

講演

第 22 卷 第 6, 7 號 昭和 11 年 7 月

シールド工法の現況に就て

(昭和 11 年 4 月 30 日講演)

L. R. Craft*

Shield Tunneling as Employed Today

要 旨

本講演は隧道工事に用ひたシールド工法の沿革並に現況を述べたもので本文は其の全譯である。

日本土木學會長井上秀二氏及び東京帝國大学田中教授の御厚意に依り今夕土木學會に御招待に與りました事を非常に光榮に存じます。田中教授とは過去 12 年間に互り大変親しくして頂いて居ります。

私は 1924 年 Hughes 氏並に Englander 氏と共に日本に参りました。當時私共の目的は 1923 年の關東大震災に依て破壊された隅田川の諸橋梁を建設するのにありました。當時田中教授は復興局の橋梁の方を擔當されて居り、私の日本滞在 3 箇年の間仕事上に於て始終親しい御交際を願つて居りました。

今夕は軟い地質に於ける隧道工事に用ひられるニューマチック・シールド發達室に就て簡単に話す様にとの御話してでありました。統計に依りますと此のニューマチック・シールドが最初に用ひられましたのは 1857 年でありましたが、當時のものは全くお粗末な不完全なものでありました。けれどもそれ以來此のシールド工法は非常な發達を遂げ熟練した技術者に依て施工されさえしたら非常に簡単なもので生命其の他に危険を及ぼす様な事はないのであります。此の工法に據り成功を納めた大工事の幾つかを勿論御存知の事と存じますが、此の中最近の最も有名なものはニューヨークにある 2 條の vehicular tunnels 即ち Holland 隧道並に現在建設中にある Midtown 隧道であります。

今申上げました是等の兩隧道は大体に於て似通つたものでありますが、Holland 隧道は 1929 年に竣功して所謂 twin tube 型のものであり、三十九街隧道(即ち Midtown Tunnel)は single tube 型であり、之に據て兩方向の traffic を図つて居ります。然らば何故此の Holland Tunnel に單一の tube を用ひず 2 條の tube を用ひたかに就ては二、三の理由が有ります。先づ第一に、地形、河の深さ並に河床の状態等に據り single tube では實際上次の理由に依り不可能であつたからであります。即ち水深、並に approach の状態に據り、適當な gradient を保たしめる上に於て、當時の河床の状態では工事が非常に困難且不經濟であつたからであります。以上の狀況に據り 2 條の tube が採用され隧道の直径を減縮し、因て shield の roof 並に toe 間の unbalanced pressure を減じたのであります。

Single tube が twin tube に勝る重要な點は twin tube に於ては常に片方の heading を他より或る距離だけ進めて置き、一方のシールドから他のシールドに空氣が逸出する事を防止する必要がある事であります。もう一つの點は掘鑿費の經濟であります。

例へば河床の地質狀況がシールドの roof と toe に於て殆んど同様である。或る地點に達した後、普通 25% か

* 元 ミッドタウン ハドソン トンネルの政府監督技師 (Engineering Inspector, U. S. Government on Midtown Hudson Tunnel.)

図-1.

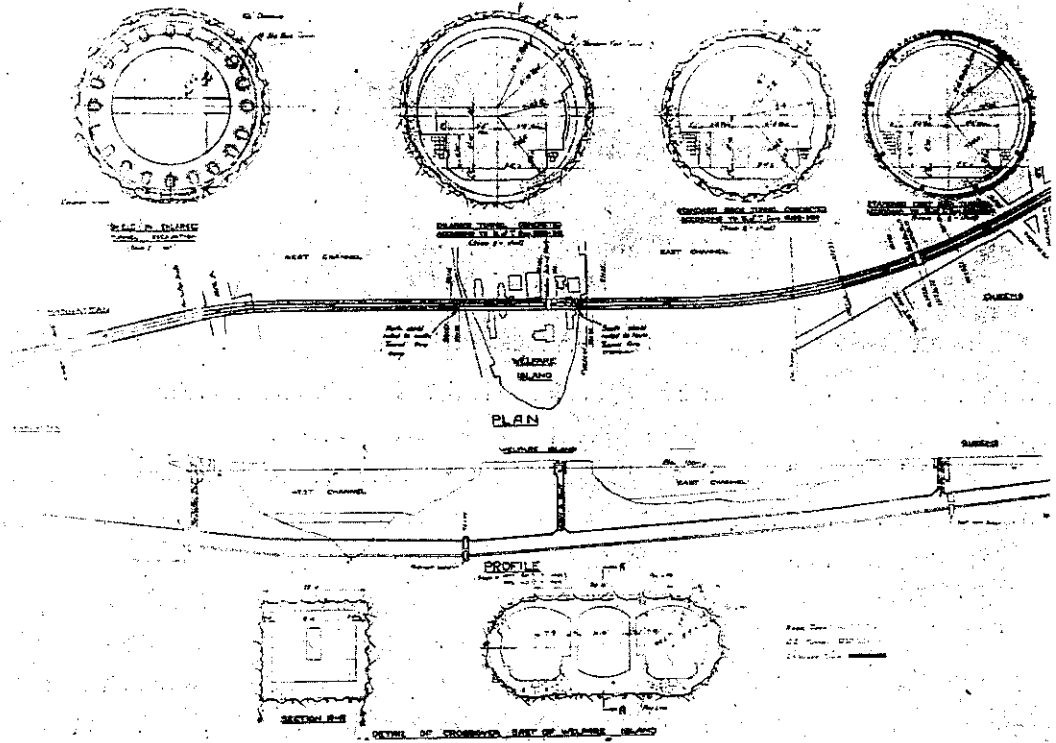
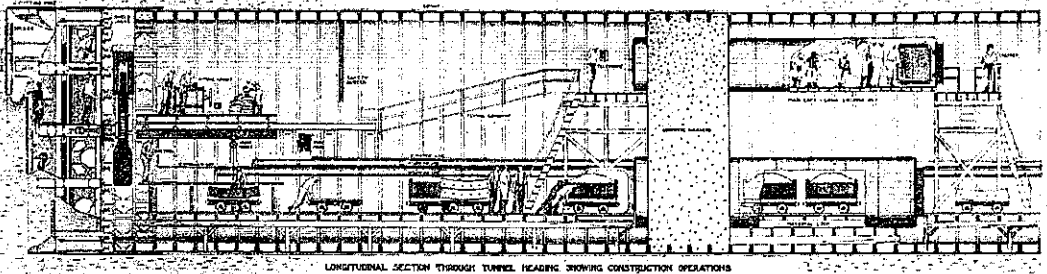
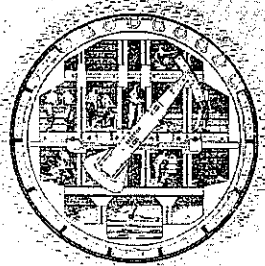


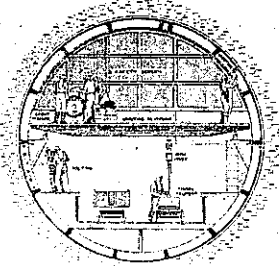
図-2.



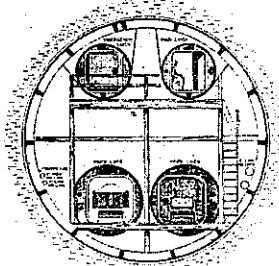
LONGITUDINAL SECTION THROUGH TUNNEL HEADING SHOWING CONSTRUCTION OPERATIONS



REAR OF SHIELD
ERECTOR OF IRON & MUCKING IN PROGRESS



VIEW FROM REAR OF SHIELD
BOLTING & GROUTING IN PROGRESS



EXTERIOR VIEW OF CONCRETE BULGHEAD
SHOWING AIR LOCKS

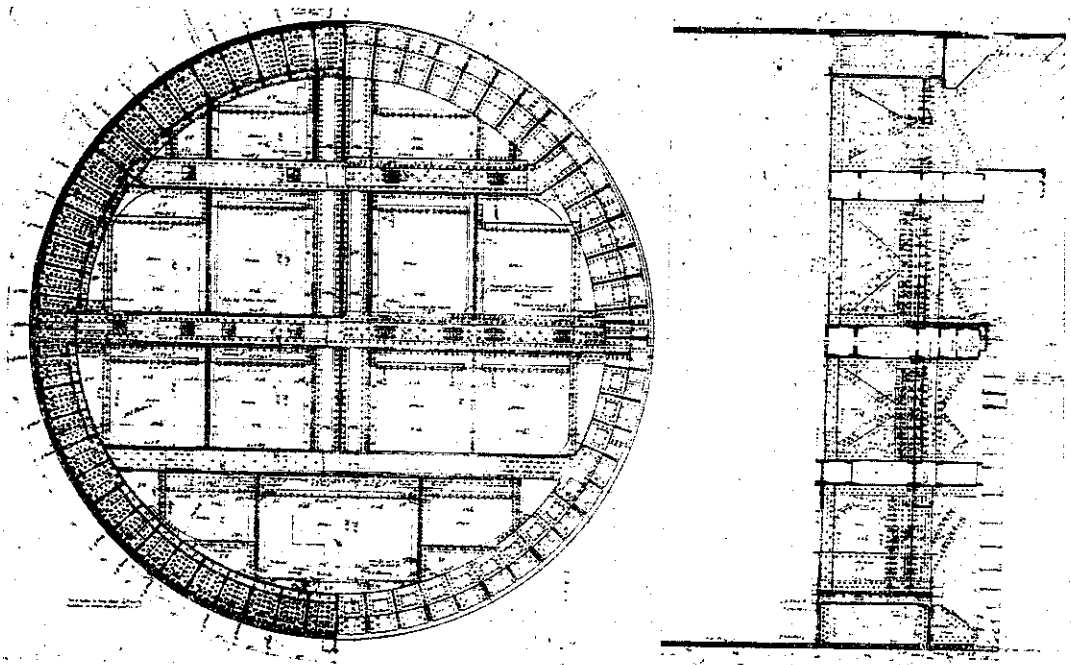
MIDTOWN HUDSON TUNNEL—TUNNELING OPERATIONS

ら 50% の掘鑿を行ふのみで足る事があります。換言すればシールドを推進する場合、シールド・ヂャッキにかゝる抵抗力が餘りに大きい時にのみシールドの扉を開くのであります。軟土質の河床中を先の平い物体が、簡単に土壌を押分ける事に依つてのみ推進される図を御想像下さい。斯くする事に依て掘鑿土の處分に要する費用を非常に減ずる事が出来ます。twin tube に於きましては、シールド扉を通じて、より以上の土を處分しなければなりません。何故なれば、前に申上げた通り、twin tube の場合、一方の tube は常に或る距離を隔て、他の tube より進めて置かなければならず、若しシールド内に土壌を admit せず全部押除けてシールドを推進させますと非常に大きな横圧が生じ隣の出来上つた tube を移動させて終ふ事になります。此の外 single tube が twin tube に勝る點は、outside shell 並に roadway に要する材料を 35% 乃至 40% 節約し得る事及び隧道完成後に於ける維持費を非常に節約し得る事等であります。

さて、然らば何故に隧道技術家が他の本法即ち open-cut, roof-shield 或は poling method を退けて此のシールド工法を採用するかと云ふ事を考へて見ませう。今申しました色々な工法は河底隧道工事並に日本の東京、或は米國の New Orleans の様に地下水面が非常に地表面と接近して居る様な所の地下鉄道工事には不適當であるからであります。即ち地下水の pumping 並に近接した建物の shoring に要する等の費用が算盤の取れぬ程莫大な額に上り、且つ工事中街路面の交通の支障を來たす事になります。私個人の経験から申しますと、東京附近の土質は well-point-system の排水法は土質の不浸滲性に據り殆んど役に立たない様に思はれます。併し若しこゝでシールド工法を用ふれば交通の障害にもならず、ground の lass に対する危険も減少し従つて近接した建物に及ぼす危険を除く事が出来ます。尙又隧道は円形でありますから、地震に對しても其影響する所が僅少であります。私の過去の経験並に觀察する所に依りますと、隣接地に及ぼす障害は他の工法に比して非常に少い事であります。

Compressed air shield 工法に據る工事は全く熟練した人々の手を要します。と云ふ譯は、地表面下 30 ft 乃至

圖-3.



100 ft をシールド掘鑿を行ふ場合、シールドは自然上向く傾向があります。此の事實に據り、シールド推進に當り control valves の operator と alignment 係りの engineer とは完全な連絡を保つて作業しなければなりません。

一度シールドが其の alignment から外れても之を直すのは大した面倒な事ではなく 3 回乃至 4 回の推進中に復歸させ得ますが、屢々あつた様に 1 回の shove で之を realign する場合、其の結果シールドのシエルは曲げられて変形の甚しいため一時作業を休止するの止むなきに至る事があります。河底隧道工事の例に於て、屢々掘鑿土の一部を出來上つた tunnel invert の中に deposit させる事があります。之はシールドの尾部を下方に保ち、且又 cast iron lining の浮上るのを防ぐ爲であります。併し之は後になつてコンクリート、ライニングが施工され隧道の重量が増すと取除けられるものであります。さて以上シールド工法に於て最も注意を拂はる可き諸點を綜括すれば、先づ第一に完全な alignment を保持する事、第二にシールド推進に當つて其の双口に何等障害物の無き事を確める事、第三にシールド roof を蓋ふ土層の状態に極めて細密な注意を拂ふ事。

さて、次にシールド工事中及び其の後に至つて其の附近並に地下埋設物に及ぼす影響の問題になります。勿論工事中 engineer は或る種の面倒な事柄を頭に入れてかゝらねばなりません。例へて見ますと、pier の如きものゝ下を通過する時に當つて空氣の漏出のため杭の bearing power を減少させるが如きが此の一例であります。或例では河に沿つて建てられた建物の基礎杭の尖端がシールドの roof に突當つた事がありました。こんな場合其の建物は適當に shore され沈下並びに cracking を防止されなければなりません。

併しこんな case は甚だ稀と云つてよいと思ひます。工事に當る engineer は勿論こう云ふ状況を悉知す可き筈でありますから、前以て斯の如き面倒な事件を起さない様に注意する義務を持つて居ると思ひます。

以上工事作業並に色々の状況を綜合すれば結局如何なる場合にシールド工法を採用す可きかの問題に歸着いたします。之は従來多數の engineers に依て述べられた問題で種々意見の相違があるのを免れません。此の意見の相違は大抵工事費用の問題に據るものであります。シールド工法に依る隧道は計劃に當り其の確實を保證する事を得るが他の比較的安價な工法は結局一種の gamble に過ぎなくなつて参ります。勿論私はこゝで單に水中隧道に就てのみ申述べたものであります。結局つまる處シールド工法のみが只一つの best bet と私は考へられます。地下の状態に一番適応する type の隧道を常に採用する事、決して其の土地に適當せぬ type のものを採用してはならぬと云ふ事を揚言いたし度いと存じます。

(終り)

圖-4.

