

参 考 資 料

土木學會誌 第十八卷第八號 昭和七年八月

斷層帯に於ける隧道掘鑿

(セメント注入工と矢板工の併用)

(Engineering News-Record, March 10, 1932.)

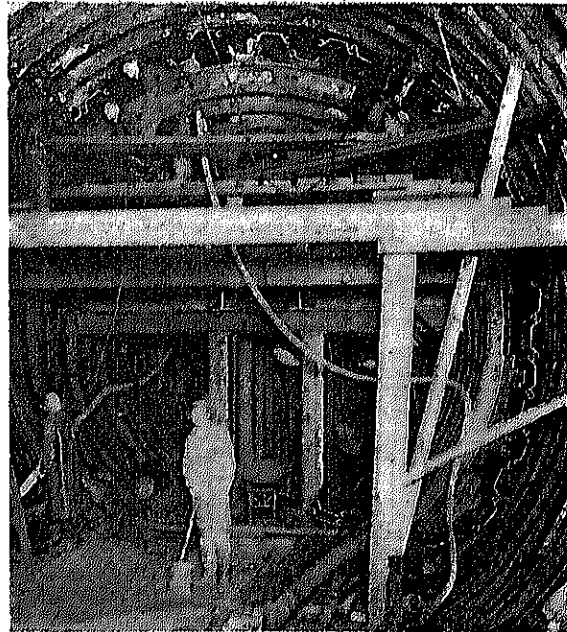
New York 水路隧道 No. 2 に於て Bronx River の下に横たはれる狭い斷層帯を貫通せしむるにセメント注入工と矢板を用いた shield 工とを併用して成功した。この隧道は石灰岩と片麻岩の岩層間に介在せる多量の水を含んだ幅 50 呎の風化岩石に遭遇し 0 箇月間も進行不能となつたのであるが、この區間に於て始め頂設導坑を掘るに矢板を水平に打込んで shield 工を施し次に隧道全断面周囲に(但し底部を除く)矢板を打つて切斷帯をなした。また坑内へ湧水や泥土の逸出を防ぐ爲め矢板工をなすに先立つて先づ多量のセメント乳を注入したのである。次にその施工について詳述する。

隧道は大部分覆工内部に於て 17 呎、岩石から 21 呎の直徑の圓形断面である。長さは 20 哩で 19 個の堅坑より掘鑿された。線路全體の方向は南北であるが、堅坑 2 と 3 の間に於て少し東西にふれて居る Bronx River 區間はこの間にある。

請負にかける前に線路に沿ふてボーリングを行つた處、河底一帶及岩石の境目が風化分解して居る事が明かとなつた。即ち北西側は片麻岩、東南側は石灰岩で此の境界が不良なのである。掘鑿に當つては河の横斷箇所地質は更に詳しく調査された。其結果第三堅坑(南東側即ち石灰岩側)より進むに従つて斷層に近づく事が解つた。

第三堅坑から約 400 呎北進すると石灰岩と片麻岩の間に大きな pegmatite の岩脈がある。之は完全に風化して砂質粘土となつて居るが部分的には元の岩相を認め得る程度の物である。此風化した岩脈に接しきると 1 呎乃至 2 呎の粘土層となり、次で黄綠色の

第一圖



薄い砂層となる。之より手前の石灰岩は堅い所でも非常に目が粗り、風化した處は褐色砂となつて居る。此岩脈の坑奥側は硬い片麻岩に直接接して居る。

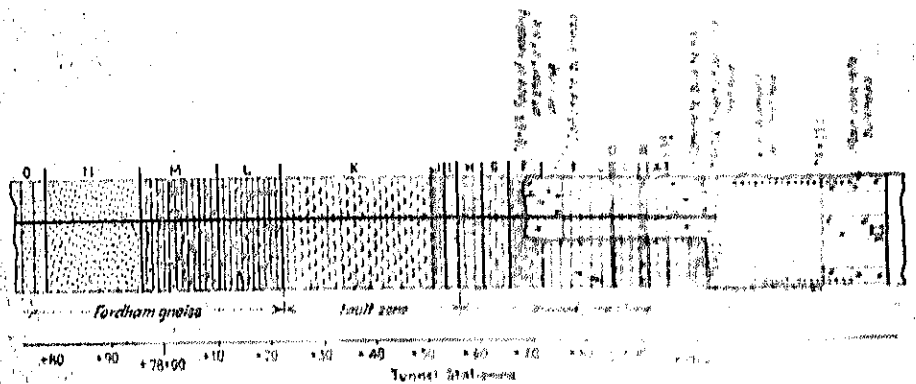
之等の状況から見て次の様な事が考へられる。即ち地層境目の弱線に *formative* 岩脈が侵入し、其後に斷層が起つたものと思はれる。其結果此の岩脈は破碎され、其間隙に滲透した地下水によつて風化分解され斯くの如き不良地質となつたのである。

導坑が石灰岩よりこの斷層に近付いた時非常に多量の湧水に遭遇したが、この水の多くは砂及節理多い石灰岩に源を發してをるものである。而して隧道の所では斷層そのもの幅は 50 呎であつたがボーリングの結果この幅は地表に近づくに従つて著しく廣くなつてゐる事を見られた。

ボーリングに依つて河の下は地質が悪いことは知れて居つたので、請負者は多少の出産は豫期して居つたが、實際遭遇した様な悪い地質とは想像しなかつた。1931 年 7 月 11 日遂は普通の隧道掘削方法で進行したが、この數日前より地山軟弱の徴を示し、裂目から水が湧出し初めたので押型鋼板を支へる所の鋼製肋材 (steel rib) よりなる支保工を掘鑿すると直ぐに施工事とした。この原因は覆土の厚さを増すため隧道斷面を 21 呎に切廣げこの大さ一杯に支保工を施した。直設導坑はペンチ式で掘鑿し、導坑切面に鋼製屋根支持工 (steel roof supports) を施した。

7 月 15 日導坑切面に穿孔し多量の水が穿孔から運出して來たのをコンクリート隔壁 (concrete bulkhead) をもつて導坑を直ちに締切つた。セメント注入工 (grouting) を施してこの湧水を止める計畫で、4 吋の diamond drill をもつて隔壁から 7 月 22 日より穿孔し初めたが最初の孔が 12 呎に達した時又苦しい湧水に出會つた。穿孔及注入を數日間續けた。多くの孔は大抵 60 呎乃至 80 呎位のものであるが 8 月 5 日になつて遂に前面の地山の性質が正確に知り得る迄穿孔し、斷層の反對側にある片麻岩層内に遙かに通ずる長さ 195 呎に達する孔を穿孔した (第二圖參照)。

第 二 圖



此の多大のセメント乳注入によつて、導坑部隔壁を取除き得る程度に湧水を制御し得たので、8 月 29 日再び掘鑿を初めたが地山の性質が亦警戒せざるを得ない状態となつたので、請負者は隧道掘鑿全斷面に 11 呎厚さのコンクリート隔壁を後方に設けたのである。この隔壁より 11 日に完成した導坑部に 9

8 呎×6 呎の掘出し口と頂部に 8 呎×5 呎の入孔が備へられこの兩開口は導坑側に鐵扉を設けて保護した。又排水用と注入用のパイプをコンクリート中に埋込んで、必要に應じ使用出来る様にした。

導坑の掘鑿は再び初められたが約 20 呎進んだ時地山の状態は又々掘鑿を続けるためには導坑切面に更にコンクリート隔壁を設けて注入工を施さねばならない状態となつた。この注入工が完成して後この最後の隔壁より穿孔がなほ導坑切面近くに砂袋をおいて隔壁としながら 9 月 16 日から導坑が進行し初めた。然し 10 月 6 日に至り突然泥を含んだ水が導坑切面より退出し砂袋を押し除けてしまつたので直ちに主要隔壁の下部扉を閉じたが水洩は愈々増加するのみで隧道内のポンプをすべて用ひたが即ち合はず遂に次の日には上の扉も閉ぢられ、

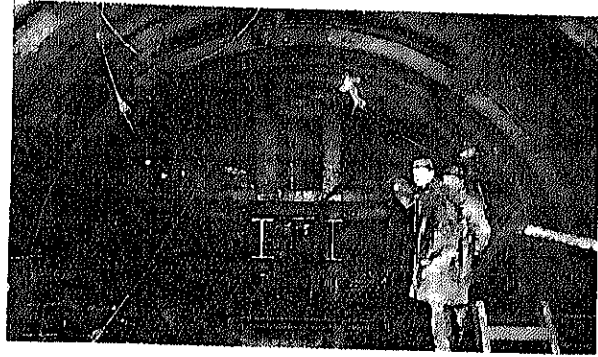
總べての仕事は中止された。隔壁が閉ぢられてから排水用パイプに取付けたゲージは平方時に付 250 封度の壓力を示した。

堅固な隔壁が造られてあつたと云ふ事は約 8 哩も掘鑿されて居つた隧道を浸水から救つたばかりでなく、地表面に於て地山をゆるめて建造物に大災害を與ふる事を豫防したのである。即ち隧道の河底通過地點には New York Central 及

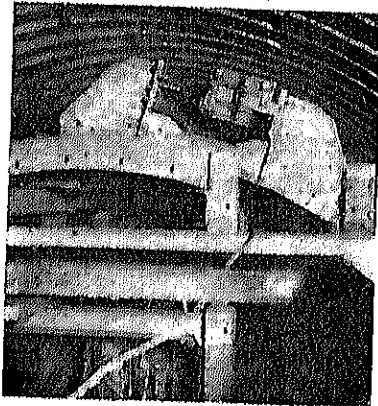
New Haven 鐵道線路があつたし、又鐵道線路と河とを横切つて新しいコンクリート道路拱橋があつて何れもその基礎は風化された pegmatite の中にあつたのである。

隔壁上部の扉が閉ぢられる前に室の下半分が silt をもつて満たされてをる事が判つたから、新しい段取として silt をもつて満たされて居らない上半分を砂と砂利で満たすことにした。そこで 4 臺のポンプを壁坑に増設した。そして上部の扉を開いて室の上半分を空にし注入用パイプを急いで導坑奥深く突込み、砂と砂利を吹込むパイプを室内に入れて扉を閉ぢた。そして注入工を施す間隔壁に働く壓力を減

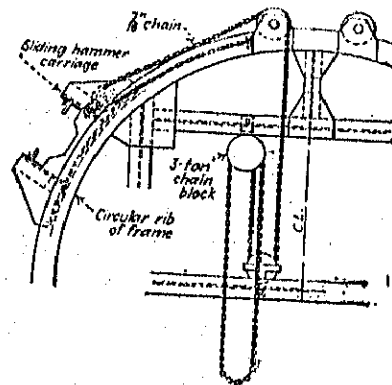
第三圖



第四圖



第五圖



ずるため室の前方は砂利で後方は砂で充す様にした。

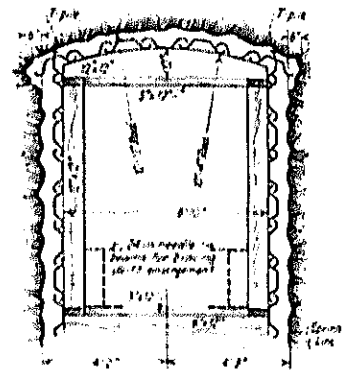
室を砂と砂利で満たすと、この満たされた室及導坑切面に出来た空向に注人工を施した。次に diamond drill を用ひてすべての方向に隧道の起拱線上に隔壁を通して多數扇状に穿孔した。この穿孔より数千冊のセメント乳を壓入せしめ、之が完成すると隔壁の下部扉を破つて室の掘鑿を底部より初めた。注入の壓力は 700 封度と云ふ高いものであつたが室の下半分を埋めて居る微細な silt 内は少しも注入されて居らなかつた。silt や注入された砂及砂利がすべて除かれると起拱線の下で前と同様に穿孔と注入とが續けられた。

この注人工が完成された結果導坑掘鑿を始めても安全である事を知り、先づ堅い片麻岩迄頂設導坑を掘り次に起拱線迄切換へ更にベンチを除く事とした。この施工に鐵矢板を用ひた。

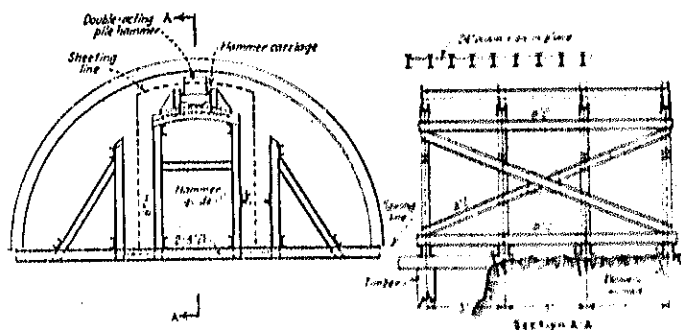
ベンチ切面より 40 呎も後方に隔壁が設けられてあつた故にハンマーや矢板を取扱ふても充分のあきである。鎮鐵肋材及鉄よりなる支保工が前にベンチ切面迄進んでをり猶更に導坑内にも進行されてあつたからこの支保工の内側へ矢板を打込まねばならなかつた。

頂設導坑を掘り初める第一歩としてハンマー及矢板打ちをなし得る、頂設導坑内の打込枠 (driving frame) をベンチ切面の直ぐ

第六圖



第七圖



内側と組合せ、之をベンチの床に anchor した。側壁と屋根との交はる所には T 型杭を打ちつけ圓形の屋根及側壁を矢板とするのであるが 30 呎長さの拱腹矢板 (arch web sheet pile) を先づ打込枠に取付け之を double acting steam hammer で打込む。掘鑿のため導坑底部は矢板をせずに木の板を張付けた。導坑掘鑿は一交代に數呎の進行で、掘鑿が寸寸と矢板を支へるための木材の肋材を設け又矢板は再び前方に打込まれる。30 呎の矢板を全部打終ると 20 呎の長さの矢板がつけられた。

導坑が断層を通して堅い片麻岩内迄掘終ると次は隧道断面を起拱線迄切換へる事である。

2 本の 24 時の H-beam が切換へ断面支持のための天樑 (needle beam) として導坑の床の上に横に

横たへられた。隧道全断面に矢板打ちし得る様に設計された
 第四圖の如き鋼鐵打込枠がベンチ切面の後方の室内に設けら
 れた。枠の肋材の外側には hand chain block で移動せしめ
 るハンマー及矢板を取扱ふ車架 (carriage) が取付てある

(第五圖参照)。

この断層をとほる隧道の覆工は地山の性質上及高い水壓の
 ため、軟い地盤上の桁として設計した特殊なものである (第
 八圖参照)。

(武内 修抄譯)

第八圖

