

## 参 考 資 料

土木學會誌 第十一卷第三號 大正十四年六月

### 浚 渫 及 び 土 地 埋 立

(Engineering Sept. 26, 1924)

By Ernest Latham M. Inst. C. E.

過去數年來土地埋立と相關連せる浚渫事業は土木家に可成り興味ある問題を提供せり、今日に於ては浚渫船及び唧筒設計は其最高頂に達したるを以て相當の設備時間及び金額を以てすれば粘土或は沖積土の如き物質の浚渫は既に其仕事自身に於ては何等の苦痛をも感ぜざるに至れり。又能率善きバケツト型の側面及び中央にラダーを有する浚渫機 (dredger of bucket type) 自働砂艙浚渫機 (self-propelling hopper dredger) 汲揚浚渫機 (suction drag-head dredger) 及び海上用砂艙船 (sea-going hopper) の如きは今日は市場に現存せり、故に技術者は其設計及び仕様書に就きては各自特種の要求に應ずる様自由に取り捨撰擇し得る事となれり。

一般に埋立工の仕様書と共に浚渫機の設計上考慮すべき最も重要なる要素は經濟事項にして是は浚渫せる泥土を海上に運搬し去ると岸邊に捨埋すると何れが經濟的なりやと云ふが如き場合に應用すべきなり、多くの場合其物質を海岸に運搬する費用と水底より浚渫する費用とは殆ど同額なり、故に經濟上土捨場の撰定が必要なりと同様に埋立に於ても其位置の撰定が必要なり、而して此觀察は決して看過すべからざるものなり、一例を擧ぐるに港灣地域内にて如何なる埋立地と雖も何れも鐵道及び道路の連絡を得ることは其水面側に沿ひて岸壁築造の可能性あることと同様に必要なる事は如何なる商港に於ても明かなり、當時英本島に於ける最重要の、少くも一港に於て技師が實行しつゝあるものは丁度斯の如き問題なり、然れ共是迄工事主或は請負人の何れにも公正なる見込を示す事さへ能はざりし請負契約の基礎を作るは吾人に取りては尙不可能なるが如きも吾人は此問題に就き土木工學側より其至らざるを取返すべき義務あるなり。

浚渫請負人が單純に浚渫し得べき固形物量或は噸數に依りて自己の仕事に對し

支拂を受くることを承認すべしと豫期するの不可なるは明なり、或る場合には難工事の切取に於て當業者は碇泊所にて浚渫作業を行ふ時の如く最初は殆ど沈澱物以外のものは得ざるべきも、又他方には當業者は航路への新水路を掘切る上に或收穫を得べし、又土運船に滿てる海水に對し浚渫土砂と同様の割合にて請負人に支拂ふは工事主に取りても同様に不公平なり、斯る理由に基き臨機に或公平なる支拂法が施行せらるべきものにして著者は汲揚げられたる含有水量に對する固形物量の比率に依る支拂法は唯一の公平なるものと考ふるなり、一見するに是を規格するは簡單の如きも其實施上に於ては實地と相距る事大なり、此理由が浚渫工請負人をして汲揚げられたる固形物の容積立方に正比例して支拂が行はるゝが如き仕様書に對しては從業するを欲せざらしむ、故に其間の妥協必要なり。

然らば此重要問題に就き純物理的方面を先づ考究する事は相當有益なるべし、浚渫物の1立方呎中固形物の割合は次の公式より決定するを得るなり即ち

$$\alpha D + (1-\alpha)63 = d \dots \dots \dots (1)$$

$\alpha$ : 浚渫泥土每立方呎中に於ける固形物數量(立方呎)

$D$ : 乾燥せる固形物の密度(每立方呎に付き封度)

結局 $\alpha D$ は浚渫泥土の每立方呎中の固形物の重量を示すなり、而して $(1-\alpha)63$ は浚渫泥土1立方呎中に於ける水の重量なり、便宜上河口附近の水の重量を1立方呎63封度なりと想定せり又 $D$ なる數は勿論契約人双方間に於て其値を協定すべきものなり、即ち撰定の見本の乾法實施中觀測せられたる時間と溫度とに關する條件なり、更に次の事實あり $V$ にて其荷重に相應せる土運船の排水量を立方呎にて示し又 $v$ にて土運船一杯の容積を立方呎にて示す(即ち浚渫泥土の容積)時は $\frac{V \times 63}{v}$ は即ち(1)式中の $d$ に依りて表はされたる每立方呎封度にて示されたる浚渫泥土の密度を與ふるなり。

若し其浚渫固形物の状態が(後に乾燥する如し)常に築港工事に於けるが如く多少不變的になる時は夫より興味ある推定を爲し得るなり、是等は著者の會社が最近忠言を求められたる一の特殊の場合を引證する事に依りて善く明瞭となるべし。

而して其問題の場合に於て浚渫物が指定の條件の下に乾燥さるゝ時は其密度は每立方呎に付き $163$ 封度なりと報告せられたり、若し土運船を單なる密度計の問題と見做すの假定が正しきものなりとせば下の表中に示されたる結果は疑ふ所無

く應用し得べきなり。

毎立方呎中の固形物量 $\alpha$	固形物の百分比(容積) %	浚渫泥土の比重(毎立方呎封度)
1/10	10	73
1/5	20	83
3/10	30	93
2/5	40	103
1/2	50	113

吾人は此處に於て明かに浚渫請負人への支拂標準を製作するに就ての功拙あるを見るなり、其標準は滑尺計算法に従ひ浚渫及び海上捨土作業に或は海岸所定面積上の埋立にも應用し得るなり、其浚渫泥土の密度に於て約11%の減少は汲揚げたる固形物の比較量に於て33%の損失を意味する事は上表より注目すべき事なり、夫故標準的支拂率は是等2變數間の何處かに存すべきなり。

精細を述ぶる事は之を省略し浚渫作業の進行を妨害せずして各土運船の密度を決定するは何等の實際的困難無しと云ひ得べし、請負契約の基礎を確立するに就きて現今如何に困難するかは次記の如き文献に依りて首肯するを得べし、William Brown 氏 (M. Inst. C. E.) は 1917年1月9日土木學會に於て浚渫機械の近時の進歩に就き有益なる報告をなせり、而して其討議に於て、故 Sir William Mathews (K. C. M. G.) 及び Sir Cyril Kirkpatrick (Chief Eng. to the Port of London Authority) は浚渫物量を測定する標準法に就きて或る統一を爲すの必要なる事に關し最も有力なる論評をなせり、其後1922年12月15日 Gascoigne Lumley (I. S. O.) 氏は機械學會に於て埋立機械及び其作業に就きて報告を爲せり、其報告は此同じ難問上の議論を再び刺戟するに充分價值あるものなりき。

沈澱物が河邊港を閉塞せるを發見し或は航通上深き水路の必要を生ぜる時は直に此古き問題(即ち泥土の最も經濟的處分法)に目のあたり接するなり、英本島に於ては唯2,3の河川のみは實際的に海岸に其泥土を捨つるを得るなり、然れ共其場合と雖も海上に泥土を運搬し去るより常に安價なりとも限らざるなり。

一見する處各土運船の海上運搬の費額は單に沿岸に於ける埋立船に沿ひて投棄し其土砂を海岸に送り出すより遙に高價なるべしとの事に就きては何等の疑問無きが如し、然れ共是は若し陸上の排水設備、擁壁及び唧筒設備等等考慮すべき問題無き場合に於て確かに有り得べきなり。

例外的場合を除きては一定の位置に唧筒機を置くは甚だ大なる誤なるべし、是海岸に至る管路が絶えず延長され又其位置も變更さるゝを要するを以てなり、若し浚渫泥土が全部沿岸に運搬せらるべき時に於ては唧筒船を埋立船として使用するを常に宜しとす、さすれば埋立船は自由に河を上下するを得而して泥土を棄てんと欲する場所の沿岸に碇泊し得べし。

テームス河の場合に於ては倫敦港務局は浚渫泥土を海に運搬し倫敦橋下流約66哩なる black deep に投棄する方安價なるを發見せり、而して Sir Cyril Kirkpatrick は前記 Lumley 氏の報告に就きての討議中テームス河及び倫敦船渠に於ける浚渫工に關し價値ある材料を提供せり、氏は浚渫及び black deep への投棄の作業工費の全額は1立方碼殆ど  $\frac{1}{3}$ d なりと述べ而して又何故海上への泥土の運搬が海岸或はテームス河の堤内に投棄するより安價なるかと云ふ理由を説明せり。

エセックス (Essex) 郡内には高潮以下に位する沼地の埋立に最適の場所が數千エーカー (acres) あり、然れ共其處に於ては1立方碼  $\frac{1}{3}$ d にて處分するは全く不可能なり、多くの舟航の便ある河川は其河口に低地を有し周圍の高地の水は其幹川筋に向ひ小江及小河を通じ排水さるゝなり、從て若し多量の浚渫物が斯る河川の堤内に投棄さるゝ時は是等排水の吐出口は閉塞され而して其結果無数のカルバートが設けらるゝにあらざれば洪水氾濫を生ず可きは必然なり、然かも此暗渠の工費は禁止的たるべきなり、倫敦船渠及びテームス河より毎年生ずる4,000,000立方碼の浚渫物を埋立に使用せんとするには埋立の深さを平均3呎として毎年約面積1平方哩の土地を要すると云ふ事實は是に關する面白き考察點なり。

ベルファスト (Belfast) に於ては結局全浚渫物は豫定最大浚渫高なる毎週18,000噸の割合にて海岸に唧筒さるゝなり、而して將來ある時の間は海に運搬せずして處分し得るが如し、然れ共其事情はテームス河とは全然相異りて概括的に云へば倫敦港務局は最近迄實際的に河口に於ける沿岸土地の自由所有權を有せざりしなり。

海中に投棄せられたる浚渫物の幾何量が高潮に依りて河口内に逆送せらるゝやは議論の岐るゝ所なり、而してテームス河に關する此問題に就きても種々なる意見が發表せられたり。

如何なる埋立地と雖も之を建築用を使用せんとするには杭打基礎工の方法を採

るにあらざれば夫を沈定せしめんが爲め必然的に數年間の放置を要すべきなり、埋立の目的に浚渫物を使用するは若し可能なればあらゆる方面に於て非常に望ましき事なり、夫は土運船による航海を避くるを得べく、又同時に有利なる工業用地を造るを得ればなり、故に十中八、九の場合に於ては土地埋築は新埋立地の沿岸に設備せらるべき深水岸壁と共に相俟ちて必然的に施行せられざる可からず。

此種の埋立工事が計畫さるゝ時は殆ど常に分量測定及び工費支拂の2問題を生ず、夫は2の作業に關係し且人目に觸るゝものなればなり、即ち(a)浚渫工實際の仕事の量(b)埋立地上に沈澱せる固形物量、(a)に基ける支拂法は適當なる算出法に従へば間接なれ共尙明かに浚渫泥土の密度に準據するを得るなり、而して困難なる事態は殆ど常に(b)の下に發生するが故に次の2方法が屢々採用さるゝなり、其1は浚渫せる部分の深淺測量を行ひ河底より除去され埋立地に投棄せられたる固形物量を算定する事なり、此方法は不満足なり、夫は河底の深淺測量の行はれざる以前に浚渫せる部分に場合に依り屢々泥土砂礫等多少流入し又は沁り込むが爲めなり、他の1法は泥土を埋立地に唧筒する前後に於て埋立地面の高低測量を行ふ事なり、此方法は更に一層不満足なり、何となれば物質が乾燥し沈定する以前に長時間の経過を要すべき事の外に尙沈定に對する餘裕を見込む必要あるが爲なり、其餘裕は或る一地點に於ける埋立の深さ並に地下の土質に(河岸或は海岸に於ては屢々柔軟にして變化多し)よりて變化すべきなり、

故に唯一の實行的方法は明かに上記の表中に與へられたるが如く泥土の密度より決定し得べき浚渫固形物を基礎とし直接に支拂の割合(b)を定むる事なり。

商業が發展しつゝありて工場を建つるに現在適地無きが如き地方に於ては土地埋立の可能が直ちに着目せらるゝは當然の事なり、海岸を埋立んとする場合に於ては有力なる反對の理由存するに在らざれば後方浚渫泥土を支ゆる爲に一時的の擁壁堤防或は隔壁を造るは常に不得策にして先づ最初に水陸間に永久的の境壁を設くる方結局一層經濟的なり、工費の廉なるものは一般に劣弱なる設計を意味すべく一時的の隔壁が建造さるゝ時は後方の泥土の壓力に依り生ずる非常に大なる水平推力に因り全崩壞の可能性多大なりとす、若し是が工事の大部分の進行後に發生せりとせば最初より費されたる總金額は損失に歸すべし、夫は潮流の侵入を受け既に投棄せる浚渫物を必ず流出すべければなり、時として他の失策は粘土堤或は石堤を築造する事なり、各潮流は之を超流し又は工事中の終端を周りて侵入

し埋立土砂を洗ひ去るべく恐らくは此種の工事に経験せらるゝ普通の海上の苦痛困難は激甚となるべし。

又一時的の護岸が建造されたる時は其工事は唯半分完成せるのみなり、即ち船舶は夫に沿ひて碇繫するを得ず従て尙深き岸壁の建造を要するなり、若し其初期に於て良好なる永久的擁壁或は隔壁を有する、岸壁が建造さるゝ時は夫は背後の埋立を支持し且は船を繫泊せしめ得る2作用を成就し得べし、而して看過すべからざる他の一事は適當なる設計及水深を有する永久的工事に沿ふて直ちに浚渫し得ることにして護岸の脚部に沿ひては近く浚渫し得ざるなり、然れ共永久的隔壁の設計及び構造に就きては周到なる注意を要するなり、液状泥土の壓力は實際的に基礎の下方に壓縮せられ擁壁を轉倒せんとするものと認められたり、然れ共一層普通には構造物を前方に押し出し脱線せしむべし、或る場合には之を豫防する方法として用ひらるゝ時は前以て行はれたる試掘により確認されたる充分の深さに至る迄壁の後方に矢板を打つことなり、時として擁壁はステー及び背面にブラッドフォームを有する鐵筋混凝土杭に依り築造せらるゝことあり、後者の目的は泥土の重量を受け反顛倒力率を作る爲なり、此種の深き擁壁は數年前カーナボン港(Carnarvon Harbour)に於て建造されたり、充實構造の岸壁の失敗したる著名なる例多くあり、恐らく其最も著しきものは1908年ネーブルスに於て起れるものにして混凝土を以て造れる乾船渠の全側面が外側の水と新成の埋立との壓力の爲め内側に滑動せり (Communication by Dr. Luiggi to the Institution of Civil Engineers. page 182, vol. ccxiii参照)

此事故の原因は外側の水と埋立土との壓力によりて船渠の仰拱と其上に築かれたる擁壁との間に小さき割目を惹き起したるに在り、上向壓力は漸次發展し割目を増大し遂には基礎より擁壁を引離したり、後方からの水と泥土との壓力は擁壁を全體として仰拱に沿ひて前方に滑動せしめ而して乾船渠の他の側面に對し殆ど垂直の位置に止まらしめたり Dr. Luiggi に據れば移動せる大混凝土塊は長さ約400呎、高さ30呎、底幅150呎なり、其移動は約40呎なり、而して數片に破壊されたれ共其各片は移動せしめ、殆ど垂直に止まれり。

泥土を沿岸に唧筒せんが爲め種々なる方法が計畫されたり。然し之は結局沿岸或は沼地の性質に依りて支配さるべき事項なり、約18年前ブリス河 (River Blyth) を深くし其隣接地を埋立せんとする目的を以てサッフオークのサウス・ウォールド

(Southwold, Suffolk) に於て沿岸に泥土を唧筒せんと計畫されたり、然るに沿岸に泥土唧送に關する最後の結果は全然失敗なりき、其設計は浮管路を通じて沿岸に泥土を唧送せんとするにありたるが其失敗の理由は機械學會の最近の報告に載せられたる處に依れば次の如し。

(a) 浚渌物は玉石を含める氷河の堆砂なり、是等の内小なる物は分離器を通過し絶えず唧筒器を破損せり。

(b) 浮管路上の可撓接合點の各接目に於て横斷面積は50%以上の急激なる増加あり、斯くて離心動唧筒に抵抗する合成水壓は接目に於ける衝撃損失により絶えず高められたり。

(c) 管路中の各接合點には局部的の速度減少の爲め沈澱を生ず、而して管を支持せるパイが不平均の荷重を支ふるに不適當なる爲め管路は縦に蛇形をなすに至れり。

(d) 管路の陸測終端に於ける護岸上約13呎の一定の垂直落差は機械の能力が計算されし時明かに看過されたり、其實際の結果は全然失敗にして、1日10時間に1,400立方碼なる所要の泥土を埋立地に送るべき能力を實現する能はざりき、而して其計畫は遂に放棄せられたり、此失敗に對照してセント・ローレンス河のセント・ピーター湖の水路に於ては非常に優秀なる結果を擧げたり、ロビンソン氏 (Mr. A. W. Robinson, M. Can. Soc. C. E.) は1904年加奈陀土木學會に其報告を提出しその詳細を巧妙に説明せり、セント・ピーター湖水路はセント・ローレンス河のモントリオール及びケベック間の舟航に關する改修計畫の一部分を爲すものなり、此工事は外洋航路の船舶をモントリオールに到らしむる目的を以て計畫されたるものにしてモントリオールをしてセント・ローレンス經由大西洋航行船と内湖及び鐵道間の積換地點たらしめんとせるなり、上記の兩都市間同河は160哩の延長あり、其内殆ど60哩は約20の異なる箇所を以て浚渌水路なり、浮管路は泥土を放出するに採用せられたり、其管路の形式は徑42吋なる2個の圓筒即ち氣室に依りて支持されたる徑36吋の導管なり、其支持物は各導管の兩側面に各1個宛を用ひ此3部は鋼鐵の結構により結合されたり、其結構に導管及び圓管の兩方を共に締付くる如く造られ斯くして鍔又は締釦は決して其氣室を貫く事無し、各導管の長は100呎なり。

最初管路の大なる可撓性を要する部分は50呎長の4個の部分をして造られたれ

共此短管も 100 呎のものと同様に海に對する抵抗力不満足なるを發見し且つ短管を用ひずして充分なる可撓性を得らるゝ事明となれり、故に短管も之を連結して 100 呎長のものとし、是等浮管路用の接合點の設計には常に著しき困難を経験せり、然れ共ロビンソン氏により設計せられたるものは總ての點に於て満足なる事を證明せり、其設計は次の如し、即ち中央導管は其兩端間に約 4 呎の間隙を置き護謨套管を用ひ結合せられたり、2 個の□鐵は氣室上に縦に置かれ而して圓き氣室に適合する様に作られたる木製の保間材の上に横はる、是等□鐵は其中央にて切斷し在り而して接合點の各側に於て導管の端とすれすれに止まれり、2 個の□鐵は鋼板により氣室に締め付けられ□鐵は最後に球窠關節によりて共に連結せられ承口端は□鐵の腹板に締釘により取付らる、浚渫機は元來 50 呎深にて作業する如く設計せられ毎時平均 2,500 立方碼の能力を有せり、而して物質は軟粘土より硬粘土板岩盤に迄變化せり、故に浚渫機夫自身工事の各部分の性質に依り相異れり、ロビンソン氏は 1 立方碼の平均工費は 1 $\frac{1}{2}$  セント (cents) なりと云へり、然れ共此 1 立方碼の浚渫物が實際に何程に相當するかと云ふことに關しては再び前述の問題に觸るゝに至るなり。

管路は風波に曝さるゝを少くする爲め $\frac{3}{4}$  丈け沈む様設計せり、水及び浚渫物にて充滿されたる大なる鋼管の重量は大なるを以て之を水上に支持せんが爲には大なる氣室を要すべし、然れ共夫を一部沈下せしむる事に依り浮力を保たんが爲に要する上向壓力は非常に減ぜられたり、セント・ピーター湖水路の場合に於ては浚渫物は沿岸に啣着せられずして單に河又は水路の一部より除去され水路に障害の起らざる程度の近接地に投棄されたり、可撓性管路の實長は殆ど 2,000 呎なり、セント・ローレンスの浚渫法は以上稍長く引用したるが之は最も成功したるものにして同法は我が國內のある水路にも採用して利益あるべきが故なり。

(完)