

論 說 報 告

土木學會誌 第十一卷第六號 大正十四年十二月

黒部橋架設工事報告

會 員 田 崎 修

内 容 梗 概

富山縣下新川郡黒部川沿岸宇奈月に於て、東洋アルミナム株式會社が經營せる黒部川大水力發電工事に用ゐる運搬専用鐵道建設に當り、黒部本流横斷のため黒部橋架設の必要を認め、大正十二年一月これが計畫を始め、十三年九月工事完成せり、本報告は先づ黒部橋の概説より起し、上下部構造の一般應力計算につき述べ、架設工事に必要なる準備、徑間の測定並に鐵桁架設工事の方法及費用につき報告し、終りに本工事施行中經驗したる事項を記載す。

目 次

	頁
一 黒部工専用鐵道と黒部橋	1
二 黒部橋の構造及製作	2
三 黒部橋構造設計の變更	3
四 黒部橋の下部構造	4
五 黒部橋構拱應力の計算	7
六 Erection stress の算定及臨時補強	8
七 徑間の測定	9
八 架設組立に必要な準備	18
九 架設組立作業	21
十 組立作業中撓度の觀測	23
十一 架設組立に要せし日數及作業人員	25
十二 作業中の故障及將來改めたき事項	27

一 黒部工専用鐵道と黒部橋

富山縣下新川郡黒部川はその源を遠く蓮華、白馬、立山諸峯の間に發し流長實に 20 餘里、然して其流域は最下流部分約 4 里半餘を除き、兩岸未だ全く斧鉞を入れざる幽谷なり、中流以上は所謂黒部國有林の鬱蒼たる密林にして水量四時に頗豊富、本邦中稀なる良川なり、東洋アルミナム株式會社は内山村宇奈月に出張

所を置き、大正八年以來こゝに水力發電事業を企畫しつゝあり。その第一期計畫たる柳川原發電水路は猫又並に黒薙二見に於て本川及び黒薙支川の水量を取入れ、柳川原地先にてこれを放流して平水 5 萬キロワットの發電をなさんとするものなり。従つて出張所の所置地宇奈月より取入口、猫又二見までの水路、水槽、發電所其他の建設用諸材料の運輸、人夫、食料品等の輸送等のために専用鐵道（軌間 2 呎 6 吋 軌條碼に付き 45 封度）を敷設するの必要に迫られ、大正十一年夏期よりその建設工事に着手せり。黒部橋は即ち宇奈月の直上流にて附圖第一に示せる如く兩岸の地勢好適の位置を撰定して黒部川を横斷すべく架せられたる鋼構拱橋なり、この架橋點より上流約 20 間を距て、大阪營林局にて架設せる林道橋あり、明治三十六、七年頃の建設に係るものにして既に數回に涉り大補修を加へられたれども著しく腐朽し居り、辛ふじて温泉浴客その他の通行を許しつゝある状態なり、故にこれを利用して本架橋の材料運搬等に用ゆるが如きは到底不可能の状態にありき。

二 黒部橋の構造及製作

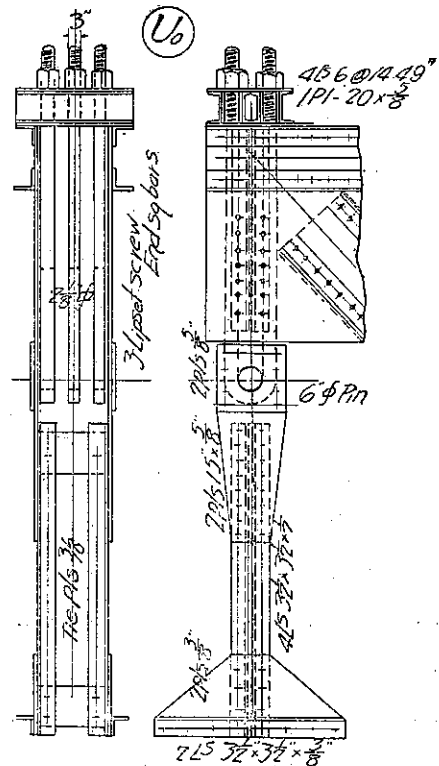
本橋架の構造設計につきては以前より種々に考究を重ね、是を普通のトラスの設計にすればデッキ型にして徑間 120 呎 2 連、取付鋼版桁徑間 30 呎 2 連の設計にするのが最も經濟的なりと思惟さるゝも、かくては中央橋脚の施工に莫大の費用を要するのみならず黒部川の集水面積宇奈月に於て約 40 方里にして出張所に於て大正七年以來觀測調査せる處によれば該橋梁位置流水面積に於て約 58,000 立方尺毎秒の洪水を見ること屢々なり、かくの如き箇所に高大なる橋脚を築造して流水斷面積を塞斷することは頗危険なり、のみならず此附近一帶は所謂黒部溪谷の關門にして浴客登山者の來往四時に絶へず、一の風光地としての美觀的考察よりしても河身に不愉快なる石又は混凝土造橋脚を築造して瞰境を遮斷することは頗不適當の設計なり、上述の如き理由にて茲に中央徑間 228 呎、總徑間 304 呎 2 鉸式開壁構拱の設計に決定せり（附圖第四、第十三圖參照）。

鋼構拱材料及その製作は下記の如き豫算にて日本橋梁株式會社に請負はしめ、大正十二年八月契約、十月中旬工場を發送し、十一月より架設工事に着手し得る豫定なりしも、橋梁會社に於て材料の蒐集意の如くならず、十一月末にあらざれば製作完了の上橋梁材を宇奈月に完納する能はざるに至りしを以て、十二月組立を終り一月中に鉸鉸作業完成のことに豫定を變更せり、然るに偶々右岸下流のべ

デスタル基礎地盤の不確實なるを發見して混凝土工事著しく遅延し、爲に再び豫定變更の止むなきこととなり、剩さへ當地方は冬期積雪5尺餘に及び十二月に入りての鐵構材組立作業は水分鐵桁面に凍着し作業上危険少からず、又一月に入りての鉸鉸作業に當りては嚴寒なる外氣の影響によりて燒鉸の冷却甚しかるべく、況んや餘り多くの經驗を有せざるカンチレヴァ式架設方法を採用せんとするものなれば徒らに危険の度を加ふるのみにて到底萬全を保し難きを慮り、遂に3度豫定を變更して橋材全部を翌十三年二月中に宇奈月に到着せしめ、三月中旬より徑間の測定（下段に詳記す）を行ひ、三月中に架設用諸準備工事を施工し、四月中旬より部材現場組立に着手し、五月中旬これを了へ引續き鉸鉸作業に着手し、五月中に完成のこととせり、如斯屢々豫定を變更するの止むなきに至りしは、蓋し1年中約3箇月は殆んど嚴寒と積雪とに封ぜらるゝ此地方にての作業としては又止むを得ざることとなすべき歟、加ふるに當時にありて北陸線貨車の配給頗圓滑を缺きたる時期にして、貨物の停滯甚しく鐵構材も遂に大阪より陸送する能はず止むを得ず大阪木津川尻より汽船にて北陸伏木港に陸揚し、それより陸路鐵道によりて黒部鐵道の終點宇奈月へ着荷せしめたるものにして材料運搬に豫想意外の長時日を費したの頗遺憾なりき。

三 黒部橋構造設計の變更

當初本構拱はアラスカ州ハリケン拱橋に類したる設計となし、兩側に取付徑間40呎鋼版桁各1連を有する構造なりしも、架設組立工事中ウエッチ又はスクリュー・トッグルによるバック・ステー装置の頗困難繁鎖なるべきを恐れ、且又地形の關係上現設計の如く“Counter-balanced braced arch”の翼格間各2連づゝを加へて取付鋼版桁徑間を廢止せり、蓋しこの形式の拱橋は本邦に於ても實例稀なるものにして完成後に至り頗る四圍の環境に適合せ



第一圖

る設計なりしを認めたり、而してこれが組立に當りては兩橋臺に植込設置せる第一圖の如き簡單なるアジャスティング・スクリューにて充分徑間の調整を企るを得たり、該橋梁上部構造各部材重量を概記すれば次の如し

黒部橋上部構造の重量表

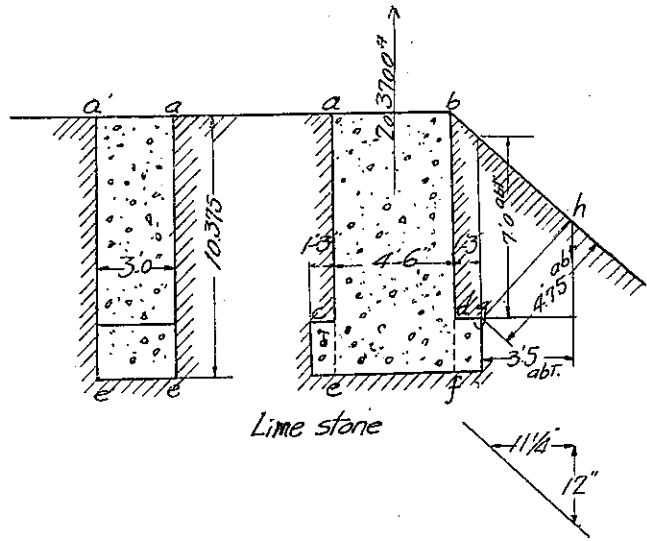
Description	Weight in lbs	Weight in tons	Remarks
Main members			
<u>Top chords</u> *	79,802.14	35.626	附屬 Gusset, splice 其他を含む
<u>Bot. chords</u>	93,970.51	41.951	
<u>Dingonals</u>	39,043.72	17.430	
<u>Posts</u>	50,802.47	22.680	
		<u>117.687</u>	
Sub members			
<u>Cross bracings</u>	7,353.19	3.285	
<u>Cross struts</u>	9,849.12	4.397	
<u>Upper laterals</u>	7,482.04	3.340	
<u>Floor beams</u>	19,983.56	8.923	
<u>Lower lateral struts</u>	15,377.28	6.865	
<u>Lower lateral bracing</u>	15,949.87	7.120	
<u>Stringers</u>	63,446.89	28.324	
		<u>62.254</u>	
Miscellaneous			
<u>Hand railing</u>	13,142.24	5.867	
<u>Rivet driving nut & pedestal, pins</u>	10,993.32	4.908	
		<u>10.775</u>	
Total weight		190.716	

* 而して下線を附せざるだけがエクシジョンの際荷重として作用するものとす

四 黒部橋の下部構造

Pedestal block 及 wing abutment は何れも混凝土造の設計となせり、基礎地盤は右岸下流矢田藏谷に面する側の分を除き、他は何れも地質岩盤にして岩質堅固なりしを以て特殊の基礎工を要せず、相當根掘の上直ちに基礎コンクリートを施工せり、右岸下流の block 基礎は根掘施工の後精査せしに基礎工底面の約半分は堅岩上にあるも、他半が不幸にして堅岩層にあらず堆積土岩の上でありしを以て充分堅固なる基礎工を施する非されば架橋完成後基礎底面の不均等なる沈下屈讓を起し、上部構造に重大なる結果を來すべきを慮り附圖第二に示すごとき比較的強大なる基礎コンクリートを施工せり。

両側 wing-abutment は拱橋組立修了後に於ては單に橋臺として働くに過ぎず、所定の靜動荷重に對しては少量の基礎コンクリートにて充分なるべきもエレクション中は wing panel 端に起るべき上向張力に對重としての作用を爲さざるべからざるを以て、その構造及重量につきては相當の注意を要すべし、初め橋梁會社に指示せる計算は次の如し、



第二圖

而して第二圖に示せる如き設計なりき。

Allowable compr. strength of concrete	.....	400#	| □,
„ shear „ „	.....	40	„
„ „ „ limestone	.....	150	„
„ tension „ „	.....	120	„

Shear in the plane *abef*

$$= 4.5 \times 10.375 \times 40 \times 144 = 268,000\#$$

Shear in the plane *a'a'e*

$$= 3.0 \times 10.375 \times 40 \times 144 = 179,000\#$$

$$\therefore \text{Total shear} = 2 \times (268,000 + 179,000) = 894,000\#$$

$$894,000\# > 203,700\# \text{ safe enough}$$

Shear in the plane *bdgh*

$$= (1.25 \times 7 + 3.5 \times 7.0 \times 1/2) \times 150 \times 144 = 453,000\#$$

Tension in the plane *gh*

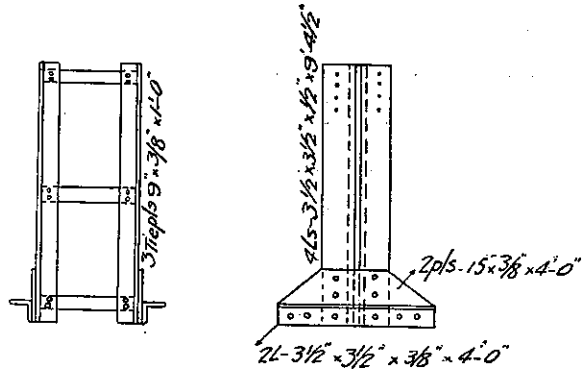
$$= 3.0 \times 4.75 \times 120 \times 144 = 246,000\#$$

$$(453,000 + 246,000)^{\#}$$

$$> 179,000^{\#}$$

According to the above, the rapture of rock and concrete could not be expected utterly.

次に anchoring pieces の bonding area は如何



第三圖

Bonding area of

4 | s - 3 1/2'' x 3 1/2'' x 1/2''	.....	12 x 0.29 x 9.375
2 Pls - 15'' x 3/8''	.....	1/2 x 1.0 x 1.5 x 8
3 Ties - 9'' x 3/8''	.....	6 x 0.75 x 1.0

$$\text{Total} = 43.125$$

Allowable bond stress of steel..... 60#/sq"

„ bearing str. of concrete 400 „

Bonding strength..... $60 \times 43.125 \times 144 = 372,000^{\#}$

Bearing „ $400 \times 2.33 \times 144 = 134,200$ „

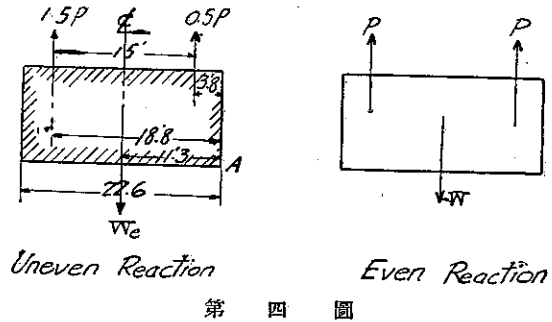
where, $2.33 = 0.5834 \times 4$, bearing area of $2 - 3 1/2'' \times 3 1/2'' \times 3/8''$ side | s.

$$(372,000 + 134,200)^{\#} > 203,700^{\#} \text{ safe enough.}$$

即ち shearing も anchor-pieces の bearing も充分なりとの計算なり、然るに現場根掘開始後地質を調査せしに基礎地盤は石英粗面岩並に石灰岩には相違なきも著しく風化の進める傾向あり、従つて裂隙 (sheam) も多く殊に左岸の如きは根掘上半部は土質、下半部が石灰石といふ如き状況なるを以て前記の計算に於ける如くコンクリートと岩盤と充分よく膠着してコンクリートの應剪力を考へ得る程度とは認め難く、況んや $bdgh$ 面の剪力、 gh 面の岩石の張力の如きは到底信頼し得べきものにあらざるが故に、寧ろセメントの調合を悪くしても可なるが故に玉石混入の重きコンクリートを製造し、且又前記設計の如く各 anchor-pieces に對して 3.0×4.5 のコンクリートを分置することの代りに凡てこれを一體として働かしめんがため附圖第二に示せる如くに設計を変更せり、而して現設計コンクリ

トの數量は下記の如くして決定せり。

エレクション中 hand-rail 及 stringer の大部分は未だこれを取付けざる状態に於ける wing abutment に来る最大反力は約 90,000# なり (erection stress diagram 参照), 今假りに鐵桁組立中 adjusting screw action の不手際又は風壓などの原因により第四圖に示せる如き不均等反力を生ずる場合ありとし, これに備ふべく均等反力の時に要する重量の幾何パーセントが餘分に要求せらるゝかを檢するに (但し構造上 anchor block は單一體として作用するものと假定す)



Moment about A

1) Even Reaction のとき $W=2P$

2) Uneven ,, のとき

$$11.3 We = 3.8 \times 0.5P + 18.8 \times 1.5P = 30.1P$$

$$We = \frac{30.1}{11.3} P = 2.66P$$

$$\frac{We}{W} = \frac{2.66P}{2P} = 1.33$$

即ち 33% だけ餘分の anchoring weight を要する譯なり

$$We = 2.66P = 2.66 \times 90,000 = 239,400\#$$

是に對して anchoring block concrete 9.5 立坪を設計せり, 即ちその重量は

$$9.5 \times 1.4 \times 2,240 = 297,920\#$$

故にエレクション中橋梁上に作業人員諸道具を蒐積するも尙充分安全なるべし, 但し萬一の故障に備ゆるために stringers を兩橋臺附近に運搬積置きたり。

五 黒部橋構拱應力の計算

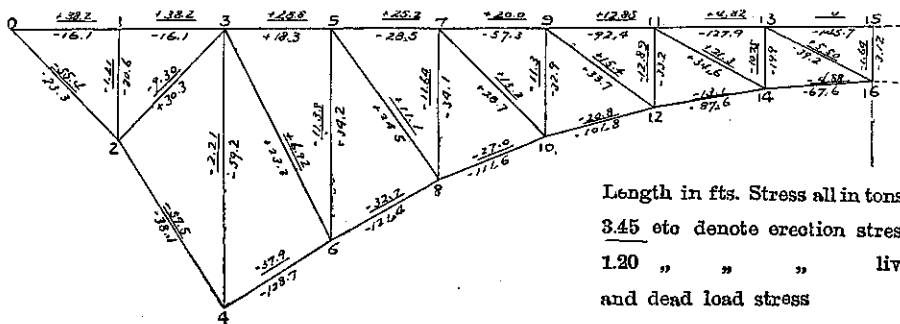
最初別記の所定荷重 (附圖第三参照) により equivalent uniform load を求めて圖式計算により各部材の概算應力を求めたり, 然るに其後エレクション中に起るべき reversed stress 等の關係を各部材につき詳査するの必要を感じ, rolling load

にて influence line により各荷重よりの max. effect を精査し, max. stress を決定せり (計算書省略す), これを表記すること附圖第三に示すが如し。

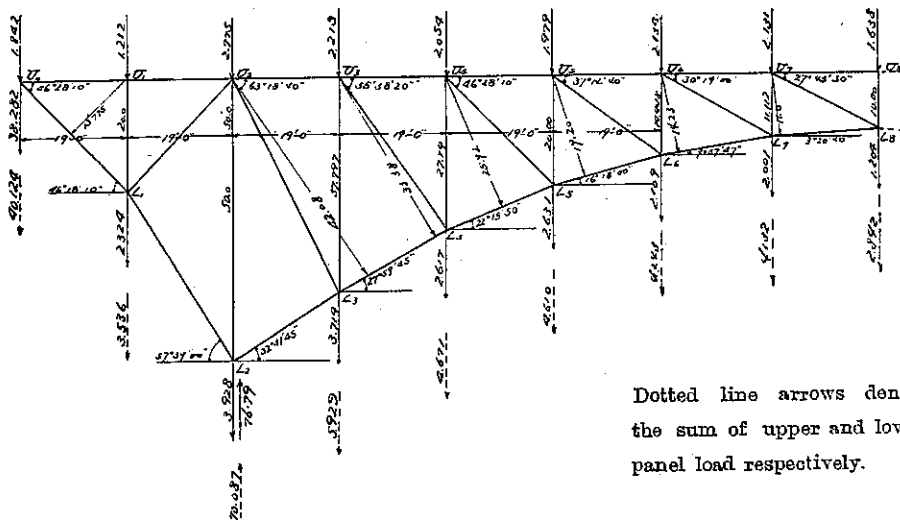
六 Erection stress の算定及臨時補強

第五圖應力表の示す處によれば erection 中の stress が sectioning に用ひたる, 即ち resultant max. stresses と符號を異にするものは上弦材と 13-16 の member のみなり, 即ち應壓力に對して設計せられたる部材に對し特に架設組立途中に限り, 應張力を生ずべきにより上弦材の gusset 及 splice に於ては rivet hole 全部に假締ボルトを打こみ充分に締め付くことに努めたり (其他箇所假締ボルトは穴數の 60% と示方せり)。

Stress sheet of Kurobe-bashi



Erection Stress.



第五圖

Panel point ② に於ては erection 中著しく大なる抗壓力を生じ、且つ 2-3 の member よりも erection 中だけ -9.3 tons の抗壓力を生ずるが故に最も注意すべき點なるを慮り、panel point ② に 10 tons ジャッキ各 1臺づゝを用意し置けり。

Member 3-4 はその長さ 50 呎に及び中間に splice を有するが故に計算上は然らざるも萬一の accident により歪曲などの危険を生ずることあるを慮り、そのときは ② より水平に布材を取付けんがために短尺軌條の 20 呎乃至 24 呎のものを 1 箇處に 5 本、合計 20 本だけ現場に最も近く用意し置けり。

天候其他の原因により pedestal concrete block の施工存外に遅れ、そのコンクリート終了後僅に 1 週間にて直ちに anchor bolt を植込み、casting shoe を乗せて架橋に着手せしを以て ④ の箇處にて block 上面に沿ふて casting shoe の摺動 (creeping) することあるべきを恐れ panel point ⑥ に皿板を嵌込み 25 呎電柱にて strut をかひその基礎は枕木サンドルを堅固に組みて岩盤に据付け以て萬一に備へたり。

七 徑間の測定

本橋の徑間測定には次の 2 法を行ひ、夫等の結果に適當の判斷を加へて徑間長を決定せり。

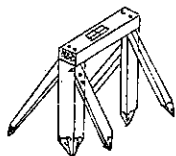
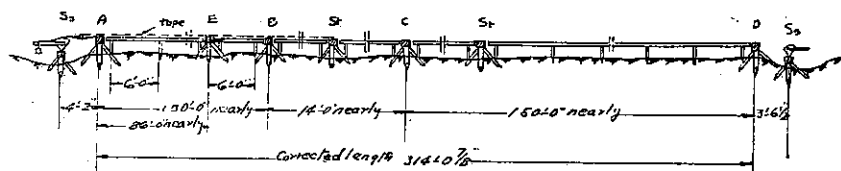
1. 直接測量
2. 三角測量

直接測量とは豫め基線を定め之に準據して一定の長さを目盛を施したる鋼線を現場に張り徑間の兩端を定むるものにして、三角測量は普通用ひらるゝ方法に同じ以下同じく之を詳論せんとす。

(I) 基線測定

(1) 基線の構造

基線は宇奈月停車場構内の新設工専用道路面に設け、第六圖の如く約 6 尺の間隔に杭を打ち其上に 1 寸 5 分角長 2 間の極を釘付となし、極の天端は水準儀を以て全部同高に仕上げ表面は摩擦を減ずるために飽仕上げとなし、轉鏡儀を以て見透線に従ひ一直線に墨を打つ。測定すべき徑間は 304 呎なれども現場の都合上約 311 呎を距て、測點を設けたるを以て基線長も之に應じて約 314 呎に造りたり、距離測定には長 150 呎の鋼卷尺を使用したるを以て ABC 及 D の 4 測點を設け、AB 及び CD の距離は約 150 呎に、BC は約 14 呎に定めたり、測



Station



Plan of base line

第 六 圖

點は外部の影響を避くるため基線の樞と絶縁して獨立に堅固に設定し、表面にはブリキ板を張り之に小刀を以て十字を刻みつけたり。 S_1 は卷尺緊張用 sector を支ゆる支持臺にして基線の兩端に設け、 S_2 及び S_3 は鋼卷尺の一端を定繫すべき支持臺なり、何れも基線の樞と絶縁してその影響を避けたり。 S_4 は sector の構造上基線樞面より $11\frac{3}{4}$ だけ低く設置したり。

(2) 卷尺の緊張装置

卷尺に張力を與ふるには卷尺の一端を支持臺上に定着し、他端を sector に連結し sector に掛けたる錘によりて一定の張力を卷尺に與ふる装置とせり。

Sector の構造は本測定に際し特に考案したる装置にして、卷尺に張力を與ふるに當り普通の滑車に比し次の利益あり

- (い) 車軸を用ひずして双端を以て支持臺に接するを以て廻轉に對する摩擦を減じ得ること。
- (ろ) 廻轉半徑大なる割合に形の小なること。
- (は) 挺子を附したるを以て錘の重量を減じ取扱に便なること。

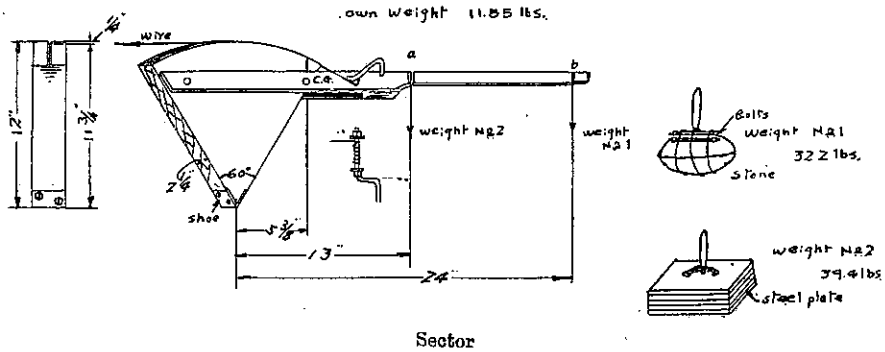
其の構造は第七圖に示す如し

(3) 測定の方法

第六圖に示せるが如く AD 間の距離を測定し、之を 304 呎徑間用基線とし、別に AE 間を測定したるものを AD の更正長より引きたる DE 間の距離を求め、之を 228 呎徑間用基線と定めたり。

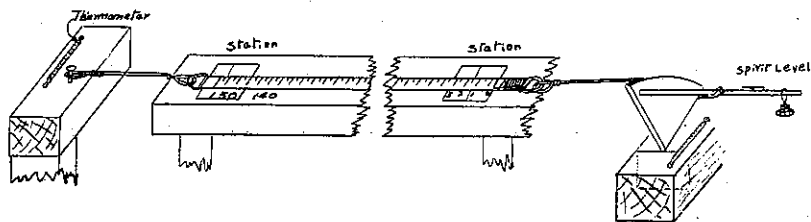
測定の方法は兩者共同様なるを以て茲には 304 呎徑間用基線測定につき述べ

ん、上述の如く全長を AB , BC 及び CD の 3 區分に分ちて順次測定せり、先づ



第七圖

AB 區間の測定につき述べれば卷尺の零端を sector に連れ、他端は S_1 に定着したり、その方法第八圖に示せる如く卷尺の両端に硬質の針金を稜附し、之を以て支持臺上の釘又は sector に取付けたり。



第八圖

先づ兩測點に各 1 個づゝの寒暖計を置きたる後卷尺を上記の方法によりて緊張し、sector に附したる把手によりて鋼線の長さを加減し、挺子上に置きたる水準器の氣泡をして正しく水平を示さしむ、かくて約 15 分位を經過し寒暖計及び鋼卷尺が溫度及張力に對して充分に順應したる時を待つて合圖をなし、兩測點に於て一齊に卷尺の目盛及溫度を讀むものとす、勿論此際に於て挺子上の水準器は正しく水平を示す如く調整しおくものとす、卷尺目盛の讀方は普通三角測量等の基線測定の方法と同じく合圖によりて測點に最も近き「吋」の目盛を小刀を以てブリキ板上に印を刻み、後にて之と測點間の距離を測定したるものにして端數は $1/64$ 吋を以て單位と定めたり。かくて AB 間の測定を終らば卷尺の末端を S_1 に移して BC 間の測定をなし、最後に卷尺を振替へて末端を S_2 に定着し零端を D に近き支持臺に据付けたる sector に取付け CD 間の測定をなせり。

(4) 張力及温度の更正

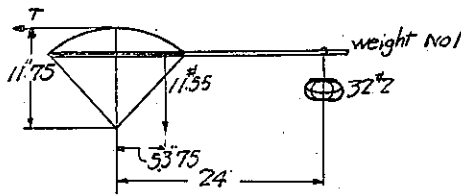
基線の實測長に對して張力及温度の變化に歸因する更正を加ふることは最も必要なることなれども、何分にも使用せる鋼卷尺は普通の測量用卷尺にして目盛檢定時に於ける標準張力及び標準温度不明なるを以て之等に對する更正は爲すに由なく、次の假定を設けて之に基きて更正を施したり。

i. 張力の更正

卷尺に對して其彈性限度以内の張力を與へ、卷尺が永久性變形を起さざる範圍に於て然かも正しく緊張せしめたる時を以て標準張力と假定し、此張力を變ぜざる限り更正を加へざることをせり。而して此標準張力は次の如くして之を定めたり

Total length of tape	151.3542 呎
Total weight of tape	2.183 封度
Weight of tape per lin. foot	$\frac{2.183}{151.3542} = 0.0144$ 封度
今 Weight of 1 cub. ft. of tape steel.....	489.6 封度
Sectional area of tape	$\frac{0.0144}{3.4} = 0.0042$ 〇〃
Elastic limit of tape steel	30,000#/〇〃
Elastic limit of the tape	$30,000 \times 0.0042 = 126$ 封度

此彈性限度に對しその約 6 割をとりて 71 封度の張力を與ふることとせり、その



第九圖

計算は下如し

T を卷尺に加ふる張力とすれば

$$T = \frac{1}{11.75} (11.55 \times 5.375 + 32.2 \times 24)$$

$$= \frac{1}{11.75} (834.881) = 71.052 \text{ 封度}$$

ii. 温度の更正

橋梁架設時に於ける平均温度を攝氏 10 度と假定し、之を標準温度と定め攝氏 1 度に對する鋼卷尺の膨張係數を 0.000,01 とし兩測點觀測温度の平均値に對して更正を加へたり、斯の如く本測定に於ては張力及温度の更正に對し、張力 71 封度、温度攝氏 10 度を標準と假定したるを以て、若し此卷尺が此標準と異なる標準に於て製作せられ居る時は之に應ずる誤差を生ずる譯なるも、此誤差たるや極めて

小なるべきを想像し得るを以てこゝには之を度外視することとせり。

(5) 測定の結果

上記の方法により各區間を反覆6回宛精測したる結果により別表第一表より第十三表に至る如く精密に更正を加へ之を決定せり（第一表のみを下に詳記し他は繁鎖を避くるために結果のみを記すべし）。

第一表

Base line measurement for 304 ft. span.

Table 1. No. of measurement I.

Station.	Date: 13-3-12. a. m. 9. Weather, fine Sunday. no wind.						Computation for temperature correction
Items.	A	B	B	C	C	D	
Tape reading	+0 $\frac{9.2''}{32}$	149' - 11 $\frac{7''}{16}$	135' - 5 $\frac{1''}{2}$	150' - 0 $\frac{1''}{8}$	149' - 8 $\frac{12.4''}{64}$	1 $\frac{34''}{64}$	+0.000,01 × 4.3 × 149.94 = +0.006,45 ft. -0.000,01 × 2.5 × 14.55 = -0.000,36 ft.
Length of section	149' - 11 $\frac{8.8''}{64}$		14' - 6 $\frac{40''}{64}$		149' - 6 $\frac{42.4''}{64}$		-0.000,01 × 2.25 × 149.55 = -0.003,36'
Temperature	20.7°C	7.9°	6.0°	9.0°	8.7°	6.8°	
Mean tempr.	14.3°C		7.5°		7.75°		
Tempr. correction	+0.006,45ft.		-0.000,36		-0.003,36		
Total measd length							314' - 0 $\frac{37.2''}{64}$
Total tempr. correction							+0.002,73 $\frac{1''}{32}$
corrected length							314' - 0 $\frac{39.2''}{64}$

List of the corrected length of all measurements.

2....314' - 0 $\frac{44.6''}{64}$	3....314' - 0 $\frac{53.6''}{64}$	4....314' - 0 $\frac{59''}{64}$
5....314' - 0 $\frac{54.5''}{64}$	6....314' - 0 $\frac{54.8''}{64}$	7....314' - 0 $\frac{56.4''}{64}$

第二表

Base line measurement for 228 ft. span.

Table 2. No. of measurement I.

Stations	Date: 13-3-20 p. m. 5.00 Weather, cloudy no wind.		Computation for tempr. correction.
Items	A	B	
Tape reading	-0 $\frac{1''}{16}$	86' - 0 $\frac{11.6''}{32}$	0.000,01 × 8 × 86.035 = - $\frac{5''}{64}$
Measured length	88' - 0 $\frac{13.6''}{32}$		
Temperature	1.5°C	2.5°	
Mean tempr.	2.0°		

Tempr. correction	$-\frac{5''}{64}$
Corrected length	$86' - 0 \frac{22.2''}{64}$

List of the corrected length of all measurements.

9.... $86' - 0 \frac{22.2''}{64}$	10.... $86' - 0 \frac{23.8''}{64}$	11.... $86' - 0 \frac{23.6''}{64}$
12.... $86' - 0 \frac{24.8''}{64}$	13.... $86' - 0 \frac{24.8''}{64}$	

(6) 基線長の決定

i 304 呎徑間用基線

第一表の結果より第七回に至る結果を見るに、第一回及第二回は測定方法に多少の疑問あるを以て之を捨て、第三回より第七回に至る五回の平均を以て基線長と決定せり、即ち

304 ft. 徑間用基線 <i>A-D</i>
標準溫度..... 10°C
標準張力.....71.052 lbs.
更正長..... $314' - 0 \frac{7''}{8}$

ii 228 呎徑間用基線

304 呎の場合の如く第八回より第十三回に至る六回の測定の結果を平均して *A-E* 間の長さを定め、之を *A-D* の長さより引きたるものを以て本基線長と定めたり、即ち

228 ft. 徑間用基線 <i>E-D</i>
標準溫度..... 10°C
標準張力.....71.052 lbs.
更正長..... $228' - 0 \frac{1''}{2}$

(II) 鋼線の目盛

上記の方法によりて基線の長さを決定したる後、鋼線を基線上に張りて兩端の測點に應ずる點を鋼線上に移し以て目盛を施すものとす。

(1) 鋼線の種類及張力

最初本測定に當り普通の亞鉛引 16 番線を試用したるに鐵線の應張力弱きため永久性變形を起し易きのみならず直に切れ易き等の缺點ありて到底正確を期し難きを以て、特に硬質の 16 番鋼線を求めて使用せり、此鋼線の彈性限度及加へたる張力は下の如し

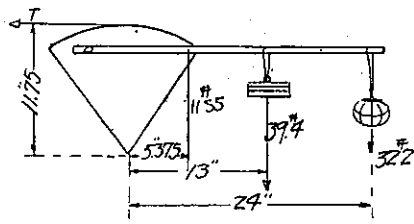
Total length of steel wire..... 325.296 ft.
 Total weight of steel wire 3.654 ft.
 Weight of wire per lin. ft. $\frac{3.654}{325.296} = 0.01123$ lbs.
 Let, Weight of wire steel per cub ft..... 489.6 lbs.
 Sectional area of steel wire $\frac{0.01123}{3.4} = 0.0033$ 〃²
 Elastic limit of steel wire 35,000# / 〃²
 (by the Report on American Special Committee on Steel)
 Elastic limit of the wire $35,000 \times 0.0033 = 115.5$ lbs.

著者の測定の結果より見れば此鋼線の弾性限度は 115.5 封度よりも餘程大なるものと思はるれども、先づこの値に従ひて

114.64 封度の張力を加ふることとせり

$$T = \frac{1}{11.75} \{ 11.55 \times 5.375 \times 39.4 \times 13 + 32.2 \times 24 \}$$

$$= \frac{1}{11.75} \times 1,347.081 = 114.64 \text{ lbs.}$$



第十圖

(2) 目盛の方法

室内より持出したる鋼線は約 30 分間現場に放置したる後基線の上に緊張し、sector に装置したる水準器を以て挺子を正しく水平ならしめ約 15 分間を經過したる後氣泡の動かざるを確めたる上、合圖により兩測點 A 及び D 上に小さき下振りを吊して鋼線に目盛を印するものなり。

目盛箇所は豫め鋼線上に 3 本の亞鉛引線を添へハンダを以て之を包みおき、之に小刀を以て目盛を刻付くるものとす、同時に中央の sag を測定するため基線より鋼線迄の高さ d を測定したり、此の状態に鋼線を張りたる時の中央の sag を計算すれば下の如し

i. 304 ft. 徑間用鋼線に於ては

Tension of wire..... 114.64 lbs.
 Weight of wire per lin ft..... 0.01123 lbs.
 Total weight of wire of half span.... $0.01123 \times 160.89 = 1.80678$ lbs.

$$y = \frac{1}{114.64} (1.80678 \times 80.445) = 1.2679 \text{ ft.}$$

之に對し實測 6 回の結果の平均は 1.267 にして極めてよく一致し居るを見たり。

ii 228 ft 徑間用鋼線に於ては

Tension of wire..... 32.2 lbs.

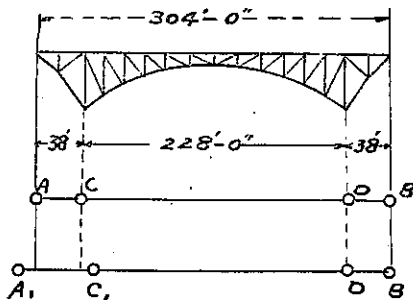
Total weight of wire of half span... $0.01123 \times 116.9896 = 1.3138$ lbs.

$$y = \frac{1}{114.64} (1.3138 \times 58.4948) = 0.67037 \text{ ft.}$$

之に對し實測 6 回が結果の平均は 0.678 にして殆んどよく一致せり。

(III) 徑間の測定

徑間測定に際しては B 點を先づ定め、之を原點として D を決定し、B 及 D より夫々 304 呎及び 228 呎を測定して A 及び C を定むる方法を取りたり、然るに現場の都合上 C 及び A に近く C₁ 及び A₁ を設け之を測點としたり、(第十一圖参照)。



第十一圖

- i. 目盛鋼線を以て BA₁ を測る。
- ii. BD 間の斜面に足場を架設し下振を利用して 38 呎を引き D を定む。
- iii. 目盛鋼線を以て DC₁ を測る。
- iv. A₁C₁ 間に足場を架設し下振を利用して A₁C₁ の距離を測定し、之を A₁B の更正長より引きて C₁D の距離を求む。

v. 三角測量によりて C₁D の距離を測定す。

vi. iii, iv, 及び v, の 3 測定の結果を比較し之に適當の判断を加へて DC₁ の距離を決定す。

その方法としては先づ第二節に述べたる方法によりて、目盛を施したる鋼線を同一の條件の下に徑間現場に張りて A₁B の距離を測定したる後、直ちに基線に持歸りて測點に合せ目盛長に狂ひなきやを検證す、上記の方法を 304 呎及 228 呎徑間につき反覆各 3 回宛測定して決定せり。

(IV) 袖徑間の測定

A₁-C₁ 及 B-D なる side span に於ては A₁C₁ の高低差約 50 呎、BD の高低差約 43 呎なるを以て各斜面に沿ひて足場を架設し其上に水平なる樞を取付け

之に従つて巻尺を張り極上の測點より下振りを吊して下方に點を移したり、下振用絲は燃らざる絹絲を用ひ下振靜止用には水桶を用ひてこれに plumb-bob を安靜せしむる装置となせり、 A_1C_1 間の測定も上記と同様にしてこれを實行せり、此測定の精粗は直ちに中央徑間の測定に影響すべきを以て充分細心にこれを行ひたり、この結果より差引して求めたる中央徑間 C_1-D の距離を求むれば下の如し

$$A_1-B = 311' - 2 \frac{17.3''}{64}$$

$$B-D = 38' - 0''$$

$$A_1-C_1 = 48' - 0 \frac{9.6''}{64}$$

$$\begin{aligned} C_1-D &= (A_1-B) - (B-D) - (A_1-C_1) \\ &= 225' - 2 \frac{7.7''}{64} \text{ or } = 225.1767 \text{ ft.} \end{aligned}$$

以上の結果を尙一層確實にするため極めて正確を期したる三角測量を行ひ、その結果とも照合して C_1-D の長さを決定せり。

(V) 各種測定の結果の比較と徑間長の決定

304 呎徑間に關しては鋼線を用ひて直接測定をなしたる結果の平均値を以て徑間長を定む、即ち $A_1-B = 311' - 2 \frac{17.3''}{64}$ なりとす。228 呎徑間に關しては3種の測定をなしたる、上次の如く決定せり。

測定方法	更正 徑 間 長		平均値と更正長との差
(1) BC_1 間に鋼線を張りて直測せるもの	$225' - 2 \frac{7.6''}{64}$	225.17658'	+0.01199'
(2) A_1B , BD , 及び A_1C_1 を測定して BC_1 の距離を求めたるもの	$225' - 2 \frac{7.7''}{64}$	225.1767'	+0.01211'
(3) 三 角 測 量	$225' - 1 \frac{44''}{64}$	225.1405'	-0.02409
平 均	$225' - 1 \frac{62.4''}{64}$	225.16459'	

この平均値を以て徑間長と定む。

(VI) 徑間長を現場へ設定するに當りての考慮

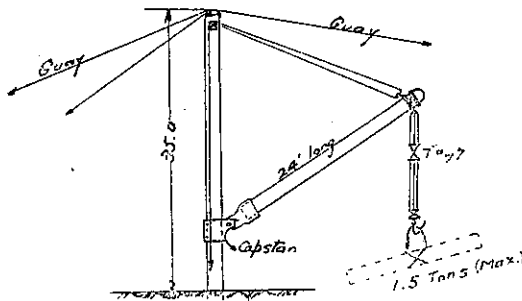
以上記せし方法によりて徑間長を確定し、愈々現場にこれを設定するに先ち下記一項を考慮して現場徑間實際の寸法を 2 吋だけ設計よりも短縮して設置せり、

即ち本構拱は製作を非常に急がしめたと並に工場に於て假組立をなしたる際當會社員と橋梁會社員と立會の上徑間長を計りたるものが頗る信を置き難き結果なりしを以て、萬一橋桁の出來上りが設計長よりも短縮し居りたる時は徑間長現場を短くなし置く方安全なるべく、よし又橋桁が恰も設計寸法に一致せりとするも徑間長現場が短くなり居ることは寧ろ安全側の誤差として處理の方法容易なるを以て、上述の如く中央徑間 228'-0" を 227'-10" に設定せり、蓋し經驗てふ有力なる味方なしに行ひたる作業としては止むを得ざる譯なりき。

八 架設組立に必要な準備

(I) 材料運搬補修及配列

大阪に於ける日本橋梁會社豊崎町の工場にて製作せる橋梁構材を現場宇奈月に送達するにつきて困難せしことは上述の如くなるが、従つて運送途中にて積卸の回數増加せしため其都度部材に激衝を與ふる機會多かりしたため、宇奈月に到着後詳細に部材を點檢せしに綾綴材（ラテス・バー）又はガセットに歪曲せるもの多



第十二圖

く、一々これを補修し符號の剝脱せるものはこれを補正し、組立順序に適應する如く各部材を順序よく排列せり、尙組立現場へ發送手配に遺漏なき様 erection progressive diagram を作製し、各従事員に所持せしめたり、尙構材を宇奈月驛にて貨車より材料置場に引取るに當り、貨車よりスラセ板等によりて積卸すときは再

び激衝を與ふることを免れざるを恐れ、第十二圖の如き電柱古材を利用したる急造デリック・クレーンを設置せり、其の結果頗良好なりき。

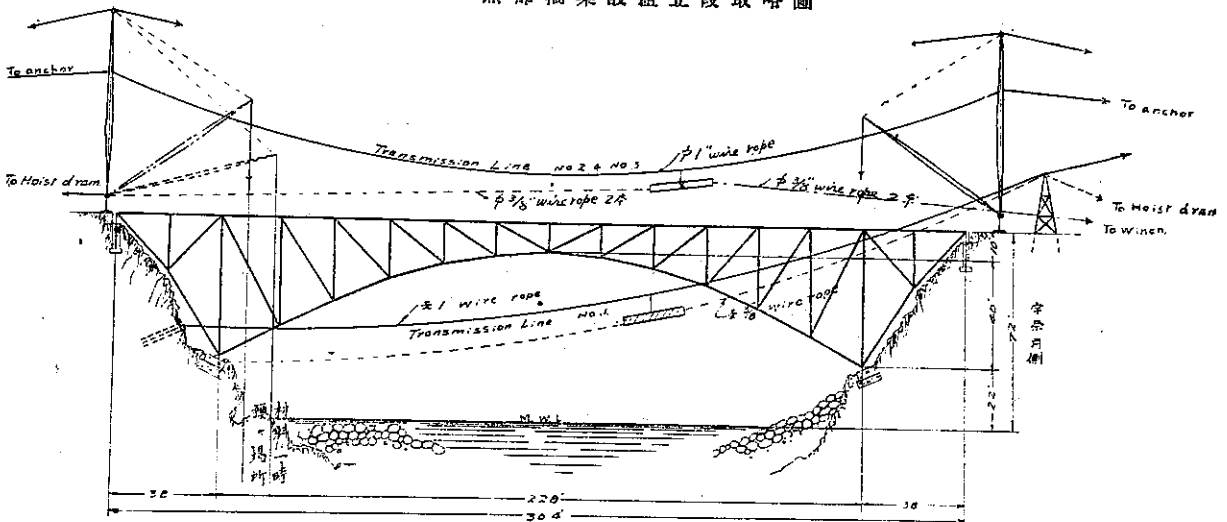
(II) 運搬假線の敷設

宇奈月驛構内構材積置場より橋梁現場迄約 300 間の間は道路施工基面既に完成したりしを以て、輕便線 16 封度軌條 20 吋軌間の假線を敷設せり、この仕事は冬期積雪中實施し置く必要ありしを以て比較的多額の工費を要したり、而して普通トロ臺車 4 臺を常用せり。

(III) デリック、クレーンの設置

別紙寫眞の示す如きマスト長 70' 呎, ブーム長 60' 呎, リーチ 52' 呎, 容量 5 噸にして自重總計約 4 噸のデリック・クレーンを新規購入し, これを先づ兩側橋臺附近の岩盤に設置せり, このデリックは可搬式にあらざるを以て基礎コンクリートに down-bolt を植込み, これに pedestal casting を取付け 8 本の徑 $\frac{3}{4}$ 吋 guy-wire にて緊張せり, 現場の状況により差あるべきなれども本橋現場にては guy-wire の數量デリック 1 基に對し 2,800 呎を要したり, 最初の計畫としては架設組立の進行に従ひデリックの位置を移動し行くこととせしも, 何しるデリックの構造少しく大に過ぎたるが爲めに (該デリックは本架設工事専用の設計にあらずして其他の橋梁又は水路工事にも使用し得る様に考慮して設計せしものなり) これを移動して前方格點上か, 又は cross-beam の上に取付くことは困難にして徒らに工費を増すのみなり, 然も移動中萬一の過誤を恐れ計畫を變更して前記の通り兩橋臺に据付けとなし, そのリーチ内にある兩側袖格間 2 連, 及び pedestal cast shoe の搬下に使用したり, このデリック, クレーン建植の中宇奈月側の方だけは工事進行上の都合により冬期降雪を冒して建植する必要ありしが故に費用約 250 圓, 對岸は現場へ運搬に多くの手間を要したりしを以て之又融雪後の作業なりしにも拘らず 180 圓餘の費用を要したり, 此クレーンは 20 馬力の hoisting

黒部橋架設組立段取略圖



machine と連結し、その hoisting and derricking speed 何れも毎分 40 呎なり。

(IV) 對岸材料運搬装置

本構拱は足場を用ひずして肱木式組立法を用ゆるものなるが故に、左右兩岸より同時に組立に着手し進行歩調を揃へて一日も早く中央に於て兩半徑間が會合する様なさざるべからず、従つて對岸半徑間に對する部材其他所要なる器具材料を豫め對岸へ運搬せざるべからず、前述の如くその直上流に架設せる營林局の吊橋は既に腐朽に近く、到底これに信頼し得ざる状態にあるを以て第十三圖記載の如く transmission line No. 1 乃至 No. 3 を架設し、これにより兩岸よりオシミ綱及曳き綱の作用によりて材料を向河岸材料一時置場に運搬し、derrick-boom によりてこれを取り上げたり、即ち main-cable には徑 1" の wire rope を用ひ、guide rope には徑 3 分の wire rope を用ひて兩岸にある hoist より連繫し、適當に調整しながら對岸に引き寄せる設備となせり、其結果頗る順調に部材の運搬を了することを得たり。

(V) 鉸鉸用空氣壓搾機の据附及鉸鉸作業

現場鉸鉸數約 15,800 本、これを 20 日間に綴結し終る豫定なりしを以て riveter 4 臺を常用する計畫を立てたり、これに要する壓搾空氣は宇奈月側橋臺山手平地に假小屋を建て、其處に Ingersolland air compressor ERI 7"×6"-15 馬力 1 臺（これは重に鉸燒フイゴ用其他橋材面の汚れ掃除用に消費せられたり）並に橋梁箇所より約 350 間許上流高祖平に設置せる ERI 12"×10"-75 馬力の air compressor より供給せり、五月十九日橋梁組立を終り、引續き假締ボルトの締め直し、フイラー材挿入、ストリンガー材の配列取付を了し、鉸鉸用足場等に五月三十一日迄を要し、六月一日始めて鉸鉸作業に着手せり、然るに鉸鉸箇所割合に複雑難澁にして進行意の如くならず、鍛冶職工賃金問題等をも惹起し遷延に遷延を重ね、其間に送氣管の故障等も起り八月二日に至り漸く全部の鉸鉸作業を完了せり、此間に使用せし職工、人夫數及 1 本當り鉸鉸費下の如し

鍛	冶	工	$350 \times 4.5 = 1,575.00$
鳶	人	夫	$98 \times 4.0 = 392.00$
人	夫		$150 \times 2.5 = 375.00$
雜	費		350.00
			<hr/>
			2,692.00

鉸鉸 1 本當り 約 17 錢

(VI) 架設組立に要せし重なる器具類

準備工事の重なるものは前記の如しと雖も、其他架設組立に要せしものを一括して表記すれば下の如し

黒部橋架設組立に要せし重なる器具材料

種 別	單位	數量	單價 円	金額 円	摘 要
Air compressor	臺	2	2,300	4,600.000	
Motor	”	2	1,200	2,400.000	Compr. 附屬用
Derrick crane	基	2	2,450	4,900.000	前記
鐵製ブロック	個	4	35	140.000	1 車 5 噸
” ”	”	8	40	320.000	2 車 5 噸
木製 ” 6 寸	”	3	15	45.000	1 車 1 個 2 車 2 個
” ” 7 寸	”	3	15	45.000	”
手捲ウインチ 5 噸	”	2	180	360.000	
Wire rope φ 1"	丸	2	350	700.000	
” ” φ 5/8"	”	2	200	400.000	
” ” φ 3/8"	”	3	50	150.000	
麻 ロープ 1 寸	”	1	70	70.000	
” ” 8 分	”	1	40	40.000	
エヤー・ホース 3/4"	尺	600	1.20	720.000	
Water hose	”	300	0.90	270.000	
Monitold φ 4"	個	4	130	520.000	
丸 鐵 3/4"	本	30	1.20	36.000	長 12'-0" Drift pin 用
松 丸 太	”	250	1.70	425.000	末口 2 寸長 21 尺
16 封度軌條	哩	0.30	3,000	400.000	
雜木枕木	挺	500	0.20	100.000	
並 7 尺枕木	”	150	2.10	315.060	サンドル其他用
臺 車	臺	4	50.	200.000	
電 線	尺	300	0.20	60.000	動力用附屬品共
カグラサン	臺	1	40	40.000	
5 ton ジャッキ	臺	4		借用	
松 板	枚	60	3	150.000	正 1 寸, 幅 8 寸, 長 12 尺
木製急造デリック	個	1	40	40.000	
其他雜費				354.000	
總 計				18,300.000	

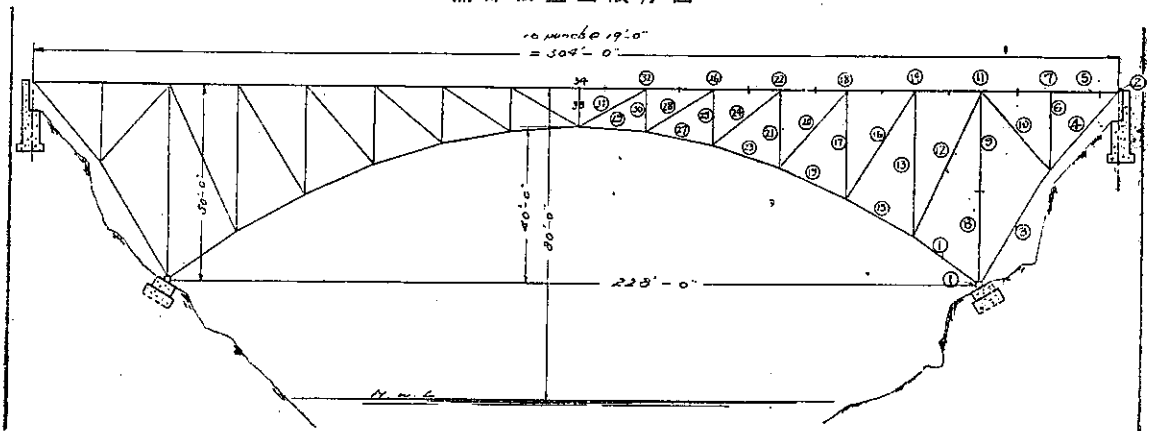
實際は在倉庫品を一時流用せしが故に新購入品は價格に於て上記總計金額の 2/3 に相當す

九 架 設 組 立 作 業

三月末より橋材運搬用假線の布設, derrick crane の建込準備並に建込, 同ステ

一・ワイヤの根取、ボルト埋込及び基礎コンクリートの施工を急ぎ、四月初旬
 對岸半徑間分の橋材運搬索道の建設を了したるも、ベデスタル・コンクリート・ブ
 ロクの施工予定より遅れ、その硬化期日待合せのため材料置場に於ける橋材の
 整理、補修其他記號の補正等に1週間餘を費し、四月十六日に至り漸く橋梁組立架
 設作業に着手せり、對岸橋臺に建込むべき derrick crane は材料運搬索道完成後
 これによりて運搬せしが故に四月廿四日に至り漸く其建込を完了せり。

黒部橋組立順序圖



第十四圖

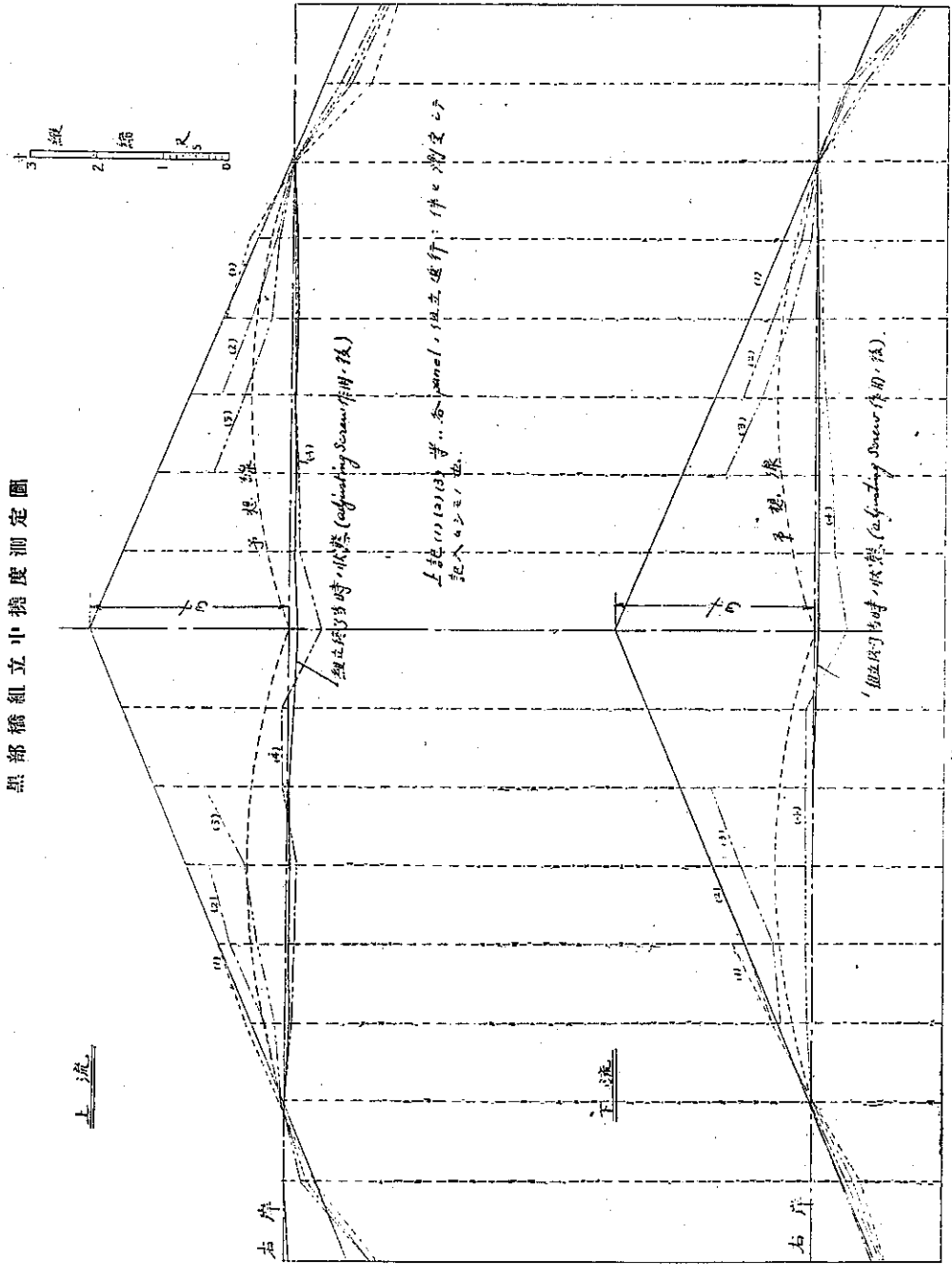
之より先き宇奈月側橋臺に於ては四月十五日先づベデスタル・シユ一の取付よ
 り引續き第十四圖に示せる組立順序によりて作業を進捗せり。前述の如くこの
 derrick crane は兩橋臺に碇置するのみにて移動困難なるが故にその reach の範
 圍内に於て僅かに兩翼 2 格間の組立に使用せし後は、その boom を橋梁中心線
 と直角の方向に定着し、地盤面上約 43 呎の處にて mast と boom との開きが異
 動せざる如く筭木によりて固定し、尙構桁の兩側心々の距離に相當する間隔に第
 十三圖に示す如く transmission cable No. 2 及同 No. 3 を緊張し、最大 sag の
 處に於て上弦材上面と cable wire との間隔を尙 10 呎以上に保たしめたり、こ
 の 2 本の cable こそ即ちゴライヤスの代用をなすものにして橋梁上弦中心の眞上
 よりもやゝ外掛りに張締し置くものなり、即ち transmission cable No. 1 により
 て對岸の pedestal 及第一、第二格間の組立に要する橋材其他を運び、其後は凡
 て transmission line No. 2 及び No. 3 によりて所要材料を運搬同時に組立を了
 したる譯なり。

肱木式架橋法に於ては兩側橋臺より同時に着手し、同一進行度を以てなるべく早く中央に於て連繫し得べき様に努むるを以て最良とす、然るに當架橋に於ては諸種の事情により宇奈月側ベデスタルは四月十五日に、對岸側ベデスタルは四月二十七日に至り漸やく据付を終りたり、即ち宇奈月側が餘程進み過ぎたるため二十七日以後は數日間専ら對岸側の組立に従事し、五月十一日に及びて漸やく歩調を整一になすを得たり、即ち知る如斯對岸に廣場の材料を貯積し得べき餘地を有せざる地點の架橋に於ては、對岸への材料運搬に就きては充分なる研究と細心の注意とを要するものなる事を。其他は組立中に撮影せる寫真に明かなる如く何等の故障なく進行するを得たり。兩半徑間共第五格間迄組立を了したる時殘餘徑間を嚴密に實測し、これを橋材貯藏場に於ける殘餘實延長とを對照せしに 3/16 吋強の短縮を發見せしが故に以後假締ボルトを充分に締め付け且つ其數をも増加せしめて進行せしに中央兩半接合點に至り約 1/8 吋の差にて假締ボルト挿入に少しく困難を感じたる程度にて都合よく接合するを得たるは成功と稱すべき歟、唯組立中途に於て構拱各格點の撓度を觀測するに豫想以上に大なりしたため頗る監督者を苦しめたり、以下少しくこれを詳述せんとす。

十 組立作業中撓度の觀測

本橋架設組立に先ち考慮せしことは ② なる joint (erection stress sheet 參照) が 2-3 diagonal の引延方向に押し出さるゝを防止するために豫めジャッキを備へ置きたること、並に上弦材各 splice に於て erection 中に限り反對の應力、即ち張力を生ずるが故に假締ボルトを充分に數多く使用緊締するも、尙 rivet 穴とボルト間のユトリが遞積して上弦材上面が水平以下に懸垂する惧あることなりき、後者に對しては上弦材の各 splice 共假締ボルトを穴數の 80% 以上に使用せしめ、第十五圖に記載せる如く徑間中央に於ける上げ越しを 3 寸と定め、各格間組立の進行に伴ひ嚴密なる觀測によりて設計による各格點の上越高と對比せり、蓋し本橋の設計は camber を附せざることゝなり居るを以て、中央接合箇所が水平より下りて取付きたる場合にはその收拾頗困難なるべきを豫想し、充分の上げ越しを見込みたり、従つて 3-4 post は垂直の位置を取る能はず兩岸に向つて軽度の傾斜（上弦材上面に於て 3/4 吋）を保つに至る、この引證觀測點を下流約 100 間の處に兩岸岩盤上に設置し、常に之が觀測を怠らず異變は大小漏

黑部橋組立中撓度測定圖



第十五圖

さず記録せしむる事とせり、然るに各格間組立の進捗に従ひ撓度は豫想以上に大にして、7-9 上弦を乗せたる時既に撓度測定圖に (4) にて示せる状態となり、寧ろ水平より以下に垂下し居り頗憂ふべき状態となれり。

此際 adjusting screw を締めて幾分でも取返し得るやを試みたるも到底及ぶべくもあらず、幾分冒険の嫌ありたるも嚴密なる觀測と細心なる警戒を怠らず、兎も角中央格點の連繫を急ぎたり、中央にて連繫當時の状態は (4) に示せる如く頗る高底不整のものなりき。

兩側よりの組立が一度び中央に於て會合するや應力作用の關係も一變して各 joint に於ける應力の分布も正調に近づくべきが故に、上弦材 splice に用ひたる假締ボルトを若干づゝ引抜き減少し、其他の joint の假ボルト數は凡そ鉸孔數の 50% 位を用ひたる状態になし置き、初めて adjusting screw bolt を人夫各 2 人づゝ 4 箇處に配置し、歩調を等一にして漸次 screw をゆるめ、しめたるに圖面に示す如く凡そ設計基面に近く落ち着きたり、然るに尙最も甚しき箇所にて 1 分 5 厘餘の撓みありしが鉸鉸完成後精密なる觀測を實行せしに頗る良く設計基面に一致したりしを見たり。

十一 架設組立に要せし日數及作業人員

組立作業に着手せしは四月十六日にして完了せしは五月末日なり、尤もこの間に待合せ等の關係にて極めて少人數にて作業を繼續したる期間を含むが故に、實際に全能率を擧げて作業せし日數は 30 日と見るを正當と思はる、その間の作業人員を列記すれば下の如し

鳶	人	夫	$530 \times 4.00 = 2,360.0$
鍛	冶	工	$356 \times 4.50 = 1,602.0$
人	夫		$220 \times 2.50 = 550.0$
雜	費		570.0
			<hr/> 5,082.0

之を鐵構材約 200 噸に割當つれば 1 噸當り 25.5 圓となる、これに鉸綴費、假設備費、ペイント費凡てを合算すれば（鐵桁材料製作費は含まず）總費額 15,600 圓餘にして之を總噸數 200 噸に充當すれば約 78 圓に相當す（別表架設工事實施豫算表參照）

黒部橋架設工事実施豫算表

大正十三年八月

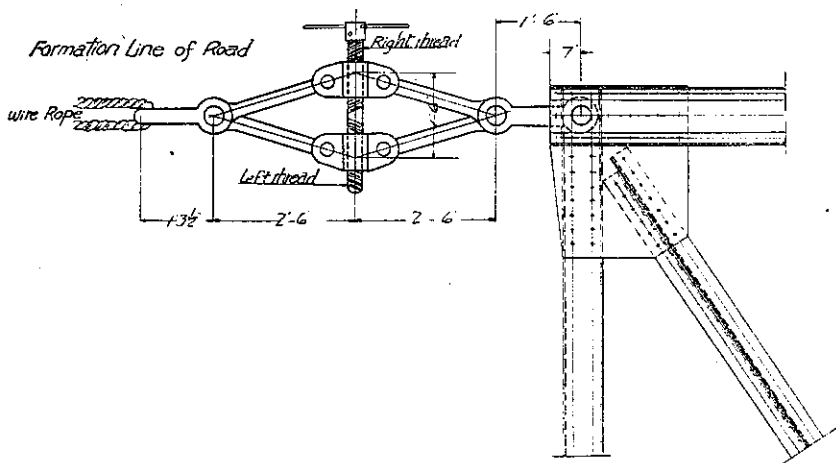
項	目	節	單位	數量	單價	金額	備	考
					円	円		
下部基礎工費						21,360.000		橋臺ベデスタルブロック 混凝土セメント費用を含 み全部
橋桁費						45,121.000		總重量約 200 噸, 材料 製作, 運搬費一式
架設工事費						12,000.000		現場架設組立綴鉄に要す る一式
	組立費					5,250.000		架橋に要する諸設備並に 諸材料小運搬及組立に要 する一式
		蒭人夫	人	600	4.00	2,400.000		1日平均 20 人宛 1 箇月間
		鍛冶工	人	300	4.50	1,350.000		” ” 10 人宛 同上
		人夫	人	300	2.50	750.000		同上
		雜費				750.000		組立用ボルト並に組立 に要する消耗品一式
	綴鉄費					5,750.000		綴鉄並に之に要する足代 組立取外し等工費一式
		蒭人夫	人	300	4.00	1,200.000		1日平均 10 人宛 1 箇月間
		鍛冶工	人	750	4.50	3,375.000		1日平均 25 人宛 1 箇月間
		人夫	人	150	2.30	375.000		” ” 5 人宛 1 箇月間
		雜費				800.000		薪, 木炭, 粉炭, 解繩, 鐵 線其他一式
	雜費					1,000.000		工事竣功後跡片付等
架設準備工事費						1,000.000		
	假設備費					5,967.500		
						2,039.000		架設工事に必要なる諸準 備其他假設備一式
		砂利	立坪	2	10.00	20.000		デリック 其他基礎コンク リート用
		砂	”	1	10.00	10.000		”
		セメント	樽	16	6.57	104.000		”
		坑夫	人	10	3.30	35.000		ケーブル線取付用穴掘
		蒭人夫	人	50	4.00	200.000		機械運搬据付並足代組立 取外し共一式
		鍛冶工	人	30	4.50	135.000		同上及鐵管引伸等
		電工	人	10	8.55	35.000		架線据付共
		人夫		420	2.50	1,050.000		假線布設, 徑間測定, 足 代組立其他
		雜費				500.000		徑間測定, 足代, 藥繩, 鐵線, 遺形等
	除雪費					162.500		
		人夫	人	65	2.50	162.500		
	電力費					216.000		

	電動力	216.000	1日 20キロ當り 24時間 1箇月間
	工事用器具費	3,500.000	
	器械器具	3,500.000	新に購入を要したるもの
ペイント塗 工事費		1,800.000	ペイント塗上及これに要する足代等一式
	ペイント塗	噸 200	8.5
	繩 費	100.000	ペイント 2 回塗 嵩色 仕上 足代並に消耗品等
總工費累計		86,248.500	

十二 作業中の故障及將來改めたき事項

作業中最も故障多かりしは鉸鉸作業にして、足場より墜落して重傷を負いたる者 2 名、炎暑の中に作業することなれば鍛冶工に病傷者續出し作業の進捗を阻害せしこと不尠、剩さへ鍛冶工賃銀問題にて怠業日數多く、遂に鍛冶工の組を交替せしむるなど作業能率を阻害せしこと甚大なりき、加ふるに鉸鉸用壓搾空氣は 300 間餘も上流より輸送するといふ状態なりし爲途中送氣管に故障多く（隧道切擴掘鑿に要する岩石發破にて送氣管繼手を破損せり）豫定の進行を見る能はざりき。組立中に於て上下弦材と垂直斜材との取合せ用 gusset-plate の内法が常に狭搾し居りたる爲、單に 2 條の main-cable に倚りて取付くる譯なれば頗る操作に困難し、安全率を大にする爲には勢ひ時間の延長は免がれず、これをしも亦當初に於て考慮不充分に起因せし故障とも稱すべき歟。

ARRANGEMENT OF ADJUSTING TOGGLE



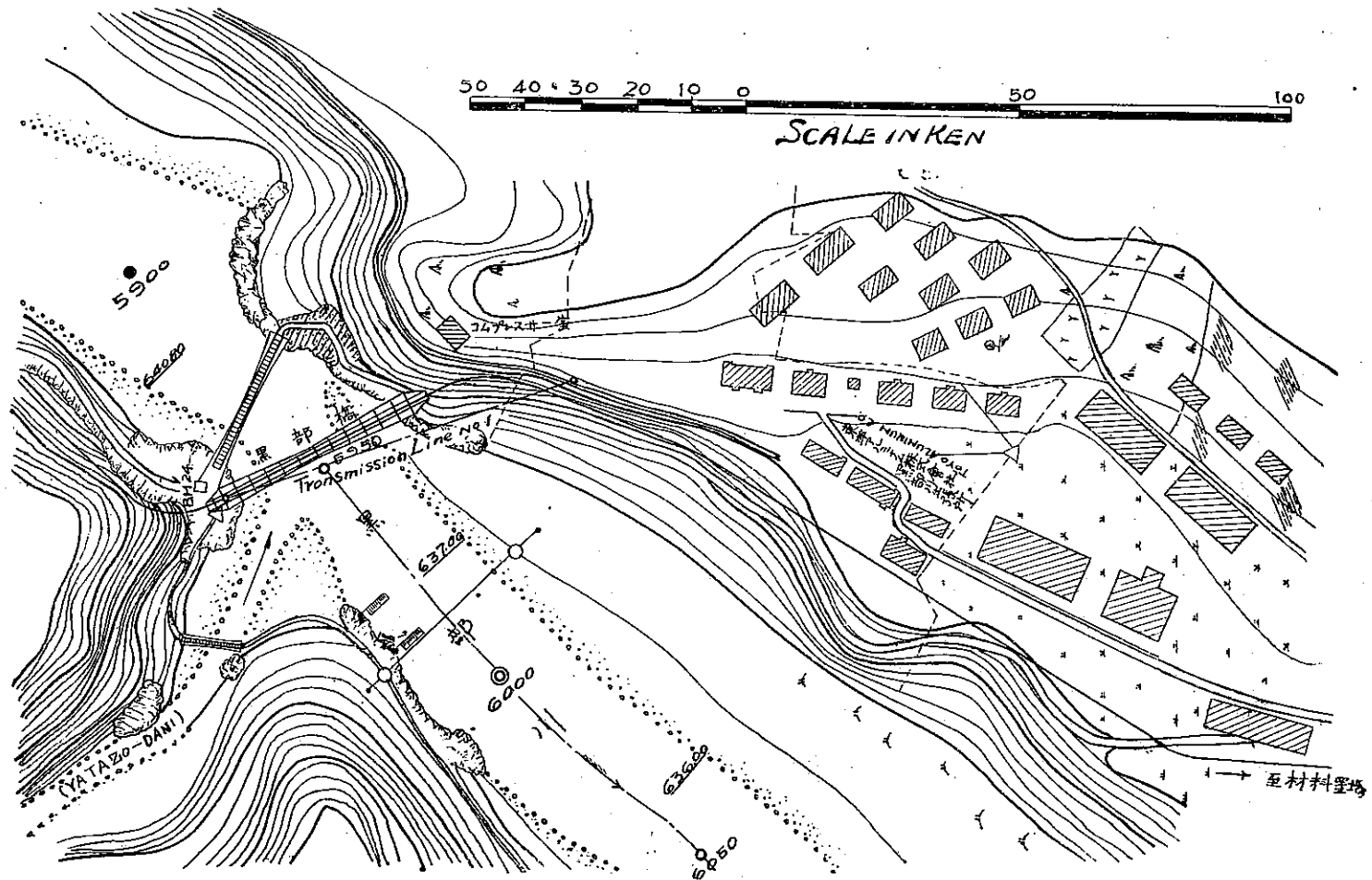
故に將來に於て如斯架橋作業の設計をなすに當りては第一 adjusting screw bolt の如きも本設計の如きものにせず、相當の toggle adjuster を設計し（第十六圖參照）、組立に當りては本計畫に於ける如く強大に失し而も移動不可能なる derrick crane を用ひず、簡單輕快なる tramed crane を設計し、例へば宇奈月側半徑間には可動式の derrick crane を使用し、對岸半徑間には前記の tramed crane を使用し組立の進行に伴ひ直ちに輕便線を延長し、その上を移動せしめて所定の順序方法により組立を完了する方遙かに當を得たる設計なりと思ふ。

本橋梁の計畫及實施に際して常に指導の任に當られたる先進山田胖氏、現場關係者として林爲藏、岩尾新、小倉兼友三氏の不斷の盡力に對して衷心感謝に堪へず、併せて謝意を表する次第である。

(完)

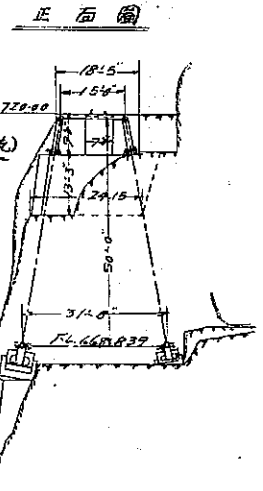
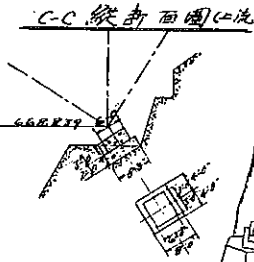
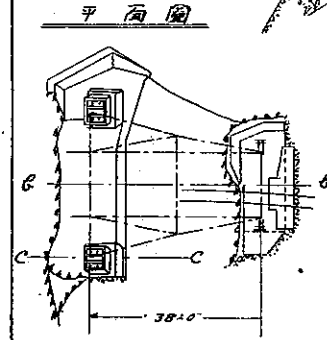
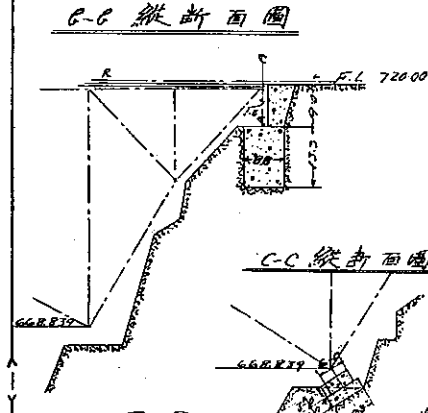
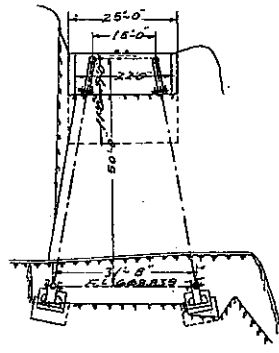
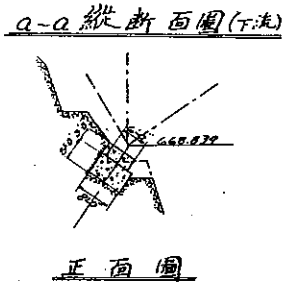
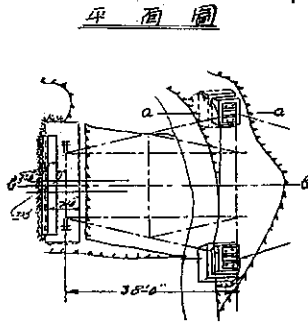
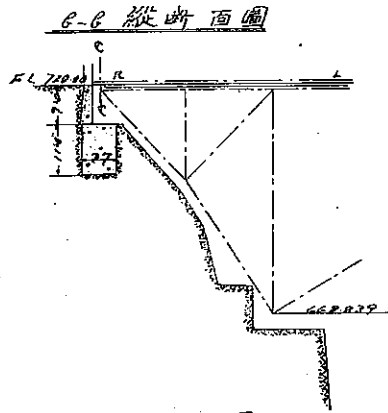
1-2-2777

第一圖 黑部橋附近平面圖



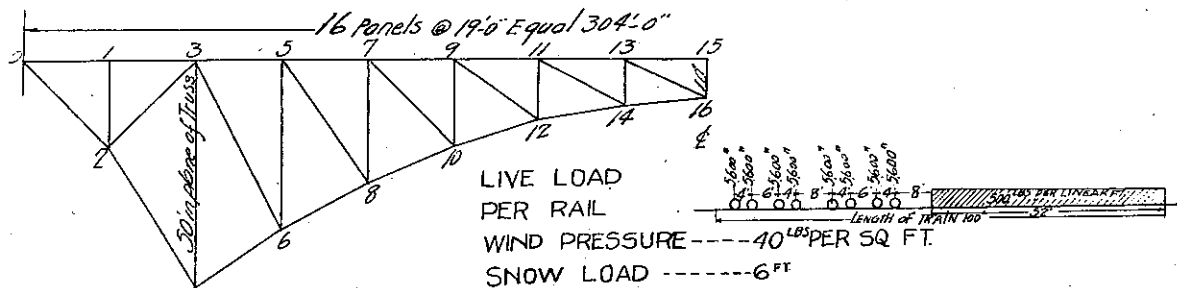
(土木學會誌第十一卷第六號附圖)

附圖 第二



(土木學會誌第十二卷第六號附圖)

附 圖 第 三

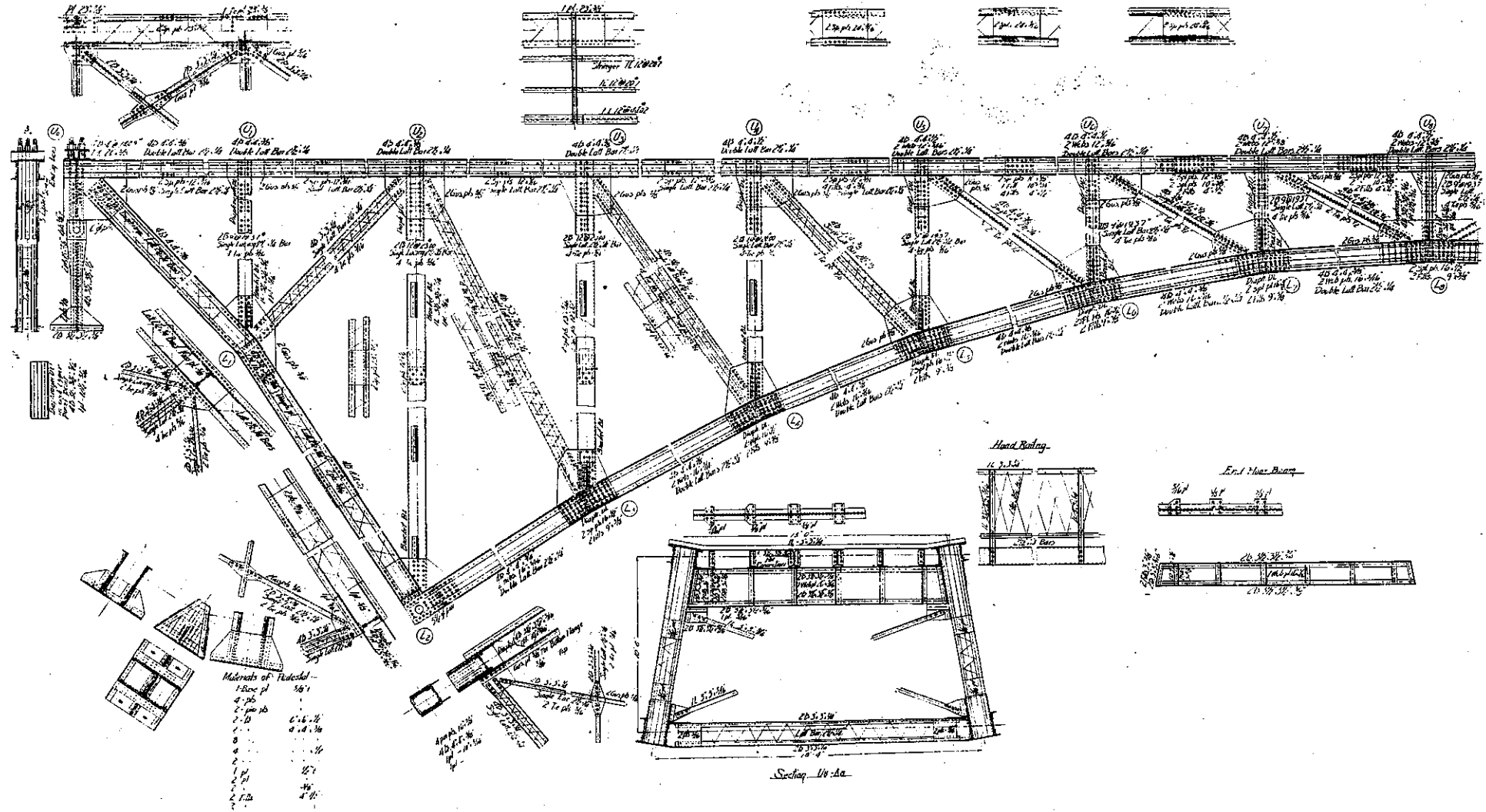


Stress and Make-up sheet for KUROBE Arch Bridge

Top chord				Bottom chord				Verticals				Diagonals			
Member	Resultant	Make-up	Working	Member	Resultant	Make-up	Working	Member	Resultant	Make-up	Working	Member	Resultant	Make-up	Working
	Max. stress		stress		Max. stress		stress		Max. stress		stress		Max. stress		stress
	lb		lb		lb		lb		lb		lb		lb		lb
0-1	-36035	45.44 in ² 11.44 in	-3150	0-2	-52.112	45.44 in ² 11.44 in	-4560	1-2	-46175	25.9 in ² 11.76 in	-3930	2-3	+67817	45.33 in ² 5.76 in	+11770
1-3	-36035	do	-3150	2-4	-85.429	45.44 in ² 15.00 in	-5700	3-4	-132.64	25.12 in ² 14.70 in	-9020	3-6	+52127	45.33 in ² 7.12 in	+7320
3-5	+40960	do	+3580	4-6	-288.332	45.44 in ² 21.44 in	-13430	5-6	-76.689	25.12 in ² 12.06 in	-6360	5-8	+54991	45.44 in ² 9.72 in	+5540
5-7	-63862	do	-5580	6-8	-271.866	do	-12680	7-8	-76.376	25.10 in ² 11.76 in	-6490	7-10	+64320	45.44 in ² 11.44 in	+5620
7-9	-128.289	45.44 in ² 15.00 in	-8550	8-10	-249.956	do	-11660	9-10	-73.700	25.9 in ² 11.76 in	-6270	9-12	+75.495	do	+6600
9-11	-206.964	45.44 in ² 22.50 in	-9700	10-12	-228.037	do	-10640	11-12	-74.384	do	-6320	11-14	+77.503	45.44 in ² 13.00 in	+5960
11-13	-286.461	do	-12730	12-14	-196.296	do	-9160	13-14	-44.622	do	-3740	13-16	-87.804	45.44 in ² 11.44 in	-7670
13-15	-376.295	45.44 in ² 30.00 in	-10880	14-16	-151.465	do	-7060	15-16	-7000	do	-600				

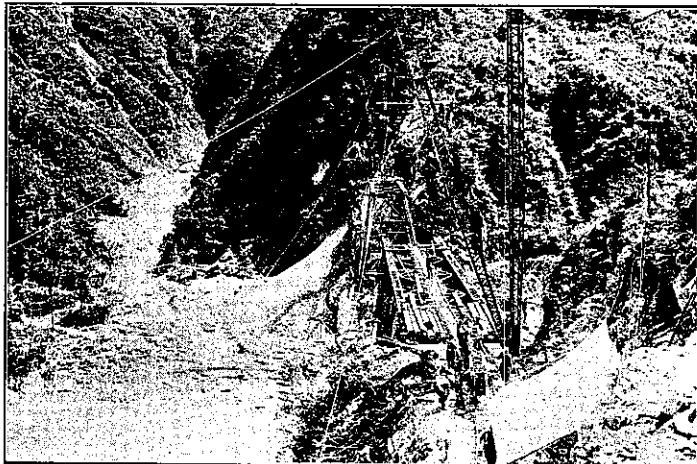
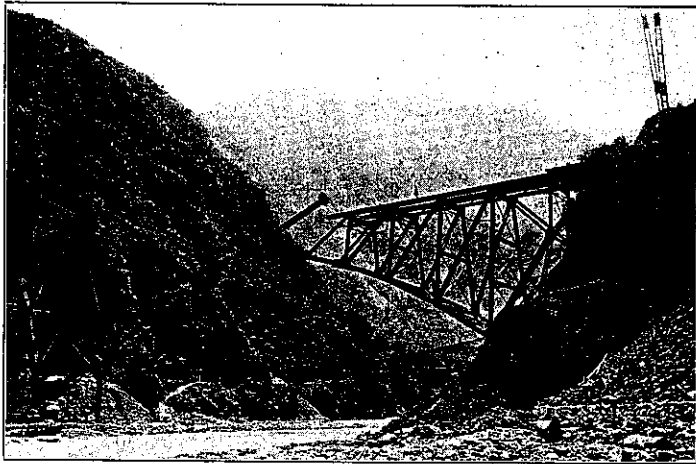
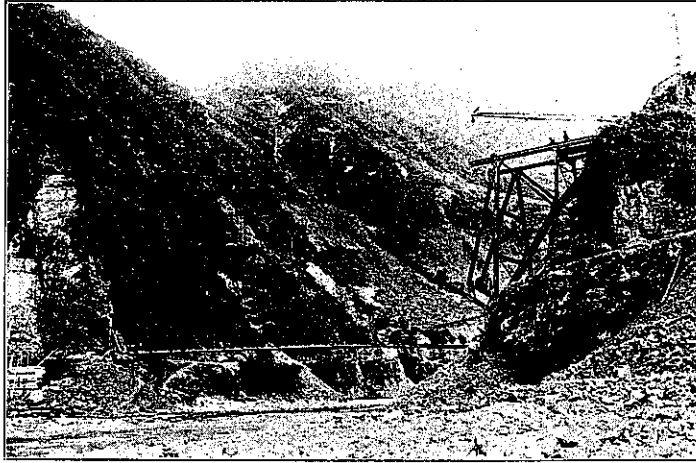
圖(三) 第六圖 第十一卷

附圖第四



土木建築圖第十一卷第六附圖

寫 真 第 一



(土木學會誌第十一卷第六號附圖)

寫 真 第 二

