

地下鉄工事の話題

高架の地下鉄

1. まえがき

昭和44年3月29日、東京の地下鉄東西線のうち、東陽町～西船橋間 15km が大部分高架線として開通した。東西線（正式名称：東京都市計画高速鉄道第5号線）は、国鉄中央線中野駅から、落合、高田馬場、早稲田、神楽坂、飯田橋、九段下、竹橋、大手町、日本橋、茅場町を経て隅田川を横断、門前仲町、木場を経て東陽町に至り、さらに南砂町を経て荒川および中川両放水路を越えて葛西に至り、千葉県に入って浦安、行徳、原木中山の各駅を経て、国鉄総武線西船橋駅に至る延長 30.8km の路線である。国鉄線と相互直通運転を行ない、中央線側は中野から三鷹まで、総武線側は西船橋から津田沼まで、それぞれ列車の乗入れを行なっている。

東西線は、当初中野から東陽町までの 15.8km の路線であった。しかし、郊外人口が急激に増加する首都圏

の交通対策として東陽町以遠への延伸を検討し、郊外他線との相互直通運転方式も考慮して、昭和37年6月都市交通審議会の答申が出され、同線の西船橋までの延伸が決定された。これにより、従来高速鉄道に恵まれなかった江東、江戸川地区がその恩恵を受けることになり、また、京葉臨海工業地帯の開発計画の一部として進められている船橋、市川両市の南部地区、および浦安地区の再開発に重要な役割りを果たすものと期待されている。

2. 路線の特徴と地質の概要

東陽町～西船橋間 15km のうち東陽町約 1.1km は地下で、残る大部分は高架構造である。高架構造にしたのは、通過地が田畑が多く、線路用地の買収が比較的低廉で容易にできる見通しであったので、路線全体の経済性、大規模河川の横断等を考慮して、有利な高架方式にしたものである。

この路線に見られる大きな特徴は、変化の激しい支持層の深さに応じて種々の形式の基礎を採用したこと、高架橋にPC桁を大規模に使用したこと、長大橋梁にゲルバートラスを採用したことなどである。

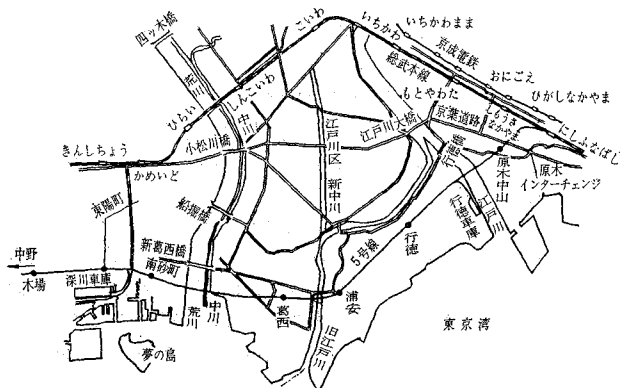
高架橋の経過地は旧利根川の三角洲で、その地表は平坦であるが、その下層は東京層である。この東京層は上面がなだらかに傾斜している地域と、洪積世時代の河筋で東京層が谷となっている地域とが入り組んでいる。また、この東京層の堅さはN値で20から30までばらついており、一様でない。

したがって、基礎杭が東京層に達していても、その上面が急傾斜であったり、組成がゆるい場合もあるので、基礎が不等沈下することも予想された。地震を考慮すると、上部はラーメン構造、あるいは連続桁構造が望ましいが、上記地質の不安定さから、一部の地域を除き、単純ばり、あるいはゲルバー構造とした。しかし地震に対しては水平震度を0.3に取り、その安全性を確保した。

3. 高架の形式の決定

地下鉄はトンネルの建設を主体としているの

図一 東西線東陽町～西船橋間線路図



で、その工事から発生する大量の土を利用して築堤盛土による高架線とする考え方もあったが、これは次のような点から不適当とされた。

(1) 沿線はこれから都市化される所で、現在ある道路はもちろん計画道路との交差はすべて立体交差とする必要があり、鉄道の盛土高は 6m 近くなる。したがって、高さ 6m の土が載荷された場合、この沖積層の地盤支持力と地盤沈下の点が問題となり、サンドドレーンあるいはコンポーザーを使用することが必要で、工期的にも費用の面からも問題がある。

(2) 盛土の勾配を 1 割 5 分とすると、複線高架橋の用地幅 10m に対して 3 倍の幅の土地を必要とする。

(3) 築堤は土地を左右に分断し、都市化される地域を通過するのに不適当である。

以上のことから、支持杭などの基礎工を施工しないトンネル部分から高架線に移行する 60m 区間は、摩擦杭形式の高架橋とし、その他はすべて支持杭を基礎とする高架橋とした。支持杭式高架橋の構造を RC スラブビームのラーメン構造とするか、PC 桁構造とするかについては、比較設計を行ない検討したが、結果的に PC 桁を採用した主たる理由は次のようなものである。

(1) 区画整理地区において

a) 江戸川区および千葉県は現在水田地区であるが、高架線の建設を契機として、この地域を住居地域もしくは工業地域に変換すべく、区画整理事業を強力に推進中である。したがって、高架橋の形式もこの地域開発に合致したものとすべきである。すなわち、高架橋の柱および基礎は、道路、水路を避けて築造されなければならない。在来の道路、水路も区画整理がある程度進むまで使用されるので、これを避けて橋脚をつくらなければならない。したがって、短い支間のラーメン式 RC 橋を用いる場合は、ところどころに長支間の橋脚を入れたものとなり、ラーメン式高架橋の長さは一定のものが使えず、特殊設計となる。

b) 高架橋下の利用度から考えると、PC 桁の方が桁下空間が大きいので、利用度が高いと考えられる。

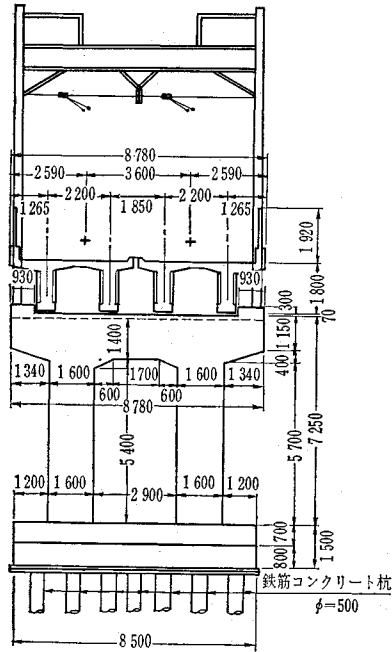
(2) 区画整理地区以外において

a) 市街地化が近々進むと見られ、それに伴って高架下の利用が想定される地区は、前述のように高架下の有効利用を考慮し、PC 桁とするのが有利である。

b) 用地買収せず、上空を占用する地区は、所有者と協議のうえ、土地の利用上損失のないよう長スパンで通過するようにした。

c) 住宅密集地においても、PC 桁構造とすれば、隣接居住者に迷惑をかけるのは、25m ごとにつくる橋脚

図-2 PC 桁高架橋の標準形式



工事のみであり、上部の桁は他所で製作し、地表を使用することなく、上空で架設するので、市街地における作業期間が短縮できて工事中の迷惑を最小限に止めることができた。

d) 用地の取得が部分的に遅れ、工期を圧縮する必要がある場合は、取得が遅れた土地を避

けて橋脚をつくるとともに他の場所で PC 桁をつくり、用地が解決したならばただちにこれを架設する方法がとれたので工程的に好成績をおさめた。

e) この PC 桁工事においては、ある程度の集中管理を行なっているため、PC 桁は流れ作業で製作され、不経済な人員を保有することなく、工期が確実であった。

f) 都市化された場合の騒音防止と経済性および維持補修の点から、支間 30m の場合は鋼桁でなく PC 桁とした。

表-1 東陽町～西船橋間の線路構造の内訳

構造物の種類	延長 (m)	比率 (%)	摘要
箱形トンネル	1120	7.5	トンネルと高架橋との中間に用いた
U 型擁壁	125	0.8	
高架橋	PC 桁	7331	48.9
	RC ラーメン	2731	18.2
橋	ガーダー	695	4.6
	合成桁	267	1.8
	トラス	1668	11.1
	ランガーガーダー	138	0.9
築堤	925	6.2	
合計	15000	100	

4. 橋 梁

主要な橋梁は表-2 の通りであるが、荒川中川橋梁はトラス部分の延長が 1,261m あり、この種のタイプの鉄道橋としてはわが国最大のものである。中央部はスパ

図-3 東陽町～西船橋間駅計画図

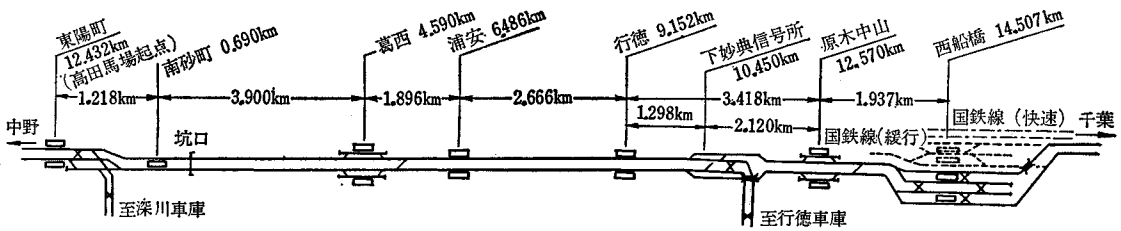


表-2 主要橋梁

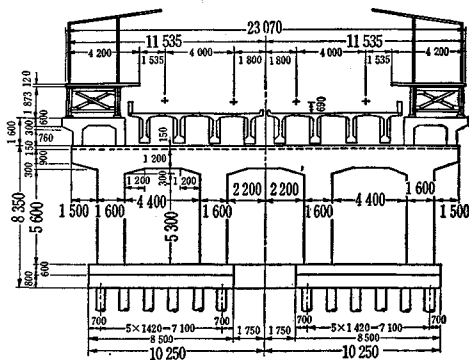
名称	形式	延長 (m)	支間 (m) × 連数	河川名
荒川中川橋梁	ワーレントラス	1236.05	50.75×1 連	荒川, 中川および葛西海岸
			64.80×1	
			78.54×1	
			83.60×1	
			66.00×5	
			79.38×2	
			150.00×1	
			78.75×1	
92.70×1				
51.75×1				
第1江戸川橋梁	ランガーター	138.60	137.60×1 連	旧江戸川
第2江戸川橋梁	ワーレントラス	432.40	36.00×2 連	江戸川
			56.10×2	
			62.65×2	

ン 150 m のゲルバー タイプである。

5. 駅の構想

駅の位置、駅間距離は、図-3 の通りである。乗降場延長は地下部と同じ 210 m で 10 両停車可能である。途中葛西と原木中山の2駅は4線とし、待避線を設け、東陽町～西船橋間ノンストップの快速運転を実施している。都市鉄道では初めての試みであるが、今後地下鉄が都心から郊外へ高架式で伸びて行く場合の一方法を示唆したものといえよう。

図-4 追越線を設けた駅の標準形式



6. 基礎の形式

基礎の形式は、原則的には一般の高架部分には施工管理および現場の施工環境から考えて、RC杭を用いたが、江戸川以東では地質状態並びにRC杭の需給状況を考えてベノト杭を用いた。また、地質が悪く支持層が特に深い場合は、リバースサーキュレーション工法による場所打杭を用いることにした。長大橋梁は潜函基礎または鋼管杭を用いた。基礎の分類は表-3の通りである。

表-3 基礎形式分類表

種類	杭径 (mm)	長さ (m)	本数	総延長 (m)
RC杭	(摩擦杭) 400	23 ~ 31	486	13194
	(支持杭) 500	18 ~ 40	10533	278582
鋼管杭	800	31.5 ~ 40	171	6209
	1000	25 ~ 34	80	2376.7
場所打杭	1000	11.7 ~ 35	662	14060
	1200	19 ~ 29.5	334	6771.4
リバーサーキュレーション	1016	34 ~ 63	256	12567
	1500	66.1 ~ 66.3	18	1148
ケーソン	荒川・中川橋梁 4基深さ 39.5~41.1m			
	第1江戸川橋梁 2基深さ 25~26m			

各基礎の特色について列挙すると次のようになる。

(1) RC杭

RCおよびPCの高架橋に用い、作業の簡易化を図ってボルト継手とし、継手数は2ヵ所以内とした。杭頭部は橋脚からの水平力をとるため上杭 (10 m) のみについてはモーメント杭とする特別設計とし、下部はJIS杭を用いた。

(2) 鋼管杭

第2江戸川橋梁の基礎7基全部に鋼管杭を用い、橋脚1基につき1000 mm 径 10本を使用した。杭は3本継ぎとし、上杭は長さ 10~12 m、厚さ 20 mm、中杭は 10~12 m、16 mm、下杭は 2~11 m、13 mm とした。また、荒川中川橋梁の西船橋寄り8基の橋脚についても、支持層が中等潮位 -30~40 m の範囲にあり、施工の難易、経済性を考慮し、径 800 mm の鋼管杭を基礎とした。

(3) ベノト杭

江戸川より西船橋に至る約 2.3 km は、RCスラブビ

ーム式ラーメン橋であるが、杭の支持層が比較的浅いので、ベノト杭を用いた。

(4) リバースサーキュレーション杭

荒川中川橋梁付近の地層は非常に複雑で、特に東京側はこの路線で最も支持層が深く、70mにも達する。この深さではケーソン工法は考えられず、鋼管杭では鉛直打込みが困難と思われこの工法を採用した。深さでは前例がないので、試験工事により施工が可能なることを見極めてから本工事を行なった。

(5) ケーソン基礎

荒川中川橋梁の中央ゲルパー トラス および旧江戸川にかかるランガー ガーダーの基礎に用いた。特に荒川の中央部は支持層が深く、ケーソンの沈設深度は水面下50mとなり、河川占用期間7ヵ月という短期間で基礎工事を施工しなければならなかった。

(筆者：猪瀬二郎／正会員 帝都高速度交通営団建設本部計画課)

開削工法からシールド工法へ

1. シールド工法の現状

シールド工法は、戦後、関門国道トンネルや東京あるいは名古屋の地下鉄建設に利用されてから人々の注目を集め、昭和37年東京の下水道工事に採用された頃から都市トンネル工事の有効な手段として急速な進展を見た。現在では、鉄道、道路、上下水道、電線等あらゆる公共土木施設の地下工事に利用され、開削工法に代わる有力な工法として脚光を浴びている。

断面が比較的大きいため、シールド工法採用上種々問題のあった鉄道用トンネルについても、幾多の進歩、改良が加えられ、積極的に採用されるようになった。東京における地下鉄道の建設年次順に見た各路線延長に占めるシールド工法によるトンネル割合は表-1のようになる。路線全長について見ると、現在施工中のもので5~12%ぐらい、計画中のもので10~20%であるが、管理中枢機関の集中する都心部に限定すれば、この比率はさらに高まるだろう。では、なぜ近年シールド工法が都市トンネル工事において積極的に用いられるようになった

表-1 東京の地下鉄道におけるシールド トンネルの延長

都市計画 号線名	路線名	路線延長 (km)	シールド トンネル 延長 (m)	シールド トンネルの 路線延長に 占める割合 (%)	開通年月
4号線	丸の内線	26.2	240	0.9	昭和37年3月
2号線	日比谷線	20.5	0	0	昭和39年8月
1号線	—	20.0	1050	5.2	昭和43年11月
5号線	東西線	31.0	1770	5.7	昭和44年3月
6号線	—	30.5	1610	5.3	昭和43年12月 一部開通
9号線	千代田線	32.5	3910	12.0	昭和44年12月 一部開通
8号線	—	31.9	3220	10.1	計 画 中
10号線	—	29.2	5950	20.4	計 画 中

注：都市計画3号線は昭和初期の建設につき除外した。

かを次に考えてみる。

2. シールド工法と開削工法の比較

シールド工法の利点を考えるまえに、都市トンネル工事、あるいは範囲を広げて都市土木工事の特徴は何であるかを考えてみる。まず第一に、路面交通確保のための対策である。路面交通の大きなウェイトを占める自動車交通に対して、現在のわが国の一般的考え方は、その流れを公共の土木工事の遂行のためであっても、一刻でも停めてはならないという基本線貫ぬいている。このため、路面を使用することが多い都市の工事は夜間に集中し、能率が悪化する。

第二に、地下に埋設されている公共サービスのための管路群の処理である。これらについての事前の位置確認、工事中の防護または移転、工事完了後の復旧状態の確認等の作業が、工事の工程に占める割合は決して少なくない。

第三に、沿道住居に与える公害であり、工事用機材から発生する振動、騒音、塵埃等が問題となる。

第四に、トンネルの位置選定に際し、用地取得の面から道路下を選ばざるを得ないので、地質的な悪条件でも避けることができない場合が多い。また、限られた道路下の空間に既設物を避けて順次につくるため、年々構造物は深くならざるを得ない。

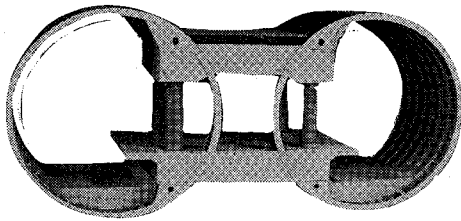
以上4つの特徴は、工事の能率向上に対してすべてマイナスの要因であり、特に開削工法に対しては、これらマイナスの要因が強く作用する。これらのマイナス面を回避するため、路面を使用することの少ないシールド工法が注目され、積極的に採用されるようになったのは当然である。

3. 最近の話題

(1) めがね形シールド駅の完成

地下鉄道の都心部大規模駅をシールド工法により築造

写真-1 めがね型シールド模型



することは従来至難のわざとされていたのであるが、東京の営団地下鉄9号線新御茶の水駅は、2本の円形シールドの中間部を結ぶことにより、いわゆるめがね形シールドとして、幅員9mの島式ホームを形成することに成功し、昭和44年12月から営業を開始している。

この駅は、付近が起伏に富む地形であるため、地表面下約30mの深さに設けなければならないため、当初からシールドトンネルで計画された。しかも、国鉄中央線、総武線および地下鉄4、10号線との乗換え駅であり、駅勢圏に多数の学校を有し、相当数の乗降客が見込まれるので、乗降場は幅員9mの島式とし、始端階段から通じる7ヵ所の出入口を設け、始端部では長さ40mのエスカレーター4連を並設し、乗降客の便に供した。

この形式が地下シールド駅の一先例となることは確かであろう。すでに、地下鉄9号線の次期工事中の駅あるいは国鉄新総武線の地下駅で、この駅シールド工法が試みられようとしている。

(2) 複線シールド

シールド工法による地下鉄道の建設において、単線型並列と複線型1本との比較が常に問題となるが、複線断面とすれば、シールド外径は約10m、切羽断面は単線型の2倍、切羽の安定確保のむずかしさは径の3乗に比例するので、施工は飛躍的に困難さを増す。このため、工費と安全性の点から、単線、複線の選択は圧倒的に単線が多い。しかし、路線が通過する道路の幅員が単線並列分に不足する場合、深い位置でトンネル内に渡り線を設けたい場合、相対式乗降場にシールドトンネルを接続する場合等は、複線シールドを用いざるを得ない。特に近年は、既設路線が広い道路を占有してしまっているため、前記第一の場合の理由により複線用を採用することが多くなった。最近のシールド工法による複線用鉄道トンネルの東京地下鉄の施工状況は、表-2の通りであり、施工の歴史は比較的新しい。

複線シールドで特記すべきことは、近鉄難波線の大阪市都心乗入れ工事に採用されている大口径機械化シールドである。道路下の占用条件、線路の配線上の制約などから、複線断面に限定された。切羽の安定を確実にする

図-1 近鉄難波線複線シールド断面図

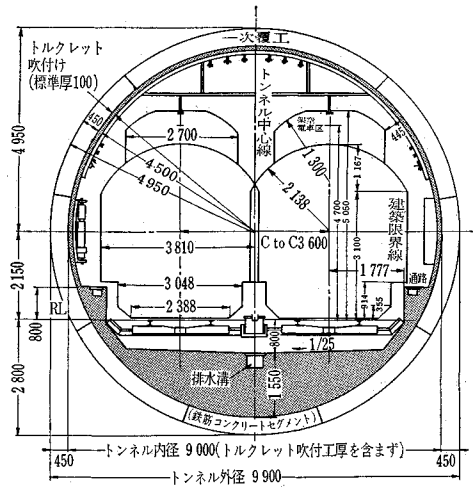


表-2 東京地下鉄の複線シールドトンネル

路線名	トンネル外径 (mm)	トンネル延長 (m)	施工期間 (昭和年月)	備考
4号線	ループシールド 高さ 7,730 幅 13,500	231	32.3~34.1	1 営業中
6号線	10,500	788	44.3~46.9	9 施工中 (白山)
6号線	10,500	361	44.3~46.7	7 施工中 (錦町)
9号線	9,800	296	44.5~46.12	12 施工中 (山王下)
9号線	9,800	178	44.5~46.11	11 施工中 (南青山)
8号線	9,800	1,600	45 ~48	計画中
10号線	10,600	1,500	45 ~48	計画中

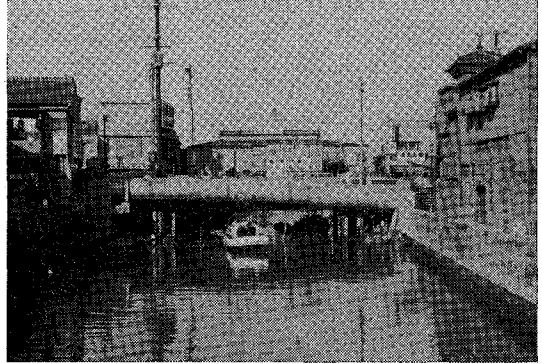
ため、シールド前面をカッターホイールで閉鎖して山留とし、ホイールの回転により掘削を行なう、いわゆる前面閉鎖型機械化シールドを用い、大断面トンネルの掘進を可能にした。昭和44年6月最初の駅間約1kmの掘進を無事完了し、引続き第2の駅間約440mの掘進中である。

本工事の成果は、各界より多大の注目を集めており、今後の大断面機械化シールドの発展に寄与するところが非常に大きいと考えられる。

4. 今後の課題

シールドの工費をもっと安くすること、掘進のスピードアップを図ることの2点に集約される。このため、各企業間で相互に断面形状の調整をして汎用性のあるものに統一し、コストダウンを図るべきである。また、掘進能率を上げるためには、当然機械化シールドの採用が必要となろう。特に、鉄道トンネルのように大断面掘削になるほど切羽の安定を重視しなければならず、労務者不足の対策の面からも、必然的に機械化シールドの採用へ向うであろう。

(筆者・猪瀬二郎/正会員 帝都高速度交通営団建設本部計画課)



凍結工法の一事故例

1. はじめに

大阪市は昭和45年3月に開催される万国博覧会を目標に、国鉄環状線内の地下鉄網の完備をめざして、着々工事をすすめており、間もなく開業のはこびとなる予定である。

各路線は通過する地形・地質によっておのおの特殊工法が採用され成果を収めてきたが、第5号線今里～新深江間における凍結工法区間では、昭和41年5月着工以来約2年4ヵ月を経過し、構築完成直前に不慮の事故に遭遇するに至ったことは誠に残念なことではあるが、今後のこの種工事に多少なりとも寄与できるなら幸甚であると考えここに事故の経過を述べる。

2. 工事の概要

第5号線今里～新深江間の施工にあたっては、今里大橋(寝屋川水系・城東運河)下をいかに施工するかが大

きな問題であった。

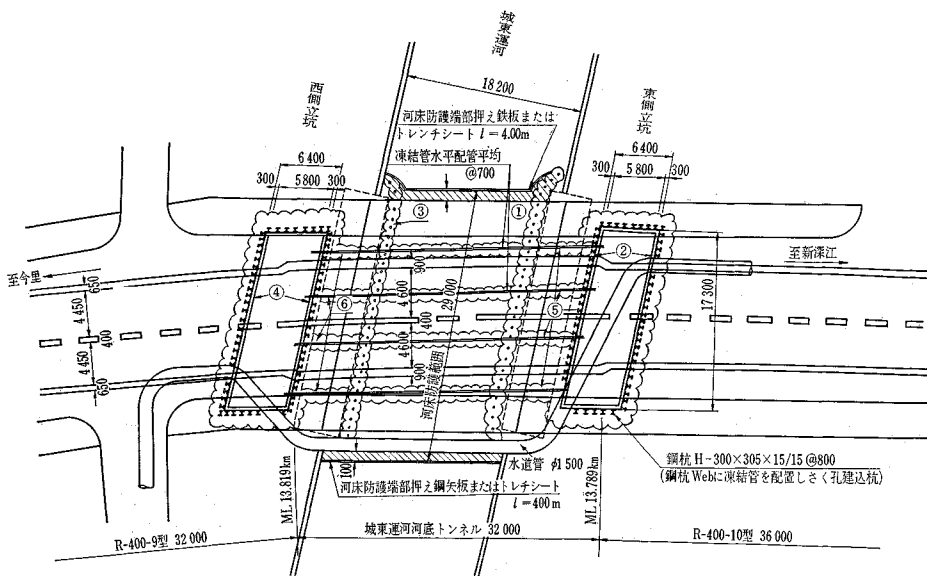
主な施工条件としては

- ① 今里大橋付近は人家密集地で、5万台の重交通や、直径1500mmの送水管その他埋設物のう回させる余地がない。
- ② 城東運河は、感潮・洪水河川で、湯水期の締切可能量は1/3である。
- ③ 東側に新深江停留場、西側には折返し用3線部を設置する。

等々の条件より過去に実績をもついずれの工法も採用しえず、最も有利とみられた凍結工法を採用した。

凍結管の配置状況は図-1、2、3に示すように、両岸立坑は垂直方式、河底部は水平方式とした。立坑部は土留H鋼杭にU字管を装置してさく孔建込みとし、埋設物への影響を考慮してGL-5m以下を凍結し、上部は薬液注入によって湧水に対処した。立坑の凍結を行なった

図-1 平面図



注. 番号①～⑥は凍結管グループを示す

図-2 縦断図

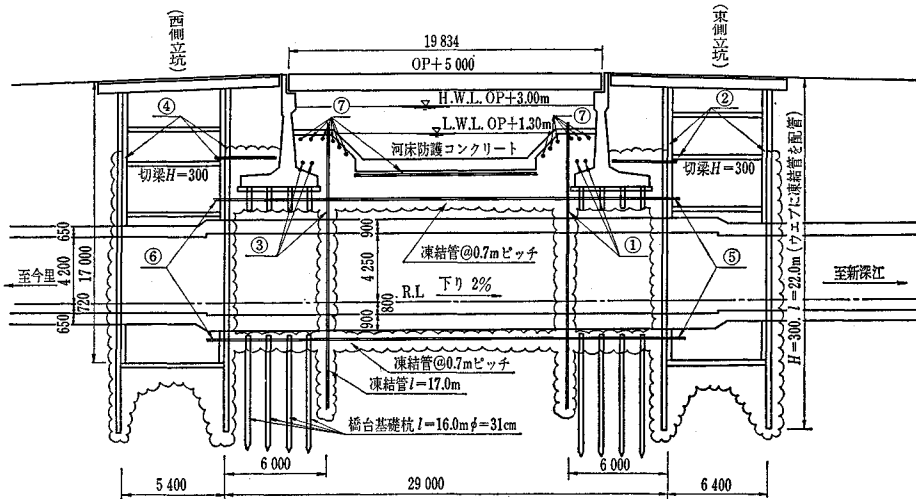
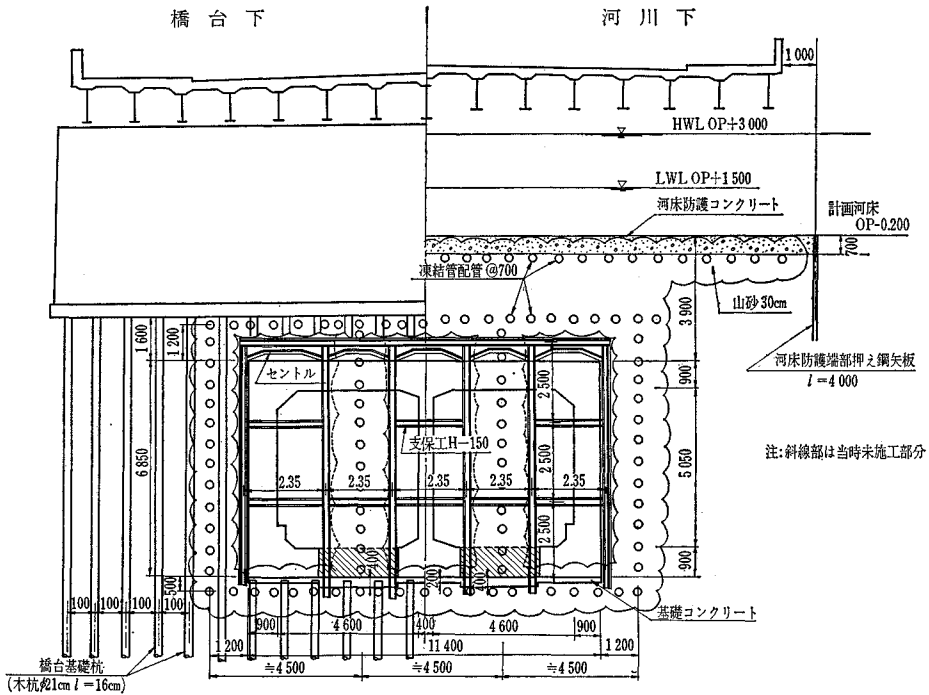


図-3 横断図



のは河底凍結の試験的な意味があり、現場資料を採取して各種試験を行なった。なお、立坑内には厚さ 30 cm の鉄筋コンクリート壁を逆巻施工でめぐらし、湧水にそなえた。

最初に橋台前面の①、③グループから凍結運転を開始(昭和 41 年 7 月末)した。よって、橋台はおのおの背後に移動し、立坑の凍結開始により一時前面に押しもどされる傾向にあったが、再び背面に移動し河底部や河床防護の凍土成長とあいまって移動は最後まで続き、全量 250 mm におよんだ。このため、道路橋ならびに水管橋

の支承部は数度にわたる補修と余儀なくされた。なお、凍土量は最大 85 mm で、予想量には達しなかった。

河底部水平凍結は、両立坑からおのおの水平ボーリングによって中央部でラップさせたが、上部の河底に近いものは圧入によった。なお、全ボーリング中、出水は皆無であった。

なお、上部凍結管の土かぶりには 2.6 m であったが、数度の出水により河床面の洗掘があったので、河床防護工(コンクリート厚 70 cm)を追加し、凍結管⑦グループおよび①~④グループの水平管を追加した。

河底部は昭和42年11月から凍結運転を開始し、翌43年3月凍土の成長を確認したうえで中壁部の下段より掘削を始め、5分割トレンチ掘削を順をおって施工し掘削中は坑内温度を+5°Cにおさえるよう隔壁を設けた。

現地地盤は一帯にシルト質で、凍土は多数の純氷をかみ、柱状節理を形成し、シルト質特有の凍結状態を現わしていたが、掘削は順調に進み、事故直前には底床版の築造を残すのみであった。

3. 事故の概要

昭和43年9月6日午前1時30分頃から、西側立坑東南隅の径1500mm送水管の付近①より漏水が始まり、内側から止水するとすぐ直下の切ばり下②に回り、午前7時には毎分80lまで増水した。この間、立坑外部より注入による止水を行なったが効果なく、水はさらに下部に回り、7時30分頃にはトンネル上床版に巻込んだ立坑土留杭(H-300)の部分③から毎分200l程度の水がトンネル内に浸水するにおよび、止水処置のみでなく、底床部の補強を行なうこととした。補強は、既設の基礎コンクリート上面にさらにコンクリートを打ちだし、万一にそなえてトンネル内に切ばりを設置した。

一時、小康状態にあった出水は、7日午前2時頃には構築上面に回り、上床版に設置した裏込注入用のパイプ④から出水、さらに側部に侵入し、午前4時30分には西側立坑内の腹起し(H-400)の構築側壁に巻込んだ部分⑤から毎分200~300lと間歇的な出水となり、さらに2時間後には河底部側壁に巻込んだH-150(トレンチ部支保工)の部分からの出水をみるに至った。

午前10時30分頃には底部の両立坑鋼杭周辺⑥から噴出し、水はトンネル下部全面に回ったことを確認した

図-4 出水状況図

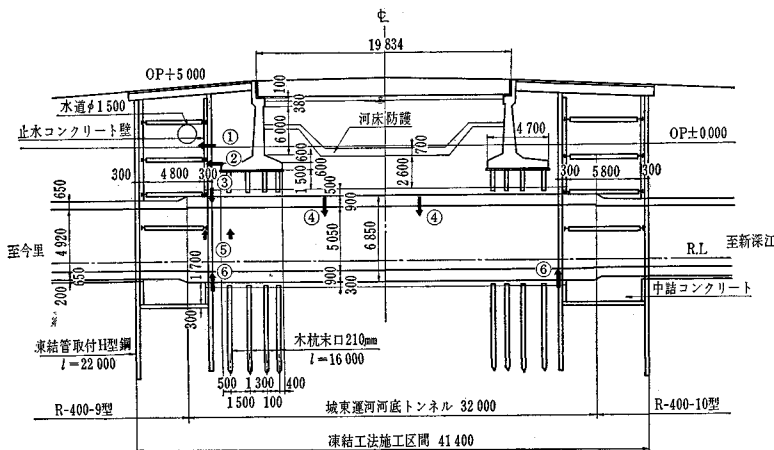
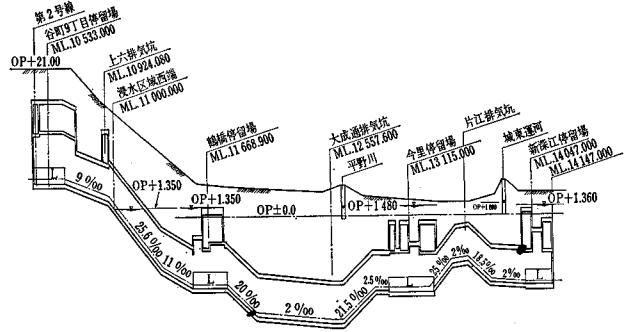


図-5 浸水状況図



が、以後底部の出水に対しては構内から土俵積等を行なって午後には再び小康状態を迎えた。しかし、午後6時に至り、西側橋台の南端付近の河底が陥没し、⑥付近から大量に流入するに至った。

河底には、土砂、土俵、さらには古畳、ふとん類を投入したが効果なく、橋台防護のため両側立坑は埋戻し、橋台前面には土俵積を行なう一方、隣接工区への影響を考慮して、トンネルの縦断形を利用して現場西側約150mの箇所土俵積を検討したが、時間的に不可能なためこれをあきらめた。

当時、隣接工区はほぼ土木工事は完了し、軌道工事ならびに各停留場の仕上げ工事の最盛期であった。凍結現場と他工区境界には止水仮壁を設置していたが、8月中旬頃から撤去作業中である。

9月8日正午頃、城東運河の水位とほぼ平衡状態となって流入は止んだ。その結果は流入水量約25万t、浸水区間3.2kmにおよぶ未曾有の事故となった。

3. 事故の原因

事故原因の究明のために事故調査委員会が学識経験者によって組織され、9月27日を第1回として数回の委員会もたれ、翌44年1月29日に結論を出されるに至った。

工法の選択には誤りはなかったが、事故発生の経過からして決して単純な原因ではなく、

① 水管橋基礎が凍土により持ち上げられ、その底部に空気を生じた。

② 立坑上部の注入層と凍結層との境界面付近が弱点となり、地下水の通路となりやすかった。

③ 径1500mm送水管が、

橋台や立坑につれて移動し、付近地盤をゆるめ、南側の旧水路の地下水が水道管に沿って立坑に到達できる状態であった。

④ 南側の旧水路跡は立坑に接近し、廃川とはいえ民家下水の排水路となっている現状から、地盤内の弱点となっていたと考えられる。

⑤ 構築工の進捗に伴って、橋台・埋設物等の二次被害防止の関係から逐時凍結運転を停止したが、河水が流入した後において、構築と凍土の接触部の解冻を促進した。

等々一連の弱点が潜在していたため、比較的高温の運河の水が、これらの部分を通過することによって立坑に接近し、側壁に接する凍土を融解せしめるに至ったものと考えられる。

5. 復旧工事

この事故で、昭和44年4月開通はおぼつかなくなりましたが、今里以西は7月開通を目標とすることで早急に復旧に着手する必要がある、凍結現場の復旧方法の関係からも、現場両側に隔壁を設置して別個に排水を行なった。

一方、流入箇所は、河川と構内の絶縁のため陥没箇所にコンクリートを流し込み、さらに構築周辺にセメントあるいは薬液によって注入を継続し、隔離に成功した。また、構内の排水および構築の築造にあたっては圧気工法を採用したが、底床版の鉄筋の接継にあたっては1.3気圧内の作業のため、下筋はエポキシ樹脂による接着とし、スラブ厚の1/2を打設後1気圧以下に減圧の後、上筋の圧接を行なった。

構築完了後、さきに設置した隔壁の撤去をし、44年9月今里～新深江間を開通させることができた。

6. 今後の問題点

大阪市での凍結工法は、第3号線深里橋のケーソン継手部の施工に成功をおさめているが、本格的なものはこれが最初であり、綿密な施工計画に基づいて工事は進捗していたのではあるが、軟弱地盤における凍結技術は一応完成されたと思われるが、これを利用してトンネルを築造するという施工技術面ではまだ開発途上にあつたものという感じは深い。事故調査委員会報告にも指摘されたごとく、施工途中における状況変化に対する処置対策が十分確立されていない面もあり、さらにささいな異常の発生についてもその原因を究明するよう努力が必要である。なお今後の研究課題としては

① 既設構造物や埋設物等に及ぼす凍土の問題、また

写真-2 復旧作業状況

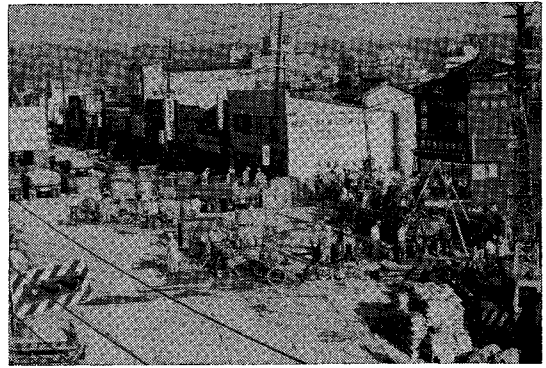
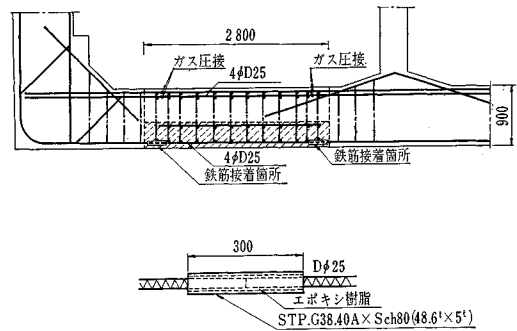


図-6 底床版接継構造図



凍土を抑制するための凍結管の配置および凍結順序。

② 注入材料の選定、注入による凍土への影響など、凍土と注入工事の関係。

③ 凍土管理に必要な測温位置、数量などの温度管理上の問題。

④ 凍土にきれつが発生したり、凍土壁に囲まれた中心部が未凍土で残るなど、凍土に内部応力の働く問題。

⑤ 解冻土の地盤支持力と注入の問題。などがあげられる。

7. あとがき

以上、事故の経過について非常に抽象的な報告となった。事故に伴う損害については、調査委員会の報告に基づいて昭和44年7月円満に解決をみたが、このような未曾有の事故ながら人身事故、交通制限を除いて第三者への影響は皆無であったことは不幸中の幸いであり、この事故で得た貴重な経験を、今後の工事に反映させていきたいと考えている。

おわりにあたり、本事故原因の究明にあたっていただいた事故調査委員会の諸先生をはじめ、事故発生から復旧にいたるまでご支援をいただいた関係各位に謝意を表す次第である。

(筆者・三浦恒久/正会員 大阪市交通局高速鉄道建設本部建設部土木課)