

東京地下駅の建設

富井義郎*
林正雄**

1. まえがき

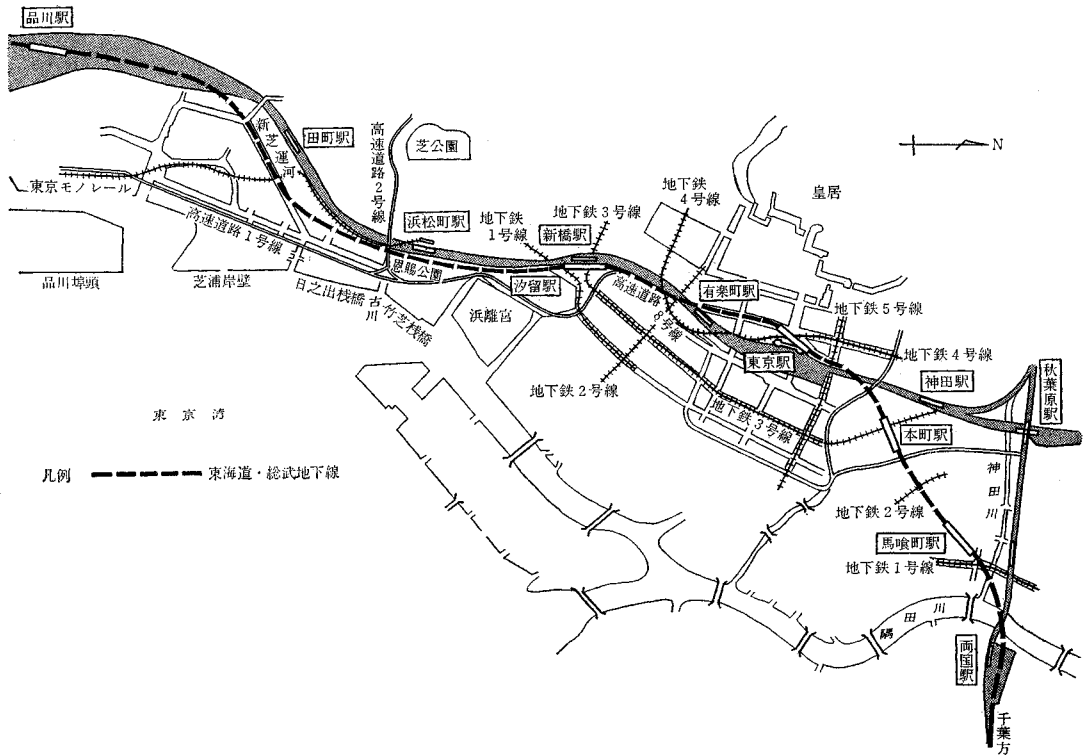
国鉄では激増する首都圏の通勤輸送の混雑を緩和するために、東海道本線の東京～小田原間 83.9 km と総武本線の東京～津田沼間 26.3 km に複線の線路増設工事を進めている。このうち東京駅を中心として東京～品川間 6.8 km と東京～両国間 3.2 km は高層ビルの建ち並ぶ市街地を通過するが、この区間約 10 km は、用地を買収して高架線を建設することがきわめて困難なため、

地下鉄道として建設している。この2つの路線を東京駅の地下で結び、東海道方面と総武方面を直通で連絡することとなり、東京駅丸の内広場の下に地下駅の建設が行なっている。

この東京地下駅は、地下5階、15両編成の電車が発着する大規模なものであり、計画、設計、施工に際して既設の地下鉄道とくらべて特異な点が多く、これらを中心に概要を述べる。

なお、この計画は昭和42年4月に基本計画を決定し、昭和43年4月から総工事費238億円で本体工事に着手

図-1 品川～東京～両国間平面略図



*正会員 国鉄建設局停車場第二課長

**正会員 国鉄建設局停車場第二課 課長補佐

した。そして総武線側の一部を昭和46年10月に使用開始し、昭和47年10月には東海道線側を含めて完成させる予定である。

2. 計画決定までの経緯

(1) ルートと位置の選定

東海道・総武地下線の東京駅乗入れ位置については、図-2に示すような各案について比較検討したが、これらの案は、総武線を暫定的に地下鉄5号線の手前に止める呉服橋案、(①, ②), 八重州側に乗入れる案、(③, ④) 現在の東京駅の直下に乗入れる案、(⑤), 丸の内側に乗入れる案(⑥, ⑦)の4案に分けられる。

まず呉服橋案は、暫定設備として総武線の早期開業をはることを目的としたもので、現在の東京駅との連絡に距離が長く不便であるのが難点であった。八重州案は当時すでに地下駐車場と高速道路4号線の計画が決定されており、一部着工されていて計画の変更が困難なこと、取付の曲線半径が小さくなる等不利な点があった。また現在の東京駅の直下に乗入れる案は、乗換距離が短く便利であるが、線路とホームの仮受工事に工期が長くなり、工事費も多額となる。丸の内案は、国鉄高架橋を斜に横断し、地下鉄5号線の下をくぐるため、乗入れ位置が深くなり、工事が難しいが、東海道地下線との連絡と現在線との連絡を考慮して、丸の内側乗入れに決定した。

丸の内案には、丸の内駅本屋と中央線との地下に乗

入れる案と広場中央に乗入れる案があったが、東海道地下線の計画が確定したので、広場中央部において東海道地下線の東京駅と同時施工することとした。

(2) 運転方式と乗降場形式の検討

総武線の運転方式は当初10両編成の近距離電車が東京駅で折返しすることとして計画を進めていた。一方東海道地下線に乗入れるのは15両編成の中距離電車であり、東京地下駅の乗降場形式を決定するに当って、東海道・総武両線の運転方式を検討した。

基本的には東海道・総武共東京駅折返しとする案と東海道・総武が相互に直通する案があり、直通案には、中距離電車15両編成直通案、近距離電車10両編成直通案、中距離・近距離電車相互直通案があり、総武線の乗降場延伸を考慮した東京地下駅の工事費、車両の運用、ラッシュ時の混雑度、旅客サービス等について比較検討した。

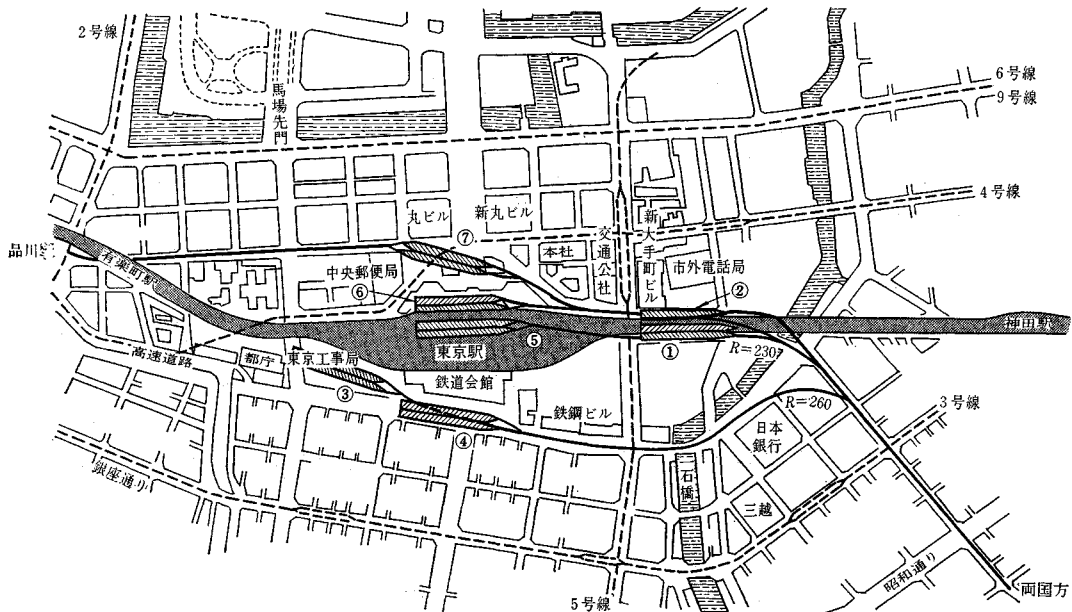
また乗降場形式については、主として直通運転に適する島式ホーム2本・着発線4線とする案と主として折返運転に適する島式ホーム3本・着発線6線とする案を検討した(表-1)。

その結果、旅客サービスを考慮し、ラッシュ時においても観光・用務客の輸送ができ、同一車種を使用して合理的な車両運用ができる都心を通直する輸送方式をとることとなり、湘南方面と房総方面を中距離快速電車により直結することとなった。

東海道・総武両線の運転系統は次のようになる。

①東海道線平塚・小田原方面の湘南電車は、現在通り高架線で東京駅へ乗入れる。

図-2 東京駅乗入れ位置各案



表一 東京駅地下乗降場比較表

案	A	B
ホーム・着発線数	2本・4線	3本・6線
配線略図		
工事費	238億円	309億円
工期	60ヵ月	66ヵ月
支障度合丸の内本屋	現診療所付近まで支障する(支障面積約1460m ²)	現中央口付近まで支障する(支障面積約2330m ²)
中央郵便局	一部支障する(支障面積約260m ²)	一部支障する(支障面積約390m ²)
総武線最少運転時間	10両 2分30秒 15両 3分	10両 2分30秒 15両 3分
運転方式	折返し、直通いずれも可能であるが主に直通運転方式に適している	折返し、直通いずれも可能であるが主に折返し運転方式に適している
総武線急行列車の取扱	専用ホーム：なし 東海道から直通とすることが望ましい。 据付時分が制限される。	専用ホーム：島式ホーム1本2線 折返し、直通いずれも扱える。 据付時分は制限されない。

②横須賀線電車は、品川から地下線を通して東京地下駅に乗り入れ、総武快速線へ直通する。

③総武線快速電車は、両国から地下線を通して東京地下駅に乗り入れ、横須賀線へ直通する。

④総武線緩行電車は、現在通り御茶ノ水・三鷹方面へ直通する。

この運転方式に適した乗降場形式として、島式ホーム2本・着発線4線とする案に決定した。

3. 地下駅の設備計画

(1) 地下駅の規模

東京地下駅の計画範囲は丸の内広場を中心として延長735mの区間であり、東京駅の北端を横断している地下鉄5号線の下で交差するため、軌条面高はT.P-2 1m 580となっており、掘削底面は地表面下約27mになる。また構築の最大幅は、幅12mのホームを2本設けるので、44.8mになっており、これを地下5階に分けて使用する。

(2) 駐車場の配線

配線は地形上から点対称の形になるが、ラッシュ時に後続列車が交互に着発して運転間隔を短縮し、また事故等の場合、東海道・総武両線がそれぞれ折返運転できるように、4本の着発線はすべて東海道・総武各線へ出入可能なようにした。

したがって、列車の折返しや列車を長時間留置することも考えられるので、線路勾配はレベルとし、トンネル排水は、構築底面に勾配を付けて処理することとした。

(3) 各階の設計

各階の設計に当り、特に配慮した項目は次の通りである。

a) 階段とエスカレーターの配置

地下5階のホーム面と地下1階の旅客通路との高低差は17.4mもあるため、多数の旅客を短時間に円滑に昇降させる必要があり、そのためにはホームのすぐ上の地下4階に旅客広間を設け、ホームとの連絡にはできるだけ多くの階段を設備し、ホームに旅客がい集まないようにして、地下4階と地下1階の改札口はエスカレーターで直結することとした。

階段・エスカレーター・改札口の配置は、相互に密接な関連があり、旅客の動線をスムーズにするため、これらの配置には、工夫を要した。すなわちホーム階段は6カ所設けるが、その位置と方向は、15両の電車に対して均等に旅客が分散するようにし、また16基もの多数のエスカレーターの配置と地下1階の改札口の位置の関係も考慮する必要があり、旅客の動線が最もスムーズになるようなあらゆる組合せを検討した結果、図-3に示すような設備に決定したものである。

b) 乗降場の幅と柱列

ラッシュ1時間の乗降人員は、昭和50年には58000人と想定されており、島式ホーム1本について、1列車(3分間隔に発着)に約1500人の旅客が乗降するので、ホーム幅を12mとした。

また、このホームには直径90cmの柱が7m間隔に2列に並び、線路方向は外壁の柱列とともに10m間隔としたが、これは車両長が20mであり、柱の位置と車両の扉の位置が重ならないようにしたためと、将来の広場全体の地下開発をした場合の柱列を考慮したためである。

c) 機械室と電気室

地下3階に配置することとしているが、機器の高さの関係で天井を高くする必要があり、一部分は地下2、3階を吹き抜けとしている。地下駅の換気設備とトンネル部分の換気設備の一部を東京地下駅に設置するため、機械室のスペースはかなり大きい部分を占めている。

またこれらの機器の保守を行なうために、換気塔のまわりを利用して、保守用自動車の出入する斜路を地下3階まで通じさせている。

地下2階には地下線全体の換気設備と配電設備を集中制御する制御室と後に述べる防災設備を常時監視する防災管理センターを設けるように計画している。

(4) 空調換気設備

品川～東京～両国間の地下線は、

① 通過深度が地下20～30mであり、駅中間に通風

孔（一般の地下鉄では80～120 m 間隔）を設けることが困難であり、列車のピストン作用による自然換気がほとんど見込まれない。

② 大部分が地下水のない地層を通過するので、トンネル壁面からの熱放散がない。

③ 列車編成が長く、列車のパワーが大きく、さらに電気ブレーキを使用するため、かつての地下鉄道とくらべて発生熱量が非常に大きい。

という条件があるため、空調換気設備を設けることとした。

換気設備の計画、設計に当って、模型実験を行ない、ホームおよびトンネルにおける給排気の風量、風速、吹出口のノズルの方向および形状、列車の影響等の調査を行なった結果、駅中間部は、列車のピストン作用を利用して、列車の進行方向にあわせた強制縦流換気方式を採用することとした。

駅部については、空調を行なうこととし、表-2の外気条件に対して、表-3の空調換気条件を設定した。

表-2 外気条件

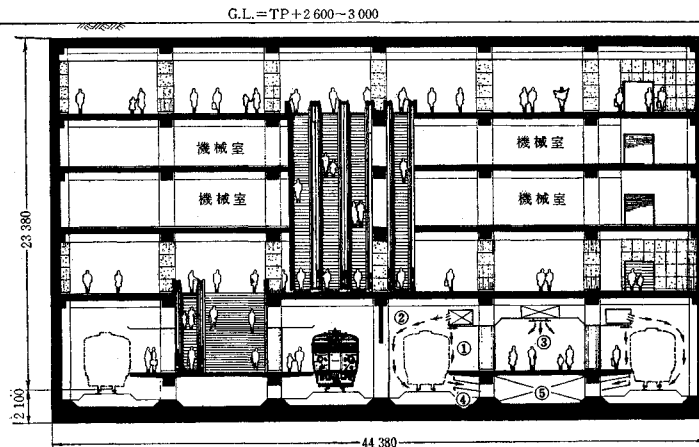
時刻	夏 期		冬 期	
	温度 (°C)	湿度 (%)	温度 (°C)	湿度 (%)
8 時	28	75	—	—
14 時	32	68	-2.1	40
18 時	30	70	—	—

表-3 空調換気設定条件

部 位	種 別	設 定 条 件
ホーム、コンコース	空調	温度 29°C 湿度 60～65%
駅 務 室	空調	温度 26°C 湿度 50%
機 械 電 気 室	換 気	30 m ³ /h・m ²

図-4 ホーム部空調と線路部換気

- ① 空気流幕（外気吹出）
- ② 線路部空気（外気吹出）
- ③ ホーム天井吹出（冷風吹出）
- ④ ホーム下排気
- ⑤ 排気ダクト



ホームと旅客通路の空調設定条件は、日中 14 時の外気温度 32°C と室内空調温度 26°C の中間値とし、夕方 18 時には外気温度 30°C に対して、29°C に下がるようにしたが、湿度は 60% に下げるように計画しているので、不快指数は 81 から 78 に下がる。

ホーム部分の空調換気は図-4 に示す方式を採用することとしている。ホーム縁端に①の空気流幕を作ってホーム上の冷風③を線路部からしゃ断し、電車の床下にある抵抗器から出る熱を⑤のホーム下のダクトから排気する。

(5) 防災設備

東海道・総武地下線に設ける地下駅は、地下4階または5階となり、ホームの長さは 320 m もあり、大規模なものである。また駅中間部はシールド工法で施工するため立坑を利用した換気口の他は地表と接触する部分は全くない。

このため旅客および職員の安全をはかるため、あらゆる非常事態を予測した防災体制を備えておく必要があり、地下鉄の防災に関する研究委員会を設けて、国鉄部外の専門家の参加をえて研究を行なっている。

研究内容としては、

- ① 災害の種類と発生規模
- ② 発生原因の追求
- ③ 災害の防止または最少限にとどめる方法
- ④ 避難誘導方法
- ⑤ 総合的防災管理システム

等であり、表-4 に示す災害別チェックリストに基づいて検討を進めている。

4. 工事内容

主要な工事数量は次の通りである。

① 地下駅の躯体

- 掘削土量：約 610 000 m³
- 鉄筋コンクリート：約 150 000 m³
- 連続地中壁：約 40 000 m²
- 躯体鉄骨：約 20 000 t
- アンダーピンニング
- 丸の内駅本屋：2 600 m²、仮受重量 19 000 t
- 地下鉄 4 号線：長さ 55 m、幅 15 m
- 東京中央郵便局：300 m²

② 旅客設備

- 改札口内の旅客通路：10 900 m²
- 改札口外の旅客通路：11 300 m²

表-4 災害別チェックリスト

No.	大分類	小分類	具 体 例
1	火 災		
1-1	発生原因 過去の火災例を調査し、発生源の減少に努める。	1. 車両関係 2. 電気、機械設備 3. 内装、家具 4. 人災	○車両の不燃化はどの程度できるか。 ○在来の架線方式で防災上の問題はないか。 ○モーター、ダクト、配線などから出火の可能性はないか。 ○シーリング、コーキング材などは不燃化されているか。 ○内装材の不燃化を進める。有毒ガスを発生するものはないか。 ○スチール家具を採用し、紙類などの可燃物量を制限する。 ○喫煙、爆破などの人為的なものにどう対処するか。
1-2	発見と通報	1. 感知器 2. 確認方法	○熱感知より、煙感知を主体にする。 ○I.T.V.などで遠方から確認できないか。
1-3	管理体制	1. 防災センター	○通報、判断、指令、誘導などの設備と組織を集中する。
1-4	避難と誘導	1. 避難通路 2. 誘導方法	○避難人員の量と時間を推定する。 ○常に2方向以上にスモークタワー付の避難階段（構造が問題）を用意する。 ○アナウンス、フリッカーランプなど聴視覚による誘導方法を考える。
1-5	消火設備	1. 自衛消火 2. 消防隊活動	○水消火と化学消火を箇別列にどう使いわけるか。どう配置するか。 ○どこまで期待できるか、連携方法をどうするか。
1-6	排煙設備	1. 強制排煙	○運転方式（排気のみ、給気の逆運転、別系統など）をどうするか。 ○ゾーニングと容量をどう設定するか。
1-7	延焼防止	1. 安全区画	○防火戸、シャッターなど通常の手段が採れるか（ホーム、コンコースに）。 ○エアカーテンは使えないか。 ○設備工事の貫通部等タメ回りの処理方法を考える。
1-8	2次災害	1. 停電、浸水等	○別項で研究
1-9	特にトンネル内で	1. 運転と消火 2. 避難と誘導 3. 列車無線	○火災を起した車両をどうするか。 ○側道のみでよいか。換気塔に階段をつける。 ○トンネル間連絡が必要か。
2	水 害		
2-1	調査と想定	1. 広域浸水と集中豪雨	○浸水の可能性を調べる。
2-2	設備	1. トンネルと出入口に 2. 排水	○防潮扉、防水扉などをどう設置するか。 ○ポンプ容量をどう設定するか。
3	地 震		
3-1	2次災害	1. 停電、火災、漏水	○別項
3-2	設備の耐震設計	1. 振動	○エキスパンションジョイント（構造体の耐震性）などをどうするか。
4	停 電		
4-1	原因の想定		
4-2	給電系	1. 予備電源	○非常用容量をどれだけみるか。 ○配線シャフトの多重系は必要ないか。 ○発電機、蓄電池をどう設置するか。
5	その他		○旅客のパニック対策 ○台数、揚程が大きいエスカレーターの検討。

駅事務室、出札室等：4 000 m²

乗 降 場：7 000 m²

乗降場階段：12 ヲ所

5. 施工方法

③ 機械設備

換 気 塔：4 ヲ所

空調換気設備および冷却塔：一式

エスカレーター B₁-B₁ 直通：16 基（2 人用）

B₃-B₄：12 基（2 人用）

エレベーター B₂-B₄：2 基

B₁-地上1 基

(1) 地 質

この付近の標準的地層は図-5 に示す通りであり、地表から約 10 m までは沖積層が存在し、表層の 2~3 m は埋土で、その下が貝ガラ混りのシルトや砂層で軟弱な地層である。地下水は G.L-3 m 付近にある。

洪積層の上層は締った硬い砂層であるが、多量の地下

図-5 地質柱状図

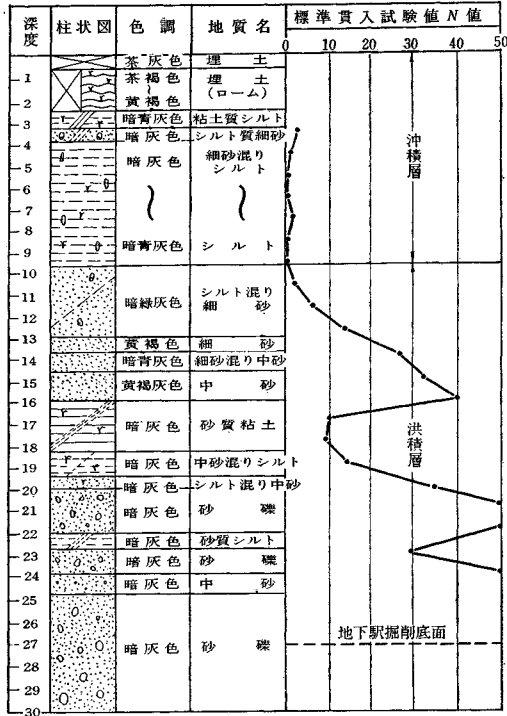
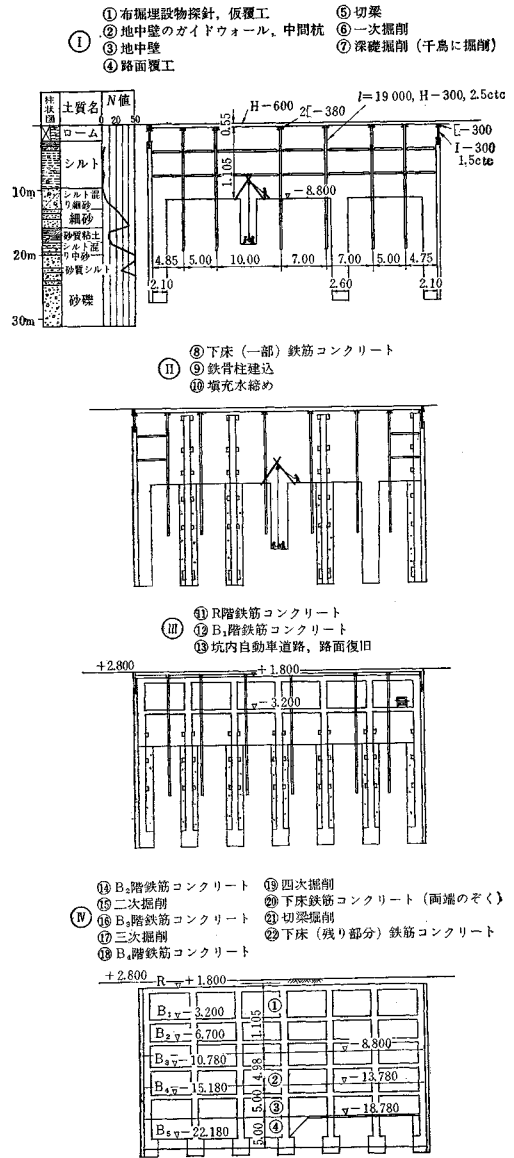


図-6 東京地下駅施工順序図



水を含んでおり、湧水に伴って砂を流出し、掘削が困難な地層である。そのすぐ下 (G.L.-16~19 m) には厚さ 2~3 m の固結シルト層 (土丹) があり、これは東京駅付近全域にわたって連続して存在し、上層の地下水を通さない不透水層を形成している。その下に砂礫層があるが、ビルの冷房用水等に汲み上げられたため地下水が枯渇している。この砂礫層は東京礫層といわれ、N 値 50 以上で非常に硬く、杭の打込みが不可能であり、掘削も困難である。

東京礫層は酸素の欠乏した空気が湧出することがあり、深礎工事等では、作業中の換気に注意を要する。これは過去の圧気工法により砂礫層中に空気が浸透し、その途中で硫化鉄等に空気中の酸素が吸収され、無酸素状態で滞留していたものが掘削中に湧出してくるためといわれている。

(2) 地下駅躯体の施工

a) 鉄骨の製作

地下駅の躯体のうちホームのある中央部分長さ 390 m は、将来の広場全域の地下利用計画を考慮して、柱はり構造としたが、旅客通路やホームでは、スパンを極力大きくし (線路方向は 10 m, 横断方向は 7 m), はり高を小さく、柱を細くする必要があるので、地下 3 階より下の柱は直径 2.6 m の狭隘な立坑内で施工しなければならないこと、工期を短縮すること等の理由により、鉄筋

コンクリートまたは鉄骨鉄筋コンクリート構造としないで、鉄骨構造とした。

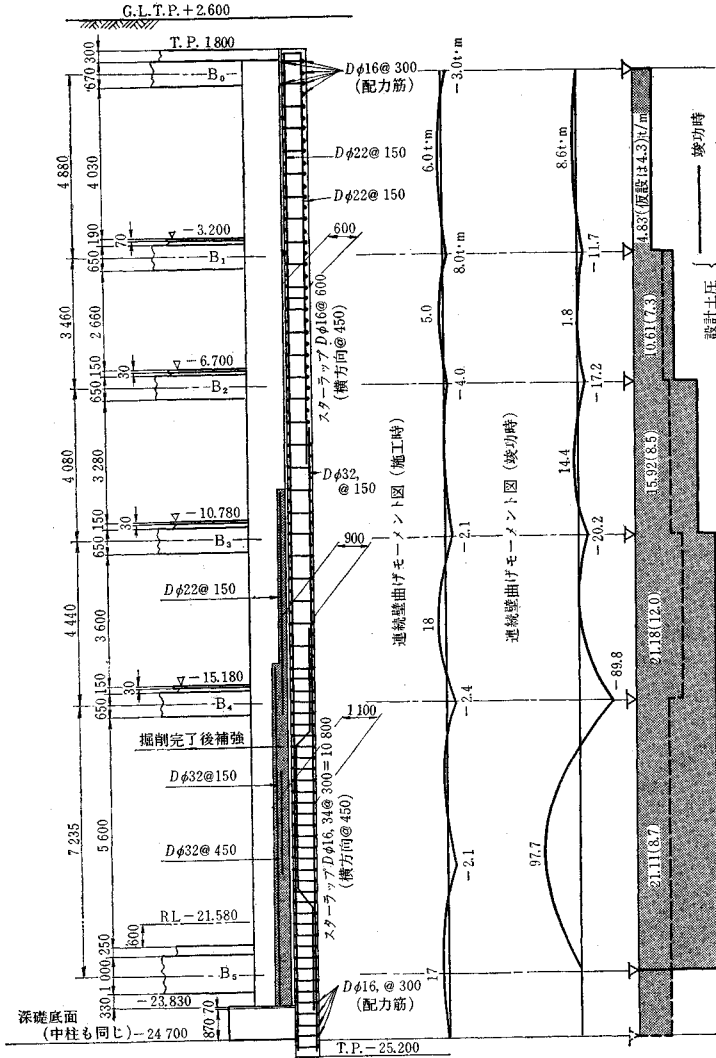
使用する鉄骨の重量は約 2 万 t である。

b) 掘削方法

61 万 m³ におよぶ大規模な掘削を、地下 27 m まで行なう工事を、都心部で一カ所に集中して施工した例はほとんどなく、各種の工法を検討した結果、図-6 に示す逆巻工法を採用することとした。

土留工法は、掘削中に砂の流出を伴う表層の地下水の湧水を防止するため、下層の東京礫層が非常に硬く、杭の打込みが不可能なため、一般に用いられている H 鋼杭やシートパイルによる土留によらないで、連続地中壁

図-7 連続地中壁設計図



連続地中壁の施工には、最初に先行ボーリングを1.7m間隔に深さ28mまで行ない、これをガイドとして、深さ16mまでの比較的軟弱な地層をベントナイト泥水を満してグラブバケットにより掘削し、それから下の硬い地層は、パーカッション方式によりサクショパイプの先端に取付けたチゼル（掘削用先）を上下に作動させて掘削し、泥水とともに汲上げる工法を採用した。

地下駅の掘削順序は図-6に示す通りであり、この工法は地下1階の天井のコンクリートを打設すると、地下の掘削工事が完了しなくても路面の復旧ができる利点がある。

(3) 丸の内駅本屋のアンダーピニング

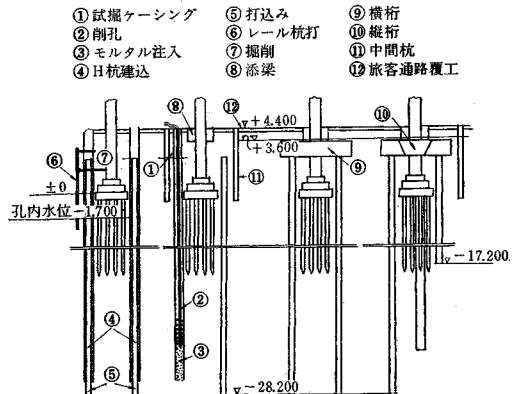
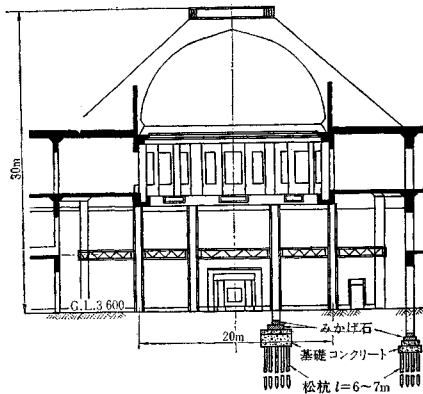
丸の内駅本屋は、大正3年の東京駅開業ときに建設したルネッサンス式の鉄骨レンガ造りであり、間口315m、建坪約8000m²、南北の改札口部分は高さ30mのドーム構造の屋根を有する特殊な建物である（図-8）。

工法を採用することとした。

そして図-7に示すように壁厚60cm、深さ28mの

今回の工事では、この駅本屋の北口の一部が支障するが、昭和20年の戦災で3階の一部を焼失したとはいえ、

図-8 丸の内駅本屋・ドーム部分断面図



まだ建設当時の面影をとどめており、現在でも十分使用できるので、取りこわさないでアンダーピニングを行なって、地下駅の工事を行なっている。

アンダーピニングの方法は 図-9 に示す通りである。先ずレンガ壁の両側にボーリング機械により削孔して長さ 20~30 m の H 鋼杭を継ぎながら建込む。またレンガ壁を補強するために、壁の両側に鉄筋コンクリートの添ばりを施工し、P C 鋼棒で締付ける。この添ばりの下に鉄筋コンクリートの横桁をそう入し、次に鉄筋コンクリートの縦桁をレンガ壁の直下に施工して、縦横の桁を継ぐ。次に H 鋼杭の頂部と横桁の下面の間にジャッキを入れてプレロードをかけ、駅本屋の建物荷重を在来基礎か

ら H 鋼杭へ受け替えるという順序である。

6. あとがき

以上東京地下駅の計画、設計、施工の概要について述べたが、この工事は、国鉄が 1 駅にかかる工事費としては最大のものであり、また設計上、施工技術上の難問題が山積みしている。幸い関係機関の深い理解と協力により、現在順調に工事が進んでいるので、地下線部分とあわせて、予定通り完成できるものと確信している。

(1969.4.10・受付)

日本土木史 —大正元年~昭和 15 年—

- 体 裁：B 5 判 8 割横一段組み 本文 1770 ページ 図 410 葉 表 500 点
写真 150 枚余 上製箱入革製豪華製本 定価 12000 円 (〒 300 円)
内 容：第 1 章 河川・運河・砂防・治山/第 2 章 港湾・漁港・航路標識/第 3 章 農業土木/第 4 章 都市計画・地方計画/第 5 章 道路/第 6 章 軍事土木/第 7 章 上水道・下水道および工業用水道/第 8 章 土木行政/第 9 章 建設機械/第 10 章 トンネル/第 11 章 発電水力およびダム/第 12 章 鉄道/第 13 章 水理学/第 14 章 応用力学/第 15 章 土性および土質力学/第 16 章 測量/第 17 章 土木材料/第 18 章 コンクリート/第 19 章 土木教育史/第 20 章 学・協会史/付・日本土木史年表

改訂三版

好評重版!

農業土木ハンドブック

農業土木学会編 編集委員長 石橋豊 A 5・1376 ページ ¥ 5,500 (内容見本送呈)

計画編、設計・施工編、事業編、基礎編の 4 編から成る全く新たな構想のもとに、「農業土木学」を構成する広範囲な基礎知識と専門分化した農業土木技術を集大成。学生・研究者をはじめ、すべての農業土木関係技術者の必携書。

〈主要内容〉 計画編 (土地利用/水資源開発/地域開発/営農/開墾・草地造成計画/干拓・埋立計画/カンガイ計画/排水計画/農地整備計画/農村計画/水産土木計画/海外低開発地域の農業開発) 設計・施工編 (開墾工/飲雑・防除用水施設工/海底(湖底)堤防工/潮止め工/干拓地排水施設工/地盤造成(埋立)工/除塩工/貯水工/頭首工/地下水工/水路工/配水施設工/水質改良施設工/河海工/ポンプ/ゲート・バルブ/区画工/農道工/耕地内用排水工/耕地土層工/保全工) 事業編 (事業費算定/経済効果/事業施行/施行に伴う補償/施設の維持管理/災害復旧/法規) 基礎編 (数学・数表・度量衡/気象水文/水理/測量/土壌・作物・肥料・農業/土木地質/土質工学/構造力学/コンクリート工学/材料/電気/施工機械/ホ場機械一覧/農作業用施設/付. 世界の農業)



東京・日本橋



振替東京 5 番