

2. 建設工事

1. 名古屋市の地下鉄建設工事

Chapter 2. Construction Works in Chubu District

1. Construction of the Rapid Transit Railway in Nagoya

鈴木公英 (すずき ひろひで)

名古屋市交通局技術本部 高速度鉄道建設部長

酒井貞吉 (さかい さだよし)

名古屋市交通局技術本部 工事課工事第一係長

1. はじめに

名古屋市における地下鉄は、東京・大阪について我が国3番目の地下鉄として、昭和32年に名古屋・栄間2.4kmの営業を開始した。以来、順次延長をはかり平成元年9月に6号線中村区役所・今池間6.3kmの開業を迎え、現在5路線66.5kmを営業し、1日102万人の乗客に利用されている。

現在建設中の路線は、3号線上小田井・庄内緑地公園間1.4kmおよび6号線今池・野並間8.3kmである。6号線今池・野並間8.3kmは、昭和63年3月に工事着手したところであり、平成4年度の完成をめざしている。

2. 名古屋の地下鉄網

地下鉄の建設計画は、昭和47年の都市交通審議会答申第14号により、8路線約130kmがある(図-1)。しかしながら、答申からほぼ18年が経過しており、最近の名古屋圏の人口動態の変化や交通の状況を見ると、答申時の想定とはかなり異なったものとなってきている。そこで、これらの情勢の変化に対応し、さらに広域的、長期的展望にたつて地下鉄を中心とする交通網のあり方を再検討する運輸政策審議会が、この4月に開催されることとなった。この運輸政策審議会に備えて名古屋市基幹公共交通網調査委員会を設置し、昭和63年2月に答申を得たところで

ある。

この調査委員会の答申は、今後運輸政策審議会の審議の場へ名古屋市案として反映されるよう要望してまいりたいと考えている。

3. 都心部における第6号線建設工事

3.1 建設計画の背景

昭和30年代に入り、高度成長に伴う都市への人口集中およびモータリゼーションは相互に影響し合い

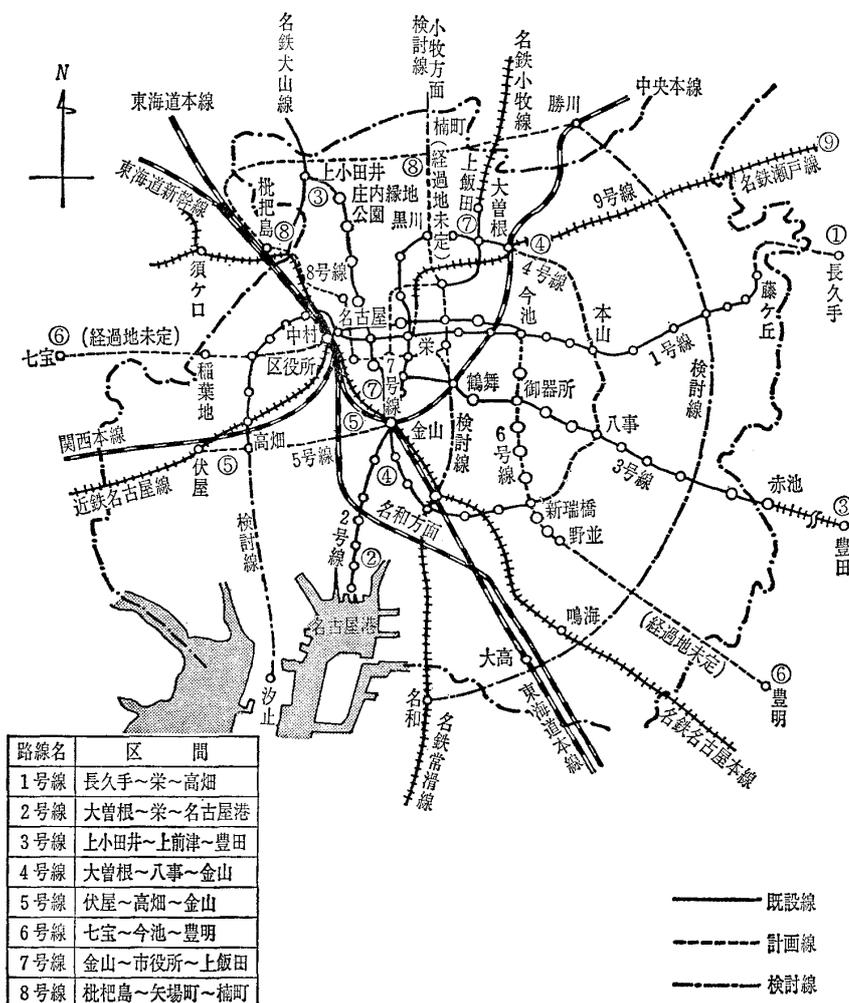


図-1 名古屋圏高速度鉄道網図(都市交通審議会第14号答申)

ながら人口のドーナツ化現象をもたらした。都市そのものへの人口集中は、昭和40年代に入り鈍化したものの、都市圏域への人口集中とその中で人口のドーナツ化はなお続いている。

このようにドーナツ化した人口配置は、中心都市に対して毎日の通勤通学の流れとなって集中してくるが、名古屋市における在来の鉄道路線形態から、その大半が名古屋駅に集中しているため、名古屋駅経由の流入となる。これに対して市内鉄道として受ける地下鉄は、1号線があるのみで輸送の限界に達している。

昭和47年の都市交通審議会答申は、名古屋駅を通るもう1本の地下鉄が必要であるとし、名古屋市西方の七宝町から名古屋駅・市中心部を経由して各所で既設地下鉄線と交差連絡しつつ、開発の著しい市

東南部を経て豊明市に至る6号線を計画に示している。

6号線全体としては、30kmを越す長大路線であるが、名古屋市ではこのうち中村区役所・野並間について緊急に整備する必要があるとして建設に着手したものである。

3.2 建設計画の概要

6号線中村区役所・野並間の建設計画の概要は、図-2に示すとおりである。

事業免許区間は中村区役所・野並間15.8km（建設キロ）であり、全線地下式で17駅の設置を予定しており、営業キロは14.9kmである。6号線の車庫は当面余力のある日進車庫（3号線）を使用するため、3号線と交差する丸の内駅付近に3・6号の連絡線を設けるとともに、車両や施設などは3号線と

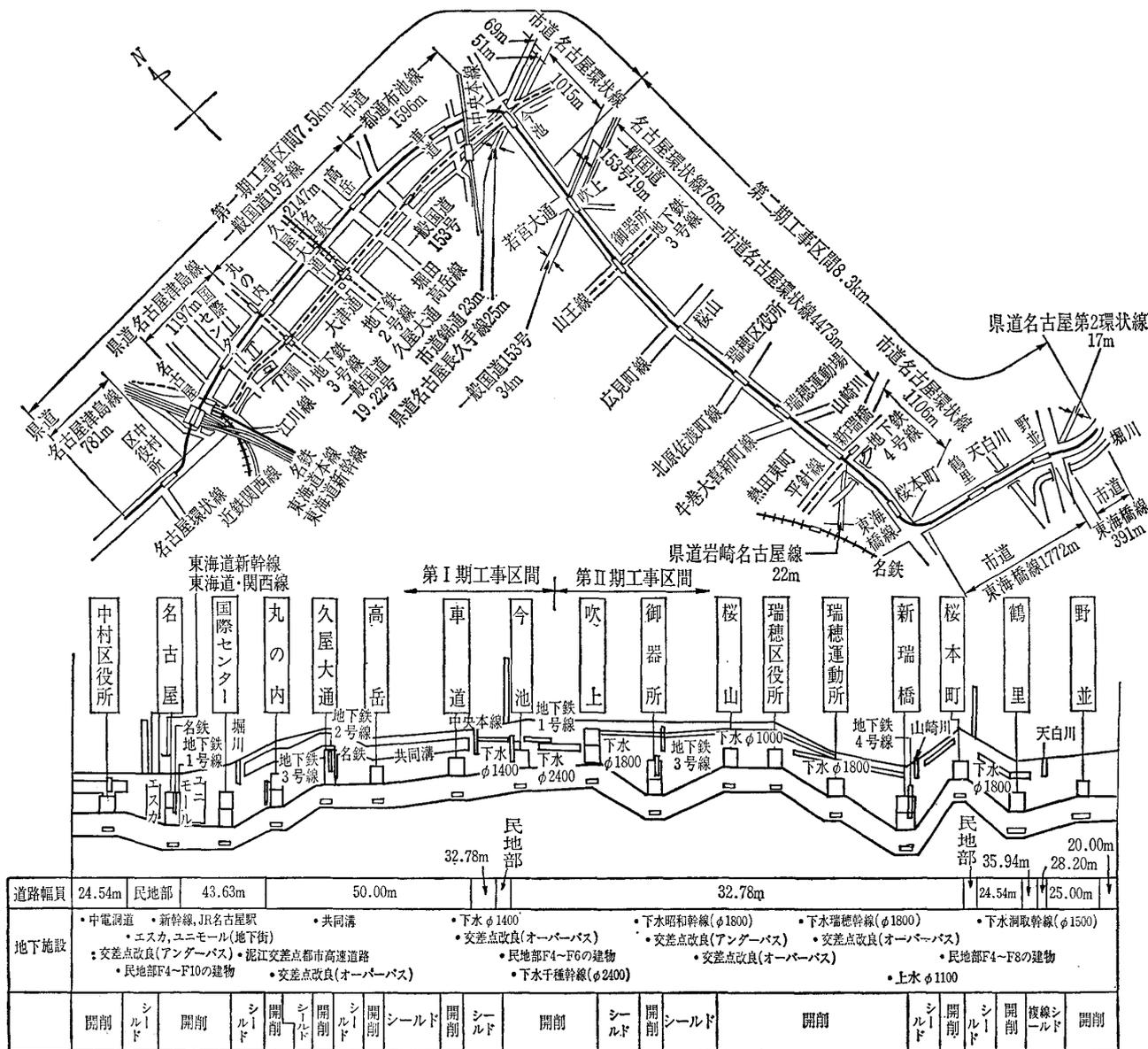


図-2 6号線概要図

表—1 主要工事内容

工 区	若宮町	中村区役所駅	名古屋駅	名 駅 前	泥江駅	丸の内駅	桜通本町	東 桜 駅	高 岳 駅
工事延長 (m)	295	295	312	439	151	228	266	222	197
平均掘削深 (m)	19.0	19.8	23.0	22.2	22.3	27.5	28.0	23.5	21.5
掘削土量 (m ³)	99 990	122 513	167 000	168 129	79 511	200 044	103 314	168 583	134 286
防 護 工			JR 名古屋駅 名鉄本線 テルミナ	地下鉄1号 ユニモール	洞 道	共 同 溝	共 同 溝	共 同 溝 セントラル パーク 名鉄瀬戸線 地下鉄2号	共 同 溝

工 区	車道駅	今池駅	千種通北	千種通南
工事延長(m)	246	321	292	316
平均掘削深(m)	17.2	20.5	19.5	19.0
掘削土量 (m ³)	100 851	150 597	87 226	63 096
防 護 工		地下鉄1号	大口径下水	大口径下水

同一規格とした。

建設工事は、全工事区間 15.8km を、第一期工事区間（中村区役所～今池）7.5 km と第二期工事区間（今池～野並）8.3 km に分けている。第一期工事区間は昭和58年6月に着手し、平成元年9月開業を迎え、第二期工事区間は、昭和63年3月に着手し、現在鋭意工事を進めているところである。

3.3 第一期工事（中村区役所～今池）の概要

第一期工事区間の中村区役所・今池間は、1号線と並行し都市域を東西に貫通する区間であり、既設路線との交差、ほかの地下施設も多く、大規模かつ難度の高い工事となる箇所が多い。この内、JR名古屋駅部については、JR東海建設工事に工事を委託した。

主な関連施設としては、JR名古屋駅、名鉄本線・瀬戸線、地下鉄1・2・3号線、JR中央線などの既設鉄道との交差、エスカ、テルミナ、ユニモールなどの地下街、更には桜通りの共同溝などがある。

これらの既設地下構造物を防護して施工するため、この区間の掘削深さは17～28mと全体に深くなっており、駅施設も広幅員となっている。

既設構造物の防護方法としては、開削区間はアンダーピニング工法で、シールド区間の共同溝は主に遮断壁により、また、沿道建物および橋梁は薬液注入工法により施工した。

地下鉄構造物の施工方法として駅部は開削工法、駅間のトンネル部は

掘削深さが深く、また、交通量も多いことから、シールド工法とした。

(1) 開削工法区間の施工（図—2参照）

第一期工事区間の開削部工事延長は約 3.6 km、掘削土量は約 161 万 m³ である。各工区の主要工事内容は表—1 のとおりである。ここでは代表的なアンダーピニング工事区間である JR名古屋駅から泥江交差点の内、ユニモール地下街部および JR新幹線・在来線の施工方法、技術的特徴、計測管理について述べてみたい。

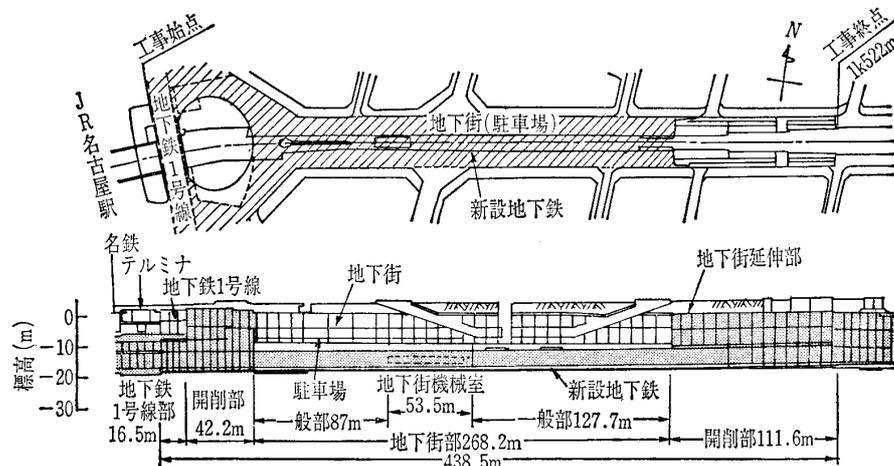
i) ユニモール地下街部

ユニモール地下街は、昭和45年に名古屋駅前の桜通下に建設され、地下1階が公共通路と店舗、地下2階は駐車場となっており、中央部55mは地下3階構造となって機械室として使用されている（図—3参照）。

地下鉄6号線は、このユニモール地下街縦断方向270m全区間の直下に、1層1径間の函形RC構造物を建設するものである。この工事は、地下店舗および駐車場も年中無休で営業しているため、営業に支障を与えない工法を採用している。

施工手順（図—4参照）

① ディープウェルによるメッセル導坑下端まで



図—3 平面図・縦断面図

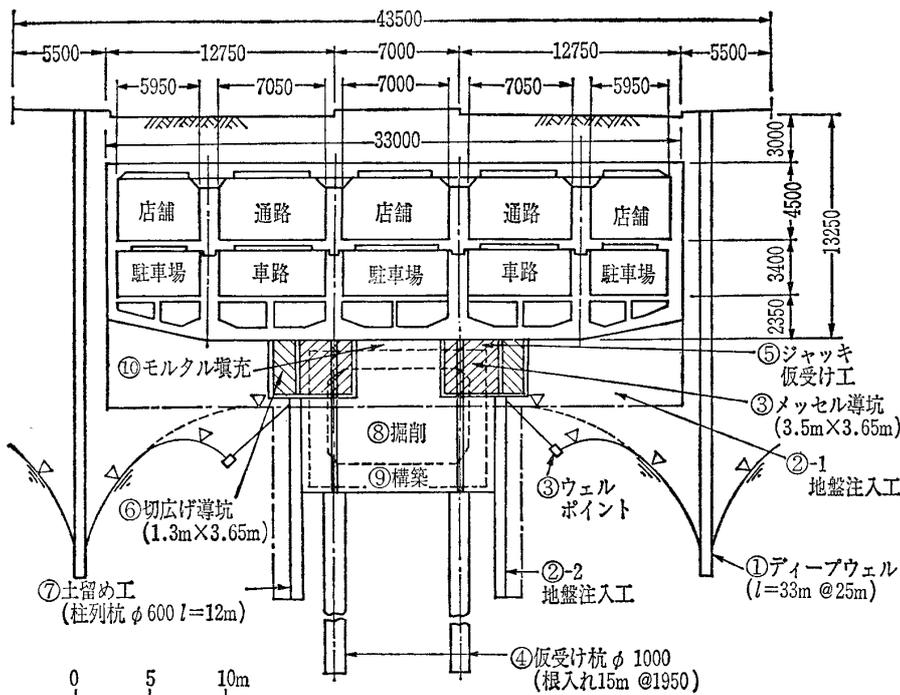


図-4 施工手順図

の地下水位低下

- ② 地下街駐車場階からの地盤注入
- ③ メッセル導坑 (3.5m x 3.65m) の施工および導坑内からウェルポイントによる地下水位低下
- ④ 導坑内からリバース工法により仮受け杭 (φ 1000, 根入れ長 15m) の施工
- ⑤ 仮受け杭頭部にジャッキを設置し, 地下街の仮受け
- ⑥ 導坑の 1.3m の切広げ
- ⑦ 切り広げた導坑内から土留め柱列杭 (φ 600, 根入れ長 7 m) の施工
- ⑧ 掘削
- ⑨ 地下鉄 6 号線構築
- ⑩ 地下鉄上床と地下街下床との空隙に無収縮モルタルを充填し, 本受替え

⑪ 仮受け杭撤去

技術的特徴

① 耐力試験

仮受けに先立ち, すべての杭に耐力試験を実施した。この試験は京都大学村山教授の指導のもとに, 杭の初期沈下量の除去(なじみ取り), 杭周辺砂地盤の改良, 支持力の確認を目的としたもので, 設計荷重よりやや大きい 180 tf を 3 ~ 5 回繰り返し載荷した後, 3 日間の継続載荷をす

るものである。仮受け杭の沈下量は 3 ~ 5 mm で, あらかじめ実施した仮受け杭載荷試験とほぼ同じであった。

② 導坑掘削(図-3, 図-5 参照)

先行した一般部 (87m) では, 導坑幅を 3.5m で掘削し仮受け後, 1.3 m 切り広げ掘削した結果, 地下街の沈下が当初予想値の 1/3 程度にとどまった。このため, この計測値を設計にフィードバックし, 地盤反力係数と導坑背面緩み範囲を再評価した結果, 導坑支保工にプレロードをすれば当初から所定幅の導坑掘削が可能と判断された。これにより後施工の一般部 (128m) は導坑幅を 4.8m で施工した結果, 予想値以下の沈下にとどまった。

ii) JR 新幹線・在来線部

新幹線・在来線部は, 昭和39年, 昭和12年にそれ

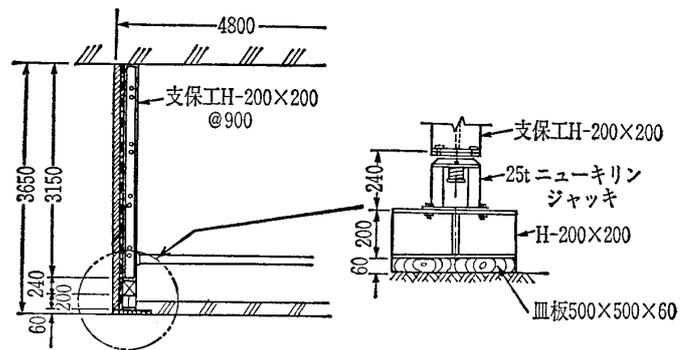


図-5 拡幅部も含めた導坑一括掘削における支保工図

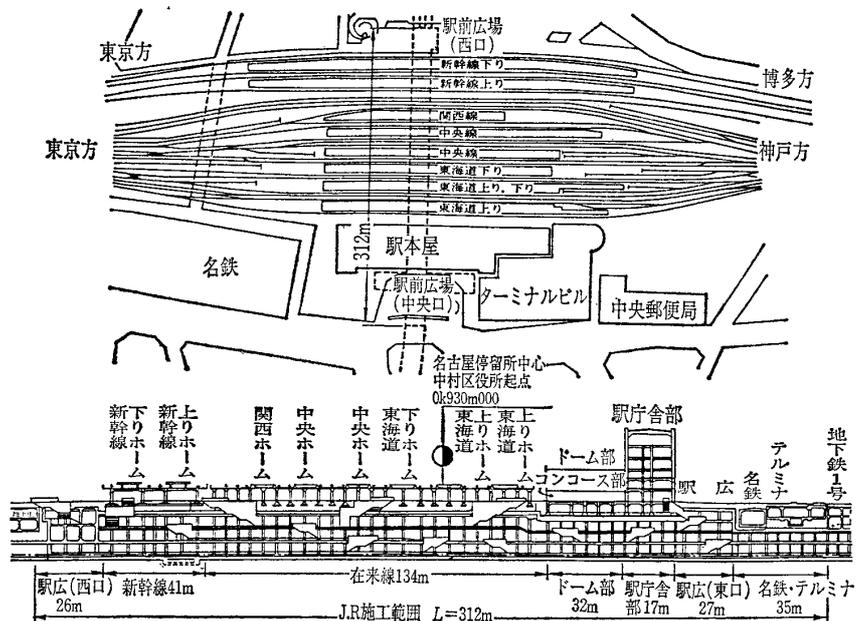


図-6 地下鉄 6 号線名古屋駅付近平面・縦断面図

ぞれ建設され、そのコンコースは、JR名古屋駅の中で最も旅客流動の多い場所となっている。地下鉄6号線は、この高架橋横断方向175mの直下に3層3径間の函形RC構造物を建設するものである。地上部分の施工は、駅の活動が終了した0時から朝5時30分までの時間帯を利用し、その利用者に支障を与えない工法を採用している（図—6参照）。

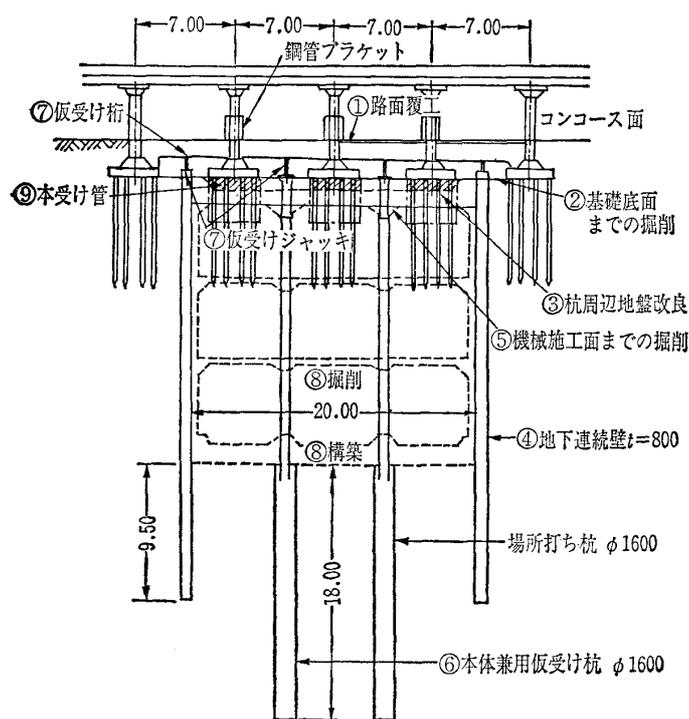
施工手順（図—7参照）

- ① コンコースの路面覆工
- ② 基礎底面までの掘削
- ③ 杭周辺の高圧噴射工法による地盤改良
- ④ BW工法による連続地中壁の施工
- ⑤ 機械施工面までの掘削
- ⑥ RRC工法による本体柱兼用仮受け杭の施工
- ⑦ 仮受け桁の築造および仮受け工
- ⑧ 掘削、逆巻きによる構築工
- ⑨ 地下鉄上床と高架橋フーチングとの空隙に無収縮モルタルを充填し、本受替え

技術的特徴

① 仮受け方式

この部分はコンコース面を全面的に閉鎖することが不可能なため、仮受け桁を自由に調整できる鋼管ブラケット方式とした。この方式はコンコース面の支障を最小限におさえることができるもので、鋼管と既設柱間に膨脹モルタルを充填しモルタルの拘束



図—7 施工手順図

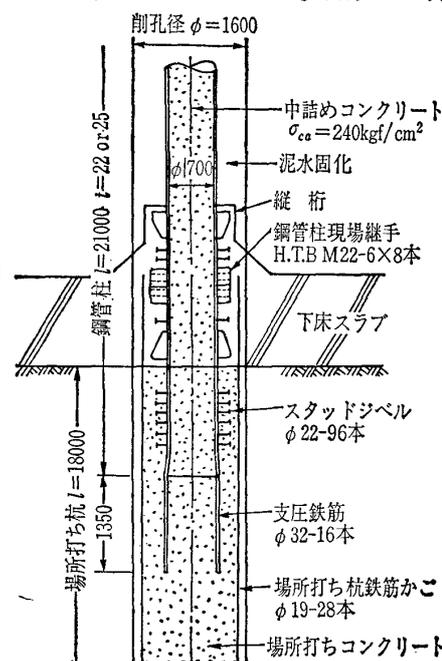
圧力を利用して既設柱とのせん断面にケミカルプレストレスを導入し応力を伝達させようとするもので、実施例が少なく実験式を用いて設計している。モルタルの膨脹力は、乾燥収縮に非常に左右されるため、仮受け期間中常に天端部分を湿潤状態とする必要があり定期的な管理を行った。

② 仮受け杭

仮受け杭の設計は支持力機構を同一条件とするため、仮受け専用杭を設計するのが通常であるが、ここでは既設フーチング間が非常に狭く、その位置に仮受け杭、土留め壁、本体柱を設けることが不可能であった。したがって図—7に示したように地下連続壁を仮受け時の支持杭とするとともに、中間点に設けるべき杭を本体柱兼用仮受け杭とした。本体柱兼用仮受け杭の構造は、く体より下部が場所打ち杭で、その上部は通し鋼管から成っており、掘削方法は地下水位が高いためリバース工法とした。鋼管柱とコンクリートの接合方式について施工実績がなく、また設計基準もないためジベルと支圧鉄筋による伝達方式を確立した（図—8参照）。鋼管柱は建込み精度が完成時の使用性を大きく左右することになるが、建込みが地表付近からの位置であることおよび泥水中での作業となるため細心の注意を必要とした。

ii) 計測管理

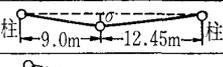
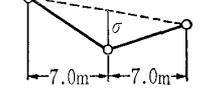
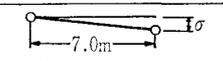
当区間（JR名古屋駅～泥江交差点）においては、設計施工管理の一貫性を持った自動計測管理システム（コンピューター使用）を導入し、昼夜連続計測



図—8 鋼管柱とコンクリートの接合方式

を行った。計測機器としては沈下計を主体とし、傾斜計、変位計、切梁計、鉄筋計、荷重計、ひずみ計、温度計、水位計を設置し、その数は1740点に及ぶ大規模なものとなった。計測方法としては既設構造物の挙動を常時監視しながら工事を進める必要があり、沈

表-2 相対変位量管理基準値

		通常	要注意	施工一時中断	測定方法
新幹線	線路方向	沈下 $\sigma < -10.7$ 浮上り $\sigma < 4.8$	$-10.7 < \sigma < -15.7$ $4.8 < \sigma < 8.8$	$\sigma > -15.7$ $\sigma > 8.8$	
	線路直角方向	沈下 $\sigma < -16.3$ 浮上り $\sigma < 10.1$	$-16.3 < \sigma < -21.9$ $10.1 < \sigma < 12.9$	$\sigma > -21.9$ $\sigma > 12.9$	
在来線	線路方向	沈下 $\sigma < -6.9$ 浮上り $\sigma < 3.3$	$-6.9 < \sigma < -9.7$ $3.3 < \sigma < 4.6$	$\sigma > -9.7$ $\sigma > 4.6$	
	線路直角方向	沈下 $\sigma < -5.1$ 浮上り $\sigma < 3.3$	$-5.1 < \sigma < -6.8$ $3.3 < \sigma < 4.6$	$\sigma > -6.8$ $\sigma > 4.6$	
ユニモール地下街部		$\sigma < 3.0$	$3.0 < \sigma < 7.0$	$\sigma > 7.0$	

下計等の計測データを迅速処理できるようパソコンを使ったリアルタイム管理を施工に反映させ、構造物の安全を図った。

計測管理基準のうち、主となる沈下計の管理値を示すと表-2となる。この管理基準に基づき施工を進めた結果、列車への支障、既設構造物への損傷もなく工事が安全に施工できたことは、本工事に使用した精度および信頼性の高い計測管理システムが必要不可欠であったことが再認識された。

(2) シールド工法区間の施工 (図-2 参照)

第一期工事区間のシールド部工事延長は約3.9 km, 掘削土量は約35万 m³ である。各工区の主要工事内容は表-3のとおりである。

工法の選定にあたっては、土層は熱田層で礫径が30~60 mmと小さく、組成率も砂礫14%, 砂54%, 粘性土32%程度となっていることもあり、

- ① 計測管理が容易で確実である
- ② 掘削土の管理がシステム化され自動制御が可能

表-3 主要工事内容

工区		椿 町	那 古 野	呉 服 町	泉	布 池 町	内 山 町
項目	施工延長 (m)	単線並列 642 648	単線並列 647 645	単線並列 639 353	単線並列 530 529	単線並列 1032 1031	単線並列 795 725
	最小曲線半径 (m)	300	800	2000	1500	800	164
	最大縦断勾配 (‰)	24	17	2	6	11	25
	土かぶり (m)	12.5~15.9	15.3~22.3	16.5~20.5	14.5~16.5	8.9~14.1	11.5~19.5
	掘削土量 (m ³)	53541	53329	40758	43683	85214	63847
セグメント	外径 (mm)	7100	7100	7100	7100	7100	7300
	RC	282R	1133R	985R	1049R	2054R	965R
	ダクタイル	1008R	150R				589R
ポンプ所		有	有	無	無	無	有
防 護 工	薬液注入工法	エスカ地下街 (縦断延長60m) 3F以上の建物27軒	桜橋(堀川) 協調溝	共同溝	共同溝	共同溝 協調溝	北裏橋 (JR中央線) 3F以上の建物4軒
	遮断壁工法	一部の建物	建物・協調溝	共同溝	共同溝	共同溝・協調溝	一部の建物
	アンダーピニング工法	なし	歩道橋	なし	なし	歩道橋(2箇所)	耐圧板方式(2軒)

③ 作業環境がより改善されるなどにより、泥水加圧シールドを採用することとした。

3.4 第二期工事 (今池~野並) の施工

第二期工事区間の今池・野並間は、都心域の東端である今池から市道名古屋環状線を南下し桜本町で市道東海橋線を東進し野並に至る路線である。市道名古屋環状線は幅員32.78mの道路で比較的施工条件が良いが、市道東海橋線はほぼ25mで特に野並交差点から東は20mと工事をする上では交通処理が難しい区間である。

主な関連施設としては、地下鉄3・4号線の既設鉄道との交差、名古屋高速道路1号線、埋設物としては大口径下水管(φ2250)がある。

既設構造物の防護方法としては、開削区間はアンダーピニング工法で、シールド区間の沿道建物および橋梁は薬液注入工法により施工する。

地下鉄構造物の施工方法として駅部および比較的浅いトンネル部は開削工法、道路幅員が狭く、また交通量の多い5区間のトンネル部はシールド工法とした。

(1) 開削工法区間の施工 (図-2 参照)

第二期工事区間の開削部工事延長は約5.0 km, 掘削土量は約145万 m³ である。各工区の主要工事内容は表-4のとおりである。ここでは地下鉄3号

表—4 主要工事内容

項目	工区		瑞穂区役所北						瑞穂区役所南	
	吹上北	吹上駅	御器所駅	桜山駅	桜山南	瑞穂区役所北	瑞穂区役所北	瑞穂区役所南	瑞穂区役所南	
工事延長 (m)	208	319	197	347	285	353	333	370	370	
平均掘削深 (m)	19.8	19.8	25.0	15.5	13.9	13.2	14.4	16.2	16.2	
掘削土量 (m ³)	64 610	115 960	119 556	106 331	62 633	58 272	81 880	65 638	65 638	
防護工	大口径下水	大口径下水	地下鉄3号 大口径下水						大口径下水	

項目	工区		瑞穂運動場駅						野並東	
	瑞穂運動場駅	新瑞橋北	新瑞橋駅	桜本町駅	鶴里駅	野並西	野並駅	野並東	野並東	
工事延長 (m)	368	370	317	368	323	267	308	289	289	
平均掘削深 (m)	19.0	21.0	23.0	21.0	22.0	16.8	18.0	20.0	20.0	
掘削土量 (m ³)	107 373	76 463	131 241	143 547	107 455	57 792	85 119	70 589	70 589	
防護工	大口径下水	大口径下水	地下鉄4号 大口径下水		大口径下水					

表—5 主要工事内容

工区		阿由知通	恵方町	駄上町	桜台	野並橋
施工延長 (m)		単線並列 727×2	単線並列 764×2	単線並列 682×2	単線並列 619.1×2	複線 540.4
最小曲線半径 (m)		1 000	1 000	500	165	2 000
最急勾配 (‰)		18	30	26	24	33
土かぶり (m)		12.5~17.5	11.5~17.5	13.5~18.0	13.5~17.5	10.5~23.5
掘削土量 (m ³)		58 310	61 270	54 700	52 510	46 590
セグメント	外径	7 000mm	7 000mm	7 000mm	7 200mm	10 300mm
	RC	1 446R	1 519R	1 225R	816R	426R
	DC	0	0	131R	517R	109R
中間ポンプ所		無	無	無	無	有
防護工	薬液注入工法	ビル (RC5F) 歩道橋	ビル (S4F)	ビル (S3F) 歩道橋	ビル (RC8F)	野並橋, 地下道, 石積み, 歩道橋, 大口径下水
	アンダー ピニング工法	—	—	—	ビル RC4F	—

線御器所駅および地下鉄4号線新瑞橋駅の2箇所のアンダーピニング工事があげられるが、施工方法としては、第一期工事区間のユニモール地下街部に準じるため、省略する。

(2) シールド工法区間の施工 (図—2 参照)

第二期工事区間のシールド部工事延長は約3.3 km、掘削土量は約27万 m³である。各工区の主要工事内容は表—5のとおりである。

工法の選定にあたっては、土層の大部分は熱田層で最大礫径30~100 mm、組成率も砂礫25%、砂46%、粘性土29%となっているが、桜本町より天白川流域にかけては、八事礫層で最大礫径150~275 mmが散在していることが確認されている。

以上のような土層を踏まえた上で、

- ① 掘削土の管理がシステム化され自動制御が可能
- ② 残土の処理が容易なこと
- ③ 設備が小規模で占用上有利なこと

などにより、土圧式シールド工法 (気泡タイプ) を採用することとした。

4. おわりに

車中心の都市といわれる名古屋においては、公共交通優先の施策を掲げる市の基本計画に基づき、地下鉄の建設を進めている。現状では、市内交通の分担形態は鉄道3に対し路面7となっており、東京の7:3、大阪の6:4に比較して著しい差がある。近年の自動車交通による騒音・排気ガスなどの公害問題や省資源の観点からも、鉄道整備の中での地下鉄建設の意味は大きい。

一方、最近の大都市における地価高騰を反映した地下空間の高度利用において、地下鉄6号線建設に伴う大規模アンダーピニング工事の成功は、その可能性に大きな役割を担うとともに土木技術の今後の発展の上にも大きな意義があるものと確信する。

これまで地下鉄6号線の現況について述べてきたが、第一期工事区間である中村区役所・今池間の開業が平成元年9月に迎えられたのは、これまでの関係諸官庁のご指導と住民の方々のご協力また施工業者の努力の賜物と深く感謝している。