

潜函工法による地下鐵道建設事工

大阪市高速鐵道自元町三丁目 至敷津町一丁目410米間

1. 概要

本工事は大阪市高速鐵道第1號線中、難波元町3丁目より敷津町1丁目に至る延長410米の區間に跨り、難波住吉線15間道路に沿ふて路面電車軌道の東側に、複線隧道を建設するもので、昭和9年8月地質調査を施行、昭和11年1月より約-0個月間の豫定にて壓氣潜函工により工事に着手、略竣工を見るに至つたものである。工事費豫算737,000圓、隧道1米當り約1,810圓で、施工は自 基礎工業合資會社である。

2. 壓氣潜函工採用の理由

現在世界を通じて、都市高速度交通機關としての地下鐵道は13あり、我國に於ても東京と大阪が此仲間に入つてゐる。而して地下鐵路線の建設方法は、ロンドンだけが地下70~80尺の深い所を通し、他の12都市に於ては何れも道路の下を利用して出来るだけ浅く、サブウェイ即ち路下式の方法を探つてゐる。路下式と云つても、隧道の上部には多くの埋設物が載せられる關係上、掘鑿する深さは淺くて7~8米、深い所は14~15米にも達する爲、兩側の土壓を防ぐ方法としては、一般に東京の地下鐵で施行した如く、兩側に縦の方向に4尺~5尺の間隔を置いて1ビームを打ち込み、之に土留板を挿入し、相對せる鐵杭に切張を施して土壓に對抗せしむる方法をとつてゐるが、大阪市に於ては其地質が大部分淀川

が持つて來た沈澱層から成つてゐるので、土の粒が非常に細く且つ粘り氣が割合に少い。而も一方地下水位が非常に高く、何處を掘つても7~8尺位の所に水位があつて、其量が又かなり豊富である。従つて普通の鐵杭式工法ではこの地下水の壓力と土の壓力とが重つて土留板の隙間から外に吹き出し、其結果兩側の家を沈降させたり他の構造物を狂はせる虞れがあるので、昭和5年大阪地下鐵着工當時清水高速鐵道建設部長の英斷で、大阪に於てはシートバイル式を採用する事にした。

此シートバイル即ち鐵矢板式工法は普通の鐵杭式の代りに鐵矢板を連續的に隙間なく兩側に打ち込んで、中を掘鑿するもので、兩側から土の吹き出す虞れはなく地下水も或程度まで浸出を防ぐ事が出来るのである。

然るに大阪の地下鐵は河を何回も潜る關係上隧道はかなり深い所が多く、従つてシートバイルの長さが18米とか20米とか云ふ非常に長いものとなり、しかも打ち込む數が隧道1秆の工事に對し5~6,000本となり、工期を非常に長引かすだけでなく、打ち込み及引抜に伴ふ騒音及震動によつて沿道に及ぼす迷惑が圖り知れない、然も鐵材の暴騰によつて凡そトンネル1米に對し鐵矢板の原價だけが1,000圓も掛ることになつた。鐵矢板の原價は之を2回使ふとすれば500圓、3回使ふとすれば330圓となるが期間の關係上3回繰返し使用する事は困難なので非常に不經濟である事は免れない。

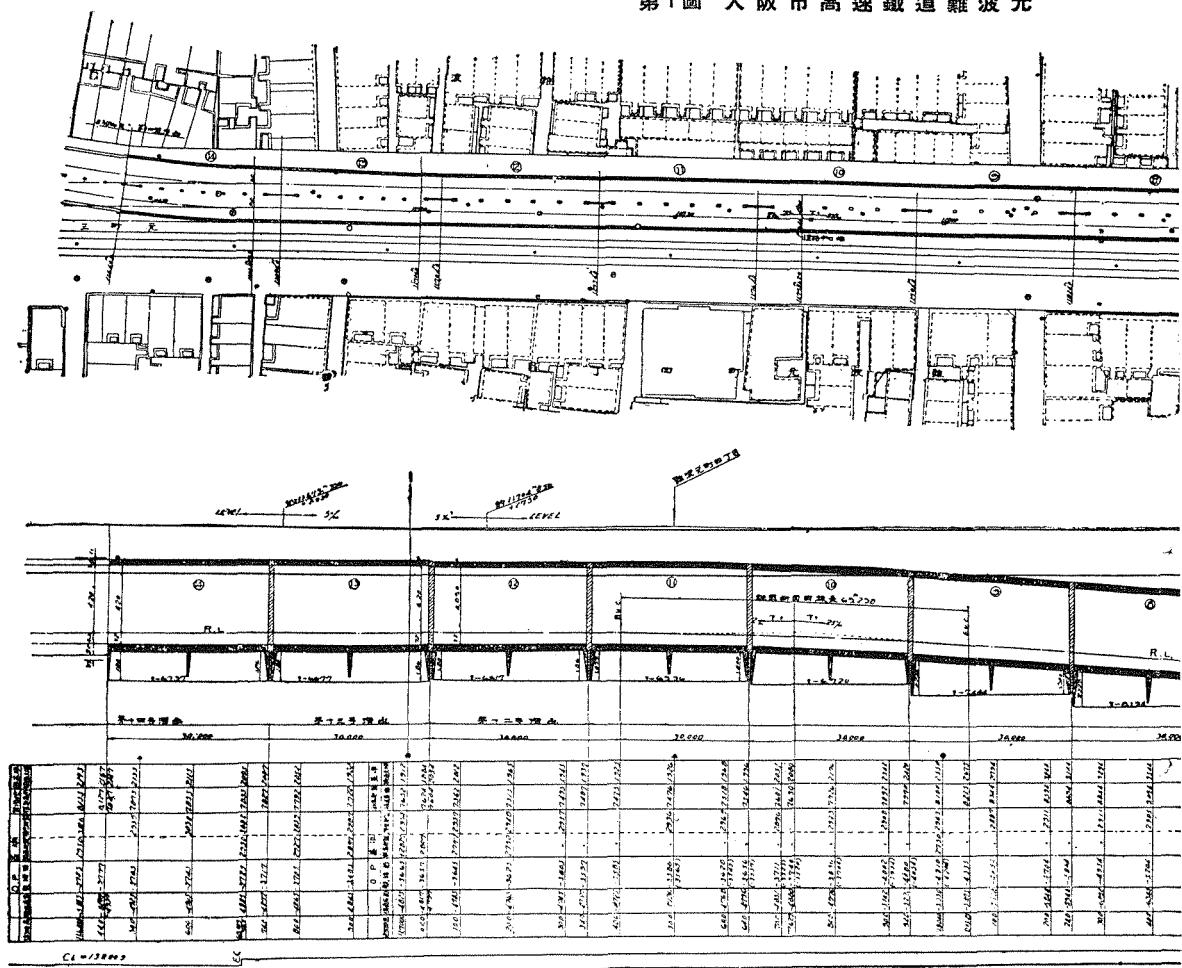
此處に於て潜函工法が考へられるのであるが、難波驛から住吉方面に向ふ難波元町通りは道路の幅員15間で、路面電車が通つて居り地下埋設物の數は13に達し、其上地下鐵工事を追かけて下水幹線を築造する豫定なので、若しそを鐵矢板式で施工するとなれば、鐵矢板は全區間にわたり隧道構築より40粂離して連續的に打ち込まれる故電車にも近く家屋も近いので交通の支障と近隣の迷惑が非常なものとなる。更に鐵矢板工法による時は前の工事から抜け上つて來たものを再用せねばならぬのであるが生憎それがない、鐵矢板を新しく購入したのでは非常に高價につき、1米當りの隧道費（矢板打込及抜取費用を含み）約

1,500圓なるに對し、鐵矢板の購入費 1,000圓を超へると云ふ状態となるが、之を壓氣潜函の工法によれば、高價な鐵矢板を使用する必要なく、從つて打込みの騒音及震動なく且つ全區間を適當に分割して施工出来るため、工事個所は交通の支障となつても他の部分は何等障害とならないので、此區間に對し潜函工法が採用される事となつたのである。

3. 設計の概要

難波元町通りの此區間は延長410米あり、之を14基の小節に分割して施工する事とし、各小節の標準寸法を長30米×10米と定めたが、途中馳川（幅16米）を横断する關係上、地下

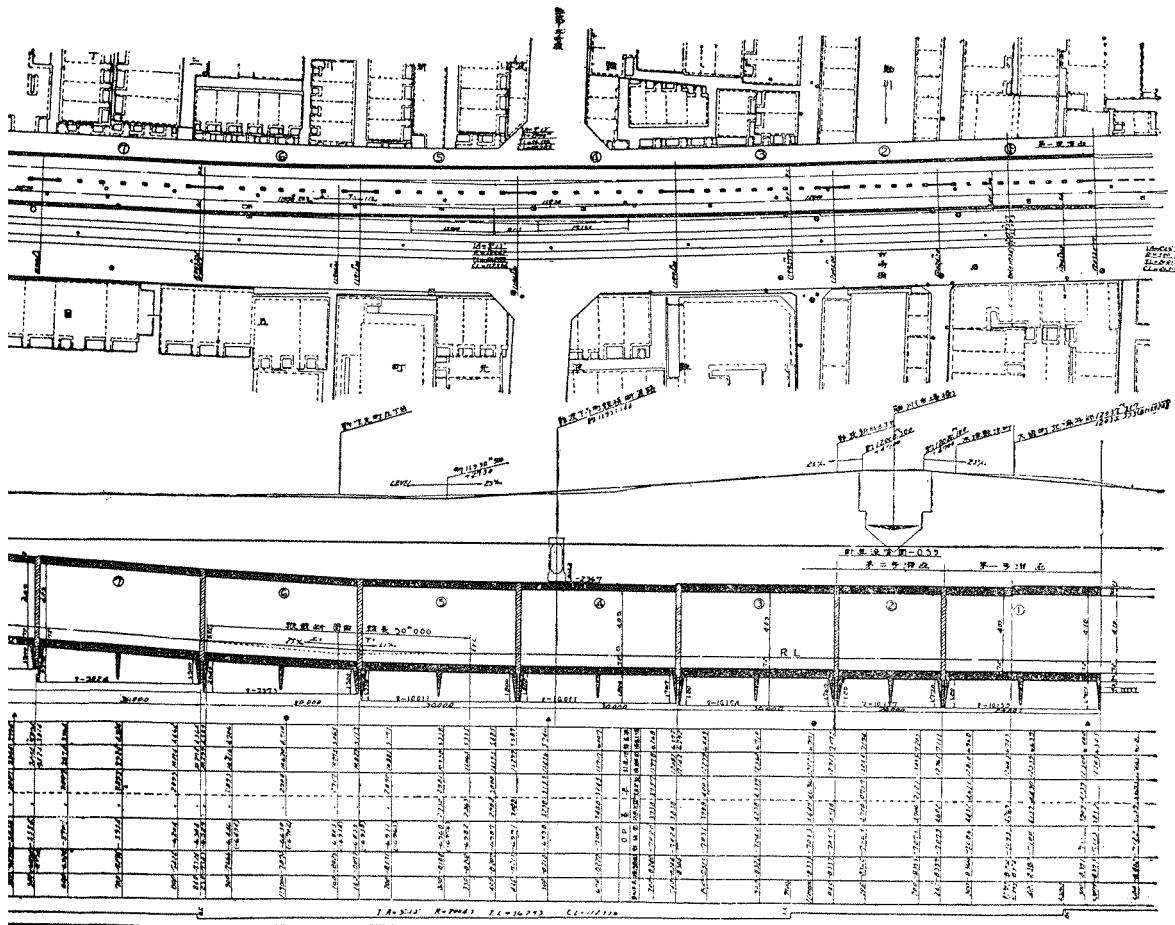
第1圖 大阪市高速鐵道難波元



線路の勾配 $1/40$ の個所を必要とするので、各小節の構造並に沈下深度が夫々異つてゐることは縦断圖に見られる通りである。

潜函の各小節には敷津町端より第1號乃至第14號の番號を付け、各節の工事期間を約3ヶ月、即ち構築に2ヶ月、掘鑿沈下に1ヶ月と豫定し、1基の潜函を掘鑿中他の2基を構築する様計畫したので、常に3基の潜函が工事中の状態にある事となつた。又潜函の施工順序は横断道路との關係並に潜函に加はる土壓の均整を計るため1基置きに施工する事とし、沈下に當つては各小節間に60~90種の間隙を保たしめ、沈下後地下に於て此處に特殊の接續工を施す事とした。

町通隧道平面並に縦断面。



地下線路は全區間を通じて何れも若干の勾配を有してゐるので、各潜函の天井即ち隧道の床版に勾配を附し双口は之を水平とした結果、各潜函の作業室天井高は最大2.25米、最小1.6米の間を種々に變化し、沈下後に於ける潜函双口深度も最深O.P.-10.159米、最浅O.P.-6.596米の間にあり一様ではない。

隧道の断面は第2圖に示す如く、中央に隔柱を有する複線函型隧道で、作業室は中央の補強隔壁により2室に分れ、隔壁には開口を設けて兩室内の通路に充てる。双口には130粍×75粍の構型鋼を使用し、直徑19粍の鋼棒を1米間隔に用ひて碇着せしめる。作業室外縁は隧道軸より3種突出せしめて潜函の沈

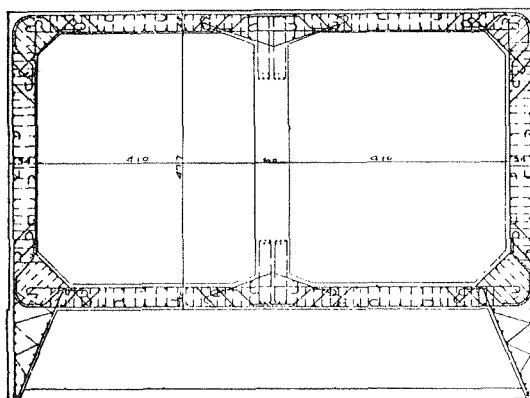
下に際し、表面摩擦抵抗の軽減を計つた。又隧道の床面には軌道中心に向つて約1/30の勾配で排水溝を設け、隧道内部の漏水に備へる事とした。

隧道軀体の防水工としては、防水剤混入のセメントモルタルを、軀体の頂部には2種厚側壁には3種厚に、夫々外面に塗布し、更に頂部には厚10種の防水層保護コンクリートを施すことにした。

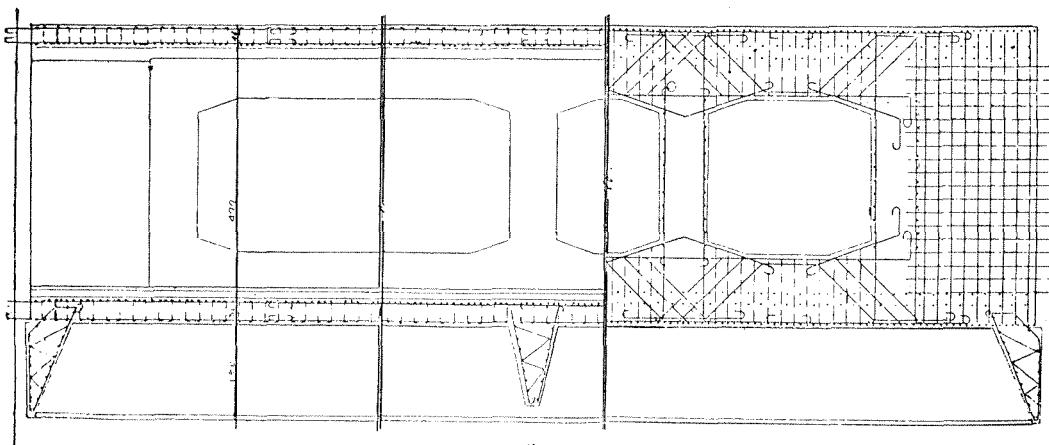
4. 施工概況

潜函の構築に先ち、工事保安のため現場に高さ2.1米、30間×7間の板圍を施し、次に地下埋設物撤去の目的を兼ねて深1.8米の空掘りを行ひ、然る後180粍×75粍の溝型鋼を現場にて瓦斯熔接の上、双口据附けをなし、

第2圖 潜函横断面。



第3圖 潜函 縦断面。



次でコンクリート工に移つたが、コンクリート打はこれを3回に分ち、第1回は作業室、第2第3回にて隧道構築を終る様にした。コンクリート混合機は定置式、容量21切、エレベーターの高さ60尺、コンクリートはホツバーより手押車に移して型枠内に投入した。

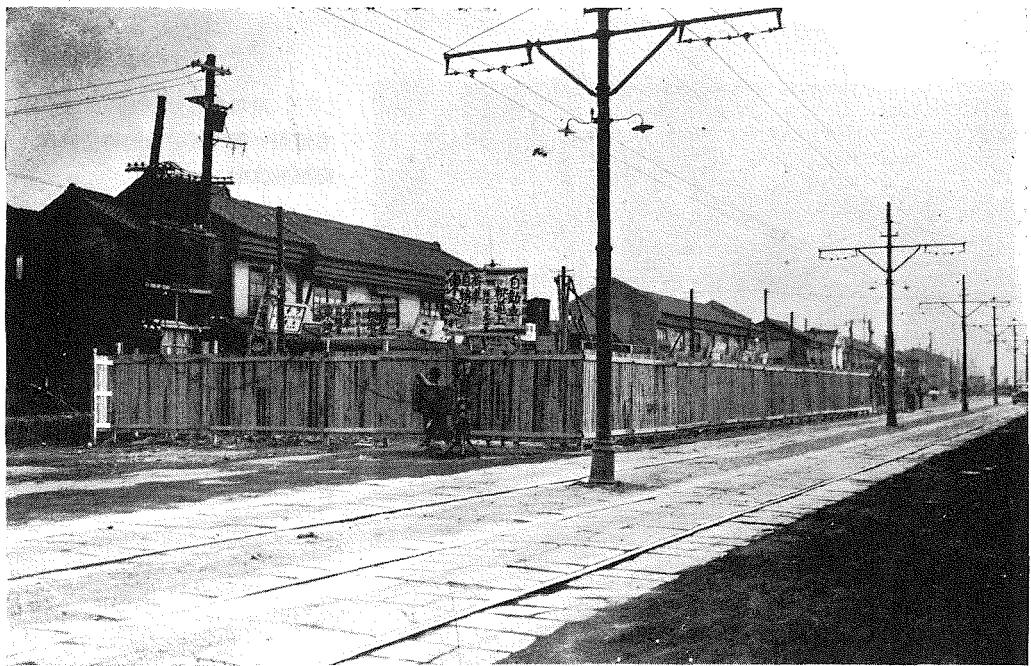
コンクリートの硬化を待つて型枠を取り外すが、その養生期には大體次の標準に依つた。

隧道側壁	5日以上
支柱支壁	7〃
床版	10〃
梁	14〃

隧道の構築が済むと潜函の艤装をするが、艤装に使用する堅管は内径1.2米、長さ3.0メートルで、内部には2條の鐵梯子を備へ、各作業室天井より各々2本繋ぎにて立上りその頂部に空氣閥を取付けた。又潜函1基に對し電灯線用、合図用として3/4"鐵管4本、吹管並びに送氣管として4"鐵管8本を設備し、更に隧道内部兩端には水密なる土留工を施した。

かくして艤装が終れば掘鑿を開始するが本工事に於ては地域の關係上扛重機を使用することが出來ないので、寫真9に見る如き捲揚機によつてバケツの操作を行つた。

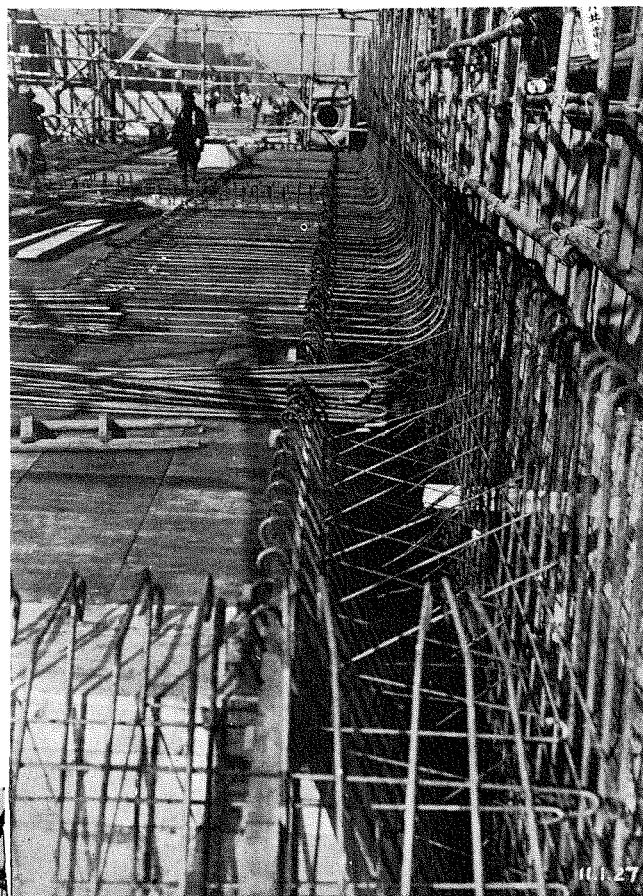
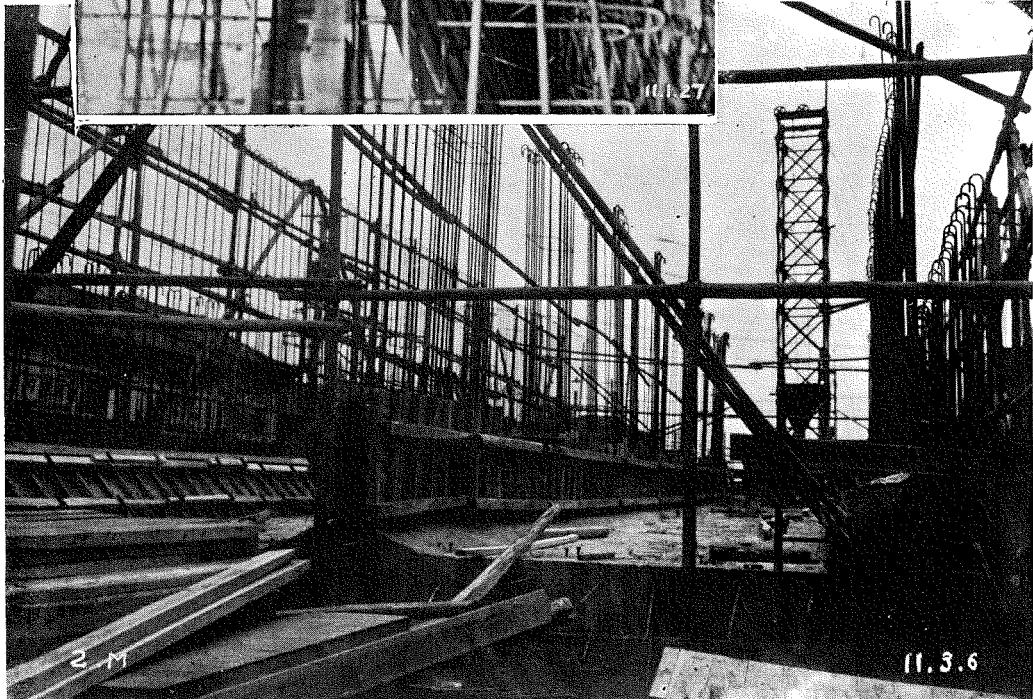
次に掘鑿土砂はバケツよりホツバーに移し、トラックにて現場外に搬出するが、其の一部は直ちに隧道上に埋戻して沈下荷重を兼ねしめた。而して掘鑿土總量47676立方米、



(1) 潜函構築に先ち保安のため板圍を施したところ。

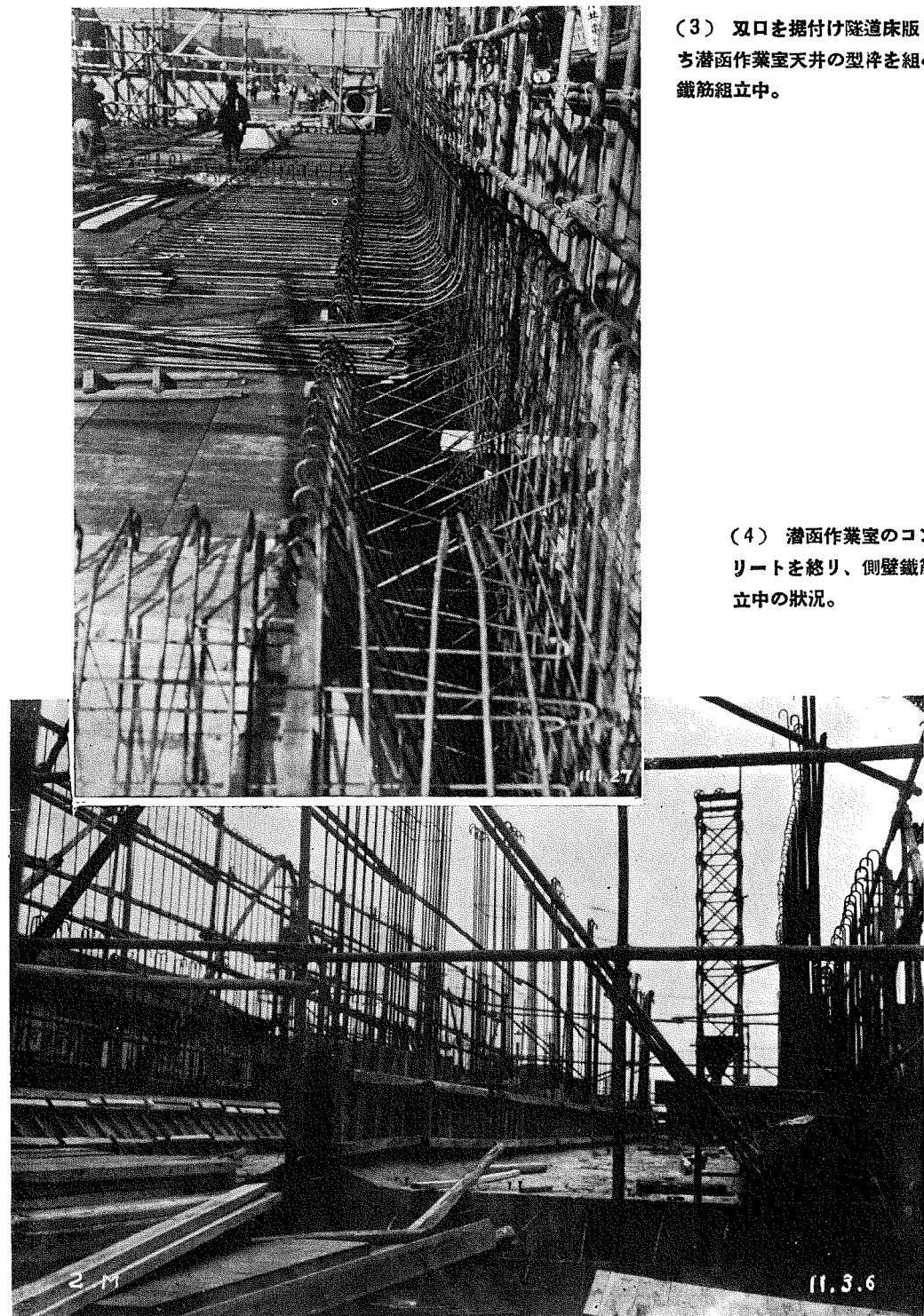
(2) 地下埋設物撤去を兼ね深1.8米を空掘し又口掘付の爲枕木を敷並べたところ。

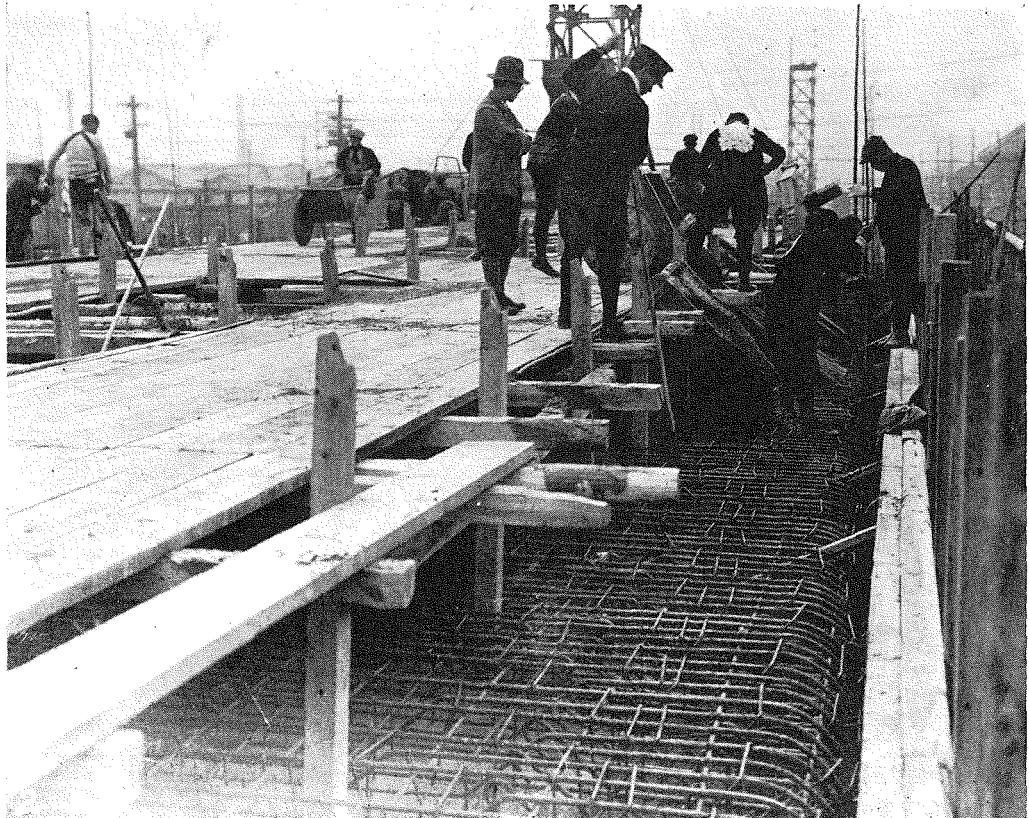




(3) 双口を据付け隧道床版（即ち潜函作業室天井の型枠を組み、
鐵筋組立中。）

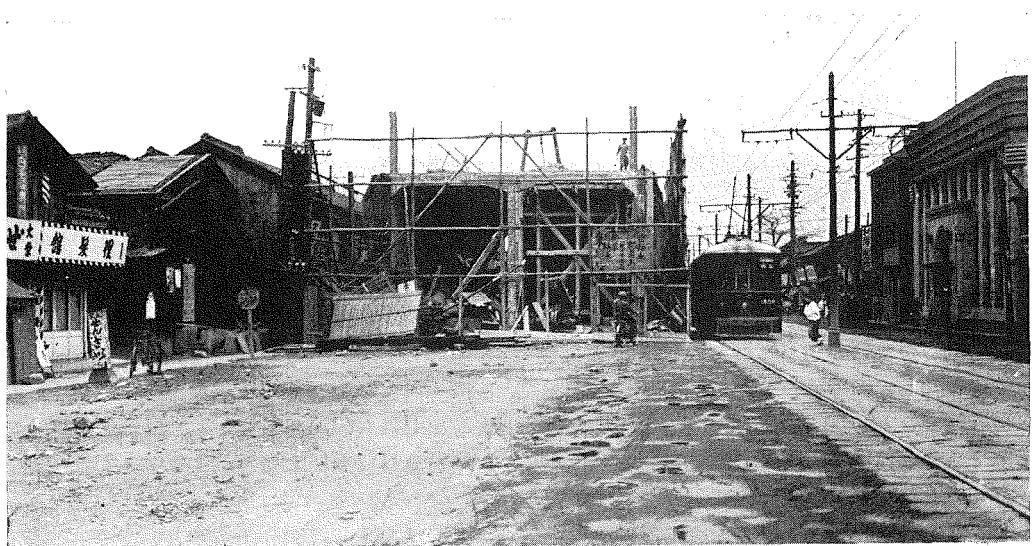
(4) 潜函作業室のコンクリートを終り、側壁鐵筋組立中の状況。

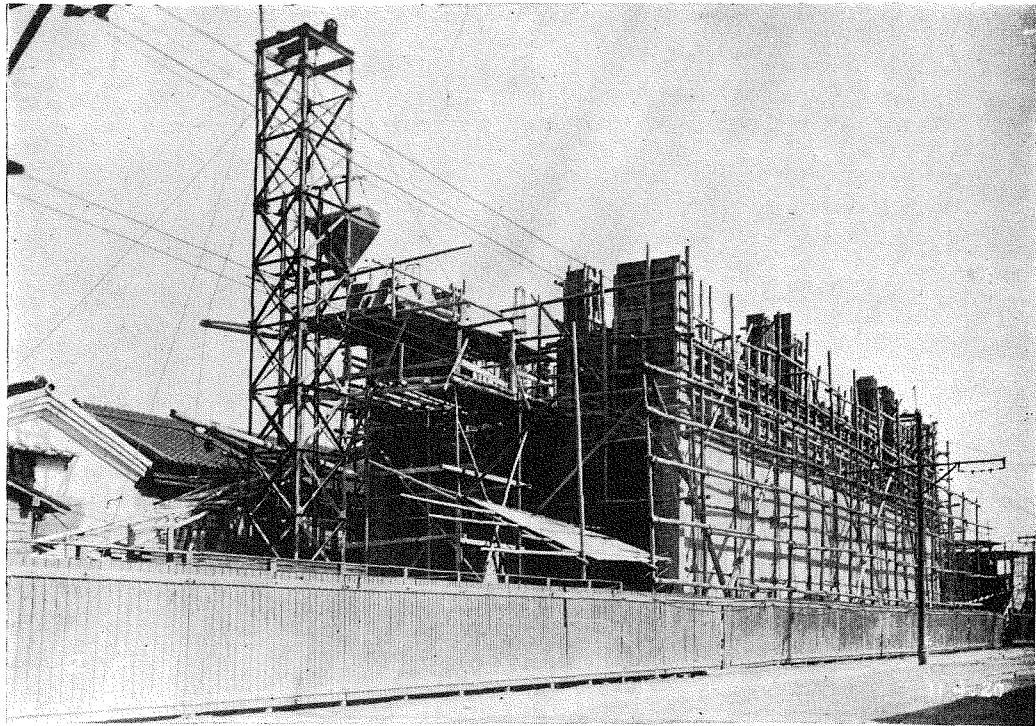




(5) 隧道天井部分コンクリート打ち状況。

(6) 軸体コンクリートを終り、型枠を取り外した潜函。





(7) 軀體コンクリートを終り、上部土留壁施工中の潜函。

埋戻總量 16627 立方米である。

隧道上部の土留支保工は路面軌道、隣接家屋等に損傷を與へぬ様に堅固なるものを構築し隧道上部埋戻後、順次取外しを行つた。

潜函が所定の位置に沈下したる後、作業室内 1.3 米高まで乾砂を充填して水締めなし、次で配合 $1:0.85:3.5:5.7$ （重量比）の混擬土を投下して封塞を行ひ、最後に吹管を開閉して充填を終るのであるが、封塞コンクリート總量 1,419 立方米、そのセメントには 20% の珪酸白土を混入した。

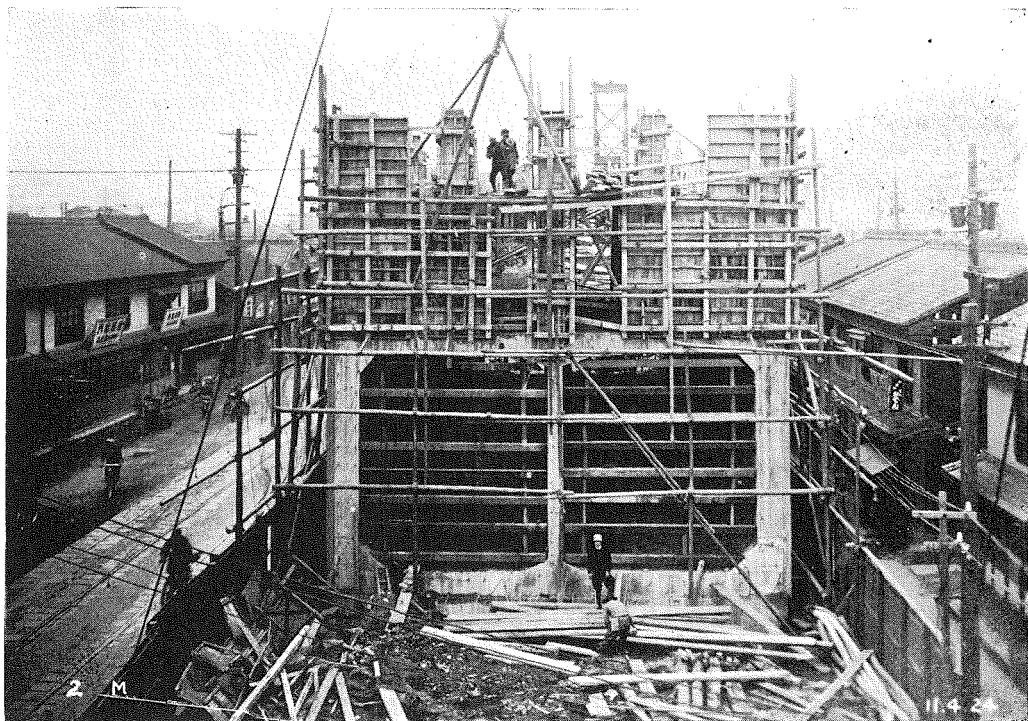
最後に、沈下を終つた潜函小節と小節との接續工事であるが、本工事に於ては間隙部分の外側を第 4 圖の如く鎧差しの方法によつて土留を爲し、底部はポンプを以て排水しつゝ場所打コンクリートを施し、何等の困難に遭遇することなく構築を接續することが出来た。但し接續部分の間隙は當初 60 縮としたが、實施の結果 90 縮を必要とする事が判つた

ので、後に 90 縮としたのである。

5. 結語

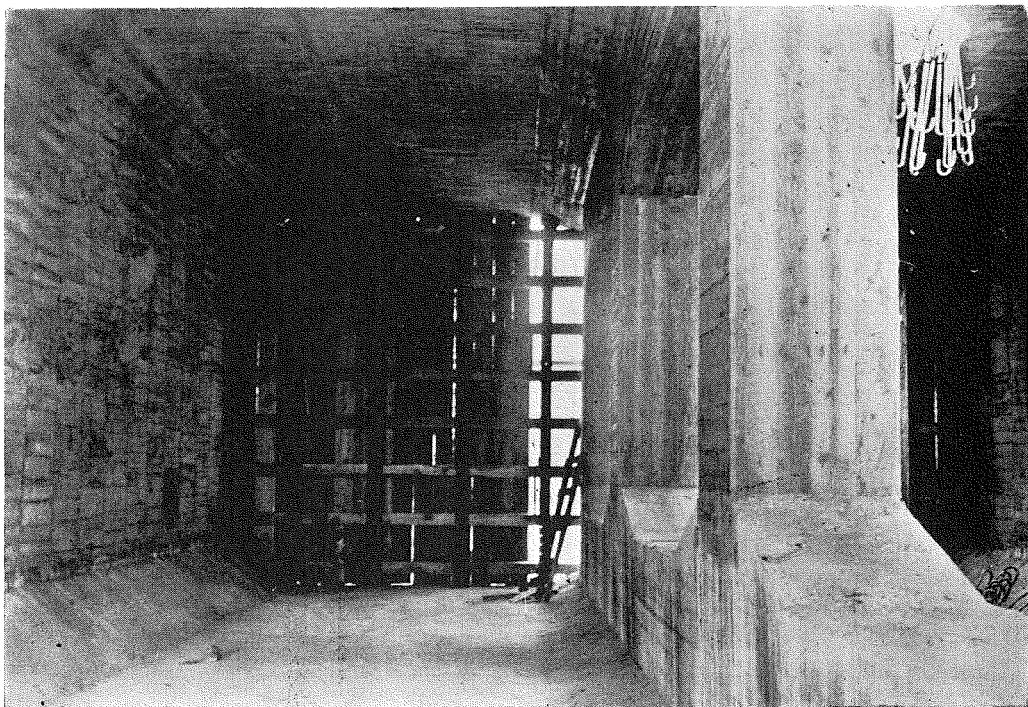
一般に地下鐵の如き出來上り (Pre-cast) の建造物をケーソンによつて沈下する場合に、最も戒心を要する點は (1) 垂直に沈下し所定の位置に正確に納める事 (2) 水面下に於て構築を完全に接續する事の 2 點である。本工事は 3 月末に於て既に 11 基の潜函を完了し、現在残り 3 基の中 1 基を沈下中、1 基は軀體完成、1 基は軀體製作中の状況にあるが、既に沈下済のもの全部に對し、沈下最後の位置を検するに、位置異動は前後左右高低とも設計に比し 4 乃至 5 縮の範囲である。たゞその中に 1 節だけ高低 7 縮、前後左右各 8 縮の狂ひを生じたものがあつたが、之は深度も大きく地質不良の個所で寧ろ例とすべきではないと思はれる。

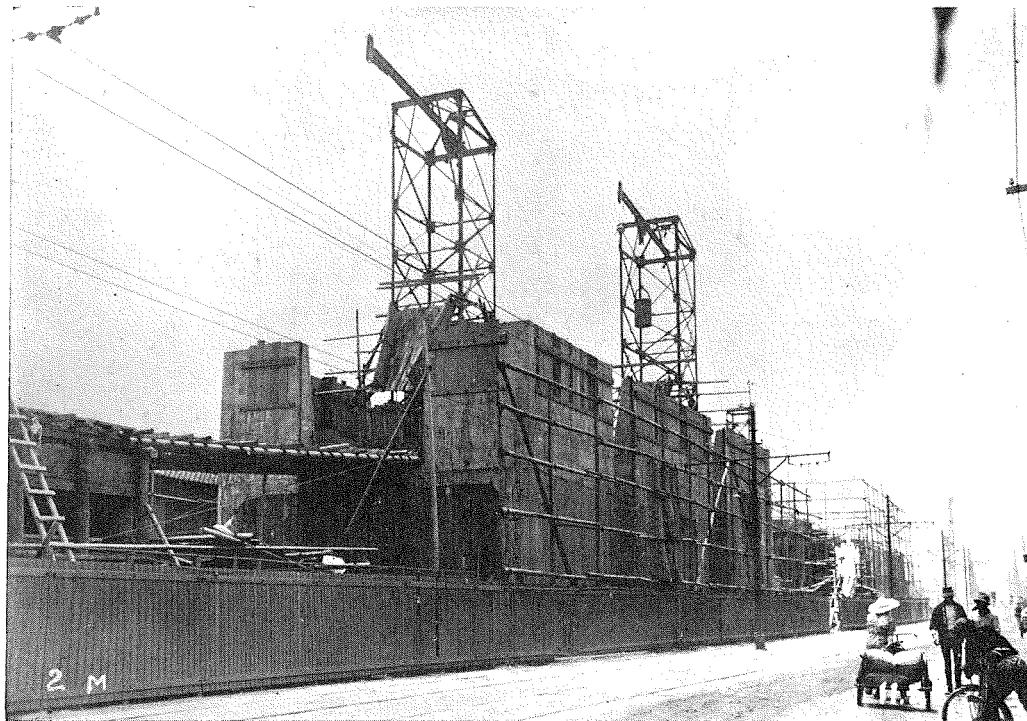
次に施工状況紹介の一端として第 7 号潜函



(8) 隧道両端に水密土留工を施しつゝある潜函。

(9) 完成せる隧道の内部。



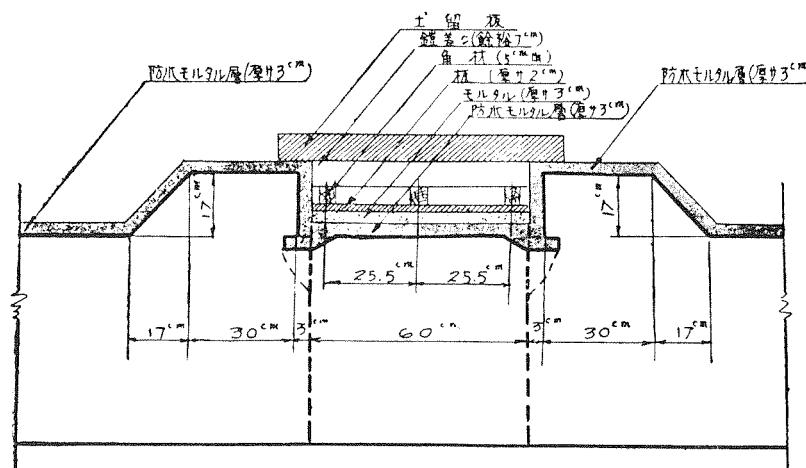


(10) 挖 鑿 沈 下 中 の 潜 函。

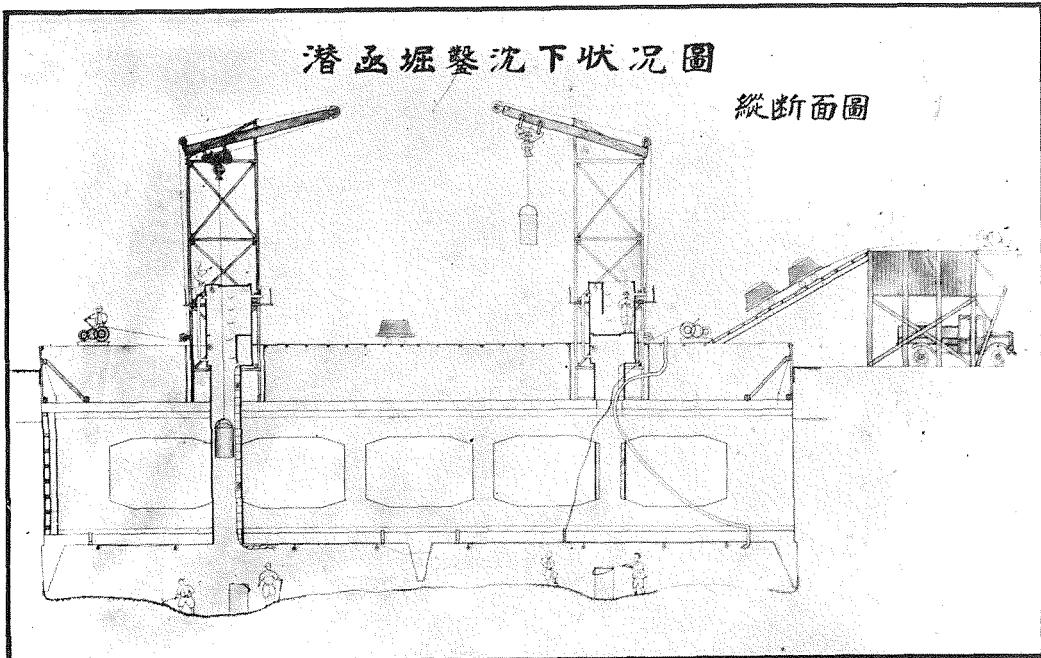
(土被 4.2 米、潜函刃口深12米、勾配 1/40)の沈下荷重と抵抗力との関係及沈下中の状況を表した圖表第6圖を掲げる。之によつて見る如く、潜函沈下のとき生ずる力は、沈下力と抵抗力の2力であるが、その中沈下側の力は(1)構築コンクリートの重量、(2)構築上に盛

上げる土砂並に之に添加する臨時の荷重で、沈下に抵抗する側のものは(1)周囲の摩擦力(2)刃口の支持力、(3)圧縮空気による上壓力(即ち浮力)である。7号潜函沈下の際にには添加荷重として所定の埋戻土の上へ更に高さ 2.4 米の土砂を盛り足したが、それでも尙

第4圖 潜函接續部詳細。



深さ10米附近に至つて沈下力は抵抗力と平衡状態となり、それ以上の沈下は壓縮空気の壓力を減じ浮力を減少せしめて始めて豫定の 11.77 米に達する事が出来た。然し地下鐵の如く本構造物自體を沈下する場合に、若し



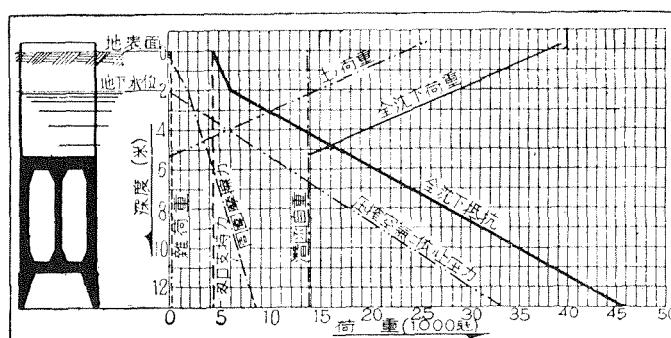
第5圖 潜函掘鑿沈下状況。

壓搾空氣に急激なる減圧を加へる時は、往々傾斜又は超過沈下の原因となり、非常に冒險的作業と云へやう。即ち事情の許す限りは添加荷重のみに依つて沈下の目的を達する様にせねばならぬ。

尙開鑿式と潜函式との費用を比較して見ると次の如くなる。但し土被 2.0 乃至 7.2 米隧道 1 米當りの工費である。

開鑿式	潜函式
隧道のみの費額	1,500圓 1,800圓

第6圖 第7號潛函沈下状況。



鋼矢板損料(原價1/3)	270圓	0
	1,770圓	1,800圓

即ち費額の多寡は鋼矢板再用の回数によつて決せられる譯であるが、矢板は工事の最初に打ち込み最後に引抜く關係上 1 事業に於て 3 回使用は困難であるから假に之を 2 回としき品賣却の價格を見込んで 3 回としたのである。若し鋼矢板の必要なく、普通の鋼杭式開鑿法に依つて施工し得る場合と比較する時、ケーソン工法は費用の點で鋼杭式開鑿法に劣ることになる。

また隧道を路面電車線路の真下に設けねばならぬ個所では潜函工法を利用する譯に行かないが、工費は上記の如くシートパイルによる開鑿式と殆んど同價で、騒音震動及地盤沈下を防止し、鋼節約と云ふ見地からすれば、益本工法を利用せねばならぬと思はれるのである。