

Antwerp 市 Schelde 河の水底隧道

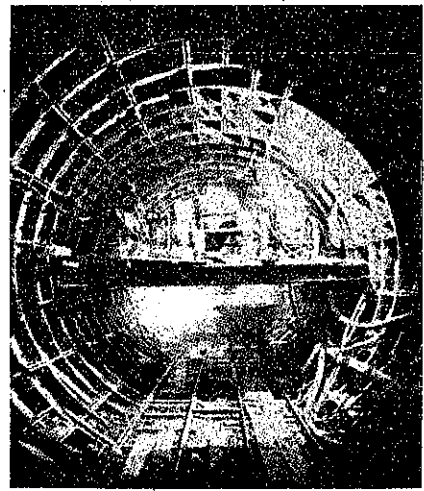
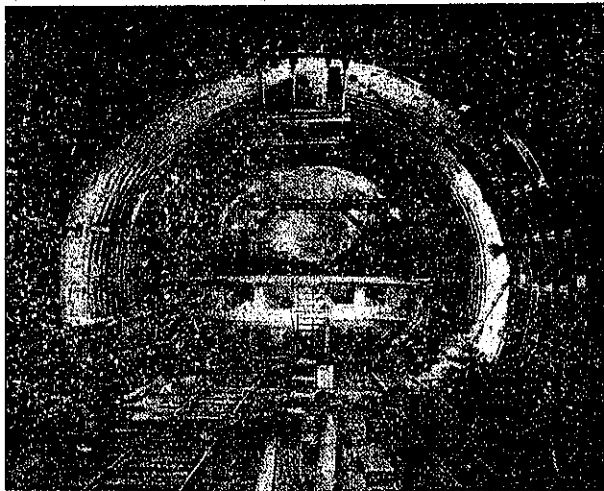
(Shield-Driven Tunnels Near Completion Under the Schelde at Antwerp.)
By S. A. Thoresen, Eng. News-Record, June 29, 1933

白國 Antwerp 市の Schelde 河は船舶の通行繁く橋梁を造ること困難なる爲、河底に自動車用（第一圖）と歩行者用（第二圖）との二つの水底隧道を造り 1931 年正月起工、今秋開業の豫定であるが、その概略を次に紹介することとする。

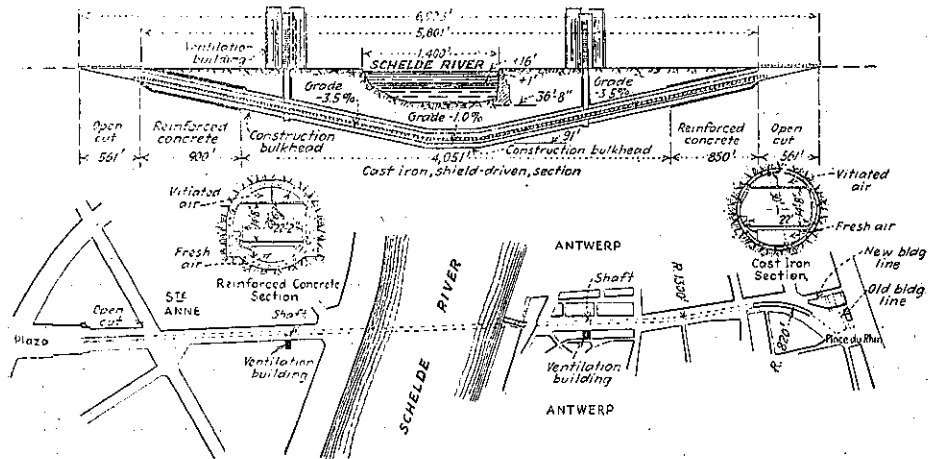
自動車用隧道は都心の北方にあり東西に走り市街を南北に貫通する道路に連絡して居る、歩行者用隧道は都心に近くあり昇降機とエスカレーターによつて出入に便して居る。

第一圖 自動車用隧道

第二圖 歩行者用隧道



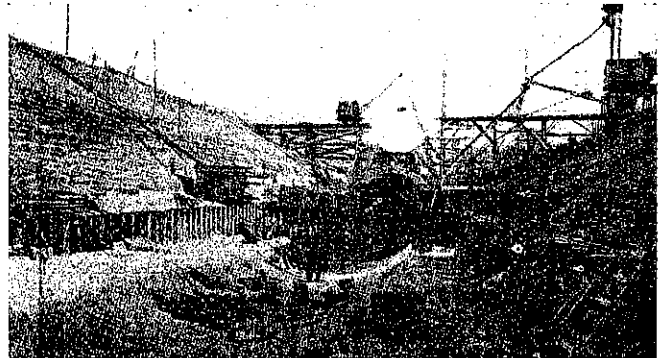
第三圖 自動車用隧道



自動車用隧道路線の長さ、曲線半径、勾配その他の大要は第三圖に示す如く、隧道内の換氣は車道の上下の通風水平坑を通じて行ひ、信號、通信、照明、防火等の設備は側壁に置装されて居る。

隧道は兩端取付部分は開鑿法により鐵筋コンクリートの 擁壁と床とを作り之に 續く區間は同じく開鑿法により鐵筋コンクリート管構造とし（第四圖）、その巻厚は坑門の部分で 2 呎、鑄鐵區間との接合部で 3 呎 3 吋となつて居るが、工事を容易ならしむると共に強度にも資する爲、側壁外面は起拱線以下鉛直とした。尙洩水を防ぐ爲、瀝青質防水膜にて管を包み煉瓦の 1 枚又は 2 枚にてその外を保護した。インバートは作業繼手の他は縱鐵筋により一體とされて居り、拱は 65 呎毎に伸縮接合を作り銅板を用ひて水止を施して居る。次に中間約 4000 呎の區間はシールド工法により鑄鐵管を以て巻立てゝあるが、各管は長さ 6 呎 10 吋、幅 2 呎 6 吋のセグメント 14 個と楔片 1 個とよりなつて居り、スキンの厚さは $1\frac{3}{4}$ 吋、縦横のフランジの厚さは底

第四圖



西方鉛筋コンクリート部分は幅廣き開鑿法により且巧なる先金を使用して水を排除して工事を行った。

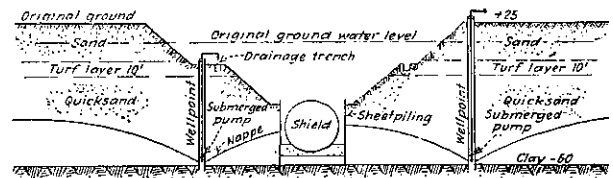
部で $2\frac{1}{2}$ 吋、先端で 2 吋に遞減して居る。鑄鐵管締付用のボルトの徑は $1\frac{3}{4}$ 吋である。隧道内の換氣は河の兩岸に一つ宛ある換氣堅坑を通じて行はるゝが、堅坑は正方形断面鐵筋コンクリート造で壁の厚さ底部で 6 呎 6 吋、頂部で 3 呎 3 吋あり、周圍は瀝青質被膜で防水工を施し且つ側壁には圓形孔をあけてシールドの通過に備へて居る。換氣用としては送風機及び排氣機各 6 臺宛を各堅坑に設備し、内 4 臺宛を常用し 2 臺宛を豫備としてゐるが、現在の送風能力は毎分約 640 000 立方呎で 1 時間 1 000 臺の自動車に對するものである。

隧道貫通箇所地質は街路面に近く 14~20 呎の盛砂層あり、其の下に約 10 呎の泥炭層があり、次は少量の粘土を含む流砂層になつて居て、約 86 呎の下に硬い粘土層がある

（第五圖）。地盤の支持力は粘土層 5~8 噸/平方呎、流砂層は 1 噸/平方呎以下である。幸ひ隧道の最深部は平均干潮面下 91 呎にある爲、約 2 000 呎の間のインバートは硬い粘土層に達して居る。

開鑿法によつた部分は 8 時間に 1 700 立方碼の能力あるバケット掘鑿機を用ひ、深さ 46 呎以上の掘鑿にはドラッグ・ライン、グラムシェル・バケットを用ひ、總量 200 000 立方碼の土工々事を遂行したが、此の大切取工事で特に興味あるは水抜の先金（well points）を使ひ地下水位を下げたことである（第五圖）。調査によつてこの部分には二つの含水層があり、一つは泥炭層の上に他はその下にあることが判つてゐた。泥炭層上の砂層地の一部は泥炭層に設けられた溝に排水し一部は先金篩（well point screens）を使用し之を中央の唧筒に連絡して排水した。この篩には 2 組あつて外部の粗目の篩と内部の細目の篩とを一つの管内に入れ砂利と粗砂で周りを圍み閉塞を防いだ。切取の深さが大となり、吸上唧筒の揚程以上の所では 15~60 呎置きに孔を穿ちてその各々

第五圖



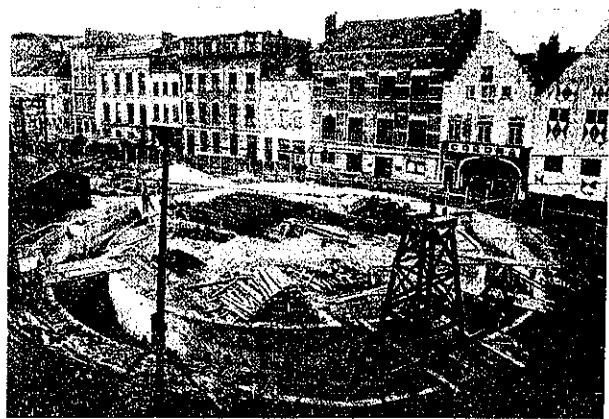
先金の利用と水密なる矢板工とにより西方の取附部分の大半は開鑿法によつて築造した。尚シールドの掘立もこの中で行つた。

に直徑 20 吋の鋼管を打込み下の粘土層に達せしめ、この管内に第二の鋼管直徑 10 吋にして下部に濾過機あるものを挿入し内外管の間には豆砂利を填め、然る後外管を引抜き内管の内部に特種設計にかゝり直徑 8 吋、長さ 30 吋にて毎分 75 ガロンの容量を有する唧筒を挿入して水を抜いた。之等の唧筒は 5 馬力の電動機によつて動かされ、適宜催滑油を給するならば 1 年間の連続運轉可能の保證を附せられたものである。かゝる装置により地下水位を 45 呎も低下するを得た。

兩岸の換氣坑は凍結法によつて水壓、土壓に耐え得る如く凍らされた大地の圓筒中で築造した。この凍結法によつて直徑 20 呎、深さ 87 呎の堅坑を他に何等の土留工をなさずに掘り下げることを得たが

(第六圖)、かく圓筒形に氷結させるには直徑それぞれ 78 呎及び 86 呎の圓周上に $4\frac{1}{2}$ 呎宛の距離に深さ 90 呎の粘土層に達する孔合計 116 個を穿ち、その各に鋼管直徑 6 吋のものを降して下部を塞ぎ、その内部に更に第二の鋼管徑 2 吋のものを挿入し下部を開放して凍結回路を作り之に鹽溶液を通じ大地の温度を氷結點迄下降させ次で温度を氷結點より遙かに低くし所要の厚さ並に強さを有する固形の氷の壁が作らるゝまで續ける。氷結壁を要する時間は約 4 箇月であつて、堅坑のコンクリート打が終る迄であつた。

第六圖



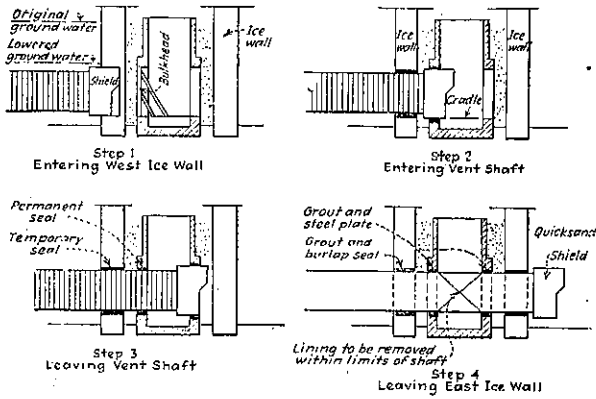
換氣坑は氷結地盤掘削中で築造された。圖中の環状窓は凍結用の鑄管設備の爲のことで地下水層に設置用鉛直管の上部が散見する

隧道 4000 呎はシールドで掘進したが、シールドは亞米利加式の設計で外徑 31 呎 6 吋、鐵板の厚さ $2\frac{3}{4}$ 吋、長さ上部に於て 18 呎、下部に於て 16 呎、重量 300 噸である。水壓唧筒、其の他の設備は Watson-Stillman Co. 製のもので、水壓機 30 臺を備へ、その總推力 9000 噸である。シールドは實働 400 日で 4000 呎進んだから、平均毎日 10 呎の割合となるが最大進行記録は 1 日 24 時間に 22.5 呎で、此の種の隧道に於て堅き粘土と流砂層とを貫通するものとしては蓋しレコードであらう。シールド内の空氣壓は平均 18~20 封度、最大 30 封度であつたが、斯くの如き低壓となし得たるは先金 (well points) を使用して河岸並に兩側河中部分の外部水壓を低下したのによる。

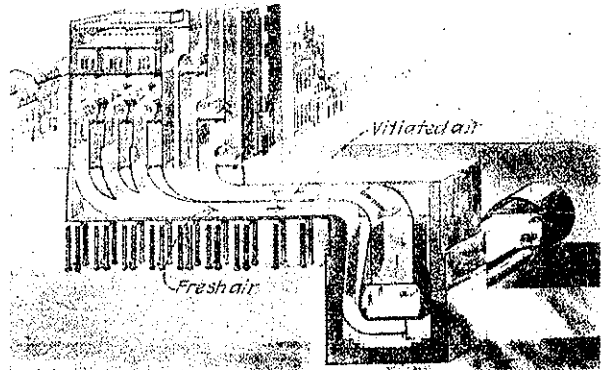
壓搾空氣を使用せずして西方換氣堅坑の周りの氷結壁と堅坑の横に預めあけてある圓形孔とを通じてシールドを押し進めることは地下水位がシールドの頂上位までであつたので異常の課題を提供したが次の如き方法で之を解決した。

先づシールドが氷結壁の西の面に達すると凍結法を停止し水中を掘進して壁内面より 5 呎の處まで到る。この間氷結壁内面と換氣堅坑外面との間には粘土を填充し且つ堅坑の圓形孔には隔壁を附ける。斯くしたる後シールドを押し進めて氷結壁の残りの部分と粘土填充部分とを貫き、堅坑内に配置された I 形鋼の梁臺上に到らず。空氣壓はシールドが氷結壁を通過した瞬間に無くし氷結壁と隧道装工の鑄鐵管との間の環状部分にはグラウトと麻袋とを押し込み防水の用に供し、堅坑の圓形孔と鑄鐵管との間は不取敢グラウトの注射により結局は金屬の隔膜によつて水密の締切を造つた。シールドの進行につれ順次鑄鐵管を組立て東の氷結壁を貫通して流砂層に達するや

第七圖

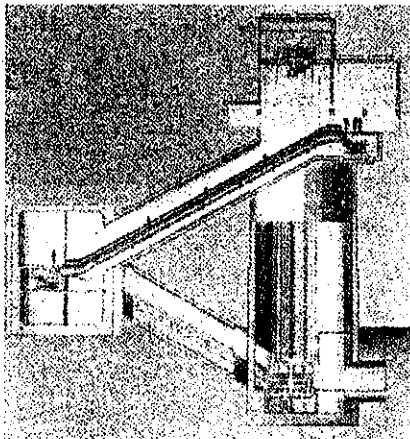


第八圖



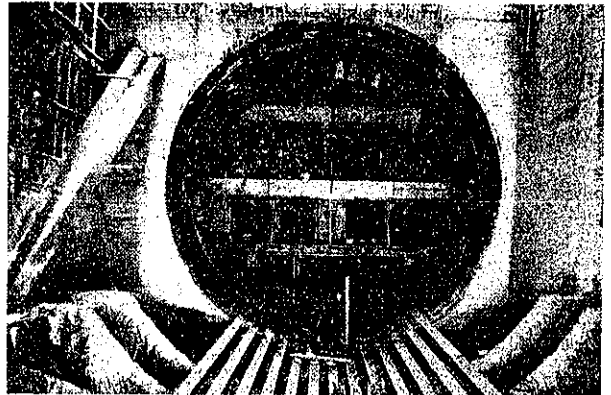
自動車用隧道の換氣建物は建築線内側にあり路面下の堅坑と鑄筋コンクリートの環状で連絡して居る。

第九圖



昇降機とエスカレーターが歩行者用隧道と街路面との連絡に當つて居る。

第十圖



シールドは換氣坑の中では工形桁の架臺に載せて推進した。

否や壓縮空氣を使用して掘進する。

而して隧道に設けられた二つの隔壁間にて空氣壓を減じ通常壓になし得るに至つて堅坑内の鑄鐵管を取除き換氣坑の築造に移つた(第七圖)。東方換氣坑にシールドを貫通せしめるに當りつた方法は堅坑に氣閘を有する空氣隔壁を設け先金(well points)の助けにより空氣壓 10 封度にて作業した。

自動車用隧道の起工は 1931 年 1 月, 開鑿部分は 1931 年 4 月 1 日着手, シールド工を始め得る程度に完成したのが 1931 年 8 月 2 日で, シールドは 1931 年 11 月 9 日に始め 1933 年 3 月 28 日に完成, 歩行者用隧道は 1931 年 6 月 28 日起工, 1932 年 11 月 30 日貫通し, コンクリート工事は 1932 年 3 月完成したが, 兩者孰れも機械設備, 其の他の殘餘工事施工中で今秋には開業の豫定である。

尙工費は兩者を合し約 250 000 000 フランである。

(大石重成抄譯)