

参考資料

土木學會誌 第十六卷第三號 昭和五年三月

沈埋式工法に依る「デトロイト」河底隧道工事

(Eng. News-Record Vol. 103, No. 16, pp. 600-606)

米國 Michigan 州 Detroit 市とカナダ國 Ontario 州 Windsor 市との間に Detroit 河底を通して自動車通路用河底隧道が工事中である。これは紐育市の Hudson 河底の Holland 隧道, California 州 Oakland に於ける George A. Posey tube に次ぎ, アメリカで第三番目の自動車通路用河底隧道である。

此の工事に於ては隧道の設計施工に種々の新例を開いた。先づ盾構に依つて掘鑿した部分の覆工には、従来は鑄鐵製の segment が用ひられたのであるが、今回は鋼鉄板を電氣鎔接で組立てたものを使用した。隧道の河底部分は Oakland にて用ひたと同様な沈埋式工法に依つたが、兩者の異なる點は、Oakland にては、純粹の鐵筋混凝土の tube を用ひたるに對して此所にては鋼領襯の圓管も進水臺上にて造り、一旦進水して浮せたる後に、其の内外兩側に混凝土を施工した點にある。

隧道は Detroit 市の商業街に始まり、河底をくぐり、Windsor 市の商業街まで、坑門から坑門までの長さ 5135 呪、街路面間の長さは 5845 呪である。車道の幅は 22 呪、高さは路面上 13 呪半である。但し米國側のアプローチ隧道の部分は幅 14 呪の車道が複線にしてある。乗用車及び貨物自動車の計畫通過數量は毎時一方向につき 1000 台である。車道幅は平時は 2 台を通す計畫であるが、萬一の場合には 3 台を通し得る様な幅となつてゐる。

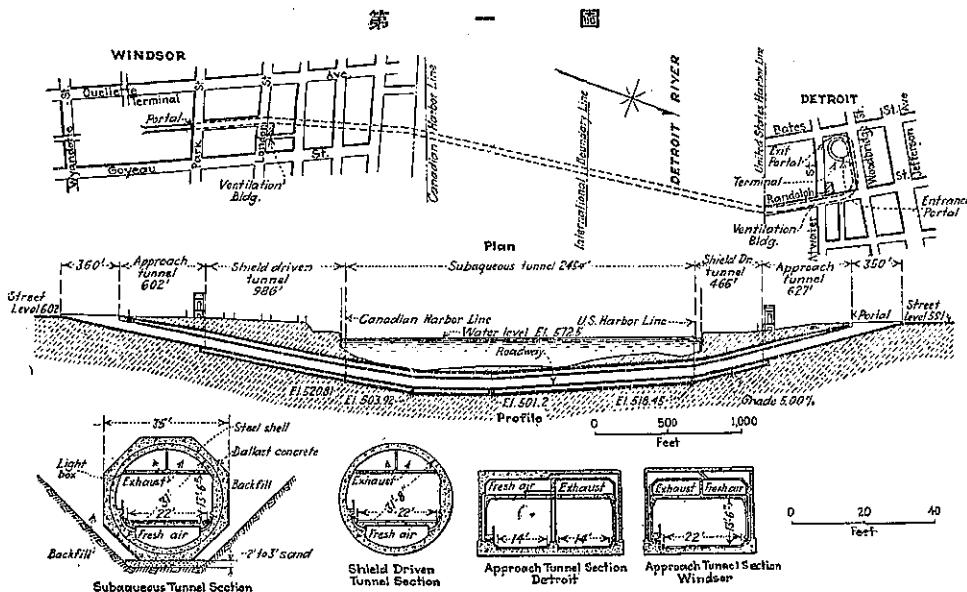
隧道の勾配は、Detroit 市側の坑門から河底までは 5%, Windsor 市側では 3.97% である。之は政府が港境線 (harbour line) に於て 30 呪の深さを要求した事と、カナダ國側の河心に於て 45 呪の水深を必要とした事とに依る。

第一圖から判る様に Detroit 側のターミナルは、Windsor 側のに比し河岸に近く用地が狭い。之は土地建物の高價な事と、手取早く買入れらるゝ地面が他になかつた事に起因してゐる。それがため此の側ではアプローチ隧道は出入口を分け勾配を 5% 以下にし、入口の方は螺旋狀の曲線としてあるので幾分混み入つて居る。Windsor 市側ではターミナルとして相當の廣場を得る事が出來た。兩側にはターミナル・ビルディングを建て、隧道の事務所の外に移民關稅關係の仕事に必要な設備を施してある。

隧道の構造物は設計工事の便宜上四種類七つの部分に分けてある。兩端はオープン・カットで街路面から勾配で坑門まで下つて行く。坑門から換氣所まではアプローチ隧道で、其の斷

面は凸形で混疑土の基礎の上に鐵骨のベントを建てたもので、切開き後埋戻す方法を用ひた。

換氣所から港境線までの隧道は盾構に依つて掘鑿した。其の直徑は今まで用ひられた盾構の中最大のものである。河底隧道の部分は所謂沈埋式工法に依つた。即豫め鋼鉄で圓管を製



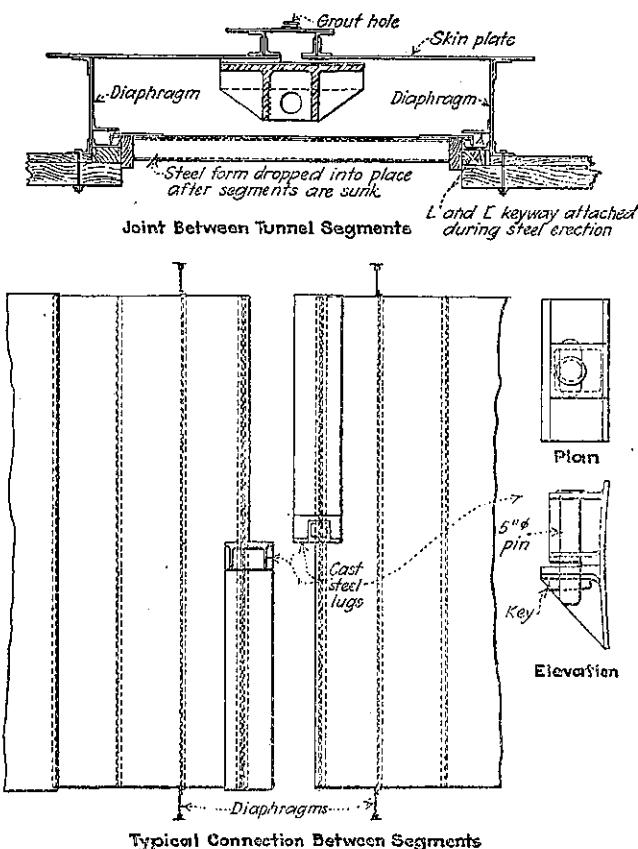
作し水に浮かせながら、内部に鐵筋混疑土の壁築、床スラブ、外側に水中混疑土を打ち、河底に浚渫した溝の中へ沈めた。

換氣 換氣に就ての設計は Holland 隧道及び其の他の自動車用隧道の例に倣つた。盾構掘鑿及び沈埋式に依つて築造した部分は圓形の断面を有し前記の隧道と同様に、路面の下を送氣、天井の上を排氣の通路とする。アプローチ隧道の部分は凸形をなし送氣排氣の通路と共に天井に設けられて居るが、送氣は側壁を下りほど路面の高さで供給される様になつて居る。

兩側に換氣所があつて其所に各 12 個のファン即 6 個は送氣用、6 個は排氣用がある。運轉は凡て主要運轉室で統制される事になつて居る。最大能力を發揮すれば毎分約百萬立方呎の空気を通風し、隧道内の空気が 1 分半毎に換へられる事となる。動力は兩側共米國側からもカナダ國側からも供給し得る様に設備されて居る。

盾構に依る掘鑿部 盾構は直徑 32'-3 $\frac{1}{2}$ " で、長さ 15'-3 $\frac{1}{2}$ " である。覆工は鋼材を組合せて製作した。これはアメリカでは最初の事である。鑄鐵製のセグメントに比し軽く強度も優る。其の 1呎當りの重量は 2.3 噸であるが、これを鑄鐵製のものにすると 8 噸位になる。

第二圖



第二圖に示す如くセグメントは溝形の鋼板より成り、幅 2'-6" 長さ 9' 深さ 9" から 10" で、両端には end plate がある。上突縁は盾構のジャツキによる衝力に耐へる爲に山形鋼で補強し、補剛材として縦に 13" 置きに 5" の I 形鋼が鋸接してある。セグメントは電気鋸接により完全に組立てゝある。セグメントを組立てるには内側の突縁山形に添板を添へボルト締めにする。セグメントの重さは約 1000 封度で 11 個のセグメントと 1 個の key とで全断面を爲す ring が出來上る。通常の ring には假締めに約 475 本のボルトが必要である。

盾構を推進さすには圓周上等間隔に 30 個の 250 噸の水圧ジャツキが配置され、唧筒と accumulator とに依つて壓力が加へられる。其の最大能力は 250 噸であるが、今まで約 100 噸迄しか揚げる必要がなかつた。

切開埋戻しの部分から盾構掘鑿部に移る所では土留めに用ふるシート・パイルの長さが 53 吋に達した。これがオープン・カットで經濟的に掘鑿し得る最大の深さと考へられる。豊孔を下し其の中で盾構を組立てた。

土質は堅い粘土なので掘鑿は凡て盾構の前面を clay knife で切り取らねばならぬ。

盾構が沈埋式施工のセグメントの端末部分に進入したら skin plate は置きざりにして盾構は解體して加奈陀側に持つて行く。斯の如き方法で沈埋部と盾構部とを接合さすので非常に費用のかかる河中堅孔を設ける必要がないのが此の隧道の開いた新例の一つである。

水底隧道の構造 水底隧道はこれを九つの部分に分ち米國側第一の部分は長さ 220 呎他は凡て 248 呎である。3/8 吋の鋼板で直径 31 呎の圓管を作る。鋼板の長さは 99 吋と 58 吋との二種のものを交互に纏ぎ合せて用ひ前者が常に外側に重ね合はされる。接目は凡て鎔接し、横の圓周上の接目は水密にする爲に綴鉄の上鎔接する。

圓管の強度を増すのと、外側に水中混擬土を打つ場合型枠取付けの便宜の爲に、圓管の外側に 12 吋置きに八角形の隔壁を設け、其の上に築造中の剛性を増す爲に隔壁のある所には内部に放射状の突張りを入れる。寫真第三及第二圖は之の水底隧道を示すもので、隔壁には又水中混擬土の型板を支へるための木の横材 (waler) を取付けてある。

此の圓管は進水させてから内部に厚さ 18 吋の鐵筋混擬土の覆工を施し外側を水中混擬土で固む。沈めた圓管を繋ぐにはその両端に鑄鋼製の lug を取付ける。これは圓管の両端が断面の半分だけ互違ひに上下して約 18 吋だけ出張つて出来て居る lip plate の左右両端に取付けられて居り、二つの圓管が相接して適當に沈設せらるれば、その lip plate の両端が丁度 tube の高さの中央點で重ね合はされる様になつて居る。接合さすには下側の lug に下から楔を入れて穴を揃へ、徑 5 吋の鉛を挿し込むのである。

この接合部には勿論後で内側から混擬土を打つが、最初は外側から水中混擬土で包む。それが爲には圓管を組立てる時に豫め溝形鋼の落し戸 (slot) を作り、型枠の横材と内側の隔壁とに合ふ様にして置く。そして河底に於て圓管が連結されてから此の落し戸を兩圓管の接合部の外側にはめ、之を型枠としてトレミー・パイプに依つて水中混擬土を流し込み、接合部を外側から混擬土の圓環で包んで了ぶ。後で又内部から注入孔により混擬土を注入する。

盾構で掘鑿する部分と水底隧道の部分とを接ぎ合はすには、長さ 4 呎の enlarged bell を前者の終端に取付け、盾構を其の中に掘り進める。盾構の skin plate は其の儘取残す。此の爲に水底隧道の部分には、盾構が進んで來た時空氣の吹き出し (blow off) をやらない様に充分粘土で蓋をしなければならぬ。

水底隧道のセグメントの設計には、47 呎の水壓と、12 呎厚さの粘土とが隧道の上に働くものとした。水中混擬土は重量の計算には入れたが應力の計算には考慮しなかつた。セグメントは自身の浮力に依つて浮く様にし、沈下用荷重は混擬土のみにより、他の一時的の砂、砂利等の必要はない様な設計とした。

此の沈埋式水底隧道の施工は大體次の三つに分ける事が出来る。

- (1) 陸上に於ける鋼製圓管の製作
- (2) 圓管進水後その内部に鐵筋混擬土を打ち、亦浮游安定のために外側に一部水中混擬土を施工する
- (3) 最後に圓管を全部水中混擬土にて囲み、豫め河底に浚渫して置いた溝の中に沈める

此の三つの工事は夫々違つた場所で行はれる。

钢管の組立は、現場から約5哩下つた所にある造船所の滑り臺の上で組立てられ、進水は钢管を滑鞍の上で横にして組立てるので、横向きにして滑らせる事となる。進水場附近で上述第二段の所まで混擬土打作業をし、吃水28呎の状態として本流に曳き出し、現場附近の米國側から約800呎を隔てた沖合にある繫留用の杭群の所まで持つて來て繫留する。此の附近の水流は大體毎時一哩半位の流速である。

残りの混擬土を打つには絶えず section のバランスに特別の注意を拂はねばならぬ。混擬土は二本の捲上塔を有する船を用ひ、兩側の型枠に同時に注入する様にした。其の間に section の両端に標柱を立てる。これは section の沈下作業中に其の位置と深さとを知る爲である。此の柱は沈下後も暫く其の儘にして置いて、沈下が其れ以上進むかどうかを見る事にする。

section が充分に沈んだら船で曳き、豫め河底に掘つて置いた溝に徐々に沈める。溝は底幅20呎、兩側は粘土が堅いので大體 1:1 位の傾斜にした。此の溝の浚渫には容量 3 立方碼 clamshell 浚渫機一臺を使用した。浚渫量は全體で約 250 000 立方碼である。

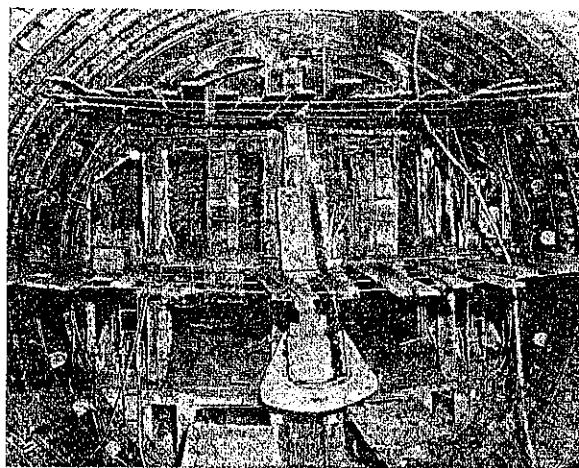
溝の底に 2呎～3呎の厚さに砂を敷く。この砂を正確に勾配通りに敷く爲に、特に考案した pontoon 利用の水準装置を使用した。

砂が敷き終へたら section を曳船で曳いて來て出来るだけ早く沈める。潜水夫を入れて接合部に鉛を挿さす、それから土で被ふ、最後に少くとも被覆有效厚さ 4呎以上になる様にする。

今日迄既に六つの section を沈めた。Detroit 側の盾構掘鑿は竣工し、函形のアプローチ隧道の部分は兩岸とも完成した。1930 年中に全部出來上る豫定である。

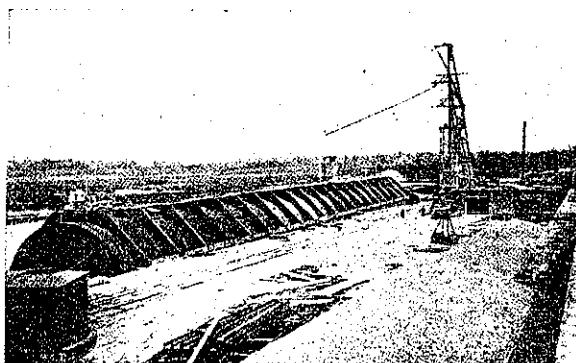
(小室習吉 抄譯)

写真第一



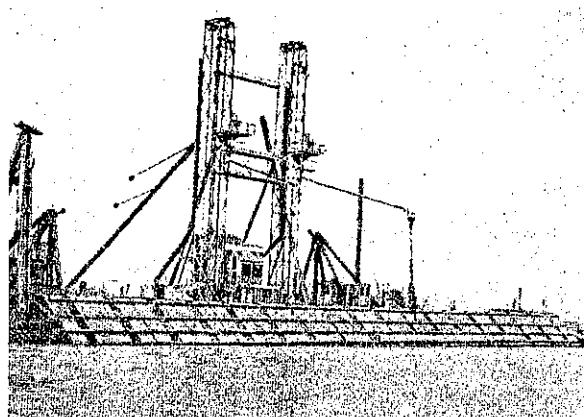
盾構と鋼装覆工、中央に見えるのは覆工組立て用の jumbo である

写真第四



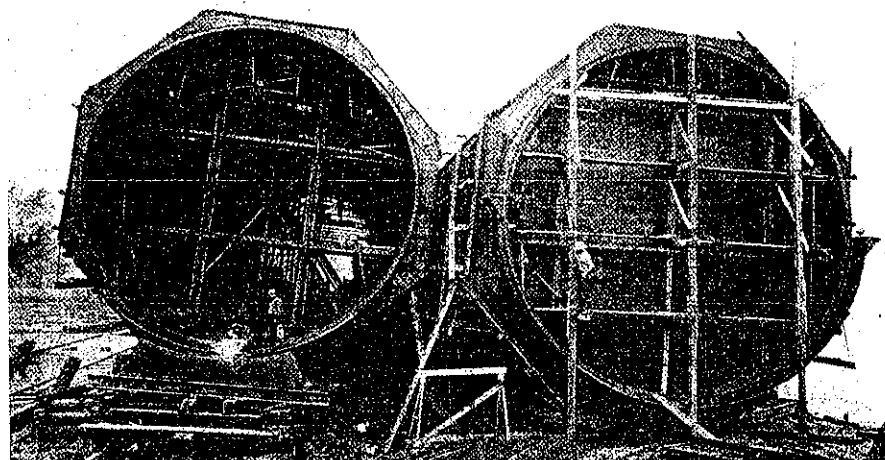
内部コンクリート及び外側の底部コンクリート打ち

写真第五



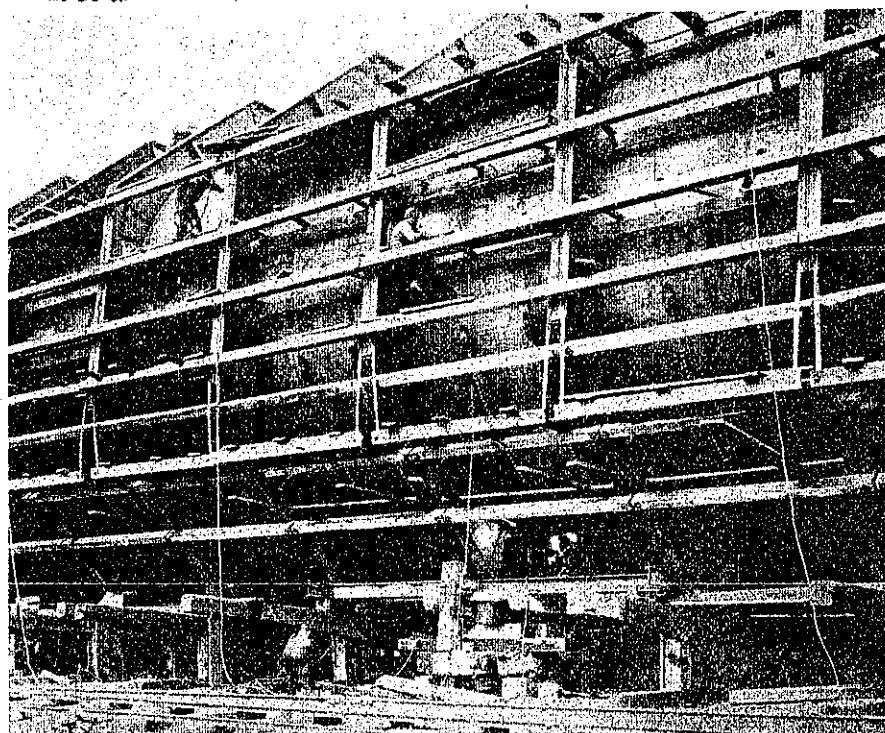
最後の水中コンクリート打ちの光景

写真第二



進水臺上にて鋼製圓管の組立
右側のものは蓋を完成し、底部コンクリート用型枠取付け済み進水準備成れるもの、
中央には lug が取付けられて居る

写真第三



鋼製圓管製作中の光景、隔壁には横材が取付けてある