

道路工事に於ける特殊の土工

和田庄藏

はしがき

茲に述ぶる特殊の土工とは、計畫路面と土取面の高低差甚しく普通の方法に據り難き場合に於ける特殊の工法であつて、著者の経験せる 2, 3, の事項を掲載したのである。

1. 捲揚機を使用する土工

本工法は、6號國道茨城縣下小貝川筋に架設せる橋梁の取付道路工事のうち土砂採取箇所關係上近距離にて落差甚しく、他に土運搬の方法なき區間に採用したのである。

a. 土運車曳上計畫要項

土運車の曳上は、次の希望条件に従ひ計畫したのである。

- イ、土運搬鉄路の構造上、捲揚機を使用する区間の勾配は 1/3~1/5 となすこと。
- ロ、工期と工費の関係上、0.6m³ 積土運車を 1 回に 4~5 臺曳上げ得ること。
- ハ、電動機的能力は、電力需給契約の関係上、10~15 馬力となすを要すること。
- ニ、曳上用鋼索は、「ダブル」又は「トリプル」を避け、「シングル」とすること。

b. 0.6m³ 積土運車の勾配抵抗

試算の結果斜路の勾配を 1/5 と定め、勾配に起因する抵抗を計算すると次の如くである。

$$\left. \begin{aligned} W &= \text{土運車の重量} = 1,000 \text{ 斤} \\ \sin \theta &= 1/\sqrt{1^2 + 5^2} = 0.1961 \\ \cos \theta &= 5/\sqrt{1^2 + 5^2} = 0.9806 \end{aligned} \right\} \text{Data :}$$

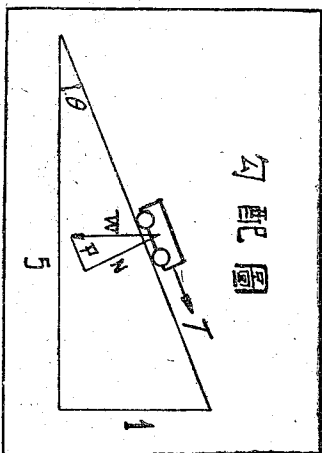
$$f = \text{Coeff. of Rolling Friction} = 0.03$$

註、Rolling Friction は各所の實例を見る時は 2~6% なるも種々斟酌してこれを 3% としたのである。

$$T = P + FN$$

$$= W \sin \theta + fW \cos \theta = 1,000. \times 0.1961 + 0.03 \times 1,000. \times 0.9806 = 226.1 \text{ kg}$$

c. 捲揚機の廻轉關係と出力



工事全般に使用の目的を以て設備せる、捲揚機の原動力は、試算の結果 15 馬力内外を要す見込なるが故に「ベルト」式 15 馬力電動機を使用することにした。其廻轉關係と出力は次の如くである。

廻轉關係、電動機「プーラー」1 廻轉につき捲揚機「プーラー」228.5/660.4 廻轉し、捲揚機「プーラー」1 廻轉につき「ドラム」12/60. 廻轉する。以上の關係より次の結果を得る。電動機「プーラー」1 廻轉につき捲揚機「ドラム」は、228.5/660.4×12/60 廻轉する。而して電動機廻轉數は 1 分間 1,000 回、「ドラム」の直径は、A 254.0mm B 152.4mm なるが故に、鋼索 1 分時の速度は、

$$\text{Drum A } 1,000. \times 228.5/660.4 \times 12./60. \times 254.0 \times 3.1416 = 55m222$$

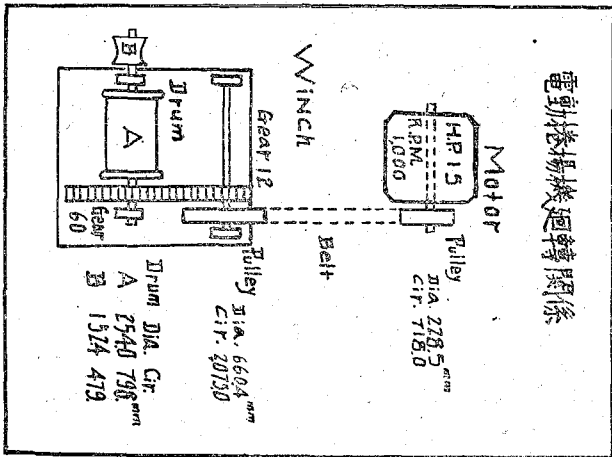
$$\text{Drum B } 1,000. \times 228.5/660.4 \times 12./60. \times 152.4 \times 3.1416 = 33m147$$

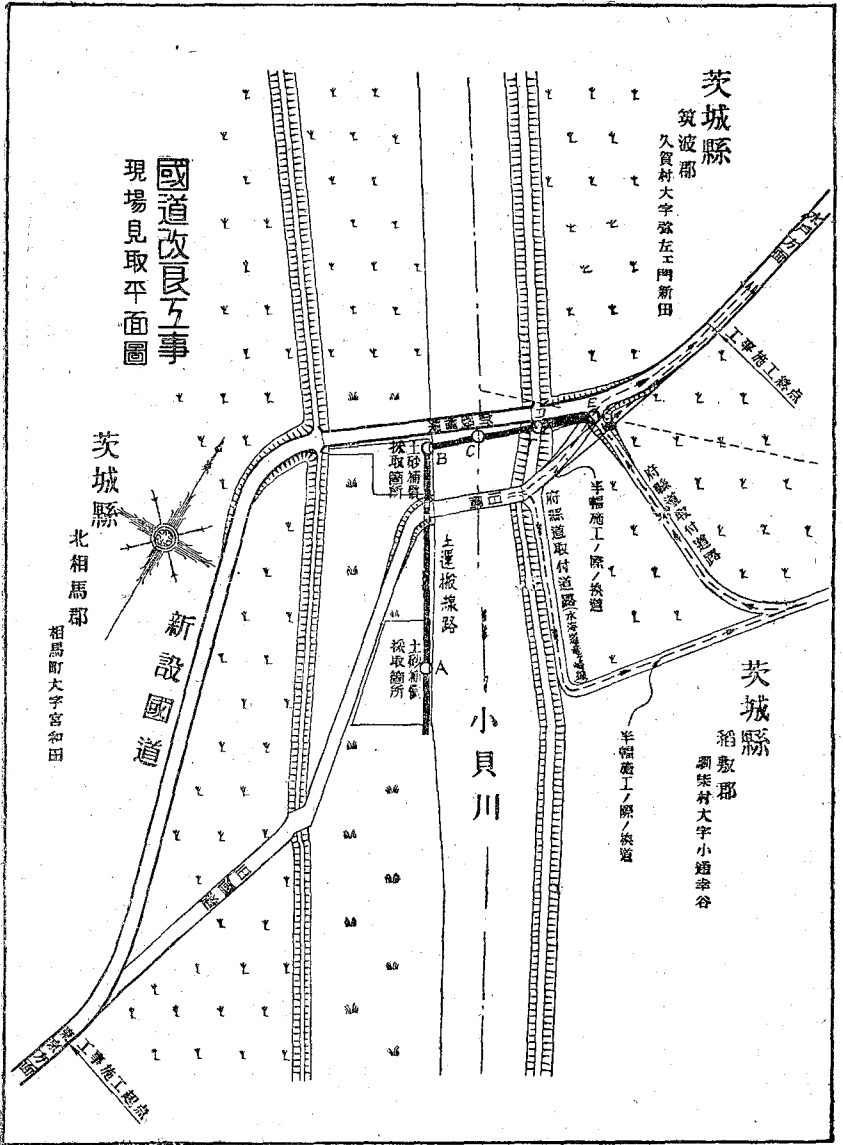
となる。

「ドラム」A は一般荷重の捲揚に、「ドラム」B は緩速度を以て、重荷重を短時間の捲揚に使用するのである。

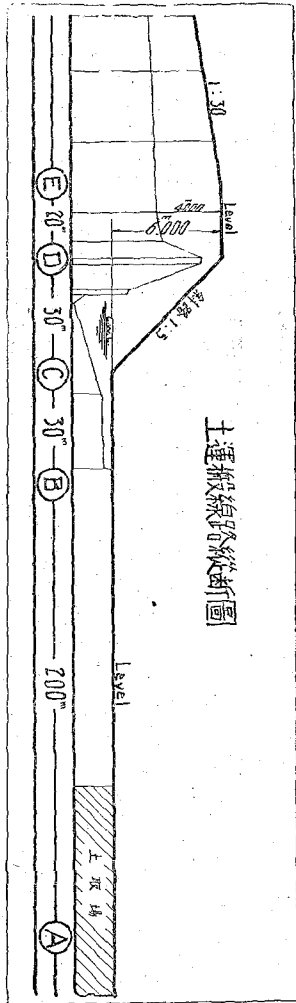
出力、電動捲揚機の出力を F とすれば、「ドラム」A にては、15H.P. = F × 55.222/4,562.4 F = 1,239.kg. となるも、電動機、捲揚機、及び滑車の摩擦のために、實際の出力は、理論上の 80.~90.% となるを以て、効率を 75.% にとれば、929.kg.(1,239. × 0.75 = 929.) となる。

電動捲揚機廻轉關係





即ち上述の如く、 $6.6m^3$ 積土運車の勾配抵抗は $226kg$ なるが故に、1回に4臺 ($929/226=4.1$) 曳上げ得ることになるのである。



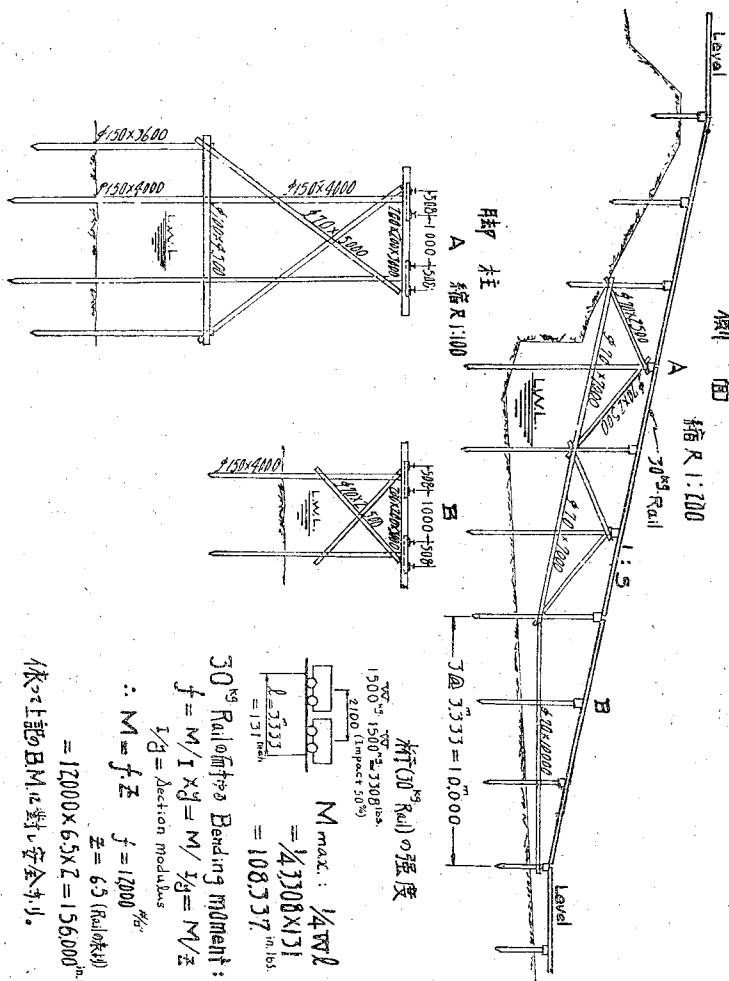
d. 施工狀況

斜路に於ける電動捲揚機の $0.6m^3$ 積土運車曳上能力は、1回に4臺なるが故に、土運搬線路を復線となし、12

臺を大體3列車に分割し、循環的に作業を遂行し得る如くしたのである。土運搬線路は圖に示す如く、a~b間は略水平で、b點にて約 100 度の右曲をなし、b~c間を水平とし、c~d間の斜路を経て、d~e間は、鋼索取外の際、土運車停止に便ならしむるために水平にしたのである。斜路は圖に示す如く、松丸太材を以て脚柱を作り、頭部を軌條にて連結したのである。軌條は土運車走行による振動のため、斜路上にて脱線等の虞れなからしめんがため、特に重量 30 匹長 10 米ものを使用したのである。土取場にて土砂を積載せる土運車は、人力にて斜路底部迄運搬し、徑 15 寸の鋼索を掛け、電動捲揚機により斜路を曳上ぐるのである。斜路頂部の水平區間に鋼索を取外し、再び人力にて土捨場へ運搬し、土砂を放下するのである。歸路は電動捲揚機の回転を避けんがため、他に「フリクションキー」を具備せる手動捲揚機を据付け、徑 12 寸の鋼索により下降せしむる装置としたのである。

e. 工 費

斜路の圖



桁(30° Rail)の強度

$T_{30} = 1500$ lbs
 $T_{150} = 3308$ lbs
 2100 (Impact 50%)

$$M_{max} = \frac{1}{4} T L$$

$$= \frac{1}{4} 3308 \times 151$$

$$= 108,557 \text{ in. lbs.}$$

30° RailのBending moment:

$$f = M / I \quad X Y = M / Z$$

$I, Z =$ Section modulus

$$\therefore M = f \cdot Z \quad f = 12000 \text{ psi}$$

$$= 12000 \times 6.5 \times Z = 156000 \text{ in. lbs.}$$

依り上部B.M.に對し安全なり。

土工成績表

工程と工費

記事	単位	員數	單價	金額	摘 要
記 事 差	米	6.			
落	米	350.			
平均運搬距離	米	12.			土取場、土捨場中心間距離
車 臺 數	臺	144.			12臺×20回×0.6m ³ =144m ³
土 量	m ³	1.	5000	5000	15馬力電動機附屬
電動捲揚機	日				電動機、捲揚機、手動捲揚機、
油類、雜品	圓			1000	トロ用
工 夫	人	1.	2000	2000	
運 轉	"	1.	2000	2000	
人 夫	"	30.	1000	30000	土取場2人、土捨場2人、トロ押24人、手動捲揚機1人、運轉助手1人
合 計				40000	1m ³ 當0.278圓

作業状況

試みに調査せる、1回の運搬時間は次の如くである。

種 別	時間
土砂積押載	6.5
土取場より斜路底部迄	4.
鋼索及土運車の連結	2.
斜路曳上	1.
車押送	2.

摘 要

土質粘土に砂を混ず
土取場より斜路底部迄
鋼索及土運車の連結
斜路曳上
斜路頂部より土捨場迄

本工法による1日の工程と工費、並に作業状況は次の如くである。

左表に示す如く、器具機械費、線路設備費を除ける1m³當土工費は0.278圓である。

2. 下り勾配の土運搬

本工法は、6號國道茨城県新治郡中家村、土浦町、眞鍋町の3カ町村に跨る道路工事のうち、1/25の下り勾配に於ける土工に採用した方法である。

a. 土運車の構造

下り勾配 1/30 以上の土運搬に用ふる土運車には自然轉動による隋力を制御するため、制動装置を具備する必要がある。當工事に使用せる

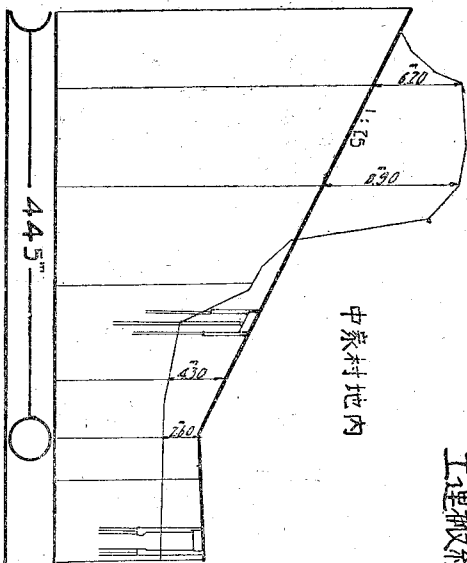
土砂の放砂
 空車の下
 押車の空
 計

3. 1. 3. 2. 4.

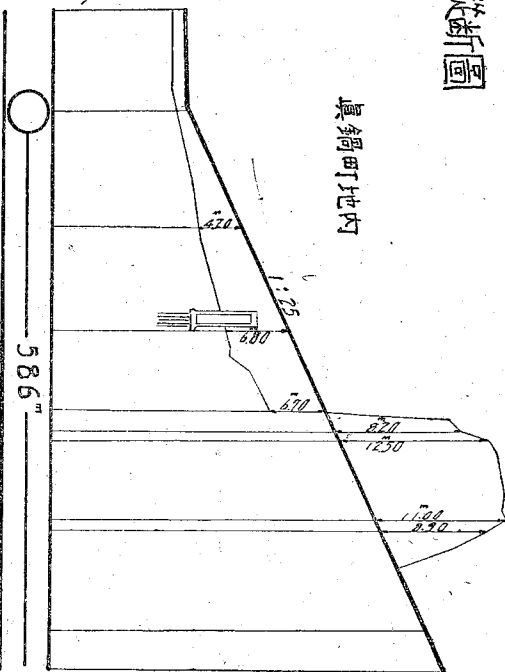
土捨場より斜路頂部迄
 斜路下降
 斜路底部より土取場迄

0.6m³ 積土運車の制動装置は次圖の如くである。
 此の制動装置を用ふれば、實地使用の結果 1/12 内外の勾配にも、さし

土運搬線路縦断面圖

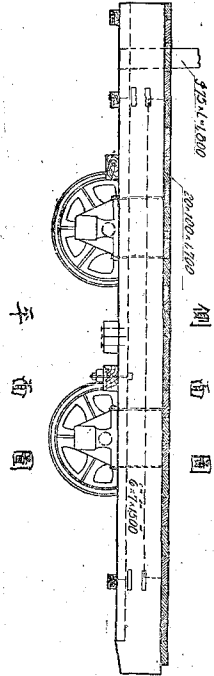


中冢村地内



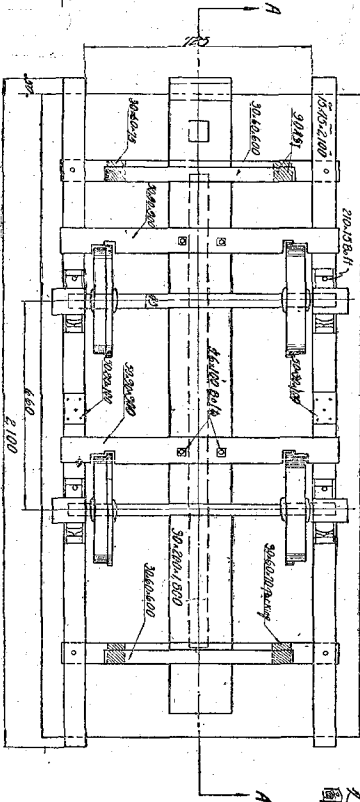
真鍋町地内

06五方米土選車之主要構造圖(單位為mm)	
至左端起之距離	至右端起之距離
板長 1000±0.5	1 270 180
板寬 1000±0.5	1 70 180
板厚 10±0.2	1 2.5 50
柱長 1000±0.5	1 120 120
柱寬 100±0.2	1 4 40
柱厚 10±0.2	1 0.4 3.2
至左端起之距離	1200 1200
至右端起之距離	1200 1200
大工全長	2400
小工全長	900



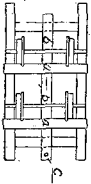
側面圖

0六方米土選車用
土砂選別裝置之圖



斷面 A-A

制動裝置構造圖



制動裝置之構造
二時鐘入口之構造
係由入口之構造
係由入口之構造

編尺十分之一
單位

たる危険を感じることなく、作業を遂行することが出来るのである。

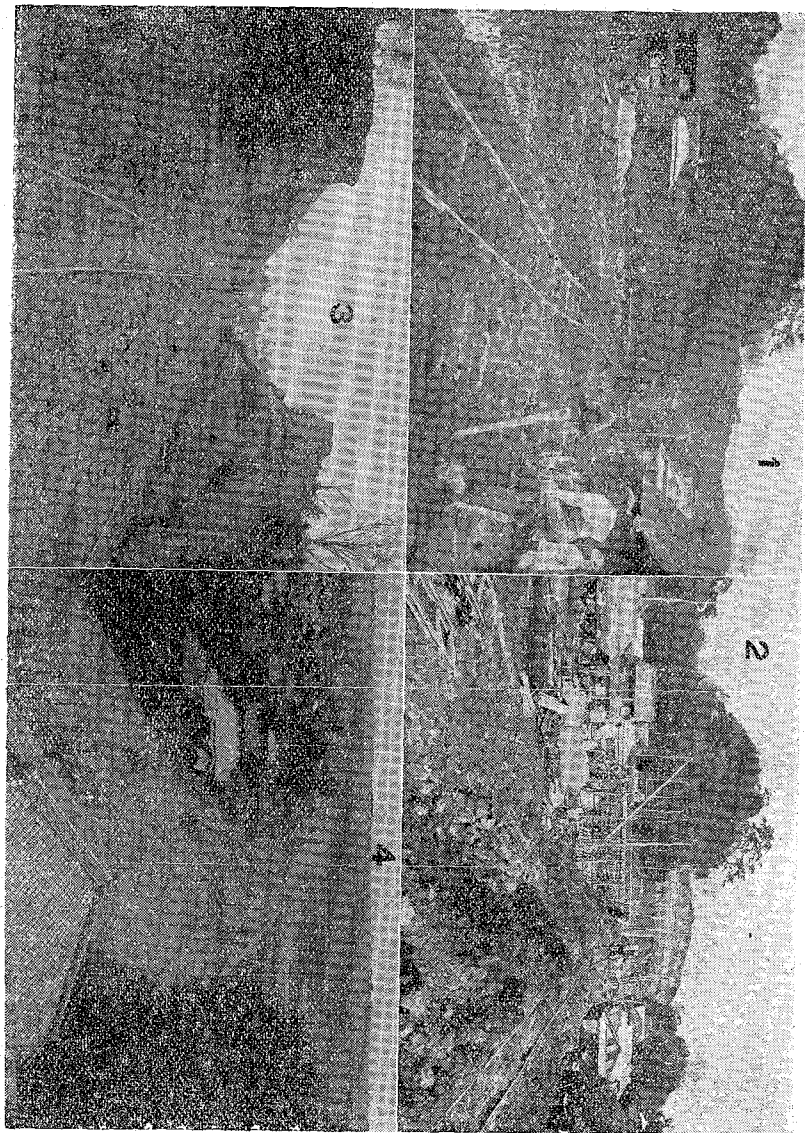
b. 施工状況

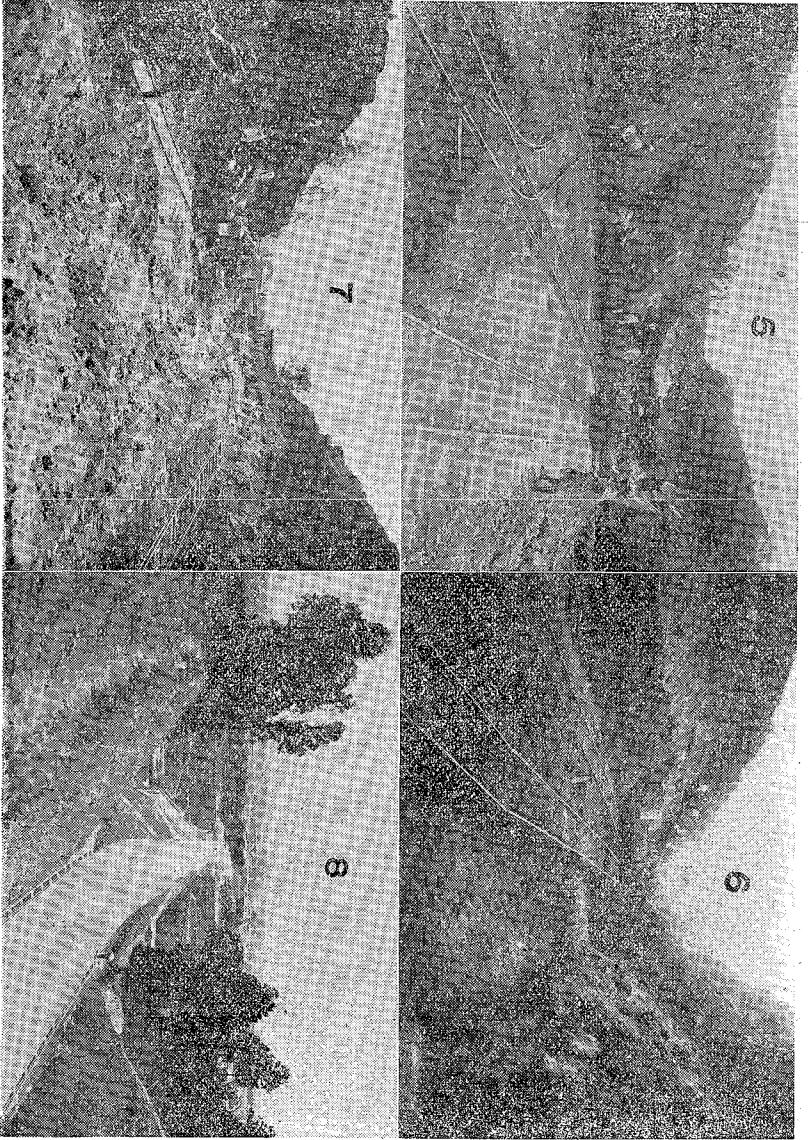
本工事は寫眞及び附圖に示す如く、上、下地表の高低差 18.m 餘の斷崖の開鑿土砂を、新設道路の盛土に利用するのであつて、當時其工法につき種々考究せる所なるが、時の東京土木出張所長眞田博士の指導により、本工法に據つたのである。施工の順序は次の如くである。

土運搬線路は寫眞 1, 5. に示す如く、上、下 2 段に布設したのである。上段は地表より 1.5m 内外低く（これ以上低くすると積込のため、労働者が昇降に不便であるのと、土砂不時崩壊の危険があるから考慮を要する）下段は道路施工基面を標準とし、上段線路により搬出せる土砂を下段線路により新設道路敷に運搬しつつ、上段線路を次第に下降させるのである。寫眞 2 は上段線路を 7.m 餘下降せしめ、下段線路により約 1/15 の勾配の線路敷が出来た所であつて、寫眞 6 は殘餘 2m 以上、下段の線路が、約 1/15 の勾配に連絡せんとする所である。寫眞 3, 7 は上、下段が約 1/15 の勾配に連絡し、1 線路により運搬中の所である。寫眞 4, 8. は工事完成後の景である。上記寫眞のうち、1. 2. 3. 4. は眞鍋町地内、5. 6. 7. 8. は中家村地内の開鑿工事である。

c. 工程と工費

平坦なる地に於ける「ドコーペール」による土工は、既に本誌に述べたるが如くであるが、下り勾配の土工は、諸種の車状前者と異なり、一定の標準によることは至難であつて、寧ろ経験の結果に據る方が適切である。即ち空車の押しには相當の勞力を要すれども、盈車の下坂には、單に「ブレーキ」の操作のみにて自走し得るが故に、盈車を推送する如き過勞なく、労働者の心身の疲勞少なく、且つ勾配の變化による空車押しへの難易等に至大の關係があるのである。當工事の





作業状況

記事	單位	數量	運車 平均速度(分/時)	摘	要
落差	m	14.0			
平均運搬距離	m	350.0			土取場、土捨場中心間距離
勾配	%	4.0			
1回運搬時間(分)	分	6.0			土質粘土に砂を混す
土砂積載	分	2.0			土取場より土捨場迄
土砂下坂	分	2.5			土捨場にて待合
土砂放下	分	1.5			土捨場より土取場迄
待ち合せ	分	5.0			
土車押上	分	17.0			
合計					

工費

記事	單位	員數	單價	金額	摘	要
土雜工	m ³	216		500		12臺×30回×0.6m ³ =216.0m ³
人	人	2	2000	4000		トロ用油類其他
夫	人	35	1000	35000		土取場2人土捨場3人トロ押24人計1方6人
合計				39500		1m ³ 費0.183圓

3. 0.6m³積土運車の勾配抵抗に関する實驗

統計によれば、1/25の下り勾配に於ける土運搬回数は、平均運搬距離350mに於て、1日純作業時間9時間内に於て、30回であつて、平地を運搬する場合の略1割増の工程を示して居る。其作業状況は左の如くである。

上表の如く下り勾配の土搬には、先頭の土運車が脱線又は其他の事故發生の際、後部の土運車が追突の危険あるを以て、車間の間隔は少くとも30m以上を要すが故に、先着の土運車は、最後部の土運車が、土砂放下後發車する迄待合せる必要があるのである。上記の工程に對する工費は左表の如くである。

自然轉動の勾配により土運車の摩擦を求むる實驗

下り 勾配	積載		土質	條件
	軟質土砂	砂		
1:38	下	下	下	下
1:42	下	下	下	下
1:43	下	下	下	下
1:44	下	下	下	下
1:47	下	下	下	下
1:48	下	下	下	下
1:49	下	下	下	下
1:53	下	下	下	下
1:56	下	下	下	下
1:57	下	下	下	下
1:60	漸く下り 或は止る	下	下	下
1:62	下	下	下	下
1:64	下	下	下	下
1:69	止	漸く下る	下	下
1:72	漸く下る	漸く下る	漸く下る	下
1:78	漸く下り 或は止る	漸くとす	下	下
1:82	止	止	止	止
1:86	止	止	止	止
1:100	止	止	止	止

摘 要

土運車は普通使用する代表的のものである。軟質土砂とは河川敷の洪水による堆積土及び輕質の粘土を云ひ、砂礫とは砂利の粒度大なる切込砂利を云ふのである。

次に掲ぐる事項は、「ドコービー」土運車の、車輪車軸の抵抗と坂路に對する影響を、實驗の結果より推定したのである。

2. 自然轉動の勾配により車の摩擦を求むる實驗

軌條は 1m6kg であつて、實驗の爲め特に完全に布設したものである。

左表を通覽するに、大體 1/60 内外の勾配にて自然轉動を始め、1/80 内外の勾配にて靜止せるを知る。然れども實地施工にあたりては、斯かる完全なる線路は不必要に屬し、軌條面の凹凸並に接合部に於ける振動等の原因により、車が自然轉動を始めべき勾配は 1/07 内外と看做して差支

坂路の影響に関する実験

積土 軟質土砂	載 質	勾配	勾配長 m	車の状態 なる事	押送人夫	押送の難易
"	"	1:20	17	稍完全なる事	3	漸く押し上げる
"	"	1:27	"	"	2-	"
"	"	1:34	"	"	4	平地と略同程度である
"	"	1:36	"	"	"	"
"	"	1:38	"	"	"	"
"	"	1:40	"	"	"	"
砂	礫	1:22	"	"	4	漸く押し上げる
"	"	1:33	"	"	"	"
"	"	1:41	"	"	"	平地と略同程度である
"	"	1:48	"	"	"	"
"	"	1:49	"	"	"	"
"	"	1:50	"	"	"	"
"	"	1:57	"	"	"	"
"	"	1:66	"	"	"	"
"	"	1:79	"	"	3	"

ないと考へられる。今車輛抵抗をR
とすれば

$$R = W \cdot \sin \theta = W \cdot \tan \theta$$
 となり
 車軸の摩擦は次の如くなる。
 空車 $230/70 = 3.3kg$
 盈車 $1,000/70 = 14.3kg$

b. 坂路の影響に関する実験
 実験の方法は、代表的の稍完全なる土運車を用ひ、6kg 軌條を實地使用するの程度に布設し、勾配を種々變化しつつ、押送人夫を増減して、押送の難易を観察したのである。

上表に示す如く、「ドコーベル」土運車の坂路の影響は、軟質土砂の

場合 1./34.~1./40., 砂礫の場合 1./41.~1./66. の勾配には、4人掛即ち平地押送の2倍の勞力を以て、標準速度毎時4杆にて平地押送と略同程度であることを知る。よつて此勾配を前者を 1./36., 後者を 1./48. と假定すれば、36h(hは高さ)及び48hの水平距離が4人にて歩まれたると同様である。即ち2人にて此水平距離を2度歩むに等しく、換言すれば2人押

の場合には、36h 及び 48h の水平距離を延長せるものと同結果である。勿論歸路は自然に轉動し得るが故に、水平の場合の 2 倍の勞力に對しては是等を考慮し、尙急なる勾配にて可なるが故に、實驗の結果による最急勾配の 1./30. 及び 1./40. を採用するのが適當である。

む す び

前に述べたる如く、第 1 項は運搬距離短かく落差大なる場合に、第 2 項は下り急勾配の場合に應用し得べく、勾配に關する實驗は、運搬距離 5, 6m 以上落差 4, 5m 以下の土工に於ける、運搬距離の算定に資せんとするのである。(終)

