残土として処理することになる。	日本における都市トンネルでは標準的な施工法である。 シールド工法により発生する含水比の高い土砂は、産業廃棄物として適切な処理を講じる必要がある。ただし、シールド工法による掘削土砂であっても固化処理をして一般残土として処理することも考えられる。	地盤の種類が限定され、また地下水の高い場合には適していない。本案件においても比較的浅い位置に地下水が確認されている。
砂・砂礫層での適用	○	○	—
砂岩出現区間での適用	○	○	—
コスト	× (本案件ではトンネル深さは比較的深く、また仮設鋼材が輸入となるため安価とはならない。)	△ (砂・砂礫層での施工では工事費が安い工法である。)	—
道路交通への障害	× (覆工板を用いても、一時的な道路交通への影響は避けられない。)	○ (開削工法に比べ道路交通に与える影響は極めて少ない。)	—
環境へ影響	△ (岩が出現する開削工法では、騒音・振動に十分配慮した掘削方法が求められる。)	○ (騒音、振動、粉じん等の工事公害の低減、交通や市民生活への影響の抑止)	—
用地取得・住民移転	○ 工事箇所は道路敷地内となるため、特に影響はない。	○ 工事箇所は道路敷地内となるため、特に影響はない。	—

出典：調査団

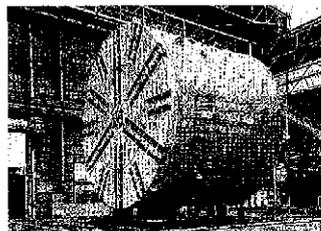
主に、都市部そして地下水の高い地盤では、密閉型の泥水式シールドか土圧式シールドが使用される。切羽の安定が図れるシールド型式を選定するためには、土質・地下水の状況、地上状況、立坑周辺環境、安全性および経済性に留意が必要である。本ウランバートルメトロの地下区間では、以下のシールド機を選定する。

- 礫対応のシールド機
- 岩盤対応のシールド機

泥水式シールド機と土圧シールド機の写真を図 4.6.1 と図 4.6.2 に示す。



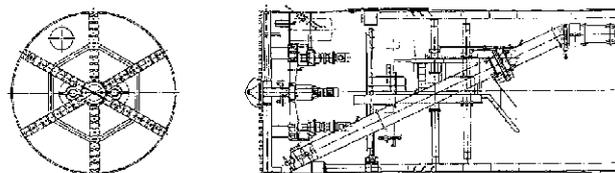
参考図 21.3 泥水式シールドの構造例



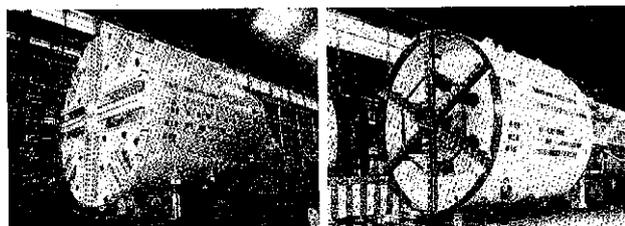
参考写真 21.1 泥水式シールド例

出典：鉄道構造物等設計標準・同解説 シールドトンネル（H14、鉄道総合技術研究所）

#### 図 4.6.1 泥水式シールド機



参考図 21.2 土圧シールドの構造例



(a) 荒種タイプ

(b) スポークタイプ

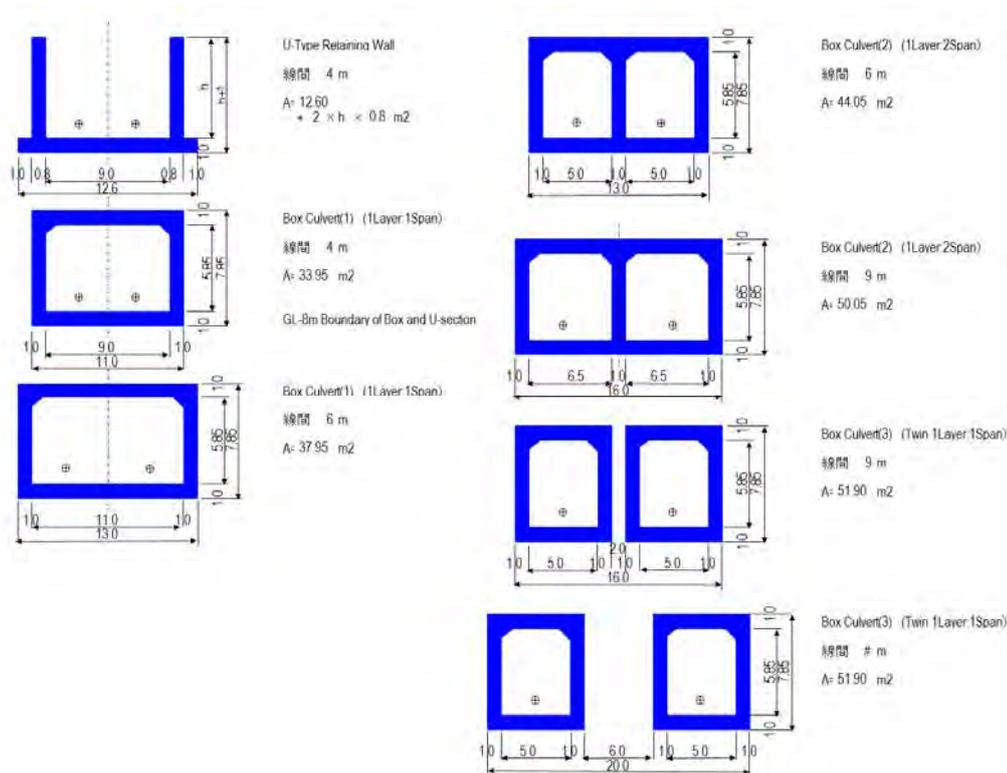
参考写真 21.1 土圧シールド例

出典：鉄道構造物等設計標準・同解説 シールドトンネル（H14、鉄道総合技術研究所）

#### 図 4.6.2 土圧シールド機

## (5) 地下から地上へ

地下から地上への移行区間は、1) 開削工法による順巻き施工を考えた。この区間にて、地下部の線間13mから地上部の線間4mへと軌道間隔を変化させた。概略の構造物形状を図4.6.3に示す。



出典：調査団

図 4.6.3 地下から地上への移行区間の構造物形状

## (6) 共同溝の施工

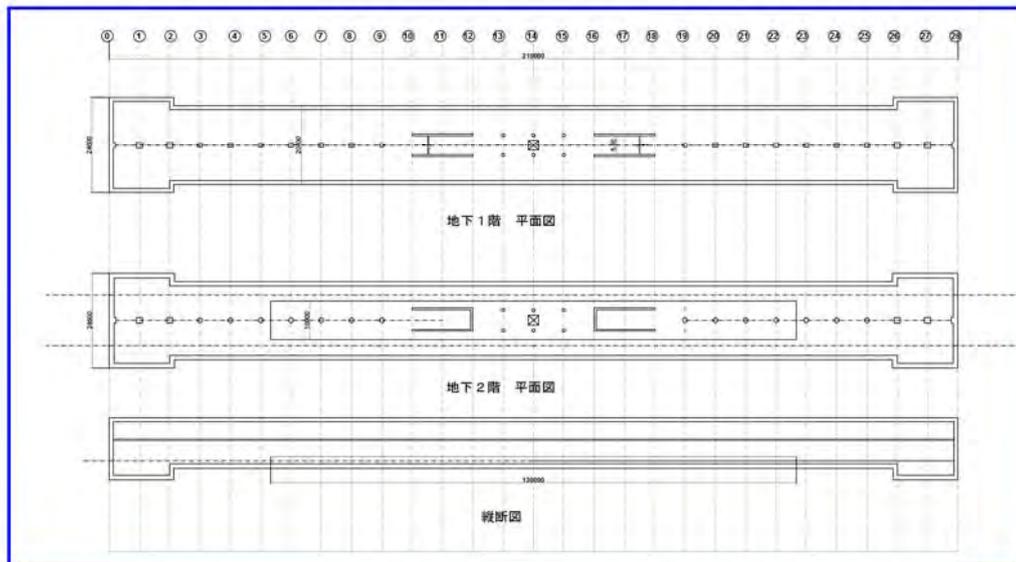
今回、駅間トンネルはシールド工法を提案しており、鉄道と同一シールドトンネル内に電気、電話、水道、ガスといったライフラインを併設することは一般的に行っていないが、必要とする規模に応じて、開削工法、シールド工法ともに対応可能である。

### 4.6.2 地下構造物の規模

#### (1) 地下駅

地下駅の概略図を図4.6.4と図4.6.5に示す。

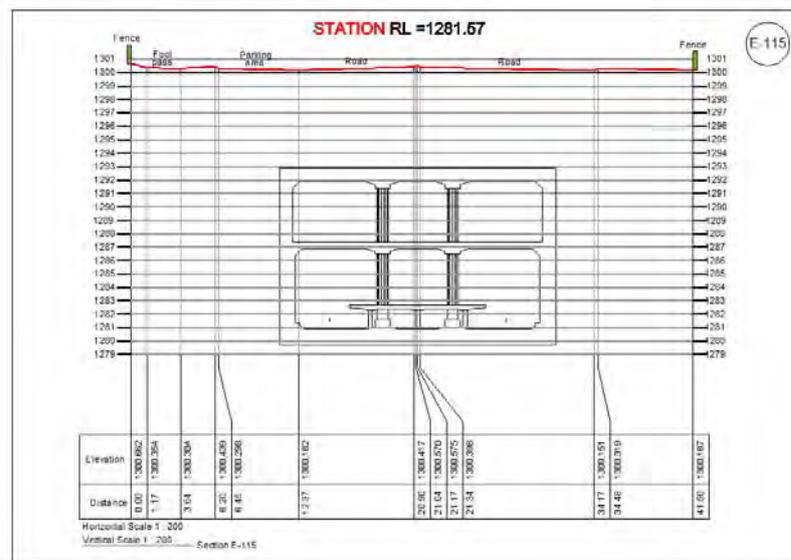
地下駅の長さ	: L1=210m
プラットホームの長さ	: L2=20m×6両+2×5m= 130m
プラットホームの幅	: B1=10m



注) シールド機の発進・到達部は、一般駅部より構築幅・高さが大きくなる。  
 上図では、駅両端にシールド発進・到達部を計画している。

出典：調査団

図 4.6.4 標準地下駅 平面・縦断面図



出典：調査団

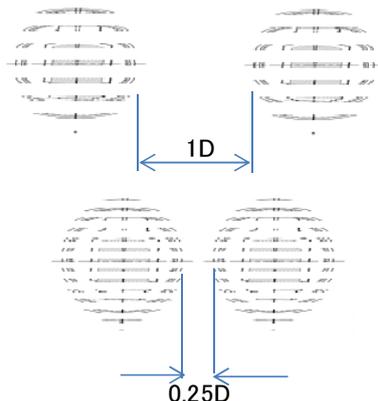
図 4.6.5 標準地下駅断面図

## (2) シールド

シールド断面は、複線か単線並列シールドのどちらかを選定することになるが、地下駅では乗降客の利便性を考慮して島式のプラットホームを基本としているので、線形的にも有利な単線並列シールドを今回提案する。

一般に単線並列シールドの離隔は  $1D$  ( $D$ : シールド外径) 離すことが多いが、今回は地盤の状況が良好であることから、後述する東側の立坑手前では、並列シールドの離隔を  $0.25D$  程度とした。

なお、先行シールドが後行シールドの施工時推力の影響を受けることにより、先行シールドの変状が懸念されるが、近年のシールドの設計・施工技術では、これらの挙動の予測評価は十分可能である。



出典：調査団

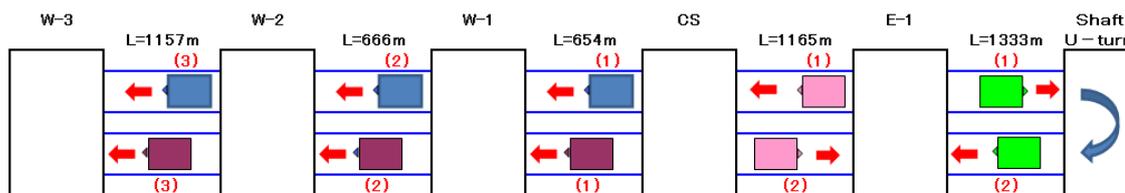
図 4.6.6 単線並列シールド離隔イメージ(その 1)

- ① シールド諸元： 単線並列シールド  
シールド径  $\phi 6.7\text{m} \sim \phi 7.2\text{m}$  程度  
シールド間隔 最大  $B1=13\text{m}$ 、最小  $B2=9\text{m}$
- ② シールド掘進 (案)

図 4.6.7 にシールドの掘進 (案) を示す。

E-1 駅から東に向けて地上に上る区間の施工方法として、開削工法も考えられるが、地形の状況および砂岩が出現すること、そして交通量の多い東交差点での開削工事による道路交通への障害を考慮し、シールド工法による施工を提案する。

よって、東交差点の東側に回転立坑 (Shaft) を計画した。



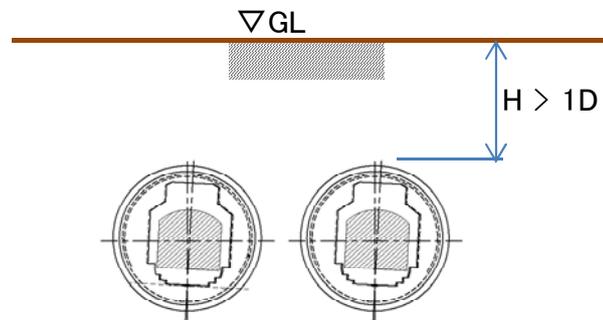
出典：調査団

図 4.6.7 シールドの掘進(案)

### 4.6.3 地下区間の縦断計画

地下区間の縦断計画の条件を以下に示す。

- ① 駅部の土被り：地下埋設物が、地表面から約 3m 程度に位置しているため、この地下埋設空間を考慮して 4m 以上確保するものとした。
- ② 各地下駅間に排水ポンプ室を設置しないよう縦断線形を考えた。
- ③ 排水はすべて地下駅で処理する縦断線形とした。
- ④ 地盤面からシールド頂部までの離隔は 1D 以上とした。
- ⑤ 地下歩道および橋梁基礎底面より、シールド頂部までの離隔を 1D 程度確保した。



出典：調査団

図 4.6.8 シールド離隔イメージ(その 2)

次のページに縦断図を示す。

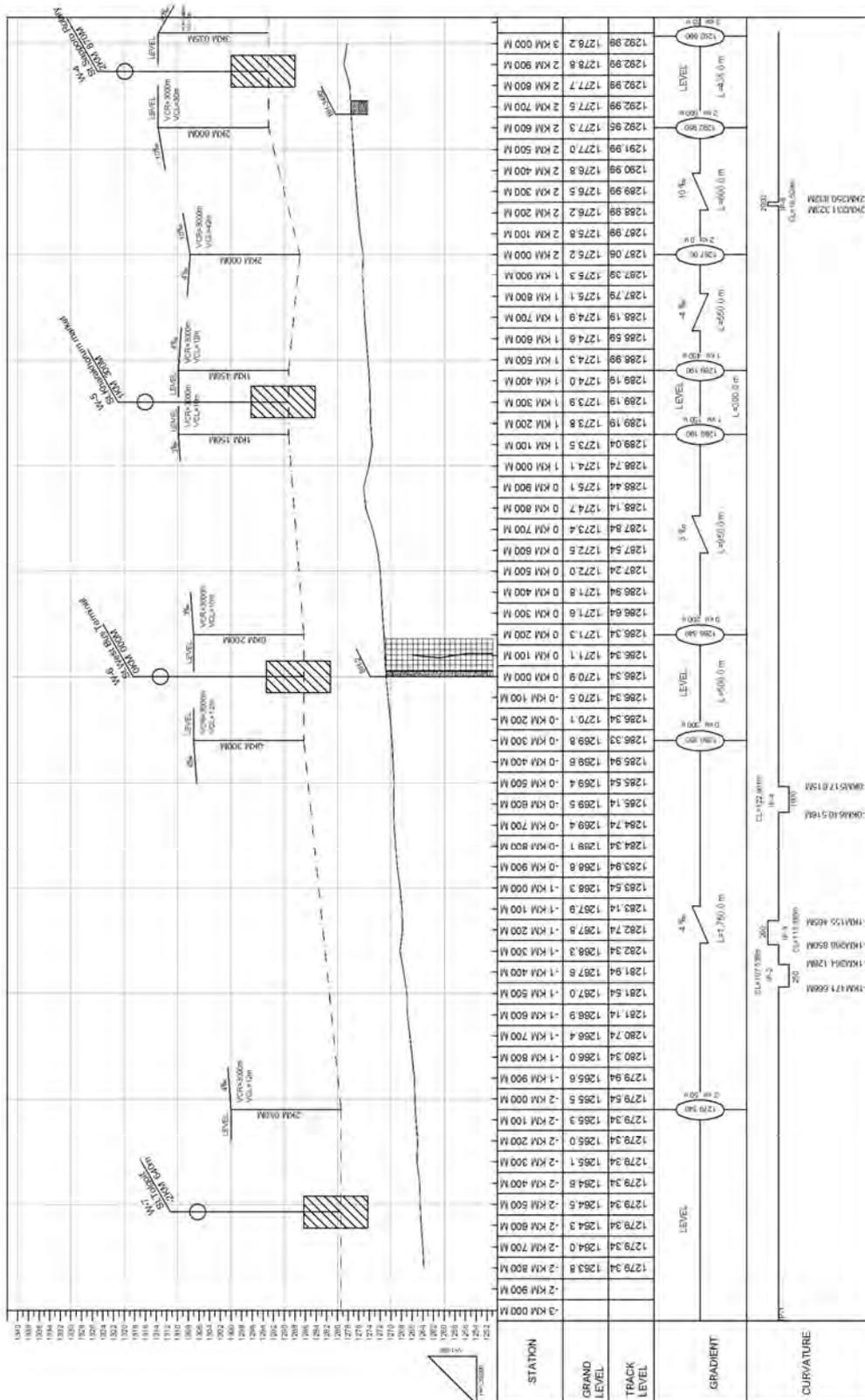
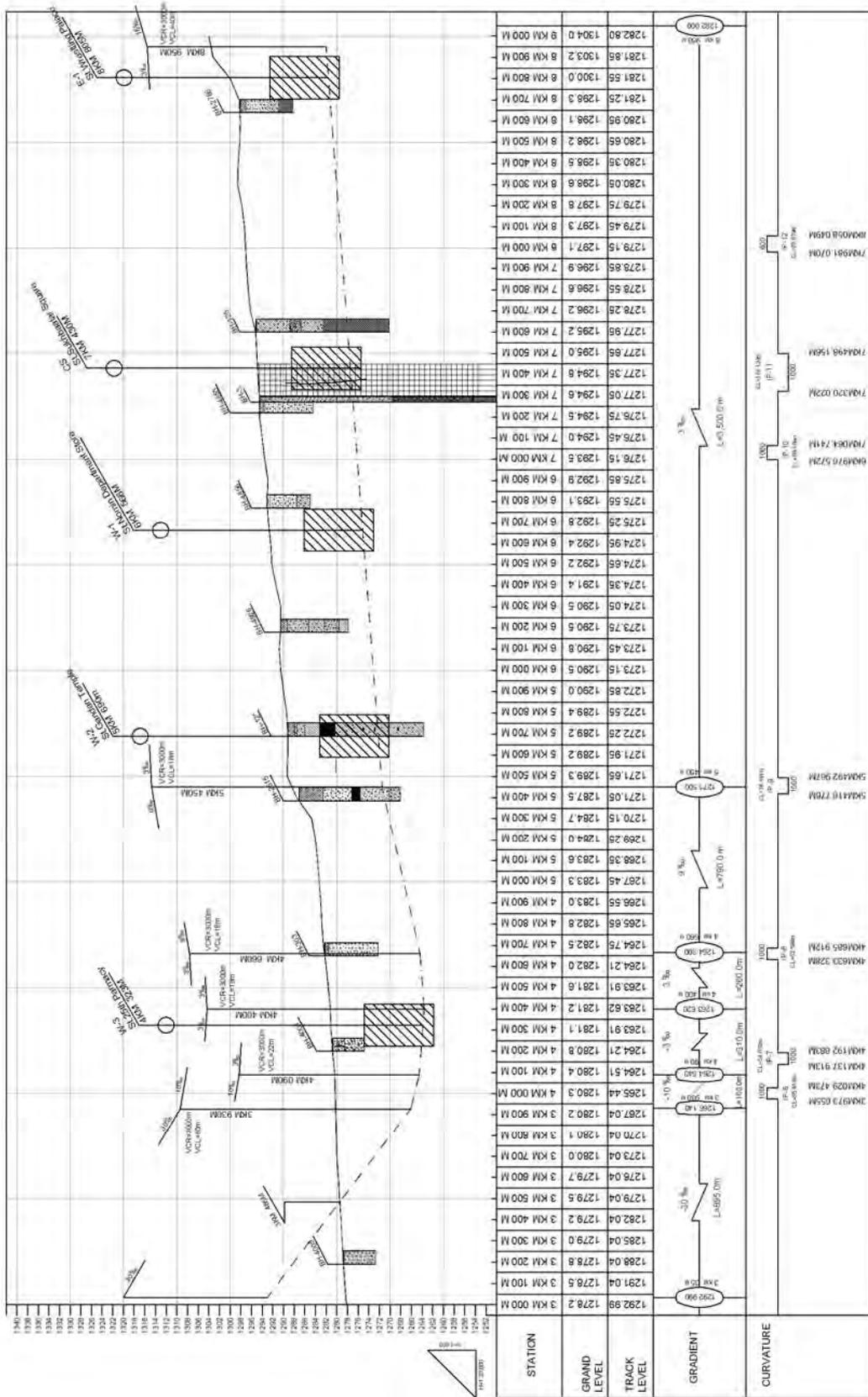


図 4.6.9 線路縦断面図(その1)

出典：調査団



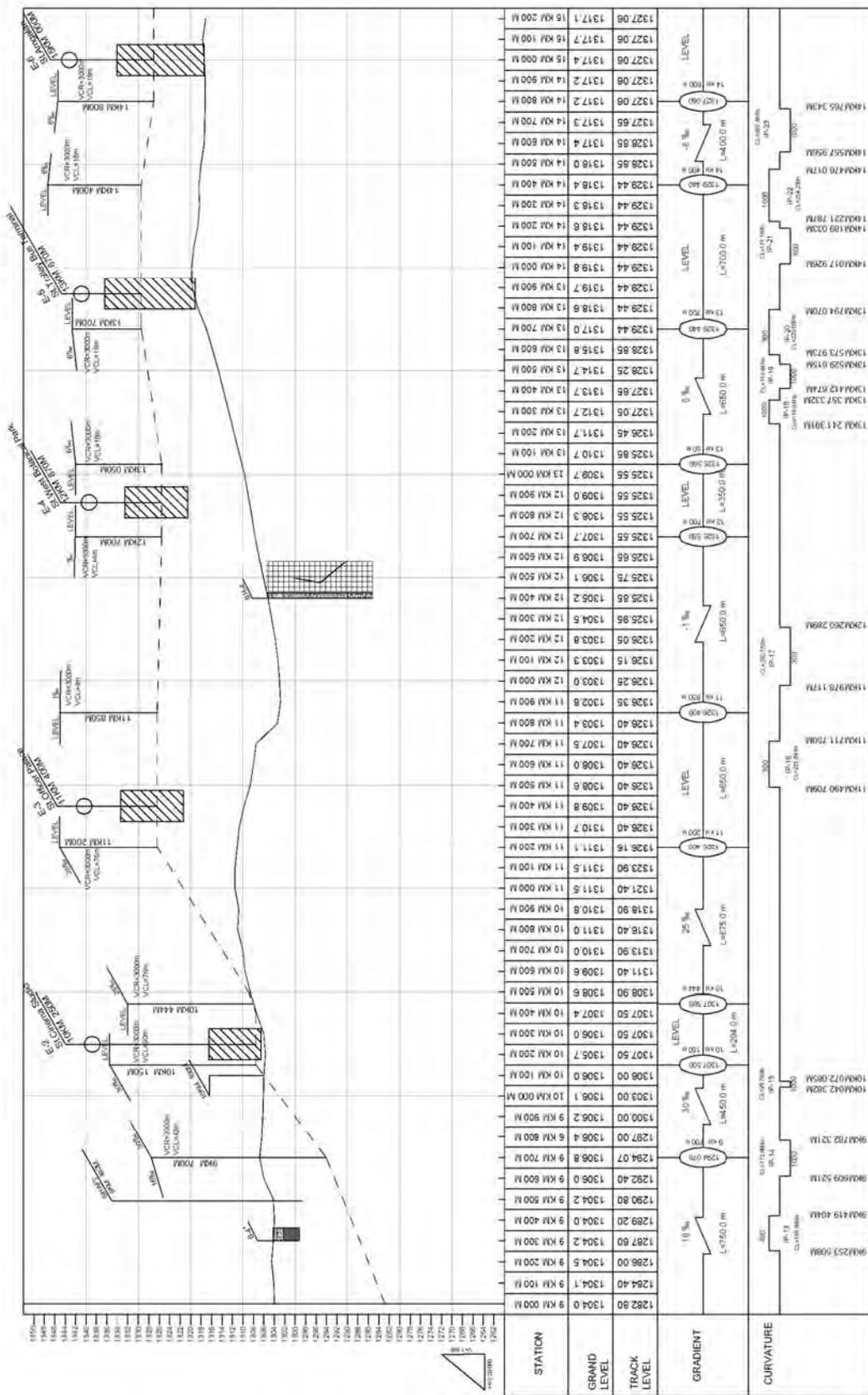


図 4.6.11 線路縦断面図(その3)

出典：調査団

## 4.7 車両基地及び車両検査修繕施設

### 4.7.1 車両基地計画の概要

車両の検修、整備、夜間留置を目的とし専用車両基地を設ける。簡易検査・修繕を行う施設と分解・重点検査、オーバーホールを行う施設を併設した総合車両基地とする。総合車両基地では乗務員に関する業務も行う。総合車両基地での業務内容は表 4.7.2 のとおり。

**表 4.7.1 車両基地計画の概要**

車両計画		
年	2020	2030
区間	トルゴイト - アムガラン	
運行間隔 (秒)	515	300
編成両数	6	
所要編成数	10	15
所要車両数	60	90
車両検修線計画		
検査編成数	6 両 : 15 編成	
検修線	車両検査線 (6 両)	4
	臨時修繕線 (3 両)	1
	車輪転削線 (12 両)	1
	試験線	1
	組替・組成線 (6 両)	1
車両整備設備計画		
洗浄・清掃線 (6 両)	3	
車両留置線計画		
編成単位	6 両	
年	2020	2030
所要留置線数	10	15
車両基地内留置線数	10	15

出典：調査団

**表 4.7.2 車両基地の業務内容**

業務	内容
車両	構内作業、車両整備作業、車両検査・修繕作業、車両の運用計画、技術管理等
乗務員	乗務員運用計画、乗務員運転管理、指導・訓練等
管理・運営	企画業務、管理 (車両・社員) 業務、資材業務等

出典：調査団

総合車両基地内には、運行管理センターを始め、軌道、施設、機械、電力、信号、通信の保守基地、社員の訓練・研修センター等関連施設が併設される。

#### 4.7.2 車両基地の設置位置

車両基地では、車両の検修、整備、夜間留置、さらに乗務員に関わる業務も行う。

車両基地の設置位置は、輸送段差が生じるターミナル周辺または折り返し駅に設置することが望ましい。また、車両基地は駅から順方向に設置するのが望ましい。現時点では、表 4.7.3 及び図 4.7.1 に示す 9 候補地が上げられている。

車両基地候補地は、以下の条件が確保できる場所が必要である。

- ① 計画路線からの線形で入りやすい
- ② 車両基地の形状として望ましいほぼ長方形の土地
- ③ 建築物が少ない
- ④ 必要な面積（少なくとも 14ha）が確保できる

さらに、その選定にあたっては次の 2 点に配慮し、現在ウランバートル市で土地の権利関係などを考慮して使用の可能性を確認している。

- ⑤ 非自発的住民移転が発生しない
- ⑥ 水源への影響がない

モンゴルの場合、土地の所有権の形態や登記の有無が分かりにくいいため、ウランバートル市の調査に基づき土地を選定する必要がある。この土地選定の過程で、大規模な非自発的住民移転の可能性が判明した場合、候補地から除外する。さらに、今後行う設計時にも大規模な非自発的住民移転が発生しないように配慮するとともに、万が一発生が見込まれる場合においても候補地から除外する必要がある。

適地選定に当たって、環境面では以下の配慮が求められる。

- 1) **騒音・振動：** 車両の入出庫に伴う騒音・振動を完全に抑えることは不可能であるが、車両基地内はコスト面、騒音対策の両面よりバラスト軌道の採用を提案する。なお、騒音・振動面を候補地の違いにより評価すると、住宅地より離れた西端の 9 番候補地が望ましいが、本線からの距離等の条件を総合的に判断し選定することが重要である。
- 2) **水質汚濁/土壌汚染：** 車両洗浄線より発生する洗浄排水は、油水分離および中和処理を施し、定められた基準に適合する水質に改善した後、排水するものとする。適切な水質処理を施すため、候補地による違いは発生しない。
- 3) **廃棄物：** 車輪の研削等により発生する鉄くずや、車両に付随する消耗品等の廃棄物は、定められた基準にのっとり処分するものとする。
- 4) **大気汚染：** 大気汚染への影響が心配される車両基地内より排出されるものはない。

なお、最終的な設置位置の決定については、2013年3月、ウランバートル市より、「#9 トルゴイト駅予定地より西に約4.5kmの地点の空地」が用地確保の上では適正であるとの見解を得ているが、引き続き、モンゴル政府及びウランバートル市と継続的に検討を重ねる必要がある。

表 4.7.3 車両基地の候補地

No.	位置	機能	状況	用地取得・住民移転
1	ウランバートル鉄道のナムガラ駅の北側に位置する鉄道施設用地	総合車両基地	現在、この用地は民間企業が占有しているが、ウランバートル鉄道のバイパス路線が整備されればメトロの車両基地として利用できる可能性はある。	土地は複数の民間企業の所有であり、用地取得が発生する。
2	トロリーバススタターミナル駅予定地脇の植物園の土地	総合車両基地	国立科学アカデミー所属の植物研究所の所有で、1961年から活動を始めている。植物園の総面積は 32ha。研究調査・実験、教育、生産のために使用されている。2013年2月に国会承認された市都市計画マスタープランで緑地として指定されており、開発規制を受けることになると思われるため、車両基地として使用するには相当難しいものと思われる。 また、緑地が少ない自然環境が厳しいウランバートル市では緑地面積の減少は自然環境にとって負の影響があると考えられる。	国立科学アカデミーが占有権を持っている土地で、土地取得が発生する。
3	ウランバートル鉄道のウランバートル駅西側にある客車デポ用地	総合車両基地	ウランバートル鉄道の客車の車両基地。利用の可能性を確認中	複数の民間企業と個人の所有地があり、用地取得が発生する。さらに、一部アパート用地があり、建設が行われれば住民移転も発生する可能性も想定される。
4	ハラホリン・ザハの東側の用地	留置線のみ	工場地域および保税地区。利用の可能性を確認中	複数の民間企業と個人の所有地があり、用地取得が発生する。また、一部アパートや戸建て住宅があり、設計によっては住民移転が発生する可能性が想定される。
5	ハラホリン・ザハの西側の用地	留置線のみ	工場地域。利用の可能性を確認中	複数の民間企業の土地があり、さらに一部アパート用地があるが現在は空き地となっている。土地取得と住宅が建設される場合は住民移転が発生する可能性もあると想定される。

6	トルゴイト付近で平和通りの北側の用地	総合車両基地	工場地域。利用の可能性を確認中	複数の民間企業と個人の土地があり、土地取得が発生する。
7	トルゴイト付近で平和通りの南側の用地	総合車両基地	工場地域。利用の可能性を確認中	国所有の土地のほか、複数の民間企業と個人があり、土地取得が発生する。地権者の数が他の候補地に比べ多い。
8	トルゴイト付近で平和通りの南側の用地	総合車両基地	工場および倉庫地域。利用の可能性を確認中	国所有の土地のほか、複数の民間企業と個人があり、土地取得が発生する。地権者の数が他の候補地に比べ多い。また、アパートや一戸建て住宅があり、設計によっては住民移転が発生する可能性もあると想定される。さらには病院や学校、保育園もある。
9	トルゴイト駅予定地より西に約4.5kmの地点の空地	総合車両基地	住宅地用地として計画されているが、現在はほぼ空地。車両基地用地としての利用の可能性は残されている。ただし、距離が離れているのが難点である。	土地は複数の民間企業と個人の所有があり、用地取得が発生する。

出典：調査団

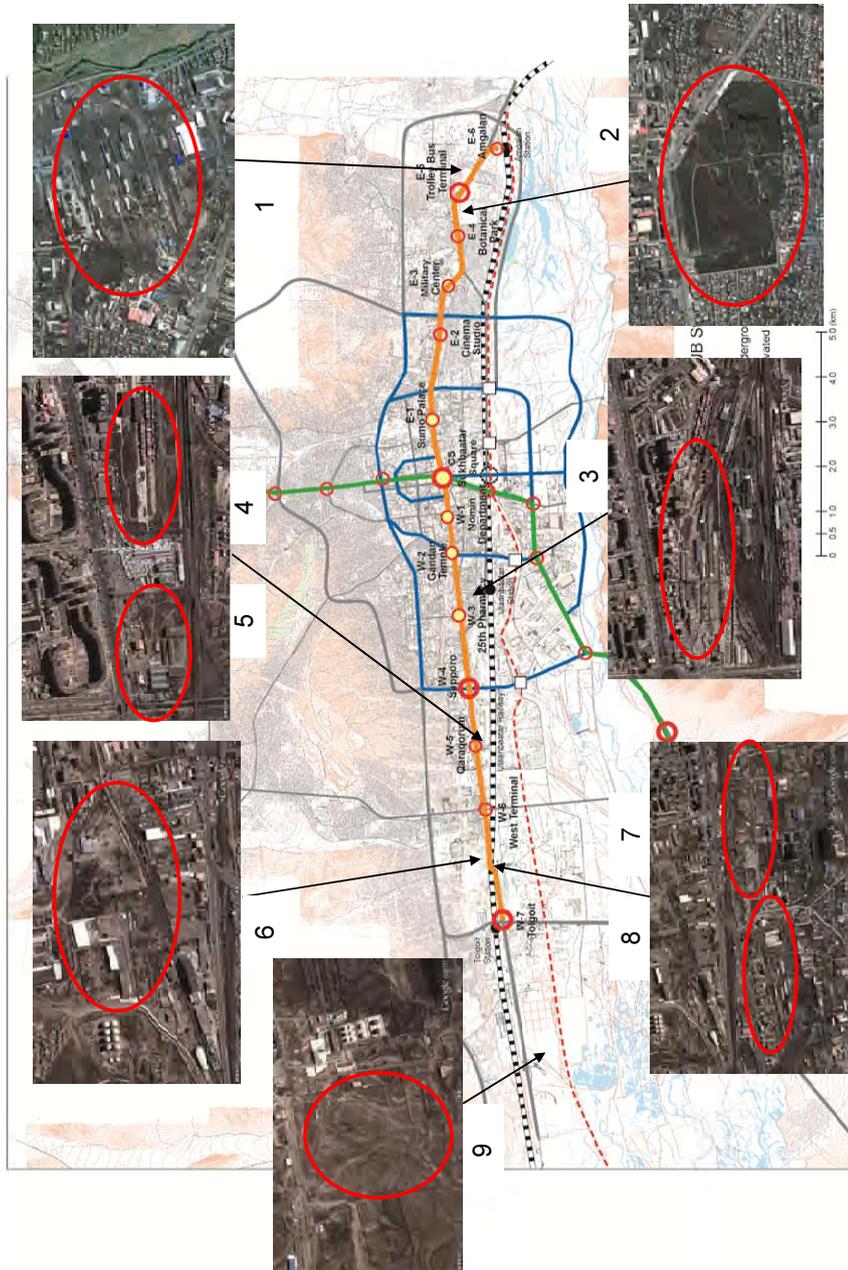


図 4.7.1 車両基地候補地位置図案

出典：調査団

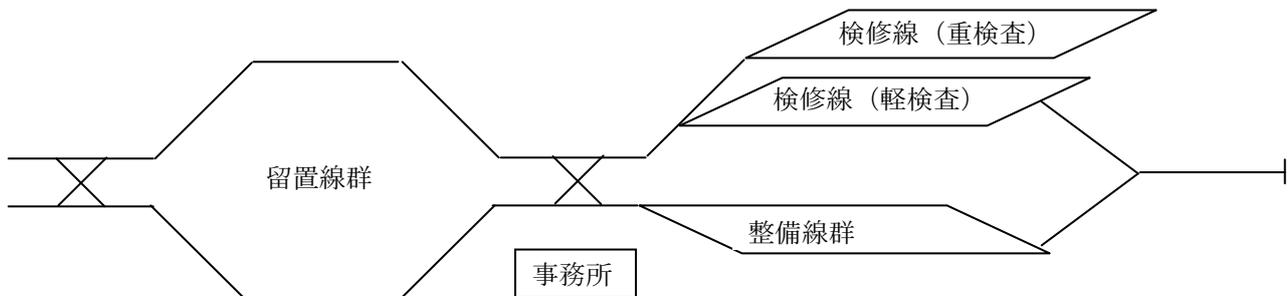
### 4.7.3 車両基地整備計画

#### (1) 車両基地整備計画の概要

総合車両センターでは、車両の夜間留置に加え、検修・整備業務の他、乗務員に関わる業務も併せて行う。これらの業務遂行には以下の主要設備が必要となる。

- 車両の留置線群
- 車両の検査・修繕設備
- 車両の整備線群
- 乗務員関係設備
- 総合車両基地の運営関係設備

総合車両基地の全業務を円滑かつ効率的に遂行していくためには、主要設備間の有機的連携が重要であり、これを具現化する設備配置とする必要がある。



出典：調査団

図 4.7.2 総合車両基地レイアウト案

### 4.8 軌道構造

保守費用の低減および軽量化を図るため、スラブ軌道などバラストレス軌道を採用する。車両基地内は建設費を抑えるためにバラスト軌道とする。使用レールは、本線、車両基地ともに 50N 相当の仕様とする。

### 4.9 信号通信

#### 4.9.1 信号保安設備

##### (1) 信号方式

信号方式は、以下の方式を採用する。

- 閉そく方式 : 車内信号閉そく式
- 列車検知方式 : 軌道回路による連続列車検知方式
- 車両基地内信号 : 入替信号

## (2) 連動装置

分岐器のある駅および車両基地には、転てつ器と進路のインターロックを行う連動装置を設ける。本線および車両基地の進路設定は、原則として運転指令所の運行管理装置からの遠隔指令により行う。各駅および車両基地での個別の進路設定については、各駅および車両基地内の操作盤からの手動操作を可能とさせる。

## (3) 列車制御

列車制御を行うために、ATP（自動列車制御装置：Automatic Train Protection）を採用する。

### 4.9.2 通信設備

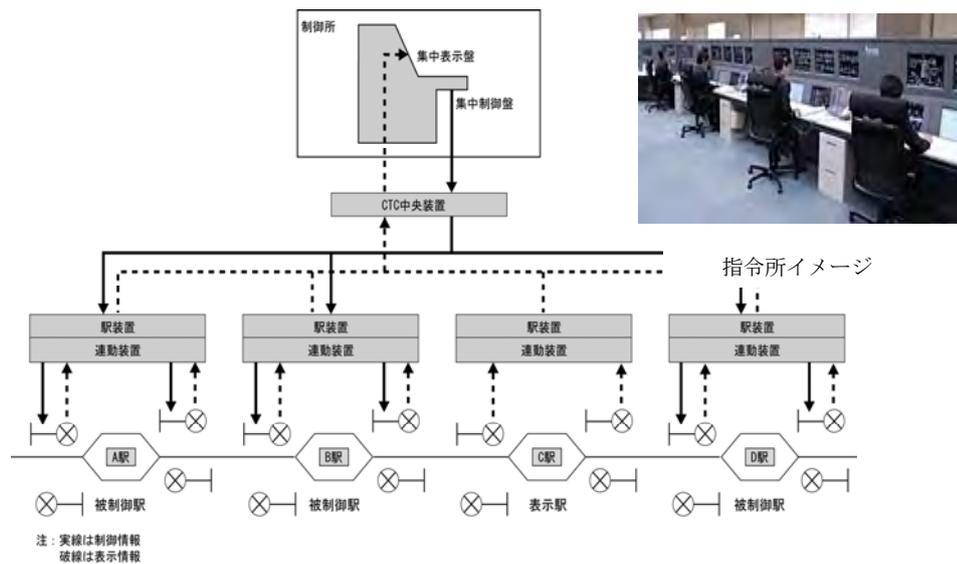
通信設備として以下を装備する。

- 列車無線装置
- CCTV 監視装置
- 旅客案内装置（PIS）
- 電話装置

### 4.9.3 列車運行管理

#### (1) 列車運行管理の概要

ウランバートルメトロでは各駅には駅員を配置する。料金収受は自動券売機、自動改札等 AFC（Automatic Fare Collection）により駅員が管理する。地下駅には空調機の効率化及び旅客の安全確保の為に、ホームドアを設置する。列車運行は運転士によるワンマン運転とする。列車の運行管理は OCC（指令所：Operation Control Center）にて指令員が行う。線区の列車運転情報を指令所に集中表示し、指令員が駅における信号機や転轍機などを CTC（列車集中制御装置：Centralized Traffic Control）により遠隔制御する。CTC の概要を図 4.9.1 に示す。



出典：JR 東日本の資料

図 4.9.1 CTC の概要

## 4.10 電力施設（変電所等設備/電路設備）

### 4.10.1 概要

電力設備は、以下の考えにより計画する。

- 1) メトロの電力設備：変電所、駅電気室、き電線、トロリー線、配電線等から構成
- 2) 変電所：電力会社の変電所から高圧電力の供給を受け、降圧してからトロリー線と各駅の電気室へ電源を供給。
- 3) 電車用電力：トロリー線から供給。
- 4) 信号用電力・電灯用電力・駅設備用電力：各駅の電気室から供給。

なお、本メトロ運営のための使用電力（15～20MW）の安定的な供給が必要であるが、ウランバートル市全体の電力需給バランスを確保するためにも最も重要な事業である第5発電所の事業実施が決定し、安定したメトロへの電力供給が期待できる。

### 4.10.2 受電計画

#### (1) 受電方式

設備の故障、設備の保守、および落雷等に起因する事故等に対応し、より信頼性を高めるため、電力会社から2回線で受電し、さらに変電所間は連絡送電線で結ぶ方式とする。

## (2) 変電所の設置数

路線延長は、車両基地への入出庫線を除き 18.04km である。鉄道用変電所の設置間隔は、列車本数の多い都市内直流電化(DC1500V)区間の場合、一般的に5~10kmであること、また、路線内の変電所の設置し易さから判断し、今回のメトロでは約6km間隔で、全路線で計3箇所に設置する。

## (3) 概略配電系統

主な配電系統は、以下から成る。

- き電用高圧線（連絡送電線 Link Transmission Lines）
- 信号用高圧線
- 電灯用高圧線

各用途への安定した電力を供給できるようにする。また、信号電源と電灯電源は相互にバックアップ電源として計画する。トロリー線から供給されて電車動力用として使われた電気は、レールを通じて変電所へ帰るようにする。

### 4.10.3 変電所

メトロ用変電所の位置は、既存の調査および現地の電力状況を勘案し、次の事柄を考慮して計画する。

- 対象地域の電力会社の電力網および電力供給能力
- 変電所と電力会社変電所との距離および送電設備の設置の可能性
- 変電所の設置スペースの可能性

表 4.10.1 に計画内容をまとめる。

**表 4.10.1 変電所の計画概要**

項目	内容
電力会社からの受電電圧	配電会社より AC20kv、50Hz を受電
トロリー線へのき電電圧	変電所で DC1,500V へ降圧し、き電線を通してトロリー線へ給電
信号電力用高圧線および電灯電力用高圧線の配電電圧	配電電圧は、変電所で AC6,000V へ降圧し、信号電力用、電灯電力用として、駅電気室へ給電する。
主な変電機器	路器、交流遮断機、ガス絶縁変圧器 (GIS)、シリコン整流器、直流高速度遮断機、避雷器、継電器、電力回生用設備等
変電所面積	約 600m <sup>2</sup>

出典：調査団

#### 4.10.4 駅電気室

各駅に駅電気室を設置し、変電所から受電した電力を用途に応じた電圧に変換して各施設へ給電する。駅電気室の内容は下表のとおりである。

表 4.10.2 駅電気室の概要

項目	内容
設置場所	高架区間では高架構造物下、地下区間では地下構造物に併設
電力の用途	照明設備、駅設備（AFC、ホームドア、エスカレーター、エレベーター等）、空調設備、換気設備、信号設備、通信設備、検修工場設備等
必要面積	約 100m <sup>2</sup>

出典：調査団

#### 4.10.5 変電容量

運転計画では、2030年のピーク時に13編成で5分ヘッドの列車運行が計画されている。この運行計画から、電車動力用1時間最大電力を基にした変電所全体の概算変電容量は15～20MW程度である。なお、電車用のエアコン等の周辺機器用電力は、一両あたり25Kw程度とする。

#### 4.10.6 非常用発電機

非常用発電機は、変電所が全停電した場合に一定時間信号設備、通信設備、駅構内照明、車両基地建物等へ給電を行うために変電所に設置する。

#### 4.10.7 電車線

電車線は以下のように計画する。

表 4.10.3 電車線の概要

項目	内容
高架部	高架部の電車線は、運転最高速度が100km/h程度で計画されていることから、100km/hの速度に対応でき、構造が簡単で施工性の良い架線方式（シンプルカタナリー式）とする。この場合のトロリー線は、ウランバートルでの気候を考慮し寒冷地対応の仕様とする。
地下部	下部は狭い空間であるため、地下部の電車線は架線高さが低く、曲線での敷設が容易な剛体架線方式（T型剛体式）とする。
車両基地部	車両基地内は、車両の走行速度が遅いため、構造が簡単で建設費が安価な直吊式（Directly suspended contact wire system）とする。
き電線	き電線は、変電所からトロリー線へ給電し、電圧降下の影響を軽減する役割を担う。き電線の仕様は、一般に電気抵抗の少ない硬銅撚り線を使用する。

出典：調査団

#### 4.10.8 監視制御システム (SCADA)

SCADA は遠隔地にある設備の状況を監視、操作するシステムである。SCADA を構成する全ての機器は制御室で管理され、システム全体は中央から運用される。このシステムの主な機能を以下に示す。

- 監視機能：無人設備の状態や計測値から稼動状況を遠隔監視する。また、異常時にはその判断や処置対処にも活用できる。
- 自動制御機能：監視制御システム各装置から得られたデータに基づき、自動的に制御を行う。また、定時の停止/運転制御や計画的な作業時の停止/運転制御等も含まれる。
- 記録機能：機器の状態、計測データ、機器操作履歴等のデータがデータベースに記録され、日報や月報等の帳票を作成する。

#### 4.11 駅施設計画

##### 4.11.1 駅施設機能、形式、位置

###### (1) 基本的機能

駅施設計画において駅施設を機能的にするためには、乗客をはじめ駅施設を利用する全ての人の安全と快適性に配慮するとともに、便利で使いやすい施設にしなければならない。駅施設を利用する人には列車を利用するだけでなく、駅で待ち合わせをする利用者也対象とする。また、駅施設の設計では、障害者への適切な措置および、火災や地震の発生時を想定した緊急避難用の連絡通路を設置する必要がある。

###### (2) 駅の構造、機能、プラットフォーム形式、位置

各駅の構造等を表 4.11.1 に整理する。

表 4.11.1 駅の構造、種類、プラットフォーム形式、位置

ID	駅名称	構造	機能	プラットフォーム形式	位置
W-7	トルゴイト	高架	サブセンター	相対式	-2KM640M
W-6	西バスターミナル	高架	インターモーダルセンター	相対式	0KM000M
W-5	カラコルムマーケット	高架	中間駅	相対式	1KM300M
W-4	サッポロロータリー	高架	サブセンター	相対式	2KM870M
W-3	第 25 薬局	地下	インターモーダルセンター	島式	4KM323M
W-2	ガンダン寺	地下	インターモーダルセンター	島式	5KM690M
W-1	中央デパート	地下	中間駅	島式	6KM566M
CS	スフバートル広場	地下	中央駅	島式	7KM430M
E-1	相撲会館	地下	インターモーダルセンター	島式	8KM805M

E-2	映画スタジオ	地上	中間駅	相対式	10KM250M
E-3	軍用会館	高架	インターモーダルセンター	相対式	11KM400M
E-4	植物園西	高架	中間駅	相対式	12KM870M
E-5	トロリーバスターミナル	高架	サブセンター	相対式	13KM870M
E-6	アムガラン	高架	インターモーダルセンター	相対式	15KM000M

出典：調査団

#### 4.11.2 駅施設の要件と規模算定

##### (1) 駅施設の要件

駅施設は、駅構造・タイプに関わらず以下の基本的要件を満たす必要がある。

- ① コンコースとプラットホーム
- ② 上下階の移動のための階段、エスカレーター、エレベーターの設置
- ③ プラットホーム階とコンコース階から地上へ緊急避難するための非常階段の設置
- ④ 駅構内に商業活動ができる十分な広いスペースの確保
- ⑤ 照明、アクセス、運営管理など駅に必要な活動のすべてを制御するチケットブースを中央に設置
- ⑥ 利用者の安全及防寒を確保するための施設
- ⑦ 利用者がスムーズに通過できるように十分な自動改札を設置するとともに、緊急避難に十分なスペースの確保
- ⑧ 駅の公共サービス：上水道、排水・衛生・下水施設・トイレ、照明と電気
- ⑨ 防火システム：火災探知器、警報システム、防火システムと設備
- ⑩ 標識と図解表示（識別、方向、情報、禁止などの標識）
- ⑪ 技術・サービス室には防火、換気、空調の設備および変電所、配電盤、通信設備、信号接続盤、エレベーター機械室
- ⑫ 防火水槽、ポンプ、浄化槽を駅の下（駅タイプ別に場所を確認）に設置

##### (2) 駅舎の計画方針

駅の構成要素は、下に示すように「業務ゾーン」と「旅客ゾーン」に大別できる。



出典：調査団

図 4.11.1 駅の構成要素

### (3) 計画の留意点

駅の旅客流動を考慮して、以下の点について注意して計画を行う。

- 流動施設は、主要街路の近くや駅前広場の中心に配置する。
- プラットホーム、跨線橋、コンコース、出改札など旅客の流動を極力短くし単純にする。
- 旅客流動を分かりやすく単純化し駅前広場とつなげる。
- 出札口は旅客の動線の最初にあり見やすい位置とする。
- 業務ゾーンはひとまとめとして効率的なレイアウトとする。
- スムーズな旅客の流動を確保するため通路の高さと幅員を確保する。

### (4) 駅舎の計画方針

駅舎の規模は、2020年および2030年の需要予測の結果に基づいて最低限必要な規模を検討する。規模算定を行うための基礎データを以下に示す。

- 1日あたりの乗降人員
- 1時間ピークの乗降人員
- ピーク率
- 駅社員の総人数と1日あたりの同時出勤人員
- 駅の種類

#### 4.11.3 建築計画

建築計画では、次表 4.11.2 について検討する。

表 4.11.2 建築計画の内容

計画項目	内容
駅舎の配置計画	● 駅舎の配置は、構内配線、運行計画、旅客流動、設備計画等を考慮し計画する。
駅舎の玄関	● 駅舎の玄関は、駅前広場の構成や旅客が集中する場所等の敷地の条件とコンコースからプラットホームへのアクセスにより位置を決める。
コンコース	● 通常、コンコースは改札口によって改札外と改札内に分けられ、改札外は旅客がメトロに関する情報を取得してチケットを買い、改札内に入るとプラットホームにアクセスする機能となる。 ● コンコースの配置計画は旅客のアクセスや敷地の条件によって異なるが、出札窓口からの監視が行き届くレイアウトが基本となる。出札窓口と改札口は隣接されるべきであるが、その間に旅客が流動する十分なスペースを確保する。同様に階段やエスカレーター上下流動のスペースも十分に確保する。
駅務施設	● 駅事務室、運行管理諸室、設備機器室などの駅務施設は駅舎内の非公共空間として計画する。 ● 諸室の配置はその駅舎全体の配置や旅客流動をベースに決定する。

出典：調査団

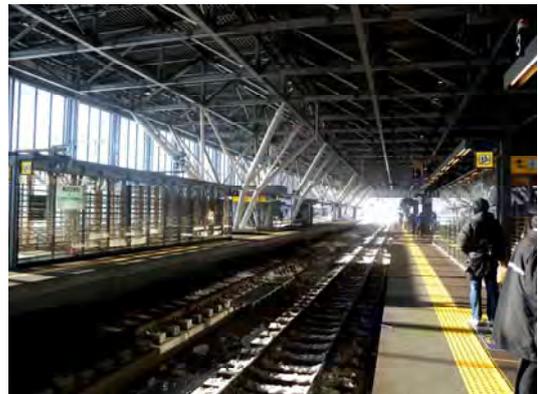
#### 4.11.4 その他の配慮事項

その他、駅舎計画では以下の項目を検討する。

- サイン計画
- 増築計画
- 非常時の対応
- 建物環境評価指標
- バリアフリーとユニバーサルデザイン
- 寒冷地における設計配慮



岩見沢駅



旭川駅

出典：調査団

図 4.11.2 日本における寒冷地の駅(調査団撮影)

## 4.12 調達計画

前節までにおいて本事業で提案する都市鉄道システムの概略仕様を述べた。ここでは、本都市鉄道システムに対する調達計画につき記述する。

### (1) 調達のパッケージ分け

提案する都市鉄道システムを内容で大別すると土木・建築工事、E&M（Electrical & Mechanical、信号、通信、電化等）、軌道、車両となるが、調達のためのパッケージ分けは、調達内容、金額等を考慮して8パッケージ程度にするのが適切であると思われる。土木・建築工事では、高架および地上区間で東の高架部と西の高架部に分け、地下区間においてはスフバートル広場駅を境に二分するのが適切であると思われるが、このパッケージ分けについては今後も協議を重ねながら見直しをするものとする。現時点で想定される8つのパッケージ分けは表4.12.1に示すとおりである。

表 4.12.1 調達のパッケージ分け

項目		パッケージ番号	調達パッケージ内容	概算費用 (百万 US\$)
準備工		1	支障物移設等の準備工	25.0
土木・建築 工事	高架および 地上部	2	W7（トルゴ仆駅）から W4 と W3 の間のランプまで	154.4
		3	E1 と E2 の間のランプから E6（アマガラン駅）まで	138.1
	地下部	4	W4 と W3 の間のランプから CS（スフバートル広場駅）まで	359.2
		5	CS（スフバートル広場駅）から E1 と E2 の間のランプまで	261.3
	車両基地部	6	留置場、管理棟、工場、OCC 建屋 車両基地内のメンテナンス機器(重整備機器は除く)	29.4
E&M		7	エレベーター、エスカレーター、プラットフォームスクリーンドア	335.6
			自動券売機、自動改札機	
			換気・空調	
			信号・通信	
			変電、配電、電路	
軌道			軌道	
車両		8	車両	122.4

出典：調査団

### (2) 調達先

モンゴルでは、都市交通システムの建設に係わる資機材の殆どは国外より調達せざるを得ない状況である。E&M は勿論のこと、土木・建築施設の建設においてもセメントや鉄筋は国内で生産しているものの、国内の需要を全てカバーできているわけではなく、土留め材、覆工板といった仮設材や建設重機も国外より調達する必要がある。これら建設資機材の殆どは、現在、ロシア、中国、韓国といった近隣諸国より輸入しており、本

事業においてもこれらの近隣諸国に大きく依存することになると考えられるが、特殊な建設重機等によっては日本を含めた他国の参画が考えられる。中でも、本事業で計画しているシールドトンネル工事に使用されるトンネルボーリングマシン（TBM）については、日本が得意とする技術であり、本邦企業の参画の可能性が高い。E&M については、各パッケージにより、欧米諸国、中国、韓国、日本等の企業による参画が考えられるが、冬季には極寒となるモンゴルの特殊事情を考え、信頼と実績のあるシステムを調達することが重要であると考えられる。

### **(3) 入札方式**

パッケージ番号 1～7 については、モンゴル政府が独自の政府資金および日本の ODA 資金およびモンゴル政府資金により調達することを想定しており、入札方式としては事前入札資格審査（PQ: Pre-Qualification）付国際競争入札になるものと思われる。ただし、ODA 資金を想定している地下工事については、円借款の条件によっては入札方式が異なることもあり得る。これらの国際競争入札を前提とした入札図書の準備は、モンゴル政府が調達するコンサルタントが入札支援までも含め実施することになるものと思われる。なお、パッケージ番号 8 の車両については、今後、組織化されるであろう「運営事業体（ウランバートル・メトロ会社）」が独自に調達する事を想定している。

### **(4) 調達スケジュール**

2014 年には詳細設計、入札図書の準備に取り掛かれるよう、早急にモンゴル国内でプロジェクトが承認され案件促進のための予備調査が実施される必要がある。詳細設計期間は、入札準備を含めて約 2 年間で、2016 年の半ばには工事が着手できるよう進めることを想定している。それに合わせてウランバートルメトロ会社の設立準備も進める必要がある。目下想定している事業・設立準備のスケジュールは図 4.12.1 に示す通りである。

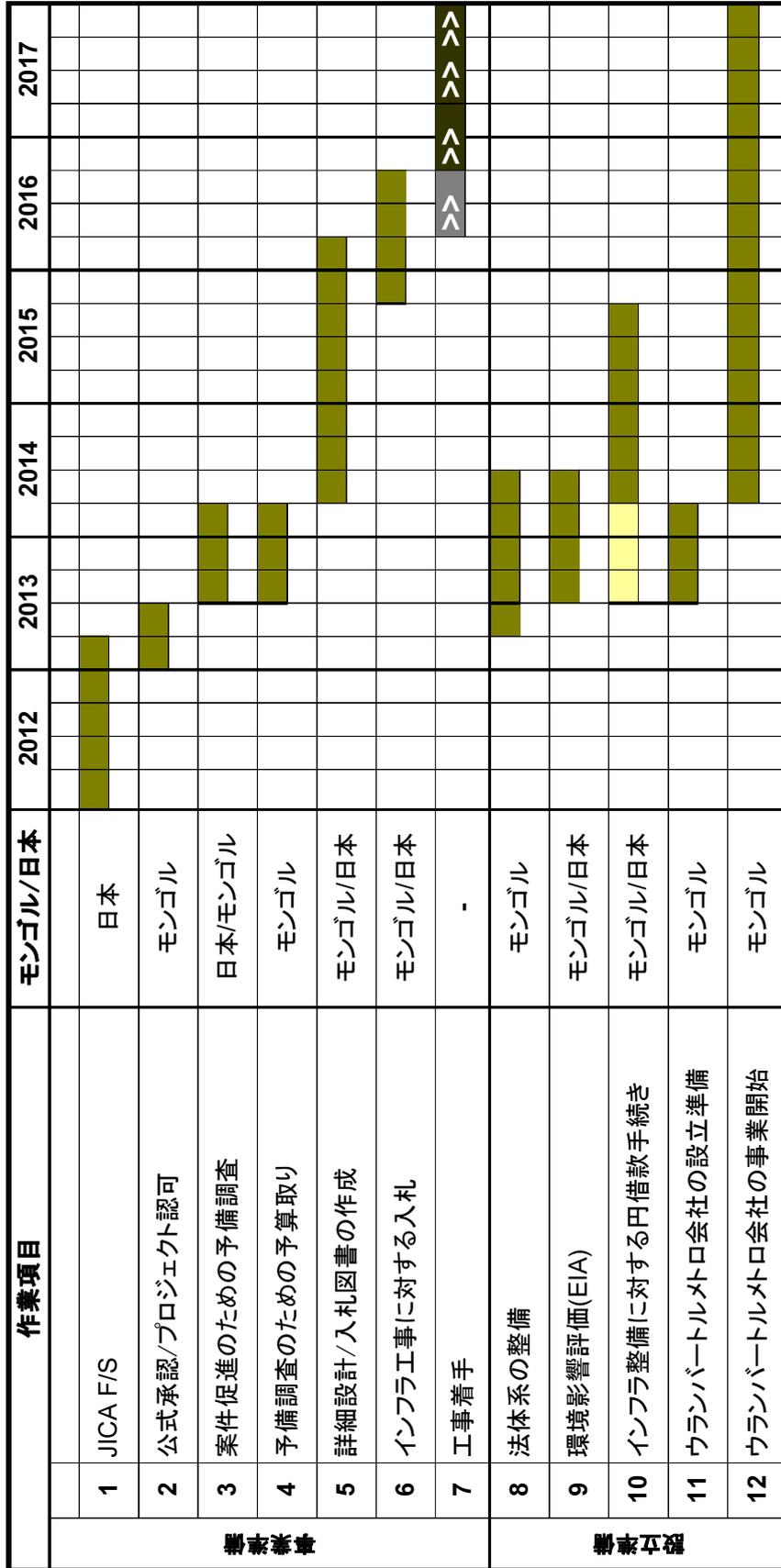


図 4.12.1 事業・設立準備スケジュール

出典：調査団

## 4.13 工事における技術的課題と対応

本メトロ計画では地下区間と高架区間を提案しているが、特に市の中心部ではモンゴル初の大規模地下工事となるため、設計時における入念な計画と万全な施工管理体制が必要となる。高架区間においても環境保全や安全管理面で十分な配慮が必要であることは言うまでもないが、ここでは特に注意を要する地下工事を中心に課題と対応についてまとめることとする。

### 4.13.1 高架工事

本メトロ計画の高架区間は全体の61%にあたる約10.8kmあり、街の中心部からは離れているものの交通量の多い平和通り上であることより、道路交通への影響、環境保全、安全管理には十分留意しなければならない。主な留意点は下記の通りである。

- ① 道路交通に与える影響を軽減し、工期短縮が図れるセグメント工法の採用を考える。
- ② 道路交通に与える影響を軽減できる大口径の支柱式基礎の採用も検討する。
- ③ 寒冷地における冬季の工事及び養生に留意する。

### 4.13.2 地下工事

本メトロ計画の地下工事では、道路交通への影響を軽減し建設費も最小化できる工法として、駅部は開削工法、駅間部はシールド工法を提案した。シールド工法は多くの実績を持つ確立された工法ではあるが、配慮すべき様々な点があり以下のように纏められる。

#### (1) 環境保全

環境保全における基本的な事項は、①企業者と施工者による管理体制の確立および作業者への指導教育、資料・記録の保存、②事前調査による予測と対策、③着手前、施工中における地域住民との話し合い、④施工前、施工中及び施工後のモニタリングである。なお、環境保全に関する具体的な内容は下記の通りである。

##### 1) 騒音および振動

シールド工事における騒音・振動の発生源は、発信基地に設置した門型クレーン、土砂ホッパー、ブロアー、泥水処理設備、裏込め注入設備、重機、ダンプ・トラック等であり、防止対策としては以下のものが挙げられる。

- ① 防音対策型機械の採用、機械の防音処理、防音カバーや消音装置の取付
- ② 機械の整備点検および操作上注意
- ③ 音源の配置の工夫

- ④ 遮音施設（防音パネル・防音ハウス）の設置
- ⑤ 作業時間帯の配慮
- ⑥ 発生振動の小さい機械の採用
- ⑦ 防振装置として、ゴム・空気バネ等の取り付け
- ⑧ 機械の配置場所の適切な選定

## 2) 地盤沈下

シールド工事に伴う沈下については次項(2) 地盤変状と近接施工で述べることとする。

## 3) 水質汚濁

シールド工事で発生する排水は、浮遊物質（SS）を処理し、pH を調整して上澄み水を放流するのが一般であり、本処理はシステム化された濁水処理設備で行われる。上澄み水の放流先は下水道や河川であり、本メトロ工事における放流先についてはモンゴルにおける「下水道法」や「河川法」「ウランバートル市の条例」等に従うものとする。工事着手前に周辺の環境条件や該当する法律・条令等を把握し、排水処理方法や設備の計画を立てるものとする。

## 4) 掘削土砂

掘削工事から生じる泥状の掘削物および泥水を泥土といい、このうち通常廃棄物処理法等に規定する産業廃棄物として取り扱われるものを建設汚泥としている。建設汚泥は標準仕様ダンプ・トラックに山積みできず、その上を人が歩けない流動性を呈する状態のもので、これらの取り扱いについてはモンゴルにおける廃棄物処理法や条令等に従い適正に処理するものとする。

## (2) 地盤変状

シールド工法による地盤変状は、適切な施工法の選択と施工管理によって最小限におさえることが可能である。そのためには、シールド工法による地盤変状の要因や機構を理解しそれへの対策を講ずることが必要であり、以下に変状防止対策工を述べる。

### 1) 切羽における土圧不均衡対策

土圧式シールド工法では、推進速度とスクリュウコンベヤー回転数を調節することにより、切羽土水圧に見合うチャンバー圧を作用させる。また、必要に応じて適切な添加剤を注入し、掘削土の塑性流動化を図り、チャンバー内に空隙を生じさせないようにする。

泥水式シールド工法では、地山の透水性に応じて泥水品質を調整し、切羽土水圧に見合う泥水圧が常に作用するようにする。

## 2) 推進時の地山の乱れ対策

シールド推進に伴い周辺地山をできる限り乱さないように、蛇行を少なくするとともにシールドの姿勢制御の管理を十分に行う。

## 3) テールボイドの発生と裏込め注入による対策

地山条件に応じて、浸透性がよく固結強度が大きい裏込め注入材を選定する。トライアル施工を通じて、妥当な注入圧と注入率を決定する。

## 4) 一次覆工の変形および変位対策

セグメントリングの変形を防止するためには、継手ボルトを十分締め付けること、および一定の剛性を有する継手構造を採用する。

## 5) 地下水位低下対策

セグメントの継手、裏込め注入孔等からの漏水を防止するため、セグメントの組み立てを入念に行い、止水性や耐久性に優れたシール材を採用する。

## (3) 近接施工

近接施工に関しては、事前調査を行いシールド掘進に伴う周辺地盤の挙動と近接構造物への影響を予測する必要がある。その結果、近接構造物の機能および構造上に支障をきたすおそれがある場合には状況に応じて対策工を行う。シールド工事における地盤変状により、近接構造物がどのような影響を受けるかは、離隔、近接区間長、地盤性状、近接構造物の構造条件・剛性・基礎形式等により異なるため、近接施工の影響を検討する際には、これらの事項を十分に考慮して、対象現場の条件において発生する現象を的確に想定することが必要である。

### 1) 近接程度の区分

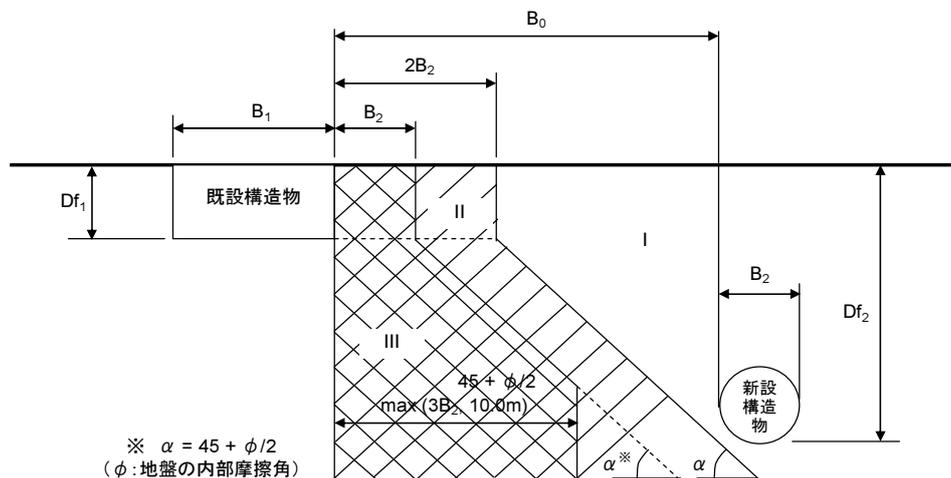
近接施工に対しては、まず近接施工とみなすかどうかの判定を行うことが必要で、基本的にシールド掘削による地盤変状の影響が近接構造物の支持地盤のどの位置まで及ぶかによって判定し、その程度によりランク分けすることが一般的である。その区分は無条件範囲、要注意範囲、制限範囲の三つに大別され、表 4.13.1 にそれぞれの区分に対する対策と計測管理内容を示す。

表 4.13.1 近接程度の区分と対策の内容

近接程度の区分		対策および計測管理内容
区分	内容	
無条件範囲 (I)	新設構造物の施工により既設構造物に対し、変位や変形等の影響が及ばないと考えられる範囲	一般に特別の対策を必要としない。
要注意範囲 (II)	新設構造物の施工により既設構造物に対し、通常は変位や変形等の有害な影響はないとして良いが、まれに影響があると考えられる範囲	新設構造物の施工法による対策工を原則として実施するとともに、既設構造物の変位・変形量を推定し許容変位量との比較を行う等影響度を検討した上で、状況に応じて既設構造物防護工による対策工を実施する。また、工事を安全に進めるために、対象となる既設構造物および周辺地盤や仮設構造物を含む新設構造物の挙動を計測して管理する。
制限範囲 (要対策範囲) (III)	新設構造物の施工により既設構造物に対し、変位や変形等の有害な影響が及ぶと考えられる範囲	新設構造物の施工法による対策工は必ず実施するとともに、既設構造物の変位・変形量を推定し許容変位量との比較を行う等影響度を検討した上で、原則として既設構造物防護工による対策工を実施する。また、工事を安全に進めるため、対象となる既設構造物および周辺地盤や仮設構造物を含む新設構造物の挙動を計測して管理する。

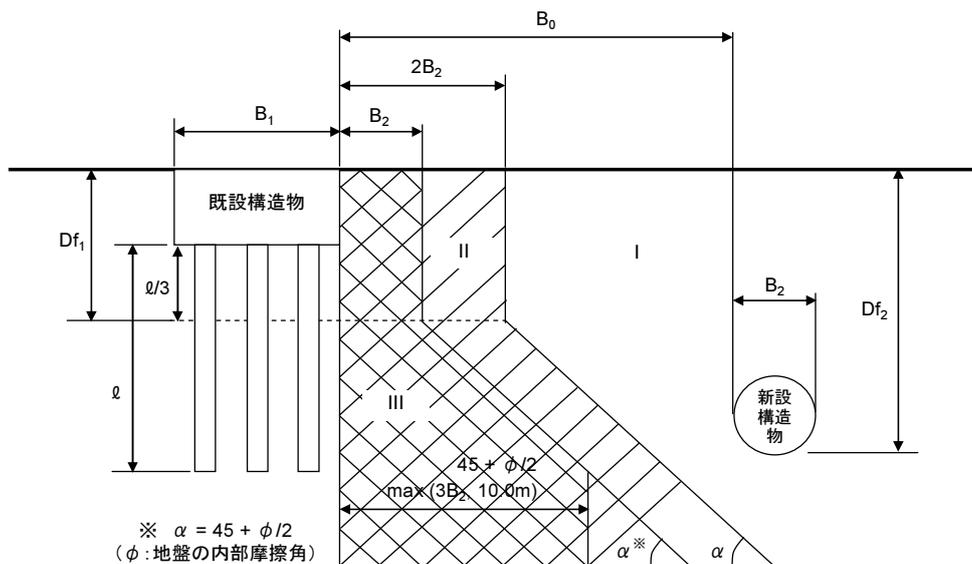
出典：近接施工マニュアル

なお、本案件で考えられる直接基礎および杭基礎の既設構造物に対するシールド工事の近接施工に関する区分領域は図 4.13.1 および図 4.13.2 に示す通りである。



出典：近接施工マニュアル

図 4.13.1 シールドトンネルの近接範囲（既設構造物が直接基礎の場合）



出典：近接施工マニュアル

図 4.13.2 シールドトンネルの近接範囲（既設構造物が杭基礎の場合）

ここで、各範囲の条件は下記の通りである。

- 無条件範囲：図に示す「I」の範囲（①かつ②で決まる範囲）
  - ①  $B_0 > 2B_2$
  - ②  $B_0 > (Df_2 - Df_1) \tan(90^\circ - \alpha) + 2B_2$
- 要注意範囲：図に示す「II」の範囲
- I、III のどちらにも該当しない範囲
- 制限範囲：図に示す「III」の範囲（③または④で決まる範囲）
  - ③  $B_0 \leq 2B_2$  かつ  $Df_1 > Df_2$
  - ④  $B_0 \leq (Df_2 - Df_1) \tan(90^\circ - \phi) + B_2$  かつ  $B_0 \leq \max(3B_2, 10.0\text{m})$

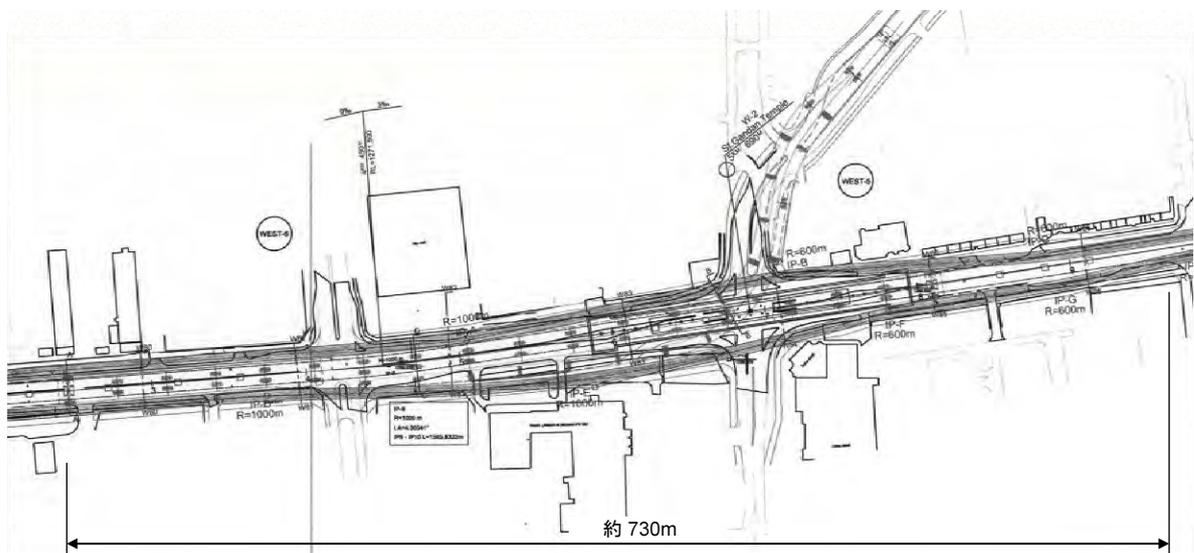
## 2) 近接程度の区分判定

上記の内容を踏まえ、本対象区間における要注意範囲（II）と制限範囲（III）に該当する箇所を纏めると表 4.13.2 および図 4.13.3～4.13.8 の通りとなる。制限範囲（III）は、現在、道路のフライオーバーが計画されている西交差点および東交差点付近が該当し、要注意範囲（II）は、車道に近接して建っている建造物が対象箇所になると思われるため、今後実施される設計の段階で更なる検討が必要である。

表 4.13.2 近接程度の区分判定

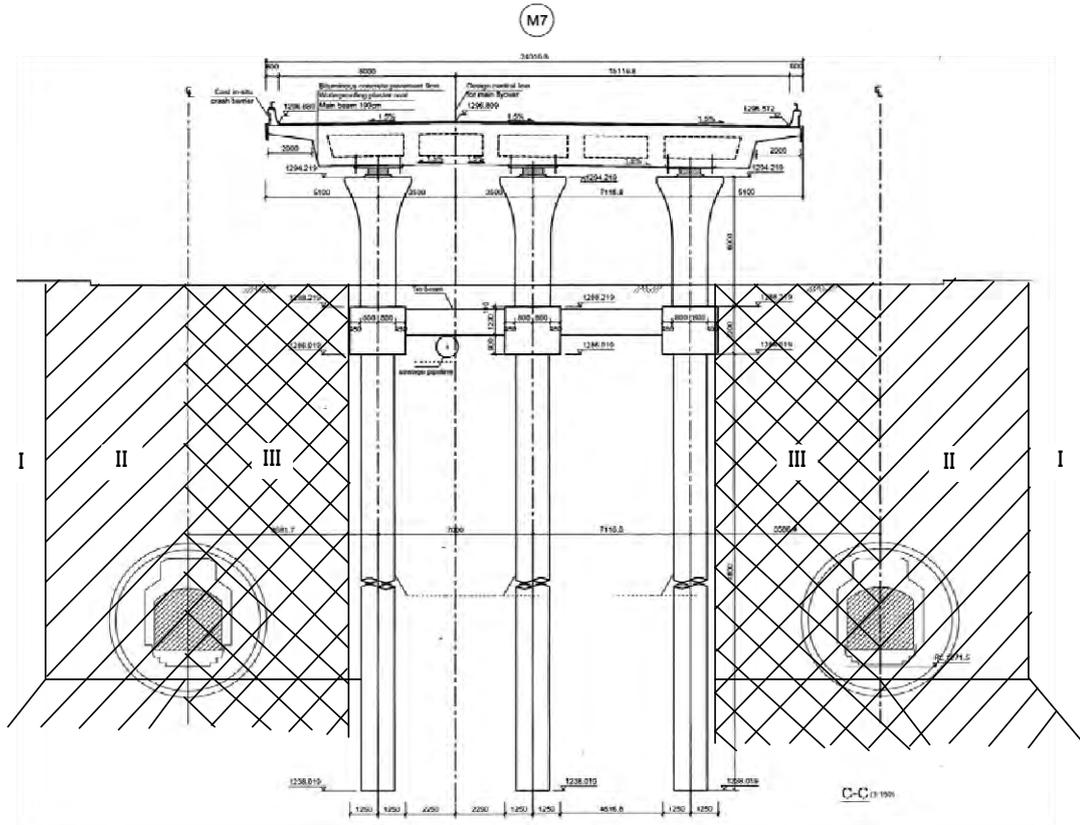
近接区分	場所	範囲 (キロ程)	距離	備考
制限範囲 (要対策範囲) (III)	西交差点前後	5KM250M ~ 5KM980M	約 730m	フライオーバーと隣接する 建物に対し対策が必要
	東交差点前後	9KM010M ~ 9KM430M	約 420m	フライオーバーと隣接する 建物に対し対策が必要
要注意範囲 (II)	上記以外の建 物が隣接する 地下区間	4KM430M ~ 9KM010M (上記制限範囲は除く)	-	中央郵便局前等

出典：調査団



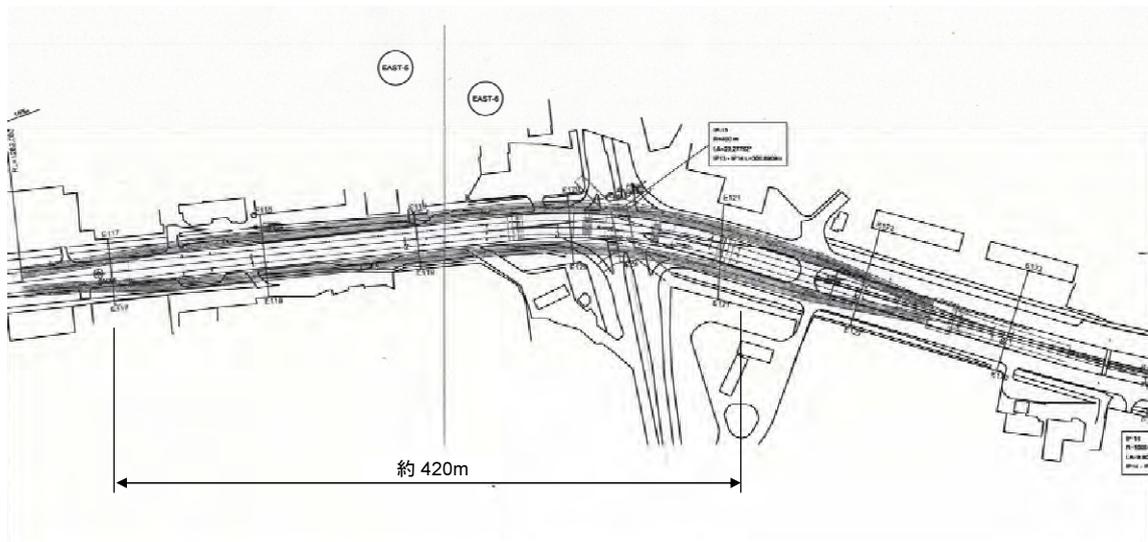
出典：調査団

図 4.13.3 西交差点のフライオーバーに対する近接施工範囲



出典：ウランバートル市道路局からの図面に調査団が加工

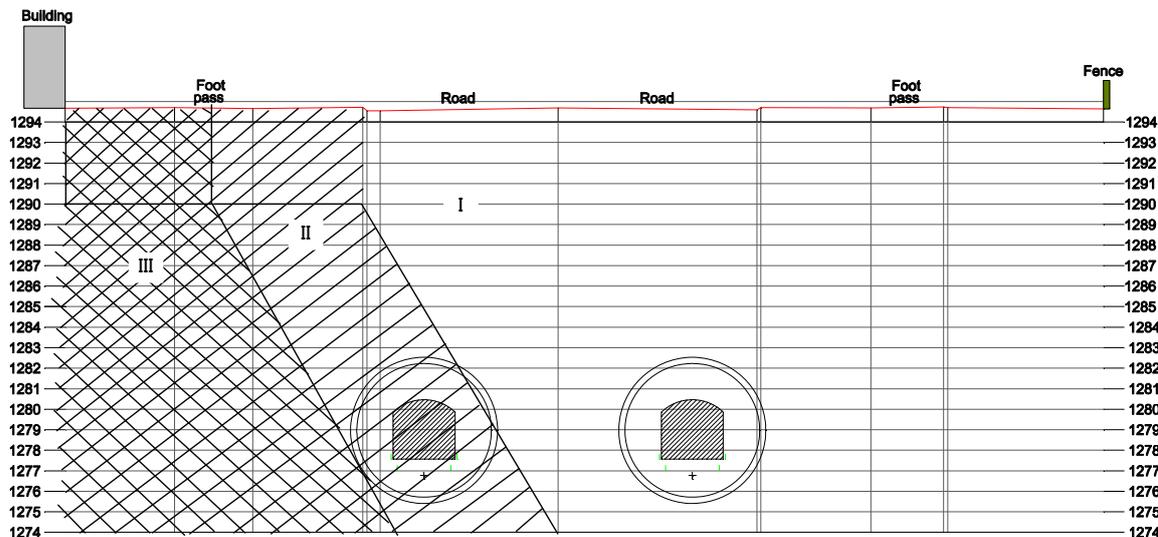
図 4.13.4 西交差点のフライオーバーに対する近接施工断面図



出典：調査団

図 4.13.5 東交差点のフライオーバーに対する近接施工範囲





出典：調査団

図 4.13.8 中央郵便局前の要注意範囲(断面図)

### 3) 近接施工の対応策案

これら要注意範囲 (II) と制限範囲 (III) に該当する箇所については、有限要素法等の手法を用いてその影響度合いを予測する必要があるが、定量的な解析およびそれに対する対策は次の設計段階で検討することとし、本レポートでは考えられる対策工につき纏めることとする。

対策工法には、以下に示すような新設構造物側で対策を施す場合、既設構造物側に対策を施す場合および両者の中間地盤に対策を施す場合に大別される。

#### (a) 新設構造物側の対策方法

- ① シールド施工による対策
- ② シールド周辺地盤の強化

#### (b) 既設構造物側の対策方法

- ① シートパイル、柱列式・地下連続壁、攪拌混合工法等による遮断防護工
- ② アンダーピニング
- ③ 基礎周辺の地盤改良
- ④ 部材を用いた構造物の補強

一般的には、新設構造物での対策、中間地盤での対策といった順で対策を立案し、既設構造物側での対策は最終的な手段としている場合が多く、本事業においてもこのような考えに基づいて対策を考えることを提案する。

特に制限範囲（Ⅲ）に該当する箇所については、シールド施工による対策として①密閉型シールドの使用、②同時裏込め注入装置の使用、③セグメントの継手等の防水性向上、④真円保持装置の使用をするとともに、シールド周辺地盤の強化として攪拌混合工法等による地盤の強化もしくは既設構造物とシールドトンネルとの間に柱列式壁等による防護壁を施すことが考えられる。なお、本近接施工に対する対策工法については、詳細設計時に地盤条件等を考慮して影響度合いを定量的に解析し、その結果に対し適切な対策工法を設計するものとする。また、要注意範囲（Ⅱ）についても詳細設計時において影響度合いを定量的に解析し、必要に応じ適切な対策工法を施すこととする。

#### 4) 計測管理

シールドトンネルの施工時には、泥水（土）、シールド機、裏込め注入、セグメント等に対して計測を行うものとし、主な計測項目を表 4.13.3 に示す。

表 4.13.3 主な計測項目

対象	分類	計測項目
施工	泥水（土）	<ul style="list-style-type: none"> <li>性状（密度、粘土、砂分含有量、添加剤の使用量）</li> <li>泥水（土）圧</li> <li>排泥（土）量</li> </ul>
	シールド機	<ul style="list-style-type: none"> <li>掘進速度</li> <li>シールド屈進中のカッタートルク</li> <li>ジャッキの使用状況・推力</li> <li>シールドの姿勢（ピッチング、ヨーイング、ローリング）量</li> <li>テールクリアランス量</li> <li>面版への作用土水圧</li> <li>テールグリース使用状況</li> </ul>
	裏込め注入	<ul style="list-style-type: none"> <li>注入量</li> <li>最大注入圧</li> <li>注入率</li> </ul>
	セグメント	<ul style="list-style-type: none"> <li>セグメントの組立て時の変形（真円度）</li> <li>掘進後のセグメントの内空・位置測量</li> </ul>
周辺地盤	<ul style="list-style-type: none"> <li>地表面沈下</li> <li>地下水位</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>地中変位（層別沈下計、傾斜計等）</li> <li>温度</li> </ul>
既設構造物	<ul style="list-style-type: none"> <li>変位（沈下、傾斜等）</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>ひずみ</li> </ul>

出典：近接施工マニュアル

### 4.13.3 寒冷地対策

#### (1) 施工上の留意点

ウランバートルの冬の気温はマイナス 30～35 度程度まで下がり、日によってはマイナス 40 度以下となることもある。そのため、12 月、1 月、2 月の 3 ヶ月間は施工時期としては極めて厳しい状況となり十分な対策が必要である。特にコンクリート工事には特別な配慮が必要である。

日本のコンクリート標準仕方書によれば、①寒中コンクリートの養生時のコンクリート温度は 5℃以上を保つことになっており、加えて、寒中コンクリートとして②AE コンクリートの使用、③打設時の 5～20℃の温度設定、④材料の加熱、⑤ポルトランドセメント及び混合セメント B 種の使用が定められており、仮に打設時での条件を満たしたとしても、外気に晒された状態において定められた養生条件を満たすことは極めて困難であると考えられる。多額な費用を投じて養生時の保温対策を施すことは非現実的であり、今回の建設会社でのヒアリングにおいても冬期の野外コンクリート打設は行っていないとの回答があり、冬期は野外でのコンクリート打設は行わず、屋内で行うプレキャストコンクリートで対応するなどの工夫が必要である。なお、開削工法における駅部のコンクリート打設については、養生条件が十分確保できれば施工できるものと考えられる。

いずれにしても、厳しい冬季の建設工事を適切に実施するためには、寒冷地技術と実施経験を有する信頼できる企業の参画が望まれる。

#### (2) 施設・システムに対する留意点

寒冷地対策として、施設・システムに対しても十分な配慮が必要である。具体的な対策項目として、駅舎の風防、線路切り替え部・分機器の凍結防止、凍上対策、電車線凍結対策、機器（特に電気関係）の結露や雪などからの保護、寒冷地対応車両（車両のスリップ防止、暖房強化、ドアの半自動、窓の防寒対策、断熱構造強化）などが挙げられる。

#### 4.14 概算事業費積算

本案件はモンゴル国内において初となる都市鉄道事業であり、大規模な地下と高架工事を含んでいる。また、モンゴル特有の冬季の極寒事情より、冬季の施工に制限があり、使用されるシステムに対しても寒冷地対応等の対策が求められる。

上記のような事業に対し、類似案件が極めて少ない中で事業費を積算するのは容易ではないが、4.12(2)で述べた調達事情や冬季における建設事情等を考慮し、韓国が実施したFS や日本および諸外国における事業費とも比較しながら設定するものとする。また、価格の設定にあたっては、調達の違いにより下記の3つのオプションを想定した。

- オプション1：日系企業等の参入を想定（ベースケース）
- オプション2：国際競争入札を想定（競争ケース）
- オプション3：主要な工事・調達に対して日系企業の参入を想定（日本コアケース）

なお、オプション3では、日系企業は地下駅及び地下区間（シールド工法に基づく）の土木・建築工事、信号・通信、安全システム及び車両等の調達に参入するものと想定した。

各オプションでの事業費は表 4.14.1 に示す通りである。また、本表の下段では、本事業を上下分離方式とした場合の事業費の配分を示した。

表 4.14.1 ウランバーートル都市鉄道事業費

項目	区分	OP-1 (ベース)		OP-2 (競争)		OP-3 (日本コア)			
		価格 (百万 US\$)	合計 (百万 US\$)	調整率	調整済価格 (百万 US\$)	調整率	調整済価格 (百万 US\$)		
土木・建築 工事	① 地下区間	620.0	1,038.0	80%	496.0	100%	620.0		
	② 高架区間	418.0		70%	293.0	70%	293.0		
E&M	③ 車両基地	55.0	357.0	70%	38.0	70%	38.0		
	④ 駅	102.0		70%	72.0	70%	72.0		
	⑤ 空調・換気	33.0		70%	23.0	70%	23.0		
	⑥ 信号	68.0		80%	55.0	100%	68.0		
	⑦ 電気	53.0		80%	42.0	100%	53.0		
	⑧ 通信	25.0		80%	20.0	100%	25.0		
	⑨ SCADA	7.0		90%	6.0	100%	7.0		
	⑩ システム統合	14.0		100%	14.0	100%	14.0		
	軌道	⑪ 本線軌道		56.0	93.0	70%	39.0	70%	39.0
		⑫ 車両基地内/引込み線		37.0		70%	26.0	70%	26.0
車両	⑬ 6両x10編成	120.0	122.4	70%	84.0	100%	120.0		
	⑭ 付帯機材	2.4		70%	2.0	100%	2.0		
計		1,610.4			1,210.0		1,400.4		
関連費用	⑮ 設計/事業管理	96.6	151.6		72.6		84.0		
	⑯ 用地費	30.0			30.0		30.0		
	⑰ 準備工事 (移設等)	25.0			25.0		25.0		
総合計		1,762.0			1,337.6		1,539.4		
インフラ事業費 (①+②+③+④+⑤+⑥+⑦+⑧+⑨+⑩+⑪+⑫+⑬+⑭+⑮+⑯+⑰)		1,472.6	83.6%		1,114.6		1,250.0		
オペレーション SPC (⑥+⑦+⑧+⑨+⑩+⑬+⑭)		289.4	16.4%		223.0		289.4		
合計		1,762.0	100%		1,337.6		1,539.4		

出典：調査団

積算した事業費を韓国が実施した FS と比較するために、それぞれが提案した都市鉄道事業の主な仕様内容をまとめると表 4.14.2 のようになる。この内容を基に、km 当りの建設費及び事業費を比較してみると表 4.14.3 のようになり、どちらも韓国 FS による値は JICA 調査のオプション 2 とオプション 3 の間とで、MRT (Mass Rapid Transit) と LRT (Light Rail Transit) の違いやトンネルの施工法に違いはあるものの、両者には大きな隔たりはないことが確認された。

以上の結果より、それぞれのオプションに対し、表 4.14.4 に示す各項目の外貨率で外貨と内貨に分け、インフラ整備費用の年次別配分をすると表 4.14.5～4.14.13 に示す通りとなる。

表 4.14.2 韓国 FS と JICA 調査の都市鉄道整備比較

項目		韓国 FS	JICA-FS(UTPUB)	備考
延長		28.38km	19.3km	全路線延長
構造	地上	1.62km	0	
	高架	14.64km	12.73km	
	地下	12.12km	6.62km	
駅数	地上	1	1	
	高架	8	8	
	地下	12	5	
	合計	21	14	
トンネルの施工法		開削工法	シールド工法	
都市鉄道のモード		LRT	MRT	
車両編成数		18 編成	10 編成(2020 年)	

出典：Final Report, Feasibility Study on Metro Construction Project in Ulaanbaatar City,

2011 年 6 月、ウランバートル市

表 4.14.3 韓国 FS における東西線メトロとのコスト比較

項目			韓国 FS		JICA-FS (百万 US\$)		
			百万 MNT	百万 US\$	OP-1	OP-2	OP-3
建設費	土木	本線	924,729	739.8	1,038.0	789.0	913.0
		駅	370,768	296.6			
		小計	1,295,489	1,036.4			
	軌道	建築/システム	122,043	97.6	93.0	65.0	65.0
		障害物除去	734,948	588.0	357.0	270.0	300.0
小計	35,632	28.5	25.0	25.0	25.0		
土地取得費			48,978	39.2	30.0	30.0	30.0
車両			153,216	122.6	122.4	86.0	122.4
臨時費(雑費)/予備費			396,717	1,598	96.6	72.6	84.0
合計			2,787,023	2,229.6	1,762.0	1,337.6	1,539.4
1) 延長 KM 当りの建設費 (百万 US\$)				61.68	78.41	59.53	67.51
2) 1 両当りの車両費 (百万 US\$)				1.80	2.04	1.43	2.04
3) 延長 KM 当りの事業費 (百万 US\$)				78.56	91.32	69.31	79.76

出典：Final Report, Feasibility Study on Metro Construction Project in Ulaanbaatar City,

2011 年 6 月、ウランバートル市

表 4.14.4 インフラ整備費用の年次配分

		設計・管理	用地	準備工	地下部	高架部	E&M	軌道	車両調達	供用開始
外貨率		70%	0%	20%	80%	50%	90%	70%	100%	
1	2012年									
2	2013年	30%								
3	2014年	20%		100%						
4	2015年	10%	30%		20%	15%	20%			
5	2016年	8%	30%		20%	20%	20%			
6	2017年	8%	40%		20%	30%	30%			
7	2018年	8%			20%	25%	20%			
8	2019年	8%			10%	10%	10%	50%	40%	
9	2020年	8%			10%			50%	60%	
10	2021年									1

出典：調査団

【オプション1】

表 4.14.5 総額 (オプション1) (千 US\$)

		設計 ・管理	用地	準備工	地下部	高架部	E&M	軌道	車両 調達	合計
		96,624	30,000	25,000	620,000	418,000	357,000	93,000	122,400	1,762,024
1	2012年	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	2013年	28,987	0	0	0	0	0	0	0	28,987
3	2014年	19,325	0	25,000	0	0	0	0	0	44,325
4	2015年	9,662	9,000	0	124,000	62,700	71,400	0	0	276,762
5	2016年	7,730	9,000	0	124,000	83,600	71,400	0	0	295,730
6	2017年	7,730	12,000	0	124,000	125,400	107,100	0	0	376,230
7	2018年	7,730	0	0	124,000	104,500	71,400	0	0	307,630
8	2019年	7,730	0	0	62,000	41,800	35,700	46,500	48,960	242,690
9	2020年	7,730	0	0	62,000	0	0	46,500	73,440	189,670

出典：調査団

表 4.14.6 外貨分 (オプション1) (千 US\$)

		設計 ・管理	用地	準備工	地下部	高架部	E&M	軌道	車両 調達	合計
		67,637	0	5,000	496,000	209,000	321,300	65,100	122,400	1,286,437
1	2012年	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	2013年	20,291	0	0	0	0	0	0	0	20,291
3	2014年	13,527	0	5,000	0	0	0	0	0	18,527
4	2015年	6,764	0	0	99,200	31,350	64,260	0	0	201,574
5	2016年	5,411	0	0	99,200	41,800	64,260	0	0	210,671
6	2017年	5,411	0	0	99,200	62,700	96,390	0	0	263,701
7	2018年	5,411	0	0	99,200	52,250	64,260	0	0	221,121
8	2019年	5,411	0	0	49,600	20,900	32,130	32,550	48,960	189,551
9	2020年	5,411	0	0	49,600	0	0	32,550	73,440	161,001

出典：調査団

表 4.14.7 内貨分 (オプション1) (千 US\$)

		設計 ・管理	用地	準備工	地下部	高架部	E&M	軌道	車両 調達	合計
		28,987	30,000	20,000	124,000	209,000	35,700	27,900	0	475,587
1	2012年	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	2013年	8,696	0	0	0	0	0	0	0	8,696
3	2014年	5,797	0	20,000	0	0	0	0	0	25,797
4	2015年	2,899	9,000	0	24,800	31,350	7,140	0	0	75,189
5	2016年	2,319	9,000	0	24,800	41,800	7,140	0	0	85,059
6	2017年	2,319	12,000	0	24,800	62,700	10,710	0	0	112,529
7	2018年	2,319	0	0	24,800	52,250	7,140	0	0	86,509
8	2019年	2,319	0	0	12,400	20,900	3,570	13,950	0	53,139
9	2020年	2,319	0	0	12,400	0	0	13,950	0	28,669

出典：調査団

【オプション2】

表 4.14.8 総額 (オプション2) (千 US\$)

		設計 ・管理	用地	準備工	地下部	高架部	E&M	軌道	車両 調達	合計
		72,600	30,000	25,000	496,000	293,000	270,000	65,000	86,000	1,337,600
1	2012年	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	2013年	21,780	0	0	0	0	0	0	0	21,780
3	2014年	14,520	0	25,000	0	0	0	0	0	39,520
4	2015年	7,260	9,000	0	99,200	43,950	54,000	0	0	213,410
5	2016年	5,808	9,000	0	99,200	58,600	54,000	0	0	226,608
6	2017年	5,808	12,000	0	99,200	87,900	81,000	0	0	285,908
7	2018年	5,808	0	0	99,200	73,250	54,000	0	0	232,258
8	2019年	5,808	0	0	49,600	29,300	27,000	32,500	34,400	178,608
9	2020年	5,808	0	0	49,600	0	0	32,500	51,600	139,508

出典：調査団

表 4.14.9 外貨分 (オプション2) (千 US\$)

		設計 ・管理	用地	準備工	地下部	高架部	E&M	軌道	車両 調達	合計
		53,820	0	5,000	396,800	146,500	243,000	45,500	86,000	973,620
1	2012年	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	2013年	15,246	0	0	0	0	0	0	0	15,246
3	2014年	10,164	0	5,000	0	0	0	0	0	15,164
4	2015年	5,082	0	0	79,360	21,975	48,600	0	0	155,017
5	2016年	4,066	0	0	79,360	29,300	48,600	0	0	161,326
6	2017年	4,066	0	0	79,360	43,950	72,900	0	0	200,276
7	2018年	4,066	0	0	79,360	36,625	48,600	0	0	168,651
8	2019年	4,066	0	0	39,680	14,650	24,300	22,750	34,400	139,846
9	2020年	4,066	0	0	39,680	0	0	22,750	51,600	118,096

出典：調査団

表 4.14.10 内貨分 (オプション2) (千 US\$)

		設計 ・管理	用地	準備工	地下部	高架部	E&M	軌道	車両 調達	合計
		21,780	30,000	20,000	99,200	146,500	27,000	19,500	0	363,980
1	2012年	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	2013年	6,534	0	0	0	0	0	0	0	6,534
3	2014年	4,356	0	20,000	0	0	0	0	0	24,356
4	2015年	2,178	9,000	0	19,840	21,975	5,400	0	0	58,393
5	2016年	1,742	9,000	0	19,840	29,300	5,400	0	0	65,282
6	2017年	1,742	12,000	0	19,840	43,950	8,100	0	0	85,632
7	2018年	1,742	0	0	19,840	36,625	5,400	0	0	63,607
8	2019年	1,742	0	0	9,920	14,650	2,700	9,750	0	38,762
9	2020年	1,742	0	0	9,920	0	0	9,750	0	21,412

出典：調査団

【オプション3】

表 4.14.11 総額 (オプション3) (千 US\$)

		設計 ・管理	用地	準備工	地下部	高架部	E&M	軌道	車両 調達	合計
		84,000	30,000	25,000	620,000	293,000	300,000	65,000	122,400	1,539,400
1	2012年	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	2013年	25,200	0	0	0	0	0	0	0	25,200
3	2014年	16,800	0	25,000	0	0	0	0	0	41,800
4	2015年	8,400	9,000	0	124,000	43,950	60,000	0	0	245,350
5	2016年	6,720	9,000	0	124,000	58,600	60,000	0	0	258,320
6	2017年	6,720	12,000	0	124,000	87,900	90,000	0	0	320,620
7	2018年	6,720	0	0	124,000	73,250	60,000	0	0	263,970
8	2019年	6,720	0	0	62,000	29,300	30,000	32,500	48,960	209,480
9	2020年	6,720	0	0	62,000	0	0	32,500	73,440	174,660

出典：調査団

表 4.14.12 外貨分 (オプション3) (千 US\$)

		設計 ・管理	用地	準備工	地下部	高架部	E&M	軌道	車両 調達	合計
		58,800	0	5,000	496,000	146,500	270,000	45,500	122,000	1,144,200
1	2012年	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	2013年	17,640	0	0	0	0	0	0	0	17,640
3	2014年	11,760	0	5,000	0	0	0	0	0	16,760
4	2015年	5,880	0	0	99,200	21,975	54,000	0	0	181,055
5	2016年	4,704	0	0	99,200	29,300	54,000	0	0	187,204
6	2017年	4,704	0	0	99,200	43,950	81,000	0	0	228,854
7	2018年	4,704	0	0	99,200	36,625	54,000	0	0	194,529
8	2019年	4,704	0	0	49,600	14,650	27,000	22,750	48,960	167,664
9	2020年	4,704	0	0	49,600	0	0	22,750	73,440	150,494

出典：調査団

表 4.14.13 内貨分オプション3) (千 US\$)

		設計 ・管理	用地	準備工	地下部	高架部	E&M	軌道	車両 調達	合計
		25,200	30,000	20,000	124,000	146,500	30,000	19,500	0	395,200
1	2012年	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	2013年	7,560	0	0	0	0	0	0	0	7,560
3	2014年	5,040	0	20,000	0	0	0	0	0	25,040
4	2015年	2,520	9,000	0	24,800	21,975	6,000	0	0	64,295
5	2016年	2,016	9,000	0	24,800	29,300	6,000	0	0	71,116
6	2017年	2,016	12,000	0	24,800	43,950	9,000	0	0	91,766
7	2018年	2,016	0	0	24,800	36,625	6,000	0	0	69,441
8	2019年	2,016	0	0	12,400	14,650	3,000	9,750	0	41,816
9	2020年	2,016	0	0	12,400	0	0	9,750	0	24,166

出典：調査団