

第一章 土工 (Earthwork)

第一節 土工一般

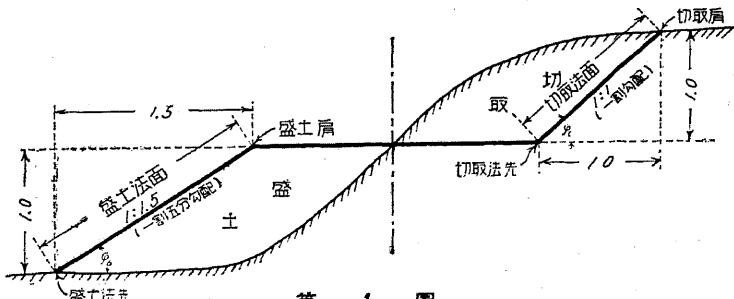
§ 1. 土工の種類及用語

土工を大別して切取 (Cutting) と盛土 (Banking) とに分つ、前者を掘鑿 (Excavation) 後者を築堤 (Embankment) と稱へる場合もある、之等の各部を云ひ表はすため第1圖に示す名稱を用ゐる。法面勾配は法面が水平面となす角の正切を以て其度を表はし普通垂直 1.0 に對する水平 1.0 の場合を一割、同 1.5 の場合を一割五分

と云つて

居る。

土工の
作業を四
段に分ち
掘鑿、積



第 1 圖

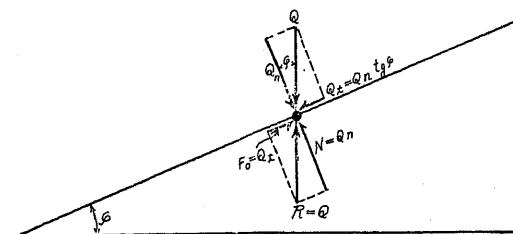
込、運搬、土捨と稱へ（掘鑿と積込との兩作業を區分し難い場合は兩者を合せて、單に掘鑿又は積込と稱して三段に分稱することもある）又其作業の場所が陸上なると、水中又は水上なると依り、陸上掘鑿、水中掘鑿、陸上運搬、水上運搬、陸上土捨、水中土捨等の用語が行はれて居る、水中掘鑿を浚渫と稱へることもある、又作業方式に依つて人力掘鑿、機械掘鑿、人力運搬、機械運搬等の名稱を用ゐ、土の採取又は捨場を土取場、又は土捨場と稱してをる。

§ 2. 切取及盛土の法面勾配

切取と盛土の仕上げ法面勾配は、其安定上必要な程度に定めねばならぬ、急に過れば法面の保持上不安を生じ、緩に過れば土工費の浪費となる、故に之を適度に定めることは土工計畫上最も重要な問題である。今日では未だ之を適確に解決する方法は勿論ないが、土の力學的性質其他法面安定上考慮すべき事項、並に實

際に採用されて居る勾配に就て記述して、法面勾配判定上の参考に資することとする。

(1) 土の息角と法面勾配 土の息角 (ϕ) は土粒間の凝集力も附着力も全く失つた場合に極度摩擦力 (F_o) のみにて重力に對し静止し得る斜面の角度であるから、此角度より緩なる法面勾配ならば土粒の接觸面の状態（即摩擦力）が變らない限り安全である。即息角は法面勾配を定める場合に、最も信頼し得る土の性質を表はすものである。



第 2 圖

土粒間の摩擦力は砂が最も大（摩擦係数 $\operatorname{tg} \phi = 0.6 \sim 0.65$ ）で粘土が最も小（ $\operatorname{tg} \phi = 0.2$ である。即土粒が小さくなる程摩擦力は少さくなる（實際は土粒の

径のみならず其形状にも關係するものと考へらる）。

(2) 土の含水量と法面勾配 土粒の接觸面の状態は其含水量の多少に依つて變化する、従つて其摩擦係数 ($\operatorname{tg} \phi$) 並に息角は可なり大きな變化があるから、法面勾配は現場の状況に應じ適當に含水量を豫想したる息角に依つて定めねばならぬ。少量の水分は却つて息角を増すが、其度を過ぐれば息角を減する。其影響は土粒が最小で保水力の最も強い粘土に對して最大で、土粒の大きな砂に對して最小である。即砂の法面は含水量に依つて安定度を損すること最少であるが、粘土は之に依つて危険な状態になることを注意せねばならぬ。

(3) 土の凝集力と法面勾配 土の凝集力は微細な土粒分子（約 0.002 mm 以下なりと云ふ）に依つて生ずる膠着性に基くものである、従つて洗砂には存在しないが土交り砂、真土、粘土に至つて順次に增加していく、此事實は基礎根據の場合砂地は息角に等しい斜面が必要であるが、粘土層は垂直に掘取り得ることを以ても明瞭である。

凝集力は乾燥状態になつた時最大で、含水量が多くなるに従つて著しく減少す

る、又地表面に於て土粒が長い間風雨に晒されて居る間に自然に消失する、故に地肌を風雨に暴露されて居る場合には、表面の薄い部分の凝集力は法面安定上恒久的效果はないものとするのが通則であるが、或程度の湿度を確實に保持し得る様に芝付されたる法面に於ては、安定上幾分の信頼を置き得るのである。

(4) 土の緊密度と法面勾配 同質の土粒分子の集合であるならば、緊密の度大なる程安定度は大である、盛土よりも天然の固い地盤の法面が丈夫であること、盛土法面が搾固に依つて崩壊を免れ得ること等の事實に依つても之を認識し得る、其理由は組織が緊密になれば過度の乾燥を生ずることなく、且緊密に依つて凝集力を充分に發揮し得る状態となることに歸因するものと思はれる。

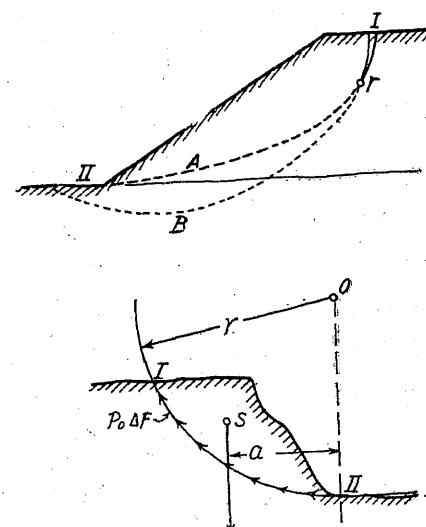
(5) 法面の平衡 切取又は盛土 法面の靜止状態を、力學的に觀察すれば二種の場合に分けて考へられる、即砂の法面の如く全く砂粒間の摩擦力のみにて重力に抵抗してをるものと、真土、粘土の如く摩擦力の外に凝集力が働いて居るものとある、前者は含水量の多少に依つて安定度を損する憂は渺ないが、砂粒間には全く壓應力のみ働いて居るのであるから、水流や風力のために表面の砂粒を移動される虞がある、即内部的には最も安全であるが外部から冒される虞がある、後者は含水量の増加に依つて、安定の原動力たる摩擦力と凝集力を減殺される憂があるのである、法面勾配が其含水状態に於ける息角より緩であれば、摩擦力のみで静止し得るから高さは何程高くても安定であるが、息角より急な法面では凝集力の援を借りて重力に抵抗するのであるから、其土層内には張應力が働いて来る、従つて勾配と高さの關係如何に依つては、其位置を保持することが出來なくなつて滑出する、即第3圖に示す如く先づ上段地表面 I_r に龜裂を生じて凝集力の一部を失ひ、略圓の一部に近い形の曲面に沿ふて滑動するのである、此滑動面の大略の形は次の解法で想像出来る。

P_o を滑動面 I ~ II に働く単位凝集力

F を滑動面の面積とすれば

$$P_o \cdot F \cdot r = G \cdot a$$

$$P_o = \frac{G \cdot a}{F \cdot r}, r = \frac{G \cdot a}{P_o \cdot F}$$



第3圖

地表面、地盤内の排水状態が法面安定に重大な關係を有することとは如上の理由に基くものである。

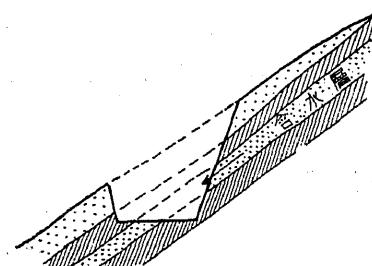
(6) 水中法面　　水中に於ては土粒間の摩擦力と凝集力と共に其土質の有し得る最小限度に近くなるのであるから、水上に比し著しく緩になる。但し砂は前に述べた通り其影響が最も渺い、然し水流又は波浪の影響を受くる部分は、水上より可なり緩やかな勾配となる。

(7) 成層状態と法面勾配

天然の地盤に於ては其生成の徑路に依つて、地質が層状をなして變化してゐる。其地層は水平層になつてゐることは尠く、地殻の收縮作用や地塊運動等のために種々な状態の斜層、或は断層となつて居る、之等の地層は地質安定上の弱點であるから事情の許す限り第4圖に示す如き切取を避け、地表の傾斜面に地層の小口を表はして居る山腹に路線を決定する様に注意すべきである。

特に湧水のある層の下の頁岩、泥灰岩層等を切取ることは最も危険である、之等の岩は元來泥質物より出來てゐるから、自然湧水のために解けて粘土化し、斜層面上に滑液として働いて上部地層を滑走させるからである。

以上は天然地層について述べたのであるが、人工盛土でも矢張同様の理窟が存在する。即ち在來地盤面が傾斜していれば段切をなして盛土し、又新舊盛土層も常に水平となる様順序を立て、施工し、高い斜面に土



第4圖

を巻き出すことはなるべく避けねばならぬ、已むを得ず高巻き盛出しをする場合には其法面は、層々巻出しの場合より勾配を緩にすべきである。

(8) 気象と法面勾配　　非常に豪雨のある地方、又は融雪凍霜のため法面風化の甚しき東北、北海道地方は幾分法面勾配を緩にする必要がある。

(9) 地震の影響 $\varphi = \text{息角}$

I-I 斜面に於て O の土粒が重力に對して静止して居るならば、

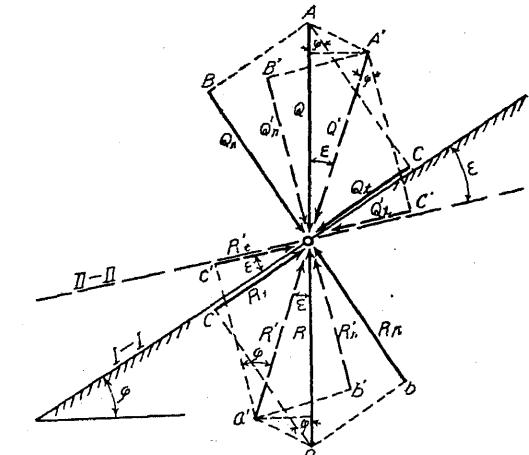
$$Q_t = R_t = Q_n \operatorname{tg} \varphi = R_n \operatorname{tg} \varphi$$

今水平 k 垂直 k_1 なる加速度の地震力が働いたる場合を考へ、地震力と重力との合成力が重力 Q と ε なる角度を以て Q' なる方向に作用するものとせば、

§ 111 (5) に述べたる如く

$$\begin{aligned} Q' &= Q(1-k_1)g \sec \varepsilon \\ &= R' = R(1-k_1)g \sec \varepsilon \end{aligned}$$

第5圖



次に I-I 面に對し ε だけ緩やかな斜面 II-II を考ふれば、

$$Q'_t = R'_t = Q(1-k_1)g \sec \varepsilon \sin \varphi = R(1-k_1)g \sec \varepsilon \sin \varphi$$

故に震度水平 k 垂直 k_1 なる地震に對しては $\varepsilon = \operatorname{tg}^{-1} \frac{k}{1-k_1}$ なる角度だけ斜面を緩にすれば安全である。

(10) 實際に使用する法面勾配　　以上は安定上適當なる法面勾配を判定するため、考慮すべき要項を述べたのであるが、實際問題として實地の條件は千差萬別であつて、普通の場合に於ては之等の検討を精密に行ひ得るだけの完全な資料を集めることは容易でない、従つて多くの場合はなるべく豊富なる實地の經

験を基礎として上述の要項を考慮に置いて、達観的に判定することとなる、依つて普通に用ひられて居る、法面勾配の標準を次に表示して判定上の一助に供す。

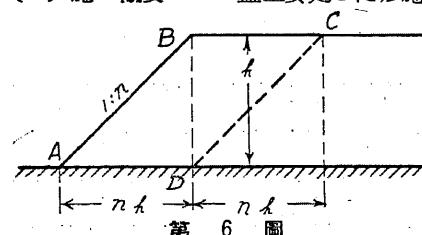
第1表 土工法面勾配表(垂直1.0に対する水平距離にて示す)

種別	盛土	切土	
砂利、礫、石屑 陸上 水 中 砂	1.0(高7m迄) 1.2~1.5	1.5(高8m以上) 1.0(堅密) 1.2~1.5	1.2(粗軟)
荒砂 細砂 微細砂	1.0(乾) 1.5(〃) 1.8(〃)	1.8(飽和) 2.5(〃) 3.0(〃)	1.0(乾) 1.5(〃) 1.8(〃)
真土及砂交り土 堅緻 軟弱 水中 粘土 堅 軟	1.0(高5m迄) 1.2(〃) 2.0~3.3	1.2~2.0(高6m以上) 1.5~2.5(〃) 2.0~3.3	0.8~1.0(高10m迄) 1.0~1.5(〃) 1.8~2.5
軟岩(凝灰岩、頁岩、閃綠岩、流紋岩、石英粗面岩等) 割目多く軟きもの、又は風化せるもの 割目少く硬きもの	1.0(乾) 1.5(〃)	3.5(飽和) 5.0(〃)	2.0(濕) 2.5(〃)
砂岩、石灰岩、風化花崗岩 軟きもの 硬きもの			1.0~1.5 0.3~0.7
硬岩(花崗岩、石英粗面岩) 堅硬にして割れ目なきもの			0.8~1.0 0.5~0.7 0.1~0.3

§ 3. 盛土工法

(1) 施工概要

盛土安定のため施工上注意すべき事項は、



イ、ABCDの区域の盛土はなるべく良質のものを用ひ、水平層に段々に盛立て進むべし、其一層の厚は人力土運車1.0m以内機関車土工2.0m以内を普通とす、餘り高處よ

り一気に捲出せば雨水の浸入に依つて急に法崩れを生ず。

ロ、盛土を行ふ地盤が水田其他水溜りの泥土である場合には豫め排水溝を掘つて乾燥を計り、又は盛土の下敷に砂を使用して法先の滑動を防止するを可とす。尚在來地盤と盛土との密着覺束ない場合は、地盤面に法先線に平行に溝筋を掘つて盛土を地盤面に喰込ますべし。

地盤面の草木等は刈取又は掘起して掃除し、盛土中に之等の腐蝕物を混入せぬ様注意施工すべし。

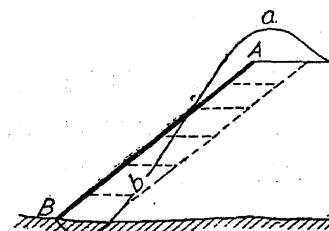
ハ、盛土を行ふ地盤面の沈下が、盛土滑出崩壊の原因となる場合が尠くないから、地盤の良否については設計施行共に注意を拂はねばならぬ。

盛土の重さのために在來地盤の些少の沈下は免れないが、著しい沈下を豫想される場所に對しては法面勾配をなるべく緩にし、尙不安な場合は法先附近の泥土を砂礫又は石屑と置換へ、或は杭打、石積等の法留工を施行する必要を生じて来る。非常に高い盛土の場合は法尻附近と法面の中腹にも小段を設くるを可とす。

二、水中盛土には砂を使用するが最も安全である、盛土の捲出し方は常に水を押出す様にすべし、水溜や泥土を包圍するが如き捲出しは忌避すべきである、盛土捲出しに依つて押出された最後の淤泥は、盛土安定上必要な場合は取除かねばならぬが、之は取扱困難なため非常に費用が嵩んで来るから、之を盛土法尻線の外に押し出し適當の上置土を施して小段を造り、尙必要な場合は法留工を施行す。

(2) 法面の保護工 盛土法面を所定の勾配に形だけ作つて、締固めも芝付も行はず放任すれば、雨水のため表土を洗はれる虞あるのみならず、盛土内部への雨水の浸潤甚しきため其安定を破らるゝ憂がある、又乾濕の變化、凍霜の影響甚しきため、法面は時日の経過と共に著しく風化されて、其形を保持し得ない様になるから、普通の場合は法面仕上げとして適當厚の粘質土を使用し、締固め芝付を行ふのである。之を土羽工(又は土羽打芝付工)と稱して居る。

特に必要ある場合は石張、柳枝工等を行ふ場合もある、又一時的の土工又は工程重要でない盛土の場合は、裸土羽と稱して簡単に土羽板にて打固めた儘芝付を行はない場合もある。



第 7 図

土羽土は特に良好な粘質土を選び、大體所定の法面に近い形（第7圖 a b）に土量の過不足ない様に運搬土砂を捲出し之を搔落し、下層より厚30cm以内の層毎に法面及平場を締固め、芝付を行ひつゝ、造形に倣つて所定の形に法面を仕上ぐ。

締固め層の厚はなるべく薄く、土羽土はなるべく厚きを可とす、締固めの簡単な方法は平場は人夫の踏み固めに依り、法面は土羽板にて打固めるが、堤防の如く法面固定の必要あるものは、多數の男女人夫を使役して棒突、土羽棒打固め、石端搗固め等の方法を行ふ、石端搗固めは幅2m以上の平場、二割五分より緩なる法面に適し、土羽棒は二割五分より緩なる法面に於ては作業困難である。

芝付に用ふる芝は雑草を交へず短葉で莖及根筋が繁茂し、土付多く枯死する憂ひなきものを可とす、普通幅30cm内外厚7cm内外に切つてある。

芝の付方に依つて筋芝と張芝とある、筋芝は幅10cm以上の芝の小口を締固めたる法面に表はし水平に並べ、上層の土を置いて踏固めるのである、筋芝と筋芝との間隔は法面に沿ひ20~30cmとす、芝1m²で筋芝延長5~10m出来る、芝の得難い場所では、振ひ芝即ち土を振ひ落した芝を使用する、之は芝付後の繁生力は旺盛であるが、繁茂する迄の期間雨水の法面洗ひ流しを防ぐ効果が不足である。張芝は締固め終りたる法面に芝を張付け、土羽板にて打叩き、法面の地肌と芝土と充分密着せしめたる後竹串を、芝一枚に付二本以上挿して脱落を防ぐ、旱天又は凍霜季節の芝付は枯死脱落の虞があるから之を避くべし、毎年凍霜季後梅雨季迄が最も好季節である、張芝の上に薄く濕氣のある真土を振り掛け打固めることは芝の乾燥枯死を防ぐために有効である。

土羽打芝付一式の歩掛りは其精粗に依つて大差あるも、普通の標準は芝採取を含んで1m²に付張芝で男0.15~0.2人、筋芝で男が0.1~0.15人である。

(3) 築堤断面及餘盛 堤防、道路、鐵道等の築堤断面は先づ其工事の目的に依り必要なる上幅（馬踏幅又は天端幅と稱す）を定め、次に地盤及盛土の良否、

盛土高其他現場の状態に應じて、築堤安定上必要なる法面勾配を定む。

第8圖に示すABCDを如上の必要に依つて定めたる断面形とすれば（此断面形を設計断面と稱す）、實際に施工する断面形は施工中並に施工後の沈下變形を豫想してA'B'C'D'なる形に盛土す、此の断面を施工断面と稱す、即ち築堤竣工後ABC'Dなる設計定規に落付くべく豫想して施工する断面である

馬踏A'B'面は其の排水をよくするため蒲鉾形に仕上げる、土工定規以上に餘分に行ふ盛土即ちC'A'B'DBACの部分の盛土を餘盛と稱す、普通vを以て其の量を云ひ表はす。

餘盛は地盤、盛土土質、盛土高に依つて加減するが、大體の標準は

$\frac{H}{10}$ 以下とす、Cをカマボコと稱

へ堤防の場合は $\frac{B}{15} \sim \frac{B}{30}$ 、道路鐵道では $\frac{B}{50} \sim \frac{B}{80}$ とす、5m以下の盛土の場合は普通v=0とする。

餘盛に關するWinkler氏の調査の結果を示せば、

$$\text{砂利 } v = -\frac{1}{40}H, \quad h = \frac{1}{40}H$$

$$\text{砂 } v = -\frac{1}{15}H, \quad h = -\frac{1}{23}H$$

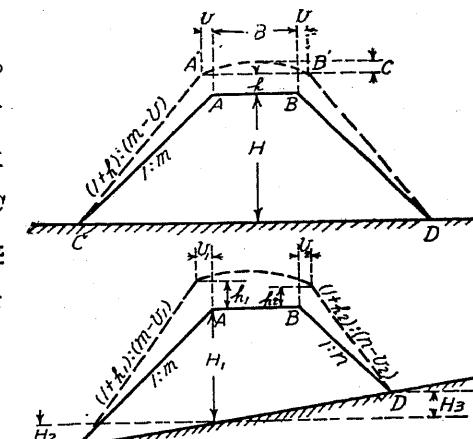
$$\text{真土 } v = -\frac{1}{9}H, \quad h = -\frac{1}{14}H$$

$$\text{粘土 } v = -\frac{1}{8}H, \quad h = -\frac{1}{12}H$$

地盤傾斜せる場合は上式のHの代りに

$$v_1, h_1 \text{ の計算に對しては } H_1 + \frac{1}{2}H_2$$

$$v_2, h_2 \text{ の計算に對しては } H_1 - \frac{1}{2}H_3$$

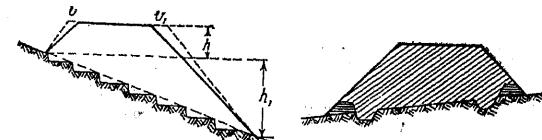


第 8 図

を使用する。

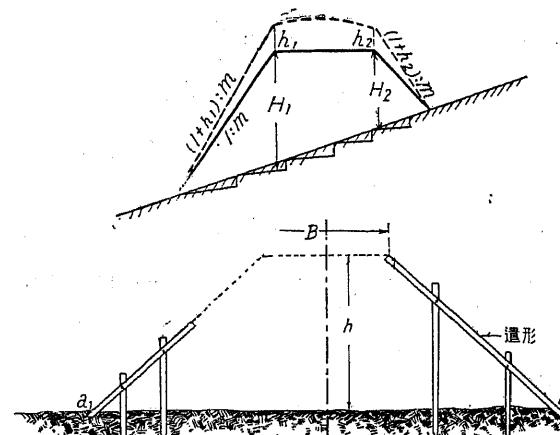
築堤を施工する結果其の法先に、水溜りを生ずる場所には排水側溝を設く、其の位置は築堤安全のため其の法先より 30 cm 以上餘地を存して置くを可とす、又此の側溝の水を他に排除するため、築堤下に暗渠の必要も生ずる。

傾斜甚しき地盤に盛土を行ふ場合は盛土の滑動を防止するため、地盤に段切を行ふ必要もある。



第 9 圖

前にも述べた如く盛土の沈下は築堤高、土質に依つて異なるばかりでなく、其の施工方法、時季、地盤の堅軟等に依つても渺からず相違するものであるから、築堤の全延長を或時期に於て一様に目指す設計高に落付かしめんとするには、各場所毎に、餘盛を多少加減せねばならぬ譯である。



第 10 圖

そこで工事の性質上築堤の高さを厳密に實行する必要ある堤防を直營工事として施行する場合には、各種の沈下條件を考慮に入れて施工断面を作成し、夫れに依つて現場に丁張をして盛土を仕上げるのであるが、請負工事として施工する道路、鐵道の場合には、施工方法は大體請負者に委すのであるから、豫め各場所毎に餘盛高を



第 11 圖

何程と豫想して指示することは困難である。依つて工事竣工受渡の場合に設計通りの断面を存することを條件として、請負契約を結ぶのが普通である、土質地盤等の状況に餘り變化の烈しくない場合は、次表の程度の餘盛を土工仕様書に規定して請負に附する實例もある。

築堤高 (H)	餘盛高 (h)
1.5 m 未満	15 cm
1.5 m ~ 4.5 m	$\frac{1}{10} \cdot H$
4.5 ~ 7.5 m	$\frac{8}{100} \cdot H$
7.5 ~ 10.5 m	$\frac{7}{100} \cdot H$
10.5 ~ 14.0 m	$\frac{6}{100} \cdot H$
14.0 m 以上	$\frac{5}{100} \cdot H$

設計断面、施工断面、其他以上述べた築堤工の標準事項を圖示せるものを築堤工定規圖と稱して居る。

(4) 盛土の沈下 盛土の沈下は盛土自體の壓縮と、地盤の壓縮との二原因に基く、盛土自體の沈下量は前にも述べた通り其土質、盛土高、施工方法等に依つて異なるが、普通の沈下度合は竣工後半歳位迄の期間が最も著しく、其の後は緩速度に進むものである。

土質と沈下との關係は、一般に砂及砂質土は真土及粘土よりも壓縮沈下率が渺く且落付が早い（壓縮が時間的に早く進行する）のが特徴である、之れは施工方法又は降雨其他自然作用の何れの原因に依つても、砂質土の方が速やかに壓密され易いからである。

粘土は壓縮沈下率が最も大で且沈下が永續するものであるから、餘盛が充分でないと竣工後數年間は盛土の補足を必要とす、特に海岸に近い河中藪生地の粘土の如きは最悪のものである、掘鑿の際には個々の土塊となり之れを盛土するも、土塊間の空隙は容易に壓密されない、其の強靱性と多量の水分のため搗固め輾壓共に容易ならず、乾燥を待てば固結して軟岩の如くなり、益々粉碎困難となる。之がため人工的壓縮は工費の關係上到底完全に行はれない、結局沈下の大部分

は降雨浸潤に因る空隙の自然填塞、保有水量の自然減退等長日月の自然作用に俟つこととなるのである、甚しきは竣工後十年を経たる此種の築堤の掘鑿に際し、尚土塊の輪廓を認め、其の間に空隙の残存せる實例もあるから、此の種の粘土築堤に就ては特に沈下に注意を拂ふ必要がある。

施工方法と沈下の關係については、なるべく薄層に盛出し、各層毎に搾固め、又は輒壓することは、沈下を尠くする上に効果あるは勿論であるが、尚此の外に地固めに効果大なるは降雨と時日の経過である、旱天に乘じ急速に盛上げた土工は如何に人工手段を講じても時日の経過と共に、専らからざる沈下が累加することを豫想せねばならぬ、適度の濕氣を有する真土及土交り砂は、搾固めの効果大なるも、純砂層は其の効果微小であるから、降雨なき場合には撒水を各層毎に行つて盛立てるが上策である。

搾固めの方法は土羽打の場合と同様である、軟かい盛土に直ちに使用するローラーは五噸以下でないと運転困難である、法肩から約 50 cm の幅は普通の場合輒壓不可能であるから、人力締固めに依るの外方法はない。

地盤の壓縮沈下は盛土荷重が、地盤の安全載荷力に達する迄は微小であつて、實際上考慮を要しないが、之れを超過すれば急に沈下を始め、結局壓縮に依つて増加した地盤の載荷力と盛土荷重とが平衡するに至つて停止するのである、故に地震動や地下水の變化が動機となつて此の平衡状態を破られると再び或程度の沈下を惹起す。

地盤の壓縮沈下は其の元來の緊密度に従つて、沈下量を異にするは勿論であるが、土質と其の含水量に依つて沈下率と速度とに著しい差異を生ず、(§ 71 参照)、即ち一般に砂質土は沈下率微小で、且速やかに平衡状態に達し、夫れ以上容易に平衡状態を破られないが、多量の水分を保有する粘質土は僅かな原因で平衡を失ひ著しき沈下を惹起し易く、尚微小の極めて緩速度の沈下を永續する、急激な沈下は主として、盛土下地盤の土が其の周圍に喰み出すことに歸因し、緩速沈下は保有水の緩漫なる退散に因つて生ずるものと認められる。

之れを要するに盛土の全沈下(地盤の沈下を含む)を時間的に區分すれば、初

期沈下(工事中)と、中期沈下(竣工後二三年間)と、恒久沈下(中期沈下以後)とあつて、何れも盛土高、土質地盤の載荷力、施工方法、地震天候、地下水等の自然作用に依つて、其の程度を左右されるのであるから、實際問題に就ては之等の事情を夫々參照して沈下量を豫想し、専工事の目的をも考慮に入れて適當の餘盛を附して、土工を竣工せしむるべきである。

参考のため盛土沈下の實例を擧ぐれば、淀川堤防(京都、大阪兩府下)は竣工
多摩川(御幸築堤 2 里 5 町附近の缺陥)



多摩川(御幸築堤 2 里 5 町附近陥没箇所側面)



關東大地震に於ける堤防の陥没

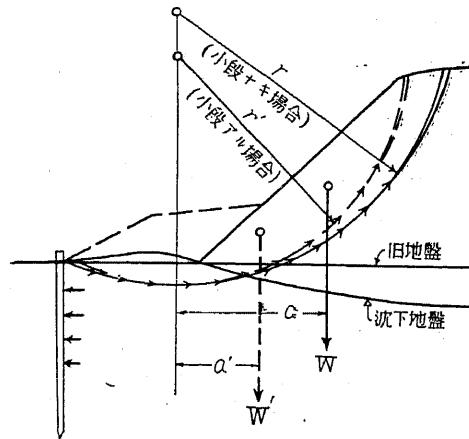
後十年間に（自明治42年至大正8年）馬踏高に於て伏見以下河口に至る、全川平均60cmの沈下を生じた、此の堤防は築堤高5~7m、地盤は概して上層粘土、下層細砂交り土又は砂層、盛土は概ね真土、又は細砂交り土、稀に純砂堤あり、此沈下は中期沈下と恒久沈下とであつて、其量は築堤高の約 $\frac{1}{10}$ に當つて居る、其中約70%が中期沈下に屬するものと推察される、粘土層の厚い處では1.0m以上の沈下を表はし尚續いて緩漫な沈下を生じて居る、砂質多く堅緻なる地盤上の純砂堤は30cm位の沈下で全く安定して恒久沈下を認められない場所もある。

§ 4. 軟地盤に於ける盛土

軟地盤に於ける盛土の沈下崩壊等の事故は§71に述べし如く、主として盛土下地盤の側面的移動に歸因するものであるから、其の安定工法も此の點に注意すべきである、普通用ゐられて居る工法を示せば、

(1) 法面勾配と小段

盛土法面は盛土自體の土質に適當する勾配よりも緩にすること、法先附近に小段を設くことは、軟地盤に對し簡単有効な方法である、之れに依つて沈下に因る地盤の變化を緩和し、特に小段の重量に依つて法



第 13 圖

於て土留擁壁を設けて、地盤及盛土の側面移動を無理に阻止せんとせば、盛土の

先地盤の隆起を抑制して平衡を保ち得るのである、盛土施工の結果生じたる法先地盤の隆起せる部分を取除きたるため、俄かに盛土の滑出せる實例は尠くない、此事實は法先隆起部が盛土の安定上必要であることを證明して居る、況小段は隆起部と同様の働きをなすものと推定される。

(2) 法留工 軟弱地盤に

重量に依つて、軟弱地層内に強大なる横壓を生ずる處があるから(1)に述べた趣旨に従つて、なるべく緩勾配に依つて安定を保持する工法を探るべきであるが、法先地盤が惡質の泥土又は水面である場合は、平時に於ても停止すること甚だ困難であるのみならず、豪雨又は地震の際に俄かに滑出する憂があるので、杭打石詰、沈床等の簡単な工法を以て法留工を施工す。

用地其他の關係上已むを得ず土留擁壁を設くる場合は、特に基礎を深くし且壁體も軟弱地盤の強壓に耐へしむるだけの強度を與へる必要がある。従つて多額の工費を要することを覺悟せねばならぬ。

次に普通用ゐらるゝ簡単なる法留土工の實例を示す。

第14圖(イ)乃至(ロ)の工法の趣旨

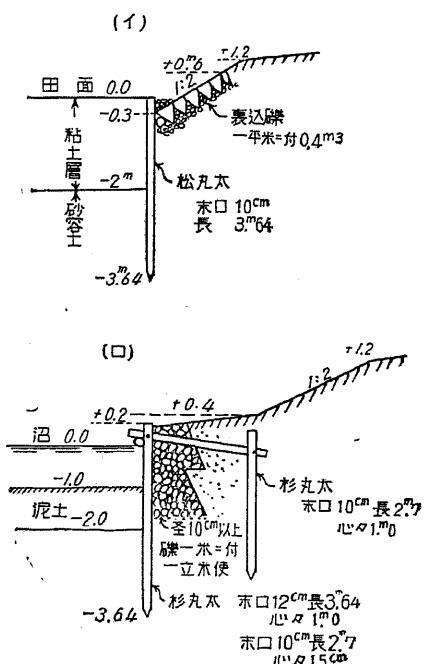
は法尻の沈下と押出しが盛土の安定を破る導火となるから之を防ぐこと、杭を地層中に深く打込んで、盛土の下の軟地層が側面に喰み出す力を牽制すること、盛土及地盤中より滲み出す水の排出を良くすることの三つの働きを目的とした設計である。

杭打に依つて地盤を引締め、緊密にする作用は、砂質の多量な地盤では効果あるもプラスチックな粘土では効果が極めて尠い、敷粗粒や沈床は個々の石塊では泥中に潜り込んで効果が専らから之を防ぐためである。

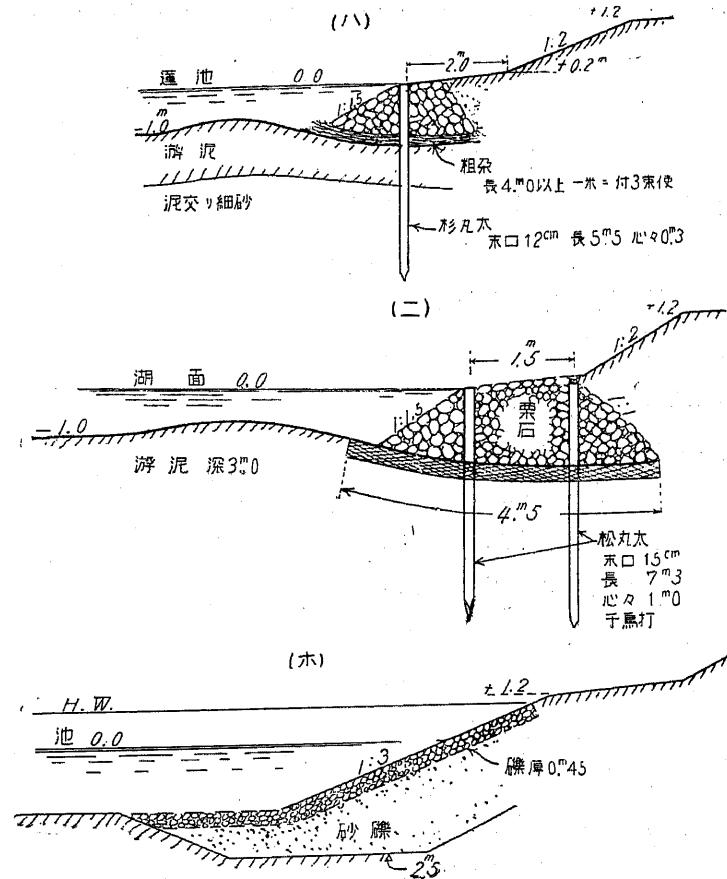
同圖(ロ)は杭打の効果が期待出来ない場所で附近より砂礫を運び易い場合に、砂の置換へと緩勾配とに依つて安定を期するのである。

(3) 砂礫置換工

粘土層深く到底前述の工法のみにては、安定を期し得



第 14 圖 (1)



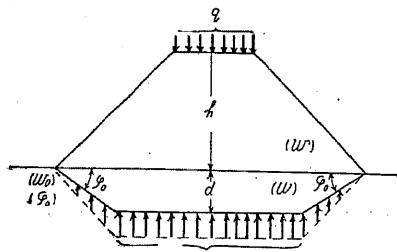
第 14 圖 (2)

ない場合には § 93 に述べたと同様基礎地盤改良のため、地盤を掘取り砂礫と入換へて行ふのである。

此場合地盤の支持力

$$p_o = w_o d \left(\frac{1 + \sin \varphi_o}{1 - \sin \varphi_o} \right)^2$$

$$= w_o d \tan^4 \left(45^\circ + \frac{\varphi_o}{2} \right)$$



第 15 圖

地盤に来る荷重 $q_o \neq q + w(h+d)$ であるから盛土が安定するためには、

$$p_o \leq q_o \text{ 即 } w_o d \tan^4 \left(45^\circ + \frac{\varphi_o}{2} \right) \leq q + w(h+d)$$

$$d \leq \frac{q + wh}{w_o \tan^4 \left(45^\circ + \frac{\varphi_o}{2} \right) - w}$$

例、 $q = 500 \text{ kg/cm}^2$, $w = 1,800 \text{ kg} = w_o$, $\varphi_o = 18^\circ$

$$h = 10 \text{ m} \text{ とすれば } \tan^4 \left(45^\circ + \frac{\varphi_o}{2} \right) = 3.58$$

$$d = \frac{500 + 1,800 \times 10}{1,800(3.58 - 1)} = 3.99 \text{ m}$$

実際に於ては盛土荷重は左右に擴がるから、 q_o は上式より小となる、又基礎地盤に於ても多少凝集力を保持するため $d = 3.99 \text{ m}$ ならば安全である。

(4) 地震に対する盛土の注意 築堤の内地震の際に沈下滑出著しきは、水深大なる池沼又は水流を埋立た場所である、之を防止する工法としては築堤法尻前面をなるべく廣く附近地盤高以上に、砂又は砂質土で埋立るが最上策であるが已むを得ざる場合は(2)に示した趣旨の法留工を施工す、法面勾配をなるべく緩にする必要あることは § 2.(9) に述べた通りである。

築堤の方向震源地の方向に直角なるものが、被害甚しく特に屈曲急なる部分に於て最も烈しき横断龜裂を生ずる。

§ 5 切取工法

(1) 施工概要

1、掘鑿並に運搬方法は掘鑿箇所の地質、地形、掘鑿土量と其断面形狀運搬線路と土捨場の遠近及其地形、掘鑿及運搬機具の種類並に設備費、労働賃銀並に其供給状況、機械運轉費、作業難易、風水害の有無從業員の技能、作業用地の交渉、工事期間、天候及作業日數等の諸條件を實際に當つて綜合考慮し、最も經濟的に又確實に豫定の期間内に成功し得る方法を選択すべきである。

2、以上諸條件の内天候と地質以外の事に就ては、施行者の経験と調査研究に依つて、大體施工上齟齬を來さないだけの材料を得られるが、地質と天候は可なり廣い範圍の變化を豫想して計畫を立てねばならぬ、重要な工事に於ては異常なる變化に對する用意も必要である。

ハ、土工器具は實地の地質に最も適應するものを選擇することが工費經濟上大切である、然し實際の場合正確に地質を知ることが困難なると、又掘鑿箇所の何れの區域も全く同質である様な單一な場合は尠いから、普通の土工に於ては大體次の六種位に分けて器具を用意するのである。

- A. 軟 土 スコツプ、鍬等にて容易に掘鑿し得る眞土、軟粘土、砂質土等。
- B. 砂、砂利、礫等 スコツプ、鍬、熊手等にて處理し得るもの。
- C. 硬 土 鶴嘴使用を要する堅粘土、軟盤、砂利玉石等の地盤。
- D. 轉石交り土 土砂中に火爆薬を使用せざれば取除き得ざる轉石を交へたるもの。
- E. 軟 岩 火爆薬の使用を必用とするも石質軟きもの、凝灰岩、安山岩、閃綠岩、頁岩等。
- F. 硬 岩 硬質の花崗岩、石英粗面岩、安山岩等。

尙詳説すれば同じ軟土の内でも砂質、粘質、含水量、硬軟の度に依つてスコツプ土運車の構造を應變すべきであるが、土質に些少の變化ある毎に器具を取換へることは經濟上許さぬから、餘程明瞭に單一土質であると確證さるゝ場合の他は中庸を探つて土工設備を行ふべきである。

ニ、土工作業を掘鑿、積込、運搬、土捨の四段に分けて考へるが説明上便利である、工事の始終を通じて此四段の作業の綜合能率を最良ならしむる様に、土工器具、人員を配置し、作業方式を計畫施工することに努力せねばならぬ。

例へば掘鑿の始めに工程を擧げるに急なるため、中頃以後の最も土量の多き場所になつて、掘鑿や運搬線の配置に困難を生じてはならぬ、掘鑿の都合のみ計れば積込運搬の不便や危險を伴ふことがある、土捨場の低い部分を高い處の掘鑿土で埋立て終れば、低い處の掘鑿土を逆に高い土捨場に押上げ捨てる困難を招來することもある。又積込の便利のみ計つて、土運車の箱を低くし過ると土捨場で困難を生ずる等の相互關係を研究し、器具及作業方式全體の調和改良を計る様細心周到の注意が必要である。

ホ、普通の場合は一土工の土量が多量である程、又運搬距離及高さが大となる

程機械力應用の必要を増し、又其効果が大きくなる。

(2) 切取法面の保護 切取法面は盛土法面に比し概して安定良好である、従つて地質良好な場合は規定の法面に削り取つた儘何等保護工を施さない、所謂切放し法面の實例も澤山ある、然し如何なる法面でも時日の經過と共に多少の風化を免れないから、實状に照し必要ある場合は簡単な法面保護工を施工す、湧水其他地質不良の場所に對しては多額の費用を投じて、特殊の保護工を設備するは勿論である。

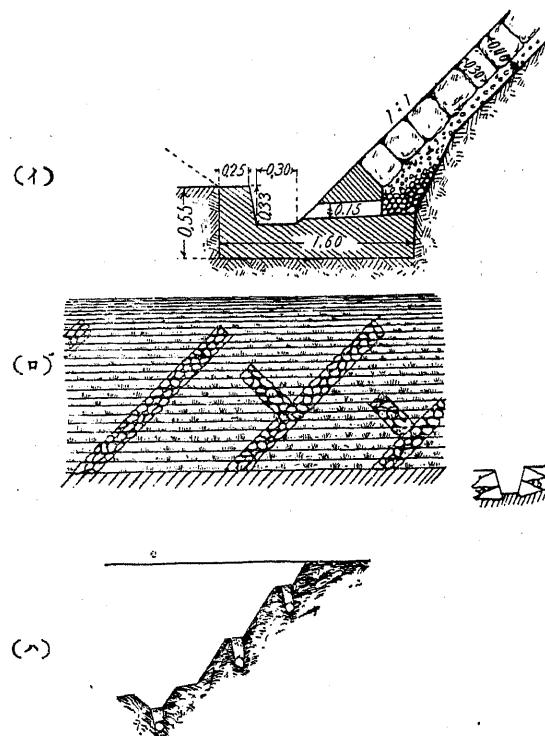
イ、芝付工 土砂の切取法面に對して盛土の場合と同様に、張芝工を施すが普通である、一般に盛土法面よりも芝の生植が悪い、特に水分の滲出する粘土盤の法面に對しては、適種の芝を選び丈夫な目串を使用して、充分に押付けて置く必要がある、又一割より急なる法面に於ては特に季節を選び、目串も多數を使用すべきである。

切取法面の地盤は相當硬いが、風化し易く且芝草の生植に全く適しない特殊の土質のものも往々ある、火山灰質のものに多く見る例であるが、此種のものは年中崩落土のため法先下水を埋塞さるゝ憂があるから、表面の土を適當な厚さだけ良質土と置換へて、土羽打芝付を行ふ場合もある、費用も少くないが屢々崩土取除、芝付直しを繰返すより得策である。

ロ、粗柔伏工 軟岩以上の固い法面であつても、裂層多く風化のため崩落土石専からざるため、之を防ぐ必要が屢々ある、又風致上岩肌を被覆し草生を助長する必要も起る、斯かる場合に芝付では法面が急で張付け不可能であるから、粗柔伏工を施すのである。

此工法は法面に 1.0 m 以内の間隔に穴を開け、之に徑 5 cm 以上的小杭を打込み、法面に縦又は横に粗柔を薄く擴げ、其上抑へに小杭と小杭とを連結する柵を編み、風雨のため粗柔の脱落を防ぐのである、餘程丁寧に仕上げても 1m² 60 錢内外で出来る。

ハ、排水施設 法面崩壊の多くは排水不良の原因である、法面の區域外より来る雨水や湧水は總て法面に侵入しない前に、他へ導く様に其地形に應じて適當な



第 16 圖

水抜、法面石張、法止空石積、水抜隧道、タイルドレイン等の排水溝を設けて法面の安定を計る必要がある。

二、法面植樹 法崩れ頻繁で芝草生植の望みない場所では、砂防工事と同一工法でアカシヤ、山欅、松等の植樹に依つて法面を保護することが出来る。

(3) 土工定規 道路、鐵道等の線路のため切取を行ふ場合は、夫々の目的に依つて必要な路床の幅員が定められる、地形地質の如何に依つて両側又は片側に適當な排水溝を必要とす、又法面勾配は前に述べた處に依つて安定上必要程度に定められる、工事實施に當つては豫め之等の條件を具備する切取土工定規圖を設計して、之に従つて實地に造形を設け、切取を過不足なく進めて所定の法面を仕上げるのである。

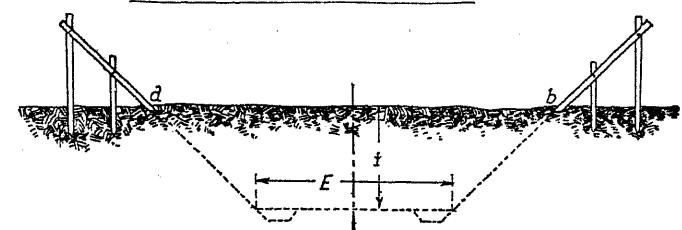
§ 6. 土工と山崩

水路を設けるが最良策である。若し地形上他方面への放水が出來ないならば、法面の内最も安全な場所に石造又は混擬土造の水路を設けて導流し流水が法面に浸潤しない様に努めねばならぬ。

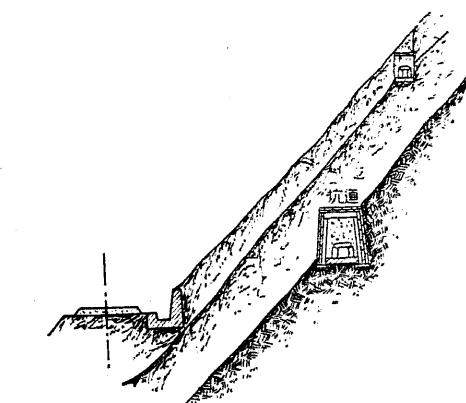
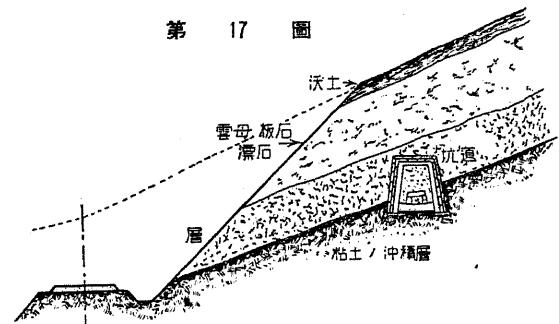
法面内の地層より湧水ある場合、又は濕潤で崩壊の虞ある場合は、第

16圖に示す様な盲

茲に山崩といふは、原因の如何を問はず山腹斜面の崩壊を意味するのである、切取法面の岩質が軟弱で裂傷の多いため、不斷に風化崩落するが如きは隨分厄介であつても、工事の使命を制する様な事故は起らないが、土工を施行せんとする區域全體に地形、地質、氣象等の諸條件が悪くて山腹斜面全體が繼續的に押出して、匍行性(Creep)を有するもの、又は悪い地層が其下層の滑肌面を運動(Slip)して来るものに出會ふ



第 17 圖

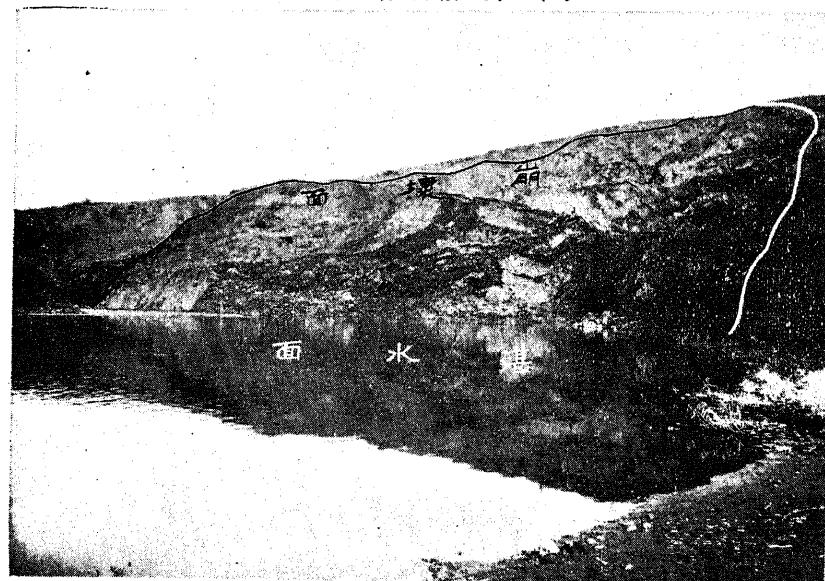
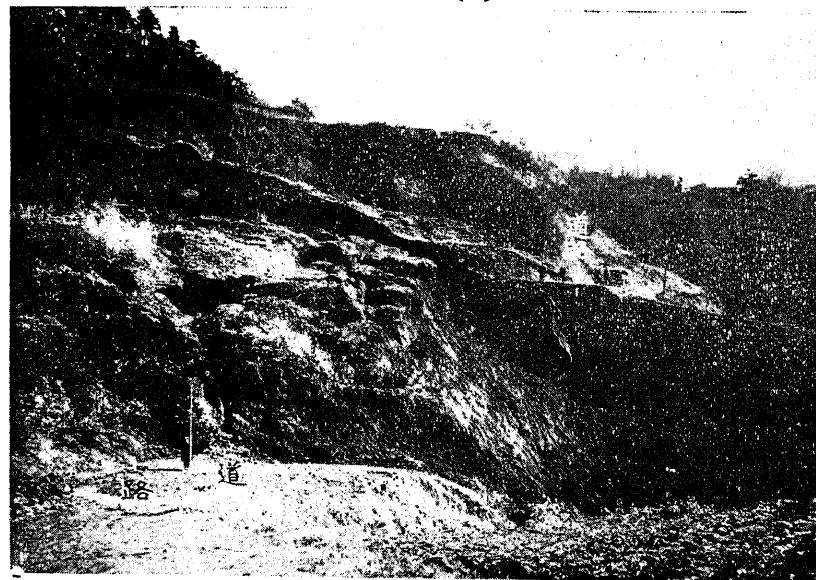


第 18 圖

ことが往々ある、此種の惡性山崩の甚しいものに於ては、到底經濟上からも又工法上からも、土工の目的を貫徹することの出來ない窮境に立至る場合があるから此惡性の山崩について説明することとする。

(1) 山崩の實例 著名な實例を擧ぐれば、信州犀川沿岸の岩倉崩である、此場所は軟質成層岩の複雜な地形の谷間に犀川が刻み込まれて流れて居る、從つ

昭和4年12月岩倉崩の實況(1)

第 19 圖
同 (2)

第 20 圖

同 (3)

第 21 圖
八丁崩の實況

第 22 圖

動して 21 日間河水を遮断し約 100 m 壇上げ、上下流に非常な惨害を來したし、第二回は明治 32 年、第三回は昭和 4 年 12 月に何れも弘化年間の辻動區域の一部である。

本川筋陸郷村八丁崩は高約 180 m 法面勾配約一割五分にして、數年に亘り極めて緩速度に匍行しつゝあり、其原因は岩層の風化も一因なれども、主なるものは水流のため漸次に山脚を侵蝕され、自然の平衡を破られたるに因るものである。

篠井線鐵道第二白坂隧道と篠井驛間渓谷沿斜面切取線路も、辻動性並に匍行性山崩のために永年脳まされたるも、排水施設（栗石埋込隧道、及開渠）と植樹（アカシヤ）とに依り現今は大部分安定せり、本箇所は溪流より約 20 m の高さの急傾斜を切取たる路線である、渓谷に向つて $30^\circ \sim 40^\circ$ の傾斜をなせる砂岩と頁岩との互層なるがため岩倉崩と同様の結果を生ぜしもので、安定せる法面は二割乃至三割の緩斜面となつて居る。

山崩の一種に山津浪と稱するものあり、之は多量の含水崩土が急激に押し出し、餘勢を以て平野迄進出する泥砂流である、明治 44 年山梨縣笛吹川沿岸の砂流は其一例である。

(2) 山崩に対する路線選定上の注意

イ、山容急峻で其走行、屈曲、地質等の變化多く複雑な地形の谷間に於て、處々に崩壊面又は断崖を露出し、若くは高い山腹に池沼のある地域は山崩に對し警戒を要する。

ロ、濕潤なる斜面、排水不良なる地形、湧水層の存在等は山崩の直接原因となる。

ハ、古い堆積層は多年の試練を経て居るだけ、新しいものより安全である、大樹の殘存せる原始的林相のある所、又は古い人家のある所は、山崩に對して比較的安全である。

ニ、河岸が侵蝕のため断崖となつて居る所は、岩質地層等を充分に調査する必要がある。

ホ、頁岩、砂岩、凝灰岩、綠泥、石墨、雲母片岩等の谷底に向つての傾斜層は

最も注意を要す、其地層間に湧水を伴ふ場合は、元來軟質の岩土を溶解して恰も滑材の働きをなし、匍行滑出を誘導するから最も危険である、山崩の大事故の多くは此種地層の湧水滑肌斜面上の辻動である。

ヘ、如上地層の形勢は附近の天然岩石露頭、又は古い切取面等で大略推定出来る、切取土工、隧道掘鑿を此滑出斜面上に乘せぬ様注意すべし、已むを得ざる場合は渡河橋を設け對岸の良好なる地層を求めて、土工を施行することとする。

ト、水を含み易い脆弱な表土層の斜面が、排水困難な地山に乗つて居つて、斜面勾配二割より急な場合（第23圖）

に示す如き新しい崩壊土の崖錐地

は匍行性を帶びて居るものが多い、

匍行は普通極めて緩漫に進むもの

で其現象を實地に於て容易に認識

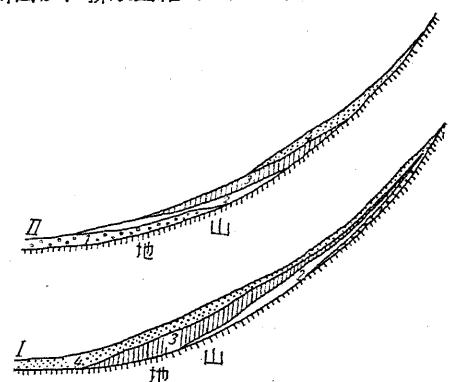
出来ないから、絶対に移動せざる

原點を設けて、疑問ある斜面の移

動を實測せねばならぬ、其時期は

雨雪季を間に含み、なるべく長期

に亘つて確かめるを要す、法面に



1. 2. 3. 4. 岩礫堆積互層

第 23 圖

ある桑、桐其他の灌木が谷の方向に不自然に傾けるものは、地盤の匍行に基因するものが多い、此種の斜面は豪雨、雪崩、強震等の誘因に依つて急激な崩壊を起す虞があることを考慮せねばならぬ。

（3）山崩に対する工法 山崩を防止する目的の工法に二種類ある、即頑丈な擁壁に依つて、何處迄も斜面を支へる硬派の方法と、法尻には簡単な低い（2m以下）空石積又は石張（法先排水を良くし其缺崩を防ぐため）を設け、主として法面の緩和、法面の被覆、植樹、排水改良等に努力する軟派の方法とある、山崩が悪性である程、硬派が不利で軟派が有利なることは、幾多の實例が立證して居るから、萬已むを得ざる場合の外は硬式工法を採用してはならぬ。

排水、植樹等は砂防工法と何等變りはない。

法面緩和は地形の如何に依つて莫大の土工となつて、經濟上實行不可能な場合もあるから、左様な無理な地點は安全な山骨を選んで、隧道にするか又は通過地點を變更すべきである。

一般に山崩の起る場合は其前兆として匍匐速度が急に速くなること、崩落すべき法肩の所に割れ目が出來て急に擴がること、斜面の一部に湧水が烈しくなること、等の現象があるから不斷の注意を拂へば、數時間若くは數日前に豫知し對策を講ずることが出来る、故に山崩が危険の處ある場所の法面には、水平の方向に見通杭を設け其移動を觀測し、尚ほ必要な場合は現場に番人を附けて、割れ目、湧水等の前兆的異變を監視する。

§ 7. 土量計算

土量計算は工費算出と土工作業計畫の基礎となるものであるから、其目的に向つて錯誤を來さない程度の精確さに於て實測し且つ計算すべきである、故に計算の基礎となるべき施工地盤の高低縱横断面測量も、粗漏に過ぎ計畫に錯誤を來さぬ様、又徒らに細密に過ぎ無益の煩勞を費さぬ様、適度に行ふべく心掛けねばならぬ。

道路、鐵道、運河、堤防等の工事に必要な切取、盛土、捨土の土量を計算するには其工事の中心線に沿ひ一定の距離(20 ~ 50m)毎の中心線地盤高(高は凡て一定の水準基標より測る)と、其他地形の急激の變化ある場所に於て、同様地盤高を測り夫等の點に於て、左右土工に影響のある區域に亘り、地盤の高低を實測して適當の縮尺で、横断面圖を作製する、之に計畫の土工断面を記入して、各種断面に於ける必要な切盛土工の横断面積を知るのである、此場合之等の横断面積を算出するにはプランメーターを使用するか、又は數多の三角又は四角形として算出する、斯くして得たる横断面積と其間の距離に依つて、土量を算出する方法が種々あるから、次に之を述べる。

(1) 兩端斷面積平均法 (Averaged end area) 測點 No. 0 と No. 2 との間の土量 V_1 は其横断面積 A_0 と A_2 の和の $\frac{1}{2}$ に其間の距離 l_1 を乗じたものとす即ち $V_1 = \frac{A_0 + A_2}{2} \times l_1$

同様にして測點 No. 1, No. 2, No. 3, ……間の土量は、

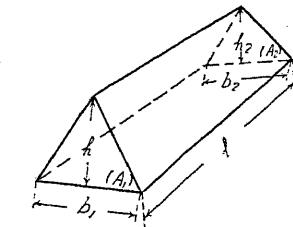
$$\sum_o V = V_1 + V_2 + V_3 + \dots + V_n \\ = \frac{A_0 + A_1}{2} \times l_1 + \frac{A_1 + A_2}{2} \times l_2 + \dots + \frac{A_{n-1} + A_n}{2} \times l_n$$

此計算法は實際の土量より稍過大なる結果を示すが、簡単で都合が良いため一般に用ひられて居る、今三角柱の場合に於ける此過大誤差を示せば、

V_2 を平均法、 V'_2 を眞實の土量とすれば、

$$\Delta V_2 = V_2 - V'_2 = \frac{l}{2} \left(\frac{b_1 h_1}{2} + \frac{b_2 h_2}{2} \right) \\ - \frac{l}{12} (2b_1 h_1 + 2b_2 h_2 + b_1 h_2 + b_2 h_1) = \frac{l}{12} (b_1 - b_2)(h_1 - h_2)$$

第 24 圖



(2) 中央面積法 (Equivalent mean height)

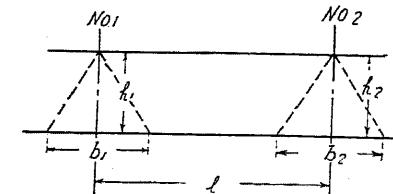
No. 1 と No. 2 との断面の高を h_1 ,

h_2 幅を b_1, b_2 とすれば、

$$V = \frac{1}{2} \left(\frac{b_1 + b_2}{2} \right) \left(\frac{h_1 + h_2}{2} \right) \times l \\ = \frac{l}{8} (b_1 + b_2)(h_1 + h_2)$$

$$\Delta V = V' - V = \frac{l}{24} (b_1 - b_2)(h_1 - h_2)$$

第 25 圖



即此方法に依れば眞實の土量より幾分不足の値を示す、其誤差 ΔV は平均法より小なれども、複雜なる形の場合平均高 (Mean height) を出す手數尠からざる故普通は用ひられない。

(3) 柱状體法 (Prismoidal method)

$$V = \frac{l}{6} (A_0 + 4A_m + A_2)$$

但 A_m は中央面積法に依りて得たる面積とする。

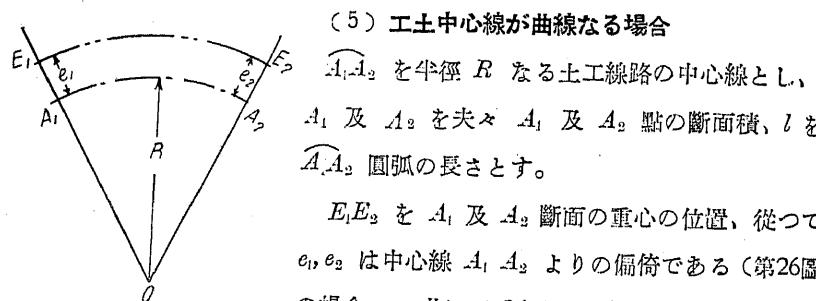
此方法に依れば過不足なき土量を算出し得、此方法も手數故普通は用ひず。

(1) の平均法の誤差を検査する場合に用ふ。

(4) 比例中項法 (Harmonic mean method)

$$V = \frac{l}{3}(A_1 + A_2 + \sqrt{A_1 A_2})$$

此公式は其土量より不足なるを常とす。



第 26 圖

A_m を A_1 及 A_2 間の中央面積法に依りて得たる面積とす、然るときは、

$$V = \frac{l}{6}(A_1 + 4A_m + A_2) + \frac{l}{6R} \{(A_1 + 2A_m)e_1 + (2A_m + A_2)e_2\}$$

即 l 弧を直線として柱状體公式で計算したる土量との差は、第二項の $\frac{l}{6R} \{ \dots \}$ である。

(6) 均等なる梯形断面曲線部 道路、堤防、鐵道等の土工断面の多くは梯形であるから、其曲線部の實際の土量、法面積並に之と普通用なられて居る平均断面計算法の差等との差について、知つて置く必要があるから次に述べる。

馬踏幅 a 、敷幅 b 、法勾配外側 m 割、内側 n 割、築堤高 h 、曲線半径は馬踏中心線 r_0 、外法先 r_1 、外肩 r_2 、内肩 r_3 、内法先 r_4 、とす。

第27圖に於て半径 r_1 圓を底面とし r_2 圓を上面とする截頭圓錐 Frustum of Right circular cone) と半径 r_3 圓を上面とし r_4 圓を下面とする倒立截頭圓錐との差が全圓周上の築堤土量であるから、土工中心線の圓弧 l に對する土量は其 $\frac{l}{2\pi r_0}$ である、即

$$V = \frac{lh}{6r_0} (r_1^2 + r_2^2 - r_3^2 - r_4^2 + r_1r_2 - r_3r_4)$$

此式の r_1, r_2, r_3, r_4 , を r_0, a, h, m, n の項で表はし各項を整理すれば、

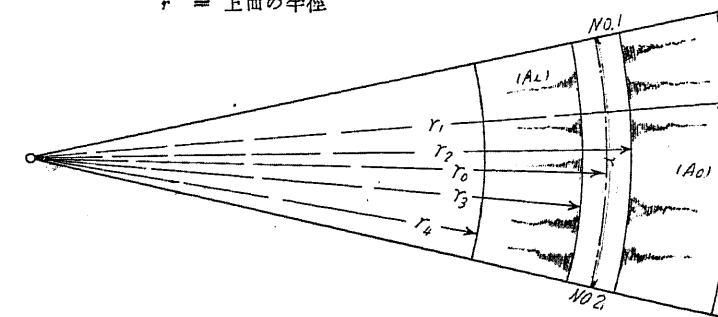
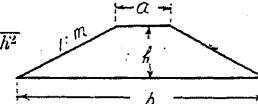
$$V = \left\{ ah + \frac{h^2}{2}(n+m) \right\} l + \frac{lh^2}{2r_0} \left\{ \frac{a}{2}(n-m) + \frac{h}{3}(n^2 - m^2) \right\}$$

$$\text{截頭圓錐の立積 } V = \pi(R^2 + Rr + r^2) \frac{h}{3}$$

$$\text{面積 } S = \pi(R+r)\sqrt{(R-r)^2 + h^2}$$

R = 底面の半径

r = 上面の半径



第 27 圖

此式の第一項は普通の土量計算法に示す、中心線 l を直線としての土量 (V') であるから、第二項だけが曲線として取扱ふ場合に増減する土量である。

$$\text{即 } \Delta V = \frac{lh^2}{2r_0} \left\{ \frac{a}{2}(n-m) + \frac{h}{3}(n^2 - m^2) \right\}$$

$\therefore n = m$ なるときは $\Delta V = 0$

$n \geq m, \Delta V \geq 0$

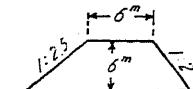
今 $h = 6m, a = 6m, l = 10m, m = 2.5, n = 2.0$ なる曲線堤防あり

とすれば $V' = 1,170m^3$ で $\Delta V = -\frac{1,080}{r_0}$ であるから

r_0	30 m	60 m	90 m	200 m
-------	------	------	------	-------

ΔV	$-36m^3$	-18	-12	-5
------------	----------	-----	-----	----

$\frac{\Delta V}{V'}$	0.031	0.015	0.010	0.00043
-----------------------	-------	-------	-------	---------



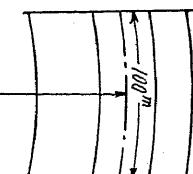
即半径 90 m 以下になれば直線として計算した結果は

實線より 1% 以上多量となる。

次に曲線堤防の内法面積 A_i と外法面積 A_o とは

$$A_o = \frac{l}{2r_0} (r_1 + r_2) \sqrt{(r_1 - r_2)^2 + h^2} =$$

$$\frac{h}{2r_0} (2r_0 + a + nh) \sqrt{n^2 + 1}$$



第 28 圖

$$A_i = \frac{l}{2r_0} (r_3 + r_4) \sqrt{(r_3 - r_4)^2 + h^2} = \frac{h}{2r_0} (2r_0 - a - mh) \sqrt{m^2 + 1}$$

h, a, l, m, n , 等を前同様の數値とせば、

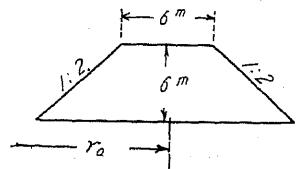
$$A_o = 134.0 + \frac{1207.0}{r_0}$$

$$A_i = 161.5 - \frac{1696.0}{r_0}$$

$m = n = 2$ とせば、

$$A_i = 134.0 - \frac{1207.0}{r_0}$$

即内外法共二割のとき



第 29 圖

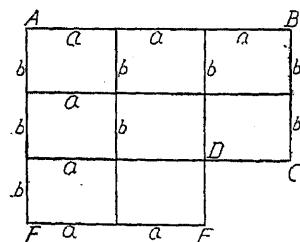
	r_0	30 m	60 m	90 m
A_o	174.0	$174.0 m^2$	$154 m^2$	$147 m^2$
A_i	94.	94	114	121
$\frac{A_i}{A_o}$	0.54	0.74	0.82	
$A_o + A_i$	268	268	268	

依つて内外法面積の和は直線部と異らざるも、内外法面積の差は半徑の短小となるに従ひ著しきを知るのである。

(7) 廣闊なる土地に於ける土量計算

河川、港灣の水面に於て浚渫又は埋立を行ふ如き廣闊なる地面を切取、又は埋立する場合の土量の計算には矩形角柱法又は三角柱法を應用するを便利とする。

イ、矩形角柱法 土工區域の平面圖を相等しき幾多の矩形に區分し、其角點に於ける切取又は盛土高を h とす、二矩形に共通なる點の h を h_1 、三矩形に共通なる點の h を h_2 、四矩形に共通なる點の h を h_3 とするときは、



第 30 圖

ABCDEF なる區域の土量は、

$$V = \frac{ab}{4} (\Sigma h_1 + 2\Sigma h_2 + 3\Sigma h_3 + 4\Sigma h_4)$$

ロ、三角々柱法 前法矩形を第31圖の如く直角三角形に分け、 $h_1, h_2, h_3, h_4, \dots, h_8$ を以て夫々 1, 2, 3, 4, ..., 8, 三角形に共通なる角點に於ける高さを表す。

$$V = \frac{ab}{6} \left\{ \Sigma h_1 + 2\Sigma h_2 + 3\Sigma h_3 + 4\Sigma h_4 + \dots + 7\Sigma h_7 + 8\Sigma h_8 \right\}$$

ハ、同高線法 第32圖の如き 同高線を占むる土地土量を計算するに當り、此同高線を直ちに利用することが出来る、先づ各同高線間の直立距離を同一に採り之を h とし同高線の内最高、又は最低のものを以て圍まれたる平面積を A_1 とす、順

第 31 圖

次に A_2, A_3, \dots, A_n なる面積をプランメーターにて又は適宜の方法にて測る、之に柱狀公式を應用し得るものとし A_1 と A_3 とに挾まれたる土量は $V_1 = \frac{h}{3} (A_1 + 4A_2 + A_3)$ なり、次に A_3 と A_5 との間の土量も同様の方法で $V_2 = \frac{h}{3} (A_3 + 4A_4 + A_5)$ となる、斯くして A_n 迄の全部を加ふれば全土量を得、

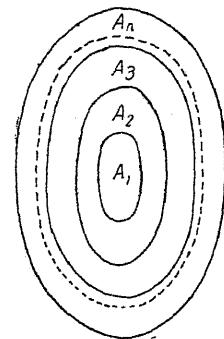
$$V = \frac{h}{3} \left\{ A_1 + 4A_2 + 2A_3 + 4A_4 + 2A_5 + \dots + 2A_{n-2} + 4A_{n-1} + A_n \right\}$$

但し n は奇數とす、偶數なるときは最後の A_n を除き A_{n-1} 迄に上式を應用し残り一區部 A_{n-1} と A_n 間とは梯形柱として算出し追加する。

第 32 圖

§ 8. 切盛土量の平均

土砂の處分は過不足共に誠に厄介なものであるから、工事の計畫に當つては事情の許す限り兩者の平均を計つて、土工費の節減に努めねばならぬ、此切土を盛土に利用することはなるべく近距離で、且つ適當な下り勾配で行ふ様にするが良策であるが、已むを得ざる場合は可なり坂路や距離の延長はあつても、互に利用する方が多くの場合有利である、不用切土の捨場を求めて處分すること、又不足の盛土のため特に土取場を求めて運搬することは、尠からざる費用と手數とを要するからである、土運搬中掘鑿等の作業を勉強して工費一割安く仕上けるためには、餘程多數の人の努力を要するが、此種の計畫宜しきを得れば、一割位の費用



を節約し得る場合が少くないから、當初の土工計画立案は特に力を入れるが得策である、此土工平均について考究すべき事項を擧げると、

(1) 切盛土量の増減率 天然地盤を掘鑿すれば普通其容積を増加し、然る後盛土箇所に於て工事中の縮減を受け、竣工後或年月を経て最後の安定状態に達する。斯くて結局は掘鑿前の元容積よりは幾分か縮小するを普通とす、但し岩石固結せる砂利等は反対に増大することもある。

土の縮減 (Shrinkage of volume) 沈下 (Settlement) については大體前に述べた通りであるが、原地盤に於ての容積に對する掘鑿後の容積増加の割合、掘鑿土を盛土に使用した場合の収縮率、竣工後の沈下率等については、土質や施工方法に依つて勘からぬ差があつて、一率に取扱ひ難いのみならず、之に關する精密なる調査も少いから實際に當つて、推定の基準となるべき材料に乏しいのであるが、Frye 氏の計算の結果を参考として掲げる。

$$S = (1+k)(1-m)(1-n)$$

S は地盤の単位容積が掘鑿され、盛土され、竣工後數年を経て充分沈下した後の容積

k は天然地盤を掘鑿した場合の容積増大量の掘鑿前の容積に對する割合

m は盛土工事中の容積の縮減量の掘鑿直後の容積に對する割合

n は竣工後數年を経た後の容積の縮小量が竣工當時の容積に對する割合

第 2 表

岩石掘鑿容積増減率

掘鑿後の状況	$1+k$	$1-m$	$1-(1+k)(1-m)$	盛土の方法
爆発薬で割った儘の岩石の大塊	1.8	1.0	(-) 0.8	
小割をした石塊	1.75	0.8	(-) 0.4	丁寧に盛土した場合
花崗岩、玄武岩、其他の硬石を碎石大に割つたもの	1.70	0.77	(-) 0.31	充分に捣固めたるとき
石灰石、砂岩其他の軟石を碎石大に割つたもの	1.65	0.74	(-) 0.22	同上

(-) 印は増大を示す。

$$\cdot \text{切盛土量増減率 } S = (1+k)(1-m)(1-n)$$

第 3 表

掘鑿前の状態	$1+k$	$1-m$	$1-n$		$1-S$		摘要
			A	B	A	B	
固結せる砂利	1.40	{ (a) 0.80 (b) 0.72 (c) 0.60 }	0.90	0.80	(-) 0.01	0.10	(a) は盛土高低く壓縮極めて少しき方法にて施工せる場合
			0.94	0.88	0.05	0.11	
			0.99	0.99	0.17	0.17	
粘土と砂利の結合せるもの	1.35	{ (a) 0.90 (b) 0.73 (c) 0.62 }	0.90	0.84	0.03	0.09	(b) は盛土高中位で運搬のため壓縮を受け且工事中多少降雨に會ふた場合
			0.94	0.89	0.07	0.12	
			0.99	0.99	0.18	0.18	
粘土と砂と砂利の結合せるもの	1.30	{ (a) 0.80 (b) 0.75 (c) 0.65 }	0.91	0.84	0.05	0.13	(c) は盛土高大で一層毎に捣固め入念に築立た場合
			0.94	0.88	0.08	0.14	
			0.99	0.99	0.17	0.17	
砂及砂利の結合せるもの	1.25	{ (a) 0.85 (b) 0.80 (c) 0.67 }	0.92	0.85	0.04	0.10	(c) は盛土高大で一層毎に捣固め入念に築立た場合
			0.95	0.89	0.05	0.11	
			0.99	0.99	0.17	0.17	
蝕土	1.25	{ (a) 0.90 (b) 0.80 (c) 0.60 }	0.90	0.80	0.03	0.14	A は竣工後降雨少しき場合
			0.94	0.87	0.10	0.17	
			0.98	0.87	0.30	0.30	
砂又は砂利	1.15	{ (a) 0.95 (b) 0.90 (c) 0.70 }	0.95	0.90	(-) 0.03	0.02	B は同上降雨多き場合
			0.97	0.95	(-) 0.01	0.02	
			0.99	0.98	0.20	0.21	

上表に於て示せる如く岩石の場合は、掘鑿後原容積の二割乃至八割増加し、土砂の場合は盛土竣工後数年後の落付たる容積は、原地盤の容積の三割以内の縮小となり、砂利の場合に於てのみ僅かの増大を見るは大體事實に符合して居るから、之を参考とし、且現實の地質、工法等を參照して盛土に對する切土の土量を判定して差支へない。

(2) 地盤沈下に因る盛土量の増加

地盤の軟弱な場所の盛土の場合には、前項に示す收縮の外に地盤の沈下に依つて、必要を生ずる増加土量を豫め用意することを忘れてはならぬ、地盤沈下の程度の推定は極めて難問題である、地盤の地質、築堤断面、施工法等を考慮に入れ、なるべく附近の實例を参考として判断するがよい、泥炭の深い層や蓮池の深い泥土層の場合は、此沈下増土量が當初の

地盤に對する築堤土量と同じ位になる場合もある。

(3) 土工作業に伴ふ土の消失 切土を運搬する途中に於て、容器より漏失する土、又作業上運搬線路又は地均し等に使用し、結局目的の盛土工事に使用困難となる土等も、用土不足の原因となることがあるから、之等の考察も必要である。

以上の事情を考察して土量不足を來さない様に計畫する必要がある、利根川、信濃川、淀川等の様な大河の沿岸の軟弱なる地盤に於て、沖積土砂を以て高 6m 内外の堤防を築設せる永年の實例では、所要築堤土量（餘盛を含まざる土量）の二割乃至三割増の掘鑿土量（天然地盤の儘の容積）を要した、又砂、砂利の地盤を掘鑿し同様の地盤に築堤せるものは、掘鑿土量と築堤土量と略一致せるものもある。

§ 9. 土取場及土捨場

築堤又は埋立工事を施行する場合に、之が用土の供給をするために土取場を選定する必要がある、又道路、鐵道線路の掘鑿工事より生ずる不用土砂を處分するため、土捨場を用意する必要も起る、何れの場合も其場所の選定宜しきを得ると否とは作業の難易、工程、工費等に及ぼす影響が甚大であるから、次の事項を充分研究して決定すべきである。

(1) 土取場 土取場として考慮すべき事項は、

イ、 盛土箇所に向つて適當な勾配で運搬線路を敷設し得ること、往路は $\frac{1}{50}$ ~ $\frac{1}{100}$ の下り勾配を設け得れば最も都合がよい。

ロ、 運搬線路の地盤良好で、途中に河川、橋梁、道路踏切、近接人家、其他の障礙物なく、且線路の屈曲少きを可とす、蒸汽機關車使用の場合は草葺家屋に接近せる線路は出火事故を伴ふから特に忌避すべきである。

ハ、 人力又は使用掘鑿機にて容易に掘鑿し得るのみならず、積込、捨土容易で築堤後の安定も良好なるを可とする。

ニ、 溝水並に山崩の虞なきものを可とする。

ホ、 土量は盛土に必要なだけ纏まり、掘鑿深は人力又は機械に適當であるこ

と。

ヘ、 土取場及運搬線路用地の買收、補償等容易なること。

(2) 土捨場

イ、 土捨場に向つて運搬線路の敷設に便利なること。

ロ、 捨土量を充分收容し得るだけの容量あること。

ハ、 土捨場及運搬線路用地の買收、補償等も容易なること。

§ 10. 土工方式

土工を行ふに當つて之に使用する器具の種類、並に掘鑿運搬作業方法等、所謂土工方式は工事現場の地形、地質、土量の大小、其他工程と工費とに影響する各般の事情を考慮し、最も適當なものを採用すべきことは前に述べた通りであるが、其選擇の當否は土工經濟の運命を決する重要問題であるから、慎重に研究する必要がある、之が選擇を誤つた爲めに工事の中途に至つて、非常な困難に陥り損失を招いた例は尠くない、茲には先づ方式の種類を大別列挙することゝし、各方式の詳細は後節に於て項を分けて述べる。

(1) 陸上土工

- A. 人肩 (イ) 春、(ロ) 箕
- B. 手押車
- C. 人力土運車(手押トロ)
- D. 牛馬使用土運車
- E. 人力掘鑿、機關車運搬 (イ) 蒸汽機關車(ロ) 内燃機關車(ハ) 電氣機關車
- F. 機械掘鑿、機關車運搬 (イ) 鋤鏈式(ロ) ショベル式(ハ) ドラグライン式
- G. 岩石掘鑿
- H. 水射式掘鑿運搬

(2) 水中土工

- A. 鋤鏈式浚渫船 (イ)「ポンツーン式」(ロ)自走土運式
- B. ディツパー浚渫船
- C. プリストマン浚渫船

- D. ポンプ式浚渫船 (イ)ポンツーン式 (ロ)自走土運式
E. 碎岩船

第二節 人力及牛馬使用土工

§ 11. 人力掘鑿用具

取扱ふ土質の如何に依つて用具を選びねばならぬ、尙労働者の體力や習慣に依つて形狀、方法、重量等を適當に加減すれば其の能率を良くし得るが、各個人に適する道具を準備することは到底不可能であるから、中庸を得た道具を用意する、人力用具は總て簡単なものであるから、事情が許せば労働者各自に適當なものを自分持ちとし得れば好都合である、普通に用ふる器具は、

スコップ丸形 普通の砂、砂利、真土、蝕土、粘土等軟き土質の掘鑿に使用。

スコップ剣形 同上の稍固き場合に適す。

ショベル 全く弛んで居る砂、砂利、乾いた土を掬ひ取る場合に適す。

鶴嘴(ピック) 堅緻なる地質、砂利層等を缺口落すに使用。

スペード スコップでは突込み得ざる程固い地盤に用ふ。

スキ ショベルでは粘着して困る様な粘土を切り取り刎ね上けるに用ふ。

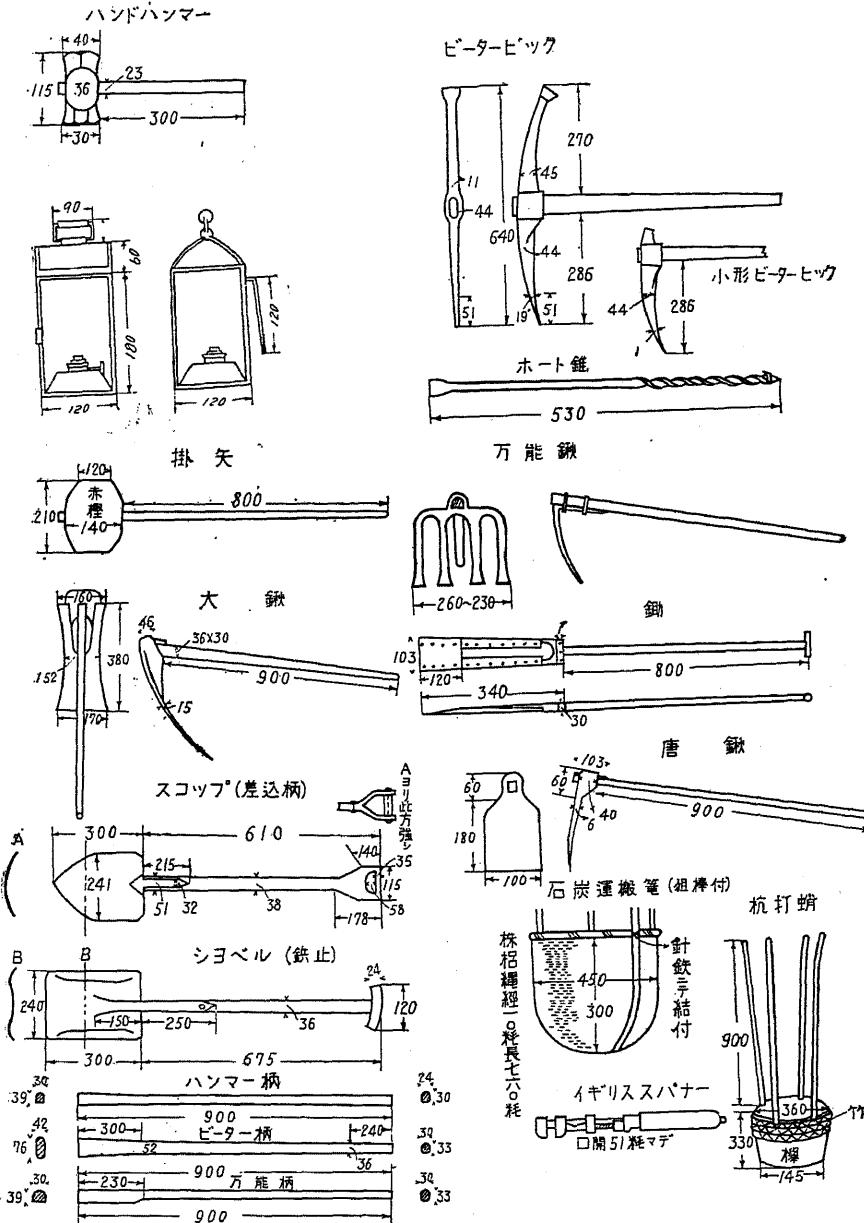
熊手及萬能鉗 碎石よりも稍大きな石層等を搔き集めるに用ふ。

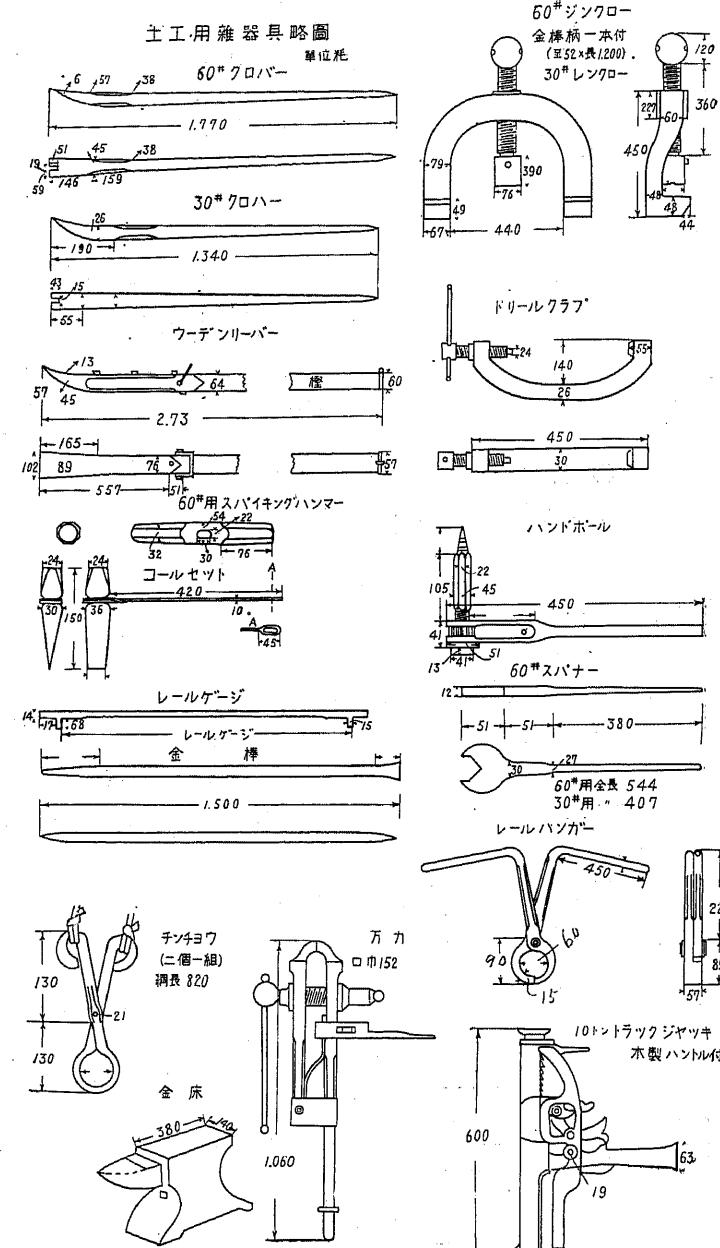
スコップ一挺により取扱ひ得る平均土量は約 $500 m^3$ である。

§ 12. 人力掘鑿及積込

人力土工は掘鑿、積込、人肩運搬、トロ押等が主なものである、何れも最も過激な労働であるから、事情の許す限りなるべく之を避け、機械力を使用する方が經濟であり且工程も迅速であるが、土量僅少なるため、機械設備費を負擔し得ざるか、又は地形及土質の關係上、機械使用困難な場合には已むを得ず人力に依る、實際には隨分人力土工の機會が多いのである。

人力掘鑿積込は土質の硬軟と其粘着性の程度、掘鑿土刃上げ高及刎出し距離、土運搬用土箱の高さ等に依つて工程に著しい差を生ずる、機械掘鑿に於ても此の種の影響あるは勿論であるが、人力は特に敏感であるから、之等の條件を特に充分





第 34 図

考察して使用器具、工法、工程を定める必要がある、次に工程及歩掛の一般的の基準に就て述べる。

(1) ショベル一杯の土量

ショベル一杯の掘鑿土量は普通の場合、7~8 kg、1 m³ の土は 230~180 杯（土量は實坪；即ち掘弛めない前の立積にして約 1,620 kg/m³ とする）となる。

(2) 人力掘鑿積込歩掛

ショベルを使用して實行し得る 1 人 1 日の掘鑿積込工程及歩掛は土質、掘上高に依つて大略次の如く變化する。

人力掘鑿積込工程及歩掛 (工程 1 人 1 日當り m³) (歩掛 1 m³ 當り)

第 4 表

記號 土質	刨上げ高(y)	m							
		0	0.3	0.6	0.9	1.2	1.5	1.8	2.1
(A) 軟かき土砂	工程(x) 歩掛($\frac{1}{x}$)	24.0 0.042	23.8 0.042	23.2 0.043	22.2 0.045	20.8 0.048	18.7 0.053	15.9 0.063	11.6 0.086
(B) 普通の土砂	工程(x) 歩掛($\frac{1}{x}$)	20.0 0.050	19.8 0.051	19.4 0.052	18.6 0.054	17.5 0.057	15.8 0.063	13.5 0.074	9.8 0.102
(C) 硬き土砂	工程(x) 歩掛($\frac{1}{x}$)	16.0 0.063	15.9 0.063	15.6 0.064	15.0 0.067	14.2 0.070	13.0 0.077	11.1 0.090	8.0 0.125
(D) 硬き粘土	工程(x) 歩掛($\frac{1}{x}$)	12.0 0.083	11.9 0.084	11.6 0.086	11.0 0.091	10.2 0.098	9.0 0.111	7.1 0.141	4.0 0.250
(E) 粘土砂利盤	工程(x) 歩掛($\frac{1}{x}$)	6.0 0.167	6.0 0.167	5.9 0.167	5.8 0.172	5.7 0.175	5.2 0.192	4.4 0.227	2.4 0.417
(F) 土丹盤	工程(x) 歩掛($\frac{1}{x}$)	18.0 0.167	17.9 0.167	17.6 0.167	17.0 0.175	16.2 0.192	15.0 0.227	13.1 0.276	10.0 0.417
(G) 碎石	工程(x) 歩掛($\frac{1}{x}$)	0.056 0.056	0.056 0.056	0.057 0.057	0.059 0.059	0.062 0.062	0.067 0.076	0.076 0.100	0.00 0.00

但し土量は凡て實坪とす。

上表に於て、

- (A) は軟かき土砂 ショベルを腕の力にて容易に突込み得る砂又は軟土。
- (B) は普通の土砂 ショベルを突込む爲上體を幾分持たせ掛ける程度のもの。
- (C) は硬き土砂 ショベルを突込むため足にて其の肩を壓へ體重を利用して二三度押し込む程度。

又は普通粘土 粘着のため切離し難く、ショベル又はスキに附着するため

投棄困難なもの。

- (D) は硬き粘土 水分少く固く圧縮され掘鑿するため鍬を必要とするもの。
又は泥粘土 水飴の如く軟かく泥濘にして取扱い難きもの。
- (E) 粘土砂利盤 硬粘土に砂利を交へたるもの、鶴嘴を要するもの。
又は土丹盤 鶴嘴にて掘鑿し得る程度のもの。

イ、前表は土運車又は土運船等の如き容器に積込む場合の工程及歩掛なるも、廣場又は水面に投棄する場合の工程は前表の約一割増、歩掛は約一割減となる。

ロ、10 kg 内外の小割石、栗石は碎石の場合と略同し、但し運搬容器迄に 1 m 以上の距離あるときは歩増を要す。

ハ、ショベルにて土砂を投げ得べき最大限度は水平 5 m 垂直 3 m である。

ニ、刎上高 即ち掘鑿地面より土箱の肩迄の高が 1 m を超ゆれば急に工程に影響す。

ホ、硬土の場合は掘起しのために、粘土の場合は切り離しと刎出しの際の粘着抵抗のために多大の労力を費すのである。

ヘ、硬土盤を鶴嘴にて缺き落す作業の歩掛は其の硬度に依つて $1 m^3$ に付 0.1 ~ 0.5 人を要す。

ト、優秀な労働者は上述標準の三割増、劣等者は約 $\frac{1}{2}$ の工程である。

§ 13. 人肩運搬

人肩運搬は最も簡単な運搬方法であるが、労働者を多數要する割合に工程進まず、土工単價も高いから有利な方法ではない、然し器具使用困難な事情の場合は已むを得ず應用されて居る。

人肩運搬に畚使用と笊(竹籠)使用との二種類ある、前者は相棒二人持、後者は一人天秤肩掛けである、畚の大きさは約 85 cm 正方形で一杯約 100 kg、實坪 $1 m^3$ が 15 ~ 18 杯、笊の大きさは直徑約 45 cm 一荷約 50 kg、實坪 $1 m^3$ が 30 ~ 36 杯として計畫せば大過はない。

施工上注意すべき事項は、多數の労働者を使役する工事であるから、混雜の起らない様に整理することが大切である、即ち場所の廣狭、遠近、坂路の程度に從

つて適當に土取と土捨間の往復路を定め、一回線の人數は積方と擔ひ方と平衡し、且少しも混雜や待合はせの起らぬ様に配置するを要す、尙労働者はなるべく力量の一様なものを一團とする。

往路上り坂勾配はなるべく $\frac{1}{10}$ 以下とし、足場の滑らぬ様設備するを要す、一人の連續運搬距離は水平 120 m を超えてはならぬ、夫れ以上の場合には肩代はりをなし、新手に依り途中繰送りをなす、各人の一荷の土量は土工責任者の認定に依るの外、必要に應じ時々秤量するを要す。

賃銀は一荷の単價を適當に定め、回數札を渡し、各個人の運搬回數と積荷の輕重とに依つて一日分を算出する方法と、大體力量同一な數人を一組とし、其の一組の土取場を毎日着手前と終了後に實測して實坪を算出し、約束の単價を之れに乗じて其の一組の人數に割當て定める方法(俗に坪拔と稱す)とがある、積込方と鼻搔き方とは最低賃銀を定め規定回數以上の工程に對し、歩増を仕拂ふを可とす、以上は課程附施工法にして最も能率を發揮し得るものである。

回數札渡しと積荷の認定は土工責任者が現場に於て、正確且公平に行ふを要す、一日の工程を 100 とせば朝 3 時間に 40、晝飯迄に 60、午後 40 を普通とする。

人力掘鑿盛土の歩掛は次の式に依つて大體の標準を知り得る、尙實際に當つては土質、天候、足場の良否、並に労働者の熟練の程度を參酌すべし、全く熟練なき労働者は熟練者の $\frac{1}{2}$ の工程を擧げることが難い。

$$N = (1+k) \left\{ a + b \left(\frac{D+h^2}{60} \right) \right\}$$

N は $1 m^3$ に対する所要歩掛り、但し土の立積は實坪とす。

k は諸掛率、普通 0.1 なるも工事の大小、工程に依つて 0.07 ~ 0.15。

a は掘鑿積込方歩掛(人力掘鑿 積込歩掛表の 刎上高 0 m 第 4 表)に積込土捨の待合はせ其他距離に關係なき歩掛として 0.02 ~ 0.03 を加へたるもの。

b は擔ひ方歩掛、普通土砂 0.1、砂、切込砂利、粘土、砂利粘土盤、頁岩等 0.11 ~ 0.12

D は運搬距離 (m)

h は擔ひ上げ高 (m)

第 5 表 人肩運搬歩掛表 (實坪 1 m³ 當り)

運搬距離 担ひ上 げ高	運搬歩掛	$N = 1.1 \left\{ a + b \left(\frac{D+h^2}{60} \right) \right\}$									
		D	h	$0.1 \left(\frac{D+h^2}{60} \right)$	$0.11 \left(\frac{D+h^2}{60} \right)$	(A) $a=0.067$	(B) $a=0.075$	(C) $a=0.088$	(D) $a=0.108$	(E) $a=0.192$	(F) $a=0.081$
30	m 0	0.050	0.055	0.129	0.138	0.157	0.179	0.272	0.144		
" 3		0.065	0.071	0.146	0.154	0.175	0.197	0.289	0.161		
" 6		0.110	0.121	0.195	0.204	0.230	0.252	0.344	0.210		
60	0	0.100	0.110	0.184	0.193	0.218	0.240	0.332	0.199		
" 3		0.115	0.126	0.200	0.209	0.235	0.257	0.350	0.216		
" 6		0.160	0.176	0.250	0.259	0.290	0.312	0.405	0.265		
90	0	0.150	0.165	0.239	0.248	0.278	0.300	0.393	0.254		
" 3		0.165	0.181	0.255	0.264	0.296	0.318	0.410	0.271		
" 6		0.210	0.231	0.305	0.314	0.351	0.373	0.465	0.320		
120	0	0.200	0.220	0.294	0.303	0.339	0.361	0.453	0.309		
" 3		0.215	0.236	0.310	0.319	0.356	0.378	0.471	0.326		
" 6		0.260	0.286	0.360	0.369	0.411	0.433	0.526	0.375		

備考 本表中の a は人力掘鑿積込歩掛表中の (A) 軟き土砂、(B) 普通土砂、(C) 硬き土砂又は普通粘土、(D) 硬き粘土又は泥粘土、(E) 粘土砂利盤及土丹盤、(F) 破石等の各土質に對する刨上げ高 0 m の場合の歩掛に待合せ其他歩掛として 0.025 人を加へたるものである。

手車運搬歩掛は近距離に於て上表と大差なきも遠距離となれば一割餘安くなるを普通とする。

§ 14. 土砂、岩石、砂利、セメント、火山灰等の重量

土砂、岩石等の重量の大小は土工作業の労費の多寡を左右する要素である、之等の重さは各固有の比重と空隙率とに依つて變化する、空隙率即壓密度の如何に依つての容積の變化は § 8 (1) に示す通りであるが、茲には土工単價の參照に考慮すべき重さの變化の大要を表示すれば、

土砂、岩石、セメント、火山灰の重量 (kg/m³)

第 6 表

種 别	天然の 廃のもの	掘起し 弛めた るもの	同上を充 分搗固め たるもの	m ³ 0.3×0.3×0.3 の容器にシ ョベルにて投 入したるもの	同上を十 回層毎に 搗固めた るもの	m ³ 1.8×1.8×1.8 の容器にシ ョベルにて投 入したるもの	同上を十 回層毎に 搗固めた るもの
真 土	1,500	1,250	1,800	—	—	—	—
砂 質 真 土	1,620	1,350	1,950	—	—	—	—
同上水分多きもの	1,700	—	—	—	—	—	—
砂 利	1,700	1,450	1,700	—	—	—	—
同上固結せるもの	1,750	1,550	1,700	—	—	—	—
砂 乾 潤 粘 土	2,200	1,550	1,700	—	—	—	—
砂 乾 潤 粘 土	1,700	900	—	—	—	—	—
砂 乾 潤 粘 土	1,800	1,000	—	—	—	—	—
砂 乾 潤 粘 土	1,900	—	—	—	—	—	—
砂交り砂利	1,940	1,650	1,800	—	—	—	—
土砂交り砂利	2,000	1,400	2,200	—	—	—	—
砂 岩	2,450	1,490	1,800	—	—	—	—
石 灰 岩	2,530	1,530	1,870	—	—	—	—
花 岩 岩	2,670	1,570	1,900	—	—	—	—
荒砂 (乾燥せるもの)(内は空隙率)	—	—	—	1,300 (0.48)	1,570 (0.37)	1,350 (0.46)	1,550 (0.38)
荒砂 (湿氣あるもの)	—	—	—	—	—	1,200 (0.52)	1,520 (0.39)
砂利 (徑 1 cm 以上)	—	—	—	—	—	—	1,610 (0.38)
碎石 (徑 6 cm 以下)	—	—	—	—	—	—	1,360 (0.49)
割栗石 (10 kg 内外大小少し)	—	—	—	—	—	—	1,330 (0.53)
火 山 灰	—	—	—	740 (0.64)	1,100 (0.46)	835 (0.58)	1,120 (0.44)
セ メ ン ト	—	—	—	1,220 (0.47)	1,930 (0.16)	1,420 (0.38)	1,800 (0.22)

§ 15. 牛馬車運搬土工

此土工は地形其他の事情に依り運搬用軌條敷設困難なる場合に採用されるものである。元來軌條使用土工に比し多額の工費を要するから、運搬土量が多くなければ多少の困難は押切つても、當初より軌條使用土工を採用する方が有利な場合が多いのである。

此土工の工程は牛馬の強弱、道路の状態に依つて著しく積載量と一日の運搬回数とに差異を生ずるから、實地の状況に依つて夫々考查の上次の方法に従つて、歩掛及土工單價を定めねばならぬ。

T を牛馬 1 日の労働時間 (8~10 時間)

v を平坦路に於ける牛馬車の平均 (往復) 1 時間の速度

牛車 $v = 2,500 \sim 3,500 \text{ m/sec}$, 馬車 $v = 3,000 \sim 4,000 \text{ m/sec}$

L を平坦路運搬距離 (m)、 t を 1 回の運搬に於ける積込及土捨に要する時間 (0.1~0.3 時間)、 N を 1 日の平坦路運搬回数とすれば

$$N = T \div \left(\frac{2L}{v} + t \right)$$

C を平坦路に於ける 1 回の運搬土量 ($0.3 \sim 0.72 \text{ m}^3$ 比重量 $500 \sim 1200 \text{ kg}$)

R を牛馬車 1 日の賃銀 (御者を含み $2.5 \sim 5.0$ 圓)、 p を土砂 1 m^3 の運搬單價とすれば

$$p = \frac{R}{NC}$$

盈車上り坂路がある場合の運搬單價 p' は p に對し牽引仕事量の増加に比例して増すものと假定すれば (但し計算を簡単にする爲盈車上り坂路のみを考へ、盈車下り及空車上下坂路を平坦と看做す)

$$p' = p \frac{(\text{平坦線總仕事量}) + (\text{盈車上り坂合計仕事量})}{(\text{平坦線總仕事量})}$$

$$= p \cdot \left\{ 1 + \frac{(w_1 + w_2) \sum_{i=1}^n (sl)}{(2w_1 + w_2) rL} \right\}$$

但 w_1 を空車の重量 (牛馬の自重を含む)、 w_2 を積載土砂の重量、 $s_1 s_2 \dots s_n$ を夫々盈車上り坂路の延長 $l_1 l_2 \dots l_n$ の勾配、 r を路面の牽引抵抗係數 (土砂道 $\frac{1}{10} \sim \frac{1}{20}$ 、砂利道 $\frac{1}{17} \sim \frac{1}{50}$ 、マカダム道 $\frac{1}{40} \sim \frac{1}{60}$ 、アスファルト道 $\frac{1}{60}$) とす。

例、 $T = 8.5$ 時、 $L = 2,000 \text{ m}$, $s_1 l_1 = 3 \text{ m}$, $s_2 l_2 = 5 \text{ m}$, $s_3 l_3 = 10 \text{ m}$, $s_4 l_4 = 6 \text{ m}$, $v = 3,500 \text{ m/h}$ $t = 0.2$ 時、 $R = 3.6$ 圓、 $C = 0.6 \text{ m}^3$, $W_1 = 800 \text{ kg}$, $W_2 = 1,000 \text{ kg}$, $r = \frac{1}{30}$ とすれば

$$N = 8.5 \div \left(\frac{2 \times 2,000}{3,500} + 0.2 \right) \div 6 \text{ 回}, \quad p' = \frac{3.6}{6 \times 0.6} \cdot \left\{ 1 + \frac{1,800(3+5+10+6)}{2,600 \times \frac{1}{30} \times 2,000} \right\} = 1 \times 1.25 \\ = 1.25 \text{ 圓}/\text{m}^3$$

§ 16. 自動車運搬土工

自動車運搬は主として市街地、其他優良なる道路に於て行はるゝ方法である。牛馬車に比し速度大にして疲勞の虞なき故遠距離に有利である。即積卸其他待合せ時間の少ない場合に於て、其高速度の特長を充分に發揮し得るのである、然しそれ其積込費は牛馬車より高價となる。

工程及歩掛並に土工單價は牛馬の場合と同一筆法で算出すれば可なり、普通の場合は牛馬車土工より高價なるも、其賃銀が牛馬車の三倍以下ならば略之と同一の土工單價となる、土工用には水壓扛重機を備へたる Dump body 式とすれば、土捨の場合便利である。

イ、走行速度 往路滿載歸路空車の場合、混雜せざる道路に於ける平均走行速度は路面の良否に依つて $20 \sim 30 \text{ km/h}$ とする。

□、運轉用消耗品

軽油の消費量

自動車の積載量 (t)	1.0	1.5	2.0	3.0	平坦道路(砂利敷)に於て歸路空車としての平均消費量を示す
軽油 1.0 立に付平均走行距離(km)	3.9	3.2	2.5	1.8	

機械油の消費量は軽油の $\frac{1}{12} \sim \frac{1}{15}$ とす。

タイヤーは良好なる砂利道に於て走行 $12,000 \sim 15,000 \text{ km}$ とする。

ハ、車輛の耐久年限 は完全に使用すれば 5~7 年位なり。

ニ、修繕費 は年額 200 圓 ~ 400 圓平均 300 圓位なり。

§ 17. 人力土運車土工

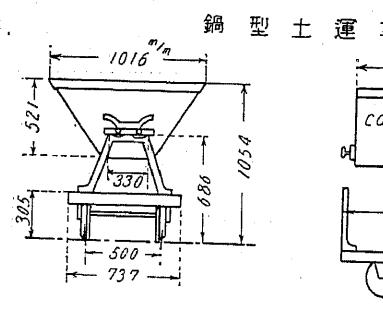
普通手押トロと稱する土工である、輕便軌道 ($4.5 \sim 6 \text{ kg/m}$) 上に積載容量 $0.30 \sim 0.7 \text{ m}^3$ の土運車を使用し、積込より土捨迄總て人力に依り、土運搬作業を行ふものを云ふのである。以下順を追つて其特長、方法、成績等を説明する。

(1) 特長 作業設備が輕易で費用も少額で済み、設備方法の如何に依つては可なり狭小の場所に應用し得るのみならず、人肩、手押車に比すれば工程能率良く工費廉なるため現今では最も普遍的に行はれて居る方法である、然しながら運搬距離 800 m を超へ、土量も $10,000 \text{ m}^3$ 以上となれば運搬能率の關係上、牛

馬牽引に依るか、更に進んで機関車を使用する方有利となる場合が多くなる。

(2) 土運車 人力土運車の型式に二種ある、一つは木製土運車俗に箱トロと稱し、木製臺車上に箱枠を載せたもの、他の一つは鐵製土運車 (Steel double side tipping wagon) 俗に鍋トロと稱する鐵製臺車上に鐵製容器を載せたるものとある、何れも左右兩側面に傾けて土を捨て得るもので、前者は臺車共に後者は鍋だけを傾けるのである、何れも極めて簡単なものであるが、手押トロ土工用としては今日此兩種に優る器具がないため、何れの地でも使用されて居る、此兩種の内で最も適當と認められるものの構造の概要を示せば、

名 称	軌間 cm	容量 m^3	車輪寸法(mm)			土運車重量(kg)				摘要
			輪底 直徑	軸頸 直徑	軸頸 長さ	車輪	車臺	鍋、箱	合計	
一人押鍋形	50.	0.36	240.	25.	57.	50.	90.	80.	220.	五勾廣鍋トロ
二人押木製	60.	0.72	300.	32.	76.	90.	—	—	280.	一合積箱トロ



第 35 圖

土運車として一般に必要な條件は

- イ、積込、運搬、土捨等の操作が容易且敏速であつて尚危険を伴はないこと。
- ロ、構造が丈夫で耐久力を有し、修理容易なること。
- ハ、全體の重さが軽くて押挽に對し摩擦並に廻轉抵抗が少ないこと。

此要求に應ずるために構造上考慮すべき要點は土運車の容量、高さ、幅、固定軸距、軌間、土箱傾倒の難易、軸承、車輪の徑、車軸徑車臺の高、土箱の高、制動装置等である、作業上激しい取扱を受けるものであるから、頑丈なことは第一要件であるが、一面に於て重量を増し複雑な構造とすれば、牽引抵抗の増加と操作の不便と修理の困難を増すこととなるから、危険のない限り或程度迄は修理に

依つて耐久性を補ふことゝし、優良なる材料を使用して構造操作共なるべく簡便なものとするが得策である。之がために幾分の製作費を増すも作業上の利益に依つて、償つて餘りあるものである。

人力土運車の容量は、人の押す能力、運搬線路の勾配、軌道の良否、土運車の押挽抵抗の大小、土捨作業の難易等に依つて定まる問題である、多數の経験より得たる結果に依れば、普通の場合は一人押ならば $0.3 \sim 0.4 m^3$ 二人押ならば、 $0.6 \sim 0.72 m^3$ が適當である。

土箱及鍋の高さは軌條面より $1.0 m$ 以内とする必要がある、之れは前の §12 の人力掘鑿積込歩掛表にもある如く掘上げ高 $10 m$ を超へると積込能率が著しく低下するからである、其形狀は運搬中の安定と土捨の都合を考へねばならぬ。

車輪の輪軸 (Flange gage) は土運車の安定と操作上の便否とを關聯考慮して定める、土運車の走行中著しい左右動搖のため、危険を生じない範圍に於ては狭い方を可とす、狭い方が土捨の際土砂が軌條に崩れ込む憂ひが少く、且軌道曲線部通過の際抵抗が少い利益がある、一人押五勾トロは $50 cm$ 、二人押一合トロは $60 cm$ を適當とす、但し Flange gage は Rail gage より $3 \sim 5 mm$ だけ狭くして軌條上車軸の廻轉の圓滑を計る。

車輌徑は大なる程抵抗少く且捨土が線路より遠方に飛び、捨土整理上都合が宜いが、餘り大にすれば土運車の高さに影響することを虞れる、輪鐵の歪み減りと車輪車軸の位置の不正なることは車輌動搖の原因となる、従つて車輌全體の損傷を著しく促進するものである、故に兩輪の廻轉軸心と輪底徑を正しく一致せしめ、且輪底を冷剛して磨滅を防止し廻轉の圓滑を計らねばならぬ。

固定軸距は車輌が前後動搖 (ピツチング) のため事故を起さない範圍に於て短かい方が曲線部通過が滑らかである。

前掲圖表は以上諸點を考慮し適當と認めたるものであるが、尚鍋トロの場合特に注意すべき事項は、走行中鍋の安定と、其轉倒防止装置 (五勾トロには此装置の必要なし、一合トロ以上に必要) の嵌め外し簡単なこと、土捨の際土の飛び出しの良いこと (鍋を傾倒した場合の斜面が 45° 以上でなるべく遠方に土砂が

飛び出すことゝ)であつて、之等は土工能率に著しい影響を及ぼすものである。軸承の良否は推挽抵抗を左右し、土運車の重要な部分である。特に人力の場合には其輕重が敏感に響くから之が構造に注意を要する、軸承は車臺に取付けたる軸承函（ボツクス）を使用し其中に車軸を承け摩擦抵抗を少くするため、砲金製メタル Ball bearing, Cylinder bearing を装置する、尚潤滑材としてマシン油又は種油を使用する。

ボックスは四個あつて車臺に来る全重量を支へるから、之に對し充分の耐力を備へ、土砂の侵入を完全に防ぎ尙注油の便を計らねばならぬ、メタルは取換可能にし、油廻りをよくするため廻油溝及孔が必要である、普通は軸の下側の油溜りに毛布又は海綿のマットを挿入して軸頸 (Jormal) に油の不足せぬ様にする、海綿の代りにリング、ルブリケーターを使用するものもある。

ボールベヤリングは、摩擦抵抗を減るために効果があるが費用が安くない、土砂の侵入を完全に防止し、油の渋らない構造とし、上等の油を注入し置けば數箇月間其儘使用に耐へ注油の手數を省き得るが、稀に土砂の侵入に依り車軸が溝形に磨滅し車軸迄も取換への必要を生ずる虞がある、メタルベヤリングは最初使用の場合メタルを平滑に馴らすため努力を要することゝ、運搬土量約 200 m^3 に付一回宛取換へる手數と費用が掛かることが缺點である、充分完全に馴らしたものゝ抵抗はボールベヤリングと殆ど差がない。

第36圖の軸承構造は、何れも経験上成績良好にして、推奨に足るものである。

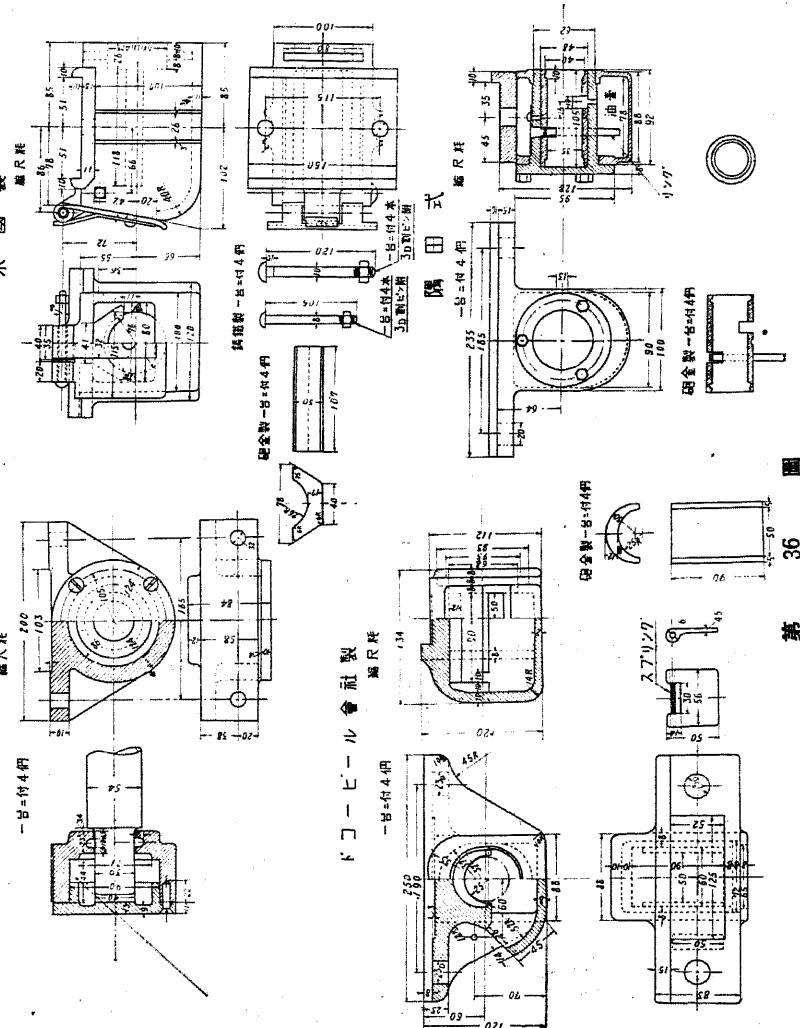
車軸は車輪と固定して、激しき作業に耐へ得る様鋼質を選び太さも充分にして置く必要がある。

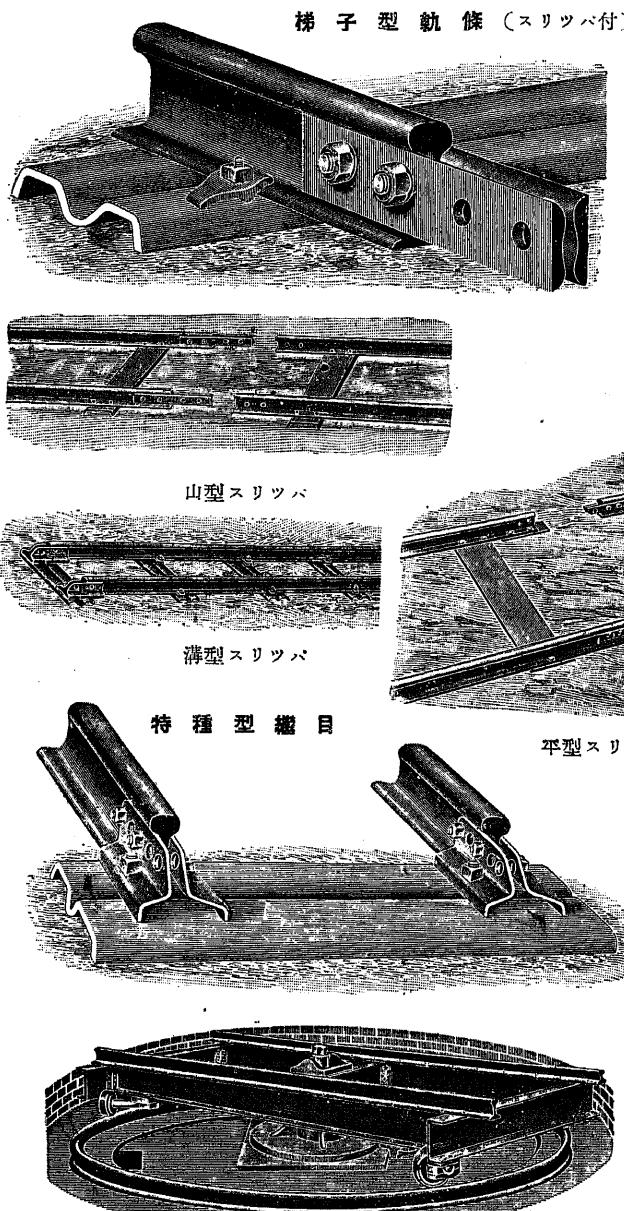
(3) 軌條、軌間及枕木 軌條の重さは五勾トロに對しては 4.5 kg/m 又は 6 kg/m 、一合トロに對しては 6 kg/m 又は 7.4 kg/m が適當である、其長さは $3.0 \sim 5.5 \text{ m}$ を普通とする。

軌間は前に述べた如く五勾トロ 50 cm , 一合トロ 60 cm を適當とする。

枕木は鐵製のものと木製のものとある、鐵製のものは第37圖の如く鐵板の各種の形のものを梯子型に取付けてあるから、梯子型軌條と稱して居る、木製枕木よ

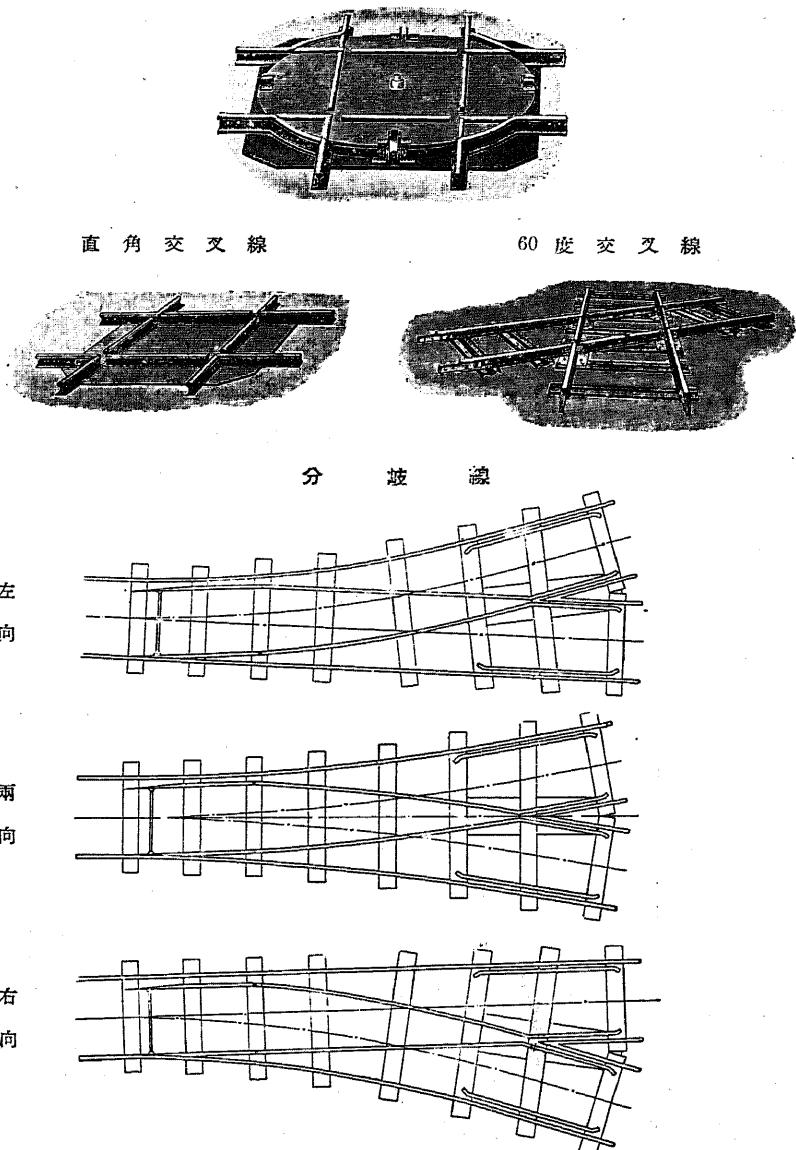
圖書館承軸用車運土





第 37 圖

鐵板製同旋臺 (タンテーブル)



第 38 圖

りも敷設に便利であり且經濟的であるが、悪地盤の場所では松丸太（末口 8 cm 以上長は 50 cm 軌間に對しては 1 m 弱、60 cm 軌間に對しては 1 m ~ 1.2 m）を使用す、枕木の間隔は平均 60 ~ 80 cm とす。

軌道 1.0 km に對する所要軌條組合せ數、並に各種軌條及其附屬品の重量は次表の如し。

直線軌條の外に曲線軌條と第 38 圖の如き分岐線、回旋臺が必要である。

第 7 表 軌道 1 km に對する軌條組合せ本數（短尺物 1 割）

長さ 種類	10 m	9 m	8 m	7 m	6 m	5.5 m	5 m	4.5 m	合計
6 kg	—	—	—	—	—	326	18	26	370 本
8 kg	—	—	—	—	—	326	18	26	370 本
9 kg	—	—	—	—	—	326	18	26	370 本
10 kg	—	—	—	—	—	326	18	26	370 本
12 kg	180	8	8	4	6	—	—	—	206 本
15 kg	180	8	8	4	6	—	—	—	206 本

第 8 表 各種軌條及附屬品重量表（製鐵所調）

種 別	軌條 1 m に付	継目板一組に付	ボルトナット 100 個 に付	ス パ イ キ 100 個 に付
	kg	kg	kg	kg
50 kg (A)	50.369	25.200	88.500	36.287
37 kg	37.137	17.196	39.000	32.000
30 kg	30.064	13.534	36.287	32.000
22 kg	22.323	8.347	35.000	17.800
15 kg	15.151	3.030	18.000	14.000
12 kg	12.402	2.500	16.520	9.400
10 kg	9.921	2.198	9.400	9.400
9 kg	8.929	1.721	9.400	5.900
8 kg	7.937	1.450	9.400	5.250
6 kg	5.953	.588	4.600	4.000

(4) 土運車の抵抗と人力

人力土工線路に於て、一臺の土運車を推進するため幾人の力を要するか、又或る區間の推進に要する労働量は何程であるか、更に其労働と疲労との關係如何は、土工の單價歩掛を定める基準となるべきもの

で大切なことではあるが、人力は其調節の巧拙と、四圍の環境や各人の習性に依つて差異があるものであるから、之等を一定の法則に依つて表はすることは困難である。然し此問題の根源は土運車の抵抗と之に打勝つべき人力との關係が、重なるものであるから、之に付て理論と經驗との兩方面から一應説明する。

土運車の抵抗を分類すれば勾配 (R_g)、軸頸摩擦 (R_f)、廻轉 (R_r)、曲線 (R_c) 加速 (R_a)、風壓 (R_w)、衝擊 (R_i)、始動 (R_s) 等の諸抵抗である。

勾配抵抗 (R_g) は重力に起因するものであるから、明瞭に次の式に依つて示す通りである。

$$R_g = W \cos \phi \times S = W \sin \phi \doteq WS$$

W は土運車の總重量 kg, ϕ は勾配面が水平面となす角, S は勾配 ($\tan \phi$ にて表はす)。

摩擦抵抗は主として軸承の状態に左右される、尚速度と軸頸に於ける荷重壓力强度に依つて幾分影響する、廻轉抵抗は軌條及軌道の剛性不足の場合は著しく増大し、又輪徑過小であると幾分重くなる、五勺並に一合積土運車について経験の結果は R_f と R_r との和が $\frac{W}{50} \sim \frac{W}{100}$ の範囲で $\frac{W}{60} \sim \frac{W}{70}$ が普通の場合である。

始動抵抗 (R_s) は土運車が静止の状態より、動き始める瞬間だけ生ずるもので労働量は大でないが、作業上坂の途中でスタートする必要が起るから、瞬間に R_g と R_s との和に打勝つだけの力を必要とする、此場合 R_s は $(R_f + R_r)$ よりも大きく、水平線路進行中の抵抗の 2 ~ 2.5 倍なり。

曲線抵抗 (R_c) は軌道の半径、軌間と輪軸との間の餘裕、軸距の大小、線路の良否、曲線部軌條への注油の有無等に依つて差異あり、土工線の如き軌道及土運車の状態の変化激しいものに對しては到底簡単な計算の結果に信頼することは出来ない、實際の人力土工線の経験に依れば $2 km/h$ の速度の場合に半径 6 m の軌道曲線部に於ける抵抗は水平直線進行中の抵抗の 2 ~ 2.5 倍、即始動抵抗と同一となる。

加速抵抗 (R_a) は理論通り次式に依つて算出出来る。

$$R_a = \frac{W}{2gl} (v_2^2 - v_1^2) \quad \text{但 } g = 9.8 \text{ m/sec}^2$$

R_a を kg/tg 、速度を km/h 、速度が V_1 から V_2 になる迄の走行距離を L (m) とし、尚車輪の自己回転に依る消費エネルギーとして 5% 割増を見込むときは、

$$R_a = \frac{4.1}{L} (V_2^2 - V_1^2)$$

衝撃抵抗 (R_i) と風壓抵抗 (R_w) とは速度の自乗に比例す、人力土工作業では速度が緩であるから、兩抵抗共普通大した影響はない、 R_f と R_r とに含まれて居ると見て差支へない。

(5) 坂路及曲線の實例 土運車抵抗の理論は前述の通りであるが、實際の土工計畫の場合先づ決定すべき問題は、土運車推進人夫を一人掛けとすべきか二人掛けとすべきか、坂路の勾配及長は如何なる程度とすべきか、坂路及屈曲部に補助人夫を置くべきか、捲揚機を使用するが有利なるか等である。

實際の場合には最急勾配線路中に最小半徑の曲線を置くこと、又は最急勾配線上で惰力をつけることは避けるから、結局は一臺當りトロ押人夫數に關しては R_g 、 R_f 、 R_r 、及 R_s の四抵抗について考へれば宜し。

今前に述べた五勾積鍋トロ (0.36 m^3) と一合積木製トロ (0.72 m^3) とについて其推進抵抗、坂路の制限、所要人員等を考慮すれば、

$$\text{五勾積トロ満載重量 } W = 220(\text{自重}) + 1,350 \times 0.36(\text{土の重さ}) = 706 \text{ kg}$$

$$\text{一合 } " " = 280(") + 1,350 \times 0.72(") = 1,250 \text{ kg}$$

一人の推進力の最大限度 (P_o) を 45 kg 、 R_s を土運車重量の $\frac{1}{40}$ とすれば、坂路勾配 (S) の最急限度は、

$$\text{一人押五勾積の場合 } 45 \geq 706(S + \frac{1}{40}) \quad \text{即 } S \leq \frac{1}{26}$$

$$\text{二人押一合積の場合 } 45 \times 2 \geq 1,250(S + \frac{1}{40}) \quad \text{即 } S \leq \frac{1}{22}$$

此計算は極めて短時間働き得る人力を基礎とした計算であるから、此力を以て長い坂路を押し切ることは無論出來ない、即坂路が長くなるに従つて勾配を緩にせねばならぬ、普通の土工人夫が連日トロ押作業を繼續勞働し得る程度の坂路勾

配と共に長さの關係は大體次表の通りである。

人力五勾積及一合積土運車坂路表

第9表

坂路の長 (L)	10m	20	50	100	200	300	400	500	600	800m
勾配 (S) {	$\frac{1}{30}$	$\frac{1}{33}$	$\frac{1}{35}$	$\frac{1}{39}$	$\frac{1}{50}$	$\frac{1}{66}$	$\frac{1}{92}$	$\frac{1}{132}$	$\frac{1}{200}$	—
	$\frac{1}{26}$	$\frac{1}{28}$	$\frac{1}{29}$	$\frac{1}{33}$	$\frac{1}{41}$	$\frac{1}{52}$	$\frac{1}{70}$	$\frac{1}{93}$	$\frac{1}{125}$	$\frac{1}{210}$
人の推進力 (P) {	34.9 kg	33.4	32.0	29.8	25.8	22.5	19.5	17.2	15.4	13.4
	69.8 m.t.g.	66.8	64.0	59.6	51.6	45.0	39.0	34.4	30.8	26.8
仕事 (PL) {	0.35 量	0.67	1.60	2.98	5.16	6.75	7.80	8.50	9.24	10.72
	0.70 量	1.34	3.20	5.96	10.32	13.50	15.60	17.00	18.48	21.44

表中 $P \doteq 34.3 - 0.048 L + 0.0000274 L^2$

軌道の状態 勞働者熟練の程度に依つて上表勾配も少からず加減する必要あることは勿論である、一般に長い同一坂路は休息即疲労恢復の機會がないから $\frac{1}{100}$ 勾配 $200m$ 以上を連續の場合は中間に、水平線路又は之に近い緩勾配を配置して調節すれば労働能率を増進し得るものである、但し $\frac{1}{50}$ 以上の勾配はなるべく避くるを可とす。

以上は押上坂路の場合であるが、其反対に下り坂路の場合は $\frac{1}{30}$ 以上の勾配が $80m$ も續けばブレーキの必要がある、ブレーキは木片をクランク(曲柄)又はレバーの働く車輪に押付ける簡単なものが良い、満載土運車下り坂路の最急限度は軌道の状態、ブレーキの良否、人夫熟練の度に依つて異なるが普通 $\frac{1}{15}$ を超えては危険である。

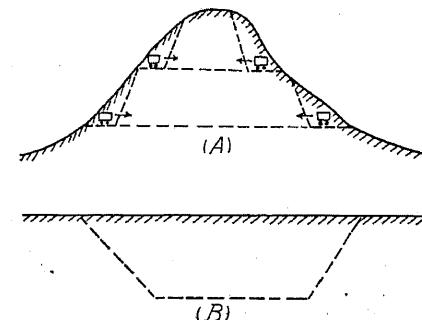
空トロの最急は $\frac{1}{10}$ を限度とす、總て下り坂路及其坂下附近に急曲線を置くことは脱線事故の原因となる。

曲線はなるべく緩なるを可とす、如何なる場合でも其半径は 50 cm 軌間に對して $6m$ 、 60 cm 軌間に對して $8m$ を最小限度とす、急曲線は脱線の原因となるのみならず、之がため曲線部補助人夫の必要を生ずることがある。

曲線部の外側の軌條は脱線を防ぐため内側より高くする、之をカント (Cant) と稱ふ、其程度は土運車の速度に依るが普通 7 cm 以下である、又車輪が此外側

軌條通過の際はスリップするから其摩擦を少くするため、之に車軸油を塗れば曲線抵抗が二割以上減少す。

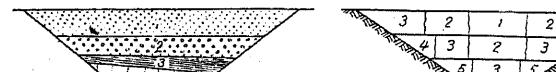
(6) 土工線路の配置 土工線路の配置の巧拙は工程と工費とに、重大な影響があるから、工事に着手するに當つては現場の状況に應じ充分周到な考査をなし、作業の全體が圓滑に無駄のない様に進行することを期せねばならぬ、線路配置上考慮すべき一般的の事項を次に述べる。



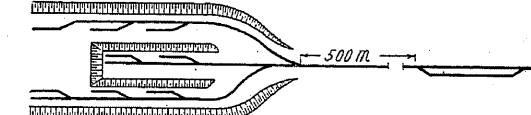
第 39 圖

るべきである。

□、土取が第39圖(A)の如き片切の場合は危険の伴はない限り、所定の掘鑿

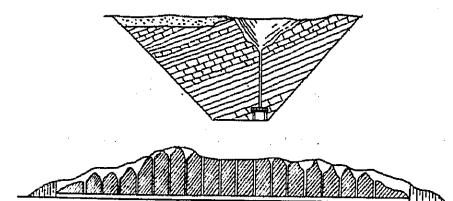


切取土工線配置圖



高に土取線を設け
水平に掘進んで一
段に切取るが得策
であるが、掘鑿深
と土質の關係上、
之を許さぬ場合は
二段三段と掘進す
る。

△、土取が第
39圖(B)の如き
箱掘の場合は一つ
の運搬線路に依り



シート式切取土工

第 40 圖

掘取すべき區域の終端迄先づ軌條を地表に配置し、其片側の土を掘取る、之に線路を下けて然る後水平に進むのである、土取線より下方の土の掘取と之に線路を移す作業は可なり手數を要するから、之等の作業をなるべく少くして全體の土を掘取る様に考案配線すべきである。

ニ、土取場と土捨場との高低差の關係に依つて生ずる坂路押上げの勞苦、又は下り坂路走行の危險を緩和する様土工順序並に配線を考慮すべし。

ホ、土取場と土捨場との高低差に對し、距離が近過ぎて坂路勾配が適當に調整出来ない場合は、土運車捲揚機エレベーター、クレーン等を配置して人力運搬を圓滑にするが經濟的である、之がために要する一切の費用は $1m^3$ 當 10 錢を超ゆることは稀で、取扱土量が多くなれば其半額以下となる。

ヘ、スキツチ、バック線(轉向線)又はターン、テーブル(回旋臺)を運搬線路中に設くると作業が著しく混雜澁滯するから、萬止むを得ざる場合の外は排斥する、但し空車返り線路には使用することもある。

ト、運搬線路の長い場合は特に労力の調整を考へて、坂路や平坦線を配合すべきである、即長い坂路には中間に平坦線を入れ、又平坦線のみ長い場合は途中に緩勾配の下り線を設けて、労働の單調を避け疲労恢復の時を與へて能率増進を計るべきである。

チ、土取線と土捨線とは作業の都合上、上下左右に移動し、又長さの伸縮を行ふものであるが、之等の作業は尠からず労力を要するのみならず、之がため工程を遅延するから、之等の移動をなるべく少くして土工を進め得る様に施工順序及配線を工夫すべきである。

リ、土取線は積込作業の都合上幾線も分岐線を設くることあるも、運搬及土捨線は普通單線往復とす、若し地形其他の事情が許すならば、往路と復路を別線とし又は循環線とすれば土運車の待合はせ混雜を避け能率を増すことが出来る。

ヌ、地形と土工器具とが許すならば、土工線は二線以上對立せしめて兩者を競争激勵することも工程を擧げるため有効である。

(7) 土運車捲揚機、エレベーター、クレーン

道路、鐵道、河川の築堤工

事の如き作業現場が廣い場合には捲揚機を使用し、市街地の地下鐵道や建築工事の基礎根据の如き餘地極めて狹小な場所には、エレベーター やクレーンを使用し人力作業は平坦部だけで行ふ様にするが得策である。

一運搬線路に十數臺の土運車を頻繁に往復せしむる様な大土工には捲揚機が最も適して居る、クレーン、エレベーターの能力は到底捲揚機に及ばない。

捲揚設備は坂路は普通杭打棧橋とす、其勾配は $-\frac{1}{5} \sim -\frac{1}{12}$ 、捲揚速度は 30 ~ 50 cm/sec を適當とす、土運車の引上げは半軟鋼のリンクに硬鋼ピンを使用せるリンク・チェーンが事故最も少く安全である、坂の上下には鑄鋼製のスプロケット・ホキールを取付て、軌道の中心に約 2m おきにローラーを設け、チェーンを軌道の上下に環状に取付ける、捲揚機の他の歯車と夫等の取付は完全にして絶對安全を期さねばならぬ、動力は電氣が最も便利で且つ經濟である、土運車とチェーンとの結合は其前方に於て特殊の掛け金を使用するものと、適當の間隔にリンク・チェーンに取付けられたレバーが突出して居つて、之に土運車の後部臺枠が支へられて押上げられるものとがある、空トロの歸り途は捲揚坂路が急な場合は別線路を設ける。

捲揚機用の電動機の馬力数は概算次の通りである

W = 土運車の満載重量 (kg)、 N = 同時に引上げられる土運車の数、 S = 坡路の最急勾配、 F = 土運車の抵抗係数、 V = 掘揚速度 (cm/sec)、 E = 掘揚機の総合効率 (ローラー、フリクションを含む)

$$H.P. = NWV(F+S) \frac{1}{7.500E}$$

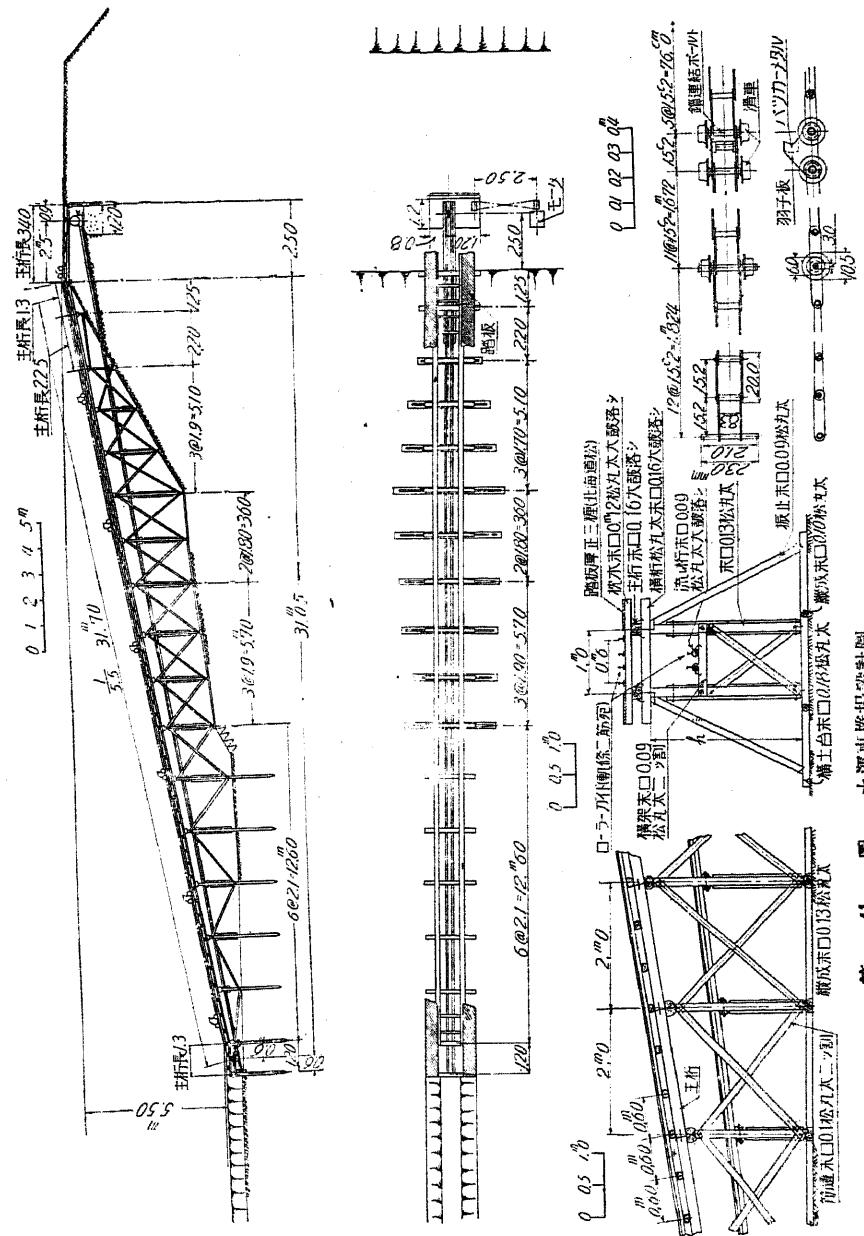
$$W = 1,250 \text{ kg} \text{ (一合トロ), } N = 4 \text{ 台, } S = -\frac{1}{10}, F = -\frac{1}{50},$$

$V = 45 \text{ cm/sec}$, $E = 0.5$ とすれば

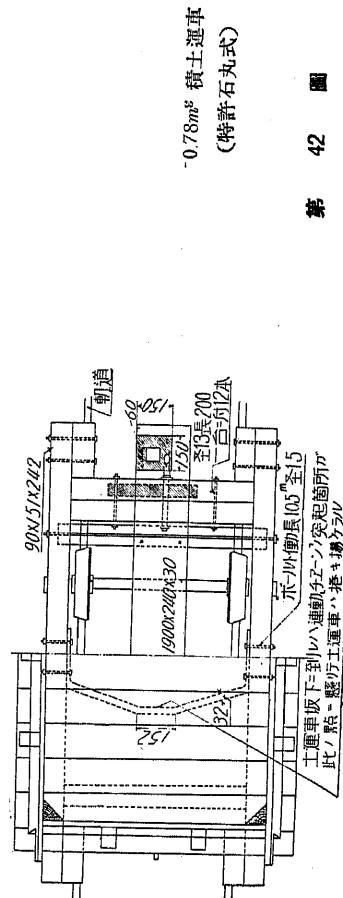
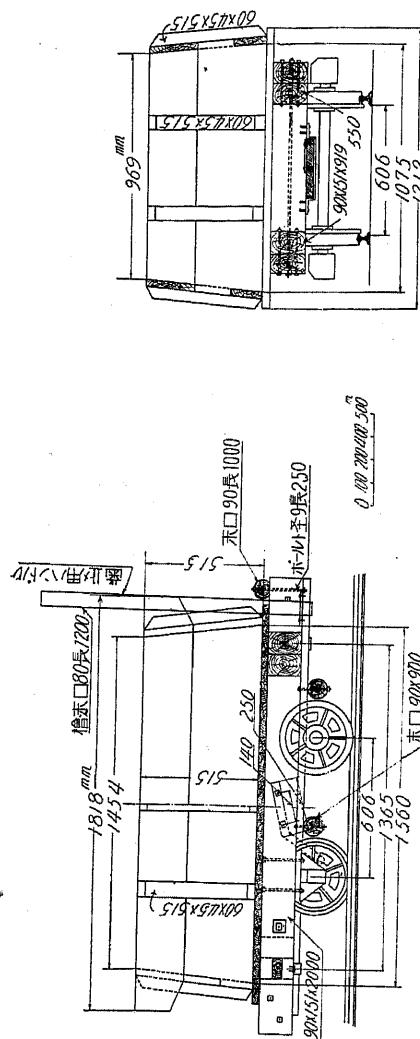
$$H.P = 4 \times 1.250 \times 45 \left(-\frac{1}{50} + \frac{1}{10} \right) \times \frac{1}{7.500 \times 0.5} = 7.2 \text{ (佛馬力)}$$

即ち7馬力半のモートルを使用し $\frac{1}{10}$ 坂路に於て毎秒45cmの速さにて同時に4臺の土運車を引揚げ得る。

エレベーター、クレーンは普通の構造と格別異なる處はないが、丈夫であること

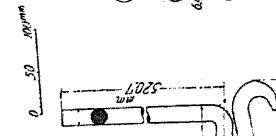
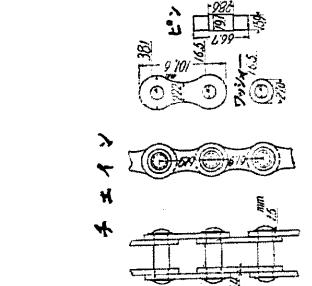


第41回 土運車捲揚設計圖

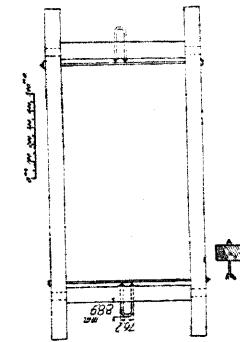
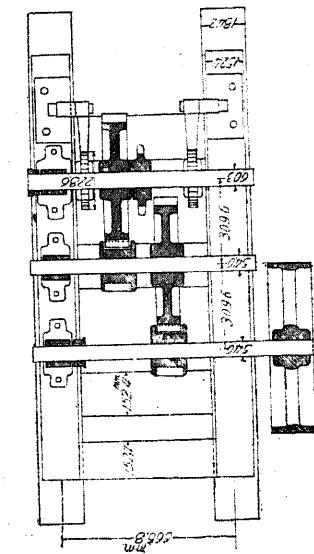
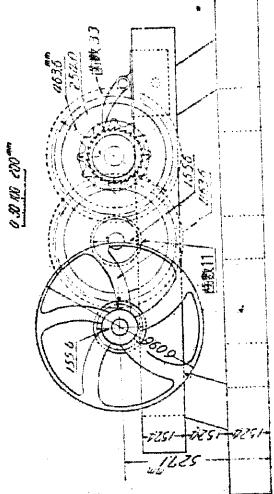


第 42 図

チエイン



フック



第 43 図 土運車捲揚機 (特許松岡式)

と、器具の主要部が泥土のため破損せぬ様に注意して、保護されることが必要である、土運車一臺を扱ひ得る能力を普通とする。

(8) 土取及土捨作業 土取作業は土取線を略水平に移動して掘進する、其掘鑿直高が 2m 位迄は危険なきも 3m 以上になると土質の如何に依つては、懸崖の土砂崩壊のため、土取線路を埋没され甚しきは死傷者を出すことがある、之等の事故に對するため次の方法を探る。

イ、大崩壊に依つて作業障碍を生じない程度の掘鑿法面となる様、上部地表より土砂を搔き落す。

ロ、掘鑿断面が危険を感じる程度に急斜面となりたる場合、其部分の線路を安全地帯迄移動し、危険のない區域で土取作業を行ひ、其間に急斜面の崩壊を行ふ急斜面が崩壊する前には其懸崖の上部地表に裂目を生ずるから、之を怠らず監視して崩壊を豫知する、又此裂目に矢(楔)を打込み缺裂を促し崩落せしむ。

ハ、掘鑿線を二段以上に増して土取及運搬作業を行ふ。

以上の内(イ)及(ロ)の方法は多くの場合に於て運搬線路の勾配が(ハ)の場合より都合よくなるも土砂の切り落しに労力を要し費用を増加する、貢岩其他粘質の固い地盤で高い掘鑿断面の場合は、掘鑿斜面の下部に第 40 圖の如くシートを作り、之に土運車を寄せ付け、上部懸崖より切落した土砂を直接土運車に受けて積込み、費用を節約することが出来る。

掘鑿地盤が固い場合は、鶴嘴、鍬等を使用し、尙困難な場合は爆薬を使用する。

土捨作業は單に(イ)不用土砂を投棄する場合と、(ロ)所定の高さに埋立する場合と、(ハ)築堤を行ふ場合とある、(イ)の場合は土捨線の引延ばし及昂上の作業を最も手數の少い方法で必要な區域及高さ迄行ひ、其後は絶へず略水平に線路を移動しつゝ土砂を搬出するのが經濟である、(ロ)及(ハ)は盛土の安定のため二段以上の層に搬出する必要があるが、各層に於ける土捨の方法は(イ)の場合と同様にすべきである。

土運車の土砂投棄は五勺積鍋トロは一人又は二人掛け、一合積鍋トロは二人掛け、同木製トロは四人掛けが普通である、土捨補助人夫を使用することもあるが、

普通の場合は同列の前後土運車附人夫の共同作業とする、土運車の脱線事故の生じない限度に線路を土捨の方に傾けて置けば、土箱の傾倒容易である、又土運車の停止後速やかに行へば土砂の粘着が少く放下し易く得策である。

(9) 土運車及作業員の配置 一組の土工線路上に幾臺の土運車を配置すれば、工程及作業能率上適當であるかは、主として線路の長短難易に依つて定まる、其他土取土捨の便否、從事員の熟練の程度を考ふる必要がある、即相當に長い線路であつて轉向線、急坂路、急屈曲等の難所少く、土取土捨の便利な、熟練せる從事員の場合は混雜を生ずることなく各自の能力を充分に發揮し得るから、土運車を多數配置し得るが、然らざる場合は混雜のため運搬回数を著しく減ずるから車數を制限して調節せねばならぬ、土運車各個の能率と一運搬線路全體の土工能率とを考慮して經濟車數を定むべきである、普通の場合に於ける車數の概略の見當を示せば土運車の走行距離 20~30m について一臺位の割合である。

一土工線路の作業員を區別すれば、土取線路係、土捨線路係、保線係、土運搬係(トロ押)等である、局部的に急激な坂路又は屈曲のある場合は、其局部の補助人夫を要することもある、土運搬係の人数は前に述べた處に依るが、其他の係員は普通一人位である、作業の繁閑に従つて増減すべきは勿論である。

上述線路係員の數は土運車數と其運搬回数に伴ふ増減が僅少であるから、混雜の生じない範囲では一線路上の車數を増すが得策である、即線路を平易にし混雜を起さない範囲で多數の土運車を回数多く往復すれば工程進み工費も安くなる。

(10) 運搬歩掛 人力土運車土工に於ける運搬歩掛は線路の状態、一線路上の車數、其他種々の條件で異なるが、茲には線路の延長、高低差、運搬速度等を基本として一人押五勺積、及二人押一合積土運車の經驗に依つて得たる標準を述べることとする。

N は一日の運搬回数、 D は土取場と土捨場との中心距離 (m)、 v は平均(往復)走行速度 (m/min)、 T は一日中の純労働時間 (分)、 t は積込、土捨、方向轉換、待合はせ等走行をなさる時間 (分)、 c 一回に運搬する土量とすれ

$$1 \text{日の運搬回数} \cdot N = \frac{T}{\frac{2D}{v} + t}$$

$$1 \text{日の運搬土量} \quad N \cdot c = \frac{T}{\frac{2D}{v} + t} \cdot c$$

實際の經驗に依れば

T は 420 分 (冬季) ~ 540 分 (夏季) 平均 480 分

v は 60 ~ 70 m/min 平均 65 m/min

t は 6 ~ 15 min.

今 $T = 480 \text{m}$, $v = 65 \text{m/min}$, $t = 7.5 \text{min}$. とせば

$$N = \frac{480}{\frac{2D}{65} + 7.5} = \frac{15,600}{D+244}$$

D 50. 100. 150. 200. 250. 300. 400. 500. 600. 700. 800. 1,000.

N 53. 45. 40. 35. 32. 29. 24. 21. 18. 16.5. 15.0. 12.5.

運搬線路中の上り坂は次の式に依り等量水平距離に換算する。

換算水平距離は $d = l(1+60g)$

l は上り坂の水平距離 (m)

g は上り坂の勾配

g	1/200	1/100	1/60	1/50	1/40	1/30	1/20
d	$1.3l$	$1.6l$	$2.0l$	$2.2l$	$2.5l$	$3l$	$4l$

走行平均速度 v と、積込、土捨、待合はせ時間 t とは線路の状態、車數、熟練等に依つて敏感に影響するものである。積込所要時間 (運搬者自身積込) は五勾トロ 1人、一合トロ 2人にて 4 ~ 8 m、土砂放下所要時間 1 ~ 2 m なるも作業員の統制を完全にすること困難なる場合は、待合はせのため空費する時間多し。

眞田博士が淀川及利根川の河川工事に於て、五勾及一合トロの経験に基き案出されたる、次の運搬回数公式は最も實際に適するものである。

$$N = \frac{7,500 + 6d}{d + 90 + 3n + 4h}$$

N は 1 車が 1 日になし得べき往復回数

d は土取場より土捨場迄の中心距離 (間)

n は一線路上に働く車數、 h は土取場と土捨場との高さの差 (呪)

此公式分母中の 90 は土質の硬軟、粘着土、草根の有無等に依り變化すべきもので、此式の計算の結果を示せば

五勾トロ及一合トロ運搬回数表

第 10 表

運搬距離 (d)間	車 數 (n)	往復回数 = $N = \frac{7,500 + 6d}{d + 90 + 3n + 4h}$					
		$h = 0$	$h = 5$	$h = 10$	$h = 15$	$h = 20$	$h = 25$
30	5	56.9	49.5	41.5	34.6	29.8	26.3
	10	51.2	45.2	38.4	32.4	28.0	25.1
	5	47.6	42.5	38.3	34.9	29.8	26.3
60	10	43.7	39.3	35.7	30.8	28.3	25.1
	20	37.4	34.2	31.4	29.1	25.6	22.9
	5	39.5	36.0	33.1	30.6	28.4	26.6
100	10	36.8	33.8	31.2	28.9	27.0	25.3
	20	32.4	30.0	28.0	26.1	24.5	23.1
	5	32.9	30.5	28.5	26.7	25.1	22.7
150	15	29.5	27.5	25.8	24.3	23.0	21.8
	30	25.5	24.0	22.7	21.5	20.5	19.5
	5	28.5	26.8	25.2	23.8	22.6	21.5
200	15	6.0	24.5	23.2	22.0	21.0	20.0
	30	22.9	21.8	20.7	19.8	18.9	18.1
	10	24.3	23.1	22.0	20.9	20.0	19.1
250	20	22.5	21.4	20.5	19.6	18.8	18.0
	30	20.9	20.0	19.1	18.4	17.6	17.0

(11) 土工設備

土工設備の主なるものは軌條、枕木、土運車等にして其の所要數量は取扱土量、期間、線路の延長及其工程に依つて變化する。

例、一合積土運車を使用し 6 箇月間に $30,000 \text{m}^3$ の土工を完成する場合の土取場と土捨場の中心距離 500 m、最大距離 700 m、上り坂路 $\frac{1}{60}$ 延長 50 m とすれば

換算水平距離 $D = 500 + 2 \times 50 = 600 \text{m}$

運搬回数 $N = 18$ 回、1日 1臺の運搬土量 $= 0.72 \times 18 = 12.96 \text{m}^3$ なり、1箇月の

内 24 日就業し得るものとし、1臺の土運車 6 箇月間の工程 $= 12.96 \times 24 \times 6 = 1,866 \text{m}^3$

となる、線路延長 30 m につき 1臺の土運車を使用するものとせば、一線路に使用する臺

數は $\frac{500}{30} \doteq 17$ 台なり、依つて一線路六箇月間の工程 = $1,866 \times 17 = 31,722 m^3 > 30,000$

以上は設備の全能率を發揮し得た場合の計算なるも、労力の供給不足、作業熟練の不備、線路の移動等諸種の事情のため實際經驗の結果は、前記數字の5割餘の成績を普通とする、故に實際に於ては土工線路を2線設備するの要あり、此設備費を擧ぐれば、

軌條(6 kg/m) 總延長	$2 \times 700 = 1,400$ km (此新調費附屬品共 1,400圓)
土運車臺數	$2 \times 17 + 6 = 40$ 臺 (此新調費 $55 \times 40 = 2,200$ ")
分岐線	左、右、各 3 組宛 (此新調費 $15 \times 6 = 90$ ")
松木(松丸太末口 8 cm 長 1.2 m)	2,310 挺 (此新調費 231 ")
其他雜器具(スパイキングハンマー、ペール等)	(此新調費 200 ")

以上新調查合計 4,121 圓，一線路分 2,060.5 圓

§ 18. 人力土運車土工費及作業注意

(1) 土工費 前項の例について土工費を調査すれば、

イ、設備費及損料 一組の設備に依る取扱土量が多くなる程単位土量當り設備費は輕減さる、前例に於ても若し工期六箇月を一箇年とすれば、土工線は一線にて足る、設備費は全部新調するも 2,060.5 圓にて済む譯である。

設備の毀損について考ふるに、帆條は最も少く車輪車軸は之に次ぐ、之等鐵製部は僅少の修理費に依つて殆ど原形に復し得るものである、土運車の木製部及枕木は毀損最も甚しく二、三年若くは一工事毎に全く無價値のものとなる。

一工事の設備費として見積るべき額は、其工事に依つて失ふべき減價償却（全然毀損せるものを含む）と、元金に対する使用期間中並に次の使用時期迄の利子と尙其保管費とを見込むべき譯なれ共、此見積は算出の基礎を確かめること困難であるから、普通は軌條 1m 1箇月當り又は土運車一臺當り借用損料として、土工費中に見積つて居る、此損料は元より設備の良否に依りて等差を生ずるが、軌條及土運車の鐵製部は一箇月につき元價の 2.5～3.5%，木製部及枕木は普通一工事限りで消耗するものとす、然し他の工事に利用し得る場合は其新調費の $\frac{1}{2}$ 以下を他の工事に分擔せしめ得る。

以上の外設備費として之等器具の現場迄の運搬費を見込む要あり（都合に依つ

ては之を雑費として取扱ふ場合もあり、如上の方式に依つて前項(11)の場合の設備費を算出すれば、

軌條損料	$(1,400 + 90) \times \frac{3}{100} \times 6$	268.2 圆	
土運車損料	$2,200 \times \frac{1}{2} \times \frac{3}{100} \times 6 = 198$	748.0 圆	
木製部	$2,200 \times \frac{1}{2} \times \frac{1}{2} = 550$		
枕木新調費	231.		
以上現場迄の運搬費	100.		
合 計	1,347.2 圆		

口、修理費 修理の主なるものは土運車の木造部修繕と枕木の取換にして、其他は軌條の屈曲直し、スパイキ、ペシ、ボルトの補充、車輪車軸の手入れ、タルの入換等なるも其金額は僅少なり、之等の修理費總額は土量 1 m^3 當り 4~5 錢を普通とする、4.5 錢とすれば、 $30,000\text{ m}^3$ につき 1,350 圓を要す。

八、線路敷設費 土工を始める時並に作業中の線路敷設費にして、計画の土取運搬、土捨各線路の地盤に於て簡単な切盛土工に依り、排水並に地均しを施し軌條を並べ枕木を取付ける費用を含む、線路長1m當0.1~0.3人を要す、(河川溝渠を横過する橋梁、暗渠、並に線路用地及補償費等の費用は含まず)、依て0.2人とせば、 $1,400 \times 0.2 \times 1.5 = 420$ 圓なり、但し人夫賃1日1人1.5圓とする。

二、積込、運搬、作業費 土質を普通の土砂とすれば、

$$\left\{ 0.054 \text{人(積込歩掛)} + \frac{2 \text{人}}{18 \text{回} \times 0.72 m^3} \text{(運搬歩掛)} \right\} \times 30,000 m^3 \times 1.5 \text{圓} \\ = (0.054 + 0.154) \times 30,000 \times 1.5 = 6,240 \times 1.5 = 9,360 \text{圓}$$

此外に土運車の車軸注油用としてマシン油を土量 100 m^3 に付 1.0 リートル弱 (1立 價 0.1 ~ 0.15圓)、同車輪車軸掃除用としてボロを土量 100 m^3 に付 30 瓦を要す、何れも僅少の費用にして労力費の $\frac{1}{100}$ を超過することはない、依つて之を諸費中に含ましむ。

木、線路掛り費 土取、土捨兩線に各一人、中間保線に一人合計三人掛りとし
毎月 24 日宛就業 6 箇月分 $3 \times 24 \times 6 \times 15 = 648$ 圓

ヘ、諸費 以上の外に作業指導のため一土工線につき一人宛の工夫、丁張測量

其他雜役人夫、傷病手當、其他雜材料消耗品の費用は(ハ)(ニ)(ホ)の合計の約一割を要する。即

$$(420 + 9,360 + 648) \times 0.1 = 1,042.8 \text{ 圓}$$

ト、工事費合計及 $1 m^3$ 當 $30,000 m^3$ の土工を 6箇月間に完成するため必要なる費用の合計は

土工設備損料 (イ)	1,347.2 圓
同 修理費 (ロ)	1,350.0
作業費	10,428.0
内 線路敷設 (ハ)	420.0
積込及運搬 (ニ)	9,360.0
線路掛 (ホ)	648.0
諸 費	1,042.8
合 計	14,168.0

$$\text{工事費 } 1 m^3 \text{ 當單價} = \frac{14,168.0}{30,000} = 0.472 \text{ 圓}$$

チ、事務費 工事の施工及事務整理に從事する主任技術者及助手各一人に對する諸給與工事見張所兼事務室としての建物、事務用筆墨紙其他諸品、人夫募集其他外部との交渉費、等の事務費を要す、其額は工事の大小、期間の長短、労力供給の難易、天候等に依り上述總工費の 6~12%なり、假りに 10% とすれば

$$\text{總工費} = 14,168.0 + 1,416.8 = 15,584.8 \text{ 圓}$$

$$\text{總工費 } 1 m^3 \text{ 宛} = \frac{15,584.8}{30,000.0} = 0.519 \text{ 圓}$$

リ、金利及利益 以上の外に工事施行に要する資金の利子と、請負者の利益として其營業上必要な諸機關を維持するに足る最小限度の費用を必要とす。

(2) 作業上の注意 施工上注意すべき事項は已に前各項に於て述べたが尙其要領を列擧すれば、

イ、土工器具の種類品質、數量を其工事に最も適應する様取揃へること。

ロ、土工線路の配置、並に坂路、曲線、捲揚機等の選擇は特に全體の作業の圓滑、能率、經濟を計かるべく留意すること。

ハ、作業員の配置は適材を適所に置き、各部署の能力平衡と連絡とを保持する

様統制に留意すること。

ニ、定傭賃銀制は能率最も不良なる故作業の性質上、止むを得ざるもののみに止め、其他は各個人に對し課程附勞働賃銀制（所謂切り渡し工事）を採用し能率増進を計るべし、此の場合課程に就ては工事出來形、並に勞働の難易に従ひ絶對公平を期すること肝要なり、尙工事の粗惡、危險等の弊害を生ぜざる範圍に於て或る定量以上の出來形に對し歩増獎勵法を設くるを可とする。

前項の課程及賃銀は必ず各個人毎に支拂ひするを要する、之れを團體的に行へば各個人實際の勞働に對する報酬の公平なる分配を期することは困難である。

ホ、工程の實績は各土運車の積荷の良否に依り著しき差を生ずるから、必ず満載せしむる様注意すべし。

ヘ、工事の進行途中に於て掘鑿跡坪と盛土出來形とを實測し、運搬土量と比較對照して其の増減を明瞭にし、將來の土量に對する参考とする。

經驗の結果に依れば、土運車の實積載量に對する竣功出來形土量の割合は普通土は約八掛、川砂及切込砂利ならば約九掛、粘土ならば約七掛に當つて居る。

ト、特別の事由に依り工事期間の制限を受くる場合の外は、一定量の土工に對しては勞力供給の狀態、施工時季、施工方法、其他各種の事情に依つて最も經濟的な施工期間が定められるのであるから、此の期間内に終了する様努力せねばならぬ、期間の延長は雜費の累加を免れざるものである。

§ 19. 牛馬使用土運車土工

牛馬の供給豊富なる地方に於ては現今尙行はれて居る、人力運搬より遠距離の作業に有利である、普通 $400 \sim 1,200 m$ の運搬距離に應用される、運搬距離 $1,000 m$ を超ゆれば牛馬の疲勞著しく次第に能率が減ずるから、機關車運搬に依るべきである。

軌條と土運車とは人力の場合と同一程度のものを使用す、一回の牽引車數は線路の狀態及牛馬の力に依つて一合積 3~6 臺連結す、牛馬を使役する御者の外に土取積込人夫及土捨人夫の配置を要す、一土工線路に使役する牛馬の數は配線の狀態に依つて、混雜を生じない程度を計り定むべきは勿論である、各牛馬の牽

引速度を調整することが大切である、土運車牽引の調練なき新牛馬の混用は全體の能率を減殺するから之れを避けねばならぬ。

人力の場合より使用土運車多數を要し且其の損傷特に甚しい、木製のものは人力の場合に比し修理費5割以上を増加す、馬は牛よりも土運車の損傷多きを普通とする。

人力土運車に比し車臺枠を丈夫にし、連結鎖及フック、緩衝材については特に注意製作を要する。

實際の成績に依れば保線費、軌道假橋費、土運車修理費に於て人力の場合より増加を免れざるも、500m以上となれば運搬費に於て節約出来るから、人力より有利で且工程も進捗する。

牛馬1日の純従業時間は8~9時間にして其の行程次の如し。

牛 1日の行程 27~30km、毎時平均速度 3.4km

馬 " 32~40km, " 4.2km

土取及土捨場に於ける待合はせ時間は土取場（他の人夫に依り積込終りたる土運車と空車との入替）2~3分、土捨場も同様2~3分を普通とする。

眞田博士の河川工事に於ける牛馬1日の運搬回数實驗公式は次の如し。

$$N = \frac{7,500}{d+75+4h+75R} \quad \text{御者自身積込をなす場合}$$

N は1日の運搬回数、 d は運搬距離（間）、 h は高さ（呪）、 R は一列車の土運車數、待合はせ時間を10分とする。

$$N = \frac{7,500}{d+75+4h} \quad \text{土取場に配置されたる人夫に依り積込をなす場合}$$

一土工線路に使役する牛馬の數は線路の延長 400m に對し 6 頭、同 700m に對し 10 頭、同 1,000m に對し 14 頭位を普通とする、所要土運車の數は牛馬の頭數に平均連結車數（約 4 台）を乗じたるもの、約 3 割増を用意すべし、人力土運車の場合に比し、所要人夫數は凡そ半減するから、労働者不足の場合に採用するを得策とする。

第三節 人力掘鑿機關車運搬土工

§ 20. 概 説

人力及牛馬使用土運搬は其の距離の遠くなるに従ひ、工費を著しく増加し、工程も亦遅延するから、運搬用の機關車（Locomotive）を使用して運搬能力の増加を計る必要を生じて来る、又運搬能力の激増に應するため、適當なる掘鑿積込用の掘鑿機（Excavator）が必要となつて來るのが普通であるが、全體の土量が僅少で機械費の負擔に耐へない場合、若くは現場の地形複雑狭小にして到底掘鑿機の使用に適しない場合は、人力を以て掘鑿積込を行ふ、本節に於ては此の方式の土工について述べることとする。

§ 21. 機關車、軌條及土運車の組合はせ

作業を圓滑に遂行し土工全體の費用を輕減するためには、之れに使用する機關車と軌條と土運車の三者の重量、若くは容量を適當に組合はせることが最も肝要である、此の三者の調整が完全でないと、如何に努力するも優秀なる成績を得ることは出來ない、即ち使用機關車の適當の大さを選定したならば、之れを支へ走行に支障を來さないだけの軌條の重量及軌間を適當に定め、又機關車の牽引力に適當し、且積込、土捨作業に便利な土運車を選定せねばならぬ、次表は之等の諸點に對して経験上適當と認められたる組合はせである。

人力掘鑿、機關車、運搬土工、器具組合はせ表

第 11 表

機 關 車 重 量 (kg)	3,000	5,000	7,000	10,000	20,000
軌 條 重 量 (kg/m)	6.0~8.9	8.9~9.9	8.9~11.9	11.9	14.9~22.3
(kg/y)	(12~18)	(18~20)	(18~24)	(24)	(30~45)
軌 間 (cm)	60	60~90	60~90	90	90
木 製 土 箱	0.72	0.72~0.9	0.9	—	—
土運車容量 (m³)	ワ ゴ ネ ダ ン プ カ イ	0.72 —	0.9~1.2 0.9~1.2	1.2 1.2	1.2 1.5
				3.0	3.0~4.5

§ 22. 機關車重量と工程及工費

土工計畫に於て何處の機關車を採用するが得策なるかは、工事期間、工事現場

の地形、取扱土量、運搬距離、土質、並に土工設備費等を充分考慮して、精確な工費見積を立てゝ決すべきであるが、既往の経験に依り一年以上繼續施工せる土工の概略の標準を示せば、

第 12 表 人力掘鑿、機関車運搬土工の工程及工費概算表

機関車重量(kg)	3,000	5,000	7,000	20,000
同上 燃料	ガソリン	ガソリン又は石炭	重油又は石炭	重油又は石炭
運搬距離(m)	1,000	1,200	1,500	2,000
土質	普通土 粘土	普通土 粘土	普通土 粘土	普通土 粘土
工程(一年に付m ³)	48,000 36,000	72,000 57,000	110,000 80,000	240,000 200,000
工費(m ³ 當り圓)	0.350(石炭)0.400 0.400 0.460	0.300(石炭)0.345 0.330(瓦倫)0.380	0.250(石炭)0.280 0.260(重油)0.300	0.220(重油)0.250

本表中工費には作業費、修理費、毀損費、設備費等を含む、労力費及材料費の單價は昭和6年度より二割高として概算す。

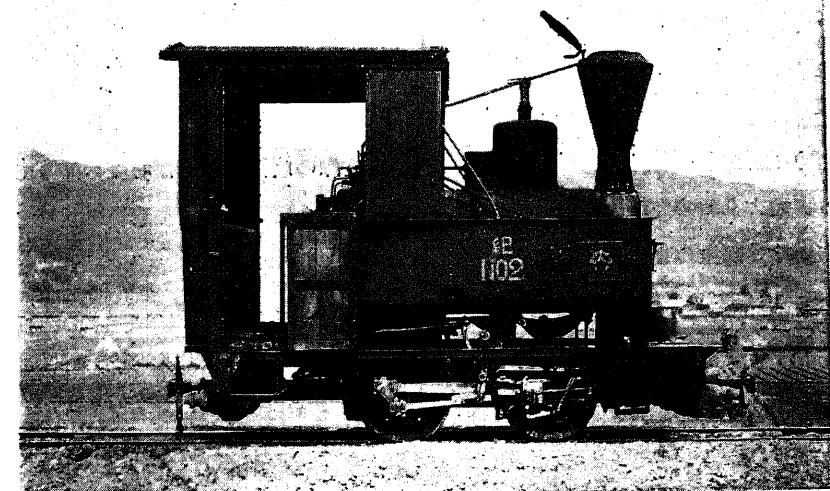
此の表に示す如く機関車が大きくなるほど工程上がり、遠距離に有利にして、且工費は著しく減少するを見る、又燃料は重油を使用するディーゼル機関車が最も有利である。

§ 23. 機関車

土工用機関車として特に重要な條件は激しき運轉に耐ゆること、修理容易なること、運轉費低廉なることの三點である、從來普通に使用せられたのは蒸氣機関車であるが、近來は内燃機の發達に伴ひガソリン機関車、ディーゼル機関車が有利になつて來た、尤もガソリンは高價であるから普通5t_g以下的小型に使用され、ディーゼル機関の小型のものは事故を起し易いから、6t_g以上ものに採用される、電氣機関車の内電車線式(Trolley wire)は線路の移動頻繁なる土工には電車線の移動が厄介なため利用された實例が少いが、近年發達せる蓄電池機関車は將來最も有望視されて居る。

§ 24. 蒸氣機関車 (Steam Locomotive)

(1) 構造及性能 土工用として適當なる機関車の構造及性能の概要を表示すれば次の如し。



5噸蒸氣機関車
第 44 圖

蒸氣機関車構造及性能表

第 13 表

名 称	5 噸 汽 関 車	20 噸 汽 関 車
車體の全長及幅(m)	長 3.547 幅 1.854	長 6.57 幅 2.10
煙突上端迄の高(m)	2.648	3.45
車軸心距(m)	1.009	前輪軸間1.27 後輪軸間1.32
軌間(mm)	610	1.069
聯結器	センター・バフラー	センター・バフラー
車輪徑(mm)	660 鐵鋼鍛輪四輪	940 六輪鐵鋼鍛輪
蒸氣最大壓力(kg/cm ²)	12.65	12.65
同上 使用壓力(kg/cm ²)	9.84	9.84
水槽容量(立)	732	1,779
積載石炭量(kg)	363	226
汽笛管徑(mm)	152	330
同衝程(mm)	304.8	406
爐熱面積(m ²)	0.297	1.24
傳熱面積(m ²)	10.75	77.5
軌道線路曲線半徑(m)	最小 10 普通 30	最小 50 普通 100
同上 分岐	五番以上	八番以上

走行速度(km/h)	9~12	13
軌道線路最急勾配	1/100	1/100
正味 0.6 m ³ 積	25~27	正味 2.1 m ³ 積
" 1.0 "	20~22	" 3.0 "
" 1.1 "	16~18	20

(2) 運轉費 内務省河川工事に於ける、實際の成績を示せば次表の通りである、元より地形運搬距離、器具其他設備の良否、土質、天候、從事員の技能等に依つて5割位の差を生ずることは屢々である。

第14表 蒸汽機關車運轉費 100 m³ 當り(人力積込の場合)

機關車重量(tg.)	5 tg. 機關車				20 tg. 機關車				
	運搬距離(m)	1,200	1,600	2,000	4,000	勾配	1/120	1/120	
石炭	kg	280	2.800	330	3.300	160	1.600	250	2.500
エンジン油	立	1.5	0.210	1.8	0.270	0.4	0.056	0.6	0.084
シリンドー油	"	0.4	0.080	0.5	0.100	0.2	0.040	0.3	0.060
土運車用車軸油	"	2.5	0.250	3.0	0.300	0.8	0.080	1.0	0.100
雜品		0.100		0.110		0.030		0.050	
小計		3.440		4.080		1.806		2.794	
機械付員	人	0.75	1.500	0.8	1.600	0.4	0.800	0.6	1.200
手傳人夫	"	0.75	1.050	0.8	1.120	0.3	0.420	0.4	0.560
小計		2.550		2.720		1.220		1.760	
合計		5.990		6.800		3.260		4.554	

(3) 修理費 修理の主なる部分はボイラー・チューブ・ピストン、ピストン・シリスター、車輪等にして一年に一回位は大修繕を要し、尙平常細部の手入又は取換をなすものである、修繕費は機關車の新舊並に品質、作業の緩急に依り差異甚しきも、長年の平均を探れば 100 m³ 當り 1.0 ~ 1.5 圓の範囲となる。

§ 25. 瓦斯倫機關車

本邦にて從來使用されたる瓦斯倫機關車は米國製最も多く、獨逸製之に次ぐ、近來日本製もあり。

米國製

ホイットコム會社製、ホイットコム型

フェート・ルート・ヒート會社製、プリマウス型

ミルヨーキー會社製、ブルーム・バーグ型

獨逸製

フレンスタイン・ウント・コツベル會社製、モンタニア型

(1) 瓦斯倫機關車構造及性能表

第15表

名 称	ブリマウス型 3米噸	ホイットコム型 6米噸 WVAU型	ブリマウス型 7米噸
車體全長(m)	3.150	3.226	3.657
同 幅(m)	1.270	1.397	1.302
同 高(m)	1.829	2.261	1.829
車軸心距(mm)	991	1,168	1,024
車 輛 (mm)	457	610	457
聯結器	センター・バファー 高さを加減し得	センター・バファー 高さを加減し得	センター・バファー 高さを加減し得
傳動裝置	摩擦盤連鎖式	齒車式チエイン、ドライブ	摩擦盤連鎖式
始動裝置	手 勘	電氣スター	電氣スター
冷却裝置	水冷 自然循環	分割蜂巢形放熱器	分割蜂巢形放熱器
馬力數	每分 1,000 回轉にて 23 H. P.	每分 1,000 回轉にて 41 H. P.	每分 1,000 回轉にて 52 H. P.
速 力	最大每時 15.9 km	前進 後進 各四段 最大 17.5 最小 5.4 km	最大每時 19 km
軌 間	61 cm 以上	61 cm	61 cm 以上
軌道線路の曲線半徑	最小 10m 普通 30m 以上	最小 11m 普通 30m	最小 11m 普通 30m
同 上 分 歧	五 番	五 番	五 番
同 上 勾 配	最急 1/100 普通 1/150	最急 1/100 普通 1/150	最急 1/100 普通 1/150
牽引車輛數	0.72 m ³ 積 12臺 勾配 1/120	0.72 m ³ 積 25臺 勾配 1/120	0.72 m ³ 積 29臺 1.0 m ³ 積 鍋トロ 20臺 1/120

(2) 修理費

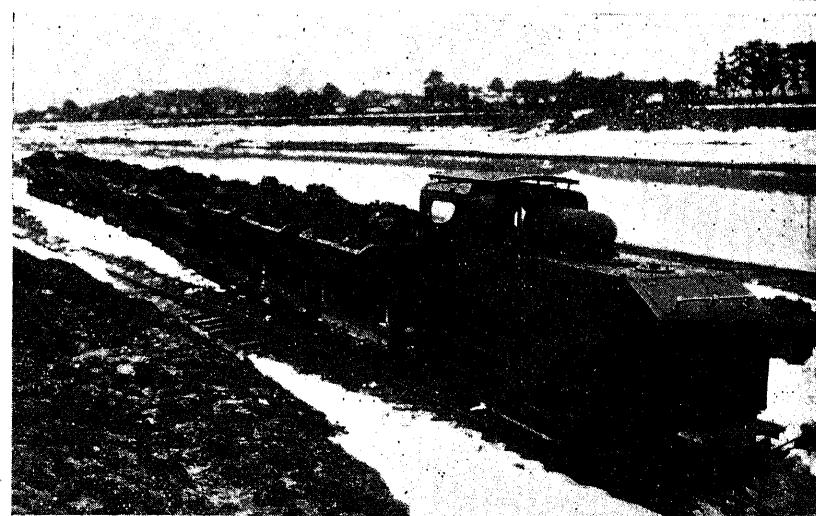
一般に瓦斯倫機關車は蒸氣機關車よりも、修理費少かるべき筈なるも、其取扱上の注意不充分なる場合は著しく費用を増すことあり、修理の主なるものはドライビング・チエインである。之は磨滅甚しく屢々取換の必要を生じ工程にも影響するから、豫備品を用意し且品質の最優良品を選択するを得策

とす。

100 m³ 當り平均修理費は 0.50 ~ 1.00 円である。

(3) 瓦斯倫機関車運轉費 100 m³ 當り (人力積込の場合) 第 16 表

機関車重量 (米噸)	ブリマウス型 3 ton	同 上 4 ton	ハイツトコム型 6 ton	
運搬距離 (m)	1,000	1,200	1,500	
勾配	1 200	1 120	1 120	
名稱	単位	数量	金額	数量
ガソリン	立	15.0	2,250	18.0
モビール	"	0.4	0.120	0.4
グリース	kg	0.1	0.030	0.1
雑品		0.080	0.080	0.060
土運車用車軸油	立	1.5	0.150	2.0
小計			2.630	3.130
機械付員	人	0.70	1.400	0.65
手傳人夫	"	0.20	0.280	0.20
小計			1.680	1.580
合計			4.310	4.710
				4.916



7 tg ディーゼル・ロコ (オットー社製)

第 45 圖

§ 26. ディーゼル機関車

此機関車は近年發達せるもので、本邦では昭和 2 年始めて土工に使用せり、5 噸以下のものは注油並に始動に事故を生ずる憂があるから、今日では未だ實用上不安がある。

次にオットー、ドイツ會社製の型について説明する。

(1) ディーゼル・ロコ構造及性能表

第 17 表

型 式	オットー、ドイツ ML 232	オットー、ドイツ PLZ 040
重 量(tg)	6.4	7.0
車體全長(m)	3.955	4.34
同 幅(m)	1.030	1.57
同 高(m)	2.000	2.57
車軸心距(mm)	930	900
聯結器	センター・ペフラー	センター・ペフラー式リンク、エンドチエン
傳動裝置	齒車配裝	齒車配裝
始動裝置	ハンドル・コンプレスド・エイヤ使用。最初の始動にはイグニシヨン・ペーパー使用	同 前
エンヂン	横型、單氣筒、4 サイクル・ソリッドインゼクション、調節器 400 回轉 20~22 H.P.	豎型、複氣筒、2 サイクル・ソリッドインゼクション、調節器、自働給油装置 650 回轉 30~33 H.P.
重油及潤滑油	純運轉 1 時間に付重油 3.7 kg 潤滑油 300 g	純運轉 1 時間に付重油 4 kg 潤滑油 350 g
速 度	前後共二段、時速 3.5 と 8.0 km	前後共三段 5.0 と 9.5 と 16.0 km
軌 間(mm)	600	600
曲線半徑	最小 10 m 普通 30 m	最小 12 m 普通 30 m
勾 配	最急 $\frac{1}{100}$ 普通 $\frac{1}{150}$	同 前
牽引車輛數	1.0 m ³ 積鍋トロ 15 ~ 17 輛	1.0 m ³ 積鍋トロ 19 ~ 22 輛 1.15 m ³ 積ダンプ、カー 16 ~ 18 輛

7.0 tg. ディーゼル・ロコ牽引車輛數と勾配と速度 (km/h) との關係 第 18 表

勾配	1.15 m ³ 積ダンプ・カー 16 輛牽引			同 上 17 輛牽引			同 上 18 輛牽引		
	時速 5.0 km/h	9.5 km/h	16 km/h	時速 5.0 km/h	9.5 km/h	16 km/h	時速 5.0 km/h	9.5 km/h	16 km/h
水平	4.89	8.95	8.26	4.89	8.28	0	4.89	8.57	0
$\frac{1}{170}$	4.87	8.54	0	4.86	8.17	0	4.85	8.10	0
$\frac{1}{160}$	4.86	8.47	0	4.85	8.14	0	4.84	8.08	0
$\frac{1}{110}$	4.84	7.98	0	4.83	7.84	0	4.82	7.45	0

7.0 tg. ディーゼル・ロコ、上り坂路の勾配と其延長の極限 第 19 表

勾配	$\frac{1}{50}$	$\frac{1}{60}$	$\frac{1}{70}$	$\frac{1}{75}$	$\frac{1}{80}$	$\frac{1}{90}$	1.15 m ³ 積ダンプカー
上り坂路間極限長	30m	60m	100m	150m	200m	繼續	16 輛牽引の場合

7.0 tg. ディーゼル・ロコ、上り坂路と曲線半径との組合せ極限 第 20 表

曲線半径	50m	60m	70m	80m	90m	直線坂路長 50m 以上を有するものにして勾配 $\frac{1}{70}$ より急なる時は坂下に 60m 以下の半径を有する曲線を設くべからず
勾配	$\frac{1}{90}$	$\frac{1}{80}$	$\frac{1}{70}$	$\frac{1}{60}$	$\frac{1}{50}$	
坂路區間距離	30m	30m	30m	30m	30m	

(2) ディーゼル・ロコ運轉費 100 m³ 営り

第 21 表

機関車型式	オットー・ドイツ M.L. 232	同上	オットー・ドイツ P.L.Z 040	6.4 tg. 機関車は人力積込の場合 7.0 tg. 機関車はディーゼル・ショベル使用積込の場合
重 量 (tg.)	6.4	6.4	7.0	
運搬距離 (m)	1,200	1,500	1,500	
勾 配 (最急)	$\frac{1}{160}$	$\frac{1}{130}$	$\frac{1}{110}$	

名 称	単 位	數 量	金 額	數 量	金 額	數 量	金 額	摘要
重 油	立	7.20	0.350	8.00	0.410	8.20	0.410	6.4 tg. 機関車の牽引する土運車は 1.0 m ³ 積鍋トロ 15~17 台
ディーゼル油	"	0.90	0.450	1.00	0.500	0.90	0.450	7.0 tg. 機関車の牽引する土運車は 1.15 m ³ 積ダムプカー 16~17 台
マシン油	"	0.40	0.060	0.50	0.075	0.50	0.075	重油消費料 1 時間 1 馬力に付約 0.1 立
グリース	kg	—	—	—	—	0.110	0.020	ディーゼル油 1 時間 1 馬力に付約 0.01~0.02 立
雜 品		0.040		0.040		0.040		2 立エンジン潤滑用ディーゼル油は粘度適當にしてカーボン黙き優良品を選ぶべし。
土運車用車軸油	立	1.00	0.100	1.00	0.100	1.00	0.100	
小 計		1.000		1.125		1.095		
機械付員	人	0.60	1.200	0.65	1.300	0.55	1.100	
手傳人夫	"	0.17	0.238	0.20	0.280	0.20	0.280	
小 計		1.438		1.580		1.380		
合 計		2.438		2.705		2.475		

備考

運轉用油及潤滑油の品質、規格、名稱

重 油

名 称 ライジングサン社製青銅ミリー

引火點 83~88° C

灰 分 なし

酸 比	性 重 其 他	含有せず 0.91~0.92(15°C)
		水分及不純物僅微

ディーゼル油

名 称	引火點	粘 度	凝固點	酸 度	比 重	其 他
オサツク、ヘビー	196°C	278秒51秒	零下 16.5°	0.04	0.935	動植物油タル石鹼等を混入せず
スタンダード 650號	191°C	299〃 66〃	〃 11.0	0.02	0.912	

(3) 修理費 蒸汽及瓦斯倫機關車よりも著しく少し、100 m³ 當 0.30~0.70 にして其内主働機及聯動機の修理費が四割を占めて居る。

(4) 7 tg. ディーゼル・ロコ の仕様、操縦修理の詳細(内務省東京土木出張所調)

イ、ディーゼル機関車仕様書及型錄並に實測したる各部寸法表

第 22 表

種 別 名 称	単 位	仕 様 書		型 錄	實測したる寸法		備 考
		D.L.5	D.L.6		L.D.7		
形 式		オットー無空氣噴油式ディーゼル機関(PMZ122)					
運轉狀態に於ける重量	tg.			7	7		運轉手及燃料を含む
休止狀態に於ける重量	"				6.8		運轉手及燃料を含まず
總長(バッファーベットを含む)	mm			4,340	4,340	4,358	4,369 4,363
總 幅	"			1,570	1,570	1,571	1,570 1,572
總 高	"			2,570	2,570	2,549	2,541 2,558
聯動車輪敷	mm			900	900	900	900
車軸距(ホキールベース)	mm					4	4 4
軌條許容最小曲率半徑	m					12	
軌 間	mm (狭軌式24")	610	610	610	610	610	
許容最小軌條幅	"					500	
許容最小軌條高	"			800mm の枕木の時 10kg 軌條高 70mm			
許容最小軌條に就て				1,000 "	12kg "	80 "	
重油槽容積	l	45			33.7	34	34
重油槽員數	箇	1			1	1	1
軌道面上床臺高	mm			720	720	720	

ラデエーター容積	立	相當量	ウォータージャケットを含む	53	53	53
リューブリフター容積	/	相當量		3.4	3.4	3.4
速度 每時哩		3.1哩(5km) 3.7哩(7.5km) 8.7哩(14km)	平坦直線レールに於て			
牽引力 kg		1,325 775 375				
牽引適数 tg.		110 65 31	摩擦抵抗を 1kg に付 12kg として計算せるものとす			
馬力	馬力	實馬力30(オペーロード1割毎分回転650として)	實馬力 30 最大馬力 33			
シリンダー員數	筒	豎型 2氣筒	2 2 2 2			
サイクル		2	2 2 2			
シリンダー直徑 mm		150 150 150 150				
ストローク(衝程)	/	220 220 220 220				
燃料(重油)		全負荷時に於て1時間5.4立時間1馬力に付 U.H10,000W.E重油200g				
消費量		通常運轉時 // 3.24立	経験による機関車1時間當り 4kg			
潤滑油(モビール)		経験による機関車1時間當り				
消費量		潤滑油 350g				

四、操縦及手入

ディーゼル機関車の操縦手入の順序を簡単に箇條書として列記すれば次の如し。

始動準備：――

- (1) サーキュレーティング・ウォーターをラデエーターに満たす。
- (2) フューエル・オイルをタンクに填充しストップバルブを全開す。
- (3) リューブリケーターに潤滑油を注入す。
- (4) ジャーナル廻りにマシン油を注油す。
- (5) クラツチカッピング・スターティングバルブ循環水用、セントリフューガルポンプ等のグリースカッピングにグリースを填充す。
- (6) リューブリケーターを手動にて約 20 回転して潤滑油をシリンダーに送る。
- (7) 2 箇のイグニション・ペーパー・ハントルを抜く。
- (8) ピストンの廻轉が軽くなるまでターニングす。
- (9) フライホキールの目標によりピストンを始動位置に置く。
- (10) レギュレーティング・ハンドルが最上部にあるや否を確む。
- (11) フューエルポンプのストップレバーを水平に倒しシリンダーヘッドのテスト・クリューを二廻り戻す。
- (12) フューエル・ポンプを軽く手動しつゝテストクリューの孔よりオイルと共にエアを排出す。

- (13) オイル内にエーカーを認めざるに至れば、テストクリューを堅く締めポンプを強く1,2回突き上げ其音調の具合によりインゼクションのよしあしを確む。
- (14) 一方のフューエルポンプをテストせば他方も同様にテストす。
- (15) 若しテストの音調悪しき時は、フューエルポンプの各部を調べポンプの好調になる迄テストす。
- (16) イグニションペーパーに點火し完全に着火したるを確め、ホールに差込み堅く締付け、イグニションペーパーは、吸収紙に硝石を塗りたるもの、差煙草形に作れるものなり。
- (17) エーヤータンクのスタートングバルブを全開す。
- (18) 然して速かにスタートングハンドレバーを倒せば始動すべし。
- (19) エンデン始動せば速にスタートングハンドレバーを舊位置に復す。
- (20) エーヤータンクのスタートングバルブを密閉す。
- (21) エーヤータンクにエーカーをチャーデす。
- (22) 運轉順調なればレギュレーティングハンドルを上より $\frac{2}{3}$ の位置を下げる。

運轉方法：――

- (1) クラツチレバーのベタルを踏んでエンデンとカッピングとを絶縁す。
- (2) レバーシングハンドルをニュートラルの位置より運轉方向に置く。
- (3) スピードギヤーのレバーをロギヤー 3 に入れる。
- (4) クラツチを徐々に懸けると同時にレギュレーティングハンドルを静かに上げる。
- (5) 完全にロースピードとなれば荷重に因り 2 又は 1 のギヤーに入れてスピードを調節す、此際特に注意すべきは 3 より 2 へ 2 より 1 へと順次にスピードを加へて 3 より 1 へと一足飛にギヤーに入るゝ可からず、此際は必ずクラツチを切つてレギュレーティングハンドルを下げギヤーが完全に入つてからハンドルを上げ且つクラツチを懸くべし、然して此の操作は敏捷なるを要す。
- (6) スピードをハイよりローに下げる時は次に掛けんとするスピード以下に遅下せしめクラツチを切つてギヤーを入替ふべし。
- (7) 機関車を停止する場合はスピードギヤーのレバーをニュートラルに置き、レギュレーティングハンドルを上より $\frac{2}{3}$ の位置に下げクラツチを切つて制動すべし。
- (8) 逆行の場合には必ず停車してよりレバーシングハンドルを返し運轉開始同様の操作を行ふべし。

運轉停止：――

- (1) ストップに先立ちエーヤータンクのエーカーの有無を確め壓力に不足あれば規定量

- までチャーデして置く事。
- (2) レギュレーティングハンドルを上位置より $\frac{2}{3}$ の處に下げ、エンデンの廻轉をスローとす。
- (3) レバーシングレバー及スピードギヤーレバーをニユートラルに置く。
- (4) 2個のフューエルポンプのストップレバーを垂直に立て給油を停止せばエンデンは直にストップす。
- (5) ストップ後直にリューブリケーターを約 20 廻轉手動してシリンダー内に潤滑油を送り膠着を防止す。
- (6) フライホキールを 4,5 回ターニングす。
- (7) レギュレーティングハンドルを最上部に置く。
- (8) 寒氣烈しき時はサーキュレーティングウォーターをドレーンコックを全開して完全に排水すること。
- (9) 汚れたる潤滑油をローラーオイルトレーラーのオイルドーレーンコックを開けて排出すること。
- (10) 機械各外部を拭拂し雨水に曝さざる様被覆すること。
- (11) オイルタンクのストップバルブは絶対に締めざること。

冬期中の處置：――

- (1) 12月より2月頃迄の期間に於て殊に攝氏零度以下の外氣溫度の際には始動準備の際サーキュレーティングウォーターを温めて、ラヂエーターに注入せばシリンダーが暖まり着下容易なり。
- (2) 燃料油及び潤滑油が凝結する際は温めるをよしとす。
- (3) 11月より3月頃迄の冬期中はエンデンをストップしてより第一、第二の兩ピストンを交互に上位置に置く、イグニションペーパーハンドルのホールより石油を酒杯に半分位注入してエンデンをターニングせば、潤滑油の粘着を防ぎ翌日のスタート輕易なり。

夏期中の處置：――

- (1) サーキュレーティングウォーターが煮沸する際は屢々之を取替ふべし。
- (2) グリースの熔解速かなければ補充に注意すべし。

其他の注意：――

エーヤーチャーデの場合連續 10 分以上のチャーデは絶対に不可なり通常 5 分位づゝに區切つて行ふを良しとす、又其際エータンクのストップバルブは全開すべきも、シリンダーのチャーデバルブは $\frac{1}{4} \sim \frac{3}{4}$ を開くべし。

掃除及手入：

何等故障なくして圓滑なる運轉をなす場合と雖も、下記の期間内には必ず各部を検査し掃除及手入を行ふべきとす。

- (1) シリンダーは 2箇月に 1回位は大掃除して (1) 潤滑油量の當否を驗しピストンアングの膠着又は損傷の有無を検査し (2) シリンダーウォールの具合を細微に亘つて調べる事 (3) プラスに異狀なきやを詳細に検査し 4) エキゾーストポート及エーカーポートを掃除し其他異狀の有無を調べて故障箇所を手入すべし。
- (2) メーンスプレーベルブはシリンダー掃除と同時に全部之を取り外し掃除して、石油にて洗滌すべし。
- (3) クランクケース内の掃除は月 2回を適當とす其際ピストンのコンネクティングロッドのキヤツスルナットゆるみなきや否や、及びスプリングフラップスに破損あれば取替ふべし又エーカーフィルターも洗滌すべし。
- (4) エキゾーストパイプは運轉狀態及燃料油の善惡によれども、少くとも月 2回掃除すべし。
- (5) サイレンサーは月 1回位の掃除にて可なり。
- (6) オイルタンクは時々下部のドレーンプラグを抜き水或は沈澱物を排除すべし。
- (7) オイルフィルターの掃除は 2箇月に 1回位にて可なり。
- (8) フューエルポンプは時々故障あり其都度手入又は洗滌せば期限を定めて掃除する必要なし。
- (9) チャーデバルブは 1箇月位に取外し排除すべし。

ディーゼル機關車修理費並 100m³ 嘉調表(自昭和4年12月13箇月間) 第 23 表

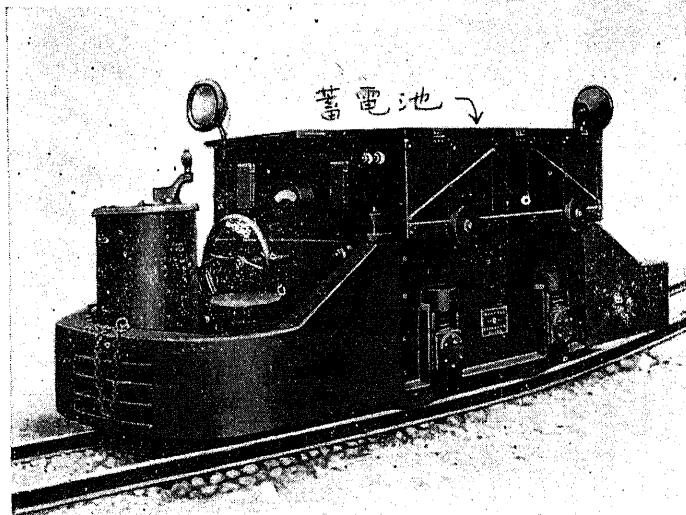
機關車名	取扱土量 m ³	修理箇所	回数	100m ³ 嘉	
				金額 回數	金額 回數
D. L 第 5 號	110,156	車臺	7	37.177	0.006 0.034
		主 動 機	11	97.810	0.010 0.089
		聯 動 機	8	302.004	0.007 0.274
		計	26	436.991	0.024 0.397
D. L 第 6 號	114,899	車臺	6	39.463	0.005 0.034
		主 動 機	11	127.879	0.010 0.111
		聯 動 機	2	83.386	0.002 0.073
		計	19	250.728	0.017 0.218
D. L 第 7 號	81,478	車臺	7	114.791	0.009 0.141
		主 動 機	10	294.023	0.012 0.361
		聯 動 機	3	105.549	0.004 0.129
		計	20	514.363	0.025 0.631
合 計	306,533		65	1,202,082	0.021 0.392

§ 27. 蓄電池機関車

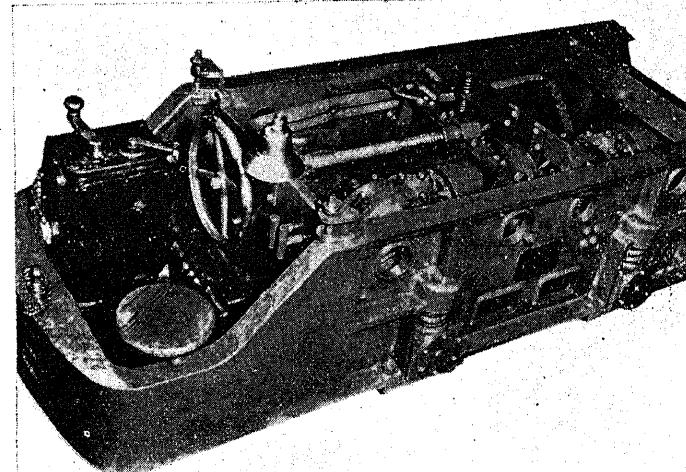
蓄電池機関車は其蓄電及充電方法が困難であつて、一回の蓄電に依る運轉繼續

時間短かき
ため、土工
用としては
従来餘り顧
みられなか
つたもので
ある、最近
に於て蓄充
電方法の改
良に依り、
其不便を除
去されたる
がため、鐵
山又は鐵道
隧道工事用
として使用
さるもの
あるを見る
に至れり、
未だ大土工
に成功した
る實例を知
らざる故、

ディーゼ
ル、ロコと



第 46 圖
N.Y.S. 式蓄電池機関車



第 47 圖
N.Y.S. 式蓄電池機関車の内部

比較優劣を確かめ得ないが、充電の費用低廉なること、一回の充電にて 5 時間以上使用に耐ゆることの特長を充分發揮させたならば、將來優に内燃機関車と經濟的に競争し得るものと考へらる、最も懸念する點は激しき作業に於て轉覆事故の結果蓄電池に及ぼす損傷程度である、之等に就ては將來の研究に俟つべきものである、茲に其性能の概略を述ぶれば、

蓄電池の蓄電量は制限ある故一日に一回乃至二回充電の要あり、故に電池だけ一組豫備品を必要とす、充電は自動式充電設備を特に設置するを要す、充電直後と使用最終時とは電圧の差あるを免れざる故、電池は最も耐久性のものを選ばねばならぬ。

運轉は内燃機に比し容易にして震動も少し、走行中勾配の変化の場合速度の調節は自動的に行はれ特に運轉手の調整を要しない。機関車の價額はディーゼル式より一割餘高價なり、G.S. 蓄電池を備へたる機関車の性能は

N.Y.S. 式蓄電池機関車性能表

第 24 表

機 關 車	牽引 力	車輪(g.當)	牽引 越 數					
			重量(g.)	型 式	(kg)	抵抗(kg)	平 坦	$\frac{1}{100}$
3	B M C	460	10	46	23	15	11	
			15		31	18	13	9
			20		23	15	11	8
5	B M G	770	10	77	38	26	18	
			15		51	31	22	16
			20		38	25	19	14
7	B M G	1,080	10	108	54	36	25	
			15		72	43	31	22
			20		54	36	27	20
10	B M G	1,550	10	155	77	51	36	
			15		104	62	44	32
			20		77	51	38	29

§ 28. 各種機関車の比較

蒸氣機関車と内燃機関車とを比較すれば、

(1) 蒸汽機関車の優れたる點

- イ、運轉比較的容易なること、従つて内燃機の如く運轉手を特選せざるも、機械に故障を生じ又は能率を著しく損することなし。
- ロ、能力に彈力性あること、即機械を工事の都合上已むを得ず短時間過負荷することあるも、内燃機の如く損耗甚しからず、従つて局部的に短距離の急勾配を現場の都合に依り止むを得ず設くることあるも乗り切ることを得。
- ハ、修理簡単にして材料及職工を得易きこと。

ニ、内燃機関車に比し購入價格安く、小型機関車について其自重の一噸當り價格を比較するに蒸氣は 800 ~ 1,000 圓、瓦斯倫は 1,200 ~ 1,360 圓ディーゼルは 1,500 ~ 1,640 圓である。

(2) 内燃機関車の優れたる點

イ、機関車の燃料及其運搬費用少きこと、普通の場合に於ける $100 m^3$ の土砂運搬に消費する燃料につき比較するに、蒸氣は石炭約 300 kg (此購入價格約 4.2 圓)、瓦斯倫は約 10 kg (此購入價格約 3.5 圓)、ディーゼルは重油約 6.5 kg、潤滑油 0.6 kg (此購入價格約 1.0 圓) である、石炭の場合は重油に比し 44 倍の重さの燃料を運ぶこととなる、假りに工事場に於ける燃料配給運搬費 1.0 kg に付 0.001 圓と見るも、土砂 $100 m^3$ に付ては石炭運搬費は 0.30 圓を要するにも拘はず重油運搬費は 0.0071 にて済む譯である。

ロ、蒸氣機関車の如く給水と給炭のため時間と費用とを要せざること、普通の土工蒸氣機関車は一回給水及給炭に 5 分間を費し、一日五回即一日合計 25 分の時間と給水、給炭設備並に労力費を要するも内燃機に於ては燃料積込のため要する時間も手間も僅少にして其工程に影響しない。

ハ、蒸氣機関の如く運轉準備のため時間と労力を要せざること、蒸氣機関車では毎朝運搬開始前に、其汽壓を所要壓力に昇すため、1 時間 50 分の準備時間を要するも内燃機ではスターターを使用するを得て瓦斯倫 15 分位、ディーゼル 30 分位の僅かな準備時間にて運搬作業を開始し得る。

ニ、蒸氣機関車は其煙突より火粉が飛散して、人家に接近した場所で運轉の場

合は失火の虞があるが内燃機関車は其憂がない。

ホ、蒸氣機関車に比し運轉費少し、即蒸氣機関車に對し瓦斯倫は 7 割内外、ディーゼルは 5 割以下の運轉費となる。

ディーゼル機関車の優れたる點は上述の通りであるが、其エンジンの振動激しきため軟弱地盤に於ける運轉の場合、保線困難となることがある、此惡影響はエンジンが横型で一汽笛のものに烈しきも、堅型二汽笛以上のものは差支へない。之を要するにディーゼル機関車が運轉費、修理費最も安く工程も他のものに劣らないから、其購入價格稍高價なるも結局最も有利である、僅々 2 年餘の使用に依り新調費の差額を取返し得らる。

蓄電池機関車は其成績未知數なるも、運轉上重大な事故を生じないことが確かめられたならば、経費の點に於ては有望である。

§ 29. 土運車

(1) 種類 積載土砂を投棄する方法の相異に依つて次の三種に大別する。

- イ、木製箱トロ 木製臺車上に矩形板枠を載せ、臺車共に土砂を傾投するもの。
- ロ、鐵製鍋トロ (Tipping wagon) 鐵製車臺上に鍋形容器を載せ、土砂投棄には鍋だけ傾倒するもの。

ハ、ダムプカー (Dump car) 臺車は鐵製又は木鐵混合にして、土箱は木鐵混合とす、土箱は其堅軸に依つて臺枠上に支へられ、左右の安定は兩側又は片側に備へられたる鐵鎖又はフックにて保たれ土砂投棄の場合、此鐵鎖又はフックの取外しに依り、土箱は其堅軸を中心として $35^\circ \sim 45^\circ$ 傾倒するものである。

土砂の積込及投棄については、人力土運車土工の場合と違はないが、機関車土工に於ては多數の土運車を聯結し、運搬列車として使用するものであるから、連結器及緩衝器の必要がある。

(2) 構造 土運車は操作簡便なることが第一要件である、其構造は丈夫で重さは軽く、土工作業も修理費も低廉であつて、且危險のないものを希望するは人力運搬の場合と同様である、次に機関車土工の場合に於ける土運車の製作上注意すべき事項を説明すれば、

イ、土箱の高さ 人力積込の場合は此高さが工費に影響することは前に述べた通りであるが、次に参考のため河川工事の實例を示す。

第 25 表 土運車の高さと工費及積込時間

土運車の種類	積載量 土 量 の 高 さ	箱 数	シヨベ ル杯 数	1臺の 積込賃 料	1m ³ 當 積込賃 料	1臺分 積込時間	1m ³ 當 積込時間	摘要
				時	錢	分	分	
木製箱トロ	0.636	0.900	124	4.0	5.8	7.0	10~1	土質は砂利交りる
木製ダンプカー	1.150	1.200	220	9.0	7.8	15.0	13~0	人夫賃 1.4圓
鐵製鍋トロ	1.000	1.240	190	7.5	7.5	12.0	12~0	土箱高は軌條面上
木製大型ワゴン	2.400	1.860	510	21.6	9.0	33.6	14~0	を示す

上表のダムプカーの高 1.20 m に對し鍋トロは 1.24 m で少し鍋トロが高いにも拘はらず積込資が安いのは其形狀に依る差である、即鍋トロの積込土量の $7,8$ 割は土鍋を少し傾けて土を跳ね込むがためである。

口、チッピング・アンダル (Tipping angle) 土捨の場合又は鍋を傾倒し、土砂が容器の斜面上を自然に速やかに滑出することは作業能率上重要な問題である、此土砂滑出斜面の水平面との角度をチッピング・アンダルと稱す、此角度は急なる程滑出容易であるが、一面に於て之がため土箱の高さを増し、積込量を増大するのみならず、列車走行や土捨作業に危険を伴ふ虞があるから、適當に制限する必要がある、普通用ひられて居る角度は次の通りであるが、粘土の場合は 45° でも尙完全に滑出せず、已むを得ずショベルで搔き落す場合がある。

板の木目に沿ひ滑出の場合 普通土 40° 粘土 45°

鐵板の斜面を滑出の場合 普通土 37° 粘土 45°

ハ、軸承筐 機関車使用土工に於ては時速 20 km 以上の走行を続けることあるを以て、廻轉軸に熱を生ぜざる様注油を完全にすることを特に注意せねばならぬ、其他は人力運搬の場合に述べた通りである。

二、聯結器及緩衝器 作業の敏活を計るため、時に激突又は強引を避け難いから、聯結器(Coupler) 及緩衝器(Buffer) を、丈夫に而かも嵌め外し簡便に作らねばならぬ、一般にセンター・バッファー式が曲線部通過の場合車體に無理が起らない爲操車が安全であり、又車體の破損も少くて好成績である、聯結の場合バッファー間に幾分の餘地を存して置かないと、機關車で列車を引出す始動が困難となる。

木、型式及實例 3tg. 機關車の場合は $0.72 m^3$ 積(手押トロに用ふるもの)を便宜使用することあるも、4tg. 以上の機關車にはチッピング・ワゴン又はダムプカーを使用し土捨作業を容易ならしめる、其大きさは 5~10 tg. 級機關車には容量 $1.0 \sim 1.5 m^3$ 、20tg. 級機關車には $30 \sim 372 m^3$ が適當である、實例について重量特長缺點等を擧ぐれば、

各種土運車比較表

第 26 表

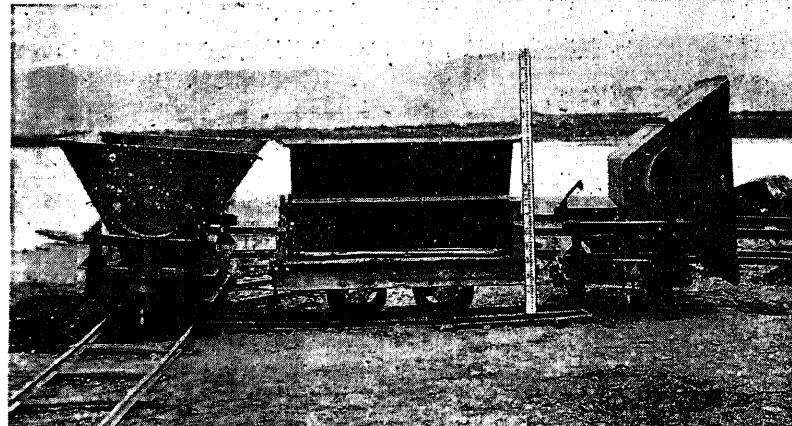
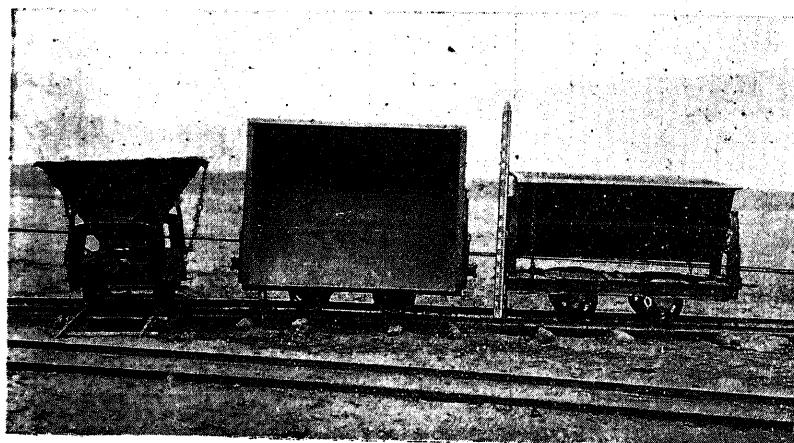
名 称	ドコービル式 鍋	油谷式鍋型	英 型 木 製	米型改良ダム ブカーラ	同 上
土箱	容器(m^3)	1.0	1.08	3.15	1.15
	長 (m)	1.524		2.51	2.55
	幅 (〃)	1.381		2.08	2.21
高さ (m)	1.24		1.22	2.06	1.20
	中央緩衝	同	車側緩衝チエイ ンカツプリング	中央緩衝チエイ ンカツプリング	中央緩衝
型 式	両側チッピング ワゴン	同	片側チッピングワ ゴン	片側チッピングワ ゴン	中央緩衝 カツプリ ング
	車體(kg)	235	229.4		375.0
重 さ	車輪(〃)	118	164.3		369.4
	土箱(〃)	216	318.8		254.8
	合計(〃)	569	712.5	1,970	1,000 0
チッピング・ アングル	36°	38°	36°	45°	43°
特 長	鍋安定用の自働 ロッカーありで 操作敏捷安全な り	ホフマン・ボー ル・ベヤリング	土捨の場合車體 と共に土箱を 70°に傾け得る	丈夫にしてエン ジンシヨベルの 積込に適す 土捨敏速	丈夫にし て土捨敏 速
	鍋のチッピング アングルを急に するため長さを 増したる爲傾倒 の際亞みを生ず				
缺 點	鍋其他が稍々軽 過ぎて弱し			人力積込に適せ ず	列車引出 困難 脱線復舊 困難
價 格(概略)	140圓	150圓	300圓	220圓	900圓

(3) 修理費

(3) 修理費 人力積込機関車使用土工に於ける土運車の修理費は 人力土工の場合より多額を要し、掘鑿機使用機関車運搬土工よりも少し、普通の場合に於ける $100 m^3$ 修理費は、

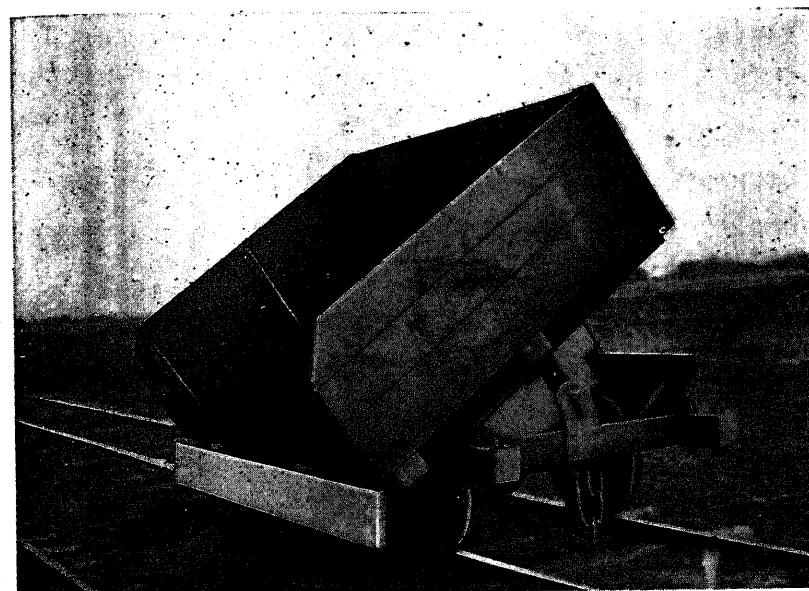
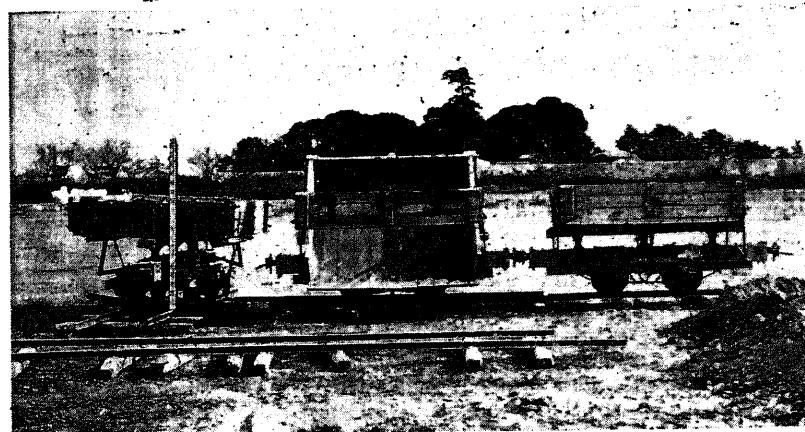
0.72 m^3 横 1.00 "	木製箱トロ 鍋トロ	100 m^3 當り "	3.00 ~ 6.00 圓 0.20 ~ 0.50
------------------------	--------------	-------------------	------------------------------

1.15 m ³ 積 3.00 t	ダムプカー 木製土運車	100 m ³ 荷り 〃	0.200 ~ 0.500 0.400 ~ 2.000
---------------------------------	----------------	----------------------------	--------------------------------

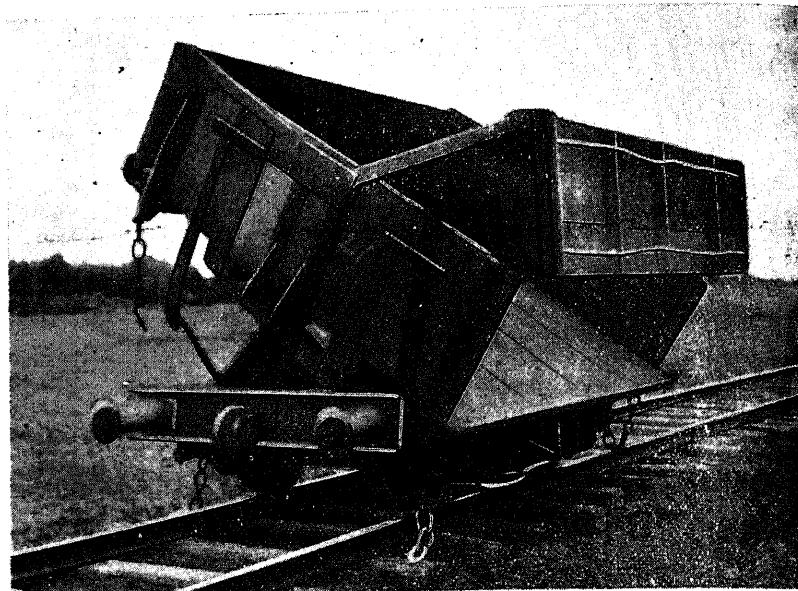
第 48 圖 ドーコーピール鍋型 1m³積第 49 圖 油谷鍋型 1.08m³積

(4) 土運搬列車の抵抗と機関車の牽引力

機関車に依り、列車を停止の状態より引出す場合に聯結器の弛みのために一車宛始動するから、機関車の牽引車輛數は運搬線路中の最急坂路に於ける、走行列車の抵抗に依つて制限されるのが普通である、但し自働聯結機使用の場合は始動抵抗を研究の必要がある、土工

第 50 圖 級型木製チッピング・ワゴン 3.15m³積第 51 圖 米型改良ダムプカー 1.15m³積

列車の抵抗を知るため、普通鐵道の貨客列車の経験式を應用することは軌道及車輛の状態に著るしい差異があるから不合理である、依つて 7.0 tg. ディーゼル・ロコにて $\frac{1}{120}$ 勾配線を 1.15 m³ 積ダンプ・カー 18 台牽引の場合の實例について

第 52 圖 米型改良ダムプカ - 3.8m³/秒

歸納的に計算して見れば次の通りになる。

$$\begin{aligned} \text{土運搬列車の重量} &= \text{機関車 } 7.0 + \text{満載土運車 } 18 \\ &\times (1.0 + 1.7) = 55.6 \text{ t.g.} \end{aligned}$$

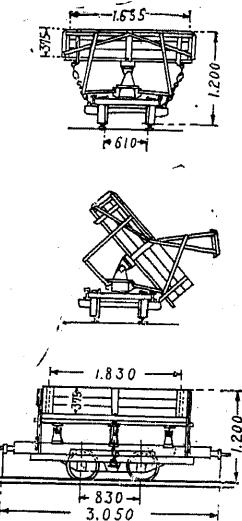
土運車の抵抗（勾配抵抗を除く）係数を $\frac{1}{80}$ とせば、 $\frac{1}{120}$ 勾配線を 5 km/h の速度にて引上げるため要する馬力数は、

$$H.P. = 55,600 \times \left(\frac{1}{80} + \frac{1}{120} \right) \times \frac{5,000}{3,600} \times \frac{1}{76}$$

$$= 1,158.3 \text{ kg} \times 1.389 \text{ m/sec} \times \frac{1}{76} = 21.21$$

機関及傳動部の摩擦並に瞬間に生ずるオーバードに備ふるために上記理論計算に 50 % の割増を見込めば機関の所要實馬力は 31.8 となる。

進行中の機関車車輪の軌條上の摺動に対する摩擦係数を 0.18 とすれば、其摺



第 53 圖

動抵抗は $7,000 \times 0.18 = 1,260 \text{ kg}$ なるを以て、普通の場合坂路に於ては車輪の空轉を見る事なく、軌條が油類其他のため平滑の状態となりたる場合は機関車に砂箱を備へ、軌頭に撒砂の必要を生ずることが往々ある。

§ 30. 人力掘鑿積込人夫

人力掘鑿積込掛り人夫數は土質、地形、運搬回数、運搬距離、土運車の容量人夫の力量等に依り増減す、 100 m^3 當 5 ~ 7 人を要す、 1.15 m^3 積土運車 18 台聯結列車の場合に於て一日當就業員數は平均 23 人である。

1.15 m^3 積土運車に掘鑿積込に要する時間及スコツップ杯數は、眞土又は砂質眞土の如き軟土にして甚しく粘着せざるものは所要平均時間 13 分 30 秒、杯數 170 なるも、砂及砂利又は硬粘土の場合は時間も杯數も 5 割以上の増加となる。

§ 31. 軌條及枕木

軌條及枕木は土運搬列車運轉の安全と敏活を期し得る程度に於て、適當な重さ並に大きのものを選擇する、過大なものは夫れだけ取扱上不便を來たし、又設備費が幾分無駄となるに過ぎないが、過小な場合は列車速度を充分に出せないのみならず、脱線等の事故頻發して工程を著しく妨げるから、土工經濟に重大なる影響を來たすものである、同じ重さの機関車でも、地盤の良否に依つて採用すべき軌條の重さを加減すべきであるが、實際經驗の結果は § 21 に示した範圍が適當である。

軌條の長さは $3.658 \text{ m}(12')$ 、 $4.755 \text{ m}(15')$ 、 $5.486 \text{ m}(18')$ 、 $7.315 \text{ m}(24')$ 、 $9.144 \text{ m}(30')$ 、 $10.058 \text{ m}(33')$ 等に分つが普通である、但し取扱ひの便宜のため 6 kg 軌條は 5.486 m 以下、 89 kg 軌條は 7.315 m 以下、 14.9 kg 軌條は 10 m 以下とする。

枕木は普通松又は栗材を使用す、松材は腐朽のため三年以上使用に耐へず、栗材は五年以上の耐久力を有し、價格も規格を簡易にすれば松材と大差なきを以て長期に亘る土工用としては最も有利である。

枕木の大さは 8.9 kg 軌條長 5.486 m に對しては、長 $1.2 \sim 1.5 \text{ m}$ 、厚 9 cm 以上のものを機関車の重量並に地盤の良否に依り 7 ~ 10 挞使用す、 14.9 kg 軌條

軌間 1.0 m には長 1.8~21 m、厚 12 cm のものを使用する。

§ 32. 機関車土運搬作業

前節に述べた人力運搬土工に於ける作業と異なる處は、有力なる運搬機関を使用する點である、掘鑿積込、及土捨作業其他一般の要領については格別變りはないが、只人力の場合よりも遙かに敏捷頻繁なる運搬力に應ずるだけの人員の配置、並に設備の整頓が必要である。

土運搬作業準備工、掘鑿積込、土運搬、土捨及保線の四種に區分することが出来る、之等の作業に必要な労力と材料の配給並に設備の内容は機関車の種類及其大小に依つて幾分の相違がある、次に經濟上最も有利なるがため將來益々發達の望みあるディーゼル・ロコ使用の場合を説明して参考に供する。

§ 33. 7 tg. ディーゼル・ロコ使用人力掘鑿積込土工

(1) 設備

イ、機関車 獨逸、發動機製造會社製 7 tg. ディーゼル機関車にして、オット・ディーゼル機関無空氣噴油堅型 2 衝程アンチ、チャンバー式實馬力 30、最大馬力 33、新調費 11,500 圓(昭和 4 年 4 月)。

ロ、土運車 1.15 m³ 積ダムブ・カー 50 台、新調費 220×50 = 11,000 圓

ハ、軌條及枕木 11.9 kg/m 軌條附屬品共延長 2.5 km、分岐線 5 組、1.5 m 枕木 3,800 挺、之等新調費は

$$\begin{array}{l} \text{軌條 } 11.9 \text{ kg} \times 2 \times 2500 \text{ m} \times 0.08 \text{ 圓} = 4,760 \text{ 圓} (\text{附屬品共}) \\ \text{分岐線 } 50 \times 5 = 250 \\ \text{枕木 (栗材長 } 1.5 \text{ m) } 3,800 \times 0.4 = 1,520 \end{array} \left. \right\} 6,530 \text{ 圓}$$

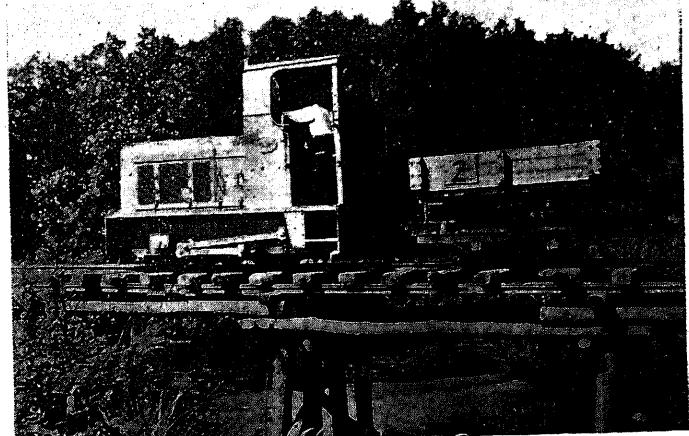
二、雜器具 (ハンマー、バール、ジャツキ等) 400

以上合計 29,430 圓

木、假橋 運搬線路が河川溝渠を超ゆる場合は簡単なる假橋の必要あり、徑間 4 m 以下のものは 15~30 kg/m の軌條を組合せたるレール・ビームを使用するが最も便利である。

(2) 土運搬作業

イ、準備工 機關車軌條其他の設備材料を工事現場に運搬、土取場及土捨場の段取、運搬
線路敷の築
造、線路の
敷設及移設
等諸般の作
業準備をな
すもので、
主として運
轉開始迄に
必要な費
用である、



假橋上の機関車

第 54 圖

其操業日數(休業をも含みたる總日數)及就業日數(休業日を除きたる日數、普通操業日數の 7 割乃至 8 割)各 1 日當り工費は前者に對し約 4.35 圓、後者に對しては約 6.00 圓を要す、運搬土砂 100 m³ 當は約 1.60 圓となる。

準備工の内線路敷設費は延長 100 m 當り人夫約 3.5 人、此賃銀 4.20 圓なり。

ロ、土運搬列車及其運轉費

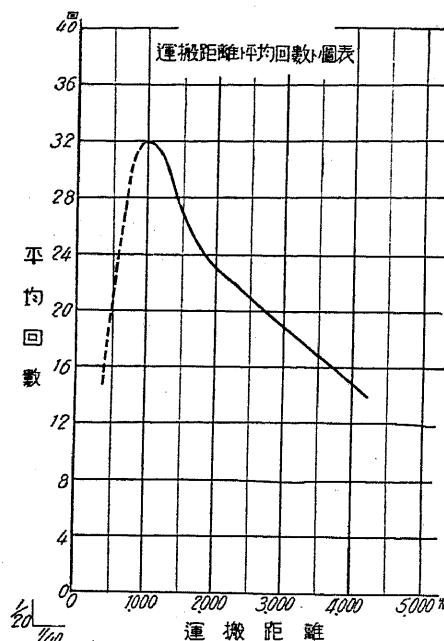
編成一列車重量

機関車	土運車數	土砂重量		同上實坪		土運車重量		1 列車總重量 (機関車を含む)
		1 豊分	1 列車分	1 豊分	1 列車分	1 豊分	1 列車分	
tg.	普通土 19 砂交り 砂利 17	1.45tg. 2.00	27.55tg. 34.00	0.90m ³ 1.00	17.1m ³ 17.0	1.00tg. "	19.0tg. 17.0	53.55tg. 58.00
7.0								

列車運轉費

§ 26 の (2) に掲げたる如し。

ハ、運搬距離と列車回數 運搬回數は設備及作業の巧拙と天然條件の如何に依つて定まるものであるが、運搬距離の遠近は回數の増減を決する重大要素である。熟練せる從業員に依る成績を示せば變化の大勢は第 55 圖曲線圖の如し、400 m より 1,000 m に至る間は準備と調練不足のため、距離に關係なく回數を阻害され



第 55 圖

第 27 表 7t_g ディーゼル機関車運搬距離と回数調査表（内務省鬼怒川改修工事）

種別 機関車番号	距 離 (m)	就 數 日 數	勾 配		列 車 回 數	1 日 回 數			1 日 嘗 平均回數
			上 り	下 り		回 數	最 大	最 小	
D	500	2	1/170	1/50	32	24	8	16.0	
	550	6	1/170	1/50	99	23	17	16.5	
	600	5	1/170	1/50	108	23	20	21.6	
	650	3	1/170	1/50	53	18	17	17.7	
	750	5	1/170	1/50	51	16	13	10.2	
	800	4	1/170	1/50	81	21	18	20.3	
	850	5	1/270	1/100	60	16	15	12.0	
	950	13	1/270	1/290	411	48	24	31.6	
	1,000	14	1/200	1/290	296	30	21	21.1	
	1,050	15	1/180	1/290	296	32	17	19.7	
L	1,100	10	1/180	1/290	279	32	23	27.9	
	1,250	29	1/160	1/270	855	38	25	29.1	

たるものである、故に一般に適用し得ず、尙詳細は次の運搬距離と回数調査について見るべし。

二、従業員の配置、歩掛及賃銀配置標準を示せば次表の如し。

運搬掛	名 機関 手傳	手 人夫	列 車 及 ボイ
	運搬線	土 捨	ント人夫
	運搬線	土 捨	人夫
	人夫	人夫	計
	1	6	11 人

掘鑿及積込掛	名稱	掘鑿及積込人夫	掘鑿線	計
	員數	20~23	2	22~25
合 計			33~36人	

上表の内掘鑿及積込人夫は地形地質に依り増減尠くない。

実際に運搬作業に從事する就業 1.0 日當り平均員數は、機械附員 1.9 人、手傳人夫 0.7 人、列車及ボ

第三節 人力掘鑿機關車運搬土工

第 五 號	1,300	12	1/170	1/50	245	25	22	20.4
	1,350	5	1/160	水 平	91	22	18	18.2
	1,450	5	1/160	水 平	60	18	14	12.0
	1,500	8	1/200	水 平	160	28	15	20.0
	1,600	16	1/170	1/50	347	27	15	21.7
	1,650	8	1/160	水 平	168	30	16	21.0
	1,700	5	1/160	水 平	114	29	13	22.8
	1,750	5	1/155	水 平	143	32	23	23.6
	1,800	8	1/155	水 平	159	30	14	19.9
	1,850	7	1/160	水 平	136	25	13	18.0
	1,900	5	1/170	1/50	114	24	22	22.8
	2,000	3	1/170	1/50	67	25	21	22.3
	2,050	5	1/155	水 平	138	28	27	27.6
	2,200	3	1/170	1/50	69	24	22	23.0
	2,250	6	1/155	水 平	156	28	21	26.0
	2,400	14	1/170	1/50	303	28	19	21.6
	2,600	4	1/170	1/50	68	22	21	17.0
	2,800	15	1/170	1/50	310	23	18	20.7
	3,000	5	1/170	1/50	98	21	15	19.6
	3,200	3	1/170	1/50	52	18	16	17.3
	3,400	7	1/770	1/50	112	18	15	16.0
	3,600	16	1/170	1/50	216	18	14	13.5
	3,800	4	1/170	1/50	71	18	17	17.8
	4,000	18	1/170	1/50	281	18	12	15.6
	計	298			6,293			21.1
D • L	400	3	1/170	1/50	48	19	13	16.0
	500	3	1/170	1/50	43	24	15	14.3
	550	6	1/170	1/50	99	24	17	16.5
	600	14	1/60	1/50	316	41	18	22.6
	650	3	1/170	1/50	53	18	17	17.7
	700	2	1/60	1/50	65	44	21	32.5
	750	4	1/60	1/50	126	45	25	31.5
	800	16	1/57	1/80	419	45	21	26.2
	900	22	1/45	1/60	702	43	20	31.9
	1,000	25	1/45	1/60	671	38	17	26.8
	1,100	6	1/45	1/60	154	34	15	25.7
	1,200	12	1/49	1/47	336	34	27	28.0
	1,300	5	1/49	1/47	116	32	17	23.2

1,400	9	1/49	1/47	186	29	14		20.7	
1,450	1	1/49	1/47	30	30	—		30.0	
1,500	7	1/49	1/47	204	30	26		29.1	
1,600	12	1/170	1/50	263	27	16		21.9	
1,800	4	1/170	1/50	91	27	17		22.7	
1,900	9	1/170	1/50	189	24	23		21.0	
2,000	13	1/170	1/50	251	25	18		19.3	
2,200	3	1/170	1/50	69	23	—		23.0	
2,400	15	1/170	1/50	310	28	19		20.7	
2,600	4	1/170	1/50	69	22	21		17.3	
2,800	15	1/170	1/50	308	23	18		20.5	
3,000	5	1/170	1/50	98	21	15		19.6	
3,200	2	1/170	1/50	35	19	16		17.5	
3,400	22	1/170	1/50	370	19	13		16.8	
3,600	20	1/170	1/50	308	19	13		15.4	
3,700	1	1/170	1/50	18	18	—		18.0	
3,800	4	1/170	1/50	65	18	13		16.3	
4,000	15	1/170	1/50	239	18	12		15.9	
計	282			6,251				22.2	

イント附 2.0 人、運搬線路 1.1 人、土捨 6.0 人、合計 11.7 人である。

列車及ポイント附人夫は單に轉徹作業に從事するものにして、土運車の油差、カツブル掛は機関車手傳人夫に依りなさるものとする。

前述作業の 100 m³ 當り歩掛及其質銀を表示すれば次表の如し。

名稱 機械 附員	手傳 人夫	列車及ボイ ント人夫	運搬線 路人夫	土捨 人夫	運搬掛 小計	掘鑿及積 込人夫	掘鑿線 路人夫	掘鑿積込 掛小計	總 計
員數	0.55	0.20	0.52	0.29	1.59	3.15	4.6~7.3	0.52	5.12~7.82
金額	1.10	0.28	0.42	0.51	2.23	4.54	6.44~10.22	0.90	7.34~11.12

木、諸掛費 工夫、倉庫番人、其他雜材料等を含むものにして作業 10 日當り約 20 圓取扱土砂 100 m³ 當り約 0.75 圓である。

(3) 工費 設備費、用地料、事務費、金利等を除く他の工費につき 100 m³ 當りを表示すれば次の如し。

種 別	業 費					修 理 費				
	準備 工	運 搬 費	掘 鑿 費	諸 掛 費	合 計	機 關 車 土 運 車	沈 木 其 他 費	修理 修 理	合 計	
材料	0.320	1.095	—	—	1.055	—	—	0.05	1.465	0.300
勞力	1.280	1.380	0.420	0.510	2.230	4.540	6.440	0.900	7.340	0.70
合計	1.600	2.475	0.420	0.510	2.230	5.595	6.440	0.900	7.340	0.75
總計										14.810
										16.825

備 考 1. 準備工は 2 制を材料費、修理費は材料勞力折半と看做す。

1. 貨物費には材木、ペレット其他器具の損耗費等を含む、機械原價償却を含ます。

1. 本表は 7.0 t/g. 機關車を用ひ、一箇所に於て一年以上連續施工、一箇年約 100,000 m³ の土量を運搬したる場合の成績なり、運搬距離は約 1,500 m. 最急勾配約 $\frac{1}{110}$ なり。

§ 34. 各種機關車使用(人力積込)土工實績

内務省河川改修工事の人力掘鑿積込土工に於ける機關車運搬費實績を示せば、

第 29 表 平均一箇年

種別	車位	蒸気 5噸紀 I 號		同 紀 2 號		同 加古川		瓦斯倫 機 開 車	ホイットコム製 6噸紀 I 號		
		員数	金額	員数	金額	員数	金額		員数	金額	
總 日 數	日	365.0		365.0		304.0			365.0		
就業日數	日	256.0		249.0		239.0			271.0		
停 停 時 間	時	512.0		496.0		239.3			51.1		
純運轉日数(10時間を1日とす)	日	275.0		263.0		222.0			254.0		
百 分 比	就業日数/總日数	70.2		68.3		79.0			74.0		
分 比	純運轉日数/總日数	75.4		72.1		73.0			72.0		
率	純運轉日数/就業日数	107.3		105.6		93.0			98.0		
一選 日 坪 平 土 均 値	總日数に對し	m ³	188.0		251.8		169.0			290.0	
	就業日数に對し	〃	267.0		369.0		215.0			391.0	
	純運轉日数に對し	〃	249.0		349.0		232.0			417.0	
蒸 汽 車	石炭 kg	344.000	5,471	263.000	4,086	351.000	3,611	瓦斯倫 機 開 車	ガソリン油	21.800	3.100
汽 油	エンジン油立	1.500	.268	1.060	.192	1.800	.242		モビール油	.330	.073
機 車	シリナード油	1.540	.115	.380	.080	.500	.086		グリース	.130	.034
雜 品	雜 品	1.101							雜 品		.046
	土運車用車軸油	3.040	.304	2,470	.247	1.200	.126		土運車用車軸油	2,660	.266
	小計	6,259				4,698			小計		3,519
機械付員	機械付員人	.980	1.870	.750	1.465	.600	.956	機械付員	.470	.817	
立	手傳人夫	1.970	1.588	.780	1.102	1.600	2.177	手傳人夫	.220	.262	
米	小計	3,458				2,567			小計		1,079
當	列車及ボイント人夫	1.070	1.084	.860	.827	.500	.406	列車及ボイント人夫	.530	.412	
運	運搬線路人夫	1.780	2.645	1.620	2.645	.600	.767	運搬線路人夫	1.030	1.534	
搬	土捨場人夫	1.360	2.534	1.060	1.964	1.800	2.367	土捨場人夫	1.430	2.720	
費	小計	6,263				5,436			小計		4,666
	合計	15,980				12,701			合計		9,264
運搬總土量	m ³	68,460.0		91,894.0		51,447.0			105,892.0		
平均運搬距離	m	3,200.0		1,600.0		1,177.0			1,500.0		

備考 本表には準備工及諸掛を含まず。昭和元年より同4年迄の河川工事実績

機開車運搬成績表(自昭和元年)
(至同4年)

同紀2號		同旭1號		ブリマウス型4噸最上川		同3噸最上川		ディーゼル 機開車	6.4t _g 芦田川2號		同千代川 1號		7.0t _g 紀ノ川	
員数	金額	員数	金額	員数	金額	員数	金額		員数	金額	員数	金額	員数	金額
365.0		365.0		275.0		275.0			365.0		337.0		314.0	
250.0		246.0		188.0		189.0			250.0		199.0		149.0	
61.0		46.0		—		—			39.4		1.4		60.0	
231.4		229.0		122.0		178.0			239.0		194.0		159.0	
69.0		67.0		68.0		69.0			69.0		59.0		70.0	
63.4		63.0		44.0		65.0			66.0		58.0		75.0	
93.0		93.0		65.0		95.0			96.0		98.0		107.0	
246.0		233.0		164.0		119.0			149.0		129.0		251.0	
259.0		345.0		240.0		173.0			218.0		218.0		360.0	
288.0		376.0		369.0		183.0			228.0		224.0		338.0	
22,600	3,173	27,100	3,954	13,500	2,875	18,300	2,645	重油	7,200	.446	8,320	.550	9,230	.481
.300	.067	.400	.095	.140	.082	.880	.344	ディーゼル油	.760	.406	1,740	.909	1,890	.576
.150	.039	.100	.033	.070	.028	.310	.092	マシン油又はグリース	.540	.084	.039	.051	110	.020
3,540	354	4,600	462	2,390	.205	1,990	.147	雜品	.072		.095		.059	
	3,679		4,616		3,263		3,266	土運車用油	1,130	.109	1,000	.092	3,450	.257
	.480	.835	.600	.1449	.600	.915	.750	小計	1,117		1,697		1,393	
	.290	.504	.400	.676	—	.730	.606	機械付員	.640	.194	.800	.1431	.380	.872
	1,339		2,125		.915		1,664	手傳人夫	.010	.013	.600	.989	420	.776
	.630	.523	.600	.446	—	—		小計	1,207		2,420		1,648	
	1,040	1,418	1,000	1,353	2,100	1,800	1,930	列車及ボイント人夫	.830	1,207	360	.319	890	1,039
	1,480	2,710	1,200	2,233	1,900	2,490	1,910	運搬線路人夫	2,080	2,753	4,340	6,283	.710	1,056
		4,651		4,032		4,290		土捨場人夫	2,040	3,024	1,830	2,871	.950	1,806
		9,669		10,773		8,468		小計	6,984		9,344		9,308	3,901
								合計	9,308		13,590		6,912	
89,671.0		84,963.0		45,103.0		32,779.0			54,602.0		43,402.0		53,745.0	
1,497.0		1,490.0		1,540.0		992.0			1,200.0		1,470.0		1,540.0	

第30表 7 tg. (D. L 第五號) ディーゼル機関車

備 考 軌道敷地借地料を含まず。

第三節 人力掘鑿機關車運送土工

運搬成績表 (自昭和4年12月
至同5年12月) 内務省鬼怒川改修事務所

第四節 機械掘鑿機関車運搬土工

§ 35. 機械、掘鑿土工概説

前節の人力掘鑿は労力拂底、又は大土工の場合に於ては掘鑿積込費が低廉でないのみならず、大量の工程を擧げること困難であるから、人力の代りに掘鑿機を使用して掘鑿積込の費用と時間との節約を計る。但し掘鑿機は可なり高價で且重いものであるから、之れが設備費を償ひ得ない様な小土工には採用出来ない。

機械掘鑿並に機関車の運搬の作業費は、其の能力単位の大なるもの程工費低廉となるのが普通であるが、之れに伴ひ設備費が膨脹することゝ、又地形狭小で不規則な場合の操作上の困難とを考慮し、尙土質の硬軟、掘鑿運搬の場所的關係等をも考察して適當な土工機関の一隊を編成することが極めて重要事である。

土運搬設備の編成については大體前節に述べた通りであるが、掘鑿機使用の場合に於て特に注意を要する事項は土運車の構造である、即ち積込の際掘鑿機より多量に落下する土砂の振動に依つて破損せぬ様充分頑丈にすること、土箱の高さは人力の場合程制限する必要はないから、幾分高くなつても土捨作業を容易にし之に要する人力と時間の節約を計ることの二點である。

掘鑿機の能力は土砂運搬設備の最大能力に確實に應じ得ることが必要條件である、其能力に依つて運搬作業を制肘さるゝことは、經濟上非常に不得策であるから、掘鑿能力の方に幾分餘裕を持たせるのが普通である、機械掘鑿機関車運搬の經驗上適當と認められる編成は 5 ~ 7 tg. 級の機関車に對しては 1 時間約 $60 m^3$ 、20 tg. 級機関車に對しては 1 時間 $120 m^3$ 程度の機械掘鑿能力を配置して居る。

§ 36. 掘鑿機の種類及其機能概説

掘鑿機の構造及操作型式に依つて種類を大別すれば、

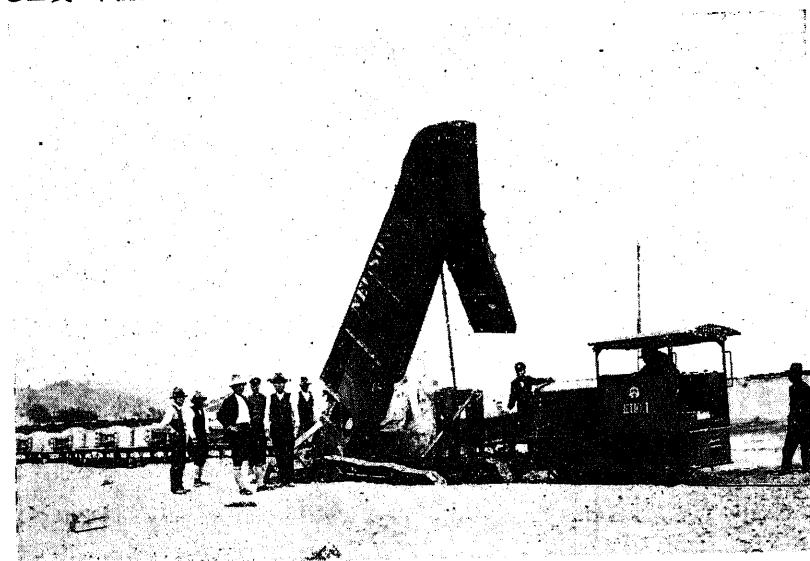
(1) トラック・ローダー (Truck loader)

(2) 鋤鍵式掘鑿機 (Bucket excavator)

(3) ショベル式掘鑿機 (Shovel excavator)

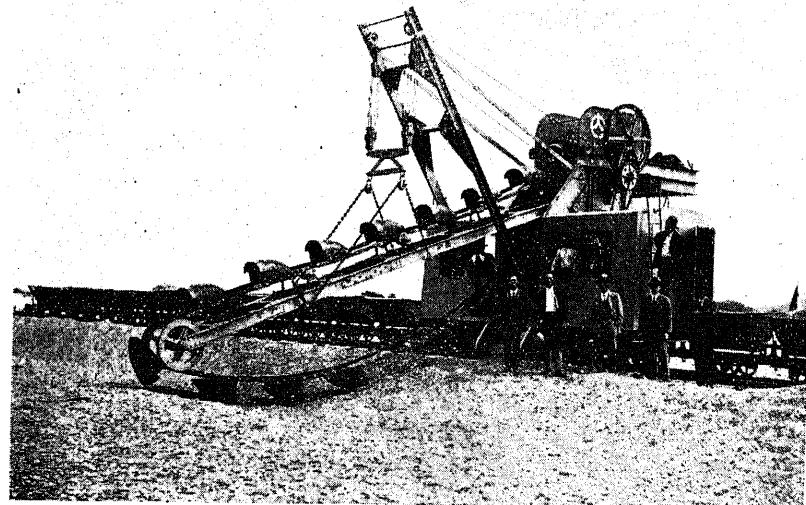
(4) ドラグライン掘鑿機 (Drag-line excavator)

(1) トラックローダー 元來石炭、砂、砂利又は一度掘起し弛緩されたる土砂を土運車に積込むために使用されるもので、硬い天然地盤の掘鑿には適しない、掘鑿能力も 1 時間 $30 \sim 60 m^3$ 程度で車輪又はカタビラーに乗つて自動出来る様になつてゐる、總重量 $10 t$ 以下の輕便なものであるから、人力不足の場合軟かい土砂の現場に於て $3 t$ 級機関車運搬の積込に使用する位のものである、但し工費の低廉は望み難い。

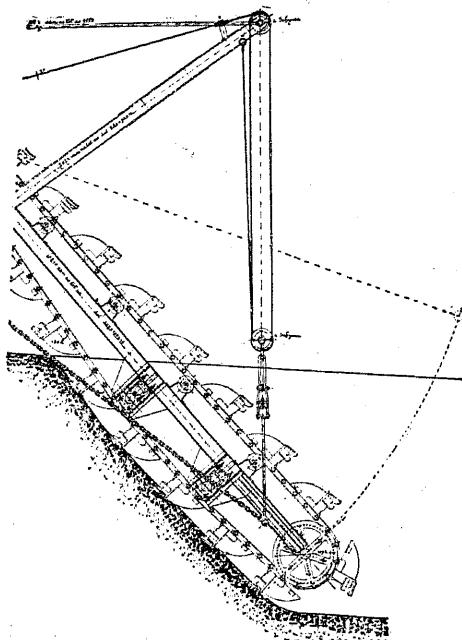


第 56 圖 ト ラ ッ ク・ローダー

(2) バケット・エキスカベーター 寫真に示す如く兩端にタンブラーを附したラッダーの周囲を廻轉する、連續バケット・チエインに依つて搔き上げた土砂を、其の反対側にシューに依つて滑出せしめて土運車に受ける仕組である、ラッダーはブームに釣つてあるから、掘鑿斜面に適應する様上下し得る、又掘鑿機全體は大型のものは軌條上に 2 輛又は 3 輛車輪で支へられ、小型のものはカタビラーに乗つて居つて、土運車に満載すれば自走して前進、又は後退して次の土運車に積込む様になつてゐる、本機は其の操作方式がショベル式やドラグライン

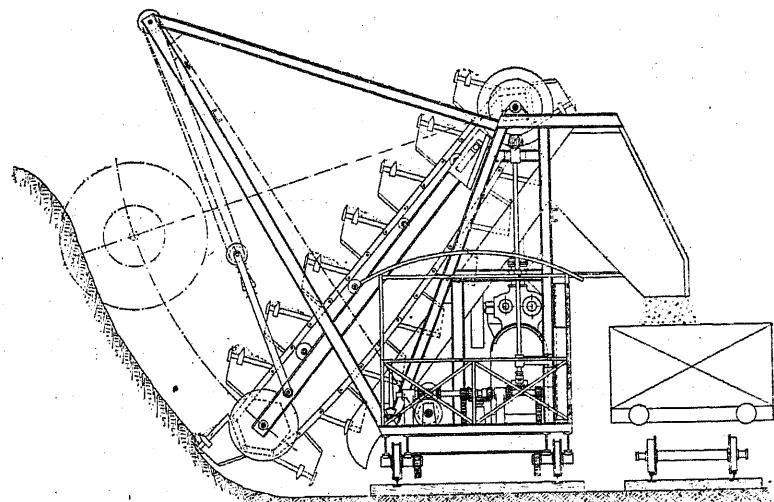


第 57 圖 セミディーゼル・バケット・エキスカベーター

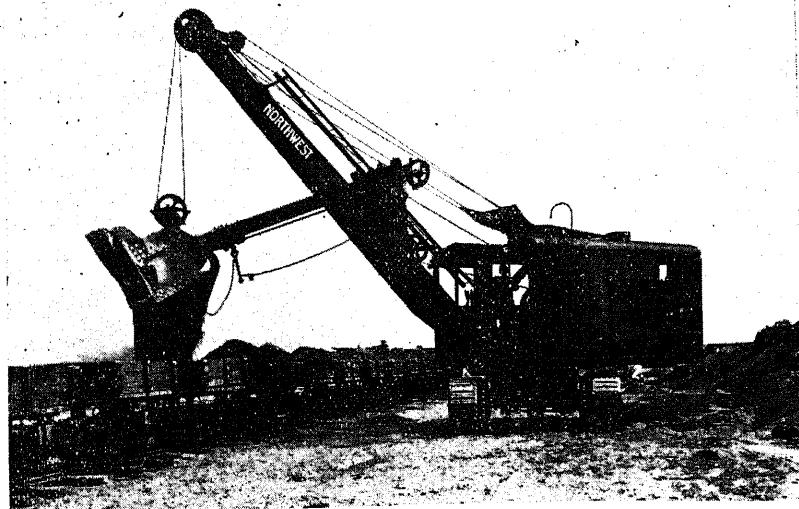


第 58 圖

式に比し簡単であるから、普通の場合には工費が最も低廉で、大土工に適して居る、然し地形狭小の場所に於て操作が困難となる事、堅い地盤に對してはショベル程に有力に働き得ないこと、狭い溝形又は細長い堤防の掘鑿にはショベルやドラグ・ラインに及ばないことを考慮せねばならぬ、動力は蒸氣機若くはディーゼル機を使用する、第 57 圖及第 58 圖に於ける如く機械の乗つてをる地盤以下を



第 59 圖 バケット・エキスカベーター

ディーゼル・ショベル(バケット容量 $3/4m^3$)

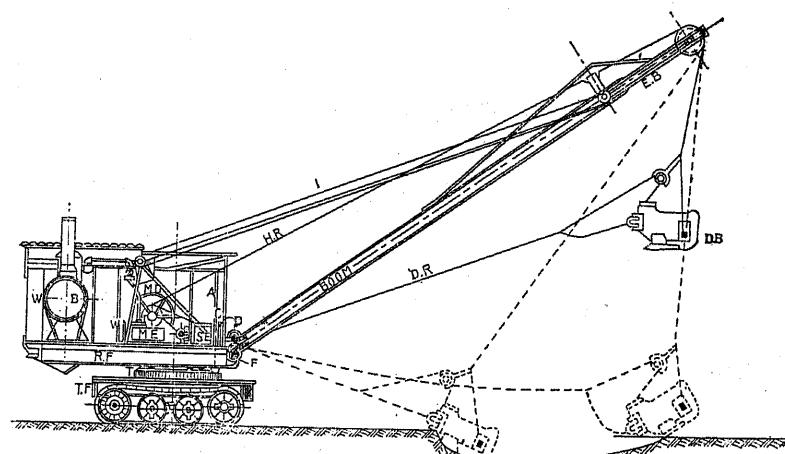
第 60 圖

下に向て掘るのが普通であるが、第59図の如く上に向て掘るものもある、重量は1時間 $60 m^3$ 掘で $22 t$ g、 $120 m^3$ で $40 t$ g. 位である。

(3) ショベル・エキスカベーター エンジン・ショベル又は動力の種類に依つてスチーム・ショベル、ディーゼル・ショベルと稱へてゐる、第60図の如くカタビラーの上に車體があつて、其の上に回旋臺を配し之れに依つてエンジンとブームとディツパーとが一體となつて自由に旋回し、尙ディツパーは其の腕をブームに支へられて伸縮上下自在である、巧妙に操作すれば人の腕の如く自由に運動が出来る譯であるから、バケット式に比すれば狭小な場所での操作が可能であること、固い土質を掘り得ることゝが特長であるが、安價大量土工の點に於てはバケットに劣ることは已むを得ない。

機全體の重量は $3/4 m^3$ (1立方碼) ディツパー・ディーゼル・ショベルで $29 t$ g. 内外 $0.56 m^3$ ($3/4$ 立方碼)、スチーム・ショベルで $18 t$ g. 内外である、公稱工程は1時間につき前者は $44 \sim 88 m^3$ 後者は $23 \sim 46 m^3$ なり。

(4) ドラグ・ライン・エキスカベーター は第61図の如くカタビラーに乗つて居る車體上の回旋臺にエンジンとブームとが一體となつて自由に回旋することは、ショベルの場合と同様である、但し此の場合はバケットがブームの両端よ



第 61

ドラグ・ライン・エキスカベーター

り出てをるホイスト・ロープとドラグ・ロープとの操縦に依つて土砂掬取し、又回旋臺を目的の場所迄回旋してドラグ・ロープを弛めて土砂を放下するのである、 $16 m$ 餘のブームを備へたものであると、機體の位置より $16 m$ 以上の遠距離に於て深 $4.8 m$ の處迄掘鑿し、又同様の距離迄回送し高 $8 m$ の處に放下し得る、即ち幅廣く且深く掘つて高い處に放下し得る事が特長である、夫れ故敷幅 $60 m$ 以内の水路を掘り、其の土を以て直接水路沿ひに築堤するが如き土工には最も適當な機械である、機體は可なり重いから著しき軟弱地盤では操縦頗る困難である。

次に項を追ふて述べる處は本邦に於て實際使用され、好成績を挙げたる各種の掘鑿機の構造性能及成績である。

§ 37 バケット・エキスカベーター

(1) バケット・エキスカベーター構造寸法及性能

第 31 表

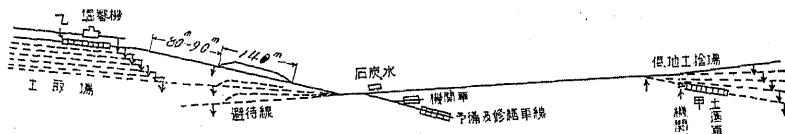
名 称	セミディーゼル・バケット・エキスカベーター	スチーム・バケット・エキスカベーター
製 作 者	佛國ドコービル會社 1798 B型	内務省機械工場
重 量	運轉整備時に於て $22 t$ g.	運轉整備時に於て $45 t$ g.
掘 鑿 能 力	1 時間 $50 \sim 60 m^3$	1 時間 $120 m^3$
掘 鑿 深 度	地盤以下 $3 m$	地盤以下 $3 m$
動 力	アスター・セミディーゼル $24 H.P.$ (稍過小)	模型多管式スチーム・エンジン
バケット迴轉機	共通	單獨機
進 行 機		" } 模型汽罐徑 $1.117 m$
捲 揚 機		" }
ラ ダ ー	長 $8.5 m$ 傾斜角最大 45°	長 $7.8 m$ 傾斜角最大 45°
バ ケ ッ ト	長 $60 cm$ 幅 $42 cm$ 深 $30 cm$ 19箇速 $45 cm/sec$	容量 $0.17 m^3$ 19箇 速度 $45 cm/sec$
車 體	長 $5.5 m$ 幅 $2.3 m$ 高 $2.2 m$ 軌面	長 $7.95 m$ 幅 $3.05 m$ 高 $7.62 m$
車 輪	上タングラード $4.35 m$	(煙突上端迄)
軌 条	4 輪徑 $70 cm$ 軌間 $1.9 m$	4 輪 11 輪徑 $97 cm$
加 鑿 實 績	30 kg/m 2條	30 kg/m 3 條
新 調 價 格	年 $90,000 \sim 12,000 m^3$	年 $200,000 \sim 300,000 m^3$
	約 $30,000$ 圓	約 $40,000$ 圓

(2) 機械掘鑿土工作業

掘鑿方法については動力が内燃機のものも、蒸氣のものも大差はない、次に内務省河川工事に於て1時間 $120 m^3$ 掘短梯下向蒸氣

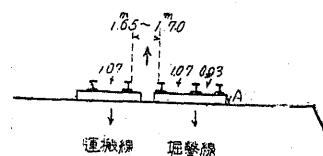
機一臺を使用し $30 m^3$ 積土運車に積込み 20 か 汽機関車一臺にて運搬する場合の作業を概説す、尙詳細な作業の内容は、熟練せる工事現場に就いて實地習得するの外はない。

イ、掘鑿機及運搬列車操縦一般 第62圖に示す如く土取、待避、運搬、土捨及機関庫の各線路を配置す、土取線及土捨線は點線の如く移動す、先づ掘鑿機に依り積込み終りたる盈列車を待避本線迄引出して、機関車を切り放し次に待避側線に待合せ居る空列車を押進して掘鑿機位置に停止せしめ、機関車は單獨に再び待避線位置に進みて盈列車を連結し、土捨場に向つて押進運搬し土捨作業の終るを待ちて、空列車を牽引して待避線に復歸し空列車を捨置き、再び盈列車を引出し前と同様な方法を繰返すのである、此作業中掘鑿機と機関車の待合せ空費時間を省き、連續的に圓滑敏速に進行する事に努力を要す、運搬距離約 $4 km$ を超ゆれば運搬力不足（掘鑿積込は 18～30 分なる故）するから機関車を一臺増し掘鑿機の全能力を發揮せしむるを可とす、即機関車二臺土運車三列車を使用し、運搬線中間に待避線を必要とする。



第 62 圖

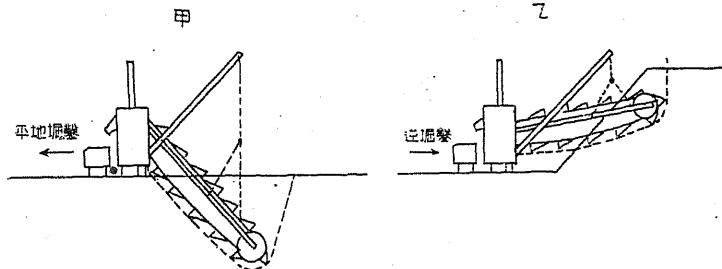
ロ、掘鑿線の配置及移動 掘鑿機及機関車の運動を中止せず敏速に移動出来る様に、配線及作業順序を定める、即一列車（延長約 $87 m$ ）分の區域の掘鑿を終れば順次隣接區域に移り、前半掘鑿中に後半線路の移動を行ふ、



第 63 圖

一回の移動幅は掘鑿深の大小に依り異なる、バケツト、ラッダーは下向 45° 近の傾斜を限度とし最大深 $30 m$ 及掘鑿し得、地盤不良なる場合は $14.88 kg/m$ 軌條長 $10 m$ に對し枕木 20 本を使用す、内 8 本をスパイキ止とし、他は單に敷詰め置き線路の移動に便す。

掘鑿線の長さは掘鑿深に依り參酌すべきものなれ共、普通 $700 m$ 内外を適當とす、短かきに過ぐれば移動頻繁且困難となり、長きに過ぐれば列車入替時間を多



第 64 圖

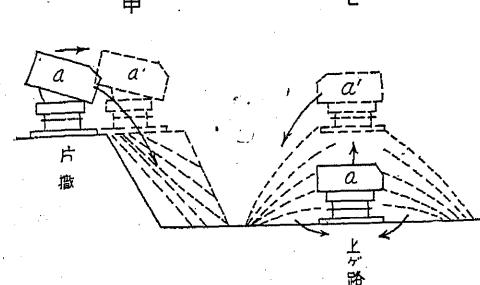
く要す、尤も長き掘鑿線に對しては途中に待避線を設けて、列車入替に便する方法もある。

凡て掘鑿線は直線且平坦ならざれば、掘鑿機の運動は元より線路の移動等作業圓滑ならざる故機械使用前に先づ以て地均しするを要す。

第64圖(乙)に示す如く上向に前進掘鑿も可能なれ共、能率は下向の場合の $\frac{1}{2}$ 位となる。

ハ、土捨線路の配置及移動 土捨線の捨土捲出高は普通 $3 m$ 以下とし、線路長は $600 \sim 700 m$ とす、長きに失すれば移動線路の危險のため機関車操縦敏活を缺き、却つて工程擧がらず、土捨線の移動に依り其入口は次第に屈曲を増し、又築堤の場合は上砂盛上げのため次第に急勾配となることを豫想し、なるべく之等を緩にする様豫め配線するを要する。

平坦地に於て土捨を行ふ場合、最初の線路引延ばしは低地に据え置き、其兩側に捨土して第65圖(乙)の如く線路を持ち上げ（俗に上げ路と稱す）、適當の高さ



第 65 圖

になれば水平に第65圖(甲)の如く線路を移動して土砂を撒き出す。

二、作業員配置及歩掛 作業員の配置及歩掛の標準を示せば次の如し。

第32表 蒸汽 20tg. 機関車 120m³ 堀鑿機作業員配置及歩掛表

種別	名稱	所要人員	摘要
堀鑿機掛	運轉手	1	工事過激な場合は豫備員を要す
	火夫	2~3	若年者を可とす
	架板人夫	1	動作軽快なるものを可とす土運車の間に落つる土を防止するため架板を堀鑿機の進行に伴ひ轉換する役目
	ワインチ人夫	1	運轉手の命令に依りラツダーを上下する役目、年少者にて可
	炭水人夫	1	石炭及機関用水運搬夫
	線路人夫	8~12	
機関車掛	機関手	1	工事繁激なる場合豫備員を要す
	火夫	2~3	若年者を可とす
	カツブラー	1	"
	油差人夫	1	"
	ヤードメン	1	"
	ポイントメン	1~2	女人夫又は年少者
運搬掛	炭水人夫	1	
	保線人夫	1~3	線路の状態に依り増減す
	土捨人夫	10~15	築堤のため盛上げの場合と低地に撒出す場合とに依り増減 堀鑿線路敷設1人1日30~40m、同取除1人1日90~100m、同運搬1人1日20~25m(距離1,000m)運搬線路敷設1人1日40~50m、同取除1人1日20m。場合に依り増減。
準備工	線路敷設及取除		
	地均し人夫		
諸掛	假橋人夫	1~2	作業の指導者にして熟練者を要す
	定工夫	1	材料器具の保管、及出入整理
	倉庫番人	1	
	小使	1	

(3) 堀鑿費 ディーゼル機は蒸氣機に比し燃料費低廉なるのみならず運轉費に於ても、火夫及給炭水人夫の必要なため著しく工費低廉なり、次に實際の成績を表示す。

鋤鎌式掘鑿機掘鑿費 (100m³)

第33表

種別	セミディーゼル・バケット・エキスカ 60m ³ 掘(1時間)			
	単位	員數	金額	摘要
重油	立	7.2	0.373	土質砂礫の場合
軽油	"	1.2	0.136	掘鑿深は約2.0
モゼール油	"	0.6	0.321	土運車は鍋形1.0
エンデン油	"	0.9	0.142	m ³ 積使用
シリンドラー油	"	0.02	0.009	掘鑿機はトコービル
車軸油	"	0.5	0.045	會社 1798 B型短梯下向
グリース	kg	0.1	0.049	
雜品			0.031	内務省紀ノ川改修工事昭和4年成績
小計			1.106	
機械付員			2.533	
手傳人夫		0.3	0.400	
小計			2.933	
計			4.039	
堀鑿線路人夫		0.5	0.920	
合計			4.959	

種別	スチーム・バケット・エキスカ 120m ³ 掘(1時間)			
	単位	員數	金額	摘要
石炭	kg	128	1.280	20 tg. 蒸汽機関車と組合せ。
マシン油	立	0.27	0.065	内務省河川工事の成績なり。
シリンドラー油	"	0.12	0.036	
ヘツト	kg	0.17	0.006	
檻櫓	樓	"	0.10	0.012
雜品			0.008	
小計			1.387	
機械附員	人	0.4	0.800	
手傳人夫	"	0.5	0.700	
小計			1.500	
堀鑿線路人夫	"	0.9	1.260	
小計			1.260	
合計			4.140	

種別	ディーゼル・バケット・エキスカ 120 m ³ 挖(1時間)			
	単位	員数	金額	摘要
重油	立	6.27	0.234	土質粘土
マシン油	/	0.68	0.065	土運車は 3 m ³ 、積使用
モビール油	/	0.43	0.143	主機 50 馬力
グリース	kg	0.08	0.014	進行機 22 馬力
櫛	樓	/	0.007	内務省荒川改修工事昭和 6 年成績
雜品			0.008	
小計			0.470	
機械附員	人	0.24	0.517	
手傳人夫	/	0.34	0.288	
小計			0.805	
掘鑿線路人夫	/	1.23	1.220	
小計			1.220	
合計			2.497	

(4) 修理費 100 m³ 當修理費は前掲ディーゼル機 0.500圓蒸氣機 0.700 圓位である。

§ 38. ショベル・エキスカベーター

(1) ショベル・エキスカベーター構造、寸法、及性能

第 34 表

種別	単位	マリオン21型蒸汽	ブサイラス14B型 蒸氣	ノーウエスト105 型ディーゼル	摘要
重量 (運轉整備時)	tg.	17.7	18.1	29.0	
デッパーの大きさ	m ³	0.56(3/4立方碼)	0.56(3/4立方碼)	3/4m ³ (1立方碼)	
1時間の能力	/	23~46	19~38	44~88	1時間能力は製作會社の公稱能力を掲ぐ
ブームの長さ	m	5.334	5.486	7.32	
デッパー・ハンドルの長さ	/	3.810	3.353	4.30	
車體寸法	/	幅 2.489 × 長 3.962 汽 氣 縦型 1.153 m × 2.433 m 壓力 10.5kg/cm ² 最大 罐 8.8kg/cm ² 常用	幅 2.743 × 長 4.648 汽 氣 縦型 1.067 m × 2.286 m 壓力 10.5kg/cm ² 最大 罐 8.8kg/cm ² 常用	幅 3.10 長 4.30 ディーゼル・エンジン フエヤバンクスモールス	
動力					

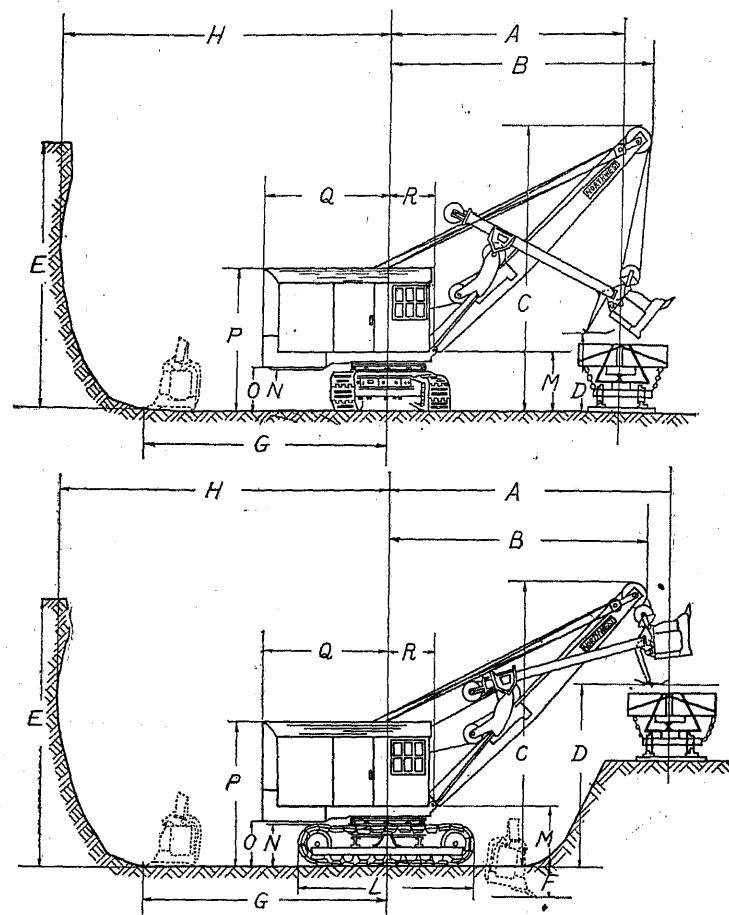
及 機 關	機 直徑 152mm. クラウディング 直徑 114mm. スキンギング 直徑 114mm.	機 直徑 127.0mm. クラウディング 直徑 101.6mm. スキンギング 直徑 101.6mm.	四氣笛 4 サイクル 60 馬力
移動裝置	二軸四輪軌間 1435mm.	同 上	カタピラー・ペース 50cm × 295cm
ホイール・ベース	2.339m	ホイール・ベース 2.176mm.	進行速度 30cm/sec
ホイスチング ケーブル	直徑 15.8mm.	15.8mm.	19.0nm.
新調價格	約 26,000	約 27,000	約 45,000
一年間量 掘鑿土量	m ³ 約 60,000	約 60,000	約 108,000

ノーウエスト 105 型ディーゼル・ショベル運轉時の寸法

車體中心よりディバー中心迄	A	土運車が上にある時	7.5
/	/	同 下にある時	5.0
車體中心よりブーム上端迄	B		7.0
地點よりブーム上端迄の高さ	C	45° の場合	6.15
/	/	50° の場合	6.50
デッパーの扉の下端迄の高さ	D	50° の場合	4.50
土取場の高さ	E	土運車が上にある場合	1.80以下
下掘し得る高さ	F		0.97
車體中心より掘取箇所迄の最大距	G		6.00
デッパー最大半径	H		9.82
カタピラーの長さ	I		2.95
ブームのヒンヂより地盤迄の高さ	M		1.50
カタピラーの高さ	N		1.00
車體下端の高さ	O		1.07
車體最上端の高さ	P		3.60
車體中心より尾部迄の距離	Q		3.00
/ 前端迄の距離	R		1.30

(2) ノーウエスト 105 型ディーゼル・ショベルの操縦

イ、ディーゼル・エンジンの運轉 始動に必要な空氣を作成する爲に補助機關として 1.0 馬力のノーボ型瓦斯倫機關を備へてあるから、先づ之を運轉して壓力 18~21 kg/cm²



第 66 圖

の壓縮空氣を作り、燃料及冷却用水を充分に填充す、續いて行ふべき手段を順に記せば、手動にて潤滑油唧筒を約 50 回廻轉し同時に主働機を 2~3 回廻轉す、燃料唧筒を 7~10 回押して後 4 気筒の頭部のネジを抜き、イグニション・ペーパーを夫々點火して差込み、同時に壓縮空氣のバルブを断続的（開け放しすべからず）に開く、エンヂンは壓縮空氣に依りて廻轉を始め同時に各シリンダー内の空氣を壓縮して熱を起し、重油を燃焼して初めて廻轉を開始す、以上の作業時間は普通 4~5 分間なり、氣候寒冷の場合に此作業を數回繰返すことあり、一度始動すれば作業の中途に於ては補助機關の必要なし、操業中の中止 40 分以上となればイグニション・ペーパーを使用する必要あり、極く寒冷の場合は冷却用の冷水

の代りに温湯を使用し始動を容易ならしむることあり。

此エンヂンの動力の傳達は三本のハンドルに依る、クラッチの入換にて、車體の進退、ディッパーの上下、機體の廻轉の三動作をなす、此外ディッパーの底扉の開放は別に手傳人夫の綱引にて行ひ閉鎖は自働装置なり。

車體の進退に要する動力はベルギーヤによりて、カタビラーのドライビング・ホイールに傳達され、クラッチの右移動前進、左移動後退となる、方向轉換は二つのカタビラー中一方をブレーキし一方を廻轉することに依つて完全に目的を達す。

ディッパーの掘鑿動作は總てワイヤロープの伸縮に依つて行はる、即先ワイヤを緊張してディッパー・ハンドルを適當な長さに伸縮し（ディッパー・ハンドルはブームの中程にある支承上を滑動す）、次にホイスチング・ワイヤを弛めてデッパーを掘鑿開始の位置に下げる、然る後ワイヤを引締めてデッパーを引上げると同時に、ディッパー・ハンドルを除々に突出し土砂をデッパーに充満せしむ、ディッパー満載された時、車體を廻轉しつゝホイスチング・ワイヤを引締めて、ディッパーが土運車上に来る迄に之を必要な高さに上げる、土運車直上に於て底扉を開き（手傳人夫がロープを引く）土砂を落下せしむ。

口、作業員の配置 機械付員としては運轉手 1.0 人底扉綱引子供 1.0 人激しき作業の場合は運轉助手を置き交代せしむる要あり、カタビラーの進行路及土運車列線の掘鑿線路の手入れのため人夫 2.0 人を必要とす。

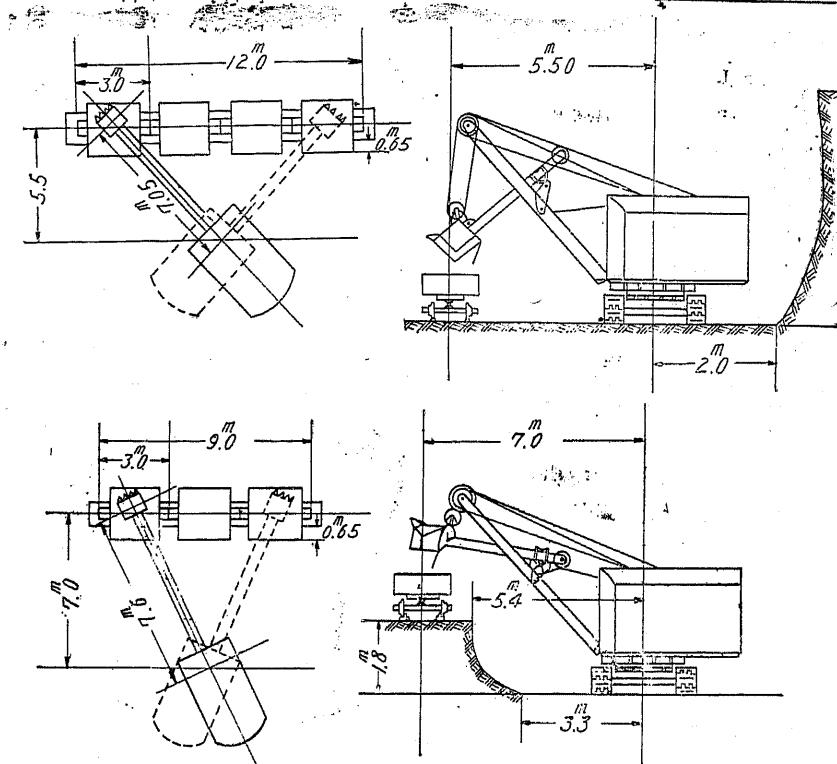
ハ、組合せせ土運搬列車の種類 機關車はディーゼル・ロコ 7.0kg. 級土運車は 1.1m 積ダムプ・カーが最も適當なり、鋤鍵式掘鑿機と異リ土運車に落下する土量が一時に多量なる故、土箱の面積大にして丈夫なるを必要とす、一列車の土運車数は勾配、線路の状態及土砂の重さに依つて 16~20 なり。

二、掘鑿作業 掘鑿作業には二種類ある第 67 圖に示す如くショベルが下段に土運車が上段にある場合と、兩者共下段にある場合とあり。

此二つの場合に於て一運搬列車（ダムプカー 16 台）に要する積込時間其他注意すべき事項を列舉すれば、

種 別	土運車上位、ショベル下位の場合	土運車とショベルが同一地盤の場合	摘 要
1 回に掘鑿し得る土取場の高さ	(ブーム・アンダル 50°) (普通 7.0m 以下)	(ブーム・アンダル 45°) (普通 7.0m 以下)	ショベルが土運車より下段にあれば土運搬列車の勾配を緩にし、積込時間が短縮し得れ共操作は可なり困難にして熟練せる運
ショベルが 1 箇所の位置にて積込み得る臺数	2 収迄は容易なり 3 収の場合は不便多し	3 収迄は容易なり 4 収の場合は不便多し	
デッパー 1 回の操作に要する時間	平均 23 秒	平均 26 秒	

車體移動1回に要する時間	14秒	18秒	轉手を要す、又ワイヤ、燃料等の消耗多く、土運搬線路の移動頻繁なり
1台満載に要するディッパー操作回数	2回	2回	
1列車16台積込に要する時間	14分	15分36秒	



第 67 圖

木、掘鑿能力は工事現場状態、掘鑿方式、土運搬列車其他の設備の良否、從業員の技能等に依つて非常に差異を生ずるものである、比較的良好なる條件の下に施工されたる河川工事の實例に於ては、

種別	1.1m ³ 積ダンプ・カー 16台		同上 20台列車の場合	
	列車の場合 最大(m ³)	平均(m ³)	最大(m ³)	平均(m ³)
1年間の掘鑿總込土量	100,000		108,000	
1箇月間の同上	10,941	8,333	11,600	9,000

就業1日當り同上	575	369	630	400
純運轉1時間當り同上	59.1	38	65	41
總日數に對する就業日數	74%		74%	

(3) ショベル・エキスカベーター運轉費 (100 m³當)

第 35 表

掘鑿機種別 ディッパーの容量	ブサイラス14B 型蒸氣 0.5m ³ (3/4立方碼)	ノーウエスト105型ディーゼル 3/4m ³ (1.0立方碼)		
土質	砂質粘土	砂礫		
土運搬列車	20t _g 蒸氣機關車 3m ³ 積土運車30臺	7t _g ディーゼル・ロコ 1.15m ³ 積ダンプカー 16臺		
名稱	金額	名稱		
石炭 kg	285	重油立ガソリン立モビール油立シリンドー油立グリース立ヘツト立雜品立計機械付員人立手傳人夫立線路人夫立計合計	18.4 0.2 1.1 0.2 0.1 0.1 0.8 0.3 0.7 1.690 1.868 0.403 1.432 3.703 5.393	0.955 0.025 0.487 0.074 0.072 0.049 0.028 1.690 1.868 0.403 1.432 3.703 5.393
金額	60,000	掘鑿土量(1年間)m ³	108,000	

(4) 修理費 修理の主なるものはディッパー捲揚用のワイヤロープ、主働機、ディッパー用爪等にして所要修理費はスチーム・ショベルもディーゼル・ショベルも大差なく 100 m³當 1.00 ~ 1.30 圓である。

§ 39. ドラグライン・エキスカベーター

(1) ブサイラス社製 50B 型カタピラー付蒸氣機

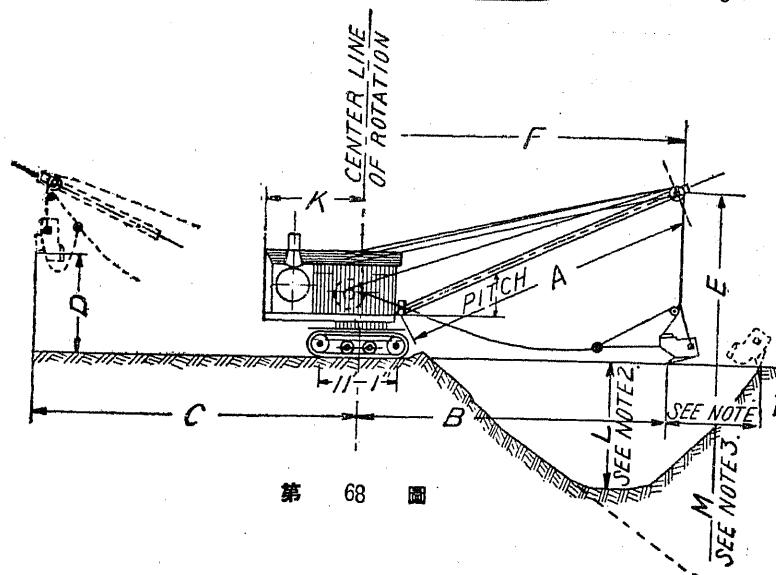
について構造の大要を示せば、

ブームの長

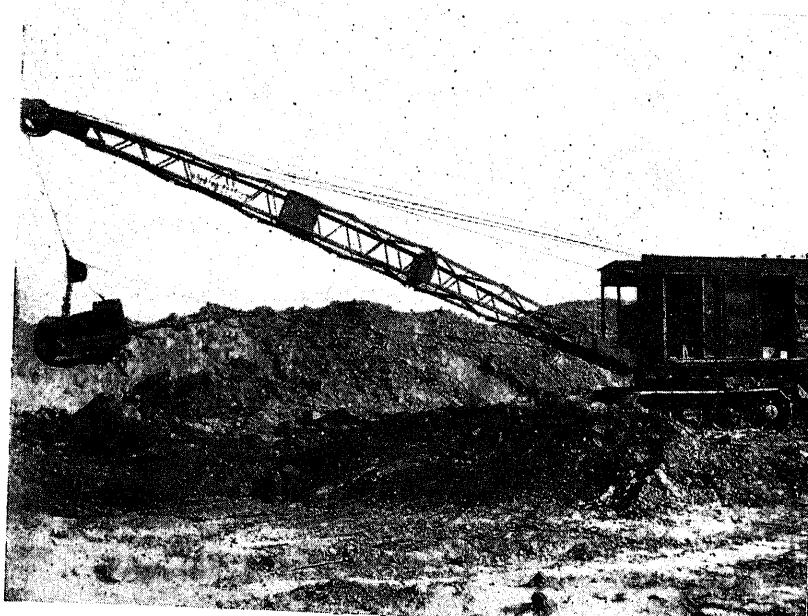
バケット容量

13.72m

1.15m³



第 68 圖



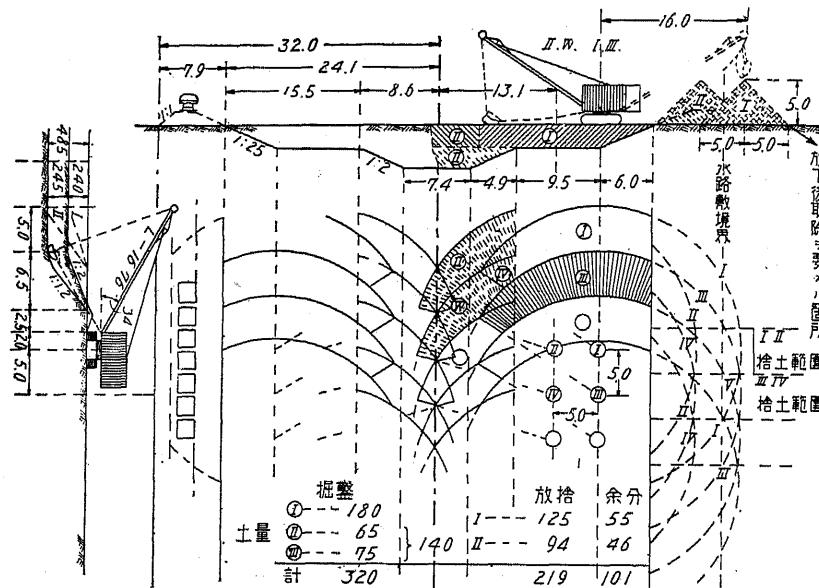
第 69 圖

掘鑿距離 (B)	ブーム斜度 35°の時 14~16m, ブーム斜度 40°の時 12.5~16.5m	
放下距離 (C)	" 14.76m "	12.90m
放下高 (D)	" 4.42 "	7.47
ブーム高 (E)	" 8.11 "	11.13
" 半径 (F)"	" 14.48 "	12.57
機體後部長 (K)	" 4.34 "	4.34
掘鑿深(側掘)(L)	" 5.18~6.71 "	4.57~6.10
" (底掘)(M)"	" 10.06 "	8.23
回旋臺の直径		2.26m
ホイスト・ロープ徑		22.2mm
ドラグ・ロープ徑		25.4mm
主汽機		203mm × 228mm
回旋汽機		165mm × 152mm
汽罐	ロコモチーフ型常壓 22.3 kg/cm²	1.37m × 2.29m
インジェクター	25.4mm	2 本
水槽	1,893 立	
石炭庫	861.84kg	
カタピラー速度	0.40m/sec	
全重量	約 50 t.	
價額	約 55,000 圓	

(2) 操縦の方法 バケットはホイスト・ロープとドラグロープとに取付けられてある。初め掘鑿位置に於て弛められたるドラグロープを引寄せバケットを地面に對し適當な角度にあらしめ、ホイスト・ロープを徐々に緩めつゝドラグロープをドラムに捲付るとバケットは土砂を掬取する、バケット満載した時ドラグロープの捲付を中止し、同時に之を徐々に弛めつゝホイスト・ロープを捲付機體を廻轉して、土砂の放下場所に至つて、ドラグロープを急に弛める時は、バケットは自重に依り垂直になり土砂を放下す、バケットに土砂を滿載し懸垂中はドラグ・ロープとホイスト・ロープとは常に緊張せしめ、滿載土砂の滑落せぬ様にバケットの位置を保たせることは勿論である、之等の操作は機體前方にある運轉臺に於て一人の運轉手に依り其周圍に取付られたる、7 個のレバーハンドル及 2 個のフート・ブレーキを通じて行はる。

本機は元來其掘鑿距離範圍内に於て、掘鑿せる土砂を放下距離範圍内に放下し其儘築堤として用ふる場合に最も適當なる機械であつて之がために、長きブーム

を有するものである、掘鑿土砂を土運車に積込運搬する場合には、其掘鑿能力は本機自身の移動と之に伴ふ土運車及運搬線路の取扱ひのため、著しく減殺されるゝを以て其成績は鋤鍵式及ショベル式に比し遙かに劣るものである、全重量はカタピラーに依りて支持されるゝも地盤軟弱の場所に於ては、枕木を敷詰めるも尙機體の安定を保ち難き場合がある。



第 70 圖

今水路幅 48.2 m の場所の作業状況を述ぶれば、第 70 圖に示す如く、全幅の半分 24.1 m 宛の二筋に分ち作業を行ふ、然るときは片側に 7.9 m の土揚敷を存し、後左側に揚げたる土砂は、直ちに土運車にて運搬し右側の土砂の水路邊に捨土するのである、先づ機體を水路中心より右 18.0 m に置き (I) 上層 24m 及側法部分を掘鑿し (I) の箇所に放す、次に機體を 5 m 左方に移動し (II) の上下層及低水路側法を掘鑿し (II) の箇所に放下す、次に (III) 及 (IV) に移り右半分を終り同様の方法を繰返し全幅を仕上げ後退す、此一回の後退距離は土質及掘鑿深に依り異なるも約 5.0 m なり、法面仕上げは幾分時間を要すれ共運轉手の熟練に

依り規定の通り可能である、投掘と稱しロープの弛め方の調子に依りバケツを遠く投出し掘鑿し得るも此方法は、機體に反動を生ずる事激しく能率は極らない。

掘鑿 1 回當り所要時間

上層掘方の場合	30 秒
下層掘方の場合	40 秒 (下方 0.3 ~ 0.6m は水中掘鑿なり)
投掘の場合	80 秒

水中掘鑿は水深 0.6 m 迄は効果あれ共、水深大となるに従ひ土砂流出して能率を減じ且バケツの損傷大である。

給水は水槽車に依り運搬しインジェクターに依り、機體水槽 (容量 1,893 立) に收容す、一日の給水量 5,600 立内外である。

本機の操縦は他の機に比し最も複雑にして運轉手の疲労甚しき故助手、火夫、等補助員を充分に配置するを要する。

一年間の掘鑿土量は掘鑿土の全部を土運車に積込む場合は $100,000 \text{ m}^3$ 以上の工程は困難なれ共直接に捨土する場合は $120,000 \text{ m}^3$ 以上の工程を擧げ得る。

(3) 運轉費 (2) に例示したる如く、掘鑿土の大部分を直接捨土したる場合の運轉費を示せば、

ブサイラス 50 B 運轉費 (100 m^3) 第 36 表

名 称	単位	員 數	金 額	摘要	要
石炭	t.g.	0.43	8.606	土質 砂質粘土	
マシン油	立	0.49	0.073	1 年の内約 55 % が實際就業日數なり。	
シリンドラー油	"	0.73	0.191	1 年の掘鑿土量は最小 $47,000 \text{ m}^3$ 最大 $145,000 \text{ m}^3$ 平約 $117,700 \text{ m}^3$ なり。	
グリース油	kg.	0.17	0.051	本表は大正 12 年～昭和 4 年 7 年間の平均にして内務省荒川改修工事の成績なり。	
雜品			0.062		
計			8.983		
機械付員	人	0.62	1.689		
手傳人夫	"	1.58	2.886		
計			4.575		
合計			13.558		

(4) 修理費 本ブサイラス機は構造頑丈にして、磨損箇所には特種鋼を用せる故作業激しき割合に修理少し、土砂 100 m^3 當修理費は 1.66 ~ 4.16 圓平

均 266 圓にして、其内最も多額なるはワイヤ・ロープなり、各ロープの耐久力を示せば、

種 別	一 筋 當 成 績	
	使 用 日 敷 平 均	取 扱 土 量 平 均
ホイスト・ロープ	28 日	17,500 m ³
ド ラ グ ・ ロ ー プ	13	8,300
ダンピング・ロープ	16	11,600

§ 40. 機械掘鑿土工用土運車の構造及修理費

(1) 構造 機械掘鑿では土運車の高さを増すも、人力積込の場合程工費に影響しないから、其構造は次の事項に注意すれば良い。

イ、掘鑿機より落下する土砂を受けるに足る土箱の面積を保ち、且土砂落下の衝撃に耐ゆる構造とすること。

ロ、土捨の際土箱の傾倒容易にして、土砂は土箱底に粘着残存することなく、なるべく遠方に飛出すること。

ハ、掘鑿機に依り土砂を受ける場合聯結土運車の土箱と、土箱の間隔はなるべく少きを可とす、斯くすれば掘鑿機の移動も少く、且土箱間に土砂の落下を防ぐこと容易となる。

以上の外は人力掘鑿機關車運搬の場合と同一である。

(2) 修理費 人力掘鑿機關車運搬の場合より幾分増加するを普通とす、特にエンジン・ショベル及 ドラグ・ラインの如く比較的高い處より多量の土塊が一時に落下するものゝ場合に於て甚しい。

§ 41. 工費の分類

土工費の種別系統を明かにするため之を類別すれば、

イ、土工機具費

機具費 掘鑿機、機關車、軌條、枕木、機械手入用具、軌道保線用具、其他
土工用機具一式

ロ、作業費

準備工 掘鑿及運搬線路敷設、障礙物取除及地均し、假橋、給水、給炭設備等掘鑿及運搬作業の準備工事の費用

掘鑿費 掘鑿機運轉並に掘鑿線路移動の費用

運搬費 機關車運轉費、列車及ポイント人夫、運搬線路人夫、土捨人夫等

水替費 動力費、運轉費等

諸掛費 工夫、測量其他雜役人夫、雜品、機具材料の運搬、跡片付等の費用

ハ、土工機具修理及毀損費

土工用機具の維持修繕に必要なる凡ての費用

毀損費 土工機具の内工事に依り損耗を受け、修理困難のため使用に耐へず廢棄せるものゝ費用

ニ、附帶工事費 土工作業及其設備をなす場合、之に伴ひ必要を生じたる道路又は水路の附替、橋梁架設等の如き附帶工事の費用

ホ、用地及補償費

用地買收費 工事上必要なる用地買收及物件移轉費

借地料 土取場、土捨場、運搬線路、事務所其他工事施行上必要なる用地借用料

補償費 土工作業及設備に歸因する損害に對して仕拂ふ補償費

ヘ、共濟費

療養費 工事施行に歸因する傷害醫療並に休養費

慰藉料 工事施行に歸因する傷害に對する慰藉料、見舞金等

保健費 工事に從事する諸員の保健上必要なる諸施設の費用、慰安會の費用等

ト、事務費

總括事務費 工費の調査見積、施工機關の編成、會計事務の總括、施工員の監督指導、工事に伴ふ重要事務の交渉等に要する人件費、旅費、及

雜費

現業事務費 現業役員（技術及事務）の俸給、旅費、賞與、施工上必要な

調査測量費、筆墨紙、製圖用具、其他の廳費、事務所、見張所、倉庫、電話、等の營繕費

ホ、原價償却費

土工機具減價 工事に使用せる諸機具の着工當初の價額より竣工の際の評價額を差引たる金額、即工事中の減損價額(毀損廢棄品を含ます)

リ、資本利子及利益

資本利子 着工當初より完了に至る迄に支出せる資金に對する利子

利益 工事請負營業のための利益

以上の内(イ)に屬する機具費を除きたる他の費用の總和を以て、總土工費とす、尙詳細に考ふれば土工機具の外竣工後殘存する古材、古建物等あり、其價値大なる場合は工費より差引くべし。

以上分類は工事の大小、施工組織、及會計整理の都合等に依り、科目變更し事務の簡便を計る、會計明細簿は上述分類に従ひ尙必要に應じ細目を設け、日々又は毎月の材料、勞力、其他の支出高及工事の出來高を記帳して、工費決算の資料とし、一面之に依つて支出費用と出來高とを明瞭ならしめ、工費經濟攻究の参考に供す。

土工器具、工事材料、其他の備品、消耗品等の出入及在庫高を明確にするため臺帳及受拂簿を備ふ。

§ 42. 機械使用土工費の經濟

機械使用土工の工費經濟について一般的の結論を擧ぐれば、

イ、作業費及修理費(設備費を除く)に關しては機械能力の大なるもの程工費低廉となるが普通である。

ロ、機械の能力の最大限度に働かせた場合の土工單價が結局最も低廉なる成績を示す、之れは諸雜費、事務費、設備費の利子及其原價償却費等の如き取扱土量の多寡に關せず、殆ど定額に消費される費用が影響するからである。

ハ、掘鑿機は特殊の地形地質の場合を除いては、バケット式のものが工費最も低廉である。

ニ、使用機械の動力は蒸氣機よりも、ディーゼル機の方作業費、修理費共低廉なり、機械の壽命は兩者共大差なく修理適當ならば 20 年以上の使用に耐ゆ、但しディーゼル機の方が新調費 5 割以上高價である。

ホ、7.0 tg. 級機關車は隨分複雜狹小な地形の處でも操縱可能である、設備費も比較的少額で工程、工費共成績良好である、又機具輕便で運搬に困難を生じないから、最も調法で且使用の機會が多い、3.0 tg. 級の機關車は人力手押の代用とする程度のもので、人力よりも幾分經濟である。4.0 tg. 以上となれば手押に用ふる軌條枕木にては間に合はないから寧ろ 7.0 tg. 級を採用するを得策とする。

ヘ、20 tg. 級機關車は年 200,000 m³ 以上の大土工の場合に採用し、普通一時間 120 m³ 掘の掘鑿機と組合はせて使用する、地形複雜な所では周圍に於て機械使用困難な場所が残るから、7.0 tg. 級以下の補助機使用の必要を生ずる場合がある。

ト、實地に適應する機械の組合はせを採用すること、作業の順序方法を實地に適應せしめること、作業員は適材適所に過不足なく配置すること、掘鑿機及土運搬列車の運轉事故並に修繕をなるべく少くし、且之に歸因する作業中止の時間をなるべく短かくすること、二組以上の機械を使用の場合は兩者を對立せしめ、機械の調制を誤らざる範圍に於て能率競争をなさしむること、土運車の積載量を充分に監督し、一面運搬回數に應する歩増制を設くること、等は工費經濟上特に注意すべき要點である。

§ 43. 各種機械組合はせ別土工費

掘鑿機、機關車、土運車の各種の組合はせの内比較的應用の機會多きものにつき、其土工費を次表に示す、但し本表は四圍の事情が全く同一な條件の下に行はれたる實績でないから、正確な比較とは云へないが、各種土工費の大勢を窺ふに足るべし。

第 37 表

土工機具組合せ別

種別	掘鑿機車 土運車	毎時 60 m ³ 挖、ディーゼル・バケット				3/4m ³ ディツバー、ディーゼル・ショベル			
		7.0 tg. ディーゼル・ロコ		7.0 tg. ディーゼル・ロコ		1.0 m ³ 積ドコービール鉄型		1.15 m ³ 積ダンプカー	
機具費(一組分)	名稱	形狀寸法	員数	單價	金額	形狀寸法	員数	單價	金額
	掘鑿機車	ドコービール 22 tg. P.M.Z. 122	1	30,000	30,000	ノーウェスト 105型	1	45,000	45,000
	土運車	1.0 m ³ 積ドコービール鉄型	1	11,500	11,500	オットー P.M.Z. 122	1	11,500	11,500
	軌枕木	11.9 kg/m	48	140	6,720	米國製 側傾倒	40	220	8,800
	杭木	2.5km	2,000	5,000	11.9 kg/m	2.5km	2,000	5,000	
	雜器具	渠長 1.5m	3,800	0.4	1,520	渠長 1.5m	3,800	0.4	1,520
	合計				1,100				1,100
					55,840				72,920
作業費(百立米當)	掘鑿機運輸費	材勞 料力	1.106 3.853 1.095 1.380 0.420	4.959		材勞 料力	1.690 3.703 1.095 1.380 0.420	5.393	
	機車運輸費	材勞 料力	3.853 1.095 1.380 (距離1.500m)	2.475		材勞 料力	3.703 1.095 1.380 (距離1.500m)	2.475	
	列車及ポイント人夫		0.420				0.420		
	運搬線路人夫		0.510	3.160			0.510	2.930	
	土捨人夫		2.230				2.000		
	準備工	材勞 料力	0.320 1.280 0.050 0.700	1.600 0.750 0.750		材勞 料力	0.320 1.280 0.060 0.840	1.600 0.900	
	諸掛				12,944				13,298
	合計								
修理費(百立米當)	掘鑿機車	材勞 料力	0.250 0.250 0.300 0.150 0.150	0.500		材勞 料力	0.500 0.500 0.300 0.300 0.300	1.000	
	土運車	材勞 料力	0.300 0.150	0.600 0.300		材勞 料力	0.300 0.250 0.250 0.250	0.600 0.500 0.500	
	杭木		0.400				0.400		
	軌枕其他		0.200				0.200		
	合計				2,000				2,700
事務費	100 m ³ 常	作業及修理費の $\frac{1}{10}$ 1.494							1.600
	計				1.494				1.600
	合計				16,438				17,600
百立米當工費總括	作業修理及事務費	12,944 + 2,000 + 1,494 = 16,438				13,298 + 2,700 + 1,600 = 17,600			
	原價償却費	器具費を10年試定額完済するものとす。利潤は年7分とし年賦額を平均一年の取扱土量 $\frac{55,840 \times 0.1422}{100,000+100} = 7,940$				$72,920 \times 0.1422 = 10,369$			
	營業資金利子	作業、修理、及事務費の $\frac{1}{2}$ に封し年7分の利子を仕拂ふものとす $16,438 \times \frac{1}{2} \times 0.07 = 0.575$				$17,600 \times \frac{1}{2} \times 0.07 = 0.616$			
	合計				24,953				28,585

土工費比較表

0.56m ³ ディツバー、スチーム・ショベル 5.0 tg. スチーム・ロコ 1.15 m ³ 積ダンプカー				毎時 120 m ³ 挖スチーム・バケット 20.0 tg. スチーム・ロコ 3.0 m ³ 積木製チッピング・ワゴン				毎時 120 m ³ 挖ディーゼル・バケット 20.0 tg. ディーゼル・ロコ 3.8 m ³ 積ダンプ・カー			
形狀寸法	員数	單價	金額	形狀寸法	員数	單價	金額	形狀寸法	員数	單價	金額
ブサイラス 14 B	1	27,000	27,000	短梯 40 tg.	1	40,000	40,000	短梯 40 tg.	1	45,000	45,000
5 tg.	1	5,000	5,000	20 tg.	1	20,000	20,000	20 tg.	1	30,000	30,000
米國製 兩側傾倒 11.9 kg/m	38	220	8,360	片側傾倒 3.5km	70	300	21,000	兩側傾倒 3.5km	44	900	39,600
2.5km	2,000	5,000	10,000	13.3km	6,000	10,500	6,000	13.3km	3,000	6,000	10,500
渠長 1.5m	3,800	0.4	1,520	渠長 2.1m 2.7m	2,100	1.5	3,150	渠長 2.1m 2.7m	5,600	1.5	8,400
			48,380			2.2	115,620		2,100	2.2	4,620
											3,300
											149,220
材勞 料力	3,200	7,600		材勞 料力	1,387	4,140		材勞 料力	0.555	2,590	
4,400	5,900			材勞 料力	2,760			材勞 料力	2,025		
3,440	5,900			材勞 料力	1,806			材勞 料力	0,595		
2,550	5,900			材勞 料力	1,220	3,260		材勞 料力	1,132		
0.500				材勞 料力	0.330			材勞 料力	0,330		
0.600	3,500			材勞 料力	0.500	2,630		材勞 料力	0,500	2,630	
2,400				材勞 料力	1,800			材勞 料力	1,800		
0.320	1,600			材勞 料力	0,666	2,000		材勞 料力	0,666	2,000	
1,280				材勞 料力	1,334			材勞 料力	1,334		
0.050	0.900			材勞 料力	0,060	0,900		材勞 料力	0,060	0,900	
0.700				材勞 料力	0,840			材勞 料力	0,840		
			19,590					12,930			9,847
材勞 料力	0.600	1,200		材勞 料力	0,350	0,700		材勞 料力	0,250	0,500	
0.600	1,200			材勞 料力	0,350			材勞 料力	0,250		
0.600	1,200			材勞 料力	0,200	0,400		材勞 料力	0,300		
0.250	0,500			材勞 料力	0,500	1,000		材勞 料力	0,150	0,300	
0.250	0,500			材勞 料力	0,400			材勞 料力	0,400		
				材勞 料力	0,200			材勞 料力	0,300		
			3,500					2,300			2,100
					2,309			1,573			1,195
					2,309			1,573			1,195
			25,399				17,303				13,142
				12,930 + 2,800 + 1,573 = 17,303				9,847 + 2,100 + 1,195 = 13,142			
に割り當て算出			48,380 × 0.1422 = 11,466					115,620 × 0.1422 = 8,221			
			$\frac{48,380 \times 0.1422}{60,000+100} = 11,466$					$\frac{115,620 \times 0.1422}{200,000+100} = 8,221$			
									$\frac{149,220 \times 0.1422}{200,000+100} = 10,610$		
			25,399 × $\frac{1}{2} \times 0.07 = 0.889$					17,303 × $\frac{1}{2} \times 0.07 = 0.641$			
			37,754					26,165			24,212

§ 44. 機械掘鑿機関車運搬土工實績

第38表 ディーゼル掘鑿機ディーゼル機関車(20t)^g運轉 100m³ 営成績表
昭和6年8月分 荒川上流改修事務所

種別	本月分		累計		運轉材料純運轉10時間當			
	掘鑿	運搬	掘鑿	運搬	掘鑿	運搬	掘鑿	運搬
	利6 (荒上7號)	D.L.12	利6 (荒上7)	D.L.12	利6 (荒上7)	D.L.12	利6 (荒上7)	D.L.12
就業日數	31	31	147	108				
就業日數	28	28	62	62				
純運轉日數	10	13.9	17.7	29.8	34.5			
土質	粘土	"	"	"				
高及運搬距離	m	3.3	2.7					
土重量	m ³	1.574 (1.419)	23.100	44.210	44.210			
重油	立	5.74 (0.206)	8.33 (0.300)	6.27 (0.234)	8.18 (0.303)	95.3 (3.432)	108.8 (3.915)	93.1 (3.469)
マシン油	"	0.58 (0.056)	0.23 (0.022)	0.68 (0.065)	0.26 (0.025)	9.6 (0.925)	2.9 (0.282)	10.0 (0.963)
運送シリンドー油	"	—	0.08 (0.015)	—	0.08 (0.015)	—	1.0 (0.193)	— (0.198)
モビール油	"	0.19 (0.064)	0.29 (0.094)	0.43 (0.143)	0.39 (0.130)	3.2 (1.068)	3.7 (1.231)	6.4 (2.115)
グリース	kg	0.04 (0.007)	0.004 (0.001)	0.008 (0.014)	0.01 (0.001)	0.7 (0.124)	0.1 (0.010)	1.2 (0.208)
整轉機械	樓	0.12 (0.006)	0.12 (0.016)	0.14 (0.007)	0.14 (0.007)	2.0 (0.107)	1.6 (0.084)	2.0 (0.107)
又	雜品	0.12 (0.005)	0.12 (0.017)	0.14 (0.008)	0.14 (0.014)	2.0 (1.090)	1.6 (0.224)	2.0 (0.117)
費	計	0.13 (0.346)	0.13 (0.455)	0.24 (0.470)	0.24 (0.496)	5.939 (5.745)	6.979 (6.356)	
は	機械附具	0.13 (0.282)	0.256 (0.517)	0.24 (0.517)	0.24 (0.517)			
運	手傳人夫	0.25 (0.235)	0.13 (0.384)	0.34 (0.839)	0.19 (1.276)			
軸油	立	— (0.065)	— (0.077)	1.15				
車及人夫	人	0.24 (0.210)	— (0.232)	0.30				
掘鑿線路人夫	人	0.99 (1.047)	— (1.220)	1.23				
運搬線路人夫	人	0.52 (0.485)	— (0.485)	0.63 (0.565)				
捨土人夫	人	2.18 (1.928)	— (3.526)	2.47 (2.495)				
合計	圓	(1.909)	(3.526)	(4.098)				
水替費	圓	0	0					
準備費	圓	(0.253)	(2.259)					
諸掛費	圓	(0.486)	(1.570)					
總計	圓	(6.175)	(10.422)					
就業日數/總日數	%	90.3	42.2					
就業日數に對し 1月平均	m ³	745.2	300.7					
就業日數に對し 1月平均	"	825.0	713.1					
純運轉日數に對し 1月平均	"	1,661.9	1,433.6					

備考 馬力 [掘鑿機] 主動機 50馬力 本月中的勾配 $\frac{1}{172}$ (567m) 運轉開始 昭和6年6月5日
 (進行機) 22 D.L. 12號總走行距離 2,699,377m.
 機關車.....110

本表はディーゼル機の威力を示すものである、経験日浅きにも拘はらず、僅に9圓の費用を以て 100 m³ の土砂を 1,500 m 以上の距離に掘鑿運搬し得ることは、蒸氣機に於て到底望むべからざるものである。

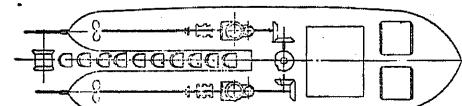
第五節 浚渫船使用土工

§ 45. バケツ式浚渫船 (Bucket dredger)

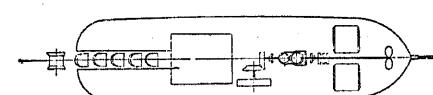
(1) 概要 バケツ式(鋤鍊式) 浚渫船は船體の約 $\frac{1}{3} \sim \frac{1}{2}$ の長さを第71圖(1)の如く左右兩舷に



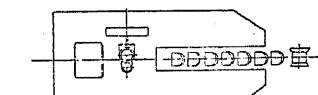
乙、ホッパー船尾割れ双暗車



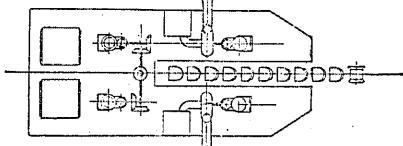
丙、ホッパー船首割れ單暗車



丁、ポンツーン鋤鍊船



戊、ポンツーン埋立用萬能式

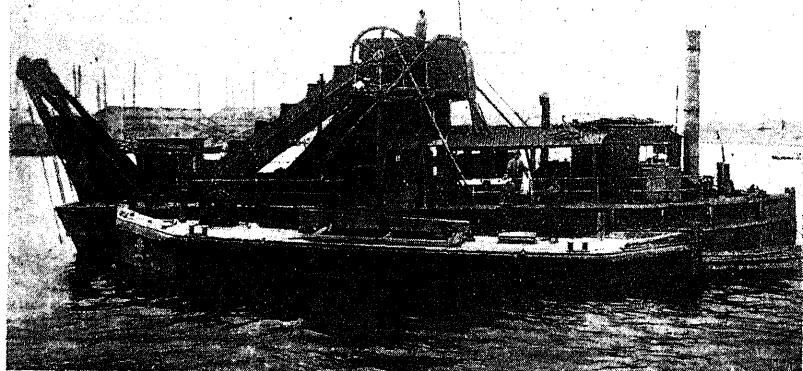


第71圖

バケツの速度は速過ぎれば土が落ち切らぬ内に、鋤鍊はシートの外に行過ぎるから、土が完全に落ちるだけの時間を與へる必要がある、此速度は土質に依り異なるが、普通は1分間に15~20回鋤鍊が轉倒する程度である、泥氣のない細砂ならば25回位迄許し得る。

動力は汽機、汽罐が最も多く使用される、之は速度の調節が自由であるとの起動、反轉等が最も容易なるがためである、機

小型(1時間 $36m^3$ 剖) 鋸鍼浚渫船及 $18m^3$ 積木造土運船



第 72 圖

機及汽罐の種類は大小に應じ種々のものが使用されるが、如何なる場合にも事故の少いことゝ、丈夫で修繕の少いことゝが最も重要な條件である、燃料の經濟も勿論必要であるが、事故や修繕に因る能率の低下が總體の經濟に及ぼす影響最も大であることを特に注意せねばならぬ。

ディーゼル機は運轉費が安いので、近年鋸鍼船にも使用される様になつたが、建造費は蒸氣より高くなる。

原動力を鋸鍼の運轉に傳へる方法は調革、齒車、スプロケツト何れでも良いが普通は調革又は齒車を使用する。

浚渫船には自走式とポンツーン式との二種類がある。

自走式は浚渫機を動かす機關をクラツチの掛替に依つて、プロペラに働くかせて、自身で航海して、浚渫の場所に行き浚渫した土砂を自己の船體に満載し、若くは他の土運船に積込ませて作業終れば、自身で航走して所定の場所に歸來するもので、法規上からも汽船として取扱はれ、造船規定に準據し毎年定期検査を受ける義務がある。

ポンツーン式はプロペラを有せず自力航走不可能のもので、汽船としての取扱を受ないものである。

船體の形 自走船は肋骨を曲線にし、普通の汽船の如く水切を良くし、外板も幾分厚くする必要があるが、ポンツーン船は船體の横断面を略長方形(船底兩側隅に少し丸味を持たせたのもある)とし船艤の水切りを曲線にする位にて、専ら浮力と安定とを考慮したるものにて可なり、木造船は不經濟であるから鐵船とする、其外板の厚さは $6mm$ 位のものにて差支へない、餘程大船になれば $8mm$ とすることもある。船底板は側板より幾分厚くするを可とする。

砂倉(Hopper)を有する船はバケツより直接土砂を受け、満載するまで待つて、土砂捨場迄自走し船底の扉を開けて土砂を投下す、此構造は扉の取付及其開閉方法に特に注意し、土石、木片の中にて、荒い操作に堪へ、加之も餘り土砂の洩れぬ構造とする必要がある、扉は蝶番式に取付け、開閉は鐵鎖をウキンチ巻して行ひ、鎖の弛みを調節し荷重を嚴重に止めて置くため、特殊の装置を必要とする、船底は屢々淺瀬に引摺られる故、突出物を造ることは禁物である。

船體の操縦は徐々に前後左右に移動自由なるを要す、風浪、潮流、水流等に抵抗しつゝ、船體を定位位置に保持して、水底の土砂を順序良く掘進する必要がある、此目的のために 6 挺の碇を投入し、其一方を捲込み其反対側を捲出し、前後に移動し得る装置を備ふ、此碇の内艤は即流水又は風の方向の上手に用ふるものは、最大なる力を受ける、艤左右に各 1 挺、艤左右各 1 挺、艤に 1 挺合計 6 挺を船長の指揮で艤艤各一臺のウキンチを使用して操縦する、ウキンチは小型船の場合は 1 至、非常に大型船の場合は 3 至を備ふることがある。

浚渫船の能力は浚渫土量と施工期間に依り、適當に選定すべきは勿論である。普通我國の中小の港灣河川に用ひられるものは、1 時間能力 $60 \sim 120 m^3$ 剖である。京濱間や阪神間の如き大きな港灣の浚渫、又は海面埋立の大土工には 1 時間 $180 \sim 300 m^3$ のものを使用される、大きなもの程、作業費單價は低廉になり、風浪に對しても安全であり、又比較的堅い土質の掘鑿が可能であるが、建設費が多額となること、大きな修繕工場が必要となること、吃水が深くなるため河川の

如き淺瀬のある處では操縦が不可能となること、等の不利あることを考慮せねばならぬ。

(2) 船體

イ、ポンツーン ポンツーン（浮船）は浚渫作業上必要なる一切の機器と燃料、其他の材料器具等を積載して、安全に作業を遂行し得るだけの浮力と面積と安定度（水流、風浪及激烈なる操作に對する）が必要である、此三條件を左右する主なる事項は所要浚渫能力及浚渫深動力機関の種類（汽機、内燃機、電機等の如き）、作業地域の水深、風波、水速、土質等である。

船體の長、幅、深、吃水並に浚渫能力浚渫深等の大體の割合を示せば、

$$\frac{\text{長さ}}{\text{浚渫の深さ}} = 3.0 \sim 4.0$$

$$\frac{\text{船體幅}}{\text{船體の長さ}} = 0.2 \sim 0.3$$

$$\frac{\text{船體の深さ}}{\text{船體の長さ}} = 0.015 \sim 0.2$$

$$\frac{\text{吃水}}{\text{船體の長さ}} = 0.035 \sim 0.06$$

$$\frac{\text{長さ} \times \text{船體幅} \times \text{吃水}}{\text{毎時浚渫能力}} = 1.2 \sim 2.5$$

内務省土木出張所の河川工事、及東京市隅田川口浚渫工事に使用せるものは次表の如し。

使用場所	浚渫能力 (毎時m ³)	浚渫深 (m)	材質	船體の大きさ (m)			
				長	幅	深	吃水
根利川下流部	240	6.37~6.66	鋼	35.3~39.5	8.5~13.6	3.0~3.2	1.82~2.12
利根川中流部	120	5.46~6.66	〃	22.0~37.0	7.26~8.80	2.26~2.60	1.06~1.20
利根川上流部	60	3.00	〃	21.2	5.15	2.12	0.61
隅田川口	120	6.38	〃	25.2	7.25	2.42	1.29
〃	36	3.90	〃	17.6	4.84	1.29	0.76

構造上特に注意すべき要點を擧ぐれば

機関室の振動を受くる部分は特に丈夫にすること、

側板の水線附近の腐蝕に耐えしむるため此部の鋼板厚を 2~3 mm 他の部より厚くすること。

萬一の浸水に處するためのバルクヘッドは必要なけれ共、船側に設くる窓孔、ボルト孔等浸水漏水の虞ある孔はなるべく少くし、天窓か甲板部よりの採光で卒棒すること。

舵は廻航の際必要である、又水流に對し船の位置を直すため便利ではあるが、土運船を横付にする場合は邪魔になるから、作業上は寧ろない方が宜い。

ラツダー・タワーは出来るだけ低く頑丈に作つて、左右に分れた両舷に對し完全な固定構となる様にする必要がある。

船側のフェンダーは作業上是非必要なるものであるから厚 15~24 cm のものを堅横に使用するが宜い、其取付は側板にリベットしたアングルに取付け、側板にボルト孔を設けて直接取付けることは避けるが宜い。

柱を船底に取付る場合は必ず強剛な縦通材を設けて、大きなブラツケットで取付るべし、計算上大した荷重は來ぬ様に見えても、作業中不慮の過重が掛かることを避けられない。

ロ、自走船體 ポンツーンと異つて居る點は造船規定に據り、構造を制限され順數に應じて夫々使用材料及寸法が定まるとい、外板を水切りの良い曲線にすることである。浚渫船は局部の衰弱を發見する機會多きこと（船舶法に依る特別検査は免除されて居る）、必要に迫られて作業を施行する場合あること、振動烈しきこと等の理由で、造船規定以上に堅固に製作するを可とす。

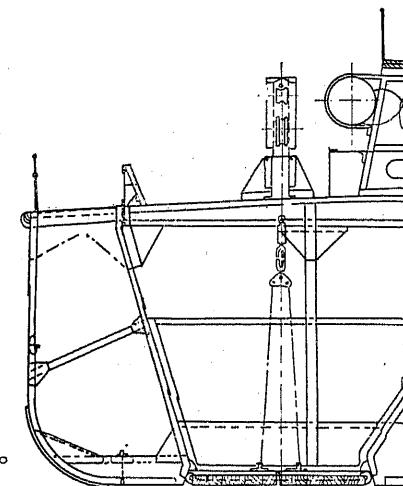
自走船は普通ホッパーを有して居る、其形は漏斗形にして船底に蝶番扉を設ける、ホッパーの側板は垂直面にすれば土砂の排出最も便な譯であるが、一面土砂の全重量が扉に乗るから、扉の構造と其開閉装置が餘程困難となる、漏斗形にする目的は扉の寸法を小さくし、且土砂の重量の一部を斜面に持たせるためである、此漏斗形の側板の傾斜面の角度は普通 60° 以上にすれば、粘土の場合でも扉の開放と共に逆り落ち粘着停滯の虞なし、此斜面側板と扉には水底より掘上げた大きな石塊がシートから猛烈に落ちて来るから、單に土砂の活荷重に耐ゆるのみな

らす、石塊の衝撃に依り破損されぬ様充分堅固に構成して置く必要がある、此部分の鐵板の表面にはリベット・ヘッドを皿頭に沈め内側には堅固な骨を多數に使用し、尙此骨と外板との連絡ステーを設ける、凡て完全な水密工作とするは勿論である、扉と船底との合口は土砂の脱漏しない程度の間隙が必要である。

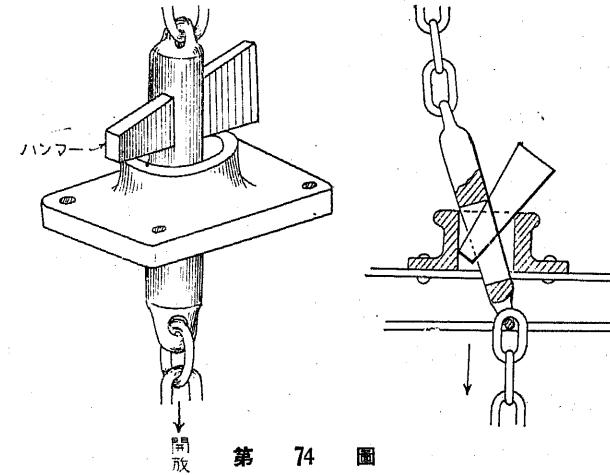
砂船は船の長さに沿つて全體を一區劃にすると、船體が弱くなり又扉の構造及開閉が困難となるから、適當に區分する、此區分は船底に近き扉の取付の部分だけで宜い、即第73圖の如く船底兩舷の縦ぎの桁を通じて仕切兼用戸當りとする、又甲板には扉に來る重量を支へる鎖を締付ける、所謂ストップバーを支持すべき縦桁を置く、此縦桁を支ふる横桁を船底横桁の直上に設ける。

(3) 各部構造 各部分の構造上並に作業上特に注意すべき事項を擧ぐれば、

扉の開閉はウキンチとコツターコと稱する楔子に依る。即閉鎖は土砂を放下したる後、空扉をウキンチにて容易に捲き得るが、開放は第74圖に示すコツターを

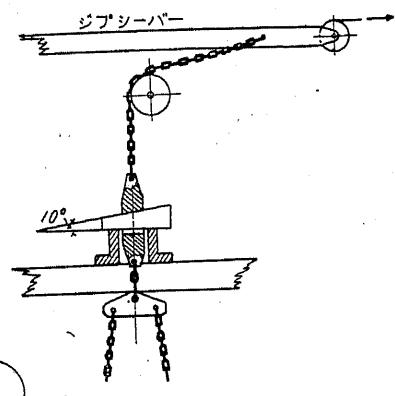


第 73 圖



第 74 圖

ハンマーで打ち飛ばす作業の失敗のため、(乙)圖の如くコツターが抜け切らない内に荷重が掛つて来て、噛み合つた儘容易に抜けない事がある、斯くなつた以上は砂船内の土砂を減じ且荷重をウキンチで捲上げて抜かねばならぬ、非常に手數が掛かるから、此コツターの構造特に其楔子の斜面勾配について、充分研究して定める必要がある、勾配急に過ぐれば作業中自然に抜け出し、緩に過ぐれば打抜き困難となる、此勾配は積荷が砂の場合と流體に近い泥土なるとで違ひ、又コツター及其接觸面の状態に依つても差異を生ずる譯であるが、約 10° 位が標準となつて居る、ウキンチの力は扉を捲くだけならば小さくて宜いが、如上の場合等に手傳ひする必要があるから、事情の許す限り斷然強力なものを探用するを可とす、尚コツター打出しの作業は一つの呼吸であるから、充分熟練した人夫をして之に當らしむることが肝要である。



第 75 圖

砂船は前にも述べた如く、多きは十區劃に分つのもある、其各扉を開閉するには第75圖の如くジブシー・バーを使用して順次に開放する、之等の土砂重量の懸かる鎖術等の構造は計算上で出た寸法に對し、作業中の衰弱、腐蝕等を考慮して充分な割増が必要である。

シートの末端の高さは作業中の船體傾斜の場合に、ホッパー甲板部諸設備に衝突しないだけの高さが必要である。其勾配は急な程土砂の排出が良いが、ラッダーを支へる檣が高くなり船體の安定が困難となるから、従つて全體の構造の費用も作業費も共に高くなつて来る、シートを閉塞せんとする最も悪い條件は、砂が水を絞られて押し掛けた場合である、此場合一時水を多く砂を少くする様に掘方を加減すれば、容易に流し落し得るが、之がため作業能率を低下することは遺憾である。斯様な心配のない限度の勾配は土質シートの大小及形狀にも依ることゝ思はれるが、大體 25° とすれば

差支へない。

船側に突出部シートの付根はヒンデとし上下し得る構造とする、之に使用するウキンチはラーム・ギヤーとしてセルフロッキングにするが安全である。

上述の如くシートの急勾配は、櫓の高さ即船體の安定に影響し、船體の安定は風波に抵抗して、就業し得る延時間にも亦平安な場合に於ける作業能率にも影響する、假令多額の費用を投じ、船體を大きくし安定を回復し得たとするも、運轉費操縦費に幾分の影響を免れない、又一面に於て緩に過ぎた場合の土砂停滯も亦作業能率に影響すること大であるから、作業地の土質海上氣象等を参照して慎重に決定すべき重要問題である。

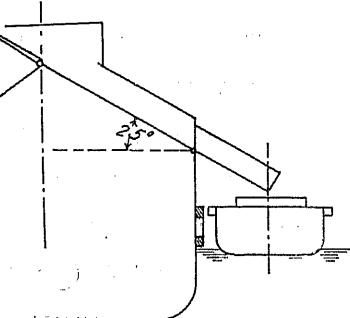
汽機汽罐は普通の舶用型聯成を使用す、自走船の場合は推進軸に聯動の都合上堅型を選ぶ、速度は中速を可とす、スター・チング・ギヤーとレバーシング・ギヤーとはバケツ操作上必要である。

機關の仕事を簡単に分類すれば、

1. 滄渫機構を空轉する馬力 全馬力の 40 ~ 50 %
2. 水底で土を掘り起す馬力
3. 水底からタンブラー迄土を持上する馬力

600噸型の實例を示せば、

正味實馬力 (インデケートルの 85 % とす)	120 佛馬力
水底よりトップ・タンブラー迄の高	22.86 m
水面より "	9.14 m
水深	13.72 m
バケツ一杯の土の重さ	{水上 1,000 kg 水中 480 kg



第 76 圖

一分間に揚るバケツの杯數

$$\text{土揚馬力} = \frac{(480 \times 13.72 + 1,000 \times 9.14) \times 16}{4,500} = 55.9$$

$$\text{浚渫機構を空轉する馬力} = 120 \times 0.4 = 48.0$$

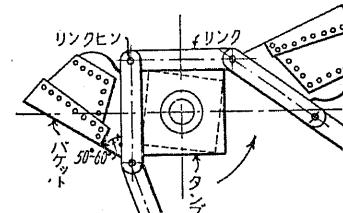
$$\text{水底で土を掘起す馬力} = 120 - 55.9 - 48.0 = 16.1$$

土揚馬力と空轉馬力とは略一定するが、掘込馬力はバケツの土を切り込む刃の長さ、形狀と土質の堅軟と掘込み深とに依つて大小變化する、水底土中の大きな石木等障礙物に打當ると、機關はストップするから此掘込馬力に對しては、充分餘裕を必要とする。

エンデン臺は特に振動に耐ゆる構造とせねばならぬ、凡て水上作業であつて修理に不便であるから、故障の少ない種類の汽機汽罐を選び、且修理困難な場所に對しては特に腐蝕防護並に検査、又は修繕用入孔等の用意が肝要である。

エンデンの軸とバケツを動かすタンブラーの軸との聯動裝置は、歯車又はベルトに依る、スプロケット・ホイールとリンクチェーンを使用したものもあるが、使ひ減りのため次第に延びる缺點があり、好ましくない、之等のベヤリングは運轉中激しい衝撃を直接受くる場所であるから、特に頑丈に取付ける必要がある。

トップ・タンブラーは櫓上に在つてバケツを動かす主力である、形は第 77



第 77 圖

圖の如く四角が適して居る、其邊長はリンク・ピンの心々長からリンクの幅を減じたものである、ボットム・タンブラーは水底で土砂を搔き起すバケツのガイド・ローラーの作用をなすものであるから、其大さは大きい程、土砂を薄く長く掬ふので掘り

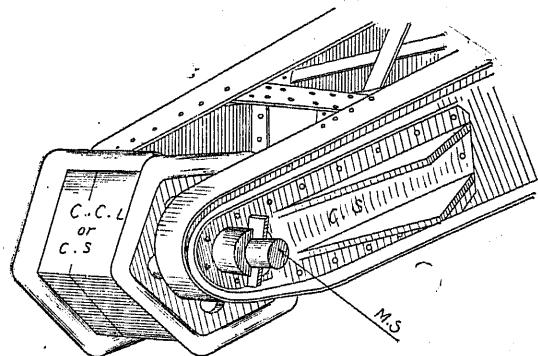
當りの抵抗が軟かい譯であるが、餘り丸くなるとスリップしてリンクの中央のみ當る様になる、斯様な譯で多くは五角形にする。

上下兩タンブラーはリンクと共に土砂に塗れて打合ふものであるから、何れも硬い砂粒に負けないで之を押潰すだけの強硬なものが必要である、そこでタンブラーはチルド銹鐵、硬鋼又はマンガン鋼の角當金、炭素焼等を其軸には硬鋼マン

ガン鋼を、ブツシユには
鑄鋼を使用して、極力磨
減防止の方法を講ずること
が是非必要である。

ラツダーは 45° の斜度
で所定水底に達するだけ
の長さが必要である、上
端はヒンヂで檣に取付け

下端はラダーチェンで釣



第 78 圖

り、航海中又は修繕の場合は水面上 1.0 m 位迄引上げ得る様にする、ラツダー長と船體長との關係は水底の土掘上げの際、其反動で船體が著しく引下げられ、烈しいビツチングを起さないだけの浮力を船體に持たせる必要上、ラツダーを釣上げた場合にボットム・タンブラーが船端より 3.0 m 以内に納まる程度にする、従つて、浚渫深を大きくすれば船體機構共に大となり、建造費を著しく増大する。バケツ・リンクのピンやブツシユの磨減で、弛みが出来て廻轉に障礙を生じた場合に此弛みをラツダーの長さで調整する装置も必要である。ラツダー上面にはバケツの連鎖が乗つて登るローラーが必要である、之も鑄鋼製とする必要がある。

バケツの大さは所要浚渫能力から割出される、即 $1\text{ 時間 } 120\text{ m}^3$ の能力を必要とし、掘上げ速度を $1\text{ 分間に } 15\text{ 杯}$ の各バケツに其容量の平均 8 割 の土を充たして居るとすれば、

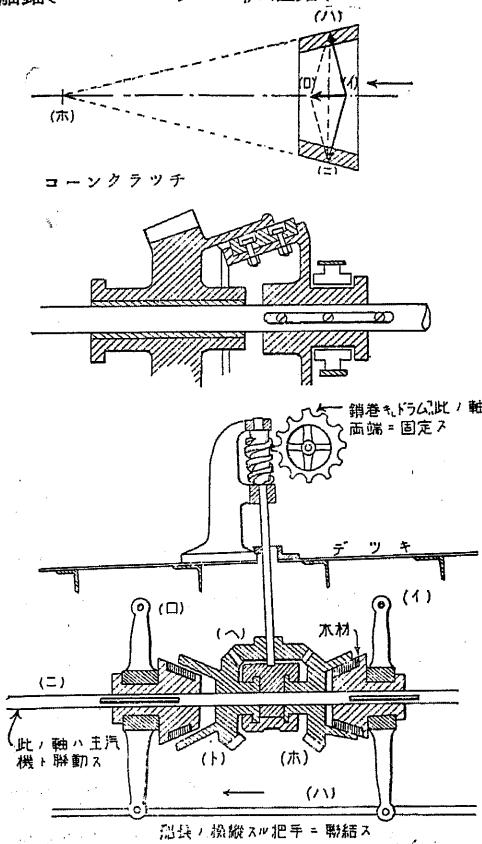
$$\text{バケツの所要容量} = \frac{120}{60 \times 15 \times 0.8} = 0.1667\text{ m}^3$$

となる。

浚渫船の能力を 1 時間 何程と公稱して居るが、之はバケツの填充率を 100% と見て計算して居るものもあるから、實際に當つて何程掘れるかは其土質と作業状態に依つて大に差を生ずる、土質が硬過ぎず又軟らか過ぎず、掘鑿水深と土層の厚が適度で船體の動搖がなければ、填充率が良い譯であるが、普通は 7 割 乃至 8 割 と見るが適當である。

バケツの破損は隨分頻繁で仕事の能率に大に影響するから、最も強剛に製作する必要がある、リンクもバケツも一體に鑄鋼製とし刃先とビン孔のブツシユとを特別硬鋼製としたのが最も良好な成績を擧げて居る、岩石の破片を浚ふ場合には高價ではあるが、マンガン鋼かニッケル鋼にするか又は軟鐵表面炭素焼の刃を用ひる、バケツ・リップ(刃先)とリンクとの傾斜角は $50^{\circ} \sim 60^{\circ}$ である。

操縦装置の内、錨の大きさと其鎖の太さは水流の速さ、風波の大小、船體の安定度、水底土質等に關係があるが、一般の標準は浚渫能力 $1\text{ 時間 } 100\text{ m}^3$ に付
舳錨(Bow anchor) 400 kg 、艤錨(Stern anchor) 280 kg 、錨舷(Kedge anchor) 160 kg



第 79 圖 クラツチ

位で、鎖の長さは船長の $5 \sim 6$ 倍である、水深が深く流れが速い場所では尙長いものが必要である、錨の數は普通 6 挺なれども荒天の用意に舳錨豫備 1 挺を備ふるを可とす、鎖はドラム捲としショート・リンクが便利である。

錨鎖操縦のクラツチは錨鎖の組數だけ即 3 組必要である、構造は普通コーン・クラツチであるが、大型船では重くなるからフリクション・クラツチを使用して、船長一人の集中操縦にするか、或はウキンドラスに 1 人宛運轉手を置き分擔操縦にする。

(4) 操作 浚渫船の操作は第 81 圖に示す如く 3 組のウキンドラスに依つて行ふ、即上

下の移動は(1)、左右は(2)及(3)に依る、何れも一方を捲けば一方は解ける様に作られてある。

浚渫の始めは舳

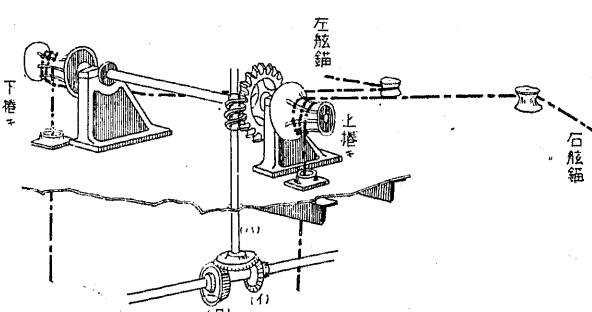
锚鎖を出来るだけ

延ばし兩舷锚鎖は左右折半の位置に置く、

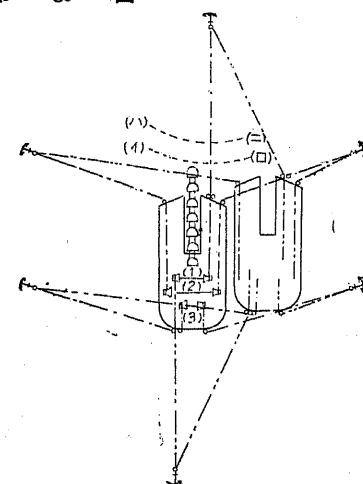
ウキドラスの廻轉に依り第81圖の如く、右舷に(ロ)迄掘進む、次に舳鎖を捲いて(二)迄前進して再び(ハ)に向つて掘進む、河底に於て先端バケットの土中への突込み深は土質の硬軟に從つて厚薄がある、即硬ければ薄く軟らかければ厚くする、要するに掘口の土手が崩れ落ちない範囲で高くすればバケットは、常に土を山盛りにして揚がつて来るから能率が満點となる、サイド・チエーン(舷鎖)やラツダーの移動なるべ

く少く、即無暗にポツトムタンブラーを動かさないで、バケットを常に山盛りにし掘跡に残土が散亂しない様に、秩序整然と掘進することが船長の妙技であつて、其熟達には多年の経験を要することは勿論である、又此技術が浚渫船の能率に及ぼす影響が大であるから、經濟上重要な問題である。

バケットが固体物に衝突した場合に對しては鎖の垂弛(タルミ)に依つて衝撃を緩和される、锚鎖は上運船を浚渫船側に寄せるとき、邪魔にならぬ程度の水深に沈め置かねばならぬ、又舳鎖は水流の關係又は左右移動の加減に依り艦鎖と無關係に伸縮の必要が起るから、其装置があると便利である、ウキンドラスの齒車



第 80 圖



第 81 圖

聯動装置にオームギヤーを置きセルフロッキング(自動制動)にすれば锚鎖操縦が安全で便利である。

(5) 浚渫船の工程と使用船數

所定の期間内に所定の土量を浚渫するには、浚渫船の純運轉時間、能率工程及船數等を相關連して適當に定めねばならぬ。

イ、純運轉時間　は工事現場の水深、水流、潮流、風波、航路の良否等自然の條件と浚渫土砂の處分方法、浚渫船及土運船の構造、修繕の便否、從業員の熟練等人工的の條件とに依つて著しく差異を生ずる。

防波堤に依つて完全に庇護されたる港内、又は利根川、淀川等の緩流部に於ては一年間の作業可能な日數は平年で 240 日以上であるが、機械の故障修繕等のため實際の就業日數は先づ 200 日と豫定すべきである、又就業 1 日 10 時間の内で土受船の待合はせ時間、自走土捨時間、事故復舊、機械手入等のために實際の純運轉時間は普通 6 時間内外である。

ロ、浚渫能率は 前にも述べた如く浚渫船の構造操縦の巧拙工事現場の條件に依つて左右される、普通の場合のバケット能率は理想的にバケットが満載されて掘上げるものとして算出した土量の約 7~8 割とするが、土質甚しく硬い場合、石片木塊等の障礙物の多き場合、作業地水面が常に静穏を缺く場合、バケットの大きさに對し浚渫すべき土層の厚さ著しく淺薄なる場合等、特別の事情ある場所では尙割引し、又凡ての條件の良好なる場合は割増すべきである。

ハ、浚渫工程 1 時間能力 $120 m^3$ の浚渫船の 1 年間の實際の浚渫土量を(イ)に示す所に依り計算すれば $120 m^3 \times 6 \text{ 時間} \times 200 \text{ 日} = 144,000 m^3$ となる、若し作業可能な日數だけ完全に 10 時間運轉すれば $120 \times 10 \times 240 = 288,000 m^3$ の工程を擧げ得る譯なれ共、之は理想であつて、實際の年工程は其半分となる、普通 $1,000,000 m^3$ の土砂を掘るには $2,000,000$ の浚渫船が要ると稱して居るのは如上の關係を意味するのである。

浚渫船を運轉しない時でも船員の給料は勿論其他の諸費中、節約出來ないものが澤山あるから、此工程の擧らない時間を短縮することが、工費經濟上最も重要な問題である、作業用の船舶器具の構造及其修理作業順序方法等の計畫、實行共

に凡て就役運轉時間の延長とバケツ能率増進とを目的として、考案努力することが肝要である。

二、使用浚渫船の大きさと船數 浚渫工事を計畫するに當り、大型浚渫船を採用すべきか、又は中小型を多數使用すべきか、或は之等を混用すべきかは其得失の判定頗る困難である、例へば 5 年間に $2,880,000 m^3$ の土砂を浚渫する工事に於て 1 時間 $120 m^3$ 堀 4 艇 (年工程 $144,000 m^3$) とし 5 年間に $144,000 \times 4 \times 5 = 2,880,000 m^3$)、 $240 m^3$ 堀 2 艇、 $480 m^3$ 堀 1 艇の内何れを採用すべきか、或は三者混用すべきかは工費經濟上重要な事項であるが、一得一失があつて餘程研究を要する。

大船主義を有利とする主なる理由は、運轉費が割合に安きこと、バケツが大きなため堅い土質や、障礙物に打克つ力大なること、船體が大きいから長いラッダーを備へ、深掘構造が容易なること、船が大きいから風破に對し比較的安全なること等である。

大船を不利とする點は、各部の構造が大きく且重くなるため、大修理工場を要すること、修理困難で日數が掛り從つて就業日數を減ずること、浅吃水の作業困難なること、休役中乗組員は已むを得ざるも、土運船埋立等の從事員の處置に困ること等である。

小船の得失は大船の反対で、有利な點は修理簡単であること、多數の浚渫船を交代で修理すれば從事員を休業せしむることなく、他に融通し得ること、就業日數が多くなること、淺所浚渫に便なること等である、不利な點は運轉費が増加すること、深所及硬土の浚渫が大船より不便なること、風波に因る動搖が大船に比し激しいこと等である。

今前に述べた大船 ($480 m^3$ 堀)、中船 ($240 m^3$ 堀)、小船 ($120 m^3$ 堀) の三種につき、1年間の就業日數を何れも 200 日、1年間の浚渫土量を大船 $576,000 m^3$ 、中船 $288,000 m^3$ 、小船 $144,000 m^3$ 、乗組員の數を大船 30 人、中船 18 人、小船 12 人、1人當平均給金を就役日 1.70 圓休役日 1.40 圓として $100 m^3$ 當勞力費を算出すれば、

大船 2,974 圓 中船 3,566 圓 小船 4,760 圓

燃料其他の材料費及雜費 $100 m^3$ 當は、

大船 4,800 中船 5,600 小船 6,000

以上合計運轉費 $100 m^3$ 當

大船 7,774 中船 9,166 小船 10,760

百分率 大船 84 中船 100 小船 117 となる。

即運轉費のみについて云へば大船の方遙かに有利となる。

之を要するに京濱間や阪神間の如き、船舶修理の便利良き場所に於ける大浚渫、埋立工事に於て新たに浚渫船舶を設備する場合は、大船を採用する方が得策である、現に阪神間では $480 m^3$ 堀の大浚渫船を採用して居る、其他中小港灣や河川等に於ても相當纏まつた土量で且深吃水を使用し得る場所では、従來の慣例よりも大きなものを採用するが經濟である、實際に於ても一般に大船採用の傾向になつて居る、之れは機械の製作及修理が一般に發達した結果である。

(6) 鋤錐式浚渫船の成績

鋤錐式浚渫船 $100 m^3$ 當作業費

第 39 表

種 別	單 位	1 時間 $60 m^3$ 堀		1 時間 $120 m^3$ 堀		摘要
		員 數	金 額	員 數	金 額	
石炭	tg	0.43	6.442	0.400	6.000	物價勞銀と昭和 4 年度單價に據る。
マシン油	立	0.68	0.077	0.500	0.057	内務省河川工事の一例、就業日數 180 日、浚渫土量 $1200,000 m^3$
シリンドー油	"	0.32	0.040	0.300	0.040	
ヘット	kg	0.08	0.217	0.080	0.217	
櫻	"	0.70	0.069	0.700	0.069	
雜品			0.155		0.140	
材 料 費 計			7.000		6.523	
船員	人	4.00	8.000	2.30	5.306	
人夫	"	3.00	5.000	2.40	3.171	
勞力費計			13.000		8.477	
合計			20.000		15.000	

(7) 土運船 (Barge)

多くは鐵船とする、 $18 m^3$ 積以下のもので一時的使用の場合は木造とすることあるも、腐朽早く修理多額となるから經濟的でない。

構造は底開式と側開式と全く開扉を有せざるものとあり、底開式は深海に土捨する場合に、側開式は土捨場の水深が底扉を開閉するだけの餘裕なき場合に、無扉式のものは土砂移送唧筒又は土揚機又は人力等にて、土砂陸揚し埋立に使用する場合に使用するものである。

中央部に砂船を設け其の構造は、大體自走式ホッパー浚渫船に關して述べた通りである、砂船以外の部は全部デッキ張とし、作業中浸水の憂ない様にして置く側板、底板等は 6mm 厚にて 10 年以上使用に耐ゆ、舳艤に曳綱柱、水替穴、を設け舵を備ふ。

普通は曳船を使用して目的地に曳航する、其の大きさ價格の實例を示せば、

第 40 表

土運船の主要寸法

種 別	容 量 (m ³)	寸 法 (m)				價 格	摘 要
		長	幅	深	吃 水		
鋼 製 側 開	60	30	5.5~6	1.5~1.8	1.3~1.5	約 15,000	鋼製船は鋼材適當價格を 100 圓と假定す
" 底 開	60	"	"	"	"	" 17,000	
" 無 扉	60	"	5.5	1.7	1.4	" 8,000	
" "	30	18	4.5	1.5	1.2	" 4,000	
木 造 "	18	15~18	4~4.5	1.5~1.8	1~1.2	" 3,000	
" "	12	15	4	1	0.8	" 2,000	
" "	6	12	3	0.9	0.75	" 1,000	

(8) 曳船 土運船を土捨場、又は土揚場に曳船往復、或は浚渫船の移動又は避難(時化の際に)其他水上作業雜用のため曳船を必要とする、機関は汽機、石油發動機、ディーゼル機、セミディーゼル機等何れも實用上差支へなし、一般に内燃機の方乗組員少數にて済み、燃料費も少額となるを以て經濟である、速力は土捨場遠距離の場合は快速を使用し、土運船作業回数の増加を計る必要あり、普通満船曳船の場合時速 5~7 km、獨船 10~15 km とす、曳船の事故に依り作業全體の休止を餘儀なくさることは、工費經濟上の打撃甚大であるから、曳船は事情の許す限り二艘以上を使用するを可とする、曳船費の大部分は乗組員の費用であるから、なるべく乗組員數の少き型式及設備の船舶を選定することが肝要である。港灣及河川工事に使用さるゝ普通のものを表示すれば、

總 趨 數	20	40	50	摘 要
公 称 馬 力	12	18	22	新造費 tg 當
吃水×幅×長(m)	0.9×3.6×15.0	1.8×4.0×18.0	2.0×5.0×22	約 400~500 圓
使 用 場 所	河 川 工 事	河 海 港 灘 工 事	港 灘 工 事	

§ 46. 唧筒式浚渫船 (Pump dredger)

(1) 概要 唧筒式浚渫船は渦巻唧筒を備へ、其吸管 (Suction pipe) を水底に當て水と共に土砂を吸ひ揚げ、排出管 (Delivery pipe) より吹出した土砂を (A) 土運船に受取るか、或は (B) 自走砂船付船ならば其の砂船に受け自走して捨土するか、或は (C) 土捨場が餘り遠くなれば、排出管に送砂管を繋足して直接土捨場迄水と共に流送するか、或は (D) 又砂船から再び送砂唧筒で吸出して送砂管に連絡して、埋立地に押送するか四種の方法が行はれて居る。

(A) の場合は筒唧の馬力は少くて済むが、土運船で運搬する費用が掛かる。

(B) の場合は土運船や送砂管は不用であるが、船體が大きく吃水も深くなり、自走中唧筒作業が出來ない。

(C) の場合は唧筒の馬力は大きくなり長い送砂管が入用であるが、船運搬、陸揚等の費用を省かれるから多くの場合土工費は最も低廉である、浚渫船の唧筒だけでは押送力が不足する程送砂管が非常に長くなると、途中に補助唧筒を使用し送砂勢力を附加する方法を探る場合もある。

(D) の場合は唧筒を二箇備へて、一つは土運船又は自走船の砂船に水を注入し、他の一つを以て砂船内の砂と水とを吸ひ、其れから先きは (C) の場合と同様に送砂管により土捨場迄押送する、此の場合唧筒を陸上に固定し、吸管を長くしそれを動かし、砂船の各部分迄達せしめるものと、土運船の方を主として動かすものとがあるが、吸管の長いのは土砂吸揚の効率が悪いから之れを避けるを得策とする、又唧筒を凡てポンツーンに乗せて之れを動かすものもある。此の場合はポンツーンと陸上送砂管との連絡には、浮臺に送砂管を置き其の間にフレキシブル・ジョイント (屈撓繼手) を設けポンツーンの移動に障礙の起らぬ様にせねばならならぬ、砂船の土砂はバケツト浚渫土砂でも餘り土塊が硬く大きくなればならぬ。

ならば、此の方法を應用出来る。

開扉船を用ひて砂船の土を一旦水底に投下して、再び岬筒船で吸揚(①)の場合を應用する事もある、此の方法は土運船から直接吸ふ場合より、岬筒一臺省略し且土運船の操縦が早くなるから、却つて經濟的の結果を齎らすが狹隘な水面、又は水流のため土砂の流れ去る場所では應用困難である。

船體操縦用の錨鎖を捲く装置は、バケツ船と同様主機から聯動せしめたるクラツチでドラムを廻し得る、大型船ならば艤艤に獨立のウインドラスを設けるが便利である、又兩方法を折衷して主機からも、獨立小型機からも聯動せしめ得る様クラツチ2箇を設けて、隨時ハンド・レバーで切換へ得る構造として置くものもある、斯くすれば岬筒を働かしつゝ錨鎖を捲く必要ある場合には、燃料の不經濟な小獨立機を使用せず主機聯動クラツチを使用し得て經濟である。

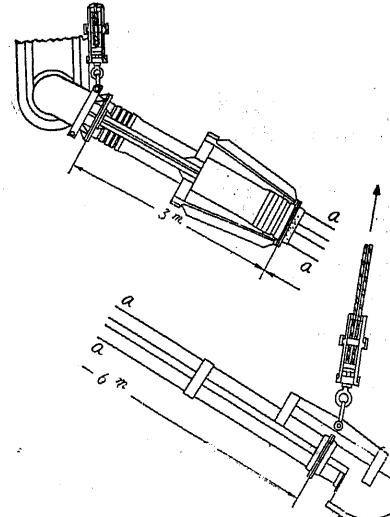
吸入管を上下するホイストング・ドラムも小型船の場合は主機軸に聯動するが大型では獨立ウキソチを使用する、之れもバケツの場合と同様フーム・ギーヤを使用するが安全である。

動力は從來は汽機汽罐を多く使用したるも、最近は電氣機及ディゼル機を使用して好成績を擧げて居る、之れは岬筒廻轉はバケツ廻轉と違つて、荷重が略一定して居つて、豫想外な無理な荷重が來ないことが主なる理由である。

電氣動力は配電線の移動が不便であるから、一箇所で永く作業する場合に用ひられる、ボイラーの据付に要する廣い場所が不要であるから、船體は小型で済み建造費も蒸氣の場合より安くなる、又運轉費も電氣料金が設備料や定額及從量料金を加へて1キロワット時3錢位ならば確かに安くなる、然し電氣供給には定期又は不定期停電をする地方もあるから、其の不便も考慮せねばならぬ。

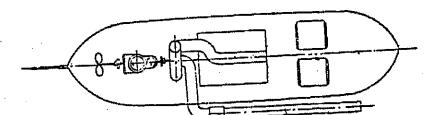
ディーゼル機は主に大型船に採用される原動機として使用し、之れにより發電機を動かし、配電線に依りて自由に各部の電動機を運轉する方式とせる例が多數である、建造費は蒸氣設備より高價となるが、運轉費は重油の價格が1立5錢以下ならば蒸氣より低廉である。

吸入管は其の根元が第82圖の如き屈撓繼手で、岬筒に取付けられ其の下端に近

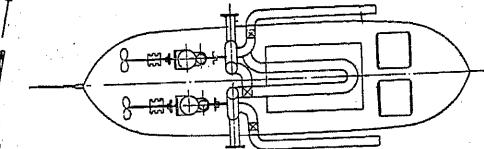


第 82 圖

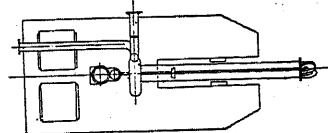
甲 單暗車ホッパーポンプ船



乙 双暗車ホッパー埋立用ポンプ船



丙 ロータリーカッター付ポンプ船



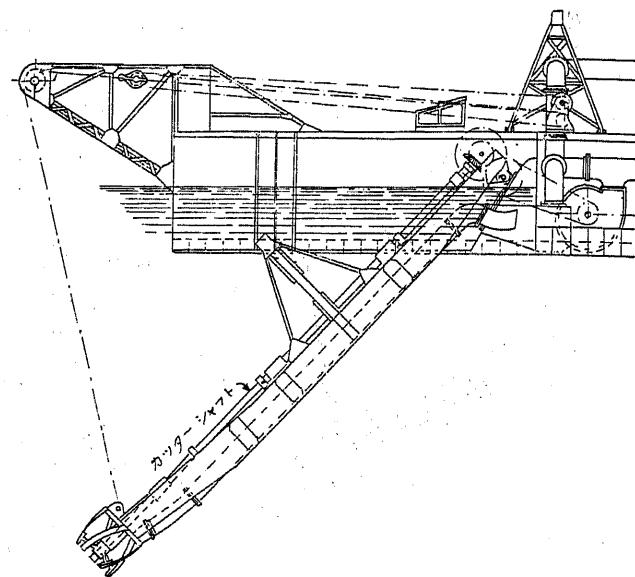
第 83 圖

い處に釣綱が附けてあつて、作業中自由に上下に動かし得る構造となつて居る。之がため吸入管と船體との連絡に融通性があるから、船體の動搖に依る作業上の障害はバケツ船程に激しくない、又バケツ・ラツダーの場合の如く下端を土中に押付けて置く必要もない、従つて錨鎖は幾分簡単にし得るが、吸入に適しない土質を避けて砂を探求する必要のある場合は、錨鎖の操縦により頻繁に移動を行ふ。

吸入管は第83圖丙及第84圖に示す如く、船體の中央底部に取付けたものと第83圖甲乙の如く船側に取付たものとある、舷に向つて50°位の傾斜で水底に達し、必要に應じ水上迄釣揚げ得る構造とする、作業上の都合より云へば左右両舷より吸込み、且兩方向に吐出し得る様にするが便利である、吸入管は完全に氣密(Airtight)たることが必要である、屈撓繼手から僅かに空氣が洩れても岬筒の効率が悪くなる、それ故船側に此の繼手を設ける場合は、水中に置いて修繕の際は船を傾けて水上に露出せしめるのも漏氣事故を減する一方法である。

岬筒の排砂を土運船に受ける場合、之れを直接放射すると其の水勢のため、受船の沈澱土砂が攪亂されて、餘水と共に流出するから此の場合には放射口に簡単

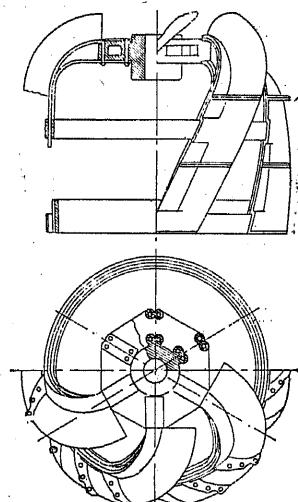
なエジターを附けて水勢を殺ぎ、沈澱を速やかにする必要がある、排砂管を2本使用し、其の出口を向ひ合はせて噴出せしめ水勢を殺ぐ方法もある。



第 84 圖 (1)

浚渫すべき土砂が泥土を多量に含んで固まつたものであると、水と一緒に吸込み困難となり、浚渫能率が著しく悪くなる、堅く粘着したものになると全く浚渫の効力が無くなつて来る、斯様な場合に備へるため第84圖の如く、ロータリー・カッターを使用する。

カッターを使用する場合には、鋤鍤船と同様船體を左右両舷に割つて、其の間のウェルに吸入管を入れて、カッターを水底土中に押付け得る構造とする、吸入管は上下にのみ動かし左右には振らない。吸入管とカッターとは一箇のラツダーに取付けカッターを廻轉する、シャフトも吸入管に平行に設ける。



第 84 圖 (2)

獨逸のフリュー・リング式は、カッターの代りに熊手形の爪を5.6本吸入口に設け、爪の間から水を噴出させつゝ航走して(作業中錨を用ひず)海底を引搔き、之れに依つて捲き起された泥砂を吸込み満船すれば、其儘土捨場に航行するものであつて、廣い浚渫工事場に於て淺瀬を除去する場合に適すれ共、僅かな水深増加の目的で行ふ浚渫作業には無駄掘が多くなるから不適當である。

(2) 浚渫能力 噴筒より排出する水中に混ずる泥砂の量は能力算定の基礎となるものである、其割合は實地の浚渫すべき水底地盤の泥砂粒の細粗、泥土と砂の混和状態、吸入速度、吸入管の長さ及直徑等に依つて差異があるが、噴筒設計に當つては、水の容積の $\frac{1}{10} \sim \frac{2}{10}$ に假定する。

管内水速は秒時 $2.4 \sim 4 m$ とする、餘り早過ぎれば摩擦損失が多くなり、遅過ぎれば泥砂を吸揚げ輸送する力が不足して、砂が管内に沈澱閉塞する、砂粒が大きくなる程速度を増加する。

管内摩擦水頭は管の直徑に反比例し、長さに正比例し、水速の二乗に正比例する、尙此外に管内面の粗滑の状態並に水中に含んでゐる泥砂の多寡、及細粗等に依りて變化するものである。管内粗滑係数に就ては單純な水ばかりの場合に對しては相當信頼し得る程度の實驗成績があるが、水中に含んで居る泥砂状態に歸因する摩擦水頭の變化は未だ判明しない。

h を摩擦水頭 (m)、 l を吸入管の長 (m)、 d を其直徑 (m)、 v を管内水の速度 (m/sec)、 f を鋸びた鐵管の場合の係数とすれば、噴筒設計の場合 h の計算は次の式に依る。

$$h = 4f \cdot \frac{l}{d} \cdot \frac{v^2}{2g} = 4f \cdot \frac{l}{d} \cdot \frac{v^2}{19.6} \quad \text{但 } f \approx 0.01$$

次に羽根の圓周速度は次の式に依る

$$v_p = 16\sqrt{h} \quad v_p \text{ は圓周速度 } (m/sec)$$

羽根の直徑 (D) は次式で分る

$$D = \frac{v_p}{N\pi}$$

但し N は羽根の廻轉數で普通1秒間に $2.4 \sim 4.5$ に採る、小型で 4.5 大型で

25 を採り得れば普通の機関の回転数で間に合ふ。

水管の屈曲及屈撓繼手に對しては、 90° の屈曲一箇所につき管長 6m 、又屈撓繼手一箇所につき管長 $2 \sim 3\text{m}$ 延長したるものと看做して計算す。

機関馬力は排出される正味水量より算出したる馬力の2倍を採る。

$$\text{即} \quad H.P. = \frac{2h \cdot g \cdot 1,000}{75} \quad q \text{ は排水量 } (\text{m}^3/\text{sec})$$

例 游渫能力1時間 120m^3 、同水深 7m 、水底より埋立最高所迄の高 10m 、水管全體の長 200m 、屈曲二箇所、屈撓繼手 30 箇所、の場合適當なる唧筒を設計するものとする。

排水中に含まれる砂量の割合を水量の1割とすれば、

$$\text{排出量 } q = \frac{120 \times 10}{3,600} \times (1+0.1) = 0.367 \text{ m}^3/\text{sec}$$

吸込及排出速度 $v = 2.4 \text{ m/sec}$ とすれば

$$\text{管直徑} = \sqrt{\frac{4}{\pi} \times \frac{0.367}{2.4}} = 0.44 \text{ m}$$

$$\text{損失水頭 } h = 4 \times 0.01 \frac{200 + 6 \times 2 + 2.5 \times 20}{0.44} \times \frac{2.4^2}{19.6} = 7.0 \text{ m}$$

實際の水頭と損失水頭の和 $= 10 + 7.0 = 17 \text{ m}$

$$\text{羽根の圓周速度 } r_p = 5\sqrt{h} = 5\sqrt{17} = 20.6 \text{ m/sec}$$

$$\text{羽根の直徑 } D = \frac{r_p}{N\pi} = \frac{20.6}{4.5 \times \pi} = 1.46 \text{ m}$$

$$\text{機関馬力 } H.P. = \frac{2h \cdot q \cdot 1,000}{75} = \frac{2 \times 17 \times 0.367 \times 1,000}{75} = 166$$

$$\text{即} \quad \text{排出量} = 0.367 \text{ m}^3/\text{sec} = 2 \text{ m}^3/\text{min}$$

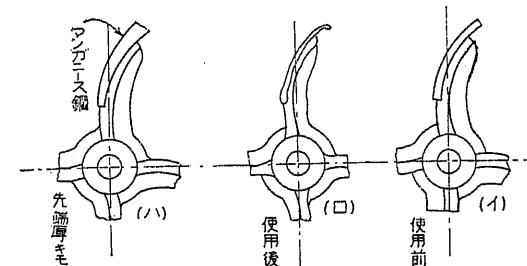
$$\text{管直徑} = 0.44 \text{ m}$$

$$\text{回転數} = 4.5 \text{ 回/sec} = 270 \text{ 回/min}$$

$$\text{羽根の直徑} = 1.47 \text{ m} \div 1.5 \text{ m}$$

$$\text{機関馬力數} = 166 \div 170$$

(3) 各部の構造 唧筒は凡てセントリフューガル片吸込型で、羽根は普通四枚を用ひる、作業の性質上猛烈な磨滅を受けるものであるから、羽根も羽根を包むケーシングも凡て之に耐へる様にし、且磨滅のため効率が悪くなつた場合に容易に取換へ得る構造にして置くことが大切である、此目的を達するため一般に回転數は割合に少くして、羽根の直徑及ケーシングを大きくし、單位面積を通過する砂の量が少くなる様にする、又ケンシングは四つ割位に割つてフランジをボルト締にして組立てる、其内側に $1 \sim 2.5 \text{ cm}$ 位の鋼製當板又は冷剛鑄物



第 85 圖

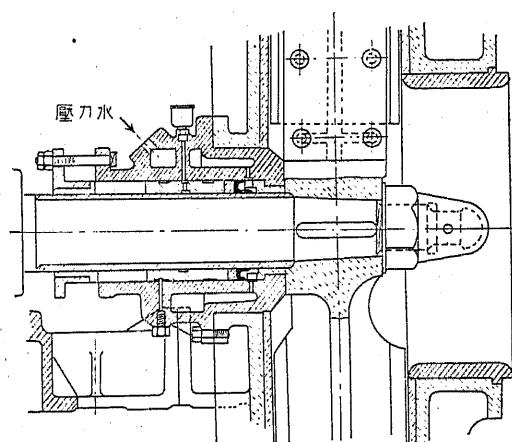
板を皿頭ボルトで張付ける、吸込口はなるべく廣くし木片、砂利等が飛込んでも引掛からずに入易に通り抜け得る様にせねばならぬ。

羽根とケーシングとの

間隙は少い程効率が良い理窟であるが、餘り密接すると砂を嚙むため機関に過大な負荷を生じ、羽根も忽ち不規則に磨滅して、却つて効果が悪くなるため $\frac{1}{2} \text{ cm}$ 内外の間隙を始めより設くべきである。

マンガニース鋼は砂唧筒の磨滅に對する抵抗が大であるから、其鑄造品を第85圖の如く、鑄鋼製の丈夫な羽根臺に皿鉢にて締付けたものは成績良好である。

ポンプシャフト（唧筒軸）のベヤリング（軸承）は土砂の侵入を避け難いから焼入硬鋼製のブツシニ（軸套）と焼入硬鋼のシャフト・スリーブ（軸套管）とで回転させるが良策である、砲金等では磨損が速やかで用をなさない、尙第86圖

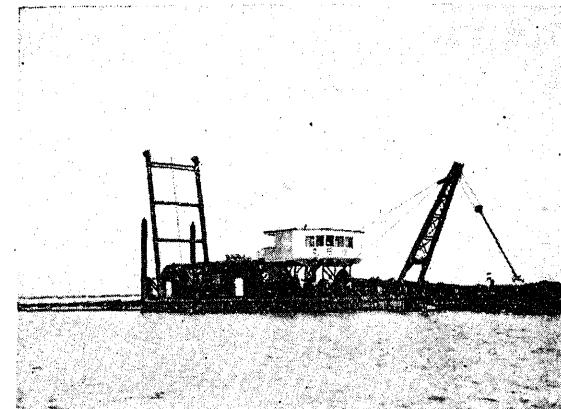


第 86 圖

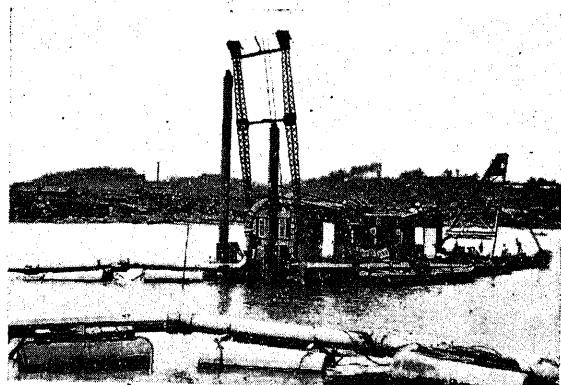
に示す如く、軸の周圍に清水を強壓注入する裝置が必要である、之れは軸の周囲よりの空氣の漏洩と唧筒ケーシングからの砂の侵入とを、防止し得て効率が良くなる。

吸込管の末端には、砂水と共に大きな木石片の流入を防ぐために、ストレーナーを取付ける、之は唧筒の大さに應じて格子の目を大小にする。

船體の操縦は鋤鍵
船の項に述べたと同様に、錨鎖の伸縮に依るが、水流極めて緩で風波少ない水面(運河又は狭小な港内水面)に於ては第87圖及第88圖に示す如き艦部に2本の直柱スパッドを設け海底を押して、作業中船體の動搖を防ぎ、尙之を中心として2本の艦錨の伸縮に依つて、艦部を左右に振り浚渫を進行することも出来る。



カツタ付唧筒浚渫船
第 87 圖



唧筒浚渫船のスパッドと送砂管及フロート
第 88 圖

(4) 唸筒浚渫船の成績

第 41 表

唧筒浚渫船成績表(非自走)

工事場所	内務省渡良瀬川改修工事 (直接送砂距離 90m)	内務省淀川改修工事(土運船にて 排砂又は直接排砂距離30m以内)
浚渫船	能 力 排砂量(1時間m ³) 深度(水面下m) 30 4.5 口徑(cm) 羽根徑(cm) 20.3 68.3 吸込及送砂管徑(cm) 20.3	能 力 排砂量(1時間m ³) 深度(水面下m) 30 3.0 口徑(cm) 羽根徑(cm) 25 68.6 吸込及送砂管徑(cm) 25

性 能	動 力	{	主機型式 汽笛徑(cm)				
			垂直型複式汽機 高壓 低壓	15.2 26.7			
船 體	材 料 費	衝程(cm)	迴轉數(每分)	280			
			長×幅×深(m)	吃水			
百 立 米	勞 力 費	15×3.7×2.1	1.0	長×幅×深(m)	吃水		
			15×3.7=2.1	1.0	15×3.7=2.1	1.0	
當 工 費	合 計		石炭 油類 其他 計	1,560kg 4.2立	石炭 油類 其他 計	700kg 2.0立	
			15.60圓 0.84圓	3.56圓 20.00圓	7.00圓 0.40圓	0.30圓 7.70圓	
修理及毀損費	船員手傳人夫 鐵管人夫	7.5人 1.6人 1.6人			船員手傳人夫		
			9.75圓 1.60	1.60圓 12.95圓	3.5人 2.0人	4.90圓 2.00圓	6.90圓
諸掛費	修理及毀損費	7.00圓			14.60圓		
			2.80圓		2.40圓		
總 計	32.95圓	42.75圓			1.20圓		
			年土量 21,600 操業1日當 90		18.20圓		
浚渫土量(m ³)	年土量 45,000 操業1日當 180						
摘要	浚渫土量質泥交砂						
	土質洗砂、土運船運搬水中又は 水際捨土						

唧筒浚渫船成績表(電力、非自走カッター付) 第 42 表

工事場所	内務省斐伊川改修工事(昭和4年)	内務省旭川改修工事(昭和6年)	
浚渫船	能 力 唧筒動力 船體 百立米當工費	排砂量(1時間m ³)深度(水面下m) 120 4.5但し30°に於て 口徑(cm) 羽根徑(cm) 38 117 吸込及送砂管徑(cm) 38 主機電動機 開放式三相交流誘導式 容量 300馬力 電壓 3,000ボルト 周波長60サイクル 回轉數360 カッターヘッド外徑(m) 1.2 長×幅×深(m) 吃水 23×7.9×2.6 1.4 電力 油類 其他 計 200キロ 0.7立 3.92圓 0.16圓 0.074.15圓 船員手傳人夫 1.0人 0.2人 1.97圓 0.24圓 2.21圓 修理及毀損費 6.36圓 —	排砂量(1時間m ³)深度(水面下m) 318 7.6但し35°に於て 口徑(cm) 羽根徑(cm) — — 吸込及送砂管徑(cm) — — 主機電動機 容量 800馬力 電壓 3,000ボルト 周波長60サイクル 回轉數360 長×幅×深度(m) 吃水 24.2×9.1×2.9 1.5 電力 油類 其他 計 370キロ 0.23立 10.07圓 0.02圓 0.07 10.16圓 船員手傳人夫 0.82人 0.55人 1.45圓 0.67圓 2.12圓 修理及毀損費 12.28圓 —

諸掛費 總計	1,60圓 7.96圓	2.22圓 14.50圓
浚渫土量 (m^3)	年土量 251,398 操業1日當 1,005	年土量 操業1日當 1,020
摘要	排泥管長455m を通し水面上 3m 高に放流し得	排泥管長910m を通し水面上 4.5 m高に放流し得

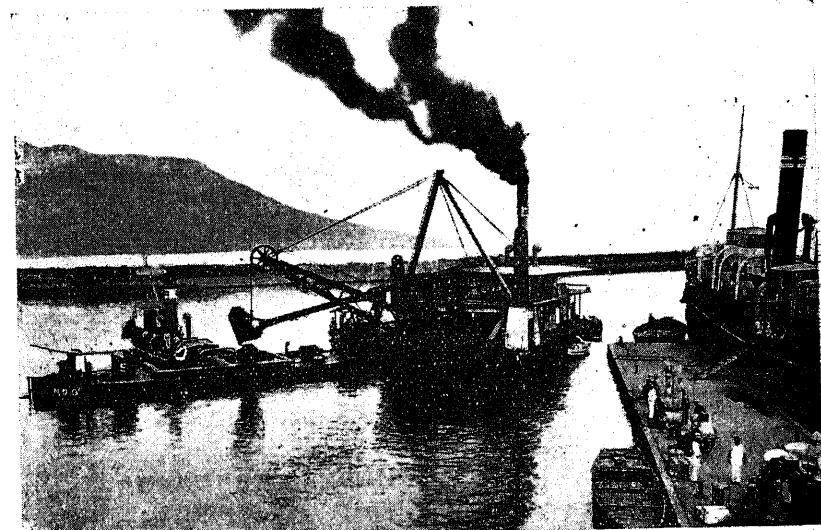
第 43 表 噴筒浚渫船成績表（自走、砂船付）

工事場所	内務省信濃川維持工事(昭和4年)	内務省信濃川維持工事(昭和5年)
浚渫船性能	排砂量(1時間 m^3) 深度(水面下 m) 360 11 砂船(m^3) 360	排砂量(1時間 m^3) 深度(水面下 m) 360 12 砂船(m^3) 360
噴筒動力	口徑(cm) 羽根徑(cm) 83 197 吸込及送砂管徑(cm) 61	口徑(m) 羽根徑(cm) 81.8 197 吸込送砂管徑(cm) 61
船體	主機型式 公稱馬力 二聯機(冷汽) 筒形汽罐 350 迴轉數(每分) 推進機 120 直徑 2.3m	主機型式 公稱馬力 二聯成(冷汽) 筒形汽罐 350 回轉數(每分) 推進機 120 直徑 2.3m
百立米當工費	長×幅×深(m) 吃水 51.5×10.0×3.5 3.7 總噸數 自走速度(km) 546.2 13	長×幅×深(m) 吃水 51.5×10×3.5 3.7 總噸數 自走速度(km) 585.8 13
材料費	石炭 油類 其他 計 633.7kg 0.1立 7.63圓 0.06圓 0.02圓 7.71圓	石炭 油類 其他 計 657.5kg 0.5立 7.81圓 0.06圓 0.02 7.89圓
勞力費	船員 手傳人夫 2.8人 0.2人 6.04圓 0.26圓 6.30圓	船員 手傳人夫 3.0人 1.0人 6.16圓 1.58圓 7.74圓
同計		14.01圓 15.63圓
修理及毀損費		3.62圓 8.10圓
諸掛費		0.63圓 0.44圓
總計		18.26圓 24.17圓
浚渫土量 (m^3)	年土量 104,600 操業1日當 848	年土量 102,292 操業1日當 770
摘要	浚渫土砂、自走運搬距離 2,167m 但し3箇年平均とす	浚渫土砂 自走運搬距離 2,921m

§ 47. デツバー浚渫船 (Dipper dredger)

(1) 概説 怖も陸上に用ふるエンデン・ショベルの車臺を取除き臺船に乗せた形式のものである（第 89 圖参照）、デツバー使用に際し其反動で船體の動搖

するを防ぐためスパツド（舳部左右と艦部中央と 3 本）を使用するを普通とす、幅狭い水路の掘鑿に使用するものであつてはバンク・スパツドを兩岸に當てたるものもある、何れにしてもスパツドの當る地盤が軟弱であると、其効果が少い、又水流が烈しいときは矢張錨鎖の力に依つて、之に對抗しスパツドは單に上下動搖に對してのみ働くに止めねばならぬ。



デツバー浚渫船作業の状況(鹿児島港第一橋橋附近)

第 89 圖

デツバーの容量は $4.5 m^3$ 以内、浚渫可能の水深は 15m が現在の限度である。此種の浚渫船の製作會社の有名なるのは米國ブサイラス社、マリオン社、英國ロブニツツ社等である、無論本邦に於ても出来る、實例について主要性能を擧げれば、

デツバー浚渫船性能表

第 44 表

デツバー容量(m^3)	浚渫能力(毎時 m^3)	浚渫深度(m)	機関(汽笛數×直徑×衝程) ホイスチング エンジン スキンギング エンジン	臺船の大きさ 長×幅×深(m)	吃水(m)	ブーム長(m)
3.0	100～200	8.0～9.0 2～30.5×40.7	cm cm 2～23×23	m m m 27×15×2.6	2.0	30

1.5	55~110	3.5~7.0	2-23×28	2-18×20	26×9×2.1	1.7	18
0.6	22.5~45.0	2.0~3.5	2-16.5×20.0	—	17×{5.5 6.7}×1.5	1.0~1.2	10

備考 浚渫能力は水深、土質に依つて増減するは勿論なり

浚渫船一般の一年間の工程は此表の一時間浚渫能力の 1,000~1,500 倍の實例最も多し

東京市河港課所屬「鹿丸」

船體	公稱機能	機関	汽罐	乗組員
鋼船	浚渫量(毎時m ³) 180	操縦用 2-35×41 cm cm	船用形 1	機関手(人) 1
長 32.6 m	浚渫深度(m) 10	回旋用 2-23×23	直徑(cm) 373	火夫(〃) 3
幅 11.6	デッパー容量(m ³) 3	後退用 2-23×23	長(cm) 335	火夫(〃) 1
深 2.7	ジップ長(m) 13.6	兩舷スパット用 2-30×30	常用壓力(kg/cm ²) 10.5	運轉手(〃) 2
吃水 1.8	長柄長(m) 14.3	ト用 2-15×25		油差(〃) 3
排水噸數 640	水面下放下最大高度(m) 4.5	甲板捲揚機 2-13×15		水夫(〃) 4
	水面下放下最大伸度(m) 13.6	汽笛數一直徑×衝程		合計(〃) 14

製作所 横濱部、ロブニツ社、船體、汽罐補機、鳥羽造船所。

製作年月 大正14年2月

價額 合計 319,980圓 内船體部 144,000圓 機關部 175,980圓

(2) 特長及用途 船體は他の浚渫船に比し小さく、吃水も浅く、且陸上のエンデン・ショベルと同様前後左右に動かし、可なり硬いものを掘鑿し得るから幅の狭い水路、狹少な内港又は船入洞、障礙物の多き水底等に於て、大きな鋤鍵船、岬筒船の操縦に困難な場所に使用される、然し工程工費共到底之等に及ばないから大浚渫工事には不利である、此關係は恰も陸上のバケットに對するショベルとよく似て居る。

(3) 成績 次表は鹿児島港内浚渫の成績で舊護岸取除、棧橋附近水深増加等障礙多き區域の作業である。

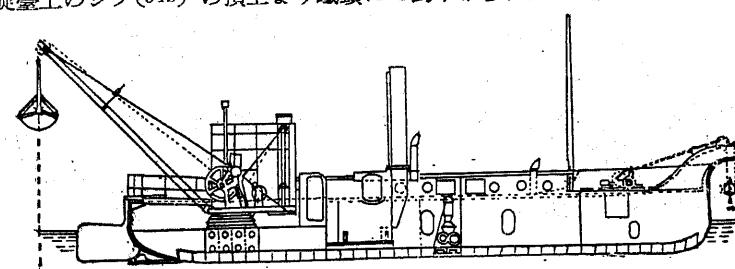
デッパー浚渫船成績表

第45表

工事場所		内務省鹿児島港修築工事(昭和2年)				
浚渫能力	動力能	公稱浚渫量(1時間m ³) 2.3 及び 3.1 135 深度(水面下m) 10.9 及び 6.4	曳船及土運船	曳船	總噸數 57.18	價格 45,200圓
船性	能	主機型式 高壓二汽笛並立式廢汽は冷汽器に導く 衝程(cm) 41 長×幅×深(m) 30×11.5×2.6	土運船	型式 側開式 價格 12,000圓	積載量(m ³) 60	
能	船體	汽笛徑(cm) 30 迴轉數(每分) 150 吃水 1.6				
百	材料費	石炭 786kg 油類 1.48立 9.53圓	其他 0.30圓 0.45	計 10.28圓	曳船	材料費 労力費 計 石炭 230kg 其他 2.81圓 0.28圓 4.38圓 7.47圓
立	労力費	船員 4.3人 7.10圓	其他 1.0人 1.10圓	計 8.20圓 18.48圓 9.14圓 0.76圓 28.38圓	百立米當工費	材料費 労力費 計 0.01人 2.3人 3.36圓
米	合計					3.16圓
當	修理及搬運費					
工	諸掛費					
費	總計				修理及搬運費	
					合計	14.00圓
	浚渫土量(m ³)	年土量 164,060	操業1日當 588			
摘要		浚渫船の價格 機械164,800圓 船體並に機械128,800圓 合計293,600圓 普通の土砂に於てはデッパー操業1回に要する平均時間は1分間と稱するも 熟練すれば40秒位となる				

§ 43. プリストマン式浚渫船 (Priestman grab dredger)

(1) 概説 第90圖の如く土砂を掴み上げるものである。臺船に乗せたる回旋臺上のジブ(Jib)の頂上より鐵鎖にて釣下されたる掴機(Grab bucket)を



第90圖

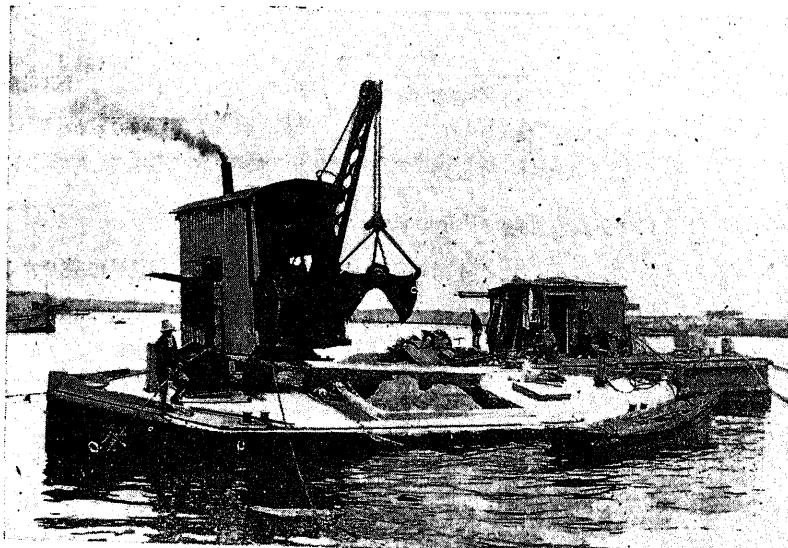
起重機にて捲揚げ第91圖の如く開放の状態にて、起重機のブレーキを弛めて落し下せしめ、其惰力に依り歯先を地中に突込み、引揚ぐればバケツは土を掘んで、歯先を噛み合ひ、適當な高さに於て再び之を開放する装置を備へて居る、此開閉装置は特殊のもので、鎖1本で操作するものと2本で操作するものとある。

バケツ捲揚用の起重機の力は掘機の全重量の外に、地盤の粘着力に抵抗して引揚げる能力が必要である。

掘機の浚渫能力、容量、重量及起重機の力との関係を示せば、

公稱浚渫能力 (1時間m ³)	掘器容量 (m ³)	掘器の重さ (t.g.)	起重機の力 (kg.)	鎖の許容張力 (kg.)
10.0	0.17	0.6	2.0	1.5
15.0	0.25	0.9	3.0	2.0
23.0	0.39	1.2	5.0	2.5
33.0	0.56	1.3	7.0	3.5
42.0	0.70	1.5	10.0	5.0

プリストマンD型浚渫船及木造 18 m³ 積底開式土運船



第91圖

プリストマン社製作の掘機標準型の要點を示せば、

プリストマン浚渫機標準型

第46表

型の番号(舊名稱)	10(Z)	15(Y)	20(AA)	30(BB)	40(CC)	50-DD)	60(EE)
バケツ(m ³) の容量	0.15	0.20~0.36	0.31~0.53	0.56~0.87	0.73~1.20	0.90~1.46	1.12~1.76
1時間公 能(〃)	9	15	25	43	57	70	86
鉛能力 (kg)	3.60	4.3	4.9	5.2	5.5	5.5	5.5
ジップ半径(m)	76×183	100×198	107×213	114×259	130×274	137×320	145×381
汽罐の大きさ(cm)							
石炭消費量 (毎時kg)	25	38	51	64	76	89	102

備考 本表中浚渫公能能力は浚渫深度 7.5m を標準とする。

(2) 特長及用途

本機は工費餘り低廉ならざる故大土工には適せず、狭小なる場所の浚渫可能なること、取扱簡便なること、掘揚げ式なるがため木石等の障礙物の除却可能なること、釣上鐵鎖の伸縮に依つて浚渫深度を自由に加減し得ること等の便利があるので、小港灣や河川、運河等に最も廣く用ゐられて居る、粘着力強大な土質では掘機の引揚困難となり、又掘機の爪の間より水と共に逃避するが如き流状泥砂の場合は能率不良である。

本機も大型の方が作業費は安くなるが、河川、堀川では浅吃水を必要とするため餘り大きなものゝ使用は制限される、船體吃水 1.0 m 内外、長 15~20 m、幅 6~7 m、掘器容量 0.6~1.2 m³ 位のものが本邦では最も多く用ゐられ、港灣の工事では掘器の容量 1.5 m³ を使用して居る、米國では 60 m³ 餘の實例もある。

(3) 成績

掘器に依り實際に掘み得る正味土量は、土質と操作の巧拙に依つて甚しい相違がある、最も都合良き場合でも平均正味土量は掘器容量の 8 割を超過しない、又掘器一回の運轉時間は約 1 分内外で可能であるが、土受船の入換や浚渫船の移動等のために待合せ時間が必要であるから、1 日の操業時間中正味運轉時間は 6 時間を越ゆることは稀である、従つて BB 型公能能力 1 時間 43 m³ を使用したとしても、1 日の工程は最も都合良き場合でも 206 m³ 位である、1 年間の操業日數の平均 1 日工程は普通 120 m³ 位が普通である。

BB 型の作業費の一例を擧ぐれば次表の如し。

第 47 表

プリストマン浚渫船 100 m³ 當作業費

種 別	単 位	員 数	金額(圓)	摘要	要
石炭	tg	0.36	5.450		
マシン油	立	0.60	0 070		
シリンドー油	"	0.37	0 048		
ヘツト	kg	0.14	0 036		
檻	"	1.40	0 140		
雜品			0.135		
材 料 費	計		5.879		
船員	人	6.00	12,000		
人夫	"	15.00	23,787	浚渫土船運搬陸揚費を含む	
勞力費	計		35.787		
合計			41.666		

備考 上表は使用船舶機具修理費を含まず、此費用は本作業費の約 20~30% とす。

§ 49. 浚渫工事計画及施工要領

(1) 浚渫船の選擇 浚渫せんとする現場の土質、水面の廣狭、水深、浚渫深度、障礙物の有無、浚渫總土量、工事期間、浚渫土砂の處分、風波の程度、等を詳細に考慮して、最も適應せる浚渫船隊を組織することが肝要である。各種浚渫船の用途特長等については、夫々前各項に於て述べた通りであるが、尙ほ浚渫工事計画に當つて浚渫船選擇上考慮すべき要領を綜合的説すれば、

イ、浚渫土砂を附近の埋立に使用する場合には、送砂管を使用して浚渫土砂を直接埋立地に押送する唧筒船が最も有利であつて、其工費低廉なることは(カッターをつけても)到底他の追隨を許さない、但し土砂の粘性の如何なる程度迄唧筒吸込みが有効であるかの鑑定を誤らぬ様、充分に實例につき比較調査をせねばならぬ、鋤鍵船ならば可なり硬い粘土盤でも掘鑿可能である。

ロ、唧筒船も鋤鍵船も共に大土工に有利であるが、浚渫區域内に於て唧筒船又は鋤鍵船で不可能な場所が局部的にある場合は、デツパー船又はプリストマンを補助船として使用する。

ハ、デツパー浚渫は設備費、作業費、修理費共低廉でないから、止むを得ざる場合に採用すべきである、浚渫土量の大部分が鋤鍵船で可能な場合は之を主力と

し残りの小土量を工程遅く工費も安くないが、設備費の安いプリストマンを使用するが得策である。

ニ、浚渫船の大きさは作業費單價並に障碍物、硬地盤、風波への對抗力の二點から考へれば大船を得策とするが、其選擇程度に就ては修理の難易、休役の場合に於ける他の關連工事との都合並に乗組員の處置に對して、充分の考慮を拂つて全體の工事費の經濟と工期とを過らぬ様にせねばならぬ。

ホ、自走土船式と土運船式との何れが得策なるかは、浚渫土砂の處分方法、作業船航行區域の水深及航行の便否、其他種々の事情に依り變化する問題で、簡単には極まらない、自走土船船は附隨船舶がないから、行動機敏で浚渫場所の移轉、荒天避難等には便利であるが、船體が大きく吃水が深いため、其操作區域は相當の水深が必要である、又土捨時間に手間取る様な作業では、實際の浚渫作業時間が少くなる嫌ひがある、實際の成績について見るも此兩式は場所毎に優劣が變化して居る、一般的には航行區域水深大で近所に土砂放下の便利な場所である場合は、自走式が有利な傾向である。

ヘ、動力は從來は専ら蒸氣機であったが、最近は浚渫船及工事の種類に依つては供給電力、ディーゼル、若しディーゼル機發電々力等を使用し、優良の成績を示したもののが少くない、特に唧筒式の場合は電力が有利である。

(2) 浚渫設備費、工事費及工程の概略

各種浚渫船隊の費用と工程とは元より精細な基礎材料に依つて調査せねばならぬが、極めて概略の費用と工程とを窺知するための参考として次頁の第 48 表を掲ぐ。

(3) 施工注意

イ、船坪と實坪 施工中の工事出來形は土運船を使用する場合は、其船の積載容量即船坪に依り算出記帳するが、其土量と浚渫工事現場實測土量即實坪(跡坪)との關係を明瞭にして置かないと、目的の浚渫工事完成上不都合を生ずる、即浚渫土量は設計全土量を遙かに超過し、豫算工費は使ひ盡すも實際は目的通り水深を得られない様な蹉跌を起す。

船坪は天然地盤を弛め之に水分を多量に含めたものゝ容積であるから、實坪よ

型式	浚渫船		同上		附屬設備		備 價格 (圓)	土運船、曳船又は 送砂管 (噸)(m)	以 上 合 計 (圓)	浚渫工事費(m ³ 當り圆)		平均毎年 浚渫土量 (m ³)	概 要	
	公 船 力 (1時間) n.s	浚 渫 容 量 (m ³)	浚 渫 船 底 開 口 徑 (m)	浚 渫 船 底 開 口 徑 (m)	浚 渫 船 底 開 口 徑 (m)	浚 渫 船 底 開 口 徑 (m)				浚 渫 船 底 開 口 徑 (m)	浚 渫 船 底 開 口 徑 (m)			
鉤 鏈 (非自 走)	60	4.5	0.09	40,000	30m ³ 鉤鎖船側開 曳船30t	4艘	40,000	80,000	0.20	0.07	0.10	0.03	0.40	100,000 1分間に15杯とす
	120	5.5	0.17	80,000	60m ³ 鉤鎖船底開 曳船30t	4艘	60,000	140,000	0.15	0.07	0.10	0.03	0.35	200,000
	240	6.5	0.33	160,000	120m ³ 鉤鎖船底開 曳船30t	4艘	120,000	280,000	0.10	0.07	0.10	0.03	0.30	400,000
	480	10.0	0.66	320,000	120m ³ 鉤鎖船底開 曳船30t	8艘	220,000	540,000	0.08	0.07	0.10	0.03	0.28	800,000
唧 筒 (非自 走)	60	4.5	0.30	100,000	50m ³ 管 口径30cm.管 長35cm.管 長50cm.管	500m	10,000	110,000	0.20	0.04	0.02	0.01	0.27	120,000 混砂量を排水量の 1割、水速を 1secとす
	120	6.0	0.35	150,000	750m	20,000	170,000	0.18	0.04	0.02	0.01	0.25	240,000	
	240	8.0	0.50	200,000	1,000m	40,000	240,000	0.16	0.04	0.02	0.01	0.23	480,000	
唧 筒 (自走)	60	9.0	0.50	150,000	60m ³ 鉤鎖船底開 曳船30t	4艘	150,000	360,000	0.22	0.06	0.10	0.03	0.41	300,000 土船の容量240m ³
	120	10.0	0.56	180,000	60m ³ 鉤鎖船底開 曳船30t	2艘	180,000	300,000	0.20	0.06	0.06	0.03	0.36	375,000 " 300m ³
	240	11.0	0.80	300,000	60m ³ 鉤鎖船底開 曳船30t	4艘	300,000	300,000	0.16	0.06	0.06	0.03	0.22	750,000 " 600m ³
デ ッ バ ー	120	2.00	280,000	60m ³ 鉤鎖船底開 曳船30t	2艘	80,000	360,000	0.22	0.06	0.10	0.03	0.41	150,000 1回の揚揚時間を 1分と假定す	
	180	3.00	350,000	60m ³ 鉤鎖船底開 曳船30t	6艘	100,000	450,000	0.20	0.06	0.10	0.03	0.39	225,000	
B43	0.87	20,000	30m ³ 鉤鎖船側開 曳船30t	3艘	35,000	55,000	0.27	0.10	0.15	0.03	0.55	24,000		
C70	1.46	30,000	60m ³ 鉤鎖船底開 曳船30t	1艘	50,000	80,000	0.25	0.10	0.13	0.03	0.51	40,000		

備考 工事費中には修理及事故のため休工中の船員給料及雜費をも含む。物價等銀は昭和5年を基準とする。

り2割乃至5割増加する、其程度は土質に依り異り到底机上で確實に想定することは出来ないが、砂質のものは船坪の増加が少く作業中に泥化して、多量に包含した水が其儘容易に逃出さない様な土質は船坪増加が大である。

上述の外に作業中凌渫區域外から流入又は崩れ込む土量のため、意外に凌渫土量の増加を見ることもあるから、工事進行中は適當の時期に出來形土量を實測して、船坪との關係を明瞭にすることを怠つてはならぬ、此出來形測量に依る照査は土運船を使用せず、直接放砂する岬筒凌渫工事に於ても同様に必要である。

□、岬筒凌渫の場合の排水中の混砂率と、各種バケット使用凌渫に於けるバケット中の土砂填充率とは、凌渫功率に對する影響が大きいから、岬筒の吸込水速、バケットの形狀、速さ其他運轉操作の巧拙等に注意して、之が調整を速やかに行ふべく努力せねばならぬ。

八、機械の働きを主とする此種凌渫工事に於ては、休業時間の長短が特に能率に至大の影響を及ぼすものであるから、天候其他實地の状況に依る作業障礙を最小にする様、工事の順序方法を講ずることゝ、機械及船體の修理を出来るだけ速やかにして、機械の運轉時間の延長を計ることが大切である、バケット、バケット・リンク、ピン、ポンプの羽根、當板等作業中屢々磨損する部分品に對しては現場に豫備品を用意し、必要に應じ急速に取換へることが肝要である。

二、土捨場は土運船の航行安全でなるべく近い處が良けれ共、漁業其他附近海面に悪影響を及ぼし、紛議を生ずる區域を避くるを可とす。

凌渫土を岬筒水送に依り埋立に利用する場合は、最後の地均し費が少なくて済む様に注意を要する。

第六節 岩石掘鑿工

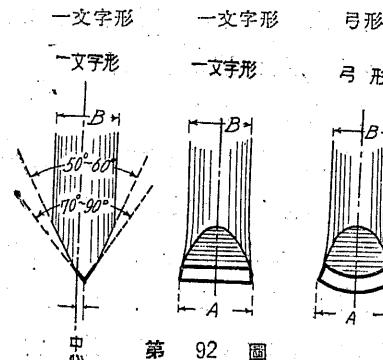
岩盤掘鑿工の内隧道工事に屬する事項は、已に隧道編に記述されてあるから、茲には道路、鐵道等の一般切取土工に於て必要を生ずる山腹岩盤の掘鑿、石材採取のため行ふ岩石掘鑿、並に港灣凌渫工事の岩礁除却等に就て記述することゝす。

鶴嘴、金鉗、バケット碎岩船等で破碎し能はざる岩盤を掘鑿するには、手錐、鑿岩機等を使用して岩盤に適當な直徑及び深さの鑽孔をなし、之に火薬、爆發薬等を裝填して爆破を行ひ、人力、クレーン、エンジン・ショベル等で取扱ひ得る程度の大きさに岩石を破碎して、掘鑿工事の目的を遂行するのである。其鑽孔方法の一つである人力鑽孔即手錐鑽孔について説明する。

手錐は直徑 19~25 mm の高級炭素鋼棒を使用し、其断面形は圓、六角、八角である、先端の形狀は普通一文字形と弓形とある、第 92 圖に示す如く劍先の尖形は二段勾配となつて先端角度は 70°~90° 次の角度は 50°~60° を適當とす、

銳角の刃先は磨滅が早いから硬岩に對しては鈍角を採用す、刃先幅 A と根元幅 B との割合は硬岩の場合 8 対 7、軟岩の場合 4 対 3 位にする、又刃先の一文字又は弓形は棒の中心より圖の如く僅かに偏して、錐で廻し打をなす際に自然に刃先の打込みが、一點に集まらない様にする、錐の長さは鑽孔最初の口附には 40 cm 位のものを使用し、深さの進むに従つて適當のものに取換へるが、手錐鑽孔の限度は普通 1.5 m であるから、夫れに持柄の長さ 20 cm を加へた 17 m 位が最大限度である。

錐の刃先磨滅は鋼質の良否に依つて差異甚しいから、なるべく良質の鋼を使用するが得策である、普通錐擊 500~1,000 回で磨滅して取換へを要するから、石工一人につき長短 20 本位用意する必要がある、磨滅した錐は現場に於て修理する、修理用として鎌(ワイゴ)と金敷と松炭とを備へて置く、修理の方法は赤熱して正規の形に火造りするのであるが、刃物用鋼を使用したものは赤熱した刃先を冷水に一瞬間挿込んで焼入れし、残熱で再び鍛錬温度に達した時急に全部水中に入れて鍛反(Tempering)する、特殊の硬鋼で火造りした儘焼入れを要しないものもある。



第 92 圖

手錐の大きさは錐の長短、岩質等に依り重さ 1.5~3 kg 柄長 18~28 cm のものを使用する。

錐擊の方法は左手で錐を握り少し宛廻轉して押付けて、右手で 1 秒に 1 回位の速度で打込むのである、鑽孔の直徑は奥行 30~45 cm につき 3 mm 位細くし、即口元を大きくして錐の廻轉出入を自由にする必要があるから、其積で口元では大きな錐を使用して孔徑を大きくする、

又孔底に溜まる石粉は水の出ない孔ならば、鐵線の尖を曲げて平にしたもので搔浚ひ、水の出る穴ならば錐を急激に扱いて噴き出せらる。

鑽孔進行の速度は岩質孔の直徑方向及深、足場の良否等に依り大差がある、孔徑 25~30 mm 下向鑽孔 1 人 1 時間速度標準は石版石(Slate)程度の軟岩で 30~40 cm 砂岩 20 cm、花崗岩及堅砂岩 6~

15 cm。硬くて粘りのあるもの、又は混凝土の如きものは困難である。

一日の作業時間中、食事及休息と爆破作業のため 3~4 時間を費すから、正味錐擊時間は 5~6 時間である、従つて 1 人 1 日の鑽孔工程は前述工程の 5~6 倍である。

水平方向の鑽孔は下向鑽孔の $\frac{1}{2}$ 餘である。

特別の必要ある場合は錐持手と錐打手と 2 人共同作業の方法に依れば、孔徑 40 mm 位の鑽孔も手掘で可能である。



第 93 圖

鑽孔の孔径は其孔底に於て装填すべき爆薬を、容易に押込み得る程度の大きさが必要である、過小のため爆薬を叩き込むことは危険であるから、絶対に避けねばならぬ。

§ 51. 鑽岩機 (Rock drill)

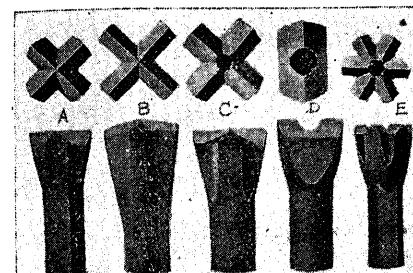
多量の岩石掘鑿工事に於ては鑽岩機を使用するが得策である、其鑽孔工程は人力の場合の十数倍であるから、相當躊躇つた掘鑿工事であれば容易に其設備費を挽回出来る。次に其種類構造使用方法、及鑽岩設備費等に就いて述べる。

(1) 種類及構造 鑽岩機にはピストン・タイプ (Piston type) とハンマー・タイプ (Hammer type) と二種類あつて、前者は往復するピストンに錐を固定し、後者はピストンと錐とが獨立してピストンが、錐頭に打撃を加へる所謂ハンマー式になつてゐる。何れも旋條鋸 (Rifle bar) と棘歯輪 (Ratchet wheel) に依るか或はハンマー・ヘッドの装置で各打撃毎に回施する様になつてゐる。運轉は壓縮空氣を使用する、蒸氣や電力を使用した時代もあるが、今日では凡て空氣を使用するハンマー式である、之は本機が急速打撃を尊ぶのと發熱を嫌ふがためである。

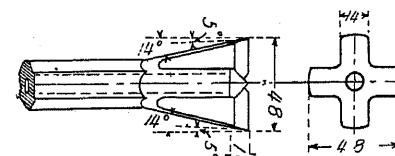
鑽岩機は錐活動力即 $\frac{1}{2} \text{mv}^2$ に依つて碎岩威力を發揮するのであるから、長大な錐を使用する場合には、夫れに相當する強力なるハンマーを使用するが得策である、普通必要とする鑽孔の直徑は 30 ~ 40 mm 内外であるが、大きな爆薬を奥深く装填の必要あるときは 80 mm 位の錐を使用することもある。

本機用の錐は丸棒又は六角棒で高級炭素鋼 (炭素含有量 0.5 ~ 0.85 %) を使用し中心に全長を通ずる徑 6 mm 位の穴があつて、之より空氣又は水を刃先に送つて作業中刃先の發熱を冷やし、又岩礫を吹き出させる、刃先 (Bit) の内最も多く使用される形は第 94 圖の如きダイヤモンド形である、餘り硬くない岩石には一字形を用ひる、圖中 E は口附錐として B は上向鑽孔に用ゐられる、人力鑽孔の場合より打撃が急速であるから、屢々錐の修理を要する、刃先修理は刃先型を造つて置けば普通の鍛冶工でも出来るが、大工事では特殊の修理機を使用する。

隧道工事用としては横向鑽岩機 (Drifter)、下向鑽岩機 (Jack hammer drill)



第 94 圖



第 95 圖

鑽岩機の構造の詳細は第七卷清水氏著について知られたい、尙最近の最も發達した本機の迴轉數は 1 分間の打撃 1,800 ~ 2,400 回、用氣壓は 5.62 ~ 7.03 kg/cm² (80 ~ 100 lbf/in²) である、氣壓を強くすれば尚迴轉數は早くなるが、錐の摩擦抵抗力が之に伴はないから有効でない。

隧道内ではスタンドを使用して横向又は上向掘鑿を行ひ、露天掘の場合は三脚 (Tripod) を使用して横向掘鑿を行ふ、下向の掘鑿は小型の鑽岩機であれば、之等の乗駕装置を使用の必要はない。錐の中心の孔から噴水せしめるための給水槽若しくは收塵器 (Dust collector) の装置も



第 96 圖

必要である、之等作業の状態は 第 96 圖乃至第 99 圖に示す如し。

品目	用具	用途	ビストン直徑(有効)	全長	全重量	ピストン直徑ホース重量	空氣消耗量	分気壓	使用錐
足尾式10番型	坑道掘削	上りげ	40.3 (1 5/8")	38.1 (1 1/2")	304.8 (12")	5.06 (1.35貫)	0.60 (0.19貫)	12.7 (1/2')	19mm (3/4")
足尾式11番型	坑道掘削	上りげ	40.3 (1 5/8")	38.1 (1 1/2")	323.9 (12 3/4")	5.62 (1.50)	0.81 (0.215)	12.7 (1/2')	19mm (3/4")
足尾式12番型	坑道切り廣げ	上向掘鑿	40.3 (1 5/8")	38.1 (1 1/2")	762.0 no feed (30") fullfeed (42")	9.19 (2.45)	0.81 (0.125)	12.7 (1/2')	19mm (3/4")
足尾式20番型	導坑掘鑿	下りげ	57.2 (2 1/4")	57.2 (2 1/4")	514.4 (20 1/4")	18.00 (4.80)	1.63 (0.435)	19.05 (3/4')	1.76 (7/8")
足尾式30番型	導坑掘鑿	上向掘鑿	57.2 (2 1/4")	63.5 (2 1/2")	1,016.0 (40") 1,327.2	42.00 (11.20)	1.63 (0.435)	19.05 (3/4')	5.62 (7/8")
足尾式40番型 (ストーパー)	坑道切り廣げ	上向掘鑿	50.8 (2")	101.6 (4")	no feed (52 1/4") fullfeed (73 7/8")	32.63 (8.70)	1.18 (0.315)	19.05 (3/4')	5.62 (7/8")

備考 空氣消費量は壓縮される自由空氣の容積にて示す。

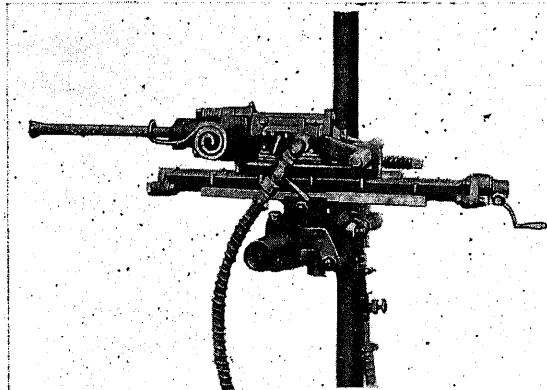
§ 51

§ 51

第六節 岩石掘鑿工

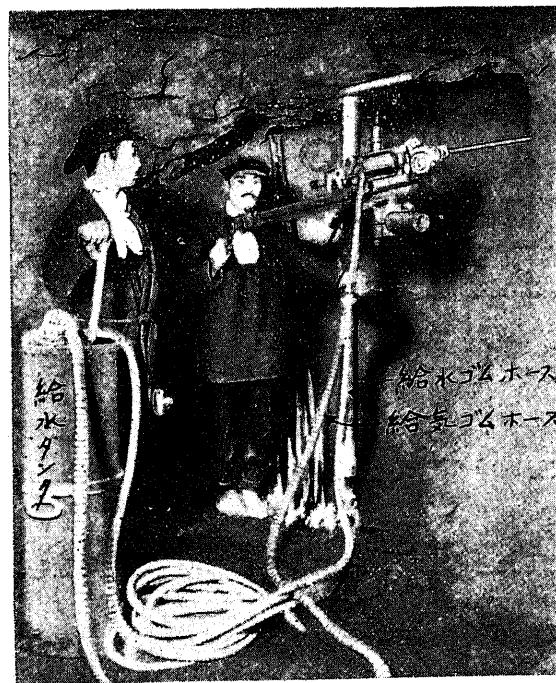
171

スタンド上に乘駕せる20番型鑿岩機



第97圖

隧道内に於ける鑿岩機使用の實況



第98圖

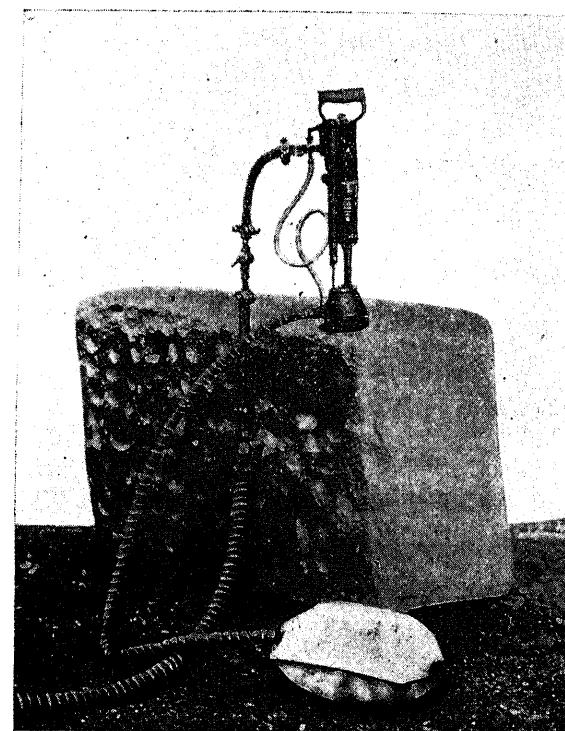
(2) 錐と鑽孔の大きさ
鑽孔最終の直徑に装填爆薬の包裝を容易に填充し得るだけの大きさを必要とするは勿論である、最終の鑽孔に用ふる錐刃先の径が装填すべき爆薬の径以上であれば差支へない。

鑿岩機に依る鑽孔の径は其深さ約60cm進行する毎に、錐の径を3mm縮小しなければ、錐が周壁に障つて其活動を妨げられる、又錐の長さが餘り長くなるとハンマー・リングに對する強さのためにも径を大きくする必要を生ずる、即長2.4m位になれば錐径も32mm必要である。

岩石の爆破は小爆破より大爆破の方が有効で經濟であるから、鑽孔径も大きく且深く穿つことを希望するが、

一面に於て實際工事の現場は、大きな鑿岩機を自由に使用し得る様な足場の良い場所は得難いのと、爆破々片飛散の危険が人家、道路等に及ぶことを虞れるがために、大鑿岩機を有効に使用する機會が少ないので、普通の場合は孔径 32 mm 以内、孔深 1.5 m 以内、小型軽便なるジャツクハンマーを使用する機會が最も多くなる。

(3) 鑿孔の工程並に錐の磨損は使用鑿岩機及び錐の能力と



第 99 圖

鑿孔の徑及深さとに依つても少からぬ差異を生ずるが、現場の岩質の硬軟と足場の良否とに依つて左右されることが最も大である。従つて之を推定することは甚だ困難である。錐の 1 分間の進行程度の極めて概略の見當を述ぶれば、花崗岩 6~30 mm、石版石、石灰石 60~120 mm (但孔径 50 mm 以下) であつて、1 日中の正味運轉時間は 3 時間である。

新式優秀な鑿岩機を使用したと稱する外國の實例を擧ぐれば、次表の如し。

11番型に收塵器を裝置せる圖

氣筒直徑 82 mm、錐直徑 72 mm、硬質砂岩の場合

用 氣 壓 力 (kg/cm^2)	5.6~4.9	4.9~4.2	4.2~3.5	3.5~2.8
鑿 孔 進 行 (每分 mm)	33	30	25	15
送 氣 量 (平壓每分 m^3)	3.5	3.3	2.8	2.0
鑿孔 1 m に要する送氣量 (平壓 m^3)	9.0	10.0	9.3	11.1

氣筒直徑 79 mm、口附錐 70 mm、最終錐 38 mm、用氣壓力 4.9 kg/cm^2 の場合

石灰石及軟砂岩	鑿孔深 1 m 進行に要する時間	10 分
硬質砂岩	" "	16 分
硬質花崗岩	" "	20~26 分

錐の磨損の程度は岩質が硬く、ハンマー速度が急激になる程早い、高級炭素鋼焼入れ錐を極く硬い花崗石に使用した場合は 5~10 分間で取換へ修繕を要する故に大小多數の錐の用意が必要である。

(4) 壓搾空氣 (Compressed air) 普通使用せらるゝ壓力は 5~7 kg/cm^2 であつて、7 kg/cm^2 以上の壓力を使用する場合には、送氣管其他を特に完全にして漏洩のない様に注意を要する。壓搾空氣使用について必要な主要機具は空氣壓搾機 (Air compressor)、氣槽、送氣管である。

壓搾機は從來往復啓子型 (Reciprocating piston type) を最も多く使用されたが、近來は輕便で廉價で電動機軸に直結出来る迴轉啓子型 (Rotary piston type) が次第に使用せられる様になつた。

壓搾機に依つて壓搾された空氣は熱を持つから、同機の氣筒は二重壁に作られ壁の間に冷却用循環水を用ひて溫度の上昇を防ぐが、完全に上昇を防ぎ得られないから等溫壓縮と斷熱壓縮 (Adiabatic compression) との中間壓縮となる。壓縮された空氣は氣槽に送られ、氣槽より送氣管により目的の場所に送られる。

送氣管は空氣の壓力に對し安全な強さの瓦斯管を使用する。

必要な主導 (Main pipe) 及枝管 (Branch pipe) を配置し、其最後に屈撓管 (Flexible pipe) を取付ける。此屈撓管はゴム又はメタリックのホースで、鑿岩機を自由に操縦し得るだけの長さが必要である。

壓搾空氣の消費量 (1 気圧の場合の自由空氣の容積にて表はす) は鑿岩機の性

能、錐の大小、同時に運転する臺數、並に岩質の如何に依つて少からず變化するが大體の標準を示せば使用壓力が 5.62 kg/cm^2 の場合は鑿岩機の氣管内徑 40 mm の空氣消費量は毎分 1.0 m^3 、 51 mm は 1.8 m^3 、 64 mm は 2.4 m^3 、 77 mm は 3.2 m^3 位であるが、使用壓力が増減すれば殆んど壓力に正比例して増減する、又多數の鑿岩機を一系統の送氣管に取付けた場合は、凡て同時に全力を擧げて運転することはないから、臺數が多くなるに従つて 1 台分の消費量を割引する、即 2 台使用の場合は約 1 割引、6 台約 2 割引、10 台約 3 割引とする。

氣槽は壓搾空氣を貯蔵し、壓搾機より出て来る空氣の壓力の不同を此處で調整し、尚濕氣を抜き、温熱を除去する役目をするのである、氣壓の溫度が高いと送氣管の途中で次第に冷却されるに従つて、包含して居た水蒸氣は凝結して壓力が下つて來るのみならず、水分は送氣管の一部に溜まり其流通を害し、或は鑿岩機のバルブに事故を生ぜしめる、氣槽にはプレシュアーゲージ、ストップバルブ、ドレインコック、掃除口等を設けることは勿論である。

壓搾空氣の壓力は送氣管内摩擦のため減損する、氣槽内の壓力始壓と鑿岩機氣管に達するときの終壓とは可なり差があるから、終壓を 5.62 kg/cm^2 に保つには始壓は途中の壓力損失だけ高くして置く必要がある。

又工事現場が海面より非常に高い場合には自由空氣の氣壓が低くなるから、之を吸收して所定の壓氣を得んがためには、海面上の自由空氣を原料とする場合より壓搾機は餘計に働くことにならぬ、此計算はボイル氏の法則即ち瓦斯は溫度を一定に保てば、壓力に反比例して容積を變化すると云ふ理論に従へば出来る、海面上の高さ 900 m について 1 割位の影響である。

送氣管の所要寸法は壓氣の流速を毎秒 $4.5 \sim 6.0 \text{ m}$ の範圍にする様定めるのが普通である。

送氣管内壓力損失に關しては Richard 氏公式が簡単である。即

$$V = \text{所要の終壓にて送氣管の末端より放出する壓搾空氣の量(毎分} \text{m}^3)$$

$$D = \text{送氣管の内徑 (mm)}$$

$$\alpha = \text{實驗係数 (送氣の直徑に關聯する)}$$

$$H = \text{始壓と終壓との差(即管の入口と出口との壓力の差, } \text{kg/cm}^2)$$

$$L = \text{送氣管の長さ (m)}$$

$$V = 5.9 \sqrt{\frac{D^5 a H}{L}}, \quad H = \frac{V^2 L}{34.8 D^5 a}$$

$$L = \frac{34.8 D^5 a H}{V^2}, \quad D^5 a = \frac{V^2 L}{34.8 H}$$

$D^5 a$ と D との關係を實驗的に求めたる結果は、

D 級	25.4	31.8	38.1	50.8	63.5	76.1	88.9	101.6	127.0
時	1	$1\frac{1}{4}$	$1\frac{1}{2}$	2	$2\frac{1}{2}$	3	$3\frac{1}{2}$	4	5
$D^5 a$	0.35	1.525	5.030	18.08	63.47	177.4	413.2	860.2	2,919
D 級	152.4	203.2	254.0	304.8	406.4	508.0	609.6		
時	6	8	10	12	16	20	24		
$D^5 a$	7,776	36,814	120,000	313,528	1,405,091	4,480,000	11,545,805		

例 1. $L = 3,353 \text{ m}$, $D = 203.2 \text{ mm}$, 始壓 = 5.625 kg/cm^2 終壓 = 5.273 kg/cm^2

なる時 V を求む

$$V = 5.9 \sqrt{\frac{36,864 \times (5.625 - 5.273)}{3,353}} = 11.59 \text{ m}^3/\text{分}$$

例 2. 長さ 365.8 m の送氣管に依つて自由空氣 113.3 m^3 を始壓 7.03 kg/cm^2 で壓しこんで、終壓 6.47 kg/cm^2 で放出せしめるためには何 mm の送氣管が必要であるか。

等温圧縮を行ふものとすれば自由空氣 113.3 m^3 を 6.47 kg/cm^2 の壓力に置く時は

$$V = 113.3 \times \frac{1.033}{6.47 + 1.033} = 15.6 \text{ m}^3 \text{ である, そこで}$$

$$D^5 a = \frac{(15.6)^2 \times 365.8}{34.8 \times (7.03 - 6.47)} = 4,554$$

依つて $D^5 a$ と D との關係を示す表について 4,554 は 127 mm と 152.4 mm との中間の直徑であることを知る。

例 3. $6,328 \text{ kg/cm}^2$ の始壓で有する空氣 14.16 m^3 を内徑 127 mm の管で 762 m の距離に送る時は末端に於て壓力何程となるか。

$$H = \frac{14.16^2 \times 762}{34.8 \times 2,919} = 1.500 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{終端壓力} = 6,328 - 1.500 = 4,828 \text{ kg/cm}^2$$

送氣管の途中に曲管や撓を置くときは之を直管に換算して前項の計算を行ふ、其換算率を表示すれば

管の内径 mm	25.4	50.8	76.1	101.6	152.4	203.2	304.8	457.2	558.8
	38.1	63.5	88.9	127.0	177.8	254.0	381.0	508.0	609.6
時	1	$1\frac{1}{2}$	2	$2\frac{1}{2}$	3	$3\frac{1}{2}$	4	5	6
	7	10	13	16	20	23	36	44	53
換算係数及活嘴	2	4	7	10	13	16	20	23	26
エルボー又は直角接手	2	3	5	7	9	11	13	19	24
直管									
ベーリング	$\frac{r}{r_c} = \frac{1}{3}$	1.5	2	2.5	3	3.5	4	5	6
シント	$\frac{r}{r_c} = \frac{1}{5}$	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4	5
管									

備考 $r = \text{管の内径の } \frac{1}{2}$, $r_c = \text{管屈曲の中心線の半径}$

主管に取付たる支管の空気輸送器は実験の結果に依れば各々の断面積の比例にならない。

其割合を表示すれば、

主管 (mm)	25.4	50.8	76.2	101.6	127.0	152.4	203.2	254.0	304.8
支管 (mm) (時)									
25.4 1	1	0.15	0.05						
50.8 2	6.55	1	0.34	0.16					
76.2 3	19.00	2.95	1	0.47	0.268	0.165			
101.6 4		6.25	2.10	1	0.560	0.352	0.169		
127.0 5			3.79	1.78	1	0.625	0.300	0.169	0.100
152.4 6			6.85	2.85	1.60	1	0.480	0.270	0.170
203.2 8				6.00	3.25	2.10	1	0.560	0.350
228.6 9					5.90	3.10	1.77	1	0.630
254.0 10					9.40	5.90	2.80	1.6	1

(5) 鑽孔設備 鑽孔設備の主要なるものは、鑿岩機と送氣管と空気壓搾機である、其概略を例示すれば次表の如し、尙此外に錐、屈撓管、曲管、錐修理機等も必要である。

第 50 表 鑽孔設備一覧表

鑿岩機	氣筒の徑 (mm)	40.3 ($1\frac{1}{2}$) $\frac{5}{8}$)	50.8 (2")	63.5 ($2\frac{1}{2}$) $\frac{1}{2}$)	76.1 (3")	88.9 ($3\frac{1}{2}$) $\frac{1}{2}$)	127.0 (5")
	1 豊分の空気消費量 (每分 m ³)	1.00	1.78	2.44	3.23	3.71	5.38
	使用壓力 (kg/cm ²) の量を大氣圧に換算	5.62					
	取付臺數	3	6	3	3	3	3

機	同時運轉臺數	2.6	4.8	2.6	2.6	2.6	2.6
	所要空氣總量 (每分 m ³)	2.6	8.4	6.34	8.40	9.64	14.0
送	内 径 (mm)	50(2")	$89(3\frac{1}{2})$	76(3")	$89(3\frac{1}{2})$	$89(3\frac{1}{2})$	102(4")
氣	延長(但辦、曲管等の換算長を含むm)	1,000	1,000	1,000	1,000	2,400	2,000
壓	管 重 量 (tg.)	5.31	10.09	8.79	10.09	24.22	24.36
空	型 式 (往復啓子型)	14.0 × 12.7	25.4 × 20.3	22.9 × 20.3	27.9 × 25.4	30.4 × 30.4	35.6 × 30.4
氣	氣 管 (直徑 × 衝程, cm)	7.03	7.03	7.03	7.03	8.44	7.03
壓	空氣 溶出量 (kg/cm ²)	3.11	8.78	7.50	9.03	10.67	14.53
排	大氣壓力に換算量 (每分 m ³)	26	82	55	55	70	100
機	所要實馬力	2.5 × 1.4	3.6 × 1.8	3.5 × 1.8	2.3 × 0.9	2.7 × 1.2	2.7 × 1.2
	機體寸法 (長 × 幅 × 高, m)	× 1.5	× 2.1	× 2.0	× 1.0	× 1.2	× 1.2
	全重量 tg	1.67	4.38	3.65	0.75	1.12	1.12
購入價格概略	鑿岩機(圓)	300 × 3	500 × 3	700 × 3	900 × 3	1,100 × 3	1,500 × 3
	空氣壓搾機(圓)	4,000	11,000	8,500	4,000	5,000	6,000
	送氣管(圓)	690	1,311	1,142	1,311	3,149	3,168
	計(圓)	5,590	14,811	11,742	8,011	11,449	13,668

§ 52. 爆破薬

工事用に使用する爆破薬には、普通硝石と稱し直接點火して爆發する黒色火薬と、ダイマナイトの如き間接點火で爆發し、火薬より威力甚大なる高級爆薬との二種類ある。

(1) 黒色火薬 は製造極めて簡単で木炭、硫黄、硝石を重量で 15:15:70 の割合に夫々微細な粉末にして混和したるものである、重さは水と略同一、發火點 2,000°C 以上、火を點するか又は 260°C ~ 280°C に熱すれば爆發する、粒状にすると爆發が遲鈍となるから其粒の大きさで爆破の速度を加減する。

黒色火薬に似たもので鹽酸加里、満倅、青酸加里等を使用したものもあるが、効力、取扱便利等の點から黒色火薬が最も多く用ひられて居る。黒色火薬は保存取扱に危険は少ないが、水中で爆破しない、濕つて居つても發

火が悪いから水中で使用するためには完全な防水包装を必要とする、爆發した場合の容積の膨脹率は原容積の 300 倍位であると云はれて居る。

(2) 高級爆薬 効果に於て黒色火薬と異なる點は威力の大なること、水中でも使用差支へないことである。

高級爆薬は製造所に依つて種々の名稱のものがあるが、ナイトロ・グリセリンを主成分とするものが最も多い。

ナイトロ・グリセリンは淡黃色透明無臭の油で幾分甘味がある、比重 1.6, 10°C 以下で固結する、水には殆んど溶解しないが、アルコールには容易に溶解して爆發性を失ふ、極く少量ならば點火しても穏やかに燃焼して爆發しない、多量であると 160°C 位の溫度に昇ると、最初褐色の蒸氣を發して暫くすると爆發する、強い衝撃を與へると直ちに爆發を起す、1 kg の爆發で約 700 立の瓦斯と 1,560 カロリー 3,000°C 以上の熱度を發生し、其反應速度は 1 秒時約 1,600 m であるといふ。

完全に爆發をさせるためには、點火と同時に強衝撃を與へる必要があるから雷管を使用する、夫故間接點火の爆薬といふのである、然し多量であると燃焼中に周囲のものが 160°C 以上の高熱となつて爆發るのである。

ナイトロ・グリセリンは普通液體であつて取扱い困難であるから、之を珪土に練込んで製出したものがダイナマイト No. 1 である、紅褐色を帶びた油土の様に見えるもので、實質は重量でナイトログリセリン 75 硅土 25 の割合になつて居る、普通の商品 1 本の大さは最小直徑 19 mm、長 51 mm 最大直徑 38 mm、長 150 mm を範囲で紙包となつて大小取混ぜ 35 ~ 36 本を一つの紙箱に入れ、其紙箱 10 個を木箱 (0.28 × 0.30 × 0.76m) に納めてある。

プラスチング・ゼラチンはナイトロ・グリセリン 92% 餘綿火薬 7% 餘よりなる黃色琥珀色の様な形狀のもので、紙包にしてある安全爆薬と稱するものがある、之は硝酸アンモニヤを含有して居るため爆發する時の溫度が低い、其ために引火瓦斯のある坑内等で使用する。

我國の爆發火薬製造所は宇治、板橋、王子、目黒、山口縣厚狭等である、其の

種類	名稱	雷管	製造薬包所	長薬包徑 (mm)	長薬包數 (num)	使用量 (g)	主成分	分量		摘要
								六號	七號	
爆質ダイ	松竹櫻	Gelatin dynamite	岩鼻	75~83	19~28.6	45~100	ナイトロ・グリセリン 92.5 糊火薬 7.5	ナイトロ・グリセリン 92.5 糊火薬 7.5	松印は淡黃色、半透明、軟性質、牛乳状の糊火薬で、竹印は松印より破壊性より弱い。竹印は松印より破壊性より弱い。	
		Gelinite	"	75	19.0	45	ナイトロ・グリセリン 60.0 糊火薬 4.0	ナイトロ・グリセリン 60.0 糊火薬 4.0	竹印は松印より破壊性より弱い。	
微質ダイ	梅	Santonite	"	50~75	19~31.8	45~100	ナイトロ・グリセリン 58.0 糊火薬 4.0	ナイトロ・グリセリン 58.0 糊火薬 4.0	糊印は松印より破壊性より弱い。	
	梅(安全)	Carbonite	"	75	19.0	45	ナイトロ・グリセリン 14.0 糊火薬 7.0	ナイトロ・グリセリン 14.0 糊火薬 7.0	糊印は竹印より破壊性より弱い。	
	楓	Grisonite	"	55	22.0	25	ナイトロ・グリセリン 30.0 糊火薬 30.0	ナイトロ・グリセリン 30.0 糊火薬 30.0	糊印は竹印より破壊性より弱い。	
硅藻ダイ	硅藻土	Dynamite No. 1.	"	90	19.0	45.5	ナイトロ・グリセリン 44.0 糊火薬 5.0	ナイトロ・グリセリン 44.0 糊火薬 5.0	糊印は竹印より破壊性より弱い。	
	硅藻土(糊)	Low grade dy.	"	55	19~22.0	40	ナイトロ・グリセリン 2.0 糊火薬 2.0	ナイトロ・グリセリン 2.0 糊火薬 2.0	糊印は竹印より破壊性より弱い。	
硅質ダイ	不凍	Nonfreezing dy.	"	75~83	19~28.6	45~100	ナイトロ・グリセリン 15.5 糊火薬 8.0	ナイトロ・グリセリン 15.5 糊火薬 8.0	糊印は白色、軟質、火薬の約二倍の水性なし。	
	不凍(糊)	"	"	48~75	19~31.8	45~100	ナイトロ・グリセリン 21.0 糊火薬 2.5	ナイトロ・グリセリン 21.0 糊火薬 2.5	糊印は白色、脆質、耐水性なし。	
不ダイ	1號	Potentite	"	90~100	20~27.0	25~50	ナイトロ・グリセリン 69.0 糊火薬 10.0	ナイトロ・グリセリン 69.0 糊火薬 10.0	糊印は白色、脆質、耐水性なし。	
	2號	"	"	90~100	20~27.0	25~50	ナイトロ・グリセリン 52.0 糊火薬 10.0	ナイトロ・グリセリン 52.0 糊火薬 10.0	糊印は淡紅色、耐水性なし。	
鰐飼	1號	"	"	90~100	20~27.0	25~50	ナイトロ・グリセリン 7.0 糊火薬 1.5	ナイトロ・グリセリン 7.0 糊火薬 1.5	糊印は淡紅色、耐水性なし。	
	2號	Ammunite	"	85	21.0	25	ナイトロ・グリセリン 70.0 糊火薬 7.0	ナイトロ・グリセリン 70.0 糊火薬 7.0	糊印は淡紅色、耐水性なし。	
砂爆	1號	"	"	85	21.0	25	ナイトロ・グリセリン 88.0 糊火薬 12.0	ナイトロ・グリセリン 88.0 糊火薬 12.0	糊印は淡黃色、耐水性なし。	
	2號	Round bi sting powder	"	"	"	"	糊石 70.0 糊火薬 15.0	糊石 70.0 糊火薬 15.0	糊印は淡黃色、耐水性なし。	

發賣して居るものゝ性能は前表の通りである。

以上その他日本カーリット株式會社製のカーリット爆發藥あり、カーリットは過鹽素酸アンモニアを主剤とする無機鹽類粉末状調合藥である、其の特色はダイナマイトより發火點低く(295°C)衝擊に對し鈍感にして取扱上危險性なく、且保存中自然分解に依り爆發威力を減殺することなく、又自然爆發の危險性なし、而かも爆發威力はダイナマイトより優り、黑色火薬の四倍に達し、價格も低廉なるため近時岩石、粘土盤切取等の大小爆破工事に應用せらる、但し湧水甚しき場所にては完全なる防水包裝を要す、爆速はダイナマイトより遅いから發破後の岩片はダイナマイトの場合より大であるから採石工事に於て大きな石を探る場合の使用に適す、普通の製品は角型は 22 梱正立方、11.25 kg と之を半分に割つた大きさのものとあり、圓筒型のものは徑 50 mm 長 217 mm 450 g 入より最小は徑 20 mm、長 114 mm、37.5 g 入の範圍で種々ある。

§ 53. 導火線(Fuze) 及雷管(Detonator)

(1) 導火線 には普通點火用と電氣導火用とあり、又普通點火用には陸上(乾いた所)用と水中用とある。

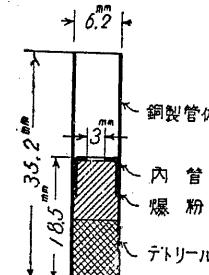
普通點火用の導火線は黑色火薬の細粒を麻糸で二重に巻き、表面をベンキ又はコールターで塗つたもので、水氣のある處に使用するものは、其の上を布で巻き塗料を施し防水包裝を完全にする、水中に長時間浸して使用するものは細い鉛管の中に火薬を入れて其の周囲を綿布で巻いたものを使用する。

普通の導火線は直徑 $4\frac{3}{4} \sim 6\frac{1}{3}$ mm 長 7 m 以上一巻となつて居る、電氣導火用のものは電氣雷管の場合に説明する。

導火線の燃焼速度は普通のものは 1 m につき 120 秒乃至 140 秒であるが、同時爆發用として使用するため綿火薬を使用して製したる爆索と稱するものは 1 秒時に 300 ~ 6,000 m も燃え進む。

(2) 雷管 普通工事用は直徑 6 mm、長 15 ~ 60 mm の丸形底付銅管に其の長さの 2 割乃至 5 割だけ雷汞 80% 鹽素酸加里 20% より成る爆粉を詰めたるものである、現今は此の外に補強剤としてテトリールを混じたものもある、雷

櫻印
16 號テトリール雷管

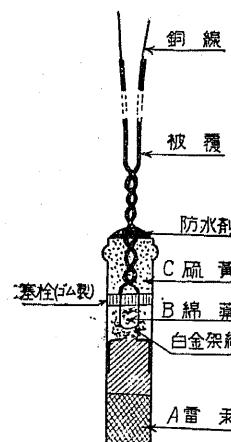


第 100 圖

(3) 電氣雷管

管の中は A に雷汞を、B に點火剤を入れて C に絶縁體が填めてある、(+)

鳥居印
6 號電氣雷管



第 101 圖

し得る、同時爆發の場合の電線の配線は第 103 圖に示す如くパラレルとセリースとの兩方法がある。電氣點火の都合よき事は點火が確實なること、水中でも差支へないこと、一定の時刻に同時爆發を行ひ得ること等であるが、費用は普通の點

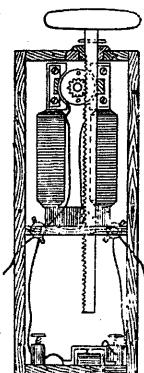
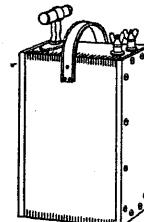
汞 ($Hg(CO_2)$) は徐々に 152°C、或は急に 200°C に熱するか、又は雷閃 (Spark) を通するか、又は撃擊するかに依り爆發する性質を有して居る、然し長時間 90°C 位に熱すると爆發性を消失する、普通の製品の大きさは、

雷管の番号	1	2	3	4	5	6	7	8	100 発入の 籠に納 め鳥居印 草花印が 普通品な り
雷汞の量(g)	0.30	0.40	0.54	0.65	0.80	1.00	1.50	2.00	
管の長さ(mm)	16	22	26	30	35	35	40	58	
管の直徑(mm)	5.5	5.5	5.5	5.5	6.0	6.0	6.0	6.0	
摘要	現今用 ひす ひす	現今用 ひす ひす	現今用 ひす ひす	現今用 ひす ひす	セラチン ダイナマ イトに使 用	セラチン ダイナマ イトに使 用	セラチン ダイナマ イトに使 用	硝酸銀 に使用	

電氣雷管は第 101 圖の如く雷管中に電線を挿入したもので

管の中は A に雷汞を、B に點火剤を入れて C に絶縁體が填めてある、(+)

兩線末端間の細き白金線 (弱電使用の場合) が白熱するか、又は雷閃が飛ぶ (強電使用の場合) ことに依つて點火剤が燃燒し、其の火に依つて雷管が破裂するのである、送電後一定時を経て爆發する様特別の仕掛けをしたものもある、又水中用として特製品もある。



第 102 圖

火の10倍位を要する。

此の外に電氣導火線
(デレフューズ又はタ
イム・フューズ)と稱

し圖の如く電氣的に特
種の導火線を點火する裝置のものもある、此の特種の
導火線の長さを長短加減して、任意に階段的に爆發さ
せることが出来る、日本導火線會社岩見澤作業所製造
のものは第104圖に示すもので、導火線の長さ120mm
(此の燃焼時間約14秒)を5,6段に切つて使へば2
秒の間に爆發することが出来る。

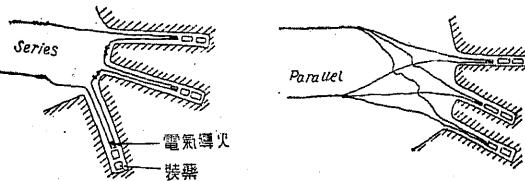
§ 54. 火薬及爆發藥使用法及取扱注意

火薬及爆發藥の使用並に取扱は経験家について實地
修得しないと不安であるが、其の要領を摘記すれば、

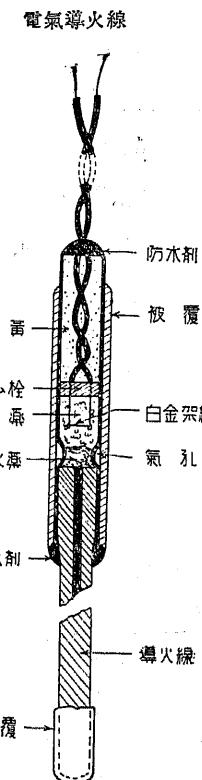
イ、黒色火薬を使用する場合は、鑽孔中に濕氣がない時は直接火薬を入れても差支へないが、幾分でも濕
氣ある時は防水裝を使用し、木棒を以て町寧に孔中に
押し込み、填装火薬の間に空隙のない様に密着せしめる、續いて適當長の導火線を確實に填装火薬中に植込
む、火薬を詰める深さは普通鑽孔の深の約 $\frac{1}{3}$ に達せしめ、残餘の孔には乾いた粘土粉、細砂等で填充して
なるべく孔中に空隙のない様にする、押し込む際に金
棒を以て烈しく叩くことは危険である、斯くして火薬

の装填が出来、周囲の取片付其の他の爆發用意が済んだ後、導火線に點火して安全な場所に避難して爆發を待つのである、水の湧出する處では餘程完全に防水しないと、不發事故を起すから耐水性ダイナマイトを使用する。

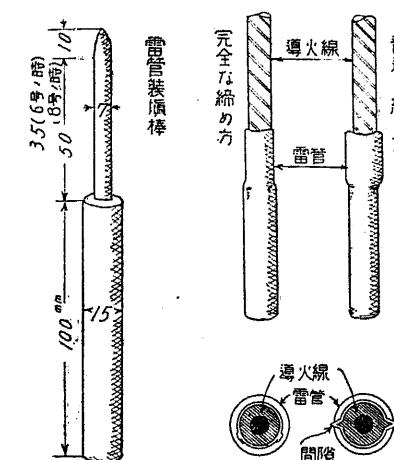
ロ、雷管を使用する場合は、先づ適當な長さの導火線の一端を直角に平滑に切



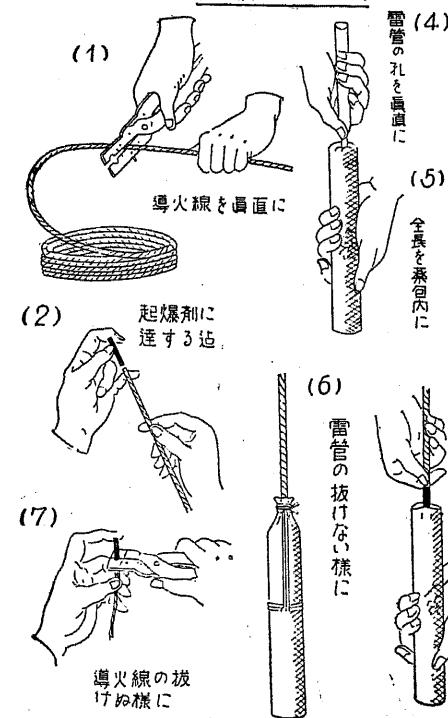
第 103 圖



第 104 圖



第 105 装備の仕方



第 106 圖

り、此の切口を徐々に雷管に挿込み、導火線が雷管から抜け出さぬ様にするため木製の鉄器で雷管周壁を導火線に壓着せしむ、此の取扱ひをする場合導火線が雷汞を壓迫し、又は鉄器が過つて雷汞の部分を挾壓すると爆發するから、充分注意して静かに處理するを要す。

水氣のある處では導火線と雷管との縫目から濕氣が侵入するから、粘着性の油脂を塗つて防水する。

斯くして作つた導火線付の雷管を小薬包(プライマー)に挿込み薬包の口を紐で縛る、此の場合雷管を挿込む孔は雷管と同大の木棒で穿ち置くを要す、決して雷管で直接穿つてはならぬ、又雷管挿込みの深い雷管と導火線との縫目が薬包内の爆薬の表面上に少し出て居る程度にする、此の縫目が爆薬に埋められて居ると雷管が爆發する迄の間に、導火線の火で爆薬が燃えて、爆發力が不完全となり有害瓦斯を生ずる、電氣雷管を使用する場合は此の憂ひがないことは勿論である。

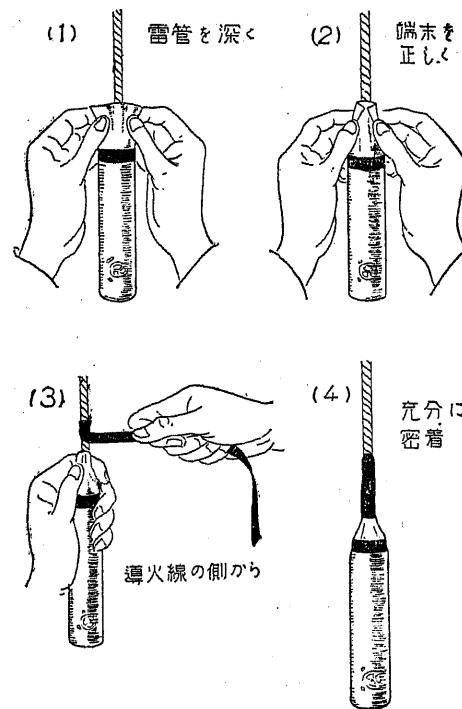
次に岩質形狀に應じ選擇した爆薬の適量を孔中に木棒で徐々に挿

込み、其の上に上述の雷管導火線を装置した小藥包を緩やかに挿入し（決して烈しく壓迫すべからず）、尙其の上の孔の空隙を水、砂、粘土等で填充す、然る後爆發用意が整備したことを慥かめて點火する、導火線の點火口は斜に切つて石油を少し塗つて居けば點火が容易である。

ハ、同時爆發を行ふ場合は、電氣點火が最も都合が良い、或は一本の導火線の終りに特殊點火装置 (Bickford Volley firer の如き) を附けて夫れから先きに爆索を使用する。

ニ、ダイナマイトは 6°C 以下で固結する、固結したものは

テープの捲方



第 107 圖

爆發力を失ふから適度の湯で温めた器に入れて柔かくする、柔かくなれば直ちに取出し餘り長く置いて過熱してはならぬ。

ホ、ダイナマイトは使用中でも日光に曝し、又は火熱を受ける所に置いては危険である、火薬の貯藏は温氣の籠らぬ注意が必要である、雷管と爆發薬とは適當な距離を置いて貯藏せぬと危険である、其他爆發物火薬類の運搬、貯藏設備其他取扱については取締法規があるから之に従ひ、場所及貯藏場所の所轄警察署について夫々手續を履まねばならぬ。

ヘ、火薬爆發薬に関する法令

爆發物取締罰則

明治 17 年 12 月

太政官布告 32 號

火薬類制・外買入の件

明治 32 年 5 月

内務省令 34 號

銃砲火薬類取締法

明治 43 年 4 月 法律 53 號

大正 6 年 7 月改正 法律 2 號

同上施行細則

明治 44 年 3 月 勅令 16 號

大正 3 年 10 月 内務省令 26 號

大正 6 年 10 月 勅令 134 號

大正 6 年 12 月 内務省令 16 號

銃砲火薬販賣の件

明治 44 年 3 月 内務省令 17 號

火薬類、運送及貯藏規則

明治 44 年 4 月 遷信省令 9 號

大正 5 年 7 月改正 遷信省令 40 號

火薬銃砲拂下規則

明治 44 年 4 月 陸軍省令 4 號

爆發物貯庫規則

明治 44 年 6 月 内務省令 44 號

銃砲火薬類、取締令

大正元年 8 月 勅令 3 號

火薬類鐵道運送規則

大正 4 年 10 月 内閣令 1 號

§ 55. 岩石爆破

(1) 爆破理論

實際の爆破の結果を豫め理論で推定することは困難である、實際の岩質、割目等は理論的計算の假定の如く簡単でないが、適當なる考察の下に行はれた計算と實際の結果とを對照して置くことは、次に行はるべき爆破計畫の参考となり、特に大規模の爆破を行ふ場合に火薬量と坑道の深さとを定めるために必要である。

第 108 圖

第 108 圖 $A C B$ を岩石表面とし D に爆薬が裝填してあるとすれば岩質が一様ならば、爆破の結果は噴火口の如く $A D B$ なる圓錐形の穴が出来る筈である、此場合は l は爆破に對し最小抵抗距離である、普通の場合は $\frac{m}{l} = 1 \sim 15$ 即 $\frac{S}{l} = 1.4 \sim 1.8$ である。

E を装薬の量、 C を装薬の種類に関する係數、 R を岩質に關する係數、 K を $C \times R$ とすれば、

$$E = C R l^3 = K l^5$$

C 及 R は實驗的に定めるべきものである、 E を $kg \cdot l$ を m で表はせばは K

は火薬の場合 0.3~4.0、ダイの場合 0.05~0.6 の範囲である。

一回の爆破に依り破壊される岩石の量 V は、

$$V = Ml^3 \quad M \text{ は係数で普通 } 0.3 \sim 1.0$$

AD 、 BD の破壊面の勾配は堅い脆い石程緩になる筈である、又實際の計算では最小抵抗距離 l は鑽孔爆破の場合は鑽孔深の $\frac{3}{4}$ 以下を採用した方が計算の成績が良い様である、 K 及 M は實地經驗に依つて定むべきである。

爆破の際に於ける爆薬の働きを分解して考ふれば、

1. 岩石を截断して弛めること。
2. 岩塊の Inertia に抵抗すること。
3. 岩石を加熱すること。
4. 周囲の大氣を振動すること。

の四つである、良好なる爆破成績を得るためにには、装薬の破壊力の大部分を 1 の目的に費さるゝ様に努めねばならぬ、必要以上に 2 の働きをした場合には岩石は飛散し、周圍に大振動を生じ勞多くして効少なき結果を招來する。

爆發に依つて抜き取られる岩石の圓錐形の斜面の面積、即 AD 及 BD の表面積は最小抵抗深 l の 2 乗に依つて變化し、抜き取られる岩石の立積は l の 3 乗に依つて變化するから、爆破に對する抵抗が抜取斜面積に比例するものとせば、爆發岩石の單位立積に對する火薬量は l の大なる程少くて済む譯である。

(2) 小發破 岩石爆破の方法に小發破と大發破との二種ある、前者は一般に隧道其他の岩石掘鑿に用ひられて居る方法で、一本若くは多數の鑽孔に直接装薬して爆發を行ふもので、後者は先づ小發破の方法で岩盤に深く装薬坑道を掘込み之に多量の装薬をして、一舉に大量の爆破を行ふものである、先づ小發破について注意すべき事項を列擧すれば、

イ、鑽孔の方向と最小抵抗線の方向と一致すると發破の効果が少い、爆發力の緩やかな黑色火薬に於ては特に結果が不良である。

ロ、平坦な表面を露はす岩盤を破壊する場合は其面に 45° の傾斜の鑽孔が効果最大である、垂直の孔の場合は孔の先端は爆發されずには残る。

ハ、鑽孔の位置は其爆破圏内の岩質はなるべく一様である様に選ぶが宜い、又岩石の形狀を利用すべく注意を要する。

ニ、割目ある岩石の鑽孔は裂目に直角の方向を可とす、装薬を割目の處に置くは良くない、割目の手前で鑽孔を止めて装薬すれば割目迄で爆破する、割目の間隔が遠ければ必ずしも直角に鑽孔する必要はない、割目を利用する様心掛けべきである。

ホ、連發爆發を行ふ場合にも各孔毎に、適當な働きをなさしむる様に配置するを要す、總べてを同時に爆發せしむるか、或は其内に順序を附けて一部分宛適當な瞬間時を置いて爆發せしむるかは各孔の位置、爆薬量等を考慮して決行すべきである。

ヘ、軟かき粘ぱりのある岩石には太き淺き錐孔を、硬き脆き岩石には細き深き孔を可とす。

ト、黒色火薬は爆發速度が遅いから岩石を大形に破壊し、高級火薬は細かく碎破する、又餘り裂目が多く且弛んで居る岩石に對しては、黒色火薬は爆發が遲鈍なため、爆發瓦斯が裂目から抜けで有効でないこともある。

チ、爆發薬の勢力は正確には分らないが、プラスチング・ゼラチン 1 kg は 670 ~ 770 米毎の爆發力があるとの説である、ダイナマイト No. 1 は其 67 %、安全ダイナマイト蘭印は其 50 %、黒色火薬は其 6 % 位である。

リ、岩石の強靱度は同種のものでも非常に差異があるが、代表的のもので比較すれば白雲岩 (Dolomite) 1.0、粘板岩 (Slate) 1.2、花崗岩 1.5、硅岩 (Quartzite) 1.9、玄武岩 (Basalt) 2.3 である、然し所要爆薬量は必ずしも強靱度と一致しない。

ヌ、小發破の所要爆薬量は岩質に依つて大邊に差異のあるものである、 $100 m^3$ の岩石爆破に對する黒色火薬の所要量は、19 ~ 380 kg である、火薬を多量に要する程の強靱な岩石の場合には高級火薬を使用するが經濟である、此場合ダイナマイト No. 1 を使用すれば $6 \sim 25 kg$ で済む、火薬使用量の $\frac{1}{6} \sim \frac{1}{15}$ である、プラスチング・ゼラチンを使用するならばダイナマイトの $\frac{2}{3}$ 位が適當である、

普通の場合ダイナマイトの價額は火薬の三倍以内である、カーリットはダイより幾分少量でよい。

ル、適當に設けられた鑽孔にダイナマイトを装填する場合には、其深さ $\frac{1}{3}$ ~ $\frac{1}{4}$ 位が普通であるが、實際の成績に依つて上述の事項を參照して査定すべきである。

(3) 小發破工費 岩質、作業の便否、鑿岩方法等に依つて場所毎に著しい變化があるから、一律に示すことは困難であるが費用の概略を窺知するため、次に露天に於ける小發破の費用を掲げる。

第 52 表 小發破工程及工費調(露天掘)

鑽孔方法	手錐鑽孔の場合			鑿岩機使用の場合		
	軟岩	中硬岩	硬石	軟岩	中硬岩	硬岩
鑽孔 1 本の平均深(m)	1.00	0.90	1.20	1.20	1.20	1.20
100m ³ 當平均鑽孔延長('')	110	200	300	70	110	150
鑿岩夫1人1日の工程('')	1.5	1.0	0.6	12.0	8.0	4.0
小 鑿岩夫 { (人) (圓)}	74 111	200 300	500 750	6.0 12.0	13 26	38 76
發 ダイナマイト { (kg) (櫻印) (圓)}	30 78	55 143	90 234	25 65	50 130	80 208
破 雷管(6號) { (發) (圓)}	110 2.2	230 4.6	340 6.8	60 1.2	90 1.8	130 2.6
導 火 { (m) (圓)}	110 3.30	230 6.9	340 10.2	60 1.8	90 2.7	130 3.9
百 小計 (圓)	(194.5)	(454.5)	(1001.0)	(80)	(160.5)	(290.5)
立 錐補給及修理(圓)	6.0	22.0	66	5.0	14	45
米 動力費(圓)	—	—	—	20	40	80
當 鑿岩設備費償却(圓)	—	—	—	27	54	81
(平均) 小計 (圓)	(6.0)	(22.0)	(66.0)	(52.0)	(108.0)	(206.0)
雜 費(圓)	9.5	20.5	30	8.0	16.5	28.5
合 計 (圓)	(210)	(497)	(1,097)	(140)	(285)	(525)
小 破壊岩石量(m ³)	0.900	0.500	0.330	1.500	1.100	0.700
鑿岩夫(圓)	1.010	1.348	2.250	0.206	0.312	0.608
ダイナマイト(圓)	0.710	0.639	0.700	1.112	1.560	1.664

發 破 一 發 當 (平均)	雷 導 小 錐補給及修理(圓)	管(圓) 火(圓) 計 (圓)	0.020 0.030 (1.770)	0.020 0.030 (2.037)	0.020 0.030 (3.000)	0.020 0.030 (1.368)	0.020 0.030 (1.922)	0.020 0.030 (2.322)
發 破 一 發 當 (平均)	動 力 費(圓)	—	—	—	—	—	0.343 0.462 0.137	0.480 0.648 0.198
發 破 一 發 當 (平均)	鑿岩設備費償却(圓)	—	—	—	—	—	0.360 0.650 0.228	0.640 0.650 0.228
發 破 一 發 當 (平均)	雜 費(圓)	0.086	0.093	0.090	0.137	0.137	0.198 0.236 0.416	0.228 0.228 0.400
發 破 一 發 當 (平均)	小 計 (圓)	0.141	0.193	0.288	1.028	1.494	1.878	
發 破 一 發 當 (平均)	合 計 (圓)	(1.911)	(2.230)	(3.289)	(2.396)	(3.416)		

備考 鑿岩機設備は電動力使用とし其費用は軟岩 3,000 圓、中硬岩 6,000 圓、硬岩 9,000 圓、一年の工程は何れも 4,500 m³ とす、償却費は利率年 1 割 3 年間均等年賦とす。

鑽孔用錐の購入價格並に消耗量及修理費

第 53 表

種別	價格(圓)		錐1本1日 の消耗量 長1mに付	1人1日中 の錐取換 本數	錐1本1回 分換入費	1人1日分 錐修理費
	1kg に付	長1mに付				
手錐 徑 16mm	0.40	0.50	5~15mm	7~15	0.01	0.07~0.15
" 19	0.40	0.60	5~15	7~15	0.01	0.07~0.15
鑿岩機用徑 19	0.70	1.50	5~15	15~30	0.02	0.30~0.60
" 22	0.80	2.40	5~10	20~40	0.03	0.60~1.20

以上は露天に於ける小發破なるも、隧道工事に於ては坑内作業困難のため勞銀の割増と能率の低下に依り、發破工費も著しく増加するものである、特に導坑掘鑿の如き人體を漸く入るゝに足る狭小の場所の作業に於ては其工費も 2 倍以上となる、導坑に次いで行ふ 2 番掘、3 番掘は操作次第に容易となり工費も減少する。

(4) 大發破 は坑道に多量の裝薬をなし一舉に數萬立方メートルの岩石を爆破するもので、其振動や破片の飛散が可なり廣い區域に及ぶ場合もあるから、之がため不慮の災害を惹起する虞のない、海岸又は山間で大量の岩石掘鑿に採用されるものである、本邦では小樽、青森、鹽釜等の築港工事用採石の目的で附近海岸絶壁の石山崩壊に採用され、又鐵道工事に於いても上越線、長門線、益田線、朝鮮咸鏡線等の工事に應用され、良好の成績を挙げ小發破より遙かに低廉な工費で所期の目的を達して居る。

岩質や節理の状態と爆破薬装填の具合で爆破後の岩片が大き過て、之を運搬處置するため小割を要する場合もある、此點は小發破より不利であるが、數度の経験に依つて適度の爆破を行ひ小割の手數を少くし得る、使用する薬品は黒色火薬又はカーリットの例が多く、何れの場合でも装薬及導火線の防湿處置を完全にすることが大切である、又二箇所以上連發する場合に後發爆薬への導火線が先發發破のため切斷される憂のない様にすることが大切である。

§ 56 黒色火薬を使用せる大發破

青森築港の採石工事に於ては主として、火薬を使用して居るから此實例について述べる。

イ、岩質及地形 石英粗面岩、節理多く比重 2.4、海岸に面せる懸崖。

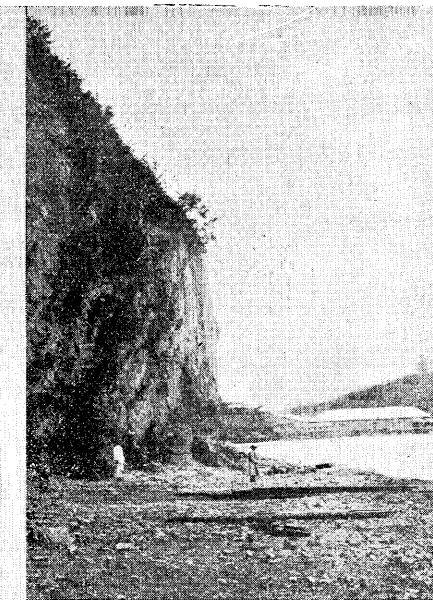
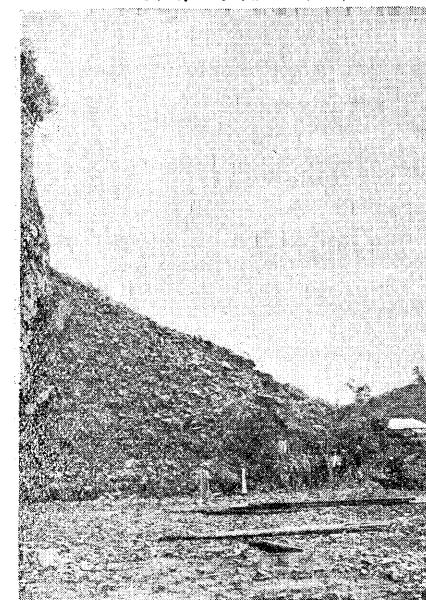
ロ、坑道 の位置は爆破装填の場所を中心として、周囲岩石の抵抗がなるべく均等なる様選定するを要す、方向は岩盤に向つて水平、或は湧水のある場合は $\frac{1}{20}$ 位の上り勾配とす、途中特に軟弱なる盤に逢着した場合は坑道を曲げて之

青森築港野内火薬假貯藏所



第 109 圖

野内第二坑道爆破後



第 110 圖

を避ける、坑道の形狀は高 1.1 m、幅 0.9 m 位の橢圓形とす、適當な深さに達したならば、右又は左に直角に約 30 m 屈折し、其終端に薬室を設く、其大きさは装薬の容積に従ひ火薬 100 kg に對し 0.11 m³ の木箱を据付け得る程度とす。

坑道掘鑿の方法は 15 ~ 45 cm 深の鑽孔を徑 16 mm 手錐を使用して穿ちダイナマイトを使用して小發破を行ひつゝ掘進せるものである、坑内作業用燈火としてはアセチリンランプを使用せり。

坑道長 1.0 m に要せし平均費用は、

名 称	數 量	金 額	摘要
櫻印ダイナマイト	1.71 kg	4.60圓	發破一發に付ダイナマイト平均 37.4 g 使用。
6 號雷管	45.6 箇	0.96	坑道長 1 m に付平均 45.6 發。
導火線	15.2 m	0.30	一發に對する爆破岩量 0.0175 m³
燈火用カーバイト		0.17	坑道掘進工程坑夫 1 人 1 日 正味約 5 時間労働
坑 夫	7.0 人	9.30	に付長 7.6 ~ 26.0 cm。
合 計		15.33	平均 14.25 cm なり。

ハ、装薬量 大發破1回の工費は普通1,000圓以上の多額を要するが、装薬量適度でないときは殆んど何等の効果を挙げないことがある。即薬量過少な場合は岩盤が単に龜裂を生ずるか、或は振動するだけで爆發瓦斯は岩石の空隙より逸出する、若し過多であると爆破岩石が飛散し過ぎる、或は抵抗薄弱な部分のみ爆破して、爆發力が周囲全體の岩石破壊の用をなさず、其効力範囲が一方に縮小される虞がある、尙又装薬箇所を中心として周囲の抵抗力が著しく不均等であると、瓦斯は最小抵抗線の附近に噴出し、効果のないことは前に述べた通りである。

本工事に於ては主として火薬を用ひ次の方法で装薬量を算出した。

$$E = K l^3$$

但し E は火薬量 (kg)、 l は最小抵抗線 (m)、 K は岩石の抵抗係数 K は現場岩盤の形状、岩質、及節理の状態に依つて 0.8 ~ 1.3 とす。

一般に2坑道又は3坑道を同時に爆發する場合は一坑道を單獨に行ふ場合より約1割を減じたり、又岩石は山の表面より中心に至るに従ひ、幾分堅硬となるから爆發1回を重ねる毎に約1割宛火薬を増加せり。

爆破箇所中に空隙を有する龜裂、又は粘土層の如き軟弱なものがあると、其位置方向に依つて爆破能率に著しい影響を及ぼす、即龜裂軟層が坑道に沿ふてある場合は爆發瓦斯は此弱線に沿ふて傳播するものゝ如く、弱線の側は必要上に爆破するも、其反対側に及ぼす威力は著しく減殺する、然し此弱線が最小抵抗線（坑道と一致す）の方向に直角であつたならば薬室の附近にあるものでも毫も効果に影響しない。

本工事の一部に於てダイナマイトを使用したる成績より推定するときは、此場所の如き岩質の場合は火薬の代りに其3~4割の分量のダイナマイトを使用するが適當と云ふことになる。

ニ、爆薬装填 坑道終端には装薬量に應じ適當な大きさの木箱を据置き、其周圍は空隙のない様に乾燥した土砂を填充する。

點火装置は萬全の策を探るため電氣點火法の外に豫備として導火線をも備へたり、電氣點火装置には起爆剤としてダイナマイト 23~4.6 kg の中に電氣雷管

2~3箇並に普通雷管 50~200 箇を挿入し之を結束して置く、電氣雷管に附屬せる銅線は長約 2 m なるも細いため損じ易いから、之を長約 30 cm に切縮め之に三層ゴム被覆銅線を接続し、其接手には充分にゴム・テープを巻きて漏電を防ぎ、之を坑外に導いたのである。

普通導火線の装置は 3~7 本の導火線を一束となし、防濕のため幅 12~15 cm の油線を五重六重位宛巻き、更に其上を麻糸にて捲締めたるものゝ一端に雷管を附しダイナマイトの 0.3~0.5 kg 塊中に挿入して結束したものである。

以上の準備整ひたる後装薬箱の内に防濕のため、油紙を隙目のない様に當て火薬を填充す、其方法は豫め坑外で坑内運搬容易なる様に適當の分量をメリケン粉空袋に納め人背に依り運搬せしむ 薬箱の周圍には爆薬装填の心得あるもの2~3人を配置し、運び來れる火薬袋を受取り薬箱の中心に前記點火装置を置く様に火薬を填充せしむ、之等の作業は過失なき様充分注意深く取扱ふは勿論、マツチの如き發火の虞あるものゝ携帶を嚴禁す、坑内燈火としては懷中電燈を使用せしむ、火薬の填充を終れば其上面に周壁と同様油紙を用ひ、木蓋を冠し其上部の空隙には乾燥せる土砂を填充密閉する。

點火用導火線及銅線は坑道の上隅に吊し、坑内滴水のある處を避け且埋戻し作業の邪魔にならぬ様にする、湧水の避け難き場所又は混擬土詰込等のため、湿润を免れざる場所に於ては導火線を竹筒の中に通して置くを可とす、電氣雷管は貯蔵久しきに亘りたるものは不發事故を生じ、止むを得ず豫備導火線を使用したる實例あり。

坑道填塞方法は、薬箱の接續部約 60 cm は粗石を叩擊に疊積し其空隙には乾燥せる土砂を填充す、續いて混擬土を打つには約 60 cm 位の間隔に粗石積仕切を施し、其奥に混擬土を押込みつゝ進行す、混擬土を填充すべき區間長は装薬量及坑内周圍の岩質に依り 1.5~4.5 m とせり、夫れより坑口に至る間は砂礫を密充す、之等の材料運搬は坑内に 1.5 m 内外の間隔に人夫を配置し小笠手送りにて、或は坑底の敷板上に運搬箱を滑らしめて行ふ。

ホ、爆發 は坑道埋戻作業を終りたる後 3~5 日を経て之を行ふ。但し填充混

194

番號	坑道延長	坑道最短	坑道抗線長	坑道掘鑿費	火薬量	火薬額	ダイナマイト数量	ダイナマイト額	雷管数量	雷管額	電氣管数量	電氣管額	導火線数量	導火線額	爆破品金額	合計金額	爆破品金額	爆破品當月額	爆破品當年額	
					m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	
4	8.85	—	157.51	239.25	306.24	45.00	170.40	45.00	—	—	75.76	1.75	24.51	660.42	660.42	660.42	1,388.0	1,388.0	1,388.0	
5	11.94	10.00	—	222.09	799.85	724.27	3.61	7.06	—	—	2.14	45.45	0.82	84.80	3,115.02	10,819.0	10,819.0	1,388.0	1,388.0	1,388.0
6	15.97	11.21	200.77	1,120.31	1,013.99	3.61	7.06	—	—	2.14	45.45	0.82	84.80	3,115.02	10,819.0	10,819.0	1,388.0	1,388.0	1,388.0	
10	12.48	9.09	—	600.25	543.21	3.61	7.06	—	—	2.14	45.45	0.82	84.80	3,115.02	10,819.0	10,819.0	1,388.0	1,388.0	1,388.0	
17	23.33	—	281.43	1,040.00	941.29	0.72	1.41	—	—	5.03	11.24	2.35	78.92	1,305.78	4,508.0	4,508.0	1,388.0	1,388.0	1,388.0	
16	13.94	9.39	175.09	—	—	—	315.00	616.14	60.0	0.94	2.14	30.30	0.55	35.57	828.45	5,986.0	1,044.6	5,986.0	1,044.6	5,986.0
8	12.85	9.70	162.39	—	—	—	247.50	836.19	100	1.57	2.14	36.36	0.66	30.30	1,031.26	6,474.0	1,016.6	6,474.0	1,016.6	6,474.0
8	11.82	9.18	233.00	—	360.01	325.83	2.25	4.40	—	—	2.14	30.30	0.55	21.52	1,267.40	5,019.0	1,025.6	5,019.0	1,025.6	5,019.0
11	12.73	8.48	170.29	—	—	—	247.50	484.11	100	1.57	2.14	30.30	0.55	25.27	1,267.40	5,019.0	1,025.6	5,019.0	1,025.6	5,019.0
7	12.27	7.58	261.03	—	360.01	325.83	2.25	4.40	30	0.47	2.14	30.30	0.55	21.43	1,267.40	5,019.0	1,025.6	5,019.0	1,025.6	5,019.0
14	12.73	9.09	170.09	760.24	684.93	2.25	4.40	30	0.47	2.14	45.45	0.82	84.80	2,214.82	13,283.0	1,166.8	13,283.0	1,166.8	13,283.0	
15	13.33	7.88	173.06	569.47	511.10	2.25	4.40	30	0.47	2.14	45.45	0.82	84.80	2,214.82	13,283.0	1,166.8	13,283.0	1,166.8	13,283.0	
12	11.82	8.79	170.12	—	—	—	292.50	575.48	200	3.15	2.14	42.42	0.77	62.92	2,135.45	7,814.0	2,077.6	7,814.0	2,077.6	7,814.0
13	12.73	9.09	180.32	—	—	—	292.50	579.07	200	3.15	2.14	42.42	0.77	62.92	2,135.45	7,814.0	2,077.6	7,814.0	2,077.6	7,814.0
18	11.82	7.27	156.60	440.01	396.54	2.25	4.45	50	0.78	2.14	48.48	0.88	84.80	2,214.82	13,283.0	1,166.8	13,283.0	1,166.8	13,283.0	
21	12.73	9.39	172.01	940.03	847.15	4.50	8.90	100	1.57	2.35	21.21	0.38	29.29	2,214.82	13,283.0	1,166.8	13,283.0	1,166.8	13,283.0	
22	13.85	8.48	186.39	700.01	630.85	4.50	8.90	100	1.57	2.35	21.21	0.38	23.03	2,628.20	19,979.0	1,137.5	19,979.0	1,137.5	19,979.0	
24	12.79	7.88	183.41	400.01	360.49	225.00	445.44	400	1.60	2.35	21.21	0.38	25.98	2,628.20	19,979.0	1,137.5	19,979.0	1,137.5	19,979.0	
25	14.64	9.09	152.54	960.03	865.17	2.25	4.45	197	3.10	8.140	36.36	0.66	25.00	1,021.65	7,814.0	1,137.7	7,814.0	1,137.7	7,814.0	
23	12.42	9.39	135.85	341.01	310.29	2.25	4.45	100	1.57	4.070	51.52	0.93	35.64	1,063.15	12,219.0	1,097.10	12,219.0	1,097.10	12,219.0	
19	10.70	6.67	10.64	204.01	144.15	4	3.39	12.26	212	3.34	5.03	60.61	1.10	89.11	1,751.86	4,322.0	1,118.3	4,322.0	1,118.3	4,322.0
26	13.85	8.48	186.39	700.01	630.85	4.50	8.90	100	1.57	2.35	21.21	0.38	25.98	2,628.20	19,979.0	1,137.5	19,979.0	1,137.5	19,979.0	
3	34.99	8.79	636.71	1,698.75	1,755.37	4.50	12.60	200	3.15	4.070	242.42	4.40	103.95	2,516.89	16,950.0	1,158.1	16,950.0	1,158.1	16,950.0	
27	15.00	10.61	287.95	1,125.00	1,162.50	4.50	12.51	120	1.89	2.35	90.91	1.65	70.46	1,537.31	13,824.0	1,111.10	13,824.0	1,111.10	13,824.0	
2	17.42	10.61	204.60	990.00	1,023.00	135.00	378.00	410	6.46	4.070	106.06	1.92	54.12	1,668.81	14,065.0	1,121.11	14,065.0	1,121.11	14,065.0	
計	204.85	5,354.19	4,485.50	14,674.29	20,034.18	4,202.51	2,739	43,1664	8,031	3,885.46	25.86	928.44	23,236.51	158,850.0	1,015.0	158,850.0	1,015.0	158,850.0	1,015.0	158,850.0
	14.27	8.18	214.16	615.90	586.97	81.37	168.10	110	1.72	3.32	55.45	1.03	37.13	1,099.46	6,335.0	1,016.0	6,335.0	1,016.0	6,335.0	

参考 1. 天然資源に要したる費用は以上記載の外装薬及坑道埋戻等の爲め一坑道に付20～30個の労力費を要したり

2. 合計欄に於て二坑道或は三坑道を合算せるは同時に爆發せしものなり

3. 本表に示す岩石量は爆破前の地山の容積にて示す

第六節 岩石掘鑿工

凝土の硬化のためには相當の日數を必要とするも、一面日數を経る程裝薬湿润の心配があるから、天候、氣節、坑道の状態等を考慮して混凝土の填充長及爆發時機を定めねばならぬ。

爆發方法は各電氣雷管を直列に繋合したる銅線を安全なる位置に延長し、爆發用起電機に取付け、之に依り送電點火するのである。

萬一如何にするも點火しない時は導火線に點火する、若し之が再び失敗に終つた場合は危険を冒して、坑道填塞物を取除かねばならぬから、點火装置は充分注意を要する。

爆發の状態は薬室の位置、装薬量、填充方法等が適當で岩盤の抵抗も一様であると穂やかなる爆音と共に、爆破岩盤を持上げ須臾にして崩壊し、續いて白煙を漲溢し、頗る壯觀を呈す、反之爆音激烈岩片飛散し黒煙噴出するものは結果不良で危險を伴ふものである。

本工事の爆破成績を示せば前表の如し。

§ 57. カーリットを使用せる大發破

坑道掘鑿、爆薬装填、導火起爆方法は大體黒色火薬使用の場合と同様なり、實例について其要領を示せば、

第 55 表

施工場所	鹽釜築港 左浦山	同上 韭森	上越線 荒川附近	同上	島根縣 益田線	羽前鐵道 線中部	同上南部	同上北部	長門線
岩石の種類	硬質 土丹岩	硬質 安山岩	コンクリート	粘土及 粘土礫	花崗岩	白色硬コ ンクリート	石英班岩	硬玄武岩	中硬岩
坑道延長(m)	41.8	21.3	21.0	10.6	35.5	85.0	77.0	35.0	55
裝填藥室數	4	2	4	2	4	10	8	3	4
最小抵抗線長 (m)	8.2~10.0	12.1	4.6~6.0	6.0	5.5~9.6	4.5~8.5	6.7~13.6	6.3~10.0	7.6~11.8
藥包の種類	中角型	大角型	大角型	大角型	大角型 1,460	大角型 1,960	大小角型 3,050	大小角型 863	大小角型 1,330
同上使用量(kg)	915	600	180	90					
起爆方法	電氣雷管	電氣雷管	電氣雷管及導火線	電氣雷管及導火線	導火線	導火線	導火線	導火線	導火線
爆破岩石量(m ³)	21,000	12,000	3,500	4,000	10,800	30,000	24,000	11,400	21,300
1m ³ 當爆藥量(g)	43.5	50.0	51.5	22.5	135.0	65.1	127.0	76.0	62.4
同上	坑道費(圓)							770.9	599.3
爆藥費(圓)								1,424.5	2,201.9

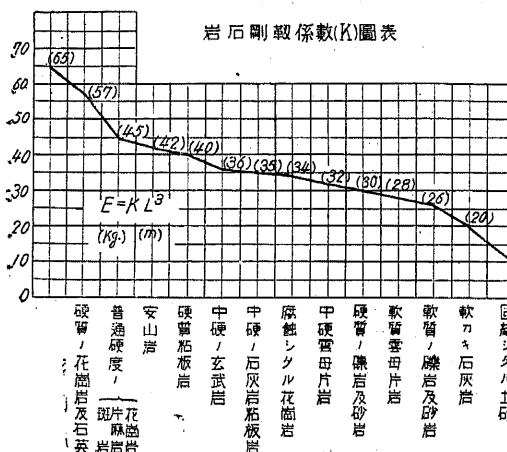
工費	導火(圓)				140.5	232.5
	其他(圓)				2,335.9	3,033.7
同上	1m ³ 當(圓)				0.204	0.142

カーリット發破の施工上についての注意を擧ぐれば、

1、装薬量 は實地小規模の發破を試みて $E = Kl^3$ 式中の K の値の見當を附けるが上分別であるが、大發破工費の 6~7 割は爆薬の價であるから、此工法の經濟的價値を定め此工法の採否を討究するために、先づ以て大差のない豫想をすることが必要である、第 111 圖は此目的のために鐵道工事の經驗に依つて作られたものである、切取現場地盤の縦横斷面形狀、岩質、割目等と、又點火方法等を既往の實例と比較考察の要あることは勿論である。

購入爆薬の包裝は藥室への詰込の都合上角型大包 2 箱に對し同小包 1 箱を交ぜて用意するが便利である。

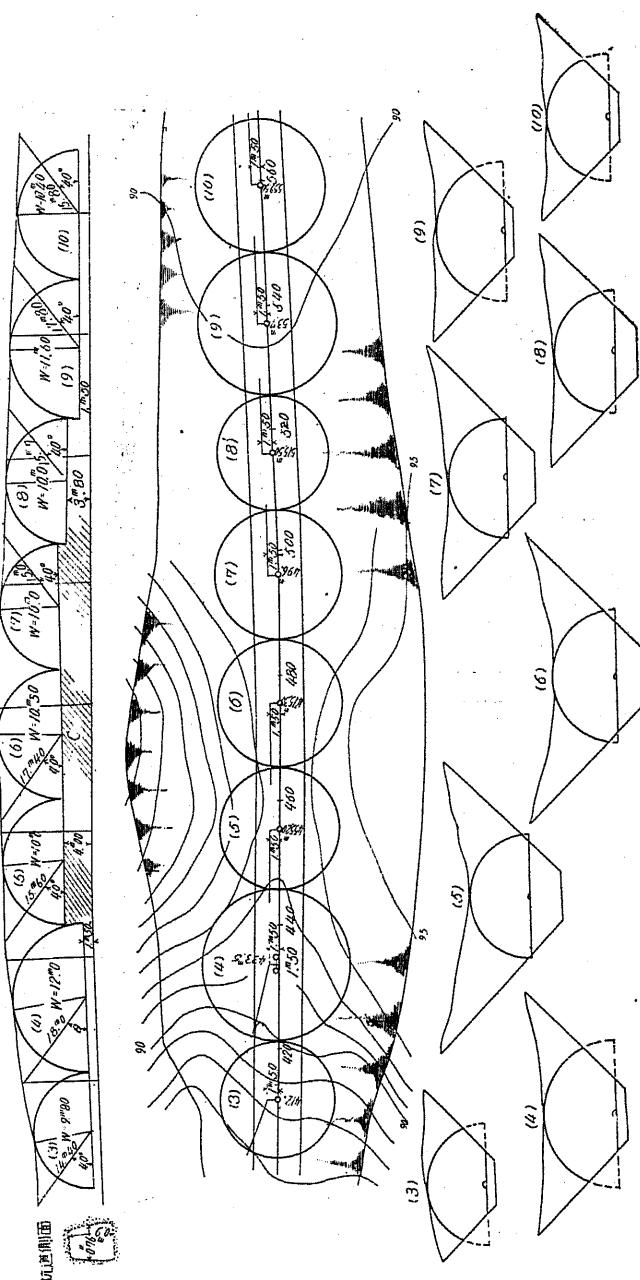
口、藥室 の位置は其四周の抵抗が平衡する場所、即岩質が一様ならば藥室より地表迄等距離なるを理想とするが、實際は左様に注文通りの地形



第 111 圖

はないから、なるべく此理想に近い設計にすることに努める、隣の藥室との間隔は兩室の最小抵抗線距 l の和だけとする、軟質の岩石ならば此 l の和の $\frac{3}{2}$ 位迄は許し得る場合もある、兩切取箇所の大發破計畫の一例を第 112 圖に示す。

八、坑道 は藥室に達し易く、且填充し易き様位置方向を定むべきである、多數の藥室を設ける場合には各藥室に向つて $40^\circ \sim 50^\circ$ の斜坑とすれば、連續坑よりも掘鑿容易に且裝薬後の填充が便利である、但し湧水のある場合は排水勾配を



第 112 圖

附けて掘鑿の要あるは勿論なり、大さは高さ約1mあれば薬室への交通に差支へを生じない。

二、装薬 は温氣のある場合は之が防禦を完全にすることは、火薬の場合と同様に大切である、先づ薬室の床を均して木製の臺板を並べ、之に薬包を規則正しく一段積み、各薬包を2cm位切り抜いて導火線を埋込み、次に二段三段と前同様に導火線を搦め付けて、埋込みつい重ね合せ所要薬量の一塊を形成する、導火線の一端は坑口に導き點火に備へるのである、若し連續坑である場合は各薬室から出る導火線を一本の幹線に接続する。

導火線は急速燃焼の爆索を使用する其接合は支線の一端を20cm位裂いて幹線を裸かにし、搦め付け電氣用ゴム・テープで捲付け其上を麻糸で縛縛する、接合箇所は断線の虞があるから豫備複線を用意するを可とす、爆索への點火の口火として2~3mの緩燃導火索を使用する、其接合は雷管を中心蔵して居る兩口管の兩口に、導火索と爆索とを雷管に接する様、柔らかに挿込み絲で括つて置く、坑外の爆線は燃焼の際に甚しく振動して接合部が切斷する例が少くないから、特に8番線で造つた添金物を針金で括つて置く必要がある。

坑道の填塞は坑道掘鑿の石屑のなるべく乾燥したものを使用する、此際導火線を切斷しない様に薬の類で覆つて保護し丁寧に石屑を填充する。

ホ、點火 点火前に危険區域内を警戒する、此區域は適量の装薬であるならば約300m位である、夫れ以上は空氣の振動で硝子の割れる様なことはない、點火をした者は自ら安全地帯を避ける、連發又は齊發の場合は完全に凡てが爆發したか否かを注意して、若し不發があつた場合は約15分間を経過してから其原因を調査し対策を講ずべきである、爆發後直ちに現場に接近することは危険である。

§ 58. 岩石掘鑿工事

道路、鐵道等の工事に於ける岩石掘鑿土工の普通土工と異なる點は、其破碎に發破作業を要する點であつて其他の要領は大差はない。

岩盤斜面の片切 適當な高さの法面の下方より始め、なるべく岩石の節理や岩

形を利用して前項述べた處の發破を行ふ、節理割目の弛みたるものは鶴嘴、金挺等を割目に挿込み刎落し、又は矢と稱する鐵製楔を割目に打込んで割落す、裂層の甚しい岩盤であると下部掘鑿の進むに従つて、自重に依り崩落することもある、特に湧水裂層に粘土の薄層あるものは、之を滑材として滑出する例が少くない、之等の方法に依り崩し得る岩石が盡きたる時は、再び岩盤に發破を行ふ、崩落したる岩片が大き過ぎて取扱ひ得られない場合は、再び小割發破をかけ人肩、手車土運車等に依り搬出するものである。

運搬線路は崩落岩石のため屢々埋没、又は破損の事故を生じ易いから、積込作業に差支へない限り、なるべく掘鑿法面より離れたる處に敷設するを可とす、掘鑿區域廣き現場に於ては、破壊作業區域と積込運搬作業區域とを區分し、破壊と運搬との兩作業を交互に行ふが得策である、此種の作業は崩落岩石のため死傷事故を生じ易いから、現場責任者は特に監視を怠らず凡て其統制に依り、規律正しく作業を遂行せしむることが肝要である。

岩盤の兩切工事 (梯形斷面に兩側切取工事) は作業最も不便である、土量多く掘鑿深の大なる兩切土工は、鐵道道路等の開鑿工事中の難所と稱へられるもので、多くの場合此土工の成工が全體の工事の竣工時期を左右して居る、此種の土工に大發破を利用し、掘鑿斷面の大部分を之に依つて破碎して置いて、其後は専ら小割發破と運搬とを行ひ、工期を著しく短縮し且工費も餘程安く出來た例が少くない。

(1) 小發破に依る岩石掘鑿工事費 を區分して考へれば、岩石を破壊するための小發破費、元來の割目や發破のため弛んでは居るが、未だ落て來ない岩石を人力で崩し落す作業の費用、崩落した岩石片の内で過大なものを運搬に差支へないだけの大きさに小割する費用、崩落岩石を所定の場所迄運搬處理する費用の四項目になる、之等の費用は各工事の現場の状態に依つて、著しく相違するものであるから實狀調査に依つて適當に參酌すべきである、然し實際は多くの場合表面草木で掩はれた地盤中の岩層の状態を詳にすることは極めて困難である、主として地形や附近に露出して居る類似の地質に依つて推定するのであるから、實際にて

掘鑿して見ると豫想と幾分の差を生ずることもある、従つて岩石掘鑿工事費の豫算は大事を探るならば、幾分の餘裕を見込む必要が起るのである。

工事費を見積る場合に於て、特に注意すべき事項は現場の足掛けの便否、岩石の割目の多少、及其方向性質掘鑿岩屑處理の便否、湧出水の有無、附近に人家、道路其他發破作業を制限するものゝ有無、岩盤の表面及内部に錯綜する土層及軟盤の有無及其程度等である。

上述の考察に依つて全體の土量の内假りに § 55 の(3)に述べた程度の軟岩 60%、中硬岩が 30%、硬土 10%、岩石の内發破に依らず崩落せしめ得る量が、軟岩は $\frac{1}{2}$ 中硬岩は $\frac{1}{3}$ と見込み得るならば、其掘鑿費は手錐使用として次の通りになる。

第 56 表 岩石掘鑿工事費 (100 m³ 當小發破)

名 称	単位	員 数	單 価	金 額	摘要
ダイナマイト	kg	21	2.60	54.60	軟岩30m ³ 分9kg、中硬岩20m ³ 分11kg
雷 管(6號)	發	100	0.02	2.00	小割發破用 1 kg 計 21 kg
導 火	m	100	0.03	3.00	軟岩33發、中硬岩46發、其他21發
小 計				(59.60)	合計 100 発
鑿 岩 夫	人	66	1.50	99.00	軟岩22人、中硬岩40人、其他4人
工 夫	〃	30	1.20	36.00	合計 66 人
人 夫	〃	30	1.00	30.00	岩石及硬土搬落し50m ³ 分、1m ³ に付 0.6人掛り
小 計				(165.00)	
雜 費				22.40	岩屑土石運搬1m ³ に付0.3人掛りとす
小 計				(22.40)	手錐修理雜材料及雜給以上工費の約 1割
合 計				247.00	

(2) 大發破に依る岩石掘鑿工事費
大發破の場合の工事費を示せば

大發破費	100 m ³ に付	14.00 ~ 30.00
小割費	〃	12.00 ~ 100.00
運搬費	〃	30.00 ~ 70.00
雜費	〃	6.00 ~ 20.00
合計		62.00 ~ 220.00

§ 59. 水中岩石掘鑿

水中の岩石掘鑿は河川、用悪水路、船舶航路等に當つて障礙となれる岩礁の除却、又は橋脚橋臺其の他水中建築物の基礎岩盤への根入等のため、必要を生ずるものである。

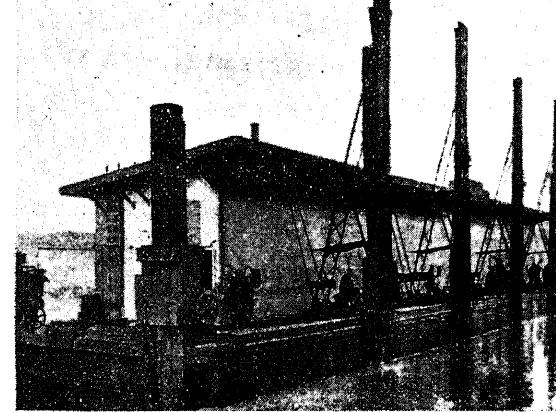
掘鑿に當つては先づ破碎して然る後取除くのであるが、破碎の方法は陸上と同様發破法に依るものと碎岩船の鐵錐突撃に依るものとあり、取除は普通プリストマン又はデツパー浚渫船を使用し、橋脚根据等の如き狹小區域の場合は潜水夫を使用して、岩塊を運搬容器に入れる必要を生ずる場合もある。

水中發破法は多額の工費を要するから、碎岩船の使用も水替作業も困難な事情の場合に於て止むを得ず行ふを普通とす、碎岩船は主として港灣泊地、航路の淺處又は岩礁の浚渫に使用されて居る、勿論此の場合でも岩石堅緻で鐵錐の突撃破碎困難な場所は水中發破法に依るの外はない。

§ 60. 水中發破

陸上發破と異なる點は鑽孔の困難なこと、爆薬導火共に耐水工法を採らねばならぬことである、然し一面に於て水層は爆破力の散逸を防ぎ、且爆破の際破片飛散の緩和に對して幾分の効力がある。

鑽孔は船又は杭打足場上に設けたる樁に、鑽岩機を取付けて行ふか、若くは特殊の鑽岩船 (Drill boat) を使用する。



第 113 圖

裝薬は水中に於て潛水夫をして作業させるのであるから、耐水性のダイナマイトを使用するか、又は完全な防水罐入爆薬を使用し、導火線は耐水安全爆索を採用し、夫れ等の取付部は堅い疊付油、ゴ

ムテープ等を充分防水をして完全に雷管や薬包に括結して置く必要がある、電気雷管を使用するときは導電線は防水ゴム被覆線を使用する。

水深 5 m 以上の水底に横はる岩石、混凝土壁にして其の上面が平滑堅緻でなく凹凸割目のある場合は、其の實體の凹所、横側、下側、割目等に装薬して相當に爆破成績を挙げた實例もある。

(1) 碎岩船使用水中爆破 碎岩船は作業中其の位置を固定する必要があるから、船體の各隅にスパッドを有し、之れに取付けてあるラツクに噛合ふ小齒車の運轉に依つて船體を抑揚せしめ得、鑿岩機は陸上に用ふるものと構造同一で移搬式櫓に取付けられてある、尙船側に沿ふて移搬し得る垂直導溝を備へ、錐は其の導溝に沿ふて昇降し得るものもある、水流の烈しい處又は水位變化の頻繁な處では鑿岩機を取付ける櫓の代りに、岩石の盤に直接定置し得る鐵柱を使用する場合もある、此の鐵柱は臺船の抑揚と移動との影響を或程度迄は免れ得る構造としてあつて、鑿岩機と錐は此の鐵柱と共に移動する仕掛となつて居るから、岬子は少々船が動搖しても差支へなく運轉し得るのである。

此の種の完備した鑿岩船を使用する水中鑽孔の工程は、水上が穏やかであれば陸上の場合に比し、著しく劣るものではないが、其の作業費は船體を操縦するために費用が嵩んで来る、我國では未だ實例がないから米國バツフアロー港浚渫の一例を挙げれば、

岩質及水深	軟岩、水深約 5 m
鑽孔 1 箇所平均深	1.0 m
操業 10 時間の鑽孔延長	70 m
操業 1 日の碎岩量	200 m ³
1 箇所碎岩量	平均 4,000 m ³
1 箇月分乗組員賃給料(船長、鑿岩夫 4 人、同助手 4 人、火夫 1 人)	2,000 圓
機械工 1 人、鍛冶職 1 人、同助手 1 人、爆薬掛 1 人、同助手 1 人、附方 1 人、計 16 人)	
1 m ³ 當ダイナマイト費	0.51 圓
1 m ³ 當鑽孔及爆破費	1.11 圓
1 m ³ 當利子及原價償却(設備費 80,000 圓に對し毎月 3 % とす)	0.60 圓
1 m ³ 當以上工費合計	2.22 圓

(2) 障碍物除却水中爆破

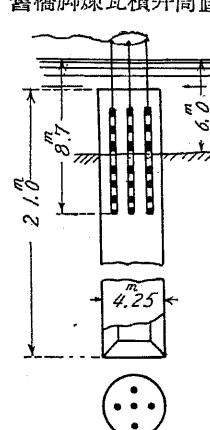
東京市吾妻橋爆破の實例について説明せん、同橋架換のため作らるべき新橋脚が在來橋脚の位置に當るため、之れを水中深く除却し新橋脚築造の壓搾空氣潛函を据付けて、沈井工事を進める目的のため行はれたものである。

舊橋脚煉瓦積井筒直徑 4.25 m 長約 21 m 中側混凝土詰のものに第 114 圖の如く縦孔(直徑約 50 mm、深約 8.7 m) 5 箇所を穿ち、徑 13 mm の丸鋼棒に下端より 1 m 每に防水罐入カーリット爆薬(徑 32 mm、長 240 mm 200 g 入、徑 32 mm 長 360 mm 300 g 入、徑 32 mm 長 480 mm 400 g 入の三種を抵抗に應じ適當に配置す)を括結し、各薬包を通ずる防水導爆索を丸鋼に添はしむ、爆薬の使用量は橋脚一基に付約 21 kg 宛とし二基同時に爆破して破片はプリストマン浚渫機で掴み揚げ得る程度に破碎の目的を達したり、本井筒には徑 45 mm の縦丸鋼と幅 100 mm、厚 19 mm の帶鐵とを配し、ありたるため、特に破碎に困難なりしものである。

爆破の際破片の飛散を防止するため橋脚上にワイヤ・ロープを縱横に張り渡し、幅 10 m 長 20 m の廣さに濡蓮三枚を重ねて被覆せり、爆破の實況は噴揚げたる水柱の高 15 m、其の飛沫四散せる直徑約 40 m なりしと云ふ。

本工事の鑽孔に使用せる設備は次の如し。

1. 鑿岩機、デンバー No 34 型 1 組、同 No 331 型 3 組。
1. 空氣壓搾機、オリデン・エアー・コンプレッサー容量每分 6 m³ 馬力 40、シカゴエアー・コンプレッサー容量每分 4.5 m³ 馬力 25、各 1 組。
1. ドリル・シャプナー・インガーソール社製 1 組。
1. オイル・ファーネース、爐油タンク共 1 組。
1. 木造櫓、1 組。
1. ドリル・ロット 徑 32 mm 長 2.4 ~ 4.0 m 22 本。



第 114 圖

鑽孔工程は1日最大9m最小1.5mなり、純運轉1分に付100mmの鑽孔をなし得るもドリルの取換へ、混擬土屑の唧筒吸出し等のため工程摃取り難し。

§ 61. ロブニツツ碎岩船

之は英國ロブニツツ會社製作の碎岩機を第115圖の如く臺船に取付けたもので、我國に於ても横濱、下關其他の港灣で泊地や航路の浚渫の場合に海底の岩盤や暗礁を破碎するために古くから使用されて居る。

カツターはウキンチで檣に釣上げられ、所定の高さから墜落せしめて水底の岩盤を打碎くのである、臺船上には臺船操作上必要なる錨鎖ウキンチ其他の機具を備ふることは勿論である。

カツターの重さは4~20tで鑄鐵製の圓錐である、其先端には特別硬度の硬鋼より成る尖頭鋼を取付けてある、之は烈しい岩盤への擊突のために屢々取換修理を要する。

下關海峽航路浚渫に使用されたるロブニツツ碎岩船について述ぶれば、

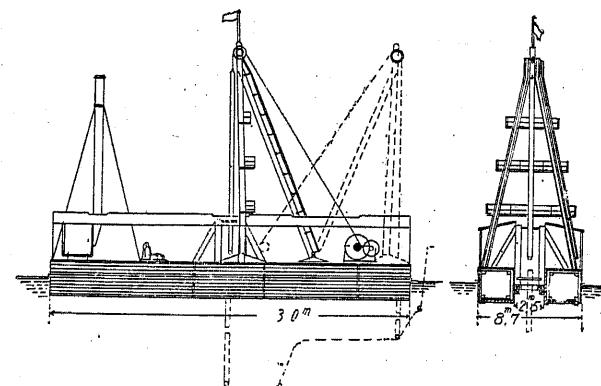
臺船の大きさ、長31.8m、幅8.5m、深(デツキ迄)2.4m、吃水(作業状態)約1.2m。

錐の大さ及重さ、A種長16.5m直徑最大470mm、最小

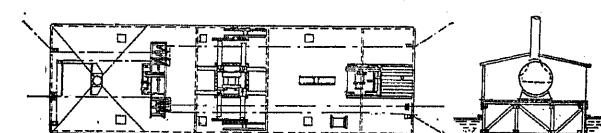
305mm 重量20t、B種長11.5m直徑最大457mm最小305mm、重量13t。

購入價格、88,484圓、大正元年9月購入

碎岩成績は次表の如し。



第 115 圖



下關海峽工事碎岩成績表(箇所別)

第 57 表

年度	箇 所 別	作 業 の 工 程			岩盤硬軟の程度 等級約1.0mに亘る落錐回数	摘要
		數 量	工 費	1m ³ 當り工費		
昭和5年度	東部	前田沖	10,640	2,558.89	.24	1~53
		金伏群礁	4	126.69	31.67	6
		計	10,644	2,685.58	.24	
	西部	興次兵衛瀬	18,344	5,651.68	.31	2~35
		金弦岬沖	2,809	1,014.23	.36	2~45
		大磯根附近	44,906	8,703.32	.20	3~39
		笠瀬附近	5,153	3,295.39	.64	3~48
		計	71,212	18,664.62	.26	水深浅き爲特に13tの小錐使用
	合 計		81,856	21,350.20	.26	
昭和4年度及5年累計	東部	前田沖	13,108	3,413.65	.26	1~53
		金伏群礁	11,706	4,643.99	.40	2~43
		計	24,814	8,057.64	.32	閃綠玢岩、凝灰岩よりなる岩盤 花崗岩よりなる大岩塊にして 洗砂中に埋没す
	西部	興次兵衛瀬	30,959	8,970.66	.29	3~38
		金弦岬沖	4,913	1,986.65	.40	2~45
		大磯根附近	44,906	8,703.32	.19	3~39
		笠瀬附近	10,058	7,817.20	.78	5~48
		計	90,836	27,477.83	.30	輝綠玢岩、雲母ホルンフェルスよりなる岩盤 砂岩、粘盤岩よりなる岩盤 頁岩、砂岩、粘盤岩よりなる岩盤 頁岩、砂岩圓礫岩よりなる隆起せる岩盤
	合 計		115,650	35,535.47	.32	

備考 工費には修理費を含まず、碎岩船に附屬せる雜役船、給水船等に要する雜費を含む。

下關海峽工事碎岩船成績表(年度別)

第 58 表

年度	總日數	就業日數	碎 岩 作 業						
			就業1日平均落錐時間	落錐高	錐孔就業1日平均距離	1孔平均落錐回數	1孔平均落錐回數穿孔長	碎岩就業1日立積	m ³
昭和1年	342	252	5.45	3.0	1.21	858	7	1.13	52,708
2	366	279	6.40	/	/	1,091	8	1.20	57,707
3	365	289	7.25	/	/	1,208	11	1.10	50,471
4	365	277	7.11	/	/	1,164	7	1.12	58,087
5	365	318	4.09	/	/	938	6	1.40	81,856

年度	工 費						100m ³ 當工費	
	運 輪 費			機 械 費			合 計	運輸費
	労力費	材料費	計	修理費	備品費	計		
昭和 1	7,197.00	5,577.34	12,774.34	11,723.52	200.65	11,924.17	24,698.51	0.243
2	8,392.56	7,104.36	15,496.92	17,237.69	540.00	17,177.69	33,274.61	0.269
3	9,150.53	6,673.42	15,823.95	20,549.41	5,283.44	25,832.85	41,656.80	0.314
4	8,468.92	5,509.49	13,978.41	7,226.64	11,774.66	19,001.30	32,979.71	0.241
5	8,063.99	5,822.04	13,884.03	11,569.17	4,519.01	16,088.18	29,972.21	0.170
								0.196

§ 62. 採石工

土木工事として必要なる石材は切石、間知石等の如き幾分加工したものと捨石、詰石、張石等に使用する粗石であるが、其内切石、間知石は多くの場合既設石研場の生産品を購入使用するのである、港灣、河川等の工事に於て捨石、詰石等に使用する粗石、割栗石を多量に要するも附近既設石研場の生産品だけでは、需要を充たし得ない場合は、特に適當な石山を選定して採石工を起す必要がある、茲には此種の採石工に就て述べることとする。

(1) 石山の選定 採石工の工費と工程とは、主として石山の良否に左右されるものであるから、其選定は慎重調査をする。

先づ第一に石質が使用目的に適合すること、第二石材使用地迄の運搬の便利なること、第三に採石容易なることを目標として調査すべきである、石質は使用目的に依つて自ら定まるのである、運搬費は普通の場合石研場に於ける採石工費より多額となるものであるから、其便否は石山選擇上の主要點である。

石材を使用する場所が舟運の便ある河川、海岸、又は其附近であるならば石研場も海岸河川等に沿ふて居つて研出した石となるべく近距離の運搬に依つて船着場に到達し直接運搬船に積込み、已むを得ざる場合船着場に沿へる場所に貯蔵し得る便利のある場所が最も好都合である。

舟運については航路の良否、積込場及荷揚場の船着の便否、舟船の積載量等に依つて運搬費は著しき差異を生ず、舟運の最も有利とする處は運搬距離が遠くなつても其割合に運賃が高くならないこと、多量の運搬が可能なことゝであつて、多くの場合陸上運搬よりも運賃が低廉である。

航路の途中に急激な屈曲、早瀬、岩礁等がなく、又風波もない場合は水深60cmを確保し得る航路に於ては積載重量 10 ~ 12t_g の運搬船を使用し得る、水深90cmで積載重量 18t_g 内外、1.0mで22t_g 内外、1.2mで30t_g 内外、1.5mで50t_g 位の運搬船を使用し得、航路の幅は直線部でも専くとも船幅の3倍以上、屈曲部は其程度に従つて専多少の餘裕を必要とする、河流、潮流等の速度は秒時1.0m以下ならば船の操縦は差支へない、夫れ以上となれば航路の状態に依つて考慮を要する、河川の航路に於て盈船下航、空船溯航の場合は、下航は水流を利用し溯航のみ曳船に依るの便がある、海上及湖水に於ては終始曳船を使用するのが普通である、75cm以下淺吃水の曳船を造ることは困難である、船夫は一隻に1人を普通とする、積込及荷揚は其場所に於て船夫の外に必要に應じて人夫を配置す。

陸上運搬の内牛馬車、軌道運搬等は前節土運搬の項で述べた要領に依り、又鐵道運搬は其經營者との協定に依り運搬費を見積つて比較すべきであるが、如何なる場合でもなるべく單一な運搬方法が宜い、各種の方法を混用し二段三段と積換運搬を行ふことは其間種々の費用が嵩むのみならず、多量運搬が益々困難となるものである。

運搬に次いで考ふべきことは岩石掘鑿及採石の便否なり、發破に關することは前項に述べた通りである、發破作業の要警戒區域に人家道路等の存在は最も忌むべきである、石山の表面に多量の土砂を被つて居るもの、岩層の間に全く使用に耐へない屑石を多量に包含して居るものは、夫れ等の掘鑿運搬取除に多額の費用を要する、如何なる採石場でも多少の不用土石は生ずるものであり、又永年の間には可なり多量となつて捨場に行詰まり、之が處分費の負擔に堪へないため、其採石場を放棄するに立至つた例も少くないから、石山選定の場合に不用土石の處分については充分考慮せねばならぬ。

(2) 採石作業 採石のために行ふ岩盤掘鑿の大體の要領は、前に大發破及小發破の項に述べた處と大差ないが、此場合は採取せんとする石材の大小に依り爆薬の種類及數量を加減せねばならぬ、又鑽孔の位置及方向も考慮せねばならぬ専掘鑿のため生ずる不用土石をなるべく少くする工夫と之が取除處分について、

考慮を怠つてはならぬ、次に掲げる實例は築港並に河川工事用の採石工費であつて、一箇所に於て數年に亘り多量の採石を行ひたるものである、石質は中位の硬さであるが何れも縦横の節理並に裂目の多い比較的採取の便利なる實例である。

第 59 表 青森築港用粗石採取工成績表

採取場所 東津輕郡野内村海岸、浦島山（海拔132m の孤立せる石山）

同期間 大正5年より同12年に亘る約7年間

同数量 総量 215,046 m³、平均年量 30,721 m³ 最多年量 96,000 m³

同方法 総量約7割4分は坑道式大発破、其他は小発破に依り爆破

運搬方法 運搬船迄舟（10~20m）又は輕便帆條（10~270m）海上 8.5 km 木造

底開船 120 m³ 積2艘、木造甲板張艤船 36 m³ 積8艘、總噸数 48 t

曳船 2艘使用（以上運搬用船舶購入費合計約 72,000 圓）

石質 石英粗面岩、比重 2.4 節理多し

採石の種類 7 kg 以上のもの 209,046 m³、675 kg 以上のもの 5,400 m³

工種	名稱	單位	215,046 m ³ 分		100m ³ 分		摘要要
			員數	單價	金額	員數	
研發	kg 火薬	kg	22,386	0.942	21,017.73	10.40	9,795 1m ³ は 450kg とす。
	" ダイナマイト	kg	3,744	2,250	8,448.14	1.74	3.914
	雷管	m	30,206	0.019	573.99	14.07	0.265
	電氣雷管	m	535	0.118	62.99	0.25	0.030
出人	導火線	m	13,170	0.019	253.65	6.13	0.115
	雜品	m	—	—	6,135.72	—	2,853
	小計	m	—	—	36,492.22	—	16.973
	石工	m	25,965	1.335	34,623.72	12.09	16.140
費	工夫	m	5,011	1.500	7,533.20	2.34	3.510
	人夫	m	148,826	0.563	83,986.71	69.31	39.022
	小計	m	—	—	126,143.63	—	58.671
	合計	m	—	—	162,635.86	—	75.644
運	曳船	kg	1,600,000	0.017	27,252.37	745.6	12.676 曳船（木造總噸数 48 長22.9m幅4.7m深2.1 m）2艘使用
	雜船	kg	—	—	2,425.03	—	1.128
搬	船員	人	15,226	1.700	25,889.26	7.091	12.041 25.845
	合計	kg	—	—	55,566.67	—	—
運	雜品	kg	—	—	472.20	—	0.219 運搬船夫、投入叉は 揚揚人夫等
	水夫	人	11,705	1.392	16,341.19	5.46	7.601

搬船費	工人計	夫	/	1,866	1.545	2,884.69	0.87	1.342	100m ³ 當每年平均最高
		夫	/	31,660	1.128	35,703.98	14.70	16.606	53.50圓
						55,402.07		25.768	" 最低 7.00圓
	合計					110,968.74		51.613	
	總計					273,604.61		127.257	